Journal of Urban Management & Environmental Engineering

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.1, No.3; 2023.pp: 82-95

Research paper

(Received Oct. 21, 2023 Accepted Nov. 11, 2023)

Environmental Sustainable Supply Chain Risk Assessment Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process in Iranian Electricity Industry

Arvin Fooladvand[*1], Mahmoud Alizadeh [2], Mohammad Malmir [3]

[1] *MSc,industrial management, management and economics faculty,tarbiat Modares university, Tehran, Iran.*
[2] *Master's degree in Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, Tehran, Iran.*
[3] *MSc,industrial management, management and economics faculty, tarbiat Modares university, Tehran, Iran.*

Abstract

The environmental risk of the supply chain in the electricity industry is of great importance due to the many indicators and the extent of this industry. The expansion of the supply chain and the amount of fossil fuels consumed in this industry increases the importance of studies based on sustainability and compatible with the environment. As a result, the proper recognition and prioritization of the criteria affecting the green supply chain will greatly help the planners and operators of the electricity industry in order to reduce the environmental risk. In this study, an attempt is made to evaluate and investigate the risk of sustainable environmental supply chain using fuzzy hierarchical analysis (Cheng's method) in Iran's power plant industry. In this regard, 19 indicators were identified, collected and proposed based on interviews and review of past studies. Using the hierarchical analysis model in the fuzzy space and the opinions of 10 industrial and academic experts, the criteria were compared two by two and finally prioritized. According to experts, the modification of the price of energy carriers will have the greatest impact and the use of towers and masts with greater height will have the least impact on the risk of the sustainable environmental supply chain in Iran's power plant industry.

Keywords: Supply Chain, Risk Assessment, Fuzzy Theory, Analytical Hierarchy Process, Electrical Industry

*Corresponding Author: Arvin Fooladvand
Email: *f.arvin@modares.ac.ir*
Phone: 09147462452

Doi: 10.48306/jumee.2023.421710.1022

نشریه علمی مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال اول/شماره سوم/پاییز ۱۴۰۲/صفحه ۸۲-۹۵

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۲ /۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۹/۱۴

ارزیابی ریسک زنجیره تأمین پایدار محیط‌زیستی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در صنعت نیروگاه برق ایران

آروین فولادوند *، محمود علیزاده [۲] ، محمد مالمیر [۳]

[۱] کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

[۲] کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران،تهران،ایران.

[۳] کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

چکیده

ریسک محیط‌زیستی زنجیره تأمین در صنعت برق با توجه به شاخص‌های متعدد و گستردگی این صنعت، از اهمیت بالایی برخوردار است. گستردگی زنجیره تأمین و میزان سوخت‌های فسیلی مصرفی در این صنعت اهمیت مطالعات مبتنی بر پایداری و سازگاری با محیط‌زیست را افزایش می‌دهد. در نتیجه، شناخت مناسب و ارجحیت‌بندی معیارهای اثرگذار بر زنجیره تأمین سبز، به برنامه‌ریزان و متصدیان صنعت برق کمک زیادی خواهد کرد تا ریسک محیط‌زیستی را کاهش دهند. در این مطالعه، سعی بر آن است تا ریسک زنجیره تأمین پایدار محیط‌زیستی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (روش چنگ) در صنعت نیروگاه برق ایران ارزیابی و بررسی شود. در این راستا، ۱۹ شاخص بر اساس مصاحبه و مرور مطالعات گذشته شناسایی، جمع‌آوری، و پیشنهاد شدند. با استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در فضای فازی و نظرات ۱۰ خبره صنعتی و دانشگاهی، معیارها دوبه‌دو مقایسه و در نهایت ارجحیت‌بندی شدند. اصلاح قیمت حامل‌های انرژی از دیدگاه متخصصان بیشترین تأثیر و استفاده از برج‌ها و دکل‌های با ارتفاع بیشتر، کمترین تأثیر را بر ریسک زنجیره تأمین پایدار محیط‌زیستی در صنعت نیروگاه برق ایران خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، ارزیابی ریسک، تئوری فازی، تحلیل سلسله‌مراتبی، صنعت برق

* نویسنده مسئول: آروین فولادوند

ایمیل: *f.arvin@modares.ac.ir*

شماره تماس: ۰۹۱۴۷۴۶۲۴۵۲

Doi: 10.48306/jumee.2023.421710.1022

۱-مقدمه

پس از دوران تحولات صنعتی و پیشرفت‌های چشمگیر در بخش‌های علم، صنعت، و کشاورزی در کشورهای مختلف، بشر اقدام به تخریب و آلودگی محیط‌زیست نمود. فعالیت‌های صنعتی منجر به بروز مشکلات محیط‌زیستی بسیاری شده است، از جمله انتشار آلاینده‌ها، گرمایش زمین، تخریب لایه اوزون، و افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح زمین. این معضلات در حال حاضر به حدی رسیده‌اند که تقریباً همه دولت‌ها و عموم مردم آن را به‌عنوان بزرگ‌ترین بحران پیشروی بشر می‌شناسند.

مفهوم پایداری در مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان یک استراتژی برای ارتقای کارایی و افزایش رقابتی بودن شرکت‌ها شناخته می‌شود. مدیریت زنجیره تأمین پایدار به معنی بهبودی درازمدت در سیاست‌های اقتصادی سازمان است. این نهاد، شامل مدیریت جریان مواد اولیه، اطلاعات، سرمایه، و همکاری شرکت‌ها در زنجیره تأمین است که بر مبنای یکپارچه‌سازی اهداف حاصل از ابعاد اقتصادی، محیطی، و اجتماعی توسعه پایدار تعریف می‌شود و توسط مشتریان و ذی‌نفعان مشخص می‌گردد [۱].

روند فزاینده تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان، هشداری جدی برای دولتمردان بوده و نگرانی‌های جهانی را شامل می‌شود. از سوی دیگر، این مسئله با افزایش سهم ایران در میان کشورهای جهان از نظر انتشار آلاینده، هشداری داخلی نیز را به عرصه سیاست‌گذاری وارد می‌کند [۲]. در سال‌های اخیر، صنعت برق در ایران تحولات اساسی و بنیادینی را تجربه کرده و با ظهور بازار برق، تغییرات اساسی در این صنعت ایجاد شده است [۳]. هنگامی‌که برق مصرفی شما به‌عنوان مصرف‌کننده انرژی الکتریکی توسط شرکت‌های توزیع برق تأمین می‌شود، این به معنای ایجاد زنجیره تأمین از تولید تا مصرف است. با این حال، هنوز هم با مشکلاتی روبرو هستیم. به‌عنوان مثال، عدم نقش حضور متقاضی در زنجیره تأمین و مشکلات برآورد صحیح بار ناشی از آن، عدم ایجاد محیطی رقابتی و پرداخت هزینه‌های سنگین برای کاهش تلفات شبکه از مشکلات اساسی است [۴].

در کشور ایران، واحدهای مختلف زنجیره تأمین برق از تولید تا مصرف، با عوامل آلاینده محیط‌زیستی متعددی روبرو هستند که نیروگاه‌های برق با سهم بسیار زیادی در این آلودگی‌ها تعیین‌کننده هستند [۵]. برنامه‌ریزی توسعه تولید برق، بخش عمده‌ای از مطالعات برنامه‌ریزی انرژی را به خود اختصاص داده است [۶]. هدف اصلی این مطالعه، بررسی شاخص‌ها و فاکتورهای مؤثر بر آلودگی نیروگاه‌های برق در ایران است، به‌منظور ارزیابی نقش و سهم این واحدها در زنجیره تأمین برق کشور با استفاده از روش تحلیلی سلسله مراتبی فازی و با جمع‌آوری داده‌ها از واحدهای مختلف زنجیره تأمین برق، شاخص‌های اثرگذار در آلودگی محیط‌زیستی به تفکیک واحد مورد بررسی قرار گرفته و با مقایسه و ارزیابی نظرات خبرگان، اولویت‌بندی شده‌اند. نتیجتاً، سهم هر یک از واحدهای زنجیره تأمین برق کشور در آلودگی‌های محیط‌زیستی مرتبط با خود را می‌توان به‌دست آورد.

در سال ۱۳۹۶، زعیم و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان "مدل‌سازی سیستم‌های پویا برای بررسی رفتار تولیدکننده در زنجیره تأمین صنایع تولیدی" به بررسی علم پویایی سیستم (SD) پرداختند [۵]. این علم توانایی شبیه‌سازی زنجیره‌های تأمین مختلف را دارد و از طریق شبیه‌سازی، پیامدهای نامشخص تصمیم‌گیری‌ها آشکار می‌شود. هدف اصلی این روش شبیه‌سازی، تسریع و تسهیل یادگیری رفتار سیستم‌ها در شرایط فعلی و آینده است. در این مقاله، یک چارچوب مدل‌سازی برای شبیه‌سازی عملکرد تولیدکننده در زنجیره تأمین صنایع تولیدی ارائه شده است. مدل این مقاله حول یک سازمان تولیدی با عملکرد بر اساس تولید بر اساس سفارش (MTO) طراحی گردیده است. این مدل برمبنای روش پویایی سیستم‌ها برای شناخت و ارزیابی روند و همچنین شناخت عوامل اثرگذار بر آن تهیه و توسعه داده شده است. عملیاتی که در یک واحد تولیدی به‌عنوان بخشی از زنجیره تأمین صورت می‌گیرند تابع تعداد زیادی از متغیرهای کلیدی می‌باشند که روابط متقابل قوی مابین آن‌ها وجود دارد. توانایی در شناخت جامع یک سیستم، تحلیل اثرات متقابل اجزای مختلف سیستم و بازخوردها، پویایی‌شناسی سیستم‌ها را به یک روش ایده‌آل برای مدل‌سازی سیستم‌های تولیدی تبدیل می‌کند. هدف این مقاله، مدل‌سازی عملکرد تولیدکننده در زنجیره تأمین و به دست آوردن بازتاب صحیح رفتار آن بر پایه پویایی‌شناسی سیستم‌ها با استفاده از نرم‌افزار Vensim بوده است. همچنین، چارچوب مدل‌سازی ارائه شده جهت مطالعه عملکرد سیستم تحت شرایط اولیه و مقایسه آن با نتایج به‌دست‌آمده حاصل از اجرای سیستم تحت سناریوهای مختلف با در نظر گرفتن شرایط عملیاتی واقع‌گرایانه می‌باشد. مطالعه با تحلیل نتایج حاصل به پایان می‌رسد و در انتها نتیجه‌گیری بر مبنای مقایسه عملکرد سیستم تحت سناریوهای بررسی‌شده با مدل اولیه صورت می‌گیرد [۵]طی دو دهه اخیر، صنعت برق در بسیاری از کشورها در حال بازسازی و رشد است و به دلیل ماهیت زیربنایی و ارتباط زیاد آن با عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی، صنعتی پویا و تأثیرگذار است که به‌موازات توسعه اقتصادی و افزایش سطح زندگی، تقاضا برای آن همواره در حال افزایش است و در حال تبدیل‌شدن به یک صنعت رقابتی است [۷]. مسئله مورد بررسی در مقاله‌ای

که توسط آجرپزی و همکاران در سال ۱۳۸۸ انجام شد، بررسی ساختار موجود در صنعت برق ایران و به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات به‌منظور بهبود در زنجیره تأمین این صنعت مورد مطالعه قرارگرفته است. این تحقیق نه تنها به ارتقاء کارایی و کیفیت تولید در صنعت برق ایران کمک می‌کند، بلکه به افزایش رقابت‌پذیری و جلب سرمایه‌گذاری در این حوزه نیز کمک خواهد کرد. [۸].

در مطالعه ابراهیمی‌نژاد و همکاران در سال ۱۳۸۶، شناسایی و تحلیل ریسک‌های زنجیره تأمین در چارچوب تصمیم‌گیری چند معیاره فازی انجام شد [۹]. این مطالعه از آنجا که در دنیای رقابتی کنونی مدیریت زنجیره تأمین، یکی از مسائل اساسی پیش روی بنگاه‌های اقتصادی قرار دارد که تمامی فعالیت‌های سازمان را به‌منظور تولید محصولات و ارائه خدمات موردنیاز مشتریان تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو توجه به فرصت‌ها و تهدیدات موجود در عرصه تجارت جهانی و ارزیابی توان سازمان در رویارویی با ریسک‌های این عرصه از اهمیت انکارناپذیری برخوردار است[۱۰]. مدیریت ریسک در زنجیره تأمین، وظیفه شناسایی، تحلیل، ارائه راهکارهای مناسب جهت پاسخ‌گویی، کنترل و پایش ریسک‌ها در چرخه‌های اقتصادی و تولیدی را بر عهده دارد.

در مقاله عنوان شده، الگوریتم تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی و ضرورت به‌کارگیری مفاهیم فازی در محیط مدیریت ریسک بیان گردیده است. همچنین، بررسی ریشه‌ها و عوامل مختلف عدم‌قطعیت در زنجیره تأمین پرداخته و ساختار جامعی از ریسک‌ها و مخاطرات در زنجیره انجام شده است. در انتها، مدل پیشنهادی به‌منظور ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارائه می‌گردد.

در مطالعه‌ای که توسط آفرین محمدزاده و همکاران در سال ۱۳۹۷ با عنوان بررسی و رتبه‌بندی شاخص‌های مؤثر در تدوین مدیریت زنجیره تأمین سبز با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در فضای فازی و روش TOPSIS فازی در صنعت برق استان مازندران انجام شد [۱۱]. برای این‌کار، ابتدا با مطالعه پیشینه ادبیات، ۲۱ شاخص برای بررسی مدیریت زنجیره تأمین سبز پیشنهاد کردند. در مرحله بعدی به کمک پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی که در اختیار کارشناسان و متخصصان قرار داده بودند و با درنظرگرفتن محدودیت‌ها تعداد این معیارها را به ۹ معیار نهایی کاهش دادند. سپس این معیارها به کمک مدل فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در فضای فازی و با استفاده از پرسش‌نامه مقایسات زوجی وزن‌دهی شدند و وزن هر شاخص نسبت به یکدیگر مشخص شد. نتایج مطالعه نشان داد که شاخص‌های توانایی تأمین مالی، افزایش ارتفاع برج‌ها و دکل‌های خطوط انتقال برق و استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص می‌دهند و بقیه شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند؛ لذا به مدیران پیشنهاد گردید که به این اقدامات توجه و تأکید بیشتری نمایند.

در پژوهشی که مجتبی امیدیان و همکاران در سال ۱۳۹۷ با عنوان " اولویت‌بندی راهبرد زنجیره تأمین در تولید برق به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی" سعی شده است با مطرح کردن رویکرد مدیریت زنجیره تأمین لارج، به راهبردهای ناب، چابک، تاب‌آوری و سبز در تولید برق به‌طور هم‌زمان توجه شود [۱۲]. درنتیجه، با به‌کارگیری روش توصیفی _ پیمایشی و دریافت نظر هشت نفر خبره و به کمک نرم‌افزار تحت (FAHP) در صنعت برق، هریک از ابعاد رویکرد لارج با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ، وزن دهی و اولویت‌بندی شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده راهبردهای سبز، تاب‌آوری و چابک به ترتیب اولویت اول تا سوم را در تولید برق داشتند. به‌عبارت‌دیگر تغییر در طراحی فرایندها و تولید به‌سوی فرایندهای دوستدار محیط‌زیست و همچنین تمرکز بر ایجاد وضعیتی متعادل و انطباق با شرایط محیطی اولویت‌های اول و دوم معرفی شده‌اند.

در تحقیقی که توسط حسینی نیا و همکاران در سال ۱۳۹۶ انجام شد، رتبه‌بندی عوامل کلیدی پیاده‌سازی فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین با استفاده از روش دیمتل به‌منظور بررسی صنعت برق استان مرکزی انجام گرفت. در گام نخست، ۱۰ معیار پیشنهادی برای پیاده‌سازی فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین که بر اساس مطالعات پیشین شناسایی شده بودند، مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس با استفاده از روش دیمتل، که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است، ارجحیت و رتبه معیارها نسبت به یکدیگر جهت پیاده‌سازی فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مدیریت روابط مشتری به عنوان کلیدی‌ترین عامل در پیاده‌سازی فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین صنعت برق استان مرکزی معرفی شد [۱۳]. این یافته نشان از اهمیت برقراری روابط مؤثر با مشتریان در سیاق استراتژیک پیاده‌سازی فناوری اطلاعات دارد و می‌تواند به عنوان یک راهنمای موثر برای سازمان‌ها در بهبود مدیریت زنجیره تأمین و افزایش کارایی عملیات مرتبط با آن عنوان شود.

در تحقیقی که حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۵ انجام دادند، ساختار زنجیره‌های تأمین موجود در صنعت برق ایران و به‌کارگیری فن‌آوری اطلاعات به‌منظور بهبود آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت [۱۴]. زمانی که برق مصرفی توسط شرکت‌های توزیع برق فراهم می‌شود،

این نشانگر است که زنجیره تأمین از مرحله تولید تا مصرف شکل گرفته است، اما هنوز با چالش‌ها و نواقصی روبه‌رو است. این نواقص شامل عدم مشارکت فعال متقاضیان در زنجیره تأمین، مشکلات در تخمین دقیق بار مصرفی، فقدان رقابت سالم، و هزینه‌های زیاد برای کاهش اتلافات شبکه می‌باشد. استفاده از مدل SCOR به عنوان یک مدل مرجع در عملیات زنجیره تأمین، با توجه به روند فرآیندی صنایع، به‌عنوان یک راه حل کارآمد در پیاده‌سازی استراتژی زنجیره تأمین سبز شناخته می‌شود. شاخص‌های تعریف‌شده در مدل SCOR، مسیر صنایع را به سمت تولید محصولات سبز و کنترل آلاینده‌های محیط‌زیست تغییر می‌دهد. با توجه به اینکه صنعت برق یکی از تولیدکنندگان انرژی پاک محسوب می‌شود و در چرخه‌ی تولید تا مصرف به آلاینده‌های محیط‌زیستی مشارکت دارد، لازم است تا با بررسی دقیق‌تر و اجرای الگوهای زیست‌محیطی، از جمله استفاده از تجهیزات غیرآلاینده مانند سلول‌های خورشیدی و انرژی هسته‌ای در تولید برق، و همچنین استفاده از وسایل حذف‌کننده‌ی آلاینده‌ها مانند سیلیکون، رسوب ساز الکترواستاتیک و فیلترهای کیسه‌ای در حذف ذرات معلق، محیط‌زیست را حفظ کنیم. این اقدامات، به عنوان یک ارث ماندگار برای نسل‌های آینده، به تدریج به تحقق مفهوم مسئولیت اجتماعی شرکت‌های توزیع برق کمک خواهد کرد. در این روزها با توجه به تغییرات در نیازهای مشتریان و افزایش رقابت بین شرکت‌ها، استفاده از ابزارهای به‌روز برای افزایش عملکرد شرکت‌های توزیع برق بسیار اهمیت دارد. رویکرد زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش یکی از ابزارهای مؤثر در این زمینه است و شرکت‌های توزیع برق به سمت این رویکرد با بالاترین ارزش باید حرکت کنند.

در مقاله‌ای که توسط ولی‌زاده در سال ۱۳۹۴ صورت پذیرفت ضمن ارائه تعریف برنامه‌ریزی منابع سازمان، مدیریت زنجیره تأمین و اقتصاد شبکه‌ای، تأثیرات ERP بر SCM (با نگاهی ویژه به زنجیره تأمین صنعت برق) با استفاده از روش مطالعه دلفی، بررسی‌شده است [۱۵]. برای این کار ۲۳ متخصص در صنایع مختلف آشنا به SCM و ERP انتخاب و با استفاده از شبکه‌های اجتماعی تلفن همراه در بستر اینترنت، سؤالاتی درباره روندهای اساسی SCM تأثیر تجاری این روندها، مزایا و محدودیت‌های ERP بر SCM به بحث گذاشته شد. درنهایت با جمع‌بندی نظرات کارشناسان به این نتیجه رسیدیم که سیستم ERP به‌عنوان یک استاندارد عملی کسب‌وکار مورد تایید است، زیرا جایگزین سیستم‌های سنتی شده است، لیکن هیچ‌گاه صرفاً برای پشتیبانی از SCM به وجود نیامده است. چون ماهیت آن برای استفاده در یک سازمان طراحی شده است و همین امر موجب بروز مشکلاتی در بخش‌های به‌هم‌پیوسته دنیای امروز شده است.

در مقاله‌ای که توسط فرحی و همکاران در سال ۱۳۹۰ صورت گرفت، مزایای مهم توسعه زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش به‌عنوان ابزاری برای بالا بردن عملکرد شرکت‌ها به‌خصوص شرکت‌های توزیع برق تشریح شده است [۱۶]. این زنجیره‌ها به طرق مهمی با زنجیره‌های سنتی تفاوت دارند، زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش توسط سازمان‌ها به‌عنوان عنصر مرکزی استراتژی به کار گرفته می‌شوند و صرفاً ابزاری برای جریان مواد و خدمات نمی‌باشند. در واقع، به‌جای تمرکز بر سرعت یا هزینه، زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش برای ارائه کامل‌ترین ارزش به مشتری در مورد سرعت، هزینه، کیفیت و انعطاف‌پذیری طراحی شده‌اند، شرکت‌ها و سازمان‌هایی که زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش را توسعه و تکامل می‌دهند عملکرد و توانایی‌شان افزایش پیدا می‌کند.

در تحقیقی که توسط عبادی و همکاران در سال ۱۳۹۰ انجام شد، دو مدل اساسی تنظیم قیمت انگیزشی مقایسه شدند و جستجو برای یافتن مدل بهینه تنظیم قیمت برای توزیع برق ایران بر اساس تابع رفاه کل اجتماعی مورد مطالعه قرار گرفت. در این تحقیق، مدل‌های سقف قیمت و درآمد، که به‌عنوان پرکاربردترین الگوهای تنظیم انگیزشی محسوب می‌شوند نسبت به قیمت اولین راه‌حل برتر، با یکدیگر مقایسه شدند [۱۷]. برای ایجاد این مدل‌ها، تابع هزینه ۳۸ شرکت توزیع برق ایران مورد مطالعه قرار گرفت و سپس کارایی آن‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی شد. سپس دو الگوی به‌کاررفته برای یک دوره سه ساله از ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰، مدل‌سازی و با داده‌ها هماهنگ شدند. در نهایت، تابع تقاضای برق خانگی با استفاده از روش رگرسیون با وقفه‌های توزیع‌شده تخمین زده شد. محاسبات نشان داد که رفاه کل هر مدل با قیمت اولین راه‌حل برتر متفاوت است. به گونه‌ای که بدون در نظر گرفتن آثار خارجی آلودگی ناشی از تولید برق، مدل سقف قیمت رفاه اجتماعی را به حداکثر می‌رساند درحالی‌که با در نظر گرفتن این اثرات، مدل سقف درآمد به‌عنوان مدل بهینه معرفی می‌شود.

در تحقیقی که توسط فرناندو و همکاران در سال ۲۰۱۳ یک مدل زنجیره عرضه در بازارهای برق با ژنراتورهای چندگانه با توجه به ساختار چندگانه بازار ارائه شده است [۱۸]. آن‌ها چگونگی طراحی بازار در تعامل با انواع مختلف قراردادها و ساختار بازار را تحت تأثیر ارتباطات بین شرکت‌های مختلف و عملکرد زنجیره تأمین به عنوان یک کل مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. برای مقایسه پیامدهای هماهنگی زنجیره تأمین در سوددهی از دو ساختار مختلف بازار استفاده شده بود: یعنی یک بازار پایه بزرگ در مقابل قراردادهای دوجانبه، با درنظرگرفتن رابطه بین آینده و بازارهای نقطه‌ای. علاوه بر این، از بررسی قراردادها برای تحلیل تفاوت‌ها و تعرفه‌های دوبخشی به‌عنوان

ابزارهایی برای هماهنگی زنجیره تأمین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتیجه این مطالعه نشان‌دهنده تعادل چندگانه در قراردادهای زنجیره تأمین و ساختارهای مرتبط با آن‌هاست و دیگر این‌که تعرفه دوقسمتی بهترین روش برای کاهش دوگانه و افزایش بهره‌وری در مدیریت زنجیره تأمین می‌باشد.

در مطالعه صورت‌گرفته توسط تاشی یوکی در سال ۲۰۱۴، استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد کلی سازمان پیشنهاد شده است [۱۹]. نتایج مدل ارزیابی تحلیل پوششی داده‌ها، شرکت‌های بزرگ را ترغیب به سرمایه‌گذاری در نوآوری و توسعه فناوری‌های جدید به منظور جلوگیری از خروجی نامطلوب تشویق می‌کند. این مطالعه به عنوان یک برنامه اجرایی با پشتوانه روش پیشنهادی برای اندازه‌گیری پایداری شرکت‌ها، در شرکت‌های تولید برق ایالات متحده اجرا شده است. صنعت برق عملکرد یکپارچه و مستقل دارد. شرکت‌های یکپارچه، به‌عنوان یک سیستم کل، اشاره به زنجیره‌های تأمین بزرگ دارند. در همین حال، شرکت‌های مستقل بر عملکرد بالادستی خود تمرکز دارند نه عملکرد پایین‌دست. مجموعه مقایسه تجربی بین دو گروه از شرکت‌های صنایع برق مشخص کرد که به دلیل زنجیره تأمین بزرگ، شرکت‌های یکپارچه دارای شایستگی بالاتری در اجرای عملیات محوله نسبت به شرکت‌های مستقل دارند و از طرفی، فرصتی برای ارائه نظرات مصرف‌کنندگان در عملیات کسب‌وکار خود فراهم می‌کنند؛ بنابراین، سیستم زنجیره تأمین بزرگ دارای پوشش عملکردی کسب‌وکار برای مجموعه‌های بالادست و پایین‌دست خود و افزایش پایداری شرکت‌ها در صنعت برق ایالات متحده دارد. یافته‌های به‌دست آمده در این مطالعه در تهیه نقشه راه کسب‌وکار و سیاست‌های صنعتی سازمان‌ها برای صنایع برق در کلیه کشورهای درگیر در تولید نفت و برق مفید است.

در تحقیقی که روی افزایش مشکلات مربوط به تولید برق و مسائل اقتصاد انرژی توسط سانیل و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام شد [۲۰]، مشخص شد که به‌طورکلی به وجود آمدن فعالیت‌های گوناگون در جامعه با افزایش نیاز به مصرف برق همراه است. مدیریت زنجیره تأمین سبز یکی از روش‌های بهبود کارایی صنعت برق و تأمین این نیاز روزافزون است. برای مرتفع کردن این نیاز، مدل عوامل بحرانی موفقیت برای ایجاد زنجیره تأمین سبز و مدل مدیریتی برای رسیدن به راهکارهای پایدار در صنایع برق، شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است.

بنابراین، اهمیت شناخت معیارهای اثرگذار بر زنجیره تأمین پایدار و سبز در صنعت نیروگاه برق ایران به خوبی درک شده است. با توجه به این‌که فعالیت‌های صنعتی به طور مستقیم بر محیط زیست تأثیر می‌گذارند و موجب افزایش آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای می‌شوند، ارزیابی و مدیریت دقیق شاخص‌های زیست‌محیطی اجتناب‌ناپذیر است. به‌کارگیری رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی امکان مقایسه و ارجحیت‌بندی دقیق این شاخص‌ها را بر اساس دیدگاه‌های خبرگان فراهم می‌آورد که نه‌تنها به ارزیابی کمّی اثرات اکولوژیکی نیروگاه‌ها می‌پردازد؛ بلکه در تدوین استراتژی‌های کارآمد برای کاهش آلودگی نقش مؤثری دارد. این روش‌شناسی، به همراه مدل‌سازی سیستم‌های پویا، نه‌تنها به بهینه‌سازی فرایندهای تولید و توزیع برق کمک می‌کند؛ بلکه تعامل مؤثر بین بخش‌های مختلف زنجیره تأمین را تقویت می‌نماید و راهبردی است که با توجه به تحولات بازار برق ایران و نیاز روزافزون به بهره‌وری و پایداری، ضروری به نظر می‌رسد. این دیدگاه جامع، اطلاعات و دیدگاه‌های مناسبی را برای مدیران، کارشناسان و مسئولین حوزه صنعت برق فراهم می‌آورد و به سوی پایداری بیشتری در صنعت برق هدایت می‌کند.

۲ـمواد و روش‌ها

در این مطالعه، ابتدا با مرور مطالعات گذشته و انجام مصاحبه‌های دقیق، ۱۹ شاخص ریسک در زنجیره تأمین برق ایران شناسایی شدند. سپس، این شاخص‌ها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند تا درک عمیق‌تری از وضعیت موجود به دست آید. در مرحله بعدی، با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی(FAHP) به اولویت‌بندی و تعیین ارجحیت این شاخص‌ها پرداخته شد، که این امر به تحلیل دقیق‌تر و تعیین اولویت‌های موثرتر کمک کرد. پس از اجرای مدل و تعیین اولویت‌ها، نتایج حاصل از تحلیل مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند تا درک بهتری از ریسک‌های محیط زیستی در زنجیره تأمین برق ایران به دست آید. در نهایت، بر اساس نتایج به دست آمده، پیشنهادات و راهکارهایی برای مدیریت و کاهش ریسک‌های شناسایی شده ارائه شد. این رویکرد جامع به ما امکان داد تا تصویر کامل‌تری از چالش‌ها و فرصت‌های موجود در زمینه زنجیره تأمین پایدار در صنعت برق ایران به دست آوریم.

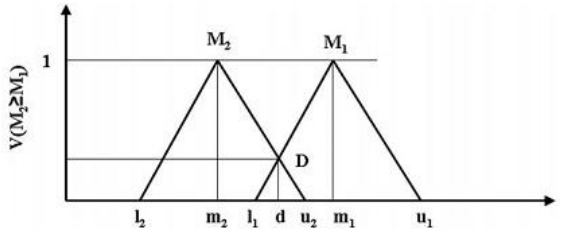
۲-۱- تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)

در AHP کلاسیک قضاوت‌ها با به‌کارگیری اعداد قطعی انجام می‌شود. اما به دلیل پیچیدگی و عدم‌قطعیت موجود در دنیای واقعی ممکن است تصمیم‌گیرنده قادر به انتقال نظرات و دیدگاه‌های خود در قالب یک عدد قطعی نباشد [۲۱]. تحلیل سلسله مراتبی فازی برای نخستین بار در سال ۱۹۸۰ توسط گران ارائه گردید. روشی که توسط گران برای استخراج بردار وزن از یک ماتریس مقایسات زوجی AHP با استفاده از ارزش‌گذاری فازی بکار برده شد، دو مرحله داشت؛ در مرحله نخست وزن معیارها و در مرحله دوم وزن گزینه‌ها با توجه به معیارها، با به‌کارگیری اعداد فازی محاسبه می‌گردد و درنهایت با فرمول‌های خاص محاسبات فازی بردار وزن حاصل می‌شود [۲۲].

در این تحقیق برای انجام محاسبات تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در مرحله انتخاب از نرم‌افزار Expert Choice استفاده‌شده است. روش تحلیل توسعه‌ای توسط یونگ چانگ در سال ۱۹۹۶ ارائه گردید [۲۳]. این روش به دلیل سادگی محاسباتی مورد اقبال فراوان قرارگرفته است [۲۲] .

مراحل روش تحلیل توسعه‌ای به‌قرار زیر است [۲۳]:

دو عدد فازی M1 =(L1 , m1 , u1) و M2=(L2 , m2 , u2) را طبق شکل (۱) در نظر بگیرید. میان این دو عدد روابط زیر برقرار است:



شکل ۱- نمایش عدد فازی مثلثی

$$M_1+M_2 = (L_1+ L_2 , m_1+ m_2 , u_1+ u_2) \quad (۱)$$

$$M_1 * M_2 = (L_1 .L_2 , m_1. m_2 , u_1. u_2) \quad (۲)$$

$$M^{-1} = (1/u ,1/m ,1/L) \quad (۳)$$

در FAHP ماتریس مقایسات زوجی به شکل زیر خواهد بود [۲۳].

$$\tilde{A} = \{\tilde{a}_{ij}\} = \begin{pmatrix} (1,1,1) & (l_{12},m_{12},u_{12}) & \cdots & (l_{1n},m_{1n},u_{1n}) \\ (l_{21},m_{21},u_{21}) & (1,1,1) & \cdots & (l_{2n},m_{2n},u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1},m_{n1},u_{n1}) & (l_{n2},m_{n2},u_{n2}) & \cdots & (1,1,1) \end{pmatrix} \quad (۱)$$

$$\tilde{a}^{-1}{}_{ji} = \left(1/u_{ji}, 1/m_{ji}, 1/l_{ji}\right)$$

$$, \text{ for } i, j = 1,2,\ldots,n \text{ and } i \neq j . \quad \tilde{a}_{ij} = \left(l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}\right) \quad (۲)$$

در روش تحلیل توسعه‌ای هر سطر ماتریس یک ارزش بنام Sk دارد که به روش زیر محاسبه می‌شود [۲۲, ۲۳]:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \otimes \left[\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{kj}\right]^{-1} = \left(\frac{\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}{\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}\right), i = 1,\ldots,n \quad (۳)$$

که در آن k نشان‌دهنده شماره سطر و i و j به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. در مرحله بعد درجه بزرگی Skها (V) طبق دستورالعمل زیر محاسبه می‌شود:

$$V\left(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j\right) = SUP_{y \geq x}\left[\min\left(\tilde{S}_j(x), \tilde{S}_i(y)\right)\right] \quad (۴)$$

$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j) = \begin{cases} 1, & m_i \geq m_j \\ \dfrac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)}, & l_i \leq u_i; i, j = 1, \ldots, n; i \neq j \\ 0, & otherwise, \end{cases} \quad (۵)$$

$$\tilde{S}_j = (l_j, m_j, u_j) \quad \text{and} \quad \tilde{S}_i = (l_i, m_i, u_i) \quad (۶)$$

درجه بزرگی عدد فازی Mi عدد فازی دیگر از رابطه زیر محاسبه می‌شود

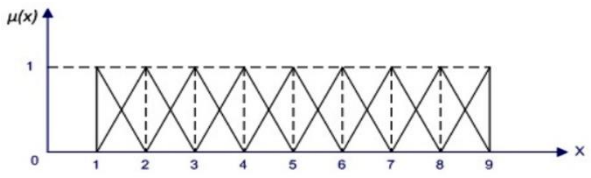
$$V(M \geq M_1, M_2, \ldots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \ldots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \ldots, k. \quad (۷)$$

برای محاسبه وزن شاخص از رابطه زیر استفاده می‌شود

$$W_i = \frac{V\left(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j / j = 1, \ldots, n; j \neq i\right)}{\sum_{k=1}^{n} V(\tilde{S}k \geq \tilde{S}_j / j = 1, \ldots, n; j \neq k)}, i = 1, \ldots, n \quad (۸)$$

$$W = (w_1, w_2, \ldots, w_n)^T \quad (۹)$$

آخرین قدم نرمالیزه‌کردن بردار وزن است که پس از نرمال شدن مؤلفه‌های آن اعداد قطعی (غیرفازی) هستند که مبین وزن شاخص یا گزینه موردنظر هستند. محیط فازی مورداستفاده در این مطالعه در شکل (۲) نشان‌داده‌شده است.



شکل ۲- محیط فازی استفاده‌شده

۲-۲-جامعه آماری مورداستفاده

در این مطالعه از میانگین پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی جمع‌آوری‌شده از ۱۰ متخصص در حوزه صنعت برق استفاده شده است. لازم به ذکر است، قبل از تکمیل پرسشنامه‌های مقایسات زوجی، پرسشنامه اولیه توسط دو خبره دانشگاهی و صنعت، روایی سنجی و بررسی شدند و پس از تایید و انجام اصلاحات جهت تکمیل در اختیار جامعه خبرگان نهایی قرار گرفت.

۳-بحث و نتایج

بر اساس مصاحبه‌های میدانی صورت‌گرفته و بررسی متون تخصصی مرتبط، معیارهای پیشنهادی اثرگذار بر زنجیره تأمین صنعت برق در جدول (۱) جمع‌آوری و پیشنهاد شده است.

جدول ۱- معیارهای پیشنهادی اثرگذار بر زنجیره تأمین صنعت برق

شماره معیار		عنوان معیار
C1	معیار ۱	پیاده‌سازی استانداردها و الزامات بین‌المللی مانند ایزو ۱۴۰۰۱ و EMS
C2	معیار ۲	سرمایه‌گذاری بیشتر بر روی HSE در مراکز تولید انرژی
C3	معیار ۳	افزایش سطح دانش زنجیره تأمین سبز در مدیران
C4	معیار ۴	سرمایه‌گذاری بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر و سبز
C5	معیار ۵	افزایش تعامل با ذی‌نفعان باهدف بهبود محیط‌زیست
C6	معیار ۶	افزایش فرهنگ و آموزش مدیریت سبز در کارکنان
C7	معیار ۷	سرمایه‌گذاری در به‌روزرسانی و تعمیر نیروگاه‌های برقی موجود
C8	معیار ۸	استفاده از برج‌ها و دکل‌های با ارتفاع بیشتر
C9	معیار ۹	سرمایه‌گذاری در کاهش مصرف انرژی در مراکز پرمصرف
C10	معیار ۱۰	توسعه نیروگاه‌های برق‌آبی جدید
C11	معیار ۱۱	توسعه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی جدید
C12	معیار ۱۲	تعمیر و به‌روزرسانی شبکه توزیع
C13	معیار ۱۳	توسعه مطالعات و ارزیابی‌های محیط‌زیستی جدید در صنعت برق
C14	معیار ۱۴	استفاده از پتانسیل‌های تولید انرژی برق از منابع شهری و پراکنده
C15	معیار ۱۵	اصلاح قیمت حامل‌های انرژی
C16	معیار ۱۶	اصلاح قوانین و مقررات مرتبط با مراکز پرمصرف انرژی
C17	معیار ۱۷	ایجاد برنامه‌های حمایتی و تشویقی به‌منظور افزایش مشارکت بخش خصوصی در تولید انرژی
C18	معیار ۱۸	بهبود فرهنگ و آموزش شهروندان در کاهش مصرف انرژی
C19	معیار ۱۹	ایجاد برنامه‌های رقابتی و حمایتی مشابه CDM در صنایع پرمصرف

مقایسات زوجی اولیه در ماتریس مدل AHP که توسط نرم‌افزار expert choice 11 انجام شد. بر اساس فضای فازی معرفی شده نتایج جدول مقایسات زوجی اولیه در ماتریس مدل AHP به فضای فازی انتقال داده شده است و نتایج آن به دلیل حجم بالای اطلاعات ارائه نشدند. در ادامه وزن نسبی هر معیار نسبت به یکدیگر در محیط فازی و بر اساس روابط ارائه‌شده، محاسبه و در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- وزن نسبی هر معیار نسبت به یکدیگر در محیط فازی

شماره معیار	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C1	0.0401	0.0393	0.0390	0.0366	0.0432	0.0439	0.0386	0.0423	0.0484	0.0446	0.0477	0.0408	0.0401	0.0390	0.0406	0.0384	0.0312	0.0469	0.0422
C2	0.0401	0.0393	0.0390	0.0366	0.0432	0.0439	0.0386	0.0423	0.0484	0.0446	0.0477	0.0408	0.0401	0.0390	0.0321	0.0303	0.0427	0.0469	0.0422
C3	0.0445	0.0437	0.0421	0.0366	0.0432	0.0395	0.0386	0.0423	0.0484	0.0446	0.0363	0.0537	0.0433	0.0512	0.0406	0.0384	0.0427	0.0469	0.0422
C4	0.0601	0.0590	0.0631	0.0520	0.0518	0.0439	0.0508	0.0571	0.0484	0.0446	0.0573	0.0537	0.0481	0.0512	0.0555	0.0524	0.0562	0.0469	0.0556
C5	0.0445	0.0437	0.0468	0.0482	0.0466	0.0395	0.0508	0.0423	0.0484	0.0446	0.0477	0.0408	0.0401	0.0512	0.0406	0.0524	0.0562	0.0563	0.0556
C6	0.0371	0.0364	0.0421	0.0482	0.0466	0.0395	0.0386	0.0571	0.0484	0.0446	0.0363	0.0408	0.0401	0.0285	0.0321	0.0384	0.0427	0.0469	0.0422
C7	0.0601	0.0590	0.0631	0.0578	0.0518	0.0593	0.0549	0.0571	0.0484	0.0602	0.0573	0.0537	0.0481	0.0615	0.0555	0.0524	0.0562	0.0563	0.0556
C8	0.0371	0.0364	0.0390	0.0366	0.0432	0.0278	0.0386	0.0381	0.0368	0.0371	0.0363	0.0408	0.0401	0.0390	0.0406	0.0384	0.0427	0.0469	0.0422
C9	0.0445	0.0437	0.0468	0.0578	0.0518	0.0439	0.0610	0.0571	0.0523	0.0602	0.0573	0.0537	0.0481	0.0512	0.0555	0.0524	0.0562	0.0563	0.0556
C10	0.0371	0.0364	0.0390	0.0482	0.0432	0.0366	0.0386	0.0423	0.0368	0.0401	0.0363	0.0408	0.0401	0.0512	0.0406	0.0384	0.0427	0.0469	0.0422
C11	0.0445	0.0437	0.0631	0.0482	0.0518	0.0593	0.0508	0.0571	0.0484	0.0602	0.0515	0.0580	0.0481	0.0512	0.0555	0.0524	0.0562	0.0563	0.0556
C12	0.0601	0.0590	0.0468	0.0578	0.0699	0.0593	0.0610	0.0571	0.0581	0.0602	0.0573	0.0580	0.0649	0.0615	0.0555	0.0690	0.0562	0.0563	0.0556
C13	0.0445	0.0437	0.0421	0.0482	0.0518	0.0439	0.0508	0.0423	0.0484	0.0446	0.0477	0.0408	0.0433	0.0390	0.0406	0.0384	0.0427	0.0469	0.0422
C14	0.0601	0.0590	0.0468	0.0578	0.0518	0.0791	0.0508	0.0571	0.0581	0.0446	0.0573	0.0537	0.0649	0.0553	0.0555	0.0524	0.0674	0.0563	0.0556
C15	0.0802	0.0983	0.0842	0.0780	0.0933	0.0988	0.0823	0.0761	0.0785	0.0802	0.0773	0.0870	0.0865	0.0830	0.0788	0.0745	0.0674	0.0761	0.0667
C16	0.0802	0.0983	0.0842	0.0780	0.0699	0.0791	0.0823	0.0761	0.0785	0.0802	0.0773	0.0644	0.0865	0.0830	0.0788	0.0745	0.0674	0.0563	0.0667
C17	0.0802	0.0590	0.0631	0.0578	0.0518	0.0593	0.0610	0.0571	0.0581	0.0602	0.0573	0.0644	0.0649	0.0512	0.0730	0.0690	0.0607	0.0563	0.0667

شماره معیار	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
C18	0.0445	0.0437	0.0468	0.0578	0.0432	0.0439	0.0508	0.0423	0.0484	0.0446	0.0573	0.0537	0.0481	0.0512	0.0555	0.0690	0.0562	0.0507	0.0556
C19	0.0601	0.0590	0.0631	0.0578	0.0518	0.0593	0.0610	0.0571	0.0581	0.0602	0.0573	0.0644	0.0649	0.0615	0.0730	0.0690	0.0562	0.0563	0.0600

در جدول مقایسات زوجی بالا، معیارهای C15 وC16 (اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و اصلاح قوانین و مقررات مرتبط با مراکز پرمصرف انرژی) به ترتیب به عنوان مهم‌ترین معیارها برجسته شدند که نقش کلیدی آن‌ها در فرآیند ارزیابی را نشان می‌دهد. امتیازات بالای این معیارها در همه مقایسات زوجی، نشان دهنده وزن قابل توجه آنها در چارچوب تصمیم‌گیری می باشد. در مقابل، معیارهای C1 وC2 (پیاده‌سازی استانداردها و الزامات بین‌المللی مانند ایزو ۱۴۰۰۱ و EMS و سرمایه گزاری بیشتر بر روی HSE در مراکز تولید انرژی) به ترتیب کمترین اهمیت را دارند، که این موضوع از طریق امتیازات زوجی پایین‌تر آن‌ها منعکس می‌شود که نشان دهنده این امر می باشد که وزن کمتری در ارزیابی کلی دارند. در انتها بر اساس نتایج وزن نسبی هر معیار نسبت به یکدیگر در محیط فازی که در قسمت قبل نشان داده شد، وزن نسبی هر معیار نسبت به معیار دیگر در محیط فازی محاسبه و در جدول (۳) و شکل (۳) نشان داده‌شده است.

جدول ۳- وزن نسبی هر معیار نسبت به یکدیگر در *محیط فازی*

شماره معیار	وزن نهایی	رتبه
C1	۰,۰۴۱۲	۱۶
C2	۰,۰۴۰۹	۱۷
C3	۰,۰۴۳۱	۱۴
C4	۰,۰۵۳	۸
C5	۰,۰۴۷۲	۱۲
C6	۰,۰۴۱۴	۱۵
C7	۰,۰۵۶۲	۷
C8	۰,۰۳۸۸	۱۹
C9	۰,۰۵۲۹	۹
C10	۰,۰۴۰۹	۱۸
C11	۰,۰۵۲۵	۱۰
C12	۰,۰۵۹۱	۵
C13	۰,۰۴۴۳	۱۳
C14	۰,۰۵۷	۶
C15	۰,۰۸۱۴	۱
C16	۰,۰۷۶۹	۲
C17	۰,۰۶۱۶	۳
C18	۰,۰۵۰۷	۱۱
C19	۰,۰۶۰۵	۴
مجموع	۱	

شکل ۳- وزن نهایی و رتبه معیارهای نسبت به یکدیگر

در تحلیل داده‌های موجود در جدول (۳) که به بررسی وزن نسبی معیارها در محیط فازی می‌پردازد، تفاوت قابل توجهی در اهمیت نسبی معیارها مشاهده می‌شود. معیار C15 وC16 با کسب بالاترین وزن نهایی (۰,۰۸۱۴) و (۰,۰۷۶۹) به ترتیب ، اهمیت برجسته‌ای در مقایسه با سایر معیارها دارند. این در حالی است که معیارهایی چون C2 و C10 با وزن‌های نهایی کمتراز (۰,۰۴۰۹)، اولویت کمتری نسبت به بقیه معیارها دارند. تفاوت‌های وزنی نشان‌دهنده اطلاعات مهمی در زمینه اولویت‌بندی و تعیین اهمیت معیارها در این پژوهش می باشند.

همان‌طور که از نتایج بالا مشخص است، اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و اصلاح قوانین و مقررات مرتبط با مراکز پرمصرف انرژی از دیدگاه متخصصان بیشترین تأثیر را بر ریسک زنجیره تأمین پایدار محیط‌زیستی در صنعت نیروگاه برق ایران دارند. این در حالی است که قیمت پایین انرژی تأثیری اساسی بر حیات اقتصادی و شکل‌گیری جریان سالم فعالیت اقتصادی دارد[۲۴]. قیمت‌گذاری انرژی، زمانی که پایین نگه داشته شده و دولت متحمل هزینه سنگین یارانه پنهان می‌شود، باعث انحراف سرمایه‌ها و جهت‌گیری فناوری از پیشرفت علم، رشد اقتصادی و تکنولوژی جهانی می‌شود. بنابراین، مطالعه این تأثیرات و تعیین اولویت‌های مرتبط با قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی، به ویژه در صنعت نیروگاه برق، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

۴-نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تمرکز بر ارزیابی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر ریسک محیط‌زیستی زنجیره تأمین در صنعت نیروگاه برق ایران بوده است. از طریق استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی در فضای فازی و با درنظرگرفتن نظرات ۱۰ خبره صنعتی و دانشگاهی، ۱۹ شاخص مهم شناسایی و ارزیابی شدند. نتایج نشان می‌دهند که معیارهای C15 و C16 ، یعنی اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و اصلاح قوانین و مقررات مرتبط با مراکز پرمصرف انرژی، بالاترین اهمیت را دارند و نقش کلیدی در کاهش ریسک‌های محیط‌زیستی زنجیره تأمین دارند.

این دو معیار به دلیل تأثیر مستقیمی که بر قیمت‌گذاری انرژی و مدیریت مصرف انرژی در مراکز پرمصرف دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. قیمت‌گذاری مناسب انرژی می‌تواند به کاهش مصرف بی‌رویه و افزایش کارایی انرژی کمک کند، درحالی‌که اصلاح قوانین می‌تواند به بهبود استانداردهای محیط‌زیستی و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی منجر شود.

در مقابل، معیارهایی مانند C1 و C2 که شامل پیاده‌سازی استانداردها و الزامات بین‌المللی و سرمایه‌گذاری بیشتر بر روی HSE در مراکز تولید انرژی هستند، کمترین اهمیت را داشته‌اند. این نشان می‌دهد که در حال حاضر، تمرکز بر اصلاحات ساختاری و قیمتی در صنعت نیروگاه برق ایران از اولویت بالاتری برخوردار است تا پیاده‌سازی استانداردهای بین‌المللی یا تمرکز بر مسائلHSE .

بنابراین، برای کاهش ریسک‌های محیط زیستی در صنعت نیروگاه برق ایران، توجه ویژه به اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و قوانین مرتبط با مراکز پرمصرف انرژی ضروری است. این امر نه‌تنها به بهبود کارایی انرژی و کاهش مصرف بی‌رویه کمک می‌کند، بلکه در راستای توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست نیز گام‌های مؤثری برمی‌دارد.

۵-مراجع

۱. سنگبر، صافی، آذر، عادل، ربیعه، مسعود. (۲۰۲۲). شناسایی و اولویت‌بندی توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی با رویکرد ترکیبی «فراترکیب» و «نظریه گراف‌ها و رویکرد ماتریسی». مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۰(۶۴)، ۱-۳۴. (https://doi.org/10.22054/jims.2022.39256.2254)

۲. حیدری، کسرائی نژاد. (۲۰۲۲). بررسی ابعاد سازوکار توسعه پاک (CDM) و جایگاه آن در صنعت برق ایران. انسان و محیط زیست، ۲۰(۱)، ۱۹-۳۶. (https://sid.ir/paper/1042924/fa)

۳. باقری امیر، ناظمان حمید. بررسی رقابت در صنعت برق ایران. فصلنامه برنامه ریزی و بودجه. ۲۵ (۱) :۱۰۸-۸۷ ، ۱۳۹۹. (Doi:10. 9252/jpbud.25.1.87)

۴. قربانخانی، احمد، مروتی شریف‌آبادی، میر غفوری، سید حبیب‌الله، میر فخرالدینی، سید حیدر. (۲۰۲۱). طراحی مدل احتمالاتی زنجیره تأمین پایدار در صنعت برق با نفوذ تولیدات تجدیدپذیر. پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی، ۱۱(۱)، ۱۰۵-۱۲۸. (https://sid.ir/paper/1046938/fa)

۵. نخبه زعیم، ع .م. نیک‌فرجام درجوبد، مدل‌سازی سیستم‌های پویا برای بررسی رفتار تولیدکننده در زنجیره تأمین صنایع تولیدی، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و مهندسی صنایع. ۱۳۹۶. (https://civilica.com/doc/756125/)

6. Komorowski, P., Warchalowski, J., & Zawada, P. (2021). The organizational culture of enterprises and changes in supply chain management in the COVID-19 pandemic era. Journal of Modern Science, 47(2), 211-226. (Doi: 10.13166/jms/144166)

۷. امیدیان، وکیل‌الرعایا، یونس، حیدریه، سید عبدالله. (۲۰۲۰). مدل‌سازی پویای بهینگی زنجیره تأمین صنعت برق کشور. فصلنامه مطالعات مدیریت راهبردی، ۱۱(۴۳)، ۲۰۵-۲۲۷. (https://sid.ir/paper/410477/fa)

۸. آجرپزی افشار و همکاران، اصلاح زنجیره تأمین صنعت برق ایران و نقش فن آوری اطلاعات در بهبود آن، چهاردهمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق. ۱۳۸۸. (https://civilica.com/doc/71179/)

۹. ابراهیم نژاد، س.، س.م. موسوی، آ. قربانی کیا، شناسایی و تحلیل ریسکهای زنجیره تأمین در چارچوب تصمیم گیری چند معیاره فازی، در نخستین کنفرانس بین المللی مدیریت زنجیره ی تأمین و سیستم های اطلاعات. ۱۳۸۶. (https://civilica.com/doc/25803)

۱۰.نخعی نژاد، عباسی، مهری، زارع مهرجردی، یحیی، اسدی زارچی. (۲۰۲۲). طراحی مدل برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش انرژی برق با استفاده از رویکرد تلفیقی برنامه‌ریزی خطی و پویایی‌شناسی سیستمی (مطالعهٔ موردی: نیروگاه‌های برق ایران). مدیریت تولید و عملیات، ۱۳(۱)، ۵۱-۷۷. (https://sid.ir/paper/1039962/fa)

۱۱.آفرین محمدزاده، م.، ر. حسن‌زاده، شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های مؤثر در اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز با روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه - AHP فازی و TOPSIS فازی مطالعه موردی صنعت برق، سومین کنفرانس بین‌المللی حسابداری، مدیریت و نوآوری در کسب‌وکار. ۱۳۹۷. (https://civilica.com/doc/787213/)

۱۲.امیدیان، م. و س. حیدریه، اولویت بندی راهبرد زنجیره تأمین در تولید برق به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و کسب و کار. ۱۳۹۷. (https://civilica. om/doc/828314/)

۱۳.حسینی نیا، ح. ، ح. حسینی نیا، رتبه بندی عوامل کلیدی پیاده سازی فناوری اطلاعات در مدیریت زنجیره تأمین با استفاده از روش دیمتل (مطالعه موردی صنعت برق استان مرکزی)، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت صنعتی. ۱۳۹۶. (https://sid.ir/paper/883116/fa)

۱۴.محمدحسن زاده، ب .، م. ذاکری هرندی، مروری بر زنجیره‌های تأمین صنعت برق و معرفی مدل SCOR ، دومین کنفرانس جهانی مدیران زنجیره تأمین و لجستیک. ۱۳۹۵. (https://civilica.com/doc/653860/)

۱۵.ولی‌زاده، م.، برنامه‌ریزی منابع سازمانی و تأثیر آن بر مدیریت زنجیره تأمین (با نگاهی به صنعت برق)، اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، اقتصاد، حسابداری و علوم تربیتی. ۱۳۹۴. (https://civilica.com/doc/444506/)

۱۶.فرحی، ح.، ع. فرخی، زنجیره‌های تأمین با بالاترین ارزش کلید رقابتی در صنعت توزیع برق کشور، هشتمین همایش ملی انرژی. ۱۳۹۰. (https://civilica.com/doc/127669/)

۱۷.عبادی، ج. و ا. دودابی نژاد، انتخاب مدل بهینه تنظیم قیمت انگیزشی با درنظرگرفتن آثار خارجی برای توزیع برق ایران. ۱۳۹۰. (https://civilica.com/doc/707592/)

18. Oliveira, F.S., C. Ruiz, and A.J. Conejo, Contract design and supply chain coordination in the electricity industry. European Journal of Operational Research, 2013. 227(3): p. 527-537. (DOI: 10.1016/j.ejor.2013.01.003)

19. Sueyoshi, T. and D. Wang, Sustainability development for supply chain management in US petroleum industry by DEA environmental assessment. Energy Economics, 2014. 46: p. 360-374. (DOI: 10.1016/j.eneco.2014.09.022)
20. Luthra, S., et al., Barriers to renewable/sustainable energy technologies adoption: Indian perspective. Renewable and sustainable energy reviews, 2015. 41: p. 762-776. (DOI: 10.1016/j.rser.2014.08.077)
21. Chatterjee, P. and Ž. Stević, A two-phase fuzzy AHP-fuzzy TOPSIS model for supplier evaluation in manufacturing environment. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, 2019. 2(1): p. 72-90. (DOI: 10.31181/oresta1901060c)
22. Vahidi, H., et al., Fuzzy Analytical Hierarchy Process Disposal Method Selection for an Industrial State; Case Study Charmshahr. Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media BV), 2014. 39(2). (DOI: 10.1007/s13369-013-0691-1)
23. Chang, D.-Y., Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research, 1996. 95(3): p. 649-655. (DOI: 10.1016/0377-2217(95)00300-2)
24. Eslami Andargoli, M., H. Sadeghi, and M. Mohammadi Khabbazan, The Effect of Correcting Energy Carrier Prices on the Iran's Economic Sectors Using Input – output Table. The Economic Research, 2013. 13(2): p. 85-106. (http://ecor.modares.ac.ir/article-18-9952-en.html)