*پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*
*دوره ۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صص ۵۹-۳۲*
*نوع مقاله: پژوهشی*

# تحلیل ذی‌نفعان و عارضه‌یابی سیستمی زنجیره تامین برق با رویکرد صنعت ۴.۰

**محمود رضا شاهی‌پسند[۱]، نازنین پیله‌وری سلماسی [*۲]، علی رجب‌زاده قطری[۳]**

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

## چکیده

زنجیره تامین برق نقش اساسی در تأمین انرژی برای توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی ایفا می‌کند و شناخت نظرات و نیازهای ذی‌نفعان آن پایه‌ای‌ترین مسئله در شناخت این صنعت است. این شناخت باعث می‌شود تا زنجیره تامین برق با توجه به مواجهه با چالش‌ها و تغییرات، بتواند بهبود و تجدیدنظرهای موثری را در فرآیندها و فناوری‌های خود اعمال کند. این مقاله به تحلیل ذی‌نفعان زنجیره تامین برق مبتنی بر پارادایم صنعت ۴.۰ می‌پردازد. در این راستا، از متدولوژی سیستم‌های نرم برای تحلیل ذی‌نفعان و عوامل مختلف زنجیره تامین برق با توجه به رویکرد صنعت ۴.۰ استفاده شده است. متدولوژی مذکور توسط تعریف سیستم‌های فعالیت هدفمند مرتبط با زنجیره تامین برق، مدل‌هایی را برای نمایش ابعاد مختلف این موضوع ایجاد می‌کند. مقاله به جزئیات متدولوژی مورد استفاده، تحلیل نتایج و تأثیرات آن بر زنجیره تامین برق، و همچنین تبیین دیدگاه‌های پایدار، تاب‌آور و فناورانه نیز می‌پردازد. در دیدگاه پایدار، مفاهیمی چون مدیریت انرژی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، بهره‌برداری پایدار از منابع و مدیریت پسماند بررسی شده‌اند. از جانب دیگر، در دیدگاه تاب‌آور، انعطاف‌پذیری منابع، بهبود شبکه انتقال و بهره‌برداری از انرژی‌های نو به عنوان عوامل کلیدی معرفی شده‌اند. در قسمت دیگری از مقاله، تعاریف ریشه‌ای با استفاده از روش آنالیز CATWOE برای هر یک از دیدگاه‌های تاب‌آور، فناورانه و پایدار در زنجیره تامین برق ارائه شده است. نهایتاً، با ترکیب ادبیات تحقیق با نظرات و دیدگاه‌های خبرگان هر دیدگاه، متغیّرها و تأثیرگذاری‌های آنها در زنجیره تامین برق مشخص شده و جمع‌بندی‌های مهمی از این تحلیل ارائه شده است.

**کلیدواژه‌ها:** تحلیل ذی‌نفعان، روش‌شناسی سیستم‌های نرم، زنجیره تامین برق، CATWOE، صنعت ۴.۰.

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: nazanin.pilevari@gmail.com

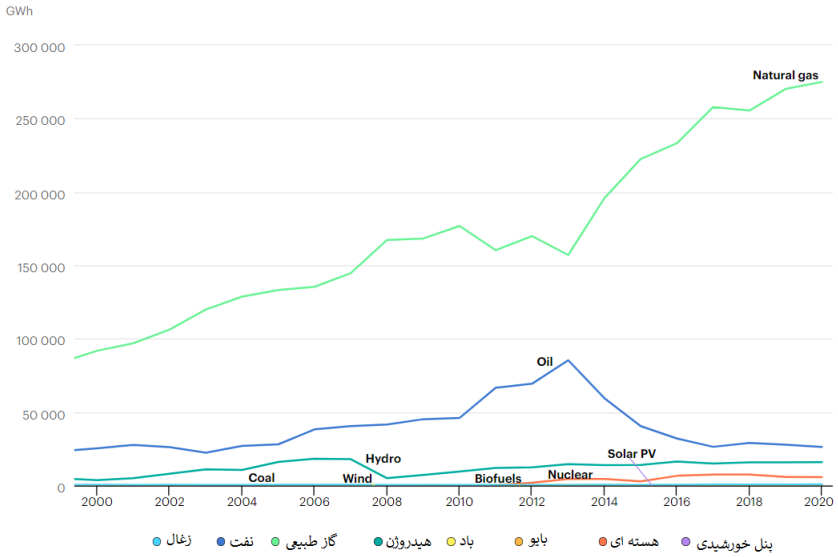
## ۱- مقدمه و بیان مسئله

با توجه به رشد صنعت ٤.٠[1] و پیامدهای آن در زمینه خانگی و صنعتی، تغییرات عمده‌ای در مصرف انرژی برق و همچنین زنجیره تامین آن پیش‌بینی می‌شود. همچنین تغییراتی که در زمینه روش‌های کاری و سبک زندگی جامعه انسانی با بلوغ صنعت ٤.٠ ایجاد می‌شود، بطور طبیعی تأثیر مستقیمی بر مصرف انرژی برق دارد [۱, ۲]. در زمینه مدیریت زنجیره تأمین انرژی نیز، نگرانی از اختلال در زنجیره به عنوان شاهراه حیاتی این حوزه به میزان زیادی افزایش یافته است [۳]. در این راستا، از میان رویکردهای مختلف مدیریت زنجیره تأمین[2] انرژی، طراحی یک سیستم استوار به عنوان یک استراتژی متداول مورد استفاده قرار می‌گیرد [٤, ٥] که در آن، هدف اصلی ایجاد یک زنجیره تأمین با سازمان‌های متخصص و انعطاف‌پذیر است که در مقابل اختلالات عمده مقاومت نماید [٨-٦]. با توجه به پیچیدگی بازارها و افزایش عدم اطمینان[3] در زنجیره تامین انرژی، مفهوم استواری به عنوان یک چالش اساسی در مدیریت زنجیره تأمین مطرح می‌شود [۹]. در نتیجه، ضرورت تجهیز سازمان‌ها به توانمندی‌های لازم برای مقاومت در مقابل اختلالات و تغییرات ناگوار در زنجیره تأمین انرژی وجود دارد [۱۰-۱۲].

به منظور توجه به سیاست‌های ده سال اخیر در زمینه تولید و زنجیره تامین برق در ایران، مقرر گردیده است که ۲۰٪ از مصرف برق واحدهای دولتی، مؤسسات، بخش‌های دولتی و نهادهای غیردولتی عمومی از منابع تجدیدپذیر در جمهوری اسلامی ایران تأمین گردد. این تصمیم در حال حاضر به اجرا درآمده است. علیرغم این مصوبات که صراحتا بر منابع تجدید پذیر تاکید شده است، همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، روند استفاده از گازهای طبیعی برای تولید برق بسیار شدت گرفته و این نشان دهنده این است که نیاز به باز طراحی زنجیره تامین برق کشور امری ضروری است.

---

۱. Industry ٤,٠
۲. Supply Chain Management
۳. Uncertainty




**شکل ۱**: آمار منابع تولید برق در ایران از ۲۰۰۰–۲۰۲۰ بر اساس آژانس جهانی انرژی (IEA).

همچنین تحولات متعدد در محیط کسب و کار، از جمله پیچیدگی، پویایی، عدم اطمینان و ظهور مفاهیم نوین از جمله صنعت ٤.٠ [١٣, ١٤]، به طرز چشمگیری معادلات زنجیره تامین برق را تغییر داده است که این مهم نیازمند مطالعه و بررسی بیشتر زنجیره را با نگاه کل نگر و سیستمی نشان می دهد.

این مطالعه به هدف بررسی تأثیرات صنعت ٤.٠ بر صنعت برق انجام شده است. با توجه به اهمیت اقتصادی، علمی و فناوری در منطقه آسیای جنوب غربی، افزایش توانمندی‌های تولید و جنبش نرم‌افزاری به منظور تحقق توسعه اقتصادی و بهبود شرایط اشتغال جامعه در سند چشم‌انداز توسعه کشور طرح‌ریزی شده است. در نتیجه، ضرورت تجهیز سازمان‌ها به توانمندی‌های لازم برای مقاومت در برابر اختلالات و تغییرات ناگوار در زنجیره تأمین وجود دارد. به منظور بررسی و تحلیل جوانب مختلف زنجیره تامین برق مبتنی بر صنعت ٤.٠، در این مقاله راهکارهایی واکاوی شده است که می‌توانند به بهبود و بهینه‌سازی این زنجیره کمک کنند. در قسمت‌های آتی مقاله، به تشریح متدولوژی سیستم‌های نرم[١] مورد استفاده جهت تحلیل

[١]. Soft Systems Methodology

ذی‌نفعان و عوامل مختلف زنجیره تامین برق می‌پردازیم. از طریق این متدولوژی، قصد داریم با تجزیه و تحلیل گسترده ذی‌نفعان و شناسایی عوامل مؤثر در زنجیره تامین برق، به نقاط ضعف و قوت موجود در سیستم پی ببریم و در نهایت اقدامات بهبودی متناسب با اصول صنعت ٤.٠ را مطرح نماییم.

## ۲- ادبیات و پیشنیه پژوهش

صنعت ٤.٠ که به عنوان یکی از عناصر اصلی انقلاب صنعتی چهارم تلقی می‌شود، نقش مهمی در بهبود کارایی و افزایش نوآوری در زنجیره تامین برق دارد [۱۵]. این نوع صنعت با تلفیق فناوری‌های پیشرفته چون اینترنت اشیاء[۱](IoT) ، هوش مصنوعی[۲]، بزرگ‌داده[۳] و رباتیک، امکاناتی را برای بهبود فرآیندها و ایجاد ارتباطات هوشمند در زنجیره تامین برق فراهم می‌آورد [١٦]. ادبیات موجود نیز این نکته را تأیید می‌کند که بهره‌برداری از صنعت ٤.٠ می‌تواند تغییرات چشمگیری در زنجیره تامین برق به وجود آورد و باعث بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، افزایش امنیت و ارتقای نوآوری شود [۱۷].

یکی از جوانب مهمی که توسط تحقیقات در این زمینه مورد تاکید قرار گرفته است، اتصال و ارتباط بین تجهیزات و دستگاه‌های مختلف در زنجیره تامین برق است. صنعت ٤.٠ با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های هوشمند [۱۸]، امکان برقراری تبادل داده‌ها و اطلاعات بین تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان را فراهم می‌کند. همچنین، اینترنت اشیاء به عنوان یک عنصر کلیدی در صنعت ٤.٠، امکان جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مربوط به تولید، توزیع و مصرف برق را در زنجیره تامین برق فراهم می‌کند و می‌تواند در بهبود کارایی، کنترل فرآیندها و بهره‌وری انرژی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، از هوش مصنوعی (AI) به عنوان یک فناوری پیشرفته در صنعت ٤.٠ می‌توان بهره‌برداری کرد. هوش مصنوعی می‌تواند در تشخیص نوسانات بار، بهبود تخمین منابع لازم برای تولید برق و بهینه‌سازی مصرف انرژی مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی، صنعت ٤.٠ با تلفیق فناوری‌های مختلف، امکان بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، افزایش امنیت و ارتقای نوآوری در زنجیره تامین برق را فراهم

[۱] . Internet of Things
[۲] . Artificial Intelligence
[۳]. Big Data

می‌کند و به عنوان یک پیشرانه اصلی برای توسعه پایدار و هوشمند در این حوزه عمل می‌کند [۱۹].

مقالات داخلی بسیار کمی در زمینه زنجیره تامین برق انجام پذیرفته‌اند که اهم آنان را مرور می‌کنیم. در مقاله‌ای که توسط رفیعی و نظریان [۲۰]، با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی، منابع مرتبط با موضوع مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات جمع‌آوری شده، یکی از یافته‌های این مقاله این است که با استفاده از فناوری‌های نوظهور مانند بلاک‌چین و معاملات همتا به همتا، می‌توان بازار برقی با حضور مصرف‌کنندگان ایجاد کرد. فناوری بلاک‌چین امکان سازمان‌دهی افراد غیرمتمرکز را بدون نیاز به واسطه ایجاد می‌کند. این فناوری نیازمند سیاست‌گذاری تقنینی برای اعتبارسنجی، پیاده‌سازی و بهره‌گیری از آن است.

در مطالعه‌ای توسط قربانپور و رسولی [۲۱]، هدف اصلی الگوسازی ساختاری تفسیری توانمندسازهای تاب‌آوری زنجیره تامین در شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر بوده است. با استفاده از رویکرد تحلیل محتوا و روش دلفی، توانمندسازهای تاب‌آوری شناسایی شده و سپس با استفاده از مدل‌های ساختاری تفسیری فازی، الگوی ساختاری این توانمندسازها ارائه شده است. در پژوهش آذر و همکاران [۲۲]، ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری زنجیره تامین صنعت برق در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع با استفاده از روش فازی انجام شده است. با جمع‌آوری نظرات افراد متخصص و استفاده از پرسش‌نامه‌ها، تاب‌آوری زنجیره تامین در این حوزه‌ها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که معیارهای مختلف از جمله فرآیندی، محیطی، چابکی، بازیگران، انعطاف‌پذیری و اقتصادی در ارزیابی تاب‌آوری نقش مهمی دارند.

در تحقیق اویسی و همکاران [۲۳]، عملکرد زنجیره تامین صنعت برق ایران با ساختار متوالی-موازی ارزیابی شده است. این زنجیره شامل نواحی مختلف تولید، انتقال و توزیع برق است که به صورت متوالی و موازی با یکدیگر در ارتباط هستند. این تحقیق با توسعه محدودیت‌های مدل مبتنی بر سنجه کمکی شبکه‌ای، تعیین منشا ناکارآیی کل و فرآیندهای سه‌گانه، و در نظر گرفتن ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف، عملکرد زنجیره تامین را ارزیابی کرده و نتایج آن نشان می‌دهد که درصد واحدهای کارا در محاسبه‌ی کارآیی کل سیستم فرآیندهای سه‌گانه تولید برق به ترتیب برابر با ۱۲.۵، ۳۱.۲۵، ۳۱.۲۵، و ۲۵ درصد است.

در تلاش برای تحلیل و بهبود زنجیره تامین برق در منابع بین‌المللی، مقالات متعددی با تأکید بر روش‌های مختلف تحلیل و ارزیابی ارائه کرده‌اند. مقاله باس [۲٤] به چارچوب یکپارچه برای تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق با استفاده از روش‌شناسی ترکیبی[۱] SWOT-Fuzzy TOPSIS به همراه فرآیند تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی[۲] (AHP) پرداخته است. این چارچوب شامل چارچوب کیفی و کمّی برای تجزیه و تحلیل است که در آن، چارچوب کیفی با توجه به ادبیات مدیریت زنجیره تامین توسعه داده شده و سپس چارچوب SWOT به همراه AHPو Fuzzy TOPSIS به منظور تعیین اولویت عوامل تشکیل دهنده برنامه استراتژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، اولیویرا و همکاران [۲٥] به تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق با تأکید بر بازارها و تولیدکنندگان مختلف پرداخته است. آنها مدلی را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین برق با در نظر گرفتن تأثیرات مختلف ساختار بازار و قراردادها ارائه داده‌اند. این مقاله تفاوت‌ها و اثرات هماهنگی در زنجیره تامین برق را در دو ساختار بازار متفاوت مقایسه کرده و به نتایجی دست یافته است که نشان می‌دهد تعادل‌های چندگانه در ساختار بازار و قراردادها وجود دارد.

مقاله زارع و همکاران [۲٦]، روش تحلیل SWOT به همراه روش AHP و Fuzzy-TOPSIS را برای تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق ارائه داده است. این چارچوب جدید به طور جامع‌تری به عوامل داخلی و خارجی توجه می‌کند و با استفاده از رویکردهای فازی و TOPSIS ترکیب شده است. آزمایشات نشان داده است که این روش مناسب برای ارزیابی عوامل تأثیرگذار در زنجیره تامین برق است. همچنین، ژائو و همکاران [۲۷] در مقاله‌ای به مقایسه‌ای بین زنجیره‌های تامین برق در کشورهای اروپایی پرداخته‌اند. آنها شاخص‌های کلیدی را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین برق تعیین کرده و تأثیرات مختلف عوامل را بر عملکرد آنها بررسی کرده‌اند. در مقابل، مقاله لاهتینن و همکاران [۲۸] به تجزیه و تحلیل تأثیر ترکیب تولید توزیع شده از منابع تجدیدپذیر بر زنجیره تامین برق می‌پردازد. این مقاله بر اهمیت تغییرات در تولید توزیع شده تجدیدپذیر تأکید می‌کند و تأثیرات آن را بر هزینه‌ها و صرفه‌جویی در مناطق فعال مورد بررسی قرار می‌دهد.

---

[۱] . Mixed Methods

[۲]. Analytical Hierarchy Process

سقایی و همکاران [۲۹] مفاهیم کلیدی مدیریت زنجیره تامین در بخش برق را مورد توجه قرار داده‌اند. این مفاهیم شامل یکپارچگی عملیاتی، همکاری و هماهنگی بین اعضای زنجیره تامین، مشارکت و اشتراک دانش و اطلاعات، انعطاف‌پذیری و پاسخگویی سریع و ارزش‌افزوده مشترک هستند. سپس، اصول اساسی مدیریت زنجیره تامین در بخش برق از جمله اداره زنجیره تامین، مدیریت ریسک و امنیت، بهینه‌سازی و بهبود مستمر، نوآوری و فناوری، استانداردهای کیفیت و انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان تشریح می‌شوند. این مقاله به مدیران صنعت برق کمک می‌کند تا اصول مدیریت زنجیره تامین را در سازمان‌های خود پیاده‌سازی نمایند و کارایی و عملکرد زنجیره تامین برق را بهبود دهند.

تحقیق حسینی مطلق و همکاران [۱۹] در زمینه طراحی شبکه زنجیره تامین برق قابل اعتماد و پایدار در شرایط عدم قطعیت انجام شده است. در این مطالعه، یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه ارائه شده که شامل هزینه کل به عنوان هدف اول، اقدامات قابلیت اطمینان به عنوان هدف دوم و جنبه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت به عنوان هدف سوم می‌باشد. اقدامات قابلیت اطمینان شامل ایجاد توالی در تولید، کاهش تعداد تولیدکنندگان توزیع شده، تراکم‌بندی در شبکه برق و کاهش سطح نارضایتی انرژی می‌شود. همچنین، رویکرد استوار پایداری با استفاده از برنامه‌ریزی استوار نوری و تئوری امکان‌گرایی در منطق فازی به عنوان یک ابزار مؤثر در مقابله با عدم قطعیت در تقاضای برق معرفی می‌شود. تجزیه و تحلیل این مقاله با بررسی یک مورد واقعی در ایران، اثر اقدامات مورد نظر و تأثیر عدم قطعیت را مورد بررسی قرار می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از مدل پیشنهادی، تصمیم‌گیران می‌توانند مسئولیت اجتماعی شرکت و قابلیت اطمینان را به ترتیب ۵۰٪ و ۲۰٪ افزایش دهند، هرچند که این موضوع باعث افزایش ۵۰٪ هزینه کل نیز می‌شود. همچنین، از روش فازی-استوار نیز برای تخصیص بودجه عدم قطعیت و سطح محافظت به منظور دستیابی به راه‌حل‌های قوی‌تر در زمینه انحراف معیار و مقدار میانگین هزینه کل استفاده شده است.

همچنین، ریشتر و همکاران [۳۰] به اهمیت زنجیره تامین برق در بهبود فرآیندهای تولید، حمل و نقل و مصرف برق اشاره کرده‌اند. این مقاله به تأکید بر افزایش نسبت منابع انرژی توزیع شده در سیستم برق و نیاز به ظرفیت نظارت بهبود یافته برای اطمینان از قابلیت اطمینان و کیفیت کلی زنجیره تامین برق می‌پردازد. همچنین، به اهمیت اتوماسیون در پردازش داده‌های

رشدیافته و استفاده از تکنیک‌های پیش‌بینی و بهینه‌سازی در پردازش اطلاعات اشاره دارد. در این راستا، تکنیک‌های هوش مصنوعی به عنوان ابزاری کارآمد جهت تسهیل پردازش داده‌ها و تسلط بر اطلاعات متنوع مورد استفاده قرار می‌گیرند. جدول ۱ جمع‌بندی از تحقیقات پیشین را ارائه می‌دهد.

**جدول ۱**: جمع‌بندی ادبیات پیشین موضوع.

| نویسندگان | هدف | روش‌شناسی | نتایج |
|---|---|---|---|
| [۲۰] | بررسی تأثیر فناوری‌های نوظهور بر ایجاد بازار برق با حضور مصرف‌کنندگان | توصیفی-تحلیلی | امکان ایجاد بازار برق با حضور مصرف‌کنندگان از طریق فناوری‌های مانند بلاکچین |
| [۲۱] | الگوسازی ساختاری توانمندسازهای تاب‌آوری زنجیره تامین در شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر | توصیفی-تحلیلی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی | شناسایی و بومی‌سازی توانمندسازهای تاب‌آوری زنجیره تامین |
| [۲۳] | ارزیابی عملکرد زنجیره تامین صنعت برق ایران با ساختار متوالی-موازی | ارزیابی کمکی شبکه‌ای و مدل‌سازی معادلات ساختاری | ارزیابی عملکرد زنجیره تامین برق ایران با ساختار متوالی-موازی |
| [۲۲] | ارزیابی و تحلیل تاب‌آوری زنجیره تامین صنعت برق در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع با استفاده از روش فازی | جمع‌آوری نظرات و روش فازی | ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تامین صنعت برق در حوزه‌های تولید، انتقال و توزیع با استفاده از روش فازی |
| [۲٤] | ارائه چارچوب تحلیل زنجیره تامین برق | SWOT-Fuzzy TOPSISو تحلیل سلسله مراتبی | تعیین اولویت عوامل برنامه استراتژیکی |
| [۲۵] | تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق با تأکید بر بازارها و تولیدکنندگان مختلف | مدل‌سازی ارزیابی عملکرد با تأثیرات ساختار بازار و قراردادها | مقایسه تعادل‌های چندگانه در ساختار بازارها |
| [۲٦] | تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق با استفاده از ترکیبی از روش‌های SWOT، AHPو Fuzzy-TOPSIS | تحلیل کمّی و کیفی با استفاده از روش‌های فازی وTOPSIS | ارزیابی عوامل تأثیرگذار در زنجیره تامین برق |

| نویسندگان | هدف | روش‌شناسی | نتایج |
|---|---|---|---|
| [۲۷] | مقایسه‌ای بین زنجیره‌های تامین برق در کشورهای اروپایی | تعیین شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین برق | تأثیرات عوامل مختلف بر عملکرد زنجیره تامین برق |
| [۲۸] | تجزیه و تحلیل تأثیر ترکیب تولید توزیع شده از منابع تجدیدپذیر بر زنجیره تامین برق | تحلیل اثرات تغییرات در تولید توزیع شده تجدیدپذیر با تأثیر بر هزینه‌ها | اهمیت تغییرات در تولید توزیع شده تجدیدپذیر |
| [۲۹] | تبیین مفاهیم کلیدی مدیریت زنجیره تامین برق و اصول اساسی آن | تحلیل مفاهیم و اصول مدیریت زنجیره تامین برق | راهنمایی برای پیاده‌سازی اصول مدیریت زنجیره تامین |
| [۱۹] | طراحی شبکه زنجیره تامین برق قابل اعتماد و پایدار | مدل بهینه‌سازی چند هدفه با استفاده از AHPو-fuzzy TOPSIS | تأثیرات اقدامات قابلیت اطمینان بر زنجیره تامین برق |
| [۳۰] | بررسی اهمیت زنجیره تامین برق و اتوماسیون در پردازش داده‌ها | بررسی نسبت منابع انرژی توزیع شده و نیاز به ظرفیت نظارت | نیاز به استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی در پردازش داده‌های رشدیافته |

با اینکه تحقیقات ادبیاتی پیشین به جوانب مختلف زنجیره تامین برق با استفاده از مدل‌ها و تکنیک‌های مختلف پرداخته‌اند، اما تحلیل ذی‌نفعان و عارضه‌یابی سیستمی زنجیره تامین برق با رویکرد صنعت ٤.٠ هنوز به طور جامع و جدید مورد مطالعه و تحقیق قرار نگرفته است. تاکنون، تمرکز بیشتری بر روی روش‌های تحلیلی و ارزیابی عملکرد زنجیره تامین برق با تاکید بر ارزش‌های مالی و عملکرد تجاری وجود داشته است. اما موضوع اصلی مقاله ما، یعنی تحلیل ذی‌نفعان و عارضه‌یابی سیستمی با رویکرد صنعت ٤.٠، هنوز به طور کامل مورد توجه قرار نگرفته است و در ادبیات فعلی به عنوان یک خلاء پژوهشی دیده می‌شود. در این مرور ادبیات، مقالات اشاره شده به تجزیه و تحلیل زنجیره تامین برق از جنبه‌های مختلف از جمله ترکیبی SWOT-Fuzzy TOPSIS، تأثیر ساختار بازار و قراردادها، استفاده از روش‌های تحلیلی مانند AHP وFuzzy-TOPSIS ، طراحی شبکه زنجیره تامین برق قابل اعتماد و پایدار در شرایط عدم قطعیت و مدیریت زنجیره تامین برق با تأکید بر اصول کلیدی مدیریت زنجیره

تامین اشاره کرده‌اند، اما هیچ‌کدام به طور مستقیم به تحلیل تأثیرات صنعت ٤.٠ بر ذی‌نفعان مختلف زنجیره تامین برق و عارضه‌های سیستمی مرتبط با آن نپرداخته‌اند. بنابراین، این خلاء پژوهشی نشان‌دهنده اهمیت موضوع انتخابی ما، یعنی تحلیل ذی‌نفعان و عارضه‌یابی سیستمی زنجیره تامین برق با رویکرد صنعت ٤.٠، در ادبیات فعلی است. این موضوع به دلیل تأثیرات عمده‌ای که انقلاب صنعت ٤.٠ بر زنجیره تامین برق خواهد داشت، به عنوان یک خلاء مهم در مطالعات تحلیل ذی‌نفعان و مدیریت عارضه‌های سیستمی مطرح می‌شود که ارزش افزوده‌ای به تحقیقات در این حوزه خواهد داد.

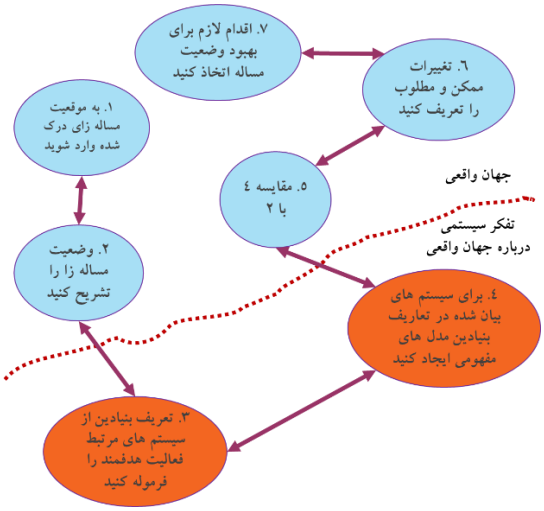
## ۳- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش، از روش‌شناسی سیستم‌های نرم، به‌ویژه سیستم‌های نرم ساختاردهی[۱] (SSM) برای تجزیه‌وتحلیل پدیده ذی‌نفعان زنجیره تامین برق استفاده می‌شود. رویکرد تفکر سیستمی [۳۱, ۳۲] در این پژوهش برای تفهیم ابعاد مختلف مسئله زنجیره تامین برق و همچنین اهداف متنوع ذی‌نفعان به کار گرفته می‌شود. این رویکرد به دنبال درک عمقی از ساختارها، ارتباطات و تأثیرات موجود در زنجیره تامین برق با توجه به جنبه‌های مختلف اقتصادی، فنی، اجتماعی و فرهنگی می‌باشد [۳۳]. از دریچه نگاه چارچوب سیستم روش‌شناسی سیستم ها (SOSM) که توسط جکسون ایجاد شده است، موقعیت‌های مشکل زا را به حوزه‌های ساده، پیچیده و آشفته طبقه‌بندی می‌کند و از سوی دیگر این موقعیت ها می تواند در نگاه ذی‌نفعان بشکل تکی، متکثر و متضاد باشد. هر یک از این حوزه‌ها رویکردها یا روش‌های متفاوتی را برای برخورد با موضوعات مورد بحث پیشنهاد می‌کنند [۸]. SSM در این چارچوب به ویژه برای موقعیت های پیچیده و کثرت گرایانه مرتبط است که با توجه به ساختار شبکه زنجیره تامین برق گزینه بسیار مناسبی جهت تحلیل شمار می رود [٣٤].

فرآیند SSM از چندین مرحله تشکیل شده است. در ابتدا، سیستم‌های فعالیت هدفمند مرتبط با پدیده زنجیره تامین برق شناسایی و تعریف می‌شوند [۳۵]. سپس با کنکاش و جستجو در فضای موقعیت مسئله، مدل‌های SSM برای نمایش و تفسیر ابعاد مختلف مسئله ایجاد می‌شوند. این مدل‌ها با تأکید بر ارتباطات، ساختارها و تأثیرات میان اجزا و ذی‌نفعان زنجیره

[۱]. Soft System Methodology

تامین برق ارتباط برقرار می‌کنند [۳٦]. روش SSM به دلیل ماهیت اجتماعی و پیچیده پدیده‌های مورد مطالعه، به ویژه ذی‌نفعان زنجیره تامین برق، مناسب است. این روش قابلیت ایجاد هماهنگی بین ارتباطات و اقدامات مختلف ذی‌نفعان را دارد و می‌تواند به تجزیه و تحلیل مسائل ناشی از تفاوت‌های ادراکات و نگرش‌ها پرداخته و راه‌حل‌های کارآمدی ارائه دهد [۳۷]. استفاده از متدولوژی سیستم‌های نرم به عنوان روش‌شناسی اصلی در تحلیل ذی‌نفعان زنجیره تامین برق با رویکرد سیستمی و نگاه صنعت ٤.٠، امکان تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف این پدیده را با در نظر گرفتن ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی فراهم می‌کند.




**شکل ۲:** فرآیند روش‌شناسی سیستم‌های نرم.

### ۳-۱- تشریح مراحل چرخه SSM

روش‌شناسی سیستم‌های نرم (SSM) یک رویکرد ساختاریافته برای حل مسائل پیچیده و آشفته است که شامل هفت مرحله اصلی است. ابتدا با تهیه تصویر گویا و تعریف ریشه‌ای با استفاده از مفهوم CATWOE، مسئله به خوبی تعریف می‌شود. سپس با ایجاد مدل مفهومی از راه حل‌ها و مقایسه آن با واقعیت، تغییرات مورد نیاز شناسایی و در نهایت پیاده‌سازی می‌شوند. این روش با کاهش پیچیدگی مسئله و ارائه راه حل منطقی، به حل موثر مسائل کمک می‌کند.

## ۴- نتایج

در این تحقیق به منظور انجام الگوریتم متدولوژی سیستم‌های نرم در دو نوبت مصاحبه انجام شده است. مصاحبه اولیه جهت آشنایی کامل با موقعیت مسئله، نیازها و خواسته‌های ذی‌نفعان اصلی و همچنین دستیابی به اطلاعات لازم جهت رسم تصاویر گویا انجام شد. در این مصاحبه که در قالب یک مصاحبه باز انجام شده است با کلیه ذی‌نفعان زنجیره مصاحبه انجام شده است. در مصاحبه ثانویه بعد از رسم تصاویر گویا و رسیدن به تعاریف ریشه‌ای به منظور رسم مدل مفهومی با تمامی ذی‌نفعان اصلی مصاحبه‌ای ساختار یافته انجام شده است تا تاثیرگذاری ابعاد مدل مورد ارزیابی قرار گیرد. قابل ذکر است، هر یک از مصاحبه‌های انجام شده به صورت مصاحبه در گروههای کانونی[۱] بوده است. بدین معنا که هر یک از ۱۹ مصاحبه‌ای که جهت رسیدن به مدل انجام شده است، متشکل از گروهی از افراد متخصص حوزه بوده‌اند و جمع‌بندی نظرات هر یک از گروه‌های کانونی یک مصاحبه را شکل داده است.

### ۴-۱- مرحله اول: کشف و در نظر گرفتن موقعیت یک مسئله در دنیای واقعی

نقش برق در سیستم‌های انرژی رو به روز پررنگ‌تر می‌شود و زنجیره تامین آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که هرگونه اختلال می‌تواند به بحرانی شدن وضعیت منجر شود. این زنجیره شامل انتخاب تأمین‌کننده، تولید، انتقال، توزیع، و مصرف برق است که تحت نظارت دقیق دولت قرار دارد. با این حال، چالش‌هایی نظیر ضعف در جریان اطلاعات و مالی وجود دارد که نیاز به توجه و بهبود دارد. عرضه و توزیع برق به نحو اثربخش، نیازمند مدیریت دقیق این زنجیره است. در حوزه تحقیق و توسعه نیز، صنعت برق با چالش‌هایی از جمله زمان‌بر بودن و سرمایه‌گذاری بالا روبرو است، و گاهی اجبار به تولید فناوری‌هایی که اقتصادی نیستند، به دلیل مقررات وجود دارد. این امور نشان می‌دهد که زنجیره تامین برق نیازمند نوآوری و بهینه‌سازی مداوم است تا امنیت و پایداری در ارائه برق تضمین شود.

در ایران، تعرفه‌های برق برای تولیدکنندگان صنعتی، ادارات دولتی و خصوصی و مصرف‌کنندگان مسکونی مستقیماً توسط وزارت نیرو و مقامات ذیربط تعیین می‌شود که عملاً

---

[۱] . Focus groups

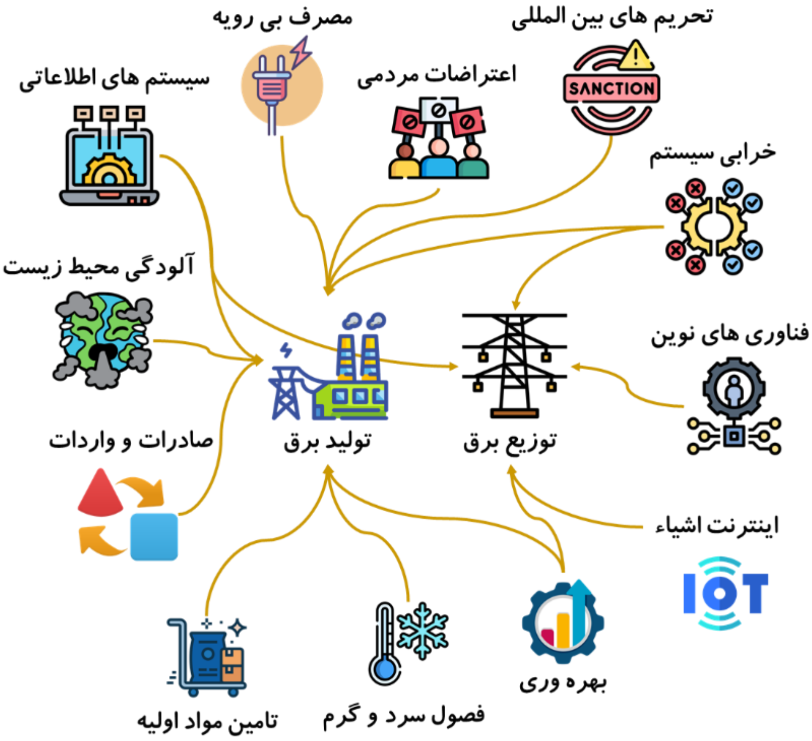
رقابت قیمتی را در زنجیره تأمین از بین می‌برد. هزینه های تولید بالا به دلیل وابستگی قابل توجه واردات به مواد خام، فناوری های قدیمی، عدم پشتیبانی دقیق و هزینه های قابل توجه تحقیق و توسعه است. علاوه بر این، هزینه های توزیع قابل توجه است. زنجیره تامین به دلیل وابستگی شدید به منابع انرژی خارجی، نوسانات نرخ ارز، محدودیت های تجاری با برخی کشورها و چالش های تولید داخلی آسیب پذیر است. با توجه به این مسائل، پیشنهاد می شود یک راه حل جامع زنجیره تامین برای رفع و کاهش این آسیب پذیری ها و ناکارآمدی ها اجرا شود.

## ۴-۲- مرحله دوم: رسم موقعیت افراد درگیر در موقعیت مسئله و ساختار مسئله در قالب تصاویر گویا

**شکل ۳**: معرفی شماتیک ذینفعان مسئله.

همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص شده است، در صنعت برق، ذی‌نفعان مختلفی وجود دارد که هر کدام تاثیر مهمی در زنجیره تامین برق دارند. وزارت نیرو به عنوان یکی از اصلی‌ترین ذی‌نفعان، نظارت بر تولید، توزیع و مصرف برق، مدیریت شبکه برق و برنامه‌ریزی ارتقاء زنجیره تامین برق را بر عهده دارد. شرکت‌های تولید برق مسئول تولید و ارسال برق به شبکه

برق و شرکت‌های توزیع برق هستند. شرکت‌های توزیع برق باید از تعمیر و نگهداری شبکه‌های توزیع برق، اندازه‌گیری مصرف برق و ارائه خدمات به مشترکان به صورت موثر و بهینه اطمینان حاصل کنند. مصرف‌کنندگان برق از بخش‌های مختلف به عنوان ذی‌نفعان مهم در این سیستم شناخته می‌شوند. همچنین، شرکت‌های تامین‌کننده تجهیزات و حامل‌های انرژی نیز نقش مهمی در زنجیره تامین برق دارند. در این راستا، بانک مرکزی نیز در حفظ استقرار و پایداری سیستم پرداخت و اعتباری در زمینه پرداخت قبوض برق نقش دارد. در پایان، دستگاه‌های نظارتی نیز در مبارزه با تخلفات قانونی در زنجیره تامین برق موثر هستند و به حفظ امنیت و قانون‌مندی کمک می‌کنند. پس از پایان این مرحله، تصویر غنی شده از سیستم تهیه می‌شود. تصاویر غنی شده از مسئله زنجیره تامین برق در شکل ٤ نمایش داده شده است.




**شکل ۴**: نقشه غنی تولید شده به صورت مشارکتی.

### ۴-۳- مرحله سوم: ساخت تعاریف ریشه ای مربوط به سیستم

پس از شناخت ذی‌نفعان در زنجیره تامین برق و در نظر گرفتن خواسته‌های کلیدی آن‌ها، می‌توان به انجام تعاریف ریشه‌ای و آنالیز CATWOE پرداخت. خواسته‌های اصلی ذی‌نفعان از طریق مصاحبه‌های باز دریافت شده است. در ادامه، اهمیت این خواسته‌ها بیان می‌شود:

**جدول ۲:** خلاصه نکات ذی‌نفعان در زنجیره تامین تاب‌آور برق.

| دسته‌بندی ذی‌نفعان | نکات و نیازهای ذی‌نفعان |
|---|---|
| **تامین‌کنندگان** | تأثیر نوسانات قیمت ارز بر تامین مواد اولیه و قطعات و تجهیزات مورد نیاز صنعت برق. |
| | تحریم‌ها و مشکلات مرتبط با تأمین مواد اولیه و قطعات تجهیزات. |
| | عدم توانایی تامین‌کنندگان در تأمین نیازمندی‌های تولید تجهیزات صنعت برق. |
| | نیاز به قیمت‌گذاری منصفانه توسط تولیدکنندگان و داشتن سود کافی. |
| **تولیدکنندگان تجهیزات صنعت برق** | نیازمندی به تولید بهینه تجهیزات صنعت با کنترل موجودی مواد اولیه و قطعات در نقطه بهینه. |
| | نیازمندی به معرفی تجهیزات جدید در عین زمان‌بندی مناسب و همچنین تامین هزینه برای تحقق آن. |
| | مشکلات مرتبط با تکنولوژی تولید تجهیزات تاب‌آور برق. |
| | بهبود سیستم حمل و نقل و زمان‌بندی مناسب در توزیع تجهیزات. |
| **مصرف‌کنندگان تجهیزات صنعت برق** | نیاز به دسترسی آسان و در همه حال به تجهیزات مورد نیاز صنعت برق. |
| | قابلیت خریداری تجهیزات مورد نیاز صنعت برق برای مصرف کنندگان. |
| **دیگر نکات** | اثربخشی تجهیزات مورد نیاز برق در همه شرایط برقرار باشد. |
| | برطرف کردن نیازمندی‌ها و مشکلات مرتبط با نگهداری و توزیع تجهیزات در دسترس مصرف‌کنندگان. |
| | بهبود سیستم قیمت‌گذاری و سوددهی برای تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان. |

در راستای پاسخگویی به نیازهای ذینفعان کلیدی در زنجیره تامین تاب‌آور برق با نگاه صنعت ٤.٠، می‌توان به موارد جدول ۳ توجه کرد:

**جدول ۳**: پاسخ به نیازهای ذی‌نفعان مسئله.

| ذی‌نفعان | پاسخ به نیازهای ذی‌نفعان |
|---|---|
| **زنجیره تامین تاب‌آور** | مواجهه با مشکلات و کمبودها در تامین حامل‌های انرژی مورد نیاز نیروگاه‌ها، نوسانات ارزی و سایر عوامل ناخواسته در تامین تجهیزات تاب‌آور برق. |
| | بهبود عملکرد زنجیره تامین تاب‌آور برق با کاهش موجودی، کاهش اتلاف و بهینه‌سازی قیمت‌گذاری سفارشی، سود سیستم و هزینه‌ها. |
| **زنجیره تامین تکنولوژیک** | ایجاد یک سیستم بهینه برای کاهش هزینه‌ها، افزایش سود و کاهش ضایعات در زنجیره تامین تاب‌آور برق با تکیه بر فناوری‌های مبتنی بر صنعت ٤.٠. |
| | برنامه‌ریزی برای بالانس کردن خدمات‌دهی و کاهش هزینه‌ها در زنجیره تامین با استفاده از فناوری‌های مبتنی بر صنعت ٤.٠. |
| **زنجیره تامین پایدار** | بهینه‌سازی فرآیندها و سیستم‌های حمل و نقل در زنجیره تامین تاب‌آور برق با توجه به محیط زیست. |
| | کاهش اتلافات و تولید پاک‌تر به منظور حفاظت از محیط زیست و کاهش مخاطرات زیست محیطی. |

با ترکیب این سه رویکرد، می‌توان یک سیستم جامع و مناسب برای زنجیره تامین تاب‌آور برق با نگاه صنعت ٤.٠ طراحی نمود. پس از استخراج نگرش‌های مختلفی که در مورد مسئله وجود دارد به استخراج تعاریف ریشه‌ای پرداخته شد. تعریف ریشه‌ای بر اساس یافته‌های مراحل ۱و ۲ بکار می‌رود که در جدول ٤ این تحلیل آورده شده است.

**جدول ۴**: تعاریف ریشه‌ای تحلیل شده به وسیله روش آنالیز CATWOE.

| دسته‌بندی | زنجیره تامین تاب‌آور | زنجیره تامین فناورانه | زنجیره تامین پایدار |
|---|---|---|---|
| **مشتریان (Customers)** | مصرف‌کنندگان برق | سازمان‌ها و صنایع | مصرف‌کنندگان برق، اجتماع محیطی |
| **مشارکت کنندگان (Actors)** | تولیدکنندگان برق، توزیع‌کنندگان، دولت | تحقیق و توسعه‌گران، تولیدکنندگان فناوری | سازمان‌های حفاظت محیط زیست، دولت |
| **مفهوم (Transformation)** | تولید، توزیع و انتقال برق | تحولات فناوری و نوآوری‌های پیشرفته | استفاده بهینه از منابع، حفظ محیط زیست |
| **دیدگاه‌ها (Worldview)** | ایمنی، پایداری، دسترسی آسان به برق | نوآوری، اعتماد به فناوری جدید | پایداری، حفاظت از محیط زیست |
| **سیستم (System)** | نظام قوانین و مقررات برق | فرآیندها و تکنولوژی‌های نوین | قوانین حفاظت محیط زیست |
| **محیط (Environment)** | تحولات سیاسی، اقتصادی و محیطی | رقابت فناورانه و محیط کسب و کار | تحولات زیست محیطی و قوانین |

### ۴-۴- مرحله چهارم: استخراج مدل‌های مفهومی و تشکیل نقشه شناختی از منظر خبرگان هر دیدگاه

در گام اول، برای استخراج نقشه شناختی زنجیره تامین تاب‌آور برق با استفاده از دیدگاه صنعت ٤.٠، مفاهیم اصلی شناسایی شده و در جلسات با ۱۹ نفر از خبرگان حوزه صنعت برق، نقشه‌های علّی بر اساس هر دیدگاه استخراج شده است. همچنین، شدت روابط با متغیّرهای زبانی در طی جلسات با خبرگان مورد تعیین قرار گرفته است. در این راستا، پرسشنامه‌های معادل با نقشه شناختی هر دیدگاه تهیه شده و مقادیر زبانی در پرسشنامه با مقادیر عددی در بازه ۰ تا ٥ مقایسه شده است. در نهایت، نقشه شناختی استخراج شده و شدت روابط در نرم‌افزار کامپیوتری مربوط به نگاشت شناختی وارد شده و نقشه علّی هر یک از خبرگان ترسیم می‌شود. برای ترسیم نقشه‌های علّی استخراج شده از مصاحبه با هر یک از خبرگان، از نرم‌افزار Decision Explorer استفاده شده است. همچنین، برای تجزیه و تحلیل تکمیلی نقشه‌های فردی و ادغام آن‌ها برای استخراج نقشه اجماعی در هر دیدگاه، از نرم‌افزار Ucinet استفاده شده است.

با توجه به بازیگران اصلی هر دیدگاه، جلسات متناسب با گروه‌های خبره آن بخش در زنجیره تامین برگزار شده است تا در مورد متغیّرها و نحوه تأثیرگذاری‌ها بحث و نتیجه‌گیری شود. در دیدگاه تاب‌آور برق، با توجه به اینکه شرکتهای مجموعه وزارت نیرو بازیگر اصلی است، اکثر جلسات در قالب گروه‌های کانونی با خبرگان این حوزه برگزار شد. جمع‌بندی متغیرهای مطرح شده شامل کاهش هزینه، افزایش بهره‌وری، تولید مقرون به صرفه، بهبود ساختار تولید، تولید بر اساس وضعیت مصرف است. به منظور تبدیل و ترکیب ادبیات خبرگان با ادبیات تحقیق، متغیّرهای مطرح شده توسط خبرگان، نظرات آنها و ادبیات تحقیق، به نحو زیر تصحیح شده و در مورد نحوه تأثیرگذاری‌ها نظرات بیان شده است. در جدول ٥ ماتریس همجواری متناظر با آن دیدگاه نشان داده شده است.

**جدول ۵**: متغیرهای دیدگاه فناورانه.

| ردیف | متغیّر | تعریف |
|---|---|---|
| ۱ | نوآوری فناورانه[۱] | بهبود و ارتقاء فناوری‌های موجود و یافتن راهکارهای نوین در زمینه تولید، انتقال و توزیع برق. |
| ۲ | اتوماسیون و هوش مصنوعی | استفاده از روش‌های اتوماسیون و هوش مصنوعی در عملیات زنجیره تامین برق برای بهبود کارایی و دقت. |
| ۳ | اینترنت اشیا IoT | استفاده از اینترنت اشیا برای جمع‌آوری داده‌ها و ارتباط بین تجهیزات مرتبط در زنجیره تامین برق. |
| ۴ | انرژی پاک و تجدیدپذیر[۲] | انتقال به استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و انرژی دریا برای تولید برق. |
| ۵ | ذخیره سازی انرژی | توسعه و استفاده از فناوری‌های ذخیره سازی انرژی برای مدیریت بهینه استفاده از انرژی در زنجیره تامین برق. |
| ۶ | شبکه هوشمند | استفاده از شبکه‌های هوشمند برای مدیریت بهتر تولید، انتقال و مصرف برق و ارائه خدمات بهتر به مشتریان. |
| ۷ | تحلیل داده | استفاده از تحلیل داده و اطلاعات بزرگ (Big Data) برای پیش‌بینی و بهبود عملکرد زنجیره تامین برق. |
| ۸ | امنیت سایبری[۳] | حفاظت از شبکه‌ها و سیستم‌های مرتبط در زنجیره تامین برق در برابر تهدیدات سایبری و حملات امنیتی. |
| ۹ | نظارت مستمر | استفاده از هوش مصنوعی و تحلیل داده در شبکه‌های برق برای مدیریت بهتر و پاسخگویی سریع‌تر به تغییرات واقعیت. |
| ۱۰ | ارتباطات مبتنی بر فناوری | استفاده از فناوری‌های ارتباطی پیشرفته مانند شبکه‌های ۵G و اینترنت پهنای باند برای انتقال اطلاعات سریع و قابل اعتماد در زنجیره تامین برق. |

زنجیره تامین فناورانه در زمینه تولید برق با استفاده از متغیّرهای فناورانه متعددی بهبود و ارتقاء می‌یابد. نوآوری فناورانه به معنای بهبود و ارتقاء فناوری‌های موجود و یافتن راهکارهای نوین در زمینه تولید، انتقال و توزیع برق است. استفاده از روش‌های اتوماسیون و هوش مصنوعی در عملیات زنجیره تامین برق بهبود کارایی و دقت را به همراه دارد. استفاده از

۱. Innovative Technology
۲. Renewable Energies
۳. Cybersecurity

اینترنت اشیا (IoT) جهت جمع‌آوری داده‌ها و ارتباط بین تجهیزات مرتبط در زنجیره تامین برق امکان‌پذیر می‌شود. انتقال به استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و انرژی دریا برای تولید برق، از متغیّرهای مهم در زنجیره تامین فناورانه است. توسعه و استفاده از فناوری‌های ذخیره سازی انرژی، مدیریت بهینه استفاده از انرژی را در زنجیره تامین برق امکان‌پذیر می‌سازد. استفاده از شبکه‌های هوشمند برای مدیریت بهتر تولید، انتقال و مصرف برق و ارائه خدمات بهتر به مشتریان در زنجیره تامین فناورانه اهمیت دارد. استفاده از تحلیل داده و اطلاعات بزرگ (Big Data) در زنجیره تامین برق به منظور پیش‌بینی و بهبود عملکرد، از جمله متغیّرهای حیاتی در زنجیره تامین فناورانه می‌باشد. امنیت سایبری و حفاظت از شبکه‌ها و سیستم‌های مرتبط در زنجیره تامین برق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. استفاده از هوش مصنوعی و تحلیل داده در شبکه‌های برق به منظور مدیریت بهتر و پاسخگویی سریع‌تر به تغییرات واقعیت امکان‌پذیر است. در نهایت، استفاده از فناوری‌های ارتباطی پیشرفته مانند شبکه‌های 5G و اینترنت پهنای باند برای انتقال اطلاعات سریع و قابل اعتماد در زنجیره تامین برق اهمیت دارد. از آنجا که به نظر می‌رسد در جلسات متغیّرهای دیگری بدست نمی‌آید، با استفاده از ادبیات تحقیق متغیّرهایی پیشنهاد شد و در مورد آنها جمع‌بندی صورت گرفت و تاثیرگذاری آنها نیز مشخص گردید.

**جدول ۶:** متغیّرهای دیدگاه تاب‌آور.

| ردیف | متغیّر | تعریف |
|---|---|---|
| ۱ | انعطاف‌پذیری منابع اولیه | توانایی تغییر منابع اولیه بر اساس نیازها و شرایط تامین برق. |
| ۲ | تنوع تأمین‌کنندگان | استفاده از تأمین‌کنندگان متعدد برای کاهش ریسک عدم تأمین و تضمین پایداری زنجیره تامین. |
| ۳ | بهره‌وری در تولید | استفاده از فناوری‌های پیشرفته و بهبود فرآیندهای تولید برای افزایش بهره‌وری در زنجیره تولید برق. |
| ۴ | ذخیره‌سازی احتیاطی | ایجاد ذخیره از منابع اولیه و تجهیزات برای مقابله با عدم تأمین و حوادث ناگوار. |
| ۵ | بهبود شبکه انتقال | بهینه‌سازی تلفات در شبکه برق |
| ۶ | مدیریت خطرات | شناسایی و مدیریت ریسک‌های مربوط به تأمین، تولید و توزیع برق در زنجیره تامین. |
| ۷ | بهره‌برداری از انرژی‌های نو | استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند باد، خورشید و انرژی هیدروالکتریک برای تولید برق پایدار. |
| ۸ | نوآوری و فناوری | استفاده از فناوری‌های نوین برای بهبود عملکرد و بهره‌وری در زنجیره تامین برق. |
| ۹ | مدیریت موجودی | بهینه‌سازی موجودی مواد اولیه و تجهیزات برای کاهش هزینه‌ها و مدت زمان تامین. |
| ۱۰ | شبکه‌سازی و همکاری | ایجاد ارتباط و همکاری فعال با سایر اعضای زنجیره تامین برق برای افزایش تجربه و بهره‌وری کلان. |

زنجیره تامین تاب‌آور برق از دیدگاه متغیّرهای بالا می‌تواند بهبود و ایجاد تاب‌آوری در سیستم تامین برق را فراهم کند. انعطاف‌پذیری منابع اولیه به سازگاری با تغییرات نیازها و شرایط تامین برق کمک می‌کند و اطمینان حاصل می‌شود که همیشه منابع مورد نیاز در دسترس هستند. استفاده از تأمین‌کنندگان متعدد بهبود اعتماد و کاهش ریسک عدم تأمین را به همراه دارد و پایداری زنجیره تامین را تضمین می‌کند. بهره‌وری در تولید با استفاده از فناوری‌های پیشرفته و بهبود فرآیندهای تولید، عملکرد بهتر و بهره‌وری بالاتر را در زنجیره تولید برق به ارمغان می‌آورد. ذخیره‌سازی احتیاطی از منابع اولیه و تجهیزات برای مقابله با عدم تأمین و حوادث ناگوار ضمانت می‌کند و از نیازهای فوری و غیرمنتظره جلوگیری می‌کند.

بهبود شبکه برق تلفات در انتقال برق را کاهش داده و استواری سیستم را بهبود می‌بخشد. مدیریت خطرات با شناسایی و مدیریت ریسک‌های مربوط به تأمین، تولید و توزیع برق در زنجیره تامین، امنیت و پایداری را تضمین می‌کند. استفاده از انرژی‌های نو مانند باد، خورشید و انرژی هیدروالکتریک برای تولید برق پایدار، زنجیره تامین را برای استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر تقویت می‌کند. نوآوری و فناوری با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، عملکرد و بهره‌وری در زنجیره تامین برق را بهبود می‌بخشد. مدیریت موجودی بهینه‌سازی موجودی مواد اولیه و تجهیزات در زنجیره تامین برق را به منظور کاهش هزینه‌ها و مدت زمان تامین مواد محور قرار می‌دهد. شبکه‌سازی و همکاری با سایر اعضای زنجیره تامین برق، تجربه و بهره‌وری کلان را ارتقا می‌بخشد و تعاملات و همکاری میان اعضا را تسهیل می‌کند.همچنین در جلسات بدین نتیجه رسیده شد که باید از سایری الگوهای خارجی جهت تعریف متغیرها استفاده شود که جمع بندی متغیرها و نتایج حاصله در ادامه آمده است.

**جدول ۷**: متغیرهای دیدگاه پایدار.

| ردیف | متغیّر | تعریف |
|---|---|---|
| ۱ | مدیریت انرژی | استفاده بهینه از منابع انرژی با توجه به محدودیت‌ها و حفظ توازن بین نیازهای انرژی و حفظ محیط زیست. |
| ۲ | کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای | اتخاذ راهکارهای برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با فرآیندهای تولید، انتقال و مصرف برق. |

| ردیف | متغیّر | تعریف |
|---|---|---|
| ۳ | بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی | استفاده از منابع طبیعی برق‌زا به صورت پایدار و در حد توانایی طبیعت بدون ایجاد خسارت جدی به محیط زیست. |
| ۴ | بهبود بهره‌وری انرژی | استفاده از فناوری‌ها و روش‌های بهبود بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف برق به منظور کاهش ضایعات انرژی. |
| ۵ | مدیریت پسماند | برنامه‌ریزی و اجرای روش‌های صحیح برای جمع‌آوری، بازیافت و مدیریت صحیح پسماندهای مرتبط با فرآیندهای زنجیره تامین برق. |
| ۶ | حفاظت از منابع آب | بهره‌برداری مسئولانه و حفاظت از منابع آب در فرآیندهای تولید برق و کاهش مصرف آب در زنجیره تامین. |
| ۷ | مدیریت ریسک‌های طبیعی | شناسایی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با پدیده‌های طبیعی مانند زلزله، طوفان و سیلاب در سیستم تامین برق. |
| ۸ | شفافیت و حقوق اقتصادی | ارائه اطلاعات شفاف و دسترسی عموم به اطلاعات مرتبط با زنجیره تامین برق، و حفظ حقوق اقتصادی مرتبط با تمامی اعضای زنجیره. |
| ۹ | همکاری و تعامل | تقویت همکاری و تعامل میان اعضای زنجیره تامین برق به منظور ایجاد توازن و هماهنگی بین نیازها و تامین برق پایدار. |

## ۵- بحث و نتیجه گیری

در دیدگاه پایدار، متغیرهای مهمی مانند مدیریت انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی، بهبود بهره‌وری انرژی، مدیریت پسماند، حفاظت از منابع آب، مدیریت ریسک‌های طبیعی، شفافیت و حقوق اقتصادی و همکاری و تعامل مطرح شده‌اند. این متغیّرها به ایجاد یک زنجیره تامین برق پایدار، محیط زیستی و اقتصادی مناسب و همچنین ایجاد تعادل در تامین و تقاضا در زنجیره تامین برق کمک می‌کنند. در دیدگاه تاب‌آور، متغیّرهای مهمی مانند انعطاف‌پذیری منابع اولیه، تنوع تأمین‌کنندگان، بهره‌وری در تولید، ذخیره‌سازی احتیاطی، بهبود شبکه انتقال، مدیریت خطرات، بهره‌برداری از انرژی‌های نو، نوآوری و فناوری، مدیریت موجودی، و شبکه‌سازی و همکاری برجسته‌اند. این متغیّرها توانایی زنجیره تامین برق در مقابل تغییرات و نوسانات را تقویت کرده و باعث افزایش توانمندی آن برای مواجهه با چالش‌ها می‌شود. در دیدگاه فناورانه، متغیّرهای نوآوری فناورانه، اتوماسیون و هوش مصنوعی، اینترنت اشیا (IoT) ، انرژی پاک و تجدیدپذیر، ذخیره سازی

انرژی، شبکه هوشمند، تحلیل داده، امنیت سایبری، نظارت مستمر، و ارتباطات مبتنی بر فناوری به طور جامع مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این متغیّرها نشان‌دهنده نقش برجسته فناوری‌های پیشرفته در بهبود عملکرد و کارایی زنجیره تامین برق و ایجاد توازن در آن هستند.

همچنین به منظور بهبود سیستم فعلی و به منظور تقویت تصمیم‌گیری در لایه مدیریتی سیستم، پیشنهادات کاربردی و مدیریتی در زیر ارائه شده است که مبتنی بر خروجی‌های پژوهش حاضر است:

- ✓ ترکیب دیدگاه‌های پایدار، تاب‌آور و فناورانه: ارتقاء زنجیره تامین برق بهبود برجسته به واسطه ترکیب و همکاری بین اصول دیدگاه‌های پایدار، تاب‌آور و فناورانه.
- ✓ استفاده از فناوری‌های تجدیدپذیر: افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق به منظور کاهش اثرات منفی محیط زیست و تحقق اهداف پایدار.
- ✓ تحلیل داده و پیش‌بینی: استفاده از تحلیل داده و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی نیازها، تغییرات بازار و بهبود مدیریت زنجیره تامین برق.
- ✓ ارتقاء شبکه‌های هوشمند: ایجاد شبکه‌های هوشمند و اتصال متصل به تجهیزات مختلف برای بهبود نظارت و کنترل در سیستم تامین برق.
- ✓ توسعه مدیریت ریسک‌ها: شناسایی، ارزیابی و مدیریت فعال ریسک‌های مختلف از جمله تغییرات آب و هوا و رویدادهای طبیعی در زنجیره تامین برق.
- ✓ ترویج همکاری و تعامل: تقویت همکاری بین تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان برای بهبود تعادل تامین و تقاضا و بهبود عملکرد زنجیره تامین.
- ✓ پیشرفت در فناوری‌های ذخیره سازی: توسعه و بهره‌برداری از فناوری‌های نوین ذخیره سازی انرژی برای مدیریت بهینه تامین و مصرف انرژی.
- ✓ توسعه ارتباطات پیشرفته: استفاده از شبکه‌های ارتباطی پیشرفته برای انتقال اطلاعات به صورت سریع و امن در سراسر زنجیره تامین برق.
- ✓ آموزش و آگاهی‌زایی: آموزش و آگاهی‌زایی در مورد مزایا و اهمیت دیدگاه‌های پایدار، تاب‌آور و فناورانه در زنجیره تامین برق به مشارکت‌کنندگان مختلف.

## ٦- جمع بندی

در این پژوهش، به تحلیل چند جنبه مهم زنجیره تامین برق مبتنی بر صنعت ٤.٠ پرداخته شده است. متدولوژی سیستم‌های نرم به عنوان روش‌شناسی اصلی برای تحلیل ذی‌نفعان و عوامل مختلف زنجیره تامین برق با توجه به رویکرد صنعت ٤.٠ مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش، سیستم‌های فعالیت هدفمند مرتبط با زنجیره تامین برق تعریف شده و مدل‌هایی برای نمایش ابعاد مختلف این مسئله ایجاد می‌شوند. بخش‌های مختلف مقاله به تشریح متدولوژی استفاده شده، تحلیل نتایج و اثرات متدولوژی صنعت ٤.٠ بر زنجیره تامین برق، و همچنین تبیین دیدگاه‌های پایدار، تاب‌آور، و فناورانه پرداخته‌اند. در دیدگاه پایدار، مفاهیمی همچون مدیریت انرژی، کاهش گازهای گلخانه‌ای، بهره‌برداری پایدار از منابع و مدیریت پسماند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر، در دیدگاه تاب‌آور، انعطاف‌پذیری منابع، بهبود شبکه انتقال، و بهره‌برداری از انرژی‌های نو به عنوان عوامل مهم معرفی شده‌اند.

همچنین، در دیدگاه فناورانه، نقش نوآوری فناورانه، اتوماسیون، هوش مصنوعی، و ارتباطات مبتنی بر فناوری در بهبود زنجیره تامین برق مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مقاله نشان می‌دهند که رویکرد صنعت ٤.٠ می‌تواند بهبودهای قابل توجهی در زنجیره تامین برق ایجاد کند و باعث افزایش پایداری، تاب‌آوری، و کارایی این زنجیره گردد. در نهایت، مقاله به اهمیت تحلیل ذی‌نفعان و عارضه‌های سیستمی زنجیره تامین برق با رویکرد صنعت ٤.٠ در ادبیات فعلی اشاره می‌کند و نیاز به توسعه تحقیقات در این حوزه را تأکید می‌کند. این مقاله مهمی راهنمایی می‌کند که در تحلیل و بهبود زنجیره تامین برق با استفاده از نوآوری‌های صنعت ٤.٠ بهره‌برداری شود و تاکید می‌کند که این رویکرد می‌تواند تغییرات اساسی و ارتقاءهای عمده‌ای را در این حوزه به ارمغان آورد. در این راستا، ضروری است که دیدگاه‌های فن‌آوری، انعطاف‌پذیری و پایداری را در برنامه‌ریزی در نظر بگیریم، زیرا هر سه در تامین انرژی پایدار نقش دارند. تقویت همکاری و تعامل بین ذینفعان در زنجیره تامین برق ضروری است و نیازمند توجه بیشتر است. همچنین زیرساخت برای پیاده سازی فناوری های جدید در زنجیره تامین برق باید توسعه یابد. علاوه بر این، آموزش و توانمندسازی منابع انسانی شاغل در زنجیره تامین برق برای امکان استفاده موثر از فناوری‌ها و روش‌های مدرن حیاتی است.

در مقایسه با پژوهش های پیشین، پژوهش سقایی و همکاران [۲۹]، به تبیین مفاهیم کلی و کلیدی زنجیره تامین برق پرداخته است که پژوهش حاضر با نگاه سیستمی و با توجه به پارادایم صنعت ۴.۰ تحلیلی متناسب با روندهای جدید و نوظهور در علم ارائه کرده است. همچنین پژوهش حاضر از حیث روش شناسی نسبت به اوویسی و همکاران [۲۳] و همچنین پژوهش آذر و همکاران [۲۲] با تکیه بر روش شناسی سیستی، به بررسی و واکاوی نظرات از نگاه کل نگر پرداخته است و موجب واکاوی چندوجهی از نگاه ذی نفعان مختلف شده است. همچنین محدودیت‌های این پژوهش در برخی جنبه‌ها و تطبیق با واقعیت‌های محیطی و صنعتی قابل مشاهده است. از جمله محدودیت‌ها، می‌توان به کمبود داده‌های دقیق و جامع در بعضی از حوزه‌ها اشاره کرد، که ممکن است منجر به نقص‌ها در تجزیه و تحلیل دقیق‌تر اثرات صنعت ۴.۰ بر زنجیره تامین برق گردد. همچنین، انتقال مدل‌ها و نتایج تحلیل‌ها به شرایط واقعی به دلیل پیچیدگی زنجیره تامین برق و تأثیرات متعدد در آن ممکن است مواردی از عدم قطعیت در نتایج تحقیق را ایجاد کند. همچنین، این پژوهش ممکن است برخی جنبه‌های از تغییرات فناوری و محیطی در آینده را در نظر نگرفته باشد.

برای بهبود و توسعه پژوهش‌های آتی در این حوزه، تعدادی پیشنهاد ارائه می‌شود. اولاً، افزایش دقت و جامعیت در جمع‌آوری داده‌های زمینه‌ای و صنعتی برای تجزیه و تحلیل دقیق‌تر و معتبرتر اثرات صنعت ۴.۰ بر زنجیره تامین برق ضروری است. ثانیاً، توسعه مدل‌های پیش‌بینی و شبیه‌سازی برای بررسی تأثیرات طیف گسترده‌تری از تغییرات فناوری و سناریوهای مختلف آینده می‌تواند به تحلیل اثرات بیشتر کمک کند. همچنین، تعامل و همکاری بیشتر با صنعت و سازمان‌های ذی‌نفع می‌تواند به پیشبرد تحقیقات در این حوزه کمک کرده و تطبیق بهتری بین تحقیقات و واقعیت‌های صنعتی ایجاد کند. در آخر، افزایش توجه به جنبه‌های اجتماعی، اخلاقی و حقوقی در زمینه اجرای صنعت ۴.۰ در زنجیره تامین برق و مطالعه اثرات آن بر جامعه و محیط زیست نیز می‌تواند برای پژوهش‌های آینده اهمیت داشته باشد.

## ۷- منابع


[۱] Chen, W., et al., *Electricity Quality Emergency Investment with a Bargaining Contract in the Electricity Supply Chain under the COVID-19 Pandemic.* Emerging Markets Finance and Trade, ۲۰۲۳. **۵۹**(۸): p. ۲۳۹۸-۲٤۲۱ https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱۵٤۰٤۹٦x.۲۰۲۲,۲۱۰۸۳۱۷.

[۲] Taghipour, A., et al., *Criteria Clustering and Supplier Segmentation Based on Sustainable Shared Value Using BWM and PROMETHEE.* Sustainability, ۲۰۲۳. **۱۵**(۱۱): p. ۸٦۷۰ https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۵۱۱۸٦۷۰.

[۳] Khazaei, M., et al., *A multi-criteria supplier evaluation and selection model without reducing the level of optimality.* Soft Computing, ۲۰۲۳: p. ۱-۱٤ https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۵۰۰-۰۲۳-۰۸۹۵٤-۸.

[٤] Pashaa, N., et al., *Analyzing the Manual and Automated Assembly Line Using System Dynamics (SD) Approach.* Journal of Systems Thinking in Practice, ۲۰۲۳. ۲(۱): p. ۱-۲۷.

[٥] Putra, A.J., L.A. Abdillah, and H. Yudiastuti, *Penentuan sekolah dasar negeri terbaik kota Palembang dengan metode weighted sum model (WSM) dan weighted product model (WPM) menggunakan visual basic. net 2015.* ۲۰۱٦.

[٦] Pamucar, D., et al., *Recovery center selection for end-of-life automotive lithium-ion batteries using an integrated fuzzy WASPAS approach.* Expert Systems with Applications, ۲۰۲۲. **۲۰٦**: p. ۱۱۷۸۲۷ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.eswa.۲۰۲۲,۱۱۷۸۲۷.

[۷] Queiroz, M.M., R. Telles, and S.H. Bonilla, *Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature.* Supply chain management: An international journal, ۲۰۲۰. **۲۵**(۲): p. ۲٤۱-۲٥٤ https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/scm-۰۳-۲۰۱۸-۰۱٤۳.

[۸] Samanipoor, H., et al., *Designing a Competency Conceptual Framework for Owner Managers Of SMEs.(Subject Of Study: Ghazvin Small Industries and Industrial Parks Organization (ISIPO)).* Management Research in Iran, ۲۰۲۳. ۲۷(۲): p. ۱۱۷-۱٥۰ [In Persian].

[۹] Chen, Z. and Z.-P. Fan, *Improvement strategies of battery driving range in an electric vehicle supply chain considering subsidy threshold and cost misreporting.* Annals of Operations Research, ۲۰۲۳. **۳۲٦**(۱): p. ۸۹-۱۱۳ https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/s۱۰٤۷۹-۰۲۰-۰۳۷۹۲-٥.

[۱۰] Ramezani, M., et al., *Turquoise hydrogen and waste optimization: A Bi-objective closed-loop and sustainable supply chain model for a case in Mexico.*

Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۲٤. ۱۹۵: p. ۱۱٤۳۲۹ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۲٤,۱۱٤۳۲۹.

[۱۱] Taghipour, A., et al., *Sustainable Multi-Objective Models for Waste-to-Energy and Waste Separation Site Selection.* Sustainability, ۲۰۲۳. ۱۵(۲۲): p. ۱۵۷٦٤ https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۵۲۲۱۵۷٦٤.

[۱۲] Taghipour, A., et al., *Smart Transportation Behavior through the COVID-19 Pandemic: A Ride-Hailing System in Iran.* Sustainability, ۲۰۲۳. ۱۵(۵): p. ٤۱۷۸ https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۵۰۵٤۱۷۸.

[۱۳] Ehsanifar, M., et al., *A Sustainable Pattern of Waste Management and Energy Efficiency in Smart Homes Using the Internet of Things (IoT).* Sustainability, ۲۰۲۳. ۱۵(٦): p. ۵۰۸۱ https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/su۱۵۰٦۵۰۸۱.

[۱٤] Nayeri, M.D., M. Khazaei, and D. Abdolahbeigi, *The drivers of success in new-service development: Rough set theory approach.* International Journal of Services and Operations Management, ۲۰۲۲. ٤۳(٤): p. ٤۲۱-٤۳۹ https://doi.org/۱۰,۱۵۰٤/ijsom.۲۰۲۲,۱۲۷٤٦۵.

[۱۵] Bressanelli, G., et al., *Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: A literature review.* Journal of Cleaner Production, ۲۰۲۱. ۲۹۸: p. ۱۲٦۸۱۹ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۱,۱۲٦۸۱۹.

[۱٦] Mishra, U., J.-Z. Wu, and A.S.F. Chiu, *Effects of carbon-emission and setup cost reduction in a sustainable electrical energy supply chain inventory system.* Energies, ۲۰۱۹. ۱۲(۷): p. ۱۲۲٦ https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/en۱۲۰۷۱۲۲٦.

[۱۷] Wang, C., et al., *Assessing the environmental externalities for biomass-and coal-fired electricity generation in China: A supply chain perspective.* Journal of Environmental Management, ۲۰۱۹. ۲٤٦: p. ۷۵۸-۷٦۷ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jenvman.۲۰۱۹,۰٦,۰٤۷.

[۱۸] Paoli, L. and T. Gül, *Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales.* ۲۰۲۲.

[۱۹] Hosseini-Motlagh, S.-M., M.R.G. Samani, and V. Shahbazbegian, *Innovative strategy to design a mixed resilient-sustainable electricity supply chain network under uncertainty.* Applied Energy, ۲۰۲۰. ۲۸۰: p. ۱۱۵۹۲۱ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.apenergy.۲۰۲۰,۱۱۵۹۲۱.

[۲۰] Rafiee and Nazarian, *The impact of blockchain technology on the role of consumers in the electricity supply chain in the legal system of Iran and the European Union.* International legal research, ۲۰۲۲. ۱۵(۵۷): p. ۱۹۷-۲۲۰ [In Persian].

[۲۱] Ghorbanpour, A. and E. Rasuli, *Interpretive Structural Modeling of Supply Chain Resilience: Case of Power Distribution Company of Bushehr Province.* Journal of Energy Planning And Policy Research, ۲۰۱۸. ٤(۲): p. ۱٦۹-۲۰۰ [In Perisan].

[۲۲] Azar, A., et al., *Assessment of Supply Chain Resilience of Electric Power Industry in Iran: Fuzzy Approach.* Journal of Energy Planning And Policy Research, ۲۰۱۹. ۵(۱): p. ۷-۲۸.

[۲۳] Owaisi Imran, A., et al., *Presenting a model based on auxiliary network metrics to evaluate the performance of the supply chain (Case study: supply chain of Iran's electricity industry).* Industrial engineering and management, ۲۰۱۹. ۳۵,۱(۱,۲): p. ۵۱-٦۵ [In Persian].

[۲٤] Bas, E., *The integrated framework for analysis of electricity supply chain using an integrated SWOT-fuzzy TOPSIS methodology combined with AHP: The case of Turkey.* International journal of electrical power & energy systems, ۲۰۱۳. ٤٤(۱): p. ۸۹۷-۹۰۷ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.ijepes.۲۰۱۲,۰۸,۰٤۵.

[۲۵] Oliveira-Pinto, S., P. Rosa-Santos, and F. Taveira-Pinto, *Electricity supply to offshore oil and gas platforms from renewable ocean wave energy: Overview and case study analysis.* Energy Conversion and Management, ۲۰۱۹. ۱۸٦: p. ۵۵٦-۵٦۹ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.enconman.۲۰۱۹,۰۲,۰۵۰.

[۲٦] Zare, K., J. Mehri-Tekmeh, and S. Karimi, *A SWOT framework for analyzing the electricity supply chain using an integrated AHP methodology combined with fuzzy-TOPSIS.* International strategic management review, ۲۰۱۵. ۳(۱-۲): p. ٦٦-۸۰ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.ism.۲۰۱۵,۰۷,۰۰۱.

[۲۷] Zhao, Y., et al., *Critical transmission paths and nodes of carbon emissions in electricity supply chain.* Science of The Total Environment, ۲۰۲۱. ۷۵۵: p. ۱٤۲۵۳۰ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.scitotenv.۲۰۲۰,۱٤۲۵۳۰.

[۲۸] Lahtinen, E., et al., *Selective recovery of gold from electronic waste using 3D-printed scavenger.* ACS omega, ۲۰۱۷. ۲(۱۰): p. ۷۲۹۹-۷۳۰٤ https://doi.org/۱۰,۱۰۲۱/acsomega.۷b۰۱۲۱۵.

[۲۹] Saghaei, M., H. Ghaderi, and H. Soleimani, *Design and optimization of biomass electricity supply chain with uncertainty in material quality, availability and market demand.* Energy, ۲۰۲۰. ۱۹۷: p. ۱۱۷۱٦۵ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.energy.۲۰۲۰,۱۱۷۱٦۵.

[۳۰] Richter, L., et al., *Artificial intelligence for electricity supply chain automation.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۲۲. ۱٦۳: p. ۱۱۲٤۵۹ https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.rser.۲۰۲۲,۱۱۲٤۵۹.

[۳۱] Mirhosseini, S.S., et al., *Exploring and analysing the risks and challenges of implementing ERP systems: Critical system thinking.* International Journal of Information Systems and Change Management, ۲۰۲۱. ۱۲(۳): p. ۲۳٤-۲٥۸ https://doi.org/۱۰,۱٥۰٤/ijiscm.۲۰۲۱,۱۲۰۳۲٥.

[۳۲] Ramezani, M., A. Azar, and M. Khazaei. *Gap analysis through a hybrid method: Critical systems heuristics and best worst method*. in *The International Workshop on Best-Worst Method*. ۲۰۲۱. Springer.

[۳۳] Faezirad, M. and A. Khoshnevisan, *Leveraging the Potential of Soft Systems Methodology to Trigger Data Governance Policy-Making in the Banking Industry.* Journal of Systems Thinking in Practice, ۲۰۲۳. ۲(۱): p. ٥٦-۷۰.

[۳٤] Tayebnia, M., et al., *Developing the Framework of Entrepreneurship Education Ecosystem in Iranian Schools Using Soft System Methodology.* Journal of Systems Thinking in Practice, ۲۰۲۳. ۲(۲): p. ۱-۳۲.

[۳٥] Fahimi, M., M.R. Mehregan, and M. Abooyee Ardakan, *Conceptual Hierarchies of System Architecture/Architecting and Operations Research Paradigms.* Modern Research in Decision Making, ۲۰۱۸. ۳(۱): p. ۲٤۳-۲٦٥ [In Persian].

[۳٦] Alamdar Youli, F., et al., *Designing a sustainable business model by using soft systems methodology and value triangle business model canvas (case study: Farassan Manufacturing and Industrial Company).* Modern Research in Decision Making, ۲۰۲۰. ٥(۱): p. ۹٥-۱۱۷ [In Persian].

[۳۷] MOMENEH, M., S.M. Mahmoudi, and A. Azar, *Identifying the contextual dimensions of implementing Business processes management, based on system thinking.* Management Research in Iran, ۲۰۲٤: p. [In Persian].