Dor: https://dorl.net/dor/20.1001.1.28212606.1403.7.4.1.5

فصلنامهٔ آماد و فناوری دفاعی، سال هفتم، شماره ٤ (پیاپی ٢٤)، زمستان ١٤٠٣

راهکارهای مدیریت بهره‌وری در انرژی زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای صنعت ۴.۰

صنعان احمدی[۱]، سینا کیهانیان*[۲]، حمیدرضا رضایی[۳]

تاریخ دریافت: ١٤٠٢/١٢/٢١ پذیرش مقاله: ١٤٠٣/٠١/٢٥

چکیده

بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی از اهمیت بسیاری برخوردار است؛ زیرا انرژی برای عملکرد صحیح و مؤثر فرایندهای تولید، حمل‌ونقل، انبارداری و سایر فعالیت‌های مرتبط با این زنجیره حیاتی است. عدم بهبود در بهره‌وری انرژی با «افزایش هزینه‌های انرژی»، «کاهش قابلیت رقابتی» و «افزایش وابستگی به منابع انرژی غیرپایدار» همراه است؛ لذا هدف اصلی مقاله حاضر، «ارائه راهکارهایی جهت مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای انقلاب چهارم صنعتی» است. جهت دستیابی به نتیجه موردنظر از روش‌های مصاحبه و فراترکیب استفاده شده است. برای مصاحبه تعداد ۱۰ نفر از متخصصان حوزه زنجیره تأمین دفاعی، انتخاب شدند. مؤلفه‌ها و ابعاد تأییدشده توسط مصاحبه‌شونده‌ها با استفاده از روش فراترکیب مورد بررسی قرار گرفته تا پاسخ به سؤال‌های تحقیق به‌دست آیند. با این روش، حوزه‌های انرژی در زنجیره تأمین، ابعاد بهره‌وری، عوامل مداخله‌گر، راهکارها و فناوری‌های مدیریت بهره‌وری انرژی، پیامدها و نتایج حاصل از آن در زنجیره تأمین دفاعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش نشان‌دهنده اهمیت دو فناوری برجسته «هوش مصنوعی» و «اینترنت اشیاء» در بهره‌وری انرژی و زنجیره تأمین دفاعی است. از دیگر موضوعات مورد توجه در این مقاله «چالش‌های پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ٤.٠» است. با بررسی‌های انجام‌شده، مشخص گردید؛ «عوامل فناوری و انسانی، مهم‌ترین موانع جهت پیاده‌سازی این فناوری‌ها هستند».

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین دفاعی، صنعت نسل ٤.٠، بهره‌وری، بهره‌وری انرژی، روش فراترکیب.

۱. کارشناسی ارشد قدرت هوایی دانشگاه شهید ستاری، تهران، ایران. رایانامه: *rezakhazaee160@yahoo.com*

۲. دانشیار گروه تحصیلات تکمیلی دانشگاه هوایی شهید ستاری، تهران، ایران. رایانامه: *nikbash@gmail.com*

۳. استادیار دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: *h.rezae99@sndu.ac.ir*

۱. مقدمه

محیط متلاطم و ناامن بین‌الملل و حضور نظامی رژیم سلطه در پایگاه‌های نظامی کشورهای همسایه موجب افزایش تهدیدات منطقه‌ای شده است. در همین راستا هوشیاری، چابکی و آمادگی نیروهای نظامی جمهوری اسلامی ایران باید چند برابر شود. یکی از ابزارهایی که موجب چالاکی و انعطاف‌پذیری نیروهای مسلح در سراسر مرزها می‌شود، وجود زنجیره تأمین دفاعی مناسب با تحولات روز است. از سوی دیگر، جهان در طول سال‌ها به سمت آینده دیجیتالی حرکت می‌کند و فناوری‌های صنعت «نسل ٤.٠»[1] به‌عنوان مسیر آینده در نظر گرفته می‌شوند.

صنعت نسل ٤.٠، بر اتوماسیون سیستم و فرایند، دیجیتالی کردن و تبادل داده در صنایع تمرکز دارد. این صنعت به نام‌های «انقلاب چهارم صنعتی»، «تولید هوشمند»، «اینترنت صنعتی» یا «صنعت یکپارچه» نیز شناخته می‌شود (عبدراد و کریشنان[2]، ۲۰۲۱: ۲۰۱–۱۸۷). نوآوری صنعت نسل ٤.٠ توسط دولت آلمان در سال ۲۰۱۱.م به‌عنوان بخشی از استراتژی فناوری پیشرفته خود برای مقابله با چالش‌های جدید و تضمین رقابت آتی صنعت تولید این کشور راه‌اندازی شد (هافمن و روش[3]، ۲۰۱۷: ٣٤–۲۳).

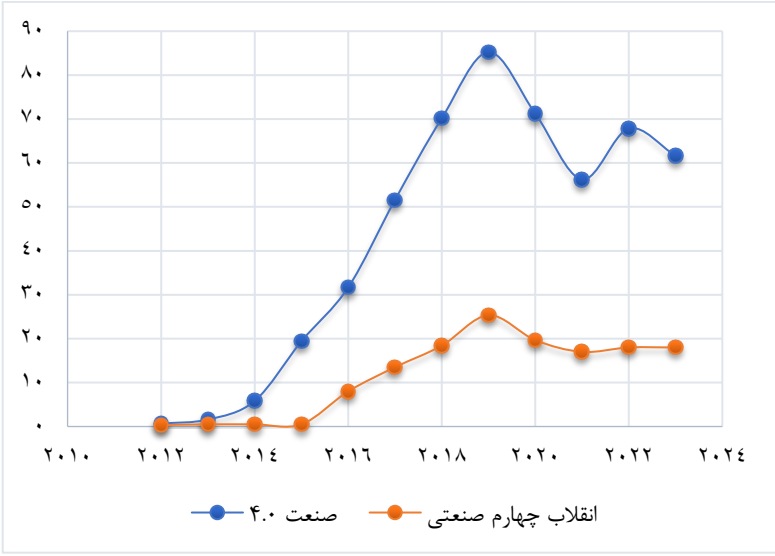
در سال‌های گذشته تولید برق در سراسر جهان افزایش چشمگیری داشته است. سال ۲۰۱۲.م، تولید برق سالانه تقریباً ۲۲۲۰۰ تراوات ساعت برآورد شد؛ اما سال ۲۰۲۰.م در ایالات متحده، حدود ٤٠١٠ میلیارد کیلووات ساعت (یعنی ٤.٠١ تریلیون کیلووات ساعت) برق در مراکز تولید برق در مقیاس شهری تولید شد. این افزایش مصرف انرژی موجب گرمایش زمین و افزایش گاز دی‌اکسید کربن خواهد شد (میشرا و همکاران[4]، ۲۰۲۲: ٦٠٣– ٦٣٥).

بر اساس ترازنامه انرژی وزارت نیرو و آمار و نمودارهای انرژی در ج.ا.ایران نیز شاهد افزایش چشمگیر مصرف انرژی هستیم. بیشترین مصرف انرژی در ایران به بخش‌های

1. Industry 4.0
2. Abdirad & Krishnan
3. Hofmann & Rüsch
4. Mishra & et.al.

خانگی و تجاری، صنعت و حمل‌ونقل اختصاص دارد. همچنین از میان منابع انرژی، نفت خام و فرآورده‌های نفتی بیشترین استفاده جهت مصارف انرژی را دارند (ترازنامه انرژی، ١٣٩٩).

از آمار و ارقام مربوط به مصرف انرژی در ایران و جهان به این نتیجه می‌رسیم که جهت کنترل مصرف انرژی بایستی از دستگاه‌ها و فرایندهایی با بهره‌وری بالاتر در زمینه انرژی بهره گرفت. ازاین‌رو، هدف پژوهش حاضر «ارائه راهکارهایی جهت مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی به کمک فناوری‌های صنعت نسل ٤.٠» است. بر اساس مطالعات انجام‌شده صنعت نسل ٤.٠ نقش مهمی در مدیریت زنجیره تأمین دارد؛ با به‌کارگیری این صنعت، تعامل انسانی به حداقل می‌رسد و بهره‌وری در شرکت‌ها افزایش می‌یابد (فتورچیان و کاظمی،[1] ٢٠٢١: ٨١–٦٣ ؛ عبدراد و کریشنان، ٢٠٢١: ١٨٧–٢٠١). نتایج بررسی داده‌های گوگل ترندز[2] (شکل ١) که با دو کلیدواژه صنعت ٤.٠ و انقلاب چهارم صنعتی انجام شده، حاکی از افزایش توجه کاربران به سمت صنعت نسل ٤.٠ است.



شکل شماره ١. میزان جستجوی افراد در مورد صنعت ٤.٠ و انقلاب چهارم صنعتی

1. Fatorachian & Kazemi
2. Google Trends

۲. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی تحقیق

۲-۱. اهمیت و ضرورت تحقیق

در زمینه اهمیت موضوع پژوهش حاضر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ❖ کمک به مدیریت مصرف انرژی در زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ افزایش بهره‌وری منابع انسانی و کاهش هزینه‌ها؛
- ❖ کمک به تسریع و یکپارچگی فرایندهای زنجیره تأمین؛
- ❖ تولید و توزیع یکپارچه تجهیزات نظامی در زنجیره تأمین دفاعی.

در صورت عدم پژوهش پیرامون این موضوع با مشکلات زیر روبه‌رو خواهیم بود:

- ❖ عدم بهره‌وری مناسب از منابع انرژی و هدررفت زیاد آن‌ها؛
- ❖ عدم هوشمندسازی فرایندهای زنجیره تأمین دفاعی در بحث انرژی؛
- ❖ اتلاف وقت و هزینه زیاد در انجام فرایندهای زنجیره تأمین.

۲-۲. پرسش‌های اصلی و فرعی تحقیق

با توجه به توضیحات ارائه‌شده، نگارندگان مترصد پاسخگویی به سؤال اصلی زیر هستند:

- ❖ «راهکارهای مدیریت بهره‌وری انرژی به کمک قابلیت‌های انقلاب صنعتی ٤.٠ متناسب با زنجیره تأمین دفاعی کدام است؟»

سؤال‌های فرعی تحقیق نیز عبارت‌اند از:

- ❖ حوزه‌های انرژی در فرایندها و جریان‌های زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟
- ❖ ابعاد و مؤلفه‌های بهره‌وری در زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟
- ❖ فناوری‌های اصلی صنعت نسل ٤.٠ متناسب با بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟
- ❖ پیاده‌سازی فناوری‌های نسل ٤.٠ در زنجیره تأمین دفاعی با چه موانع و چالش‌هایی روبه‌رو است؟
- ❖ پیامدهای ارتقا بهره‌وری در زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟

٣-٢. پیشینه‌شناسی تحقیق

در این بخش تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده مرتبط با موضوع موردنظر به‌صورت خلاصه در جدول (١) ارائه شده است.

جدول شماره ١. پیشینه پژوهش

عنوان	نویسندگان	نوع تحقیق	اهداف و نتایج
صنعت نسل ٤.٠ و عملکرد زنجیره تأمین: مروری بر ادبیات سیستماتیک از مزایا، چالش‌ها و عوامل حیاتی موفقیت ١١فن‌آوری‌های اصلی	راد و همکاران[1] (٢٠٢٢)	مقاله	به بررسی مزایا، چالش‌ها و عوامل موفقیت حیاتی عملکرد زنجیره تأمین پرداخته و یک چارچوب برای عملکرد زنجیره تأمین ارائه دادند.
تأثیر صنعت ٤.٠ بر عملکرد زنجیره تأمین	فاتورچیان و کاظمی (٢٠٢١)	مقاله	به‌کارگیری فناوری‌های توانمندساز صنعت نسل چهار موجب یکپارچگی گسترده، تبادل اطلاعات و شفافیت در زنجیره تأمین می‌گردد.
برنامه‌ریزی، نظارت و کنترل به‌موقع مبتنی بر دوقلو دیجیتال در زنجیره‌های تأمین مواد غذایی	ماهشواری و همکاران[2] (٢٠٢٣)	مقاله	دوقلو دیجیتال با بهبود زمان ساخت، افزونگی داده‌ها[3]، برنامه زمان‌بندی بهینه، اثربخشی عملیات کلی، اثربخشی کلی تجهیزات و استفاده از ظرفیت، بهره‌وری زنجیره تأمین را تسریع می‌بخشد.
محرک‌های پذیرش اینترنت اشیاء (IoT) در زنجیره تأمین: پیامدهای پایداری در دوران پس از همه‌گیری	لی و همکاران[4] (٢٠٢٣)	مقاله	سه عامل محرک پذیرش اینترنت اشیاء عبارت‌اند از: «سیستم‌های لجستیک کارآمد»، «دانش کسب‌وکار» و «تضمین ایمنی اطلاعات».

1. Rad & et.al.
2. Maheshwari & et.al.
3. Data Redundancy (DR).
4. Li & et.al.

الگوی پایدار مدیریت اتلاف و بهره‌وری انرژی در خانه‌های هوشمند با استفاده از اینترنت اشیاء	احسانی‌فر و همکاران (۲۰۲۳)	مقاله	اینترنت اشیاء راه‌حلی کم‌هزینه با قدرت بهینه‌سازی انرژی در کاهش اتلافات شهری ارائه می‌دهد.
نقش صنعت نسل ٤.٠ در مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک	عبدراد و کریشنان (۲۰۲۱)	مقاله	با به‌کارگیری صنعت ٤.٠ در زنجیره تأمین تعامل انسانی کمتر و بهره‌وری شرکت‌ها بیشتر می‌شود.
تجزیه‌وتحلیل انتقادی از ادغام بلاک‌چین و هوش مصنوعی برای زنجیره تأمین	چالرز و همکاران[1] (۲۰۲۳)	مقاله	زنجیره تأمین از طریق افزایش انعطاف‌پذیری اطلاعات و فرایند، امکان تحویل سریع‌تر و مقرون‌به‌صرفه‌تر محصولات، و افزایش قابلیت ردیابی محصولات و سایر موارد از بلاک‌چین و هوش مصنوعی سود می‌برد.
دوقلوهای دیجیتال برای سیستم‌های لجستیک و زنجیره تأمین: بررسی ادبیات، چارچوب مفهومی، پتانسیل تحقیقاتی و چالش‌های عملی	لی و فان[2] (۲۰۲٤)	مقاله	دوقلوهای دیجیتال می‌توانند به مدیران و ذی‌نفعان سیستم‌های لجستیک و زنجیره تأمین در نظارت، تجزیه‌وتحلیل، بهینه‌سازی و کنترل بلادرنگ سیستم‌های خود در یک محیط شبیه‌سازی‌شده، کمک کنند.
گردش کار جهانی هوش مصنوعی جهت صرفه‌جویی در انرژی	لی و همکاران (۲۰۲۲)	مقاله	هوش مصنوعی در حوزه ساختمان، تهویه مطبوع، سرمایش و گرمایش، سیستم‌های روشنایی، ارتباطات و انتقال اطلاعات و تقاضای انرژی می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد.
بررسی کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین نفت و گاز	روحانی و محمدآبادی (۱٤۰۱)	مقاله	هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های عملیاتی،

1. Charles & et.al.
2. Le & Fan

			افزایش ایمنی و کاهش ریسک‌ها، افزایش بازدهی و تولید، افزایش کیفیت و دقت، افزایش توانایی پیش‌بینی و تصمیم‌گیری و افزایش ارزش‌افزوده و رضایت متقاضی کمک کند.
شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های پیشران در مدیریت زنجیره تأمین سبز مبتنی بر اینترنت اشیاء	کریمی و همکاران (١٤٠٢)	مقاله	اینترنت اشیاء با جمع‌آوری و ارسال داده‌های لحظه‌ای از وضعیت اشیاء در زنجیره تأمین، می‌تواند به کنترل و ردیابی دقیق‌تر، پیش‌بینی بهتر تقاضا، کاهش هدررفت و اتلاف، و افزایش کیفیت و ایمنی محصولات کمک کند.

اگرچه تحقیقات مختلفی در رابطه با تأثیر فناوری‌های صنعت ٤.٠ بر زنجیره تأمین و حوزه انرژی انجام شده؛ اما پژوهشی جامع در زمینه تأثیر فناوری‌های اصلی صنعت ٤.٠ بر بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی وجود ندارد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، ارائه راهکارهای مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر این فناوری‌ها است.

٤-٢. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی مفهومی

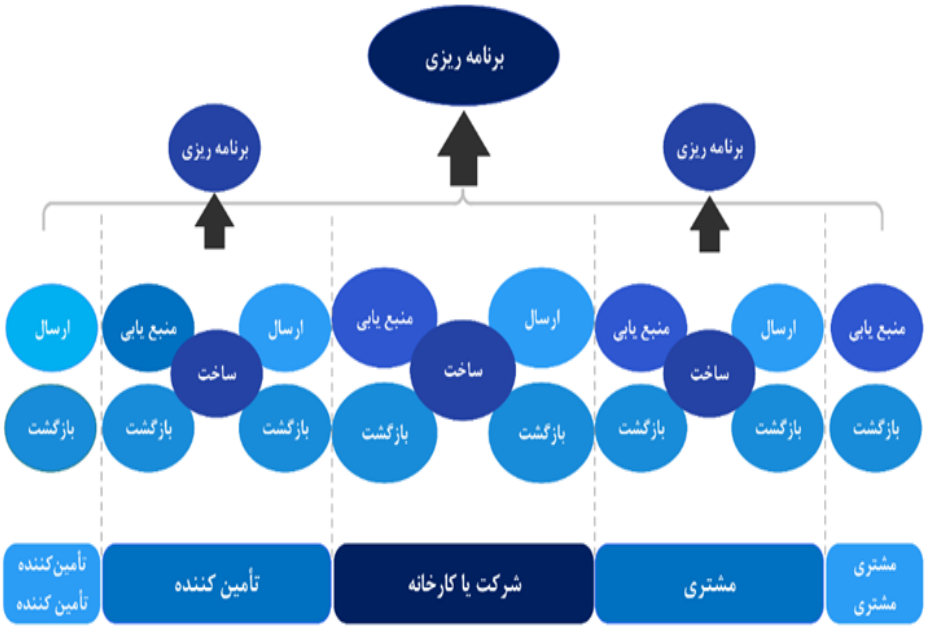
١-٤-٢. زنجیره تأمین دفاعی

زنجیره تأمین دفاعی شامل سازمان‌ها، فرایندها، سیستم‌های نظامی و بخش خصوصی است که به‌طور فردی یا جمعی در برنامه‌ریزی جهت تهیه، نگهداری و یا تحویل منابع مادی برای عملیات ارتش یا سایر عملیات حمایت‌شده از سوی نیروهای دفاعی کشور نقش بازی می‌کنند (کریمی‌زارچی و همکاران، ١٣٩٩: ٦٧-٩١). زنجیره تأمین تجاری و نظامی از لحاظ تأمین‌کنندگان، تدارک و خرید، تولید، مدیریت سفارشات، حمل‌ونقل، امکان برگشت امکانات و اجزاء، انبارداری و مشتریان (سربازان و نیروهای نظامی) مشابه هستند. اگرچه

هر دو زنجیره تأمین فرایندها ساختار مشابهی دارند؛ اما در برخی موارد اهداف آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. زنجیره‌های تأمین نظامی پویا هستند و در یک محیط نامشخص و مستعد بلایای انسانی یا طبیعی مانند حملات و خرابکاری دشمن، زلزله، سونامی، سیل و... عمل می‌کنند (آجیرلو و همکاران، ١٤٠٠: ٧٣-٩٨). اکثر این خطرات و بلایا به‌سرعت و بدون هشدار قبلی اتفاق می‌افتند. در مقایسه با زنجیره تأمین تجاری، زنجیره تأمین نظامی در محیط خطرناک‌تر و عدم اطمینان بالاتری قرار دارد؛ به‌ویژه در عملیات نظامی، خطوط زنجیره تأمین در اکثر اوقات توسط حملات دشمن تخریب می‌شوند، درخواست برای مواد به شدت در حال تغییر است و ارتباط میان اعضای زنجیره در برخی موارد توسط دشمن مختل می‌شود (استخریان حقیقی و همکاران، ١٣٩٤: ٧).

جهت شناخت فرایندهای زنجیره تأمین، از مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (اسکور)[1] استفاده می‌شود. «مدل اسکور» سال ١٩٩٦.م توسط انجمن زنجیره تأمین ارائه شده است. این مدل یک ابزار تشخیصی جهت مدیریت زنجیره تأمین است که کاربران را قادر می‌سازد تا فرایندهای دخیل در یک سازمان تجاری را درک کنند. بر اساس تحقیقات اولیه در این زمینه، نسخه ابتدایی این مدل شامل چهار مرحله اصلی است: برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، ساخت و ارسال (هوان و همکاران[2]، ٢٠٠٤: ٢٩-٢٣). در طول زمان این مدل کامل‌تر شده است؛ بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط محقق طبق شکل (٢) ارائه می‌گردد.

1. Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model
2. Huan & et.al.



شکل شماره ٢. مدل اسکور در زنجیره تأمین

٢-٤-٢. بهره‌وری

در منابع مختلف تعاریف متفاوتی از بهره‌وری ارائه شده است؛ اما بهره‌وری به‌طور کلی به‌عنوان نسبت خروجی قابل اندازه‌گیری در برابر ورودی منابع مصرف‌شده، تعریف می‌شود. هر عملی که موجب افزایش این نسبت شود، بهره‌وری را افزایش می‌دهد (حسن و لو[1]، ٢٠٢٤: ١٨).

بنا بر گزارش سازمان ملی بهره‌وری ج.ا.ایران یکی از موضوعات مهم در برنامه هفتم توسعه، تحقق رشد اقتصادی با تأکید بر افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید شامل فناوری، سرمایه انسانی، سرمایه و مدیریت است (سازمان ملی بهره‌وری ایران، ١٤٠٢). با وجود این‌که بهره‌وری ابعاد مختلفی دارد، در این پژوهش نیز بهره‌وری منابع انسانی، تأمین مالی و سرمایه‌ای، تعمیر و نگهداری تجهیزات، تولید و توزیع مورد توجه واقع شده است.

1. Hasan & Lu

در ارتباط با بهره‌وری انرژی می‌توان گفت فرصت‌های زیادی برای بهبود کارایی انرژی صنعتی وجود دارد. بهبود بهره‌وری انرژی به یک شرکت اجازه می‌دهد تا با استفاده از انرژی کمتر، خدمات مشابهی (به‌عنوان مثال: ساخت محصول، تبدیل انرژی از یک شکل به شکل دیگر و...) ارائه دهد. علاوه‌بر این، بهره‌وری انرژی این پتانسیل را دارد که عملکرد کلی یک شرکت را بهبود بخشد و با افزایش آگاهی زیست‌محیطی مشتریان، صرفه‌جویی در هزینه و درآمد اضافی ایجاد کند (مارکی و زنونی[1]، ۲۰۱۷: ۲۹).

۳-٤-۲. صنعت نسل ٤.٠

شناخت فناوری‌های پیشرفته و به‌کارگیری آن‌ها از عوامل ارتقای توان نظامی ج.ا.ایران است؛ این اقدامات با اهداف سند استراتژیک ١٤٠٤ کشور هماهنگ می‌باشند (سعادتی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۷۵-۲۹٤). تمرکز اصلی صنعت نسل٤.٠ داشتن یک شبکه تولید هوشمند مبتنی بر دیجیتالی شدن و خودکارسازی است که در آن ماشین‌ها و محصولات بدون دخالت انسان با یکدیگر تعامل دارند (عبدراد و کریشنان، ۲۰۲۱: ۱۸۷-۲۰۱).

ورود فناوری‌های صنعت ٤.٠ به زنجیره تأمین با موانع و چالش‌هایی نیز مواجه خواهد بود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به امنیت سایبری اشاره کرد (پارسا و همکاران، ١٤٠٢: ١١-٤٠). تعداد زیادی فناوری صنعت نسل ٤.٠ وجود دارد. فناوری‌های مورد بررسی در این پژوهش (نگریسته شود به شکل ٤) عبارت‌اند از:

(۱) اینترنت اشیاء،

(۲) فناوری بلاک‌چین،

(۳) فناوری کلان داده،

(٤) سایبر فیزیک،

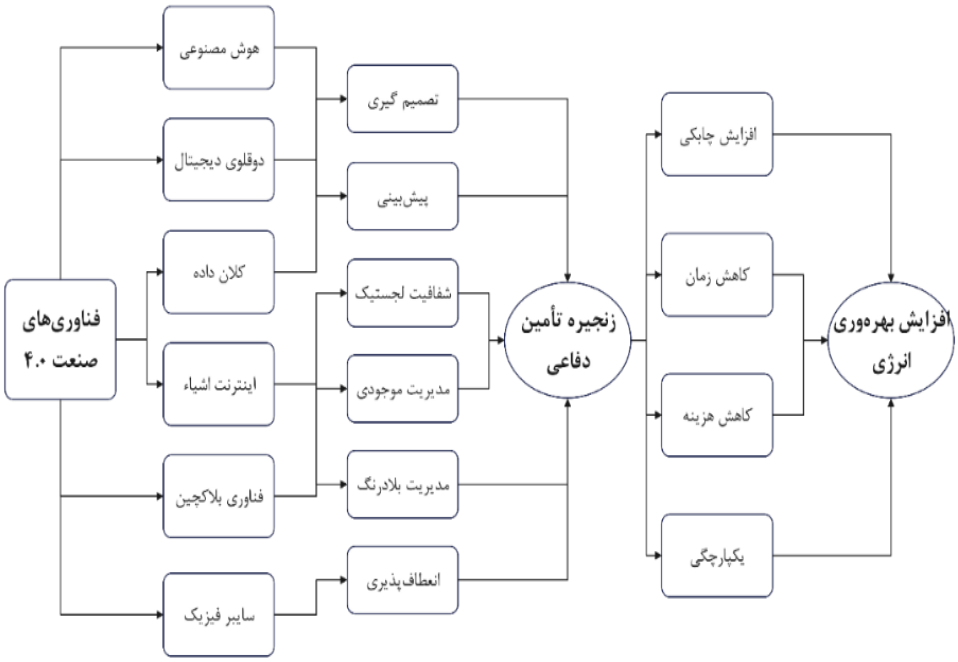
(٥) دوقلوی دیجیتال

(٦) و سایر فناوری‌ها (راد و همکاران، ۲۰۲۲: ۲٦۸-۲۹۳).

1. Marchi & Zanoni

شکل شماره ٣. فناوری‌های صنعت نسل ٤.٠ مورد بررسی در پژوهش حاضر

٥-٢. مدل مفهومی تحقیق



شکل شماره ٤. مدل مفهومی پژوهش حاضر

مدل مفهومی حاصل از مطالعات نظری مطابق شکل (٤) قابل ارائه است. در این مدل، متغیرهای مستقل و وابسته و تأثیر متغیرهای مستقل (فناوری‌های صنعت٤.٠) بر متغیر وابسته (بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین دفاعی) نشان داده شده است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی و از لحاظ شیوه گردآوری اطلاعات و رویکرد پژوهش به ترتیب توصیفی و کیفی است. داده‌های موردنیاز به‌صورت کتابخانه‌ای (فراترکیب) و میدانی (مصاحبه) جمع‌آوری شده است.

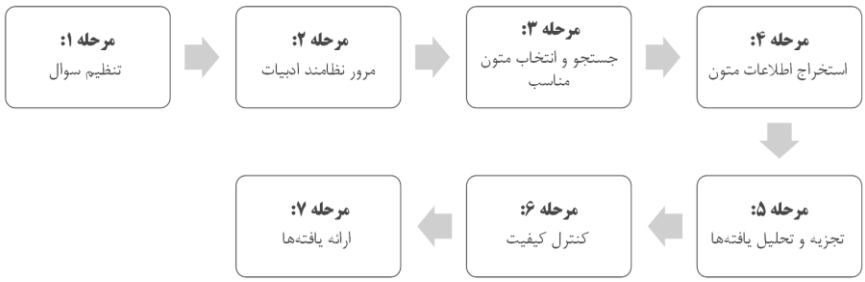
جامعه آماری جهت انجام مصاحبه ۱۰ نفر از افراد متخصص در زمینه زنجیره تأمین دفاعی و انرژی، و ۷۲ مقاله جهت بررسی پیشینه و انجام روش فراترکیب است.

٤. یافته‌های تحقیق و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

به منظور انجام پژوهش، ابتدا مرور اولیه ادبیات تحقیق انجام شد و بر اساس آن سؤالاتی جهت مصاحبه با افراد متخصص تنظیم گردید. بعد از انجام مصاحبه چارچوب کلی ابعاد و مؤلفه‌های اصلی جهت پاسخ به سؤال‌های تحقیق مشخص شد. سپس با انجام روش فراترکیب و استخراج شاخص‌ها (گیگلو و ناظمی اردکانی، ۱٤۰۱: ۳۳-٦۰)، هرکدام از این شاخص‌ها در دسته‌بندی‌های تعیین‌شده قرار گرفتند.

شکل (۵) مراحل انجام روش فراترکیب را بر اساس مدل ۷ مرحله‌ای «ساندلوفسکی و باروسو» (سندلوفسکی و باروسو[1]، ۲۰۰٦: ۳۱۲) نشان می‌دهد که به تشریح آن می‌پردازیم.

1. Sandelowski and Barroso



شکل شماره ۵. مراحل انجام روش فراترکیب

۱-٤. مرحله اول) تنظیم سؤال

اولین گام از روش فراترکیب، تنظیم سؤالات تحقیق است. در روش فراترکیب باید به چهار سؤال اصلی پاسخ داد:

(۱) چه چیزی؟

(۲) چه کسی؟

(۳) چه زمانی؟

(٤) چگونه؟

مورد اول به سؤال اصلی تحقیق اشاره دارد. مورد دوم به پایگاه داده‌ها و منابع اطلاعاتی اطلاق می‌شود. مورد سوم، بازه زمانی پژوهش و مورد چهارم نحوه انجام پژوهش را بیان می‌کند. چهار سؤال مذکور در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

جدول شماره ۲. سؤال‌های تحقیق

سؤال‌های اصلی	پارامترها
راهکارهای مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای انقلاب صنعتی ٤.٠ کدام‌اند؟	چه چیزی؟
مقالات معتبر خارجی در پایگاه داده‌های (Science Direct) و (Springer) مقالات معتبر داخلی از بانک اطلاعاتی مگیران (Magiran)	چه کسی؟
بین سال‌های (٢٠٢٤-٢٠٢٠) یا (١٤٠٢-١٣٩٩)	چه زمانی؟
استفاده از الگوی ساندلوفسکی و باروسو	چگونه؟

۲-٤. گام دوم) مرور نظام‌مند اطلاعات

در این گام ابتدا کلمات کلیدی مرتبط با موضوع پژوهش مشخص می‌شوند. کلمات کلیدی مرتبط با موضوع پژوهش در جدول (۳) اشاره شده است. لازم به ذکر است که کلمات کلیدی انتخاب‌شده بر اساس موضوع و مصاحبه‌ی انجام‌شده با افراد متخصص در این زمینه انتخاب شده‌اند تا به درستی موضوع موردنظر را پوشش دهند.

جدول شماره ۳. واژه‌های کلیدی

معادل فارسی کلمات کلیدی	معادل انگلیسی کلمات کلیدی
زنجیره تأمین دفاعی	Defense Supply Chain
بهره‌وری انرژی	Energy Productivity
صنعت ٤.٠ (انقلاب چهارم صنعتی)	Industry 4.0 (Fourth Industrial Revolution)
هوش مصنوعی	Artificial Intelligence
اینترنت اشیاء	Internet of Things
منابع انسانی	Human Resources

۳-٤. گام سوم) جستجو و انتخاب متون مناسب

در این مرحله به بررسی میزان تناسب منابع یافت‌شده با موضوع پژوهش حاضر پرداخته می‌شود. بدین منظور، مقالات یافت‌شده پس از بازبینی، درج یا حذف می‌شوند. در اینجا پارامترهایی مانند عنوان، چکیده، روش تحقیق و محتوای مقالات مورد بررسی قرار می‌گیرند. جهت انجام این کار ابتدا باید معیارهایی جهت درج و حذف مقالات تعریف شوند.

معیارهای «ورود» و «خروج» به‌صورت زیر تعریف می‌شوند؛

الف. معیارهای ورود:

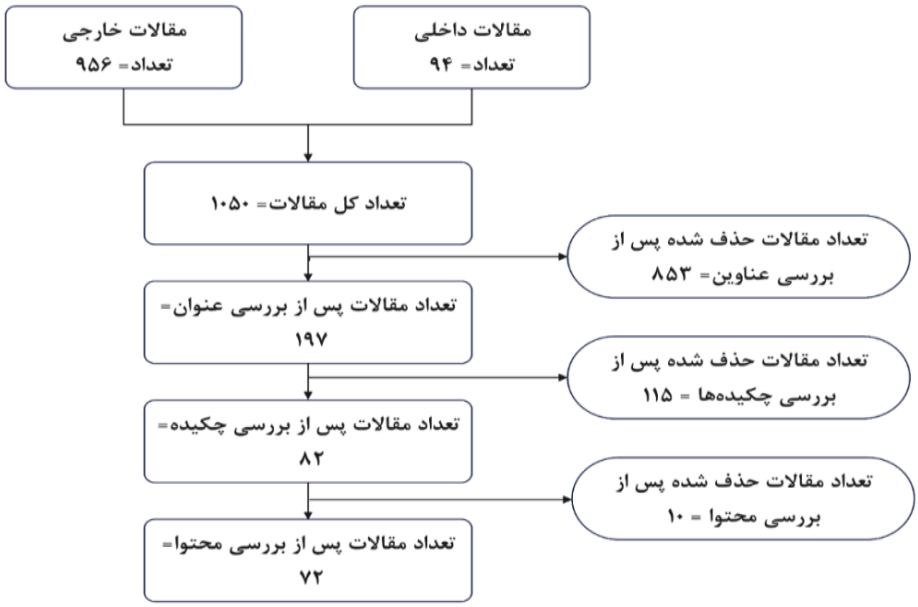
۱. منابع باید داده‌ها و اطلاعات کافی در ارتباط با موضوع پژوهش گزارش داده باشند.
۲. تحقیقاتی که فرایند داوری تخصصی را طی کرده و به‌صورت مقاله کامل به‌طور برخط یا چاپ شده باشند.

ب. معیارهای خروج:

١. پژوهش‌هایی که گزارش و اطلاعات کافی در زمینه تحقیق مورد نظر ارائه ندادند.

٢. پژوهش‌هایی که در مجلات سطح پایین چاپ شده و فاقد کیفیت لازم علمی بودند.

شکل (٦)، چارت روند نمای مربوط به انتخاب مقالات را نشان می‌دهد.



شکل شماره ٦. فرایند انتخاب مقالات

٤-٤. گام چهارم) استخراج اطلاعات متون

در این مرحله از پژوهش، مقالات نهایی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند و مشخصات هر مقاله اعم از نام نویسندگان، عنوان، سال انتشار و یافته‌های اصلی پژوهش در جدولی به‌صورت خلاصه گردآوری شدند.

٤-٥. گام پنجم) تجزیه‌وتحلیل و ترکیب یافته‌ها

در مرحله پنجم، یافته‌های مقالات مورد بررسی قرار گرفته و شاخص‌های به‌دست‌آمده چندین‌بار مرور شدند. سپس شاخص‌ها، دسته‌بندی‌هایی می‌شوند. در این پژوهش دسته‌بندی شاخص‌ها بر اساس سؤالات پژوهش و مصاحبه انجام‌شده با صاحب‌نظران،

شکل گرفته است. جدول (٤) شاخص‌ها، ابعاد و مؤلفه‌های اصلی را به‌صورت دسته‌بندی شده، نشان می‌دهد.

جدول شماره ٤. دسته‌بندی شاخص‌ها بر اساس مؤلفه‌ها و ابعاد اصلی

ابعاد	مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	منابع
حوزه‌های انرژی در زنجیره تأمین	حمل‌ونقل	▪ بهینه‌سازی حمل‌ونقل ▪ بهینه‌سازی برنامه‌های تحویل ▪ ردیابی بلادرنگ خودروها ▪ یافتن کوتاه‌ترین مسیر ▪ تخمین زمان سفر ▪ مدیریت مؤثر عملیات راه‌آهن	(سینگ، المی، مریگا و همکاران[1]، ۲۰۲۲: ۳٤؛ سالام و همکاران[2]، ۲۰۲۳: ۳۲؛ گوئی. اس و جیئن گو[3]؛ ۲۰۲۰: ۳۳-۳۸).
	تهویه مطبوع ساختمان	▪ پیش‌بینی تقاضای انرژی در ساختمان ▪ کنترل دما ▪ ساختار ساختمان ▪ سیستم‌های خنک‌کننده	(شچپانیوک[4]، ۲۰۲۲: ۲٤)
	سیستم‌های روشنایی	▪ سیستم‌های روشنایی هوشمند	(سوری و همکاران[5]، ۲۰۲۳: ۲۰٤-۱۹۲)
	دستگاه‌های ساخت محصول	▪ ارتقا استاندارد مصرف در تجهیزات و فرایندها ▪ ساخت قطعه ▪ اثربخشی کلی تجهیزات ▪ تجهیزات فناوری اطلاعات	(سوری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰٤-۱۹۲؛ سوهانکار و همکاران[6]، ۲۰۲۳: ۱۵؛ ماهشواری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰؛ شائو و همکاران[7]، ۲۰۲۲: ۱۸)
ابعاد بهره‌وری	منابع انسانی	▪ مهارت‌های دیجیتال ▪ جذب و استخدام سبز	(قراچورلو و نهر، ۱٤۰۱: ۳٤۲-۳۱۷؛ رجب‌پور و اردکانی،

1. Singh & et.al.
2. Sallam & et.al.
3. Gui-e & Jian-Guo
4. Szczepaniuk
5. Soori & et.al.
6. Souhankar & et.al
7. Shao & et.al.

		▪ آموزش سبز ▪ انگیزه، تعهد و روحیه کار تیمی ▪ مهارت و تفکر سیستمی ▪ تصمیم‌گیری غیرمتمرکز ▪ تقویت روحیه مشارکت‌پذیری	١٣٩٩: ٢٤١–٢١٧؛ متس و همکاران[1]، ٢٠٢٣: ٨؛ پال[2]، ٢٠٢٣: ٤٨٥–٤٧٨)
	تأمین مالی و سرمایه	▪ بازنگری در سیاست‌های انرژی ▪ سرمایه دیجیتال ▪ شبکه کسب‌وکاری منظم ▪ روابط نزدیک با تأمین‌کنندگان ▪ انعطاف‌پذیری مالی	(باگوان و ایوانز[3]، ٢٠٢٣: ٢١؛ گوپتا و همکاران[4]، ٢٠٢٣: ١٨)
	نگهداری و تعمیر تجهیزات نظامی	▪ سیستم‌های انرژی هوشمند ▪ تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شده ▪ ارتقا سطح کیفیت تجهیزات ▪ نظارت و نگهداری بهبودیافته	(سینگ، المی، مریگا و همکاران، ٢٠٢٢: ٣٤؛ باگوان و ایوانز، ٢٠٢٣: ٢١)
	تولید و توزیع	▪ تولید پایدار ▪ انعطاف‌پذیری تولید ▪ انتقال و توزیع برق	(شچپانیوک، ٢٠٢٢: ٢٤؛ سوهانکار و همکاران، ٢٠٢٣: ١٥)
عوامل مداخله‌گر	عوامل فناوری	▪ مدیریت امنیت شبکه ▪ استانداردسازی ▪ قابلیت اطمینان ▪ قابلیت همکاری ▪ اکتساب داده ▪ کیفیت داده‌ها ▪ میان‌افزار امن ▪ بلوغ فناوری	(فلاح و نوذری، ١٤٠٠: ٥١٠–٥٢١؛ سالام و همکاران، ٢٠٢٣: ٣٢؛ شچپانیوک، ٢٠٢٢: ٢٤؛ باگوان و ایوانز، ٢٠٢٣: ٢١؛ اوزکوزه و گونی[5]، ٢٠٢٣: ٢٢؛ آلنیزی و همکاران[6]، ٢٠٢٣: ١٩؛ جاوید[7]، ٢٠٢٣: ١٧؛ لی و فن، ٢٠٢٣: ٤٥؛ کومار و همکاران[8]،

1. Matthess & et.al.
2. Pal
3. Bhagwan & Evans
4. Gupta & et.al.
5. Özköse & Güney
6. Alenizi & et.al.
7. Javaid & et.al.
8. Kumar & et.al.

		▪ قابلیت ردیابی ▪ دقت مدل و مقیاس‌پذیری ▪ در حال تکامل ▪ رابط‌های وب ناامن ▪ احراز هویت ناکافی ▪ رابط‌های ابری ناامن ▪ رابط انسان و ماشین ▪ خدمات شبکه ناامن ▪ حملات انکار سرویس توزیع‌شده ▪ سرقت مدل‌های هوش مصنوعی ▪ ساختار ناهمگن و متغیر داده‌های تولید شده ▪ سرقت اطلاعات محرمانه ▪ تخریب اطلاعات ▪ تغییر اطلاعات ▪ داده‌های واقعی و باکیفیت	۲۰۲۳: ۲۵؛ تان و سیدو[1]، ۲۰۲۲: ۱۷؛ زو و همکاران[2]، ۲۰۲۳: ۲۰؛ اومولار و همکاران[3]، ۲۰۲۲: ۱۵؛ مرابت و همکاران[4]، ۲۰۲۱: ۱۸)
	عوامل انسانی	▪ امنیت ▪ حریم خصوصی ▪ کارایی و سازگاری ▪ اخلاقیات و توضیح‌پذیری ▪ احراز هویت ▪ کنترل دسترسی ▪ اعتماد ▪ اخلاقیات ▪ رازداری ▪ چهارچوب‌های قانونی و فنی	(فلاح و نوذری، ۱۴۰۰: ۵۱۲-۵۲۱؛ موحدی صفت و همکاران؛ ۱۴۰۲: ۶۹-۹۴؛ شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲۴؛ اوزکوزه و گونی، ۲۰۲۳: ۲۲؛ آلنیزی و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۹؛ جاوید و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۷؛ مورگود و همکاران[5]، ۲۰۲۳: ۲۳؛ عطاران و همکاران[6]، ۲۰۲۴: ۱۳؛ کارلو و همکاران[7]، ۲۰۲۳: ۴۸۲-۴۷۴؛

1.Tan & Sidhu
2. Zhu & et.al.
3.Omolara & et.al.
4. Merabet & et.al.
5. Murgod & et.al.
6. Attaran & et.al.
7. Carlo & et.al.

		▪ امنیت سایبری ▪ پذیرش اجتماعی ▪ نیروی کار ماهر ▪ مدیریت دانش ▪ نادیده گرفتن عوامل انسانی در عملکرد صنعت ٤.٠ ▪ توانایی و محدودیت انسانی ▪ درک مزایای صنعت ٤.٠ ▪ خطرات بالقوه سوگیری ▪ تبعیض ▪ نقض حریم خصوصی در تعامل با تأمین‌کنندگان و مشتریان ▪ کاهش اعتماد تأمین‌کنندگان ▪ ایمنی مأموریت ▪ طراحی انسان‌محور	صادقی نیارکی[1]، ٢٠٢٣: ٣٦١-٣٧٧؛ نیرمال و همکاران[2]، ٢٠٢٣: ٦٩؛ یانگ و همکاران[3]، ٢٠٢٣: ٦٩؛ ناگ و همکاران[4]، ٢٠٢٢: ٢٥؛ آگیلار و همکاران[5]، ٢٠٢١: ١٦؛ نویمان و همکاران[6]، ٢٠٢١: ١٦؛ اسگاربوسا و همکاران[7]، ٢٠٢٠: ٣٠٥-٢٩٥؛ جیمز و همکاران[8]، ٢٠٢٢: ١٨؛ معدنچیان و همکاران[9]، ٢٠٢٣: ٣٦٧-٣٧٧)
	عوامل عملیاتی	▪ مقررات ▪ رقابت ▪ تقاضای مشتری ▪ تمرکز بر پایداری ▪ فرهنگ ▪ رهبری و استراتژی ▪ تأکید بر فناوری نوظهور توسط سازمان ▪ عدم یک چهارچوب جهانی	(صادقی نیارکی، ٢٠٢٣: ٣٦١-٣٧٧؛ نیرمال و همکاران، ٢٠٢٣: ٦٩؛ سینگ، المی، لو و همکاران[10]، ٢٠٢٢: ٣٤)

1. Sadeghi-Niaraki
2. Nirmal & et.al.
3.Yang & et.al.
4. Nag & et.al.
5. Aguilar & et.al.
6. Neumann & et.al.
7. Sgarbossa & et.al.
8. James & et.al.
9. Madanchian & et.al.
10. Singh & et.al.

		▪ فقدان استانداردهای نظارتی ▪ اهداف ▪ چشم‌انداز آینده‌نگر	
	عوامل اقتصادی	▪ سرمایه اولیه بالا ▪ حمایت و سیاست‌های دولتی ▪ سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه ▪ هزینه‌های امنیتی	(فلاح و نوذری، ۱۴۰۰: ۵۱۰-۵۲۱؛ متس و همکاران، ۲۰۲۳: ۸؛ نیرمال و همکاران، ۲۰۲۳: ۶۹؛ لیو و همکاران[1]، ۲۰۲۲: ۵۵)
راهکارها و فناوری‌ها	اینترنت اشیاء	▪ سیستم‌های انرژی هوشمند ▪ ثبت تغییرات دما و رطوبت ▪ بهبود دید و شفافیت زنجیره تأمین ▪ افزایش سازگاری با تغییرات تقاضا یا عرضه ▪ تعمیر و نگهداری پیشگیرانه ▪ بینش بلادرنگ از الگوهای مصرف انرژی ▪ شناسایی خطرات احتمالی ▪ چابکی ▪ تاب‌آوری ▪ انعطاف‌پذیری ▪ قابلیت ردیابی ▪ یکپارچه‌سازی منابع، خودکارسازی و ساده‌سازی ▪ مدیریت از راه دور ▪ جمع‌آوری خودکار داده ▪ ایجاد اطلاعات مصرف‌کننده	(کریمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۹۱-۶۷؛ فاتورچیان و کاظمی، ۲۰۲۱: ۸۱-۶۳؛ سینگ، المی، مریگا و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۴؛ سالام و همکاران؛ ۲۰۲۲: ۳۲؛ سوری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰۴-۱۹۲؛ پال، ۲۰۲۳؛ جاوید و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۷؛گرامی و صریحی[2]، ۲۰۲۰: ۳۷-۳۱؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۳؛ حسن و تریانی[3]، ۲۰۲۳: ۱۲؛ جاوید و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۷؛ سانی و همکاران[4]، ۲۰۲۲، ۱۵۳۲-۱۵۲۶؛ علی و همکاران[5]، ۲۰۲۳: ۲۶؛ کومار و همکاران، ۲۰۲۲؛ جاخار و همکاران[6]، ۲۰۲۳: ۵؛ راد و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۶۸-۲۹۳)

1. Liu & et.al.
2. Gerami & Sarihi
3. Hasan & Trianni
4. Sani & et.al.
5. Ali & et.al.
6. Jakhar & et.al.

		▪ مدیریت اطلاعات بهتر ▪ مدیریت موجودی ▪ بهینه‌سازی مسیر ▪ افزایش سرعت و دقت در تصمیم‌گیری	
	هوش مصنوعی	▪ افزایش مزایای گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ▪ بهبود عملکرد تجهیزات ▪ پیش‌بینی مشکلات احتمالی ▪ تخمین زمان سفر ▪ مدیریت اتصالات در جاده‌های شریانی ▪ اثرات ساختاری و کارایی بر مصرف انرژی ▪ انعطاف‌پذیری مالی خودمدیریتی انرژی ▪ اشتراک اطلاعات لجستیک ▪ تجزیه پارامترهای تأثیر مصرف انرژی در حمل‌ونقل ▪ برنامه‌ریزی جاده بهینه حمل‌ونقل ▪ بهبود انرژی در حوزه‌های تهویه مطبوع، سرمایش و گرمایش، سیستم‌های روشنایی، ارتباطات و انتقال اطلاعات و تقاضای انرژی ▪ بهبود تولید، توزیع، ذخیره، مصرف و تجارت انرژی ▪ تکمیل تقاضا	روحانی و محمدآبادی، ١٤٠١: ٧٣-٥٧؛ گوئی. اس و جیئن‌گو، ٢٠٢٠: ٣٨-٣٣؛ گوپتا و همکاران[1]، ٢٠٢٣: ١٨؛ مرابت و همکاران، ٢٠٢١: ٥٢؛ کاسا و همکاران[2]، ٢٠٢٣: ٣٢؛ عطاران و همکاران، ٢٠٢٤: ١٣؛ لیو و همکاران، ٢٠٢٢: ٥٥؛ آگیلار و همکاران، ٢٠٢١: ١٦؛ حسن و تریانی، ٢٠٢٣: ١٢؛ اوشاکوف و همکاران[3]، لی و همکاران، ٢٠٢٣: ١٢؛ گووینداندان و همکاران[4]، ٢٠٢٢: ٤١؛ لی و همکاران[5]، ٢٠٢٢: ١٦٠٢-١٦٣٣؛ لی و همکاران، ١٦؛ چارلز و همکاران، ٢٠٢٣: ٤١)

1.Gupta & et al
2.Kassa & et al
3.Ushakov & et al
4.Govindan & et al
5.Lee & et al

		▪ نظارت ▪ تنوع عرضه ▪ پاسخ به خرابی‌های مکرر	
	دوقلو دیجیتال	▪ ردیابی معیارهای مهم موفقیت ▪ معیارهای پیش‌بینی‌کننده، ▪ تشخیص، ▪ پیش‌بینی‌ها و توصیف دارایی‌های فیزیکی ▪ نظارت و تجزیه‌وتحلیل بلادرنگ داده‌ها ▪ بهینه‌سازی و کنترل بلادرنگ ▪ کاهش خطا و هزینه ▪ بهبود دید ▪ بهبود کیفیت محصول ▪ پیش‌بینی اختلالات زنجیره تأمین ▪ پیش‌بینی تقاضای مصرف‌کننده ▪ بهبود زمان ساخت ▪ زمان‌بندی بهینه	(ماهشواری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰؛ لی و فن، ۲۰۲۳: ٤٥؛ زو و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰؛ شارما و همکاران[1]، ۲۰۲۲: ۱۵؛ سانی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۵۲٦-۱۵۳۲؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳)
	فناوری بلاک‌چین	▪ ردیابی و نظارت جریان اطلاعات ▪ انعطاف‌پذیری مالی ▪ افزایش قابلیت سنجش ▪ امنیت داده‌ها ▪ شفافیت و مدیریت داده‌ها ▪ قرارداد هوشمند ▪ غیرمتمرکز بودن	(موحدی‌صفت و همکاران، ۱٤۰۱: ۱۰٦-۷۵؛ گوپتا و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۸؛ سانی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۵۲٦-۱۵۳۲؛ راد و همکاران، ۲۰۲۲: ۲٦۸-۲۹۳؛ چارلز و همکاران، ۲۰۲۳: ٤۱)
پیامدها و نتایج	بهبود مالی و سرمایه‌ای	▪ کاهش هزینه‌های انبارداری و موجودی ▪ کاهش هزینه سیستم‌های انرژی ▪ افزایش رضایت متقاضی	(گوئی. اس و جیئن‌گو، ۲۰۲۰: ۳۸-۳۳؛ مورگود و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ نیا و همکاران[2]،

1. Sharma & et.al.
2. Nia & et.al.

		▪ ایجاد ارزش ▪ سفارشی‌سازی محصول ▪ انعطاف‌پذیری تولید ▪ کاهش هزینه عملیاتی ▪ کاهش هزینه حمل‌ونقل مواد غذایی ▪ افزایش ارزش‌افزوده ▪ مدیریت کیفیت	٢٠٢١: ٢٢؛ چلیک و همکاران[1]، ٢٠٢٢: ٣٢؛ الوی و شانگ[2]، ٢٠٢٣: ١٠١٢٩- ١٠٦١٤٤)
	کاهش زمان فرایندها و جریان‌ها	▪ بهبود عملکرد تجهیزات و قابلیت اطمینان ▪ جلوگیری از خرابی ماشین‌ها، کاهش زمان خرابی و افزایش طول عمر تجهیزات ▪ اتصال درونی و اتصال سریع‌تر ▪ کارایی و به‌موقع بودن ▪ یکپارچگی داده‌ها ▪ نگهداری پیش‌بینی شده ▪ مدیریت بهتر اطلاعات ▪ مدیریت ارتباط با مشتری ▪ کنترل و ردیابی دقیق‌تر	(کریمی و همکاران، ١٤٠٢: ٩١-٦٧؛ سینگ، المی، مریگا و همکاران، ٢٠٢٢: ٣٤؛ سوری و همکاران، ٢٠٢٣: ١٩٢-٢٠٤؛ پال، ٢٠٢٣: ٤٧٨-٤٨٥؛ تان و سیدو؛ ٢٠٢٢: ١٧؛ هان و همکاران[3]، ٢٠٢١: ١٣؛ یانگ و همکاران، ٢٠٢٣: ١٠؛ الوی و شانگ، ٢٠٢٣: ١٠١٢٩- ١٠٦١٤٤)
	بهبود بهره‌وری منابع انسانی	▪ دید بیشتر، کارایی بالاتر ▪ افزایش روحیه و انگیزه ▪ افزایش کیفیت خدمات ▪ آگاهی تکنولوژیکی ▪ نفوذ رسانه‌های اجتماعی ▪ نوآوری شخصی ▪ تجزیه‌وتحلیل شبکه سازمانی ▪ بهبود رفاه و ایمنی	(روحانی و محمدآبادی، ١٤٠١: ٧٣-٥٧؛ تان و سیدو، ٢٠٢٢: ١٧؛ جیمز و همکاران، ٢٠٢٢؛ چلیک و همکاران، ٢٠٢٢: ٣٢؛ شهزاد و همکاران[4]، ٢٠٢٣: ١٧؛ موروگسان و همکاران[5]، ٢٠٢٣: ٩)

1. Çelik & et.al.
2. Lv & Shang
3. Han & et.al.
4. Shahzad
5. Murugesan & et.al.

		▪ فرایند جذب و حفظ استعداد ▪ مدیریت عملکرد و بازخورد ▪ افزایش ایمنی و کاهش ریسک‌ها ▪ توانایی پیش‌بینی و تصمیم‌گیری	
	تولید و توزیع یکپارچه و سریع	▪ قابلیت اطمینان تحویل ▪ انعطاف‌پذیری و رضایت متقاضی ▪ تولید پایدار و رقابتی ▪ افزایش بازدهی و تولید ▪ مدیریت مؤثر عملیات راه‌آهن ▪ بهینه‌سازی مسیر ▪ بهبود فرایند تولید و توزیع انرژی ▪ امکان تحویل سریع‌تر و مقرون‌به‌صرفه محصولات	(سینگ، المی، مریگا و همکاران، ۲۰۲۲: ۳٤؛ سالام، ۲۰۲۳: ۳۲؛ شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲٤؛ چارلز و همکاران، ۲۰۲۳: ٤۱؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ چلیک و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۲)
	کاهش اثرات زیست محیطی	▪ کاهش ردپای کربن ▪ ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر ▪ اختصاص کارآمد مواد، ▪ محصولات و انرژی ▪ کاهش هدررفت و اتلاف	(کریمی و همکاران، ۱٤۰۲: ۹۱-٦۷؛ باگوان و ایوانز، ۲۰۲۳: ۲۱؛ چلیک و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۲)

۶-۴. گام ششم) کنترل کیفیت

در این مرحله روایی و پایایی پژوهش حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت بررسی روایی روش فراترکیب، ابتدا باید از تطابق مسئله تحقیق حاضر با تحقیقات انتخابی که در آن‌ها از داده‌ها استفاده شده، مطمئن شد. سپس معیارهای استخراج داده و فرایند تحلیل داده مورد بررسی قرار می‌گیرند تا اطمینان حاصل شود که این فرایند به‌درستی انجام شده و نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده ویژگی‌های اساسی پدیده مورد بررسی است.

برای دستیابی به این مقصود معمولاً از روش کدگذاری بین دو محقق استفاده می‌شود. در تحقیق حاضر نیز اگرچه قبل از روش فراترکیب، دسته‌بندی شاخص‌ها انجام شده و این دسته‌بندی توسط مصاحبه‌شونده‌ها و افراد نخبه تأیید شد، جهت اطمینان بیشتر از روش

کاپای کوهن[1] استفاده گردید. طبق این روش نتایج تحقیق حاضر در اختیار دو متخصص دیگر قرار گرفتند تا هرکدام از شاخص‌ها را در دسته‌بندی خاص خود قرار دهند (جدول۵). فرمول به‌دست آوردن شاخص کاپا در رابطه زیر نشان داده شده است:

$$K = \frac{\Pr(a) - \Pr(e)}{1 - \Pr(e)}$$ رابطه (۱)

در این فرمول $\Pr(a)$ نشان‌دهنده توافق مشاهده شده و $\Pr(e)$ توافق‌های شانسی بین دو متخصص را نشان می‌دهد.

میزان توافق دو متخصص دیگر و نتایج حاصل از محاسبه ضریب کاپا به وسیله نرم‌افزار SPSS در جدول (٦) نمایش داده شده است. اگر مقدار مربوط به شاخص کاپا بیشتر از ۰.٦ باشد، پایایی روش از اعتبار کافی برخوردار است. همچنین مقدار عدد معناداری بایستی از ۰.۰۵ کمتر باشد. طبق نتایج حاصل از نرم‌افزار SPSS می‌توان گفت؛ روش انجام‌شده از پایایی کافی برخوردار است.

جدول شماره ۵. نظرات دو متخصص دیگر

		متخصص اول		
		بله	خیر	مجموع
متخصص دوم	بله	A = ١٦	B = ٠	١٦
	خیر	C = ٢	D = ٣	٥
	مجموع	١٨	٣	٢١

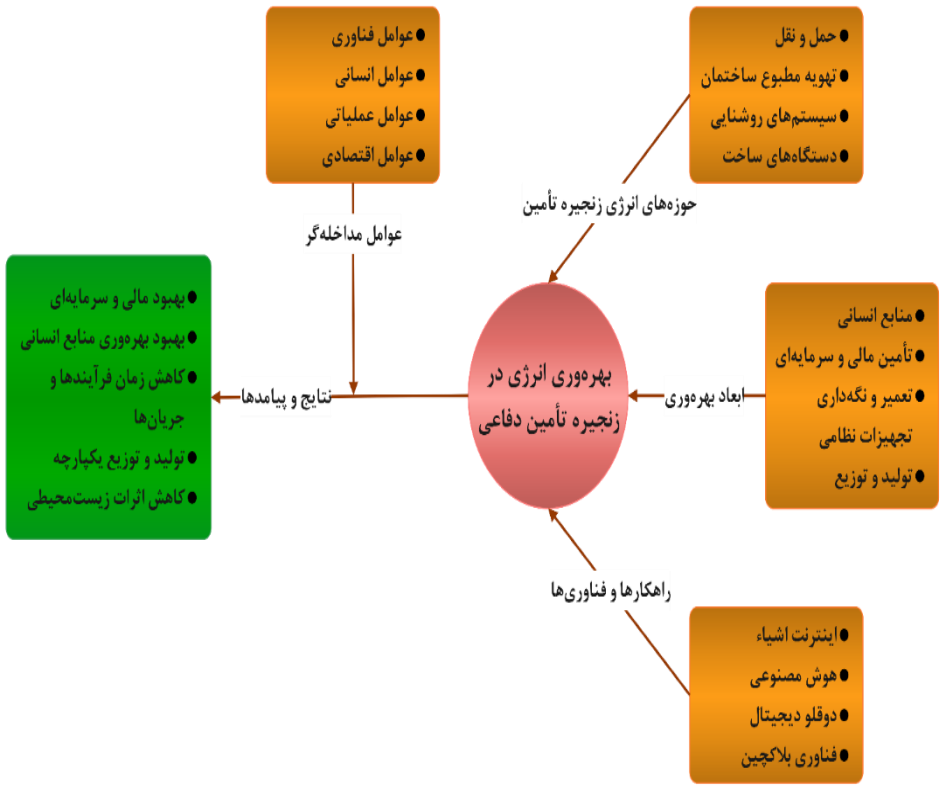
جدول شماره ٦. مقادیر مرتبط با شاخص کاپا

پارامترها	شاخص کاپا	فراوانی	عدد معناداری
مقدار	٠.٦٩٦	٢١	٠.٠٠١

1. Cohen’s Kappa

۷-٤. گام هفتم) ارائه یافته‌ها

در گام آخر باید نتایج و یافته‌های حاصل از انجام روش فراترکیب ارائه شوند. بعد از اینکه شاخص‌های به‌دست‌آمده از منابع موردنظر در ابعاد و مؤلفه‌هایی دسته‌بندی شدند، به‌صورت جدول و نمودار ارائه خواهند شد. ابعاد کلی به‌دست‌آمده عبارت‌اند از: حوزه‌های انرژی در زنجیره تأمین دفاعی، ابعاد بهره‌وری، عوامل مداخله‌گر، راهکارها و نتایج و پیامدها. در پایان هم الگوی به‌دست‌آمده از دسته‌بندی شاخص‌ها ارائه می‌شود که به‌طور خلاصه عوامل مؤثر، راهکارهای مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی و پیامدهای ناشی از آن را نشان می‌دهد. شکل (۷)، مدل نهایی حاصل از فراترکیب را ارائه می‌دهد.



شکل شماره ۷. مدل نهایی پژوهش حاضر

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱. نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر، ارائه راهکارهایی جهت بهبود بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی به کمک دستاوردهای صنعت ٤.٠ بود. جهت انجام این کار ابتدا سؤالات مصاحبه بر اساس پیشینه موضوع طراحی و در اختیار صاحب‌نظران و نخبگان قرار گرفت تا ابعاد و مؤلفه‌های اصلی تحقیق تأیید شوند. پس از انجام این کار به کمک روش فراترکیب هفت مرحله‌ای ساندلوفسکی و باروسو، پاسخ سؤالات پژوهش را جویا شدیم. شاخص‌های به‌دست‌آمده از روش فراترکیب در دسته‌بندی‌های از قبل مشخص‌شده (حاصل از مصاحبه با صاحب‌نظران) قرار گرفته و در جدولی ارائه شدند. در این دسته‌بندی می‌توان پاسخ سؤال‌های تحقیق حاضر را پیدا کرد. این دسته‌بندی شامل ۵ بعد اصلی، ۲۱ مؤلفه و ٢٠٤ شاخص است. نتایج اصلی پژوهش حاضر به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:

۵-۱-۱. حوزه‌های انرژی زنجیره تأمین دفاعی

بعد اول به حوزه‌های مهم انرژی در زنجیره تأمین اشاره دارد که طبق شاخص‌های استخراج‌شده از مقالات در مؤلفه‌های تعیین‌شده قرار گرفتند. با توجه به تعداد شاخص‌ها در هر مؤلفه می‌توان نتیجه گرفت که؛ بخش حمل‌ونقل و دستگاه‌های ساخت محصول دارای بیشترین اهمیت در حوزه انرژی در زنجیره تأمین می‌باشند. این مورد در مصاحبه‌های انجام‌شده نیز تأییدشده و دو مؤلفه نامبرده بیشترین جواب را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین پاسخ اولین سؤال پژوهش که هدف اصلی آن یافتن حوزه‌های مهم انرژی در زنجیره تأمین دفاعی است، عبارت‌اند از: «بخش حمل‌ونقل و دستگاه‌های ساخت محصول از اهمیت بالاتری برخوردارند».

۵-۱-۲. ابعاد بهره‌وری

با توجه به نتایج مصاحبه با وجود اینکه منابع انسانی تعداد پاسخ بیشتری به خود اختصاص داده است، تمامی مؤلفه‌های بهره‌وری اعم از منابع انسانی، تأمین مالی و سرمایه‌ای، تعمیر و نگهداری تجهیزات نظامی و تولید و توزیع از اهمیت بالایی برخوردارند. این نتیجه در

شاخص‌های به‌دست‌آمده از روش فراترکیب نیز قابل مشاهده است؛ می‌توان گفت تعداد شاخص‌های مطرح‌شده مرتبط با هر مؤلفه تقریباً همسان هستند. علی‌رغم اینکه منابع انسانی تعداد شاخص بیشتری را به خود اختصاص داده است؛ طبق نتایج این تحقیق تمامی مؤلفه‌های بهره‌وری در زنجیره تأمین دفاعی باید در نظر گرفته شوند.

۳-۱-۵. عوامل مداخله‌گر

طبق نتایج مصاحبه در این بخش عوامل انسانی مهم‌ترین عامل جهت پیاده‌سازی صنعت ٤.٠ است؛ این امر توسط روش فراترکیب تا حدودی تأیید می‌شود. درواقع طبق نتایج حاصل از روش فراترکیب دو عامل انسانی و فناوری هر دو از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ٤.٠ در زنجیره تأمین می‌باشند. نکته مهم این است که در مورد هر دو مؤلفه بیشتر بر مقوله امنیت تأکید شده است. این بحث، یکی از نگرانی‌ها و چالش‌های بسیار مهم در حوزه فناوری‌ها است. بنابراین امنیت سایبری عامل بسیار مهمی است که در زمینه پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ٤.٠ باید آن را در نظر گرفت و برای آن تدابیری لحاظ نمود.

٤-۱-۵. راهکارها و فناوری‌ها

از میان چهار فناوری انتخاب‌شده، «هوش مصنوعی» و «اینترنت اشیاء» بیشترین جواب را در مصاحبه به خود اختصاص داده‌اند؛ نتایج حاصل از روش فراترکیب نیز این مورد را تأیید می‌کند. بنابراین طبق نتایج پژوهش حاضر، اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی فناوری‌هایی هستند که می‌توانند در بحث بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی بسیار مؤثر واقع شوند. هوش مصنوعی از طریق بهبودهایی چون پیش‌بینی تقاضای انرژی، خودمدیریتی انرژی، تخمین مشکلات احتمالی و سایر موارد موجب مدیریت بهتر انرژی در زنجیره تأمین دفاعی می‌شود. اینترنت اشیاء نیز با هوشمندسازی سیستم‌های انرژی، ثبت تغییرات دما، رطوبت و...، بینش بلادرنگ از الگوهای مصرف انرژی و سایر موارد به بهبود بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی منجر می‌گردد. فناوری‌های دیگر مانند دوقلو

دیجیتال (از طریق بهبود دید و زمان، پیش‌بینی اختلالات و تقاضای انرژی) و فناوری بلاک‌چین (از طریق ردیابی و نظارت جریان اطلاعات، شفافیت و انعطاف‌پذیری مالی) می‌توانند در بهبود بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین دفاعی مؤثر باشند.

٥-١-٥. نتایج و پیامدها

یکی از مهم‌ترین نتایج حاصل از مصاحبه، کاهش زمان جریان‌ها و فرایندها در زنجیره تأمین است. بر اساس نتایج حاصل از روش فراترکیب، پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ٤.٠ به پیامدهایی در ٥ مؤلفه منجر می‌گردد:

(١) بهبود مالی و سرمایه‌ای،

(٢) بهبود بهره‌وری منابع انسانی،

(٣) کاهش زمان فرایندها و جریان‌ها،

(٤) تولید و توزیع یکپارچه،

(٥) کاهش اثرات زیست‌محیطی.

در زمینه مالی و سرمایه‌ای می‌توان به کاهش هزینه در حوزه‌های مختلف از جمله موارد زیر اشاره کرد:

- انبارداری و موجودی،
- مواد غذایی،
- حمل‌ونقل و سیستم‌های انرژی.

در رابطه با بهبود بهره‌وری منابع انسانی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش و توسعه مهارت،
- روحیه و انگیزه،
- ایجاد فرهنگ سازمانی،
- نوآوری شخصی،
- آگاهی تکنولوژی.

در مورد کاهش زمان فرایندها و جریان‌ها نیز موارد زیر مورد توجه قرار می‌گیرند:

- بهبود عملکرد تجهیزات،
- کاهش زمان خرابی،
- تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شده.

در بخش تولید و توزیع یکپارچه عبارت‌اند از:

(۱) قابلیت اطمینان تحویل،

(۲) انعطاف‌پذیری،

(۳) تولید پایدار و رقابتی،

(٤) افزایش بازدهی و تولید.

همچنین کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق کاهش ردپای کربن، ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر، اختصاص کارآمد مواد و محصولات خود را نشان می‌دهد. در مقایسه با مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌توان گفت نتایج تحقیق حاضر با نتایج این تحقیقات همسو است؛ در بحث امنیت، پژوهش «پارسا و همکارانش» به اهمیت بیش‌ازپیش امنیت سایبری با ورود فناوری‌های صنعت ٤.٠ به زنجیره تأمین دفاعی اشاره کردند. همچنین در مطالعاتی مانند پژوهش «روحانی و محمدآبادی»، «کریمی و همکارانش»، «لی و فن» و دیگر مطالعات به تأثیر مثبت فناوری‌هایی چون دوقلوی دیجیتال، اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی بر بهره‌وری زنجیره تأمین و حوزه انرژی تأکید دارند. در تحقیق حاضر نیز به روشنی این موارد تأیید می‌شوند.

۲-۵. پیشنهادات

پیشنهادهای تحقیق حاضر در جهت انجام پژوهش‌های توسعه‌ای آتی در حوزه صنعت ٤.٠ و زنجیره تأمین دفاعی به شکل زیر است:

- ❖ بررسی سایر فناوری‌های صنعت ٤.٠ (به‌جز اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و دوقلو دیجیتال) و تأثیر آن‌ها بر بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی؛

- ❖ توجه به حوزه‌های حمل‌ونقل و دستگاه‌های ساخت در بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین که می‌تواند به‌صورت شناخت بهتر چالش‌ها و موانع موجود و ارائه راهکارهای عملی جهت بهبود عملکرد این بخش‌ها، ارائه گردد؛
- ❖ ارائه راهکارهایی جهت پیاده‌سازی فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ ارزیابی تأثیرات اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل از پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ٤.٠ در زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ بررسی استفاده از پهپادها و وسایل نقلیه هیبریدی جهت حمل‌ونقل وسایل و تجهیزات در مناطق عملیاتی و سایر نقاط زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ بررسی انواع روش‌ها و راهکارهای مقابله با خطرات امنیت سایبری و چالش‌ها در زمینه فناوری‌های صنعت ٤.٠ مرتبط با زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ بررسی اثر ترکیبی فناوری‌ها بر بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی (به‌عنوان مثال ترکیب فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیاء).

منابع

الف- فارسی

- استخریان حقیقی، امیررضا؛ شکراللهی، زینب؛ و سواری، علی (١٤٠٠). مدیریت زنجیره تأمین نظامی و مؤلفه‌های اساسی آن»، ***هشتمین همایش ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم انسانی، مدیریت و کارآفرینی ایران***. تهران: موسسه آموزش عالی آل طه و مرکز بین المللی همایشها و سمینارهای توسعه پایدار علوم جهان اسلام.
- دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی (١٣٩٩). ***ترازنامه انرژی***، قابل دسترسی در: *http://pep.moe.gov.ir*.
- سازمان ملی بهره‌وری ایران (١٤٠٢). «بهره‌وری و حکمرانی منطقه‌ای»، قابل دسترسی در: *https://www.npo.gov.ir/productivity-journal*.
- کریمی زارچی، محمد؛ معبودی، حامد؛ فتحی، محمدرضا؛ و خسروی، ابوالفضل (١٣٩٩). «ارائه مدل زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور با رویکرد مدل‌سازی ساختاری-تفسیری (مورد مطالعه صندوق حمایت از فناوری)»، ***بهبود مدیریت***، ١٤ (٢)، ٦٧-٩١.
- روحانی، علی‌اصغر؛ محمدآبادی، رضوان (١٤٠١). «بررسی کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین نفت و گاز»، ***مجله فرایند نو***، ١٧ (٧٩)، ٥٧-٧٣.
- قراچورلو، نجف؛ قهرمانی‌نهر، جاوید (١٤٠١). «تعیین شاخص‌های بهره‌وری منابع انسانی در سازمان‌های علمی و فناورانه»، ***نشریه مدیریت بهره‌وری***، ١٦(٦١)، ٢١٧-٢٤١.
- سعادتی، مجتبی؛ خراشادی‌زاده، محمدرضا؛ عین‌القضاتی، علیرضا؛ آگند، فریما؛ و سلطانی، علی‌ولی (١٣٩٨). «شناخت مقوله انرژی در حوزه نظامی از منظر به‌کارگیری قابلیت‌های فناوری نانو»، ***مطالعات دفاعی استراتژیک***، ١٧ (٧٧)، ٢٧٥-٢٩٤.
- پارسا، علی؛ خادم، سید حسین؛ رضایی، حمیدرضا؛ و محمودزاده، ابراهیم (١٤٠٢). «بررسی الزامات زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور با تأکید بر فناوری‌های نوظهور صنعت

٤»، ***فصلنامه آماد و فناوری دفاعی***، ٦(٤)، ١١-٤٠.

- گیگلو، شهرام؛ ناظمی اردکانی، مهدی (١٤٠١). «شناسایی مؤلفه‌های توسعه آینده‌پژوهی در نظام آموزش عالی کشور با رویکرد فراترکیب»، ***مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی***، ٦ (٢٤)، ٣٣-٦٠.
- رجب‌پور، ابراهیم؛ اردکانی، مهدی (١٣٩٩). «رابطه بین مدیریت منابع انسانی سبز و زنجیره تأمین سبز»، ***نشریه مطالعات راهبردی در صنعت نفت و انرژی***، ١١ (٤٤)، ٣١٧-٣٤٢.
- آجیرلو، محمد؛ غفارلو، اکبر (١٤٠٠). «بررسی قابلیت‌های مدیریت لجستیک نیروهای مسلح ج.ا.ایران در کاهش آسیب‌ها در بحران‌های طبیعی»، ***فصلنامه راهبرد دفاعی***، ٢٠ (٧٧)، ٧٣-٩٨.
- فلاح، محمد؛ نوذری، حامد (١٤٠٠). «بررسی کمی ریسک‌های سایبری در زنجیره تأمین مبتنی بر اینترنت اشیاء (صنایع FMCG)»، ***نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات***، ٥(٤)، ٥١٠-٥٢١.
- موحدی‌صفت، محمدرضا؛ سپهری، محمد؛ هلیلی، خداداد؛ و فرزانه، عادل (١٤٠٢). «الگوی دفاع هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیاء»، ***مطالعات دفاعی استراتژیک***، ٢١ (٩٢)، ٩٢-٦٩.
- موحدی‌صفت، محمدرضا (١٤٠١). «ارتقا امنیت در زنجیره تأمین دفاعی با به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی»، ***فصلنامه آماد و فناوری دفاعی***، ٥ (٤)، ٧٥-١٠٦.
- کریمی، حسین؛ جمشیدی، محمدجواد؛ و بخشم، میلاد (١٤٠٢). «شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های پیشران در مدیریت زنجیره تأمین سبز مبتنی بر اینترنت اشیاء»، ***فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی***، ٢١ (٦٩)، ١٢٩-١٦٠.

ب- انگلیسی

- Fatorachian, H., Kazemi, H (2021).“Impact of Industry 4.0 on supply chain performance”, ***Production Planning & Control***, 32 (1), 63-81.

- Chai, Y., Hu, H. (2008). "Military supply chain management strategies under demand disruption", ***IEEE International Conference on Automation and Logistics***.
- Abdirad, M., Krishnan, K. (2021). "Industry 4.0 in logistics and supply chain management: a systematic literature review", ***Engineering Management Journal***, 33 (3), 187-201.
- Huan, S. H., Sheoran, S. K., & Wang, G. (2004). "A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model", ***Supply chain management***: ***An international Journal***, 9 (1), 23-29.
- Hasan, M., Lu, M. (2024). "Enhanced model tree for quantifying output variances due to random data sampling: Productivity prediction applications", ***Automation in Construction***, 158, 105218.
- Marchi, B., Zanoni, S. (2017). "Supply chain management for improved energy efficiency: Review and opportunities", ***Energies***, 10 (10), 1618.
- Sandelowski, M., Barroso, J. (2006). ***Handbook for synthesizing qualitative research***, springer publishing company.
- Singh, P., Elmi, Z., Meriga, V. K., Pasha, J., & Dulebenets, M. A. (2022). "Internet of Things for sustainable railway transportation: Past, present, and future", ***Cleaner Logistics and Supply Chain,*** 4, 100065.
- Sallam, K., Mohamed, M., & Mohamed, A. W. (2023). ***Internet of Things (IoT) in supply chain management: challenges, opportunities, and best practices.***
- Gui-e, S., Jian-Guo, S. (2020). "Artificial Intelligence-Based Optimal Control Method for Energy Saving in Food Supply Chain Logistics Transportation", ***2020 IEEE International Conference on Industrial Application of Artificial Intelligence (IAAI).***
- Szczepaniuk, H., Szczepaniuk, E. K. (2022). "Applications of Artificial Intelligence Algorithms in the Energy Sector", ***Energies***, 16(1), 347.
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). "Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review", ***Internet of Things and Cyber-Physical Systems***.
- Souhankar, A., Mortezaee, A., & Hafezi, R. (2023). "Potentials for energy-saving and efficiency capacities in Iran: An interpretive structural model to prioritize future national policies", ***Energy***, 262, 125500.

- Maheshwari, P., Kamble, S., Belhadi, A., Venkatesh, M., & Abedin, M. Z. (2023). "Digital twin-driven real-time planning, monitoring, and controlling in food supply chains", ***Technological Forecasting and Social Change***, 195, 122799.
- Shao, X., Zhang, Z., Song, P., Feng, Y., & Wang, X. (2022). "A review of energy efficiency evaluation metrics for data centers", ***Energy and Buildings***, 112308.
- Matthess, M., Kunkel, S., Dachrodt, M. F., & Beier, G. (2023). "The impact of digitalization on energy intensity in manufacturing sectors–A panel data analysis for Europe", ***Journal of Cleaner Production***, 397, 136598.
- Pal, K. (2023). "Internet of Things Impact on Supply Chain Management", ***Procedia Computer Science***, 220, 478-485.
- Bhagwan, N., & Evans, M. (2023). "A review of industry 4.0 technologies used in the production of energy in China, Germany, and South Africa", ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 173, 113075.
- Gupta, S., Modgil, S., Choi, T.-M., Kumar, A., & Antony, J. (2023). "Influences of artificial intelligence and blockchain technology on financial resilience of supply chains", ***International Journal of Production Economics***, 261, 108868.
- Özköse, H., & Güney, G. (2023). "The effects of industry 4.0 on productivity: A scientific mapping study", ***Technology in Society***, 75, 102368.
- Alenizi, F. A., Abbasi, S., Mohammed, A. H., & Rahmani, A. M. (2023). "The artificial intelligence technologies in Industry 4.0: A taxonomy, approaches, and future directions", ***Computers & Industrial Engineering***, 109662.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2023). "An integrated outlook of Cyber–Physical Systems for Industry 4.0: Topical practices, architecture, and applications", ***Green Technologies and Sustainability***, 1(1), 100001.
- Le, T. V., & Fan, R. (2023). "Digital twins for logistics and supply chain systems: Literature review, conceptual framework, research potential, and practical challenges", ***Computers & Industrial Engineering***, 109768.
- Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Daim, T. U. (2023). "Roadmap for integrating blockchain with Internet of Things (IoT) for sustainable and secured operations in logistics and supply chains:

Decision making framework with case illustration", ***Technological Forecasting and Social Change***, 196, 122837.

- Tan, W. C., Sidhu, M. S. (2022). "Review of RFID and IoT integration in supply chain management", ***Operations Research Perspectives***, 9, 100229.
- Zhu, Y., Cheng, J., Liu, Z., Cheng, Q., Zou, X., Xu, H., Wang, Y., & Tao, F. (2023). "Production logistics digital twins: Research profiling, application, challenges and opportunities", ***Robotics and Computer-Integrated Manufacturing***, 84, 102592.
- Omolara, A. E., Alabdulatif, A., Abiodun, O. I., Alawida, M., Alabdulatif, A., & Arshad, H. (2022). "The internet of things security: A survey encompassing unexplored areas and new insights", ***Computers & Security***, 112, 102494.
- Merabet, G. H., Essaaidi, M., Haddou, M. B., Qolomany, B., Qadir, J., Anan, M., Al-Fuqaha, A., Abid, M. R., & Benhaddou, D. (2021). "Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: A systematic review of artificial intelligence-assisted techniques", ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 144, 110969.
- Liu, X., Jiang, D., Tao, B., Xiang, F., Jiang, G., Sun, Y., Kong, J., & Li, G. (2023). "A systematic review of digital twin about physical entities, virtual models, twin data, and applications", ***Advanced Engineering Informatics***, 55, 101876.
- Rizi, M. H. P., & Seno, S. A. H. (2022). "A systematic review of technologies and solutions to improve security and privacy protection of citizens in the smart city", ***Internet of Things***, 20, 100584.
- Kassa, A., Kitaw, D., Stache, U., Beshah, B., & Degefu, G. (2023). "Artificial intelligence techniques for enhancing supply chain resilience: A systematic literature review, holistic framework, and future research", ***Computers & Industrial Engineering***, 109714.
- Han, L., Hou, H., Bi, Z., Yang, J., & Zheng, X. (2021). Functional requirements and supply chain digitalization in industry 4.0", ***Information Systems Frontiers***, 1-13.
- Murgod, T. R., Sundaram, S. M., Mahanthesha, U., & Murugesan, P. (2023). "A Survey of Digital Twin for Industry 4.0: Benefits, Challenges and Opportunities", ***SN Computer Science***, 5(1), 76.
- Gerami, M., Sarihi, S. (2020). "The impacts of Internet of Things (IOT) in supply chain management", ***Journal of Management and Accounting Studies***, 8(3), 31-37.

- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", ***Computers in industry***, 89, 23-34.
- Attaran, S., Attaran, M., & Celik, B. G. (2024). "Digital Twins and Industrial Internet of Things: Uncovering operational intelligence in industry 4.0", ***Decision Analytics Journal***, 10, 100398.
- Carlo, A., Mantı, N. P., WAM, B. A. S., Casamassima, F., Boschetti, N., Breda, P., & Rahloff, T. (2023). "The importance of cybersecurity frameworks to regulate emergent AI technologies for space applications", ***Journal of Space Safety Engineering***, 10(4), 474-482.
- Sadeghi-Niaraki, A. (2023)." Internet of Thing (IoT) review of review: Bibliometric overview since its foundation", ***Future Generation Computer Systems***.
- Nirmal, D. D., Nageswara Reddy, K., Sohal, A. S., & Kumari, M. (2023). "Development of a framework for adopting Industry 4.0 integrated sustainable supply chain practices: ISM–MICMAC approach", ***Annals of Operations Research***, 1-69.
- Yang, Z., Wang, Q., & Jia, M. (2023). "Integrating Industry 4.0 and the Internet of Things (IoT) for eco-friendly manufacturing", ***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, 1-10.
- Nag, A., Hassan, M. M., Das, A., Sinha, A., Chand, N., Kar, A., Sharma, V., & Alkhayyat, A. (2022). "Exploring the applications and security threats of Internet of Thing in the cloud computing paradigm: A comprehensive study on the cloud of things", ***Transactions on Emerging Telecommunications Technologies***, e4897.
- Liu, J., Qian, Y., Yang, Y., & Yang, Z. (2022). "Can artificial intelligence improve the energy efficiency of manufacturing companies? Evidence from China", ***International Journal of Environmental Research and Public Health***, 19(4), 2091.
- Aguilar, J., Garces-Jimenez, A., R-moreno, M., & García, R. (2021). "A systematic literature review on the use of artificial intelligence in energy self-management in smart buildings", ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 151, 111530.
- Neumann, W. P., Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). "Industry 4.0 and the human factor–A systems framework and analysis methodology for successful development", ***International Journal of Production Economics***, 233, 107992.

- Sgarbossa, F., Grosse, E. H., Neumann, W. P., Battini, D., & Glock, C. H. (2020). "Human factors in production and logistics systems of the future", ***Annual Reviews in Control***, 49, 295-305.
- James, A. T., Kumar, G., Tayal, P., Chauhan, A., Wadhawa, C., & Panchal, J. (2022). "Analysis of human resource management challenges in implementation of industry 4.0 in Indian automobile industry", ***Technological Forecasting and Social Change***, 176, 121483.
- Madanchian, M., Taherdoost, H., & Mohamed, N. (2023). "AI-Based Human Resource Management Tools and Techniques; A Systematic Literature Review", ***Procedia Computer Science***, 229, 367-377.
- Sharma, A., Kosasih, E., Zhang, J., Brintrup, A., & Calinescu, A. (2022). "Digital twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions", ***Journal of Industrial Information Integration***, 100383.
- Singh, P., Elmi, Z., Lau, Y.-y., Borowska-Stefańska, M., Wiśniewski, S., & Dulebenets, M. A. (2022). "Blockchain and AI technology convergence: Applications in transportation systems", ***Vehicular Communications***, 100521.
- Hasan, A. M., & Trianni, A. (2023). Boosting the adoption of industrial energy efficiency measures through Industry 4.0 technologies to improve operational performance. Journal of Cleaner Production, 425, 138597.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. Sustainable Operations and Computers, 3, 203-217.
- Sani, S., Schaefer, D., & Milisavljevic-Syed, J. (2022). "Strategies for Achieving Pre-emptive Resilience in Military Supply Chains", ***Procedia CIRP***, 107, 1526-1532.
- Ali, S. M., Ashraf, M. A., Taqi, H. M. M., Ahmed, S., Rob, S. A., Kabir, G., Paul, S. K. (2023). "Drivers for Internet of Things (IoT) adoption in supply chains: Implications for sustainability in the post-pandemic era", ***Computers & industrial engineering***, 183, 109515.
- Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Wamba, S. F. (2022). Applications of the internet of things for optimizing warehousing and logistics operations: A systematic literature review and future research directions. Computers & Industrial Engineering, 108455.

- Jakhar, N., Nandal, R., Joshi, K., & Noonia, A. (2023). "A Study on Smart Homes And Grids Under IoT Components", ***3rd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT)***.
- Mishra, M., Ghosh, S. K., & Sarkar, B. (2022). "Maintaining energy efficiencies and reducing carbon emissions under a sustainable supply chain management", ***AIMS Environ***. Sci, 9, 603-635.
- Ushakov, D., Dudukalov, E., Shmatko, L., & Shatila, K. (2022). "Artificial Intelligence as a factor of public transportations system development", ***Transportation Research Procedia***, 63, 2401-2408.
- Li, J., Ma, S., Qu, Y., & Wang, J. (2023). "The impact of artificial intelligence on firms' energy and resource efficiency: Empirical evidence from China", ***Resources Policy***, 82, 103507.
- Govindan, K., Kannan, D., Jørgensen, T. B., & Nielsen, T. S. (2022). "Supply Chain 4.0 performance measurement: A systematic literature review, framework development, and empirical evidence", ***Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review***, 164, 102725.
- Lee, D.-s., Chen, Y.-T., & Chao, S.-L. (2022). "Universal workflow of artificial intelligence for energy saving", ***Energy Reports***, 8, 1602-1633.
- Lee, M. C., Scheepers, H., Lui, A. K., & Ngai, E. W. (2023). "The Implementation of Artificial Intelligence in Organizations: A Systematic Literature Review", ***Information & Management***, 103816.
- Rad, F. F., Oghazi, P., Palmié, M., Chirumalla, K., Pashkevich, N., Patel, P. C., Sattari, S. (2022). "Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies", ***Industrial Marketing Management***, 105, 268-293.
- Charles, V., Emrouznejad, A., & Gherman, T. (2023). "A critical analysis of the integration of blockchain and artificial intelligence for supply chain", ***Annals of Operations Research***, 1-41.
- Attaran, M., Attaran, S., & Celik, B. G. (2023). "The impact of digital twins on the evolution of intelligent manufacturing and Industry 4.0", ***Advances in Computational Intelligence***, 3(3), 11.
- Nia, A. R., Awasthi, A., & Bhuiyan, N. (2021). Industry 4.0 and demand forecasting of the energy supply chain: A literature review", ***Computers & Industrial Engineering***, 154, 107128.

- Çelik, D., Meral, M. E., & Waseem, M. (2022). “Investigation and analysis of effective approaches, opportunities, bottlenecks and future potential capabilities for digitalization of energy systems and sustainable development goals”, ***Electric Power Systems Research***, 211, 108251.
- Lv, Y., Shang, Y. (2023). “Investigation of industry 4.0 technologies mediating effect on the supply chain performance and supply chain management practices”, ***Environmental Science and Pollution Research***, 30(48), 106129-106144.
- Shahzad, M. F., Xu, S., Naveed, W., Nusrat, S., & Zahid, I. (2023). “Investigating the impact of artificial intelligence on human resource functions in the health sector of China: A mediated moderation model”, ***Heliyon***, 9(11).
- Murugesan, U., Subramanian, P., Srivastava, S., & Dwivedi, A. (2023). “A study of Artificial Intelligence impacts on Human Resource Digitalization in Industry 4.0”, ***Decision Analytics Journal***, 100249.

COPYRIGHTS

© 2024 by the authors. Published by The National Defense University. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0