

راهکارهای مدیریت بهره‌وری در انرژی زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای صنعت ۴,۰

صنعان احمدی^۱، سینا کیهانیان^{۲*}، حمیدرضا رضایی^۳

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

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 ۴,۰» است. با بررسی‌های انجام‌شده، مشخص گردید؛ «عوامل فناوری و انسانی، مهم‌ترین موانع جهت پیاده‌سازی این فناوری‌ها هستند».

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین دفاعی، صنعت نسل ۴,۰، بهره‌وری، بهره‌وری انرژی، روش فراترکیب.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک/تبدیل انرژی، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

rezakhazae160@yahoo.com

۲. استادیار گروه پژوهشی مدیریت راهبردی فضای سایبر، دانشکده امنیت ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران

s.keyhanian@sndu.ac.ir (نویسنده مسئول)

۳. دانش‌آموخته دکتری مدیریت دفاعی راهبردی، گروه پژوهشی آماد و زنجیره تأمین دفاعی، پژوهشکده آماد، فناوری و

عرصه‌های نوپدید، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران h.rezaee99@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 ۴,۰»^۱ به‌عنوان مسیر آینده در نظر گرفته می‌شوند.

صنعت نسل ۴,۰، 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 (عبدالراد و کریشنان،^۲ ۲۰۲۱: ۱۸۷-۲۰۱). نوآوری صنعت نسل ۴,۰ 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،^۳ ۲۰۱۷: ۲۳-۳۴).

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 ۴۰۱۰ میلیارد کیلووات ساعت (یعنی ۴,۰۱ 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،^۴ ۲۰۲۲: ۶۰۳-۶۳۵).

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

^۱ Industry 4.0

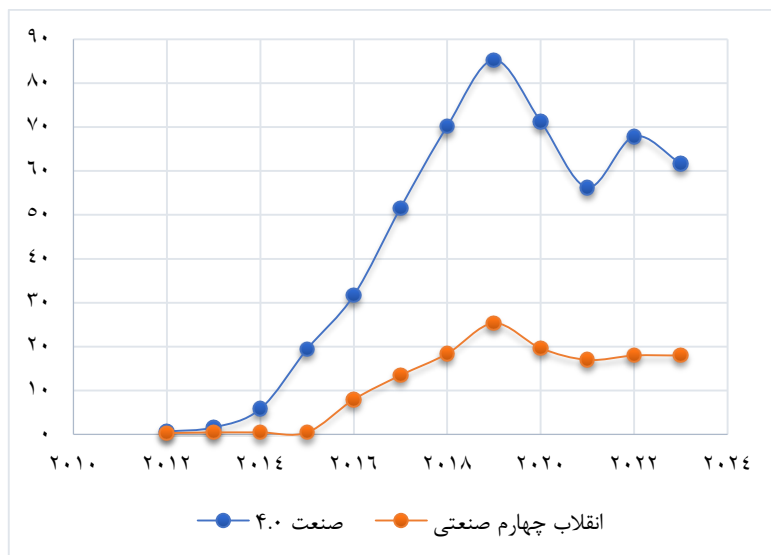
^۲ Abdirad & Krishnan

^۳ Hofmann & Rüsch

^۴ Mishra & et.al.

خانگی و تجاری، صنعت و حمل و نقل اختصاص دارد. همچنین از میان منابع انرژی، نفت خام و فرآورده‌های نفتی بیشترین استفاده جهت مصارف انرژی را دارند (ترازنامه انرژی، ۱۳۹۹).

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. از این رو، هدف پژوهش حاضر «ارائه راهکارهایی جهت مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی به کمک فناوری‌های صنعت نسل ۴،۰ است. بر اساس مطالعات انجام‌شده صنعت نسل ۴،۰ 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، ۲۰۲۱: ۸۱-۶۳؛ عبدالر و کریشنان، ۲۰۲۱: ۱۸۷-۲۰۱). نتایج بررسی داده‌های گوگل ترندز^۲ (شکل ۱) که با دو کلیدواژه صنعت ۴،۰ و انقلاب چهارم صنعتی انجام شده، حاکی از افزایش توجه کاربران به سمت صنعت نسل ۴،۰ است.



شکل شماره ۱. میزان جستجوی افراد در مورد صنعت ۴،۰ و انقلاب چهارم صنعتی

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 ۴,۰ 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 ۴,۰ متناسب با بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟
- ❖ پیاده‌سازی فناوری‌های نسل ۴,۰ در زنجیره تأمین دفاعی با چه موانع و چالش‌هایی روبه‌رو است؟
- ❖ پیامدهای ارتقا بهره‌وری در زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟

۳-۲. پیشینه‌شناسی تحقیق

در این بخش تعدادی از پژوهش‌های انجام‌شده مرتبط با موضوع موردنظر به‌صورت خلاصه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول شماره ۱. پیشینه پژوهش			
عنوان	نویسندگان	نوع تحقیق	اهداف و نتایج
صنعت نسل ۴،۰ و عملکرد زنجیره تأمین: مروری بر ادبیات سیستماتیک از مزایا، چالش‌ها و عوامل حیاتی موفقیت ۱۱ فناوری‌های اصلی	راد و همکاران ^۱ (۲۰۲۲)	مقاله	به بررسی مزایا، چالش‌ها و عوامل موفقیت حیاتی عملکرد زنجیره تأمین پرداخته و یک چارچوب برای عملکرد زنجیره تأمین ارائه دادند.
تأثیر صنعت ۴،۰ بر عملکرد زنجیره تأمین	فاتورچیان و کاظمی (۲۰۲۱)	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 ^۲ (۲۰۲۳)	مقاله	دوقلو دیجیتال با بهبود زمان ساخت، افزونگی داده‌ها، برنامه زمان‌بندی بهینه، اثربخشی عملیات کلی، اثربخشی کلی تجهیزات و استفاده از ظرفیت، بهره‌وری زنجیره تأمین را تسریع می‌بخشد.
محرك‌های پذیرش اینترنت اشياء (IoT) در زنجیره تأمین: پیامدهای پایداری در دوران پس از همه‌گیری	لی و همکاران ^۳ (۲۰۲۳)	مقاله	سه عامل محرک پذیرش اینترنت اشياء عبارت‌اند از: «سیستم‌های لجستیک کارآمد»، «دانش کسب‌وکار» و «تضمین ایمنی اطلاعات».

^۱ Rad & et.al.^۲ Maheshwari & et.al.^۳ Data Redundancy (DR).^۴ Li & et.al.

الگوی پایدار مدیریت اتلاف و بهره‌وری انرژی در خانه‌های هوشمند با استفاده از اینترنت اشیا	احسانی‌فر و همکاران (۲۰۲۳)	مقاله	اینترنت اشیا راه‌حلی کم‌هزینه با قدرت بهینه‌سازی انرژی در کاهش اتلافات شهری ارائه می‌دهد.
نقش صنعت نسل ۴,۰ در مدیریت زنجیره تأمین و لجستیک	عبدالاد و کریشنان (۲۰۲۱)	مقاله	با به‌کارگیری صنعت ۴,۰ در زنجیره تأمین تعامل انسانی کمتر و بهره‌وری شرکت‌ها بیشتر می‌شود.
تجزیه و تحلیل انتقادی از ادغام بلاک‌چین و هوش مصنوعی برای زنجیره تأمین	چالرز و همکاران ^۱ (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 ^۲ (۲۰۲۴)	مقاله	دوقلوهای دیجیتال می‌توانند به مدیران و ذی‌نفعان سیستم‌های لجستیک و زنجیره تأمین در نظارت، تجزیه و تحلیل، 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 (۱۴۰۱)	مقاله	هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های عملیاتی،

^۱ Charles & et.al.^۲ Le & Fan

افزایش ایمنی و کاهش ریسک‌ها، افزایش بازدهی و تولید، افزایش کیفیت و دقت، افزایش توانایی پیش‌بینی و تصمیم‌گیری و افزایش ارزش افزوده و رضایت متقاضی کمک کند.			
ایترنت 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.	مقاله	کریمی و همکاران (۱۴۰۲)	شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های پیشران در مدیریت زنجیره تأمین سبز مبتنی بر اینترنت اشیاء

اگرچه تحقیقات مختلفی در رابطه با تأثیر فناوری‌های صنعت ۴٫۰ بر زنجیره تأمین و حوزه انرژی انجام شده؛ اما پژوهشی جامع در زمینه تأثیر فناوری‌های اصلی صنعت ۰٫۴ 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.

۲-۴. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی مفهومی

۲-۴-۱. زنجیره تأمین دفاعی

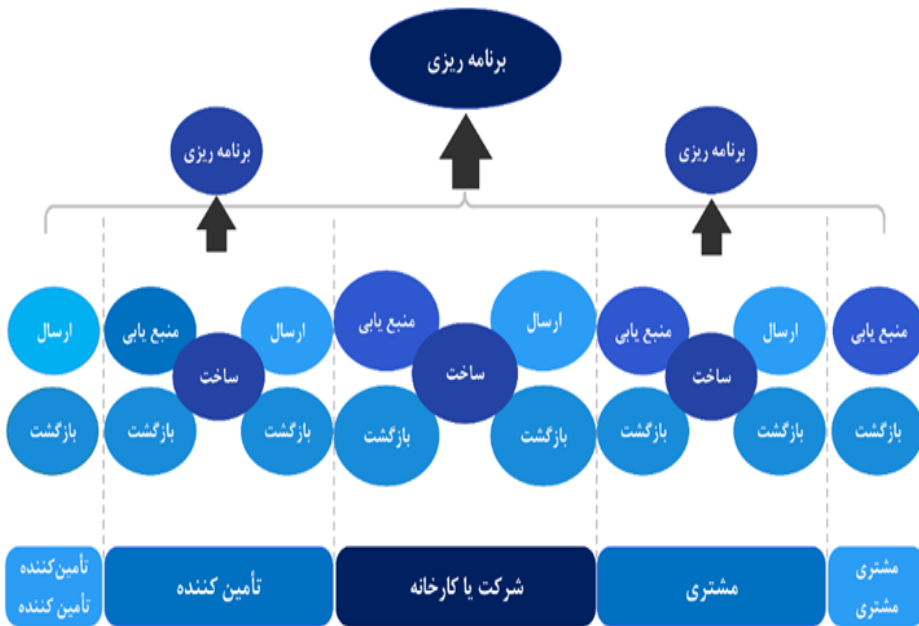
زنجیره تأمین دفاعی شامل سازمان‌ها، فرایندها، سیستم‌های نظامی و بخش خصوصی است که به‌طور فردی یا جمعی در برنامه‌ریزی جهت تهیه، نگهداری و یا تحویل منابع مادی برای عملیات ارتش یا سایر عملیات حمایت‌شده از سوی نیروهای دفاعی کشور نقش بازی می‌کنند (کریمی‌زارچی و همکاران، ۱۳۹۹: ۶۷-۹۱). زنجیره تأمین تجاری و نظامی 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، ۱۴۰۰: ۷۳-۹۸). اکثر این خطرات و بلایا به سرعت 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، ۱۳۹۴: ۷).

جهت شناخت فرایندهای زنجیره تأمین، از مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین (اسکور)^۱ استفاده می‌شود. «مدل اسکور» سال ۱۹۹۶م 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،^۲ ۲۰۰۴: ۲۹-۲۳). در طول زمان این مدل کامل‌تر شده است؛ بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط محقق طبق شکل (۲) ارائه می‌گردد.

^۱ Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model

^۲ Huan & et.al.



شکل شماره ۲. مدل اسکور در زنجیره تأمین

۲-۴-۲. 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، ۲۰۲۴: ۱۸).

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، ۱۴۰۲). 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.

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. علاوه بر 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 زنون، ۲۰۱۷: ۲۹).

۳-۴-۲. صنعت نسل ۴,۰

شناخت فناوری‌های پیشرفته و به‌کارگیری آن‌ها از عوامل ارتقای توان نظامی ج.ا.ایران است؛ این اقدامات با اهداف سند استراتژیک ۱۴۰۴ کشور هماهنگ می‌باشند (سعادت و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۷۵-۲۹۴). تمرکز اصلی صنعت نسل ۴,۰ 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 (عبدالاد و کریشان، ۲۰۲۱: ۱۸۷-۲۰۱).

ورود فناوری‌های صنعت ۴,۰ به زنجیره تأمین با موانع و چالش‌هایی نیز مواجه خواهد بود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به امنیت سایبری اشاره کرد (پارسا و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۱-۴۰). تعداد زیادی فناوری صنعت نسل ۴,۰ وجود دارد. فناوری‌های مورد بررسی در این پژوهش (نگریسته شود به شکل ۴) عبارت‌اند از:

(۱) اینترنت اشیاء،

(۲) فناوری بلاک‌چین،

(۳) فناوری کلان داده،

(۴) سایبر فیزیک،

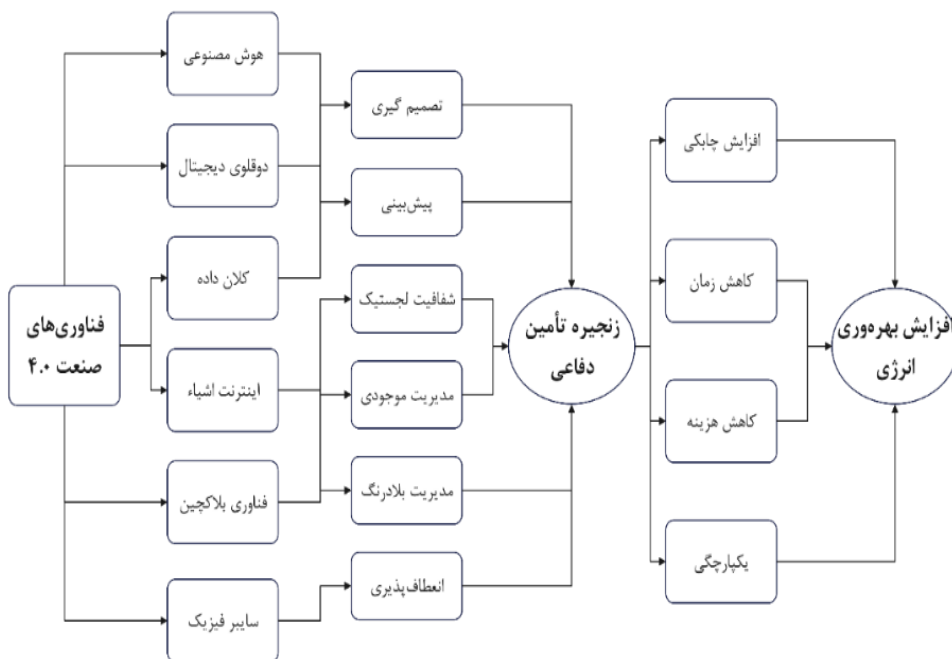
(۵) دوقلوی دیجیتال

(۶) و سایر فناوری‌ها (راد و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۶۸-۲۹۳).



شکل شماره ۳. فناوری‌های صنعت نسل ۴،۰ مورد بررسی در پژوهش حاضر

۲-۵. مدل مفهومی تحقیق



شکل شماره ۴. مدل مفهومی پژوهش حاضر

مدل مفهومی حاصل از مطالعات نظری مطابق شکل (۴) قابل ارائه است. در این مدل، متغیرهای مستقل و وابسته و تأثیر متغیرهای مستقل (فناوری‌های صنعت ۴,۰) بر متغیر وابسته (بهره‌وری انرژی زنجیره تأمین دفاعی) نشان داده شده است.

۳. روش‌شناسی تحقیق

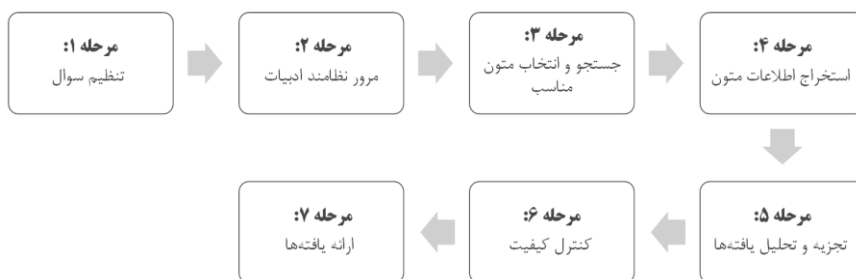
پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی و از لحاظ شیوه گردآوری اطلاعات و رویکرد پژوهش به ترتیب توصیفی و کیفی است. داده‌های موردنیاز به صورت کتابخانه‌ای (فرا ترکیب) و میدانی (مصاحبه) جمع‌آوری شده است.

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 فرا ترکیب است.

۴. یافته‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل 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 فرا ترکیب و استخراج شاخص‌ها (گیگلو و ناظمی اردکانی، ۱۴۰۱: ۳۳-۶۰)، هر کدام از این شاخص‌ها در دسته‌بندی‌های تعیین شده قرار گرفتند.

شکل (۵) مراحل انجام روش فرا ترکیب را بر اساس مدل ۷ مرحله‌ای «ساندلوفسکی و باروسو» (ساندلوفسکی و باروسو، ۲۰۰۶: ۳۱۲) نشان می‌دهد که به تشریح آن می‌پردازیم.



شکل شماره ۵. مراحل انجام روش فراترکیب

۴-۱. 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؟
- (۴) 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	
پارامترها	سؤال‌های اصلی
چه چیزی؟	راهکارهای مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای انقلاب صنعتی ۴,۰ کدام‌اند؟
چه کسی؟	مقالات معتبر خارجی در پایگاه داده‌های (Science Direct) و (Springer) مقالات معتبر داخلی از بانک اطلاعاتی مگیران (Magiran)
چه زمانی؟	بین سال‌های (۲۰۲۴-۲۰۲۰) یا (۱۴۰۲-۱۳۹۹)
چگونه؟	استفاده از الگوی ساندلوفسکی و بارسو

۲-۴. 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 انگلیسی کلمات کلیدی	معادل فارسی کلمات کلیدی
Defense Supply Chain	زنجیره تأمین دفاعی
Energy Productivity	بهره‌وری انرژی
Industry 4.0 (Fourth Industrial Revolution)	صنعت ۴,۰ (انقلاب چهارم صنعتی)
Artificial Intelligence	هوش مصنوعی
Internet of Things	اینترنت اشیاء
Human Resources	منابع انسانی

۳-۴. 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.

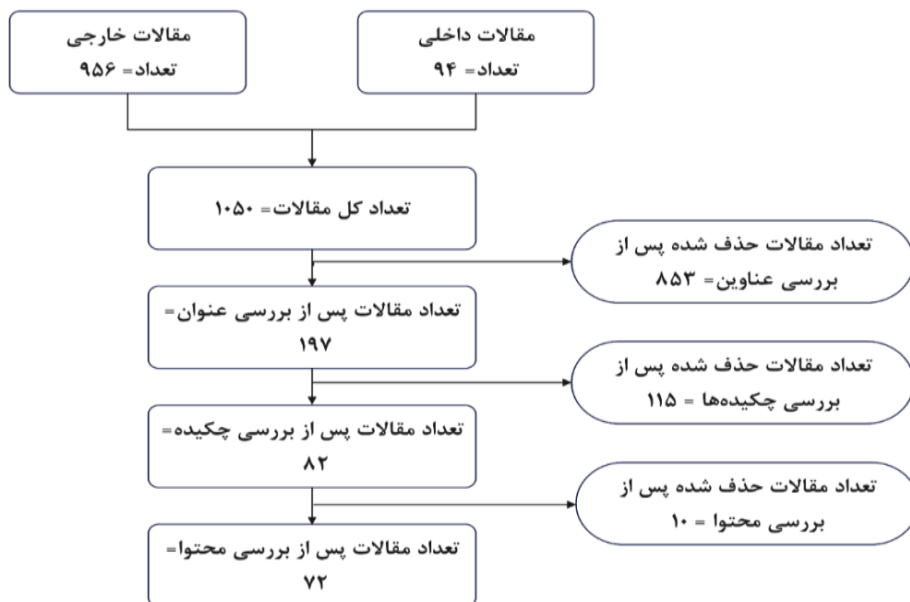
معیارهای «ورود» و «خروج» به‌صورت زیر تعریف می‌شوند؛

الف. معیارهای ورود:

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

ب. معیارهای خروج:

۱. پژوهش‌هایی که گزارش و اطلاعات کافی در زمینه تحقیق مورد نظر ارائه ندادند.
 ۲. پژوهش‌هایی که در مجلات سطح پایین چاپ شده و فاقد کیفیت لازم علمی بودند.
- شکل (۶)، چارت روند نمای مربوط به انتخاب مقالات را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۶. فرایند انتخاب مقالات

۴-۴. 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 به صورت خلاصه گردآوری شدند.

۴-۵. گام پنجم) تجزیه و تحلیل و ترکیب یافته‌ها

در مرحله پنجم، یافته‌های مقالات مورد بررسی قرار گرفته و شاخص‌های به دست آمده چندین بار مرور شدند. سپس شاخص‌ها، دسته‌بندی‌هایی می‌شوند. در این پژوهش دسته‌بندی شاخص‌ها بر اساس سؤالات پژوهش و مصاحبه انجام شده با صاحب‌نظران،

شکل گرفته است. جدول (۴) شاخص‌ها، ابعاد و مؤلفه‌های اصلی را به صورت دسته‌بندی شده، نشان می‌دهد.

جدول شماره ۴. دسته‌بندی شاخص‌ها بر اساس مؤلفه‌ها و ابعاد اصلی			
ابعاد	مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	منابع
حوزه‌های انرژی در زنجیره تأمین	حمل و نقل	- بهینه‌سازی حمل و نقل - بهینه‌سازی برنامه‌های تحویل - ردیابی بلادرنگ خودروها - یافتن کوتاه‌ترین مسیر - تخمین زمان سفر - مدیریت مؤثر عملیات راه‌آهن	(سینگ، المی، مریگا و همکاران؛ ۲۰۲۲: ۳۴؛ سلام و همکاران؛ ۲۰۲۳: ۳۲؛ گوئی. اس و جیئن گو؛ ۲۰۲۰: ۳۳-۳۸).
تهویه مطبوع ساختمان	- پیش‌بینی تقاضای انرژی در ساختمان - کنترل دما - ساختار ساختمان - سیستم‌های خنک‌کننده		(شچپانیوک؛ ۲۰۲۲: ۲۴)
سیستم‌های روشنایی	سیستم‌های روشنایی هوشمند		(سوری و همکاران؛ ۲۰۲۳: ۲۰۴-۱۹۲)
دستگاه‌های ساخت محصول	- ارتقا استاندارد مصرف در تجهیزات و فرایندها - ساخت قطعه - اثربخشی کلی تجهیزات - تجهیزات فناوری اطلاعات		(سوری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰۴-۱۹۲؛ سوهانکار و همکاران؛ ۲۰۲۳: ۱۵؛ ماهسواری و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰؛ شائو و همکاران؛ ۲۰۲۲: ۱۸)
ابعاد بهره‌وری	- منابع انسانی - مهارت‌های دیجیتال - جذب و استخدام سبز		(قراچورلو و نهر، ۱۴۰۱: ۳۴۲-۳۱۷؛ رجب‌پور و اردکانی، ۱۴۰۱)

۱Singh & et.al.

۲Sallam & et.al.

۳Gui-e & Jian-Guo

۴Szczepaniuk

۵Soori & et.al.

۶Souhankar & et.al

۷Shao & et.al.

	آموزش سبز	۱۳۹۹: ۲۴۱-
	انگیزه، تعهد و روحیه کار تیمی	۲۱۷؛ متس و همکاران؛ ^۱ ۲۰۲۳:
	مهارت و تفکر سیستمی	۸؛ پال؛ ^۲ ۲۰۲۳: ۴۸۵-۴۷۸)
	تصمیم‌گیری غیرمتمرکز	
تأمین مالی و سرمایه	تقویت روحیه مشارکت‌پذیری	
	بازنگری در سیاست‌های انرژی	(باگوان و ایوانز؛ ^۳ ۲۰۲۳: ۲۱؛
	سرمایه دیجیتال	گوپتا و همکاران؛ ^۴ ۲۰۲۳: ۱۸)
	شبکه کسب‌وکاری منظم	
نگهداری و تعمیر	روابط نزدیک با تأمین‌کنندگان	
	انعطاف‌پذیری مالی	
	سیستم‌های انرژی هوشمند	(سینگ، المی، مریگا و
	تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شده	همکاران، ۲۰۲۲: ۳۴؛ باگوان و
تولید و توزیع	ارتقا سطح کیفیت تجهیزات	ایوانز، ۲۰۲۳: ۲۱)
	نظارت و نگهداری بهبودیافته	
	تولید پایدار	(شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲۴؛
	انعطاف‌پذیری تولید	سوهانکار و همکاران، ۲۰۲۳:
عوامل مداخله‌گر	انتقال و توزیع برق	۱۵)
	مدیریت امنیت شبکه	(فلاح و نوذری، ۱۴۰۰: ۵۱۰-
	استانداردسازی	۵۲۱؛ سالام و همکاران، ۲۰۲۳:
	قابلیت اطمینان	۳۲؛ شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲۴؛
عوامل فناوری	قابلیت همکاری	باگوان و ایوانز، ۲۰۲۳: ۲۱؛
	اکتساب داده	اوزکوزه و گونی؛ ^۵ ۲۰۲۳: ۲۲؛
	کیفیت داده‌ها	آلنیزی و همکاران؛ ^۶ ۲۰۲۳: ۱۹؛
	میان‌افزار امن	جاوید؛ ^۷ ۲۰۲۳: ۱۷؛ لی و فن،
	بلوغ فناوری	۲۰۲۳: ۴۵؛ کومار و همکاران؛ ^۸

۱) Matthes & et.al.

۲) Pal

۳) Bhagwan & Evans

۴) Gupta & et.al.

۵) Özköse & Güney

۶) Alenizi & et.al.

۷) Javaid & et.al.

۸) Kumar & et.al.

۲۰۲۳: ۲۵؛ تان و سیدو^۱ ۲۰۲۲: ۱۷؛ زو و همکاران^۲ ۲۰۲۳: ۲۰؛ اومولار و همکاران^۳ ۲۰۲۲: ۱۵؛ مرابت و همکاران^۴ ۲۰۲۱: ۱۸؛ همکاران^۵	▪ 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		
(فلاح و نوذری، ۱۴۰۰: ۵۱۲-۵۲۱؛ موحدی صفت و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۹-۹۴؛ شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲۴؛ آلنیزی و گونی، ۲۰۲۳: ۲۲؛ جاوید و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۹؛ مورگود و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۷؛ عطاران، ۲۰۲۳: ۲۳؛ و همکاران^۶، ۲۰۲۴: ۱۳؛ کارلو و همکاران^۷، ۲۰۲۳: ۴۸۲-۴۷۴؛	▪ امنیت ▪ حریم خصوصی ▪ کارایی و سازگاری ▪ اخلاقیات و توضیح‌پذیری ▪ احراز هویت ▪ کنترل دسترسی ▪ اعتماد ▪ اخلاقیات ▪ رازداری ▪ چهارچوب‌های قانونی و فنی	عوامل انسانی	

¹Tan & Sidhu

²Zhu & et.al.

³Omolara & et.al.

⁴Merabet & et.al.

⁵Murgod & et.al.

⁶Attaran & et.al.

⁷Carlo & et.al.

صادقی نیارکی^۱: ۲۰۲۳: ۳۶۱-۳۷۷؛ نیرمال و همکاران^۲: ۲۰۲۳: ۶۹؛ یانگ و همکاران^۳: ۲۰۲۳: ۲۰۲۳؛ ناگ و همکاران^۴: ۲۰۲۲: ۲۵؛ آگیلار و همکاران^۵: ۲۰۲۱: ۱۶؛ نویمان و همکاران^۶: ۲۰۲۱: ۱۶؛ اسگاربوسا و همکاران^۷: ۲۰۲۰: ۲۹۵-۳۰۵؛ جیمز و همکاران^۸: ۲۰۲۲: ۱۸؛ معدنچیان و همکاران^۹: ۲۰۲۳: ۳۶۷-۳۷۷	▪ امنیت سایبری ▪ پذیرش اجتماعی ▪ نیروی کار ماهر ▪ مدیریت دانش ▪ نادیده گرفتن عوامل انسانی در عملکرد صنعت ۴,۰ ▪ توانایی و محدودیت انسانی ▪ درک مزایای صنعت ۴,۰ ▪ خطرات بالقوه سوگیری ▪ تبعیض ▪ نقض حریم خصوصی در تعامل با تأمین کنندگان و مشتریان ▪ کاهش اعتماد تأمین کنندگان ▪ ایمنی مأموریت ▪ طراحی انسان محور		
(صادقی نیارکی، ۲۰۲۳: ۳۶۱-۳۷۷؛ نیرمال و همکاران، ۲۰۲۳: ۶۹؛ سینگ، المی، لو و همکاران: ۲۰۲۳: ۳۴)	▪ مقررات ▪ رقابت ▪ تقاضای مشتری ▪ تمرکز بر پایداری ▪ فرهنگ ▪ رهبری و استراتژی ▪ تأکید بر فناوری نوظهور توسط سازمان ▪ عدم یک چهارچوب جهانی	عوامل عملیاتی	

^۱ Sadeghi-Niaraki

^۲ Nirmal & et.al.

^۳ Yang & et.al.

^۴ Nag & et.al.

^۵ Aguilar & et.al.

^۶ Neumann & et.al.

^۷ Sgarbossa & et.al.

^۸ James & et.al.

^۹ Madanchian & et.al.

^{۱۰} Singh & et.al.

- 1) Liu & et.al.
- 2) Gerami & Sari
- 3) Hasan & Triand
- 4) Sani & et.al.
- 5) Ali & et.al.
- 6) Jakhar & et.al.

	▪ مدیریت اطلاعات بهتر ▪ مدیریت موجودی ▪ بهینه سازی مسیر ▪ افزایش سرعت و دقت در تصمیم گیری		
روحانی و محمدآبادی، ۱۴۰۱: ۷۳-۵۷؛ گوئی. اس و جیئن گو، ۲۰۲۰: ۳۸-۳۳؛ گوپتا و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۸؛ مراتب و همکاران، ۲۰۲۱: ۵۲؛ کاسا و همکاران، ۲۰۲۳: ۳۲؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۴: ۱۳؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۲: ۵۵؛ آگیلار و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۶؛ حسن و تریانی، ۲۰۲۳: ۱۲؛ اوشاکوف و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۲؛ گوویندان و همکاران، ۲۰۲۲: ۴۱؛ لی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۶۰۲-۱۶۳۳؛ لی و همکاران، ۱۶؛ چارلز و همکاران، ۲۰۲۳: ۴۱	▪ افزایش مزایای گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع ▪ بهبود عملکرد تجهیزات ▪ پیش بینی مشکلات احتمالی ▪ تخمین زمان سفر ▪ مدیریت اتصالات در جاده های شریانی ▪ اثرات ساختاری و کارایی بر مصرف انرژی ▪ انعطاف پذیری مالی خودمدیریتی انرژی ▪ اشتراک اطلاعات لجستیک ▪ تجزیه پارامترهای تأثیر مصرف انرژی در حمل و نقل ▪ برنامه ریزی جاده بهینه حمل و نقل ▪ بهبود انرژی در حوزه های تهویه مطبوع، سرمایش و گرمایش، سیستم های روشنایی، ارتباطات و انتقال اطلاعات و تقاضای انرژی ▪ بهبود تولید، توزیع، ذخیره، مصرف و تجارت انرژی ▪ تکمیل تقاضا	هوش مصنوعی	

.Gupta & et al

.Kassa & et al

.Ushakov & et al

.Govindan & et al

.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 تجزیه و تحلیل 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: ۴۵؛ زو و همکاران، ۲۰۲۳: ۲۰؛ شارما و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۵؛ سانی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۵۳۲-۱۵۲۶؛ 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، ۱۴۰۱: ۷۵-۱۰۶؛ گوپتا و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۸؛ سانی و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۵۳۲-۱۵۲۶؛ راد و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۶۸-۲۹۳؛ چارلز و همکاران، ۲۰۲۳: ۴۱)
پیامدها و نتایج	بهبود مالی و سرمایه‌ای	▪ کاهش هزینه‌های انبارداری و موجودی ▪ کاهش هزینه سیستم‌های انرژی ▪ افزایش رضایت متقاضی	(گوئی. اس و جیشن گو، ۲۰۲۰: ۳۸-۳۳؛ مورگود و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ نیا و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳)

۲۰۲۱: ۲۲؛ چلیک و همکاران؛ ۲۰۲۲: ۳۲؛ الوی و شانگ؛ ۲۰۲۳: ۱۰۶۱۴۴-۱۰۱۲۹	- ایجاد ارزش - سفارشی سازی محصول - انعطاف پذیری تولید - کاهش هزینه عملیاتی - کاهش هزینه حمل و نقل مواد غذایی - افزایش ارزش افزوده - مدیریت کیفیت		
(کریمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۹۱-۶۷؛ سینگ، المی، مریگا و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۴؛ سوری و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۹۲-۲۰۴؛ پال، ۲۰۲۳: ۴۷۸-۴۸۵؛ تان و سیدو؛ ۲۰۲۲: ۱۷؛ هان و همکاران؛ ۲۰۲۱: ۱۳؛ یانگ و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۰؛ الوی و شانگ، ۲۰۲۳: ۱۰۱۲۹-۱۰۶۱۴۴)	- بهبود عملکرد تجهیزات و قابلیت اطمینان - جلوگیری از خرابی ماشین ها، کاهش زمان خرابی و افزایش طول عمر تجهیزات - اتصال درونی و اتصال سریع تر - کارایی و به موقع بودن - یکپارچگی داده ها - نگهداری پیش بینی شده - مدیریت بهتر اطلاعات - مدیریت ارتباط با مشتری - کنترل و ردیابی دقیق تر	کاهش زمان فرایندها و جریان ها	
(روحانی و محمدآبادی، ۱۴۰۱: ۷۳-۵۷؛ تان و سیدو، ۲۰۲۲: ۱۷؛ جیمز و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۲؛ چلیک و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۷؛ شهزاد و همکاران؛ ۲۰۲۳: ۱۷؛ موروگسان و همکاران؛ ۲۰۲۳: ۹)	- دید بیشتر، کارایی بالاتر - افزایش روحیه و انگیزه - افزایش کیفیت خدمات - آگاهی تکنولوژیکی - نفوذ رسانه های اجتماعی - نوآوری شخصی - تجزیه و تحلیل شبکه سازمانی - بهبود رفاه و ایمنی	بهبود بهره وری منابع انسانی	

۱ Çelik & et.al.

۲ Lv & Shang

۳ Han & et.al.

۴ Shahzad

۵ Murugesan & et.al.

	- فرایند جذب و حفظ استعداد - مدیریت عملکرد و بازخورد - افزایش ایمنی و کاهش ریسک‌ها - توانایی پیش‌بینی و تصمیم‌گیری		
(سینگ، المی، مریگا و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۴؛ سلام، ۲۰۲۳: ۳۲؛ شچپانیوک، ۲۰۲۲: ۲۴؛ چارلز و همکاران، ۲۰۲۳: ۴۱؛ عطاران و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۳؛ چلیک و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۲)	- 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	تولید و توزیع یکپارچه و سریع	
(کریمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۹۱-۶۷؛ باگوان و ایوانز، ۲۰۲۳: ۲۱؛ چلیک و همکاران، ۲۰۲۲: ۳۲)	- کاهش ردپای کربن - ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر - اختصاص کارآمد مواد، محصولات و انرژی - کاهش هدررفت و اتلاف	کاهش اثرات زیست محیطی	

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^۱ 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 (جدول ۵). فرمول به‌دست آوردن شاخص کاپا در رابطه زیر نشان داده شده است:

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

در این فرمول $\Pr(a)$ نشان‌دهنده توافق مشاهده شده و $\Pr(e)$ توافقی‌های 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 (۶) نمایش داده شده است. اگر مقدار مربوط به شاخص کاپا بیشتر از ۰٫۶ 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 = ۱۶	B = ۰	۱۶
	خیر	C = ۲	D = ۳	۵
	مجموع	۱۸	۳	۲۱

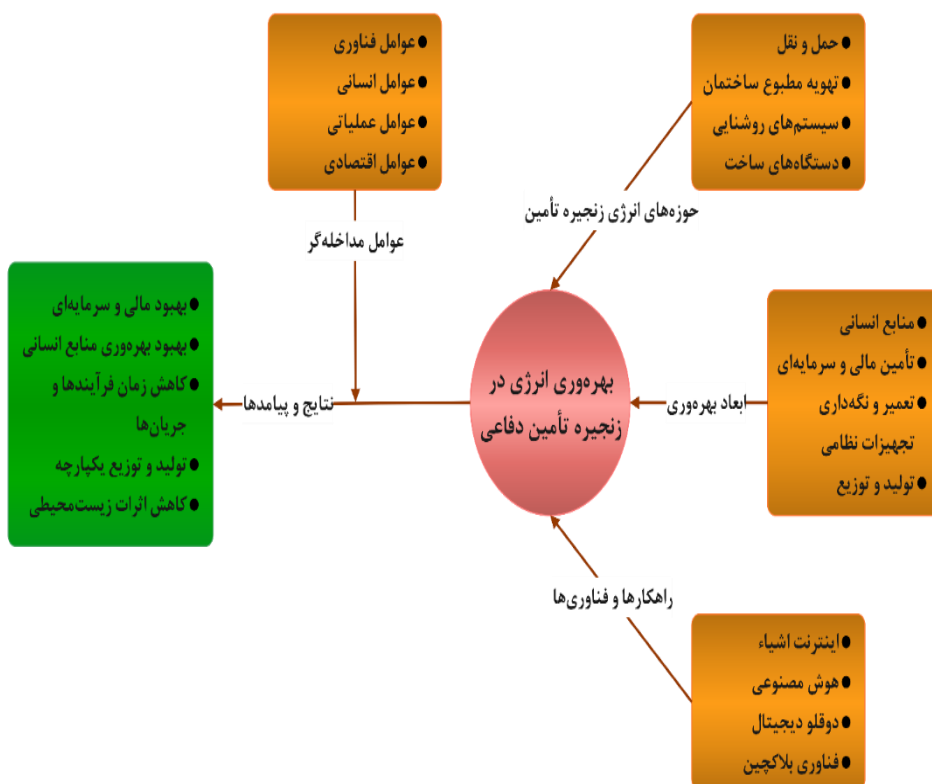
جدول شماره ۶. مقادیر مرتبط با شاخص کاپا

پارامترها	شاخص کاپا	فراوانی	عدد معناداری
مقدار	۰٫۶۹۶	۲۱	۰٫۰۰۱

^۱ Cohen's Kappa

۷-۴. 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. نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱. نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر، ارائه راهکارهایی جهت بهبود بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی به کمک دستاوردهای صنعت ۴،۰ 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 ۲۰۴ 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 ۴,۰ 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 ۴,۰ 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 ۴,۰ باید آن را در نظر گرفت و برای آن تدابیری لحاظ نمود.

۴-۱-۵. 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.

۵-۱-۵. 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 ۴,۰ به پیامدهایی در ۵ مؤلفه منجر می‌گردد:

- (۱) بهبود مالی و سرمایه‌ای،
- (۲) بهبود بهره‌وری منابع انسانی،
- (۳) کاهش زمان فرایندها و جریان‌ها،
- (۴) تولید و توزیع یکپارچه،
- (۵) 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 پیش‌بینی شده.

در بخش تولید و توزیع یکپارچه عبارت‌اند از:

(۱) قابلیت اطمینان تحویل،

(۲) انعطاف‌پذیری،

(۳) تولید پایدار و رقابتی،

(۴) 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 ۴,۰ 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 ۴,۰ و زنجیره تأمین دفاعی به شکل زیر است:

- ❖ بررسی سایر فناوری‌های صنعت ۴,۰ (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 اشیا در زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ ارزیابی تأثیرات اجتماعی و زیست‌محیطی حاصل از پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴,۰ در زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ بررسی استفاده از پهپادها و وسایل نقلیه هیدریدی 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 ۴,۰ مرتبط با زنجیره تأمین دفاعی؛
- ❖ بررسی اثر ترکیبی فناوری‌ها بر بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی (به‌عنوان مثال ترکیب فناوری بلاک‌چین و اینترنت اشیا).

منابع

الف- فارسی

- استخریان حقیقی، امیررضا؛ شکراللهی، زینب؛ و سواری، علی (۱۴۰۰). 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 بین‌المللی همایشها و سمینارهای توسعه پایدار علوم جهان اسلام.
- دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی (۱۳۹۹). *ترازنامه انرژی*، قابل دسترسی در: <http://pep.moe.gov.ir>
- سازمان ملی بهره‌وری ایران (۱۴۰۲). «بهره‌وری و حکمرانی منطقه‌ای»، قابل دسترسی در: <https://www.npo.gov.ir/productivity-journal>
- کریمی زارچی، محمد؛ معبودی، حامد؛ فتحی، محمدرضا؛ و خسروی، ابوالفضل (۱۳۹۹). «ارائه مدل زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور با رویکرد مدل‌سازی ساختاری-تفسیری (مورد مطالعه صندوق حمایت از فناوری)»، *بهبود مدیریت*، ۱۴ (۲)، ۶۷-۹۱.
- روحانی، علی‌اصغر؛ محمدآبادی، رضوان (۱۴۰۱). «بررسی کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین نفت و گاز»، *مجله فرایند نو*، ۱۷ (۷۹)، ۵۷-۷۳.
- قراچورلو، نجف؛ قهرمانی‌نهر، جاوید (۱۴۰۱). «تعیین شاخص‌های بهره‌وری منابع انسانی در سازمان‌های علمی و فناوریانه»، *نشریه مدیریت بهره‌وری*، ۱۶ (۶۱)، ۲۱۷-۲۴۱.
- سعادت، مجتبی؛ خراشادی‌زاده، محمدرضا؛ عین‌القضاتی، علیرضا؛ آگند، فریما؛ و سلطانی، علی‌ولی (۱۳۹۸). «شناخت مقوله انرژی در حوزه نظامی از منظر به‌کارگیری قابلیت‌های فناوری نانو»، *مطالعات دفاعی استراتژیک*، ۱۷ (۷۷)، ۲۹۴-۲۷۵.
- پارسا، علی؛ خادم، سید حسین؛ رضایی، حمیدرضا؛ و محمودزاده، ابراهیم (۱۴۰۲). «بررسی الزامات زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور با تأکید بر فناوری‌های نوظهور صنعت

- ۴، «فصلنامه آماد و فناوری دفاعی»، ۶(۴)، ۴۰-۱۱.
- گیگلو، شهرام؛ ناظمی اردکانی، مهدی (۱۴۰۱). «شناسایی مؤلفه‌های توسعه آینده‌پژوهی در نظام آموزش عالی کشور با رویکرد فراترکیب»، *مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی*، ۶(۲۴)، ۶۰-۳۳.
 - رجب‌پور، ابراهیم؛ اردکانی، مهدی (۱۳۹۹). «رابطه بین مدیریت منابع انسانی سبز و زنجیره تأمین سبز»، *نشریه مطالعات راهبردی در صنعت نفت و انرژی*، ۱۱(۴۴)، ۳۱۷-۳۴۲.
 - آجیرلو، محمد؛ غفارلو، اکبر (۱۴۰۰). «بررسی قابلیت‌های مدیریت لجستیک نیروهای مسلح ج.ا.ایران در کاهش آسیب‌ها در بحران‌های طبیعی»، *فصلنامه راهبرد دفاعی*، ۲۰(۷۷)، ۹۸-۷۳.
 - فلاح، محمد؛ نوذری، حامد (۱۴۰۰). «بررسی کمی ریسک‌های سایبری در زنجیره تأمین مبتنی بر اینترنت اشیا (صنایع FMCG)»، *نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۵(۴)، ۵۲۱-۵۱۰.
 - موحدی‌صفت، محمدرضا؛ سپهری، محمد؛ هلیلی، خداداد؛ و فرزانه، عادل (۱۴۰۲). «الگوی دفاع هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا»، *مطالعات دفاعی استراتژیک*، ۲۱(۹۲)، ۹۲-۶۹.
 - موحدی‌صفت، محمدرضا (۱۴۰۱). «ارتقا امنیت در زنجیره تأمین دفاعی با به‌کارگیری فناوری زنجیره بلوکی»، *فصلنامه آماد و فناوری دفاعی*، ۵(۴)، ۱۰۶-۷۵.
 - کریمی، حسین؛ جمشیدی، محمدجواد؛ و بخشم، میلاد (۱۴۰۲). «شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های پیشران در مدیریت زنجیره تأمین سبز مبتنی بر اینترنت اشیا»، *فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۱(۶۹)، ۱۶۰-۱۲۹.

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., Mahanthesh, 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., Manti, 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>

