

نقش مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم در تعاملات بین‌المللی ایران محمدرضا بهرامی^۱، غلامرضا هاشم زاده^۲، اشرف شاه منصوری^۳، کیامرث فتحی هفشجانی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹

چکیده:

در عصر کنونی، تغییرات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم با ادغام فناوری‌های پیشرفته و خودکارسازی هوشمند، تعاملات بین‌المللی و ساختارهای اقتصادی کشورها را به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر قرار داده است. این تغییرات، به‌ویژه برای کشورهای درحال توسعه‌ای مانند ایران که در تلاش برای بهبود جایگاه خود در صحنه جهانی هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد. این پژوهش با هدف شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های استراتژیک تأثیرگذار و تأثیرپذیر بر تعاملات بین‌المللی ایران در حرکت به‌سوی صنعت نسل چهارم انجام شده است. سؤال اصلی این تحقیق این است که کدام مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم بیشترین تأثیر را بر تعاملات بین‌المللی ایران دارند و چگونه می‌توان از این مؤلفه‌ها برای تقویت جایگاه ایران استفاده کرد؟ در بخش کیفی این پژوهش، فرآیند طبقه‌بندی داده‌ها برای ایجاد کدهای اولیه، مقوله‌ها و کدهای محوری انجام شد که در نهایت منجر به استخراج ۵۷ کد اولیه و ۶ مقوله کلیدی شد. سپس با استفاده از روش دلفی فازی و نظرسنجی از خبرگان، این مؤلفه‌ها غربال شده و ۱۶ زیرمعیار نهایی مورد اجماع قرار گرفت. در پایان، با روش دیمتل فازی، روابط بین معیارها و زیرمعیارها بررسی شد که در اینمیان، مؤلفه «نوآوری و اقتصاد دیجیتال» بیشترین میزان تأثیرگذاری و «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» به‌عنوان دومین معیار تأثیرگذار شناسایی شدند. از منظر تأثیرپذیری، مؤلفه «تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع» بیشترین تأثیرپذیری را به خود اختصاص داد. همچنین، از میان زیرمعیارها به ترتیب، «خلق ارزش مشترک» و «شبکه‌سازی بین‌المللی» به‌عنوان اثرگذارترین علت‌ها و «توسعه مهارت‌های دیجیتال» به‌عنوان اثرپذیرترین معلول شناسایی شدند.

واژگان اصلی: صنعت ۴،۰، تعاملات بین‌المللی، اقتصاد دیجیتال، شبکه‌سازی جهانی، دیمتل فازی.

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

gh_hashemzadeh@azad.ac.ir

۳. استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

تحولات گسترده ناشی از انقلاب صنعتی چهارم که با نام «صنعت ۴,۰»^۱ شناخته می‌شود، نشان‌دهنده همگرایی بی‌سابقه‌ای از فناوری‌های پیشرفته نظیر سیستم‌های سایبر-فیزیکی،^۲ اینترنت اشیاء،^۳ هوش مصنوعی^۴ و تحلیل داده‌های کلان^۵ است. این همگرایی فناورانه، نه تنها ساختارهای تولید و زنجیره‌های تأمین جهانی را دگرگون کرده، بلکه نقش‌ها و تعاملات در محیط‌های کاری را نیز به‌طور اساسی تغییر داده است و چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی را در عرصه توسعه بین‌المللی به‌ویژه برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران ایجاد کرده است.

برای کشورهایی همچون ایران، صنعت ۴,۰ ظرفیت بی‌نظیری برای بازسازی و تقویت جایگاه بین‌المللی از ابعاد مختلف اقتصادی، فناوری و سیاسی دارد. پذیرش مؤلفه‌های کلیدی این صنعت، از جمله فناوری‌های پیشرفته تولید، زیرساخت‌های دیجیتالی پیچیده، ظرفیت‌های تحقیق و توسعه قوی، و نیروی کار متخصص، می‌تواند به دستاوردهای چشمگیری منجر شود و زمینه را برای تقویت رقابت‌پذیری و افزایش بهره‌وری اقتصادی این کشورها فراهم آورد. علاوه بر این، صنعت ۴,۰ با تکیه بر ظرفیت‌های خود، امکان ایجاد همکاری‌های فناورانه و اشتراک دانش میان ایران و دیگر کشورها را تسهیل می‌کند؛ امری که می‌تواند نقش مؤثری در تسریع روند پیشرفت‌های فناورانه و علمی ایفا نماید و به جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی و ورود ایران به زنجیره‌های ارزش جهانی منجر شود.

پژوهش حاضر با هدف تحلیل و شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر استراتژیک بر تعاملات بین‌المللی ایران در حرکت به سمت صنعت نسل چهارم، به واکاوی پیچیدگی‌های تعاملات بین‌المللی ایران در این زمینه پرداخته که برای درک ظرایف تعاملات بین‌المللی ایران در سایه صنعت نسل چهارم، تأکید بر نرخ بالای توسعه فناوری و دگرگونی‌های پارادایمی که در عرصه جهانی تولید در حال وقوع است، ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با تأکید بر نرخ بالای توسعه فناوری و دگرگونی‌های پارادایمی که در عرصه جهانی تولید در حال وقوع است، تلاش می‌کند تا به یک

^۱ Industry 4.0

^۲ Cyber-Physical Systems(CPS)

^۳ Internet of Things (IoT)

^۴ Artificial Intelligence

^۵ Big Data

چارچوب استراتژیک جامع دست یابد که با بهره‌گیری از فرصت‌های ایجادشده توسط صنعت ۴,۰، به بهبود تعاملات بین‌المللی ایران کمک کند و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مؤلفه‌های مختلف را در این مسیر بررسی نماید. ایران در تلاش است تا از طریق صنعت ۴,۰، به‌سوی یک اقتصاد دانش‌بنیان حرکت کند و از تحول ناشی از فناوری‌های پیشرفته برای سرمایه‌گذاری استفاده نماید. اگرچه پذیرش فناوری‌های نسل چهارم می‌تواند دروازه‌های فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را به روی ایران بگشاید، اما چالش‌های عظیمی نیز با آن همراه می‌باشد.

با این حال، پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ای نظیر صنعت ۴,۰ برای کشورهای در حال توسعه با چالش‌های خاصی مواجه است. در این میان، موضوعاتی نظیر امنیت سایبری، ارتقاء مهارت نیروی کار و توسعه زیرساخت‌های دیجیتال از جمله موانع عمده‌ای هستند که نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک و اقدامات سیاستی ویژه‌ای می‌باشند. از سویی، برای کشوری مانند ایران که با توجه به شرایط خاص اقتصادی و تحریم‌های بین‌المللی به دنبال بهره‌برداری از فناوری‌های تحول‌آفرین است، عبور از این موانع و مدیریت چالش‌های مرتبط با آن، امری ضروری و غیرقابل اجتناب است.

ایران با بهره‌گیری از راهبردهای صنعت ۴,۰ می‌تواند در مذاکرات بین‌المللی نفوذ بیشتری کسب کرده و در ساختارهای حکمرانی جهانی فناوری و استانداردسازی جایگاه بهتری پیدا کند. علاوه بر این، این کشور با روی آوردن به فناوری‌های صنعت ۴,۰ می‌تواند ضمن توسعه و ارتقاء مهارت‌های تخصصی و فناورانه نیروی کار داخلی، با ایجاد اشتراکات فناورانه و تحقیقاتی، همکاری‌های بلندمدت و مؤثری با کشورهای پیشرفته برقرار نماید و از این رهگذر بر توسعه توان رقابتی خود در سطح بین‌المللی بیفزاید.

با توجه به افزایش رقابت جهانی و نیاز به بهبود جایگاه بین‌المللی ایران، تحقیق در زمینه صنعت ۴,۰ و تأثیرات آن بر تعاملات بین‌المللی ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف این پژوهش شناسایی و تعیین اهمیت مؤلفه‌های کلیدی تأثیرگذار و تأثیرپذیر استراتژیک در حرکت ایران به سمت صنعت نسل چهارم و بهره‌برداری از فرصت‌های این صنعت است. پژوهش حاضر با تمرکز بر تحلیل تأثیر و تأثر این مؤلفه‌ها بر قابلیت‌ها و موقعیت‌های ایران، یک نگاه جدید و جامع به موضوعی ارائه می‌دهد که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است. این پژوهش با استفاده از روش‌های کیفی و کمی و بهره‌گیری از تحلیل‌های پیشرفته مانند دلفی فازی و دیتمل فازی، به دنبال ارائه نتایج دقیق‌تر و کاربردی‌تر برای بهبود وضعیت ایران در عرصه بین‌المللی است.

مبانی و چارچوب نظری تحقیق

در دهه‌های اخیر، صنعت نسل چهارم به‌عنوان یکی از مفاهیم پیشرو و تحول‌آفرین در حوزه صنعتی شناخته شده که تأثیرات عمیقی بر تعاملات بین‌المللی کشورها داشته است. این پژوهش چارچوب نظری خود را بر اساس تئوری نوآوری باز^۱ بنا کرده است. تئوری نوآوری باز به فرآیندی اشاره دارد که طی آن سازمان‌ها نه تنها از منابع داخلی خود، بلکه از منابع و دانش خارجی برای تسریع در فرآیند نوآوری و افزایش رقابت‌پذیری بهره می‌گیرند (دورموس اوغلو، ۲۰۰۴، صص. ۳۲۵-۳۲۶). این رویکرد به‌ویژه در صنعت ۴،۰ که با دیجیتال‌سازی گسترده و به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته از جمله اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، و سیستم‌های سایبر-فیزیکی همراه است، نقش حیاتی دارد (مبارک و همکاران، ۲۰۲۱، صص. ۱۰۰۷-۱۰۲۲)؛ استراتزولو و همکاران، ۲۰۲۴، صص. ۸۲۷-۸۳۹). تئوری نوآوری باز، با بهبود دسترسی به منابع خارجی دانش و فناوری، زمینه‌ای برای شبکه‌سازی بین‌المللی و تقویت توان نوآورانه در کشورهایی مانند ایران فراهم می‌آورد که در حال توسعه هستند و با چالش‌های زیست‌محیطی و رقابتی مواجه‌اند. پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که پیاده‌سازی صنعت ۴،۰ با تأکید بر نوآوری باز می‌تواند به بهبود عملکرد زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، و رشد پایدار منجر شود (اودورو و دنیسکو، ۲۰۲۳). به عنوان مثال، مبارک و همکاران (۲۰۲۱) دریافتند که ترکیب نوآوری باز با فناوری‌های صنعت ۴،۰ به شرکت‌ها اجازه می‌دهد به شیوه‌ای موثرتر و کارآمدتر در بازارهای جهانی حضور یابند و بهره‌وری را افزایش دهند.

از این منظر، پذیرش فناوری‌های صنعت ۴،۰ در چارچوب نوآوری باز، به سازمان‌ها کمک می‌کند که با جذب دانش از منابع بین‌المللی و ارتقای توانایی‌های دوجانبه^۲، همزمان بهره‌وری و نوآوری را بهبود بخشند و در مواجهه با چالش‌های رقابتی و زیست‌محیطی مؤثرتر عمل کنند. بر اساس تئوری قابلیت‌های پویا^۳، نوآوری باز به‌عنوان یک قابلیت پویا به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که به سرعت با تغییرات محیطی سازگار شوند و رقابت‌پذیری خود را افزایش دهند (تیس، ۲۰۱۴، صص. ۳۲۸-۳۲۹).

^۱ Open Innovation

^۲ Ambidexterity

^۳ Dynamic Capabilities Theory

۳۵۲). در این راستا، چارچوب نظری تحقیق حاضر تأکید می‌کند که پذیرش صنعت ۴,۰ از طریق نوآوری باز می‌تواند به تقویت تعاملات بین‌المللی، بهبود موقعیت ایران در زنجیره تأمین جهانی، و ایجاد ارزش افزوده منجر شود. به‌طور کلی، این چارچوب نظری بیانگر آن است که پذیرش و به‌کارگیری فناوری‌های صنعت ۴,۰ در چارچوب نوآوری باز، می‌تواند به‌طور قابل توجهی نقش ایران در تعاملات بین‌المللی و حکمرانی جهانی را افزایش داده و به رشد و توسعه پایدار اقتصادی کشور کمک کند.

چهارمین انقلاب صنعتی، با توجه به تغییرات سریع و نوآورانه‌ای که در تولید دیجیتال، ارتباطات شبکه‌ای، کامپیوتر و فناوری‌های اتوماسیون به وجود آورده، به‌عنوان یک پدیده نوظهور محسوب می‌شود (کیانی و موسوی، ۱۴۰۰، صص. ۱۵۵-۱۶۳). صنعت ۴,۰ با همگرایی فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سیستم‌های سایبر-فیزیکی، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و تحلیل داده‌های کلان، نه تنها فرآیندهای تولید و زنجیره‌های تأمین، بلکه ماهیت کار را نیز دگرگون می‌سازد (بهرامی و همکاران، ۱۴۰۲، صص. ۲۶۷-۲۹۷). مطالعه مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم برای کشورهایی مانند ایران که در مسیر توسعه صنعتی و بهبود روابط بین‌المللی قرار دارند، اهمیت ویژه‌ای دارد. این مؤلفه‌ها می‌توانند در شناخت دقیق فرصت‌ها و چالش‌های موجود در تعاملات بین‌المللی ایران نقش مهمی ایفا کنند. برای کشورهایی که در حال توسعه هستند، از جمله ایران، عناصر استراتژیک صنعت ۴,۰ ظرفیت بالقوه‌ای برای بازسازی روابط بین‌المللی در زمینه‌های اقتصادی، فناوری و سیاسی دارند (شواب، ۲۰۱۷، ص. ۱۹۴). عناصر کلیدی صنعت ۴,۰ شامل فناوری‌های پیشرفته تولید، زیرساخت‌های دیجیتالی پیچیده، ظرفیت‌های تحقیق و توسعه قوی، و نیروی کار با تخصص بالا است و پذیرش آن می‌تواند به دستاوردهای اقتصادی منجر شود. افزایش اتوماسیون، تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده و توسعه محصولات و خدمات نوین که توسط صنعت ۴,۰ تسهیل می‌شوند، توانایی ارتقاء رقابت‌پذیری کشور را از طریق بهبود بهره‌وری و جذب سرمایه‌گذاری‌های خارجی دارد (استرنج و زوجلا، ۲۰۱۷). مفهوم صنعت ۴,۰ برای بسیاری از کشورها جذاب شده و تعدادی از آن‌ها در حال بررسی اجرای آن در آینده نزدیک هستند؛ با این حال، پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند صنعت ۴,۰، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، چالش‌برانگیز است و ایران نمونه بارزی از این کشورها محسوب می‌شود (ضیائی و موهلسکا، ۲۰۱۸، ص. ۳۹). از آنجا که توسعه تجارت بین‌المللیکی از عوامل اصلی رشد اقتصادی کشورها محسوب می‌شود، به‌کارگیری

مفاهیم دیجیتالی‌سازی و فناوری اطلاعات در مدیریت سازمان‌های خدماتی و تولیدی در چهارمین انقلاب صنعتی به‌عنوان ضرورتی برای رشد و شفافیت در این زمینه مطرح می‌شود (نعمتی زاده و دیگران، ۱۴۰۰، صص. ۵۳-۷۶). این مطالعه با تمرکز بر تحلیل مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم در ایران، به بررسی تأثیرات این فناوری‌ها بر رقابت‌پذیری و تعاملات بین‌المللی کشور پرداخته است. در ادبیات علمی، به طور گسترده‌ای اثرات فناوری‌های پیشرفته و استراتژی‌های صنعتی در سطح جهانی مورد بررسی قرار گرفته است. صنعت چهارم، با ادغام فناوری‌های دیجیتال، اتوماسیون و تبادل داده‌ها، تحولی اساسی در بخش‌های تولید و ساخت ایجاد کرده است. مؤلفه‌هایی مانند دیجیتالی‌سازی، اتوماسیون، تولید هوشمند و تحلیل پیشرفته داده‌ها نقش کلیدی در شکل‌دهی تعاملات بین‌المللی کشورهایی که این فناوری‌ها را به کار گرفته‌اند، ایفا می‌کنند. این پژوهش با هدف پر کردن شکاف‌های موجود در دانش و ارائه راهکارهای مؤثر برای بهبود تعاملات بین‌المللی ایران انجام شده است.

مؤلفه‌های استراتژیک صنعت چهارم: صنعت چهارم شامل چندین مؤلفه استراتژیک است که برای فرآیندهای تولید و ساخت مدرن ضروری هستند. این موارد عبارت‌اند از:

دیجیتالی‌سازی و اتوماسیون: صنعت ۴,۰ که بر پایه دیجیتالی‌سازی و اتوماسیون بنا شده، تحولی اساسی در تولید سنتی ایجاد کرده و گذار به کارخانه‌های هوشمند را ممکن می‌سازد. یوکسل (۲۰۲۲) در بررسی خود نشان داده است که پذیرش و پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ در کشورهای در حال توسعه نیازمند فراهم‌سازی زیرساخت‌های دیجیتال، سطح بالای نوآوری سازمانی، و توسعه مهارت‌های نیروی کار است. او تأکید دارد که همکاری‌های بین‌المللی می‌تواند نقشی حیاتی در پیشبرد این اهداف ایفا کند و فناوری‌های پیشرفته‌ای همچون اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، تعاملات بین‌المللی و توان رقابت‌پذیری کشورها را به‌طور قابل توجهی تقویت می‌کنند. یوکسل همچنین هشدار می‌دهد که چالش‌های امنیتی و نبود سیاست‌های حمایتی مناسب ممکن است مانع از پیشرفت در پذیرش و بهره‌برداری از فناوری‌های صنعت ۴,۰ شوند. کومار و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی خود نشان می‌دهند که این صنعت با ادغام فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند سیستم‌های سایبری-فیزیکی، اینترنت اشیا و کلان داده‌ها، به تولید سیستم‌های هوشمند و خودکار منجر شده و با ایجاد ارتباطات بی‌سابقه بین دستگاه‌ها و انسان‌ها، پیچیدگی و چالش‌های امنیتی را افزایش می‌دهد. این تحول نه تنها تولید، بلکه سایر جنبه‌های جامعه از جمله مهارت‌های نیروی کار و نیاز به آموزش‌های جدید را تحت تأثیر

قرار می‌دهد. نویسندگان تأکید دارند که پذیرش و اجرای فناوری‌های صنعت ۴,۰ برای کشورها و شرکت‌ها اجتناب‌ناپذیر است تا در آینده رقابتی باقی بمانند. همچنین، آن‌ها به مؤلفه‌هایی نظیر تحول در مهارت‌های نیروی کار، تغییرات در نظام‌های آموزشی و چالش‌های امنیت سایبری به‌عنوان عوامل مؤثر این صنعت در تعاملات بین‌المللی اشاره می‌کنند و تأکید دارند که صنعت ۴,۰ به‌عنوان یک تغییر اساسی در ساختارهای اقتصادی و اجتماعی و تعاملات بین‌المللی نقش کلیدی دارد.

ایتترنت اشیا: ادغام ایتترنت اشیا در فرآیندهای تولید، نقش کلیدی در تبدیل کارخانه‌های سنتی به کارخانه‌های هوشمند ایفا می‌کند و با تسهیل نظارت بلادرنگ، نگهداری پیش‌بینی‌کننده و مدیریت کارآمد منابع، به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود. سوری و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای با عنوان «ایتترنت اشیا برای کارخانه‌های هوشمند در صنعت ۴,۰» به بررسی جامع کاربردهای ایتترنت اشیا پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که این فناوری با استفاده از شبکه‌ای از دستگاه‌ها و سنسورها، نه تنها به بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کاهش خرابی ماشین‌آلات کمک می‌کند، بلکه ایمنی کارکنان و مدیریت موجودی را نیز بهبود می‌بخشد. مقاله به‌طور ویژه به مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم اشاره دارد که شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای بهینه‌سازی تولید، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی، نظارت بر سلامت کارکنان و افزایش انعطاف‌پذیری تولید در پاسخ به تغییرات بازار می‌شود. این تحلیل به‌خوبی نشان می‌دهد که ایتترنت اشیا به‌عنوان یک فناوری مؤثر، می‌تواند نقش مهمی در بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی در کارخانه‌های هوشمند ایفا کند و تأثیرات قابل‌توجهی بر تعاملات بین‌المللی داشته باشد.

هوش مصنوعی یادگیری ماشین: هوش مصنوعی^۱ و یادگیری ماشین^۲ در صنعت چهارم نقشی کلیدی در تصمیم‌گیری هوشمند، تحلیل پیش‌بینی‌کننده و عملیات خودکار ایفا می‌کنند. احمد و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «از هوش مصنوعی به‌سوی هوش مصنوعی قابل‌اعتماد در صنعت ۴,۰: کاربردها و چالش‌ها» به بررسی جامع این فناوری‌ها پرداخته‌اند. آن‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی، با توانایی انجام وظایفی مانند نظارت، تفسیر و تحلیل، صنایع را قادر می‌سازد تا نیازهای نگهداری را پیش‌بینی و زمان خرابی را کاهش دهند. مقاله به بررسی فرصت‌ها و چالش‌های پیش روی استفاده از هوش مصنوعی و تکنولوژی‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ پرداخته و به ویژه بر اهمیت

۱ Artificial Intelligence

۲ Machine learning

توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی قابل توضیح برای افزایش اعتماد و پذیرش کاربران تأکید دارد. مؤلفه‌های استراتژیک بررسی‌شده شامل سیستم‌های سایبری-فیزیکی، کلان داده‌ها، اینترنت اشیا و محاسبات ابری هستند که با ترکیب با هوش مصنوعی، به بهبود عملکرد، کاهش هزینه‌ها، مدیریت بهینه زنجیره تأمین و افزایش ایمنی کارکنان کمک می‌کنند. این تحلیل بر اهمیت این فناوری‌ها در تقویت تعاملات بین‌المللی و افزایش بهره‌وری در صنعت ۴,۰ تأکید دارد.

فناوری‌های انسان‌محور: گذار از صنعت چهارم به صنعت پنجم بر ادغام فناوری‌های انسان‌محور متمرکز است که بر پایداری، رفاه انسان و تاب‌آوری تأکید دارند. مرتزیس و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «مروری بر چالش‌ها و فرصت‌های گذار از صنعت ۴,۰ به جامعه ۵,۰» به بررسی تحولات از انقلاب صنعتی چهارم به‌سوی جامعه هوشمند و انسان‌محور پنجم پرداخته‌اند. آن‌ها توضیح می‌دهند که صنعت ۴,۰ با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، کلان داده‌ها، هوش مصنوعی و سیستم‌های سایبری-فیزیکی بهره‌وری تولید و کیفیت محصولات را بهبود بخشیده، اما بیشتر بر جنبه‌های ماشینی تمرکز داشته است. صنعت ۵,۰، در مقابل، با استفاده از هوش انسانی و هوش مصنوعی به دنبال ایجاد سیستم‌های تولید خودکار و پایدار است که به ارتقای کیفیت زندگی و پایداری محیط‌زیست کمک می‌کند. جامعه ۵,۰ نیز، همزمان با این صنعت، به دنبال ایجاد جامعه‌ای هوشمند است که با فناوری اطلاعات، رفاه اقتصادی و حل مشکلات اجتماعی را تسهیل می‌کند. این مقاله به چالش‌ها و فرصت‌های گذار به جامعه ۵,۰ و نقش این تغییرات در بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در محیط‌های صنعتی و تعاملات بین‌المللی می‌پردازد.

تأثیر بر تعاملات بین‌المللی: مؤلفه‌های استراتژیک صنعت چهارم تأثیرات گسترده‌ای بر تعاملات بین‌المللی کشورها، به‌ویژه در زمینه‌های تجارت، دیپلماسی اقتصادی و رقابت‌پذیری جهانی دارد. برای ایران، بهره‌گیری از این فناوری‌ها می‌تواند به تحول چشمگیر در بخش صنعتی و تقویت موقعیت آن در بازار جهانی منجر شود، و در نتیجه تعاملات بین‌المللی ایران را بهبود بخشد. با روی آوردن ایران به فناوری‌های صنعت ۴,۰، این کشور در مذاکرات بین‌المللی نفوذ بیشتری کسب کرده و مشارکت خود را در ساختارهای حکمرانی جهانی مرتبط با توسعه فناوری و استانداردسازی تقویت خواهد نمود (فنگوی و سای، ۲۰۲۱، صص. ۱۳۱۱-۱۳۲۵). این تغییرات نه تنها به افزایش رقابت‌پذیری ایران کمک می‌کنند، بلکه می‌توانند جایگاه کشور را در دیپلماسی اقتصادی و تجارت جهانی تقویت کنند.

تجارت و دیپلماسی اقتصادی: اتخاذ فناوری‌های صنعت چهارم می‌تواند قابلیت‌های تولیدی ایران را بهبود بخشد و رقابت‌پذیری محصولات ایرانی را در بازار جهانی افزایش دهد. این فناوری‌ها با بهبود کیفیت محصول، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری، می‌توانند سرمایه‌گذاری‌های خارجی و مشارکت‌های تجاری را جذب کنند. یانگ و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای به بررسی کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری گروهی در صنعت کشتیرانی ۴,۰ پرداخته و نشان داده‌اند که این روش‌ها می‌توانند به بهبود کارایی، دقت و پذیرش نتایج کمک کنند. در زمینه‌هایی مانند کنترل ریسک‌های ایمنی، توسعه پایدار و مدیریت بنادر، این روش‌ها نقش مهمی در ارتقای کارایی و کاهش هزینه‌ها ایفا می‌کنند. ترکیب این روش‌ها با فناوری‌های صنعت ۴,۰ می‌تواند به بهبود عملکرد صنعت کشتیرانی و تقویت تعاملات بین‌المللی ایران کمک کند.

رقابت‌پذیری جهانی: ادغام فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در بخش تولید ایران می‌تواند رقابت‌پذیری جهانی این کشور را به‌طور چشمگیری افزایش دهد و ایران را به یک بازیگر مهم در بازار جهانی تبدیل کند. زیترچ و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به بررسی تحولات صنعتی از صنعت ۴,۰ به سوی صنعت ۵,۰ پرداخته‌اند و نشان داده‌اند که صنعت ۴,۰ با تأکید بر فناوری‌های ماشینی به بهبود بهره‌وری و کیفیت محصولات کمک کرده است، اما صنعت ۵,۰ با تمرکز بیشتر بر جنبه‌های انسانی و نقش کارکنان در فرآیند تولید ظهور کرده است. این تغییر پارادایم، به‌ویژه پس از همه‌گیری کووید-۱۹، بر اهمیت مهارت‌ها و همکاری انسان‌ها با ماشین‌ها تأکید دارد. مقاله به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های این مسیر پرداخته و نشان می‌دهد که ترکیب فناوری‌های پیشرفته با رویکردهای انسان‌محور می‌تواند به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در محیط‌های صنعتی و اجتماعی کمک کند و نقش مؤثری در تعاملات بین‌المللی ایفا کند.

دیپلماسی فناوری: استقرار استراتژیک فناوری‌های صنعت چهارم می‌تواند به تسهیل دیپلماسی فناوری و تقویت همکاری‌ها و تبادل دانش بین‌المللی منجر شود و روابط بین‌المللی ایران را در حوزه فناوری تقویت کند. مینچف و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای با عنوان «نقش تحول‌آفرین فناوری‌های هوش مصنوعی برای دیپلماسی سایبری آینده» به بررسی نقش هوش مصنوعی در تحول دیپلماسی سایبری پرداخته‌اند. آن‌ها توضیح می‌دهند که هوش مصنوعی با تسهیل تعاملات انسان-ماشین و استخراج دانش از منابع اطلاعاتی مختلف، به بهبود پیش‌بینی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در شرایط عدم قطعیت کمک می‌کند. این مقاله یک چارچوب چندمنظوره برای دیپلماسی سایبری آینده پیشنهاد

می‌دهد که شامل مدل‌سازی تحلیلی پویا و شبیه‌سازی در واقعیت ترکیبی است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ و تنش‌های نظامی اخیر، روند دیپلماسی سایبری را تسریع کرده است. مقاله به چالش‌ها و فرصت‌های ادغام هوش مصنوعی در دیپلماسی سایبری پرداخته و مؤلفه‌های کلیدی مانند بهبود امنیت سایبری، مدیریت اطلاعات و کاهش ریسک‌های امنیتی را بررسی می‌کند. این مقاله به‌خوبی نشان می‌دهد که چگونه ترکیب هوش مصنوعی با رویکردهای دیپلماتیک می‌تواند به بهبود کارایی و بهره‌وری در محیط‌های دیپلماتیک و امنیتی کمک کند و نقش مهمی در تعاملات بین‌المللی ایفا نماید.

چالش‌ها و فرصت‌ها در ایران: درحالی‌که مزایای بالقوه صنعت چهارم برای تعاملات بین‌المللی ایران قابل توجه است، برای تحقق کامل این مزایا باید چندین چالش را برطرف کرد. امنیت سایبری، ارتقاء مهارت نیروی کار و توسعه زیرساخت‌ها از جمله موانع جدی برای پیاده‌سازی موفق صنعت ۴,۰ در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌روند که نیازمند برنامه‌ریزی استراتژیک و مداخلات سیاستی مناسب هستند (پوتوچان و همکاران، ۲۰۲۱، صص. ۱۳۹۸-۱۴۰۸).

زیرساخت فناوری: اجرای موفقیت‌آمیز صنعت چهارم در ایران نیازمند زیرساخت‌های فناوری قوی است، اما فقدان زیرساخت‌های پیشرفته و آمادگی فناوری می‌تواند روند پذیرش مؤلفه‌های این صنعت را کند کند. آنتونی و فرانکو (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «تأثیر رفتار و باورهای فناوری بر بهزیستی ذهنی: نقش زیرساخت‌های فناوری» نشان داده‌اند که استفاده از فناوری، به‌ویژه اینترنت، بسته به کیفیت زیرساخت‌های فناوری می‌تواند به سطوح مختلفی از بهزیستی ذهنی منجر شود. همچنین، نگرش‌های مثبت نسبت به علم و فناوری نیز در مناطقی با زیرساخت‌های ضعیف‌تر تأثیر قوی‌تری بر بهزیستی ذهنی دارد. این مطالعه تأکید می‌کند که برای دستیابی به مزایای صنعت چهارم، توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و بهبود دسترسی به فناوری ضروری است. این مقاله نشان می‌دهد که ترکیب فناوری‌های پیشرفته با رویکردهای انسان‌محور می‌تواند به بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری کمک کرده و در تقویت تعاملات بین‌المللی نقش مهمی ایفا کند.

نیروی کار ماهر: گذار به صنعت چهارم مستلزم داشتن نیروی کاری ماهر است که با فناوری‌های پیشرفته آشنا باشد. لی (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «بازآموزی و ارتقای مهارت نیروی کار آماده برای آینده در صنعت ۴,۰ و فراتر از آن» بر اهمیت بازآموزی و ارتقای مهارت نیروی کار برای مواجهه با تغییرات ناشی از صنعت ۴,۰ تأکید کرده است. این صنعت با ادغام فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند

سیستم‌های سایبری-فیزیکی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، فرآیندهای تولید و مهندسی را متحول کرده و نیاز به مهارت‌های جدید و دانش روز را افزایش داده است. پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵، نیمی از کارکنان به بازآموزی نیاز خواهند داشت و مهارت‌های جدید فناوری به یکی از الزامات کلیدی تبدیل می‌شود. مقاله نشان می‌دهد که یادگیری مادام‌العمر باید به استراتژی سازمان‌ها اضافه شود و تأکید دارد که بازآموزی برای حفظ رقابت‌پذیری و توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی در عصر دیجیتال ضروری است. این مقاله همچنین بر نقش اساسی بازآموزی نیروی کار در تعاملات بین‌المللی تأکید دارد، به ویژه در کشورهای در حال توسعه و اقتصادهای پیشرفته که نیاز به ارتقای مهارت‌ها و دیجیتال‌سازی فرآیندهای تولید دارند.

چارچوب قانونی و سیاست‌گذاری: ایجاد یک چارچوب قانونی و سیاست‌گذاری مناسب برای موفقیت در پذیرش صنعت چهارم ضروری است، به‌ویژه سیاست‌هایی که از نوآوری، سرمایه‌گذاری‌های فناوری و همکاری‌های بین‌المللی حمایت می‌کنند. کیلانی (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «تأثیر امنیت سایبری بر فرآیندهای داخلی سازمان» به بررسی نقش زیرساخت‌های فناوری در تقویت امنیت سایبری و کنترل فرآیندهای داخلی سازمان پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که انگیزه‌های امنیت سایبری نظیر رشد داده‌ها و گسترش فناوری به‌طور غیرمستقیم بر فرآیندهای داخلی سازمان تأثیر می‌گذارند و به پایداری زیرساخت‌های فناوری کمک می‌کنند. این مقاله تأکید دارد که سازمان‌ها باید زیرساخت‌های فناوری اطلاعات را به‌عنوان بخشی از استراتژی‌های مدیریت ریسک خود در نظر بگیرند تا از خطرات و حملات غیرمنتظره جلوگیری کنند. ترکیب فناوری‌های پیشرفته با رویکردهای امنیتی نه تنها می‌تواند کارایی و بهره‌وری را در محیط‌های صنعتی افزایش دهد، بلکه در تقویت تعاملات بین‌المللی نیز نقش مهمی ایفا می‌کند.

ثبات اقتصادی و سیاسی: ثبات اقتصادی و سیاسی ایران تأثیر قابل‌توجهی بر اجرای موفق فناوری‌های صنعت چهارم دارد، زیرا تحریم‌های اقتصادی و عدم قطعیت‌های سیاسی می‌توانند مانع از سرمایه‌گذاری‌ها و پیشرفت‌های فناوری شوند. رئوفی و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «همه‌گیری کووید-۱۹ و یادگیری سیاست سلامت مقایسه‌ای در ایران» به بررسی سیاست‌های ایران در مقابله با کووید-۱۹ و مقایسه آن‌ها با تجربه‌های چین و سازمان جهانی بهداشت پرداخته‌اند. این مطالعه نشان می‌دهد که ایران با وجود چالش‌هایی مانند کمبود تجهیزات حفاظتی و تأخیر در تصمیم‌گیری‌ها، سیاست‌های مبتنی بر شرایط خاص خود را تدوین کرده است. همچنین، مقاله به

نقش همکاری‌های بین‌سازمانی، استفاده از فناوری اطلاعات و تدوین سیاست‌های آموزشی در مقابله با کووید-۱۹ اشاره می‌کند. این تحلیل نشان می‌دهد که برای مدیریت بهتر بحران‌ها، سیاست‌های مبتنی بر شواهد و همکاری‌های جامع بین‌سازمانی ضروری هستند، که این نکته برای موفقیت در پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت چهارم و تعاملات بین‌المللی نیز اهمیت دارد.

مؤلفه‌های استراتژیک صنعت چهارم، پتانسیل عظیمی برای متحول ساختن بخش تولید ایران و تقویت تعاملات بین‌المللی آن دربردارند. دیجیتالیزاسیون، اتوماسیون، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، عوامل کلیدی در ارتقاء بهره‌وری، کارایی و رقابت‌پذیری جهانی هستند. با این حال، برای تحقق کامل پتانسیل صنعت چهارم در ایران، رسیدگی به چالش‌های مرتبط با زیرساخت فناوری، مهارت نیروی کار، چارچوب‌های قانونی و ثبات اقتصادی امری ضروری است. با بهره‌گیری از این فناوری‌ها، ایران می‌تواند موقعیت خود را در بازار جهانی به‌طور چشمگیری ارتقاء داده و روابط تجاری و دیپلماسی فناوری قوی‌تری ایجاد نماید در ادامه جدول مقایسه نتایج پژوهش‌های مرتبط با مؤلفه‌های استراتژیک تأثیرگذار صنعت نسل چهارم در تعاملات بین‌المللی ایران نشان‌دهنده نقاط قوت و ضعف هر یک از مقالات در پوشش این مؤلفه‌ها است و به‌طور جامع به تحلیل تفاوت‌ها و خلأهای موجود در پژوهش‌های پیشین می‌پردازد.

جدول ۱: مقایسه نتایج پژوهش‌های مرتبط با مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم

موضوع	پژوهشگر (سال)	پایداری	تحول دیجیتال	انسان‌محوری	فناوری باز	سیستم‌های سایبری-فیزیکی	آموزش هدفمند و آگاهی عمومی	زیرساخت‌های فناوری	تعاملات بین‌المللی	امنیت سایبری	مدیریت و بهینه‌سازی منابع	فراآیندهای داخلی نظام مند	سیاست‌های بهداشتی و سلامت	آمادگی سازمانی	آموزش و آگاهی عمومی
صنعت ۴،۰ - پیچیده، تحول‌آفرین اما (اجتناب‌ناپذیر ۲۰۲۰)	کومار و همکاران (۲۰۲۰)						✓		✓						
اینترنت اشیا - برای	سوری و					✓		✓					✓		

												همکارا ن صنعت ۴,۰: ۲۰۲۳) (یک بررسی	کارخانه‌های هوشمند در صنعت ۴,۰: ۲۰۲۳) (یک بررسی
								✓	✓			همکارا مصنوعی ن قابل توضیح در صنعت ۴,۰: ۲۰۲۲) (بررسی چی، چگونه و کجا	از هوش مصنوعی تا هوش مصنوعی ن قابل توضیح در صنعت ۴,۰: ۲۰۲۲) (بررسی چی، چگونه و کجا
								✓	✓	✓	✓	مرتبه س و همکارا ن انتقال از صنعت ۴,۰: ۲۰۲۲) (به جامعه ۵,۰	بررسی چالش‌ها و فرصت‌های انتقال از صنعت ۴,۰: ۲۰۲۲) (به جامعه ۵,۰
											✓	کاربرد تصمیم‌گیری گروهی در صنعت کشتریانی ن تحلیل ۴,۰: ۲۰۲۳) (بیلیومتریک، روندها و جهت‌های آینده	کاربرد تصمیم‌گیری گروهی در صنعت کشتریانی ن تحلیل ۴,۰: ۲۰۲۳) (بیلیومتریک، روندها و جهت‌های آینده
								✓	✓	✓	✓	زیچ و همکارا	از صنعت ۴,۰ به سوی صنعت ۵,۰: ۲۰۲۳) (

																	ن تحلیل تغییرات (پارادایم برای مردم، سازمان و فناوری
																	نقش تحول آفرین رو به رشد فناوری های مینچف هوش و مصنوعی همکارا ن دپلماسی (سایبری آینده در دوران پس از اطلاعات
																	تأثیر رفتار و باورهای فناوری بر رفاه ذهنی: فرانکو (زیرساخت ها ی فناوری
																	بازآموزی و ارتقای مهارت های نیروی کار (آماده برای آینده برای صنعت ۴,۰

																و فراتر از آن
				✓	✓	✓		✓								تأثیر امنیت سایبری بر فرآیند داخلی سازمان: نقش واسطه‌ای زیرساخت‌ها ی فناوری
																همه‌گیری COVID- 19 و یادگیری سیاست‌های بهداشتی مقایسه‌ای در ایران
✓	✓	✓					✓	✓	✓				✓	✓		پژوهش حاضر

مطالعات انجام‌شده در زمینه صنعت نسل چهارم نشان می‌دهند که مؤلفه‌هایی نظیر پایداری، تحول دیجیتال، انسان‌محوری، نوآوری باز، سیستم‌های سایبری-فیزیکی، زیرساخت‌های فناوری، امنیت سایبری و تعاملات بین‌المللی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این مطالعات، از جمله در جدول ۱، به مقایسه مقالات مختلف پرداخته و نقاط قوت و ضعف هر مقاله در پوشش این مؤلفه‌ها را بررسی کرده‌اند. تحلیل این مقالات به‌طور جامع تفاوت‌ها و خلأهای موجود در پژوهش‌های پیشین را نشان می‌دهد و می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر برای شناسایی زمینه‌های تحقیقاتی جدید و بهبود تعاملات بین‌المللی و مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم استفاده شود.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، توسعه‌ای - کاربردی و از لحاظ ماهیت داده‌ها، کیفی و کمی می‌باشد. در بخش کیفی پژوهش، به بررسی و تحلیل وضعیت موجود پرداخته شده و متغیرهای کلیدی شناسایی گردیده‌اند. سپس با بهره‌گیری از مبانی نظری و مصاحبه‌های عمیق با خبرگان حوزه روابط بین‌الملل و علوم سیاسی از طریق پرسشنامه‌های نیمه‌ساختاریافته، مؤلفه‌های استراتژیک تأثیرگذار شناسایی و دسته‌بندی شده‌اند. (کاستلانی و همکاران، ۲۰۲۲، صص. ۵۱-۹۳) خبرگان پژوهش شامل اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های معتبر در رشته‌های روابط بین‌الملل و علوم سیاسی بودند. فرآیند کدگذاری و طبقه‌بندی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مکس کیودی‌ای نسخه ۲۰۲۰ انجام شد.

جامعه آماری مورد بررسی در این پژوهش شامل اساتید برجسته دانشگاهی در حوزه روابط بین‌الملل، همچنین مدیران و کارشناسان ارشد فعال در صنایع مختلف ایران بود که دارای تجربه‌های عملی گسترده در تعاملات بین‌المللی هستند. شرایط لازم برای انتخاب این افراد، آشنایی کامل با مؤلفه‌های مرتبط با صنعت ۴،۰، داشتن حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی و برخورداری از حداقل پنج سال تجربه اجرایی و مدیریتی بود. روش نمونه‌گیری در این پژوهش به صورت هدفمند و مبتنی بر اطلاعات دقیق انجام شد و این فرآیند تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت (ملک نژاد، ۲۰۰۸، صص. ۱۰۵-۱۳۰).

به منظور دستیابی به توافق جمعی میان قضاوت‌های خبرگان و غربالگری مؤلفه‌های شناسایی شده، از تکنیک دلفی فازی بهره گرفته شد. این تکنیک، با هدف ایجاد توافق گروهی میان خبرگان از طریق استفاده از پرسشنامه‌های متعدد و دریافت بازخوردهای پی‌درپی به کار گرفته می‌شود (چینگ ته و سون جن، ۲۰۲۴، ص. ۱۷۱). در ادامه، برای تحلیل روابط بین معیارها و زیرمعیارها، از روش دیمتل فازی استفاده گردید. در این فرآیند، با بهره‌گیری از ماتریس ارتباط کل، معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر به دقت شناسایی و تعیین شدند (کومار و سینگ، ۲۰۲۴، صص. ۱-۱۵).

روش فازی به دلیل در نظر گرفتن مسائل ذهنی و عدم قطعیت در حوزه تصمیم‌گیری انتخاب شده است که از قابلیت‌های بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. در این پژوهش، پس از تعریف و شناسایی عوامل، برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده از پرسشنامه‌ها و کدگذاری‌های انجام شده در بخش کیفی، برای غربالگری از روش دلفی فازی و به منظور تشخیص تأثیرگذاری و تأثیرپذیری و شدت اثر عوامل از دیمتل فازی استفاده شد. (شانتا و همکاران، ۲۰۲۴، ص. ۲۳۶)، مراحل انجام روش دلفی و دیمتل فازی در پژوهش کنونی به شرح زیر می‌باشد:

روش دلفی فازی: روش دلفی فازی یکی از نسخه‌های پیشرفته روش دلفی است که از اعداد فازی مثلی برای جمع‌بندی نظرات کارشناسان استفاده می‌کند و نتایج دقیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی ارائه می‌دهد (رولدان و همکاران، ۲۰۲۱، ص. ۳۳۳؛ لیاوا، ۲۰۲۴، صص. ۹-۱). این روش به دلیل سرعت در دستیابی به توافق میانمتخصصان و عدم نیاز به چندین دور نظرسنجی، برای جمع‌بندی دقیق نظرات بسیار کارآمد است (بانوج و صدوقی، ۱۴۰۱، صص. ۸۵-۱۰۳). برخلاف روش دلفی سنتی که ممکن است برخی افراد یا اطلاعات حذف شوند، در دلفی فازی همه نظرات حفظ می‌شوند (تحریری و همکاران، ۲۰۱۴، ص. ۶۶). این ویژگی‌ها، روش دلفی فازی را به ابزاری کارآمد برای تحلیل مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم و بررسی اثرات آن‌ها بر تعاملات بین‌المللی ایران تبدیل می‌کند.

مرحله ۱- گردآوری نظرات خبرگان: نظرات با استفاده از متغیرهای زبانی و مقیاس لیکرت هفت‌درجه‌ای جمع‌آوری می‌شود. طیف اهمیت به شرح زیر است:

جدول ۱: طیف هفت تایی مورد استفاده در تعیین میزان اهمیت مؤلفه‌های روش دلفی فازی

طیف میزان اهمیت	کاملاً بی‌اهمیت	خیلی بی‌اهمیت	بی‌اهمیت	متوسط	باهمیت	خیلی باهمیت	کاملاً باهمیت
مقادیر فازی	(۰/۱ و ۰/۰)	(۰/۳ و ۰/۱)	(۰/۵ و ۰/۳)	(۰/۷ و ۰/۵)	(۰/۹ و ۰/۷)	(۰/۹ و ۰/۵)	(۰/۱ و ۰/۹)

مرحله ۲- محاسبه ارزش فازی هر سؤال: برای هر سؤال (شاخص)، حد پایین (L_j)، حد وسط

(M_j)، و حد بالا (U_j) نظرات خبرگان به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$L_j = \min(x_{ij}) \quad , \quad M_j = \left(\prod_{i=1}^{n.m} x_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad , \quad U_j = \max(x_{ij}) \quad (۱)$$

$$i = ۱, ۲, \dots, n \quad j = ۱, ۲, \dots, m$$

مرحله ۳- تبدیل ارزش فازی به مقدار دی‌فازی‌شده: ارزش‌های فازی هر سؤال به مقادیر قطعی (S_j) با استفاده از فرمول زیر تبدیل می‌شوند (هائونگ و پینگ، ۲۰۲۳، ص. ۷۶۴):

$$S_j = \frac{L_j + 2M_j + U_j}{4} \quad \text{رابطه (۲)}$$

مرحله ۴- ارزیابی سؤال‌ها بر اساس حد آستانه‌ای: سؤالات با استفاده از یک حد آستانه‌ای (در این

پژوهش مقدار ۰/۸) ارزیابی می‌شوند. اگر $S_j \geq r$ باشد، سؤال با اهمیت تلقی می‌شود؛ در غیر این صورت، حذف یا بازبینی می‌شود (ژوو و همکاران، ۲۰۲۳، ص. ۷۶۳). چنانچه همه شاخص‌ها بالاتر

از حد آستانه باشند، فرآیند متوقف می‌شود؛ در غیر این صورت ($S_j < r$)، بازبینی و اصلاح انجام و مراحل دوباره تکرار می‌شوند.

روش دیمتل فازی: روش دیمتل فازی ترکیبی از تکنیک دیمتل و منطق فازی است که برای تحلیل سیستم‌های پیچیده و یافتن روابط علت و معلولی بین عوامل مختلف استفاده می‌شود (آذر و دیگران، ۱۳۹۶، صص. ۱-۲۶). این روش به‌ویژه در شرایطی که داده‌ها مبهم و نامشخص هستند، کاربرد فراوان دارد و می‌تواند به تصمیم‌گیری دقیق‌تر و واقعی‌تر کمک کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۳، ص. ۱۱۸). دیمتل فازی با استفاده از متغیرهای زبانی و مقیاس‌های فازی به جای مقادیر قطعی، دقت و صحت نتایج را افزایش می‌دهد (چاندرآگری و همکاران، ۲۰۲۲، ص. ۱۹۳؛ چلیک و ارسلانکیات، ۲۰۲۳، ص. ۳۹). این روش در حوزه‌های مختلفی از جمله مدیریت، برنامه‌ریزی صنعتی و تحلیل سیستم‌های پیچیده به کار می‌رود (کاراموتا، ۲۰۲۳، ص. ۱۹۰).

مرحله ۱- تعیین مهم‌ترین متغیرها: شناسایی متغیرهای مؤثر بر سیستم از طریق بررسی ادبیات موضوع و مشورت با کارشناسان (آیتکین و همکاران، ۲۰۲۳، صص. ۴۱۷-۴۳۴).

مرحله ۲- تشکیل تیم متخصص: تیمی از افرادی با دانش و تجربه کافی در زمینه مورد مطالعه تشکیل می‌شود تا نظرات کارشناسان را جمع‌آوری و تحلیل کند (چن و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۲۴۳).

مرحله ۳- طراحی پرسشنامه و مقیاس فازی: پرسشنامه‌ای با مقیاس پنج‌نقطه‌ای لیکرت طراحی می‌شود که شامل اصطلاحات زبانی زیر است:

جدول ۲: اصطلاحات زبانی و اعداد فازی مثلی

واژه‌های زبانی	تأثیر خیلی بالا	تأثیر بالا (H)	تأثیر پایین (L)	تأثیر خیلی کم	بدون تأثیر
----------------	-----------------	----------------	-----------------	---------------	------------

(No)	(VL)			(VH)	اعداد فازی مثلی
(۰, ۰, ۰, ۲۵)	(۰, ۰, ۲۵, ۰, ۵)	(۰, ۰, ۰, ۵)	(۰, ۰, ۰, ۷۵)	(۰, ۵, ۰, ۷۵, ۱)	(۰, ۷۵, ۱, ۱)
			(۰, ۲۵)		

مرحله ۴- جمع‌آوری نظرات و تجزیه و تحلیل: نظرات به ماتریس روابط مستقیم فازی تبدیل می‌شوند (رستم‌نژاد و همکاران، ۲۰۲۰، صص. ۱۶۱۸-۱۵۹۵):

$$\tilde{E}^k = \begin{bmatrix} \vdots & \ddots & E_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix}, K = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

در رابطه ۳، مقدار P تعداد خبرگان میباشد که در پژوهش کنونی مقدار ۸ در نظر گرفته شده است؛

سپس با تجميع نظر خبرگان ماتریس روابط مستقیم فازی به دست آورده می‌شود:

$$\tilde{E} = \frac{\tilde{E}^1 + \tilde{E}^2 + \dots + \tilde{E}^p}{p}, \quad \tilde{E}^k = \begin{bmatrix} \vdots & \ddots & E_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{E}_{n1}^k & \dots & \cdot \end{bmatrix}, \quad \tilde{e}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (4)$$

مرحله ۵- محاسبه ماتریس روابط مستقیم فازی نرمالایز شده: این ماتریس با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{F} = \frac{\tilde{E}}{v}, \quad \gamma = \max \sum_{i,j} u_{ij} \quad (5)$$

مرحله ۶- محاسبه ماتریس روابط کلیبا استفاده از معادلات زیر، ماتریس روابط کلی به دست می‌آید:

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} t_{11} & \ddots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix}, \quad \tilde{t}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij}) \quad (6)$$

$$Matrix[l'_{ij}] = F_l \times (I - F_l)^{-1} \quad (7)$$

$$Matrix[m'_{ij}] = F_m \times (I - F_m)^{-1} \quad (8)$$

$$Matrix[u'_{ij}] = F_u \times (I - F_u)^{-1} \quad (9)$$

مرحله ۷- تبدیل ماتریس روابط کلی فازی به غیرفازی: ماتریس روابط کلی فازی به ماتریس رابطه کلی غیرفازی (T) تبدیل می‌شود:

$$t_{ij} = \frac{1}{6} (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij}), \quad T = \begin{bmatrix} t_{11} & \dots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \dots & t_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

مرحله ۸- محاسبه مقادیر D و R : این مقادیر با استفاده از مؤلفه‌های ماتریس رابطه کل غیرفازی محاسبه می‌شوند:

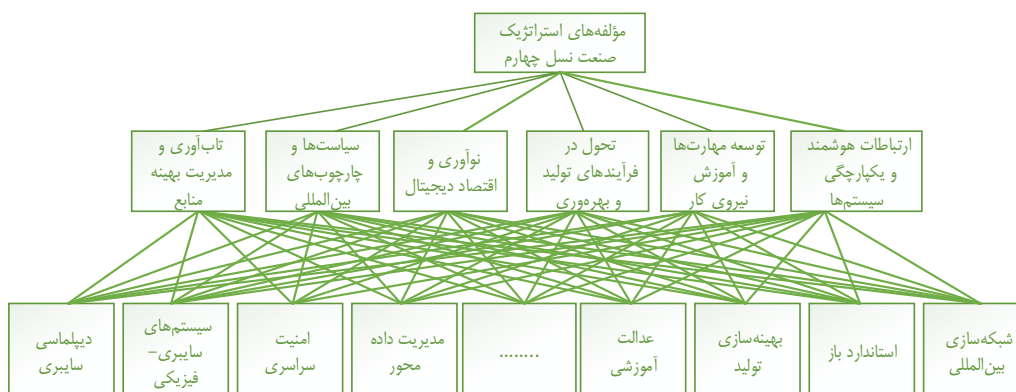
$$D = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (j = 1, 2, 3, \dots, n), \quad R = \sum_{i=1}^n t_{ij}, (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

مرحله ۹- تجزیه و تحلیل نتایج و ایجاد نمودار علت و معلول: مقادیر $(D - R)$ و $(D + R)$ محاسبه و

نمودار علت و معلول ترسیم می‌شود. بردار افقی $(D + R)$ میزان تعامل هر عامل و بردار

عمودی $(D - R)$ نوع تعامل (علت یا معلول بودن) هر عامل را تعیین می‌کند (آیچین و کایا، ۲۰۲۱، صص. ۱۰۷۸-۱۰۸۹).

در انتها، چارچوب مفهومی پژوهش با در نظر گرفتن مطالعات پیشین و عناصر حاصل شده در شکل ۲، نمایش داده شده است.



شکل ۱. چارچوب مفهومی پژوهش

تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از تحلیل محتوا با توجه به استراتژی این پژوهش که تحلیل محتوا و تکنیک آن تحلیل محتوای پنهان است، فرآیند طبقه‌بندی داده‌ها در این بخش از پژوهش به منظور ایجاد کدهای اولیه،

مقوله‌ها و کدهای محوری توسط نرم‌افزار انجام گرفته است. تحلیل اطلاعات از طریق برچسب معنایی به واحدهای معنادار مصاحبه شروع شده و پس از کدگذاری باز، تلاش شده است تا با طبقه‌بندی مفاهیم مشابه در قالب طبقه‌بندی‌های یکسان، کدگذاری محوری صورت پذیرد. جدول ۴ نشان‌دهنده ۶ مقوله و خلاصه‌ای از ۵۷ کد اولیه استخراج شده از بخش کیفی پژوهش است که در ادامه خلاصه‌ای از آن ارائه گردیده است.

جدول ۳. کدهای اولیه، مقوله‌های استخراج شده در نرم‌افزار مکس کیودی‌ای

کد محوری	مقوله‌ها	کد اولیه
	ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها	ارتباطات هوشمند دستگاه‌ها و انسان‌ها
		پذیرش و ادغام فناوری‌های نوین
		
		زیرساخت‌های فناوری
	توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار	مهارت‌های نیروی کار
		آموزش هدفمند، کسب مهارت، یادگیری مستمر
		
		عدالت آموزشی
مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم	تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری	بهینه‌سازی تولید
		بهره‌وری انرژی و کاهش آلاینده‌ها
		
		تحلیل داده‌های بزرگ
	نوآوری و اقتصاد دیجیتال	نوآوری باز
		شبکه‌های اجتماعی دیجیتال
		
		تحقیق و توسعه
	سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی	امنیت‌فراگیر
		دیپلماسی سایبری
		
		سیاست‌های بهداشتی و سلامت
		استفاده از منابع تجدیدپذیر
	تاب‌آوری و مدیریت	

هوش مصنوعی قابل اعتماد	بهینه منابع	
....		
مدیریت داده محور		

با توجه به جدول ۴، مقوله‌های زیر که مؤلفه‌های اصلی استراتژیک صنعت نسل چهارم در تعاملات بین‌المللی ایران را تشکیل می‌دهند، به شرح زیر است:

ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها: به ترکیب پیچیده زیرساخت‌های فناوری پیشرفته، شامل سیستم‌های سایبر-فیزیکی، اینترنت اشیاء، سنسورهای هوشمند و شبکه‌های هوشمند اشاره دارد که به‌طور جمعی قابلیت همکاری و کارکرد سیستم‌های صنعتی مدرن را ارتقا می‌بخشند. این اجزا امکان تبادل داده‌های بی‌درنگ، پایش لحظه‌ای و پاسخ‌های تطبیقی را فراهم می‌آورند، در نتیجه کارایی عملیاتی بهینه شده و تعاملات بین‌المللی قوی در چارچوب صنعت نسل چهارم تقویت می‌شوند (لی و همکاران، ۲۰۱۵، صص. ۱۸-۲۳).

توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار: به ابتکاراتی در بستر صنعت نسل چهارم اشاره دارد که با هدف ارتقای عدالت آموزشی، ارائه آموزش‌های هدفمند و ترویج کسب مهارت و یادگیری مستمر صورت می‌پذیرد. این شامل برنامه‌های آموزشی هدفمند و کمپین‌های آگاهی‌بخشی عمومی برای تقویت توسعه مهارت‌های دیجیتال، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند یادگیری ماشین است تا اطمینان حاصل شود که نیروی کار برای پاسخگویی به نیازهای محیط‌های صنعتی پیشرفته آماده است (بسن، ۲۰۱۹، صص. ۵۸۹-۶۲۶).

تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری: به ادغام فناوری‌های پیشرفته‌ای همچون کلان داده و تحلیل داده، هوش مصنوعی، رایانش ابری، تولید افزایشی (چاپ سه‌بعدی) و توسعه کارخانه‌های هوشمند اشاره دارد. این نوآوری‌ها به‌طور جمعی انقلاب صنعتی را با افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و امکان‌پذیر ساختن سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیرتر و واکنش‌پذیرتر متحول می‌کنند (چی و تائو، ۲۰۱۸، صص. ۳۵۸۵-۳۵۹۳).

نوآوری و اقتصاد دیجیتال: نوآوری و اقتصاد دیجیتال شامل استفاده استراتژیک از شیوه‌های نوآوری باز، شبکه‌های اجتماعی دیجیتال و فناوری واقعیت افزوده در بستر تعاملات بین‌المللی برای تقویت همکاری‌های فرامرزی و یکپارچگی اقتصادی است. این اجزا با امکان‌سازی تبادل بی‌دردسر ایده‌ها،

تقویت مشارکت‌های بین‌المللی و بهبود تجربه کاربری در بازارهای مختلف، رقابت‌پذیری جهانی را ارتقا بخشیده و به ایجاد یک اقتصاد جهانی متصل‌تر و پویاتر کمک می‌کنند (یو و همکاران، ۲۰۱۲، صص. ۱۳۹۸-۱۴۰۸).

سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی: سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی شامل عناصر استراتژیکی همچون دیپلماسی سایبری، دیپلماسی علمی، شبکه‌سازی بین‌المللی و ایجاد ارزش‌های مشترک است. این اجزا همچنین شامل سلامت و سیاست‌های بهداشتی و اقدامات امنیت سایبری می‌شود که برای تقویت روابط بین‌المللی مبتنی بر همکاری و تضمین محیط جهانی امن، سالم و متصل به هم ضروری هستند. با یکپارچه‌سازی این اجزا، کشورها می‌توانند تعاملات و همکاری‌های بین‌المللی خود را ارتقا بخشیده و به مسائل مختلف از امنیت دیجیتال تا بهداشت عمومی به شیوه‌ای جامع رسیدگی کنند (مینچف، ۲۰۲۳، صص. ۲۹-۴۱).

تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع: این مؤلفه در بستر صنعت نسل چهارم به ادغام انعطاف‌پذیری چابک، سیستم‌های بهداشتی پایدار و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده اشاره دارد. این مؤلفه استراتژیک بر تقویت توانایی سیستم‌ها در پاسخ‌دهی و بازیابی از اختلالات ضمن اطمینان از استفاده کارآمد از منابع از طریق تصمیم‌گیری‌های آگاهانه مبتنی بر تحلیل داده تمرکز دارد (سان و همکاران، ۲۰۲۱، صص. ۳۰۳-۲۸۴).

نتایج حاصل از دلفی فازی: به‌منظور تأیید شاخص‌های مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم در تعاملات بین‌المللی ایران و غربالگری آن‌ها، از تکنیک دلفی فازی بهره گرفته شد. در این راستا، پرسشنامه‌ای متشکل از ۵۷ سؤال طراحی شد که هر یک از آن‌ها یکی از شاخص‌های استخراج شده را بیان می‌کرد. در مرحله اول نظرسنجی از خبرگان دلفی فازی، پس از توزیع و گردآوری پرسشنامه‌ها و طبقه‌بندی نظرات پیشنهادی و اصلاحی، بر اساس حد آستانه ۰٫۸ شاخص‌های موجود بررسی و تأیید یا رد شدند. خلاصه‌ای از نتایج به‌دست‌آمده در جدول زیر آمده است.

جدول ۴: نتایج دور اول دلفی فازی

ردیف	معیار	زیرمعیار	رتبه	میانگین فازی نظرات			حدوسط ۰٫۸	نتیجه نهایی
				U	M	L		
۱	ارتباطات هوشمند	ارتباطات هوشمند	1	0.27	0.11	0.03	0.14	رد
		دستگاه‌ها و انسان‌ها						
2	یکپارچگی	زیرساخت‌های فناوری	2	1.00	0.96	0.84	0.93	تایید

سیستم‌ها	سیستم‌های سایر- فیزیکی (CPS)	3	0.84	0.96	1.00	0.93	تایید
	اینترنت اشیاء (IoT)	4	0.64	0.84	0.96	0.81	تایید
	اینترنت صنعتی اشیاء (IIoT)	5	0.21	0.41	0.64	0.42	رد
	سنسورهای هوشمند	6	0.06	0.21	0.41	0.23	رد
.....		...	...	...	...	...	...
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	مدیریت داده محور	54	0.00	0.06	0.21	0.09	رد
	فرآیندهای داخلی نظام مند	55	0.00	0.06	0.21	0.09	رد
	سیستم‌های بهداشتی پایدار	56	0.84	0.96	1.00	0.93	تایید
	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	57	0.64	0.84	0.96	0.81	تایید

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، در دور اول ۳۰ زیرمعیار حذف شده و ۲۷ زیرمعیار باقی‌مانده است. برای مرحله دوم نظرسنجی، پرسشنامه‌ای جدید تهیه شد که شامل تفاوت‌های دیدگاه خبرگان نیز بود. پس از ارسال و جمع‌آوری اطلاعات، بر اساس محاسبات انجام‌شده، از مجموع ۲۷ زیرمعیار، ۱۱ زیرمعیار حذف و ۱۶ زیرمعیار باقی‌ماند. درنهایت، پس از برگزاری دور سوم نظرسنجی خبرگان، هیچ معیاری از حد آستانه ۰.۸ پایین‌تر گزارش نشد؛ بنابراین، فرآیند در این مرحله متوقف شده و دور سوم با ۱۶ زیرمعیار به‌عنوان نوبت پایانی دلفی فازی در نظر گرفته شد. نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵: نتایج نهایی دلفی فازی

ردیف	معیار	زیرمعیار	ردیف	میانگین فازی دیدگاه‌ها			دیده‌گاه‌های خبرگان در پرسشنامه دوم	حدوسط ۰.۸	نتیجه نهایی
				U	M	L			
۱	ارتباطات	زیرساخت‌های فناوری	1	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
	هوشمند و	سیستم‌های سایر فیزیکی	2	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید

یکپارچگی سیستم‌ها	اینترنت اشیاء (IoT)	3	0.81	0.94	1.00	0.85	0.92	تایید
توسعه مهارت‌ها و آموزش	آموزش هدفمند و آگاهی عمومی	4	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
آموزش نیروی کار	توسعه مهارت‌های دیجیتال	5	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری	رایانش ابری	6	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
نوآوری و اقتصاد دیجیتال	کارخانه‌های هوشمند	7	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
نوآوری و اقتصاد دیجیتال	نوآوری باز	8	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
سیاست‌ها و چارچوب‌ها	واقعیت افزوده	9	0.90	1.00	1.00	0.95	0.97	تایید
سیاست‌ها و چارچوب‌ها	دیپلماسی سایبری	10	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
سیاست‌ها و چارچوب‌ها	سیاست‌های بهداشتی و سلامت	11	0.79	0.93	1.00	0.86	0.91	تایید
ی بین‌المللی	شبکه‌سازی بین‌المللی	12	0.88	0.99	1.00	0.95	0.95	تایید
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	خلق ارزش مشترک	13	0.90	1.00	1.00	0.97	0.97	تایید
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	انطباق‌پذیری چابک	14	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	سیستم‌های بهداشتی پایدار	15	0.88	0.99	1.00	0.94	0.95	تایید
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	16	0.77	0.91	1.00	0.86	0.88	تایید

نتایج حاصل از دیمتل فازی: در این بخش، برای بررسی روابط علی و معلولی معیارهای استخراج شده از مصاحبه‌ها، با استفاده از قضاوت ۸ نفر از خبرگان به سؤالات ماتریس روابط زوجی پاسخ داده شد. نتایج این قضاوت‌ها در ماتریس روابط کلی بر اساس روابط ۵، ۶ و ۷ تجمیع شد. سپس، ماتریس روابط مستقیم‌فازی نرمالایز شده با استفاده از روابط ۱۵، ۱۶ و ۱۷ به ماتریس روابط کلی فازی تبدیل گردید. در ادامه، به کمک روابط ۱۸ و ۱۹، مقادیر به‌دست‌آمده غیر فازی شدند. نتایج این محاسبات در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۶: ماتریس روابط کلی دی‌فازی شده

ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها	توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار	تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری	نوآوری و اقتصاد دیجیتال	سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی	تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع
ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها	۰,۳۳۲	0.476	0.445	0.435	0.464
توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار	0.314	0.295	0.306	0.374	0.396
تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری	0.508	0.493	0.371	0.533	0.600
نوآوری و اقتصاد دیجیتال	0.524	0.562	0.475	0.432	0.596
سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی	0.514	0.543	0.466	0.541	0.427
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	0.369	0.385	0.439	0.431	0.380

پس از انجام محاسبات بالا به کمک روابط ۲۰ و ۲۱، مقادیر D و R محاسبه شده و با به‌دست‌آوردن جمع سطری و ستونی، جدول زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۷: ماتریس تجمیع‌شده نهایی معیارها

معیارها	D	R	D+R	D-R	وضعیت
ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها	2.550	2.561	5.112	-0.011	اثر پذیر
توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار	2.066	2.755	4.820	-0.689	اثر پذیر
تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری	3.037	2.500	5.537	0.536	اثر گذار

نواوری و اقتصاد دیجیتال	3.177	2.746	5.923	0.432	اثر گذار
سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی	3.078	2.801	5.879	0.277	اثر گذار
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	2.481	3.025	5.506	-0.544	اثر پذیر

با در نظر گرفتن جدول ۸، نمودار علت و معلول مؤلفه‌ها نیز به صورت شکل زیر به دست آمد.



نمودار ۱: نمودار اهمیت و تأثیرگذاری معیارها

مطابق اطلاعات ارائه‌شده، معیار «نواوری و اقتصاد دیجیتال» اثرگذارترین و معیار «توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار» اثرپذیرترین زیرمعیار شناسایی شده‌اند. همچنین نتایج محاسبات حاصل از ماتریس روابط کلی زیرمعیارها به شرح جدول ۹ است.

جدول ۸ ماتریس تجمیع‌شده نهایی زیرمعیارها

معیار	زیر معیار	D	R	D+R	D-R	وضعیت
ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها	زیرساخت‌های فناوری	1.584	1.391	2.975	0.193	اثر گذار
	سیستم‌های سایبر-فیزیکی	0.921	1.454	2.375	-0.533	اثر پذیر
	اینترنت اشیاء (IoT)	0.763	1.105	1.867	-0.342	اثر پذیر
توسعه مهارت‌ها و	آموزش هدفمند و آگاهی عمومی	0.723	1.488	2.211	-0.766	اثر پذیر
	توسعه مهارت‌های دیجیتال	1.063	1.793	2.856	-0.730	اثر پذیر

آموزش نیروی کار					
تحول در رایانش ابری	1.850	1.120	2.970	0.730	اثر گذار
فرآیندهای تولید و بهره‌وری	1.607	1.667	3.274	-0.060	اثر پذیر
نوآوری و نوآوری باز	2.027	1.158	3.185	0.868	اثر گذار
اقتصاد دیجیتال	1.388	1.248	2.636	0.140	اثر گذار
دیپلماسی سایبری	1.855	1.295	3.150	0.560	اثر گذار
سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی	1.237	1.360	2.598	-0.123	اثر پذیر
شبکه‌سازی بین‌المللی	2.128	1.332	3.460	0.795	اثر گذار
خلق ارزش مشترک	2.142	1.400	3.542	0.742	اثر گذار
تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع	1.090	1.641	2.731	-0.550	اثر پذیر
سیستم‌های بهداشتی پایدار	1.164	1.762	2.926	-0.599	اثر پذیر
تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	1.213	1.539	2.752	-0.326	اثر پذیر

مطابق اطلاعات جدول شماره ۹، زیرمعیارهای «خلق ارزش مشترک» و «شبکه‌سازی بین‌المللی» به ترتیب بیشترین تأثیرگذاری و تعامل را در میان سایر زیرمعیارها داشته‌اند. زیرمعیار «شبکه‌سازی بین‌المللی» به ایجاد و توسعه روابط بین‌المللی که می‌تواند به تبادل دانش و فناوری کمک کند، اشاره دارد و «خلق ارزش مشترک» به ایجاد مزایای اقتصادی و اجتماعی برای تمامی ذی‌نفعان داخلی و بین‌المللی در صنعت نسل چهارم می‌پردازد. از سوی دیگر، زیرمعیار «آموزش هدفمند و آگاهی عمومی» که به افزایش دانش و مهارت‌های عمومی در زمینه صنعت نسل چهارم می‌پردازد، کمترین میزانتأثیرگذاری و تعامل را با سایر زیرمعیارها داشته است.

از سوی دیگر، زیرمعیار «توسعه مهارت‌های دیجیتال» که به توانمندسازی نیروی کار با مهارت‌های دیجیتال مورد نیاز برای بهره‌وری بیشتر در این صنعت اشاره دارد، بیشترین میزانتأثیرپذیری را با سایر زیرمعیارها داشته است. در مقابل، زیرمعیار «اینترنت اشیاء» که به اتصال و تبادل داده‌ها بین دستگاه‌ها از طریق اینترنت اشاره دارد، کمترین میزانتأثیرپذیری را با سایر زیرمعیارها نشان داده است.

درنهایت، نتایج نشان دادند که در میان زیرمعیارهای استخراج‌شده، «نوآوری باز» که به استفاده از ایده‌ها و فناوری‌های خارجی برای بهبود فرآیندهای داخلی اشاره دارد، اثرگذارترین علت و «آموزش هدفمند و آگاهی عمومی» که به افزایش دانش و مهارت‌های عمومی در زمینه صنعت نسج چهارم اشاره دارد، اثرپذیرترین معلول از میان سایر زیرمعیارها است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پذیرش فناوری‌های صنعت ۴,۰ در چارچوب نوآوری باز می‌تواند به ارتقای عملکرد رقابتی ایران در سطح جهانی کمک کند. براساس تئوری نوآوری باز، استفاده از دانش و منابع خارجی در کنار دانش داخلی سازمان به شکل دوگانه‌گرایی نوآوری، می‌تواند بهره‌وری و انعطاف‌پذیری سازمان‌ها را در مواجهه با چالش‌های بازارهای بین‌المللی افزایش دهد. این مدل تحلیلی به سازمان‌ها کمک می‌کند که با بهره‌گیری از همکاری‌های بین‌المللی و ایجاد شبکه‌های دانش، در راستای دستیابی به اهداف استراتژیک خود و افزایش رقابت‌پذیری در بازارهای جهانی گام بردارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ظهور انقلاب صنعتی چهارم که به‌طور عام با عنوان صنعت ۴,۰ شناخته می‌شود، چشم‌انداز اقتصادی و فناورانه جهان را به‌طور چشمگیری تغییر داده است. صنعت ۴,۰ با همگرایی سیستم‌های سایبر-فیزیکی، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و تحلیل کلان داده‌ها، فرآیندهای تولید، زنجیره‌های تأمین و ماهیت کار را متحول می‌کند. برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران، مؤلفه‌های راهبردی صنعت ۴,۰ پتانسیل بازسازی تعاملات بین‌المللی در حوزه‌های اقتصادی، فناورانه و سیاسی را دارا هستند. صنعت ۴,۰ ضمن ارائه فرصت‌های منحصربه‌فرد برای رشد و ادغام در زنجیره‌های ارزش جهانی، چالش‌های خاصی را نیز به وجود می‌آورد که باید برای به حداکثر رساندن پتانسیل آن برای تعاملات مثبت بین‌المللی مورد توجه قرار گیرد. عناصر اصلی صنعت ۴,۰ شامل فناوری‌های پیشرفته تولید، زیرساخت دیجیتال پیچیده، قابلیت‌های قوی تحقیق و توسعه و نیروی کار بسیار ماهر است. برای کشور ایران، پذیرش این مؤلفه‌های راهبردی می‌تواند به مزایای اقتصادی قابل توجهی منجر شود. با این وجود، برای دستیابی به پایداری در توسعه و پیاده‌سازی صنعت ۴,۰، توجه به ابعاد اجتماعی و فرهنگی ضروری است. تغییرات ساختاری ناشی از این تحول فناورانه، از جمله خودکارسازی و دیجیتال‌سازی، بر نیروی کار و جامعه تأثیرات عمیقی خواهد داشت. یکی از چالش‌های مهم، آمادگی نیروی کار برای سازگاری با نیازهای جدید فناوری است که بدون برنامه‌های آگاهانه بازآموزی و

توسعه مهارت‌ها ممکن است به بیکاری یا نارضایتی شغلی منجر شود. همچنین، پیاده‌سازی مؤلفه‌های صنعت ۴،۰ نیازمند پذیرش فرهنگی و تغییر در نگرش‌های سنتی است تا از پذیرش عمومی و موفقیت در اجرای این تحول فناورانه اطمینان حاصل شود. تجربه کشورهای دیگر نشان می‌دهد که هماهنگ‌سازی ابعاد فرهنگی و اجتماعی با استراتژی‌های فناورانه، یکی از کلیدهای موفقیت پایدار در این مسیر است. افزایش خودکارسازی، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و توسعه محصولات و خدمات جدید با تسهیل صنعت ۴،۰، پتانسیل افزایش رقابت‌پذیری کشور را در جهت ارتقاء بهره‌وری و جذب سرمایه‌گذاری خارجی دارا هستند. علاوه بر این، صنعت ۴،۰ زمینه‌های همکاری فناورانه و اشتراک دانش بین ایران و سایر کشورها را فراهم می‌کند. سرمایه‌گذاری‌های مشترک، توافق‌نامه‌های انتقال فناوری و مشارکت در شبکه‌های تحقیقاتی بین‌المللی می‌تواند سرعت پیشرفت فناوری ایران را تسریع بخشیده و باعث تبادل بیشتر تخصص شود. تأثیر صنعت ۴،۰ بر تعاملات بین‌المللی ایران فراتر از حوزه‌های اقتصادی و فناورانه گسترش می‌یابد و بر جایگاه سیاسی و دیپلماتیک این کشور نیز تأثیر می‌گذارد. با روی آوردن ایران به فناوری‌های صنعت ۴،۰، این کشور در مذاکرات بین‌المللی نفوذ بیشتری کسب کرده و مشارکت خود را در ساختارهای حکمرانی جهانی مرتبط با توسعه فناوری و استانداردسازی تقویت خواهد نمود. مفهوم صنعت ۴،۰ برای بسیاری از کشورها جذاب شده است و تعدادی از آن‌ها نیز در حال بررسی اجرای آن در آینده نزدیک می‌باشند. با این وجود، پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند صنعت ۴،۰ به‌ویژه در مورد کشورهایی در حال توسعه، چالش برانگیز است که ایران را در این مورد می‌توان نمونه بارز دانست. مؤلفه‌های استراتژیک صنعت چهارم مانند دیجیتالیزاسیون، اتوماسیون، تولید هوشمند و تحلیل پیشرفته داده‌ها، در شکل‌دهی تعاملات بین‌المللی کشورهایی که این فناوری‌ها را اتخاذ کرده‌اند، بسیار مهم هستند. دیجیتالیزاسیون و اتوماسیون ستون فقرات صنعت چهارم را تشکیل می‌دهند و امکان‌گذار از تولید سنتی به کارخانه‌های هوشمند را فراهم می‌کنند. ادغام اینترنت اشیاء در فرآیندهای تولید، نظارت بلادرنگ، نگهداری پیش‌بینی‌کننده و مدیریت کارآمد منابع را تسهیل می‌کند. هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در صنعت چهارم برای تصمیم‌گیری هوشمند، تحلیل‌پیش‌بینی‌کننده و عملیات خودکار بسیار مهم هستند. گذار از صنعت چهارم به صنعت پنجم بر ادغام فناوری‌های انسان‌محور تأکید دارد که بر پایداری، رفاه انسان و تاب‌آوری اولویت قائل هستند. این مؤلفه‌ها پیامدهای عمیقی برای تعاملات بین‌المللی کشور، به‌ویژه از نظر تجارت، دیپلماسی اقتصادی و رقابت‌پذیری جهانی

دارند. برای ایران، استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند منجر به تحول چشم‌انداز صنعتی و تقویت موقعیت آن در بازار جهانی شود. اتخاذ فناوری‌های صنعت چهارم می‌تواند قابلیت‌های تولیدی ایران را افزایش داده و محصولات آن را در بازار جهانی رقابتی‌تر کند. استقرار استراتژیک فناوری‌های صنعت چهارم می‌تواند دیپلماسی فناوری را تسهیل کند، جایی که ایران می‌تواند در همکاری‌ها، تبادل دانش و مشارکت‌های فناوری با سایر کشورها مشارکت کند و همچنین می‌تواند منجر به رشد و توسعه متقابل در حوزه فناوری و تقویت روابط بین‌المللی گردد. درحالی‌که مزایای بالقوه صنعت چهارم برای تعاملات بین‌المللی ایران قابل توجه است، برای تحقق کامل این مزایا باید چندین چالش را برطرف کرد. اجرای موفق صنعت چهارم به زیرساخت فناوری قوی نیاز دارد که در حال حاضر در ایران چالش‌برانگیز است. گذار به صنعت چهارم نیازمند نیروی کار ماهری است که در کار با فناوری‌های پیشرفته مهارت داشته باشد. ایجاد یک چارچوب قانونی و سیاست‌گذاری مناسب برای اتخاذ موفق صنعت چهارم ضروری است. ثبات اقتصادی و سیاسی ایران نقش مهمی در اجرای موفق فناوری‌های صنعت چهارم دارد. تحریم‌های اقتصادی و عدم قطعیت‌های سیاسی می‌توانند بر سرمایه‌گذاری‌ها و پیشرفت‌های فناوری تأثیر بگذارند.

هدف این پژوهش، تحلیل و شناسایی مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر استراتژیک بر تعاملات بین‌المللی ایران در حرکت به سمت صنعت نسل چهارم می‌باشد. این پژوهش با تأکید بر نرخ بالای توسعه فناوری و دگرگونی‌های پارادایمی که در عرصه جهانی تولید در حال وقوع است، به دنبال شناسایی و تعیین اهمیت مؤلفه‌های کلیدی است که بر قابلیت‌ها و موقعیت‌های ایران برای بهره‌برداری از فرصت‌های ایجادشده توسط صنعت ۴,۰ تأثیرگذار می‌باشند. پژوهش حاضر با تمرکز بر عواملی مانند زیرساخت‌های فناوری، توسعه مهارت‌های نیروی کار، نوآوری و اقتصاد دیجیتال، سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی و تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع، سعی دارد تا با ارائه یک نگاه جدید و جامع به موضوع، راهکارهای عملی و سیاستی برای بهبود جایگاه ایران در عرصه بین‌المللی ارائه دهد. این پژوهش با استفاده از روش‌های کیفی و کمیو بهره‌گیری از تحلیل‌های پیشرفته مانند دلفی فازی و دیمتل فازی، تلاش نموده است تا تأثیرگذاری و تأثیرپذیری‌های بین مؤلفه‌های مختلف را شناسایی و تحلیل کرده و بدین ترتیب به یک چارچوب استراتژیک جامع برای بهره‌برداری از مؤلفه‌های صنعت نسل چهارم در بهبود تعاملات بین‌المللی ایران دست یابد.

در بخش کیفی این پژوهش با بررسی ادبیات نظری و انجام مصاحبه‌های عمیق با خبرگان حوزه روابط بین‌الملل و علوم سیاسی، مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم که بر تعاملات بین‌المللی ایران تأثیرگذارند، شناسایی و دسته‌بندی شدند. جامعه آماری این پژوهش شامل اساتید برجسته دانشگاهی در رشته‌های روابط بین‌الملل و علوم سیاسی، همچنین مدیران و کارشناسان ارشد فعال در صنایع مختلف ایران بود. این افراد علاوه بر داشتن حداقل مدرک تحصیلی کارشناسی و برخورداری از حداقل پنج سال تجربه اجرایی و مدیریتی، باید با مؤلفه‌های مرتبط با صنعت ۴،۰ به‌طور کامل آشنا بوده و تجربه‌های عملی گسترده‌ای در زمینه تعاملات بین‌المللی داشته باشند. فرآیند نمونه‌گیری به صورت هدفمند و مبتنی بر اطلاعات دقیق انجام شد و تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت. تحلیل محتوای پنهان، استراتژی اصلی این پژوهش بود که با استفاده از نرم‌افزار مکس کیودی‌ای نسخه ۲۰۲۰، داده‌های گردآوری شده کدگذاری و طبقه‌بندی شدند. این فرآیند به استخراج ۵۷ کد اولیه و شش مقوله «ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها»، «توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار»، «تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری»، «نوآوری و اقتصاد دیجیتال»، «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» و «تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع» منجر شد. در بخش کمی پژوهش نیز، برای دستیابی به اجماع میان خبرگان و غربالگری مؤلفه‌های شناسایی شده، از روش دلفی فازی استفاده گردید. هدف این روش، دستیابی به مطمئن‌ترین توافق گروهی خبرگان در مورد مؤلفه‌های استراتژیک بود با استفاده از پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان، به‌دفعات، با توجه به بازخورد حاصل از آن‌ها صورت پذیرفت.

به‌منظور تأیید مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم و غربالگری آن‌ها، پرسشنامه‌ای با ۵۷ سؤال طراحی شد که هر یک از آن‌ها نمایانگر یکی از مؤلفه‌های شناسایی شده در این پژوهش بود. این پرسشنامه‌ها در طی چند دور نظرسنجی فازی دلفی، مورد ارزیابی و تجدید نظر قرار گرفتند. در نهایت، دور سوم نظرسنجی با ۱۶ زیرمعیار به‌عنوان مرحله نهایی فازی دلفی در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، برای مؤلفه «ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها»، زیرمعیارهای «زیرساخت‌های فناوری» و «سیستم‌های سایبر-فیزیکی» به تأیید رسیدند. برای مؤلفه «توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار»، دو زیرمعیار «آموزش هدفمند و آگاهی عمومی» و «توسعه مهارت‌های دیجیتال» مورد تأیید قرار گرفت. برای مؤلفه «تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری»، دو زیرمعیار «رایانش ابری» و «کارخانه‌های هوشمند» انتخاب شدند. مؤلفه «نوآوری و

اقتصاد دیجیتال» شامل زیرمعیارهای «نوآوری باز» و «واقعیت افزوده» تأیید شد. همچنین، برای مؤلفه «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی»، زیرمعیارهای «دیپلماسی سایبری» و «خلق ارزش مشترک» به تأیید رسیدند. در نهایت، برای مؤلفه «تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع»، زیرمعیارهای «انطباق‌پذیری چابک» و «سیستم‌های بهداشتی پایدار» تأیید گردیدند که در مقایسه با مؤلفه‌های شناسایی شده در مدل‌های بررسی شده توسط پژوهشگرانی همچون کومار و همکاران و مرتزیس و همکاران، توجه به مؤلفه‌هایی نظیر «نوآوری باز»، «دیپلماسی سایبری» و «ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها» در پژوهش حاضر، ضمن پوشش کامل مؤلفه‌های معرفی شده در پژوهش‌های قبلی، از نقاط متمایز این پژوهش به‌شمار می‌آید. پس از ارائه نتایج دلفی فازی، با استفاده از روش دیمتل فازی، روابط بین معیارها و زیرمعیارها بررسی شد و توسط ماتریس ارتباط کل، معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر مشخص گردیدند.

از میان عوامل شناسایی شده، «تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع» و «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» بیشترین میزانتأثیرپذیری را نسبت به سایر مؤلفه‌ها به خود اختصاص دادند، در تحلیل هزینه-فایده پیاده‌سازی صنعت ۴، ضروری است به هزینه‌های سنگین سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته مانند سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیاء توجه شود. اگرچه این فناوری‌ها می‌توانند به‌طور قابل توجهی بهره‌وری را افزایش داده و هزینه‌های تولید را کاهش دهند، چالش‌های مالی مرتبط با مرحله پیاده‌سازی اولیه، به‌ویژه در کشورهایی مانند ایران، می‌تواند مانعی جدی باشد. این هزینه‌ها شامل توسعه زیرساخت‌های فناورانه، آموزش نیروی کار و امنیت سایبری است. مقایسه با کشورهایی که تجربه موفق در پیاده‌سازی صنعت ۴ داشته‌اند، نشان می‌دهد که بازدهی سرمایه‌گذاری‌های اولیه اغلب به برنامه‌ریزی استراتژیک و حمایت‌های دولتی وابسته است تا ضمن کاهش هزینه‌ها، بیشترین بهره‌وری از این سرمایه‌گذاری‌ها تضمین شود، همچنین از منظر تأثیرگذاری، «نوآوری و اقتصاد دیجیتال» و «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» به ترتیب بیشترین میزانتأثیرگذاری را به خود اختصاص دادند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت، «نوآوری و اقتصاد دیجیتال» به‌واسطه تأثیرگذاری و قدرت هدایت بالایی خود باید در اولویت نخست از منظر تصمیم‌گیرندگان قرار گیرد. با توجه به مجموع میزانتأثیرپذیری و تأثیرگذاری به‌دست‌آمده نیز، معیار «نوآوری و اقتصاد دیجیتال» بیشترین تعامل و معیار «توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار» کمترین میزان تعامل را با سایر معیارهای استخراج‌شده از خود نشان دادند. در نهایت، معیارهای «نوآوری و

اقتصاد دیجیتال»، «تحول در فرآیندهای تولید و بهره‌وری» و «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» به‌عنوان معیارهای اثرگذار و معیارهای «تاب‌آوری و مدیریت بهینه منابع»، «توسعه مهارت‌ها و آموزش نیروی کار» و «ارتباطات هوشمند و یکپارچگی سیستم‌ها» نیز به‌عنوان معیارهای اثرپذیر و معلول شناسایی شدند در عین حال که مؤلفه‌های صنعت ۴,۰ مانند «نوآوری و اقتصاد دیجیتال» و «سیاست‌ها و چارچوب‌های بین‌المللی» تأثیر بالایی بر تعاملات بین‌المللی و توانمندی صنعتی ایران دارند، باید به برخی محدودیت‌ها و چالش‌ها نیز توجه کرد. از مهم‌ترین چالش‌ها می‌توان به ضعف زیرساخت‌های فناوریانه و محدودیت‌های مالی برای توسعه فناوری اشاره کرد. علاوه بر این، نبود سیاست‌های حمایتی مشخص و موانع قانونی مرتبط با سرمایه‌گذاری‌های فناوریانه می‌تواند سرعت پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ را کاهش دهد. این چالش‌ها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به دلیل محدودیت‌های منابع و نیاز به بازآموزی نیروی کار و ارتقای مهارت‌های دیجیتال ملموس‌تر هستند.

در میان زیرمعیارهای شناسایی‌شده، «نوآوری باز» و «رایانش ابری» به‌ترتیب بیشترین تأثیرگذاری و تعامل را در میان سایر زیرمعیارها داشتند، درحالی‌که «اینترنت اشیاء» کمترین میزانتأثیرگذاری و تعامل را با سایر زیرمعیارها نشان داد. همچنین، زیرمعیار «توسعه مهارت‌های دیجیتال» بیشترین تأثیرپذیری را داشته و زیرمعیار «زیرساخت‌های فناوری» کمترین تأثیرپذیری را به خود اختصاص داده است. درنهایت، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشخص شد که در میان زیرمعیارهای استخراج‌شده، «شبکه‌سازی بین‌المللی» اثرگذارترین علت و «سیستم‌های بهداشتی پایدار» اثرپذیرترین معلول در میان سایر زیرمعیارها هستند.

پژوهش حاضر، از نظر پیامد نظری، ضمن شناسایی مهم‌ترین مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم، به معرفی تأثیرگذارترین و تأثیرپذیرترین عوامل مرتبط با تعاملات بین‌المللی ایران پرداخته که در پژوهش‌های پیشین کمتر به آن‌ها توجه شده است. این پژوهش همچنین با افزودن دانش جدید به مبانی نظری موجود و ارائه یک عرصه پژوهشی آتی، بر عواملی مانند «شبکه‌سازی بین‌المللی»، «رایانش ابری»، «نوآوری باز» و «سیستم‌های سایبرفیزیکی» تأکید دارد و بیان می‌کند که سازمان‌ها و صنایع در تعاملات بین‌المللی خود باید مؤلفه‌های تأثیرگذار «نوآوری باز» و «زیرساخت‌های فناوری» را در هنگام تصمیم‌گیری و حرکت به سمت بهره‌برداری از صنعت نسل چهارم مدنظر قرار دهند. از منظر پیامدهای اجرایی نیز، پژوهشگران، سازمان‌ها و صنایع می‌توانند با توجه به شناسایی مهم‌ترین تأثیرگذارترین و تأثیرپذیرترین مؤلفه‌های استراتژیک صنعت نسل چهارم، ضمن درک بهتر وضعیت

فعلی خود، با تأکید بر مسائل کلیدی در حوزه‌های اقتصادی، سیاسی و بین‌المللی با کمترین منابع موردنیاز، در مسیر توسعه تعاملات بین‌المللی خود گام بردارند و به‌صورت هدفمند بر روی مؤلفه‌های مهم تمرکز و برنامه‌ریزی کنند. درنهایت، مؤسسه‌های دولتی نیز باید با راه‌اندازی مراکزی برای آموزش رایگان مهارت‌های دیجیتال و توسعه منابع انسانی متخصص، ضمن همکاری با مؤسسه‌های دانشگاهی، حرکت به سمت بهره‌برداری کامل از فرصت‌های صنعت نسل چهارم را تسریع نمایند. این پژوهش بر اساس چارچوب نظری نوآوری باز انجام شده است و یافته‌ها نشان می‌دهند که بهره‌گیری از فناوری‌های صنعت ۴,۰، با استفاده از تئوری نوآوری باز، می‌تواند به افزایش تعاملات بین‌المللی و تقویت موقعیت رقابتی ایران در سطح جهانی کمک کند. نوآوری باز به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که علاوه بر بهره‌گیری از منابع داخلی، از فرصت‌های نوآوری خارجی نیز استفاده کنند و در نتیجه، از انعطاف‌پذیری بیشتری در مواجهه با تحولات سریع فناوری و نیازهای بازارهای بین‌المللی برخوردار شوند. چارچوب نوآوری باز همچنین نقش بسزایی در تقویت شبکه‌سازی بین‌المللی و توانمندی‌های نوآورانه ایران ایفا می‌کند و جایگاه کشور را در زنجیره‌های تأمین جهانی بهبود می‌بخشد.

با توجه به اهمیت تاب‌آوری و پایداری در محیط‌های پرچالش صنعت ۴,۰، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی به مقوله‌های مرتبط با پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی سازمان‌ها توجه ویژه‌ای شود. ارزیابی و پایش این مقوله‌ها، همراه با توسعه مهارت‌های دیجیتال، تقویت همکاری‌های بین‌المللی و ایجاد شبکه‌های دانش بین‌المللی می‌تواند به ایجاد رویکردهای جامع‌تر و پایداری در برنامه‌ریزی‌های استراتژیک کشور ایران کمک کرده و موقعیت تعاملات آن را در بازار جهانی تقویت نماید. همچنین پیشنهاد می‌گردد، تعاملات بین متغیرهای استخراج‌شده از طریق مدل‌های آماری معتبر، نظیر مدل‌سازی معادلات ساختاری و سایر روش‌های تصمیم‌گیری، مورد تحلیل و بررسی دقیق قرار گیرند.

منابع

- آذر، عادل؛ رجب زاده قطری، علی و اخوان، عطیه. (۱۳۹۶). نگاشت مدل تولید پایدار با رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری و دیتمتل فازی. دانشگاه علامه طباطبائی، ۱۵(۴۶)، ۱-۲۶.
- بائوج خوشامیان، عمران و صدوقی، میترا. (۱۴۰۱). شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های نوآوری بنیادین و استراتژیک با تکنیک دل فی فازی. مدیریت و چشم انداز آموزش، ۴(۲)، ۸۵-۱۰۳.
- بهرامی، محمدرضا؛ هاشم زاده، غلامرضا؛ شاه منصوری، اشرف و فتحی هفشجانی، کیامرث. (۱۴۰۲). تحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر ارزیابی آمادگی صنعت نسل چهارم. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۳(۲)، ۲۹۷-۲۶۷.
- کیانیبختیاری، ابوالفضل و موسوی موحدی، علیاکبر. (۱۴۰۰). انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش رو. نشاء علم، ۱۱(۲)، ۱۵۵-۱۶۳.
- نعمتیزاده، سینا؛ حیدری، عباس؛ و میراشرافی، مهدی. (۱۴۰۰). طراحی و ارائه مدلی به منظور ارزیابی آمادگی سازمان گمرک ایران برای پیوستن به انقلاب صنعتی چهارم. سیاستهای مالی و اقتصادی، ۹(۳۴)، ۷۶-۵۳.
- Ayçin, Ejder; & Kayapinar Kaya, Sema. (2021). Towards the circular economy: Analysis of barriers to implementation of Turkey's zero waste management using the fuzzy DEMATEL method. *Waste Management & Research*, 39(8), 1078-1089. <https://doi.org/10.1177/0734242X20988781>
- Aytekin, Ahmet; Koca, Gözde; Okoth, Basil Oluch; & Karamaşa, Çağlar. (2023). Determining the Importance Level of Effective Criteria in the Health Information System Selection via Spherical Fuzzy DEMATEL Method. In L. Sahoo, T. Senapati, & R. R. Yager (Eds.), (L. Sahoo, T. Senapati, & R. R. Yager, Eds.), *Real Life Applications of Multiple Criteria Decision Making Techniques in Fuzzy Domain* (pp. 417-434). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4929-6_19
- Bessen, James. (2019). Automation and jobs: when technology boosts employment. *Economic Policy*, 34(100), 589-626. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiaa001>

- Caramuta, Caterina; Longo, Giovanni; Padoano, Elio; & Vesela, Maria. (2023). Comparing Power Supply Technologies for Public Transport Buses through the AHP and the Fuzzy DEMATEL Method. *Sustainability*, 15(23), 16190. <https://doi.org/10.3390/su152316190>
- Castellani, Davide; Lamperti, Fabio; & Lavoratori, Katiuscia. (2022). Measuring adoption of industry 4.0 technologies via international trade data: insights from European countries. *Journal of Industrial and Business Economics*, 49(1), 51-93. <https://doi.org/10.1007/s40812-021-00204-y>
- Çelik, Miraç Tuba; & Arslankaya, Seher. (2023). Analysis of quality control criteria in an business with the fuzzy DEMATEL method: Glass business example. *Journal of Engineering Research*, 11(2), 100039. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100039>
- Chen, Hong; Li, Ling; & Chen, Yong. (2021). Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*, 8(1), 36-68. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1852895>
- Chen, Zhihua; Lu, Minglei; Ming, Xinguo; Zhang, Xianyu; & Zhou, Tongtong. (2020). Explore and evaluate innovative value propositions for smart product service system: A novel graphics-based rough-fuzzy DEMATEL method. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118672. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118672>
- Degli Antoni, Giacomo; & Franco, Chiara. (2022). The effect of technological behaviour and beliefs on subjective well-being: the role of technological infrastructure. *Journal of Evolutionary Economics*, 32(2), 553-590. <https://doi.org/10.1007/s00191-022-00769-4>
- Durmusoglu, Serdar S. (2004). Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. *European Journal of Innovation Management*, 7(4), 325-326. <https://doi.org/10.1108/14601060410565074>
- Giri, Bibhas Chandra; Molla, Mahatab Uddin; & Biswas, Pranab. (2022). Pythagorean fuzzy DEMATEL method for supplier selection in sustainable supply chain management. *Expert Systems with Applications*, 193, 116396. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116396>
- Huang, Ming-Feng; & Peng, Li-Pei. (2023). Extracting Evaluation Factors of Social Resilience in Water Resource Protection Areas Using the Fuzzy Delphi Method. *Sustainability*, 15(18), 13764. <https://doi.org/10.3390/su151813764>
- I. Ahmed; G. Jeon; & F. Piccialli. (2022). From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: A Survey on What, How, and Where. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 18(8), 5031-5042. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3146552>

- Kilani, Yanal. (2020). Cyber-security effect on organizational internal process: mediating role of technological infrastructure. *Probl. Perspect. Manag.*, 18(1), 449-460. [https://doi.org/10.21511/ppm.18\(1\).2020.39](https://doi.org/10.21511/ppm.18(1).2020.39)
- Kumar, Sachin; & Singh, Vinay. (2024). Underpinning risk dimensions of sponsored institutional R&D projects through cutting-edge fuzzy TOPSIS and fuzzy DEMATEL approaches. *Kybernetes*, ahead-of-print(ahead-of-print), 1-15. <https://doi.org/10.1108/K-01-2024-0026>
- Kumar, Shailendra; Suhaib, Mohd.; & Asjad, Mohammad. (2020). Industry 4.0: complex, disruptive, but inevitable. *Management and Production Engineering Review*, 11(No 1), 43-51. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.132942>
- Lee, Jay; Bagheri, Behrad; & Kao, Hung-An. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Li, Hao; Dietl, Helmut; & Li, Jinlin. (2021). Identifying key factors influencing sustainable element in healthcare waste management using the interval-valued fuzzy DEMATEL method. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(5), 1777-1790. <https://doi.org/10.1007/s10163-021-01233-4>
- Li, Ling. (2022). Reskilling and Upskilling the Future-ready Workforce for Industry 4.0 and Beyond. *Inf Syst Front*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10308-y>
- Lin, Ching-Te; & Huang, Sun-Jen. (2024). Technical risk model of machine learning based software project development - A multinational empirical study using modified Delphi-AHP method. *Information and Software Technology*, 171, 107449. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2024.107449>
- Ljepava, Nikolina; & Aleksic, Aleksandar. (2024). Application of a Fuzzy Delphi Method in Marketing: A Review. In A. Salman & A. Tharwat (Eds.), (A. Salman & A. Tharwat, Eds.), *Smart Designs for Business Innovation* (pp. 1-9). Springer Nature Switzerland.
- Malekinejad, Mohsen; Johnston, Lisa Grazina; Kendall, Carl; Kerr, Ligia Regina Franco Sansigolo; Rifkin, Marina Raven; & Rutherford, George W. (2008). Using Respondent-Driven Sampling Methodology for HIV Biological and Behavioral Surveillance in International Settings: A Systematic Review. *AIDS and Behavior*, 12(1), 105-130. <https://doi.org/10.1007/s10461-008-9421-1>
- Minchev, Zlatogor. (2023a). On the growing transformational role of AI technologies for the future cyber diplomacy in the post-information age. *International Journal of Cyber Diplomacy*, 4, 29-41. <https://doi.org/10.54852/ijcd.v4y202303>

- Minchev, Zlatogor. (2023b). On the growing transformational role of AI technologies for the future cyber diplomacy in the post-information age. *International Journal of Cyber Diplomacy*, 4, 29-41. <https://doi.org/10.54852/ijcd.v4y202303>
- Mourtzis, Dimitris; Angelopoulos, John; & Panopoulos, Nikos. (2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies*, 15(17), 6276. <https://doi.org/10.3390/en15176276>
- Mubarak, Muhammad Faraz; Tiwari, Suman; Petraite, Monika; Mubarik, Mobashar; & Raja Mohd Rasi, Raja Zuraidah. (2021). How Industry 4.0 technologies and open innovation can improve green innovation performance? *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 32(5), 1007-1022. <https://doi.org/10.1108/MEQ-11-2020-0266>
- Oduro, Stephen; & De Nisco, Alessandro. (2023). From Industry 4.0 adoption to innovation ambidexterity to firm performance: a MASEM analysis. *European Journal of Innovation Management*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2023-0106>
- Potočan, Vojko; Mulej, Matjaž; & Nedelko, Zlatko. (2021). Society 5.0: balancing of Industry 4.0, economic advancement and social problems. *Kybernetes*, 50(3), 794-811. <https://doi.org/10.1108/K-12-2019-0858>
- Q. Qi; & F. Tao. (2018). Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. *IEEE Access*, 6, 3585-3593. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2793265>
- Raofi, Azam; Takian, Amirhossein; Akbari Sari, Ali; Olyaeemanesh, Alireza; Haghighi, Hajar; & Aarabi, Mohsen. (2020). COVID-19 pandemic and comparative health policy learning in Iran. *Arch. Iran. Med.*, 23(4), 220-234. <https://doi.org/10.34172/aim.2020.02>
- Roldán López de Hierro, Antonio Francisco; Sánchez, Miguel; Puente-Fernández, Daniel; Montoya-Juárez, Rafael; & Roldán, Concepción. (2021). A Fuzzy Delphi Consensus Methodology Based on a Fuzzy Ranking. *Mathematics*, 9(18), 2323. <https://doi.org/10.3390/math9182323>
- Rostamnezhad, Mozhdah; Nasirzadeh, Farnad; Khanzadi, Mostafa; Jarban, Mohammad Jafar; & Ghayoumian, Masoud. (2020). Modeling social sustainability in construction projects by integrating system dynamics and fuzzy-DEMATEL method: a case study of highway project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(7), 1595-1618. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2018-0031>
- S. Strazzullo; L. Cricelli; M. Grimaldi; & G. Ferruzzi. (2024). Connecting the Path Between Open Innovation and Industry 4.0: A Review of the Literature. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 13827-13839. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3139457>

- Schwab, Klaus. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown.
- Shanta, Mehedi Hasan; Choudhury, Imtiaz Ahmed; & Salman, Sheak. (2024). Municipal solid waste management: Identification and analysis of technology selection criteria using Fuzzy Delphi and Fuzzy DEMATEL technique. *Heliyon*, 10(1), 23236. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23236>
- Soori, Mohsen; Arezoo, Behrooz; & Dastres, Roza. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192-204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
- Strange, Roger; & Zucchella, Antonella. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184. <https://doi.org/10.1108/MBR-05-2017-0028>
- Sun, Jingran; Balakrishnan, Srijith; & Zhang, Zhanmin. (2021). A resource allocation framework for predisaster resilience management of interdependent infrastructure networks. *Built Environment Project and Asset Management*, 11(2), 284-303. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-06-2020-0109>
- Tahriri, Farzad; Mousavi, Maryam; Hozhabri Haghighi, Siamak; & Zawiah Md Dawal, Siti. (2014). The application of fuzzy Delphi and fuzzy inference system in supplier ranking and selection. *Journal of Industrial Engineering International*, 10(3), 66. <https://doi.org/10.1007/s40092-014-0066-6>
- Teece, David J. (2014). The Foundations of Enterprise Performance: Dynamic and Ordinary Capabilities in an (Economic) Theory of Firms. *Academy of Management Perspectives*, 28(4), 328-352. <https://doi.org/10.5465/amp.2013.0116>
- Yang, Fengwei; & Gu, Sai. (2021). Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*, 7(3), 1311-1325. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00267-9>
- Yang, Yiling; Gai, Tiantian; Cao, Mingshuo; Zhang, Zhen; Zhang, Hengjie; & Wu, Jian. (2023). Application of Group Decision Making in Shipping Industry 4.0: Bibliometric Analysis, Trends, and Future Directions. *Systems*, 11(2), 69. <https://doi.org/10.3390/systems11020069>
- Yoo, Youngjin; Richard J. Boland, Jr; Lyytinen, Kalle; & Majchrzak, Ann. (2012). Organizing for Innovation in the Digitized World. *Organization Science*, 23(5), 1398-1408. <https://doi.org/10.1287/orsc.1120.0771>
- Yüksel, Hilmi. (2022). Industry 4.0 transformation: factors affecting adoption and impacts on companies. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, 4(3), 63-89. <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-06-2022-0020>

- Zhang, Zi-Xin; Wang, Liang; Wang, Ying-Ming; & Martínez, Luis. (2023). A novel alpha-level sets based fuzzy DEMATEL method considering experts' hesitant information. *Expert Syst. Appl.*, 213(PA), 118925. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118925>
- Zhu, Min; Zhou, Wenbo; Hu, Min; Du, Juan; & Yuan, Tengfei. (2023). Evaluating the Renewal Degree for Expressway Regeneration Projects Based on a Model Integrating the Fuzzy Delphi Method, the Fuzzy AHP Method, and the TOPSIS Method. *Sustainability*, 15(4), 3769. <https://doi.org/10.3390/su15043769>
- Ziaei Nafchi, Majid; & Mohelská, Hana. (2018). Effects of Industry 4.0 on the Labor Markets of Iran and Japan. *Economies*, 6(3), 39. <https://doi.org/10.3390/economies6030039>
- Zizic, Marina C.; Mladineo, Marko; Gjeldum, Nikola; & Celent, Luka. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. *Energies*, 15(14), 5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>