دوماهنامه بررسی‌های بازرگانی
سال بیست و یکم، شماره ۱۲۰، مرداد و شهریور ۱۴۰۲، ۴۸-۳۱

Commercial Surveys Bimonthly
Vol.21, No.120, Aug-Sep 2023, 31-48

مقاله پژوهشی

دیده‌بانی روندهای آینده مؤثر بر صنعت ایران بر پایه یک روش آینده‌نگاری

دریافت: ۱۴۰۱/۷/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۴

محسن کشاورز ترک[۱] (نویسنده مسئول)
مصطفی محمدی[۲]
میثم بشیری[۳]

چکیده

اولویت‌های ملی منعکس‌کننده ساختارها و نقاط قوت و همچنین منافع صنایع تولیدی غالب در اقتصاد است. بسیاری از تحلیل‌های ملی اخیر در مورد آینده صنعت، فعالیت‌های صنعتی را برجسته می‌کنند که انتظار می‌رود در آینده درنتیجه روندهای سطح بالای جهانی و پیشرفت‌های فناوری نوظهور برجسته‌تر شوند. ازاین‌رو پژوهش حاضر بر آن است تا یک نمای کلی از عوامل شکل‌دهنده آینده و روندهای مهم را در حوزه صنعت در ایران را ارائه کند که بر سیستم‌های صنعتی و تولیدی تأثیر می‌گذارد. این پژوهش به دنبال پیاده‌سازی چارچوب سه مرحله‌ای آینده‌نگاری اف‌اس‌اف (چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان ابزار دیده‌بانی روندهای آینده است. در مرحله اول با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه باز و پس از پایش و ادغام و جمع‌بندی کارشناسانه ۲۱ روند موثر بر آینده صنعت ایران شناسایی شدند. در مرحله دوم با کمک نرم‌افزار میک‌مک به‌منظور تحلیل اثرات متقابل اقدام گردید. در ابتدا چگونگی تاثیرگذاری روندها تحلیل شد و درنهایت در مرحله پایانی روندهای راهبردی مشخص گردیدند. بر اساس تحلیل یافته‌های پژوهش و خروجی نرم‌افزار میک‌مک روندهای «تغییر در سیاست صنعتی خارجی»، «بهبود تولید انسان‌محور»، «کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی چرخه حیات» و «تأکید بر رفاه اجتماعی و پایه اقتصادی زندگی از طریق تولید» به‌عنوان روندهای راهبردی شناسایی شدند. روندهای شناسایی‌شده آینده صنعت در ایران بیانگر مسیرهای شکل‌دهی و ترسیم آینده‌های بدیل پیشروی صنعت ایران است.

طبقه‌بندی JEL: E17 - M1- M19

روندهای آینده / دیده‌بانی / صنعت ایران / آینده‌نگاری

۱. استادیار، گروه پژوهشهای صنعت، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، تهران، ایران mohsen.keshvarzturk@gmail.com
۲. مربی، گروه پژوهشهای صنعت، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، تهران، ایران m.mohammadi31@gmail.com
۳. مربی، گروه پژوهشهای صنعت، موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، تهران، ایران maysam.bashiri@gmail.com

۱. مقدمه: طرح مسأله

رویکردهای مختلفی برای تجزیه‌وتحلیل آینده و سناریوهای احتمالی آن وجود دارد، مانند تکنیک‌های سناریونگاری، نقشه‌راه، مطالعات دلفی، مدل‌سازی و غیره. همه این رویکردها کارکردها و نقش‌های متفاوتی دارند. هدف آینده‌پژوهی بر انتخاب رویکرد تأثیر می‌گذارد. در این میان دو هدف متمایز «میل به دانستن اینکه آینده چه خواهد آورد» و «اعتقاد به اینکه برنامه‌ریزی می‌تواند توسعه مسیر را تغییر دهد»، را می‌توان شناسایی کرد. دانستن اینکه آینده چه چیزی را به همراه خواهد داشت، به فرد امکان می‌دهد تا زمانی که هنوز زمان کافی دارد، تغییراتی را انجام دهد. رویکرد دوم فرصتی را برای تغییر مسیرهای توسعه به‌جای تطبیق با مسیری که قبلاً هموار شده است، فراهم می‌کند. این رویکرد می‌تواند به‌ویژه در شرکت‌های بزرگ که قدرت تغییر توسعه دارند، موردتوجه قرار گیرد (هوجر و ماتسون، ۲۰۰۰) یکی از مفاهیم اساسی آینده‌پژوهی، آینده‌نگاری است که می‌توان آن را همراه با هر یک از دو هدف مطرح‌شده، مورداستفاده قرار داد. به‌طور خاص، آینده‌نگاری به پژوهش‌های آینده کاربردی برای حمایت از تصمیم‌گیری در کسب‌وکار به‌کار گرفته می‌شود. اصل آینده‌نگاری این است که حال و آینده را کاملاً به هم مرتبط می‌داند (مالاسکا، ۲۰۱۳). یکی از روش‌های پرکاربرد و موثر آینده‌نگاری، روندپژوهی است. تغییرات منظم در طول زمان مشخص به‌عنوان روند شناخته می‌شوند. روندها را می‌توان به‌صورت کیفی و یا کمی مورد بررسی قرار داد (ملکی‌فر و همکاران، ۱۳۸۵). روندها به‌عنوان ویژگی‌هایی در زمان حال تعریف می‌شوند که ممکن است به‌عنوان ویژگی‌هایی از پیش تعیین‌شده در زمان آینده ادامه پیدا کنند (کامپینین و همکاران، ۲۰۰۳). به‌طور مثال پیرسون روندهای فناوری را در چند دهه آینده برون‌یابی کرده است (به‌عنوان‌مثال، گردشگری مجازی، احساس مصنوعی از طریق تحریک عصبی) (پیرسون، ۲۰۰۰) و راینگولد (۲۰۰۳). تأثیر فناوری را بر تکامل اجتماعی بررسی کرده است. این پژوهشگران درواقع داستان‌های علمی تخیلی را در قالب واقعیت به تصویر کشیده‌اند و شاید ناگهان آینده به‌طور شگفت‌انگیزی شبیه آنچه توصیف کرده‌اند، ظهور پیدا کند.

صنعت، بزرگترین بخش مولد اقتصادی و رابط بین بخش‌های دیگر زنجیره اقتصادی در یک کشور است. بنابراین، رشد و رونق آن به سایر بخش‌ها نیز تسری می‌یابد. در ایران نیز رشد بخش صنعت با تکیه بر منابع داخلی می‌تواند زمینه رهایی از اقتصاد تک محصولی و وابستگی به دنیای خارج به عنوان یکی از اصلی ترین اهداف اقتصاد مقاومتی را فراهم سازد (شاه آبادی و نعیما، ۱۳۹۹). در سال‌های اخیر، بخش صنعت از شرایط داخلی و بین‌المللی حاکم بر اقتصاد کشور، نوسانات زیادی را تجربه می‌کنند؛ که این امر موجب گردیده عمده صنایع کشور به رغم بالاتر بودن ظرفیت‌های نصب شده امام با کمتر از ظرفیت تولید به فعالیت مشغول باشند (پیروز و عسگری، ۱۳۹۹). همچنین طی چند دهه اخیر، شاهد فشار رقابتی فزاینده‌ای در بازارهای جهانی بوده‌ایم که نگرانی وسواسی را در صنایع تولیدی در مورد تضمین کیفیت بالاتر، هزینه کمتر و زمان تحویل کوتاه‌تر ایجاد کرده است. همچنین پیشرفت‌های نوظهور علم و مهندسی تغییرات گسترده‌ای را در حوزه صنعت به‌همراه آورده است. در این میان به پیشرفت‌های فوتونیک ازجمله اسکن، سنجش و تصویربرداری؛ اطلاعات، ارتباطات و شبکه‌ها؛ صفحه‌نمایش و نمایشگر؛ نورپردازی پیشرفته؛ سیستم‌های انرژی فوتونیک؛ و سیستم‌های لیزری، پیشرفت‌های بیوتکنولوژی ازجمله بیوفارما؛ مهندسی بافت/ پزشکی بازساختی؛ زیست‌شناسی مصنوعی؛ و تولید با الهام از زیست‌شناسی و پیشرفت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در سیستم‌های تولیدی ازجمله سیستم‌های مکاترونیک هوشمند برای اتوماسیون و رباتیک و پیشرفت محاسبات شبکه برای تولید اشاره کرد.

بنابرآنچه بیان شد پژوهش حاضر بر آن است تا یک نمای کلی از عوامل شکل‌دهی آینده و روندهای مهم را در حوزه صنعت در ایران را ارائه کند که بر سیستم‌های صنعتی و تولیدی تأثیر می‌گذارد. درحالی‌که برخی از اثرات این روندها امروزه قابل‌مشاهده است، انتظار می‌رود که روندهای شناسایی‌شده تغییرات بیشتری را در فعالیت تولید در کشورمان ایجاد کنند.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

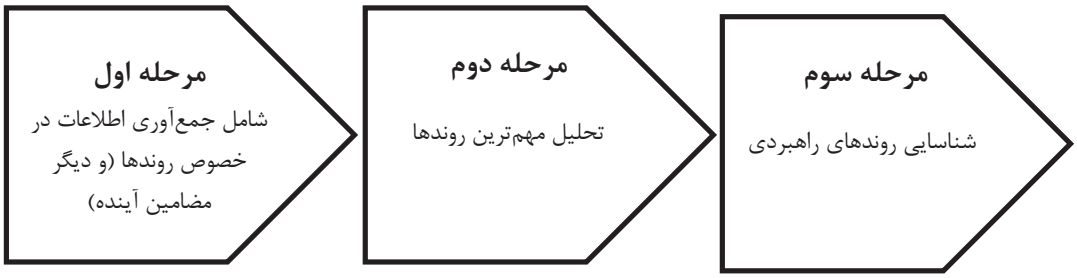
الف: مبانی نظری

دیده‌بانی در ادبیات آینده‌نگاری

آینده‌نگاری ابزاری است که از آن می‌توان در مشارکت، شبکه‌سازی، تهیه چشم‌انداز و سیاست‌گذاری‌ها استفاده نمود. این ابزار ازآنجاکه طیف گسترده و متنوعی از فعالیت‌ها را شامل می‌شود و این فعالیت‌ها برای مخاطبان گوناگون با تأکیدات مختلف و با استفاده از رویکردها، جهت‌گیری‌ها و روش‌های متفاوت اجرا می‌شود، لذا به همان نسبت توانایی پاسخ‌گویی به گستره‌ای متنوع از اهداف و خواسته‌ها را نیز دارد. در هر برنامه آینده‌نگاری عموماً سعی می‌شود تا با ترکیب «اهداف مطلوب» و «محدودیت‌های موجود»، اهداف و روش‌هایی مناسب به دست آید که بتواند بهترین نقطه‌ی بینابینی را به وجود آورد (لاوریج، ۲۰۰۸). آینده‌نگاری رویکردی پیش‌دستانه برای اجتناب از تفکر خطی درباره آینده و مبتنی نمودن اقدامات بر تحلیل‌های آینده‌نگر است، اما ارائه تعریف آینده‌نگاری به‌نحوی‌که کاملاً مشخص، دقیق، خدشه‌ناپذیر و مقبول همه صاحب‌نظران باشد، بسیار مشکل یا غیرممکن به نظر می‌رسد (روهربک. گوموندن، ۲۰۱۱). روش‌های آینده‌پژوهی با پرداختن به اینکه چه چیزهایی باید در آینده طراحی شوند و اینکه این طرح‌ها با روندهای آینده هماهنگ هستند به کمک شرکت‌ها آمده است (مانکوف، رود و فست، ۲۰۱۳). دیده‌بانی یک ابزار آینده‌نگاری است که برای «اندیشیدن، بحث و شکل دادن به آینده در جهت تمایلات اجتماعی به روشی سیستماتیک» و برای نگاهی روبه‌جلو به طیف وسیعی از تحولات ایجاد شده است. هدف دیده‌بانی این نیست که آینده را پیش‌بینی کند، اما برای شناسایی مسائل نوظهور در قبل از شروع فرایند تحقیق و توسعه به کار می‌آید و می‌تواند در حوزه نوآوری و فناوری به کار گرفته شود (کربیچ، اورتل و ولک، ۲۰۱۱). دیده‌بانی روشی است که در پیوند آینده‌نگری و راهبرد قرار دارد (اسلاتر، ۱۹۹۹). ازاین‌رو دیده‌بانی در تدوین برنامه راهبردی شرکت از این منظر که منجر به شناسایی فرصت‌ها و تهدیدهای حاصل از نیروهای خارجی به کار گرفته می‌شود (آلبرایت، ۲۰۰۴).

روش آینده‌نگاری (چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان چارچوب دیده‌بانی

بیشتر در دیده‌بانی سه مفهوم در ادبیات آینده‌پژوهی تحت عناوین روندها، نشانه‌های ضعیف و شگفتی‌سازها مورد رصد قرار می‌گیرند. ازاین‌رو چارچوب آینده‌نگاری (چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان ابزاری برای تحلیل و دسته‌بندی نشانه‌های ضعیف، شگفتی‌سازها، روندها و سایر انواع اطلاعات تعریف شده است؛ و بدین منظور می‌تواند به‌کار گرفته شود. چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده چارچوبی را برای تفکیک دانش مرتبط با آینده با توجه به درک و دیدگاه هر فرد ارائه می‌دهد. فلسفه پشت این چارچوب مبتنی بر اصول پویش محیطی و مدیریت الگو است که در آن‌یک تحولی نوظهور را می‌توان به طرق مختلف تشخیص داد. چارچوب مذکور که در نقطه مقابل رویکرد سنتی برون‌یابی می‌باشد، به مدیریت موضوعات ضمن شناسایی و دیده‌بانی روندها و تعریف و تفسیر آن‌ها پرداخته است. این چارچوب سه مرحله اصلی مطابق نمودار (۱) را دارا می‌باشد:



نمودار ۱- روش آینده‌نگاری (حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان چارچوب دیده‌بانی (کوواسا، ۲۰۱۰)

۲-۲ انقلاب صنعتی چهارم، فصلی جدید در پیشرفت بشر

انقلاب صنعتی چهارم روشی برای توصیف مجموعه‌ای از تحولات مستمر و قریب‌الوقوع در سیستم‌های حاکم حال حاضر است (لیائو و همکاران، ۲۰۱۸). انقلاب صنعتی چهارم جهان فیزیکی، جهان دیجیتال و جهان زیست شناختی انسان‌ها را یکی می‌کند. اگر در زمان انقلاب صنعتی چهارم شرکت‌ها به درک درستی از نحوهٔ تعامل انسان و فناوری نرسیده باشند؛ همکاری در زمینه‌های سرمایه‌گذاری، سیاست‌گذاری و اقدامات جمعی که تأثیری مثبت بر آینده دارند؛ قطعاً بسیار دشوار خواهد بود (لی و همکاران، ۲۰۱۸). اهداف انقلاب صنعتی چهارم را می‌توان (۱- تغییر مدل‌های کسب‌وکار، ۲- خودکارسازی، ۳-تولید منابع دست‌ساز و مصنوعی، ۴- افزایش بهره‌وری) ذکر کرد (دوگارو، ۲۰۲۰).

ارکان انقلاب صنعتی چهارم (پیریسکارو، ۲۰۱۶)

این ارکان را می‌توان در قالب ۹ مورد زیر مطرح کرد. ۱- جمع‌آوری و تحلیل کلان داده‌ها: به منظور تصمیم‌گیری جامع و بهینه‌سازی کیفیت محصولات. ۲- ربات‌های خودگردان: ربات‌های بیش‌ازپیش مستقل و خودگردان و انعطاف‌پذیر برای انجام کارهای پیچیده.۳- شبیه‌سازی: برای کاهش زمان توقف ماشین‌آلات و افزایش کیفیت محصول نهایی. ۴- سیستم‌های یکپارچه افقی و عمودی: برای ایجاد یک زنجیرهٔ ارزش کاملاً مکانیزه و خودکار.

۵- اینترنت اشیاء صنعتی: ارتباط تمامی تجهیزات به فناوری‌های ارتباطی برای ارتباط و تعامل با واحد کنترل. ۶- امنیت شبکه: حفاظت از سیستم‌های حساس صنعتی و خطوط تولید مهم در برابر حملات سایبری. ۷- سیستم رایانش ابری: مدیریت و تحلیل‌های آماری در شرکت. ۸- تولید افزایشی: تولید نمونهٔ اولیه محصولات با دقت بسیار زیاد و محصولات سفارشی خاص. ۹-واقعیت افزوده: بهبود عملکرد نیروی انسانی از طریق فراهم‌سازی اطلاعات واقعی و بهنگام.

۲-۳- هم‌گرایی علوم فوتونیک، بیوتکنولوژی، فناوری نانو، میکروفناوری، فناوری اطلاعات و ارتباطات و مواد پیشرفته در سیستم‌های تولیدی

این حوزه‌های فناوری به‌شدت چند رشته‌ای و فرابخشی هستند، و توسعه آن‌ها با پیشرفت‌هایی در فیزیک، شیمی، علم مواد و زیست‌شناسی و همچنین هم‌گرایی این رشته‌ها انجام می‌شود. آن‌ها با شدت دانش بالا، هزینه‌های تحقیق و توسعه بالا، چرخه‌های نوآوری سریع، هزینه‌های سرمایه‌ای بالا و اشتغال بامهارت بالا مرتبط هستند. آن‌ها دارای ارتباط سیستمی، چند رشته‌ای و فرابخشی هستند و در بسیاری از حوزه‌های فناوری با گرایش به همگرایی هستند (آپاچه، ۲۰۲۰).

ادغام راه‌حل‌های جدید فاوا و سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی در عملیات تولید در کوتاه‌مدت انتظار

می‌رود. مواد پیشرفته در دستور کار پژوهشی کوتاه‌مدت تا میان‌مدت مهم هستند و انتظار می‌رود که اصول فناوری ساخت جدید مبتنی بر فناوری‌های نانو یا بیوتکنولوژی تنها در بلندمدت محقق شوند (ویشیوسکی و یارسلاوتسو، ۲۰۱۷).

آینده پیشروی فناوری‌های نوظهور

فوتونیک: مدارهای اپتوالکترونیک یکپارچه، با قابلیت ترکیب چندین عملکرد نوری و الکترونیکی روی یک تراشه واحد (امیری و همکاران، ۲۰۱۸).

بیوتکنولوژی: فرایندهای تولید زیستی پیچیده (انگاین و همکاران، ۲۰۱۸).

بیوداروها: افزایش تقاضا با افزایش تعداد بیماری‌های قابل‌درمان با این داروها (جزوالا و همکاران، ۲۰۱۶).

زیست‌شناسی مصنوعی: یک فناوری توانمند برای طیف وسیعی از صنایع ازجمله مواد شیمیایی، سوخت‌های زیستی (بیودیزل و اتانول)، حسگرها، کشاورزی (رابرتس و همکاران، ۲۰۱۳).

مهندسی بافت: پیش‌بینی بازاری با ارزش به ۲٫۳ میلیارد دلار تا سال ۲۰۲۵ (داسیلوا و همکاران، ۲۰۲۰).

سنتز: نیاز این حوزه به دانش، ابزار و رویکردهای جدید (سبحان، چودهری و نئوگی، ۲۰۲۱).

تولید مواد افزودنی: قادر به مونتاژ محصولات بر اساس مساحت یا حجم به‌جای لایه‌بندی مواد (گبهاردت، ۲۰۱۱).

میکروتکنولوژی: فقدان استانداردها سیستم‌های مکانیکی میکروالکترونیک هزینه‌های برنامه‌های جدید را بالا نگه دارد، که می‌تواند به رقابت در آینده آسیب برساند. (حیدری، ۲۰۱۳)

فناوری اطلاعات و ارتباطات در سیستم‌های تولیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات، مدل‌های جدید کسب‌وکار را فعال کند. (ساتر، ۲۰۱۶)

مواد پیشرفته: فلزات پیشرفته، پلیمرهای پیشرفته، کامپوزیت‌های جدید، بیومواد پیشرفته (گروچیزینسکا و همکاران، ۲۰۲۰).

فناوری‌های زیست‌محیطی و انرژی: تأکید بر ارتقای این فناوری‌ها در تعدادی از کشورهای تولیدکننده (سلیمانی، ۲۰۲۱).

ب: پیشینه پژوهش

سیگو و همکاران (۲۰۲۲)، به طور مختصر فناوری‌های توانمندساز نوظهور اصلی در صنعت ۴٫۰ را در ارتباط با صنایع بررسی کرده‌اند، آنها مطرح کرده‌اند که آینده صنعت ۴٫۰ به ترکیبی از فناوری‌های جدید نیاز دارد که باعث ظهور نسل بعدی صنعت ۴ یا همان صنعت ۵ می‌شود. چنین فناوری‌هایی از رشته‌های مختلف، از جمله هوش مصنوعی، نسل ۵ اینترنت، محاسبات کوانتومی و غیره سرچشمه می‌گیرند. در مقاله‌ای دیگر به بررسی بسیاری از ویژگی‌ها، توانمندسازها و محرک‌های اصلی پارادایم صنعت ۴٫۰ پرداخته شده است و در نهایت بینشی در مورد حوزه‌های آینده هر یک از ستون‌های اصلی صنعت ۴٫۰ ارائه شده شده است. این مقاله فناوری‌های موثر در نسل چهارم صنعت را دارای قابلیت همکاری و یکپارچه‌سازی فرایندها و بخش‌های مختلف در یک سازمان به دلیل ویژگی اتصال متقابل بلادرنگ معرفی می‌کند. که منجر به مزایای ارتباطی سطح بالا بالا مانند زمان توسعه کوتاه‌تر، سفارشی‌سازی انبوه و ماژولار بودن، قابلیت پیکربندی را به‌همراه دارند.(کارنیک و همکاران، ۲۰۲۲). ناير و همکاران (۲۰۲۱)، در مقاله خود در مورد نگاه آینده صنعت ۴٫۰ و جامعه ۵٫۰ بحث می‌کنند و چالش‌ها و فرصت‌های ناشی از آنها را توضیح می‌دهند. و مطرح می‌کنند که چهارمین طغیان صنعتی شدن به منظور دستیابی به شکلی بهینه و پایدار از تولید رو به جلو در حال حرکت است. با ارتقای نسل چهارم این انقلاب تکان دهنده، استخراج کارآمد تجزیه و تحلیل انفورماتیک پیشرفته همراه با ماشین‌های اینترنتی تا حد زیادی رشد کرده است و پلت فرم دیجیتال را تکمیل می‌کند. ژو و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی پژوهش‌های اخیر در مورد

صنعت ۴٫۰ از دیدگاه صنعتی می‌پردازد. ابتدا پیشینه صنعت ۴٫۰ را معرفی کرده‌اند و سپس در مورد فناوری‌های اساسی که ممکن است در صنعت ۴٫۰ استفاده شود بحث شده است. در ادامه، برخی از پژوهش‌های جاری در مورد کاربردهای صنعتی صنعت ۴٫۰ را معرفی می‌کنند. پس از آن، چالش‌های پژوهشی و روندهای آینده مرتبط با صنعت ۴٫۰ را تحلیل کرده‌اند. پرورنرز و لی-زودر (۲۰۱۷)، مطرح کرده‌اند که چهارمین انقلاب صنعتی مبتنی بر سیستم‌های فیزیکی-سایبری خواهد بود که فرایندهای کسب‌وکار را نظارت، تجزیه و تحلیل و خودکار می‌کنند، فرایندهای تولید و لجستیک را به محیط‌های کارخانه‌ای هوشمند تبدیل می‌کنند که در آن از قابلیت‌های کلان داده، خدمات ابری و ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری پیش‌بینی هوشمند برای افزایش بهره‌وری استفاده می‌شود.

نیکخواه (۱۳۸۸)، مطرح می‌کند که آینده‌نگاری در صنعت نمایانگر درک عمیق از روش‌های نو پدید، عوامل پیش‌برنده، عوامل ممانعت کننده، مسیرهای اشتباه بالقوه و موقعیت‌های نوپدید در بازار، صنعت یا یک سری از بازارها و صنایع نزدیک به هم است. در این مقاله آینده‌نگاری، عوامل محیطی موثر بر صنعت غذا و عوامل کلیدی لازم برای نوآوری استراتژیکی و چارچوب آن تعریف شده است. حسنی و رحیم‌زاده (۱۳۹۸)، در پژوهشی تلاش کرده‌اند تا به آینده‌نگاری صنعت گردشگری در شهر تهران بپردازند. و از روش‌های کارگاه آینده، پانل خبرگان و سناریو نگاری بر اساس عدم قطعیت‌های بحرانی بهره برده‌اند. با شناسایی دو عدم قطعیت کلیدی یعنی اقتصاد دولتی و روابط خارجی در نهایت، پژوهش آنان به چهار سناریوی مستقل برای آینده گرد شگری شهر تهران ر سیده است. احمدی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهش خود به دنبال شناسایی عوامل کلیدی و سناریوهای باورپذیر و محتمل زنجیره تامین صنعت نفت در آینده بودند. تکنیک‌های تصمیم‌گیری انتخاب شد. با به کارگیری تکنیک عدم قطعیت بحرانی و دیمتل، دو پیشران تحریم‌های خارجی و سیاست‌های کلان اقتصادی در رابطه با مقاوم‌سازی برای نگاشت سناریوها انتخاب شدند. با توجه به این دو پیشران چهار سناریوی زنجیره تأمین بسته، زنجیره تأمین شکننده، زنجیره تأمین مقاوم و زنجیره تأمین پویا توسعه داده شدند. هر یک از این سناریوها بیانگر وضعیتی برای زنجیره تأمین صنعت نفت در آینده‌اند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی می‌باشد. این پژوهش به‌دنبال پیاده‌سازی چارچوب سه مرحله‌ای آینده‌نگاری (چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان ابزار دیده‌بانی روندهای آینده است. در مرحله اول به منظور شناسایی روندها با بررسی جامع‌تر و عمیق‌تر روندهای مهمی که با موضوع کانونی و آینده‌های بالقوه روبه‌رو هستند و شکل‌دهنده آینده، انتخاب می‌شوند. معیارهایی که در شناسایی روندها مدنظر قرار می‌گیرند عبارتند از: تأثیر بالقوه بالای روند روی موضوع کانونی (شوینکر و ولف، ۲۰۱۳؛ بندهولد و لیتدگرن، ۲۰۰۳)؛ جهانی بودن روند و تاثیرگذاری بر اکثریت مردم و نه یک مد گذرا (وجلگارد، ۲۰۰۸؛ گوردون، ۲۰۰۹). دیگر معیارهای واجد شرایط بودن روند، وجود یک روند در چندین گزارش می‌باشد. در این مرحله با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی، مصاحبه و پرسشنامه باز و پس از پایش و ادغام و جمع‌بندی کارشناسانه ۲۱ روند موثر بر آینده صنعت ایران شناسایی شدند. با تمرکز بر روی موضوع پژوهش نیاز بود که داده‌ها از طریق طیف وسیعی منابع اطلاعاتی گردهم آیند. ازاین‌رو از مقالات، کتب، گزارش‌ها و شواهد مربوط به حوزه‌های مربوط به آینده صنعت استفاده شده است. متخصصان، خبرگان و اندیشمندان در حوزه‌های گوناگون فناوری و فعالان صنعت (۱۴ مرد و ۴ زن؛ ۲۸ درصد مدرک دکتری، ۴۴ درصد کارشناسی ارشد و ۲۸ درصد کارشناسی) به‌عنوان جامعه آماری کمک گرفته

شد. در این پژوهش برای انتخاب نمونه از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده است.

در مرحله دوم با کمک نرم‌افزار میک‌مک به‌منظور تحلیل اثرات متقابل اقدام گردید و ابتدا چگونگی تاثیرگذاری روندها تحلیل شد. تحلیل‌های متقاطع روش‌هایی هستند که کمک می‌کنند تا ببینیم که چطور روندها و عملکردهای متفاوت بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و روابط بین متغیرها در یک سیستم چگونه است (بابانژاد و همکاران، ۱۳۹۹). منطق این روش بر اساس این سوال بنیان شده است که؛ «اگر قرار بود رویدادهای موجود در یک ردیف همزمان روی دهند، این رویدادها چگونه بر احتمال وقوع رویدادهای دیگر در یک ستون تاثیر خواهند گذاشت؟ »(تورف و بانلس، ۲۰۱۱). با توجه به شرایط پژوهش ۱۸ پرسشنامه جمع‌آوری گردید. روایی محتوای ابزار پژوهش توسط هفت نفر از اساتید دانشگاه و افراد خبره حوزه آینده‌پژوهی بررسی و تأیید شد. درنهایت در مرحله پایانی روندهای راهبردی مشخص گردیدند در این مرحله رو نتایج و خروجی‌های نرم‌افزار میک مک مورد تحلیل قرار گرفت. متغیرهای راهبردی متغیرهای قابل دستکاری و کنترل‌پذیری هستند که بر پویایی و تغییر سیستم اثر می‌گذارند (ربانی، ۱۳۹۱).

۴- یافته‌ها

۴-۱-مرحله اول: فرایند دیده‌بانی اف اس اس اف

نخستین گام یا مرحله، شامل جمع‌آوری اطلاعات در خصوص روندها می‌باشد.

جدول ۱- معرفی و توضیح روندهای صنعت

ردیف	روند	تعریف
۱	جهانی‌شدن	ارتباط متقابل بین کشورها و شرکت‌ها در سراسر مرزها پیامدهای عمده‌ای برای سیستم‌های تولید جهانی داشته است (کیوو و همکاران، ۲۰۲۱). در اقتصاد جهانی امروزی، شرکت‌ها به‌صورت مجزا عمل نمی‌کنند. تعداد شرکت‌های مرتبط یا گروه‌هایی از شرکت‌هایی که با یکدیگر همکاری می‌کنند و فعالیت‌های مکمل را برای تولید کالاها و خدمات انجام می‌دهند، به‌طور فزاینده‌ای رشد می‌کند.
۲	افزایش و بهبود برون‌سپاری	امروزه، شرکت‌های زیادی وجود دارند که بدون اینکه کارمندانشان حتی محصولات واقعی را لمس کرده باشند، کالا تولید می‌کنند (کاپللی، ۲۰۰۱). کالاها به‌طور فزاینده‌ای در چند مرحله ایجاد می‌شوند که در مکان‌های مختلف و در کشورهای مختلف نهایی می‌شوند. مواد خام در یک مکان به دست می‌آید، ورودی‌های میانی، مانند قطعات و اجزاء، در مکان دیگری تولید می‌شوند و سپس کالاها به مکان دیگری برای پردازش بیشتر و یا مونتاژ در محصولات نهایی صادر می‌شوند (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰۱۰).
۳	افزایش مناطق در حال ظهور در اقتصاد جهانی	توسعه زنجیره‌های ارزش جهانی، ادغام سریع مناطق نوظهور در اقتصاد جهانی را تسهیل کرده است، که به‌طور فزاینده‌ای فشار رقابتی را بر کشورهای تولیدکننده سنتی وارد می‌کنند. مناطق نوظهور به‌طور سنتی به‌عنوان کارخانه‌های دنیا در نظر گرفته می‌شوند که عمدتاً با مونتاژ تولید مرتبط هستند. تجارت بین کشورهای آسیایی می‌تواند تا سال ۲۰۳۰، ۹ برابر بیشتر از تجارت ایالات‌متحده و اروپا باشد (گروس و آلسیدی، ۲۰۱۳). اگر روند فعلی ادامه یابد، با نگاهی به تولید ناخالص داخلی بر اساس نرخ ارز بازار، اقتصاد چین همچنان احتمالاً بزرگ‌تر از اقتصاد ایالات‌متحده قبل از سال ۲۰۳۵ خواهد بود (گزارش پی دبلیو سی، ۲۰۱۱).
۴	توسعه تولید پایدار در کل سیستم تولید	تصدیق فزاینده‌ای وجود دارد که تولید پایدار به‌کل سیستم اجزای یکپارچه، انرژی و حمل‌ونقل موردنیاز برای مونتاژ محصول نهایی و تحویل آن به مشتریان می‌پردازد (اوسالیوان، ۲۰۱۱). تولید پایدار همچنین در طول عمر محصول گسترش می‌یابد. بعد زیست‌محیطی: فعالیت‌های تولیدی انرژی بر بوده و مسئول ایجاد آلاینده‌ها هستند. تولید محصولات سبک‌تر، با استفاده از مواد سازگارتر با محیط‌زیست و با طراحی و اجرای فرایندهای تولید کارآمدتر و سیستم‌های جداسازی قطعات و بازیافت به دست آورد. بعد اجتماعی: محیط‌های تولیدی باید ایمن و باکیفیت باشد (تحقیقات محصول تکنوفورتگان، ۲۰۰۸). بعد اقتصادی: پایداری اقتصادی مستلزم استفاده از منابع به بهترین نحو و درعین‌حال دستیابی مداوم به سود است (گزارش افرا، ۲۰۱۱).
۵	تغییرات جمعیت‌شناسی	تغییرات جمعیتی در دهه‌های بعدی آینده تولید را شکل خواهد داد. انتظار می‌رود که تغییرات در اندازه، ترکیب و استعداد آموزشی نیروی کار چالش مهمی برای رقابت صنعتی باشد. پیری جوامع همراه با کمبود بالقوه نیروی کار جوان ماهر می‌تواند پیامدهای عمده‌ای بر عرضه نیروی کار و کمبود مهارت، بازارها و محصولات آینده، استراتژی‌های استخدام، سیستم‌های رفاهی و سازماندهی کار انسانی داشته باشد (ماسون و لی، ۲۰۲۲). طی دهه‌های آینده، طبقه متوسط نوظهور آسیا به‌اندازه‌ای بزرگ خواهد بود که به یکی از محرک‌های اصلی اقتصاد جهانی تبدیل شود (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰۱۰).

ردیف	روند	تعریف
۶	افزایش روند شهرنشینی	روند شهرنشینی سریع چالش‌های جدی و پیچیده‌ای مانند کمبود مسکن کافی، تراکم حمل‌ونقل و تخریب محیط‌زیست را به همراه دارد. علاوه بر این، این روند خواستار ابتکاراتی برای ایجاد شغل در نزدیکی شهرهای دارای تجمع جمعیت و طراحی کارخانه‌هایی است که قادر به فعالیت در محیط شهری باشند (بیبری، کروگسته و کارهولم، ۲۰۲۰).
۷	افزایش تهدیدات برای پایداری جهانی تولید	ریسک‌ها می‌توانند اثرات دومینویی و پیامدهای غیرمنتظره‌ای داشته باشند. یک رویکرد دوگانه کاهش ریسک و افزایش انعطاف‌پذیری شبکه برای رسیدگی به عدم اطمینان در آینده موردنیاز است. با توجه به پراکندگی جغرافیایی فعلی فعالیت‌های تولیدی، یک بلای طبیعی مانند سیل در یک کشور می‌تواند تأثیرات عمیقی در عملکرد زنجیره‌های ارزش جهانی داشته باشد (بوتزن، دچینس و ساندرز، ۲۰۲۰). درگیری‌های مسلحانه به‌طور بالقوه اثرات نامطلوبی بر عملیات شرکت و یا بر روابط شرکت با اشخاص ثالث، ازجمله تأمین‌کنندگان یا سایر بازیگران در زنجیره تأمین داشته باشند. کسب‌وکارها نگران هستند که یک اختلال امنیتی بتواند یک مرکز تولید یا توزیع مهم شرکت را تحت تأثیر قرار دهد (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰۱۱).
۸	شتابدهی چرخه عمر محصول	چرخه‌های توسعه محصول به‌واسطه تغییر در زنجیره‌های تأمین کارآمدتر و الگوهای تقاضا و پیشرفت‌های سریع فناوری کوتاه‌تر شده‌اند (بولینگر، وارچات و فیشر، ۲۰۰۰).
۹	افزایش نرخ شتاب و فراگیرشدن نوآوری‌های فناورانه	محصولات و فناوری‌های جدید در دوره‌های زمانی کوتاه‌تری به تعداد بیشتری از کاربران دست می‌یابند (گرووس و همکاران، ۲۰۱۸).
۱۰	تغییر عادات مصرف‌کننده	رفاه عمومی و افزایش درآمد در کشورها و مناطق نوظهور در آینده منجر به افزایش مصرف محصولات مصرفی اساسی و سایر دسته‌های محصول علی‌الخصوص کالاهای لوکس می‌شود (گزارش موسسه مکینزی، ۲۰۲۱).
۱۱	تغییر در سیاست صنعتی خارجی	انتظار می‌رود تمایل دولت‌ها برای مداخله، درحال‌توسعه افزایش یابد. در کشورهای توسعه‌یافته، نگرانی‌های فزاینده در مورد از بین رفتن مشاغل تولیدی و عدم تعادل تجاری، دولت‌ها را به ایجاد سرمایه‌گذاری‌های عمومی بلندمدت برای حمایت از تولید، به‌ویژه از طریق برنامه‌های بودجه تحقیق و توسعه، سوق داده است (ساده، ۲۰۲۰). چندین کشور پیشرو و نوظهور در حال حاضر سرمایه‌گذاری هنگفتی برای ایجاد یک توده حیاتی در فناوری‌های توانمند کننده اختصاص می‌دهند. (گروه سطح بالا در زمینه فناوری‌های کلیدی فعال، ۲۰۱۰):
۱۲	توانمندسازهای رقابتی تولید در آینده	در آینده سیستم‌های تولیدی بیشتر با چالش مدیریت عملیات در محیط‌های تولیدی با توزیع گسترده‌تر مواجه می‌شوند (تحقیقات محصول تکنوفورتگان، ۲۰۰۸). روند جهانی‌شدن منجر به زنجیره‌های ارزش بین‌المللی به‌هم‌پیوسته می‌شود (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، ۲۰۱۱).
۱۳	توسعه همکاری پویا در زنجیره‌های تأمین چند سطحی بسیار پیچیده و قابل تنظیم مجدد	زنجیره تأمین چابک به سمت پیش‌بینی‌پذیری و سفارشی‌بودن بیشتر حرکت کرده است. این امر مستلزم کوتاه‌تر شدن زمان تولید، حداقل موجودی و هزینه‌های مرتبط، افزایش قابلیت تولید، بهبود قابلیت تولید و کیفیت محصول و همچنین کاهش مصرف منابع است (کریستوفر و تول، ۲۰۰۱).
۱۴	تولید سریع پاسخگو	شرکت‌های تولیدی باید به تغییرات غیرقابل‌پیش‌بینی بازار، «پنجره‌های بازار» کوتاه‌تر واکنش نشان دهند (واسین و همکاران، ۲۰۱۸).
۱۵	توسعه تولید یکپارچه و مجتمع	با توجه به پراکندگی فزاینده فعالیت‌های تولیدی، ترکیب رو به رشد نیازمندی‌های محصول و سرعت شتابدهی نوآوری‌های فناورانه، تولیدکنندگان با نیاز به طرح‌ها، محصولات، فرایندها و عملیات‌های تولیدی پیچیده‌تر مواجه خواهند شد. برخی از کیفیت‌ها و ویژگی‌های موردنیاز که مطالعات بین‌المللی برای عملکرد در سیستم‌های تولیدی پیچیده شناسایی کرده‌اند عبارتند از: ابزار تولید با کارایی بالا مقرون‌به‌صرفه (رووس، ۲۰۱۶).
۱۶	گسترش تولید سفارشی	سفارشی‌سازی برای رقابت محلی و جهانی: افزایش دسترسی جهانی به فناوری‌ها به کشورهای درحال‌توسعه امکان رقابت جهانی را می‌دهد. در حال حاضر، شرکت‌های تولیدی تنها نیاز یک‌پنجم جمعیت جهان را به محصولات با تکنولوژی بالا تأمین می‌کنند و تولید برای جمعیت جهان نیازمند سفارشی‌سازی است (گزارش افرا، ۲۰۱۱).
۱۷	بهبود تولید انسان‌محور	کیفیت‌ها و ویژگی‌های موردنیاز برای تولید انسان‌محور که در بررسی ما شناسایی‌شده‌اند عبارتند از: الف) تمرکز انسان. نقش منحصربه‌فرد افراد به‌عنوان مبتکر و تصمیم‌گیرنده در شرکت تولیدی ضروری است که با ادغام بهتر انسان‌ها با فناوری توسعه و پرورش خواهد یافت (تحقیقات محصول تکنوفورتگان، ۲۰۰۸). ب) تمرکز کاربر. سیستم‌های تولیدی باید مکانیسم‌های تعامل کاربر را یکپارچه کنند. (افرا، ۲۰۱۱). تغییرات جمعیتی و تأثیر آن بر تولید باید در چندین حوزه ازجمله ساختار سنی، سهم کارکنان زن، مهاجرت و پیشینه منطقه‌ای، شرایط کاری، ارگونومی، مراقبت‌های بهداشتی پیشگیرانه و ساعات کار مدیریت شود. به نظر می‌رسد مهم‌ترین مسئله پیری و از دست دادن دانش ضمنی در میان کارکنان مسن‌تر باشد (افرا، ۲۰۱۱).

ردیف	روند	تعریف
۱۸	توسعه همکاری بین ربات‌ها و انسان‌ها	درک نقش انسان در سیستم‌های تولید. رویکرد انسان‌محور بر نحوه تعامل انسان با فناوری تمرکز می‌کند و مهارت‌ها، خلاقیت و دانش انسانی را در مرکز یک سیستم فناورانه قرار می‌دهد (تحقیقات محصول تکنوفورتگان، ۲۰۰۸). همکاری چندوجهی شبکه‌ای در محیط‌های تولیدی باهدف تقویت رابط انسان- ماشین از طریق شیوه‌های جدید و نوآورانه، آسان و تعامل دوستانه وجود دارد. رابط بین انسان و ماشین باید کاربرپسند و متناسب با موقعیت فرد باشد. رابط‌های کاربر باید پیچیدگی را برای اپراتور کاهش دهند، در آینده، تعامل سنتی انسان و ماشین با همکاری انسان و ربات جایگزین خواهد شد که انعطاف‌پذیری را افزایش می‌دهد و زمان تولید را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (برگ و لو، ۲۰۲۰).
۱۹	کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی چرخه حیات	با اتخاذ دیدگاهی کل‌نگر در کاهش کل اثرات زیست‌محیطی، ارزیابی چگونگی استخراج، پردازش، مصرف و دفع منابع در طول زنجیره ارزش بسیار مهم است. رویکرد تولید سبز ناب با مفاهیم ناب برای کاهش هزینه‌های کار در فرایند، افزایش بهره‌وری و کیفیت و همچنین سود از طریق کاهش مصرف کل انرژی، زباله‌های ارسالی به محل‌های دفن زباله، انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف آب، ازجمله سایر اثرات منفی زیست‌محیطی صورت می‌گیرد (فرخ، ماترانی و تسکو، ۲۰۲۰).
۲۰	تأکید بر رفاه اجتماعی و پایه اقتصادی زندگی از طریق تولید	بسیاری از مطالعات اهمیت تولید را برای موضوعات ازجمله؛ تراز تجاری، بهبود بهره‌وری، پایداری و توسعه خدمات مرتبط با تولید را مطرح کرده‌اند. کمیسیون اروپا بر نیاز به ارزش‌افزوده بالا در تولید برای رفاه و پایه اقتصادی زندگی تأکید کرده است (بارنس، ۲۰۲۱).
۲۱	رشد صنایع علوم زیستی	صنعت جهانی بیودارو، سالانه ۱۶ درصد یعنی بیش از دو برابر سریع‌تر از بازار داروهای دارویی رشد می‌کند (رینولدز، ۲۰۱۰). مهندسی ژنتیک با ارائه توانایی دستکاری ژن‌های فردی و انتقال ژن‌ها رابین گونه‌های محصولات کشاورزی و سوخت‌های زیستی به‌منظور کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن از بخش حمل‌ونقل و رفع وابستگی خود به سوخت‌های مبتنی بر نفت توسعه خواهند یافت (خان، سادکوه و مامت، ۲۰۲۱).

۴-۲- مرحله دوم: تحلیل مهم‌ترین روندها

تحلیل مشخصات ماتریس

براساس پیشران‌های کلیدی شناسایی‌شده در جدول (۱)، نظرسنجی از خبرگان ماتریس تحلیل اثرات متقاطع ۲۱*۲۱ صورت گرفت و سپس روابط سنجش شده وارد نرم‌افزار میک‌مک شد. در ماتریس پیشران‌های کلیدی، اثرات متقاطع با دو بار چرخش داده‌ای به پایایی قابل‌اعتمادی رسیدند. درجه پرشدگی ماتریس ۸۷/۵۶ درصد است که ضریب بالایی به‌حساب می‌آید و حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است.

جدول ۲- مشخصات کلی ماتریس تحلیل اثر متقابل (منبع: خروجی نرم‌افزار میک‌مک)

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد p	تعداد ۱	تعداد ۲	تعداد ۳	تعداد صفر	جمع کل	درجه پرشدگی ماتریس
ارزش‌گذاری	۲۴	۳	۰	۱۹۸	۷۲	۱۸	۱۵۳	۲۸۸	۸۷/۵۶ درصد

رتبه‌بندی اولیه متغیرها بر اساس میزان تاثیرگذاری و تأثیرپذیری

در ماتریس اثرات متقابل مجموع مقادیر سطرهای هر عامل نشان‌دهنده مقدار تأثیرگذاری و مجموع مقادیر ستونی هر پیشران نیز مقدار تأثیرپذیری آن را از سایر پیشران‌ها نشان می‌دهد. بر این اساس مطابق جدول (۳)، پیشران‌های کلیدی معدن و صنایع معدنی بر اساس مقدار تأثیرپذیری و تأثیرگذاری آورده شده است.

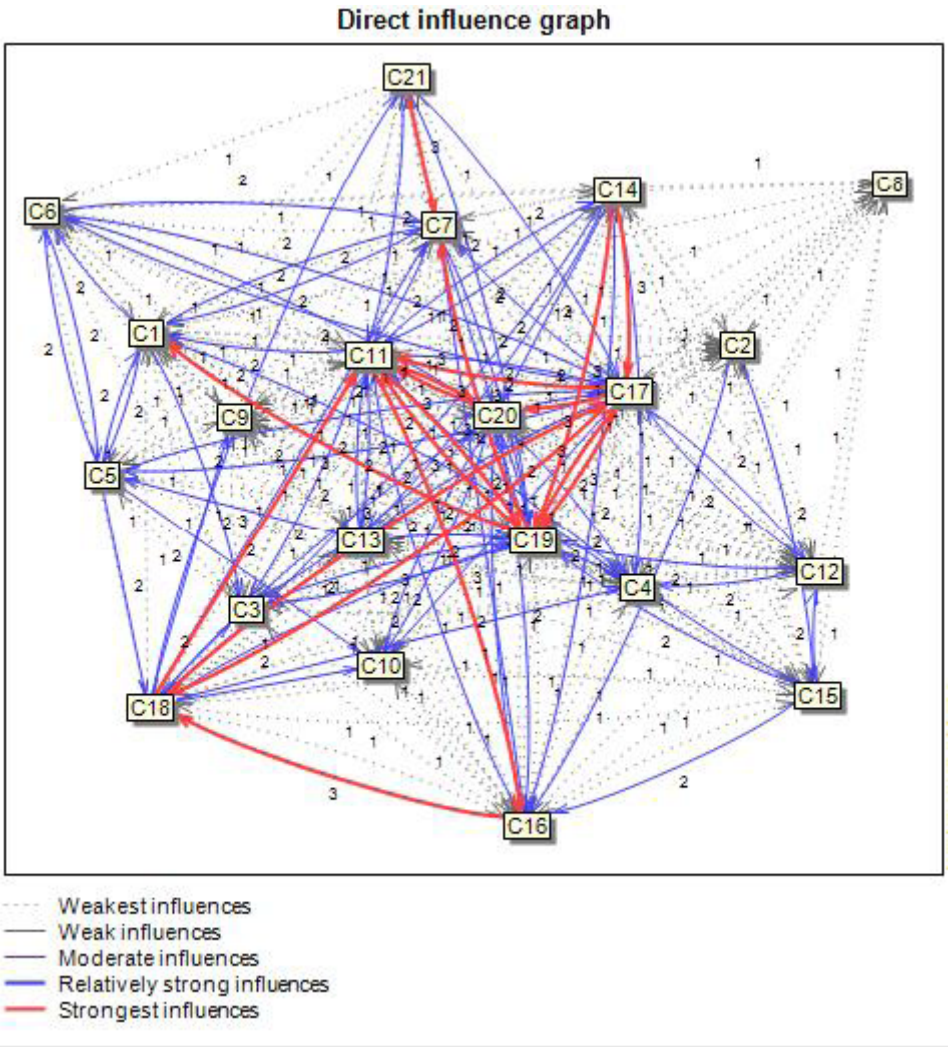
جدول ۳- میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری روندها

کد	روند	میزان تأثیرگذاری	میزان تأثیرپذیری
C۱	جهانی‌شدن	۱۸	۲۲
C۲	افزایش و بهبود برون‌سپاری	۱۲	۱۵
C۳	افزایش مناطق در حال ظهور در اقتصاد جهانی	۱۴	۲۰
C۴	توسعه تولید پایدار در کل سیستم تولید	۱۴	۲۴
C۵	تغییرات جمعیت‌شناسی	۱۷	۱۴
C۶	افزایش روند شهرنشینی	۲۰	۱۲
C۷	افزایش تهدیدات برای پایداری جهانی تولید	۱۲	۲۶
C۸	شتابدهی چرخه عمر محصول	۷	۱۰
C۹	افزایش نرخ شتاب و فراگیرشدن نوآوری‌های فناورانه	۱۰	۱۶
C۱۰	تغییر عادات مصرف‌کننده	۴	۱۷
C۱۱	تغییر در سیاست صنعتی خارجی	۲۹	۳۳
C۱۲	توانمندسازهای رقابتی تولید در آینده	۱۹	۱۶
C۱۳	توسعه همکاری پویا در زنجیره‌های تأمین چند سطحی بسیار پیچیده و قابل تنظیم مجدد	۲۳	۱۷
C۱۴	رشد تولید شبکه‌ای	۲۷	۱۳
C۱۵	تحقق سریع محصول	۱۹	۱۱
C۱۶	گسترش تولید سفارشی	۲۲	۲۰
C۱۷	بهبود تولید انسان‌محور	۳۲	۲۷
C۱۸	توسعه همکاری بین ربات‌ها و انسان‌ها	۳۰	۱۷
C۱۹	کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی چرخه حیات	۲۹	۳۲
C۲۰	تأکید بر رفاه اجتماعی و پایه اقتصادی زندگی از طریق تولید	۲۳	۲۷
C۲۱	رشد صنایع علوم زیستی	۱۵	۷
	مجموع	۳۹۶	۳۹۶

بررسی روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها

به‌عنوان بخشی از خروجی تحلیل اثرات متقاطع پیشران‌های کلیدی، نرم‌افزار میک‌مک نمودارهایی را ارائه می‌دهد. این نمودارهای خروجی روابط مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها به مدیران، تصمیم‌گیران و همچنین پژوهشگران کمک می‌کند تا یک تصویر کلی از ساختار کنش‌گری موضوع و سیستم‌های موردمطالعه فراهم آورند. در رابطه با نمودارها، این خروجی شامل نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها؛ نمودار اثرات غیرمستقیم بین متغیرها؛ نمودار اثرات بالقوه مستقیم بین متغیرها؛ نمودار اثرات بالقوه غیرمستقیم بین متغیرها است. در این مقاله فقط نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها ارائه‌شده است. روابط اثرات مستقیم بین پیشرانه مطابق نمودار (۲) از تأثیر بسیار ضعیف تا بسیار قوی نشان

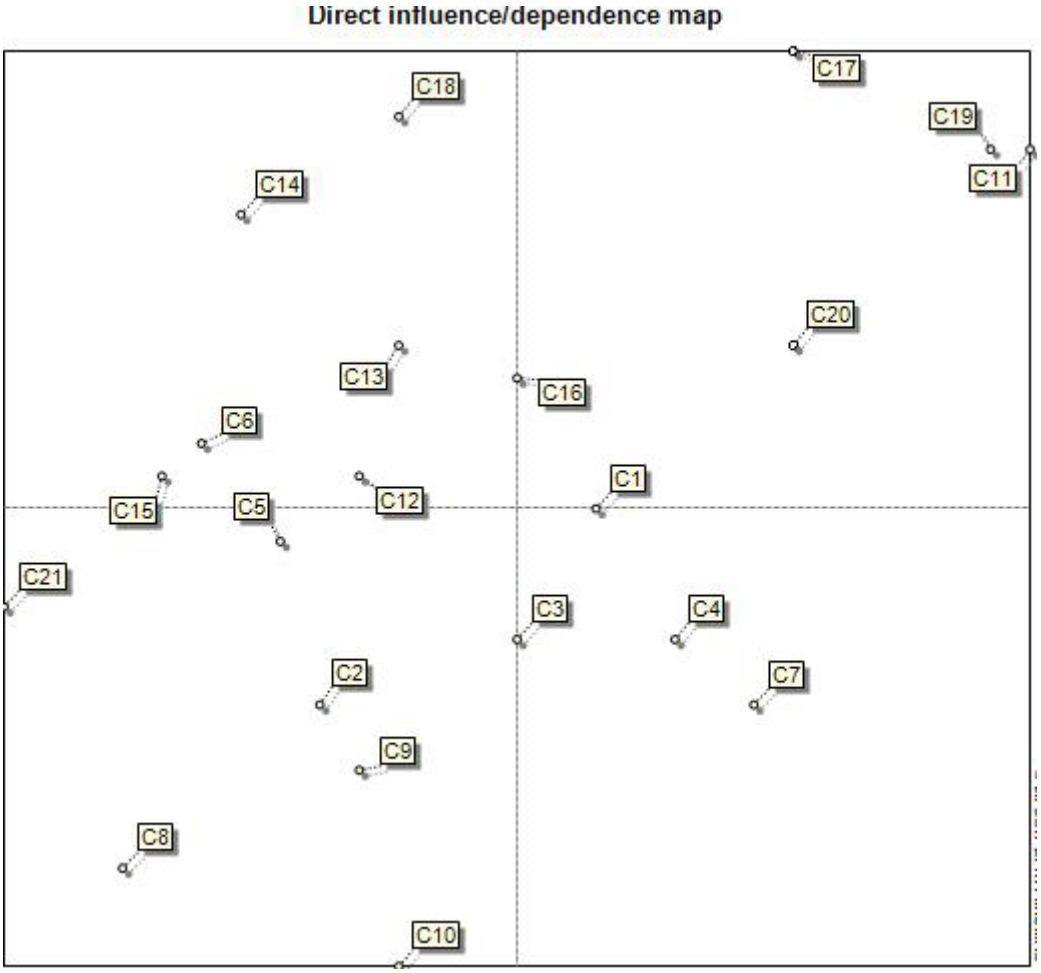
داده شده است. بدین‌صورت که درصد پراکندگی و روابط بین آن‌ها ۱۰۰ درصد می‌باشد. همچنین نمایش پیکان‌ها، جهت اثرگذاری هر پیشران بر پیشران دیگر و عدد درج‌شده در بالای آن مقدار اثرگذاری را مشخص می‌کند.



نمودار ۲- نمودار اثرات مستقیم بین متغیرها (خروجی نرم‌افزار میک‌مک)

بررسی نقشه اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها بر اساس روابط مستقیم (Matrix of Direct Influences (MDI)

متغیرهای سیستم بعد از ارزیابی اثرات آن‌ها بر یکدیگر، با عنوان نقشه تاثیرگذاری و تأثیرپذیری قرار می‌گیرند. بر اساس موقعیت متغیرها در نمودار (۳)، متغیرها با عناوین مختلف طبقه‌بندی می‌شوند که این متغیرها به دلیل نقش خود در پویایی سیستم تفاوت‌هایی با همدیگر دارند. در ادامه بنا به موقعیت هر یک از پیشران‌های کلیدی در نمودار تاثیرپذیری-تاثیرگذاری (نمودار ۳)، در جدول ۴ جایگاه هر یک از آن‌ها در طبقه‌بندی معرفی‌شده ارائه می‌گردد.



نمودار ۳- نمودار تاثیرپذیری-تاثیرگذاری پیشران‌های کلیدی

جدول ۴- طبقه‌بندی هریک از روندهای کلیدی در نمودار تاثیرپذیری-تاثیرگذاری

ردیف	طبقه‌بندی	پیشران‌های کلیدی
۱	روندهای مستقل	افزایش و بهبود برون‌سپاری
		شتابدهی چرخه عمر محصول
		افزایش نرخ شتاب و فراگیرشدن نوآوری‌های فناورانه
		تغییر عادات مصرف‌کننده
		رشد صنایع علوم زیستی
۲	روندهای تأثیرپذیر	توسعه تولید پایدار در کل سیستم تولید
		افزایش تهدیدات برای پایداری جهانی تولید

ردیف	طبقه‌بندی	پیشران‌های کلیدی
۳	روندهای تأثیرگذار	رشد تولید شبکه‌ای
		توسعه همکاری بین ربات‌ها و انسان‌ها
۴	روندهای تنظیمی	جهانی‌شدن
		افزایش مناطق در حال ظهور در اقتصاد جهانی
		گسترش تولید سفارشی
۵	روندهای اهرمی ثانویه	تغییرات جمعیت‌شناسی
۶	روندهای تعیین‌کننده	افزایش روند شهرنشینی
		توانمندسازهای رقابتی تولید در آینده
		توسعه همکاری پویا در زنجیره‌های تأمین چند سطحی بسیار پیچیده و قابل تنظیم مجدد

مرحله سوم: شناسایی روندهای راهبردی

متغیرهای راهبردی متغیرهای قابل دستکاری و کنترل‌پذیری هستند که بر پویایی و تغییر سیستم اثر می‌گذارند. ازاین‌رو متغیرهای ناحیه اول (تاثرگذاری بالا-تاثیرپذیری بالا) به این دلیل که هم قابلیت کنترل‌پذیری دارد (تاثیرپذیری بالایی دارد) و هم بر سیستم تاثیرگذاری قابل قبولی دارد، متغیرهای راهبردی نامیده می‌شود. هر چه از بخش انتهایی ناحیه سوم به سمت بخش انتهایی ناحیه اول محور مختصات در نمودار نزدیک‌تر شویم بر تاثیرگذاری و تاثیرپذیری متغیر افزوده می‌شود (ربانی، ۱۳۹۱) و این اهمیت و راهبردی بودن آن را نشان می‌دهد. بنابر نمودار تاثیرپذیری-تاثیرگذاری روندها (نمودار ۳) از بین ۲۱ روند بررسی‌شده، چهار روند به شرح زیر به‌عنوان روند راهبردی شناسایی می‌شوند:

۱. تغییر در سیاست صنعتی خارجی
۲. بهبود تولید انسان‌محور
۳. کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی چرخه حیات
۴. تأکید بر رفاه اجتماعی و پایه اقتصادی زندگی از طریق تولید

۵. نتیجه‌گیری و توصیه‌های سیاستی

اولویت‌های ملی منعکس‌کننده ساختارها و نقاط قوت و همچنین منافع صنایع تولیدی غالب در اقتصاد است. به‌عنوان‌مثال، تأکید ایالات‌متحده بر مواد نسل بعدی (و مهندسی مواد جدید) برای تولید است. اولویت‌بندی پژوهش‌های ژاپن در مورد فناوری‌های تولیدی جدید برای نیروی کار سالخورده است. تأکید برزیل بر سوخت‌های زیستی و فناوری‌های پتروشیمی است (اوسالیوان، ۲۰۱۱). بسیاری از تحلیل‌های ملی اخیر در مورد آینده تولید، فعالیت‌های صنعتی را برجسته می‌کنند که انتظار می‌رود در آینده درنتیجه روندهای سطح بالای جهانی و پیشرفت‌های فناوری نوظهور برجسته‌تر شوند. روندهای شناسایی‌شده آینده صنعت در ایران در پژوهش حاضر بیانگر مسیرهای شکل‌دهی و ترسیم آینده‌های بدیل پیشروی صنعت ایران است. در این پژوهش چارچوب سه مرحله‌ای آینده‌نگاری اف‌اس‌اس‌اف (چارچوب حسی‌سازی نشانه‌های آینده) به‌عنوان ابزار دیده‌بانی روندهای آینده پیاده‌سازی شده است. در مرحله اول با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه باز و پس از پایش و ادغام و جمع‌بندی کارشناسانه ۲۱ روند موثر بر آینده صنعت ایران شناسایی شدند. در مرحله دوم با کمک نرم‌افزار میک مک به‌منظور تحلیل اثرات متقابل اقدام گردید و ابتدا چگونگی تاثیرگذاری روندها تحلیل شد و درنهایت در مرحله پایانی روندهای راهبردی مشخص گردیدند. بر اساس تحلیل یافته‌های پژوهش و خروجی نرم‌افزار میک‌مک روندهای «تغییر در سیاست صنعتی خارجی»، «بهبود تولید انسان‌محور»، «کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارزیابی چرخه حیات» و «تأکید بر رفاه اجتماعی و پایه اقتصادی زندگی از طریق تولید» به‌عنوان روندهای راهبردی شناسایی شدند.

انتظار می‌رود رشد صنعت بیشتر از عملکرد تاریخی مشاهده‌شده آن باشد. برای مثال، فناوری‌های زیست‌محیطی، صنایع مبتنی بر فناوری‌های نوظهور علوم زیستی، وسایل نقلیه الکتریکی و به‌اصطلاح فناوری‌های توانمند کلیدی به‌عنوان حوزه‌هایی با رشد بالا شناسایی‌شده‌اند. برخی از کشورها دارای مزیت رقابتی طبیعی در مقابل رقبا هستند. به‌ویژه در آمریکای لاتین، فراوانی منابع طبیعی، موقعیت جغرافیایی و تنوع قومیتی و زیستی آن به‌عنوان منابع مزیت رقابتی طبیعی شناخته‌شده است. قابلیت‌های صنعتی انباشته، امکان رسیدگی به شکاف‌های فناوری بالقوه در فعالیت‌های صنعتی جدید را فراهم می‌کند.

می‌توان گفت که مؤلفه‌های کاربردی و تاثیرگذاری که تحولات علمی و صنعتی سبب را می‌شوند به دلیل بودن در محیطی استاندارد که این خود امتیاز یک جامعه تحول‌یافته و منطبق با مبانی انقلاب چهارم صنعتی است،

باعث نوعی رضایت‌مندی افراد نیز خواهد شد (فعال محمد علی؛ فتح اله و شیری، ۱۳۹۸). برخی از نمونه‌های تولید شخصی‌سازی‌شده در صنایع خاص شامل موارد زیر است: انتظار می‌رود که پزشکی شخصی شده کارایی خود را برای پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری با استفاده از اطلاعات ژنتیکی یا سایر اطلاعات فرد بهبود بخشد. بسیاری از محققان به دنبال استراتژی‌های مراقبت بهداشتی و درمان‌های مبتنی بر سلول هستند تا بیماری‌ها را بهتر مورد هدف قرار دهند. بااین‌حال، فناوری‌های تولیدی موردنیاز که الزامات قانونی و اقتصادی را برای تجاری‌سازی موفقیت‌آمیز داروهای شخصی‌سازی‌شده برآورده می‌کنند، هنوز «در مراحل جنینی» هستند. به‌عنوان‌مثال می‌توان به ساخت لنزهای چشمی با ویژگی‌های شخصی اشاره کرد. پیشرفت‌ها در فرایندهای تولید، اتوماسیون ساخت لنز را برای بهبود کیفیت با هزینه کاهش می‌دهد (اختر و همکاران، ۲۰۲۲). در صنعت مد و لباس، فناوری تصویربرداری و اسکن سه‌بعدی را می‌توان در غرفه‌های با فناوری پیشرفته برای ارائه تصویری مجازی از بدن به مشتریان استفاده کرد. سپس می‌توان از آن برای شناسایی لباس‌هایی استفاده کرد که کاملاً متناسب با فرم بدن مشتریان باشد (فن و هانتر، ۲۰۰۴).

نتایج این پژوهش آگاهی ما را در مورد اینکه چگونه مدیران می‌توانند با آگاهی از مسیرهای شکل‌دهی و ترسیم آینده‌های بدیل پیشروی صنعت ایران، برای تجدید استراتژی‌های تجاری خود در همکاری با شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ به کار گیرند، بیشتر می‌کند تا در نهایت مدیران بتوانند در تمام بخش‌های فرایند کسب و کار، نوآوری بیشتری داشته باشند.

برای پژوهش‌های آتی، استفاده از برنامه‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای برای ایجاد سناریو درباره صنعت ایران و انجام فرایند پژوهش‌های آتی با استفاده از سایر روش‌های تحقیقاتی آینده در صنعت توصیه می‌شود. موضوع دیگری که می‌توان به عنوان پژوهش‌های آتی پیشنهاد کرد، استفاده از ابزار نقشه‌راه در پژوهش‌های آتی مربوطه برای شناسایی آینده پیش‌روی این صنعایع ایران است. بررسی چگونگی تاثیر نظریه قابلیت‌های پویا با اتخاذ برنامه‌ریزی سناریو، در ارزش‌آفرینی صنایع و همچنین شناخت نقش آینده‌نگاری مشارکتی بر فرایندهای تجاری اصلی در صنعت ایران در مواجهه با آینده پرتلاطم می‌تواند توسط محققان در آینده مورد بررسی قرار گیرد.

در بررسی ادبیات موضوع تلاش شده است؛ تنها مواردی که بیشترین استناد را دارند، گنجانده شوند، زیرا آنها خود به چندین مقاله دیگر در مورد موضوع ادبیات اشاره می‌کنند. روش ارائه شده در حال حاضر برای آینده نگاری بی عیب و نقص نیست چراکه محدودیت‌های زمانی و امکاناتی در مسیر نگارش این پژوهش وجود داشت. افق زمانی میان مدت یعنی ده سال برای پژوهش حاضر قرار داده شد تا در ارتباط با روندها، افق زمانی خیلی کوتاه یا خیلی طولانی استفاده نشود، جایی که مشخص می‌شود که بازه زمانی کوتاه‌تر از پنج سال مانع مشاهده روندهای مرکزی می‌شود، اما همچنین افق زمانی بسیار طولانی بیش از پانزده سال مختل کننده است و ممکن است منجر به گمانه زنی‌های بی‌اساس شود. در نهایت، انتخاب کارشناسانی که در فرایند پژوهش شرکت می‌کنند، بسیار دشوار بود. آنها باید به صورت فردی مورد ارزیابی قرار گیرند تا قضاوت شود که آیا برای فرایند مناسب هستند یا نه. از این‌رو در پژوهش با محدودیت‌هایی در خصوص جامعه آماری وجود داشت.

منابع

احمدی و همکاران. (۱۳۹۹). «آینده پژوهی زنجیره تأمین صنعت نفت با رویکرد سناریونگاری»، دو فصلنامه آینده پژوهی ایران، سال پنجم، شماره اول، صص ۸۱-۱۰۴.

بابانژاد. م. (۱۳۹۹). «رهگیری نیروهای پیشران مؤثر بر آینده سازمان گمرک تا افق ۱۴۱۰». مدیریت کسب‌وکار ,. ۱۲(۴۸) صص ۳۶۵-۳۸۷.

پیروز، الهام و منصور عسگری. (۱۳۹۹). «بررسی عوامل موثر بر تقاضای

اشتغال در بخش صنعت ایران»، بررسی‌های بازرگانی، شماره ۱۰۴، صص ۲۱-۴۳».

حسنی، علی و معصومه رحیم‌زاده. (۱۳۹۸). «آینده نگاری صنعت گردشگری در شهر تهران»، فصلنامه گردشگری شهری، دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، صص. ۱۳۵-۱۴۸

شاه آبادی، ابوالفضل و حمیدرضا نعیما. (۱۳۹۹). «عوامل موثر بر ارتقاء بهره‌وری، رقابت پذیری و فناوری واحدهای صنعتی کوچک (مطالعه موردی شهرک صنعتی اشتهارد)»، بررسی‌های بازرگانی، شماره ۱۰۷، صص ۹-۲۱.

فعال محمد علی، نگار؛ مهدی فتح‌اله و محسن شیری. (۱۳۹۸). «بررسی تاریخی صنعت تا ظهور استراتژیک انقلاب صنعتی چهارم، معرفی و تبیین مفاهیم»، سیزدهمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک، تهران، https://civilica.com/doc/978573

ملکی‌فر عقیل و همکاران. (۱۳۸۵). «الفبای آینده‌پژوهی»، تهران، انتشارات اندیشکده آصف.

نیکخواه، شهره. (۱۳۸۸). «آینده‌نگاری در صنعت: یک عامل پیش برنده در نوآوری (با نگاهی به آینده‌نگاری در صنعت غذا)»، هشتمین همایش مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن.

Afsik Mohammad Ali, Negar and Fath Elah, Mehdi and Shiri, Mohsen, (2018), historical review of industry until the strategic emergence of the fourth industrial revolution, introduction and explanation of concepts, 13th International Strategic Management Conference, Tehran, https://civilica.com/doc/978573.

Ahmadi et al. (2019), future research of the supply chain of the oil industry with a scenario-based approach, Iran Future Research Quarterly, 5th year, 1st issue, pp. 81-104.

Akhtar, N., Bokhari, S. A., Martin, M. A., Saqib, Z., Khan, M. I., Mahmud, A., ... & Amir, S. (2022). Uncovering Barriers for Industrial Symbiosis: Assessing Prospects for Eco-Industrialization through Small and Medium-Sized Enterprises in Developing Regions. Sustainability, 14(11), 6898.

Albright, K. S. (2004). Environmental scanning: radar for success. Information Management Journal, 38(3), 38-45.

Amiri, I. S., Azzuhri, S. R. B., Jalil, M. A., Hairi, H. M., Ali, J., Bunruangses, M., & Yupapin, P. (2018). Introduction to photonics: Principles and the most recent applications of microstructures. Micromachines, 9(9), 452.

Apache, P. O. I. (2020). EN Horizon 2020 Work Programme 2018-2020 10. Secure, clean and efficient energy.

Babanjad M. (2019)., Tracking the driving forces effective on the future of the Customs Organization until the horizon of 2010. Business management. 12(48) pp. 365-387.

Barnes, P. M. (2021). Sustainable development in the European Union. In The Routledge Handbook of European Integrations (pp. 331-349). Routledge.

Berg, J., & Lu, S. (2020). Review of interfaces for industrial human-robot interaction. Current Robotics Reports, 1(2), 27-34.

Bibri, S. E., Krogstie, J., & Kärrholm, M. (2020). Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability. Developments in the built environment, 4, 100021.

Botzen, W. W., Deschenes, O., & Sanders, M. (2020). The economic impacts of natural disasters: A review of models and empirical studies. Review of Environmental Economics and Policy.

Bullinger, H. J., Warschat, J., & Fischer, D. (2000). Rapid product development—an overview. Computers in industry, 42(2-3), 99-108.

Cappelli, P. (2001). Making the most of on-line recruiting. Harvard business review, 79(3), 139-148.

Christopher, M., & Towill, D. (2001). An integrated model for the design of agile supply chains." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.

da Silva, L. P., Kundu, S. C., Reis, R. L., & Correlo, V. M. (2020). Electric phenomenon: A disregarded tool in tissue engineering and regenerative medicine. Trends in biotechnology, 38(1), 24-49.

Dogaru, L. (2020). The main goals of the fourth industrial revolution. renewable energy perspectives. Procedia Manufacturing, 46, 397-401.

EFFRA. (2011). Roadmap: Factories of the Future Beyond 2013. European Factories of the Future Research Association.

Fan, J., Yu, W., & Hunter, L. (2004). Clothing appearance and fit: Science and technology. Woodhead Publishing.

Farrukh, A., Mathrani, S., & Taskin, N. (2020). Investigating the theoretical constructs of a green

studies and future-oriented technology analysis principles, methodology and research questions.

Kuosa, T. (2010). Futures signals sense-making framework (FSSF): A start-up tool to analyse and categorise weak signals, wild cards, drivers, trends and other types of information. Futures, 42(1), 42-48.

Kyove, J., Streltsova, K., Odibo, U., & Cirella, G. T. (2021). Globalization impact on multinational enterprises. World, 2(2), 216-230.

Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., ... & Zhao, X. (2018). "How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation." Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 4(3), 21.

Levitt, T. (1983). The globalization of markets.

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. Production, 28.

Lindgren, M., and Bandhold, H. (2003). Scenario planning: The link between future and strategy. Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan.

Loveridge, D. (2008). Foresight: The art and science of anticipating the future. Routledge.

Malaska, Pentti (2013) Tulevaisuustietoisuudesta ja tulevaisuudesta tietämisestä: Tulevaisuus mielenkiinnon kohteena. In: Miten tutkimme tulevaisuuksia? ed. by Osmo Kuusi, Timo Bergman, Hazel Salminen, 14-22. 3rd. edition. Tulevaisuudentutkimuksen seura ry. Helsinki

Malekifar Agil et al. (2005), Alphabet of future studies, Tehran, Asif think tank publications.

Mankoff, J., Rode, J. A., & Faste, H. (2013, April). Looking past yesterday's tomorrow: using futures studies methods to extend the research horizon. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1629-1638).

Mankoff, J., Rode, J. A., & Faste, H. (2013, April). Looking past yesterday's tomorrow: using futures studies methods to extend the research horizon. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1629-1638).

Mason, A., Lee, R., & NTA Network. (2022). Six Ways lean six sigma approach towards environmental sustainability: a systematic literature review and future directions. Sustainability, 12(19), 8247.

Gebhardt, A. (2011). Understanding additive manufacturing.

Goldman Sachs Investment Research. (2011). Equity Research: The Best Fortnight Thoughts. The Goldman Sachs Group, Inc.

Gordon, A. (2009). Future Savvy: Identifying Trends to Make Better Decisions, Manage Uncertainty, and Profit from Change. Amacom Books.

Gros, D., & Alcidi, C. (2013). The global economy in 2030: Trends and strategies for Europe. CEPS (Paperbacks), European Union.

Gross, R., Hanna, R., Gambhir, A., Heptonstall, P., & Speirs, J. (2018). How long does innovation and commercialisation in the energy sectors take? Historical case studies of the timescale from invention to widespread commercialisation in energy supply and end use technology. Energy policy, 123, 682-699.

Heidari, F. (2013, June). Micromachining: a new trend in manufacturing. In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 23-907).

Höjer, M., & Mattsson, L. G. (2000). Determinism and backcasting in future studies. Futures, 32(7), 613-634.

Hosni, Ali and Rahimzadeh, Masoumeh (2018), Future Planning of Tourism Industry in Tehran, Urban Tourism Quarterly, Volume 6, Number 1, pp. 135-148.

Jozala, A. F., Geraldes, D. C., Tundisi, L. L., Feitosa, V. D. A., Breyer, C. A., Cardoso, S. L., ... & Pessoa Jr, A. (2016). "Biopharmaceuticals from microorganisms: from production to purification." brazilian journal of microbiology, 47, 51-63.

Kamppinen, M. (2003). Kyllä aika rientää kun on hauskaa…. Tieteessä tapahtuu, 21(8).

Karnik, N., Bora, U., Bhadri, K., Kadambi, P., & Dhatrak, P. (2022). "A comprehensive study on current and future trends towards the characteristics and enablers of industry 4.0." Journal of Industrial Information Integration, 27, 100294.

Khan, N., Sudhakar, K., & Mamat, R. (2021). Role of biofuels in energy transition, green economy and carbon neutrality. Sustainability, 13(22), 12374.

Kreibich, R., Oertel, B., & Wolk, M. (2011). Futures

4.0.” Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments, 9(3), 287-298.

Prisecaru, P. (2016). Challenges of the fourth industrial revolution. Knowledge Horizons. Economics, 8(1), 57.

PwC, (2011), The World in 2050.

Rheingold, H. (2003), Smart mobs: The next social revolution. Basic Books.

Roberts, M. A. J., Cranenburgh, R. M., Stevens, M. P., & Oyston, P. C. F. (2013). Synthetic biology: biology by design. Microbiology, 159(Pt 7), 1219.

Rohrbeck, R., & Gemünden, H. G. (2011). Corporate foresight: Its three roles in enhancing the innovation capacity of a firm. Technological forecasting and social change, 78(2), 231-243.

Roos, G. (2016). Design-based innovation for manufacturing firm success in high-cost operating environments. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 2(1), 5-28.

Sadeh, A., Radu, C. F., Feniser, C., & Borşa, A. (2020). Governmental intervention and its impact on growth, economic development, and technology in OECD countries. Sustainability, 13(1), 166.

Sautter, B. “(2016). Futuring European industry: assessing the ManuFuture road towards EU re-industrialization.” European Journal of Futures Research, 4(1), 1-12.

Schwenker, B., and Wulf, Torsten. (2013). Scenario-based Strategic Planning: Developing Strategies in an Uncertain World (2013 ed., Roland Berger School of Strategy and Economics). Wiesbaden: Springen Fachmedien Wiesbaden.

Shahabadi, Abolfazl and Naima, Hamidreza (2019), Factors affecting the improvement of productivity, competitiveness and technology of small industrial units (case study of Eshtehard Industrial Town), Business Reviews, No. 107, pp. 21-9.

Sigov, A., Ratkin, L., Ivanov, L. A., & Xu, L. D. (2022). Emerging enabling technologies for industry 4.0 and beyond. Information Systems Frontiers, 1-11.

Slaughter, R. A. (1999). A new framework for environmental scanning. foresight.

Solaymani, S. (2021). A review on energy and renewable energy policies in Iran. Sustainability, 13(13), 7328.

Subhan, M. A., Choudhury, K. P., & Neogi, N. (2021). Advances with molecular nanomaterials in industrial

Population Change Will Affect the Global Economy. Population and Development Review, 48(1), 51-73.

Mckinsey 2021, five-consumer-trends-shaping-the-next-decade-of-growth-in-china.

Nair, M. M., Tyagi, A. K., & Sreenath, N. (2021, January). The future with industry 4.0 at the core of society 5.0: open issues, future opportunities and challenges. In 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI) (pp. 1-7). IEEE.

Nguyen, P. Q., Courchesne, N. M. D., Duraj-Thatte, A., Praveschotinunt, P., & Joshi, N. S. (2018). Engineered living materials: prospects and challenges for using biological systems to direct the assembly of smart materials. Advanced Materials, 30(19), 1704847.

Nikkhah, Shahreh (2008), Foresight in the industry: a leading factor in innovation (with a look at the foresight in the food industry), the 8th Conference of Research and Development Centers for Industries and Mines.

O’Sullivan, E. (2011). A Review of International Approaches to Manufacturing Research (Institute for Manufacturing Report for the UK Engineering and Phys- ical Sciences Research Council). Cambridge, UK: Institute for Manufacturing, University of Cambridge.

OECD. (2010). The Emerging Middle Class in Developing Countries. Paris: Organisa- tion for Economic Co-operation and Development.

OECD. (2011). OECD Due Diligence Guidances for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflicted-Affected and High-Risk Areas. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Pearson, I. D. (2000), The next 20 years in technology: Timeline and commentary. The Futurist (January).

Philbeck, T., & Davis, N. (2018). “The fourth industrial revolution.” Journal of International Affairs, 72(1), 17-22.

Pirouz, Elham and Asgari, Mansour (2019), Investigating Factors Affecting Employment Demand in Iran’s Industrial Sector, Business Reviews, No. 104, pp. 21-43.

Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). “The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry

Vejlgaard, H. (2008). Anatomy of a Trend. McGraw Hill Professional.

Vishnevskiy, K., & Yaroslavtsev, A. (2017). Russian S&T Foresight 2030: case of nanotechnologies and new materials. foresight.

World Future Society website(2010)" Methods and Approaches of Futures Studies", http://www.wfs.org/newmeth.htm

Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). "Industry 4.0: state of the art and future trends." International journal of production research, 56(8), 2941-2962.

manufacturing applications. Nanomanufacturing, 1(2), 75-97.

Tassey, G. (2010). "Rationales and mechanisms for revitalizing US manufacturing R&D strategies." The Journal of Technology Transfer, 35(3), 283-333.

Teknikföretagen Production Research. (2008). Swedish Production Research 2020: Strategic Research Agenda.

Turoff, M. and V.A. Bañuls. (2011), Major extensions to Cross-Impact Analysis. in ISCRAM.

Vasin, S., Gamidullaeva, L., Shkarupeta, E., Finogeev, A., & Palatkin, I. (2018). Emerging trends and opportunities for industry 4.0 development in Russia.