



تحلیل عوامل موثر هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم با رویکرد مدیریت استراتژی در تدوین نقشه راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی

شیرین کرباسی

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

غلامرضا هاشم زاده خوراسگانی (نویسنده مسؤل)

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: Gh_hashemzadeh@azad.ac.ir

عباس خمسه

دانشیار گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

کیامرث فتحی هفشجانی

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴ * تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

چکیده

رشد و توسعه روزافزون تکنولوژی‌های نوظهور هم‌زمان با ورود به انقلاب صنعتی چهارم با ویژگی‌های هوشمند و دیجیتال سبب تحولات بسیاری در شکل سنتی کسب‌وکارها گردیده و سازمان‌ها را ناگزیر از همسو شدن با این تغییرات جهت تداوم در بازار رقابتی نموده است. نقشه راه تکنولوژی از موثرترین رویکردها جهت همسو نمودن استراتژی‌های سازمان با برنامه‌ریزی در حوزه تکنولوژی است که از منظر استراتژیک و تلفیق آن با تکنولوژی‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم، نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم سازمان‌ها را به‌سوی تکنولوژی‌های نوین هوشمند و دیجیتال در راستای تحقق اهداف سازمان و افزایش بهره‌وری در تولید رهنمون می‌گردد. در واقع نقشه‌راه تکنولوژی نوعی ابزار آینده‌نگاری تکنولوژی و برنامه‌ریزی استراتژیک در راستای بررسی ساختارمند از توسعه تکنولوژی و علمی است که تأثیرات بالایی بر رقابت صنایع و خلق ثروت و افزایش کیفیت زندگی دارد. این پژوهش درصدد تحلیل عوامل موثر هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم با رویکرد مدیریت راهبردی در تدوین نقشه‌راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی می‌باشد. در همین راستا ابتدا با استفاده از ادبیات و مصاحبه با تعدادی از کارشناسان ذی‌ربط در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی عوامل متعددی استخراج گردید و سپس به روش دلفی فازی عوامل نهایی شده و با استفاده از تکنیک TOPSIS رتبه‌بندی شدند. نتایج نمایانگر این است که معیار طراحی و تولید هوشمند بالاترین رتبه را داراست و همچنین مؤلفه تعریف و متعادل‌سازی سبد تحقیق و توسعه رتبه اول و مؤلفه ارزیابی تکنولوژی رتبه دوم و مؤلفه ارزیابی تغییرات بازار رتبه سوم را دارا می‌باشند.

کلمات کلیدی: نقشه راه تکنولوژی، نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم، تحول دیجیتال، هوشمندسازی، آینده‌نگاری.

۱- مقدمه

هم‌زمان با ورود به انقلاب صنعتی چهارم همراه با طیف وسیعی از تکنولوژی‌های نوین هوشمند، شکل سازمان‌ها دگرگون شده و تولید از شکل سنتی به شکل مدرن و بر اساس سیستم‌های سایبر فیزیکی و کلان‌داده‌ها، تغییر یافته است که منجر به ارتقا سطح بهره‌وری و کارایی فعالیت‌های تولید و ارتقا اتوماسیون سازمان‌ها می‌گردد (Ghalibaf et al., 2019). انقلاب صنعتی چهارم و پلتفرم‌های هوشمند و دیجیتال آن مانند: اینترنت اشیا، کلان داده، ساخت افزایشی و غیره ضمن متحول نمودن دنیا، سبب کاهش بار کاری مشاغل و حتی بار فکری انسان از طریق افزایش بهره‌وری و کاهش کثرت منابع و خطای انسانی شده و سودآوری سازمان را افزایش می‌دهد که از این طریق اهداف استراتژیک سازمان نیز محقق می‌گردد (Alexander et al., 2019). نقشه-راه تکنولوژی تکنیکی منعطف، مبتنی بر نیازهای مشتریان و بازار است که در صنایع گوناگون کاربرد داشته و دارای اهمیت می‌باشد؛ زیرا با پیش‌بینی‌های دقیق به درک عمیق ما از آینده کمک می‌نماید (Okhravi & Shakibamanesh, 2018) از مزایای مهم نقشه راه تکنولوژی، استفاده از چارچوبی ساختارمند و مبتنی بر زمان جهت توسعه، بازنمایی و اعلام برنامه‌های استراتژیک به‌منظور تکامل و توسعه هم‌زمان تکنولوژی و محصولات و بازار است (Alcantara & Martens, 2018). به‌طور کلی نقشه‌راه تکنولوژی تکنیک آینده‌نگاری، جهت آمادگی برای آینده است تا با شناخت فرصت‌های تکنولوژیک و تهدیدهای احتمالی، شرایط ممکن برای دستیابی هرچه بهتر به سود رقابتی، بهبود کیفیت زندگی و توسعه پایدار فراهم آورد و در نتیجه صنایع و دولت‌ها در مقابل تغییرات شرایط زمانه مناسب‌تر، انعطاف‌پذیرتر و مقاوم‌تر باشند (Sirer Afraz & Sabihi, 2016). بنابراین یک نقشه‌راه دقیق تکنولوژی و استراتژیک برای دستیابی به موفقیت در فرایند تحول دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم ضروری است (Ghobakhloo, 2018).

رشد سریع تکنولوژی و تأثیر آن در پیشرفت اقتصادی، سیاسی و اجتماعی و صنعتی و به‌طور کلی تغییر سبک زندگی و کسب‌وکار، سازمان‌ها را ملزم به پیاده‌سازی استراتژی و ساختار مناسب در راستای همسو شدن با تحولات تکنولوژیک جهت پاسخگویی به تقاضای مشتریان و حفظ مزیت رقابتی در بازارهای داخلی و خارجی می‌نماید. در کشور ما نیز مسیر توسعه و بهبود عملکرد و رشد بهره‌وری صنایع مهمی همچون صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی که سازنده بسیاری از محصولات پیشرفته صنعتی مانند توربین بادی و گازی، سیستم‌های کنترل و حفاظت و غیره، همراه شدن با تکنولوژی‌های نوین و هوشمند انقلاب صنعتی چهارم در راستای ساخت تجهیزات مدرن و نزدیک شدن به تولیدکنندگان خارجی، پس از بهبود و بهینه‌سازی تکنولوژی‌های موجود و تجهیز شرکت به نقشه‌راه تکنولوژی در راستای تکنولوژی‌های نوظهور هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم می‌باشد. با توجه به عدم برخورداری صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی از نقشه‌راه تکنولوژی متناسب با انقلاب صنعتی چهارم و ویژگی‌های هوشمند و دیجیتال آن که عوامل اصلی دستیابی سازمان به موفقیت می‌باشند، هدف این پژوهش این است که با توجه به پیشینه نقشه‌راه و با کمک ابزارها و روش‌های تصمیم‌سازی مناسب به بررسی و تحلیل عوامل موثر هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم بر تدوین نقشه‌راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی در راستای ارتقا بهره‌وری و بهبود فعالیت‌های تولیدی صنعتی بپردازد. بر این اساس مسئله اصلی این پژوهش ارتقا عملکرد سازمان با توجه به عوامل موثر انقلاب صنعتی چهارم بر تدوین نقشه‌راه تکنولوژی می‌باشد. این مطالعه به بررسی شکاف پژوهشی موجود می‌پردازد و به سؤالات زیر پاسخ می‌دهد:

سؤال اصلی پژوهش این است عوامل موثر هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم با رویکرد مدیریت استراتژی در تدوین نقشه‌راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی کدامند؟ سؤال فرعی اول: صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی تا چه میزان با سیر تکنولوژی‌های نوین هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم همراه شده است؟ سؤال فرعی دوم: تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم تا چه میزان بر تدوین نقشه‌راه تکنولوژی با رویکرد مدیریت استراتژی موثر است و چه‌طور از طریق آنها می‌توان به پیش‌بینی و آینده‌نگاری تکنولوژی در راستای پیشبرد صنایع تولیدی با سیر تحولات نوین و مدرن همراه شد و آنها را توسعه داد؟ این پژوهش سوالات فوق را از طریق یک چارچوب طراحی شده و با استفاده از نظر خبرگان و همچنین تجربه زیسته نویسندگان و مرور پیشینه‌ای مربوط به انقلاب صنعتی چهارم و نقشه‌راه

تکنولوژی متناسب با انقلاب صنعتی چهارم استخراج نموده و سپس نسبت به تحلیل آنها اقدام نموده است. این الگو کمک می-کند عوامل استخراج شده دسته بندی شده و متناسب نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم مورد توجه قرار گیرد. در پایان، موضوع جمع بندی شده و پیشنهاداتی برای مدیران و پژوهش های آتی ارائه گردیده است. همچنین این پژوهش به مطالعات مربوط به نقشه راه تکنولوژی متناسب با ویژگی های هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم کمک می نماید.

الف) مبانی نظری و پیشینه تحقیق

سرعت تحولات روزافزون تکنولوژیک، تغییرات شگرفی را در دنیای معاصر ایجاد نموده است؛ بنابراین پیشرفت و رفاه جوامع، رونق اقتصادی، گسترش صنایع، خلق ثروت و ایجاد مزیت رقابتی را می توان از نتایج به کارگیری تکنولوژی، توسعه و تجاری سازی آن دانست (Shirazi et al., 2018). اتخاذ راه حل های تکنولوژیک جهت توسعه فرایندها و محصولات جدید و روش های سودمند، ظرفیت نوآوری شرکت ها را ارتقا بخشیده و آنها را قادر به برآورده نمودن نیازهای در حال تغییر مداوم بازار می نماید (Gómez et al., 2020). پیشرفت های سریع تکنولوژیک، سبب تحولات بسیاری در سبک زندگی و شکل مشاغل گردیده است. تکنولوژی های نوین با استفاده از کلان داده ها، منجر به تحول همه جانبه صنایع تولیدی و خدماتی از شکل سنتی به مدرن شده است. در واقع پذیرش مفهوم انقلاب صنعتی چهارم و بهره گیری از تکنولوژی های هوشمند و دیجیتال آن مانند اینترنت اشیا، تولید افزایشده، رباتیک، رایانش با عملکرد بالا، هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و غیره که اطلاعات دیجیتال را از منابع و مکان های دیجیتال و فیزیکی با هم ترکیب می نمایند، سبب کاهش هزینه های عملیاتی و افزایش بهره وری در زنجیره ارزش و تولید در سازمان ها و کسب و کارها شده و سبب خلق مدل های جدید کسب و کار می گردد (office: Energy, industry and mining studies, 2019).

با توجه به نوآوری های تکنولوژیکی پیشرفته انقلاب صنعتی چهارم در قالب هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و سایر ابزارهای تکنولوژیکی پیشرفته و تحول دنیای کنونی (Wellstead et al., 2022)، هر سازمان با توجه به پیچیدگی نظام ها، عدم قطعیت بازارهای آینده، چالش های فضای کسب و کار و پیشرفت تکنولوژی های نوظهور، ملزم به داشتن برنامه استراتژی تکنولوژی است. نقشه راه تکنولوژی به سازمان ها کمک می نماید تا دریابند چگونه با بهره گیری از آینده نگاری و پیش بینی روند تکنولوژی های موجود، با این موج تغییرات همراه شوند. امروزه سازمان های بسیاری در جهت مدیریت تحقیق و توسعه تکنولوژی و محصولات باهدف حفظ مزیت رقابتی از نقشه راه تکنولوژی استفاده می نمایند (Dehghan Neiri et al., 2018). نقشه راه تکنولوژی ابزاری گرافیکی و آینده نگاری جهت اکتشاف و ارتباط بین بازارها، محصولات و تکنولوژی ها در بازه زمانی معین بوده و رابطی میان استراتژی کسب و کار و رشد مشخصات محصولات است و از دو دیدگاه تجاری و استراتژیک، موجب تعادل میان فشار تکنولوژی و کشش بازار می گردد. هدف اصلی نقشه راه تکنولوژی فراهم نمودن مدیریت استراتژی تکنولوژی به عنوان ابزاری مدیریتی، جهت برنامه ریزی، پیش بینی و مدیریت در محیط کسب و کار پویا است (Fartash and Mohseni Kiasri, 2019).

انقلاب صنعتی چهارم: انقلابی است که چشم انداز آن دیجیتال سازی و هوشمند نمودن تمامی مراحل تولید از طراحی تا ساخت و عرضه به بازار را در برمی گیرد و شامل تکنولوژی های کلیدی مانند: اینترنت اشیا (IOT)، یکپارچه سازی سیستم افقی و عمودی، شبیه سازی، ربات های مستقل، تجزیه و تحلیل بزرگ داده ها، واقعیت افزوده، تولید افزودنی، رایانش ابری و امنیت سایبری که در حال تغییر سیستم های تولید سنتی به شکل پیشرفته می باشد و هدف آن ادغام و خودکار سازی کامل سیستم های تولید و بهینه سازی جریان ها در طول کل زنجیره ارزش و درعین حال تغییر روابط متعارف بین تامین کنندگان و مشتریان است (Pozzi et al., 2023) و سبب انعطاف پذیری، تمرکززدایی، ارتقا بهره وری و افزایش مکانیزاسیون و اتوماسیون، دیجیتالی شدن و شبکه سازی و کوچک سازی می گردد (Kumar & Nayyar, 2020). انقلاب صنعتی چهارم تمامی جنبه های اقتصاد را تحت تأثیر قرار داده است و می توان گفت جوامع در این عصر، از سیستم های سایبری، فیزیکی و بیولوژیکی هوشمند، متصل و همگرا و مدل های کسب و کار هوشمند برای تعریف و تغییر شکل حوزه های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی استفاده می نمایند (Alexander, 2021).

نقشه‌راه تکنولوژی: از رویکردهای برنامه‌ریزی استراتژیک در راستای بهبود عملکرد و حفظ مزیت رقابتی سازمان بوده و خلاصه‌ای از وضعیت موجود و چشم‌انداز آتی سازمان را در یک بازه زمانی خاص منعکس می‌نماید (Klubova et al., 2019). و به سازمان و صنعت مربوطه کمک می‌نماید تا تکنولوژی‌های موردنیاز خود را شناسایی و انتخاب نموده و به تعریف و ترسیم استراتژی‌ها، اهداف و اقدامات مرتبط با نوآوری بپردازد (Cobra et al., 2021).

نقشه‌راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم: طیف وسیعی از برنامه استراتژیک جهت اجرا و تسهیل کار تولیدکنندگان را فراهم نموده و به‌طورکلی از استراتژی و تکنولوژی‌های نوین انقلاب صنعتی چهارم در تمامی مراحل طراحی از تولید تا توزیع را دربرگرفته و همچنین شامل دیجیتال‌سازی و هوشمند نمودن فرایند و سیستم‌های تولید محصولات جدید و پیشرفته می‌گردد (Alipour Saravani et al., 2018).

آینده‌نگاری: تلاشی سیستماتیک به‌منظور نگاه به آینده بلندمدت علم، فناوری، اقتصاد و جامعه باهدف شناسایی حوزه‌های پژوهشی استراتژیک و تکنولوژی‌های نوین و هوشمند که منجر به بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی می‌گردد (Nilipour, Tabatabai, et al., 2019).

تحول دیجیتال: منظور از تحول دیجیتال، اکتساب و استقرار تکنولوژی‌های دیجیتال به‌گونه‌ای است که محصولات، فرایندهای کسب‌وکار، کانال‌های فروش و یا زنجیره ارزش و به بیانی مدل‌های کسب‌وکار، باز طراحی و دگرگون می‌گردند (Hess et al., 2016). به‌طورکلی تحول دیجیتال به‌نوعی توانمندسازی تکنولوژی است که با استفاده از تکنولوژی‌های نوین و دیجیتال منجر به بهبود کارایی، بهبود مدل کسب‌وکار و بهبود مدل تجاری موجود و ساخت مدل‌های کسب‌وکار دیجیتال در زنجیره تامین یا سایر عملکردها می‌شود (Rupeika-Apoga et al., 2022).

هوشمندسازی: سیستم هوشمندسازی با استفاده از تکنولوژی‌های کنترلی و مدیریت منابع، به کنترل فرایند تولید پرداخته و تأثیر عواملی مانند خطای نیروی انسانی، میزان پیشامدهای خارج از کنترل و سوانح را کاهش داده و باعث افزایش اطمینان از عملکرد صحیح تأسیسات و تجهیزات و بهبود امنیت در فرایند کار می‌گردد (Saeedzadeh et al., 2015).

شریفی و همکاران (۱۴۰۰)، معتقدند نوآوری عامل کلیدی در رقابت‌پذیری کشورها و بنگاه‌ها می‌باشد، یک سازمان نوآور به شکل فعال و کنشگرانه به دنبال شناسایی و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید است و صرفاً بر بهره‌برداری از توانمندی‌های موجود خود تکیه نمی‌کند. رضوانی تبار و اسلامی (۱۳۹۹) نیز معتقدند تکنولوژی جایگاه مهمی در پیشرفت و توسعه اقتصادی داشته و بنابراین توسعه تکنولوژی ابزار رشد اقتصادی است که کشورهای متعددی آن را در رأس برنامه‌ریزی‌های کلان خود در نظر داشته و به‌عنوان یک استراتژی پذیرفته‌اند. از سوی دیگر رضایور نیاری (۱۳۹۸) اظهار داشت که توسعه سریع و گسترده سنسورهای هوشمند و تکنولوژی‌های هوش مصنوعی و امکانات انتقال حجم بالایی از داده، تقویت توان پردازشی، ورود دانش و اطلاعات به هنگام تصمیم‌گیری، موجب ایجاد فضای کاری هوشمند و معرفی پدیده‌ای تحت عنوان انقلاب صنعتی چهارم شده است که چارچوبی برای یکپارچه‌سازی و توسعه تکنولوژی‌های درون و بیرون سازمان‌ها است. همچنین محبی و حیدری (۱۳۹۵) معتقدند که از مهم‌ترین رویکردها جهت مدیریت و برنامه‌ریزی موثر تکنولوژی، استفاده از نقشه راه تکنولوژی است. از سوی دیگر نقشه راه تکنولوژی، فعالیت و اهداف استراتژیک سازمان را در راستای حفظ جایگاه رقابتی هدایت نموده و سازمان جهت برنامه‌ریزی تکنولوژی از آن استفاده می‌نمایند (Valério et al., 2020).

در واقع نقشه‌راه تکنولوژی سبب گسترش افق‌های برنامه‌ریزی شده و به شناسایی تهدیدها و فرصت‌های بالقوه در محیط کار کمک می‌نماید (Park et al., 2020). بنابراین ترکیب سایر تکنیک‌های مدیریت با نقشه‌راه تکنولوژی شکاف‌های دانش را کاهش داده و تصمیمات مدیریتی را بهبود می‌بخشد (Yoon et al., 2019).

به‌طورکلی فرایند تدوین نقشه‌راه تکنولوژی باهدف برنامه‌ریزی استراتژیک و پس از چند بار یا چند سال استفاده و بهسازی و در راستای هماهنگ‌سازی با استراتژی تکنولوژی سازمان اجرا می‌شود. فرایند نقشه‌راه تکنولوژی پیش از تعریف پرتفوی پروژه و به‌عنوان یکی از مراحل کلیدی در پیاده‌سازی فرایند برنامه‌ریزی استراتژی پرتفوی اجرا می‌گردد (Alcantara & Martens, 2018).

انقلاب صنعتی چهارم مسیر جدید توسعه است که در آینده منجر به مدرنیزاسیون و نوسازی تدریجی دیگر حوزه های صنعت شده و خود به عنوان یک حوزه صنعتی دارای پتانسیل تغییر سبک تکنولوژیک موجود می باشد (Sukhodolov et al., 2019). نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم از منظر استراتژیک و تکنولوژی چشم انداز شرکت کاملاً دیجیتال را ترسیم می نماید (Alipour Sarvari et al., 2018).

تکنولوژی های هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم شامل سنسورها، شبکه سازی، و فناوری های اطلاعاتی که در قالب ربات های صنعتی در کارهای تولید مورد استفاده واقع می شوند تاثیر فراوانی در تولید و راه اندازی کارخانه های هوشمند داشته و به نوعی در راستای ارتقای تولیدات صنعتی و تسهیل فعالیت های تولیدی، و بهره وری بالاتر و جلوگیری از خطای انسانی، صنایع را یاری می نماید (Bayram & Innes, 2018).

هم زمان با تحولات روزافزون و سریع تکنولوژی و ورود به انقلاب صنعتی چهارم همراه با گستره ای از تکنولوژی های نوین هوشمند و دیجیتال و تأثیر آن بر شکل زندگی و کسب و کار و صنایع تولیدی، وابستگی به نوآوری و تکنولوژی های نوظهور و هوشمند بسیار مشهود است و اهمیت دستیابی به منابع، روش ها، ابزارهای برنامه ریزی و مدیریت تکنولوژی و استفاده صحیح از آن در جهت تحقق اهداف در محیط کسب و کار را معین می نماید. نقشه راه تکنولوژی با استفاده از پلتفرم های هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم از کاربردی ترین روش های برنامه ریزی استراتژی می باشد که فضای تصمیم گیری را شفاف تر نموده و راه حلی جهت دستیابی به چگونگی حرکت در مسیر رسیدن به وضعیت مطلوب می باشد. هدف از این پژوهش تحلیل عوامل موثر انقلاب صنعتی چهارم بر تدوین نقشه راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی می باشد تا از این طریق صنایع پیشرو در کشور ما نیز بتواند با تحولات شگرفت تکنولوژی های انقلاب صنعتی چهارم همراه شده و جایگاه خود را در بازارهای داخلی و خارجی حفظ نماید.

۲- مواد و روش ها

این پژوهش از حیث هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی - پیمایشی است. در مرحله اول (مرحله کیفی) از مصاحبه و بررسی نظرات خبرگان و از تکنیک دلفی فازی که با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی، سازگاری دارد استفاده می گردد و در مرحله دوم (مرحله کمی) از تکنیک TOPSIS جهت تعیین وزن و اولویت های معیارهای مدل استفاده شده است. روش نمونه گیری (مرحله اول) روش نمونه گیری هدف مند خبرگان است. نمونه گیری از متخصصان خبره باهدف دستیابی به بیشترین اطلاعات در مورد موضوع مورد بررسی انجام گرفته و شامل انتخاب افرادی است که خبرگی آنها در یک زمینه مطالعاتی تأیید شده است. خبرگان مورد نظر در این پژوهش دارای تحصیلات تکمیلی و تجربه ده ساله در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی بوده و در دسترس بوده اند (زیرا فرایند کار به صورت حضوری است) و تمایل به مشارکت در پروژه داشته اند و دارای زمان کافی جهت تکمیل پرسش نامه که امری وقت گیر است بوده اند. طبق نظر الوانی و همکاران (۱۳۸۳) در مطالعات کیفی، حجم نمونه بین ۵ تا ۲۵ نفر کافی می باشد. از آنجاکه موضوع مورد مطالعه این پژوهش در یک سازمان معین انجام می شود از روش نمونه گیری هدف مند در سازمان مورد نظر استفاده شده است و افرادی که دارای معیارهای مورد نظر بوده اند انتخاب شده اند و به طور کلی ابتدا ۶ خبره و سپس با روش گلوله برفی ۱۰ خبره و در جهت تضمین اعتبار و اطمینان تحقیق تعداد ۱۲ خبره شناسایی شده اند.

جهت سنجش روایی پرسش نامه، از روش محتوا استفاده شده است. در قسمت بررسی روایی محتوا، داده ها از طریق مصاحبه و ادبیات و مشاهده به دست آمده است. همچنین پرسش نامه در اختیار متخصصان خبره روش تحقیق و مدیریت قرار داده شده و از آنان در راستای موافقت و مخالفتشان با هر یک از گویه های و توانایی این گویه ها در جهت ارزیابی هدف مربوطه نظرخواهی گردید و بنا بر نظرات آنان، اصلاحاتی در پرسش نامه صورت گرفت و در نهایت روایی محتوایی پرسش نامه مورد تأیید واقع شد. همچنین پایایی پرسش نامه کل برابر ۸۵٪ می باشد که به وسیله آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS محاسبه شد و چون بیشتر از ۷۰٪ است نشان از پایایی قابل قبول پرسش نامه است.

برای استخراج و شناسایی عوامل مهم تر، از میان عوامل شناسایی شده مراحل روش دلفی فازی به شرح ذیل انجام شده است (جدول شماره (۱)).

۱- شناسایی طیف مناسب جهت فازی سازی عبارات کلامی؛

۲- تجمیع مقادیر فازی شده؛

۳- فازی‌زدایی مقادیر؛

۴- انتخاب حد آستانه و غربال معیارها.

جدول شماره (۱): طیف فازی برای پرسش‌نامه دلفی

مقیاس عدد فازی	متغیر زبانی	معادل قطعی
(۱،۱،۱)	خیلی بی‌اهمیت	۱
(۱،۲،۳)	خیلی بی‌اهمیت تا بی‌اهمیت	۲
(۲،۳،۴)	بی‌اهمیت	۳
(۳،۴،۵)	بی‌اهمیت تا اهمیت متوسط	۴
(۴،۵،۶)	متوسط	۵
(۵،۶،۷)	متوسط تا بااهمیت	۶
(۶،۷،۸)	بااهمیت	۷
(۷،۸،۹)	بااهمیت تا خیلی بااهمیت	۸
(۹،۹،۹)	خیلی بااهمیت	۹

پس از انتخاب طیف فازی مناسب، نظرات متخصصان خبره شرکت‌کننده گردآوری شده و به‌صورت فازی ثبت گردید. سپس به تجمیع نظرات خبرگان پرداخته شد و فازی‌زدایی انجام پذیرفت. این فرایند طی سه دور اجرا شد (Skulomski et al, 2007). در دور اول ۱۰ عامل، در دور دوم ۸ عامل و در دور سوم ۶ عامل حذف گردید و در نهایت ۴۶ عامل به‌عنوان عوامل موثر انقلاب صنعتی چهارم بر تدوین نقشه راه تکنولوژی صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی مورد توافق اعضا خبره قرار گرفت (جدول (۲)).

جدول شماره (۲): عوامل موثر هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم بر نقشه راه تکنولوژی

مؤلفه‌ها	منابع	معیارها	منبع
پیشران‌های تکنولوژیک	Schwab et al.,) (2017 (Pozzi et al., 2023)	تغییر سبک زندگی	Salkin et al.,) (2018
		جنگ و تحریم	Schwab et al.,) (2017
		هوشمندی و رصد تکنولوژی	Kumar &) (Nayyar, 2020
پیشران‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی	Kolesnichenkon) (et al., 2019	تسهیلات بانکی و وام	مصاحبه با خبرگان
		قوانین زیست‌محیطی	Schwab et al.,) (2017
		استراتژی کسب‌وکار	(Rogers, 2017)
ارزیابی تغییرات بازار	(Rogers, 2017)	کسب‌وکار هوشمند و مجازی	Aghajani et al.,) (2019
		تحلیل موقعیت رقابتی بازار به‌صورت هوشمند	Saniuk et al.,) (2020
		بررسی نیازها و انتظارات مشتریان	(Rogers, 2017)
رصد بازار و رقبا	Schwab et al.,) (2017	انتخاب و رصد محصول به‌صورت هوشمند	Asari et al,) (2018
		ارزیابی سهم بازار رقابتی	Abassi Agha) Maleki et al.,) (2018
		بررسی اثر تغییرات ملی و	Schwab et al.,) (2017

	منطقه‌ای بر بازار		
(Rogers, 2017)	شناسایی منابع و امکانات رقابتی و اطلاعاتی رقبا		
(Nayyar, Kumar, 2020)	قابلیت اتصال به شبکه‌های هوشمند	مصاحبه با خبرگان	مشخصات ظاهری و عملکردی
	قابلیت عیب‌یابی خودکار		
(Nayyar, Kumar, 2020)	پلتفرم‌های هوشمند		
Jo & Park,) (2017	استراتژی تجاری‌سازی		
Khamseh &) (Asari, 2018	آماده ساختن بازار برای پذیرش تکنولوژی	Hajipour et al.,) (2016	تجاری‌سازی
	زمان ورود به بازار		
Radfar and (Khamseh, 2016	توانمندی تکنولوژی		
Vajgel et al.,) (2021	توسعه تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال	Kaminskia et) (al., 2018	ارزیابی تکنولوژی
Ashraf) Khoramani and (Khamseh, 2019	استراتژی تکنولوژی		
(Ullrich, 2020)	حفاظت تکنولوژی به صورت هوشمند		
Mallinguh et) (al., 2020	نحوه اکتساب تکنولوژی	Radfar &) (Khamseh, 2016	مدیریت تکنولوژی
Daim & Faili,) (2019	بهره‌برداری تکنولوژی به صورت هوشمند		
		مصاحبه با خبرگان	
	ارزیابی اجرای پروژه بر حسب استاندارد مدیریت ریسک پروژه		
Piskarev &) Zarikovskaya, (2020	ارزیابی اجرای پروژه بر حسب استاندارد مدیریت زمان پروژه		ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه
	ارزیابی اجرای پروژه بر حسب استاندارد مدیریت هزینه پروژه		

Lertpiromsuk et) (al., 2022	ارزیابی اجرای پروژه بر حسب استاندارد مدیریت منابع انسانی پروژه		
Pour Bahman et) (al., 1400	رصد و شناسایی علم و تکنولوژی‌های جدید هوشمند		
مصاحبه با خبرگان	طراحی، آزمایش، اصلاح، تولید آزمایشی شناسایی، ارزیابی، انتخاب	مصاحبه با خبرگان	تعریف و متعادل سازی سید تحقیق و توسعه
(Khamseh and Asari, 2018)	پروژه‌های تحقیق و توسعه در راستای استراتژی کسب‌وکار		
(Khamseh and Asari, 2018)	هوشمندسازی شبکه تحقیق و توسعه		
Krishnamurthi) (& Kumar, 2020	شبیه‌سازی هوشمند	Sousa & Rocha,) (2019	مدیریت دانش و سید تحقیق و توسعه
Sousa &) (Rocha, 2019	شناسایی دانش و به کارگیری آن		
مصاحبه با خبرگان	قوانین و استانداردها		
Sharma &) (Pandey, 2022	مدیریت کلان‌داده‌ها	مصاحبه با خبرگان	زیرساخت‌های نرم و سخت هوشمند
Chatterjee et) (al., 2020	فن آوری اطلاعات		
مصاحبه با خبرگان	شبکه‌سازی آزمایشگاه‌ها با تکنولوژی دیجیتال به کارگیری منابع انسانی		
Karacay &) (Aydm, 2018	خبره بامهارت هوش مصنوعی و دیجیتال سازی و توسعه آنها	Aleksei et al.,) (2019	منابع مالی و انسانی
Ramachandran,) (2019	استفاده از سرمایه‌گذاران فرشته		
	صندوق‌های تامین مالی ساختار سازمانی هوشمند به کارگیری شبکه‌های اجتماعی هوشمند		
مصاحبه با خبرگان	به کارگیری روش‌های ارزیابی هوشمند استفاده از استانداردهای یکپارچه هوشمند	مصاحبه با خبرگان	ساختار و سازماندهی

تکنولوژیکی، مدیریتی

در ادامه به منظور اولویت بندی معیارهای شناسایی شده از تکنیک TOPSIS استفاده شده است که در جدول (۳) آورده شده و مطابق با آن معیار طراحی و تولید هوشمند رتبه اول را داشته و معیار توسعه تکنولوژی های هوشمند و دیجیتال رتبه دوم و معیار استراتژی تکنولوژی رتبه سوم را کسب نموده اند.

جدول شماره (۳): امتیاز و رتبه هر معیار

رتبه	امتیاز نهایی (CL)	فاصله از ایده آل مثبت (-D)	فاصله از ایده آل مثبت (+D)	نام معیار
۱	۰/۰۶۷۰۰۵	۰/۰۱۸۸۴	۰/۰۰۹۲۸	طراحی و تولید هوشمند
۲	۰/۶۲۸۱۷	۰/۰۱۷۱۱	۰/۰۱۰۱۳	توسعه تکنولوژی های هوشمند و دیجیتال
۳	۰/۵۸۴۳۵	۰/۰۱۶۳۱	۰/۰۱۱۶۰	استراتژی تکنولوژی
۴	۰/۵۷۶۳۰	۰/۰۱۵۷۵	۰/۰۱۱۵۸	به کارگیری منابع انسانی خبره بامهارت هوش مصنوعی و دیجیتال - سازی و توسعه آنها
۵	۰/۵۷۲۹۶	۰/۰۱۵۴۲	۰/۰۱۱۴۹	شبکه سازی آزمایشگاه با تکنولوژی دیجیتال و هوشمند
۶	۰/۵۶۹۰۶	۰/۰۱۶۴۸	۰/۰۱۲۴۸	هوشمندی و رصد تکنولوژی
۷	۰/۵۶۱۲۰	۰/۰۱۵۱۴	۰/۰۱۱۸۴	بررسی نیازها و انتظارات مشتریان
۸	۰/۵۵۵۰۳	۰/۰۱۵۵۹	۰/۰۱۲۵۰	استراتژی کسب و کار
۹	۰/۵۴۷۰۵	۰/۰۱۴۹۸	۰/۰۱۲۴۱	تحلیل موقعیت رقابتی بازار به صورت هوشمند
۱۰	۰/۰۵۳۸۵۴	۰/۰۱۴۹۴	۰/۰۱۲۸۰	کسب و کار هوشمند و مجاز
۱۱	۰/۰۵۳۳۶۰	۰/۰۱۴۹۱	۰/۰۱۳۰۳	هوشمندسازی شبکه تحقیق و توسعه
۱۲	۰/۵۳۳۵۹	۰/۰۱۴۹۴	۰/۰۱۳۰۶	ساختار سازمانی هوشمند
۱۳	۰/۵۳۱۷۱	۰/۰۱۴۹۵	۰/۰۱۳۱۷	پلتفرم های هوشمند
۱۴	۰/۵۳۱۴۳	۰/۰۱۳۵۳	۰/۰۱۳۵۳	مدیریت کلان داده ها
۱۵	۰/۵۲۲۳۴	۰/۰۱۴۸۷	۰/۰۱۳۳۶	رصد و شناسایی تکنولوژی های جدید و هوشمند
۱۶	۰/۵۲۲۳۰	۰/۰۱۴۷۴	۰/۰۱۳۴۸	شبیه سازی هوشمند
۱۷	۰/۵۱۹۸۱	۰/۰۱۴۶۲	۰/۰۱۳۵۱	انتخاب و رصد محصول به صورت هوشمند
۱۸	۰/۵۱۶۶۴	۰/۰۱۴۶۷	۰/۰۱۳۷۲	استراتژی های تجاری سازی
۱۹	۰/۵۱۶۵۳	۰/۰۱۴۳۹	۰/۰۱۳۴۷	قوانین و استانداردها
۲۰	۰/۵۱۵۸۱	۰/۰۱۴۷۳	۰/۰۱۳۸۳	قوانین زیست محیطی
۲۱	۰/۵۱۲۵۸	۰/۰۱۴۳۰	۰/۰۱۳۶۰	تسهیلات بانکی و وام
۲۲	۰/۵۱۱۷۰	۰/۰۱۴۱۸	۰/۰۱۳۵۳	توانمندی تکنوژیک
۲۳	۰/۵۱۰۴۹	۰/۰۱۳۶۷	۰/۰۱۳۱۱	به کارگیری روش های ارزیابی هوشمند
۲۴	۰/۵۱۰۱۱	۰/۰۱۴۵۹	۰/۰۱۴۰۱	شناسایی، ارزیابی و انتخاب پروژه های تحقیق و توسعه در راستای استراتژی کسب و کار
۲۵	۰/۵۰۹۲۵	۰/۰۱۴۲۶	۰/۰۱۳۷۴	اثر تغییرات ملی و منطقه ای بر بازار
۲۶	۰/۵۰۸۹۶	۰/۰۱۳۹۸	۰/۰۱۳۴۹	زمان ورود به بازار
۲۷	۰/۵۰۸۷۶	۰/۰۱۳۷۵	۰/۰۱۳۲۸	تغییر سبک زندگی
۲۸	۰/۵۰۸۴۰	۰/۰۱۴۲۲	۰/۰۱۳۷۵	جنگ و تحریم
۲۹	۰/۵۰۸۰۲	۰/۰۱۴۵۹	۰/۰۱۴۱۳	مدیریت منابع انسانی پروژه
۳۰	۰/۵۰۵۱۶	۰/۰۱۴۲۰	۰/۰۱۳۹۱	استفاده از سرمایه گذاران فرشته
۳۱	۰/۵۰۳۸۷	۰/۰۱۴۳۳	۰/۰۱۴۱۱	قابلیت اتصال به شبکه های هوشمند
۳۲	۰/۵۰۰۷۴	۰/۰۱۴۳۵	۰/۰۱۴۳۱	استفاده از استانداردهای یکپارچه هوشمند تکنولوژیکی و مدیریتی
۳۳	۰/۴۹۹۲۱	۰/۰۱۴۱۵	۰/۰۱۴۲۰	مدیریت هزینه پروژه

رتبه	امتیاز نهایی (CL)	فاصله از ایده آل مثبت (-D)	فاصله از ایده آل مثبت (+D)	نام معیار
۳۴	۰/۴۹۴۴۸	۰/۰۱۳۳۱	۰/۰۱۳۶۱	حفاظت تکنولوژی به صورت هوشمند
۳۵	۰/۴۸۸۱۲	۰/۱۴۲۶	۰/۰۱۴۹۶	شناسایی منابع و امکانات رقابتی و اطلاعاتی رقبا
۳۶	۰/۴۸۶۷۸	۰/۰۱۳۴۴	۰/۰۱۴۱۷	به کارگیری شبکه‌های اجتماعی هوشمند
۳۷	۰/۴۸۰۷۵	۰/۰۱۳۳۵	۰/۰۱۴۴۲	مدیریت ریسک پروژه
۳۸	۰/۴۸۰۵۴	۰/۰۱۳۶۳	۰/۰۱۴۷۴	صندوق‌های تامین مالی
۳۹	۰/۴۷۷۰۸	۰/۰۱۳۰۲	۰/۰۱۴۲۸	عیب‌یابی خودکار
۴۰	۰/۴۷۳۴۹	۰/۰۱۳۲۲	۰/۰۱۴۷۰	آماده‌ساختن بازار برای پذیرش تکنولوژی
۴۱	۰/۴۷۳۱۲	۰/۰۱۳۰۸	۰/۰۱۴۵۷	سهم بازار رقابتی
۴۲	۰/۴۶۹۵۷	۰/۰۱۳۳۶	۰/۰۱۵۰۹	نحوه اکتساب تکنولوژی
۴۳	۰/۴۶۲۷۱	۰/۰۱۲۶۴	۰/۰۱۴۶۸	مدیریت زمان پروژه
۴۴	۰/۴۵۸۶۴	۰/۰۱۲۷۵	۰/۰۱۵۰۵	فن‌آوری اطلاعات
۴۵	۰/۴۵۳۹۷	۰/۰۱۲۵۰	۰/۰۱۵۰۴	بهربرداری تکنولوژی
۴۶	۰/۴۴۳۷۶	۰/۰۱۲۲۴	۰/۰۱۵۳۴	شناسایی دانش و به کارگیری آن

به طریق مشابه برای مؤلفه‌ها نیز روش تاپسیس انجام شد که به صورت خلاصه در جدول (۴) آورده شده است بر این اساس تعریف و متعادل‌سازی سبب تحقیق و توسعه رتبه اول را و ارزیابی تکنولوژی رتبه دوم و ارزیابی تغییرات بازار رتبه سوم را کسب نموده‌اند.

جدول شماره (۴): امتیاز و رتبه هر عامل

رتبه	امتیاز نهایی (CL)	فاصله از ایده آل مثبت (-D)	فاصله از ایده آل مثبت (+D)	نام عامل
۱	۰/۶۰۴۴۰	۰/۰۱۹۷۲	۰/۰۱۲۹۱	تعریف و متعادل‌سازی سبب تحقیق و توسعه
۲	۰/۶۰۳۶۳	۰/۰۲۰۰۱	۰/۰۱۳۱۴	ارزیابی تکنولوژی
۳	۰/۵۴۶۶۲	۰/۰۱۸۵۶	۰/۰۱۵۴۰	ارزیابی تغییرات بازار
۴	۰/۵۳۵۱۰	۰/۰۱۷۸۱	۰/۰۱۵۴۷	پیشران‌های اقتصادی، سیاسی، اجتماعی
۵	۰/۵۰۹۱۹	۰/۰۱۶۴۱	۰/۰۱۵۸۱	منابع انسانی و مالی
۶	۰/۵۰۲۹۳	۰/۰۱۶۱۳	۰/۰۱۵۹۴	زیرساخت‌های نرم و سخت هوشمند
۷	۰/۴۸۱۷۵	۰/۰۱۵۸۹	۰/۰۱۶۶۷	ساختار و سازماندهی
۸	۰/۴۸۱۴۲	۰/۰۱۶۴۳	۰/۰۱۷۵۰	مدیریت دانش و سبب تحقیق و توسعه
۹	۰/۴۸۰۰۶	۰/۰۱۶۸۶	۰/۰۱۸۲۶	پیشران‌های تکنولوژیک
۱۰	۰/۴۷۵۱۳	۰/۰۱۶۳۳	۰/۰۱۸۰۴	مشخصات ظاهری و عملکردی
۱۱	۰/۴۷۲۰۶	۰/۰۱۶۱۸	۰/۰۱۸۰۹	تجاری‌سازی
۱۲	۰/۴۵۵۴۸	۰/۰۱۵۵۶	۰/۰۱۸۶۰	رصد بازار و رقبا
۱۳	۰/۴۴۹۴۵	۰/۰۱۴۸۰	۰/۰۱۸۱۲	ارزیابی پروژه‌های تحقیق و توسعه
۱۴	۰/۴۲۴۳۰	۰/۰۱۴۴۹	۰/۰۱۹۶۶	مدیریت تکنولوژی

همان‌طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، تعریف و متعادل‌سازی سبب تحقیق و توسعه مولفه‌ای است که در رتبه اول قرار دارد. تعریف و متعادل‌سازی سبب تحقیق و توسعه به منظور متعادل نمودن منابع محدود سازمانی است که سبب توازن و تعادل در رسیدن به اهداف استراتژیک کسب‌وکار سازمان می‌شود؛ بنابراین سازمان بایستی از نقشه راه تکنولوژی متناسب با انقلاب صنعتی چهارم در راستای متعادل نمودن منابع محدود سازمان و هم‌راستا کردن این منابع با تکنولوژی نوین استفاده نماید. طبق نظر نعمانی صیقلان و همکاران (۱۳۹۹) وجود فرصت‌های رشد صنعت نیروگاهی در سایه تقاضای روبه رشد داخلی و بازارهای پرکشش

کشورهای همسایه، اهمیت سرمایه گذاری در این صنعت را به روشنی مشخص می سازد. با توجه به اینکه صنعت ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی به عنوان یکی از مهمترین صنایع زنجیره تامین صنایع مذکور می باشد و از طرفی تکنولوژی های موجود در این بخش از جمله تکنولوژی های به روز و در زمره تکنولوژی های با پیچیدگی بالا است. ضرورت دارد که شرکت های فعال در این بخش به شکلی ویژه جهت دستیابی به اهداف استراتژیک کسب و کار به تعریف و متعادل سازی درست سبد تحقیق و توسعه بپردازند. یکی از مدیران شرکت های مورد بررسی بیان می نماید: " سازمان در راستای پیشبرد اهداف خود با منابع محدود سازمانی روبرو است که بایستی بتواند نسبت به متعادل نمودن آنها در جهت تکنولوژی های نوین اقدام نماید؛ بنابراین سازمان بایستی به شناسایی و تعریف طرح ها و پروژه ها جهت تحقق منافع مورد انتظار سبد تحقیق و توسعه و اهداف استراتژی پرداخته و همچنین طرح و پروژه های سرمایه گذاری را در راستای تحقق اهداف استراتژیک کسب و کار شناسایی نموده و از طریق شناسایی طرح ها و پروژه های تجاری به شناسایی فرصت های محیطی و تعریف طرح ها و پروژه های تجاری بپردازد و با توجه به اهمیت طرح ها و پروژه های انتخاب شده آنها را اولویت بندی نموده و به گونه ای متعادل نماید که بیشترین احتمال برای تحقق اهداف استراتژیک سازمان وجود داشته باشد."

در خصوص ارزیابی تکنولوژی که مؤلفه دارای رتبه دوم است می توان اذعان داشت که ارزیابی تکنولوژی ابزار و قالب فکری است که به درک بهتر نسبت به تکنولوژی و تصمیم گیری در مورد آن کمک می نماید. در دنیای امروز ارزیابی تکنولوژی در سطح کلان به عنوان یک منبعی که اطلاعاتی را به فرایند سیاست گذاری تزریق می کند معرفی می شد و در واقع به واسطه ارزیابی تکنولوژی باید به تحلیل و ارزیابی نتایج خواسته و ناخواسته، فرصت ها و ریسک های تکنولوژی ها، اعم از تکنولوژی های جدید و یا تثبیت یافته بپردازد. پیوسته فریدونی و همکاران (۱۴۰۰) معتقدند بررسی و ارزیابی تکنولوژی جهت شناخت نقاط قوت و ضعف تکنولوژی ها و درک تاثیرات آنها و مقایسه با تکنولوژی های سازمان های دیگر صورت می پذیرد. به طور کلی ارزیابی تکنولوژی فرایندی است که طی آن به شیوه های نظام مند تاثیرات حاصل از معرفی توسعه، تغییر و اصلاح یک تکنولوژی در یک سازمان و یا یک جامعه مورد بررسی و سنجش قرار می دهند. در این راستا یکی از مدیران خبره شرکت های مورد بررسی بیان می کند: " ما در صنایع ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی از الزامات تکنولوژی زیادی برخورداریم و همین امر بر فعالیت های تولید و حضور ما در عرصه رقابت تأثیر می گذارد؛ اما زمانی که رقابت در عرصه جهانی مطرح می گردد بحث پیچیده تر می شود. زیرا دوام سازمان در بازار رقابتی منوط به ارزیابی و رصد مداوم تکنولوژی ها و هم راستایی با تکنولوژی های نوین در راستای تولیدات مدرن می باشد که سبب کسب و حفظ جایگاه رقابتی بازارهای داخلی و خارجی متناسب با تغییرات بازار می گردد."

در مورد مؤلفه ارزیابی تغییرات بازار که در رتبه سوم قرار دارد، بایستی اذعان داشت که شرکت ها جهت کسب مزیت رقابتی از منابع خود در جهت بهبود موقعیت نسبی خویش نسبت به رقیب استفاده می کنند و ارتقای موقعیت شرکت سبب شکل گیری فرصت های بهتری در آینده می شود؛ بنابراین با پیشرفت سریع تکنولوژی شکل تولیدات و انتظارات مشتریان و کشش بازار دچار تحول می گردد که این امر سبب می شود شرکت های تولیدی به منظور کسب و حفظ مزیت رقابتی با تغییرات بازار همسو گردند. به اعتقاد محبی و زارع مهرجردی (۱۳۹۷) با رشد سریع تکنولوژی و تغییر تقاضای مشتریان سازمان ها ناگزیرند جهت حفظ مزیت رقابتی به صورت مداوم به ارزیابی تغییرات بازار بپردازند و استراتژی های خود را بر اساس بررسی های حاصل از ارزیابی تغییرات بازار بنا نهاده تا بتوانند در حفظ بازارهای فعلی و مشتریان موجود و دستیابی به بازارهای جدید نگاه کلان و استراتژیک داشته باشند. یکی از مدیران خبره بیان داشت که با توجه و بررسی ویژه بازارها می توان شکل تولیدات را با در نظر گرفتن نیاز مشتری به امری سودمند برای سازمان مبدل نمود و از این طریق اعتبار و حیات سازمان را در بازارهای رقابتی تضمین نمود.

مطابق با جدول ۳ معیار طراحی و تولید هوشمند که در رتبه اول قرار دارد بایستی گفت که طراحی و تولید هوشمند شامل تکنولوژی های بسیاری می گردد. برخی از تکنولوژی های کلیدی در طراحی و تولید هوشمند شامل قابلیت پردازش قوی، دستگاه ها و خدمات اتصال صنعتی و رباتیک پیشرفته هستند. کانگ و همکاران، (۲۰۱۶) معتقدند که انقلاب صنعت چهارم مرحله ای جدید برای سیستم های تولیدی به ویژه سیستم های تولید هوشمند است که می تواند به سرعت به رقابت های جهانی و الزامات سفارشی سازی پاسخ دهد. یکی از مدیران در این راستا عنوان نمود که با ورود به انقلاب صنعتی چهارم و تغییر شکل سنتی طراحی و تولید بایستی در راستای سودآوری و تقلیل هزینه ها و ارتقا سطح بهره وری باهدف سازگاری با تکنولوژی های نوین

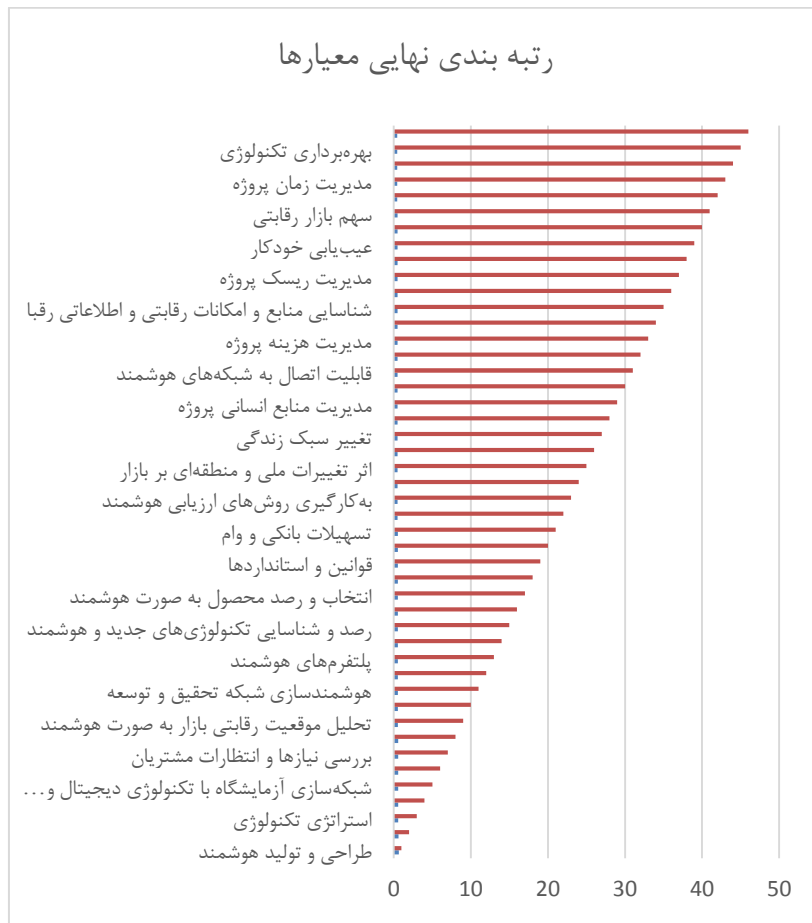
انقلاب صنعتی چهارم در جهت هوشمند و دیجیتال نمودن عملکرد سازمان اقدام نمود تا بتوان از این طریق با تکنولوژی‌های نوظهور همراه شده و تداوم فعالیت سازمان را در بازارهای رقابتی تضمین نمود.

در خصوص معیار توسعه تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال که دارای رتبه دوم است بایستی گفت با ورود به عصر تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال انقلاب صنعتی چهارم شکل زندگی و کسب‌وکار دچار تحولات مهمی شده است؛ بنابراین جهت هم‌راستایی با این تکنولوژی‌های نوین هوشمند و استفاده از مزایای منحصر به فرد آن‌ها سازمان‌ها بایستی علاوه بر رصد تکنولوژی‌ها به صورت مداوم نسبت به توسعه و پیشبرد فعالیت‌های خود در راستای آن اقدام نمایند. سلیمی زاویه (۱۳۹۹) معتقد است با توجه به اهمیت مفاهیم اساسی تولید هوشمند، توسعه و تکامل طراحی و تولید هوشمند نه تنها مربوط به توسعه تکنولوژی‌های نوین است، بلکه به نیازهای پویای ذی‌نفعان و مدل کسب‌وکار نوآورانه نیز مربوط می‌شود. سیستم‌های تولید هوشمند داده‌هایی را در زمان واقعی دریافت می‌کند که صحت تصمیم‌گیری را بهبود می‌بخشد و کارایی و عملکرد و بهره‌وری کلی را افزایش می‌دهد.

در مورد معیار استراتژی تکنولوژی باید عنوان داشت که استراتژی تکنولوژی، به کارگیری، توسعه و نگهداری کلیت و توانایی شرکت است. خمسه و اشرف خرامانی (۱۳۹۹) معتقدند تعیین استراتژی تکنولوژی در سطح شرکت عموماً شامل آماده‌سازی برای فرصت‌های آینده، ریسک‌ها و روند بازار است. همچنین تعیین استراتژی و برنامه‌ریزی باید به‌عنوان اعمال تصمیم‌گیری در زمینه عوامل داخلی و خارجی مورد پوشش قرار گیرد. عوامل داخلی مانند عامل فاش شدگی و جذب در جهت دستیابی به اهداف، پیامدها و نتایج تنظیم شده است و سازمان را در مقابل هر گونه تغییر خارجی منعطف نگه خواهد داشت و از سوی دیگر جهت دستیابی به سودهای طولانی‌مدت، استراتژی تکنولوژی آنها را به سوی تمرکز بر محیط درونی می‌کشاند. هم‌زمان اطمینان لازم برای رهنمون ساختن آنها به سمت فرصت‌های احتمالی برای مراقبت از کشمکش‌های خارجی، مقابله با شرایط منفی و تحلیل تهدیدها ایجاد شده است.

یکی از مدیران شرکت مورد بررسی بیان داشت " برای تدوین استراتژی تکنولوژی ابتدا باید تمامی تکنولوژی‌ها فرعی و متمایزکننده و زنجیره ارزش و همچنین تکنولوژی‌های سایر صنایع که دارای پتانسیل جهت استفاده در زنجیره ارزش هستند شناسایی شوند و تغییرات تکنولوژی‌های کلیدی شناسایی شده و معین گردد که کدام‌یک از تکنولوژی‌ها بیشترین تأثیرات را بر مزیت رقابتی و ساختار صنعت می‌گذارند و همچنین توانایی نسبی سازمان در تکنولوژی‌های کلیدی و هزینه بهبود آنها شناسایی گردد و در نهایت انتخاب استراتژی کلی رقابتی سازمان تقویت گردیده و مورد حمایت قرار گیرد".

در نمودار (۱) رتبه‌بندی نهایی معیارها و در شکل (۱) مدل مفهومی الگوی نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم نشان داده شده است.



نمودار شماره (۱): رتبه بندی نهایی معیارها



شکل شماره (۱): مدل مفهومی الگوی نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم

شتاب در رشد تکنولوژی و قابلیت های منحصر به فرد آن در دهه های اخیر آن را به عاملی مهم در کسب مزیت رقابتی و موفقیت کسب و کارها و پاسخ به تحولات گوناگون تبدیل نموده است. به کارگیری تکنولوژی در راستای اهداف سازمانی، نیازمند سازگاری و تعامل دوطرفه میان برنامه ریزی تکنولوژی و برنامه ریزی سازمان جهت توفیق در توانمندی کسب و کار است. هدف از توانمندسازی تسهیل دستیابی به اهداف سازمانی از طریق ارائه بهترین منابع فکری مرتبط با زمینه های گوناگون عملکرد سازمان است. با توجه به نقش مهم تکنولوژی در تحولات زندگی بشر، رصد و شناسایی و اکتساب و پیاده سازی تکنولوژی های نوظهور دارای اهمیت است. سپس مدیریت تکنولوژی که به معنای دستیابی به تکنولوژی از طریق تحقیق و توسعه و یا انتقال تکنولوژی، و استفاده از آن در محصولات و خدمات سازمان ها با هدفی خاص مطرح می باشد. در مرحله بعدی مدیریت دانش و سرمایه های فکری بررسی شده و در ادامه بخش تحقیق و توسعه سازمان در راستای شناسایی و انتخاب و اکتساب و بهره برداری از تکنولوژی، جهت هم راستایی سازمان با تحولات حاصل از تکنولوژی در کسب و کار و تبدیل سازمان از شکل سنتی به مدرن مورد توجه قرار گرفته است.

تحولات تکنولوژیکی شکل تولید و مشخصات ظاهری و عملکردی تولیدات و کالاها را تحت تأثیر قرار داده و به دنبال آن سطح انتظارات مشتریان نیز متحول کرده است، بنابراین سازمان جهت حفظ موقعیت رقابتی خود بایستی به صورت مستمر تغییرات بازار و تحولات تکنولوژیکی موثر بر آن را رصد نماید. بخش تحقیق و توسعه در سازمان جهت بررسی و رصد تحولات تکنولوژیکی و

هم‌راستایی با این تحولات نیز بسیار مهم است. زیرا به این وسیله میزان تأثیر تکنولوژی بر تولید و سودآوری شرکت و همچنین توان رقابتی سازمان مورد بررسی واقع می‌گردد. همچنین زیر ساخت‌های نرم و سخت که موجب توسعه هوش تجاری می‌گردد نیز بایستی مورد توجه قرار داده شود. منابع انسانی و مالی که از عوامل مهم رشد سازمانی می‌باشند نیز بایستی در راستای تولید منطبق بر تکنولوژی‌های نوین تجزیه تحلیل گردد. تمامی مراحل از برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و تجزیه و تحلیل، تجاری‌سازی را تسهیل می‌نماید. طراحی و تولید هوشمند نیز موجب افزایش بهره‌وری و سودآوری و بهبود فرایندها شده و عرضه دیجیتال محصول را به دنبال دارد. پس از به‌کارگیری تکنولوژی‌های نوظهور در راستای پیشرفت تولید، بایستی تکنولوژی‌های جدیدتر جایگزین آنها شود. در نهایت نقشه‌راه تکنولوژی و برنامه‌ریزی بر اساس آن، روشی نوین و بسیار منعطف جهت برنامه‌ریزی، آینده پژوهی و تحلیل‌های کلان و استراتژیک است. تحولات مداوم کسب‌وکار، عادی شدن ظهور و جایگزینی سریع تکنولوژی‌های جدید و از طرفی تلاطم شدید بازار و تغییرات در سطح انتظارات مشتریان، برنامه‌ریزی را به فعالیتی حیاتی و اجتناب‌ناپذیر برای کشورها، صنایع و سازمان‌ها مبدل کرده است؛ بنابراین برای پیاده‌سازی بهتر مراحل فوق باهدف آینده‌نگری و تسهیل امر تصمیم‌گیری هر سازمان ملزم به تدوین نقشه راه تکنولوژی می‌باشد.

۴- بحث و نتایج

مدیران تکنولوژی به ابزارهایی جهت حصول اطمینان از هم‌راستایی تکنولوژی‌های موجود و بالقوه سازمان با اهداف سازمان نیاز دارند تا بتوانند تأثیر تغییرات تکنولوژیک و بازار را بر روی فرصت‌ها و تهدیدهای پیش‌روی سازمان مورد ارزیابی قرار دهند. از مهم‌ترین و منعطف‌ترین ابزارهای برنامه‌ریزی، نقشه‌راه تکنولوژی است که روش کشف و توصیف آینده مطلوب و تبیین راه رسیدن به آن به در طول زمان و به زبانی ساده و قابل فهم است. در پژوهش پیش رو، نتایج حاصل از پژوهش‌ها و مصاحبه با متخصصین خبره در صنایع تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی، نشان‌دهنده تأثیر شگرف انقلاب صنعتی چهارم و تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال آن بر جوامع، مشاغل و صنایع گوناگون می‌باشد. بدین ترتیب هر سازمان بایستی خود را با تکنولوژی‌های نوظهور و هوشمند انقلاب صنعتی چهارم هم‌راستا نماید. مزایای بی‌شمار انقلاب صنعتی چهارم، موجب گرایش سازمان‌ها و صنایع تولیدی متعددی به آن به‌عنوان یک فرصت طلایی شده است. زیرا به‌واسطه آن سازمان‌ها می‌توانند به سطح بالاتری از اثربخشی عملیاتی و بهره‌وری و هم‌زمان سطح بالاتر اتوماسیون دست یابند. در واقع چهار رکن اصلی انقلاب صنعتی چهارم شامل: اینترنت اشیا، اینترنت صنعتی اشیا، تولید مبتنی برابری و تولید هوشمند در تحولات فرایند تولید کاملاً هوشمند و دیجیتال بسیار موثر است؛ بنابراین تدوین نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم از لحاظ تأثیرات مستقیمی که بر تولید، تجارت و بهره‌وری اقتصادی دارد بسیار حائز اهمیت است. برخی سازمان‌ها فقط در موقعیت‌های خاص از نقشه راه استفاده می‌نمایند؛ اما سازمان‌هایی که از نقشه راه تکنولوژی جهت ایجاد استراتژی‌های خود و مراحل برنامه‌ریزی استفاده می‌کنند، به متمرکزترین و متناسب‌ترین وسیله در اجرای استراتژی کسب‌وکار خود دست می‌یابند؛ بنابراین واضح است که تدوین نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم، مدیران سازمان‌ها را به‌سوی تحلیل و بررسی بازارها و محصولات آینده، منابع و دانش لازم برای رسیدن به تکنولوژی‌های مورد نظر سوق داده و سبب می‌شود که برای آنها برنامه‌ای معین داشته باشند تا علاوه بر شناخت روشن از مفهوم نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم، خود را به تکنیک‌ها و شیوه‌های نوآورانه و خلاقانه جهت تدوین و اجرای نقشه راه انقلاب صنعتی چهارم تجهیز نمایند.

مدل و ساختار پژوهش حاضر متشکل از ۴۶ معیار در قالب ۶ بعد و ۱۴ مؤلفه می‌باشد که با استفاده از تکنیک TOPSIS مورد تحلیل و اولویت‌بندی قرار گرفته است. این تحلیل بر اساس وزن‌های به دست آمده از مؤلفه‌ها و معیارهای تعیین شده انجام گرفته است. بر این اساس مؤلفه تعریف و متعادل‌سازی سبب تحقیق و توسعه رتبه اول را کسب نموده و مؤلفه ارزیابی تکنولوژی رتبه دوم را داراست و مؤلفه ارزیابی تغییرات بازار نیز رتبه سوم کسب نموده است. همچنین معیار طراحی و تولید هوشمند رتبه اول اخذ نموده و توسعه تکنولوژی‌های هوشمند و دیجیتال رتبه دوم و استراتژی تکنولوژی نیز رتبه سوم را به دست آورده‌اند. در ادامه بر اساس یافته‌های پژوهش پیشنهادهایی ارائه می‌گردد.

- مدیران این صنعت با توجه به فضای کسب و کار و دنیای دیجیتال در انقلاب صنعتی چهارم و ریسک های تصمیم گیری باید بتوانند از نقشه راه تکنولوژی در استفاده بهینه از فرصت ها بهره لازم را ببرند.
- لایه های مختلف سازمان (اعم از مدیران و معاونین و کارشناسان متخصص) با نقشه راه تکنولوژی با توجه به انقلاب صنعتی چهارم کاملاً آشنا شده و جهت تحقق اهداف و پلتفرم های هوشمند از آنها استفاده نمایند.
- سازمان می تواند با استفاده از تحول دیجیتال و نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم، فرایندهای اصلی سازمان را متناسب با تغییرات و اهداف پیش تعیین شده طراحی و شاخص های مربوطه را تعریف و اندازه گیری نمایند.
- سازمان می تواند جهت پیشبرد پروژه های استراتژیک خود از نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم در زمینه تحقیق و توسعه در محصول و بازار به نحو مطلوب استفاده نموده و بازخوردهای لازم را از طریق فضای دیجیتال و مجازی به دست آورد.
- بر اساس نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم می توان توسعه منابع انسانی را با برگزاری آموزش های لازم محقق نمود.
- سازمان می تواند بر اساس نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم، ساختار سازمانی را متناسب با فضای کسب و کار به روز نماید.
- مدیران شرکت ساخت تجهیزات نیروگاهی و تامین انرژی با استفاده از نقشه راه تکنولوژی انقلاب صنعتی چهارم و چشم انداز ترسیمی آن نسبت به سرمایه گذاری در زیر ساخت های نرم و سخت در راستای ارتقا نوآوری و رشد سازمان و تغییر ساختار سازمان اهتمام ورزند.

۴- منابع

1. Abbasi Agha Maleki, H., Abdoli, Gh., Suri, A., & Ebrahimi, M. (2019). The effect of innovation on stock fluctuations of pharmaceutical companies of Tehran Stock Exchange. *Financial Economics*, 12(45), 27-49 [In Persian].
2. Aghajani, H., Shariati, Z., & Hosseini, A. (2020). Explaining the Evolutionary Process and Components Affecting the E-Business Model in Iranian Startups. *Journal of Improvement Management*, 14(1), 127-147. doi: 10.22034/jmi.2020.106794
3. Alekseev, Alexander & Buraeva, Elena & Kletskova, Elena & Rykhtikova, Natalia. (2019). *Stages of Formation of Industry 4.0 and the Key Indicators of Its Development*. 10.1007/978-3-319-94310-7_9.
4. Aleksei V. Bogoviz, Tatiana I. Gulyaeva, Elena I. Semenova & Svetlana V. Lobova. (2019). *Transformation Changes in the System of Professional Competences of a Modern Specialists in the Conditions of Knowledge Economy's Formation and the Innovational Approach to Training*. In: Popkova, E., Ragulina, Y., Bogoviz, A. (eds) *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 169. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_19.
5. Alexander, Rachel. (2021), *The Fourth Industrial Revolution in South African Manufacturing and Connectivity: Case Studies of Automotive and Mining Equipment Manufacturing, along with Transportation and ICT Infrastructure and Services*, SARChI *Industrial Development Working Paper Series*, September, 1-86.
6. Alipour Sarvari, P., Ustundag, A., Cevikcan, E., Kaya, I and Selcuk, C. (2018). *Technology Roadmap for Industry 4.0*, Department of Industrial Engineering, Faculty of Management, *Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*, Springer International Publishing Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_5. (in Persian).
7. Alwani, M. Adel, A., & Danai Fard, H. (2004), *Qualitative Research Methodology in Management: A Comprehensive Approach*, Masher Tshraghi, Safar, first edition, 288 pages, Dewey classification: 6580072. (In Persian).
8. Asari, M.H., Khamseh, A., Radfer, R., Shadnoosh, N. (2018). Identifying and examining the key factors affecting the management of future research and development projects in industries with advanced aerospace technologies, *Scientific Research Journal of Defense Future Research*, 4(12): (109-141). (in Persian).

9. Ashraf Khoramani, A. & Khamseh, A. (2018). Evaluating the technological capability of the wind turbine industry by using Panda and Ramanathan models. *Journal of industrial technology development*, 17(37), 29-36. SID. <https://sid.ir/paper/388654/en>. (In Persian).
10. Barış Bayram & Gökhan İnce. (2018). *Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0*, © Springer International Publishing Switzerland A. Ustundag and E. Cevikcan, Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, Springer Series in Advanced Manufacturing, https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_11.
11. Chatterjee, Sutirtha and Moody, Gregory Daniel and Lowry, Paul Benjamin and Chakraborty, Suranjan and Hardin, Andrew, (2020). Information technology and organizational innovation: Harmonious information technology affordance and courage-based actualization (March 1, 2020). *Journal of Strategic Information Systems (JSIS)*, vol. 29(1), March, Article 101596, pp. 1-23, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3500566>
12. Cobra, Raphael & Sanvezzo, Paula & Branciforti, Márcia & Mascarenhas, Janaina. (2021). *Circular Technology Roadmapping (TRM): Fostering Sustainable Material Development*. Sustainability. 13. 7036. [10.3390/su13137036](https://doi.org/10.3390/su13137036).
13. Daim, T. U, Faili, Z. (2019). Zindustry. 4.0 Value Roadmap, *SpringerBriefs in Entrepreneurship and Innovation*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-30066-1>. (In Persian).
14. Dehghan Nayeri, M., Azar, A., & Javid Milani, S. (2019). Technology Road Mapping (TRM) based on Strategic Option Development and Analysis: Mazare Novin Iranian Company. *Journal of Improvement Management*, 13(3), 1-22. (In Persian).
15. Douglas Pedro de Alcantara., Mauro Luiz Martens. (2018). Technology Roadmapping (TRM): a systematic review of the literature focusing on models, *Technological Forecasting & Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.014>.
16. Elena A., Kolesnichenko, Yana Y., Radyukova. & Nikolai N., Pakhomov. (2019). *The Role and Importance of Knowledge Economy as a Platform for Formation of Industry 4.0*, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019 E. G. Popkova et al. (eds.), Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century, Studies in Systems, Decision and Control 169, https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7_7
17. Fartash, Kiaresh, & Mohseni Kiasri, Mustafa. (2019). Ranking the implementation measures of the technology roadmap with an emphasis on resources and technology acquisition: (a case study of two global roadmaps of electric vehicles and electric hybrids and smart networks). *Innovation management and operational strategies*, 1(4), 320-346. doi: 10.22105/imos.2020.262855.1019. (In Persian).
18. Ghalibaf, M., Ibn Reza, S. M., Nazari, M. (2019). What and why is the fourth industrial revolution? *The second international conference on innovation in business management and economics*, Tehran. (In Persian).
19. Ghobakhloo M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0, *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 29 No. 6, pp. 910-936.
20. Gil-Gómez, H., Guerola-Navarro, V., Oltra-Badenes, R., & Lozano-Quilis, J. (2020). Customer relationship management: digital transformation and sustainable business model innovation. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*, 33, 2733 - 2750.
21. Hajipour, B., Motmani, A. & Tayyibi Abolhasani, S. A. H. (2016). Transcombination of the success factors of the commercialization of products with advanced technology, scientific and research journal of innovation management, fifth year, number 4, winter, pages 19-54. (In Persian)

22. Hess, Thomas & Matt, Christian & Benlian, Alexander & Wiesb? ck, Florian. (2016). Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. *MIS Quarterly Executive*. 15. 123-139.
23. Infrastructural research studies and production affairs, Office: Energy, Industry and Mining Studies, (2019). *Identifying the transformational dimensions of the fourth industrial revolution in the steel industry and future technological perspectives*, subject code: 310, serial number, 16992, Ardibehesht, pages 1-44. (In Persian).
24. Jermain Kaminskia, Christian Hoppa, Tereza Tykvovab. (2018). New technology assessment in entrepreneurial financing – Does crowdfunding predict venture capital investments?, *Technological Forecasting & Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.11.015>.
25. Jo, D. H. & Park, J. W. (2017). The determinants of technology commercialization performance of technology-based SMEs. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*: 11(8), 4146-4161
26. Sousa, M. J., & Rocha, Á. (2019). Strategic knowledge management in the digital age: JBR special issue editorial. *Journal of Business Research*, 94, 223-226.
27. Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H.J., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., & Noh, S.D. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3, 111 - 128.
28. Karacay, G., Aydın, B. (2018). *Internet of Things and New Value Proposition*. In: *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_10
29. Karollay Giuliani de Oliveira Valério., Carlos Eduardo Sanches da Silva & Sandra Miranda Neves. (2020). Overview on the technology roadmapping (TRM) literature: gaps and perspectives. *Technology Analysis & Strategic Management*, 33:1, 58-69, DOI: 10.1080/09537325.2020.1787976
30. Khamsa, Abbas. Asari, Mohammad Hossein, (2018). *Research and development management, an integrated approach to concepts, structure and organization, capabilities and management of research and development projects*, Sarafraz Publishing House, Karaj, first edition, 501 pages, Dewey classification, 658/57.
31. Klubova, M., Matich, L., Salun, V., Veselitskaya, N. (2019). Technology Roadmaps: Emerging Technologies in the Aircraft and Shipbuilding Industries. In: Meissner, D., Gokhberg, L., Saritas, O. (eds) *Emerging Technologies for Economic Development. Science, Technology and Innovation Studies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04370-4_7.
32. Krishnamurthi, R., & Kumar, A. (2020). Modeling and Simulation for Industry 4.0. *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development*, 127-141.
33. Kumar, A., Nayyar, A. (2020). Si3-Industry: A Sustainable, Intelligent, Innovative, Internet-of-Things Industry. In: Nayyar, A., Kumar, A. (eds) *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_1.
34. Lertpiromsuk, S., Ueasangkomsate, P., & Sudharatna, Y. (2022). Skills and Human Resource Management for Industry 4.0 of Small and Medium Enterprises. *International Congress on Information and Communication Technology*.
35. Mallinguh, Edmund & Wasike, Christopher & Zoltan, Zeman. (2020). Technology Acquisition and SMEs Performance, the Role of Innovation, Export and the Perception of Owner-Managers. *Journal of Risk and Financial Management*. 258. 10.3390/jrfm13110258.

36. Mohebbi, H., & Zare Mehrjardi, A. (2019). Investigating the Effect of Proactive market Orientation on Creating Market Changes and its Consequences in the tile and ceramic industry. *Commercial Surveys*, 17(98), 98-113.
37. Mohebi, azadeh, & heydari, amir. (2016). information technology roadmapping: an approach for aligning it strategies with business strategies. *Iranian journal of information management*, 1(1-2), 15-37. Sid. <https://sid.ir/paper/262670/en>
38. Namani seyghalan, A., Khamseh, A., & torabi, T. (2020). R&D Strategy Model in Power Plant Equipment's Manufacturing Industries in Order to Achieve Business Objectives. *Strategic Management Researches*, 26(76), 81-102. Nilipour Tabatabai, S. A., Tausi, Sh., Rafieipour Alavi, S D. (2019). Technology Foresight and Technology Forecasting, Differences and Similarities, *8th International Research Conference on Management, Economy and Development*, Page 1-20, Scientific ID ICMET08-028. (In Persian)
39. Nilipour Tabatabai, S. A., Tausi, Sh., Rafieipour Alavi, S D. (2019). Technology Foresight and Technology Forecasting, Differences and Similarities, *8th International Research Conference on Management, Economy and Development*, Page 1-20, Scientific ID ICMET08-028. (In Persian)
40. Okhravi, A.H., Shakiba Menesh, A.R. (2018). Presenting a model for developing a roadmap for the technologies of an advanced system, *Technology Development Management Quarterly*, 7(1), 91-118. (In Persian)
41. Park, H., Phaal, R., Ho, J., & O'Sullivan, E. (2020). Twenty years of technology and strategic roadmapping research: A school of thought perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119965.
42. Peyvasteh Feridooni, M., Sohrabi, T., & Shadnoush, N. (2021). Examining the Impact of Dynamic Capabilities in Technology Assessment on level of Assessed Technology in Small and Medium Enterprises. - Case study-Iranian supply chain in Automotive Industry. *Journal of Business Management*, 13(50), 339-362. (In Persian)
43. Piskarev, A. & Zarikovskaya, N. (2020). Intelligent system of planning support and project management, *Journal of Physics: Conference Series*. doi:10.1088/1742-6596/1488/1/012029, Pages1-8.
44. Pourbahman, F., Askarifar, K., & Ronaghi, M. H. (2021). Identification and prioritizing smart retailing technologies based on technology characteristics and organizational capabilities (A case of Refah chain-stores). *Journal of Technology Development Management*, 9(1), 135-164. doi: 10.22104/jtdm.2021.4581.2681
45. Radfer, R. & Khamsa, A. (2016). *Technology Management*, Scientific and Cultural Publishing Company, Tehran. (In Persian).
46. Ramachandran, Abhinay. (2019). Angel Investors. *Academic Entrepreneurship for Medical and Health Scientists. Academic Entrepreneurship for Medical and Health Sciences Angel Investors*, 1(2), 1-12, <https://doi.org/10.21428/b2e239dc.f7ae1c84>. Available at: <https://repository.upenn.edu/ace/vol1/iss2/5>.
47. Ramona Rupeika-Apoga, Larisa Bule and Kristine Petrovska. (2022) Digital Transformation of Small and Medium Enterprises: Aspects of Public Support, *Risk Financial Manag.* 15, 45. <https://doi.org/10.3390/jrfm15020045> <https://www.mdpi.com/journal/jrfm>.
48. Rezapourniari, M. (2018). The general framework of the technologies of the fourth industry (Industry 4.0) and its appearance in the media (Media4.0), *the 16th national conference of media technology of the Islamic Republic of Iran*, page 1-10. (In Persian).
49. Rezvanitabar, Mahdi, & Eslami, Siamak. (2020). Identification of the Challenges of Technology Development of Network Contexts in University of Tehran Incubators. *ROSHD-E-FANAVARI*, 16(64), 14-25. SID. <https://sid.ir/paper/385833/en>

50. Rogers, D. (2017). Translated by Morshidi, Mustafa. *Digital Transformation Roadmap*, published by Industrial Management Organization, Tehran. (In Persian).
51. Rossella Pozzi, Tommaso Rossi & Raffaele Secchi (2023). *Industry 4.0 technologies: critical success factors for implementation and improvements in manufacturing companies, Production Planning & Control*, 34:2, 139-158, DOI: 10.1080/09537287.2021.1891481
52. Saeedzadeh, F., Farazmand, A. and Panjstoni, A.R. (2015). Smart building and its application in human life. *International research conference in science and technology*. SID. <https://sid.ir/paper/856788/fa>. (In Persian).
53. Salimi Zawiya, S.G. (2019). a review of intelligent production systems and future trends, *Technology Development Quarterly*, 38, p 13-23. (In Persian).
54. Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A., Cevikcan, E. (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0. In: *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation. Springer Series in Advanced Manufacturing*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_1
55. Saniuk, S., Grabowska, S., & Gajdzik, B. (2020). Social Expectations and Market Changes in the Context of Developing the Industry 4.0 Concept. *Sustainability*.
56. Schwab, K., (2017). *The fourth industrial revolution*. Moscow. http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=21240265&lfrom=159481197.
57. Sharifi marjegal, Z., Moradi, M., & Ebrahimpour, M. (2021). Barriers to Innovation and its Prioritization in Entrepreneurial Family Business. *Innovation Management Journal*, 10(3), 59-87.
58. Sharma, A., Pandey, H. (2020). *Big Data and Analytics in Industry 4.0*. In: Nayyar, A., Kumar, A. (eds) *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14544-6_4.
59. Shirazi, H., Hashemzadeh, G., Radfar, R., & Torabi, T. (2019). The effect innovation capability on technology commercialization performance in knowledge based companies: The mediating role organizational innovation. *Innovation Management in Defensive Organizations*, 2(3), 81-106. doi: 10.22034/qjimdo.2019.101025
60. Sireer Afraz, M. & Sabihi, S. (2016). "Explanation of technology foresight in the vision of Iran 1404", *the 4th Iran technology management conference*.
61. Skulmoski, Gregory J., Francis T., Hartman, & Jennifer Krahn. (2007). "The Delphi method for graduate research." *Journal of Information Technology Education: Research* 6 (1), 1-21.
62. Sukhodolov, Yakov A. (2019). *The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry*, Y. A. Sukhodolov (B) Baikal State University. Irkutsk, Russia.
63. Ullrich, Hanns (2020). Technology Protection and Competition Policy for the Information Economy. From Property Rights for Competition to Competition Without Proper Rights? (January 14, 2020). *Max Planck Institute for Innovation & Competition Research*, Paper No. 19-12, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3437177> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3437177>.
64. Vajgel, Bruna & Corrêa, Pedro & Sousa, Thais & Quille, Rosa & Bedoya, John & De Almeida, Gustavo & Filgueiras, Lucia & Demuner, Vanessa & Mollica, Denis. (2021). *Development of Intelligent Robotic Process Automation: A Utility Case Study in Brazil*. IEEE Access. 9. 71222-71235. 10.1109/ACCESS.2021.3075693.
65. Wellstead, Adam & Heikkila, Tanya & Wood, Matt. (2022). *Fourth Industrial Revolution and algorithms: New challenges for policy design*. 10.4337/9781839106606.00020.
66. Yoon, J., Kim, Y. J., Vonortas, N. S., & Han, S. W. (2019). A moderated mediation model of technology roadmapping and innovation: The roles of corporate foresight and organizational support. *Journal of Engineering and Technology Management*, 52, 61-73.

Analysis of Smart and Digital Effective Factors of the Fourth Industrial Revolution with a Strategy Management Approach In Developing a Technology Roadmap for Power Plant Equipment Manufacturing and Energy Supply Industries

Shirin Karbasi

PhD student in Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

GholamReza Hashemzadeh Khorasgan

Associate Professor, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: Gh_hashemzadeh@azad.ac.ir

Abbas Khamseh

Associate Professor, Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Kiamars Fathi Hafshjani

Assistant Professor, Department of Industrial Management, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

The growing development and growth of emerging technologies at the same time as entering the fourth industrial revolution with smart and digital features has caused many changes in the traditional form of businesses and forced organizations to align with these changes in order to continue in the competitive market. The technology roadmap is one of the most effective approaches to align the organization's strategies with planning in the field of technology, from a strategic point of view and its integration with the new technologies of the fourth industrial revolution, the technology roadmap of the fourth industrial revolution leads organizations to new smart and digital technologies in order to achieve the organization's goals. And it leads to increase in productivity in production. In fact, the technology roadmap is a kind of technology foresight and strategic planning tool in line with the structured review of the development of technology and science, which has a high impact on the competitiveness of industries and the creation of wealth and increasing the quality of life. This research aims to analyze the effective smart and digital factors of the fourth industrial revolution with a strategic management approach in developing a technology roadmap for power equipment manufacturing and energy supply industries. This research aims to analyze the effective factors of the fourth industrial revolution on the development of a technology roadmap for power plant equipment manufacturing and energy supply industries. In this regard, first by using the literature and interviews with a number of relevant experts in the power plant equipment manufacturing and energy supply industries, several factors were extracted, and then the factors were finalized using the fuzzy Delphi method and ranked using the TOPSIS technique. The results show that the criterion of intelligent design and production has the highest rank and the component of defining and balancing the research and development portfolio has the first rank, the technology evaluation component has the second rank, and the market changes evaluation component has the third rank.

Keywords: Technology roadmap, fourth industrial revolution technology roadmap, digital transformation, intelligentization, foresight.