

Paper Type: Original Article

Identifying and Prioritizing Critical Factors in Industrial Development 4.0

Mehdi Ajalli*

Department of Management, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran; ajalli@ut.ac.ir.

Citation:



Ajalli, M. (2023). Identifying and prioritizing critical factors in industrial development 4.0. *Modern research in performance evaluation*, 2(2), 146-156.

Received: 28/05/2023

Reviewed: 20/06/2023

Revised: 10/08/2023

Accepted: 12/09/2023

Abstract

Purpose: The main aim of this study is to identify and prioritize critical factors in the development of Industry 4.0 in the steel industry.

Methodology: The identified method is a descriptive survey study in terms of objective and applied nature. The statistical population of this research includes 70 experts in the steel industry with sufficient knowledge in the field of Industry 4.0. Sampling was done from all members of the statistical population.

Findings: The results indicate that 11 factors have been confirmed by experts in terms of effectiveness in the industry. The importance of these factors has been calculated and prioritized accordingly.

Originality/Value: This study will assist managers and experts in the steel industry in creating a roadmap for the appropriate implementation of key factors in Industry 4.0, providing significant help.

Keywords: Critical success factors, Industry 4.0, Fourth industrial revolution, Steel industry, Fuzzy delphi, SWARA.



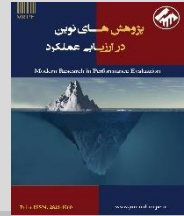
Corresponding Author: ajalli@ut.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mrpe.2023.195890>



Licensee. **Modern Research in Performance Evaluation**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



شناسایی و اولویت‌بندی فاکتورهای بحرانی در توسعه صنعت ۴/۰

مهدی اجلی*

گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

هدف: هدف اصلی این مطالعه شناسایی و اولویت‌بندی فاکتورهای بحرانی در توسعه صنعت ۴/۰ در صنعت روی است.

روش‌شناسی پژوهش: روش پژوهش یک مطالعه توصیفی-پیمایشی از نظر هدف و کاربردی است. جامعه آماری این پژوهش شامل ۷۰ نفر از خبرگان صنعت روی با دانش کافی در زمینه انقلاب صنعتی چهارم است. نمونه‌گیری از تمامی اعضای جامعه آماری صورت گرفته است.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که ۱۱ عامل از نظر اثربخشی در صنعت توسط خبرگان تایید شده‌اند. اهمیت عوامل تعیین شده و وزن آن‌ها محاسبه شده و به ترتیب اهمیت اولویت‌بندی شده‌اند.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این مطالعه به مدیران و متخصصان صنعت روی در ایجاد یک نقشه راه برای پیاده‌سازی مناسب عوامل کلیدی انقلاب صنعتی چهارم کمک شایانی خواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: عوامل کلیدی موفقیت، صنعت ۴/۰، انقلاب صنعتی چهارم، صنعت روی، دلفی فازی، سوارا.

۱- مقدمه

اصطلاح صنعت ۴/۰ برای اولین بار در نمایشگاه هانوفر آلمان در سال ۲۰۱۱ آشکار شد و اکنون به‌عنوان چهارمین انقلاب صنعتی در سطح جهانی شناخته می‌شود. بسیاری از شرکت‌های تولیدی به دلیل چشم انداز پویا در دنیای تجارت برای بقا در تلاش هستند [1]، [2]. کلاوس شواب [3] که به‌عنوان پدر انقلاب صنعتی چهارم شناخته می‌شود، از صنعت ۴/۰ به‌عنوان گسترش انقلاب صنعتی سوم و انقلابی منحصر به فرد یاد می‌کند که جهان قبلاً آن را تجربه نکرده است. شواب [3] پیشنهاد توسعه یک درک فراگیر و جهانی از چگونه تأثیر فناوری بر زندگی و تغییر محیط‌های اقتصادی-اجتماعی-فرهنگی ما را داده است. با این حال، از زمان اعلام انقلاب صنعتی چهارم توسط شواب، دیدگاه‌های زمینه‌های غربی یا کشورهای توسعه‌یافته بر ادبیات درک و شکل‌دهی نحوه به‌کارگیری انقلاب صنعتی چهارم غالب شده است. تجربه و دسترسی کشورهای توسعه یافته به فناوری نسبت به کشورهای در حال توسعه پیشرفته‌تر است، زیرا کشورهای در حال توسعه به‌طور گسترده‌تری با چالش‌های مختلف مرتبط با فقر و نابرابری دست‌وپنجه نرم می‌کنند [4]. استفاده از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم از زمان شروع کووید-۱۹، به‌ویژه در بخش آموزش عالی بسیار پیشرفت کرده است. افزایش تصاعدی موارد مثبت کووید-۱۹ در سطح جهان منجر به تغییر سریع به سمت یادگیری آنلاین شد. این امر از دانشگاه‌ها خواست تا روش‌های تدریس و یادگیری خود را تغییر دهند تا دانشجویان را قادر به مطالعه و دستیابی به نتایج یادگیری از خانه کنند. در آفریقای جنوبی، برخی از دانشگاه‌ها توانستند بهتر از سایرین

* نویسنده مسئول

ajalli@ut.ac.ir

<https://doi.org/10.22105/mrpe.2023.195890>





سازگار شوند [5]. این را می‌توان به میزان سواد دیجیتال در بین کارکنان و دانشجویان نسبت داد، زیرا سواد دیجیتال به‌عنوان یک نیاز اساسی برای دانشجویان برای سازگاری و مشارکت در جامعه دیجیتالی جدید ذکر شده است [6]. با استفاده از فناوری انقلاب صنعتی چهارم، شرکت‌ها می‌توانند نوآوری خود را در سازمان‌دهی، مدیریت و کنترل چرخه زندگی زنجیره ارزش ارتقا دهند. انقلاب صنعتی چهارم، فرصت‌ها و چالش‌های اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی را به ارمغان آورده است و دولت‌ها را ملزم به واکنش مناسب کرده است. صنعت ۴/۰، راحتی را به روی میز می‌آورد و به‌عنوان یک مکانیسم مد روز به‌صورت فناوری هوشمند عمل می‌کند که نه تنها بهره‌وری را دو برابر کرده، بلکه کارایی را نیز افزایش داده است و در عین حال زمان تولید را کوتاه کرده و در نتیجه درآمد سازمان را بهبود می‌بخشد [7]. در صنعت ۴/۰ مشتریان باهوش، کیفیت محصول، چابکی، رقابت‌پذیری عوامل اصلی هستند که نیاز به توجه و ملاحظات دارند. مشتریان باهوش، کیفیت محصول، چابکی و رقابت، عوامل اصلی هستند که نیاز به تمرکز فوری دارند. مرحله پیش‌رونده آماده‌سازی، اجرا و مدیریت کل زنجیره ارزش چرخه عمر محصول است و بر توسعه شخصی بر اساس نیازهای مصرف‌کننده تمرکز دارد. سیستم فیزیکی سایبری^۱، واقعیت افزوده^۲، واقعیت مجازی^۳، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ^۴، رایانش ابری^۵، تولید جمعی/افزودنی^۶، اینترنت اشیا^۷، یادگیری ماشین^۸، امنیت سایبر، شبیه‌سازی، سیستم تعبیه شده و ... ستون فقرات صنعت ۴/۰ هستند. صنعت ۴/۰ با ادغام قوی انسان در فرآیندهای تولید برای اطمینان از بهبود کیفیت و تمرکز بر فعالیت‌های ارزش افزوده و حذف ضایعات مرتبط است. در این زمینه صنایع تولیدی روی کشور دارای چالش‌های زیادی هستند، به‌عنوان مثال، کمبود دانش در مورد صنعت ۴/۰، کمبود زیرساخت، آموزش ناکافی و فقدان مهارت‌ها، نگرانی‌های امنیتی سایبری و مالکیت داده‌ها، فقدان استانداردها و حمایت دولتی و ... تنها بخشی از این مشکلات و چالش‌ها را شامل می‌شوند اجرای موثر صنعت ۴/۰ بستگی به این دارد که چگونه عوامل کلیدی موفقیت برای پیاده‌سازی به‌خوبی مقابله و ارزیابی شوند. این تحقیق تلاشی برای ارزیابی عوامل کلیدی موفقیت صنعت ۴ در صنعت تولیدی روی و اولویت‌بندی این عوامل بر مبنای شاخص‌های عملکردی در این صنعت است. این رتبه‌بندی به دست‌اندرکاران و سیاست‌گذاران صنعت ۴/۰ این امکان را می‌دهد تا یک نقشه راه ساخته و یک برنامه استراتژیک برای اجرای آن طراحی کنند. هدف اصلی صنعت ۴/۰، ترکیب ستون فقرات و فناوری‌های هوشمند مورد اشاره برای ایجاد یک کارخانه هوشمند است که در آن سیستم فیزیکی سایبری در تعامل با انسان‌ها و ماشین‌ها منجر به فرآیندهای تولید پایدار می‌شود. معرفی فناوری صنعت ۴/۰، نحوه کار افراد را تغییر می‌دهد و رقابت شرکت را نیز افزایش می‌دهد. مقاومت در برابر تغییر یکی از چالش‌های کلیدی در پذیرش صنعت ۴/۰ است، به‌طوری‌که رهبری و مدیریت ارشد نقش بسیار مهمی در مقابله با آن ایفا می‌کنند [8].

در حال حاضر با رسیدن به حد اعلای فناوری‌های قبلی، صنعت روی به‌منظور تولید بیشتر و ارتقای کیفی محصولات، در مسیر استفاده از فناوری‌های حاصل از انقلاب صنعتی چهارم قرار گرفته است. آشکار است که این موج عظیم، تمام فرآیندها و زنجیره ارزش روی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. بدون شک این رشد خیره‌کننده فناوری، فرصت‌های فراوانی را برای صنعت روی کشور رقم خواهد زد تا با تاسیس کارخانه‌های هوشمند، دیجیتالی‌شدن این صنعت، رشد بهره‌وری، استفاده از فناوری پرینت سه‌بعدی در تولید شمش روی و تعمیرات و نگهداری با تولید قطعات با استحکام بالا و وزن کمتر در کنار تحلیل‌های پیشرفته و حتی، فرآیند فروش و بازاریابی، تحول اساسی در صنعت و جامعه به‌وجود آورد. استفاده از سیستم یکپارچه مدیریت فرآیندی، انبارداری و سیستم هوشمند ارتباط با مشتری و فراتر از این‌ها استفاده از فناوری رباتیک در تولید، پیش روی صنعت روی است. انقلاب جدید با گسترش فناوری هوش مصنوعی و جاری‌سازی آن در صنعت و استفاده از فناوری‌های هم‌زاد دیجیتال، افزایش استفاده گسترده از اینترنت اشیا، ربات‌های هوشمند با توانایی یادگیری و توسعه کنترل از راه دور توسط مدیران، صنعت روی و سایر صنایع وابسته به آن را دگرگون می‌کند. از این دستاوردها می‌توان در ارتقای عملکرد و ضریب بازدهی تولید در کوره‌های مذاب با کاهش هزینه‌ها استفاده کرد.

هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر، استخراج و ارزیابی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی با رویکرد ترکیبی دلفی فازی و سوارا می‌باشد. روش سوارا یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. عملکرد این روش همانند روش‌های بهترین بدترین، آنتروپی شانون و لینمپ می‌باشد که معیارها را وزن‌دهی می‌کنند. در این روش معیارها بر اساس ارزش رتبه بندی می‌شوند. در این روش به مهم‌ترین معیار رتبه یک و به کم‌اهمیت‌ترین معیار رتبه آخر داده می‌شود. این روش ساده و قابل فهم بوده و جایگزین مناسبی برای تحلیل‌های پیوسته به شمار می‌رود. در مقایسه با روش‌های دیگر مقایسات زوجی کمتری داشته و در نتیجه برای حل مشکلات تصمیم‌گیری قابل استفاده است. در این روش کارشناسان (پاسخ‌دهندگان) نقش مهمی در تعیین وزن معیارها دارند روش

¹ Cyber-Physical System (CPS)

² Augmented reality

³ Virtual reality

⁴ Big data

⁵ Cloud computing

⁶ Additive manufacturing

⁷ Internet of Things (IoTs)

⁸ Machine learning



سوارا در سال ۲۰۱۰ توسط کرسولاین و همکاران [9] به منظور ارایه یک روش وزن‌دهی به معیارها در مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی شده است. روش سوارا روشی می‌باشد که کارشناسان هرکدام نظرات و اطلاعات خاص خود را در تصمیم‌گیری لحاظ می‌کنند [10]. هدف این روش محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها است. حوزه کاربردی این روش شامل انتخاب مواد، انتخاب تامین‌کنندگان در محیط‌های چابک، مسایل کسب‌وکار، انتخاب پرسنل، تقسیم‌بندی بازار و طراحی خط تولید می‌باشد. از این روش در سال‌های مختلف و هم‌چنین در حوزه‌های متفاوتی استفاده شده است. از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که هدف آن محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها است. هدف این روش وزن‌دهی به معیارهای موردنظر می‌باشد. در این روش معیارها بر اساس ارزش رتبه‌بندی می‌شوند. در نهایت معیارها بر اساس مقادیر متوسط اهمیت نسبی اولویت‌بندی می‌شوند. این تکنیک بر مبنای نظرات خبرگان استوار است و یک روش کاملاً قضاوتی است. در این روش کارشناسان (پاسخ‌دهندگان) نقش مهمی در تعیین وزن معیارها دارند [11].

جهت تحقق اهداف پژوهش، سوال اصلی "فاکتورهای بحرانی در توسعه صنعت ۴/۰ در صنعت روی کشور کدامند و اولویت‌بندی این عوامل به چه نحوی است؟" می‌باشد.

۲- مرور ادبیات و پیشینه پژوهش

مدیران و متخصصان دریافته‌اند که چندین محرک موفقیت کلیدی برای معرفی نوآوری‌های صنعت ۴/۰ وجود دارد که باید مورد مطالعه و ارزیابی قرار گیرند تا از مزایای آن بهره‌مند شوند. با مراجعه به ادبیات مشخص می‌شود که پژوهش‌های چندانی در خصوص شناسایی عوامل کلیدی موفقیت صنعت ۴/۰ انجام نشده است و این مساله چالشی بزرگ در صنایع تولید کوچک و متوسط به منظور ارزیابی دقیق وضعیت صنعت از توسعه عوامل پیشرفت‌های این صنعت در تولید هوشمند است.

در مطالعه هریس و همکاران [12] تمایل تولیدکنندگان کوچک و متوسط برای معرفی زیرساخت دیجیتال به عنوان یک عامل موفقیت در یک مصاحبه عمیق با متخصصان صنعت ۴/۰ تایید شده است. مطالعه‌ای که برای ارزیابی بلوغ ۲۰ شرکت تولیدی ایتالیایی با استفاده از روش مطالعه موردی تحلیلی و چندگانه انجام شد، نشان می‌دهد که مدیران این شرکت‌ها بسیار مشتاق شناسایی استراتژی‌های موثر برای اجرای صنعت ۴/۰ هستند. سینگارام و مایر [13] در مطالعه‌ای به بررسی تاثیر انقلاب صنعتی چهارم بر فرهنگ سازمانی با مطالعه تجربی در دانشگاه پرداخته‌اند. این مقاله بیشتر به سوالاتی در مورد چگونگی درک و استفاده از فن‌آوری و اصول انقلاب صنعتی چهارم در چارچوب و چگونگی بررسی میزان انعکاس انقلاب صنعتی چهارم بر روی فرهنگ دانشگاه یا گنجاندن آن در فرهنگ پاسخ می‌دهد. بدین منظور از یک طرح تحقیق کیفی استفاده می‌شود و داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق و نیمه ساختاریافته از هفت نفر از اعضای هیات علمی و مدیریت ارشد انتخاب شده جمع‌آوری می‌شوند. تجزیه و تحلیل موضوعی نشان داد که فرهنگ جاه‌طلبانه و رقابتی دانشگاه به پذیرش مثبت فناوری و اصول انقلاب صنعتی چهارم، حتی قبل از کووید-۱۹ کمک کرده است. علاوه بر این، تاثیر خاص معاون آموزشی دانشگاه برای ایجاد تفکر انقلاب صنعتی چهارم در دانشگاه به شکل‌گیری بیشتر تفکر و فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم، مانند هوش مصنوعی، کمک کرده است، در حالی که هنوز تفاوت‌های موجود کشور آفریقای جنوبی، به عنوان یک کشور در حال توسعه را در نظر می‌گیرد. شهزاد و همکاران [7] در پژوهشی به بررسی توافقات انقلاب صنعتی چهارم در میان شرکت‌های کوچک و متوسط مالزی پرداختند. نتایج مطالعه اهمیت مزیت نسبی سازگاری، فشار رقابتی و پشتیبانی مدیریت ارشد را به عنوان پیش‌بینی‌کننده‌های مهم پذیرش انقلاب صنعتی چهارم تایید کرد. انتظار می‌رود این مطالعه برای تنظیم‌کننده‌ها و اکوسیستم‌های تجاری در درک چالش‌های پیاده‌سازی انقلاب صنعتی چهارم در مالزی و تدوین فرآیندها و برنامه‌های مداخله برای پذیرش موفقیت‌آمیز انقلاب صنعتی چهارم مفید باشد.

عارف و همکاران [14] در پژوهشی به ارایه چارچوبی مناسب جهت ارزیابی آمادگی بنگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی برای پیاده‌سازی مولفه‌های بنیادین انقلاب صنعتی چهارم و توسعه سرمایه‌گذاری پرداختند. در این پژوهش ابتدا در پایگاه‌های معتبر علمی ۴۰ مقاله معتبر در خصوص شاخص‌های ارزیابی میزان آمادگی و بلوغ بنگاه‌ها برای مواجهه و پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ استخراج و مورد بررسی قرار گرفت و از این تعداد ۱۶ مقاله مرتبط انتخاب و پس از بررسی تطبیقی شاخص‌های پیشنهادی برای ارزیابی میزان آمادگی و بلوغ متناسب با بنگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی ایران مستخرج از مطالعات مرتبط و پتل خبرگی ارایه و با استفاده از دیمتل و مدل‌سازی تفسیری-ساختاری، مدل فرآیندی آزمایش و اعتبارسنجی اولیه ساختار و محتوای این شاخص‌ها و قابلیت اجرای آن در محیط‌های عملیاتی واقعی ارایه شد. هیبت الله‌پور و همکاران [15] در پژوهشی به بررسی استراتژی‌های آموزش و یادگیری و نوآوری کارآفرینانه در عصر انقلاب صنعتی چهارم در شرکت‌های صنایع غذایی شهرک‌های صنعتی شهر اهواز پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که میانگین آموزش و یادگیری سازمانی ۸۲/۳ از ۵ و نوآوری



کارآفرینانه ۵۳/۳ از ۵ بوده است. هم‌چنین عوامل علی، شرایط زمینه‌ای، شرایط مداخله‌گر، راهبردهای آموزش و یادگیری و پیامدهای استراتژی‌های آموزش و یادگیری سازمانی در صنایع غذایی شناسایی شدند. منظمی [16] در پژوهشی به بررسی راهکارهای انقلاب صنعتی چهارم و تکنولوژی بلاکچین برای مدیریت موثر کارکنان پرداخته است. هدف این مقاله توسعه چارچوب بلاکچین برای مدیریت عملکرد کارکنان و پیشرفت شغلی آن‌ها در یک سازمان خاص است. طراحی بلاکچین بر بهبود و توسعه کیفیت نیروی کار، به‌ویژه برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات بین کارمندان و مدیران متمرکز خواهد بود. این امر روند شناسایی و تجزیه و تحلیل مهارت‌ها، دانش و نگرش کارکنان را تسهیل می‌کند. علاوه بر این، شفافیت داده‌ها و فرصت‌های دسترسی برای کارکنان و مدیران شرکت بدون سو استفاده وجود خواهد داشت. این امر موجب می‌شود مدیران به راحتی سوابق عملکردی هر کارمند را پیگیری کنند که به نوبه خود می‌تواند برای توسعه شغل کارمندی استفاده شود.

یادگارزاده و زرین [17] در پژوهشی به واکاوی هویت برنامه درسی آموزش عالی در عصر انقلاب صنعتی چهارم پرداختند. بر طبق نتایج حاصل از مصاحبه ۶ مضمون سازمان‌دهنده مرحله اول عبارتند از دگردیسی برنامه‌های درسی همسو با عصر انقلاب صنعتی چهارم، فناوری‌انگي، نوآوری اجتماعی، ضرورت گفتمان برنامه درسی با صنعت ۴/۰، همگرایی رشته‌ها و اتمسفر میان‌رشته‌ای، برنامه درسی سیال و ارگانیک. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی می‌بایست جهت مطابقت با الزامات و فضای عصر انقلاب صنعتی چهارم و همسو با ویژگی‌های مذکور برنامه‌های درسی خود را مورد بازطراحی و بازنمایشی قرار دهند. ارجمندی و همکاران [18] در مطالعه‌ای به بررسی تحلیلی مولفه‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران پرداختند. یافته‌های حاصل از آزمون روش تحلیل سلسله مراتبی در خصوص میزان اهمیت مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو نشان می‌دهد، عوامل قانونی و حمایتی با وزن ۰/۱۹۰، رتبه اول، منابع با ۰/۱۶۹، در رتبه دوم، عوامل سازمانی با ۰/۱۵۷، در رتبه سوم، محیط نهادی با ۰/۱۴۵، در رتبه چهارم، سیاست‌های دولت با ۰/۱۲۰، در رتبه پنجم، بازار با وزن ۰/۱۱۷، در رتبه ششم و در نهایت عوامل فرهنگی با ۰/۱۰۲، در رتبه هفتم قرار دارد. توجه به شاخص‌های اساسی در اهمیت فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو کمک خواهد کرد تا این صنعت بهتر از قبل در جهت اهداف از پیش تعیین شده حرکت نمایند.

با عنایت به پیشینه‌های مطرح‌شده مشخص می‌شود که تحقیقات بسیار کمی با اشاره به طیف وسیع‌تری از عوامل موفقیت کلیدی برای استقرار و توسعه انقلاب صنعتی چهارم مشاهده شده است. در این پژوهش به‌طور کلی از یازده عامل بحرانی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم بهره گرفته می‌شود که در ادامه به توصیف عوامل مذکور اشاره شده است:

۱. پشتیبانی و رهبری مدیریتی: برای همسویی با هدف سازمانی اجرای فناوری جدید، تعهد مدیریت ارشد و نگرش حمایتی نسبت به تدوین استراتژی‌ها و برنامه اقدام ضروری است.
۲. زیرساخت اینترنت: تجهیزات جانبی که به زیرساخت اینترنت کمک می‌کنند، شبکه‌های با تاخیر کم، سرورها، دستگاه‌های ذخیره‌سازی و پردازش داده، انتقال داده‌های مناسب و پروتکل‌های ارتباطی خوب هستند.
۳. پشتیبانی مالی: برای دستیابی به پیشرفت‌های فنی جدید در سازمان، باید حمایت مالی کافی و تخصیص بودجه به خدمات مورد نیاز اتخاذ شود.
۴. امنیت داده: عدم اعتماد به فناوری مدرن، به اشتراک‌گذاری ناامن داده‌ها و رسیدگی به پتانسیل آن و نگرانی در مورد پیامدهای نامطلوب آینده آن.
۵. همکاری و کار تیمی: هماهنگی موثر، تبادل اطلاعات و همکاری بین اعضای زنجیره تامین بسیار حیاتی است.
۶. سازگاری با مهارت‌های نیروی کار موجود: برای کارمندان موجود جهت مدیریت زیرساخت‌های فناوری جدید، سازگاری کافی با مهارت‌های فنی انتظار می‌رود.
۷. رقابت و فشار از طرف شریک تجاری: رقابت و فشار بازار از طرف شرکای تجاری، شرکت‌ها را مجبور می‌کند تا اجرای فناوری خلاقانه را اتخاذ کنند.
۸. سازگاری و در دسترس بودن سخت‌افزار و نرم‌افزار: کیفیت بالا، سازگاری و در دسترس بودن سخت‌افزار و نرم‌افزار نقش مهمی در سازمان در توزیع داده‌ها و اطلاعات ایفا می‌کند.
۹. حمایت‌های دولتی و حقوقی: قوانین قانونی، مقررات و کمک‌های زیرساختی دولت‌ها به مبارزه با چالش‌هایی که شرکت‌ها در مسیر پذیرش صنعت ۴/۰ با آن مواجه هستند، کمک می‌کند.
۱۰. انتظارات مشتری: برای حفظ روابط خوب با مشتری بدون کاهش خدمات و کارایی، شرکت‌ها باید بر روی انتظارات مشتری تمرکز کنند.
۱۱. فناوری موجود مطابق با صنعت ۴/۰: حسگرها و محرک‌ها، دستگاه‌های اینترنت اشیا سهم قابل توجهی در سازگار کردن فناوری موجود با صنعت ۴/۰ خواهند داشت.

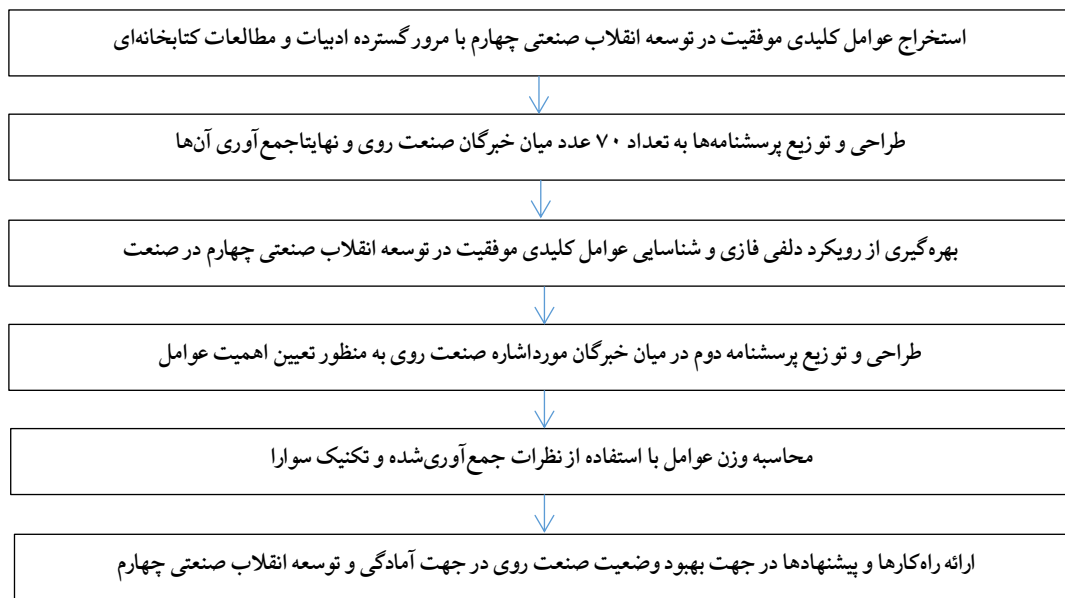


با عنایت به عوامل مورد اشاره، سوالات پژوهش به صورت زیر مطرح می‌شوند:

۱. عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی کشور کدامند؟
۲. اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی کشور به چه نحوی است؟
۳. چه پیشنهادهایی به منظور توسعه موفق انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی کشور می‌توان ارائه داد؟

۳- روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش پیش رو از نظر هدف، کاربردی و از نظر جمع‌آوری داده‌ها، توصیفی-پیمایشی است. گردآوری داده‌ها با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه صورت می‌گیرد. پس از مروری گسترده بر ادبیات موضوع، مهم‌ترین عوامل کلیدی موفقیت در توسعه موثر صنعت ۴/۰ شناسایی و ارائه شد، سپس این عوامل وارد پرسشنامه اول پژوهش (دلفی فازی) شده و در اختیار ۷۰ نفر از خبرگان و مدیران صنعت روی قرار گرفته تا در خصوص تاثیرگذاری این عوامل در پیاده‌سازی و توسعه آن در این صنعت نظرات خود را ارائه دهند. خروجی رویکرد دلفی، استخراج عوامل کلیدی نهایی موفقیت در توسعه این صنعت در صنعت مورد مطالعه است. سپس در مرحله‌ی بعد با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه سوارا و بهره‌گیری مجدد از نظرات خبرگان، اهمیت (وزن) عوامل مشخص و مهم‌ترین عامل‌ها از نظر تاثیرگذاری در توسعه صنعت ۴/۰ استخراج می‌شوند. این خبرگان شامل ۷۰ نفر از مدیران و متخصصان صاحب دانش در خصوص صنعت ۴/۰ در صنعت روی کشور می‌باشند که با توجه به دسترسی محدود به این خبرگان، از تمامی خبرگان جامعه آماری در دسترس (به تعداد ۷۰ نفر) بهره گرفته شد. در شکل ۲، مراحل اجرایی پژوهش ارائه شده است.



شکل ۲- مراحل اجرایی پژوهش.

Figure 2- Implementation steps of the research.

۴- یافته‌های پژوهش

همان‌گونه که گفته شد، در این پژوهش، پس از شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم از طریق مرور جامع ادبیات، پرسشنامه‌های طراحی‌شده در اختیار ۷۰ نفر از خبرگان و مدیران صنعت روی قرار گرفت تا نظرات خود را در خصوص اثربخش بودن این عوامل ارائه نمایند. سپس پرسشنامه دیگری طراحی و در اختیار خبرگان صنعت قرار می‌گیرد تا نظرات خود را در مورد اهمیت عوامل بیان نمایند. اطلاعات خبرگان صنعت مذکور در جدول ۱ ارائه شده است.

Table 1- Information of experts.

دسته	طبقه‌بندی	تعداد
سن	کمتر از ۳۵ سال	6
	بین ۳۵ تا ۴۵ سال	24
	بین ۴۵ تا ۵۵ سال	31
	بالاتر از ۵۵ سال	9
سابقه کار	مدیران	49
	کارشناسان	21
سطح تحصیلات	دیپلم	--
	کارشناسی	11
	کارشناسی ارشد	48
	دکتری	11
سابقه شغلی	کمتر از ۱۰ سال	15
	بین ۱۰ تا ۲۰ سال	23
	بین ۲۰ تا ۲۵ سال	27
	بالاتر از ۲۵ سال	5
جنسیت	مرد	62
	زن	8

۴-۱- شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی با دلفی فازی

همان‌طور که ملاحظه شد، عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم از طریق مرور ادبیات، در یازده مورد اولیه استخراج شدند؛ در این بخش با استفاده از نظرات خبرگان و گام‌های اجرایی رویکرد دلفی فازی، عوامل مذکور در صنعت روی مورد بررسی نهایی قرار می‌گیرند. به عبارتی برای بومی‌سازی و غربالگری عوامل استخراج‌شده از ادبیات پژوهش، از تکنیک دلفی فازی استفاده شد. این روش ترکیبی از روش دلفی و تئوری مجموعه‌های فازی می‌باشد که به‌وسیله ایشیکاوا و همکاران [19] ارائه گردید. گام‌های روش دلفی فازی به شرح زیر می‌باشد [20]:

گام ۱- استخراج کلیه عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم با مرور جامع ادبیات.

گام ۲- جمع‌آوری نظرات متخصصان تصمیم‌گیرنده: در این گام بعد از شناسایی عوامل، تیم تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان مرتبط با موضوع پژوهش تشکیل شده و پرسشنامه‌ای به‌منظور تعیین مرتبط بودن عوامل شناسایی‌شده با موضوع اصلی پژوهش برای آن‌ها ارسال می‌گردد که در آن از متغیرهای زبانی جدول ۲ برای بیان اهمیت هر شاخص استفاده می‌گردد. انواع مختلفی از اعداد فازی مثل اعداد فازی مثلثی، دوزنقه‌ای و نمایی وجود دارند. در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی که به‌دفعات به دلیل سادگی در فهم آن مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است، بهره‌گیری شده است.

جدول ۲- عبارات‌های کلامی جهت تایید شاخص‌ها [21].

Table 2- Verbal phrases to verify the indicators [21].

متغیر زبانی	عدد فازی
خیلی کم	(0,0,0.25)
کم	(0,0.25,0.5)
متوسط	(0.25,0.5,0.75)
زیاد	(0.5,0.75,1)
خیلی زیاد	(0.75,1,1)

گام ۳- تایید عوامل پراهمیت: این کار از طریق مقایسه مقدار ارزش اکتسابی هر معیار با مقدار آستانه \bar{G} صورت می‌پذیرد. مقدار آستانه از چند طریق قابل تعیین است، ولی استفاده از مقدار میانگین ارزش معیارها به‌عنوان مقدار آستانه یکی از بهترین روش‌ها می‌باشد [20]. ابتدا نظر کارشناسان در مورد معیار مربوطه در سه سطح بدینانه (L)، محتمل (m) و خوش‌بینانه (u) پرسیده می‌شود.





$$A_i = (a_L^{(i)}, a_m^{(i)}, a_u^{(i)}), \quad (1)$$

که در آن $a_L^{(i)}$ بیانگر مقدار بدینانه، $a_m^{(i)}$ نظر محتمل و $a_u^{(i)}$ بیانگر نظر خوش بینانه هر خبره در مورد هر معیار می باشد.

در گام بعدی میانگین هندسی نظرات خبرگان در خصوص هر معیار از طریق رابطه زیر محاسبه می شود [20]:

$$u_i = \max(a_u^{(i)}), \quad m_i = \left(\prod_{i=1}^n a_m^{(i)}\right)^{\frac{1}{n}}, \quad l_i = \min(a_L^{(i)}), \quad a_i = (l_i * m_i * u_i).$$

همان طور که ملاحظه می شود، l_i بدترین نظر در بین نظرات خبرگان مربوط به یک معیار می باشد، m_i میانگین هندسی نظرات خبرگان در مورد یک معیار بوده و u_i خوش بینانه ترین نظر در بین نظرات تمامی خبرگان در خصوص یک معیار می باشد. در گام آخر، با استفاده از دیفازی کردن نظرات خبرگان در خصوص هر معیار با استفاده از رابطه زیر، به تصمیم گیری در خصوص معیارها پرداخته می شود:

$$a_i = \frac{l_i + 2m_i + u_i}{4}. \quad (2)$$

بعد از محاسبه مقادیر فوق اگر مقدار دیفازی شده هر معیار بیشتر از میانگین مقادیر دیفازی شده باشد، معیار مورد نظر تایید و به مرحله اصلی تصمیم گیری وارد می شود؛ ولی اگر مقدار دیفازی شده کمتر باشد، معیار مورد نظر رد می گردد. به منظور تایید معیارها، ۱۱ معیار که از مرور ادبیات به دست آمد (مدل مفهومی در شکل ۱)، در سوالات پرسشنامه مخصوص روش دلفی فازای قرار گرفتند و از تیم ۷۰ نفره خبرگان خواسته شد که به سوالات پاسخ دهند. در نهایت پس از تجزیه و تحلیل داده های پرسشنامه روش دلفی فازای، در مجموع ۱۱ شاخص نهایی به شرح جدول ۳ تایید و انتخاب شدند.

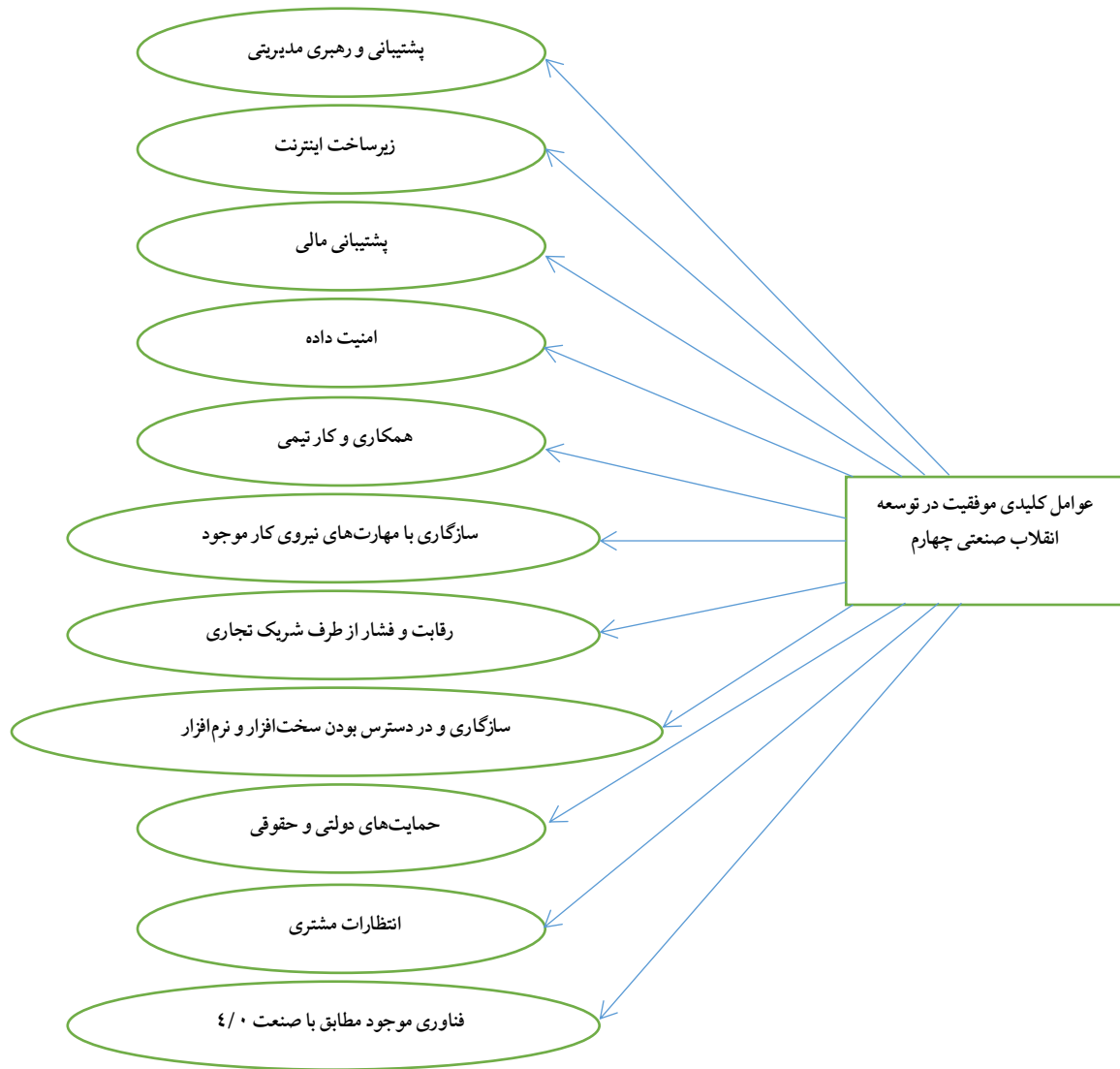
جدول ۳- نتایج تکنیک دلفی فازای.

Table 3- The results of fuzzy Delphi technique.

شاخص	میانگین دیفازی شده	وضعیت تایید یا رد
پشتیبانی و رهبری مدیریتی	0.713	✓
زیرساخت اینترنت	0.693	✓
پشتیبانی مالی	0.702	✓
امنیت داده	0.654	✓
همکاری و کار تیمی	0.648	✓
سازگاری با مهارت های نیروی کار موجود	0.682	✓
رقابت و فشار از طرف شریک تجاری	0.706	✓
سازگاری و در دسترس بودن سخت افزار و نرم افزار	0.675	✓
حمایت های دولتی و حقوقی	0.681	✓
انتظارات مشتری	0.697	✓
فناوری موجود مطابق با صنعت ۴/۰	0.701	✓

مقدار آستانه: ۰/۶۴۱

بدین ترتیب خبرگان صنعت مورد مطالعه با اثربخشی تمامی عوامل کلیدی موفقیت پیشنهادی در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی موثرند. در شکل ۱، مدل مفهومی نهایی در این پژوهش ارائه شده است.



شکل ۱- مدل مفهومی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم.

Figure 1- Conceptual model of key success factors in the development of the fourth industrial revolution.

۴-۲- محاسبه وزن (اولویت) عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی با سوارا

به منظور پاسخگویی به سوال دوم پژوهش که اهمیت یا وزن عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی چگونه است، از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه سوارا استفاده شد که در ادامه رویه گام‌به‌گام و اجرایی این تکنیک جهت محاسبه وزن عوامل و اولویت‌بندی آن‌ها تشریح می‌شود.

همان‌گونه که گفته شد، روش سوارا از جمله روش‌های ذهنی برای تعیین وزن شاخص‌ها با استفاده از نظر خبرگان است که پس از رتبه‌بندی شاخص‌ها، وزن آن‌ها را محاسبه می‌کند. وزن هر معیار نشان‌دهنده اهمیت آن می‌باشد [22]. گام‌های اجرایی روش سوارا به ترتیب زیر می‌باشند [23]:

گام ۱- درصد نظرات هر شاخص با تقسیم تعداد نظرات آن شاخص بر تعداد خبرگان محاسبه می‌شود. درصد نظرات در واقع همان فراوانی نسبی هر یک از شاخص‌هاست. شاخص‌ها را بر حسب درصد نظرات، به صورت نزولی رتبه‌بندی کنید.

گام ۲- جدول جدیدی تشکیل دهید که در آن شاخص‌ها به ترتیب اولویت برداشته می‌شوند؛ یعنی شاخصی که حائز رتبه ۱ است در ستون اول، شاخصی که حائز رتبه ۲ است در ستون دوم و الی آخر. در گام‌های بعدی، منظور از شاخص اول، شاخصی است که رتبه اول را کسب و در این جدول در ستون اول نوشته شده است. هم‌چنین برای شاخص دوم و ...



گام ۳- اختلاف نسبی نظرات هر شاخص نسبت به شاخص بعدی (s_j) را محاسبه کنید که برابر است با اختلاف درصد نظرات هر شاخص نسبت به شاخص قبلی آن. این مقدار برای شاخص اول محاسبه نمی‌شود؛ بنابراین، اهمیت نسبی شاخص اول نسبت به شاخص دوم، در ستون مربوط به شاخص دوم نوشته می‌شود.

گام ۴- پارامتر رشد (k_j) بدین طریق محاسبه می‌شود که برای شاخص با رتبه اول (مهم‌ترین شاخص) برابر با ۱ و برای شاخص‌های دیگر، مجموع عدد ۱ و اهمیت نسبی s_j مربوط به آن شاخص است.

$$k_j = 1 + s_j, \quad j \neq 1.$$

گام ۵- اهمیت بازیابی شده (q_j) شاخص اول را برابر ۱ قرار دهید که برای شاخص‌های بعدی برابر است با حاصل تقسیم q_j شاخص قبلی بر k_j آن شاخص.

$$q_j = \frac{q_{j-1}}{k_j}, \quad j \neq 1.$$

گام ۶- با تقسیم q_j هر شاخص بر مجموع مقادیر q_j ، وزن هر شاخص به دست می‌آید.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j}.$$

در این پژوهش یازده عامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی، استخراج شد که در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی.

Table 4- Key success factors in the development of the fourth industrial revolution in the zinc industry.

عامل	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
توصیف عامل	تخصیص عامل	پشتیبانی و رهبری مدیریتی	زیرساخت اینترنت	پشتیبانی مالی	امنیت داده	همکاری و کار تیمی	سازگاری با مهارت‌های نیروی کار موجود	رقابت و فشار از طرف شریک تجاری	سازگاری و در دسترس بودن سخت‌افزار	حمایت‌های دولتی و حقوقی	انتظارات مشتری	فناوری موجود مطابق با صنعت ۴/۰

در ادامه با استفاده از تکنیک سوارا به ارزیابی این عوامل پرداخته شد. بدین منظور برای ارزیابی عوامل از نظرات ۷۰ خبره صنعت (جدول ۴) در این حوزه بهره گرفته شد.

گام ۱- با تقسیم کردن تعداد نظرات هر شاخص بر تعداد خبرگان (۷۰)، درصد نظرات هر شاخص به صورت جدول ۵ حاصل شد.

جدول ۵- درصد نظرات و رتبه هر شاخص.

Table 5- Percentage of opinions and rank of each index.

عامل	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
توصیف عامل	تعداد نظرات	51	18	38	22	26	33	16	46	31	29	42
	درصد نظرات	0.729	0.257	0.543	0.314	0.371	0.471	0.229	0.657	0.443	0.414	0.600
	رتبه	1	10	4	9	8	5	11	2	6	7	3

در جدول ۶، خروجی اجرای گام ۲ تا گام ۶ آورده شده است.

Table 6- The output of steps 2 to 6.

رتبه	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
معیار	C1	C8	C11	C3	C6	C9	C10	C5	C4	C2	C7
درصد نظرات	0.729	0.657	0.600	0.543	0.471	0.443	0.414	0.371	0.314	0.257	0.229
Sj	...	0.0714	0.0571	0.0571	0.0714	0.0286	0.0286	0.0429	0.0571	0.0571	0.0286
Kj	1.000	1.0714	1.0571	1.0571	1.0714	1.0286	1.0286	1.0429	1.0571	1.0571	1.0286
qj	1.000	0.9333	0.8829	0.8352	0.7795	0.7578	0.7368	0.7065	0.6683	0.6322	0.6146
Wj	0.1170	0.1092	0.1033	0.0977	0.0912	0.0887	0.0862	0.0827	0.0782	0.0740	0.0719

همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه می‌شود، عامل کلیدی اول یعنی "پشتیبانی و رهبری مدیریتی" با بیشترین وزن به‌عنوان مهم‌ترین و عامل کلیدی هفتم یعنی "رقابت و فشار از طرف شریک تجاری" با کمترین وزن به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی شناسایی شد.

۵- نتیجه‌گیری

فن‌آوری‌های صنعت ۴/۰ به‌عنوان "سیستم‌های فن‌آوری" در حال تکامل درک می‌شوند که نوآوری‌ها را در زمینه‌های انتقال داده‌های دیجیتال، دستگاه‌های متصل هوشمند، محاسبات، فن‌آوری‌های ارتباطات و اتصال ترکیب می‌کنند و دامنه آن فراتر از بخش تولید بوده و شامل طیف گسترده‌ای از حوزه‌های مختلف فناوری مانند کشاورزی، بهداشت، خانه، زیرساخت و خدمات می‌شود. صنعت ۴/۰ به دلیل مزایایی که دارد، از جمله کاهش هزینه، افزایش کیفیت، عملکرد بالاتر، بهره‌وری بالاتر و بازده بالای سرمایه‌گذاری در بخش تولید مشهور شده است. این امر سیاست‌گذاران و کارشناسان را ترغیب کرد تا از صنعت ۴/۰ در عملیات روزانه خود استفاده کنند. در این پژوهش با درک اهمیت این موضوع به شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی پرداخته شده است. بدین منظور پس از مرور جامع ادبیات و به‌کارگیری تکنیک دلفی فازی، عوامل کلیدی موفقیت در توسعه انقلاب صنعتی چهارم در صنعت روی به‌عنوان یکی از صنایع ملی و کلیدی کشور شناسایی شده است. سپس با استفاده از تکنیک سورا، عوامل شناسایی شده مورد ارزیابی قرار گرفته و اولویت‌بندی عوامل از نظر اهمیت تعیین شد. در پژوهش‌های آتی با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان پس از شناسایی شاخص‌های عملکردی به ارزیابی عملکرد صنایع زیرمجموعه روی کشور بر مبنای عوامل کلیدی موفقیت پرداخت.

منابع

- [1] Kagermann, A. R. (2013). *Industrie 4.0 in a global context*. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2016/11/acatech_eng_STUDIE_Industrie40_global_Web.pdf
- [2] Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2020). The demands of industry 4.0 on project teams. *IEEE transactions on engineering management*, 67(3), 941–949. DOI:10.1109/TEM.2019.2899350
- [3] Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Currency.
- [4] Mayer, C. H., & Oosthuizen, R. M. (2021). Anxiety and excitement in the fourth industrial revolution: a systems-psychodynamic perspective. *SA journal of industrial psychology*, 47, 1–13. DOI:10.4102/sajip.v47i0.1813
- [5] Mhlanga, D., & Moloi, T. (2020). COVID-19 and the digital transformation of education: what are we learning on 4ir in South Africa? *Education sciences*, 10(7), 1–11. DOI:10.3390/educsci10070180
- [6] Rusdah, U., & Sutarsih, C. (2021). Learning management in the pandemic time COVID-19. *4th international conference on research of educational administration and management (ICREAM 2020)* (pp. 247-250). Atlantis Press. DOI: 10.2991/assehr.k.210212.054
- [7] Shahzad, A., bin Zakaria, M. S. A., Kotzab, H., Makki, M. A. M., Hussain, A., & Fischer, J. (2023). Adoption of fourth industrial revolution 4.0 among Malaysian small and medium enterprises (SMEs). *Humanities and social sciences communications*, 10(1), 1–14. DOI:10.1057/s41599-023-02076-0
- [8] Gadekar, R., Sarkar, B., & Gadekar, A. (2024). Model development for assessing inhibitors impacting Industry 4.0 implementation in Indian manufacturing industries: an integrated ISM-Fuzzy MICMAC approach. *International journal of system assurance engineering and management*, 15(2), 646–671. DOI:10.1007/s13198-022-01691-5
- [9] Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of business economics and management*, 11(2), 243–258. DOI:10.3846/jbem.2010.12
- [10] Ajali, M., Zanti, B., & Saberifard, N. (2022). Ranking of lean suppliers of the automotive industry with the additive ratio evaluation technique. *Andisheh amad scientific journal*, 21(81), 71-94. (In Persian). <https://www.sid.ir/paper/1036824/fa>
- [11] Jalilian, S., Sobhanardakani, S., Cheraghi, M., Monavari, S. M., & Lorestani, B. (2021). Landfill site selection for municipal solid waste with combining SWARA technique and COPRAS method using GIS (case study: Kermanshah, Iran). *Journal of environmental health engineering*, 9(1), 41-58. (In Persian). DOI:10.52547/jeh.9.1.41





- [12] Harris, G., Yarbrough, A., Abernathy, D., & Peters, C. (2019). Manufacturing readiness for digital manufacturing. *Manufacturing letters*, 22, 16–18. DOI:10.1016/j.mfglet.2019.10.002
- [13] Singaram, S., & Mayer, C. H. (2022). The influence of the fourth industrial revolution on organisational culture: an empirical investigation. *Frontiers in psychology*, 13, 919157. DOI:10.3389/fpsyg.2022.919157
- [14] Aref, M., Jafarnejad, A., & Bakhtiari, A. K. (2019). Development of a suitable readiness assessment framework for firms and industrial parks for the adoption of the fundamental components of the fourth industrial revolution (i4.0) and investment development. *Journal of investment knowledge*, 8(31), 23-48. (In Persian). <https://www.magiran.com/paper/2036964>
- [15] Haibatallahpour, Z., Mehralizadeh, Y., Barkat, G., & Nasiri, M. (2020). Developing a model of organizational teaching and learning strategies and entrepreneurial innovation in the era of the fourth industrial revolution in Food companies in Ahvaz industrial zone. *Management on training organizations*, 9(1), 221-257. (In Persian). <http://journalieaa.ir/article-1-147-fa.html>
- [16] Mpnazzami, H. (2021). The solutions of the fourth industrial revolution and blockchain technology for the effective management of employees. *BRANDAFARIN journal of management*, 2(20), 1-8. (In Persian). <https://ensani.ir/fa/article/download/485664>
- [17] Yadgarzadeh, G., & Zarin, A. (2022). Analyzing the identity of the curriculum of higher education in the era of the fourth industrial revolution. *Curriculum development*, 1(2), 57-84. (In Persian). https://dc.journals.umz.ac.ir/article_4282.html
- [18] Arjmandi, R., Fathi, M. R., Manteghi, M., & Shahbazi, M. (2023). Investigating the components of the fourth industrial revolution in Iran's automobile industry. *Quarterly journal of industrial technology development*, 21(53), 63-72. (In Persian). https://jtd.iranjournals.ir/article_701955.html?lang=en
- [19] Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., & Mieno, H. (1993). The max-min delphi method and fuzzy delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy sets and systems*, 55(3), 241–253.
- [20] Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C. M. T., & Campos, L. M. S. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy delphi method and AHP. *Resources, conservation and recycling*, 108, 182–197. DOI:10.1016/j.resconrec.2015.05.021
- [21] Wang, Y. M., Chin, K. S., Poon, G. K. K., & Yang, J. B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert systems with applications*, 36(2), 1195–1207.
- [22] Ajalli, M., Saberifard, N., & Zinati, B. (2021). Evaluation and ranking the resilient suppliers with the combination of decision making techniques. *Management and production engineering review*, 12(3), 129-140. (In Persian). DOI:10.24425/mper.2021.137685
- [23] Asgharizadeh, E. (2021). *Multi-indicator decision making techniques*. Tehran University Press. (In Persian). <https://www.gisoom.com/book/11401453/>