

طراحی مدل استقرار و پیاده‌سازی کیفیت ۴.۰ با رویکرد تلفیقی مدل‌سازی ساختاری تفسیری و مدل‌سازی معادلات ساختاری

حمیدرضا طلایی

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه اراک، اراک، ایران. H-talaie@araku.ac.ir

مهران ضیاییان

دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی گرایش تولید و عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
m.ziaieian@stu.yazd.ac.ir

پوریا مالکی‌نژاد

دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی گرایش تولید و عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
Pooria.malekinejad@stu.yazd.ac.ir

چکیده: هدف از انجام پژوهش حاضر طراحی ساختاری است تا بتوان با استفاده از آن محرک‌های استقرار مناسب کیفیت ۴.۰ را در صنایع فولاد کشور بررسی نمود. به منظور انجام پژوهش حاضر در ابتدا ده محرک با استفاده از ادبیات پژوهش شناسایی گردید. سپس با استفاده از تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری، به ساختار بندی این محرک‌ها با استفاده از نظرات ۱۳ خبره اقدام شد. در ادامه به منظور برازش ساختار بدست آمده، از مدل‌سازی معادلات ساختاری ابزارهای مرتبط با آن شامل برازش مدل اندازه‌گیری، ساختاری و برازش کلی مدل استفاده گردید. بدین منظور پرسشنامه‌ای حاوی ۳۳ سؤال با طیف پنج‌گانه لیکرت طراحی گردید و به منظور تکمیل آن از ۲۱۴ تن از مدیران و کارکنان صنایع فولاد کشور، نظرخواهی گردید. یافته‌های حاصل از ساختار برازش شده در پژوهش نشان از ارائه ساختاری ۸ سطحی دارد که در آن محرک رهبری به عنوان محرک آغازین شناسایی شده است. همچنین یافته‌های پژوهش از اثرپذیری بالای محرک‌های پاداش و کنترل کلان داده‌ها در استقرار مناسب کیفیت ۴.۰ دارد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به عنوان چراغ راهی در استقرار کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مدیریت کیفیت، کیفیت ۴.۰، انقلاب صنعتی نسل چهارم، صنعت ۴.۰

تولید ایفا می‌کند. در زمینه مدیریت کیفیت در طی سالیان اخیر، مدل‌ها و مباحث مختلفی از جمله کنترل و تضمین کیفیت [۴]، مدیریت کیفیت جامع [۵]، شش سیگما [۶] و ... مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. علی‌رغم مزایای روش‌ها و ابزارهای سنتی مدیریت کیفیت از جمله تشخیص خطاها، کاهش ضایعات، بهبود تصمیم‌گیری و ...، روش‌های سنتی معایب و نقص‌هایی از جمله زمان تأخیر در اقدامات اصلاحی کیفیت به همراه داشته که منجر به تأخیر تحویل محصول به مشتریان

۱. مقدمه

مباحث مرتبط با مدیریت کیفیت از دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی آغاز شده و امروزه به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است [۱]. مدیریت کیفیت به دلیل تضمین قابلیت اطمینان محصولات و خدمات ارائه شده [۲] و انطباق دادن محصولات و خدمات با الزامات و انتظارات ذینفعان [۳]، نقشی اساسی در فرآیندهای

Corresponding author: H-talaie@araku.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

دوره ۱۲/ شماره ۱

صفحات ۵۱-۶۸

می‌شود [۷]. از طرفی دیگر تولید و سفارشی‌سازی انبوه پیچیدگی‌های جدیدی را در فرآیندهای تولید به ارمغان آورده که سازمان‌ها و شرکت‌های مختلف نیازمند به کارگیری رویکردهایی نوین در مدیریت کیفیت هستند [۸]. با رشد و توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات و ظهور صنعت ۴.۰ که موجب ادغام دنیای فیزیکی و مجازی شده [۹]، زمینه استفاده مناسب از مدیریت کیفیت در فرآیندهای فناورانه و شکل‌گیری رویکردهای جدید مدیریت کیفیت فراهم شده است [۱۰]. صنعت ۴.۰ منابع و قابلیت‌های جدیدی ایجاد می‌کند که از مزیت‌های رقابتی بهره برده و چارچوبی برای سازمان‌ها و کسب‌وکارهای مدرن برای بهبود کارایی، کیفیت و فناوری اطلاعات ارائه می‌دهد [۱۱]. کیفیت ۴.۰ مدیریت کیفیت در عصر صنعت ۴.۰ است [۱۲]. انقلاب کیفیت، فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، محاسبات ابری، واقعیت افزوده و مجازی، اینترنت اشیا و ... را برای ارتباطات بهتر و حفظ کیفیت سیستم تولید را شامل شده [۱۳] که به کارایی سازمانی و خلاقیت برای دستیابی به کیفیت مطلوب محصولات و خدمات منجر می‌شود [۱۴]. همچنین کیفیت ۴.۰ می‌تواند جایگزین رویکردهای سنتی کیفیت و بهترین مکانیسم برای بهبود فرآیندهای فعلی در نظر گرفته شود [۱۵]. تولیدکنندگان می‌توانند با استفاده از سیستم کیفیت ۴.۰ علاوه بر کاهش زمان تحویل کالا به مشتری، کالاهای با کیفیت مناسب و مطلوبی را به مشتریان ارائه دهند [۱۶]. کیفیت ۴.۰ حجم داده‌ها، مشتریان، دستگاه‌ها و برنامه‌های تدوین شده مرتبط با کیفیت را پشتیبانی کرده [۱۷] و می‌تواند منجر به ساده‌سازی و هماهنگی میان فرآیندها، شفافیت اطلاعات مرتبط با مواد اولیه و فرآیندهای تولید، شناسایی و ردیابی عوامل اثرگذار بر کیفیت محصولات و خدمات ارائه شده و ... شود [۱۸]. از سوی دیگر صنعت فولاد امروزه به عنوان یکی از صنایع پایه و استراتژیک در جهان به شمار می‌رود تا آنجا که سرانه مصرف فولاد در کشورها به عنوان معیاری برای توسعه‌یافتگی به کاربرده می‌شود؛ بنابراین میزان مصرف و تولید این محصول ارتباط تنگاتنگی با میزان توسعه‌یافتگی کشورها دارد. در کشور ما نیز صنعت فولاد عمری بیش از ۴ دهه داشته اما نتوانسته از جایگاه شایسته‌ای در جهان برخوردار باشد [۱۹]. این موضوع اهمیت پرداختن صنایع فولاد کشور به مبحث کیفیت را بیش از پیش نمایان می‌سازد. اما استقرار کیفیت در صنایع فولادی با چالش‌هایی مواجه بوده است [۲۰]. استفاده از ابزارهای خاص

استقرار مانند معادلات ساختاری می‌تواند با دستیابی بهتر به مفاهیم اولیه و نحوه ارتباط میان عوامل سعی نماید تا مدلی ارائه نماید که در آن توجه کافی به همه ابعاد صورت پذیرفته باشد و مدل ارائه شده از طرق مختلف مورد آزمون قرار گیرد [۲۱]. این ویژگی منحصربه‌فرد معادلات ساختاری در زمینه استقرار مفاهیم مختلف در صنعت فولاد توسط محققین مختلف از جمله شاکر اردکانی و همکاران (۱۳۹۵)، مروتی شریف-آبادی و همکاران (۱۳۹۸) و شفیعی و میرابی (۱۳۹۸) و ... قبلاً مورد آزمون قرار گرفته است [۲۲-۲۴]. با توجه به ظهور صنعت ۴.۰ و حرکت صنایع فولادی کشور به سمت و سوی آن و لزوم انطباق مدیریت کیفیت با انقلاب صنعتی چهارم به منظور رشد و توسعه کیفیت محصولات تولید شده و از سویی دیگر با توجه وجود مطالعات محدود داخلی و خارجی در زمینه کیفیت ۴.۰، هدف از انجام این پژوهش ارائه مدلی در جهت استقرار کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور است. لذا با توجه به موارد بررسی شده در پیشینه پژوهش، یکی از بهترین ابزارها به منظور بررسی مدل استقرار، ابزار معادلات ساختاری است.

۲. پیشینه پژوهش

مدل‌های کسب و کار و سیستم‌های مدیریتی با توجه به توسعه و پیشرفت فناوری اطلاعات در دهه آینده به طور چشمگیری تغییر خواهند کرد [۲۵]. مدیریت کیفیت نیز همزمان با گسترش و توسعه فناوری اطلاعات و ظهور صنعت ۴.۰، تغییر و به سمت کیفیت ۴.۰ حرکت کرده است [۲۶]. با توجه به جدید بودن مفهوم کیفیت ۴.۰ و ارائه تعاریفی از کیفیت ۴.۰ توسط محققین مختلف، در حال حاضر هیچ تعریف واحد و شناخته شده‌ای از آن وجود ندارد [۲۷]. به عنوان مثال، کارشناسان از بدنه متخصصان کیفیت شناخته شده بریتانیا، کیفیت ۴.۰ را به عنوان استفاده از فناوری و افراد برای بهبود کیفیت محصولات و خدمات ارائه شده در شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف تعریف کرده‌اند [۲۸]. مؤسسه جوران^۱ کیفیت ۴.۰ را به عنوان همسویی عملکرد مدیریت کیفیت با قابلیت‌های در حال ظهور صنعت ۴.۰ برای کمک به سوق دادن سازمان‌ها به سمت تعالی عملیاتی، تعریف کرده است [۲۵]. زنشین و کنت^۲ (۲۰۲۰) کیفیت ۴.۰ را به عنوان ترکیب و ادغام فناوری‌های جدید با روش‌های کیفیت سنتی منظور بهبود

² Zonnenshain & Kenett

¹ Juran's institute

با مرور ادبیات و پیشینه مرتبط با کیفیت ۴.۰ عوامل مؤثر بر استقرار کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور به صورت جدول ۱ نشان داده شده است.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد زیرا در این پژوهش، توسعه دانش کاربردی و کاربرد عملی آن در صنایع فولاد کشور مد نظر است. همچنین این پژوهش از جنبه نوع و گردآوری داده‌ها توصیفی بوده که به صورت پیمایشی انجام شده است. در این پژوهش در ابتدا با استفاده از مطالعه ادبیات و پیشینه پژوهش محرک‌های اثرگذار بر استقرار مناسب کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور شناسایی گردید. در ادامه با استفاده از تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری^۲ اقدام به طراحی مدل ارتباطی میان عوامل شناسایی شده گردید. بدین منظور پرسشنامه مقایسه زوجی میان ابعاد شناسایی شده در اختیار خبرگان قرار گرفت. تعداد خبرگان در پرسشنامه مقایسات زوجی تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری بین ۸ تا ۱۵ خبره کفایت می‌کند [۴۵]. بر همین اساس در این بخش از پژوهش به منظور پرسشنامه از نظر ۱۳ تن از خبرگان آشنا به موضوع پژوهش که در این زمینه کار پژوهشی داشته و دارای حداقل ۵ سال سابقه کاری مرتبط بوده‌اند، خواسته شد تا به سؤالات پرسشنامه پاسخ دهد. ابزار استفاده شده در این مرحله، پرسشنامه‌ای متشکل از ۱۰ عامل شناسایی شده نهایی است که به صورت مقایسات زوجی، از خبرگان خواسته شده است تا با مقایسه دوجه دو عوامل، رابطه آن‌ها (عدم وجود رابطه، وجود رابطه یک‌طرفه، وجود رابطه متقابل) را مشخص کنند. مراحل انجام تکنیک ISM به صورت زیر شرح داده شده است [۴۶].

نوآوری و عملکرد تعریف کرده‌اند [۲۹]. کوپر و همکاران^۱ (۲۰۱۹) استدلال کردند که کیفیت ۴.۰ فراتر از فناوری بوده و یک روش جدید برای مدیریت کیفیت است که در آن ابزارهای دیجیتالی توانایی سازمان را برای ارائه مداوم محصولات با عملکرد بالا به مشتریان افزایش می‌دهند. آن‌ها همچنین تاکید کردند که تولید، طراحی و توسعه می‌تواند به دلیل اجرای کیفیت ۴.۰ سود بسیار زیادی داشته باشد [۳۰]. در پژوهشی چارچوب حرکت به سمت کیفیت چهار در شرکت‌های تولیدی در کشور تانزانیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشتر صنایع تولیدی در تانزانیا از کیفیت ۳.۰ یا رویکرد پایین‌تری برای مدیریت کیفیت استفاده می‌کنند. با این حال، صنایع تولیدی تانزانیا آماده پذیرش کیفیت ۴.۰ هستند، زیرا متخصصان از مفاهیم آگاه بوده و می‌توانند مزایایی مانند رضایت مشتری، بهبود محصول، روند و بهبود مستمر، کاهش ضایعات و پشتیبانی تصمیم را هنگام استفاده از رویکرد کیفیت ۴.۰ ببینند. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که چالش‌هایی همچون نیاز به اینترنت پرسرعت، ناکافی بودن زیرساخت‌ها برای پشتیبانی از پذیرش، نیروی کار ماهر آشنا با فناوری‌های کیفیت ۴.۰ و منابع مالی مورد نیاز از موانع به کارگیری کیفیت ۴.۰ در شرکت‌های تولیدی تانزانیا به شمار می‌روند [۳۱]. در پژوهشی ۱۲ عامل اثرگذار بر به کارگیری کیفیت ۴.۰ شناسایی گردید. نتایج نشان داد که عواملی همچون فرهنگ سازمانی، رهبری، سازگاری سیستم‌های موجود با سیستم‌های جدید طراحی شده از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر استقرار کیفیت ۴.۰ هستند [۳۲]. در مطالعه‌ای دیگر عوامل مؤثر بر پذیرش کیفیت ۴.۰ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که حمایت مدیریت ارشد، آگاهی از کیفیت ۴.۰، آموزش، فرهنگ سازمانی و رهبری از عوامل مؤثر بر استقرار کیفیت ۴.۰ به شمار می‌روند [۳۳]. در مطالعه‌ای مفهوم‌سازی کیفیت ۴.۰ و عوامل مؤثر بر استقرار آن در صنایع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که فرهنگ سازمانی، مهارت و دانش کارکنان و رهبری از جمله مهم‌ترین عوامل بر استقرار کیفیت ۴.۰ هستند [۳۴].

² Interpretive Structural Modeling (ISM)

¹ Küpper et al.

جدول ۱. عوامل اثرگذار بر کیفیت ۴.۰

منابع	شرح	عوامل اثرگذار بر کیفیت ۴.۰
[۳۴،۳۵]	فرهنگ سازمانی به باورها، اعتقادات و ارزش‌های کارکنان در جهت پذیرش تغییر از حرکت به سمت کیفیت چهارم در صنایع فولاد اشاره دارد.	فرهنگ سازمانی ^۱
[۲۹،۳۶]	رهبری اشاره به مهارت‌های لازم مدیران در جهت ایجاد انگیزه و هدایت فعالی‌ها برای دستیابی به اهداف مرتبط با استقرار کیفیت چهارم اشاره دارد.	رهبری ^۲
[۳۷،۳۸]	آموزش به آموزش کارکنان در جهت استفاده از فناوری‌های مرتبط با کیفیت چهارم از جمله دستکش‌های هوشمند، ربات‌ها، وسایل نقلیه خودران، چاپ سه بعدی و ... اشاره دارد.	آموزش ^۳
[۱۲،۳۹]	کنترل کلان داده‌ها به نظارت، کنترل و آگاهی از حجم کلان داده‌ها مرتبط با مدیریت کیفیت و دستیابی به داده‌های مورد نیاز در زمان مناسب اشاره دارد. کنترل کلان داده‌ها یکی از عوامل مهم در استقرار کیفیت چهارم است.	کنترل کلان داده‌ها ^۴
[۴۰]	چشم‌انداز و استراتژی به تعیین و شناسایی برنامه‌ها، اهداف کوتاه مدت و بلند مدت، استراتژی‌ها و اقدامات لازم به منظور حرکت در جهت استقرار و به کارگیری کیفیت چهارم اشاره دارد.	چشم‌انداز و استراتژی ^۵
[۴۱]	منابع مالی به حمایت مالی و تخصیص بودجه کافی برای به کارگیری فناوری‌های مورد نیاز در استقرار کیفیت چهارم اشاره دارد.	منابع مالی ^۶
[۴۲،۴۳]	همکاری کارکنان به مشارکت و همکاری کارکنان شاغل در صنایع فولاد به منظور به اشتراک‌گذاری اطلاعات، دانش و تجربیات میان یکدیگر در جهت حرکت به سمت و سوی کیفیت چهارم و استقرار آن اشاره دارد.	همکاری کارکنان ^۷
[۴۲]	شایستگی و مهارت کارکنان به توانمندی‌ها و سطح مهارت کارکنان شاغل در صنایع فولاد نسبت به استفاده از ابزارها و فناوری‌ها - های مرتبط با کیفیت چهارم اشاره دارد.	شایستگی و مهارت کارکنان ^۸
[۴۴]	پاداش به استفاده از یک سیستم پاداش مناسب در جهت ایجاد انگیزه برای کارکنان صنایع فولاد به منظور حمایت و همکاری در جهت استقرار کیفیت چهارم اشاره دارد.	پاداش ^۹
[۲۷]	زیرساخت‌های فناوری به استفاده از فناوری‌های مورد نیاز در استقرار کیفیت چهارم همچون اینترنت اشیا، ربات‌ها، چاپ سه بعدی، محیط سایبر فیزیکی و ... اشاره دارد.	زیرساخت‌های فناوری ^{۱۰}

ب) ایجاد ماتریس دستیابی اولیه^{۱۱}: این ماتریس بر مبنای ماتریس خود تعاملی و با استفاده از رابطه‌های زیر تشکیل می‌شود.

اگر خانه ارتباطی میان i و j در ماتریس خود تعاملی نماد V گرفته است، آنگاه خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد 1 می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه j به i عدد صفر می‌گیرد. اگر خانه ارتباطی میان i و j در ماتریس خود تعاملی نماد A گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه j به i عدد 1 می‌گیرد.

الف) تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری^{۱۱}: رابطه میان عوامل اثرگذار بر استقرار کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور از این طریق این ماتریس بدست می‌آید. برای به دست آوردن این ماتریس از روابط زیر استفاده می‌شود.

$V: i$ منجر به j می‌شود

$A: i$ منجر به i می‌شود

X : برای نشان دادن تأثیر دوطرفه بین i و j

O : برای نشان دادن عدم تأثیر بین i و j

¹ Organizational Culture

² leadership

³ Training

⁴ Big data Handling

⁵ Vision and strategy

⁶ Financial Resources

⁷ Employee Cooperation

⁸ Competence and Eskill of Employees

⁹ Reward

¹⁰ Technology infrastructure

¹¹ Structural Self-Interaction Matrix

¹² Initial Reachability Matrix

از طریق طیف لیکرت پنج‌گانه مورد بررسی قرار داده است. ساختار پرسشنامه این پژوهش به صورت جدول ۲ نشان داده شده است.

با توجه به استفاده از رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری، حجم نمونه لازم در این پژوهش از رابطه $n \geq \frac{5q}{\Delta q}$ که در فرمول فوق q تعداد سوالات پرسش‌نامه و n اندازه نمونه می‌باشد، به دست آمده است [۴۷]. با توجه به تعداد ۳۳ سوال طراحی شده، ۲۴۰ پرسشنامه توزیع که از این میان تعداد ۲۱۴ پرسشنامه بازگشت داده شد. با توجه به وجود دو پرسشنامه در این پژوهش، روش نمونه‌گیری در توزیع پرسشنامه مقایسات زوجی، گلوله برفی و روش نمونه‌گیری در بخش مرتبط با توزیع پرسشنامه طراحی شده برای عوامل اثرگذار بر استقرار کیفیت ۴۰٪، روش نمونه‌گیری در دسترس بوده است. در این رویکرد به منظور برازش مدل مفهومی پژوهش، سه سطح مدل اندازه‌گیری که نشان‌دهنده بررسی ارتباط میان سوالات و متغیرهای پژوهش (تعیین روایی و پایایی)، مدل ساختاری که نشان‌دهنده ارتباط میان متغیرها با یکدیگر و برازش کلی مدل که نشان‌دهنده ارزیابی کلی از مدل ارائه شده می‌باشد، مورد ارزیابی قرار گرفته است. به منظور بررسی روایی در این پژوهش از ابزار روایی همگرا^۶ استفاده شده است. روایی همگرا نشان‌دهنده همبستگی سوالات مرتبط با یک متغیر با همان متغیر است که با استفاده از دو معیار ضرایب بار عاملی^۷ و میانگین واریانس به اشتراک^۸ گذاشته مورد سنجش قرار گرفته است. حد قابل قبول برای این دو معیار به ترتیب ۰/۴ و ۰/۵ در نظر گرفته شده است [۴۸]. به منظور سنجش پایایی از معیارهای آلفای کرونباخ^۸ و پایایی ترکیبی^۹ استفاده شده است. آلفای کرونباخ نشانگر میزان همبستگی یک سازه و شاخص‌های مربوط به آن است که حد قابل قبول برای این معیار مقدار ۰/۷ می‌باشد. همچنین معیار پایایی ترکیبی، پایایی سازه‌ها را نه به صورت مطلق بلکه با توجه به همبستگی سازه‌هایشان با یکدیگر محاسبه می‌کند. در صورتی که مقدار پایایی ترکیبی برای هر سازه بالاتر از ۰/۷ باشد نشان از برازش مناسب پایایی مدل دارد [۴۹]. به منظور برازش مدل ساختاری از معیارهای Q^2 و R^2 و F^2 پژوهش اقدام گردیده است. معیار Q^2 که برای سازه‌های درون‌زا استفاده می‌شود، قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. مدل‌هایی که دارای برازش بخش ساختاری

اگر خانه ارتباطی میان i و j در ماتریس خود تعاملی نماد X گرفته است، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد ۱ می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه j به i هم عدد ۱ می‌گیرد.

اگر خانه ارتباطی میان i و j در ماتریس خود تعاملی نماد O گرفته است، خانه مربوط در ماتریس دستیابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن، یعنی خانه j به i هم عدد صفر می‌گیرد.

ج) تشکیل ماتریس دستیابی نهایی^۱: با در نظر گرفتن رابطه تعاملی بین عناصر لازم است، ماتریس دستیابی اولیه سازگار می‌گردد. بدین منظور باید ماتریس اولیه را به توان $k+1$ رساند؛ به طوری که حالت پایدار برقرار شود ($M^k = M^{k+1}$). بدین ترتیب برخی عناصر صفر تبدیل به ۱ خواهد شد که به صورت 1^* نشان داده می‌شود.

د) تعیین سطح شاخص‌ها: پس از تعیین مجموعه قابل دستیابی^۲ و مجموعه مقدم^۳ برای هر عنصر و تعیین مجموعه مشترک، سطح‌بندی متغیرها انجام می‌شود. مجموعه قابل دستیابی برای هر عنصر، مجموعه‌ای است که در آن سطرها ماتریس دستیابی نهایی به صورت یک ظاهر شده باشند و مجموعه مقدم، مجموعه‌ای است که در آن ستون‌ها به صورت یک ظاهر شده باشند. با بدست آوردن اشتراک این دو مجموعه، مجموعه مشترک^۴ به دست می‌آید. عناصری که مجموعه مشترک با مجموعه قابل دستیابی یکسان باشد، سطح اول اولویت را به خود اختصاص می‌دهند. با حذف این عناصر و تکرار این مرحله برای سایر عناصر، سطح کلیه عناصر تعیین می‌شود.

ه) ترسیم مدل ساختاری تفسیری: بر اساس سطوح تعیین شده و ماتریس دستیابی نهایی، مدل مفهومی پژوهش ترسیم می‌شود. باید خاطر نشان کرد از آنجا که در این تحقیق برای پر کردن پرسشنامه‌ها از نظر ۱۳ تن از خبرگان استفاده شده است، برای تشکیل ماتریس خود تعاملی از روش مد بر اساس بیشترین فراوانی در هر درایه استفاده می‌شود

به منظور برازش مدل مفهومی شکل‌گرفته بر اساس تکنیک مدل‌سازی ساختاری تفسیری، از نرم‌افزار Smart PLS3 استفاده گردید. بدین منظور پرسشنامه‌ای دارای ۳۳ سؤال بر اساس پیشینه پژوهش و نظر خبرگان طراحی گردید و در اختیار کارکنان صنایع فولاد کشور قرار گرفت. سوالات طراحی شده مرتبط با هر یک از عوامل اثرگذار شناسایی شده بر کیفیت ۴۰٪ در این پرسشنامه، وضعیت فعلی هر یک از عوامل مورد سوال را

⁶ Outer Loadings

⁷ Average Variance Extracted (AVE)

⁸ Cronbach's Alpha

⁹ Composite Reliability (CR)

¹ Final Reachability Matrix

² Reachability Set

³ Antecedent Set

⁴ Intersection Set

⁵ Convergent validity

جدول ۲. ماتریس خودتعاملی ساختاری

عامل	۱- فرهنگ سازمانی	۲- رهبری	۳- آموزش	۴- کنترل کلان داده‌ها	۵- چشم انداز و استراتژی	۶- منابع مالی	۷- همکاری کارکنان	۸- شایستگی و مهارت	۹- پاداش	۱۰- زیرساخت‌های فناوری
۱- فرهنگ سازمانی		A	V	O	A	O	V	V	O	O
۲- رهبری			V	O	V	V	V	V	V	V
۳- آموزش				V	O	X	V	V	O	V
۴- کنترل کلان داده‌ها					V	A	O	O	A	A
۵- چشم انداز و استراتژی						V	V	O	V	V
۶- منابع مالی							O	V	V	V
۷- همکاری کارکنان								V	O	O
۸- شایستگی و مهارت									O	V
۹- پاداش										O
۱۰- زیرساخت‌های فناوری										

با استفاده از جدول ۲ ماتریس دستیابی اولیه تشکیل داده شد و سپس جدول دستیابی نهایی بر اساس آن به دست آمد. برای تعیین سطح ابعاد مطابق با آنچه در روش تحقیق بیان شد نیاز به شناسایی، مجموعه‌های دست‌یابی، مقدم و مشترک است که در جدول ۳ مشخص گردید.

با توجه به جدول ۳، بر اساس مراحل گفته شده در قسمت روش‌ها، ترسیم مدل ساختاری تفسیری به صورت شکل ۱ صورت پذیرفته است.

مدل بدست آمده در پژوهش که در شکل ۱ به آن پرداخته شد، به منظور برازش آماری در نرم‌افزار Smart PLS3 قرار داده شد تا با استفاده از اطلاعات به دست آمده از ۲۱۴ تن از کارکنان صنایع فولاد کشور، مورد آزمون قرار بگیرد. جدول ۴ مقادیر روایی و پایایی بدست آمده برای هر یک از ابعاد مدل را نشان می‌دهد

جدول ۳. تعیین سطوح عوامل مؤثر بر استقرار کیفیت ۴.۰

عوامل	مجموعه دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه مشترک	سطح
۱- فرهنگ سازمانی	{۱ و ۳ و ۴ و ۶ و ۷ و ۸ و ۱۰}	{۱ و ۲ و ۵}	{۱}	۶
۲- رهبری	{۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰}	{۲}	{۲}	۸
۳- آموزش	{۳ و ۴ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰}	{۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶}	{۳ و ۶}	۵
۴- کنترل کلان داده‌ها	{۴ و ۹}	{۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰}	{۴ و ۹}	۱
۵- چشم انداز و استراتژی	{۱ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰}	{۲ و ۵}	{۵}	۷

قابل قبول هستند، باید قابلیت پیش‌بینی شاخص‌های مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل را داشته باشند. در مورد شدت قدرت پیش‌بینی مدل در مورد سازه‌های درون‌زا سه مقدار 0.02 ، 0.15 و 0.35 تعیین گردیده است. معیار R^2 نیز همانند معیار Q^2 تنها برای سازه‌های درون‌زای (وابسته) مدل محاسبه می‌گردد و در مورد سازه‌های برون‌زا (مستقل) مقدار این معیار صفر است. سه مقدار 0.19 ، 0.33 و 0.67 به عنوان ملاک برای مقادیر ضعیف، متوسط و قوی R^2 معرفی شده است و هر چه مقدار R^2 مربوط به سازه‌های درون‌زای یک مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر مدل است. معیار F^2 شدت تأثیر را مورد سنجش قرار می‌دهد. مقدار این متغیر بین صفر تا یک است. سه مقدار 0.02 ، 0.15 و 0.35 به ترتیب نشان‌دهنده اندازه تأثیر کوچک، متوسط و بزرگ است [۵۰].

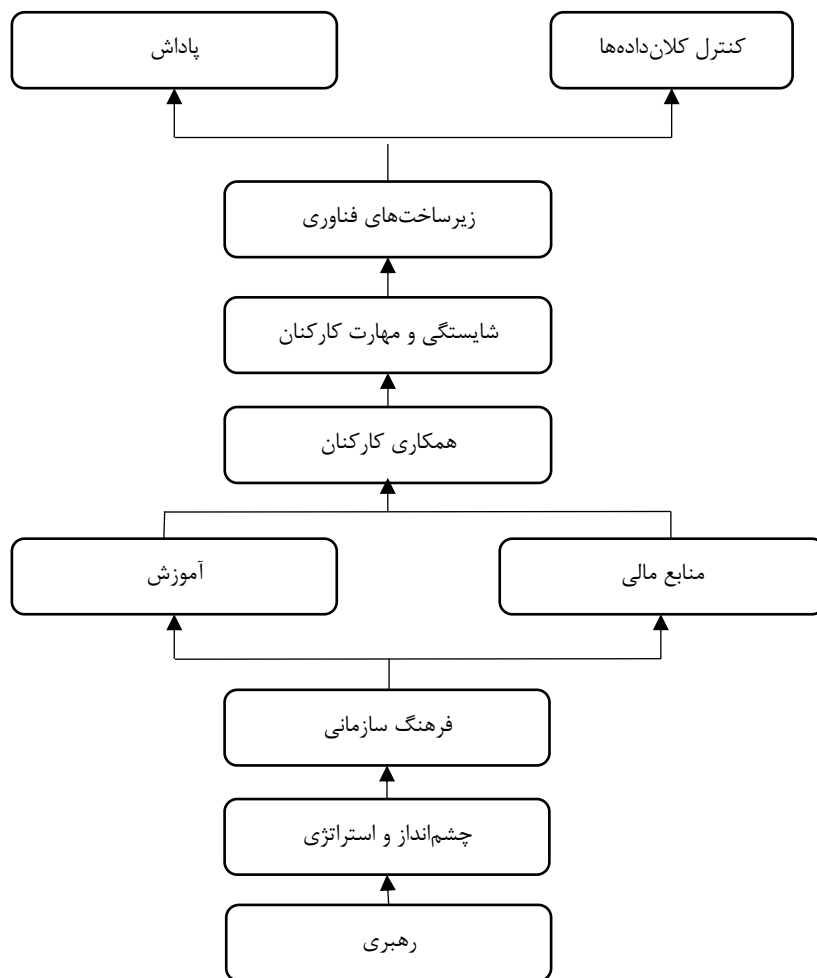
برازش کلی مدل با شاخص SRMR مورد سنجش قرار گرفته است. این شاخص بین صفر تا یک تغییر می‌کند و هر قدر که کوچکتر باشد بیانگر برازش بیشتر کل مدل است. به عبارت دیگر هر قدر که بارهای عاملی و ضرائب رگرسیونی مدل، در سطح بالاتری باشند، این شاخص به صفر نزدیکتر خواهد شد. خط برش این شاخص هشت درصد است. به عبارت دیگر چنانچه SRMR یک مدل ۸ درصد یا کمتر باشد بیانگر برازش کلی بالای مدل است و هر قدر که بیشتر از ۸ درصد باشد بیانگر برازش کمتر مدل است [۵۱].

۴. نتایج

با توجه به عوامل به دست آمده و اثر گذار بر استقرار کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور و همچنین نظرات خبرگان مقایسه زوجی ارتباط بین این عوامل به صورت جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۳. تعیین سطوح عوامل مؤثر بر استقرار کیفیت ۴.۰

سطح	مجموعه مشترک	مجموعه مقدم	مجموعه دستیابی	عوامل
۵	{۳ و ۶}	{۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶}	{۳ و ۴ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ و ۱۰}	۶- منابع مالی
۴	{۷}	{۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ و ۷}	{۷ و ۸}	۷- همکاری کارکنان
۳	{۸}	{۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸}	{۴ و ۸ و ۱۰}	۸- شایستگی و مهارت کارکنان
۱	{۴ و ۹}	{۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۹}	{۴ و ۹}	۹- پاداش
۲	{۱۰}	{۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۶ و ۸ و ۱۰}	{۴ و ۱۰}	۱۰- زیرساخت‌های فناوری



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

است که گواهی بر وجود رابطه‌های معنی‌دار بین ابعاد پژوهش است. در جدول ۶ ضرایب مسیر و آماره تی و همچنین شدت ارتباطات نشان داده شده است.

جدول ۵. معیارهای مرتبط با برازش مدل ساختاری

ردیف	متغیرهای درون‌زا	R ²	Q ²
۱	آموزش	۰/۶۸۳	۰/۴۸۰
۲	زیرساخت‌های فناوری	۰/۷۷۱	۰/۵۳۶
۳	شایستگی و مهارت کارکنان	۰/۷۵۱	۰/۴۹۵
۴	فرهنگ سازمانی	۰/۷۰۱	۰/۴۹۶
۵	منابع مالی	۰/۶۹۷	۰/۴۹۲
۶	همکاری کارکنان	۰/۷۸۲	۰/۵۳۲
۷	پاداش	۰/۷۱۰	۰/۵۰۷
۸	چشم‌انداز و استراتژی	۰/۷۰۳	۰/۴۷۷
۹	کنترل کلان داده‌ها	۰/۷۰۶	۰/۴۹۱

جدول ۶. نتایج حاصل از آماره تی و ضرایب مسیر

فرضیه	رابطه	جهت رابطه	ضریب مسیر	آماره تی	شدت تاثیر	نتیجه آزمون
۱	آموزش بر همکاری کارکنان	مستقیم	۰/۴۷۵	۸/۰۱۷	۰/۳۳۹	تأیید
۲	رهبری بر چشم‌انداز و استراتژی	مستقیم	۰/۸۳۸	۲۹/۸۹	۰/۳۶۳	تأیید
۳	زیرساخت‌های فناوری بر پاداش	مستقیم	۰/۸۴۳	۳۲/۴۶	۰/۴۴۶	تأیید
۴	زیرساخت‌های فناوری بر کنترل کلان داده‌ها	مستقیم	۰/۸۴۰	۲۹/۵۰	۰/۳۹۶	تأیید
۵	شایستگی و مهارت کارکنان بر زیرساخت‌های فناوری	مستقیم	۰/۸۷۸	۳۸/۸۰	۰/۳۶۳	تأیید
۶	فرهنگ سازمانی بر آموزش	مستقیم	۰/۸۲۶	۲۸/۳۵	۰/۱۵۱	تأیید
۷	فرهنگ سازمانی بر منابع مالی	مستقیم	۰/۸۳۵	۳۰/۶۰	۰/۲۹۷	تأیید
۸	منابع مالی بر همکاری کارکنان	مستقیم	۰/۴۵۳	۷/۸۹	۰/۳۰۹	تأیید
۹	همکاری کارکنان بر شایستگی و مهارت کارکنان	مستقیم	۰/۸۶۷	۳۶/۲۰	۰/۳۱۷	تأیید
۱۰	چشم‌انداز و استراتژی بر فرهنگ سازمانی	مستقیم	۰/۸۳۷	۳۰/۷۵	۰/۳۴۷	تأیید

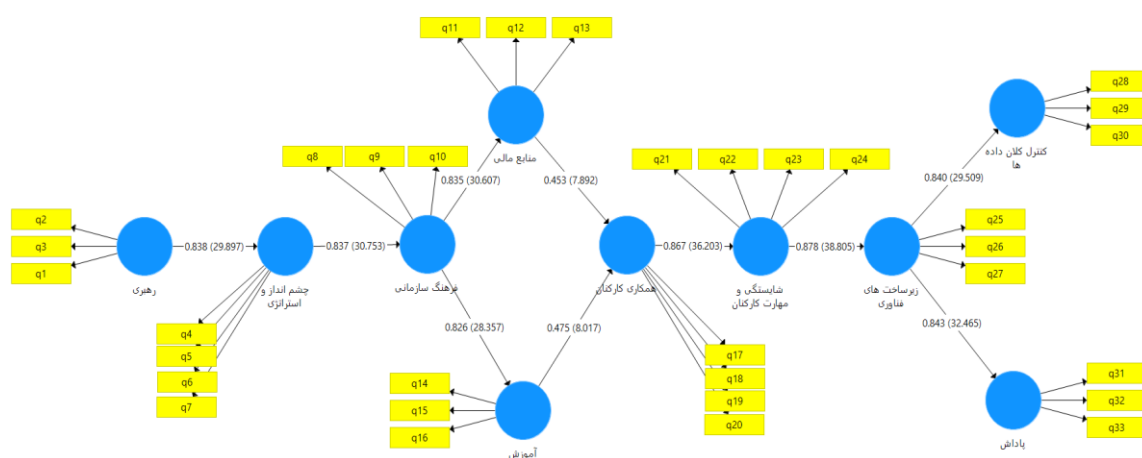
جدول ۴. مقادیر پایایی و روایی

متغیرهای پژوهش	گوئیه‌های مرتبط با هر متغیر	ضرایب بار عاملی	AVE	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی
رهبری	Q1	۰/۸۶۶	۰/۷۳۸	۰/۸۲۳	۰/۸۹۴
	Q2	۰/۸۶۵			
	Q3	۰/۸۴۷			
چشم‌انداز و استراتژی	Q4	۰/۸۳۹	۰/۷۲۱	۰/۸۷۱	۰/۹۱۲
	Q5	۰/۸۶۳			
	Q6	۰/۸۳۶			
	Q7	۰/۸۵۹			
فرهنگ سازمانی	Q8	۰/۸۵۸	۰/۷۴۲	۰/۸۲۶	۰/۸۹۶
	Q9	۰/۸۸۲			
	Q10	۰/۸۴۵			
منابع مالی	Q11	۰/۸۵۹	۰/۷۴۳	۰/۸۲۷	۰/۸۹۶
	Q12	۰/۸۶۱			
	Q13	۰/۸۶۶			
آموزش	Q14	۰/۸۶۰	۰/۷۴۰	۰/۸۲۴	۰/۸۹۵
	Q15	۰/۸۷۵			
	Q16	۰/۸۴۶			
همکاری کارکنان	Q17	۰/۸۵۳	۰/۷۲۳	۰/۸۷۲	۰/۹۱۲
	Q18	۰/۸۴۶			
	Q19	۰/۸۴۸			
	Q20	۰/۸۵۳			
شایستگی و مهارت کارکنان	Q21	۰/۸۳۳	۰/۶۹۸	۰/۸۵۶	۰/۹۰۳
	Q22	۰/۸۴۰			
	Q23	۰/۸۱۹			
	Q24	۰/۸۵۰			
زیرساخت‌های فناوری	Q25	۰/۸۴۹	۰/۷۳۱	۰/۸۱۶	۰/۸۹۱
	Q26	۰/۸۵۷			
	Q27	۰/۸۵۹			
کنترل کلان داده‌ها	Q28	۰/۸۶۳	۰/۷۳۴	۰/۸۱۹	۰/۸۹۲
	Q29	۰/۸۳۵			
	Q30	۰/۸۷۲			
پاداش	Q31	۰/۸۷۹	۰/۷۵۲	۰/۸۳۵	۰/۹۰۱
	Q32	۰/۸۶۵			
	Q33	۰/۸۵۷			

با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول ۴ پایایی و روایی پرسشنامه پژوهش مورد تأیید قرار گرفته است. بر اساس جدول ۵ در این بخش به برازش مدل ساختاری و مقادیر Q² و R² برای متغیرهای وابسته مدل پژوهش و مقادیر برای تمامی متغیرها اقدام گردیده است. با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول ۵ نیز برازش مدل ساختاری مورد تأیید قرار گرفته است. به منظور برازش کلی مدل با توجه به مطالب ذکر شده در روش تحقیق از شاخص SRMR استفاده گردیده که مقدار به دست آمده در این پژوهش برابر با ۰/۰۴۲ است که نشان از برازش مناسب کلی مدل این پژوهش دارد. مقادیر آماره تی برای تمامی مسیرها باید از میزان استاندارد قدرمطلق ۱/۹۶ بالاتر باشد [۵۰]. در این مقادیر آماره تی برای تمامی روابط بالاتر از مقدار ۱/۹۶

داده شده است.

با توجه به مقادیر به دست آمده در جدول ۶ تمامی روابط مورد تأیید قرار گرفته‌اند. در شکل ۲ آماره تی و ضرایب مسیر نشان



شکل ۲. ضرایب مسیر و آماره تی

[۵۲]. تعیین چشم‌انداز و استراتژی‌های مناسب در راستای حرکت صنایع فولاد به سمت کیفیت ۴.۰، باورها، ارزش‌ها و اعتقادات کارکنان صنایع فولاد را از طریق اقدامات لازم صورت گرفته به منظور پذیرش این تغییر در کارکنان تحت تأثیر خود قرار داده و فرهنگ سازمانی را در جهت بکارگیری کیفیت ۴.۰ و حمایت از این ایده، متحول می‌سازد. با تحول فرهنگ سازمانی و عقاید و باورهای کارکنان مدیریت منابع مالی و آموزش کارکنان تسهیل یافته و می‌توان تمایل و سطح همکاری کارکنان در جهت استقرار کیفیت ۴.۰ را ارتقاء بخشید. این یافته پژوهش با یافته‌های حاصل از مطالعه کوهنوا و همکاران^۲ (۲۰۱۹) همسو است [۵۳]. همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که افزایش سطح همکاری میان کارکنان صنایع فولاد بر سطح مهارت و شایستگی آن‌ها اثرگذار است. به عبارت دیگر افزایش سطح همکاری کارکنان از طریق به اشتراک‌گذاری دانش، اطلاعات و تجربیات میان یکدیگر، سطح مهارت و توانمندی آن‌ها را در این زمینه بهبود می‌بخشد. با توجه به جدید بودن مفهوم کیفیت ۴.۰ و عدم شناخت کافی و آشنایی با زیرساخت‌ها و فناوری‌های مورد نیاز و نحوه استفاده از آن‌ها به منظور استقرار کیفیت ۴.۰، افزایش سطح مهارت و شایستگی کارکنان قبل از به کارگیری فناوری‌های کیفیت ۴.۰ از طریق برگزاری کلاس‌های آموزشی و به کارگیری اساتید خبره و توانمند در این زمینه و

۵. بحث و نتیجه‌گیری

کیفیت همواره به عنوان یک مزیت رقابتی برای شرکت‌ها، سازمان‌ها و صنایع مختلف در بازار جهانی محسوب شده است. مدل‌ها و شیوه‌های کیفیت در طول زمان از تحولات و انقلاب‌های صنعتی پیروی می‌کنند. با توجه به حرکت صنایع مختلف به سمت و سوی انقلاب صنعتی چهارم و ظهور کیفیت ۴.۰ به دنبال آن، سازمان‌ها و صنایع مختلف می‌بایست تحول دیجیتال و به کارگیری و استقرار کیفیت ۴.۰ را بخشی جدایی‌ناپذیر از استراتژی شرکت خود قرار دهند [۳۴]. هدف از انجام این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر بر استقرار کیفیت ۴.۰ و بررسی ساختار ارتباطی و نحوه اثرگذاری میان آن‌ها است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رهبری به عنوان یکی از عوامل اساسی در استقرار کیفیت ۴.۰ به شمار می‌رود. به عبارتی دیگر حمایت مدیران از استقرار کیفیت ۴.۰ و ایجاد انگیزه در کارکنان خود و تعیین دقیق وظایف و مسئولیت‌ها به شکلی مطلوب، می‌تواند منجر به تعیین چشم‌انداز و تدوین برنامه‌ها و اهداف کوتاه‌مدت، میان مدت و بلند مدت و استراتژی‌های مناسب از طریق همکاری مدیران و کارکنان با یکدیگر شود. این یافته پژوهش با یافته‌های پژوهش حاصل از مطالعه نایدو و همکاران^۱ (۲۰۱۹) مطابقت دارد

² Kohnová et al.

¹ Naidoo et al.

سرنخ‌هایی به عنوان مسیر سایر پژوهش‌گران مورد استفاده قرار بگیرد. از جمله این موارد می‌توان به طراحی نقشه ارتباطی میان زیر عامل‌های محرک‌ها اشاره نمود تا چرایی حرکت و ارتباط میان محرک‌ها نمایان گردد. همچنین با توجه به نقش رهبری به عنوان یک محرک اصلی در استقرار کیفیت ۴.۰، در پژوهش‌های آتی می‌توان عوامل مؤثر بر رهبری مناسب را شناسایی کرده و یک نقشه ارتباطی مناسب تدوین نمود. همچنین سایر پژوهش‌ها می‌توانند با دخیل کردن عامل زمان در محرک‌های پژوهش در موارد مطالعه خاص، یک مسیر سیستمی پویا را بکار ببرند تا تعامل بیشتر در میان ابعاد مقرر گردد. پژوهش حاضر همانند بسیاری از پژوهش‌ها دارای محدودیت‌هایی در زمینه انجام فرایندهای پژوهش بوده است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم بررسی چرخه‌های مختلف میان محرک‌ها اشاره نمود که این محدودیت به عنوان یک محدودیت ساختاری در تکنیک معادلات ساختاری همواره دیده می‌شود.

افزایش همکاری کارکنان الزامی و ضروری است. این یافته پژوهش با یافته‌های حاصل از مطالعه پرسواد^۱ (۲۰۲۰) مطابقت دارد [۵۴]. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به تأثیر زیرساخت‌های فناوری بر کنترل کلان داده‌ها و پاداش اشاره کرد. به عبارتی دیگر با استفاده از فناوری‌های مناسب و همراستا با کیفیت ۴.۰، می‌توان داده‌ها و اطلاعات مرتبط با تقاضای محصول، فرآیند تولید، نیاز به مواد اولیه، موجودی و ... را بهتر مدیریت کرده و کیفیت محصولات را ارتقاء بخشید. همچنین به کارگیری زیرساخت‌های مورد نیاز به دلیل ایجاد یک مزیت رقابتی در صنایع فولاد کشور نسبت به صنایع مشابه و بهبود عملکرد و افزایش سود می‌تواند منجر به ارائه پاداش مطلوب و مناسب به کارکنان این صنعت گردد. با فراهم شدن زمینه‌های مناسب برای مدیریت کلان داده‌ها و پرداخت پاداش مناسب به کارکنان، امکان استقرار سیستم کیفیت ۴.۰ در صنایع فولاد کشور فراهم می‌گردد. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند به عنوان

۶. منابع

- [1] Augustyn, M. M., Elshaer, I. A., & Akamavi, R. K. (2021). Competing models of quality management and financial performance improvement. *The Service Industries Journal*, 41(11-12), 803-831.
- [2] Yamada, T. T., Poltronieri, C. F., do Nascimento Gambi, L., & Gerolamo, M. C. (2013). Why does the implementation of quality management practices fail? A qualitative study of barriers in Brazilian companies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 81, 366-370.
- [3] Klochkov, Y. S., & Tveryakov, A. M. (2020). Approaches to the improvement of quality management methods. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 11(2), 163-172.
- [4] Serna-Saldivar, S. O., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2022). Quality Control and Assurance in the Snack Food Industry. In *Snack Foods* (pp. 477-518): CRC Press.
- [5] Pambreni, Y., Khatibi, A., Azam, S., & Tham, J. (2019). The influence of total quality management toward organization performance. *Management Science Letters*, 9(9), 1397-1406.
- [6] Marzagão, D. S. L., & Carvalho, M. M. (2016). Critical success factors for Six Sigma projects. *International Journal of Project Management*, 34(8), 1505-1518.
- [7] Aleksandrova, S. V., Vasiliev, V. A., & Alexandrov, M. N. (2019). *Integration of quality management and digital technologies*. Paper presented at the 2019 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Security, Information Technologies"(IT&QM&IS).
- [8] Carvalho, A. V., Enrique, D. V., Chouchene, A., & Charrua-Santos, F. (2021). Quality 4.0: an overview. *Procedia Computer Science*, 181, 341-346.
- [9] Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546.

¹ Persaud

- [10] Shivam, & Gupta, M. (2022). Quality process reengineering in industry 4.0: A BPR perspective. *Quality Engineering*, 1-20.
- [11] Yu, Z., Khan, S. A. R., & Umar, M. (2022). Circular economy practices and industry 4.0 technologies: A strategic move of automobile industry. *Business Strategy and the Environment*, 31(3), 796-809.
- [12] Sony, M., & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*.
- [13] Aini, Q., Riza, B. S., Santoso, N. P. L., Faturahman, A., & Rahardja, U. (2020). Digitalization of Smart Student Assessment Quality in Era 4.0. *Int. J*, 9(1.2).
- [14] Gadre, M., & Deoskar, A. (2020). Industry 4.0—digital transformation, challenges and benefits. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 13(2), 139-149.
- [15] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Significance of Quality 4.0 towards comprehensive enhancement in manufacturing sector. *Sensors International*, 2, 100109.
- [16] Hassoun, A., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., . . . Šimat, V. (2022). Food quality 4.0: From traditional approaches to digitalized automated analysis. *Journal of Food Engineering*, 111216.
- [17] Arm, J., Benesl, T., Marcon, P., Bradac, Z., Schröder, T., Belyaev, A., . . . Zezulka, F. (2021). Automated design and integration of asset administration shells in components of industry 4.0. *Sensors*, 21(6), 2004.
- [18] Shayganmehr, M., Kumar, A., Garza-Reyes, J. A., & Moktadir, M. A. (2021). Industry 4.0 enablers for a cleaner production and circular economy within the context of business ethics: A study in a developing country. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125280.
- [19] Wankmüller, C., & Reiner, G. (2020). Coordination, cooperation and collaboration in relief supply chain management. *Journal of Business Economics*, 90(2), 239-276.
- [20] Mirghfour, S. H., Morvati Sharifabadi A., Asadian Ardakani F. Designing a Model for Risk Assessment in Supply Chain with Artificial Neural Network Approach (Case Study: Iran-Yazd Alloy Steel Company. *Industrial Management Studies*, 2014; 11 (30): 1-21. (In Persian).
- [21] Safari Darbarzi, A., Sadra Abargoui, N., Dashti, H., & Sarchemi, D. (2021). Designing the establishment structure of comprehensive quality management in National Bank branches of Yazd province. *Standard and quality management*. No 1, 110-152. (In Persian).
- [22] Shaker Ardakani, M., Abzari, M., Shaimi, A., & Fathi, S. (2015). Diversity management and productivity of human resources: mediating effects of perceived organizational attractiveness, perceived organizational justice and perceived social identity in Isfahan steel industry. *Iranian Journal of Management Studies*. No 2. 407-432. (In Persian).
- [23] Morovati Sharif Abadi, A., Andalib Ardakani, D., Mirenjad, S. A., & Johari Naimi, F. (2018). Designing the two-column improvement model of the supply chain with the structural equation modeling approach (Study case: Steel industry of Yazd province). *Productivity Management*, No. 48. 7-35. (In Persian).
- [24] Shafiei., & Mirabi. A. (2018). Presentation and validation of strategic marketing model in large companies of steel industry, *Novin Marketing Research Quarterly*. No 2. 77-108. (In Persian).
- [25] Nenadál, J., Vykydal, D., Halfarová, P., & Tylečková, E. (2022). Quality 4.0 Maturity Assessment in Light of the Current Situation in the Czech Republic. *Sustainability*, 14(12), 7519.
- [26] Santos, G., Sá, J. C., Félix, M. J., Barreto, L., Carvalho, F., Doiro, M., . . . Stefanović, M. (2021). New needed quality management skills for quality managers 4.0. *Sustainability*, 13(11), 6149.
- [27] Sader, S., Husti, I., & Daroczi, M. (2022). A review of quality 4.0: Definitions, features, technologies, applications, and

- challenges. *TOTAL Qyality Management & Business excellence*, 33(9-10), 1164-1182.
- [28] Corti, D., Masiero, S., & Gladysz, B. (2021). *Impact of Industry 4.0 on Quality Management: identification of main challenges towards a Quality 4.0 approach*. Paper presented at the 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC).
- [29] Zonnenshain, A., & Kenett, R. S. (2020). Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 32(4), 614-626.
- [30] Küpper, D., Knizek, C., Ryeson, D., & Noecker, J. (2019). Quality 4.0 takes more than technology. *Boston Consulting Group (BCG)*, 1-14.
- [31] Maganga, D. P., & Taifa, I. W. (2022). Quality 4.0 transition framework for Tanzanian manufacturing industries. *The TQM Journal*(ahead-of-print).
- [32] Sureshchandar, G. (2022). Quality 4.0—understanding the criticality of the dimensions using the analytic hierarchy process (AHP) technique. *International journal of Qyality & Reliability Management*.
- [33] Sony, M., Antony, J., Douglas, J. A., & McDermott, O. (2021). Motivations, barriers and readiness factors for Quality 4.0 implementation: an exploratory study. *The TQM Journal*.
- [34] Antony, J., Sony, M., Furterer, S., McDermott, O., & Pepper, M. (2021). Quality 4.0 and its impact on organizational performance: an integrative viewpoint. *The TQM Journal*.
- [35] Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: the EFQM 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability*, 13(6), 3107.
- [36] Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). What is Quality 4.0? An exploratory sequential mixed methods study of Italian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 1-21.
- [37] Dias, A. M., Carvalho, A. M., & Sampaio, P. (2021). Quality 4.0: literature review analysis, definition and impacts of the digital transformation process on quality. . *International journal of Quality & Reliability Management*.
- [38] Yurin, D., Deniskina, A., Boytsov, B., & Karpovich, M. (2021). *Quality 4.0. Time of revolutionary changes in the QMS*. Paper presented at the E3S web of conferences.
- [39] Escobar, C. A., McGovern, M. E., & Morales-Menendez, R. (2021). Quality 4.0: a review of big data challenges in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(8), 2319-2334.
- [40] Van der Poll, J. A. (2022). *Towards a Problematization Framework of 4IR Formalisms: The Case of Quality 4.0*. Paper presented at the International Conference on Intelligent Vision and Computing.
- [41] Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A., & Raut, R. (2020). A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs-A review and empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107853.
- [42] Alzahrani, B., Bahaiham, H., Andejany, M., & Elshennawy, A. (2021). How ready is higher education for quality 4.0 transformation according to the LNS research framework? *SUSTAINABILITY*, 13(9), 5169.
- [43] Emblemsvåg, J. (2020). On Quality 4.0 in project-based industries. *The TQM Journal*, 32(4), 725-739.
- [44] Cao, Z., Zhou, P., Li, R., Huang, S., & Wu, D. (2020). Multiagent deep reinforcement learning for joint multichannel access and task offloading of mobile-edge computing in industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(7), 6201-6213.
- [45] Shoar, S., & Chileshe, N. (2021). Exploring the causes of design changes in building construction projects: an interpretive structural modeling approach. *Sustainability*, 13(17), 9578.
- [46] Wankhede, V. A., & Vinodh, S. (2021). Application of total interpretive structural modeling for analyzing factors of additive manufacturing and industry 4.0 integration. *Rapid Prototyping Journal*, 27(8), 1591-1608.

- [47] Collier, J. E. (2020). *Applied structural equation modeling using AMOS: Basic to advanced techniques*: Routledge.
- [48] Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2021). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook. In: Springer Nature.
- [49] Kineber, A. F., Othman, I., Oke, A. E., Chileshe, N., & Buniya, M. K. (2021). Impact of value management on building projects success: structural equation modeling approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 04021011.
- [50] Lin, X., & Powell, S. R. (2021). Examining the relation between whole numbers and fractions: A meta-analytic structural equation modeling approach. *Contemporary Educational Psychology*, 67, 102017.
- [51] Mai, R., Niemand, T., & Kraus, S. (2021). A tailored-fit model evaluation strategy for better decisions about structural equation models. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121142.
- [52] Naidoo, S., Hewitt, M., & Bussin, M. (2019). A leadership model validation: Dimensions influential to innovation. *SOUTH AFRICAN JOURNAL OF BUSINESS MANAGEMENT*, 50(1), 1-11.
- [53] Kohnová, L., Papula, J., & Salajová, N. (2019). Internal factors supporting business and technological transformation in the context of Industry 4.0. *Verslas: Teorija ir praktika/Business: Theory and Practice*, 20, 137-145.
- [54] Persaud, A. (2020). Key competencies for big data analytics professions: a multimethod study. *Information Technology & People*.

Designing the Establishment and Implementation Model of Quality 4.0 with the Integrated Approach of Interpretive Structural Modeling and Structural Equation Modeling

Hamidreza Talaie¹

Corresponding author: Assistant Professor of department of Management, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.

Email: H-talaie@araku.ac.ir

Mehran Ziaecian

PhD Student of Industrial Management, Faculty of Economics, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Yazd University, Yazd, Iran.

m.ziaecian@stu.yazd.ac.ir

Pooria Malekinejad

PhD Student of Industrial Management, Faculty of Economics, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Yazd University, Yazd, Iran

Pooria.malekinejad@stu.yazd.ac.ir

Abstract: The purpose of the current research is to design a structure so that it can be used to investigate the drivers of the appropriate implementation of quality 4.0 in the country's steel industry. In order to carry out this research, ten stimuli were initially identified using research literature. Then, using the interpretative structural modeling technique, these stimuli were structured using the opinions of 13 experts. Next, in order to fit the obtained structure, structural equation modeling was used using SmartPLS3 software. For this purpose, a questionnaire containing 33 questions was designed and in order to complete it, 214 managers and employees of the country's steel industries were asked for their opinions. The findings of the structure fitted in the research show the presentation of an 8-level structure in which the leadership stimulus is identified as the initial stimulus. Also, the findings of the research on the high effectiveness of reward stimuli and control of big data in proper establishment have quality 4.0.

Keywords: Quality Management, Quality 4.0, Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0

Introduction and research literature

Quality is one of the most important dimensions related to products and processes, which is considered as one of the most important competitive advantages for organizations [1]. With the occurrence of the fourth- industrial revolution, quality management has also caused major changes in its body, for the purpose of which quality 4.0 has been updated in the international literature [2]. The purpose of the current research is to design a structure so that it can be used to investigate the drivers of the appropriate implementation of quality 4.0 in the country's steel industry. By reviewing the literature and the background of the research, ten factors affecting the implementation of quality 4.0 in the country's steel industries were identified and adjusted using the opinion of experts, which are shown in Table 1.

¹ Corresponding author: H-talaie@araku.ac.ir.

Table 1. Factors affecting quality 4.0 in steel industries of the country

Factors affecting quality 4.0 in steel industries of the country	Description	References
Organizational Culture	Organizational culture refers to the beliefs, convictions and values of the employees in order to accept the change from the movement towards the fourth quality in the steel industry.	[3,4]
leadership	Leadership refers to the necessary skills of managers to motivate and direct activities to achieve goals related to the establishment of quality four.	[5,6]
Training	Training refers to the training of employees in order to use technologies related to quality four, including smart gloves, robots, self-driving vehicles, 3D printing, etc.	[7,8]
Big Data Handling	Big Data Handling refers to the monitoring, control and awareness of the volume of big data related to quality management and obtaining the required data at the right time. Big data control is one of the important factors in establishing the fourth quality.	[9,10]
Vision and strategy	Vision and strategy refers to the determination and identification of plans, short-term and long-term goals, strategies and necessary measures in order to move towards the establishment and application of quality four.	[11]
Financial Resources	Financial resources refer to the financial support and the allocation of sufficient funds for the use of the technologies required in the establishment of the fourth quality.	[12]
Employee Cooperation	Employee cooperation refers to the participation and cooperation of employees working in steel industries in order to share information, knowledge and experiences with each other in order to move towards the fourth category and its establishment.	[13,14]
Competence and Skill of Employees	Competency and skill of employees refers to the capabilities and skill level of employees working in steel industries in relation to the use of tools and technologies related to the fourth quality.	[13]
Reward	Reward refers to the use of a suitable reward system in order to create incentives for steel industry employees in order to support and cooperate in the establishment of quality four.	[15]
Technology infrastructure	Technological infrastructure refers to the use of technologies required in the establishment of the fourth quality, such as the Internet of Things, robots, 3D printing, cyber-physical environment, etc.	[16]

Methods

In terms of its purpose, the current research is included in the category of applied research, because in this research, the development of practical knowledge and its practical application in the country's steel industry is considered. In this research, at the beginning, by studying the literature and the background of the research, the factors affecting the proper establishment of quality 4.0 in the country's steel industries were identified. In the following, using the interpretative structural modeling technique, the communication model between the identified factors was designed. For this purpose, a paired comparison questionnaire between the identified dimensions was provided to the experts. The number of experts in filling the questionnaire of

pairwise comparisons of interpretive structural modeling technique is between 8 and 15 experts. Accordingly, in this part of the research,

in order to fill out the questionnaire, 13 experts familiar with the subject of the research, who have done research work in this field and have at least 5 years of related work experience, were asked to answer the questions of the questionnaire. The tool used in this stage is a questionnaire consisting of 10 final identified factors, which experts have been asked to determine their relationship (absence of relationship, presence of one-way relationship, existence of mutual relationship) by comparing the factors two by two. Smart PLS3 software was used to fit the conceptual model formed based on the interpretive structural modeling technique. For this purpose, a questionnaire with 33 questions was designed based on the research background and experts' opinion and was provided to the employees of the country's steel industry. According to the structural equation modeling approach, the required sample size in this research is obtained from the relationship $15q < n < 5q$, where in the above formula, q is the number of questionnaire questions and n is the sample size [17]. According to the number of 33 designed questions, 240 questionnaires were distributed, of which 214 questionnaires were returned. Due to the existence of two questionnaires in this research, the sampling method in the distribution of the questionnaire is pairwise comparisons, snowball and the sampling method in the section related to the distribution of the questionnaire designed for the factors affecting the establishment of quality 4.0, the sampling method is available. Is. In this approach, in order to fit the conceptual model of the research, there are three levels of the measurement model that shows the relationship between the research questions and variables (determining validity and reliability), the structural model that shows the relationship between the variables and each other. The overall fit of the model, which indicates the overall evaluation of the presented model,

Results

According to the interpretive structural modeling approach, the conceptual model of the research is shown in Figure 1.

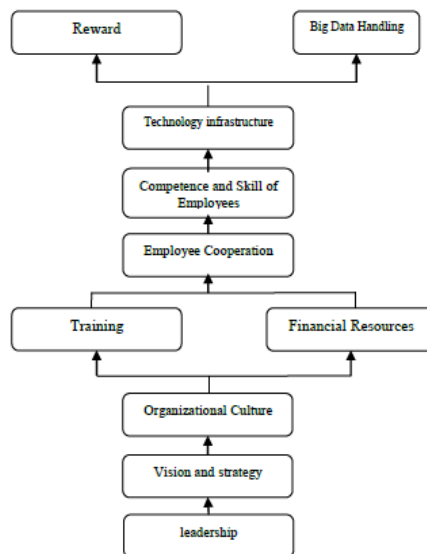


Figure 1. Conceptual model of research

In the following, based on the modeling approach of structural equations and software, the relationships between the effective factors of quality 4.0 are shown in Figure 1.

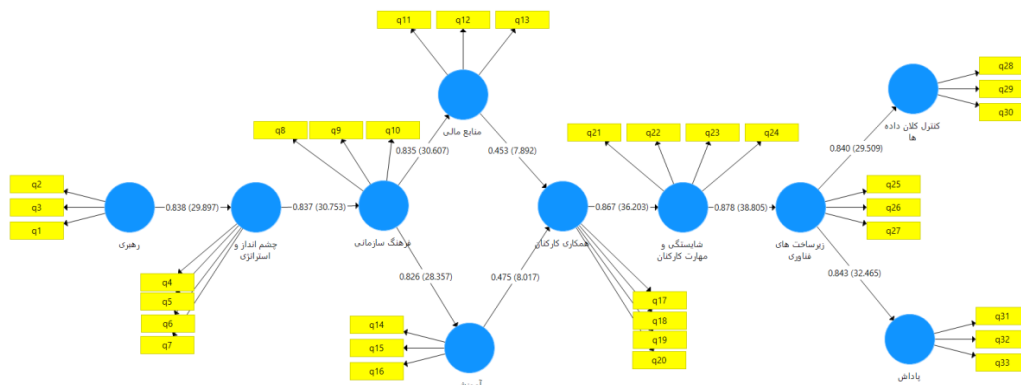


Figure 2. Investigating the relationship between factors affecting quality 4.0

Conclusion

The results of this research showed that leadership is considered as one of the basic and important factors and drivers in the implementation of quality 4.0. In other words, managers' support for the establishment of quality 4.0 and motivating their employees in order to support it and accurately determine the duties and responsibilities in a suitable and desirable way, can lead to determining the vision and formulating plans and goals. short-term, medium-term and long-term and appropriate strategies through the cooperation of managers and employees. This research finding is consistent with the research findings from the study of Naidu et al. (2019). Determining the appropriate vision and strategies in line with the movement of steel industries towards quality 4.0 has influenced the beliefs, values and convictions of the steel industry employees through the necessary measures taken in order to accept this change in the employees. It transforms the organizational culture in the direction of applying quality 4.0 and supporting this idea. With the transformation of the organizational culture and the opinions and beliefs of the employees, the management of financial resources and the training of employees are facilitated, and the willingness and level of cooperation of the employees towards the establishment of quality 4.0 can be improved. This finding of the research is in line with the findings of the study of Kohnova et al. (2019). Also, the results of this research showed that increasing the level of cooperation among steel industry employees has a positive and significant effect on their skill and competence level. In other words, increasing the level of cooperation of employees through sharing knowledge, information and experiences with each other improves their skill level and ability in this field. Considering the novelty of the concept of quality 4.0 and the lack of sufficient knowledge and familiarity with the required infrastructures and technologies and how to use them in order to implementation of quality 4.0, increase the level of skill and competence of employees before using the technologies. Quality 4.0 through holding training classes and employing expert and capable professors in this field, and increasing the cooperation of employees is mandatory and necessary. This research finding is consistent with the findings of Perswad's study (2020).

References

- [1] Augustyn, M. M., Elshaer, I. A., & Akamavi, R. K. (2021). Competing models of quality management and financial performance improvement. *The Service Industries Journal*, 41(11-12), 803-831.
- [2] Sony, M., & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*.
- [3] Antony, J., Sony, M., Furterer, S., McDermott, O., & Pepper, M. (2021). Quality 4.0 and its impact on organizational performance: an integrative viewpoint. *The TQM Journal*.
- [4] Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: the EFQM 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability*, 13(6), 3107.

- [5] Zonnenshain, A., & Kenett, R. S. (2020). Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 32(4), 614-626.
- [6] Chiarini, A., & Kumar, M. (2021). What is Quality 4.0? An exploratory sequential mixed methods study of Italian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 1-21.
- [7] Dias, A. M., Carvalho, A. M., & Sampaio, P. (2021). Quality 4.0: literature review analysis, definition and impacts of the digital transformation process on quality. . *International journal of Quality & Reliability Management*.
- [8] Yurin, D., Deniskina, A., Boytsov, B., & Karpovich, M. (2021). *Quality 4.0. Time of revolutionary changes in the QMS*. Paper presented at the E3S web of conferences.
- [9] Sony, M., & Naik, S. (2019). Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking: An International Journal*.
- [10] Escobar, C. A., McGovern, M. E., & Morales-Menendez, R. (2021). Quality 4.0: a review of big data challenges in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32(8), 2319-2334.
- [11] Van der Poll, J. A. (2022). *Towards a Problematization Framework of 4IR Formalisms: The Case of Quality 4.0*. Paper presented at the International Conference on Intelligent Vision and Computing.
- [12] Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A., & Raut, R. (2020). A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs-A review and empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229, 107853.
- [13] Alzahrani, B., Bahaitham, H., Andejany, M., & Elshennawy, A. (2021). How ready is higher education for quality 4.0 transformation according to the LNS research framework? *SUSTAINABILITY*, 13(9), 5169.
- [14] Emblemsvåg, J. (2020). On Quality 4.0 in project-based industries. *The TQM Journal*, 32(4), 725-739.
- [15] Cao, Z., Zhou, P., Li, R., Huang, S., & Wu, D. (2020). Multiagent deep reinforcement learning for joint multichannel access and task offloading of mobile-edge computing in industry 4.0. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(7), 6201-6213.
- [16] Sader, S., Husti, I., & Daroczi, M. (2022). A review of quality 4.0: Definitions, features, technologies, applications, and challenges. *TOTAL Quality Management & Business excellence*, 33(9-10), 1164-1182.
- [17] Collier, J. E. (2020). *Applied structural equation modeling using AMOS: Basic to advanced techniques*: Routledge.