فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال چهاردهم/ شماره ۵۰ / زمستان ۱۳۹۸

مطالعه تطبیقی شناسایی و اولویت‌بندی ابعاد فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت نسل چهار با استفاده از تکنیک BWM

حسنعلی آقاجانی (نویسنده مسؤول)

استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

Email: Aghajani@umz.ac.ir

فاطمه زهرا رجبی کفشگر

کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصاد و اداری، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۱۵ * تاریخ پذیرش ۹۸/۱۰/۱۱

چکیده

رشد بهره‌وری صنعتی همیشه تحت تأثیر رشد تکنولوژی‌ها بوده است. این ادعا را می‌توان بر اساس انقلاب صنعتی که اولین بار با استفاده از موتور بخار در کارخانه تولید آغاز شد، نشان داد. در حال حاضر، انقلاب صنعتی چهارم حتی قبل از اینکه به‌طور کامل اجرا شود، به تصویر تبدیل شد و بسیاری از متخصصان و سازمان‌ها به‌شدت تلاش می‌کنند تا مفهوم انقلابی را پیاده‌سازی کنند. مفاهیم کارخانه هوشمند، سیستم فیزیکی سایبری و اینترنت اشیا و خدمات، فرصت‌های بسیار توانا و همچنین چالش‌های پیشرو در مدیریت کیفیت در بخش‌های تولید را ارائه می‌دهد. بنابراین، در این مقاله، به بررسی فرصت‌ها و چالش‌ها در زمینه اجرای صنعت ۴ برای مدیریت کیفیت پرداخته‌شده است. بدین منظور، ابتدا شاخص‌های فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه بهترین- بدترین که به‌عنوان یکی از نوین‌ترین روش‌های وزن‌دهی در ادبیات تصمیم‌گیری چندشاخصه مطرح است، این شاخص‌ها با نظرات خبرگان وزن‌دهی شدند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده این بود که شاخص‌های کاهش هزینه‌ها و زمان تولید، افزایش خدمات‌رسانی و رضایت مشتری و افزایش مهارت و شایستگی‌ها به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین فرصت‌ها و شاخص‌های ادغام عمودی، ادغام افقی و تجربه و متخصصان به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین چالش‌ها معرفی شدند. در انتها بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهادها اجرایی و پژوهشی ارائه گردید.

کلمات کلیدی: مدیریت کیفیت، صنعت نسل۴، BWM.

۱-مقدمه

امروزه با توجه به توسعه سریع در حوزه ارتباطات و روند مداوم دیجیتال‌سازی، شرکت‌های تولیدی با چالش‌های مهمی در محیط بازار ازجمله گرایش به کاهش چرخه تولید محصول و تقاضای روزافزون برای سفارشی‌سازی هم‌زمان در رقابت جهانی با رقبا در سراسر جهان مواجه هستند. استفاده کاربردی از پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات راه‌حل مقابله با چالش‌های پیش روی صنایع می‌باشد. پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات موجب شکل‌گیری یک مفهوم تولیدی جدید به نام انقلاب صنعتی نسل ۴[1] (تولید هوشمند) شد (Glass, Meissner, Gebauer, Stürmer, & Metternich, 2018). با ورود صنعت ۴ و کارخانه هوشمند، یک تغییر عمده در دنیای صنعتی اتفاق می‌افتد. چهارمین انقلاب صنعتی نشان‌دهنده یک جهش کیفی جدید در تولید صنعتی با اتصال افراد، ماشین‌آلات و محصولات با تشکیل یک سیستم تولید جدید است که امکان تبادل اطلاعات سریع‌تر و هدفمند را فراهم می‌آورد. این تغییر به سمت یک آینده حرکت می‌کند که مردم با روبات‌ها همکاری می‌کنند و از طریق فن‌آوری وب و سیستم‌های کمک هوشمند در فعالیت‌های کاری خود پشتیبانی می‌کنند (Rauch, Linder, & Dallasega, 2019). به‌عبارت‌دیگر صنعت ۴ به اتخاذ فن‌آوری‌های دیجیتالی و هوشمند برای جمع‌آوری داده‌ها در زمان واقعی و تجزیه‌وتحلیل آن و ارائه این اطلاعات سودمند به سیستم تولید، متکی است (Frank, Dalenogare, & Ayala, 2019). ایجاد ارتباط بین مردم، ماشین‌آلات و محصولات از طریق سیستم‌های سیستم سایبر فیزیکی انجام می‌شود که رایانه‌ای با شبکه و سنسورهای کوچک و محرک‌هایی که به‌عنوان سیستم‌های جاسازی‌شده در مواد، تجهیزات و قطعات ماشین نصب‌شده و از طریق اینترنت متصل شده‌اند، می‌باشند (Rauch et al., 2019). مفهوم سیستم سایبر فیزیکی با ظهور اینترنت اشیا (IoT[2])، خدمات ابری، داده‌های بزرگ و تجزیه‌وتحلیل‌ها در صنعت ۴ توسعه یافت (Frank et al., 2019).

در حال حاضر، اکثر محیط رقابتی ویژگی‌های جهانی‌شدن، انتقال سریع تکنولوژی و رقابت شدید را نشان می‌دهد. تحولات چشمگیری که طی چند دهه اخیر در محیط بیرونی و درونی سازمان‌ها و به موازات آن در دیدگاه‌های مدیریتی به وجود آمده است، ایجاد نظمی متکی بر الگوهای نوین مدیریتی را کاملاً ضروری می‌داند. برای رقابت در بازارهای جهانی، شرکت‌های پیشرفته دنیا در تلاش برای بهبود رقابت‌پذیری با استفاده از دیدگاه‌ها و مفاهیم کیفیت هستند. امروزه کیفیت بالای محصولات تبدیل به یکی از بزرگ‌ترین ابزارهای سازمان‌ها برای جلب رضایت مشتریان و به دنبال آن کسب سود شده است. درنتیجه اوضاع رقابتی حاکم بر بازارهای جهانی، سازمان‌ها را به اتخاذ راهبردهای مناسب ازجمله مدیریت کیفیت سوق داده است (Kumar, Maiti, & Gunasekaran, 2018). مدیریت کیفیت (QM[3]) فرآیندی است که به‌موجب آن عملیات خاصی برای اطمینان از دستیابی به اهداف و بهبود عملکرد شرکت انجام می‌شود (Olszewska, 2017).

رویکرد سنتی نسبت به کیفیت دیگر پاسخگو نیست، لذا به‌منظور اجرای صحیح و مورد انتظار برنامه‌ها لازم است که سیستم‌ها، فرآیندها و واحدهای تولیدی در مواقع لزوم و به‌صورت مناسب مورد ارزیابی قرار گیرند. با ظهور انقلاب صنعتی چهارم، مدیریت کیفیت از طریق استفاده از الکترونیک هوشمند که با اینترنت اشیا به هم مرتبط و بدون در نظر گرفتن مداخله‌ی انسانی، به‌صورت خودکار کنترل می‌شوند پیشرفت داشته است. به‌عبارت‌دیگر رشد کیفیت و بهره‌وری صنعتی همیشه تحت تأثیر رشد تکنولوژی‌ها بوده است و این به نوعی تأثیر مثبتی یا منفی بر مدیریت کیفیت نشان می‌دهد (Zaidin, Diah, Yee, & Sorooshian, 2018). صنعت ۴ منجر به چالش‌ها و فرصت‌های مهمی است. رقابت گسترده می‌تواند رشد اقتصادی و سودآوری را به صنعت افزایش دهد که نه‌تنها بر تکنولوژی‌های جدید تمرکز می‌کند، بلکه مبانی، مأموریت، دیدگاه، سیاست‌ها و به ویژه در صنعت تولید تأثیرگذار است. اگر صنعت ۴ بتواند چالش‌های مدیریت کیفیت را به‌خوبی مدیریت کند، در این صورت فرصتی‌های مدیریت کیفیت در سراسر جهان نیز افزایش خواهد یافت؛ اما مشکلی که در این راه وجود دارد تعدد فرصت‌ها و چالش‌های ذکرشده و

---

1. Industry 4.0
2. Internet of Things
3. Quality management

همچنین محدود بودن منابع سازمان‌ها اعم از منابع مالی، انسانی، زمانی و ... می‌باشد. ازاین‌رو بایستی رویکردی اتخاذ شود تا این فرصت‌ها و چالش‌ها اولویت‌بندی شوند و به ریشه‌ای و اساسی‌ترین آن‌ها پرداخته شود.

با توجه به این مهم که اغلب تصمیم‌گیری‌های مربوط به حوزه‌های اقتصادی، صنعتی، مالی و یا حتی سیاسی مسائلی چندشاخصه می‌باشند، لحاظ نمودن مطلوبیت و ترجیحات تصمیم گیران در حل این قبیل مسائل، بسیار حائز اهمیت است. طبیعی است که حل مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه دارای پیچیدگی است و به‌راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد، به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چندشاخصه توسعه داده شد. مسائل تصمیم‌گیری، در اغلب موارد به‌وسیله تعداد زیادی از گزینه‌ها و نتایج غیرقطعی، شرکت‌کنندگان مختلف با اهداف متضاد و روابط و تعاملات پیچیده تعریف می‌گردند (Zhou, Liu, Chen, & Yang, 2018). درنتیجه پژوهش حاضر به دنبال شناسایی و رتبه‌بندی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ می‌باشد. سوابق تحقیق نشان می‌دهد مطالعه جامعی در این حوزه صورت نگرفته است و رویکرد BWM[4] می‌تواند بر غنای کار ازلحاظ تکنیکی بیفزاید.BWM نیز یکی از جدیدترین روش‌های وزن‌دهی بر مبنی مقایسات زوجی است. ویژگی برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های وزن‌دهی در این است که نیاز به داده‌های مقایسه‌ای کمتری دارد که درنتیجه منجر به مقایسه‌ای استوارتر می‌شود، بدین معنی که جواب‌های قابل‌اطمینان‌تری می‌دهد و نرخ ناسازگاری پایین‌تری را به دنبال دارد (Brunelli & Rezaei, 2019). برای اجرای پژوهش حاضر، پس از مطالعه مرور ادبیات و پیشینه تحقیق، فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ شناسایی شد و با نظرسنجی از خبرگان این حوزه در قالب پرسشنامه، به تأیید رسید. درنهایت با استفاده از روش BWM ، به فرصت‌ها و چالش‌های استخراج‌شده وزنی داده شد و مهم‌ترین آن‌ها شناسایی گردیدند.

صنعت ۴، ابتکار استراتژیک کشور آلمان، با هدف ایجاد کارخانجات هوشمند است که در آن فناوری‌های مختلف در حال ظهور مانند تجزیه‌وتحلیل اطلاعات بزرگ، اینترنت اشیا، تولید افزایشی، واقعیت مجازی، محاسبات ابری، سیستم‌های رباتیک برای دستیابی به سیستم‌های فیزیکی سایبری (CPS[5]) و رابط کاربری انسانی بر اساس مفاهیم دیجیتال عمل می‌کنند (Kamble, Gunasekaran, & Sharma, 2018). برای درک عمیق از "چهارمین انقلاب صنعتی"، شناختن سه انقلاب صنعتی پیشین مهم است. صنعتی شدن با توسعه ماشین بخار در اوایل قرن ۱۸ میلادی آغاز گردید، با گسترش استفاده از الکتریسیته و استفاده از خط تولید انبوه در اوایل قرن ۱۹ آغاز نسل دوم صنعت کلید خورد و در نسل سوم از الکترونیک و فناوری اطلاعات برای اتوماسیون تولید استفاده می‌گردید (Vaidyaa, Ambadb, & Bhoslec, 2018). صنعت ۴ اغلب به‌عنوان چهارمین انقلاب صنعتی نامیده می‌شود که نخستین بار در مقاله‌ای توسط دولت آلمان با موضوع ابتکار عمل در مورد استراتژی فن‌آوری بالا تا سال ۲۰۲۰ در نوامبر ۲۰۱۱ منتشر شد. چهارمین انقلاب صنعتی متشکل از شبکه‌های پیشرفته و کامپیوتری در تمام زمینه‌های تولید، موجب انقلاب دیجیتال در تولیدات صنعتی گردید. هسته صنعت ۴ کارخانه هوشمند است که به معنی شبکه‌های هوشمند بین واحدهای صنعتی، تحرک در فرایندها، انعطاف‌پذیری عملیات صنعتی و قابلیت همکاری آن‌ها، ادغام با مشتریان و تأمین‌کنندگان و پذیرش تجارت نوآورانه می‌باشد. جنبه حیاتی مرتبط با صنعت ۴ شبکه‌های هوشمند مبتنی بر (CPS) است. صنعت ۴ جهان دیجیتال و فیزیکی را با استفاده از CPS ادغام می‌دهد که باعث افزایش بهره‌وری و کارایی در بین سازمان‌ها می‌شود. CPS شامل دستگاه‌های هوشمند، سیستم‌های ذخیره‌سازی و امکانات تولید می‌باشد که می‌توانند اطلاعات را به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به یکدیگر متصل کنند و کنترل کنند(Kamble et al., 2018).

در صنعت نسل ۴ فاز طراحی محصول به مدیریت چرخه عمر محصول از طریق تولید و مراحل لجستیک مرتبط است درنتیجه می‌توان سه سطح اجرای تکنولوژی را از یک منظر تولید شناسایی کنیم (Diez-Olivan, Del Ser, Galar, & Sierra, 2019):

- ادغام عمودی: درزمینه تولید و اتوماسیون می‌باشد. این مفهوم به ادغام سیستم‌های مختلف فناوری اطلاعات و ارتباطات در سلسله‌مراتب متفاوت سطوح اشاره می‌کند. ادغام عمودی فرآیندهای تولید را پشتیبانی و آن‌ها را انعطاف‌پذیرتر می‌کند.

---

4. best worst method
5. cyber physical system

- ادغام افقی: این سطح شامل ادغام تکنولوژی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در مکانیسم‌ها و عوامل درگیر (تمام شرکت‌ها، تأمین‌کننده‌ها و زنجیره مشتریان) در مراحل مختلف فرایندهای تولید و برنامه‌ریزی کسب‌وکار است.
- ادغام دایره‌ای: ادغام عمودی و افقی برای اتصال کاربر نهایی و چرخه عمر محصول پیوند می‌خورند. این ادغام حلقه تولید را به پایان می‌رساند.

برای پشتیبانی شرکت‌ها در پیاده‌سازی صنعت نسل ۴، نیز شش عامل وجود دارد (Gattullo et al., 2019; Manavalan & Jayakrishna, 2018):

- قابلیت همکاری: در صنعت نسل ۴، سیستم‌های سایبر فیزیکی (CPS)، انسان‌ها و کارخانه با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و توسط اینترنت اشیا (IoT) و اینترنت خدمات (IoS[۶]) به هم متصل می‌شوند.
- مجازی‌سازی: یک کپی مجازی از دنیای فیزیکی به‌وسیله اتصال CPS به ماشین‌آلات مجازی و مدل‌های شبیه‌سازی؛ به‌این‌ترتیب CPS می‌تواند فرایندهای فیزیکی را کنترل و به انسان اطلاع دهد؛ بنابراین یک نسخه دیجیتال مستندات فنی مورد نیاز است.
- جهت‌گیری خدمات: ماشین‌آلات آینده مبتنی بر معماری خدماتی هستند. CPS، انسان‌ها، خدمات شرکت‌های دیگر به‌عنوان یک سرویس در دسترس هستند.
- قابلیت زمان حقیقی: داده‌ها در زمان واقعی جمع‌آوری، تجزیه‌وتحلیل می‌شوند، بنابراین وضعیت ماشین‌آلات به‌طور دائم ردیابی و تجزیه‌وتحلیل می‌گردد و به‌محض وقوع شکست‌ها، تغییرات تولید و غیره واکنش نشان می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر، قابلیت سیستم برای برقراری ارتباط اطلاعات هم‌زمان برای ساخت سریع و تصمیمات بهتر.
- ماژولار: سیستم‌های ماژولار می‌توانند به‌طور انعطاف‌پذیری با نیازهای متغیر سازگار شوند.
- غیرمتمرکز سازی: تقاضای رو به افزایش برای محصولات فردی، کنترل سیستم را به‌طور مرکزی به‌طور فزاینده‌ای مشکل می‌کند؛ بنابراین، کامپیوترهای جاسازی‌شده، CPS را قادر می‌سازند تا خودشان تصمیم بگیرند. فقط در مورد وظایف شکست به سطح بالاتر منتقل می‌شود.

در دهه‌های اخیر، اهمیت مدیریت کیفیت (QM) به‌عنوان یک متغیر کلیدی رقابتی به‌طور گسترده‌ای توسط محققان و متخصصان به رسمیت شناخته‌شده است که عموماً موافق هستند که شیوه‌های QM تأثیر مثبتی بر عملکرد شرکت‌ها دارند (Gutierrez-Gutierrez, Barrales-Molina, & Kaynak, 2018).

مدیریت کیفیت با عقاید ادوارد دمینگ، جوزف جوران، فیلیپ کروسبی و کائورو ایشیکاوا ایجاد شد. مدیریت کیفیت، رویکردی است که از یکسری اصول تقویت‌کننده متقابل ساخته‌شده است و به‌وسیله‌ی مجموعه‌ای از فنون و اقدامات پشتیبانی می‌شود. مدیریت کیفیت در مطالعات میدانی به‌عنوان ویژگی سازمان‌هایی که اصولی مثل تمرکز بر مشتری، بهبود مستمر، کار تیمی برای بهبود کیفیت محصولات و خدمات را پیاده می‌کنند، تعریف و اندازه‌گیری شده است (Safari, Shirzad, & others, 2012). اصطلاح "مدیریت کیفیت" به اقدامات مدیریتی مختلف و برنامه‌هایی برای بهبود کیفیت، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری و نیز بهبود عملکرد و رقابت شرکت‌ها اشاره می‌کند. شایع‌ترین مفاهیم شناخته‌شده در ادبیات مدیریت کیفیت شامل رهبری، مدیریت مردم، برنامه‌ریزی، اطلاعات و تجزیه‌وتحلیل، مدیریت فرآیند، مدیریت عرضه‌کننده، تمرکز بر مشتریان / سهامداران و طراحی است که برخی از این اقدامات، صنعت نسل ۴ را تحریک می‌کند (Li, Zhao, Zhang, Chen, & Cao, 2018).

اگرچه مدیریت کیفیت، ابتدا در صنایع تولیدی مطرح شد، در بخش خدمات نیز به‌سرعت پذیرفته شد؛ به‌طوری‌که امروزه خدمات و کیفیت به هم تنیده شده‌اند. برای شناسایی جنبه‌های مختلف مدیریت کیفیت در بخش خدماتی، امروزه در سازمان‌ها حجم گسترده‌ای از داده‌ها درباره‌ی کیفیت گردآوری می‌شود و با تحلیل آن‌ها می‌کوشند عوامل مؤثر بر کیفیت خدمت را شناسایی کنند. به علت حجم وسیع داده‌ها، موفقیت برنامه مدیریت کیفیت، بستگی به استفاده از ابزارهای سازمان در زمینه مدیریت داده‌ها

---

۶. Internet of Objects

دارد. افزون بر استفاده از فناوری اطلاعات در انجام وظایف تکراری و عادی مانند ارتباط بین بخش‌های مختلف سازمان و گردآوری و انتقال داده‌ها، سازمان می‌تواند تلاش خود را بر استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند در تحقق اهداف مهم‌تر در زمینه بهبود کیفیت متمرکز کند. در نگرش مدیریت کیفیت، فناوری اطلاعات می‌تواند در قالب برنامه‌های بهبود مستمر از راه افزایش کیفیت کالاها و خدمات و کاهش هزینه، انتظارات مشتریان را برآورده کند (Safari et al., 2012)؛ اما نکته قابل‌توجه اینجاست که حتی شرکت‌هایی با سطوح کیفیت عالی در محیط کسب‌وکار فعلی با سطوح بالایی از پویایی و پیچیدگی نمی‌توانند مطمئن باشند که آن‌ها موضع خود را حفظ خواهند کرد (Gutierrez-Gutierrez et al., 2018). درنتیجه چالش و فرصت‌هایی وجود دارد که صنایع در سازگاری با صنعت ۴ مواجه خواهند شد و به‌طورکلی بر مدیریت کیفیت آن صنایع تأثیر خواهد گذاشت. جدول شماره ۱ فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۱): فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴

کد	فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴	تعریف	منابع
C۱	بهبود فضای کسب‌وکار نوآورانه	نوآوری ازجمله الزامات صنعت ۴ می‌باشد و مدیریت کیفیت نه‌تنها یک بنیاد مهم برای بهبود نوآوری است بلکه یک کاتالیزور برای روند نوآوری است. درواقع، می‌تواند محیطی را ایجاد کند که نوآوری را تشویق کند.	(Arnold, Kiel, & Voigt, 2017; Escrig-Tena, Segarra-Ciprés, Garc\'\ia-Juan, & Beltrán-Mart\'\in, 2018; Faheem et al., 2018; Frank et al., 2019; Gunasekaran, Subramanian, & Ngai, 2019; Hamdoun, Jabbour, & Othman, 2018; Kagermann, Helbig, Hellinger, & Wahlster, 2013; Kiel, Müller, Arnold, & Voigt, 2017; Zeng, Zhang, Matsui, & Zhao, 2017)
C۲	بهبود استانداردهای کیفیت	با ورود تکنولوژی‌های جدید به شرکت، ابتدا آن‌ها باید فرایند خود را تغییر و ارتقا دهند	(Faheem et al., 2018; Gunasekaran et al., 2019; Kannan, Tan, Handheld, & Ghosh, 1999; Kiel et al., 2017)
C۳	ایجاد بستر مناسب جهت بهبود و بازرسی و تعمیرات و نگهداری مستمر	بهبود و بازرسی و تعمیرات و نگهداری مستمر که ارکان مدیریت کیفیت هستند به‌طور خودکار با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در صنعت ۴ انجام می‌گردد. داشتن دستگاه‌های هوشمند، تولیدکنندگان را قادر می‌سازد پیش‌بینی‌های خرابی را انجام دهند. ماشین‌های هوشمند قادر خواهند بود به‌طور مستقل خود را حفظ کنند.	(Faheem et al., 2018; Gunasekaran et al., 2019; Kannan et al., 1999; Mrugalska & Wyrwicka, 2017)
C۴	افزایش مزیت رقابتی	مدیریت کیفیت یک سیستم مدیریتی و یک فلسفه یکپارچه است که باعث بهبود رقابت‌پذیری شرکت‌ها می‌شود. در بازارهای رقابتی صنعت نسل ۴، مدیریت کیفیت و تکنولوژی به دو عامل مهم برای موفقیت کسب‌وکار و رشد سازمانی تبدیل‌شده است	(Arnold et al., 2017; Bolatan, Gozlu, Alpkan, & Zaim, 2016; Faheem et al., 2018; Gunasekaran et al., 2019; Kagermann et al., 2013; Kannan et al., 1999; Mrugalska & Wyrwicka, 2017; Sahoo & Yadav, 2018; Schuh, Potente, Wesch-Potente, Weber, & Prote, 2014)
C۵	کاهش هزینه‌ها و زمان تولید	اتوماسیون و تکنولوژی زمان فرآیند شرکت را کاهش می‌دهد. همچنین به دلیل جلوگیری از خطاهای و صرف زمان کمتر و بهبود در فرایندهای شرکت هزینه‌ها کاهش می‌یابد.	(Bolatan et al., 2016; Faheem et al., 2018; Frank et al., 2019; Kagermann et al., 2013; Kiel et al., 2017; Lee, Kao, & Yang, 2014; Mrugalska & Wyrwicka, 2017; Oettmeier &

کد	فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴	تعریف	منابع
			Hofmann, 2017; Saberi & Yusuff, (2011; Sahoo & Yadav, 2018
C۶	افزایش مهارت و شایستگی‌ها	مدیریت کیفیت یک فلسفه مدیریتی است که موجب تقویت شایستگی‌های و آموزش مستمر هر عضو سازمان می‌شود. فناوری اطلاعات در صنعت در کنار منابع انسانی ماهر قادر به تولید یک مزیت رقابتی پایدار است.	Kagermann et al., 2013; Kiel et al.,) 2017; Lee et al., 2014; Oettmeier & Hofmann, 2017; Saberi & Yusuff, (2011
C۷	تعادل در حمل‌ونقل، کاهش انباشت موجودی در انبار و بهبود زنجیره تأمین	صنعت ۴ قادر به یادگیری، تصمیم‌گیری، سنجش، دست‌کاری داده‌ها، تحرک و همچنین قابلیت اطمینان برای انجام کار است و سرعت، کیفیت و انعطاف‌پذیری برای تولید محصول را افزایش می‌دهد و ساختار هزینه‌های تولید مبنی بر سفارش، اطلاعات لحظه‌ای مربوط به کل زنجیره تأمین و مواد اولیه، تقلیل تقاضا و سطح موجودی کنترل دارد، یکی از مهم‌ترین مراکز بهینه‌سازی، حمل‌ونقل است. مهندسان از روش‌های برنامه‌نویسی خطی (مانند مدل حمل‌ونقل) برای استفاده از حمل‌ونقل استفاده می‌کنند و وسایل نقلیه خودمختار و با کمک داده‌های بزرگ ایجاد می‌گردند.	Faheem et al., 2018; Gunasekaran et) al., 2019; Kagermann et al., 2013; Lee et al., 2014; Oettmeier & Hofmann, (2017
C۸	افزایش خدمات‌رسانی و رضایت مشتری	کیفیت ویژگی ذاتی یک محصول یا یک سرویس نیست، بلکه تنها می‌تواند با در نظر گرفتن انتظارات مشتری در صنعت ۴ شخصی‌سازی شود، ازآنجاکه مشتریان نیاز به کیفیت بهتر، قیمت‌های پایین‌تر و پاسخ سریع دارند مدیریت کیفیت ضروری است	Bolatan et al., 2016; Dorian &) Gaspar, 2018; Faheem et al., 2018; Frank et al., 2019; Gunasekaran et al., 2019; Kannan et al., 1999; Mrugalska (& Wyrwicka, 2017
C۹	کاهش اثرات زیست‌محیطی	در انقلاب‌های صنعتی شیوه‌های محیط‌زیست سریعاً تبدیل به ابزار اصلی مدیریت کسب‌وکار می‌شوند، از طرف دیگر مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی شامل فاکتورهای مشابهی از جمله پیاده‌سازی، تمرکز ذینفعان، مدیریت رهبری و مدیریت کارکنان هستند. بنابراین، مدیریت کیفیت زمین را برای پیاده‌سازی مدیریت محیط‌زیست آماده می‌سازد.	Hamdoun et al., 2018; Hirsch-) Kreinsen, 2014; Kagermann et al., 2013; Kiel et al., 2017; Li et al., 2018; Magdalena, 2016; Mrugalska & Wyrwicka, 2017; Oettmeier & (Hofmann, 2017
C۱۰	کاهش کارهای تکراری	مدیریت کیفیت شیوه‌های دستیابی به بالاترین کیفیت، کمترین هزینه و کوتاه‌ترین زمان می‌باشد، با ایجاد پایگاه دانش متمرکز و یکپارچه در صنعت ۴ کارهای تکراری و غیرضروری کاهش خواهد یافت.	Hirsch-Kreinsen, 2014; Kagermann et) al., 2013; Kiel et al., 2017; Magdalena, 2016; Mrugalska & Wyrwicka, 2017; Oettmeier & (Hofmann, 2017

همچنین چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ در جدول ۲ تشریح شده است.

جدول شماره (۲): چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴

کد	چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴	تعریف	منابع
C۱	ادغام عمودی	امکان بروز خطا در سیستم‌های تجزیه‌وتحلیل داده‌های تولید و هماهنگ کردن	Colledani et al., 2014;) Foidl & Felderer, 2015;

		یافته‌ها با سیستم‌های اطلاعات مشتری در صنعت ۴ وجود دارد. توسعه حجم زیادی از داده‌ها از طریق صنعت ۴ برای تعیین منابع موردنیاز مدیریت کیفیت مطرح می‌گردد.	Mayer & Pantförder, (2014; Zaidin et al., 2018
C۲	ادغام افقی	در صنعت ۴ مشتری می‌تواند به‌طور ناگهانی سفارش خود را تغییر دهد، این تغییر سفارش به خط تولید می‌رود. ماشین‌های هوشمند قادر به جستجوی کارشناسان مناسب می‌باشند که می‌توانند با پلت فرم درک مطلب موردنیاز خود را به‌صورت آنلاین تغییر دهند؛ بنابراین هر عضو در مدیریت کیفیت بسیار مهم است.	Colledani et al., 2014;) Foidl & Felderer, 2015; Mayer & Pantförder, (2014; Zaidin et al., 2018
C۳	کمبود زیرساخت‌ها	اگرچه دستگاه‌های هوشمند تولیدات باکیفیت و کارآیی بالایی ارائه می‌دهند، اما تکنولوژی اتوماسیون در حال حاضر قادر به حل مشکل تولید پیچیده نیست. یکپارچه‌سازی دیجیتال مسئولیت‌ها و فرآیندهای مهندسی چالش سیاست‌های کیفیت و دستیابی به اهداف کیفیت می‌باشد.	Bodi, Popescu,) Drageanu, Popescu, & others, 2015; Colledani et al., 2014; Foidl & Felderer, 2015; Kagermann et al., 2013; (Zaidin et al., 2018
C۴	سرمایه‌گذاری راه‌اندازی زیاد	اگرچه اتوماسیون در درازمدت موجب صرفه‌جویی در هزینه می‌شود، اما برای راه‌اندازی به سرمایه زیادی نیاز می‌باشد.	Manavalan &) , Jayakrishna, 2018; Zaidin (et al., 2018
C۵	تجربه و متخصصان	در صنعت ۴ کارگران فعلی باید تحت آموزش‌وپرورش بروز قرار بگیرند تا بتوانند ارزش‌های خود را حفظ نمایند.	(Zaidin et al., 2018), Sung,) ،(Chen, 2017) .(2018
C۶	کاهش در بازار کار	در صنعت ۴ ماشین‌آلات هوشمند جایگزین نیروی انسانی می‌شود. نظارت کمتر انسان و از دست دادن مشاغل با درآمد بالا می‌تواند مانع کسب‌وکار برای پذیرش صنعت شود همچنین ازآنجایی‌که در این صنعت بر روی‌داده‌های بزرگ تکیه می‌کند، نیاز به کارکنان کنترل کیفیت کاهش می‌یابد.	(Zaidin et al., 2018)
C۷	امنیت	شاید مهم‌ترین چالش در پیاده‌سازی تکنیک‌های صنعت ۴، خطر امنیتی IT است. این ادغام آنلاین باعث بروز نقص امنیتی و نشت اطلاعات می‌شود. سرقت سایبری نیز باید موردتوجه قرار گیرد	Kovacs, 2018; Rauch et) .al., 2019)

شوه و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود به بررسی توانایی‌های صنعت ۴ پرداختند و به این نتیجه رسیدند صنعت ۴ موجب افزایش بهره‌برداری و رقابت می‌شود(Schuh et al., 2014). چائو و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نرم‌افزار و ورودی، درک محصول، تجهیزات واجد شرایط ، درک فرآیند و تائید روند مداوم را چالش‌های مدیریت کیفیت معرفی کردند (Chua, Wong, & Yeong, 2017). فوندین و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود به بررسی چالش‌های مدیریت کیفیت پرداختند. آن‌ها ۳ عامل سازگاری سازمانی با محیط‌های در حال تغییر ، کیفیت ساخت یک نگرانی استراتژیک برای صاحبان و مالکیت کیفیت از متخصصان کیفیت به مدیران را چالش‌های اساسی مدیریت کیفیت معرفی نمودند(Fundin, Bergquist, Eriksson, & Gremyr, 2018).

فویدل و فلدر (۲۰۱۵) و زایدین و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود استراتژی، عملیات و محیط‌زیست را به‌عنوان فرصت و ادغام عمودی، ادغام افقی و مهندسی پایان را چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ معرفی کردند (Foidl & Felderer, 2015)و(Zaidin et al., 2018). مکتدیر و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیق خود با عنوان "ارزیابی چالش‌ها برای صنعت نسل ۴" چالش‌های اجرای صنعت نسل ۴ در عملیات تولید را در صنعت چرم بنگلادش با استفاده از روش BWM ارزیابی کردند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که کمبود زیرساخت‌های تکنولوژیکی یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که می‌تواند مانع از اجرای صنعت نسل ۴ شود (Moktadir, Ali, Kusi-Sarpong, & Shaikh, 2018). لوچلا و مانگلا(۲۰۱۸) در پژوهشی خود با عنوان "ارزیابی چالش‌های پایداری صنعت نسل ۴" با استفاده از تکنیک AHP، ۱۸ چالش صنعت نسل ۴ در زنجیره تأمین را ارزیابی کردند (Luthra & Mangla, 2018). لادوسکی و البیاتی (۲۰۱۹) در پژوهش خود با عنوان نظریه‌های

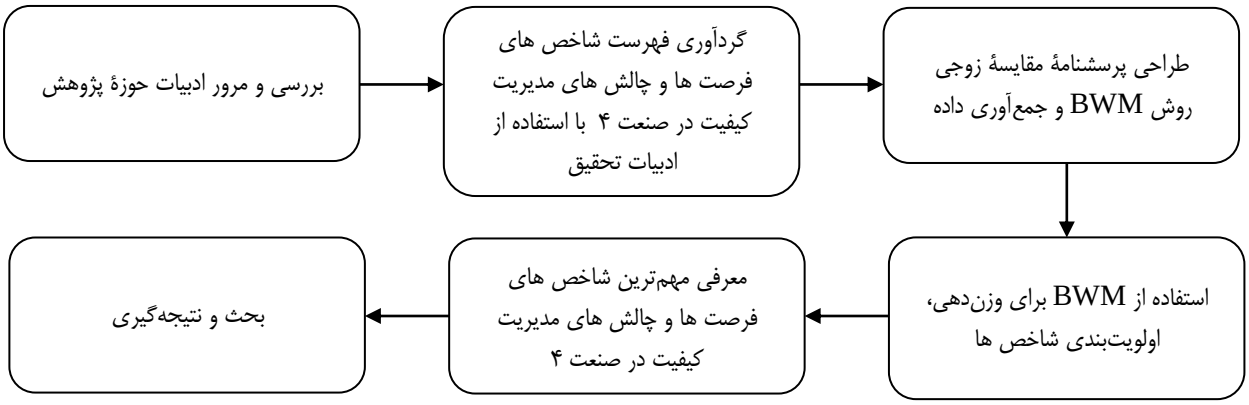
مدیریت کیفیت، به این نتیجه رسیدند مدیریت کیفیت با استفاده از ابزار و تکنیک‌های خاص منجر به افزایش ایمنی می‌شود (Ladewski & Al-Bayati, 2019).

با مرور مهم‌ترین پژوهش‌های گذشته مشخص می‌شود تحقیقی جامع در حوزه فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ صورت نگرفته و تحقیقات پیشین به‌صورت عمومی بوده است. لذا خلأ تحقیقاتی در زمینه نحوه دسته‌بندی و پوشش دهی تمامی فرصت‌ها و چالش‌ها و همچنین رتبه‌بندی آن‌ها به چشم می‌خورد. ازاین‌رو برای رفع این خلأ پژوهشی با رجوع به منابع متعدد، فرصت‌ها و چالش‌ها موردمطالعه، شناسایی و رتبه‌بندی قرار گرفت.

به دلیل کمبود کارهای پژوهشی و اجرایی حوزه صنعت نسل ۴ درک عمیقی از این مفهوم در میان پژوهشگران و صنعتگران وجود ندارد، لذا؛ پژوهش حاضر گامی جهت حل این معضل علمی می‌باشد. همچنین نقطه ضعف پژوهش‌های انجام‌شده، عدم استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات در بررسی فرصت‌ها و چالش‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها می‌باشد. درصورتی‌که با توجه به هزینه‌های قابل‌توجه اجرای صنعت ۴ و اهمیت فراوان مدیریت کیفیت این امر می‌تواند تأثیر بسزایی در استفاده از فرصت‌ها و مقابله با چالش‌ها پیش روی محققان قرار دهد. درنتیجه ما در این پژوهش با استفاده از BWM که یکی از جدیدترین تکنیک‌های وزن‌دهی می‌باشد برای رتبه‌بندی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ می‌پردازیم.

پژوهش حاضر ازلحاظ هدف کاربری و ازنظر نحوه گردآوری اطلاعات، توصیفی – تحلیلی می‌باشد، چراکه به شناسایی و اولویت‌بندی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت نسل ۴ می‌پردازد. به‌منظور گردآوری پیشینه تحقیق از روش کتابخانه‌ای (کتاب و مقاله) استفاده شد و داده‌های لازم از روش میدانی و با استفاده از پرسشنامه مقایسات زوجی جمع‌آوری شد. خبرگان این پژوهش اساتید و کارشناسان مدیریت صنعتی بوده‌اند و در انتخاب این خبرگان و متخصصان از روش نمونه‌گیری هدفمند قضاوتی بهره‌گیری شد؛ زیرا قضاوت خبرگان در نتایج پژوهش به‌طور مستقیم دخیل است و انتخاب افراد خبره جزو اصلی‌ترین مراحل پژوهش حاضر محسوب می‌شود. در این راستا گروه تصمیم‌گیری شامل ۵ تن از اساتید محترم دانشگاه که آشنایی نسبتاً کامل با حوزه صنعت نسل ۴، تکنولوژی، مدیریت کیفیت و علاقه‌مند به همکاری در خصوص این پژوهش بودند.

در این تحقیق ابتدا با مرور جامع ادبیات تحقیق درزمینه‌ی مدیریت کیفیت و صنعت نسل ۴ فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ شناسایی شد. بعد از مرور ادبیات، پرسشنامه‌ای جهت مقایسات زوجی شاخص‌ها در اختیار خبرگان قرار داده‌شده و درنهایت با استفاده از تکنیک BWM، وزن‌دهی و رتبه‌بندی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ موردبررسی قرار می‌گیرد. مراحل انجام پژوهش به شرح شکل ۱ می‌باشد:



شکل شماره (۱): مراحل اجرای تحقیق

الف) روش بهترین- بدترین (BWM):

مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل تعدادی گزینه و تعدادی معیار می‌باشند. در این مسائل گزینه‌ها با توجه به معیارها ارزیابی می‌شوند تا بهترین گزینه انتخاب گردد. BWM یک روش نسبتاً جدید MCDM و یکی از محبوب‌ترین روش‌های مقایسه دوبعدی است. روش بهترین-بدترین نخستین بار توسط جعفر رضایی در سال ۲۰۱۵ ارائه شد. در این روش بهترین (مطلوب‌ترین و مهم‌ترین) گزینه و بدترین (نامطلوب‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین) گزینه توسط تصمیم‌گیرندگان شناسایی‌شده و سپس مقایسات زوجی بین این دو معیار بهترین و بدترین و سایر معیارها انجام می‌شود. BWM با انتخاب بهترین و بدترین معیارها و سپس مقایسه همه معیارهای دیگر با این دو معیار، یک ساختار برای مسئله فراهم می‌آورد. چنین ساختاری به DM کمک می‌کند تا مقایسه‌های دوبعدی قابل‌اعتمادتر را ارائه دهد. در مرحله بعد یک مسئله ماکسی مین (حداکثر حداقل) جهت تعیین وزن معیارهای مختلف فرمول‌بندی و حل می‌شود. کاربرد این روش در وزن‌دهی به معیارها می‌باشد. درروش بهترین بدترین به داده‌های مقایسه‌ای کمتر نیاز است که منجر به مقایسه‌های استوارتر و قابل‌اطمینان‌تر می‌گردد (Mohammadi & Rezaei, 2019).

مراحل روش بهترین- بدترین (Kheybari, Kazemi, & Rezaei, 2019):

۱. شناسایی مجموعه معیارها؛

$$C = \{c_1, c_2, c_3 \dots, c_n\}$$

۲. تعیین بهترین و بدترین معیار؛

۳. تعیین اهمیت بهترین معیار نسبت به دیگر معیارها و اهمیت دیگر معیارها نسب به بدترین معیار با استفاده از اعداد ۱ تا ۹ (مقایسات زوجی)؛

۴. محاسبه وزن بهینه؛ (برای تعیین وزن بهینه هر یک از شاخص‌ها، زوج‌های $\frac{w_B}{w_j} = a_{Bj}$ و $\frac{w_j}{w_w} = a_{jw}$ تشکیل‌شده، سپس برای برآورده کردن این شرایط در همه j ها، باید راه‌حلی پیدا شود تا عبارات $\left|\frac{w_B}{w_j} - a_j\right|$ و $\left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right|$ رابرای همه j هایی که حداقل شده است، حداکثر نماید)

$$\min_{w} \max_{j} \left\{ \left|\frac{w_B}{w_j} - a_j\right|, \left|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}\right| \right\}$$
$$s.t. \qquad \sum_{j=1}^{n} w_j = 1, \qquad w_j \geq 0 \qquad \forall_{j=1,2,3,\dots,n} \qquad (۱)$$

۵. تعریف مدل برنامه‌ریزی خطی مطابق رابطه ۲

$$\min \xi$$
$$\text{s.t.}$$
$$\left|w_B - a_{Bj} w_j\right| \leq \xi, \text{ برای تمامی‌jها}$$
$$\left|w_j - a_{jw} w_w\right| \leq \xi, \text{ برای تمامی‌jها} \qquad (۲)$$
$$\sum_{j} w_j = 1$$
$$w_j \geq 0, \text{ برای تمامی‌jها}$$

با حل مدل فوق، اوزان معیارها و نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود.

در مدل خطی روش بهترین بدترین که در سال ۲۰۱۶ توسط جعفر رضایی توسعه داده شد مطرح گردید که نیاز به محاسبه نرخ سازگاری نیست و هرچه اپسیلون کمتر باشد نتایج سازگارتر هست.

۳- نتایج و بحث

پس از مرور ادبیات پژوهش و شناسایی و انتخاب فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ (جدول ۱ و ۲)، وزن تمام معیارها را مطابق مراحل ذکرشده در بخش روش‌ها و ابزار تحقیق محاسبه می‌کنیم. تصمیم‌گیرندگان پس از تعیین بهترین و بدترین فرصت‌ها و چالش‌ها، اهمیت بهترین فرصت‌ها و چالش‌ها را نسبت به دیگر معیارها مشخص کردند. به‌عنوان نمونه، جداول شماره ۳ نشان‌دهنده این بردار برای خبره شماره یک برای فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ می‌باشد.

جدول شماره (۳): اهمیت مهم‌ترین شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها ازنظر خبره شماره یک

بهترین شاخص	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶	C۷	C۸	C۹	C۱۰
C5	۳	۴	۵	۸	۱	۲	۷	۲	۹	۶

سپس بردار اهمیت دیگر شاخص‌ها نسبت به بدترین شاخص تعیین گردید. به‌عنوان نمونه، جداول شماره ۴ نشان‌دهنده این بردار برای خبره شماره یک برای فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ می‌باشد.

جدول شماره (۴): ارجحیت دیگر شاخص‌ها نسبت به کم‌اهمیت‌ترین شاخص ازنظر خبره شماره یک

بدترین شاخص	C9
C۱	۷
C۲	۶
C۳	۵
C۴	۲
C۵	۹
C۶	۸
C۷	۳
C۸	۸
C۹	۱
C۱۰	۴

سپس مقادیر بهینه وزن‌ها به دست می‌آید $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$. می‌توان مقادیر وزن‌ها را با توجه به رابطه تشریح شده به دست آورد. درنهایت با حل مدل‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار LINGO 15، مقادیر بهینه $(w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$ و ξ^* برای هر یک از فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴، به‌صورت جدول ۵ به‌دست‌آمده است. لازم به ذکر است که نظرات هر خبره در قالب مدل ریاضی تشریح شده تشکیل و حل‌شده و اوزان مدنظر هر خبره به دست آمد. سپس از اوزان مدنظر تمامی خبرگان میانگین حسابی گرفته شد و اوزان نهایی نشان داده‌شده حاصل شد.

جدول شماره (۵): اوزان نهایی فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴

معیار	اوزان معیارها با توجه به					اوزان نهایی
	خبره اول	خبره دوم	خبره سوم	خبره چهارم	خبره پنجم	
C۱	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۳۰	۰/۰۶	۰/۱۲۶
C۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۸۲
C۳	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶۴
C۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵۴

C۵	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۲۴۰
C۶	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۳۴
C۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴۲
C۸	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۱۷۸
C۹	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳۰
C۱۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵۰

با انجام عملیات فوق برای چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ جدول ۶ به دست می‌آید.

جدول شماره (۶): اوزان نهایی چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴

معیار	اوزان معیارها با توجه به					اوزان نهایی
	خبره اول	خبره دوم	خبره سوم	خبره چهارم	خبره پنجم	
C۱	۰/۳۷۵	۰/۳۳۳	۰/۱۵۰	۰/۲۲۵	۰/۲۳۱	۰/۲۶۳
C۲	۰/۲۳۴	۰/۲۰۳	۰/۳۷۲	۰/۱۵۰	۰/۳۸۰	۰/۲۶۸
C۳	۰/۰۶۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۵۸	۰/۰۴۴
C۴	۰/۰۳۵	۰/۰۵۱	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۰۳۳	۰/۰۴۶
C۵	۰/۱۱۷	۰/۲۰۳	۰/۲۲۵	۰/۰۷۵	۰/۱۱۶	۰/۱۴۷
C۶	۰/۰۹۴	۰/۱۰۱	۰/۰۹۰	۰/۰۹۰	۰/۱۱۶	۰/۰۹۸
C۷	۰/۰۷۸	۰/۰۸۱	۰/۰۷۵	۰/۳۷۲	۰/۰۶۶	۰/۱۳۴

همان‌طور که از نتایج جداول ۵ و ۶ قابل‌مشاهده می‌باشد، شاخص‌های کاهش هزینه‌ها و زمان تولید (C۵)، افزایش خدمات‌رسانی و رضایت مشتری (C۸) و افزایش مهارت و شایستگی‌ها (C۶) به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین فرصت‌ها و شاخص‌های ادغام عمودی (C۱)، ادغام افقی (C۲) و تجربه و متخصصان (C۵) به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین چالش‌ها شناسایی شدند.

شرکت‌های امروز باید در محیط بسیار رقابتی کار کنند که کیفیت فرآیندها، خدمات و محصولات آن‌ها عمدتاً موفقیت اقتصادی، سهم بازار و آیندشان را تعیین می‌کند. جای تعجب نیست که دامنه مدیریت کیفیت به بخش مهمی از مدیریت شرکت تبدیل‌شده است. صنعت ۴ با ارائه پتانسیل اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، فرصت‌های بسیار مهمی برای مدیریت کیفیت فراهم می‌کند. در مقاله ارائه‌شده، بررسی ادبیات مربوط به مدیریت کیفیت و صنعت ۴ به‌منظور نشان دادن امکان پیوند این دو رویکرد می‌باشد. بهره‌گیری صحیح و به‌موقع فرصت‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ و مقابله و تدبیر در برابر چالش‌ها و تهدیدهای مدیریت کیفیت در صنعت ۴ نشان می‌دهد که این دو رویکرد می‌توانند از یکدیگر حمایت کنند. در این مقاله تلاش شد ضمن ارائه چارچوب مشخصی برای شناسایی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴، پس از مرور ادبیات و نظرات خبرگان تحقیق ۱۷ شاخص تعیین شد و با استفاده از روش بهترین بدترین وزن‌دهی و رتبه‌بندی گردیدند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شاخص‌های کاهش هزینه‌ها و زمان تولید، افزایش خدمات‌رسانی و رضایت مشتری و افزایش مهارت و شایستگی‌ها به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین فرصت‌ها و شاخص‌های ادغام عمودی، ادغام افقی و تجربه و متخصصان به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین چالش‌ها با نتایج پژوهش‌های زایدین و همکاران (۲۰۱۸)، دوریان و همکاران (۲۰۱۸) و فویدل و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

هدف انقلاب صنعتی ۴، پیشرفت و پیشبرد مدل تولیدی است که موجب انعطاف‌پذیری در شرایط محصولات و خدماتی است که به‌صورت دیجیتال تولید می‌شوند و با ارتباطات در زمان واقعی بین تمام بخش‌ها و تسهیلات مرتبط در طول فرآیند تولید ترکیب می‌شود. به‌عنوان‌مثال، شرکت تولیدی که سفارشات و دستورالعمل‌های سفارشی را از طریق سرویس‌های ابری دریافت می‌کند و بلافاصله در خط تولید تغییر می‌دهد با یک روش بسیار مقرون‌به‌صرفه برای تأمین نیازهای مختلف و در کوتاه‌ترین زمان ممکن نیاز کیفیت را برای مشتری تأمین می‌کند. رشد تکنولوژیک و دیجیتال به‌طور عمده بر مدل فروش سنتی تولید تأثیر خواهد گذاشت. کیفیت یک ویژگی ذاتی یک محصول یا یک سرویس نیست، بلکه تنها می‌تواند با در نظر گرفتن انتظارات مشتری تعیین شود، مشتریانی که همواره انتظارات و الزامات زیادی دارند که باید رعایت شوند. کارخانه هوشمند قادر به یادگیری، تصمیم‌گیری، سنجش، دست‌کاری داده‌ها، تحرک و همچنین قابلیت اطمینان برای انجام کار است. این کارآیی، سرعت، کیفیت و

انعطاف‌پذیری برای محصول را افزایش می‌دهد. صنعت ۴ باوجود اینترنت اشیا، پایگاه عظیم داده‌ها، خودکنترلی و هوشمندی سیستم، انعطاف‌پذیری و خصوصی‌سازی تولید، به بازخورد مشتری متکی است که این امر موجب افزایش کیفیت موردنظر مشتری و درنتیجه رضایت او می‌گردد.

ادغام عمودی یا همان دیجیتال‌سازی تمام زنجیره تولید به‌منظور ایجاد یک سیستم هوشمند خودکنترل کننده موجب امکان بروز خطا در سیستم‌های تجزیه‌وتحلیل داده‌های تولید و هماهنگ کردن یافته‌ها با سیستم‌های اطلاعات مشتری در صنعت ۴ می‌شود و درنتیجه کیفیت را کاهش می‌دهد. درصورتی‌که با اجرای صحیح ادغام عمودی با استفاده از یکپارچه‌سازی داده‌ها منجر به شفافیت بیشتر فرایندهای تولید شرکت و همچنین کاهش زمان، تلاش‌های موردنیاز و ضایعات می‌شود. در ادغام افقی یا همان دیجیتال‌سازی تمامی شرکت‌ها، تولیدکنندگان و مشتریان قادر به ردیابی پیشرفت محصول سفارش شده خود می‌باشند. در هر زمان، مشتری می‌تواند وضعیت فعلی محصول را در فرآیند تولید ببیند و می‌تواند ببیند که وظایف قبلاً انجام‌شده است و آینده چه خواهد شد. جستجوی کارشناس مناسب مسئله مهمی است که شرکت با آن مواجه می‌شود. هر عضو دارای اهمیت خاصی از کیفیت و قابلیت‌های مرتبط است، بنابراین برای مدیریت کیفیت در بین سیستم‌های زنجیره ارزش چالش‌برانگیز است.

نکته قابل‌توجه اینجاست که در صورت عدم بهره‌برداری صحیح از فرصت‌ها، همان عوامل به چالش و تهدید تبدیل خواهند شد و بالعکس. نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهد گرچه از یک سمت با آموزش‌وپرورش کارگران فعلی به چالش تجربه و تخصص پاسخ داده شود از سوی دیگر خود بهره‌برداری از فرصت "افزایش مهارت و شایستگی" می‌باشد. توانایی‌ها و آموزش کارگران مربوط به صنعت ۴ باید بهبود یابد. کارگران باید مجموعه‌ای از توانایی‌های منحصربه‌فرد، جدید و خاص را به دست آورند که خود موجب افزایش اشتغال می‌گردد.

علاقه‌مندان به این حوزه می‌توانند موارد زیر را به‌عنوان پژوهش‌های آتی پیگیری نمایند:

گرچه این پژوهش با محدودیت‌هایی ازجمله نبود مورد مطالعاتی در ایران و کمبود متخصص و پژوهش در حوزه صنعت ۴ مواجه بود، تحقیقات آینده می‌تواند به درک و تبیین بهتر آن کمک کند. محققان می‌توانند به‌منظور وزن‌دهی فرصت‌ها و چالش‌های مدیریت کیفیت در صنعت ۴ از تکنیک‌های دیگری مانند پاپریکا، BWM فازی و غیره بهره برند. برای دستیابی به نتایج قابل استنادتر، می‌توان تعداد متخصصان خبره نظردهنده را افزایش داد. همچنین می‌توانند با تمرکز بر اعتبار تجربی و انتخاب چند مورد مطالعاتی، نتایج هرکدام را مقایسه کنند. ازجمله موضوعات پیش نهادی مرتبط می‌توان به " چگونگی تعامل با کارمندان برای رعایت استانداردهای کیفیت در صنعت ۴"، "چگونه می‌توان با استفاده از روش‌های پیشرفته در زنجیره‌های عرضه‌ی آینده‌ی، کیفیت تجارت را بهبود بخشید"، " تبیین روابط علی معلولی فرصت‌ها و چالش‌ها با دیمتل فازی شهودی بازه‌ای مقدار" و "تبیین ساختار فرصت‌ها و چالش‌ها با مدل‌سازی ساختاری و تفسیری برای دستیابی به ساختار محرک‌ها" و "سنجش آمادگی شرکت‌ها و سازمان‌ها برای رفتن به سمت پیاده‌سازی این صنعت" اشاره کرد.

٤- منابع

1. Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2017). The Driving Role of the Industrial Internet of Things for Strategic Change: The Case of Electronic Engineering Business Models. In *Proceedings of the 24th Innovation and Product Development Management Conference (IPDMC), Reykjavik, Iceland* (pp. 11–13).
2. Bodi, S., Popescu, S., Drageanu, C., Popescu, D., & others. (2015). Virtual Quality Management elements in optimized new product development using genetic algorithms. In *Joint International Conference: Managing Intellectual Capital and Innovation for Sustainable and Inclusive Society-Management, Knowledge and Learning-Technology, Innovation and Industrial Management, Bari, Italy* (pp. 633–642).
3. Bolatan, G. I. S., Gozlu, S., Alpkan, L., & Zaim, S. (2016). The impact of technology transfer performance on total quality management and quality performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *235*, 746–755.

4. Brunelli, M., & Rezaei, J. (2019). A multiplicative best--worst method for multi-criteria decision making. *Operations Research Letters*, *47*(1), 12–15.
5. Chen, Y. (2017). Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and enablers. *Engineering*, *3*(5), 588–595.
6. Chua, C. K., Wong, C. H., & Yeong, W. Y. (2017). Chapter Nine-Quality Management Framework in Additive Manufacturing. Standards, Quality Control, and Measurement Sciences in 3D Printing and~….
7. Colledani, M., Tolio, T., Fischer, A., Iung, B., Lanza, G., Schmitt, R., & Váncza, J. (2014). Design and management of manufacturing systems for production quality. *CIRP Annals*, *63*(2), 773–796.
8. Diez-Olivan, A., Del Ser, J., Galar, D., & Sierra, B. (2019). Data fusion and machine learning for industrial prognosis: Trends and perspectives towards Industry 4.0. *Information Fusion*, *50*, 92–111.
9. Dorian, U., & Gaspar, M. (2018). Quality Management in Cloud Services using Remote Assistance--a Literature Review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *238*, 607–614.
10. Escrig-Tena, A. B., Segarra-Ciprés, M., Garc\’\ia-Juan, B., & Beltrán-Mart\’\in, I. (2018). The impact of hard and soft quality management and proactive behaviour in determining innovation performance. *International Journal of Production Economics*, *200*, 1–14.
11. Faheem, M., Shah, S. B. H., Butt, R. A., Raza, B., Anwar, M., Ashraf, M. W., … Gungor, V. C. (2018). Smart grid communication and information technologies in the perspective of Industry 4.0: Opportunities and challenges. *Computer Science Review*, *30*, 1–30.
12. Foidl, H., & Felderer, M. (2015). Research challenges of industry 4.0 for quality management. In *International Conference on Enterprise Resource Planning Systems* (pp. 121–137).
13. Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*.
14. Fundin, A., Bergquist, B., Eriksson, H., & Gremyr, I. (2018). Challenges and propositions for research in quality management. *International Journal of Production Economics*, *199*, 125–137.
15. Gattullo, M., Scurati, G. W., Fiorentino, M., Uva, A. E., Ferrise, F., & Bordegoni, M. (2019). Towards augmented reality manuals for industry 4.0: A methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *56*, 276–286.
16. Glass, R., Meissner, A., Gebauer, C., Stürmer, S., & Metternich, J. (2018). Identifying the barriers to Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, *72*, 985–988. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.187
17. Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Ngai, E. (2019). Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0. Elsevier.
18. Gutierrez-Gutierrez, L. J., Barrales-Molina, V., & Kaynak, H. (2018). The role of human resource-related quality management practices in new product development: A dynamic capability perspective. *International Journal of Operations & Production Management*, *38*(1), 43–66.
19. Hamdoun, M., Jabbour, C. J. C., & Othman, H. Ben. (2018). Knowledge transfer and organizational innovation: Impacts of quality and environmental management. *Journal of Cleaner Production*, *193*, 759–770.
20. Hirsch-Kreinsen, H. (2014). Smart production systems. A new type of industrial process innovation. In *DRUID Society Conference* (pp. 16–18).
21. Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*.

Forschungsunion.
22. Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, *101*, 107–119.
23. Kannan, V. R., Tan, K.-C., Handheld, R. B., & Ghosh, S. (1999). Tools and techniques of quality management: an empirical investigation of their impact on performance. *Quality Management Journal*, *6*(3), 34–49.
24. Kheybari, S., Kazemi, M., & Rezaei, J. (2019). Bioethanol facility location selection using best-worst method. *Applied Energy*, *242*, 612–623.
25. Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K.-I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, *21*(08), 1740015.
26. Kovacs, O. (2018). The dark corners of industry 4.0--Grounding economic governance 2.0. *Technology in Society*, *55*, 140–145.
27. Kumar, P., Maiti, J., & Gunasekaran, A. (2018). Impact of quality management systems on firm performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *35*(5), 1034–1059.
28. Ladewski, B. J., & Al-Bayati, A. J. (2019). Quality and safety management practices: The theory of quality management approach. *Journal of Safety Research*.
29. Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*, *16*, 3–8.
30. Li, D., Zhao, Y., Zhang, L., Chen, X., & Cao, C. (2018). Impact of quality management on green innovation. *Journal of Cleaner Production*, *170*, 462–470.
31. Luthra, S., & Mangla, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, *117*, 168–179.
32. Magdalena, G. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences.
33. Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2018). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*.
34. Mayer, F., & Pantförder, D. (2014). Unterstützung des Menschen in Cyber-Physical-Production-Systems. In *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik* (pp. 481–491). Springer.
35. Mohammadi, M., & Rezaei, J. (2019). Bayesian Best-Worst Method: A Probabilistic Group Decision Making Model. *Omega*.
36. Moktadir, M. A., Ali, S. M., Kusi-Sarpong, S., & Shaikh, M. A. A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process Safety and Environmental Protection*.
37. Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K. (2017). Towards lean production in industry 4.0. *Procedia Engineering*, *182*, 466–473.
38. Oettmeier, K., & Hofmann, E. (2017). Additive manufacturing technology adoption: an empirical analysis of general and supply chain-related determinants. *Journal of Business Economics*, *87*(1), 97–124.
39. Olszewska, A. M. (2017). Research issues undertaken within quality management--overview of selected literature and a knowledge map. *Procedia Engineering*, *182*, 518–523.
40. Rauch, E., Linder, C., & Dallasega, P. (2019). Anthropocentric Perspective of Production

before and within Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 0–49. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.018

41. Saberi, S., & Yusuff, R. M. (2011). Advanced manufacturing technology implementation performance: Towards a strategic framework. In *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia* (pp. 145–150).
42. Safari, S., Shirzad, S., & others. (2012). Quality Management Structure Supported by Information Technology (A Survey in Central Insurance of Iran). *Journal of Information Technology Management*, *4*(12), 113–134.
43. Sahoo, S., & Yadav, S. (2018). Total quality management in Indian manufacturing SMEs. *Procedia Manufacturing*, *21*, 541–548.
44. Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J.-P. (2014). Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, *19*, 51–56.
45. Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, *132*, 40–45.
46. Vaidyaa, S., Ambadb, P., & Bhoslec, S. (2018). Industry 4.0--a glimpse. *Design Engineering*, *2351*, 9789.
47. Zaidin, N. H. M., Diah, M. N. M., Yee, P. H., & Sorooshian, S. (2018). Quality Management in Industry 4.0 Era, *4*(3).
48. Zeng, J., Zhang, W., Matsui, Y., & Zhao, X. (2017). The impact of organizational context on hard and soft quality management and innovation performance. *International Journal of Production Economics*, *185*, 240–251.
49. Zhou, M., Liu, X.-B., Chen, Y.-W., & Yang, J.-B. (2018). Evidential reasoning rule for MADM with both weights and reliabilities in group decision making. *Knowledge-Based Systems*, *143*, 142–161.

A Comparative Study of Identifying and Prioritizing Dimensions of Opportunities and Challenges of the Quality Management in Industry 4 Using BWM

Hasanali Aghajani (Corresponding author)
Prof. of Industrial Management, Mazandaran University, Babolsar, Iran.
Email: Aghajani@umz.ac.ir

Fatemeh Zahra Rajabi Kafshgar
MSc. in Industrial Management, Faculty of Economics and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

Abstract
Industrial productivity growth has always been influenced by the growth of technology. This claim could be show based on the industrial revolution that began the first time using a steam engine in the production plant. At the moment, the fourth industrial revolution turned into an image, even before it was fully implemented, and many experts and organizations are working hard to implement the revolutionary concept. The concepts of the smart factory, the physical cyber system and the Internet of Things and Services, offer great opportunities, as well as the leading challenges in quality management in the manufacturing sectors. Therefore, in this article, we examine the opportunities and challenges in implementing industry 4.0 for quality management. To this end, attributes of opportunities and quality management challenges were identified in industry 4.0. Then, using the Best Worst Multi criteria decision making method, which is considered as one of the most innovative weighting methods in the Multi criteria decision making literature, was weighted by expert opinions. The results of the study indicated that the attributes of cost reduction and production time, increase in services and customer satisfaction, and increase the skills and competencies respectively, introduced as the most important opportunities and attributes of vertical integration, horizontal integration and experience, and specialists respectively introduced as The main challenges. Finally, based on the research results, practical and research suggestions were presented.
Keywords: BWM , Industry 4, Quality Management.