اولین کنفرانس بین المللی جهش علوم مدیریت اقتصاد و حسابداری
1st international conference on the mutation of management science, economics and accounting
www.mmea.ir
موسسه آموزش عالی ادیب مازندران
ISC کد اختصاصی: ۰۰۲۰۱-۹۱۰۴۶

شناسایی و تحلیل موانع پیاده سازی صنعت 4.0 در بخش تولید با رویکرد مدلسازی ساختاری- تفسیری (ISM)

مجتبی تقی پور
دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش زنجیره تامین ،دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران
ایمیل : Mojtaba.taghipour@ut.ac.ir

چکیده:

امروزه محیط های کسب و کار با شکل گرفتن موج جدید انقلاب صنعتی که به انقلاب صنعتی 4.0 معروف است تغییر شکل یافته و خود را برای پذیرش این تحولات که پیوندی میان فناوری اطلاعات و تکنولوژی می باشد مهیا می کند.انقلاب صنعتی 4.0 نه تنها در بخش کسب و کار و محیط های اقتصادی بلکه در تمامی جوانب توسعه پایدار اعم از محیط زیستی ، اجتماعی و فرهنگی در حال نفوذ است و هر جامعه ای جهت بقا و رشد خود باید سوار این موج شده و از مزایای آن در جهت تعالی و بالندگی بهره گیرد. در تحقیق حاضر با معرفی اجمالی صنعت 4.0 و اجزای آن سپس به مرور ادبیات و پیشینه تحقیقات در حوزه موانع پذیرش صنعت 4.0 ، 10 عامل به عنوان موانع شناسایی شد. جامعه آماری این پژوهش شامل 5 نفر از خبرگان صنعت می باشند که آشنایی کافی با مباحث صنعت 4.0 را دارا هستند. به منظور تحلیل داده ها از روش مدلسازی ساختاری-تفسیری استفاده و در نهایت به منظور خوشه بندی عامل ها از روش MICMAC استفاده گردید. نتایج بدست آمده نشان از آن دارد سرمایه گذاری بالا در پیاده سازی صنعت 4.0 و اختلالات شغلی به وجود آمده بیشترین تاثیر گذاری را در عدم پیاده سازی صنعت 4.0 در بخش تولید دارد.

کلمات کلیدی: انقلاب صنعتی 4.0 ،مدلسازی ساختاری- تفسیری،موانع

www.SID.ir

1. مقدمه

پارادایم های مختلف انقلاب صنعتی را می توان از نظر فناوری و همچنین جنبه های اجتماعی و سیاسی دسته بندی کرد. اولین انقلاب صنعتی در دهه 1700 رخ داد، زمانی که سیستم‌های تولیدی شروع به استفاده از ماشین‌هایی کردند که با بخار و آب کار می‌کردند. انقلاب صنعتی دوم در طول دهه 1800 رخ داد و با استفاده از برق و خط مونتاژ برای تولید انبوه مشخص می‌شود[1]. در دهه 1900، کامپیوترها و الکترونیک انقلاب صنعتی سوم را به وجود آوردند که مشخصه آن اتوماسیون است[2]. اصطلاح "صنعت 4.0" برای اولین بار در نمایشگاه هانوفر در سال 2011 مطرح شد. متعاقباً، در سال 2013، دولت آلمان آن را به عنوان یک ابتکار استراتژیک برای متحول کردن صنعت تولید پذیرفت [3] . با این حال، تحقیقات آکادمیک در مورد صنعت 4.0 هنوز در مرحله نوپایی است [4].

صنعت 4.0 را می توان به عنوان همگرایی چندین مفهوم نوظهور و فناوری‌های جدید مانند شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)، داده‌های بزرگ، محاسبات ابری، حسگرهای هوشمند، یادگیری ماشین (ML)، روباتیک، ساخت افزودنی (AM)، هوش مصنوعی (AI)، واقعیت افزوده و اینترنت اشیا عنوان کرد [5].همچنین بسیاری از نویسندگان موافق هستند که پیاده سازی سیستم فیزیکی-سایبری و اینترنت صنعتی اشیاء هسته اصلی صنعت 4.0 می باشد [6]. کوهلر و ویز (2016) صنعت 4.0 را به عنوان "رویکردی جدید برای کنترل فرآیندهای تولید با فراهم کردن همگام سازی زمان واقعی جریان ها و با امکان ساخت واحد و سفارشی محصولات" تعریف می کنند[7]. محققان نشان داده اند که پیاده سازی صنعت 4.0 یک فرآیند پیچیده است و بسیاری از شرکت ها در کشورهای مختلف به دلیل موانع مختلف با مشکلاتی مواجه هستند[8]. در نظرسنجی تخصصی جهانی صنعت 4.0 توسط مک کینزی، نشان داده شده است که به طور متوسط از هر ده شرکت، تنها چهار شرکت پیشرفت خوبی در اجرای صنعت 4.0 داشته اند[9]. با توجه به پیشرفت تکنولوژی در عصر دیجیتال، اطلاعات را می توان به سرعت و در مقادیر زیاد ایجاد کرد. به دلیل به هم پیوستگی ماشین ها، سیستم ها و گره ها در یک شبکه تولیدی، داده های بیشتری نسبت به قبل تولید می شود. داده ها توسط تمام گره های سیستم تولید جمع آوری و به اشتراک گذاشته می شود و برای تولید دانش تجزیه و تحلیل می شود. ماشین‌ها به‌جای اینکه به‌صورت انفرادی کار کنند، به‌طور مستقل با هم ارتباط برقرار می‌کنند و با هم همکاری می‌کنند[10] . استفاده از ظرفیت و کاهش هزینه ها در نتیجه پایداری شرکت را بهبود می بخشد. علاوه بر این، شفافیت داده‌ها می‌تواند تحویل‌های اشتباه و جریان‌های مواد غیرضروری را کاهش دهد و آسیب‌ها را در کل زنجیره ارزش از بین ببرد، در نتیجه اتلاف‌ها را از بین ببرد و عملکرد محیطی را افزایش دهد[11]. بنابراین، فناوری‌های صنعت 4.0 نه تنها ارتباطات بین دنیای فیزیکی و مجازی را امکان‌پذیر می‌سازد، بلکه فرصت‌هایی را برای شرکت‌های تولیدی برای بهبود کارایی و افزایش ظرفیت تولید فراهم می‌کند[12]. پیاده سازی فناوری های مرتبط با دیجیتالی شدن به عنوان یک لنز اصلی برای درک اینکه آیا می توان با انجام اصلاحات در عملیات تولید به اهداف تجاری دست یافت ظاهر شده است[13].از مزایای صنعت 4.0 می توان به یکپارچه سازی برنامه‌ریزی تولید، کیفیت در داخل و خارج از کارخانه، تعمیر و نگهداری و اتصال زنجیره‌های تامین اشاره کرد [14]. علاوه بر اینها، محققان چندین مانع دیگر را برای دیجیتالی‌سازی، به‌ویژه در زمینه کشورهای در حال توسعه، شناسایی کرده‌اند. به عنوان مثال، چندین نویسنده بیان می کنند که مسائل زیرساختی، عدم وجود نیروی کار ماهر کافی و فقدان استانداردها چالش های مهمی هستند که بر دیجیتالی شدن شرکت تأثیر می گذارند[15]. اکثر شرکت‌ها به دلیل چالش‌های مختلف در پیاده‌سازی صنعت 4.0هیچ پیشرفتی نداشته‌اند یا فقط پیشرفت محدودی داشته‌اند. تحقیقات نشان داده است که پیاده سازی صنعت 4.0 یک فرآیند پیچیده است و بسیاری از شرکت ها در کشورهای مختلف با مشکلاتی مواجه هستند[16]. کشورهای در حال توسعه به دلیل نبود منابع مالی مستعد موانع مربوط به هزینه هستند. علاوه بر این، وجود موانع نهادی، مانند عدم حمایت از سیاست، بر دیجیتالی شدن شرکت‌ها در کشورهای در حال توسعه تأثیر منفی می‌گذارد[17]. علاوه بر اینها، محققان چندین مانع دیگر را برای دیجیتالی‌سازی، به‌ویژه در زمینه کشورهای در حال توسعه، شناسایی کرده‌اند. به عنوان مثال، مسائل زیرساختی، عدم وجود نیروی کار ماهر کافی و فقدان استانداردها چالش های مهمی هستند که بر دیجیتالی شدن شرکت تأثیر می گذارند. بنابراین، نیاز به شناسایی موانع و رابطه آنها وجود دارد که می تواند به ایجاد یک استراتژی منجر شود تا پذیرش صنعت 4.0 صورت پذیرد.در جدول شماره 1 تعریف انقلاب صنعتی از دیدگاه محققان ارائه گردیده است.

جدول شماره 1: تعاریف صنعت 4.0 از دیدگاه محققان

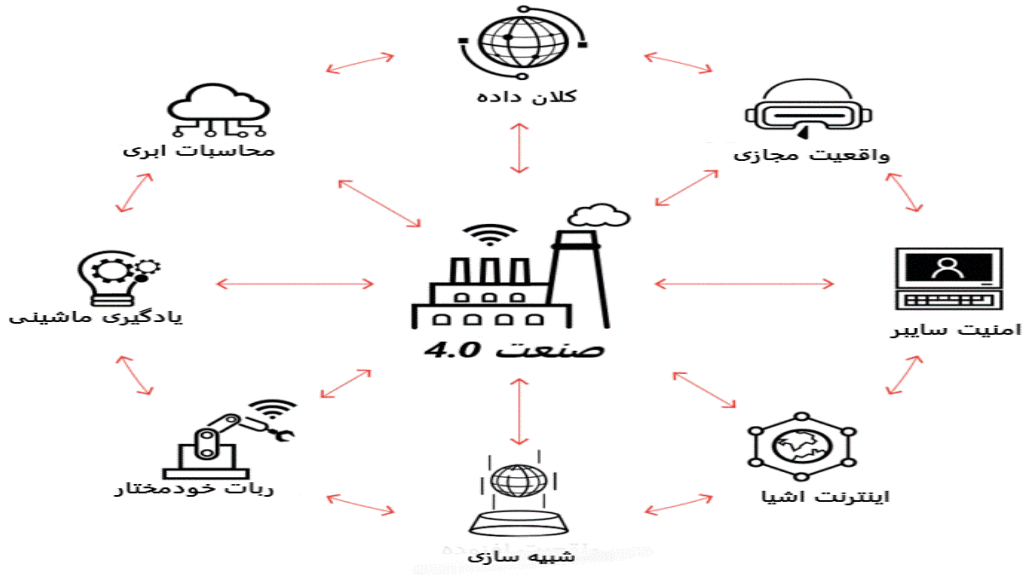
تعریف	محققان
صنعت 4.0 توسط شبکه عظیمی از فناوری های پیشرفته در سراسر زنجیره ارزش احاطه شده است. اتوماسیون ، روباتیک هوش مصنوعی ، اینترنت اشیا و افزودنی تولید ، عصر جدیدی از تولید را به ارمغان می آورد .فرآیندها مرزهای بین دنیای واقعی و واقعیت مجازی در حال تار شدن است و باعث پدیده ای می شود که تحت عنوان سیستم های تولید سایبری-فیزیکی شناخته می شود.	Schumacher, Erol & Sihn,2016
صنعت 4.0 با چند ویژگی فن آوری های جدید متمایز می شود ، به عنوان مثال: دنیای فیزیکی ، دیجیتالی و بیولوژیکی. بهبود فناوری ها تأثیرات قابل توجهی بر صنایع ، اقتصادها و برنامه های توسعه دولت ها می گذارد. شواب خاطرنشان کرد که صنعت 4.0 یکی از مهمترین مفاهیم در توسعه صنعت جهانی و اقتصاد جهان است.	Schwab 2016
ماشین آلات و ابزارهای پیشرفته با نرم افزارهای نوین و حسگرهای شبکه ای می توانند برای برنامه ریزی، پیش بینی، تنظیم و کنترل نتایج اجتماعی و مدل های تجاری برای ایجاد مرحله دیگری از سازماندهی زنجیره ارزش مورد استفاده قرار گیرند و می توان آن را در کل چرخه مدیریت کرد. بنابراین، انقلاب صنعتی چهارم یک مزیت برای ادامه رقابت در هر صنعتی است. برای ایجاد جریان پویاتر تولید ، بهینه سازی زنجیره ارزش باید به طور خودمختار کنترل شود.	Mrugalska & Magdalena,2017
فناوری های انقلاب صنعتی چهارم می تواند به تحولات دیجیتالی یک سازمان برای دست یابی به اهداف توسعه پایدار از طریق اثربخشی بیشتر کمک کند.	de Sousa Jabbour,2018

www.SID.ir

انقلاب صنعتی چهارم با ایجاد کارخانه های هوشمند با استفاده از فناوری های اینترنت اشیا و رایانش ابری، صنعت را به روز میکند و تغییر شکل میدهد. همچنین با فناوری های دیگری شامل واقعیت افزوده ، واقعیت مجازی ، دوقلوهای دیجیتال، رباتیک، شبیه سازی و ... فرایندهای تولیدی را توسعه می دهد.	Malik, A. A., Masood, T., & Kousar, R.2020

1-2 اجزای صنعت 4.0

در شکل زیر اجزای کلیدی صنعت 4.0 نشان داده شده است.به تعاریف برخی از این اجزا می پردازیم.



شکل شماره 1: اجزا صنعت 4.0

1-2-1 کلان داده

تجزیه و تحلیل کلان داده ها فن آوری ها و تکنیک هایی هستند که برای تجزیه و تحلیل داده های پیچیده و در مقیاس بزرگ از برنامه های مختلف به منظور کسب هوش و استخراج روابط، الگوها و اطلاعات ناشناخته، پنهان، معتبر و مفید استفاده می کنند. روش های مختلفی برای مقابله با چنین داده هایی استفاده می شود. برخی از مهمترین آنها عبارتند از: تجزیه و تحلیل متن، تجزیه و تحلیل صوتی، تجزیه و تحلیل تصویری، تجزیه و تحلیل رسانه های اجتماعی، و تجزیه و تحلیل پیش بینی [18]. بنابراین، کلان داده ها شامل یک اکوسیستم پیچیده، به هم پیوسته و چند لایه از شبکه‌ها، کاربران، برنامه‌ها و سرویس‌های با ظرفیت بالا است که برای ذخیره، پردازش، تجسم و ارائه نتایج به برنامه‌های مقصد از منبع داده‌های مختلف مورد نیاز است[19]. کلان داده و تجزیه و تحلیل، جمع آوری و ارزیابی جامع داده ها از منابع و مشتریان مختلف را برای حمایت از تصمیم گیری در زمان واقعی، بهینه سازی کیفیت تولید، صرفه جویی در مصرف انرژی و بهبود خدمات تجهیزات امکان پذیر می کند[20].

1-2-2 اینترنت اشیاء

مبنای اولیه دیجیتالی شدن صنعتی، شبکه سازی دستگاه ها است. این معمولاً به عنوان اینترنت اشیا شناخته می شود، مفهومی که نمی توان با توافق متفق القول آن را تعریف کند [21]. ورمسان و همکارانش (2014)، تأیید کردند که هدف اصلی از اینترنت اشیا عبارت است از "امکان اتصال همه چیز در هر زمان ، در هر مکان ، با هر چیزی و هر کس به طور ایده آل"[22].

1-2-3 رایانش ابری

با بهبود عملکرد فناوری‌ها، داده‌های و پردازش ها به طور فزاینده‌ای در فضای ابری مستقر می‌گردد و خدمات مبتنی بر داده‌های بیشتری را برای سیستم‌های صنعتی ممکن می‌سازند[20]. ابر امکان بهره مندی از قدرت محاسباتی و ذخیره سازی سرورهای کامپیوتری راه دور را با هزینه کمتر نسبت به منابع داخلی IT فراهم می کند. ویژگی کلیدی رایانش ابری مقیاس پذیری است. کاربران می توانند سخت افزارها و نرم افزارها را بر اساس نیازهای پویای خود در مرکز داده ابر اضافه یا حذف کنند. ابر پاسخ مناسبی به محدودیت‌های ذخیره‌سازی و پردازش حجم زیادی از داده‌ها، به ویژه با استفاده از فناوری‌های کلان داده ارائه می‌کند.

1-2-4 ربات های خودمختار

ربات های کنونی انعطاف پذیری بالا، عملکردهای پیشرفته ای دارند و در اکثر مواقع در خطوط تولید بکار گرفته می شوند . در آینده نزدیک ، ربات ها با یکدیگر تعامل کرده و تحت هدایت کنترل کنندگان با انسان ها همکاری فعال خواهند داشت. این ربات ها ارزان تر و پیچیده تر هستند تا بتوانند توانایی های بهتری را در مقایسه با آنهایی که در حال حاضر در زمینه تولید استفاده می شود ، بدست آورند.در صنعت 4.0 ، ربات ها و انسان ها دست به دست هم می دهند ، به اصطلاح ، روی پیوندهای متقابل و استفاده از رابط های حسگر هوشمند بین انسان و ماشین کار می کنند[20].

www.SID.ir

1-2-5 واقعیت افزوده

واقعیت افزوده (AR) بدین معناست که هر جسمی را که می بینید می تواند با اطلاعات اضافی و ارزشمند غنی شود. واقعیت افزوده به عنوان گسترش واقعیت فیزیکی با افزودن لایه هایی از اطلاعات تولید شده توسط رایانه به محیط واقعی تعریف می شود [23].همچنین واقعیت افزوده نوع جدیدی از رابط بلادرنگ برای تعامل انسان با اشیاء و دستگاه های دیجیتال فراهم آورده است . فناوری واقعیت مجازی (VR) کاربران را به طور کامل در یک دنیای مصنوعی بدون دیدن دنیای واقعی غوطه ور می کند، فناوری AR با قرار دادن اشیاء مجازی و نشانه ها بر دنیای واقعی در زمان واقعی، حس واقعیت را تقویت می کند [24].

1-3 دیجیتالی شدن بخش تولیدی

پیشرفت های فناوری و تغییرات مرتبط با آنها بر عملکرد شرکت تأثیر می گذارد [25]. فرآیند دیجیتالی شدن، فناوری‌های هوشمند و شبکه‌های زنجیره ارزش هوشمند را در بر می‌گیرد که اطلاعات بلادرنگی را در مورد سیستم‌های تولید، قطعات و محصولات هوشمند ارائه می‌کنند [26]. دیجیتالی‌سازی تولید می‌تواند قابلیت صنعتی را از طریق تولید مبتنی بر نوآوری بهبود بخشد، که منجر به بهبود بهره‌وری، استفاده بهتر از منابع و کاهش هزینه خواهد شد [27] . دیجیتالی شدن شرکت ها همچنین منجر به توسعه واحدهای تولیدی کوچکتر شده است که در نهایت پایداری کسب و کار را ارتقا می دهند [28]. پیاده سازی صنعت 4.0 این پتانسیل را دارد تا عملیات شرکت را با کاهش هزینه ها، بهبود کیفیت، سفارشی سازی، تحویل به موقع و مفهوم سازی محصولات جدید تقویت کند[29]. انتظار می رود فناوری هایی که هسته اصلی موج مدرن دیجیتالی شدن هستند، از طریق یکپارچه سازی و اتصال، بهبود عملکرد قابل توجهی را به همراه داشته باشند. پورتر و هیلمن (2015) پیشنهاد می کنند چهار ظرفیت متمایز که با پیاده سازی صنعت 4.0 افزایش خواهند یافت. این ظرفیت ها شامل نظارت بر سیستم های تولید برای عملکرد بهتر ، کنترل از طریق تعامل انسان و ماشین، بهینه سازی زمان واقعی و ترکیب این سیستم ها برای اطمینان از خودمختاری می باشد[30]. این ظرفیت‌های متمایز پایه و اساس اصول طراحی مرتبط با دیجیتالی‌سازی پیش اثبات‌شده مجله مانند مدولار بودن، تمرکززدایی، مجازی‌سازی، قابلیت‌های بلادرنگ، شخصی‌سازی انبوه و قابلیت همکاری هستند[25]. بکارگیری این اصول به شرکت های تولیدی کمک می کند تا در مرزهای خود مانند پاسخگویی، کاهش هزینه ها و زمان صرف شده برای ارائه نوآوری در محصولات برتر باشند. این فناوری‌ها همچنین شرکت‌هایی را با قابلیت ارائه ارزش بهتر به مشتریان از طریق خدمات دهی و شخصی‌سازی انبوه تسهیل می‌کنند[31]. همچنین در بخش زنجیره تامین صنعت4.0 از تخصیص کارآمد منابع با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده در زمان واقعی از چندین مکان پشتیبانی می کند، بنابراین شرکت ها را قادر می سازد تا توان زنجیره خود را افزایش دهند[32]. فرآیند دیجیتالی شدن زنجیره‌های تامین را با تعداد زیادی فناوری که شامل حسگرها، محرک‌ها و سیستم‌های مستقل می‌شود، مجهز می‌کند، بنابراین آنها را هوشمند، پویا و انعطاف‌پذیر می‌کند[33] . علاوه بر آن صنعت 4.0همگام سازی تولید کنندگان با خریداران و تامین کنندگان را از طریق یکپارچه سازی اطلاعات امکان پذیر می کند و در نتیجه زمان تحویل و تحریف اطلاعات را کاهش می دهد[34]. در دسترس بودن اطلاعات یکپارچه همچنین به شرکت ها کمک می کند تا بر شایستگی های اصلی خود برای نوآوری محصول تمرکز کنند[31]. همانطور که معلوم است مزایای پیاده سازی صنعت 4.0 در بخش تولید بر کسی پوشیده نیست لذا در این پژوهش بر آن شدیم تا موانع پیاده سازی این قابلیت ها را شناسایی کنیم.

2- ادبیات پژوهش

صنایع تولیدی در مرحله گذار از صنعت 4.0 هستند، بنابراین باید آگاه، آماده و توانمند برای مقابله با چالش های اجرای این پارادایم جدید باشند [35]. کمبل و همکاران موانع اجرای صنعت 4.0 را شناسایی کردند، به عنوان مثال هزینه بالای پیاده سازی، عدم آگاهی از سیستم های فناوری اطلاعات، امنیت سایبری، مسائل مربوط به حریم خصوصی داده ها، نیروی کار غیر ماهر، تغییرات سازمان و فرآیند، و اختلالات شغلی[36].

بر اساس بررسی ادبیات توسط راج و همکاران (2020)، 15 مانع مانند کمبود نیروی کار ماهر، مقاومت کارگران در برابر تغییر، هزینه های مالی، امنیت داده ها، استانداردسازی پایین و درک ضعیف از معماری سیستم ها شناسایی شد. این موانع به طور جداگانه، به طور کلی از دیدگاه تکنولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. فقدان استراتژی دیجیتال به عنوان برجسته ترین مانع برای صنعت 4.0 ظاهر شد. نقشه راه و برنامه های استراتژیک برای هدایت شرکت به صنعت 4.0 مشخص و سرمایه گذاری مورد نیاز تعیین گردید[37].

طبق پژوهش های مولر (2019) ، با پیاده سازی صنعت 4.0 کسانی که بیشتر تحت تأثیر قرار خواهند گرفت کارگران کارخانه های تولیدی هستند. نگرانی هایی از دیدگاه اجتماعی به دلیل خطر از دست دادن شغل و مقاومت کارگران در برابر تغییر وجود دارد.

مویف و همکاران (2020)، ادعا می کند که اتخاذ شیوه های صنعت 4.0 ممکن است برای شرکت ها دشوار باشد. بسیاری از سازمان ها فاقد تخصص و رهبری لازم برای تغییر هستند.

بنا به نظر برخی از محققان [38،39]دلایل اصلی عدم قطعیت ها در سطوح بالای سرمایه گذاری و مزایای هزینه نامشخص برای حوزه های کاربردی صنعت 4.0 نهفته است. علاوه بر این، نیروی کار فاقد مهارت های کافی مورد نیاز برای مقابله با اتوماسیون آینده است و عدم وضوح در استانداردهای اجرای صنعت 4.0 وجود دارد که باعث ایجاد ابهام در بسیاری از سازمان ها شده است. این تغییر دیجیتال قبل از اینکه همه سازمان‌ها با تمام وجود از آن استقبال کنند، باید از موانع بسیاری عبور کند.

ماهیت صنعت4.0شامل یکپارچه سازی افقی است که در آن شبکه های ارزش آفرین با ادغام ذینفعان آشکار می شوند.این موضوع نیاز به پروتکل ها و استانداردها برای جمع آوری و حفاظت داده ها را دارد. در چنین فضایی عدم وجود استانداردهای مشخص یکی از موانع مهم پذیرش صنعت 4.0 می باشد[40].

www.SID.ir

بر اساس نظر استنتف(2019)، امنیت سایبری یکی دیگر از چالش های مهم در صنعت 4.0 است این فناوری ها شامل مقدار زیادی از اشتراک گذاری داده ها و ارتباط متقابل بین ذینفعان و فرآیندها است. بنابراین، وابستگی زیاد به امنیت داده‌ها به دلیل حساسیت و آسیب‌پذیری داده‌ها به‌علاوه مدیریت ناکافی داده، به‌عنوان یک مانع مهم برای صنعت 4.0 شناسایی می‌شود[41].

برخی محققان نیز با برشمردن مزایای بی شمار اجرای صنعت 4.0، به برخی از دغدغه های صنعت 4.0 از منظر کارکنان از جمله از دست دادن شغل و فقدان آموزش کافی اشاره کردند و مقاومت کارکنان را از جمله مهمترین موانع قلمداد کرده اند [42].

در جدول شماره 2 ، به برخی از مطالعات و تحقیقات در زمینه صنعت 4.0 و محرک های آن اشاره شده است .

جدول شماره 2 : برخی از تحقیقات صورت گرفته در زمینه صنعت 4.0

مباحث مطرح شده	نویسنده
یازده عامل حیاتی برای اجرای همزمان صنعت 4.0 و تولید سازگار با محیط زیست شناسایی شده است.	de Sousa Jabbour et al.,2018
بر روی روند تاثیر دیجیتال سازی تمرکز داشته است و به تاثیر منفی پیچیدگی فرآیند کسب و کارها اشاره داشته است . مورد مطالعه این محقق کشورهای آلمان و سوئیس بوده است.	Schmidt et al, 2015
مزایای فناوری های مرتبط با صنعت 4.0 برای سه معیار عملکرد صنعتی: محصول، عملیاتی و اثرات جانبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.	Dalenogare et al., 2018
مقاله آنها فرصت‌های Industry 4.0 را در زمینه مدیریت لجستیک مورد بحث قرار می‌دهد.	Hofmann and Rüsch, 2017
این مقاله جنبه های مرتبط صنعت 4.0 را در رابطه با برنامه ریزی استراتژیک، فناوری های کلیدی، فرصت ها و چالش ها معرفی می کند.	Zhou et al., 2015
ارتباط بین مزایای صنعت 4.0 و مدیریت ناب را بررسی می کند.	Buer et al., 2018
چالش های دیجیتالی شدن را در صنایع هند بررسی و مورد مطالعه قرار داد.	Kumar et al. 2020
چالش هایی که پیش روی شرکت ها جهت پیاده سازی صنعت 4.0 قرار دارد را بررسی کردند. تمرکز اصلی آنها بر روی اینترنت صنعتی اشیا و کاربرد ان در صنعت می باشد.	Kiel et al., 2017

3- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر نحوه گردآوری داده ها از نوع توصیفی می باشد. در این راستا برای شناسایی متغیر ها و روابط موجود بر اساس مبانی نظری و نظریات خبرگان و بکارگیری تکنیک دلفی، متغیرهای تحقیق شناسایی شده است.

در ابتدا جهت مرور ادبیات تحقیق ، به جستجوی مقالات پژوهشی در مجلات با استفاده از دو کلید واژه صنعت 4.0 و موانع پرداختیم. در قدم اول 18 مانع پیاده سازی صنعت 4.0 شناسایی شد که با توجه به نظر خبرگان پژوهش و بررسی این عوامل در نهایت به 10 مورد از موانع رسیدیم .

خبرگان این پژوهش 5 نفر از مدیران صنعت با تجربه بالای 15 سال سابقه کار مدیریتی می باشند و اشنایی کافی با مباحث صنعت 4.0 و دیجیتال سازی را دار هستند.

جدول شماره 3: مشخصات خبرگان

نوع صنعت	تحصیلات	سابقه کار	سمت
صنعت پتروشیمی	دکتری مدیریت	18 سال	مدیر بازرگانی
صنایع غذایی	کارشناسی ارشد مهندسی صنایع	20 سال	مدیر بازرگانی
صنایع غذایی	کارشناسی ارشد مدیریت	16 سال	مدیر لجستیک و پشتیبانی
صنایع دارویی	دکتری شیمی کاربردی	20 سال	مدیر تولید و بهره برداری
صنعت تجهیزات کشاورزی	کارشناس ارشد مهندسی مکانیک	15 سال	مدیر تحقیق و توسعه R&D

www.SID.ir

3-1 تعاریف و جزئیات موانع پیاده سازی صنعت 4.0

- ✓ **سرمایه گذاری بالا در پیاده سازی صنعت 4.0**

به عقیده گیسباور وهمکاران (2014)، شرکت‌هایی که قصد اجرای طرح‌های صنعت 4.0 را دارند، باید متعهد شوند که سرمایه‌گذاری سالانه برنامه‌ریزی شده خود را تا 50 درصد برای پنج سال آینده افزایش دهند. این نه تنها به این معنی است که شرکت ها باید استراتژی های موجود خود را دوباره مهندسی کنند، بلکه به سرمایه گذاری قابل توجهی نیز برای دستیابی به اهداف صنعت 4.0 نیاز است[43]. برونیگ و همکاران (2016) بیان می کند که اکثر شرکت ها هنوز تمایلی به سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه مرتبط با صنعت 4.0 ندارند، که این موضوع چالش بزرگی در پیاده سازی صنعت 4.0 می باشد[44].

- ✓ **فقدان زیر ساخت های مناسب**

نتایج نظرسنجی پنتون اشاره می کند که در آن 33٪ از پاسخ دهندگان معتقد بودند که کمبود زیرساخت یک مشکل در پذیرش اینترنت اشیا است. این نظرسنجی همچنین نشان داد که بسیاری از شرکت‌ها اکنون به جای رقابت در زمینه توسعه زیرساخت‌های لازم مورد نیاز برای صنعت 4.0 با یکدیگر همکاری می‌کنند[45]. زیرساخت پهنای باند گسترده در تحقق صنعت 4.0 ضروری است. یکی از مشکلات عمده، حتی در کشورهای توسعه یافته مانند آلمان، فقدان پهنای باند پرسرعت قابل اعتماد برای شرکت های کوچک و متوسط است. فقط بازیکنان بزرگ با منابع گسترده در حال حاضر این نوع فناوری را در اختیار دارند[46].

- ✓ **اختلالات شغلی**

توسعه فناوری در حال ظهور اتوماسیونی را به ارمغان می آورد که ساختار مشاغل موجود را تغییر خواهند داد و این یک چالش اساسی در بازارهای کار می باشد[47،36،37].

- ✓ **فقدان مهارت کافی در نیروی کار**

برونیگ و همکاران (2016)، همچنین استدلال می کنند که بسیاری از شرکت ها اعتراف می کنند که تخصص یا مهارت لازم برای تحقق پتانسیل کامل برنامه های کاربردی صنعت 4.0 را ندارند[44]. گیسباور و همکاران (2014)، نشان می دهد که کارکنان فاقد صلاحیت، دومین مانع اصلی برای تحقق صنعت 4.0 هستند، زیرا کسب و کارها مبتنی بر داده و چابکی خواهند بود و به نیروی کار واجد شرایط بیشتری نیاز دارند[43].

- ✓ **مقاومت در برابر تغییر**

یکی از موانع پیاده سازی اینترنت اشیا در سازمان ها مربوط به کارمندانی است که تمایلی به تغییر روش کار خود ندارند. این کارکنان در برابر استفاده از فناوری‌های جدید و شیوه‌های مرتبط با آن مقاومت می‌کنند[48]. بعد دیگری از مقاومت توسط لی و لی (2015)،ارائه شده است، که استدلال می‌کنند که برخی از فناوری‌های اینترنت اشیا حجم عظیمی از داده‌های شخصی، مانند داده‌های مربوط به خانواده، سلامت و رفتار مالی را تولید می‌کنند که بسیاری از شرکت ها می توانند از آن برای اهرم کسب و کار خود استفاده کنند. این امر شرکت ها و همچنین افراد را از پذیرش اینترنت اشیا به دلیل ترس از نقض حریم خصوصی باز می دارد[49].

- ✓ **چالش ها در مدیریت داده ها و کیفیت داده ها**

در عصر کلان داده ها که در آن شرکت ها باید به یکدیگر متصل شوند، حجم زیادی از داده ها تولید می شود و ماهیت پیچیده چنین داده هایی همراه با ناهمگونی آن، اندازه گیری و دقت داده ها را دشوار می کند. علاوه بر این، زمانی که داده ها اغلب تغییر می کنند و با چندین همکار به اشتراک گذاشته می شود، یکپارچگی و سازگاری داده ها به یک چالش بزرگ تبدیل می شود[50].

- ✓ **عدم اطمینان از مزایای اقتصادی**

ارزیابی روشنی از منافع اقتصادی سرمایه گذاری در پیاده سازی فناوری های صنعت 4.0 صورت نگرفته است .و به وضوح مشخص نیست این مقدار هزینه جهت اجرای فناوری های صنعت 4.0 به چه میزان بهره وری را افزایش خواهد داد[36.37].

- ✓ **نابرابری**

صنعت 4.0 تنش اجتماعی را در بازار کار به همراه خواهد داشت. تأثیر این تنش می تواند مثبت یا منفی باشد، اما فناوری بازار را به دسته‌های مهارت‌های کم/دستمزد کم و مهارت‌های بالا/دستمزد بالا تفکیک می‌کند و در نتیجه تنش اجتماعی ایجاد می‌کند[51].

- ✓ **فقدان استانداردها**

به دلیل عدم وجود استانداردهای مطمئن و مشترک، چالش هایی در ادغام شبکه های ارزش آفرین با استانداردهای مختلف وجود دارد[46].

www.SID.ir

✓ **خطر نقض امنیت**

افزایش اتصال، یعنی پیوندهای پیچیده در میان شرکای زنجیره ارزش، نگرانی های متفق القول در مورد خطرات امنیتی به اشتراک گذاری اطلاعات بین شرکای کانال ایجاد می کند. برونیگ و همکاران (2016) نه تنها در مورد نگرانی های امنیت سایبری شرکت ها صحبت می کنند بلکه در مورد ترس از دست دادن داده های خود به نرم افزار و ارائه دهندگان خدمات شخص ثالث در صنعت 4.0 را چالش بزرگی می دانند[43.44].

جدول شماره 4 : موانع و کد عوامل

مانع	کد عامل	منبع
سرمایه گذاری بالا در پیاده سازی صنعت 4.0	**C1**	Geissbauer et al., 2014 Breunig et al., 2016 Kamble et al., 2018; Buer et al., 2018
فقدان زیر ساخت های مناسب	**C2**	Schröder, 2016; Kamble et al., 2018; Xu et al., 2018
اختلالات شغلی	**C3**	Haddud et al., 2017; O'Halloran and Kvochko, 2015; Ryan and Watson, 2017; Kamble et al., 2018
فقدان مهارت کافی در نیروی کار	**C4**	Breunig et al., 2016; Geissbauer et al., 2014; McKinsey Digital, 2016, p. 12; Kamble et al., 2018
مقاومت در برابر تغییر	**C5**	Haddud et al., 2017; Lee and Lee,2015 Schröder, 2016
چالش ها در مدیریت داده ها و کیفیت داده ها	**C6**	Chen et al., 2014; Lohr, 2012 Buer et al., 2018; Xu et al,2018 Zhou et al., 2015 ;
عدم اطمینان از مزایای اقتصادی	**C7**	Oesterreich and Teuteberg, 2016; McKinsey Digital, 2016, p. 12; Kamble et al., 2018
نابرابری	**C8**	Schwab, 2017
فقدان استانداردها	**C9**	Kamble et al., 2018; Oesterreich and Teuteberg, 2016
خطر نقض امنیت	**C10**	Geissbauer et al., 2014; Breunig et al,2016 Lee and Lee, 2015

مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM)

مدلسازی ساختاری تفسیری که توسط وارفیلد معرفی و توسعه داده شده است، یک فرآیند یادگیری تعاملی است که در آن مجموعهای از عناصر متفاوت در قالب یک مدل سیستماتیک جامع ساختاردهی میشوند و با استفاده از آن، تأثیر یک متغیر بر دیگر متغیرها بررسی میشود. این روش، مدلهای ذهنی مبهم را به مدل هایی شفاف تبدیل میکند و موجب ترسیم روابط پیچیده بین تعداد زیادی از عناصر در یک موقعیت پیچیده تصمیم میشود. با تحلیل تأثیر یک عنصر بر دیگر عناصر، ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم بررسی و بر پیچیدگی بین عناصر غلبه می شود.

1. گام اول

شناسایی متغیرهای مرتبط با مسئله: این مرحله با بررسی مطالعات گذشته و دریافت نظر خبرگان صورت می گیرد.

2. گام دوم

تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری SSIM: در این مرحله متغیرهای مسئله، دوبه دو باهم بررسی می شوند و با استفاده از نمادهای زیر به تعیین روابط بین متغیرها پرداخته میشود.

جدول شماره 5 : علامت های استفاده شده در مدل ساختاری تفسیری

V	متغیر i بر متغیر j تأثیر میگذارد
A	متغیر j بر متغیر i تأثیر میگذارد
X	متغیر i و j هر دو بر یکدیگر تأثیر میگذارند
O	متغیر i و j بر یکدیگر تأثیر نمیگذارند

www.SID.ir

3. گام سوم

ایجاد ماتریس دسترسی اولیه : از طریق تبدیل نمادهای A ، X،V ، Oبه 0 و 1 برای هر متغیر، ماتریس خود تعاملی ساختاری به یک ماتریس دودویی تبدیل می شود.

جدول شماره 6 : نحوه تبدیل روابط مفهومی به اعداد

نماد مفهومی	زوجi	زوجj
V	**1**	**0**
A	**0**	**1**
X	**1**	**1**
O	**0**	**0**

4. گام چهارم

بادر نظرگرفتن رابطه تعدي بين عناصر لازم است ماتريس دستيابی اوليه سازگار شود. به عنوان نمونه اگر عامل يک منجر به عامل دو شود و عامل دو هم منجر به عامل سه شود، بايد عامل يک نيز منجر به عامل سه شود و اگر در ماتريس دستيابی اين حالت برقرار نبود، بايد ماتريس اصلاح شده و روابطی که ازقلم افتاده جايگزين شوند.برای ايجاد اين ماتريس می توان از روش تعيين ماتريس دسترسی با استفاده از نظريه اويلر استفاده کرد.

1: $A+I$

2: $M=(A+I)^n$

A: ماتریس دسترسی اولیه ، I: ماتریس همانی و M ماتریس نهایی می باشد

توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولن باشد. طبق این قاعده 1=1×1 و 1=1+1 میباشد

5. گام پنجم

تعیین سطح و اولویت متغییر ها: پس از تعیین مجموعه قابل دستیابی و مجموعه متقدم برای هریك از معیارها و تعیین مجموعه ی مشترک، سطح بندی معیارها انجام می شود. با بدست آوردن اشتراک دو مجموعه قابل دستیابی و متقدم، مجموعه مشترک بدست می آید . معیارهایی که مجموعه ی مشترک شان با مجموعه قابل دستیابی شان یکی باشد، سطح اول اولویت را به خود اختصاص می دهند. با حذف این معیارها و تکرار این فرایند برای سایر معیارها، سطوح سایر معیارها نیز مشخص می شود

6. گام ششم

ترسیم مدل ساختاري- تفسيري: بر اساس سطوح تعيين شده و ماتريس دستيابی نهايی، مدل ترسيم ميشود. پس از تعيين روابط و سطح متغيرها ميتوان آنها را به شکل مدلی ترسيم کرد. به همين منظور ابتدا متغيرها، برحسب سطح آنها به ترتيب از بالا به پايين تنظيم می شوند.

7. گام هفتم

تجزیه و تحلیل MICMAC

تجزيه وتحليل MICMAC بر پايه قدرت نفوذ (تأثيرگذاري) و ميزان وابستگی (تأثيرپذيري) هر متغير شکل گرفته و امکان بررسی بيشتر محدوده هر يک از متغيرها را فراهم می سازد. در اين تحليل متغيرها به چهار گروه خودمختار، وابسته، پيوندي (رابط) و مستقل تقسيم ميشوند.

- خودمختار: ميزان وابستگی و قدرت هدايت کمی دارند اين معيارها عموماً از سيستم جدا ميشوند زيرا داراي اتصالات ضعيف با سيستم هستند. تغييري در اين متغيرها باعث تغيير جدي در سيستم نميشود.
- وابسته: اين متغيرها داراي وابستگی قوي و هدايت ضعيف هستند اين متغيرها اصولاً تأثيرپذيري بالا و تأثيرگذاري کمی روي سيستم دارند.
- مستقل: اين متغيرها داراي وابستگی کم و هدايت بالا ميباشند به عبارتی ديگر تأثيرگذاري بالا و تأثيرپذيري کم از ويژگی هاي اين متغيرها است.
- رابط: اين متغيرها از وابستگی بالا و قدرت هدايت بالا برخوردارند به عبارتی تأثيرگذاري و تأثيرپذيري اين معيارها بسيار بالاست و هر تغيير کوچکی بر روي اين متغيرها باعث تغييرات اساسی در سيستم ميشود.

با توجه به توضیحات روش ساختاری- تفسیری مراحل اجرای گام ها آورده شده است

جدول شماره 7: ماتریس تعاملی ساختاری

معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	-	O	V	V	O	O	V	X	O	O
C2		-	V	X	X	X	V	A	A	X
C3			-	V	O	X	V	X	O	O

www.SID.ir

C4			-	V	V	X	X	X	O
C5				-	O	X	O	O	O
C6					-	V	V	V	V
C7						-	V	O	V
C8							-	O	O
C9								-	V
C10									-

جدول شماره 8: ماتریس دسترسی اولیه

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0
C2	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
C3	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
C4	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
C5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
C6	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
C7	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
C8	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
C9	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
C10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

جدول 9: ماتریس دسترسی نهایی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	قدرت نفوذ
C1	1	0	1	1	1*	1*	1	1	1*	1*	9
C2	0	1	1	1	1	1	1	1*	1*	1	9
C3	0	0	1	1	1*	1	1	1	1*	0	7
C4	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1*	8
C5	0	1	0	0	1	1*	1	1*	1*	1*	7
C6	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7
C7	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	5
C8	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	5
C9	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	4
C10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
قدرت وابستگی	2	7	5	7	6	6	7	8	7	8	

تعیین سطح در ISM

سطح	اشتراک	مجموعه مقدم	مجموعه قابل دستیابی	معیار
	1.8	1.8	1.3.4.5.6.7.8.9.10	1
	2.4.5.6.8.9.10	2.4.5.6.8.9.10	2.3.4.5.6.7.8.9.10	2
	.3.6.8	1.2.3.6.8	3.4.5.6.7.8.9	3

www.SID.ir

4	2.4.5.6.7.8.9.10	1.2.3.4.7.8.9	.2.4.7.8.9	
5	2.5.6.7.8.9.10	1.2.3.4.5.7	2.5.7	
6	2.3.6.7.8.9.10	1.2.3.4.5.6	2.3.6	
7	4.5.7.8.10	1.2.3.4.5.6.7	4.5.7	
8	1.2.3.4.8	1.2.3.4.5.6.7.8	1.2.3.4.8	1
9	2.4.9.10	1.2.3.4.5.6.9	2.4.9	
10	2.10	1.2.4.5.6.7.9.10	2.10	1

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3.4.5.6.7.9	1	1	
2	2.3.4.5.6.7.9	2.4.5.6.9	2.4.5.6.9	
3	3.4.5.6.7.9	1.2.3.6	3.6	
4	2.4.5.6.7.9	1.2.3.4.7.9	2.4.7.9	
5	2.5.6.7.9	1.2.3.4.5.7	2.5.7	
6	2.3.6.7.9	1.2.3.4.5.6	2.3.6	
7	4.5.7	1.2.3.4.5.6.7	4.5.7	2
9	2.4.9	1.2.3.4.5.6.9	2.4.9	2

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3.4.5.6	1	1	
2	2.3.4.5.6	2.4.5.6	2.4.5.6	
3	3.4.5.6	1.2.3.6	3.6	
4	2.4.5.6	1.2.3.4	2.4	
5	2.5.6	1.2.3.4.5	2.5	
6	2.3.6	1.2.3.4.5.6	2.3.6	3

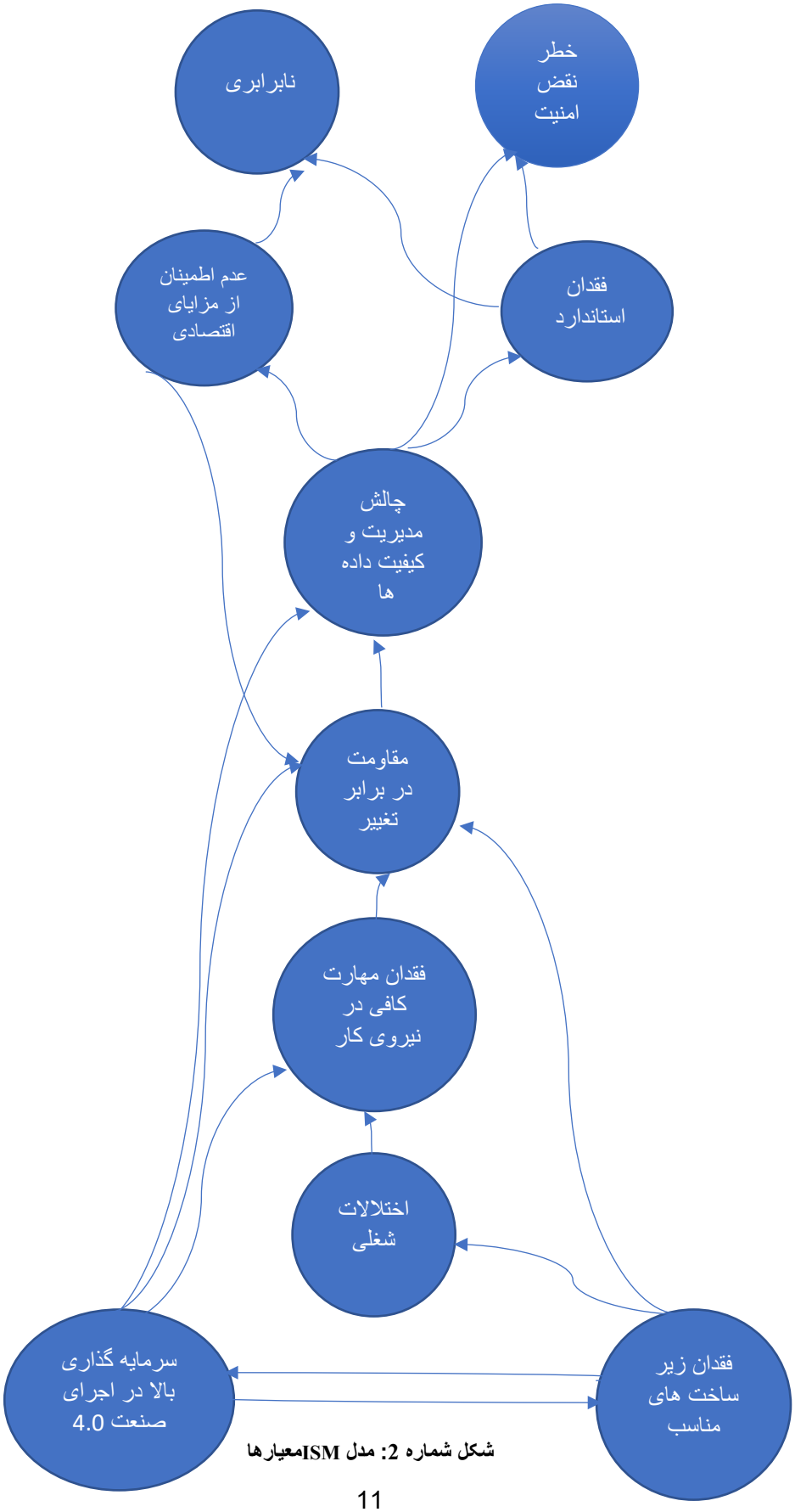
معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3.4.5	1	1	
2	2.3.4.5	2.4.5	2.4.5	
3	3.4.5	1.2.3	3	
4	2.4.5	1.2.3.4	2.4	
5	2.5	1.2.3.4.5	2.5	4

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3.4	1	1	
2	2.3.4	2.4	2.4	
3	3.4	1.2.3	3	
4	2.4	1.2.3.4	2.4	5

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3	1	1	
2	2.3	2	2	
3	3	1.2.3	3	6

معیار	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	اشتراک	سطح
1	1.3	1	1	7
2	2	2	2	7

www.SID.ir

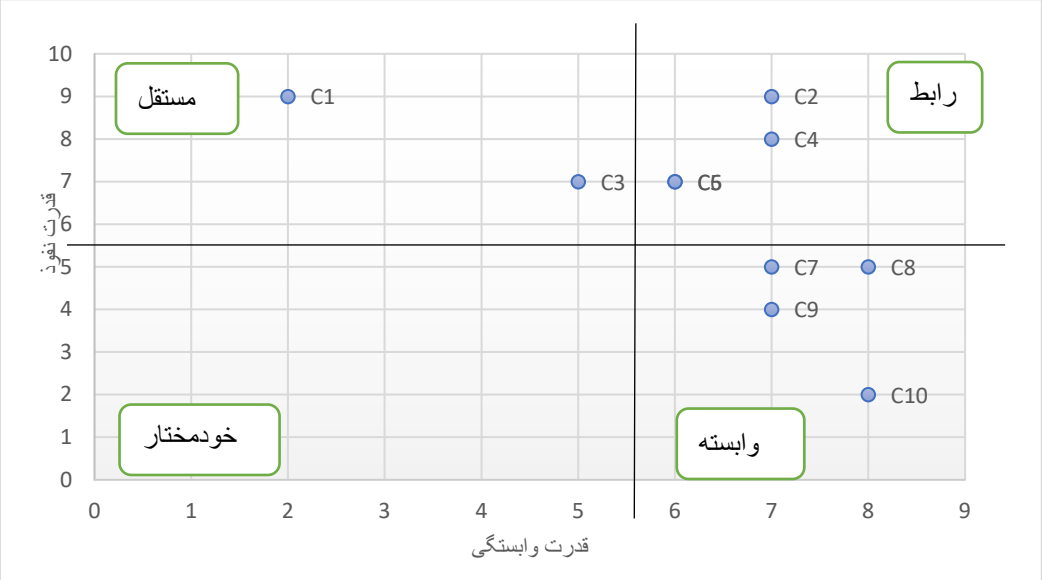


شکل شماره 2: مدل ISMمعیارها

www.SID.ir

تحلیل MICMAC

پس از تعیین قدرت محرک یا اثرگذاری و قدرت وابستگی معیارها، می توان تمامی موانع را در یکی از خوشه های چهارگانه قرار داد. بر روی ماتریس مورد نظر نقاط مرزی معمولاً یك واحد بزرگتر از میانگین تعداد عوامل می باشند.
همان طور که از شکل شماره 3 مشخص است، معیار C8 و C10 دارای بیشترین میزان وابستگی می باشند و بیشترین تاثیر را از سایر عوامل سیستم می پذیرند لذا این دو معیار خروجی تعاملات سایر معیارها می باشند. در درجات بعدی معیارهای C7و C9نیز در خوشه وابسته دسته بندی شده اند.
معیار های C1و C3 که در ناحیه مستقل یا اثرگذار قرار دارند معیارهای کلیدی می باشند و بیشترین تاثیر را در عدم اجرای صنعت 4.0 بازی می کنند.
معیارهای C2, C4و C5 در خوشه رابط یا پیوندی قرار گرفته اند که هر تغییر کوچکی روی این معیار ها کل سیستم را متاثر می کند به بیان دیگر این معیارها هر تغییر در این معیار ها تاثیر بر دیگر معیارها یا بازخوردی بر خودشان است.



شکل شماره 3: خوشه بندی معیارها

4- نتیجه گیری

در عصر حاضر با توجه به پیشرفت فناوری های نوظهور که در سایه انقلاب صنعتی 4.0 شکل گرفته اند و نقاط تلاقی فناوری اطلاعات و تکنولوژی می باشند به ناچار محیط کسب و کار را دگرگون کرده و تغییر شکل هایی را در آینده نزدیک در بخش های مختلف اعم از ساختار سازمانی ، مدیریتی، تصمیم گیری ، منابع انسانی و ... را شاهد خواهیم بود. در این موقعیت زمانی سازمان ها باید روی موج این انقلاب سوار شده و از مزایای آن بهرمند شوند در غیر اینصورت قطعا دچار زوال خواهند شد.پژوهش های زیادی در مورد مزایای صنعت 4.0 انجام گرفته است ولی در خصوص موانع پیاده سازی آن نیاز به مطالعات و پژوهش های بیشتر می باشد. در این پژوهش پس از بررسی انقلاب صنعتی 4.0 و فناوری های آن، 10 مانع اصلی و تاثیر گذار شناسایی واز نظر 5 نفر از خبرگان صنعت استفاده شد. پس از بررسی ها و نتایج بدست آمده از تحلیل میک مک مشاهده می شود که از میان عوامل معرفی شده هیچ کدام در ناحیه خودمختاری قرار نگرفته است که این بدان معناست تمامی عوامل مهم و تاثیرگذار می باشد. در میان عوامل سرمایه گذاری بالا و اختلالات شغلی دو تا از مهمترین عوامل تاثیرگذار و پایه ای می باشد عواملی که جز معیار های کلیدی می توان آنها را قرار داد و تاثیر بسزایی در عدم پذیرش صنعت 4.0 در بخش تولید می باشد. فناوری های صنعت 4.0 فناوری هایی با هزینه پیاده سازی بالایی می باشند و لذا از انجایی که شرکت های کوچک و متوسط بودجه کافی برای اجرای آن را ندارند پذیرش در این صنایع کمتر اتفاق می افتد. معیار دوم نیز اختلالات شغلی می باشد که این تفکر جایگزینی تکنولوژی به جای نیروی کار را در اذهان قشر کارگری و کارمندی ایجاد خواهد کرد که این خود مانعی مهم در اجرای صنعت 4.0 می باشد.
به نظر می رسد پیاده سازی صنعت 4.0 مخصوصا برای صنایع تولیدی نیاز به حمایت و کمک دولت دارد تا با حمایت های مالی خود صنایع را در راهبرد اجرای صنعت 4.0 کمک کند و همچنین با توجه به تغییر ماهیت کار، نیاز است تا مدیران صنایع آموزش های لازم در خصوص فناوری ها و تکنولوژی ها را به نیروی کار خود منتقل کنند.

www.SID.ir

منابع

[1] Vinodh, S., Antony, J., Agrawal, R., & Douglas, J. A. (2020). Integration of continuous improvement strategies with Industry 4.0: a systematic review and agenda for further research. The TQM Journal.
[2] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. -., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. Business and Information Systems Engineering, 6(4), 239-242
[3] Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. International Journal of Production Research, 56(8), 29412962
[4] Horváth, D., & Szabó, R. Z. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities?. Technological Forecasting and Social Change, 146, 119-132
[5] Li, L. (2017). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". Technological Forecasting and Social Change
[6] D'antonio, G., Macheda, L., Bedolla, J. S., & Chiabert, P. (2017, July). Plm-mes integration to support industry 4.0. In IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (pp. 129-137). Springer, Cham
[7] Kohler, D., & Weisz, J. D. (2016). Industrie 4.0: les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand. Paris: La Documentation française
[8] 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.
[9] McKinsey Digital (2016), Industry 4.0 after the initial hype. Where manufacturers are finding value and how they can best capture it, McKinsey & Company.
[10] Manesh, M. F., Pellegrini, M. M., Marzi, G., & Dabic, M. (2020). Knowledge management in the fourth industrial revolution: Mapping the literature and scoping future avenues. IEEE Transactions on Engineering Management, 68(1), 289-300.
[11] Qiu, X., Luo, H., Xu, G., Zhong, R., Huang, G.Q., 2015. Physical assets and service sharing for IoTenabled Supply Hub in Industrial Park (SHIP). Int. J. Prod. Econ. 159, 4–15.
[12] Büchi, G., Cugno, M., Castagnoli, R., 2020. Smart factory performance and Industry 4.0. Technol. Forecast. Soc. Change 150, 119790.
[13] Sung, T.K., 2018. Industry 4.0: A Korea perspective. Technol. Forecast. Soc. Change 132, 40–45.
[14] Ben-Daya, M., Hassini, E., Bahroun, Z., 2019. Internet of things and supply chain management: a literature review. Int. J. Prod. Res. 57, 4719–4742.
[15] Kamble, S.S., Gunasekaran, A., Parekh, H., Joshi, S., 2019. Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains. J. Retail. Consum. Serv. 48, 154–168
[16] Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. International Journal of Production Economics.
[17] Bogoviz, A. V., Osipov, V.S., Chistyakova, M.K., Borisov, M.Y., 2019. Comparative Analysis ofFormation of Industry 4.0 in Developed and Developing Countries, in: Studies in Systems Decision and Control. pp. 155–164
[18] Orenga-Roglá, S.; Chalmeta, R. Framework for implementing a big data ecosystem in organizations. Commun. ACM 2018, 62, 58–65
[19] Shin, N.-H.; Choi, M.J. Ecological views of big data: Perspectives and issues. Telemat. Inform. 2015, 32, 311–320
[20] M. A. K. Bahrin, M. F. Othman, N. H. N. Azli, and M. F. Talib, "INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC," Jurnal Teknologi, vol. 78, no. 6–13, Jun. 2016
[21] J. Nagy, J. Oláh, E. Erdei, D. Máté, and J. Popp, "The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary," Sustainability, vol. 10, no. 10, pp. 1–25, 2018.
[22] Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., & Sundmaeker, H. 2014. Internet of Things Strategic Research and Innovation Agenda. Internet of Things Applications from Research and Innovation to Market Deployment: 7–142.
[23] D. M. Kückelhaus, "DHL Customer Solutions & Innovation Represented by Matthias Heutger, Senior Vice President Strategy, Marketing & Development, DHL CSI 53844 Troisdorf, Germany," p. 28.
[24] J. Carmigniani and B. Furht,2011, Chapter 1 Augmented Reality: An Overview
[25] Ghobakhloo, M., 2018. The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry .4.0 J. Manuf. Technol. Manag. 29, 910–936 .
[26] Zhong, R.Y., Xu, X., Klotz, E., Newman, S.T., 2017. Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering 3, 616–630.
[27] Rossit, D.A., Tohmé, F., Frutos, M., 2019. Industry 4.0: Smart Scheduling. Int. J. Prod. Res. 57, 3802–3813
[28] Haseeb, M., Hussain, H.I., Ślusarczyk, B., Jermsittiparsert, K., 2019. Industry 4.0: A Solution towards Technology Challenges of Sustainable Business Performance. Soc. Sci. 8, 154.
[29] Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., Barbaray, R., 2018. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. Int. J. Prod. Res. 56, 1118–1136
[30] Porter, M.E., Heppelmann, J.E., 2015. How smart, connected products are transforming companies. Harv. Bus. Rev
[31] Frank, Alejandro Germán, Dalenogare, L.S., Ayala, N.F., 2019. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. Int. J. Prod. Econ. 210, 15–26
[32] Bonilla, S., Silva, H., Terra da Silva, M., Franco Gonçalves, R., Sacomano, J., 2018. Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. Sustainability 10, 3740
[33] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M., 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Futur. Gener. Comput. Syst. 29, 1645–1660
[34] Dolgui, A., Ivanov, D., Sethi, S.P., Sokolov, B., 2018. Scheduling in production, supply chain and Industry 4.0 systems by optimal control: fundamentals, state-of-the-art and applications. Int. Prod. Res. 7543, 1–22
[35] Suresh N, Hemamala K, Ashok N. Challenges in implementing industry revolution 4.0 in Indian manufacturing SMES: insights from five case studies. Int J of Eng & Tech 2018; 7:136.

www.SID.ir

[36] Kamble SS, Gunasekaran A, Sharma R. Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry.Comp in Indus 2018;107–19.
[37] 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
[38] V. Koch, S. Kuge, R. Geissbauer, S. Schrauf, Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the Industrial Internet, Available at: from Strategy & PwC, 2014 Accessed on 20th December 2017
[39] E. Geisberger, M. Broy (Eds.), AgendaCPS: Integrierte Forschungsagenda CyberPhysical Systems, Vol. 1 Springer-Verlag. Gilchrist, Alasdair. Industry 4.0: the industrial internet of things. Apress, 2016, 2012
[40] Türkeș, M.C., Oncioiu, I., Aslam, H.D., Marin-Pantelescu, A., Topor, D.I., Căpușneanu, 2019 .Drivers and barriers in using industry 4.0: a perspective of SMEs in Romania. Processes 7 (3), 153
[41] Stentoft, J., Jensen, K.W., Philipsen, K., Haug, A., 2019, January, January. Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: a SME Perspective with Empirical Evidence. Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences.
[42] Birkel, H. S., Veile, J. W., Müller, J. M., Hartmann, E., and Voigt, K. I. (2019). Development of a Risk Framework for Industry 4.0 in the Context of Sustainability for Established Manufacturers. *Sustainability*, 11, 2, 384.
[43] Geissbauer, R., Schrauf, S. & Koch, V. (2014). Industry 4.0: Opportunities and Challenges of Industrial Internet, PricewaterhouseCoopers.
[44] Breunig, M., Kelly, R., Mathis, R., & Wee, D. (2016). Getting the most out of Industry 4.0. Retrieved March 12, 2018.
[45] Buntz, B. (2016). Top 10 Barriers for Adoption of the Internet of Things. Retrieved July, 2018,
[46] Schröder, C. (2016). The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn
[47] Moktadir A, Mithun Ali S, Kusi-Sarpong S, Ali Shaikh A..Process safety and environmental protection. Inst of Chem Eng 2018; 1-12.
[48] Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. Journal of Manufacturing Technology Management, 28(8), 1055-1085.
[49] Lee, I., & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. Business Horizons, 58(4), 431-440.
[50] Khan, N., Yaqoob, I., Hashem, I. A. T., Inayat, Z., Ali, M., Kamaleldin, W., ... & Gani, A. (2014). Big data: survey, technologies, opportunities, and challenges. The Scientific World Journal, 2014.
[51] Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution. Crown Business.

www.SID.ir