



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
سال هشتم / شماره سی‌ویکم / پاییز ۱۳۹۸

ارائه چارچوب مناسب (شاخصهای ترکیبی) ارزیابی آمادگی بنگاه‌ها و شهرکهای صنعتی برای پیاده‌سازی مولفه‌های بنیادین انقلاب صنعتی چهارم و توسعه سرمایه‌گذاری

محمد رضا عارف

استاد ممتاز دانشکده برق دانشگاه شریف

احمد جعفر نژاد

استاد دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

ابوالفضل کیانی بختیاری

دانش آموخته دکترای مدیریت تکنولوژی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

kiani@imi.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۲

چکیده

در سال‌های اخیر، تحولات فناورانه و نوآوری‌های پیاپی در فرایندهای ساخت و تولید، تغییرات عمیقی را در چشم‌انداز صنعتی جهان ایجاد کرده‌اند. در این میان، شاهد ظهور مفهوم صنعت ۴،۰ نیز بوده‌ایم و پژوهشگران نیز توجه فزاینده‌ای به این موضوع نشان داده‌اند. در مطالعه پیش رو، پژوهش‌های پیشین مرتبط با مدل‌ها و شاخص‌های ارزیابی میزان آمادگی بنگاهها برای مواجهه با صنعت ۴،۰ بررسی شده‌اند. این پارادایم صنعتی جدید که از طریق درهم آمیزی فناوری‌ها بر پایه سامانه‌های فیزیکی سایبری و تحول دیجیتال ایجاد شده‌است، پیامدهای متحولانه‌ای را برای صنعت و اقتصاد به همراه دارد. با توجه به اهمیت موضوع، مولفه‌های بنیادین و شاخص‌های ارزیابی آمادگی صنعت ۴،۰ استخراج و چارچوب فرایندی متناسب برای بنگاههای کشور ارائه شده است. روش تحقیق این پژوهش روش آمیخته کیفی و کمی است، ابتدا در پایگاههای معتبر علمی از جمله Emerald, Sage, Science Direct و Springer ۴۰ مقاله معتبر در خصوص شاخص‌های ارزیابی میزان آمادگی و بلوغ بنگاهها برای مواجهه و پیاده‌سازی صنعت ۴،۰ استخراج و مورد بررسی قرار گرفت از این تعداد ۱۶ مقاله مرتبط انتخاب و پس از بررسی تطبیقی شاخص‌های پیشنهادی برای ارزیابی میزان آمادگی و بلوغ متناسب با بنگاهها و شهرکهای صنعتی ایران مستخرج از مطالعات مرتبط و پنل خبرگی ارائه و با استفاده از دیمتل و مدل سازی تفسیری - ساختاری (ISM) مدل فرایندی آزمایش و اعتبارسنجی اولیه ساختار و محتوای این شاخص‌ها و قابلیت اجرای آن در محیط‌های عملیاتی واقعی ارائه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: صنعت ۴،۰، انقلاب صنعتی چهارم، شاخص‌های بلوغ صنعت ۴،۰، مدل فرایندی ارزیابی صنعت ۴،۰.

۱- مقدمه

مفهوم صنعت ۴,۰ نخستین بار به هدف توسعه اقتصاد آلمان در سال ۲۰۱۱ مطرح شد. (Roblek et al., 2016; Vogel-Heuser and Hess, 2016). به گفته لوکاک (Lukac, 2015)، انقلاب اول صنعتی در اواخر قرن ۱۸ آغاز شد و نمود آن کارخانه‌های تولید مکانیکی بودند که بر مبنای قدرت آب و بخار کار می‌کردند. انقلاب صنعتی دوم در ابتدای قرن بیستم آغاز شد و نمود آن تولید انبوه بر مبنای انرژی برق بود. انقلاب سوم در دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و ویژگی آن تولید بر مبنای فناوری الکترونیک و اینترنت بود؛ و اکنون، انقلاب صنعتی چهارم، که آن را صنعت ۴,۰ می‌نامند، در حال رخ دادن است و ویژگی آن تولید بر مبنای سیستم‌های سایبرفیزیکی بوده و مبتنی بر داده‌های ناهمگن و یکپارچگی دانش است. نقش اصلی سیستم‌های سایبرفیزیکی این است که الزامات پویا و چابکی مورد نیاز برای تولید را فراهم کنند و کارایی و اثربخشی کل صنعت را بالا ببرند. هدف صنعت ۴,۰ رسیدن به سطح بالاتری کارایی عملیاتی و بهره‌وری و همچنین، سطح بالاتری از اتوماسیون است (Thames and Schaefer, 2016). در دنیای امروز، چالش‌های صنعتی منتج از تحولات تکنولوژیک و اجتماعی، بنگاه‌های صنعتی را ناچار می‌سازد که چابکی و قدرت واکنش سریع خود را بهبود دهند تا بتوانند کل زنجیره تأمین خود را مدیریت کنند. بنابراین، شرکت‌ها به تکنولوژی‌های مجازی و فیزیکی‌ای نیاز دارند که قابلیت همکاری و انطباق سریع را برای کسب‌وکارها و عملیات‌های آن‌ها فراهم می‌سازند. پیاده‌سازی استراتژی‌های صنعت ۴,۰ مستلزم تغییرات زیادی در شرکت‌هاست. طبق تحقیقات به عمل آمده، مدیران ارشد بسیاری از صنایع در مورد برودادهای پروژه‌های صنعت ۴,۰ و هزینه‌های سرمایه‌گذاری چندان مطمئن نیستند و برخی از آن‌ها دانش کافی را درباره مفهوم صنعت ۴,۰ ندارند. از اینرو، مدل‌های آمادگی و بلوغ، دانش گسترده‌ای درباره وضعیت فعلی شرکت‌ها و روش‌هایی برای پیاده‌سازی استراتژی‌های صنعت ۴,۰ فراهم می‌آورند.

برخی از مولفه‌های انقلاب صنعتی چهارم از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و ناگزیر می‌باید بخش‌های صنعتی و بویژه شهرک‌های صنعتی و فناوری نسبت به توسعه و پیاده‌سازی این مولفه‌ها اقدام نمایند. برای مثال اینترنت اشیا (IIOT) کلان داده‌ها (Big Data) و رایانش ابری (Cloud Computing) برای هوشمندسازی بخش‌های صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. بر اساس پیش‌بینی موسسه مکنزی تا افق ۲۰۲۵ تمایل و حرکت بخش‌های صنعتی جهان به سوی هوشمندسازی و اتصال به اینترنت و توسعه فناوری (IIOT) شتاب فزاینده‌ای خواهد داشت. مکنزی در افق مذکور بازار بالقوه ۴ تا ۱۱ هزار میلیارد دلاری برای IOT پیش‌بینی نموده است که کشور ایران اگر بتواند تنها ۱٪ این بازار را به خود اختصاص دهد، بازار ۴۰ تا ۱۱۰ میلیارد دلاری خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ بیش از ۲۸ میلیارد میلیارد شی به اینترنت متصل شود و بازاری در حدود ۷۰۰۰ میلیارد دلاری را رقم خواهد زد که ۱٪ سهم بازار ایران ۷۰ میلیارد دلار خواهد بود.^۱

درآمد حاصل از کلان داده تا سال ۲۰۲۰ به ۲۰۳ میلیارد دلار خواهد رسید و ۱٪ سهم بازار ایران بازار بالغ بر ۲ میلیارد دلار خواهد شد.

بنابراین این پژوهش از اینرو حائز اهمیت است که بخش های صنعتی کشور می باید بتوانند با یک چارچوب (شاخص های ترکیبی) جامع توان و آمادگی خود برای پذیرش انقلاب صنعتی چهارم را ارزیابی نمایند و نسبت به پیاده سازی مدل با هدف حرکت همسو با تحولات فناورانه بویژه در زمینه هوشمند سازی صنایع و شهرک های صنعتی اقدام نمایند.

مساله اصلی این تحقیق ارزیابی میزان آمادگی و بلوغ بخش های صنعتی بویژه شهرک های صنعتی برای پذیرش و پیاده سازی مولفه های اصلی انقلاب صنعتی چهارم است. بخش های صنعتی و بویژه شهرک های صنعتی سراسر دنیا که از نظر تعداد و نوع فعالیت بخش عمده ای از صنایع را در خود استقرار می دهند، به دلیل تحولات اخیر در زمینه های زیست محیطی، اقتصادی و فناوری به قابلیت های مختلفی برای مدیریت چابک و ساختارهای مجازی و فیزیکی هوشمند نیاز خواهند داشت. می توان گفت که بخش اعظم پیشرفت های فعلی در بنگاه های صنعتی وابسته به سطح فناوری اطلاعات نظیر سیستم های سایبر فیزیکی، اینترنت اشیا، رایانش ابری، سیستم داده های کلان و داده کاوی ... می باشد.

مساله اصلی این پژوهش، ارائه یک چارچوب ارزیابی نظام مند برای سنجش میزان آمادگی بنگاهها و شهرک های صنعتی برای پیش مولفه های مهم انقلاب صنعتی چهارم می باشد. این چارچوب از جنبه علمی به دنبال کسب داده های معتبر درباره وضعیت کنونی بنگاهها و میزان آمادگی آنها برای پیاده سازی انقلاب صنعتی چهارم است.

۲- مبانی نظری و مرور پژوهش

مدل های آمادگی^۲ تعیین می کنند که آیا سازمان آمادگی شروع فرایند را دارد یا خیر، اما مدل بلوغ^۳ روشن می کند که سازمان در چه سطحی از بلوغ در آن فرایند قرار دارد. دافی (۲۰۰۱) نیکو و همکاران (۲۰۱۶)، بلوغ را قرار داشتن در وضعیت کامل تعریف کردند. ملتر (۲۰۰۹) بلوغ را به مثابه توسعه توانمندی خاص و رسیدن به موفقیت مورد نظر تعریف کردند. پروسکا و بوربینا (۲۰۱۶) بیان داشتند که بلوغ می تواند به عنوان یک شاخص ارزیابی مورد استفاده قرار بگیرد و بلوغ را به مثابه کامل بودن، بی نقص بودن، و آماده بودن تعریف می کنند. به نظر تارهان و همکاران (۲۰۱۶)، مدل بلوغ یک تکنیک ارزشمند برای بررسی فرایندها و سازمان دهی از منظرهای مختلف است. امروزه، مدل های بلوغ به ابزارهایی ارزشمند برای ارزیابی سازمان ها تبدیل شده اند. مدل های بلوغ سازمان ها را به گونه ای رهنمون می سازند تا خود را بر اساس نتایج ارزیابی، بررسی و اصلاح کنند و مسیر مناسب را برای رسیدن به سطح مطلوب دنبال کنند و همچنین ضعف ها، قوت ها و فرصت های موجود را در راه رسیدن به بلوغ شناسایی کنند. به عقیده شوماخر (۲۰۱۶)، مدل بلوغ ابزاری برای مقایسه وضع موجود سازمان دهی و فرایندهای سازمان با وضع مطلوب است. مدل های بلوغ به سازمان ها کمک می کنند تا تصمیم بگیرند که چه زمانی و چرا باید دست به عمل بزنند. همچنین به سازمان ها نشان می دهد که برای رسیدن به درجات بالای بلوغ، چه اقداماتی را باید انجام دهند.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۵ توسط شرکت IBM انجام شد، این نتیجه حاصل شد که تحول صنعت ۴,۰، دشواری‌های بسیاری دارد که علت آن عدم کفایت تکنولوژی‌های IT موجود، ضعف دانش و همچنین هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری است. تحول دیجیتالی کسب‌وکارها و عملیات در شرکت‌ها، نیازمند سرمایه‌گذاری برای توسعه تکنولوژی‌های ارتباطات و اطلاعات و ماشین‌آلات می‌باشد.

مدل‌های موجود آمادگی و بلوغ صنعت ۴,۰ مستخرج از مرور ادبیات

- ۱) مدل IMPULS: آمادگی صنعت ۴,۰ (۲۰۱۵)^۴
- ۲) مدل خود-ارزیابی عملیات‌های دیجیتالی صنعت ۴,۰ (۲۰۱۶)^۵
- ۳) مدل بلوغ بنگاه متصل^۶ (۲۰۱۶)
- ۴) مدل بلوغ صنعت ۴,۰ (۲۰۱۶)^۷

۱) مدل IMPULS: آمادگی صنعت ۴,۰ (۲۰۱۵)

این مدل توسط لیشت‌بلا و همکاران ارائه شده است. این مدل از شش سطح آمادگی صنعت ۴,۰ به شرح زیر تشکیل شده است:

- سطح ۰: بیگانه^۸
- سطح ۱: مبتدی^۹
- سطح ۲: متوسط^{۱۰}
- سطح ۳: تجربه‌گر^{۱۱}
- سطح ۴: متخصص^{۱۲}
- سطح ۵: حرفه‌ای^{۱۳}

این مدل شامل شش بعد صنعت ۴,۰ نیز هست که عبارت‌اند از: "استراتژی و سازمان"^{۱۴}، "کارخانه هوشمند"^{۱۵}، "عملیات‌های هوشمند"^{۱۶}، "محصولات هوشمند"^{۱۷}، "خدمات مبتنی بر داده"^{۱۸}، و "کارکنان"^{۱۹}. ابعاد و زمینه‌های مربوط به هر یک در جدول ۱ آورده شده است.

در مدل آمادگی پیشنهاد شده، سطح آمادگی صنعت ۴,۰ در شرکت‌ها از ۰ تا ۵ رتبه‌بندی می‌شود. پرسش‌نامه این مدل آمادگی، ویژگی‌های ساختاری شرکت‌ها، دانش آن‌ها درباره صنعت ۴,۰، انگیزه آن‌ها و موانع پیش روی آن‌ها برای سیر به سمت صنعت ۴,۰ را مورد سنجش قرار می‌دهد. پرسش‌نامه ۲۴ پرسش برای شش بعد مذکور و چند پرسش درباره صنعت، اندازه بازار کار محلی و سود سالانه دارد. در این پرسش‌نامه برای سطح تعیین آمادگی، از مقیاس طیف پنج‌نقطه‌ای لیکرت استفاده می‌شود.

جهت خلاصه‌سازی بهتر، کارنامه شرکت‌ها بررسی شده در تحت سه عنوان گروه‌بندی می‌شود: اگر شرکتی سطوح ۰ و ۱ را به دست بیاورد، عنوان تازه‌وارد^{۲۰}؛ سطح ۲ عنوان یادگیرنده^{۲۱}؛ و سطح ۳ و بالاتر، عنوان پیشرو^{۲۲} را می‌گیرد. تازه‌واردان شرکت‌هایی هستند که تا زمان ارزیابی، هیچ پروژه را در حوزه صنعت ۴,۰ آغاز نکرده‌اند

یا در مراحل مطالعاتی آن قرار دارند. یادگیرندگان شرکت‌هایی هستند پروژه‌های ابتدایی درباره صنعت ۴,۰ را آغاز کرده‌اند، و پیشروان، شرکت‌هایی هستند که نسبت به سایر شرکت‌ها در زمینه پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ پیشروتر هستند.

سطح آمادگی شرکت‌ها بر اساس پایین‌ترین سطح در سطح زمینه تعیین می‌شود. ابعاد صنعت ۴,۰ مجموعاً ۱۰۰ امتیاز دارند که ۲۵ امتیاز مربوط به بعد استراتژی و سازمان؛ ۱۴ امتیاز مربوط به بعد کارخانه‌های هوشمند؛ ۱۹ امتیاز مربوط به بعد "محصولات هوشمند"؛ ۱۴ امتیاز مربوط به بعد "خدمات مبتنی بر داده"؛ ۱۰ امتیاز مربوط به بعد "عملیات‌های هوشمند" و ۱۸ امتیاز مربوط به بعد کارکنان می‌شود. نتیجه سنجش، ارائه یک کارنامه به شرکت‌هاست تا ابعاد ضعیف خود را بشناسند. در پایان، یک برنامه عمل برای شرکت‌ها پیشنهاد می‌شود تا بتوانند به سطح ۵ آمادگی برسند.

جدول ۱- ابعاد و زمینه‌های مرتبط مدل IMPULS

ابعاد	زمینه های مرتبط
استراتژی و سازمان	استراتژی سرمایه‌گذاری‌ها مدیریت نوآوری
کارخانه هوشمند	مدل‌سازی دیجیتال زیرساخت تجهیزات استفاده از داده‌ها سیستم‌های IT
عملیات‌های هوشمند	استفاده از ابر امنیت IT به‌اشتراک‌گذاری مستقل اطلاعات فرایندها
محصولات هوشمند	ابزارها و روش‌های تحلیل داده کارکردهای تقویت شده با ICT
خدمات مبتنی بر داده	سهام از داده‌های استفاده‌شده سهام از درآمد خدمات مبتنی بر داده
کارکنان	کسب مهارت مجموعه مهارت کارکنان

۲) مدل خود-ارزیابی عملیات‌های دیجیتال صنعت ۴,۰ (۲۰۱۶)

شرکت PwC گزارشی با عنوان "صنعت ۴,۰: ساختن یک بنگاه دیجیتالی" منتشر کرد که در آن، مدل بلوغ صنعت ۴,۰ و همچنین "راهنمایی برای موفقیت دیجیتالی"^{۲۳} را منتشر کرد (جدول ۲). این مدل چهار مرحله و هفت بعد را شامل می‌شود. مراحل عبارت‌اند از:

- مبتدی در دیجیتال^{۲۴}
- دارای یکپارچگی عمودی^{۲۵}
- دارای همکاری افقی^{۲۶}
- قهرمان دیجیتال^{۲۷}

این مدل سطح بلوغ شرکت‌ها را در هفت بعد شامل "مدل‌های کسب‌وکار دیجیتالی و دسترسی مشتری به اطلاعات"، "دیجیتالی کردن کل زنجیره محصول و خدمت"، "دیجیتالی کردن و یکپارچگی زنجیره‌های ارزش افقی و عمودی"، "داده و تحلیل به‌عنوان قابلیت اصلی"، "معماری چابک IT"، "قانون‌پذیری، امنیت، حقوقی و مالیات"، "سازمان، کارکنان و فرهنگ دیجیتالی" سنجش می‌کند.

این مدل شرکت‌ها را به گونه‌ای راهنمایی می‌کند تا سطح بلوغ صنعت ۴,۰ خود را ارزیابی کنند و از طریق ابزار خود-ارزیابی آنلاین، نتایج را ترسیم کنند. در پایان ارزیابی، برای شرکت‌ها یک برنامه عمل فراهم می‌کند تا به آن‌ها در رسیدن به سطح بالای بلوغ صنعت ۴,۰ کمک کند.

ابزار خود-ارزیابی آنلاین، مجموعاً ۳۳ پرسش برای هفت بعد اشاره شده و چند پرسش درباره صنعت، منطقه، کشور و درآمد سالانه دارد. در این پرسش‌نامه از طیف پنج‌نقطه‌ای لیکرت استفاده می‌شود. همچنین یک نمودار رادار هم در پایان ارزیابی به شرکت ارائه می‌شود.

جدول ۲ - گام‌های اجرایی راهنمای موفقیت دیجیتالی

گام ۱	گام ۲	گام ۳	گام ۴	گام ۵	گام ۶
نقشه استراتژی صنعت ۴,۰ خود را ترسیم کنید.	پروژه‌های آزمایشی اولیه را ایجاد کنید.	قابلیت‌هایی را که نیاز دارید تعریف کنید.	در تحلیل داده خبره شوید.	به یک بنگاه دیجیتالی تبدیل شوید	فعالانه برای یک رویکرد اکوسیستمی برنامه‌ریزی کنید.

۳) مدل بلوغ بنگاه متصل به شبکه (۲۰۱۶)

مدل بلوغ بنگاه متصل به شبکه توسط شرکت راکول اتوماسیون^{۲۸} در سال ۲۰۱۴ ایجاد شد. این مدل شامل پنج مرحله و چهار بعد متمرکز بر تکنولوژی^{۲۹} است. مراحل این مدل از این قرارند:

- مرحله ۱: ارزیابی^{۳۰}

- مرحله ۲: شبکه و کنترل های توسعه یافته و امن^{۳۱}
- مرحله ۳: سرمایه داده های کاری به گونه تعریف شده و سازمان دهی شده^{۳۲}
- مرحله ۴: ابزارها و روش های تحلیل داده^{۳۳}
- مرحله ۵: همکاری^{۳۴}

مرحله ارزیابی در این مدل، جنبه های مختلف شبکه تکنولوژی های عملیاتی و اطلاعاتی سازمان را از چهار بعد ارزیابی می کند: "زیرساخت اطلاعاتی (سخت افزار و نرم افزار)", "کنترل ها و ابزارها (حسگرها، عملگرها، کنترل های موتور و سوئیچ ها) که داده ها را تأمین و دریافت می کنند" و "خط مشی های امنیتی (فهم، سازمان دهی، اجبار)". چنین گفته می شود که اصلی ترین چالش در مرحله ارزیابی، تردیدی است که برخی ابراز می دارند و آن اینکه چرا باید وقت را صرف مورد سؤال قرار دادن اقداماتی کنیم که سال ها مورد استفاده قرار گرفته اند.

در مرحله دوم، بعد از مرحله ارزیابی، سازمان OT/IT^{۳۵} تشکیل می شود تا ارتباطی امن و تطبیق پذیر بین عملیات های سطح کارخانه و سیستم های کسب و کار بنگاه شکل بگیرد. در این مرحله، توسعه های طولانی مدت آغاز می شود و شکاف ها و ضعف های عملیات های موجود شناسایی می شوند. در شرکت های بزرگ، کنترل ها و شبکه های تاریخ گذشته، و همچنین تردیدهای مدیران اجرایی و مهندسانی که احساس می کنند سیستم های موجود همچنان قابل اتکا هستند، چالش های جدی بر سر راه تحول ایجاد می کنند.

در مرحله سوم، مشخص می شود که داده های جمع آوری شده از مرحله دوم چگونه مورد پردازش قرار می گیرند و چگونه می توان از این داده ها بهترین پرونداد را به دست آورد. تیم سازمان دهی شده برای این کار، اطمینان حاصل می کند که جریان های کاری جدید، چارت ها و مسئولیت ها به گونه ای تنظیم می شوند که زیر بار مخزن داده های سازمانی مدفون نمی شوند.

در مرحله چهارم، نقطه تمرکز به سمت بهبود مستمر از طریق داده ها تغییر می کند. تحلیل هایی روی سرمایه داده های کاری انجام می شود، به شرکت کمک می کنند تا مهم ترین نقاطی که اطلاعات در لحظه^{۳۶} مورد نیاز هستند مشخص شود و نسبت به استمرار پروتکل های استاندارد شده با کمک داده ها اطمینان حاصل شود. علاوه بر این، این تحلیل ها اطلاعاتی را درباره مدیریت دارایی ها در اختیار تیم رهبری سازمان قرار می دهند. مهم ترین چالش در مرحله چهارم، استفاده از حجم زیادی از داده های غیر ضروری و همچنین عدم اعتماد به تحلیل هاست.

در مرحله پنجم، هدف، برقراری همکاری بین شرکت و محیط با کمک تحلیل ها و تسهیم داده هاست.

۴) مدل بلوغ صنعت ۴,۰ (۲۰۱۶)

شوماخر و همکاران (۲۰۱۶) از ۹ بعد و ۶۲ آیتم بلوغ برای ارزیابی سطح بلوغ صنعت ۴,۰ شرکت ها استفاده کردند (جدول ۳). بلوغ در پنج سطح سنجش می شود. بر اساس این مدل، شرکت های سطح ۱ حتی بینشی درباره مفهوم صنعت ۴,۰ ندارند و شرکت های سطح ۵، تمام الزامات صنعت ۴,۰ را برآورده می کنند.

در این مدل بلوغ، از طیف پنج‌نقطه‌ای لیکرت استفاده می‌شود و پرسش‌ها بسته هستند. بعد از وزن‌دهی به نتایج، امتیازات محاسبه می‌شود و سطح بلوغ شرکت‌ها مشخص می‌شود. برای سنجش میزان بلوغ یک شرکت، از فرمول زیر استفاده می‌شود. در این فرمول، M بلوغ، D بعد، I آیتم، g عامل وزن‌دهی و n تعداد آیتم‌های بلوغ است.

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Di} * g_{Di}}{\sum_{i=1}^n g_{Di}}$$

جدول ۳- ابعاد و آیتم‌های بلوغ مدل بلوغ صنعت ۴،۰ شوماخر و همکاران

ابعاد	آیتم بلوغ بسیار مطلوب
استراتژی	داشتن نقشه راه صنعت ۴،۰؛ منابع در دسترس برای تحقق صنعت ۴،۰؛ تطبیق‌پذیری مدل کسب‌وکار؛ ...
رهبری	تمایل و آمادگی رهبران؛ روش‌ها و شایستگی‌های مدیریت؛ وجود هماهنگی مرکزی برای صنعت ۴،۰؛ ...
مشتریان	استفاده از داده‌های مشتریان؛ دیجیتالی کردن فروش/خدمات؛ شایستگی‌های رسانه‌های دیجیتال مربوط به مشتری؛ ...
محصولات	شخصی‌سازی محصولات؛ دیجیتالی کردن محصولات؛ یکپارچگی محصول درون سایر سیستم‌ها؛ ...
عملیات‌ها	تمرکززدایی از فرایندها؛ مدل‌سازی و شبیه‌سازی؛ عملیات‌های میان‌رشته‌ای؛ همکاری میان‌واحدی؛ ...
فرهنگ	به‌اشتراک‌گذاری دانش؛ نوآوری باز و همکاری بین‌شرکتی؛ ارزش ICT در شرکت
کارکنان	شایستگی‌های ICT کارکنان؛ گشودگی کارکنان در قبال تکنولوژی‌های جدید؛ خودمختاری کارکنان
حاکمیت	قوانین کار برای صنعت ۴،۰؛ پایداری استانداردهای تکنولوژیک؛ محافظت از مالکیت فکری؛ ...
تکنولوژی	وجود ICT مدرن؛ استفاده از دستگاه‌های متحرک استفاده از ارتباطات ماشین به ماشین

مقایسه مدل‌های موجود آمادگی و بلوغ صنعت ۴،۰

جدول ۴ مدل‌های موجود آمادگی و بلوغ را با هم مقایسه می‌کند.

جدول ۴- مقایسه مدل‌های بلوغ و آمادگی موجود

حوزه صنعت	سطوح و ابعاد مدل آمادگی/بلوغ	مدل آمادگی/ بلوغ
تمرکز بر صنعت تولید و مهندسی. گستره استفاده محدود	مدل آمادگی پنج‌مرحله‌ای آمادگی با ۶ بعد و ۱۸ شاخص. گام‌های هر مرحله به‌روشنی تعریف شده است. موانع، بازدارنده‌ها و برنامه عمل برای هر مرحله مشخص شده است.	مدل IMPULS: آمادگی صنعت ۴،۰ (۲۰۱۵)
مدل بلوغ برای صنایع با گستره استفاده زیاد	مدل بلوغ چهارمرحله‌ای با ۷ بعد. ابعاد بلوغ تعریف نشده است. نظرات اصلاحی و برنامه عمل به‌عنوان	مدل خود-ارزیابی عملیات‌های دیجیتال صنعت ۴،۰ (۲۰۱۶)

مدل آمادگی / بلوغ	سطوح و ابعاد مدل آمادگی/بلوغ	حوزه صنعت
	نتیجه ارزیابی آنلاین به شرکتها ارائه می شود.	
مدل بلوغ بنگاه متصل به شبکه (۲۰۱۶)	مدل های بلوغ پنج مرحله ای با پنج بعد و متمرکز بر تکنولوژی. شاخص های بلوغ تعریف نشده است. فقدان ابزار ارزیابی	متمرکز بر قابلیت های IT شرکتها. فقدان بعد سازمان و عملیاتها. گستره استفاده محدود
مدل بلوغ صنعت ۴,۰ (۲۰۱۶)	مدل بلوغ پنج مرحله ای با ۹ بعد و ۶۲ آیتم بلوغ. برای ارزیابی فرمول دارد.	متمرکز بر صنایع تولیدی. یک مدل جامع بلوغ و ارزیابی. گستره استفاده محدود

چارچوب فرایندی پیشنهادی ارزیابی آمادگی و بلوغ صنعت ۴,۰ متناسب با بنگاهها و شهرک های صنعتی ایران

شهرک های صنعتی محل استقرار صنایع کوچک و متوسط می باشند به لحاظ اهمیت، این صنایع از نظر تعداد بیش از ۹۰ درصد صنعت کشور را تشکیل می دهند. بیش از ۴۰ درصد اشتغال در بخش صنایع وابسته به این صنایع است. ذکر این نکته ضروری است که درصد قابل توجهی از واحد های تولیدی در این شهرک ها نیمه تعطیل و تعطیل می باشند و برای عبور از این چالش نیازمند استراتژی و استفاده از زیرساخت ها و مدل های کسب و کار جدید می باشند. بطور خلاصه وضعیت شهرک های صنعتی در جدول ۵- آورده شده است.

جدول ۵- اطلاعات آماری شهرک های صنعتی موجود در کشور

وضعیت	تعداد	صنایع کوچک و متوسط
۷۷۸ ناحیه و شهرک فعال	۹۵۰	ناحیه و شهرک صنعتی
۷۱۴۱ واحد تعطیل	۳۷۱۴۸	واحد های مستقر در شهرک ها و نواحی صنعتی

منبع: سازمان صنایع کوچک و شهرک های صنعتی ایران، ۱۳۹۷

با توجه به گستره و اثرگذاری لازم است تا این شهرک ها برای رونق و توسعه کسب و کارهای مستقر از آمادگی لازم برای مدیریت مدل های کسب و کار و رهبری جدید همسو با تحولات فناورانه و تحول دیجیتال گام بردارند، لازمه اینکار استفاده از مدل ها و شاخص های متناسب آمادگی و بلوغ برای جهش صنعتی است.

۳- روش شناسی پژوهش

این تحقیق از نوع تحقیقات آمیخته (Mixed Method) است. اطلاعات مربوط به شاخص های مورد نظر مدل ها و شاخص های ارزیابی آمادگی بنگاهها جهت مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم از طریق مرور ادبیات (Literature Survey) مقالات پایگاههای اطلاعات معتبر، گزارش های فنی مرتبط، استخراج و مورد تحلیل محتوایی قرار می گیرد. سپس یک فهرست تلفیقی از شاخص های مهم و موثر بدست می آید. در ادامه این

فهرست از طریق نظرات خبرگان تکمیل و یا اصلاح گردیده و متناسب با شرایط و اقتضات کشور بومی سازی (Customize) می‌گردد.

پس از تعیین و نهایی نمودن فهرست شاخص‌ها، لازم است این شاخص‌ها وزن دهی (Weighing Attributes) شوند و روابط و اثرپذیری آنها بررسی شود. یکی از روش‌های علمی و بسیار توصیه شده در منابع مختلف روش دیمتل است.

با استفاده از تکنیک دیمتل روابط میان عوامل شناسایی می‌گردد به عبارت دیگر شناسایی تاثیر متقابل عوامل اصلی بر یکدیگر با استفاده از روش دیمتل گروهی با کمک خبرگان انجام می‌شود و سپس با استفاده از مدل سازی تفسیری - ساختاری (ISM) مدل فرایندی مناسب ارائه گردید.

۴- تجزیه و تحلیل یافته‌ها

مدل فرایندی ارائه شده در این پژوهش ماحصل مصاحبه با یک گروه کانونی خبره در بخش‌های صنعت و دانشگاه و متولیان صنایع کوچک است.

این مدل مستخرج از شاخص‌های ارائه شده در مدل‌های گوناگون موجود با توجه به توانمندیها و اطلاعات موجود شهرک‌ها پس از مصاحبه‌های ساختارمند و تعیین وزن هر شاخص با استفاده از بررسی‌های آماری از جمله دیمتل و آی اس ام روابط میان ابعاد تعیین و پس از اصلاح و تکمیل ابعاد نیز به پیشنهاد خبرگان ترسیم شده است.

جدول ۶- مشخصات گروه کانونی مشارکت کننده در این پژوهش

صاحب نظران	تعداد	مرتب‌بندی علمی / میزان سابقه
دانشگاه	۴	استاد ۱ دانشیار ۱ استادیار ۲
بخش صنایع بزرگ	۶	۲۰-۲۵ سال سابقه ۳ نفر ۱۰-۲۰ سال سابقه ۳ ۵-۱۰ سال سابقه ۲
بخش صنایع کوچک و متوسط	۲	۱۰-۱۵ سال سابقه ۱ ۱۵-۲۰ سال سابقه ۱

در مرحله مصاحبه با خبرگان، ابعاد هوشمندی کسب و کار، سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند، فرهنگ دوسوتوانی، استراتژی، منابع انسانی هوشمند، محیط زیست هوشمند، مدیریت لجستیک، هماهنگی استراتژیک سیاست‌های کلان و خرد، سیستم ایمنی و بهداشت شناسایی و احصاء شدند. در ادامه برای ارائه چارچوب ترکیبی از روش‌های دیمتل و آی اس ام به شرح زیر استفاده شد.

مراحل انجام تکنیک دیمتل از یافته های پرسشنامه دیمتل :

(۱) تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم (M) : زمانی که از دیدگاه چند نفر استفاده می شود از میانگین ساده نظرات استفاده می شود و M را تشکیل می دهیم.

(۲) نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم : $N=K * M$ که در این فرمول k به صورت زیر محاسبه می شود.

$$k = \frac{1}{\text{Max} \sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

(۳) محاسبه ماتریس ارتباط کامل $T = N \times (I - N)^{-1}$

(۴) ایجاد نمودار علی

جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل های سیستم است (میزان تاثیرگذاری متغیرها)

جمع عناصر ستون (R) باری هر عامل نشانگر میزان تأثیر پذیری آن عامل از سایر عامل های سیستم است (میزان تأثیر پذیری متغیرها)

بنابراین بردار افقی (D+R) میزان تأثیر و تائر عامل مورد نظر در سیستم است . به عبارت دیگر هر چقدر مقدار D+R عملی بیشتر باشد، آن عامل ، تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.

بردار عمودی (D-R) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می دهد. بطور کلی اگر D-R مثبت باشد متغیر یک متغیر علی محسوب می شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می شود.

(۵) محاسبه آستانه روابط

جهت تعیین نقشه روابط شبکه (NRM) ، باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می توان از روابط جزئی صرف نظر کرده وشبکه روابط را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آن ها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگ تر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد.

روش طراحی پرسشنامه تکنیک دیمتل بسیار ساده است . کافی است یک ماتریس مقایسه زوجی تشکیل دهید و سپس از یک طیف مشخص برای نمره دهی استفاده کنید.

جدول ۷- طیف دیمتل

جدول تأثیر	تأثیر خیلی کم	تأثیر کم	تأثیر زیاد	تأثیر خیلی زیاد
۰	۱	۲	۳	۴

جدول ۸- ماتریس ارتباط مستقیم

سیستم ایمنی و بهداشت	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	مدیریت لجستیک	محیط زیست هوشمند	منابع انسانی هوشمند	استراتژی	فرهنگ دوسوتوانی	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	هوشمندی کسب و کار	
هوشمندی کسب و کار	۳/۶۶	۳/۵۵	۳/۶۵	۳/۸۵	۲/۵۰	۳/۲۴	۳/۲۰	۰	۳/۷۶
سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	۳/۱۵	۳/۰۱	۲/۹۱	۲/۲۱	۳/۳۳	۱/۰۵	۰	۱/۱۲	۳/۱۵
فرهنگ دوسوتوانی	۳/۱۲	۳/۲۱	۲/۸۵	۲/۷۵	۲/۰۷	۰	۲/۲۱	۲/۱۲	۳/۱۲
استراتژی	۳/۴۱	۳/۷۲	۳/۱۲	۳/۶۵	۰	۳/۵۱	۳/۴۰	۳/۲۱	۳/۴۱
منابع انسانی هوشمند	۳/۶۲	۳/۴۳	۳/۴۱	۳/۶۱	۰	۳/۱۳	۳/۱۵	۳/۱۸	۳/۶۲
محیط زیست هوشمند	۳/۵۱	۳/۱۲	۳/۳۴	۰	۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۵۰	۳/۵۲	۳/۵۱
مدیریت لجستیک	۳/۷۲	۳/۶۱	۰	۳/۴۱	۳/۲۶	۱/۱۵	۱/۱۲	۳/۴۳	۳/۷۲
هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	۳/۷۶	۰	۳/۶۱	۳/۷۵	۳/۷۱	۳/۵۱	۳/۴۱	۳/۳۱	۳/۷۶
سیستم ایمنی و بهداشت	۰	۲/۰۱	۳/۶۵	۳/۵۱	۳/۰۱	۱/۰۵	۱/۶۱	۲/۷۱	۰

در مرحله بعدی، نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم، توسط نرم افزار مکعب محاسبه گردید.

جدول ۹- نرمالیزه شدن ماتریس ارتباط مستقیم

سیستم ایمنی و بهداشت	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	مدیریت لجستیک	محیط زیست هوشمند	منابع انسانی هوشمند	استراتژی	فرهنگ دوسوتوانی	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	هوشمندی کسب و کار	
۰/۱۳۱۱	۰/۱۲۷۶	۰/۱۲۳۸	۰/۱۲۷۳	۰/۱۳۴۲	۰/۰۸۷۲	۰/۱۱۳۰	۰/۱۱۱۶	۰	هوشمندی کسب و کار
۰/۱۰۹۸	۰/۱۰۵۰	۰/۱۰۱۵	۰/۰۷۷۱	۰/۱۱۸۹	۰/۱۱۶۱	۰/۰۳۶۶	۰	۰/۰۳۹۱	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند
۰/۱۰۸۸	۰/۱۱۱۹	۰/۰۹۹۴	۰/۰۹۵۹	۰/۰۵۵۸	۰/۰۷۷۲	۰	۰/۰۷۷۱	۰/۰۷۳۹	فرهنگ دوسوتوانی
۰/۱۱۸۹	۰/۱۲۷۳	۰/۱۲۹۷	۰/۱۰۸۸	۰/۱۲۷۳	۰	۰/۱۲۲۴	۰/۱۱۸۵	۰/۱۱۱۹	استراتژی
۰/۱۲۶۲	۰/۱۱۹۶	۰/۱۱۸۹	۰/۱۲۵۹	۰	۰/۱۱۰۵	۰/۱۰۹۱	۰/۱۰۹۸	۰/۱۱۰۹	منابع انسانی هوشمند
۰/۱۲۲۴	۰/۱۰۸۸	۰/۱۱۶۵	۰	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۷۴	۰/۱۲۲۷	محیط زیست هوشمند
۰/۱۲۹۷	۰/۱۲۵۹	۰	۰/۱۱۸۹	۰/۱۱۳۷	۰/۰۴۰۱	۰/۰۴۷۴	۰/۰۳۹۱	۰/۱۱۹۶	مدیریت لجستیک
۰/۱۳۱۱	۰	۰/۱۲۵۹	۰/۱۳۰۸	۰/۱۲۹۴	۰/۱۲۶۲	۰/۱۲۲۴	۰/۱۱۸۹	۰/۱۱۵۴	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد
۰	۰/۰۷۰۱	۰/۱۲۷۳	۰/۱۲۲۴	۰/۱۰۵۰	۰/۰۳۶۶	۰/۰۳۹۱	۰/۰۵۶۱	۰/۰۹۴۵	سیستم ایمنی و بهداشت

در مرحله بعد، محاسبه ماتریس ارتباط کامل، انجام گرفت. (T)

جدول ۱۰- ماتریس ارتباط کامل

سیستم ایمنی و بهداشت	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	مدیریت لجستیک	محیط زیست هوشمند	منابع انسانی هوشمند	استراتژی	فرهنگ دوسوتوانی	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	هوشمندی کسب و کار
۰/۶۰۲۰	۰/۵۵۵۴	۰/۵۷۹۸	۰/۵۷۱۰	۰/۵۱۴۳	۰/۳۷۵۸	۰/۴۰۳۷	۰/۴۲۱۴	۰/۴۰۵۸
۰/۴۷۲۹	۰/۴۳۵۰	۰/۴۵۴۳	۰/۴۲۴۴	۰/۴۱۴۲	۰/۳۳۳۸	۰/۲۷۱۲	۰/۲۴۸۸	۰/۳۵۳۴
۰/۴۵۹۳	۰/۴۲۸۸	۰/۴۳۹۶	۰/۴۲۷۸	۰/۳۴۸۰	۰/۲۸۵۸	۰/۲۲۳۷	۰/۳۰۹۲	۰/۳۷۱۱
۰/۵۹۹۹	۰/۵۶۳۱	۰/۵۹۲۱	۰/۵۶۲۹	۰/۵۱۶۷	۰/۳۰۲۱	۰/۱۶۸۲	۰/۴۳۴۱	۰/۵۱۲۵
۰/۵۸۶۹	۰/۵۳۹۱	۰/۵۶۵۴	۰/۵۵۹۱	۰/۳۸۶۸	۰/۳۸۸۰	۰/۳۲۹۹	۰/۴۱۲۹	۰/۴۶۶۳
۰/۳۸۶۳	۰/۳۴۷۵	۰/۳۷۲۱	۰/۲۶۲۸	۰/۲۳۹۲	۰/۱۷۲۵	۰/۱۸۷۱	۰/۱۹۹۰	۰/۳۴۳۵
۰/۵۰۱۱	۰/۴۶۱۵	۰/۳۷۳۱	۰/۴۷۱۸	۰/۴۱۵۳	۰/۲۷۲۳	۰/۲۸۶۲	۰/۲۹۳۰	۰/۴۳۱۹
۰/۶۲۲۸	۰/۴۶۱۸	۰/۶۰۱۹	۰/۵۹۳۰	۰/۵۲۷۷	۰/۴۲۰۸	۰/۴۲۵۲	۰/۴۴۲۰	۰/۵۲۶۶
۰/۳۳۹۶	۰/۳۷۴۶	۰/۴۴۰۹	۰/۴۲۹۹	۰/۳۶۹۰	۰/۲۳۹۱	۰/۲۴۶۹	۰/۲۷۳۹	۰/۳۷۱۹

در مرحله بعد ، مقادیر D و R محاسبه شدند.

جدول ۱۱- محاسبه مقادیر R و D

	هوشمندی	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	فرهنگ دوستوانی	استراتژی	منابع انسانی هوشمند	محیط زیست هوشمند	مدیریت لجستیک	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	سیستم ایمنی و بهداشت
D	۴/۴۲۹۳	۳/۴۰۸۰	۳/۲۹۳۴	۴/۵۰۱۴	۴/۳۲۸۴	۲/۵۱۰۳	۳/۵۰۶۳	۴/۶۲۱۷	۳/۰۸۵۹
R	۳/۸۱۳۱	۳/۰۳۴۳	۲/۸۵۶۲	۲/۷۹۰۴	۳/۷۳۱۱	۴/۳۰۲۷	۴/۴۱۹۳	۴/۱۶۶۹	۴/۵۷۰۷
D+R	۸/۲۴۲۳	۶/۴۴۲۳	۶/۱۴۹۶	۷/۲۹۱۸	۸/۰۵۹۶	۶/۸۱۳۰	۷/۹۲۵۶	۸/۷۸۸۵	۷/۶۵۶۶
D-R	۰/۶۱۶۲	۰/۳۷۳۷	۰/۴۳۷۲	۱/۷۱۱۱	۰/۵۹۷۳	-۱/۷۹۲۵	-۰/۹۱۳۱	۰/۴۵۴۸	-۱/۴۸۴۹

در مرحله بعد، آستانه روابط محاسبه می شود (۰/۴۱۵۹)
 در مرحله بعد از محاسبه آستانه ، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچکتر از ۰/۴۱۵۹ می باشد را ، صفر در نظر می گیریم.

جدول ۱۲- جدول نهایی دیمتل

	هوشمندی کسب و کار	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	فرهنگ دوستوانی	استراتژی	منابع انسانی هوشمند	محیط زیست هوشمند	مدیریت لجستیک	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	سیستم ایمنی و بهداشت
هوشمندی کسب و کار	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
فرهنگ دوستوانی	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
استراتژی	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱
منابع انسانی هوشمند	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
محیط زیست هوشمند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مدیریت لجستیک	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱
هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
سیستم ایمنی و بهداشت	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰

$$(E = ۸/۲۴ \text{ و } ۰/۶۱)$$

$$(H = ۶/۶۴ \text{ و } ۰/۳۷)$$

$$(St = ۶/۱۴ \text{ و } ۰/۴۳)$$

$$(so = ۷/۲۹ \text{ و } ۱/۷۱)$$

$$(T = ۸/۰۵ \text{ و } ۰/۵۹)$$

$$(I = ۶/۸۱ \text{ و } -۱/۷۹)$$

$$(M = ۷/۹۲ \text{ و } -۰/۹۱)$$

$$(eco = ۸/۷۸ \text{ و } ۰/۴۵)$$

$$(G = ۷/۶۵ \text{ و } -۱/۴)$$

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، هر چه مقدار D+R عاملی بیشتر باشد، آن عامل، تعامل بیشتری با سیستم دارد. بنابراین از نظر تعامل به ترتیب عوامل، هماهنگی استراتژیک سیاست‌های کلان و خرد، هوشمندی کسب و کار، منابع انسانی هوشمند، مدیریت لجستیک، سیستم ایمنی و بهداشت، استراتژی، محیط زیست هوشمند، سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند و فرهنگ دوست‌توانی دارای بیشترین تعامل در سیستم می‌باشند. هم‌چنین محاسبه D-R، قدرت تأثیر گذاری هر عامل را نشان می‌دهد و چنانچه D-R، مثبت باشد آن عامل علمی (تأثیر گذار) و چنانچه D-R، منفی باشد، آن عامل معلول می‌باشد. بنابراین با توجه به یافته‌های تحقیق، استراتژی، هوشمندی کسب و کار، سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند، فرهنگ دوست‌توانی، منابع انسانی هوشمند، هماهنگی استراتژیک سیاست‌های کلان و خرد، عوامل علی می‌باشند و محیط زیست هوشمند، مدیریت لجستیک، سیستم ایمنی و بهداشت، معلول می‌باشند. هم‌چنین در بین عوامل علی، به ترتیب استراتژی، هوشمندی کسب و کار، منابع انسانی، هماهنگی استراتژیک سیاست‌های کلان و خرد، فرهنگ دوست‌توانی، سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند، دارای بیشترین اثر گذاری می‌باشند.

مدل‌سازی تفسیری - ساختاری (ISM)

روش مدل‌سازی تفسیری - ساختاری را وارفیلد در سال ۱۹۹۷ مطرح کرد. روش مذکور، یک روش شناسی برای ایجاد و فهم روابط میان عناصر یک سیستم پیچیده قلمداد می‌شود (Huang, 2005). در واقع، مدل‌سازی تفسیری - ساختاری روش موثر و کارا برای موضوعاتی است که در آن متغیرهای کیفی در سطوح مختلف اهمیت بر یکدیگر آثار متقابل داشته و می‌توان با استفاده از این روش، ارتباطات و وابستگی‌های بین متغیرهای کیفی مسئله را کشف، تحلیل و ترسیم کرد (Ruiz & Cambra, 2011). از این رو، سه گام اصلی در استقرار مطلوب روش مدل‌سازی تفسیری - ساختاری حیاتی است که عبارتند از: ۱. شناسایی متغیرهای کیفی ۲. تعیین رابطه مفهومی بین متغیرهای کیفی مد نظر با استفاده از ISM. ۳. ترسیم شبکه تعاملات متغیرهای کیفی مورد مطالعه (حسینی و اکبری، ۱۳۹۳).

الگوی فرآیندی انقلاب صنعتی چهارم

تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری (SSIM) : در این مرحله متغیرهای مسئله به صورت دو به دو زوجی با هم بررسی می شوند و پاسخ دهنده با استفاده از نمادهای زیر به تعیین روابط بین متغیرها می پردازند .

V: عامل سطر (i) می تواند زمینه ساز رسیدن به عامل ستون (j) باشد :

A: عامل ستون (j) می تواند زمینه ساز رسیدن به عامل سطر (i) باشد :

X: بین عامل سطر (i) و ستون (j) ارتباط دو طرفه وجود دارد ، به عبارتی هر دو می توانند زمینه ساز رسیدن به همدیگر شوند .

O: هیچ نوع ارتباطی بین این دو نوع عنصر (I,j) وجود ندارد (Mousakhani & Gharakhani , 2013) برآیند نظرات خبرگان از دل پرسشنامه ها بر مبنای قاعده رای اکثریت استحصال و ماتریس ساختاری روابط درونی متغیرها به صورت یکپارچه ایجاد شد . سپس ، نمادهای روابط این ماتریس طبق قواعد زیر به اعداد ۰ و ۱ تبدیل شد و در ماتریس دستیابی قرار گرفت (Faisal & et al,2006) .

به این منظور دوباره پرسشنامه ای بر اساس عوامل شناسایی شده در گام قبل طراحی شد ، به این صورت که نه عامل انتخاب شده در سطر و ستون اول ذکر و از پاسخ دهنده خواسته شد که با توجه به نمادهای معرفی شده (V,A,X,O) نوع ارتباط دو به دو عوامل را مشخص کند . این پرسشنامه در اختیار خبرگان صنعت قرارداده شد که همه آن ها با مشخص کردن رابطه بین عوامل ، پرسشنامه را تکمیل کردند، سپس با توجه به فراوانی رابطه مشخص شده بین هر دو عامل ، ماتریس نهایی خود تعاملی ساختاری (SSIM) تهیه شد.

تشکیل ماتریس دستیابی اولیه : چنانچه رابطه به صورت V باشد ، $(I_j)=1$ و $(i)=0$ ، اگر رابطه به صورت A باشد $(I_j)=0$ و $(i)=1$ ، چنانچه رابطه به صورت X باشد ، $(I_j)=1$ و $(i)=1$ ، و اگر رابطه به صورت O باشد ، $(j,i)=(I_j)=0$.

تشکیل ماتریس دستیابی نهایی : پس از اینکه ماتریس اولیه دسترسی به دست آمد ، باید سازگاری درونی آن برقرار شود ، به عنوان نمونه اگر متغیر A منجر به متغیر B شود و متغیر B هم منجر به متغیر C شود ، باید متغیر A نیز منجر به متغیر C شود و اگر ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود ، باید ماتریس اصلاح شده و روابطی که از قلم افتاده جایگزین شوند . بدین منظور می بایست 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 می شود (رضایی پندری و یکه زارع، ۱۳۹۵) .

تعیین سطح شاخص ها : پس از تعیین مجموعه قابل دستیابی و مجموعه مقدم برای هر عنصر و تعیین مجموعه مشترک ، سطح بندی متغیرها انجام می شود . مجموعه قابل دستیابی برای هر عنصر ، مجموعه ای است که در آن سطرها به صورت یک ظاهر باشند . با به دست آوردن اشتراک این دو مجموعه ، مجموعه مشترک به دست خواهد آمد . عناصری که مجموعه مشترک با مجموعه قابل دستیابی یکسان باشند ، سطح اولویت را به خود اختصاص می دهند . با حذف این عناصر و تکرار این مرحله برای سایر عناصر ، سطح کلیه عناصر تعیین می شود (محمدی و امیر ، ۱۳۹۱) .

ترسیم مدل ساختاری تفسیری: در این مرحله، بر اساس سطوح تعیین شده متغیرها و اولویت بندی آنها، ماتریس دستیابی نهایی مدل ترسیم و روابط بین متغیرها با خطوط جهت دار مشخص می‌گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳).

تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ-وابستگی: جمع سطری مقادیر در ماتریس دستیابی نهایی برای هر عنصر بیانگر میزان نفوذ و جمع ستونی میزان وابستگی خواهد بود. بر اساس این دو عامل، چهار گروه از عناصر در قالب متغیرهای خودمختار، مستقل، پیوندی و وابسته قابل شناسایی خواهد بود (محمدی و امیری، ۱۳۹۱: ۱۲۴).
الف) متغیرهای خودمختار: متغیرهای دارای قدرت هدایت و وابستگی ضعیف که به سبب ارتباطات کم و ضعیف با سیستم، نسبتاً با آن نامتصل هستند.

ب) متغیرهای وابسته: متغیرهای دارای قدرت هدایت کم و وابستگی زیاد

ج) متغیرهای متصل: متغیرهای غیر ایستاد و دارای قدرت هدایت و وابستگی زیاد که هر نوع تغییری در آن‌ها در سیستم اثر می‌گذارد.

د) متغیرهای مستقل: متغیرهای زیربنا در مدل که قدرت هدایت زیاد و وابستگی کمی دارند (Huang & at al, 2005).

یافته‌های مدل ساختاری تفسیری

ماتریس دستیابی نهایی: پس از تشکیل ماتریس خودتعاملی و ماتریس اولیه، ماتریس دستیابی نهایی به صورت جدول زیر محاسبه شد:

جدول ۱۳- ماتریس دستیابی نهایی

متغیر	فرهنگ دوسوتوانی	هماهنگی استراتژیک سیاست‌های خرد و کلان	استراتژی	هوشمندی کسب و کار	منابع انسانی هوشمند	مدیریت لجستیک	سیستم ایمنی و بهداشت	محیط زیست هوشمند	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	قدرت نفوذ
فرهنگ دوسوتوانی	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱*	۰	۱	۸
هماهنگی استراتژیک سیاست‌های خرد و کلان	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۹
استراتژی	۱	۰	۱	۱	۱*	۱	۱	۰	۱	۷
هوشمندی کسب و کار	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۵
منابع انسانی هوشمند	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸
مدیریت لجستیک	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۲
سیستم ایمنی و بهداشت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۲

متغیر	فرهنگ دوسوتوانی	هماهنگی استراتژیک سیاست های خرد و کلان	استراتژی	هوشمند ی کسب و کار	منابع انسانی هوشمند	مدیریت لجستیک	سیستم ایمنی و بهداشت	محیط زیست هوشمند	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	قدرت نفوذ
محیط زیست هوشمند	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۴
سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۸
قدرت وابستگی	۵	۳	۵	۶	۶	۸	۹	۵	۶	

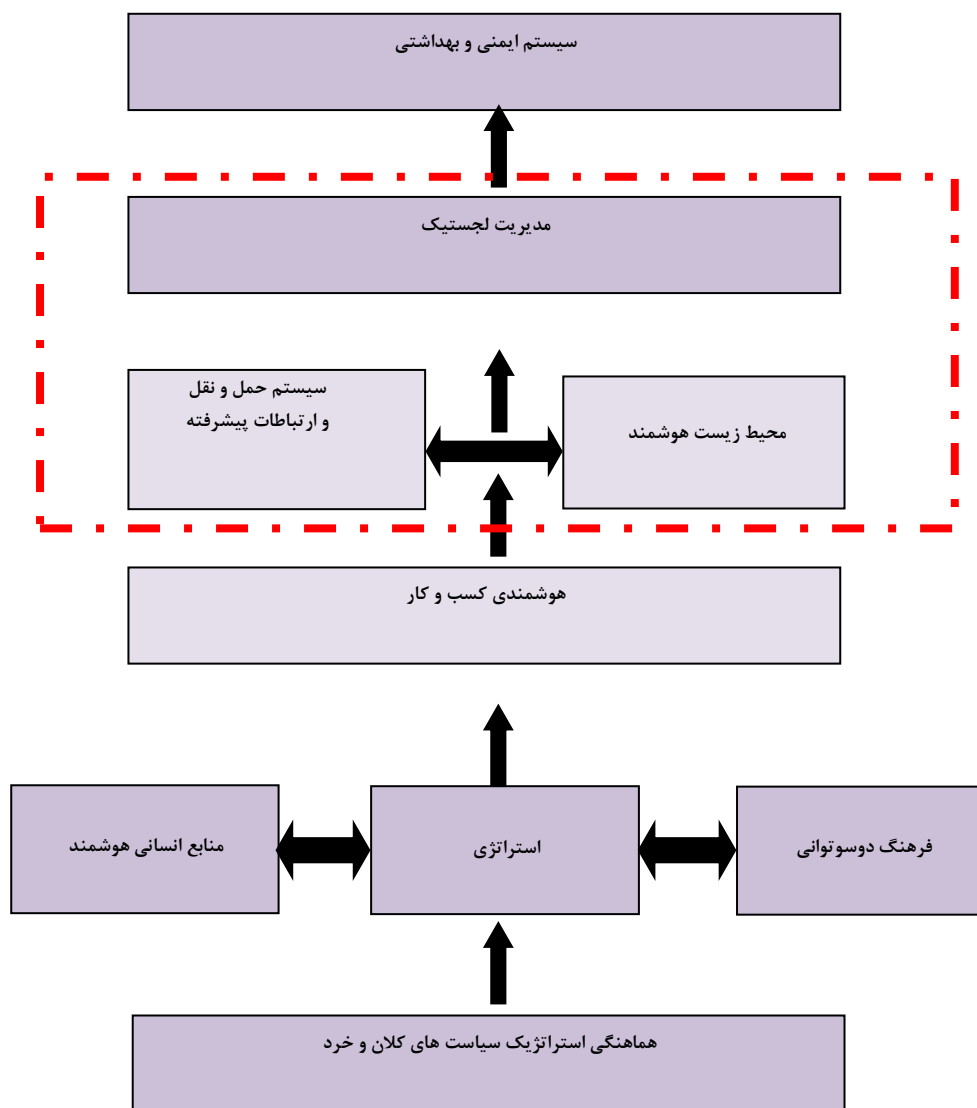
تعیین سطح شاخص ها : برای تعیین سطح عناصر ، مجموعه های قابل دستیابی ، مقدم و مشترک در اولین تکرار به صورت جدول شماره ۸ مشخص شده است .

جدول ۱۴- بخش بندی سطح نهایی

سطح	مجموعه مشترک	مجموعه ورودی	مجموعه خروجی	متغیر
۵	۱,۲,۳,۵,۹	۱,۲,۳,۵,۹	۱,۲,۳,۴,۵,۶,۷,۹	فرهنگ دوسوتوانی
۶	۱,۲,۹	۱,۲,۹	۱,۲,۳,۴,۵,۶,۷,۸,۹	هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد
۵	۱,۳,۵,۹	۱,۲,۳,۵,۹	۱,۳,۴,۵,۶,۷,۹	استراتژی
۴	۴,۹	۱,۲,۳,۴,۵,۹	۴,۶,۷,۸,۹	هوشمندی کسب و کار
۵	۱,۳,۵,۸,۹	۱,۲,۳,۵,۸,۹	۱,۳,۴,۵,۶,۷,۸,۹	منابع انسانی هوشمند
۲	۶	۱,۲,۳,۴,۵,۶,۸,۹	۶,۷	مدیریت لجستیک
۱	۷,۸	۱,۲,۳,۴,۵,۶,۷,۸,۹	۷,۸	سیستم ایمنی و بهداشت
۳	۵,۷,۸	۲,۴,۵,۷,۸	۵,۶,۷,۸	محیط زیست هوشمند
۳	۱,۲,۳,۴,۵,۹	۱,۲,۳,۴,۵,۹	۱,۲,۳,۴,۵,۶,۷,۹	سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند

ساخت مدل بر مبنای ISM

در این صورت می توان مدل ساختاری مورد نظر مسئله را از روی ماتریس دریافتی نهایی ایجاد کرد . اگر بین متغیر i و متغیر j ارتباط وجود داشته باشد ، به وسیله یک پیکان جهت دار نشان داده می شود . دیاگرام نهایی ایجاد شده که با حذف حالت های تعدی و نیز با استفاده از بخش بندی سطوح به دست آمده است ، در نمودار شماره ۱ نشان داده می شود .



نمودار ۱- مدل فرایندی انقلاب صنعتی چهارم

۵- نتیجه گیری و بحث

در تجزیه و تحلیل MICMAC، متغیرها بر حسب نیروهای محرکه و نیروهای وابسته به چهار دسته متغیرهای خود مختار، وابسته، مرتبط و مستقل تقسیم می شوند (Agarwal & etal, 2007). نتایج جانمایی سازه های مدیریت راهبردی مبتنی بر تجزیه و تحلیل MICMAC در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.

			۹			۲		
↑ قدرت نفوذ	دسته سوم: مرتبط		۵	۱		دسته چهارم: مستقل		
				۳				
			۴					
<hr/>								
				۸				
		دسته دوم: وابسته				دسته اول: خودمختار		
۷	۶							
	قدرت وابستگی		→					
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲

نمودار ۲- نمودار قدرت هدایت

نتایج مشخص کرد که هماهنگی استراتژیک سیاست های کلان و خرد در پایین ترین سطح از مدل ISM قرار گرفت. این به آن معناست که این عامل به عنوان سنگ زیربنایی انقلاب صنعتی چهارم است و بر اساس نمودار MICMAC از قدرت نفوذ بالایی برخوردار است. همچنین نتایج نشان داد که محیط زیست هوشمند، سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند و هوشمندی کسب و کار، تعامل و ارتباط نزدیکی باهم دارند و همچنین عوامل سه گانه فرهنگ دوسوتوانی، استراتژی، منابع انسانی هوشمند، تعامل و ارتباط نزدیکی باهم دارند. همچنین نشان داده شد که سیستم ایمنی و بهداشتی بیشترین تاثیرپذیری و کمترین تاثیرگذاری را داراست.

به کمک این مدل و پرسشنامه محقق ساخته مبتنی بر نظر خبرگان می توان میزان آمادگی و سطح بلوغ شهرک های صنعتی برای ورود به صنعت ۴,۰ را ارزیابی نمود و به کمک نمودار های رادار سطح موجود و فاصله تا سطح مطلوب را مشخص نمود. در پایان پیشنهادهای کاربردی منتج از نتایج تحقیق برای هر کدام از ابعاد مدل ارائه می گردد. شاخص های هر کدام از ابعاد مدل نشان می دهد که شهرک ها برای پیاده سازی هر کدام از ابعاد، بایستی به چه شاخص هایی توجه داشته باشند.

محیط زیست هوشمند

- ✓ پایش آلاینده‌ها (مقدار و شدت دی‌اکسید کربن)
- ✓ پایش آلودگی هوا، آلودگی صوتی، پایش میزان آلودگی خاک
- ✓ فضای سبز
- ✓ انرژی (برنامه ریزی و کنترل میزان مصرف و شدت مصرف)
- ✓ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر
- ✓ آب، برق، گاز
- ✓ کنترل ساختمان (کنترل گرمایش و سرمایش هوشمند)
- ✓ کنترل مناطق چندگانه، انبار، دیتا سنتر، ساختمان‌ها و تجهیزات
- ✓ آسانسور، پله برقی و پله‌های اضطراری، درب خودکار
- ✓ مدیریت پساب و پسماند و بازیافت (جمع‌آوری پساب، تصفیه، کنترل کیفیت آب و بازگشت به چرخه مصرف، شبکه فاضلاب و تصفیه‌خانه‌ها، نوع پسماند، قابلیت بازیافت و یا انهدام و دفع)

سیستم حمل و نقل و ارتباطات هوشمند

- ✓ GPS
- ✓ سیستم ارتباطات کوتاه برد اختصاصی (DSRC)
- ✓ شبکه اینترنتی بی‌سیم
- ✓ تلفن همراه
- ✓ امواج رادیویی
- ✓ تلفن ثابت
- ✓ دسترسی به اینترنت پهنای باند امن و خطوط فیبرنوری
- ✓ دسترسی از راه دور
- ✓ دیتا سنتر و Cloud
- ✓ حمل و نقل غیر اتومبیلی
- ✓ تجهیزات هوشمند و ارتباطات

منابع انسانی هوشمند

- ✓ نیروی انسانی مسلط به مباحث فناورانه (IT، تکنولوژی اتوماسیون، تحلیل داده، امنیت داده و ارتباطات)؛ مباحث مدیریتی (مدیریت فناوری، تفکر سیستمی، مهارت‌های چندگانه، مذاکرات بین‌المللی، تفکر انتقادی)، و مباحث فردی (زبان‌های خارجی)

- ✓ کیفیت نیروی انسانی (تعداد فارغ التحصیلان لیسانس و بالاتر، تعداد فارغ التحصیلان آشنا به IT، تعداد فارغ التحصیلان مدیریت تکنولوژی، تیم مدیریتی خبره، تعداد مهندسين مرتبط)
- ✓ مشاور تکنولوژی (بیرونی)

استراتژی

- ✓ استراتژی در سطح شهرک
- ✓ استراتژی در سطح واحدهای شهرک
- ✓ نقشه راه تکنولوژی برای مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم

مدیریت لجستیک

- ✓ بارگیری از مبدا (کارخانه، بندر، فرودگاه و ...)
- ✓ برنامه زمانی و ردیابی ورود کالا به شهرک
- ✓ مدیریت و نگهداری انبار و کالا به صورت هوشمند
- ✓ توزیع کالا با مسیریابی بهینه

هوشمندی کسب و کار

- ✓ مدل های کسب و کار پلتفرمی
- ✓ کارخانه هوشمند (دستگاه های متصل به اینترنت اشیا (IOT) برای بهبود کارایی، پیوستگی و امنیت اطلاعات) و کنش پذیری متقابل، Big Data، Block Chain، امنیت سایبری، Real Time، یکپارچگی عمودی، یکپارچگی افقی، سفارشی سازی/شخصی سازی، سامانه فیزیکی سایبری (CPS)
- ✓ سیستم زنجیره تامین هوشمند
- ✓ D&R دیجیتال
- ✓ بازاریابی و خدمات پیش، حین و پس از فروش دیجیتال

سیستم ایمنی و بهداشت

- ✓ ایستگاه آتش نشانی
- ✓ اورژانس و امدادسانی، درمانگاه و تجهیزات پزشکی
- ✓ هشداردهی و اطفاء حریق
- ✓ قطع و وصل از راه دور آب، برق، گاز
- ✓ شناسایی هوشمند نشتی آب، گاز و یا خرابی برق
- ✓ تجهیزات حفاظتی و کنترل سرقت
- ✓ برنامه دسترسی و ورود و خروج شهرک (افراد، خودرو، محموله و ...)

- ✓ سیستم هشداردهی برای دارایی‌های فیزیکی با ارزش
- ✓ نگهبان و گشت‌زنی توسط ربات‌ها، پهپادها و یا تصاویر ماهواره‌ای
- ✓ سیستم تشخیص چهره و صدا
- ✓ مدیریت بحران
- ✓ ارتباط شبکه‌ای بین واحدهای شهرک و هم‌چنین بین شهرک‌های مختلف
- ✓ محیط کاری ایمن
- ✓ زیرساخت جاده، خیابان در شهرک

هماهنگی استراتژیک

- ✓ هماهنگی استراتژیک بین سیاست‌های سطح کلان و شهرک
- ✓ هماهنگی استراتژیک بین سیاست‌های شهرک و واحدهای زیرمجموعه

فرهنگ دوسوتوانی

- ✓ فرهنگ بهره‌برداری از شایستگی‌های موجود
- ✓ فرهنگ کشف فرصت‌ها و توانایی‌های جدید

فهرست منابع

- * احمدی، علی اکبر، درویش، حسن، سبحانی فر، محمدجواد، فاضلی کبریا، حامد(۱۳۹۳)، طراحی و تبیین الگوی مفهومی شایستگی‌های منابع انسانی در نهج البلاغه با استفاده از تکنیک تحلیل مضمون و ISM، فصلنامه مطالعات راهبردی بسیج، سال هفدهم، شماره ۶۴، صص: ۲۷-۵۵.
- * حسینی، میرزا حسن، اکبری، مهدی(۱۳۹۳)، طراحی الگوی سرآمدی مدیریت دانش سازمانی با رویکرد مدل سازی تفسیری-ساختاری، فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، دوره ششم، شماره ۳، صص: ۲۷۴-۳۵۱.
- * رضایی پندری، عباس، یکه زارع، محسن(۱۳۹۵)، طراحی مدل ساختاری-تفسیری عوامل انتقال فناوری موفقیت آمیز در راستای رسیدن به توسعه پایدار، فصلنامه پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره بیستم، شماره ۱، صص: ۶۱-۷۹.
- * محمدی، علی، امیری، یاسر(۱۳۹۱)، ارائه مدل ساختاری تفسیری دستیابی به چابکی از طریق فناوری اطلاعات در سازمان‌های تولیدی، فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، دوره چهارم، شماره ۱۳، صص: ۱۱۵-۱۳۴.

- * Backlund F., Chronéer D., Sundqvist. E. (2014) Project Management Maturity Models—A Critical Review: a Case Study within Swedish Engineering and Construction Organizations Procedia-Social and Behavioral Sciences 119:837–846
- * Duffy J (2001) Maturity Models: Blueprints for Evolution. Strategy and Leadership 29(6):19–26

- * Erol S, Schumacher A, Sihn W (2016) Strategic Guidance towards Industry 4.0—a Three-Stage Process Model. In International Conference on Competitive Manufacturing.
- * Faisal, M., Banwet, D.K. and Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modelling the enablers. *Business Process Management*, 12(4): 535-552.
- * Ganzarain J, Errasti N (2016) Three Stage Maturity Model in SME's toward Industry 4.0. *J Ind Eng Manag* 9(5):1119
- * Geissbauer R, Vedso J, Schrauf S (2016) Industry 4.0: Building the Digital Enterprise. Retrieved from PwC Website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- * Huang J., Tzeng G. and Ong Ch. (2005). Multidimensional Data in Multidimensional Scaling Using the Analytic Network Process. *Pattern Recognition Letters*, 26 (6): 755-767.
- * Lichtblau K, Stich V, Bertenrath R, Blum M, Bleider M, Millack A, ... Schröter M (2015).
- * Lukac. c. (2015). "The Fourth ICT-based Industrial Revolution" Industry 4.0" HMI and the Case of CAE/CAD Innovation with EPLAN P8, in:3rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), IEEE, pp. 835–838 .
- * Mettler., T. (2009) A Design Science Research Perspective on Maturity Models in Information Systems. Working Paper. Institute of Information Management, University of St. Gallen, St. Gallen
- * Mousakhani M., Gharakhani D. (2013) "Identifying and ranking of technology transfer factors by MADM techniques", *Journal of Development & Evolution Management*, No. 15, pp. 1-8.
- * Nikkhou S, Taghizadeh K, Hajiyakhchali., S. (2016) Designing a portfolio management maturity model (Elena). *Procedia-Social and Behavioral Sci* 226:318–325.
- * IMPULS-Industrie 4.0-Readiness. Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Köln.
- * Porter ME, Heppelmann JE (2015) How Smart, Connected Products are Transforming Companies. *Harvard Bus Rev* 93(10):96–114.
- * Proença D, Borbinha J (2016) Maturity Models for Information Systems-A State of the Art. *Procedia Comput Sci* 100:1042–1049 Retrieved from <https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/interview/> Retrieved from https://warwickwmg.eu.qualtrics.com/jfe/form/SV_703ovIWITCu90uF
- * Roblek .V, Meško . M, Krapež. A.(2016)." A Complex View of Industry 4.0, *SAGE Open* 6 (2), 2158244016653987 .
- * Rockwell Automation. (2016). The Connected Enterprise Maturity Model. Retrieved from Website: <http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/ciewp002-en-p.pdf>.
- * Ruiz-Benitez R. and Cambra-Fierro J. (2011). Reverse Logistics Practices in the Spanish SMEs Context. *Journal of Operations and Supply Chain Management*, 4(1): 84-93.
- * Schmidt R, Möhring M, Härting RC, Reichstein C, Neumaier P, Jozinović P (2015) Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. In International conference on business information systems springer international publishing.:16–27
- * Schreiber B, Janssen R, Weaver S, Peintner S (2016) Procurement 4.0 in the digital world Retrieved from Website: http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_Future_of_Procurement_4.0.pdf.
- * Schumacher A, Erol S, Sihn W (2016) A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP* 52:161–166
- * - Thames , L., Schaefer, D.(2016)." Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0, *Procedia CIRP* 52 , 12–17 .
- * Tarhan A, Turetken O, Reijers HA (2016) Business process maturity models: A systematic literature review. *Inf Softw Technol* 75:122–134 D.

- * Vogel.B., Heuser . D., Hess (2016)." Guest Editorial Industry 4.0–Prerequisites and visions, IEEE Trans. Autom. Sci. Eng. 13 (2) , 411–413.

یادداشت‌ها

- ¹ Ref: International Data Corporation(IDC)
- ² Readiness
- ³ Maturation
- ⁴ IMPULS—Industrie 4.0 Readiness
- ⁵ Industry 4.0/Digital Operations Self-Assessment
- ⁶ The Connected Enterprise Maturity Model
- ⁷ Industry 4.0 Maturity Model
- ⁸ Outsider
- ⁹ Beginner
- ¹⁰ Intermediate
- ¹¹ Experienced
- ¹² Expert
- ¹³ Top Performer
- ¹⁴ Strategy and Organization
- ¹⁵ Smart Factory
- ¹⁶ Smart Operation
- ¹⁷ Smart Products
- ¹⁸ Data-driven Services
- ¹⁹ Employees
- ²⁰ Newcomers
- ²¹ Learners
- ²² Leaders
- ²³ Blueprint for Digital Success
- ²⁴ Digital novice
- ²⁵ Vertical Integrator
- ²⁶ Horizontal Collaborator
- ²⁷ Digital Champion
- ²⁸ Rockwell Automation
- ²⁹ Technology-focused
- ³⁰ Assessment
- ³¹ Secure and upgraded network and controls
- ³² Defined and organized working data capital
- ³³ Analytics
- ³⁴ Collaboration
- ³⁵ Operational Technologies/Information Technologies
- ³⁶ Real-time