

## انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو

ابوالفضل کیانی بختیاری\*<sup>۱</sup>، علی اکبر موسوی موحدی<sup>۲</sup>

### 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 انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴.۰ نیز بوده‌ایم و پژوهشگران نیز توجه فزاینده‌ای به این موضوع نشان داده‌اند. این رویکرد صنعتی جدید که از طریق درهم آمیزی فناوری‌ها بر پایه سامانه‌های فیزیکی سایبری و تحول دیجیتال ایجاد شده است، پیامدهای متحولانه‌ای را برای صنعت و اقتصاد به همراه دارد. امروز در آغاز انقلابی قرار داریم که در حال تغییر بنیادین سبک زندگی، کار و روابطمان است. این پدیده از نظر مقیاس، پوشش و پیچیدگی با هیچکدام از تجربیات گذشته بشر قابل مقایسه نیست و هنوز از درک کامل سرعت و دامنه این انقلاب جدید بسیار فاصله داریم. آنچه مسلم است می‌باید هر چه سریعتر نسبت به استفاده از آثار و تبعات مثبت و مقابله با تهدیدهای احتمالی این انقلاب صنعتی اقدامات مؤثری را به انجام رساند. مقاله پیش رو به مؤلفه‌های بنیادین انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات نوپدید در عرصه‌های صنعت، محصولات و خدمات، مدل‌های کسب‌وکار و بازار، محیط کار و توسعه مهارت‌ها می‌پردازد و بر ضرورت آمادگی برای مواجهه با این موضوع توسعه صنعتی تأکید می‌نماید.

واژگان کلیدی: انقلاب صنعتی چهارم، صنعت ۴.۰، فناوری‌های نوپدید، اقتصاد دیجیتال، کسب‌وکارهای اساسی

\* عهده‌دار مکاتبات، عضو هیات علمی، تلفن: ۰۲۱۲۲۰۴۳۰۰۰، دورنگار: ۰۲۱۲۲۰۴۳۰۰۱، پست الکترونیکی: [Kiani@imi.ir](mailto:Kiani@imi.ir)

۱. سازمان مدیریت صنعتی

۲. استاد مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران

### تاریخچه

صنعتی چهارم نیست، بلکه با اوج گرفتن و بلوغ صنعت ۴.۰، صنعت، انقلاب چهارم را تجربه خواهد کرد. در سال‌های گذشته، چشم‌انداز صنعتی جهان تغییرات عمیقی کرده است. این تغییرات عمیق نتیجه تحولات فناورانه و نوآوری‌های پیاپی هستند. صنعت ۴.۰ را می‌توان، با رعایت جوانب احتیاط، با سه انقلاب صنعتی قرن‌های گذشته مقایسه کرد. این سه انقلاب نمایانگر تغییرات تحول‌آفرین مهم حوزه تولید بودند و ریشه در پیشرفت‌های فناورانه متعددی داشتند که در آن سال‌ها رخ داده بودند [۵].

اولین انقلاب صنعتی در صنعت نساجی بریتانیا در اواسط قرن ۱۸، به واسطه مکانیزه کردن ریسندگی و بافندگی شکل گرفت. طی ۱۰۰ سال بعد از آن، این انقلاب به تحول دیگر صنایع موجود منجر شد و صنایع بسیار بیشتری را به وجود آورد، از ابزارهای ماشینی گرفته تا تولید فولاد، موتور بخار و راه‌آهن‌ها. فناوری‌های جدید به تغییراتی در همکاری و رقابت منجر شد که در نتیجه سبب خلق نظام‌های کاملاً جدید تولید، تبادل و توزیع شد و بخش‌های مختلف، از کشاورزی گرفته تا تولید و از مخابرات گرفته تا حمل‌ونقل، را متحول کرد. در واقع، چگونگی استفاده کنونی ما از کلمه «صنعتی» چنان محدود است که نمی‌تواند دربرگیرنده وسعت انقلاب باشد. گرچه نخستین انقلاب صنعتی در گسترش استعمارگری و تخریب محیط‌زیست نقش داشت، در ثروتمندتر کردن کشورهای صنعتی موفق بود. قبل از سال ۱۷۵۰، حتی ثروتمندترین کشورها (بریتانیا، فرانسه، پروس، هلند، مستعمره‌های آمریکای شمالی) سالانه به‌طور میانگین فقط حدود ۰/۲ درصد رشد داشتند که حتی همین مقدار هم ناپایدار بود. نابرابری از امروز بیشتر بود و سرانه درآمد در سطحی بود که اکنون فقر مفرط در نظر می‌گیریم. تا سال ۱۸۵۰، به لطف تأثیرات فناوری‌ها، میزان رشد سالانه در همین کشورها ۲ تا ۳ درصد افزایش یافت و سرانه درآمد به‌طور یکنواخت ارتقاء یافت.

انقلاب صنعتی دوم در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم با بهره‌گیری از اختراع برق و خط مونتاژ، تولید انبوه را میسر کرد. در بازه بین سال‌های ۱۸۷۰ و ۱۹۳۰، موجی تازه از فناوری‌های درهم‌تنیده رشد و فرصت‌هایی نتیجه داد که از اولین انقلاب

اصطلاح انقلاب صنعتی چهارم یا «صنعت ۴.۰» اولین بار در ماه نوامبر سال ۲۰۱۱ میلادی توسط کلاوس شواب<sup>۱</sup>، رئیس مجمع جهانی اقتصاد، در اجلاس مجمع جهانی اقتصاد در شهر هانور کشور آلمان مطرح شد و این رویکرد نوظهور در مقاله‌ای تحت عنوان انقلاب صنعتی چهارم توسط شواب به‌چاپ رسید [۱]. این مقاله از دستاوردهای طرحی ابتکاری بود که راهبرد دولت آلمان را در قبال فناوری‌های برتر در سال ۲۰۲۰ مشخص می‌کرد [۲]. این مفهوم بر مبنای مفاهیم و دیدگاه‌هایی شکل گرفته است که طی سال‌ها پدید آمده‌اند [۳، ۴].

به باور شواب، جهان در آستانه یک نقطه عطف انقلاب فناورانه قرار دارد؛ انقلابی که شیوه زندگی و کار را به شکل اساسی دگرگون خواهد کرد. این دگرگونی از نظر اندازه، دامنه و پیچیدگی از آنچه تاکنون رخ داده است متفاوت می‌باشد. شواب خود در این باره چنین می‌گوید:

انقلاب صنعتی چهارم می‌تواند بشریت را به روباتی تبدیل کند و از این‌رو، مفاهیم کار، اجتماع، خانواده و هویت را به‌خطر اندازد. از طرفی هم می‌توان از انقلاب صنعتی چهارم به این منظور استفاده کرد که بر اساس حس مشترک سرنوشت، انسان به موجودی با بصیرت جمعی و اخلاقی جدید ترفیع یابد. تک‌تک ما موظفیم مطمئن شویم که مورد دوم اتفاق می‌افتد [۱].

انقلاب صنعتی چهارم تنها ادامه انقلاب صنعتی سوم نیست بلکه بسیار بزرگ‌تر و پیچیده‌تر از آن است، در چهارچوب این انقلاب است که سطوح فیزیکی، دیجیتال و بیولوژیکی به همگرایی می‌رسند.

واژه «انقلاب» دال بر تغییر رادیکال و تند است. انقلاب‌های علمی در طول تاریخ زمانی حادث شده‌اند که فناوری‌های جدید و روش‌های بدیع از درک جهان، موجب تغییر عمیق در نظام‌های اقتصادی و ساختارهای اجتماعی شده‌اند. آشکار شدن تندی این تغییرات در چهارچوب تاریخ ممکن است سال‌ها به طول بینجامد. برخی بر این باورند که صنعت ۴.۰، نقطه آغازی برای انقلاب صنعتی چهارم است. به عبارت دیگر، دنیا هنوز شاهد انقلاب

1 Klaus Schwab

## انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو

و آثار آن در همه جای جهان آشکارتر است. انقلاب صنعتی دوم، هنوز هم در ۱۷ درصد جهان با ۱/۳ میلیارد جمعیت که به برق دسترسی ندارند، تجربه نشده است. این موضوع در مورد انقلاب صنعتی سوم با نصف جمعیت دنیا با ۴ میلیارد نفر که در جهان در حال توسعه زندگی می‌کنند و به اینترنت دسترسی ندارند، نیز صادق است.

اولین انقلاب صنعتی حدود ۱۲۰ سال طول کشید که از حوزه اروپا خارج شود؛ در صورتی که اینترنت در کل جهان در کمتر از یک دهه گسترش یافت. امروز تجربه اولین درس انقلاب صنعتی هنوز نیز معتبر است؛ یعنی میزان اشتیاق جامعه در پذیرش نوآوری یا فناوری، عامل عمده محسوب می‌شود. به همین لحاظ، دولت و نهادهای عمومی و همچنین بخش خصوصی باید به سهم خود مشارکت نمایند تا شهروندان از مزایای بلندمدت برخوردار گردند. می‌توان چنین ادعا کرد که انقلاب صنعتی چهارم قدرتمندتر، مؤثرتر و از نظر تاریخی مهم‌تر از سه انقلاب صنعتی قبلی است که می‌بایست برای مواجهه با آن از میزانی از آمادگی برخوردار بود و برای آن به موقع برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و فرهنگ‌سازی نمود.

چهارمین انقلاب صنعتی، که پدیده‌ای نوظهور است و اغلب از آن با عنوان «صنعت ۴.۰» یاد می‌شود، به تغییرات سریع و تحول‌آفرینی اشاره دارد که شامل تولید دیجیتال، ارتباطات شبکه‌ای، کامپیوتر، فناوری‌های اتوماسیون و سایر حوزه‌های مرتبط می‌شود [۲]. این رویکرد نوظهور صنعتی جدید مجموعه‌ای از تحولات فناورانه را در بر دارد. سامانه‌های فیزیکی سایبری، اینترنت اشیا، رباتیک، کلان‌داده، تولید ابری و واقعیت افزوده از جمله این تحولات هستند. تحولات مد نظر همزمان بر محصولات و فرایندها تأثیر می‌گذارند و ارتقای بهره‌وری و افزایش کارایی شرکت‌هایی را ممکن می‌کنند که از جمله کاربران این فناوری‌ها هستند [۵]. علاوه بر این، صنعت ۴.۰ به شکل‌گیری تغییرات عمیقی در دو بخش صنعت و تولید منجر می‌شود، تأثیراتی قدرتمند بر کل زنجیره‌های ارزش دارد و مجموعه‌ای از فرصت‌های جدید را برای دستیابی به مدل‌های کسب‌وکار، فناوری‌های تولید، اشتغال‌زایی و سازمان‌دهی فعالیت‌ها فراهم می‌آورد. مفهوم صنعت ۴.۰ را می‌توان رویکردی اساساً جدید دانست که جهان‌های فیزیکی و دیجیتال را به یکدیگر پیوند می‌دهد. پژوهشگران و شرکت‌ها دیدگاه‌های

صنعتی نشئت می‌گرفتند. رادیو، تلویزیون، لوازم خانگی و نور الکتریکی نشان‌دهنده توان تحول‌آفرین برق بودند. موتور درون‌سوز (احتراق داخلی) سبب شد اتومبیل‌ها، هواپیماها و در نهایت، زیست‌بوم‌های مرتبط با آنها (شامل شغل‌های تولیدی و زیرساخت بزرگراه‌ها) امکان‌پذیر شوند. پیشرفت‌هایی در شیمی صورت گرفت: در دنیا مواد جدیدی، مانند پلاستیک ترموست و فرایندهای جدیدی، همچون فرایند هابر-بوش و سنتز آمونیاک، به دست آمد، که راه را برای ایجاد کودهای نیتروژنی ارزان، «انقلاب سبز» دهه ۱۹۵۰ و افزایش چشمگیر در جمعیت بشر هموار ساخت. از بهداشت گرفته تا سفرهای هوایی بین‌المللی، دومین انقلاب صنعتی طلایه‌دار دنیای مدرن شد.

سومین انقلاب صنعتی در دهه ۱۹۶۰ آغاز شد و معمولاً به آن انقلاب کامپیوتر یا انقلاب دیجیتال اطلاق می‌شود؛ زیرا این انقلاب از توسعه نیمه‌هادی‌ها، کامپیوترهای مین‌فریم (دهه ۱۹۶۰)، کامپیوترهای شخصی (دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰) و اینترنت (دهه ۱۹۹۰) حادث شد. حدود سال ۱۹۵۰، پیشرفت‌های مهمی در نظریه اطلاعات و رایانش دیجیتال (فناوری‌های در قلب سومین انقلاب صنعتی) اتفاق افتاد. همانند دوره‌های پیشین، سومین انقلاب صنعتی به دلیل وجود فناوری‌های دیجیتال نبود، بلکه در نتیجه تغییر ساختار اقتصادی و نظام‌های اجتماعی از طریق این فناوری‌ها بود. توانایی ذخیره‌سازی، پردازش و انتقال اطلاعات به شکل دیجیتال تقریباً همه صنایع را دگرگون کرد و به‌طور چشمگیری زندگی‌های کاری و اجتماعی میلیاردها نفر را تغییر داد. تأثیر تجمعی این سه انقلاب صنعتی در واقع افزایشی فوق‌العاده در ثروت و موقعیت‌ها بود (حداقل برای مردم اقتصادهای پیشرفته) [۱].

شواهد و قراین حاکی از آن است که امروز ما در شروع انقلاب صنعتی چهارم هستیم که در شروع این قرن و در بستر انقلاب دیجیتال آغاز شده است. این انقلاب مبتنی بر اینترنت موبایل، سنسورهای (حساسگر) خیلی قوی، ارزان، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است. فناوری‌های دیجیتال با محوریت سخت‌افزار کامپیوتر، نرم‌افزار و شبکه‌ها تازگی ندارند؛ ولی در تمایز با انقلاب صنعتی سوم، بسیار پیچیده و یکپارچه بوده و موجب تحول جوامع و اقتصاد جهانی شده‌اند. در این انقلاب، درهم‌آمیزی فناوری‌های در حال ظهور با طیف وسیع از نوآوری‌ها نسبت به انقلاب‌های قبلی سریع‌تر و گسترده‌تر بوده

را ارتباط اینترنتی بین اشیای فیزیکی روزمره فروشگاه‌ها، مردم، سامانه‌ها و سیستم‌های فناوری اطلاعات می‌داند؛ ارتباطی که به شکل‌گیری محیط تولید هوشمندی می‌انجامد که اغلب با عنوان کارخانه هوشمند از آن یاد می‌کنیم [۹]. هالر و همکاران اینترنت اشیا را این گونه تعریف کرده‌اند: «جهانی که اشیای فیزیکی آن به صورت بی‌وقفه به شبکه اطلاعات متصل هستند و می‌توانند به مشارکت‌کنندگان فعال فرایند کسب‌وکار تبدیل شوند. در این جهان، خدماتی برای تعامل با اشیای هوشمند از طریق اینترنت وجود دارد و می‌توان وضعیت این اشیا یا سایر اطلاعات مرتبط به آنها را، در عین رعایت جوانب امنیتی و حریم خصوصی، استعمال کرد» [۱۰].

اینترنت خدمات<sup>۳</sup> (IoS) مفهومی نوظهور است و فرصت‌های جدیدی را برای صنعت خدمات به ارمغان می‌آورد. این مفهوم مبنای فنی و تجاری لازم برای ایجاد شبکه‌های تجاری ارائه‌دهندگان خدمات و مشتریان را در اختیار صنعت خدمات می‌گذارد. اینترنت خدمات رویکردی را دنبال می‌کند که شبیه به رویکرد اینترنت اشیاست؛ با این تفاوت که به جای آنکه با اشیای فیزیکی سروکار داشته باشد، خدمات را هدف قرار داده است. اینترنت خدمات را می‌توان مدل کسب‌وکار جدیدی تعریف کرد که تغییراتی عمیق را در روش‌های ارائه خدمات ایجاد خواهد کرد. این مدل کسب‌وکار همه ذی‌نفعان زنجیره ارزش را که شامل سازمان، مشتریان، واسطه‌ها، تجمیع‌کنندگان و تأمین‌کنندگان هستند، به یکدیگر پیوند می‌دهد و بدین ترتیب، ارزش بیشتری ایجاد می‌کند [۲، ۱۱]. در محیط‌های صنعتی و زنجیره‌های ارزش، تکثیر اینترنت اشیا فرصت‌های زیادی را برای کاربران، تولیدکنندگان و شرکت‌ها فراهم می‌آورد و تأثیرات قابل‌توجهی بر حوزه‌های مختلف، از جمله اتوماسیون، تولید صنعتی، لجستیک، فرایندهای کسب‌وکار، مدیریت فرایند و حمل‌ونقل، دارد [۱۲، ۱۳]. اصطلاح اینترنت اشیا صنعتی<sup>۴</sup> (IIoT) با هدف تبیین کاربرد اینترنت اشیا در صنعت ابداع شده است. منظور از این اصطلاح استفاده از فناوری‌های تحول‌آفرین، از جمله حسگرها، عملگرهای مکانیکی، سامانه‌های کنترل، سامانه‌های ارتباطی دستگاه به دستگاه، تحلیلگرهای داده و

متفاوتی درباره مفهوم و چشم‌اندازهای صنعت ۴.۰ دارند. با وجود این، شاهد شکل‌گیری نوعی اجماع نظر بر جنبه‌های اصلی این مفهوم هستیم؛ جنبه‌هایی که بر چشم‌انداز جدید حوزه تولید اثر می‌گذارند [۶] مانند (۱) کارخانه هوشمند، (۲) محصولات هوشمند، (۳) مدل‌های کسب‌وکار و (۴) مشتریان.

اصطلاح «هوشمند<sup>۱</sup>» به تدریج در حال تبدیل شدن به عنصر محوری چارچوب صنعت ۴.۰ است. این در حالی است که هنوز هیچ تعریف دقیقی برای این مفهوم ارائه نشده است. البته، یکی از تعاریف احتمالی که می‌توان برای مفهوم فوق ارائه کرد و با چشم‌انداز بسیاری از پژوهشگران نیز همخوانی دارد مبتنی بر دستگاه‌های مستقل و خودکاری است که ارتباط لحظه‌ای و همکاری با سایر دستگاه‌های هوشمند در محیطی هوشمند را ممکن کرده‌اند و بدین ترتیب، به تصمیمات و اقداماتی منجر می‌شوند که مبتنی بر اطلاعات هستند [۷]. به‌رغم ماهیت پویای پژوهش روی صنعت ۴.۰، پژوهشی که مروری مبسوط و نظام‌مند روی این موضوع انجام داده باشد وجود ندارد.

### اینترنت اشیا، اینترنت خدمات و اینترنت اشیا صنعت

اینترنت اشیا<sup>۲</sup> (IoT) اصطلاحی نوظهور است که فناوری‌ها و رویکردهای مختلف را با یکدیگر ترکیب کرده و بر مبنای ایده اتصال اشیای فیزیکی به اینترنت شکل گرفته است. با ظهور اینترنت، ارتباط متقابل کامپیوترها رنگ واقعیت به خود گرفت و تحولات فناورانه دهه‌های اخیر نیز گسترش اینترنت و ورود آن به مرحله‌ای جدید، یعنی دنیای اشیای هوشمند، را ممکن کرده‌اند. بنابراین، چشم‌انداز اینترنت اشیا بر اشیای هوشمند مبتنی است، زیرا این پارادایم جدید به اشیایی که به صورت روزمره استفاده می‌کنیم و با آنها سروکار داریم هوش می‌بخشد و نه تنها گردآوری اطلاعات و تعامل با محیط را برایشان ممکن می‌کند بلکه، امکان پیوند متقابلشان با سایر اشیا، تبادل اطلاعات و آغاز کنش‌ها را نیز از طریق اینترنت مهیا می‌سازد [۸].

توجه فزاینده به موضوعی که اغلب از آن با عنوان یکی از محرک‌های اصلی صنعت ۴.۰ یاد می‌شود، به ظهور چشم‌اندازها و تعاریف مختلف منجر شده است. به صورت کلی، اینترنت اشیا

<sup>1</sup> Smart

<sup>2</sup> Internet of things

<sup>3</sup> Internet of Services

<sup>4</sup> Industrial internet of things

داده‌هایی که به‌طور مداوم به روز شده و در پایگاه داده ذخیره می‌شوند). فاز مدل‌سازی برای اعتبارسنجی طرح بسیار اهمیت دارد در حالی که فرایندها نهایتاً منجر به روش‌های پیاده‌سازی مقیاس‌پذیر و قابل محاسبه می‌شوند. مکانیسم بازخورد در اصل باید از ایجاد سکون داخلی جلوگیری کند و فرایندهای کسب و کار را بر اساس نتایج به دست آمده بررسی کند، به جای اینکه سعی کند تا به طور مداوم مدل را بدون در نظر گرفتن پاسخ‌های کسب‌وکار بهبود بخشد.

### هوش مصنوعی<sup>۲</sup>

هوش مصنوعی سیستمی است که می‌تواند یاد بگیرد که چگونه یاد بگیرد. یا به عبارت دیگر، مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها (الگوریتم‌ها) که به کامپیوترها اجازه می‌دهد تا الگوریتم‌های خود را بدون برنامه‌ریزی صریح بنویسند.

هوش مصنوعی یک موضوع میان‌رشته‌ای است که برای فهم نیازمند مطالعه چند زیررشته است، مانند پردازش زبان‌های طبیعی<sup>۳</sup>، بینایی کامپیوتر<sup>۴</sup>، اینترنت اشیا<sup>۵</sup> و رباتیک<sup>۶</sup>. اگر هوش مصنوعی و بدن انسان را مشابه در نظر بگیریم، باید از یک مغز برخوردار باشد که بسیاری از وظایف را انجام می‌دهد و مسئول مواردی چون زبان (پردازش زبان‌های طبیعی)، بینش (بینایی کامپیوتر) و مواردی از این قبیل است.

### زنجیره بلوکی (بلاکچین)<sup>۷</sup>

زنجیره بلوکی (بلاکچین) یک پایگاه داده تغییرناپذیر توزیع شده امن است که توسط تمامی اجزای یک شبکه توزیع شده به اشتراک گذاشته شده است، جایی که معامله داده‌ها قابل ثبت و به‌سادگی قابل کنترل و حسابرسی است. زنجیره بلوکی به افرادی که هیچ شناختی از یکدیگر ندارند این امکان را می‌دهد تا بتوانند به سوابق ثبت شده یک موضوع اعتماد کنند. داده‌ها در ساختارهای مشخصی به نام بلوک ذخیره می‌شوند که با یکدیگر در یک زنجیره متصل هستند. (هر بلوک همچنین شامل یک مهر زمان و پیوند به بلوک قبلی از طریق هش<sup>۸</sup> خود

سازوکارهای امنیتی، با هدف بهبود سامانه‌های صنعتی مدرن است [۱۴].

اینترنت اشیا مرزهای جدیدی را باز کرده و به ظهور کاربردهای فراوانی منجر شده است که حول سه رکن اصلی شکل گرفته‌اند. این سه رکن عبارت‌اند از:

- (۱) بهینه‌سازی فرایند
- (۲) مصرف بهینه منابع
- (۳) ایجاد سامانه‌های مستقل پیچیده [۱۵]. توسعه و تکثیر بیشتر تکنیک‌های اینترنت اشیا به افزایش هوشمندی، اطمینان‌پذیری و استقلال اشیا کمک می‌کند و ارائه خدمات و محصولات با ارزش افزوده را ممکن می‌سازد [۱۶].

### کلان‌داده<sup>۱</sup>

روش‌های بسیاری برای تعریف کلان‌داده ارائه شده است که دریافت مفهوم این مهم را پیچیده و دشوار می‌کند. برخی کلان‌داده را به‌عنوان مجموعه داده‌ای با مقیاس و حجم بسیار تعریف می‌کنند. به‌طور مثال، داده‌هایی با حجم بیش از یک ترابایت به تعبیری کلان داده محسوب می‌شوند (دریسکول، ۲۰۱۰). برخی دیگر آنها را به‌عنوان مجموعه داده‌ای تعریف می‌کنند که ابزارهای تحلیل داده سنتی مانند مایکروسافت اکسل توانایی تحلیل و بررسی آنها را ندارند. اما در تعریفی معمول‌تر، کلان‌داده به داده‌هایی اطلاق می‌شود که سه شاخصه سرعت، تنوع و حجم را توانمند داشته باشند [۱۷].

مراحل استخراج و استفاده از کلان‌داده:

ابتدا باید فرایندهای کسب‌وکار شناسایی شوند، سپس چارچوب تحلیلی روش مورد استفاده شناسایی می‌شود. این دو مرحله اجرایی دارای حلقه‌های بازخورد هستند درست مانند شناسایی و تعریف چارچوب تحلیل و همچنین چگونگی ساختار مجموعه داده که نیازمند بررسی تمامی انواع داده‌ها می‌باشند، مانند داده‌های در حال سکون و یا ایستا (داده‌هایی که ساکن و بدون فعالیت در پایگاه داده حضور دارند)، داده‌های در جریان (داده‌های در جریانی که به‌طور موقت در حافظه پایگاه داده ذخیره می‌شوند) و داده‌های در حال استفاده

1 Big Data

2 Artificial Intelligence (AI)

3 Natural language processing (NLP)

4 computer vision

5 Internet of things (IOT)

6 Robotics

7Blockchain

8 Hash

### تأثیرات صنعت ۴.۰ بر کسب‌وکارها

همانگونه که در کاربردهای صنعت چهارم و به‌ویژه اینترنت اشیا ملاحظه شد، نوآوری و تحولات فناورانه نقشی مهم در انواع مختلف سازمان‌ها ایفا می‌کند. صنعت ۴.۰ تغییرات قابل توجهی در محصولات و همچنین طراحی، فرایندها، عملیات و خدمات سامانه‌های تولید ایجاد می‌کند. به همین دلیل است که تحولات و پیشرفت‌های دیجیتال و افزایش پیوندهای متقابل و در هم تنیده چالش‌های جدیدی را پیش‌روی سازمان‌ها قرار می‌دهند. علاوه بر این، انتظار می‌رود صنعت ۴.۰ پیامدهایی نیز برای دو حوزه مدیریت و مشاغل آینده داشته باشد و به شکل‌گیری مدل‌های کسب‌وکار جدیدی منجر شود که تأثیری چشمگیر بر صنعت و بازارها دارند. همچنین، این مفهوم می‌تواند کل چرخه عمر محصول را تحت تأثیر قرار دهد، روش‌هایی جدید را برای تولید و تجارت پیش‌روی‌مان قرار دهد، ارتقای فرایندها را ممکن سازد و رقابت‌پذیری شرکت را افزایش دهد. صنعت ۴.۰ به تغییراتی عمیق در حوزه‌های مختلفی فراتر از بخش صنعت منجر خواهد شد. حوزه‌های تأثیر این چارچوب را می‌توان در شش گروه جا داد: (۱) صنعت، (۲) محصولات و خدمات، (۳) مدل‌های کسب‌وکار و بازار، (۴) اقتصاد، (۵) محیط کار و (۶) توسعه مهارت‌ها.

صنعت بخشی است که بیشترین تأثیر را از صنعت ۴.۰ می‌پذیرد. این رویکرد نوظهور صنعتی چشم‌انداز تولید جدیدی را با خود به همراه می‌آورد؛ چشم‌اندازی که تولید غیرمتمرکز و دیجیتال‌شده از ویژگی‌های بارزش است. در این چشم‌انداز، عناصر تولید می‌توانند به‌صورت مستقل خود را کنترل کنند، مجموعه‌ای از کنش‌ها را آغاز کنند و به تغییرات محیط‌شان واکنش نشان دهند [۱۸]. علاوه بر این، این پارادایم نوظهور می‌تواند محصولات و فرایندها را به‌صورت کامل در یکدیگر ادغام کند، چشم‌انداز تولید را از تولید انبوه به سفارشی‌سازی انبوه تغییر دهد و بدین ترتیب، بر پیچیدگی فرایندها و محصولات بیافزاید [۱۹]. بنابراین، فرایندها و عملیات تولید عمیقاً تحت تأثیر تحولات فناورانه و راه‌اندازی کارخانه‌های هوشمند قرار خواهند گرفت و همین مسئله انعطاف‌پذیری

است) بلوک‌ها دارای یک سرصفحه هستند که شامل فراداده<sup>۱</sup> و یک محتوا است که در حقیقت داده‌های تراکنش واقعی است. از آنجا که هر بلوک به شماره قبلی متصل است، با افزایش تعداد مشارکت‌کنندگان و بلوک‌ها، اصلاح هر گونه اطلاعات بدون داشتن اجماع شبکه بسیار دشوار است. شبکه می‌تواند معامله را از طریق سازوکارهای مختلف اعتبار بخشد، اما عمده‌تأ از طریق «اثبات کار<sup>۲</sup>» یا «اثبات سهام<sup>۳</sup>» این امر محقق می‌شود. اثبات کار از شرکت‌کنندگان (یا همان «استخراج‌کنندگان<sup>۴</sup>») برای حل مشکلات پیچیده ریاضی برای اضافه کردن یک بلوک استفاده می‌کند، که به نوبه خود نیاز به یک تُن انرژی و ظرفیت سخت افزاری برای رمزگشایی دارد. در مقابل، اثبات سهام سعی در حل مسئله بهره‌وری انرژی دارد و قدرت استخراج بیشتری را به مشارکت‌کنندگانی که سکه‌های بیشتری دارند اختصاص می‌دهد.

### رایانش ابری<sup>۵</sup>

رایانش ابری به این معناست که یک نرم‌افزار، داده‌های آن و همین‌طور پردازش‌های مربوط به آن را به یک فضای بیرونی منتقل کنیم. کاربران می‌توانند با نرم‌افزارهای کاربری و داده‌ها با استفاده از هر دستگاهی که به اینترنت متصل است، به آن منبع بیرونی دسترسی داشته باشند. اطلاعات و برنامه‌ها توسط یک فضای خارجی میزبانی می‌شوند و به جای یک سخت‌افزار فیزیکی بر روی یک شبکه جهانی از مراکز داده‌های امن، نگهداری می‌شوند. این کار باعث می‌شود تا قدرت پردازش افزایش پیدا کند، امکان اشتراک داده‌ها و همکاری بیشتر با سایر افراد راحت‌تر شود و امکان دسترسی امن به این داده‌ها از طریق تلفن همراه، بدون توجه به موقعیت مکانی کاربر، فراهم گردد. رایانش ابری یک روش مناسب برای ارائه منابع محاسباتی می‌باشد. با رایانش ابری، کاربران به جای اینکه یک مجوز را خریداری کنند، ماهانه هزینه‌ای را می‌پردازند و نرم‌افزارها و پلتفرم‌ها توسط ارائه‌دهندگان مدیریت و به‌صورت مداوم به‌روزرسانی می‌شوند تا عملکرد و امنیت آنها بیشینه شود.

1 Metadata  
2 proof-of-work  
3 proof-of-stake

4 miners  
5 Cloud Computing

## انقلاب صنعتی چهارم و تغییرات بنیادین پیش‌رو

بازار فراهم می‌شود [۲۴]. یکپارچگی و پیچیدگی سامانه‌ها و دیجیتال شدن فزاینده فرایند تولید صنعتی خود به شکل‌گیری مدل‌های دیجیتال و پیچیده‌تر بازار می‌انجامد [۲۵]. بدین ترتیب، موانعی که، تا پیش از این، بین اطلاعات و ساختارهای فیزیکی قرار داشتند از بین می‌روند و رقابت‌پذیری افزایش می‌یابد. اقتصاد می‌تواند تحت تأثیر این رویکرد جدید و تحولات فناورانه نوظهور قرار بگیرد. دیجیتال شدن به معنای هم‌گرایی جهان‌های فیزیکی و مجازی است و تأثیرات گسترده‌ای بر همه بخش‌های اقتصادی بر جا می‌گذارد [۴]. این هم‌گرایی نیروی محرکه اصلی نوآوری است و نوآوری نیز خود نقشی حیاتی در افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری ایفا می‌کند. پیشرفت‌های فناورانه به سرعت در حال تغییر محیط کار هستند و صنعت ۴.۰ نیز در حال متحول کردن مشاغل و مهارت‌های ضروری است. تغییر رابط انسان و ماشین مهم‌ترین تغییری است که در این زمینه ایجاد شده است و به تعامل بین کارگران و مجموعه‌ای از روش‌های همکاری جدید می‌پردازد [۲۶]. تعداد ربات‌ها و ماشین‌آلات هوشمند رو به افزایش است و دو جهان فیزیکی و مجازی نیز در آستانه ظهور هستند. به بیان دیگر، به‌زودی شاهد تحولی عظیم در محیط‌های کار فعلی مان خواهیم بود. اهمیت فزاینده رابط‌های انسان و ماشین تعامل بین عناصر تولید و ارتباط ضروری بین ماشین‌آلات هوشمند، محصولات هوشمند و کارکنان را تقویت می‌کند. این ارتباط نیز خود به یمن چشم‌انداز اینترنت اشیا و اینترنت خدمات، که تحت تأثیر سامانه‌های فیزیکی سایبری محقق شده‌اند، بهبود یافته است. به همین دلیل، می‌باید به مسائل حوزه ارگونومیک (طراحی مربوط به بهره‌وری و راحتی در محیط کار است) نیز در چارچوب صنعت ۴.۰ توجه کنیم و سامانه‌های جدید نیز باید بر کارگران و اهمیت‌شان متمرکز شوند [۱۸، ۲۷]. ادغام مفهوم صنعت ۴.۰ در سامانه‌های تولید و استفاده فزاینده از فناوری‌های جدید بر تعاریف موجود از مشاغل و مدیریت، سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی کار تأثیر خواهد گذاشت. در این شرایط، چالش اصلی اجتناب از گرفتار شدن در موقعیتی است که از آن با عنوان بی‌کاری ناشی از فناوری یاد می‌شود. به همین منظور، باید تعاریف جدیدی از مشاغل موجود ارائه شود و اقداماتی را برای انطباق نیروی کار با مشاغل آینده انجام داد [۲۸].

عملیات و کارایی فرایند تخصیص منابع را افزایش خواهد داد. صنعت ۴.۰ تأثیری مهم بر فرایندهای صنعتی، سامانه‌های تولید و زنجیره‌های تأمین خواهد داشت. این پارادایم جدید در حال تغییر چشم‌انداز صنعتی فعلی حول سه محور اصلی است: (۱) دیجیتال شدن تولید، (۲) اتوماسیون و (۳) پیوند عناصر مختلف تولید در قالب یک زنجیره تأمین جامع. بدین ترتیب، صنعت ۴.۰ به معنای یکپارچه‌سازی کامل شبکه و تبادل اطلاعات بلادرنگ است [۲۰]. هدف محوری همه انقلاب‌های صنعتی افزایش بهره‌وری است. اما چهارمین انقلاب صنعتی از این هم فراتر می‌رود و، علاوه بر افزایش بهره‌وری، بر کل زنجیره تأمین، از طراحی محصول تا فرایندهای مهندسی و لجستیک خروجی، نیز تأثیر می‌گذارد. محصولات و خدمات تأثیری قابل توجه از این رویکرد نوظهور صنعتی می‌پذیرند. در سال‌های اخیر، تغییرات سریع چشم‌انداز اقتصادی و الزامات پویای بازار به افزایش تقاضا برای تولید محصولات پیچیده‌تر و هوشمندتر منجر شده‌اند [۲۱]. محصولات تلفیق‌کننده می‌شوند و امکان سفارشی‌سازی‌شان نیز بیشتر می‌شود. همین مسئله، سفارشی‌سازی انبوه را تقویت می‌کند و تأمین خواسته‌های خاص مشتریان را ممکن می‌سازد [۲۲]. بنابراین، نوآوری و محصولات و خدمات جدید را می‌توان از جمله ویژگی‌های بارز صنعت ۴.۰ دانست. نوآوری و محصولات و خدمات جدید سامانه‌هایی هستند که در این مفهوم جا گرفته‌اند و می‌توانند واکنش‌گر و تعاملی باشند، امکان رهگیری و مدیریت فعالیت‌های‌شان به صورت بلادرنگ وجود دارد، کل زنجیره ارزش را بهینه می‌کنند و، طی چرخه عمرشان، اطلاعاتی را درباره وضعیت‌شان در اختیارمان می‌گذارند.

در سال‌های اخیر، مدل‌های کسب‌وکار و بازار دستخوش تغییراتی سریع شده‌اند و شاهد ظهور مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه نیز بوده‌ایم. فناوری‌های تحول‌آفرینی که در چارچوب صنعت ۴.۰ ظهور یافته‌اند شیوه‌های فروش و ارائه محصولات و خدمات را تغییر داده‌اند و از این طریق، بر کسب‌وکارهای صنعتی تأثیر گذاشته و فرصت‌ها و مدل‌های کسب‌وکار جدیدی را خلق کرده‌اند [۲۳]. بنابراین، از آنجا که صنعت ۴.۰ به ادغام تولیدکنندگان و مشتریان کمک می‌کند، زنجیره‌های ارزشی که بر اساس آن شکل می‌گیرند واکنش‌گراتر می‌شوند و امکان تعامل نزدیک‌تر با مشتریان و انطباق مدل‌های کسب‌وکار با الزامات

- [2]. Zhou, K., Liu, T., and L. Zhou (2016) "Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges," in International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, pp. 2147–2152.
- [3]. European Commission (2010), "Factories of the Future PPP: Strategic Multi-annual Roadmap," Pub. Office of the Euro. Union, Luxembourg.
- [4]. Kagermann, H. (2015) "Change through Digitization - Value Creation in the Age of Industry 4.0," in Manag. of Perm. Change, Springer.
- [5]. 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
- [6]. Qin, J., Liu, Y., Grosvenor, R. (2016). "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond, Procedia CIRP 52, 173–178.
- [7]. Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., and Madsen, E. S. (2014), Procedia Eng. 69 ,1184–1190.
- [8]. Borgia, E (2014). "The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues," Comput. Commun., vol. 54, pp. 1–31.
- [9]. Shariatzadeh, Navid et al., Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things, Procedia CIRP 50 (2016).
- [10]. Haller, S., Karnouskos, S. and C. Schroth(2008), "The Internet of Things in an Enterprise Context," in Future Internet Symposium pp. 14–28.
- [11]. Cardoso, J. Voigt, K. and M. Winkler.(2008). "International Conference on Enterprise Information Systems", pp. 15–27.
- [12]. Atzori, L., Iera, A and G. Morabito. (2010) "Comput. Networks" 54(15) 2787–2805.
- [13]. Miorandi, D., Sicari, S., F.(2012) "De Pellegrini, and I. Chlamtac. Ad Hoc
- [14]. Mourtzis, D., Vlachou, D., and Milas. N. (2016). Procedia CIRP 55, 290–295.
- [15]. Chui, M, Löffler, .Mand R. Roberts. (2010)" McKinsey Q". 2, 1–9.
- [16]. Kyriazis, D., Varvarigou. M. (2013)" Procedia Comput". Sci. 21, 442–448.
- [17]. Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity, and variety. META group Inc. <https://blogs.gartner.com/douglaney/files/۲۰۱۲/۰۷/ad۹۴۹-۳D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>. Accessed on Oct 27, 2015.
- [18]. Erol, S, Schumacher, A., and Sihm, W. (2016). "Strategic Guidance towards Industry 4.0 – a Three-Stage Process Model," in Proc. of International Conference on Competitive Manufacturing (COMA16), Stellenbosch, South Africa.
- [19]. Dombrowski ,U., Wagner,T.(2014). "Procedia CIRP" 17 100–105.
- [20]. Roblek, V., Meško,M., Krapež., A., (2016) ." SAGE Open" 6(2) ,1–11.

توسعه مهارت‌ها که به تغییرات جمعیت‌شناختی و اجتماعی منجر می‌شود، یکی از مهم‌ترین عوامل کلیدی تاثیرگذار بر موفقیت فرایند اتخاذ و پیاده‌سازی چارچوب صنعت ۴.۰ است. آن‌طور که چشم‌انداز محیط کار نشان می‌دهد، نیروی کار آینده باید دارای شایستگی‌هایی جدید باشد. بنابراین، باید فرصت‌هایی را برای این نیروی کار فراهم کرد تا بتواند از آموزش باکیفیت برخوردار شود و این مهارت‌های جدید و ضروری را فرا بگیرد [۱۷]. این الگوی صنعتی جدید تأثیری چشمگیر بر بازار کار و مشاغل حرفه‌ای خواهد داشت و در تضمین ایجاد مشاغل جدیدی که قرار است جایگزین مشاغل از دست رفته شوند نقشی مهم ایفا خواهد کرد و به ما اطمینان خواهد داد که تعداد مشاغل جایگزین بیشتر از مشاغل از دست رفته خواهد بود. شایستگی‌های ضروری جدید باید در برنامه‌های آموزشی لحاظ شوند چرا که، در آینده، تفکر میان‌رشته‌ای نقشی مهم خواهد داشت و برخورداری از مهارت بالا در دو حوزه اجتماعی و فنی ضروری خواهد بود [۲۹]. صنعت ۴.۰ به اتوماسیون فزاینده کارها منجر می‌شود. به بیان دیگر، کارکنان باید خود را برای انجام وظایف جدید آماده کنند. همین مسئله درباره رشته‌های مهندسی و مدیران نیز صدق می‌کند. رشته‌های مهندسی از ظرفیت بالقوه قابل‌توجهی برای پرورش متخصصان آینده و آگاه کردن آنها از گرایش‌ها و فرصت‌های جدید حوزه فناوری برخوردار هستند. مدیران نیز باید راهبرد مدیریت‌شان را با الزامات جدید بازار انطباق دهند [۱۷]. علاوه بر این، تعداد کارکنان واجد شرایطی که حوزه‌های فناورانه برای تحقق الزامات صنعت ۴.۰ به آنها نیاز دارند نیز رو به افزایش است. به بیان خلاصه، صنعت ۴.۰ از ظرفیت بالقوه بسیار بالایی در حوزه‌های متعدد برخوردار است و پیاده‌سازی آن بر کل زنجیره ارزش اثر می‌گذارد و از این طریق، فرایندهای تولید و مهندسی را بهبود می‌دهد، به ارتقای کیفیت محصولات و خدمات می‌انجامد، روابط مشتریان و سازمان‌ها را بهینه می‌کند، فرصت‌های تجاری جدید و مزایای اقتصادی به همراه دارد، الزامات آموزشی را تغییر می‌دهد و محیط کار فعلی را متحول می‌سازد.

## منابع و مؤاخذ

- [۱]. شواب، کلاوس (۱۳۹۹). "به سوی صنعت ۴"، ترجمه: کیانی بختیاری، ابوالفضل تهران: انتشارات سازمان مدیریت صنعتی، ۱۳۹۹.



- [26]. Kagermann, H., Wahlster, W., and Helbig, J. (2013). "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0," München.
- [27]. Zuehlke, A., Annu, D. (2010). Rev. Control. 34(1) 129–138.
- [28]. Roblek, V., Meško, M., Krapež A. (2016). "A Complex View of Industry 4.0, SAGE Open 6 (2) , 2158244016653987.
- [29]. Magruk. (2016). Business, Manag. Educ. 14(2) 275–291.
- Porter, M.E, Heppelmann and J. E. (2015). Harv. Bus. Rev. 93(10) ,96–114.
- [21]. Porter, M.E , Heppelmann and J. E. (2015). Harv. Bus. Rev. 93(10) ,96–114.
- [22]. Jazdi, N. (2014). "Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0," in IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, pp. 1–4.
- [23]. Glova, J., Sabol., T., Vajda. V.(2014). "Procedia Econ. Financ. 15 1122–1129.
- [24]. 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/>
- [25]. Zezulka, F., Marcon, P., Vesely.I, Sajdl, O. (2016). IFAC-PapersOnLine 49(25), 8–12.

## The Fourth Industrial Revolution and the Fundamental Changes Ahead

---

Abolfazl Kiani Bakhtiari<sup>\*1</sup>, Ali A. Moosavi-Movahedi<sup>2</sup>

In recent years, technological developments and successive innovations in manufacturing processes have created profound changes in the world's industrial landscape. In the meantime, we have witnessed the emergence of the concept of the fourth industrial revolution or industry 4.0 and researchers have also shown increasing attention to this issue. This new industrial paradigm, created by combining technologies based on physical cyber systems and digital transformation, transformational implications for industry and the economy. Today we are at the beginning of a revolution that is fundamentally changing our way of life, work and relationships. This phenomenon is not comparable to any of the past human experiences in terms of scale, coverage and complexity; and we are still a long way from fully understanding the speed and scope of this new revolution. What is clear is that effective action must be taken as soon as possible to take advantage of the positive effects and consequences and to counter the possible threats of this industrial revolution.

The present article deals with the fundamental components of the Fourth Industrial Revolution and emerging changes in the fields of industry, products and services, business and market models, work environment and skills development. This also emphasizes the necessity to be prepared to face issue of industrial development.

**Keywords:** Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, Emerging Technologies, Digital Economy, Platform Enterprises.

---

\* Author for Correspondence, Faculty Member, Tel: +982122043000, Fax: +982122043001, E-mail: Kiani@imi.ir

<sup>1</sup> Industrial Management Institute (IMI)

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

