ویژه‌نامه
انقلاب صنعتی چهارم

همراه اول

www.mci.ir

فناوری همراه

NO. ۹

fanavari hamrah

فصلنامه‌ی تحلیلی خبری ■ تابستان و پاییز ۱۴۰۲

I4.0

5G AI IOT BIG Data Cloud

- افزایش قدرت انقلاب صنعتی چهارم با محاسبات ابری
- چالش‌های اینترنت اشیاء صنعتی در انقلاب صنعتی چهارم
- هوش مصنوعی صنعتی برای سیستم‌های تولیدی برپایه انقلاب صنعتی چهارم
- شبکه‌های خصوصی 5G، گامی به سوی استقرار صنعت نسل چهارم

بسم الله الرحمن الرحیم

ما باید علم را با معنای کامل آن به عنوان یک جهاد دنبال کنیم؛ این را من به جوان‌ها، استادان، دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی می گویم. علم مجرد و به تنهایی هم کافی نیست؛ علم را باید وصل کنیم به فناوری، فناوری را باید وصل کنیم به صنعت و صنعت را باید وصل کنیم به توسعه‌ی کشور. صنعتی که مایه‌ی توسعه و پیشرفت کشـــور نباشد، برای ما مفید نیست؛ علمی که به فناوری تولید نشود، فایده‌ای ندارد و نافع نیست. وظیفه‌ی دانشگاه‌ها، آموزش و پرورش، مراکز تحقیقاتی و مراکز پژوهشی سنگین است.

بیانات در دیدار مجاورین حرم مطهر رضوی، ۱۳۸۵

عنوان: **فناوری همراه**
مشخصات نشر: **تهران، سیتنه، ۱۴۰۲**
مشخصات ظاهری: **۱۴۴ص، مصور**
شابک: **۹۷۸-۶۲۲-۹۹۸۴۶-۳-۷**
موضوع: **تلفن همراه، تکنولوژی، همراه اول، مخابرات ـ ایران ـ جهان**
رده‌بندی کنگره: **۸۰ VTP/ ت۸ ۱۴۰۰**
رده‌بندی دیویی: **۳۷۳ ک ۵۹/۳۸۵**
شماره کتاب‌شناسی ملی: **۳۱۰۰۳۱۱**

فناوری همراه

NO. ۹

Fanavari Hamrah

■ فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
■ تابستان و پاییز ۱۴۰۲ ■ شماره‌ی نهم
■ قیمت: ۵۰ هزار تومان

مدیرمسئول: حمید بهروزی

سردبیر: وحید شاه‌منصوری

مدیر اجرایی: محمدجواد جمشیدی

ناظر اجرایی: محمدمهدی قوچانی

ناظران تخصصی: محسن مهدیان
محمد اسحاق میرزاپور

دبیر تخصصی و راهبر اجرایی: فاطمه بهادری

همکاران این شماره (به ترتیب الفبا):
آتنا ابراهیم‌خانی، علی تراب‌زاده
سیدعلی خدام‌حسینی، محمدرضا سعادتمند
منصوره قاسمی برسیانی، لیلا مجذوبی
محسن محمودی، محمدتقی نوده، رضا نوریان

گرافیست اینفوگرافی و پوستر:
ایمان رفاقتی

سرمقاله

نقش‌آفرینی اپراتورها در انقلاب صنعتی چهارم؛ فرصت‌ها و چالش‌ها ۲

مصاحبه Interview

آقای مهندس مصطفی درجزی، مدیر کل محترم کسب و کار سازمانی همراه اول:
انقلاب صنعتی چهارم؛ هم‌افزایی اپراتورها و صنایع ۱۴

رصدفناوری Technology Scouting

مروری بر معماری‌های مرجع اینترنت اشیاء صنعتی ۲۲
شبکه‌های خصوصی 5G گامی به سوی استقرار صنعت نسل چهارم ۳۲
مدیریت فرآیند کسب و کار در عصر صنعت ۴,۰:
بررسی جامع و جهت‌گیری‌های آینده ۴۰
هوش مصنوعی صنعتی برای سیستم های تولیدی بر پایه انقلاب صنعتی چهارم ۴۶
دوقلوی دیجیتال؛ بازوی توانمندساز انقلاب صنعتی چهارم ۵۴
قطعه‌بندی شبکه ابری بومی ۶۲
افزایش قدرت انقلاب صنعتی چهارم با محاسبات ابری ۷۲
جایگاه ردیاب هوشمند در انقلاب صنعتی چهارم ۷۸

بینش فناوری Technlology Insight

ویژگی کلیدی انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن
مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات ۸۶
در خط مقدم هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴,۰ چه باید کرد؟ ۹۴
چالش‌های اینترنت اشیاء صنعتی در انقلاب صنعتی چهارم ۱۰۴

ابزار فناوری Technology Tools

نمایه‌ای از پلتفرم‌های اینترنت اشیاء ۱۱۶
ماژول های سخت افزاری ProMake ۱۲۰

اخبار فناوری Technology News

همکاری Nokia و Aramco برای توسعه کاربردهای 5G در انقلاب صنعتی چهارم ۱۲۴
استقرار آزمایشگاه‌های مجهز به شبکه خصوصی 5G توسط نوکیا جهت آزمایش کاربست‌های انقلاب صنعتی چهارم ۱۲۶
نمایش قابلیت برش شبکه 5G برای به‌کارگیری در کاربست‌های ماموریت محور توسط دویچه تلکام ۱۲۸
تجهیز نمایشگاهی برای ارائه کاربست‌های انقلاب صنعتی ۴ توسط ودافون در دانشگاه شفیلد انگلیس ۱۳۰
اینفوگرافی ۱۳۳

فناوری همراه
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

سرمقاله

نقش آفرینی اپراتورها در انقلاب صنعتی چهارم؛ فرصت‌ها و چالش‌ها

انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴,۰ با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال و اتصال‌پذیری گسترده اشیاء و سیستم‌ها، تصمیم‌گیری بلادرنگ داده‌محور را ممکن ساخته و منجر به هوشمندسازی فرایندها و عملیات می‌شود. در عصر انقلاب صنعتی چهارم، داده‌های تولید شده در بخش‌های متفاوت عملیات به روشی هوشمند، انعطاف‌پذیر و هماهنگ جمع‌آوری شده و با ارسال بلادرنگ این داده‌ها، تطبیق چابک با شرایط عملیاتی و بهینه‌سازی مبتنی بر تحلیل داده محقق می‌شود. در نتیجه، تمامی صنایعی که با هدف ارتقاء اتصال‌پذیری، بهینه‌سازی، شفافیت و انعطاف‌پذیری به سوی صنعت ۴,۰ به درستی گام برمی‌دارند، از تحولات شگرف ناشی از آن از منظر کیفیت، ایمنی، زمان ورود به بازار و عرضه محصولات، ارتقاء تجربه شرکا، تأمین‌کنندگان و در نهایت مشتریان بهره می‌برند.

در این میان، اتصال سلولی مناسب در فراهم آوردن امنیت، کاهش تأخیر، افزایش پهنای باند و قابلیت اطمینان مورد نیاز صنعت ۴,۰ برای پشتیبانی از همگرایی سیستم‌های تجاری و عملیاتی، جمع‌آوری و پردازش داده‌های تولید شده و انعطاف‌پذیری عملیاتی نقش کلیدی دارند. اپراتورهای مخابراتی به عنوان بازیگران اصلی فراهم‌کننده پوشش‌دهی و اتصال‌پذیری نقشی حیاتی در پیشبرد اهداف صنعت ۴,۰ ایفا می‌کنند. یک نظرسنجی که توسط ABI Research میان تولیدکنندگان صنعتی انجام شده است، نشان می‌دهد که ۸۸ درصد از تولیدکنندگان به دنبال استقرار اتصال سلولی در کارخانه خود به صورت یک شبکه خصوصی هستند که توسط خودشان یا یک اپراتور اداره می‌شود. امروزه اپراتورها علاوه بر ارائه خدمات اتصال‌پذیری رادیویی، با ارائه محصولات و خدمات دیجیتالی مانند پلتفرم‌های IoT، تحلیل داده، خدمات ابری و همچنین رویکردهای پلتفرمی جهت تسهیل‌گری ارائه راه‌حل‌های دیجیتالی توسط سایر بازیگران اکوسیستم به صنایع، نقش کلیدی در حوزه صنعت ۴,۰ ایفا می‌نمایند. در جدول ۱ ویژگی‌ها و عناصر کلیدی صنعت ۴,۰ به‌طور خلاصه عنوان شده است.

در این نوشتار جهت درک هرچه بهتر نحوه تاثیرگذاری و

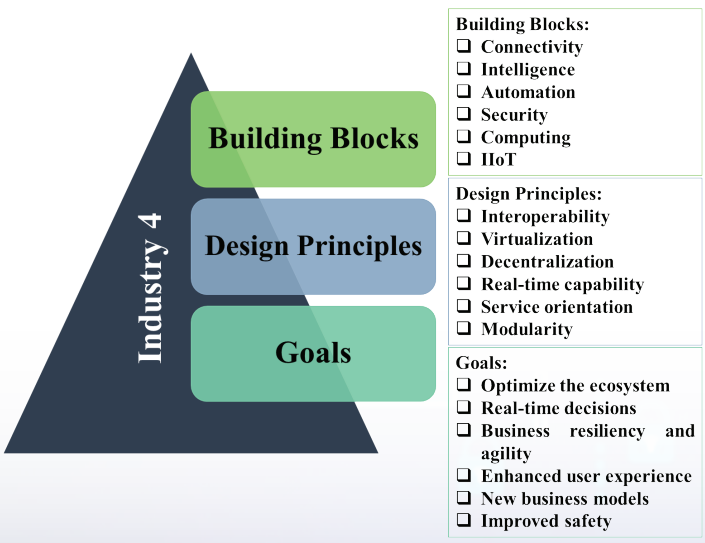
جدول ۱ - ویژگی‌ها و عناصر کلیدی تحقق انقلاب صنعتی چهارم

ویژگی‌ها	عناصر کلیدی
به‌هم پیوستگی؛ ادغام دنیای فیزیکی و دیجیتال توانایی ادغام فیزیکی و دیجیتالی تمام اشیاء متصل که در آن، ماشین‌ها، دستگاه‌ها، حسگرها و سیستم‌ها تماماً متصل و مرتبط هستند.	• شبکه خصوصی 5G • شبکه‌های عمومی • اینترنت اشیاء، اینترنت اشیاء صنعتی • اینترنت سیستم‌ها
شفافیت؛ به اشتراک‌گذاری و در دسترس بودن حجم عظیمی از داده‌ها صنعت ۴,۰ شامل حجم انبوهی از داده‌هایی است که به‌طور شفاف به اشتراک گذاشته می‌شوند و برای تأثیرگذاری بر تصمیم‌گیری، بهبود فرآیند، زنجیره تأمین، تجربیات مشتری و غیره در دسترس هستند.	• امنیت • مدیریت • مصورسازی
واقعیت افزوده؛ حل مساله با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، رباتیک و شبیه‌سازی‌ها در صنعت ۴,۰ از هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، رباتیک، شبیه‌سازی (مانند دوقلوهای دیجیتال) و واقعیت توسعه یافته استفاده شده و منجر به بهبود تصمیم‌گیری در حل مشکلات و اقدامات جدید می‌شود.	• ربات‌ها • دوقلوی دیجیتال • هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
غیرمتمرکز؛ تصمیم‌گیری توزیع شده اما هماهنگ توانایی سیستم‌ها و گره‌های داخل آن‌ها برای عمل مستقل و هماهنگی با یکدیگر برای تصمیم‌گیری و انجام اقدامات، در کسب‌وکار و سراسر اکوسیستم.	• محاسبات لبه (MEC) • ارکستراسیون لبه • تحلیل لبه

نقش‌آفرینی در پیشبرد انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا به بررسی اصول تکامل صنعت ۴,۰ شامل اهداف، بلوک‌های سازنده آن و اصول طراحی آن می‌پردازیم. سپس، چالش‌های پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ در صنایع را مطالعه کرده و در ادامه فرصت‌ها و چالش‌های نقش‌آفرینی اپراتورهای مخابراتی در این زمینه را بررسی می‌کنیم. در انتها جهت آگاهی از نحوه فعالیت اپراتورهای جهانی در زمینه صنعت ۴,۰، جدولی از سرویس‌ها و فناوری‌های توسعه یافته توسط اپراتورها ارائه می‌دهیم که نتیجه بررسی است که توسط مرکز تحقیق و توسعه همراه اول انجام گرفته است.

اصول تکامل انقلاب صنعتی چهارم

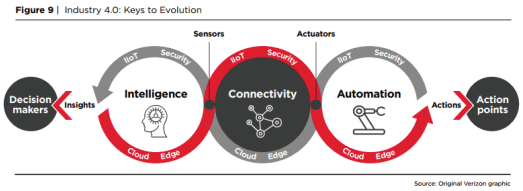
طبق گزارشی از GSMA [۱]، تکامل صنعت ۴,۰، وابسته به ۳ اصل اساسی بلوک‌های سازنده و توانمندساز، اهداف و قواعد طراحی سیستم‌ها و کاربردها است. هر کدام از این ۳ اصل اساسی شامل مواردی است که در کنار یکدیگر منجر به شکل‌گیری صنعت ۴,۰



شکل ۱ - اصول تکامل انقلاب صنعتی چهارم [۱]

و محقق شدن آن می‌شوند (شکل ۱).

بلوک‌های سازنده صنعت ۴,۰



شکل ۲- بلوک‌های سازنده صنعت ۴,۰ شامل اتصال، هوشمندی و خودکارسازی [۱]

اتصال

با توجه به این امر که اتصال صدها یا هزاران دستگاه از نیازمندی‌های اولیه پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ به شمار می‌رود، اتصال قابل اعتماد یک بلوک اساسی یا محرک حیاتی در توسعه صنعت ۴,۰ است. توانایی تبادل داده‌ها و بینش‌ها و راه‌اندازی اقدامات، مستلزم یکپارچگی اتصال در سطح کارخانه، بقیه شرکت‌ها، زنجیره تامین، شرکا، دارایی‌های متصل و محصولات در این زمینه است. با استفاده از بستر اتصال، تحقق چشم‌انداز صنعت ۴,۰ امکان پذیر شده و ارزش واقعی پلتفرم‌ها و برنامه‌ها محقق می‌شود. این بستر باید به اندازه کافی مقیاس پذیر باشد تا از حرکت و جابجایی دارایی‌ها، نه تنها در مرز کسب و کار، بلکه خارج از مرز آن (یعنی دارایی‌های میدانی و محصولات متصل) پشتیبانی کند. با توجه به ثابت نبودن شبکه‌های صنعت ۴,۰، اتصال بی‌سیم تنها انتخاب است و از میان انواع اتصال بی‌سیم، 5G فناوری بی‌سیمی است که می‌تواند قابلیت اطمینان عملکرد مانند تأخیر، پوشش و تراکم مورد نیاز را برآورده ساخته و اهداف متعالی خودکارسازی کارخانه‌ها و انواع راه‌کارهای حیاتی را محقق سازد.

هوشمندی

یکی دیگر از بلوک‌های اساسی وقوع صنعت ۴,۰، هوشمندسازی و به‌کارگیری فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی است. زیرا برای تحقق اهداف صنعت ۴,۰، لازم است الگوها و روندها در تمام داده‌های تولید شده در کارخانه، بقیه شرکت‌ها، زنجیره تامین، میان شرکا و در میدان جمع‌آوری و شناسایی شوند. بینش‌هایی که با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی از داده‌های جمع‌آوری شده ایجاد می‌شوند باعث بهبود دید در تصمیم‌گیری‌ها و همچنین افزایش کارایی عملیات جاری کارخانه و سراسر فرآیندهای تجاری می‌شود. این موضوع موجب می‌شود تا عملیات و تولید به طور مداوم سازگار و بهینه شود.

خودکارسازی

خودکارسازی یکی دیگر از بلوک‌های اساسی و محرک حیاتی صنعت ۴,۰ است. در این مسیر، درجه خودکارسازی در هر بخش بسته به نیازهای آن بخش متفاوت خواهد بود، به‌عنوان مثال زنجیره تولید از بخش‌هایی است که درجه خودکارسازی بالایی برای آن درنظر گرفته می‌شود. توسعه و پیاده‌سازی خودکارسازی منجر به بهینه‌سازی عملیات، تولید و زنجیره تامین شده و تحقق کسب و کارهای کارآمد، مولد، سودآور و ایمن‌تر را نتیجه می‌دهد.

امنیت

با اتصال حداکثری اشیاء در صنعت ۴,۰، حجم عظیمی از داده‌ها از طریق این اتصالات ارسال می‌شوند و در محاسبات لبه‌ای پردازش می‌شوند. این حجم از اتصال و انتقال داده منجر به افزایش قابل توجه سطح حملات سایبری می‌شود. از این رو، میزان نیاز به هوشیاری امنیتی افزایش یافته و به‌روزرسانی رویکردهای امنیتی سنتی به یک موضوع اساسی در صنعت ۴,۰ تبدیل شده است.

محاسبات

محاسبات ابری و لبه (MEC) نیز دیگر موضوع اساسی در تحقق صنعت ۴,۰ است. ارائه ارزش در صنعت ۴,۰ مبتنی بر استفاده از تحلیل پیشرفته داده‌ها است که به محاسبات ابری و لبه بستگی دارد. لبه صنعتی برای برآوردن نیازهای صنعت ۴,۰ باید الزامات برنامه سختگیرانه (مانند QoS، افزونگی) را برآورده کند.

اینترنت اشیاء صنعتی

یکی دیگر از موضوعات رایج برای صنعت ۴,۰، به کارگیری اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT) است. با IIoT، تعداد زیادی از دستگاه‌ها و حسگرها قابلیت اتصال بی‌سیم و قابلیت تولید داده را خواهند داشت. این حسگرسازی عظیم حجم داده‌ها را به‌صورت تصاعدی افزایش می‌دهد و پارادایم را از فرماندهی و کنترل متمرکز به رویکردی بسیار قدرتمندتر و غیرمتمرکز تغییر می‌دهد. رویکردی که در آن پلتفرم‌های IIoT برای مدیریت اتصالات، دستگاه ها و داده‌ها کلیدی هستند. این پلتفرم‌های IIoT، مجموعه گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی IIoT را فعال می‌کنند.

اهداف

هدف ابتدایی صنعت ۴,۰ ریشه در بهبود فرآیندهای تولید و افزایش بهره‌وری داشت. با بلوغ این روند، ابعاد این هدف گسترش یافته و بهره‌گیری از فناوری‌های کلیدی نظیر شبکه‌های خصوصی 5G در راس امور قرار گرفتند. به عنوان مثال، در انگلیس، اپراتور Verizon یک شبکه خصوصی 5G در بندر ساوتهمپتون با هدف کاهش پیچیدگی از طریق تجمیع ارتباطات داده در یک شبکه مطمئن و ایمن مستقر کرد. عملیات خودکار و ردیابی دارایی یک کاربرد اولیه بود و باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها شد و تصمیم‌گیری‌های سریع‌تر را ممکن ساخت. در این توسعه، افزایش ۲۸ درصدی بهره‌وری در میان ۸۶۰ هزار کانتینر با عملیات خودکار و ۹۰ درصد توقف‌های اضطراری کمتر باعث بهبود کارایی قابل توجهی شد. چشم انداز بلندمدت این است که از قابلیت اطمینان، تأخیر بسیار کم، امنیت و توان عملیاتی شبکه‌های خصوصی 5G برای معرفی فناوری‌های جدید، مانند تحلیل بلادرنگ، IIoT و AI/ML استفاده شود. در ادامه تعدادی از مهم‌ترین اهداف توسعه انقلاب صنعتی چهارم عنوان شده است.

بهینه‌سازی اکوسیستم

در صنعت ۴,۰، از طریق هوشمندسازی عملیات و فرآیندهای تولید، همراه با اتصال زنجیره تامین و محصولات، راه برای یک تحول اساسی در زنجیره ارزش و اکوسیستم هموار می‌شود. در این مسیر، در یک اکوسیستم دیجیتالی، شرکای مختلف ماژول‌ها و قطعات قابل استفاده مجدد را تولید می‌کنند، ماژول‌های نرم‌افزاری قابل استفاده مجدد را توسعه می‌دهند و خدمات تخصصی ارائه می‌کنند. هر شریک می‌تواند بر شایستگی‌های اصلی خود تمرکز کند و در هماهنگی با یکدیگر، اکوسیستمی را تشکیل دهد که خود را از اکوسیستم‌های رقابتی متمایز کند. ساختار شبکه، APIها، داده‌ها و اشتراک بینش، پیوند این اکوسیستم‌ها را تشکیل می‌دهند.

تصمیمات بلادرنگ

توانایی جمع‌آوری داده‌ها از حسگرها و دستگاه‌ها و تحلیل آن‌ها به صورت بلادرنگ، بینش‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های هم‌زمان و شروع اقدامات فوری مستقل را فراهم می‌کند. این امر نیاز به پردازش محلی، در لبه، جایی که داده‌ها تولید و استفاده می‌شوند و شبکه‌ای که قادر به ارائه عملکرد با تاخیر پایین است، دارد. شبکه‌سازی زنجیره ارزش امکان اشتراک‌گذاری داده‌ها و تصمیم‌گیری‌ها را به صورت بلادرنگ فراهم می‌کند و با ایجاد یک اکوسیستم فوق‌العاده چابک و پاسخ‌گو، تحول‌آفرین می‌شود.

تاب‌آوری و چابکی کسب‌وکار

در صنعت ۴,۰، استفاده از AI/ML برای نظارت بر عملیات و تولیدات و پاسخ سریع به هرگونه مشکل احتمالی منجر به انعطاف پذیری و چابکی کسب و کار می‌شود. هدف، گذار از تفکر واکنشی به رویکردی پیشگیرانه است که با پرداختن به مسائل قبل از تبدیل شدن به مشکل و با حذف زمان خرابی، بازگشت سرمایه‌ای قابل اندازه‌گیری ارائه می‌دهد.

تجربه کاربری پیشرفته

محصولات هوشمند و متصل با پشتیبانی از خدمات هوشمند نرم‌افزاری، ارائه تجربه کاربری شخصی‌سازی شده را امکان‌پذیر می‌سازند. در عصر دیجیتال، تمایز از خود محصول فیزیکی ناشی نمی‌شود، بلکه از تجربیاتی که ارائه می‌کند ناشی می‌شود. این تجربیات است که می‌تواند وفاداری مشتری را به همراه داشته و حاشیه سود بیشتری نسبت به محصولات فیزیکی ایجاد کند. داده‌ها و بینش‌های جمع‌آوری‌شده از محصولات متصل از دایره‌ای از ویژگی‌ها، تکرار محصول جدید و تجربیات بهتر به‌طور مداوم پشتیبانی می‌کنند.

مدل‌های جدید کسب‌وکار

صنعت ۴,۰ می‌تواند مدل‌های کسب و کار موجود را با ایجاد اطلاعات بیشتر و پاسخگویی به نیازهای مشتری و با بهینه‌سازی فرآیندهای موجود برای بهتر، کارآمدتر، سریع‌تر و ایمن‌تر کردن آن‌ها در برابر اختلالات محافظت کند. تأثیر بیشتر بر کسب‌وکارها احتمالاً از بازگشایی مدل‌ها و خدمات جدید کسب‌وکار از طریق محصولات متصل است که منجر به ایجاد منابع درآمدی جدید و تکرارشونده می‌شوند. تمایل رهبران کسب‌وکار اغلب به‌جای نوآوری، محافظت از کسب و کار فعلی‌شان است، اما نوآوری موفقیت بلندمدت را تضمین می‌کند. تحقیقات نشان داده است که رهبران تجاری که بر نوآوری تمرکز می‌کنند می‌توانند تا ۲۲ درصد افزایش درآمد را مشاهده کنند.

ارتقاء سطح ایمنی

مثال‌های متعددی وجود دارد که چگونه صنعت ۴,۰ می‌تواند منجر به ارتقاء سطح ایمنی شود، از جمله:

ماشـــین‌ها را می‌توان با جمع‌آوری مداوم داده‌ها به صورت بلادرنگ در مورد عملکرد و استفاده از آن‌ها با پادمان‌های داخلی طراحی کرد، در حالی که ماشـــین‌هایی که خارج از مشخصات هستند می‌توانند هشدارها را ایجاد کنند و فعالانه خاموش شوند.

بینایی ماشین می‌تواند برای نظارت بر گردش کار و شناسایی اقدامات ناامن استفاده شود.

در مفهوم کارگران متصل، از طریق PPE هوشمند (تجهیزات محافظ شخصی) و حســـگرهای مجاور کارگران، از ایجاد شرایط خطرناک برای کارگران جلوگیری می‌شود.

اصول طراحی

یک مجموعه توافق شده از اصول طراحی وجود دارد که در توسعه فناوری‌ها و راه‌کارهای صنعت ۴,۰ باید مورد نظر گرفته شـــود. مهم‌ترین اصول طراحی در حوزه صنعت ۴,۰ عبارتند از:

قابلیت همکاری

در صنعت ۳,۰ با استفاده از پروتکل‌های اختصاصی که نیاز به کد سفارشی برای ایجاد رابط بین سیستم‌ها داشتند، موانعی از جهت قابلیت همکاری وجود داشت که مانع وقوع پتانسیل کامل انتقال و در نهایت تحلیل و ارائه بینش داده‌ها می‌شد. در صنعت ۴,۰ با تبادل داده‌ها و بینش‌ها و هماهنگی اقدامـــات، این موانع از بین می‌رود. بدون قابلیت همکاری، داده‌ها در سیستم‌ها و دستگاه‌های ایزوله محدود و جریان اثربخشـــی آن‌ها قطع می‌شود. با قابلیت همکاری، داده‌ها و بینش‌ها را می‌توان برای دستیابی به همکاری و هماهنگی بین ماشین‌ها و انسان‌ها و بین مشاغل، تامین کنندگان و مشتریان به اشتراک گذاشت و جمع‌آوری کرد.

در مدل صنعت ۴,۰ رایانه‌ها به سیســـتم‌های تولید (ماشین‌ها) متصل خواهند شد که سیستم‌های فیزیکی ســـایبری را ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، شبکه گسترده‌ای از دستگاه‌ها و حسگرهای صنعتی وجود خواهد داشت که به یکدیگر و با منابع محاسباتی متصل می‌شوند. بالاتر از این ماشـــین‌ها، دستگاه‌ها و حسگرها، یک اتصال متقابل از سیســـتم‌هایی است که فرآیندهای تجاری را نظارت و کنترل می‌کنند، که به آن اینترنت سیستم‌ها (IoS) گفته می‌شود. شبکه IoS از تبادل داده‌ها و بینش‌ها و هماهنگی فعالیت‌ها پشتیبانی کرده و به این سیستم‌ها اجازه می‌دهد تا به‌طور یکپارچه و کارآمد با هم کار کنند. به این منظور، یک شبکه قابل اعتماد که اتصالی مطمئن ارائه دهد و از تعامل داده همتا به همتا پشتیبانی کند، بسیار مهم است.

مجازی سازی

در زمینه صنعت ۴,۰، مجازی سازی از جنبه‌های مختلف دیده می‌شود. یکی از جنبه‌هایی که در حوزه فناوری اطلاعات مطرح است، قطع وابستگی عملکردهای منطقی (نرم افزار) از سخت‌افزار فیزیکی است که در آن قرار دارد. این امر موجب کاهش هزینه‌ها، بهبـــود مقیاس‌پذیری و افزایـــش انعطاف پذیری می‌شـــود. در طول دهه‌های گذشـــته، روندی که اتفاق افتاده اســـت، حرکت مجازی‌سازی فناوری اطلاعات به سمت فناوری عملیات (به عنوان مثال PLC مجازی)، IIoT (به عنوان مثال هماهنگ‌سازی AMR مبتنی بر MEC) و شبکه‌ها (مانند مجازی‌سازی عملکرد شبکه و سیستم‌عامل شبکه تفکیک‌شده) است. یکی دیگر از جنبه‌های مهم مجازی‌سازی، مدل‌سازی دنیای فیزیکی در دنیای مجازی از طریق دوقلوهای دیجیتال (یعنی شبیه‌سازی‌های سه‌بعدی) برای آزمایش سریع سناریوها و پیش‌بینی و تشخیص مسائل قبل از ظهور است. با استفاده از داده‌های حسگرها برای شبیه‌سازی، نظارت و کنترل فرآیندها یا سیستم‌های فیزیکی، می‌توان حالاتی را که قبلاً امکان‌پذیر نبودند، مشـــاهده کرد. تکامل از ابزارهای تجسم 3.0ابه دوقلوهای دیجیتال نیز نیازمند شبکه‌ای است که بتواند به طور قابل اعتماد، به صورت بلادرنگ، شبیه‌سازی صدها یا هزاران فرآیند و سیستم را به روز کند.

عدم تمرکز

سیستم‌های متمرکز صنعت ۳,۰ مقیاس‌پذیری، انعطاف‌پذیری و چابکی محدودی را بـــا توجه به هوش متمرکـــز برای کنترل زیرسیستم‌های مختلف در عملیات و تولید ارائه می‌دهند. بروز مشکل برای یک واحد در این سیستم‌های متمرکز می‌تواند فاجعه بار بوده و یک اثر دومینویی ایجاد کند که کل سیســـتم را از بین ببرد. این در حالی است که، در صنعت ۴,۰ اطلاعات در گره‌های محلی نزدیک‌تر به نقطه نیاز، جایی که می‌تواند بیشترین ارزش را داشته باشد، توزیع می‌شود. به این ترتیب، ارتباطات بین ماشین‌ها و انسان‌ها حیاتی می‌شود و یک شـــبکه همتا به همتا را تشکیل می‌دهد که با پیوند دادن منابع هر گره، شکل فعلی عملیات و تولید را تغییر می‌دهد. البته این موضوع نیاز به سیســـتم‌های متمرکز برای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و هماهنگ‌سازی کلی جنبه‌های عملیات و تولید را برطرف نمی‌کند. تمرکززدایی وابستگی به این سیســـتم‌های متمرکز را کاهش می‌دهد و رویکردی چابک‌تر، انعطاف پذیرتر و مقیاس پذیرتر برای تحول ارائه می‌دهد.

توانمندی تصمیم‌گیری بلادرنگ

صنعت ۴,۰ به توانایی جمع آوری داده‌ها به صورت بلادرنگ نیاز دارد تا تصمیمات و اقدامات تقریباً فوری و مبتنی بر داده را امکان پذیر کند. تعداد بسیار بالای حســـگرها حجم زیادی از داده‌های بلادرنگ تولید می‌کنند. تحلیل مستمر این داده‌ها امکان پاسخ فوری به مسائل و بهینه‌ســـازی مداوم عملیات، تولید و زنجیره تامین را فراهم می‌کند.

جهت‌گیری خدمات

خدمات‌گرایی نشان دهنده پذیرش صنعت ۴,۰ از اقتصاد به عنوان یک سرویس است که در آن تمرکز بر ارائه خدمات ارزش افزوده به جای صرف محصولات است. با اســـتفاده از این مدل، مشتری – همراه با نیازهای در حال تغییر و تحـــول آن‌ها – در خط مقدم توجهات قرار می‌گیرد و نیاز اســـت صنعت از مدل تولید انبوه به مدلی که خدمات شخصی و متناسب را ارائه می‌دهد تغییر یابد. این مشتری مداری مستلزم ساخت محصولات متصل برای جمع‌آوری

داده‌ها جهت به دست آوردن بینش در مورد نظر مشتریان، تطبیق خدمات موجود و توسعه خدمات جدید است. البته لازم به ذکر است که این مدل برای برخی از تولیدکنندگان بزرگ کالاهای تولید انبوه قابل اجرا نخواهد بود.

ماژولار بودن

سیستم‌های یکپارچه صنعت ۳,۰ از انعطاف‌پذیری و چابکی مورد نیاز برای پاسخ به تغییرات بی‌سابقه‌ای را که اکنون بخش صنعتی با آن مواجه است، پشتیبانی نمی‌کند. ماژولار بودن بلوک‌های ساختاری قابلیت استفاده مجدد را ایجاد می‌کند. در این مدل، یک سیستم از اجزا یا زیرسیستم‌های استاندارد ساخته شده و می‌تواند به راحتی مونتاژ، جداسازی و ترکیب شود تا عملکردهای مختلفی را انجام دهد. ماژولار بودن زمان ورود به بازار را از طریق طرح‌های آماده و اثبات شده تسریع می‌کند. در سمت کارخانه‌ها، این امر از تنظیم مجدد ماژول‌ها با زمان و تلاش کم پشتیبانی می‌کند.

چالش‌های پیاده‌سازی صنعت ۴,۰

زمانی که صحبت از چالش‌های این حوزه می‌شود، توجه به این نکته حائز اهمیت است که توسعه کاربست‌های صنعت ۴,۰ در صنایع متفاوت با چالش‌های منحصر به فرد آن صنعت مواجه می‌شود. البته همچنان چالش‌هایی هستند که در تمام صنایع مشترکا وجود دارند. با توجه به این امر که بخش تولید از ظرفیت بالایی برای توسعه صنعت ۴,۰ برخوردار است و در عین حال دارای سطح بسیار بالایی از پیچیدگی فنی و الزامات سختگیرانه برای تبدیل دیجیتالی عملیات آن است، معمولا از آن به عنوان یک پروکسی برای بررسی این چالش‌ها استفاده می‌کنند.

از منظر عملیات، در سیستم‌های متفاوت و غیر استاندارد، داده‌ها و سیلوهای عملیاتی ایجاد می‌شوند و چون عملیات به صورت انتها به انتها مشاهده نمی‌شود مانع بهینه‌سازی می‌شوند. این سیستم‌ها اغلب به مجموعه مهارت‌های متفاوتی برای کار و نگهداری نیاز دارند که گاهی اوقات منجر به چرخه‌های بسیاری از عیب‌یابی می‌شود. از طرفی، شرکت‌ها باید برای حل مشکلات سیستم‌های اختصاصی خود به فروشندگان تکیه کنند. این فعالیت زمان کمی برای نوآوری و فعال‌سازی داده‌ها باقی می‌گذارد و عملیات را در حالت حل مسئله واکنشی و عمدتاً دستی قرار می‌دهد. تعدادی از مهم‌ترین چالش‌های این حوزه در ادامه ارائه شده‌اند.

تاخیر در تجاری‌سازی دستگاه‌ها و شبکه‌ها

یکی از چالش‌های عمده در توسعه کاربست‌های انقلاب صنعتی چهارم عدم دسترسی تجاری به ویژگی‌های شبکه و دستگاه‌های مورد نیاز برای پشتیبانی از استقرار کاربست‌ها در مقیاس بزرگ است. تولیدکنندگان چیپ‌ست، مودم، تجهیزات کاربر (UE) و سایر دستگاه‌های ارتباطی تا زمانی که مطمئن شوند این ویژگی‌ها برای توسعه کاربست‌های جدید حیاتی هستند و به کار گرفته خواهند شد، از اضافه کردن قابلیت‌های جدید مانند ارتباطات با تأخیر کم بسیار مطمئن (URLLC) و شبکه‌های حساس به زمان (TSN) خودداری می‌کنند. از طرفی صنایع هم برای توسعه کاربردها نیازمند توسعه این ویژگی‌ها هستند؛ این مسئله به نوعی یادآور ضرب المثل مرغ و تخم مرغ است.

امنیت/حکمرانی

مسائل مرتبط با امنیت و حکمرانی مجموعه دیگری از چالش‌ها در مسیر استقرار صنعت ۴,۰ هستند. الزامات قانونی و حریم خصوصی برای انواع داده‌های ایجاد شده، توزیع شده و ذخیره شده بر اساس صنعتی که کاربست در آن توسعه داده می‌شود، نهاد تجاری، مکان و مشتری متفاوت است. این مسائل شامل رمزگذاری، حریم خصوصی داده‌ها و حفاظت از IP هستند. در توسعه راه‌حل‌های صنعت ۴,۰ باید این چالش‌های اغلب پیچیده را در نظر گرفت. بنابراین، نظارت و کنترل دقیق از ملاحظات عملیاتی کلیدی است و به همین دلیل است که شبکه‌های خصوصی 5G برای محیط‌های صنعتی مناسب هستند. با استقرار شبکه خصوصی 5G

می‌توان از اتصال فراگیر و در عین حال امن تمام دستگاه‌ها و گیت وی‌ها به صورت احراز هویت شده با مدیریت و نظارت کامل شبکه اطمینان حاصل کرد. در این راستا، معماری Zero Trust و امنیت مبتنی بر لبه، نمایه امنیتی را بیشتر نیز می کند، به این طریق که به مشتریان اجازه می‌دهد سطح مشخصی از دسترسی و گستردگی را برای تمام داده‌های تولید شده در شبکه تعیین کنند. به طور کلی مسئله امنیت از مسائل بسیار کلیدی در توسعه کاربست‌های صنعت ۴,۰ است که باید مورد توجه قرار گیرد.

تغییراتی از جنس تحول در فرآیندها و فرهنگ‌ها

فراتر از چالش‌های فنی و منابع ذکر شـــده در بالا، یک شـــکاف تاریخی بین عملیـــات و تیم‌های فناوری اطلاعـــات وجود دارد. روندهای دیجیتالی شـــدن عملیات در صنایع منجـــر به ایجاد مدل‌های تجاری و عملیاتی جدید می‌شوند. بهره‌گیری از دیدی جامع از کل عملیات از سفارش تا تحویل، بر همکاری و همگرایی سیستم‌ها و شبکه‌ها به منظور رقابتی ماندن و آماده بودن برای ارائه ارزش در یک اقتصاد دیجیتالی پر تقاضا متمرکز است. این دگرگونی به یکباره اتفاق نخواهد افتاد و برای شکل‌گیری هر چه بهتر این تکامل به آمادگی و در عین حال هماهنگی کل اکوسیستم نیاز اســـت. بنابراین، تغییرات در فرهنگ، فرایندها، سیستم‌ها و شـــبکه‌ها به صورت تدریجی با به‌کارگیری استراتژی مناسب به سمت این چشم‌انداز ایجاد می‌شود.

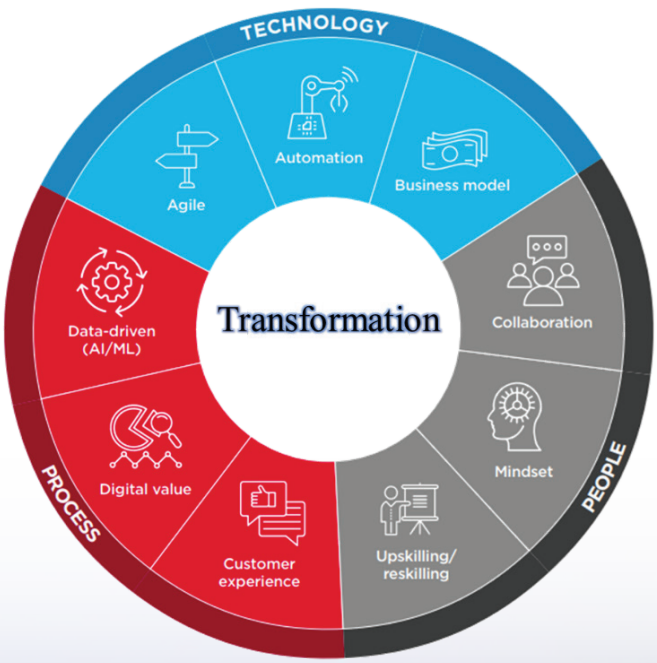
در نمودار زیر یک نمای کلی از تحول مورد نیاز در ۳ بخش اصلی افراد، فرآیندها و فناوری به منظور تحقق پتانسیل کامل صنعت ۴,۰ نشان داده شده است. با توجه به نمودار ارائه شده، از شبکه‌های 5G، اینترنت اشـــیاء و بلاک چین گرفته تا هـــوش مصنوعی و تحلیل داده، پتانســـیل فناوری‌های نوظهور در توسعه و استقرار کاربست‌های صنعت ۴,۰ بسیار بالا و حیاتی است. این در حالی است که، وقوع کامل اهداف صنعت ۴,۰ تنها با توسعه و به کارگیری این فناوری‌ها انجام نشده و باید به این امر توجه داشت که هرگونه تغییر در کســـب و کار بر پایه فرایندهای آن انجام شده و وابسته به افراد آن است. توســـعه این فناوری‌های نوظهور، بهره‌برداری حداکثری از داده‌هـــا و برقراری فرایندهای مبتنـــی بر داده‌ها را ممکن ساخته و منجر به رشد و بهبود تجربه مشتری نیز می‌شود. همچنین این امر با تجهیز کارکنان به انواع ابزار دیجیتال منجر به جهش بهره‌وری و افزایش ایمنی می‌شود. از دیگر مواردی که در مسیر ایجاد تحول کامل باید مورد توجه قرار داد تخریب سیلوها در سازمان (رفتن به سمت فرهنگ چابک) و همکاری هرچه موثرتر بخش IT و OT است.

نقش اپراتورهای مخابراتی در توســـعه راه‌کارهای صنعت ۴,۰

اپراتورهای مخابراتی، به عنوان بازیگران اصلی ارائه‌دهنده خدمات اتصال بی‌سیم که ارتباطات و تبادل داده بین دستگاه‌ها، ماشین‌ها و سیستم‌ها را در صنعت ۴,۰ امکان‌پذیر می کنند، نقشی حیاتی در حمایت از تحول دیجیتال بخش‌های مختلف صنعتی، مانند تولید، انرژی، حمل‌ونقل و مراقبت‌های بهداشتی دارند. برخی از مزایایی که اپراتورهای مخابراتی می‌توانند در تحقق صنعت ۴,۰ ارائه دهند عبارت‌اند از:

تضمین عملکرد بالا

توســـعه و پیاده‌ســـازی کاربســـت‌های مختلـــف صنعتـــی ماننـــد



شکل ۳- افراد، فرایندها و فناوری؛ ۳ بخش کلیدی مورد نیاز تحول در وقوع صنعت ۴,۰ [۱]

کنتـرل از راه دور، خودکارسـازی، رباتیـک و واقعیـت افـزوده نیازمنـد حضـور شـبکه‌های مخابراتـی بـا قابلیت‌هـای سـرعت بـالا، تاخیـر پاییـن، مطمئـن و امنیـت بـالا است. از ایـن رو، اپراتورهـای مخابراتـی نقشـی کلیـدی در توسـعه ایـن کاربسـت‌ها خواهنـد داشـت. در نسـل جدیـد راه‌کارهـا، بـا توجـه بـه تفـاوت نیـاز صنایـع مختلـف، حضـور اپراتورهـای مخابراتـی بـا ارائـه شـبکه‌های خصوصـی و خدمـات سفارشی‌سـازی شـده متناسـب بـا نیـاز صنعـت ماننـد پهنـای بانـد موبایـل ارتقـاء یافتـه (EMBB)، ارتباطـات بـا تأخیـر کـم بسـیار مطمئن (URLLC) و ارتباطات انبوه ماشـینی (MMTC) بیـش از گذشـته اهمیـت یافتـه اسـت.

انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری

اپراتورهـای مخابراتـی بسـته بـه نیازهـا و ترجیحات مشـتریان صنعتـی خـود می‌تواننـد زیرسـاخت شـبکه خـود را بـه روش‌هـای مختلفـی ماننـد اسـتفاده از شـبکه‌های عمومـی، خصوصی یـا ترکیبی مسـتقر و مدیریـت کنند. آن‌هـا همچنین می‌تواننـد از فناوری‌هـای ابـری، لبـه و مجازی‌سـازی بـرای بهینه‌سـازی منابـع شـبکه خـود و ارائـه خدمـات بـر اسـاس تقاضـا و بـه صـورت مقیاس‌پذیـر اسـتفاده کننـد.

امنیت

اپراتورهـای مخابراتـی می‌تواننـد بـا اسـتفاده از پروتکل‌هـا، رابط‌هـا و روش‌هـای رمزگـذاری مشـترک، از قابلیـت همکاری و امنیـت خدمـات شـبکه خـود در دسـتگاه‌ها، پلتفرم‌هـا و اسـتانداردهای مختلـف اطمینـان حاصـل کننـد. آن‌هـا همچنیـن مـی تواننـد راه‌حل‌هـای امنیتـی سرتاسـری ماننـد احـراز هویـت، مجـوز و رمزگـذاری را بـرای محافظـت از داده‌ها و حریـم خصوصـی مشـتریان صنعتـی خـود و کاربـران نهایـی ارائـه کننـد.

اکوسیسـتم سـازی و فعال‌سـازی بازیگـران حـوزه

در توسـعه راه‌کارهـا و خدمـات صنعـت ۴,۰، اپراتورهـا بسـته بـه توانایی‌هـا، منابـع و اهـداف خـود راه‌حل‌هـای دیجیتـال را خودشـان بـه تنهایـی یـا بـا مشـارکت بـا سـایر ارائه‌دهنـدگان راه‌حـل ایجـاد می‌کننـد. برخـی از مزایـای مشـارکت بـا سـایر ارائـه دهنـدگان راه‌حـل عبارتانـد از:

دسترسـی بـه بازارهـا و مشـتریان جدیـد: اپراتورهـا می‌تواننـد از پایـگاه کاربـری موجـود، شـناخت برنـد و کانال‌هـای توزیـع شـرکای خـود بـرای دسـتیابی بـه بخش‌هـا و مناطـق جدیـد اسـتفاده کننـد.

افزایـش نـوآوری و تمایـز: اپراتورهـا می‌تواننـد از تخصص، خلاقیـت و فنـاوری شـرکای خـود بهـره ببرنـد تـا راه‌حل‌هـای نوآورانـه و متمایزتـری را ارائـه دهنـد کـه نیازهـا و انتظـارات مشـتریان صنعتـی را بـرآورده می‌کنـد.

کاهـش هزینـه و اشـتراک ریسـک: اپراتورهـا می‌تواننـد هزینـه هـا و خطـرات توسـعه، اسـتقرار و حفـظ راه‌حل‌هـای دیجیتـال را بـا شـرکای خـود بـه اشـتراک بگذارنـد و هزینه‌هـای سـرمایه‌گذاری و عملیاتـی خـود را کاهـش دهنـد.

اگرچـه حضـور اپراتورهـا در توسـعه کاربسـت‌های صنعـت ۴,۰ موجـب ارائـه مزایایـی بـه صنعـت می‌شـود، نقش‌آفرینـی در ایـن مسـیر چالش‌هایـی نیـز بـرای اپراتورهـا بـه همـراه دارد کـه برخـی از آن‌هـا در ادامـه ارائـه شـده اسـت.

پیچیدگـی تامیـن تجهیـزات: عوامـل بیرونـی متعـددی نظیـر همه‌گیـری جهانـی و تحریم‌هـا منجـر بـه پیچیدگـی تامیـن انـواع قطعـات و تجهیـزات لازم بـرای پیاده‌سـازی و

توسعه خدمات جدید نظیر شبکه‌های 5G یا نظارت و نگه‌داری خدمات فعلی مانند شبکه‌های 4G می‌شود.

تامین هزینه‌ها: ارائه راه‌کارهای نوظهور و برآورده‌سازی نیازهای روزافزون برنامه‌های کاربردی صنعت ۴,۰ نیازمند سرمایه‌گذاری بسیار بالا از سوی اپراتورها جهت به‌روزرسانی و توسعه زیرساخت شبکه خودشان است؛ که این امر از آن‌جا که بازگشت سرمایه در توسعه راه‌کارهای نوین به زودی محقق نمی‌شود، برای اپراتورها موضوعی چالشی است.

عدم قطعیت نظارتی: اپراتورها باید از مقررات و استانداردهای مختلفی که بر استفاده از طیف، داده‌ها و امنیت در بازارها و بخش‌های مختلف حاکم است، پیروی کنند که این امر ممکن است انعطاف پذیری و پتانسیل نوآوری آن‌ها را در ارائه راه‌کارهای جدید محدود کند.

پیچیدگی مشارکت: اپراتورها باید با سایر ارائه دهندگان راه‌حل، مانند سازندگان دستگاه، توسعه دهندگان نرم افزار و یکپارچه سازهای سیستم، همکاری کرده و شریک شوند تا راه‌حل‌های دیجیتالی نهایی را برای مشتریان صنعت ۴,۰ ارائه دهند که این موضوع چالش‌هایی از مناظر همسویی، یکپارچگی، اعتماد و حکمرانی ایجاد می‌کند.

همانطور که اشاره شد مشارکت و نحوه همکاری اپراتورها با دیگر ارائه دهندگان سرویس‌ها از چالش‌های اساسی اپراتورها در توسعه کاربست‌های صنعت ۴,۰ است. در ادامه به برخی چالش‌های این همکاری‌ها می‌پردازیم.

همسویی چشم‌انداز و اهداف: اپراتورها و شرکای آن‌ها باید درک روشن و مشترکی از چشم انداز، اهداف و انتظارات مشارکت و همچنین نقش‌ها و مسئولیت‌های هر یک از طرفین داشته باشند.

ادغام و قابلیت همکاری: اپراتورها و شرکای آن‌ها باید با استفاده از استانداردها، پروتکل‌ها و رابط‌های مشترک از یکپارچگی و قابلیت همکاری راه‌حل‌های دیجیتالی خود اطمینان حاصل کنند.

اعتماد و سیاست‌گذاری: اپراتورها و شرکای آن‌ها باید سازوکارهای اعتماد و سیاست‌گذاری ایجاد کنند تا امنیت، حریم خصوصی و کیفیت راه‌حل‌های دیجیتال خود و همچنین توزیع عادلانه و شفاف مزایا و تعهدات را تضمین کنند.

در این بخش به مزایای حضور اپراتورها در ارائه راه‌کارهای صنعت ۴,۰ و فعال سازی اکوسیستم و همچنین به چالش‌هایی که اپراتورها در این مسیر با آن مواجه هستند پرداختیم. در ادامه به‌منظور ارائه بینش به خوانندگان در خصوص عملکرد اپراتورهای جهان در این حوزه، راه‌کارهای صنعت ۴,۰ ارائه شده توسط اپراتورها به همراه اطلاعاتی نظیر صنعت مورد هدف و فناوری‌های کلیدی راه‌انداز این راه‌کارها در جدول ۲ ارائه شده است.

سخن آخر

در این سرمقاله، انقلاب صنعتی چهارم و نقش اپراتورهای مخابراتی در آن مورد بررسی قرار گرفت. انقلاب صنعتی چهارم با استفاده از فناوری‌های دیجیتال و اتصال‌پذیری پتانسیل بالایی برای تحول صنایع داشته و در هر صنعت و کسب‌وکاری که به درستی پیاده‌سازی شده، تحولات عظیمی را در آن صنعت به وجود آورده و شاخص‌های عملکردی موثر بر کسب و کار را بهبود بخشیده است. اتصال سلولی یکی از ابزارهای کلیدی و ملزومات اصلی جهت جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌های صنعتی بوده و به اهداف صنعت ۴,۰ کمک می‌کند. به طور دقیق‌تر، نسل پنجم ارتباطات سیار (5G) و قابلیت‌های پیشرفته آن مانند ارتباطات بسیار مطمئن با تأخیر کم (URLLC) و شبکه‌های حساس به زمان (TSN) بهترین ابزار برای مشتریان صنعتی به منظور مدرنیزه کردن عملیات، همگرایی فناوری اطلاعات و فناوری عملیات و کنترل یکپارچه انتها به انتهای عملیات است. اگرچه توسعه هر یک از راه‌کارهای صنعت ۴,۰ ارزشمند است اما بسیاری از تحلیل گران صنعت بر این باورند که ارزش نهایی صنعت ۴,۰ در نتیجه همگرایی این راه‌کارها محقق می‌گردد. البته در مسیر تحقق این همگرایی باید به عوامل فرهنگی و ارگانی ناظر بر پذیرش این تغییرات توجه ویژه داشت. درواقع، امکان جایگزین نمودن یکباره عملیات فعلی با فرآیندهای موجود وجود ندارد و این امر نیازمند ارتقای سیستماتیک فرآیندهای موجود و ترکیبی از تصمیمات تاکتیکی و استراتژیک در طول این مسیر است. تصمیم‌گیری در این حوزه به در نظر گرفتن اهداف بلندمدت عملیاتی و تجاری نیاز دارد که البته، نقطه شروع آن توسعه قابلیت‌های شبکه خواهد بود. در توسعه راه‌کارها و خدمات صنعت ۴,۰، اپراتورها بسته به توانایی‌ها، منابع و اهداف خود راه‌حل‌های دیجیتال را خودشان به تنهایی یا با مشارکت با سایر ارائه‌دهندگان راه‌حل ایجاد می‌کنند. برخی از مزایای مشارکت با سایر ارائه دهندگان راه‌حل عبارت‌اند از دسترسی به بازارها و مشتریان جدید، افزایش نوآوری و تمایز، کاهش هزینه و اشتراک ریسک. البته اگرچه حضور اپراتورها در توسعه کاربست‌های صنعت ۴,۰ موجب ارائه مزایایی به صنعت می‌شود، نقش‌آفرینی در این مسیر چالش‌هایی نیز برای اپراتورها به همراه دارد. از این چالش‌ها می‌توان به مواردی نظیر بازگشت سرمایه طولانی مدت، پیچیدگی تامین تجهیزات و عدم قطعیت در مسائل تنظیم‌گری و سیاست‌گذاری از سوی نهادهای حکومتی اشاره کرد.

جدول ۲- راه‌کارهای صنعت ۴.۰ ارائه شده توسط اپراتورهای مخابراتی در جهان

کشور	اپراتور	صنعت	راه‌کار	شرح راهکار	فناوری کلیدی
ایالت متحده آمریکا	Verizon	شهر هوشمند	شبکه خصوصی 5G	پیاده‌سازی شبکه خصوصی 5G در بندر ساوت‌همپتون در بریتانیا، جمع‌آوری داده به‌صورت بلادرنگ، پردازش داده‌های تجمیعی با استفاده از یادگیری ماشین، استفاده از حافظه محلی، طیف‌دارای مجوز که منجر به کاهش تاخیر و بهبود امنیت در ارائه سرویس می‌شود.	حافظه محلی، طیف دارای مجوز، شبکه خصوصی 5G، دوقلوی دیجیتال، AR
		خط تولید		شناسایی و اصلاح نقاط غیر بهینه در خط تولید با استفاده از شبکه 5G و AR. همچنین با بهره‌گیری از زیرساخت 5G در دوقلوی دیجیتال، می‌توان عملکرد سیستم و تعیین فرصت‌های آینده را فراهم آورد.	
		حمل و نقل		ایجاد حمل و نقل نیمه-خودران با استفاده از شبکه‌های خصوصی 5G	
		نفت، گاز و معدن	VSAT	ارائه ارتباط با قابلیت اطمینان برای دسترسی‌های از راه دور با استفاده از فناوری IoT و حسگرهای متصل با بهره‌گیری از راهکار M2M و ماهواره VSAT	IoT
			M2M (Machine to Machine		
ژاپن	NTT DoCoMo	خط تولید	FAAP (Factory AI analyzer & Predict)	جمع آوری و تحلیل داده‌ها از تجهیزات کارخانه به صورت بلادرنگ و ارائه بازخورد در فضای ابر، برای بهبود بهره‌وری با پیش‌بینی خرابی و بازرسی بصری خودکار	IoT, 5G, MEC
			Field Simulator	شبیه‌سازی تجهیزات و بارگیری و تخلیه و تعمیرات با استفاده از MEC	MEC
			AceReal for DoCoMo	ارسال بلادرنگ تصاویر ضبط‌شده از طریق دوربین‌ها در بستر شبکه 5G و پردازش تصاویر با استفاده از قابلیت محاسبات لبه در MEC و ارائه دستورالعمل به‌صورت بلادرنگ و استفاده از عینک‌های AR. این راهکار در سایت ساخت و ساز و سایت تعمیر و نگهداری استفاده می‌شود.	MEC, 5G, AR
فرانسه	Orange	صنعت فلز	5G Steel	با استفاده از شبکه 5G به مدل‌سازی فرایندها پرداخته و همچنین در این بستر امکان وجود وسایل نقلیه خودران و کنترل از راه دور فراهم می‌گردد.	5G
		نفت و گاز	سرویس IoT	ایجاد سرویس مسیریابی با استفاده از IoT برای کامیون‌ها برای تحویل سریع و ایمن سوخت و کنترل هوشمند هزینه	IoT
		ساختمان‌سازی		تجمیع داده‌ها به‌صورت بلادرنگ توسط حسگرهای متصل بهم و پردازش آن‌ها سبب می‌شود تا از این طریق خسارت‌های اطلاعات زنجیره تأمین، خسارت‌های پیش‌بینی‌نشده و دامنه تغییرات داده‌ها در صنعت ساخت و ساز با تأخیر بسیار کم تحقق یابد.	
		توزیع انرژی و برق	مسیرباب هوشمند و امن	این روتر داده‌های جریان انرژی در شبکه الکتریکی را جمع آوری می‌کند، ترانسفورماتور به‌صورت بلادرنگ نظارت شده و نگهداری و بهره برداری از راه دور شبکه برق ممکن می‌شود.	شبکه سلولی، IoT

کشور	اپراتور	صنعت	راه‌کار	شرح راهکار	فناوری کلیدی
بریتانیا	Vodafone	خط تولید	برچسب دمای تجاری Vodafone	حسگرهای کنترل دما و رطوبت محصولات فیزیکی	IoT
			ردیابی تجاری Vodafone	ردیابی محصولات فیزیکی	
			خط تولید دیجیتال Vodafone	کمک از راه دور و واقعیت افزوده، که باعث می‌شود کارشناسان از راه دور به همان اندازه مؤثر باشند که گویی در محل حضور دارند.	
هند	Bharti AirTel	صنعت خودرو	اینترنت اشیا	هوشمندسازی خودرو با استفاده از اینترنت اشیا	IoT
			5G Plus	با استفاده از راهکار 5G Plus فناوری‌های V2X فراهم می‌گردد و از این طریق وسایل نقلیه به افراد، اشیا، محیط و افراد درون محیط متصل می‌شود.	5G
عربستان	STC	صنعت خودرو و خط تولید	پلتفرم MTM	با استفاده از این پلتفرم تمام دستگاه‌ها بهم متصل شده و کسب‌وکار مورد نظر از طریق تراشه M2M کنترل می‌گردد، به‌طوریکه از همه فناوری‌های شبکه ارتباطی (2G، 4G، 5G، Nb-IoT) پشتیبانی می‌کند.	IoT
	Mobily	حمل و نقل	مدیریت ناوگان حمل و نقل	ردیابی و کنترل وسایل نقلیه سازمانی	
	Salam	نفت و گاز	سرویس ابری	کنترل تمام تجهیزات از راه دور با استفاده از سرویس Microsoft Azure-Microsoft 365	Storage-Hosting
آلمان	T-system (Deutsche telecom)	خط تولید	ربات	بهره‌گیری از ربات هوشمند در خط تولید- استفاده از سرویس پردازش ابری اینتل که از این طریق یک کارخانه متصل و هوشمند حاصل می‌گردد.	محاسبات ابری و لبه
		محیط زیست	مدیریت و نظارت بر آب‌های زیرزمینی	هوشمندسازی کنتورهای آب با بهره‌گیری از حسگرهای اینترنت اشیا به همراه پردازش و تجزیه داده‌های جمع‌آوری‌شده	IoT
		صنعت خودرو	Metaverse with Nvidia Omniservice	شبیه‌سازی و مصورسازی برنامه‌ریزی فرایندهای صنعت خودرو به‌صورت بلادرنگ با استفاده از متاورس و دوقلوی دیجیتال	متاورس و دوقلوی دیجیتال
ترکیه	Turkcell	حوزه انرژی	Turkcell My energy	ذخیره انرژی و مدیریت هزینه انرژی مصرفی به‌صورت روزانه، هفتگی و ماهانه	IoT
		خط تولید	صنعت هوشمند	مدیریت از راه دور، بازیابی اطلاعات کنترلی در بخش‌های مختلف	

منابع:
[1] Industry 4.0 (I4.0) Brownfield Evolution Framework, GSMA Intelligence, April 2023.
[2] Overwhelming OTT: Telcos' growth strategy in a digital world, McKinsey, 2017, Overwhelming OTT: Telcos' growth strategy in a digital world | McKinsey.
[3] A blueprint for telco transformation, McKinsey, 2021, A blueprint for telco transformation | McKinsey.

Telecom operator

آقای مهندس مصطفی درجزی، مدیر کل محترم کسب و کار سازمانی همراه اول:

انقلاب صنعتی چهارم؛ هم‌افزایی اپراتورها و صنایع

در عصر دیجیتال، صنعت مخابرات تمامی سطوح اعم از عملیاتی، فنی تا مدیریت و راهبرد دستخوش تحولاتی جدی شده اســـت. تحولاتی که نپرداختن به آن‌ها بی تردید آینده هر شرکت فعال در این صنعت را با مخاطراتی جدی و اغلب غافل‌گیرکننده مواجه خواهد ساخت. در میان تحولات فناورانه مختلف ظهور فناوری‌هایی نظیر 5G، اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی منجر به تغییرات گسترده در رویکرد ارائه سرویس اپراتورهای مخابراتی شده است؛ به‌طوری که از آن به عنوان تحول دیجیتال (Digital Transformation) یاد می‌شود و تاثیرات آن در تمامی بخش‌های صنعت در جهان مشهود است. در این میان، انقلاب صنعتی چهارم (Industry 4) نیز که یک تحول بنیادین بر پایه فناوری‌های دیجیتال است، با ادغام فناوری‌های هوشمند و اتصال‌های متقابل، مرزهای بین دنیای فیزیکی و دیجیتال را از بین می‌برد. اپراتورهای مخابراتی به عنوان ارائه‌دهندگان زیرساخت‌های ارتباطی و پیشگامان حوزه دیجیتال، نقش حیاتی در این انقلاب دارند. آن‌ها در مسیر تحولات با دیگر بازیگران اکوسیستم همراه شده و با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، فرصت‌های جدیدی برای ارائه خدمات نوین و ارزش افزوده به مشتریان و صنایع مختلف خلق می‌کنند.

با توجه به موضوع این شماره از فصلنامه فناوری همراه که به انقلاب صنعتی چهارم اختصاص دارد، در این شماره با جناب آقای مهندس مصطفی درجزی، مدیر کل محترم کسب و کار سازمانی همراه اول به گفتگو در خصوص آمادگی اپراتور همراه اول در ارائه خدمات متناظر انقلاب صنعتی چهارم، بلوغ حاکمیت در سیاست‌گذاری، آمادگی صنایع در بهره‌برداری از سرویس‌ها و خدمات نوین و همچنین ریسک‌ها و چالش‌هایی که اپراتورها در این مسیر با آن مواجه هستند، می‌پردازیم.

برای آشنایی بیشتر خوانندگان، لطفا در خصوص اداره کسب و کار سازمانی (B2B) و فعالیت‌های آن توضیح دهید، این اداره کل با چه هدفی در معاونت بازاریابی و فروش همراه اول شکل گرفته است؟

اپراتورهـای موبایـل (ارتباطـات سـیار)، در حالـت کلـی خدمـات اصلـی خـود را بـه مشـتریان حقیقـی (Business to Customer: B2C) و حقوقی (Business to Business: B2B) ارائـه می‌دهنـد. ماموریت اداره کل کسـب و کار سـازمانی، خدمات‌رسـانی بـه مشـتریان سـازمانی و حقوقـی اسـت. ایـن خدمـات شـامل خدمات پایـه مخابراتـی (Core) و خدمـات نوین دیجیتال و هوشـمند مبتنی بر فناوری‌های نسـل چهارم (Near Core) هسـتند. یکی از مشـتریان کلیدی در ارائه خدمات نوین همـراه اول، مخاطبـان پروژه‌های کلان ملی هسـتند که ابعـاد گسـترده‌ای داشـته و طیف وسـیعی از جامعـه را تحـت تاثیـر قـرار می‌دهـد. بـا عنایت بـه اینکه اکثـر ایـن پروژه‌هـا در تعامـل بـا حاکمیـت یـا شـرکای اسـتراتژیک مطرح می‌گردنـد، می‌تـوان از آن‌ها بـا عنوان مگاپروژه‌هـای (Business to Government) B2G یاد کـرد.

ارائـه سـرویس در بخـش پروژه‌هـای کلان کسـب و کار سـازمانی بـا همـکاری و مشـارکت ذینفعـان کلیـدی در شـرکت مـادر و منظومـه همـراه اول در قالبـی یکپارچه و با برنـد واحـد «همـراه اول» عرضه می‌شـود. با سـینرژی توان همراه اول، این شـرکت توانسـته اسـت به حوزه‌هایی نظیر صنعت خودروسـازی، لجسـتیک، زنجیـره‌ی تامین و مدیریت هوشـمند انـرژی ورود کـرده و به ارائـه خدمات بپـردازد.

به منظور آشـنایی بیشـتر با قابلیت‌های خدمات اپراتوری در بخش سـازمانی، برخـی از محصـولات در ادامه معرفی می‌گردد کـه عبارت اسـت از:

- 5G & IoT
- پروژه‌های کلان
- راهکارهای سازمانی
- راهکارهای ارتباطات سازمانی
- خدمات مرکز داده (ذخیره‌سازی و پردازش)
- راهکارهای امنیت
- سرویس‌ها و پلتفرم‌های دیجیتال
- بالک
- همیاری
- بین اپراتوری
- اپراتورهای داخلی
- اپراتورهای بین المللی

برخی از محصولات این حوزه نیز عبارت‌اند از:

محصول سیم‌کارت سازمانی: پاسخگویی به نیازهای ارتباطی سازمان‌ها و شرکت‌ها با انواع سیم‌کارت‌های دائمی و اعتباری و دیتا

محصول شبکه خصوصی مجازی موبایل سازمانی (MVPN): تسهیل و مدیریت ارتباطات سازمانی از طریق تعریف شماره موبایل‌های کارکنان در یک گروه با قابلیت بهره‌مندی از نرخ‌های ترجیحی

محصول شبکه اختصاصی امن همراه (APN): دسترسی امن به برنامه‌های کاربردی، تجهیزات و سرورهای داخلی سازمان در هر نقطه و هر زمان بدون نیاز به اینترنت و با استفاده از سیم‌کارت

محصول POC: برقراری ارتباط نیمه دوطرفه فردی و گروهی و انتقال پیام‌های چندرسانه‌ای در محدوده‌ی پوشش گسترده شبکه سلولی اپراتور به صورت Push-To-Talk

محصول شماره مجازی سازمانی (AXB): اختصاص شماره مجازی جهت برقراری ارتباط امن بین کاربران و خدمات ارائه‌دهندگان برنامه‌ها و اپلیکیشن به منظور تامین محرمانگی و حفظ حریم شخصی کاربران

دیتای مدیریت‌شده (Managed Data): یکی از خدمات فروش انبوه سازمانی همراه اول کسب‌وکار و ارائه چندین محصول در ذیل این نوع از خدمات

محصول پیامک مکان‌محور (Location based SMS) برای اجرای کمپین‌های خاص با مخاطبانی که یک محیط مشخص حضور یا رفت و آمد دارند

سرویس Mask Numbering برای حفظ حریم خصوصی در تعاملات میان مخاطبان سرویس‌هایی که واسطه ارتباط میان دو کاربر قرار می‌گیرند که لازم است شماره تماس ایشان برای یکدیگر مخفی بماند، نظیر سرویس تماس‌های اسنپ

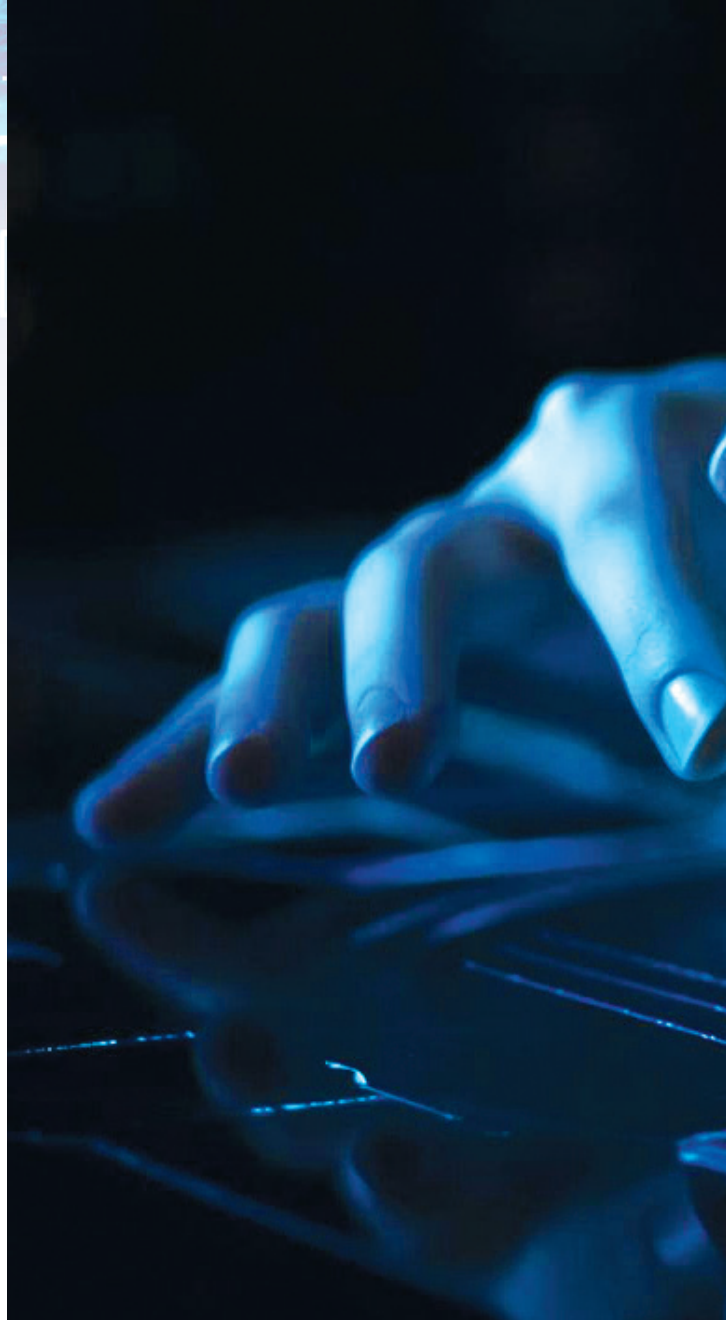
سرویس Video RBT که نسل نوینی از پیشواز تماس است که به جای پخش صوت، ویدئو پخش می‌کند؛ مخاطب این سرویس کسب و کارهایی هستند که می‌توانند با پیام صوتی، به تبلیغات و معرفی سرویس خود بپردازند.

صنعت چهارم و فناوری‌های ذیل آن نظیر 5G، IoT، AI، Cloud، CPS، Simulation، AR-VR، Security، Digital Twin، Blockchain، Big data و ... همانند سایر شرکت‌های پیشرو، مورد توجه همراه نیز بوده است و در بخش‌های مختلف آن، در حال بکارگیری است. در کسب و کار سازمانی، دو فناوری 5G و IoT بیش از سایر فناوری‌ها محل توجه بوده و سعی شده در پروژه‌های کلان ملی از آن‌ها بهره‌برداری گردد. فناوری 5G نسل نوین سرویس‌های مخابراتی را برای ارائه سرویس‌های خاص در حوزه‌های فولاد، پتروشیمی، کارخانه هوشمند، پزشکی و ... فراهم می‌کند. با توجه به اینکه کاربرد این فناوری به طور گسترده آغاز نشده است و به صورت محلی توسعه داده می‌شود، همراه اول قادر است با راه اندازی شبکه‌های خصوصی (Private Network) این سرویس را در مراکز صنعتی و خاص ارائه نماید و قابلیت‌های کارخانه و محیط صنعتی هوشمند را فراهم آورد. فناوری دیگری که صنایع بسیاری را تحت تاثیر قرار داده، فناوری IoT است. همراه اول با بهره‌برداری از این فناوری، محصولات و خدمات متعددی را توسعه داده و به مخاطبان خود ارائه می‌نماید؛ برخی از این خدمات عبارت است از خدمات حوزه لجستیک، خودروی متصل، کنتور هوشمند، تجهیزات تفکیک انرژی

هوشمند و ...
در مجموع، کسب و کار سازمانی همراه اول (B2B) سعی دارد با در نظر داشتن روند توسعه فناوری و ضریب نفوذ آن در جامعه، خدمات متنوعی را تعریف و ارائه کند.

با توجه به موضوع ویژه‌نامه که بر انقلاب صنعتی چهارم تمرکز دارد، نقش اپراتور را در این حوزه چطور ارزیابی می‌کنید؟ در ایران چه صنایع و بازارهای بالقوه‌ای برای این موضوع قابل تصور است؟

همانطور که مستحضر هستید، شبکه ارتباطی و امنیت ارائه سرویس در انتقال داده (حفاظت از انتقال امن داده بر بستر مخابراتی)، یکی از پایه‌های اصلی ارائه سرویس‌های مبتنی بر فناوری‌های صنعت چهارم هستند. یکی از فناوری‌های پیشرو در این صنعت، فناوری IoT است که برای تعامل میان اشیاء نیاز به ارتباطات (Connectivity) دارد. ارتباط امن در این بخش توسط B2B به کسب‌وکارهای مختلف ارائه می‌گردد.
به حمدلله در سال‌های اخیر همراه اول فعالیت‌های موثری را با بهره‌برداری از فناوری IoT داشته است که طیف گسترده‌ای از پروژه‌های کوچک، متوسط و بزرگ را شامل می‌شود. به عنوان نمونه، یکی از پروژه‌هایی که همراه اول در ابعاد کوچک اجرا نموده، کمک و همراهی در بخش آزادی زندانیان جرایم غیرعمد با بهره‌برداری از پابند الکترونیک است. این نوع از پابند در ابتدا به GPS متصل بوده و در حال حاضر، محدوده حضور و فعالیت را با کمک انتقال داده از طریق سیم‌کارت، انجام می‌دهد.
برخی دیگر از پروژه‌های کلان حوزه IoT نیز به ارائه سرویس ردیابی و مانیتورینگ کالا و مدیریت مصرف انرژی (آب، برق و گاز) می‌پردازند که به ترتیب مدیریت کالا و امنیت بار برای مالک کالا و مدیریت مصرف انرژی برای مشترکین را فراهم می‌کند.
هوشمندسازی خودرو و خدمات وابسته به آن، از دیگر



خدمات هوشمند مبتنی بر فناوری IoT است. در حال حاضر، این خدمات در کشور ارائه نشده است و تنها این قابلیت را می‌توان روی خودروهای هوشمند وارداتی مشاهده کرد. اما لازم است کم‌کم هم‌وطنان ما نیز از خدمات هوشمند این حوزه بهره‌مند شوند. یکی از مهم‌ترین خدمات این حوزه، Emergency Call است که در صورت وقوع تصادفات، در کسری از ثانیه اطلاع‌رسانی در خصوص وقوع تصادف، شدت و محل آن را به متولیان امر انجام می‌دهد. اطلاعات ارائه شده به واسطه هوشمندسازی خودرو می‌تواند صنایع بیمه، زنجیره تامین و بهره‌برداری از قطعات خودرو را متحول کند. در حال حاضر تنها داده‌ای که تصمیم‌گیری بیمه براساس آن صورت می‌گیرد، صحنه تصادف است اما هوشمندسازی می‌تواند در مورد وضعیت قبل از تصادف، علل تصادف، نحوه رانندگی، الگوی ترمز، سرعت و ... به تصمیم‌گیرندگان داده کافی ارائه نماید. داده‌های این حوزه برای کاربردهای نظامی و انتظامی نیز کاربرد داشته و می‌تواند برای جانمایی دوربین‌های شهری استفاده شود. همچنین، این خدمات می‌تواند به جای دوربین‌های مداربسته، روند کاهشی را در سرقت خودرو به همراه داشته باشد.

از دیگر صنایعی که در آینده نزدیک اقبال بیشتری به خدمات هوشمند اپراتوری هستند، می‌توان به حوزه‌های زیر اشاره کرد:

- هوشمندسازی کارکردهای شهری (Smart City)
- هوشمندسازی کارخانه‌ها و مراکز صنعتی (Smart Factory)
- هوشمندسازی مراکز خرید (Smart Mall)
- هوشمندسازی خانه و ساختمان (Smart Home & Smart Building)
- لجستیک و زنجیره تامین (Supply chain & Logistic)
- انرژی هوشمند (Smart Utility)

آمادگی همراه اول را برای ورود به صنعت ۴,۰ چگونه ارزیابی می‌کنید؟ به نظر شما برای عملکرد موفق در این حوزه چه الزاماتی (از نوع تغییر ساختار، بلوغ سازمانی در ارائه سرویس، شکل‌گیری واحدها و روابط جدید و ...) است که باید داخل مجموعه اتفاق بیفتد؟

در حالت کلی، اگر بخواهیم از میان فناوری‌های صنعت چهارم روی ارائه خدمات مبتنی بر IoT متمرکز شویم، لازم است روی این نکته تاکید شود که مولفه‌های مختلفی به شکل زنجیروار روی ارائه خدمات موثر هستند که عبارت است از:

- دستگاه‌های حاوی سنسور (Devices)
- زیرساخت ارتباطی (Connectivity)
- بستر نرم افزاری تجمیع و یکپارچه‌سازی داده (Platform & Application)
- ارائه خدمات و پشتیبانی (Service Delivery, Support & Customer Care)

اگر بخواهیم توضیحات را معطوف مولفه‌های فوق کنیم، لازم است ذکر کنم که همراه اول فعلا برنامه‌ای برای ورود در بخش دستگاه و سنسور ندارد. اما به نظر می‌رسد در آینده با پیشرفت در ورتیکال‌های مختلف، همانند سایر اپراتورهای موفق بین‌المللی در بخش دستگاه و سنسور نیز سرمایه‌گذاری نماید. در حال حاضر، سنسور توسط کسب‌وکارهای خاص فعال در اکوسیستم (بعضا شرکت‌های دانش‌بنیان) تولید شده و تمرکز همراه اول در این زنجیره، معطوف به خدمات بعد از سنسور یعنی خدمات مخابراتی، توسعه بستر نرم افزاری (پلتفرم و

اپلیکیشن)، ارائه سرویس و تحلیل داده است. تمرکز همراه اول در توسعه IoT Marketplace نیز با این تفکر بوده است که نیازی به ورود همراه اول و اپراتورهایی شبیه به او در تمامی ابعاد و صنایع نیست. بلکه می‌توان بستر ارائه خدمات مناسب مبتنی بر فناوری را برای این صنایع، کسب‌وکارهای کوچک، متوسط (SMEs) و بزرگ فراهم نمود و با همراهی هم به خلق ارزش پرداخت.

نیاز اکوسیستم‌های مختلف به فناوری‌های مکمل نیز می‌تواند نقش موثری داشته باشد. به عنوان نمونه، ارائه خدمات LoRa و NB-IoT برای ارائه خدمات کنتور هوشمند گاز، یکی از برنامه‌های پیشروی همراه اول است. با توجه به اینکه حضور موثر در تمامی ابعاد بنا به محدودیت منابع میسر نیست، ورود همراه اول و تعمیق در بخش‌های مختلف، جزء مواردی است که نیاز به تصمیم‌گیری راهبردی در سطح مدیریت ارشد شرکت دارد که ورتیکال‌های اصلی محل تمرکز خود را تعیین نماید. در حال حاضر، موضوعات مرتبط با کسب و کار اصلی همراه اول (Connectivity) و توسعه پلتفرم‌ها و خدمات وابسته، جزء قابلیت‌های همراه اول در همراهی با صنعت چهارم می‌باشد. در کنار ارائه سرویس، مبحث پشتیبانی از سرویس و خدمات مشتریان نیز از موضوعات حائز اهمیت است؛ این مورد را همواره باید در نظر داشت که سرویس اصلی اپراتور در اولویت قرار داشته و لازم است برای رسیدگی و پشتیبانی از خدمات نوین نیز برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری گردد.

در صنعت ۴.۰ علاوه بر آمادگی اپراتور برای نقش آفرینی و ارائه سرویس، نیازمند آمادگی صنایع در بهره‌گیری از سرویس هستیم. صنعت ما را در ایران چه میزان آماده دریافت اینگونه سرویس‌ها می‌بینید؟ به نظر شما صنایع از بلوغ کافی برخوردار هستند؟

در پاسخ به این سوال مناسب است مشتریان خدمات صنعت چهارم را به دو دسته پروژه‌های کلان در سطح حاکمیت و پروژه‌های مطرح در سطح صنعت تقسیم کرد. سطح مناسبی از آگاهی و شناخت از خدمات و قابلیت‌های سرویس در هر دو بخش وجود دارد. اگر به صورت دقیق‌تر بخش صنعت را مدنظر داشته باشیم، بلوغ مناسبی در صنایع مشاهده می‌شود. شرکت‌های ارائه دهنده راهکارهای IoT نیز طی سالیان اخیر در حال ارتقای خدمات خود هستند. این خدمات می‌تواند با حضور و نقش موثرتر اپراتورها تکمیل شده و سرویس غنی به مخاطب ارائه گردد.

در صحبت‌هایتان آمادگی صنعت را در دو بخش حاکمیت و صنایع دیگر دیدید. میزان بلوغ حاکمیت، نهادهای سیاست‌گذار، رگولاتوری و ... را در این حوزه چطور ارزیابی می‌کنید؟

رویکرد حاکمیت در حوزه‌هایی نظیر انرژی که نیاز حیاتی کشور به هوشمندسازی است، مثبت است و حمایت مناسبی در این حوزه داشته‌اند؛ اما سایر حوزه‌ها، کماکان نیاز به حمایت و توجه بیشتری از سمت حاکمیت هستند. به جهت رشد بلوغ در این حوزه‌ها، لازم است حاکمیت نگاه صرفا کسب و کاری را کنار گذاشته و با نگاه حمایتی وارد این حوزه شود.

از دیگر موضوعاتی که نیازمند ورود جدی حاکمیت است، موضوع داده و سیاست‌گذاری مرتبط با آن است؛ به عنوان نمونه، در حوزه خودروی متصل، موضوع «مالکیت داده» یکی از موضوعات حائز اهمیت است که هنوز به صورت قطعی، مالک آن مشخص نشده است (خودروساز، مالک و ...). علاوه بر این، روال و سطح به اشتراک گذاری داده با صنایع مرتبط نظیر سازمان‌های بیمه‌گذار نیز مشخص نیست .

در حالت کلی، مباحث دیگری نظیر رگولاتوری، مباحث حقوقی، اجرایی، توسعه و پشتیبانی از دیگر موضوعات حائز اهمیت برای ورود و رسیدگی از سمت حاکمیت هستند تا اقدامات انجام شده توسط نهادهای مختلف را هم‌افزا، یکپارچه و نظام‌مند نمایند.

با توجه به تجربه‌ای که داشته‌اید، چه میزان اکوسیستم ارائه دهندگان سرویس‌های هوشمند را در این حوزه موفق می‌بینید؟ آیا نمونه‌های موفقی از اینگونه سرویس‌ها هستند که در این حوزه پیاده‌سازی شده باشند؟

بله، از پروژه‌های موفق IoT که همراه اول تجربه حضور در آن را دارد می‌توان به پروژه سپهتن ۱ (سامانه پایش تردد ناوگان) و فهام ۱ (فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری و مدیریت انرژی) اشاره کرد. تقریبا می‌توان گفت که پروژه سپهتن ۱ بزرگ‌ترین پروژه IoT در سطح کشور در حوزه لجستیک است. پروژه فهام ۱ نیز پروژه هوشمندسازی کنتور بخش صنعتی و کشاورزی است. در این دو پروژه، اپراتور نقش ارائه کننده خدمات ارتباطات (Connectivity) از زنجیره را به عهده داشته است. با حمایت بیشتر حاکمیت، می‌توان نقش آفرینی بیشتری در موضوعات مشابه داشت.

به طور کلی، ریسک‌ها و چالش‌های قابل وقوع در طول زنجیره ارزش ارائه سرویس‌های هوشمند و صنعت ۴.۰ را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

مهم‌ترین چالش پروژه‌های اخیر، مبحث درآمدزایی و بازگشت سرمایه طرح‌ها است. این پروژه‌ها هنوز سودآوری نداشته و اگر بخواهیم صرفاً با دید یک بنگاه اقتصادی به آن نگاه کنیم، توسعه زیرساخت‌ها میسر نخواهد شد. ارائه سرویس و سودآوری نیاز به بسترسازی و ایجاد زیرساخت‌های مناسب دارد که تنها از طریق سیاست‌گذاری کلان و نگاه راهبردی قابل تحقق است. ورود به بازار و ارائه سرویس و سودآوری، نیازمند بستر مناسب، پلتفرم خوش تعریف و دستگاه‌های مناسب است. این مساله در سطح جهانی مطرح است و نیاز به یک برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای بازه‌ای بلندمدت دارد.

در صحبت‌های خود به این موضوع اشاره کردید که برای تکمیل این زنجیره در ارائه سرویس، نیاز است سرمایه‌گذاری‌هایی انجام شود و سراغ فناوری‌های جدید برویم. نقش مرکز تحقیق و توسعه را در مدیریت و رهبری بازوهای اجرایی و پیاده‌سازی فناوری‌های مورد نیاز چگونه می‌بینید؟

مرکز تحقیق و توسعه در ارائه سرویس‌های نوین نقش بسیار مهمی داشته و می‌تواند در لایه‌های مختلف ارائه سرویس نقش آفرینی کند. به عنوان نمونه، مرکز تحقیق و توسعه می‌تواند در پروژه‌هایی که اپراتور در سطح دستگاه حاوی سنسور ورود کرده است، در نقش واحد مرجع ارزیابی، تست، کیفیت سنجی، ارزیابی عملکرد و امنیت فعالیت نماید. این جایگاه می‌تواند در سطح کشور نیز به عنوان مرجع کیفیت‌سنجی مطرح شود.

علاوه بر این، اجرای پروژه‌های تحقیقات راهبردی و ارزیابی ریسک ورود به فناوری‌های نوین، اجرای پایلوت فناوری‌های نوین می‌تواند دسته دیگری از خدمات مرکز تحقیق و توسعه باشد. حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان و استارت‌آپ‌ها با رویکرد حامی‌گری در صندوق‌های خطرپذیر CVC، طراحی و اجرای رویدادهای ایده تا محصول و حمایت از شکل‌گیری محصولات و خدمات فناوری‌محور از دیگر نقش‌های حائز اهمیت برای مرکز تحقیق و توسعه است.

برای سخن آخر، اگر نکته‌ای دارید که در این گفت و گو بدان پرداخته نشد، ممنون می‌شوم با ما به اشتراک بگذارید.

حرکت در مسیر رشد و توسعه نیازمند همراهی، حمایت، تلاش و تعهد تمامی اعضای زنجیره ارزش آفرینی است. امید است با بهره‌برداری از ظرفیت‌های مناسب موجود در گروه همراه اول، زمینه طراحی و توسعه خدمات با تجربه کاربری مناسب مبتنی بر فناوری‌های نوین برای مشترکان فراهم شود.

رصد

Technology Scouting

مروری بر معماری‌های مرجع اینترنت اشیاء صنعتی ۲۲

شبکه‌های خصوصی 5G گامی به سوی استقرار صنعت نسل چهارم ۳۲

مدیریت فرآیند کسب و کار در عصر صنعت ۴,۰ ۴۰

هوش مصنوعی صنعتی برای سیستم های تولیدی بر پایه انقلاب صنعتی چهارم ۴۶

دوقلوی دیجیتال؛ بازوی توانمندساز انقلاب صنعتی چهارم ۵۴

قطعه‌بندی شبکه ابری بومی ۶۲

افزایش قدرت انقلاب صنعتی چهارم با محاسبات ابری ۷۲

جایگاه ردیاب هوشمند در انقلاب صنعتی چهارم ۷۸

فناوری همراه
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم
رصد فناوری

مروری بر معماری‌های مرجع اینترنت اشیاء صنعتی

اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT) با پایش از راه دور، تحلیل هوشمند و کنترل فرآیندهای صنعتی، منجر به ایجاد تحول و ظهور انقلاب صنعتی چهام شده است. دنیای صنعت در مراحل اولیه پذیرش فناوری اینترنت اشیاء صنعتی و پیاده‌سازی راه حل‌های آن دچار چالش خواهد بود. بنابراین، نیاز به رفع چالش‌های پدیدار شده در این حوزه وجود دارد. از این رو، پژوهشگران، معماری‌های IIoT مبتنی بر لایه‌های معماری مختلف و فناوری‌های نوظهور برای یکپارچه سازی انتها به انتهای سیستم‌های IIoT را پیشنهاد داده‌اند. در این مقاله، سه معماری مرجع IIoT پذیرفته شده را به صورت مفصل مورد بررسی قرار می‌دهیم و مقایسه‌ای بین آن‌ها ارائه خواهیم داد.

کلید واژه: اینترنت اشیا، اینترنت اشیا صنعتی، انقلاب صنعتی چهارم، مدل معماری مرجع

منصوره قاسمی برسیانی

کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات - گرایش شبکه‌های کامپیوتری از دانشگاه علم و صنعت ایران، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

مقدمه

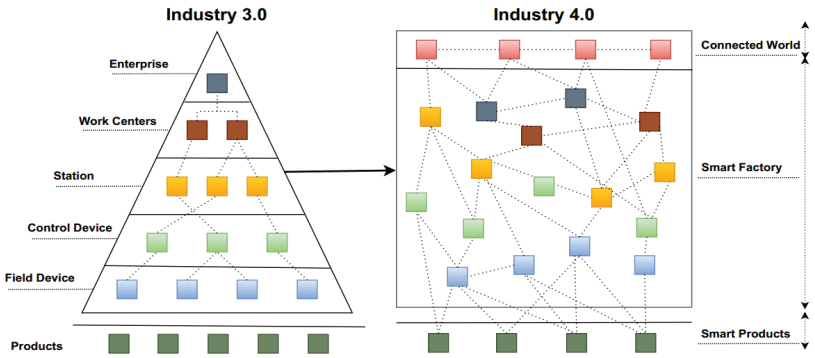
اینترنت اشیاء[1] با فراهم کردن اتصال بین میلیاردها دستگاه و دسترسی به آن‌ها از هر مکانی و در هر زمانی، در قرن حاضر انقلابی را به همراه داشته است. مفهوم اولیه IoT به عنوان اتصال اشیاء با اینترنت در سال ۱۹۹۹ توسط کوین آشتون مطرح شد و سازمان ITU آن را به عنوان اتصال بین افراد و اشیاء و بین اشیاء فیزیکی و مجازی برای تبادل اطلاعات جهت انجام وظایف هماهنگ شده توسعه داد. در مقایسه با اینترنت اشیاء که با اتصال برنامه های کاربردی دنیای واقعی بدون دخالت انسان به اهداف هوشمندسازی دست می یابد، اینترنت اشیاء صنعتی[2] تکامل بیشتری را در فرآیند تولید به ارمغان می آورد. IIoT با تلفیق فناوری اطلاعات[3] و فناوری عملیات[4] به صنایع کمک می کند تا کارایی عملیاتی خود را افزایش دهند. به‌علاوه، دوران جدید انقلاب صنعتی چهارم (صنعت ۴,۰) با یکپارچگی IIoT و سامانه‌های سایبر-فیزیکی[5]، جهت ایجاد مشارکت و همکاری دستگاه‌های هوشمند، تحولات جدیدی را به همراه دارد. صنعت ۴,۰ در هر یک از صنایع به‌منظور خودبهینگی، بهبود تصمیم‌گیری با استفاده از حسگرهای پیشرفته، افزایش کیفیت تولید و تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه[6] در جهت کاهش زمان خاموشی و از کار افتادن سامانه‌ها استفاده می‌شود. در این صنعت همچنین CPS قابلیت شبکه‌بندی، سنجش و محاسبات را با سامانه‌های فیزیکی ترکیب می کند تا یادگیری و انطباق این سامانه‌ها تسهیل شود. تلفیق IIoT، IoT و CPS، مولفه‌های صنعت ۴,۰ را شکل می‌دهند که در انقلاب صنعتی حال حاضر به اوج خود دست یافته است.

دیجیتالی سازی فرآیندهای صنعتی، نیازمند پیشرفت‌های فناورانه جدید است که چالش‌های بزرگی را برای یکپارچه سازی انتها به انتهای IIoT ایجاب می کند. برای توسعه انتها به انتهای سیستم‌های IIoT، معماری‌های مرجع مختلفی مانند IIRA[8]، RAMI 4.0[7] و OpenFog RA[9] پیشنهاد شده‌اند که شامل مجموعه‌ای از لایه‌های معماری (از حسگر تا ویژگی‌های مدیریت سازمان) هستند و راهبردی برای توسعه فراهم می کنند. معماری‌های IIoT موجود در منابع مختلف پژوهشی، چالش‌های خاص را در یک مورد استفاده خاص در صنعت یا کاربرد صنعت عمومی برطرف می کنند؛ این در حالی است که معماری‌های مرجع طرح کلی برای فرآیند توسعه بدون پروتکل و استاندارد ثابتی فراهم می کنند.

1- Internet of Things (IoT)
2- Industrial Internet of Things (IIoT)
3- Information Technology (IT)
4- Operational Technology (OT)
5- Cyber-Physical Systems (CPS)

6- Predictive maintenance
7- Reference Architectural Model industry 4.0
8- Industrial Internet Reference Architecture
9- OpenFog Reference Architecture

HAMRAH-E-AVAL



شکل ۱ - مقایسه انقلاب‌های صنعتی سوم و چهارم [۲]

در این مقاله، در بخش اول، یک بررسی دقیق از معماری‌های مرجع IIoT و جزییات آن‌ها ارائه می‌دهیم. در بخش بعدی مقاله به بررسی معماری‌های مرجع IIRA، RAMI 4.0 و OpenFog می‌پردازیم. در بخش ۳، مقایسه‌ای بین معماری‌های مرجع مذکور انجام شده است. در بخش ۴ به نتیجه‌گیری و چالش‌های IIoT اشاره شده است.

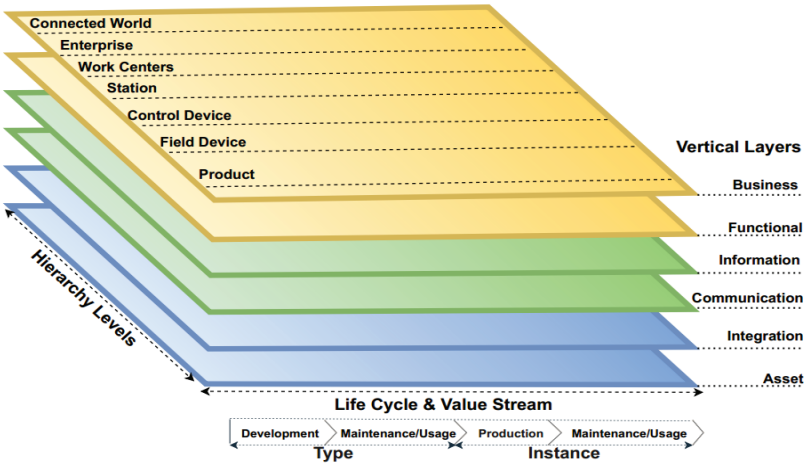
از آنجا که یکی از مفاهیم پرکاربرد مطرح شده در انقلاب صنعتی چهارم، اینترنت اشیاء صنعتی است، در ادامه مروری بر معماری‌های مرجع IIoT خواهیم داشت.

معماری‌های مرجع IIoT

معماری مرجع، یک چارچوب مشترک جهت توسعه، تجزیه و تحلیل سیستم‌ها به‌طوری که به نیازمندی‌های عملکردی پاسخ دهد، فراهم می‌کند. معماری‌های مرجع در IIoT، مستقل از فناوری‌ها و استانداردهای خاص هستند. این معماری‌ها، راهنمای ساختاری برای جنبه‌های مختلف یک سیستم، از جمله مدل شبکه استاندارد برای تعامل با دستگاه‌ها و حسگرها هستند. همچنین، خدمات معماری ابر برای ویژگی‌های نظارت و مدیریت از راه دور و اطلاعات مربوط به سخت‌افزارهایی که توسط معماری پشتیبانی می‌شوند، را فراهم می‌کنند. کارشناسان از سازمان‌های مختلف، معماری‌های مرجع را پیشنهاد داده‌اند تا ساختار لازم برای تغییر فرآیند تولید در صنایع و بر اساس فناوری‌های موجود را فراهم کنند. سه مدل از اصلی‌ترین معماری‌های مرجع IIoT شامل IIRA، RAMI 4.0 و OpenFog RA هستند که در ادامه توضیح داده شده است [۱].

۲-۱-مدل معماری مرجع انقلاب صنعتی چهارم (RAMI 4.0)

این مدل معماری مرجع به منظور به روزرسانی فرآیند تولید و اتوماسیون صنعتی در آلمان توسعه یافته است. در صنعت ۳,۰، محصولات از یکدیگر جدا هستند، عملکردها به سخت‌افزار منحصر می‌شوند و اجزای سیستم در سطوح سلسله‌مراتبی با



شکل ۲- مدل معماری RAMI 4.0 [۳]

یکدیگر تعامل دارند. براســاس اطلاعات RAMI 4.0 RA برای Industry 4.0، محصولات قسمتی از شبکه هستند، عملکردها در ساختار شبکه توزیع شده‌اند و شــرکای مختلف می‌توانند بدون توجه به سلسله‌مراتب سیســتم با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. در شــکل ۱، RAMI 4.0 چگونگی تمایز Industry 4.0 از Industry 3.0 را نشان می‌دهد.

در RAMI 4.0، اســتانداردهای بین‌المللــی الکترونیک، برق، مکانیک و فناوری اطلاعات به صورت بین رشته‌ای در ارائه فناوری شرکت می‌کنند. این معماری بر اساس معماری سرویس گرا[۱۰] برای ارائه خدمات بین اجزای سیستم از طریق پروتکل‌های شبکه و تبدیل وظایف پیچیده به فرآیندهای ساده بر اساس فناوری‌ها و محصولات مستقل استوار است. شکل ۲ نشان‌دهنده مدل سه بعدی RAMI 4.0 RA است که بین همه شرکای صنعتی تعامل و درک متقابل را فراهم می‌کند و به آن‌ها کمک می‌کند که چگونه به صورت ساختار یافته، صنعت ۴,۰ را اجرا کنند.

۱-۱-۲- محور سطوح سلسله مراتب

سطوح سلسله مراتبی در محور افقی مدل مبتنی بر استانداردهای بین‌المللــی IEC 62264 و IEC 61512 فنــاوری اطلاعات و سیستم‌های کنترل هســتند. اصطلاحات ایستگاه، مراکز کار، ســازمان و جهان متصل در این محور که از این اســتانداردها استخراج شده‌اند برای ایجاد زمینه مشترک در بخش‌های فعلی اتوماسیون کارخانه و صنعت فرآیندی هستند. هفت سطح زیر در محور سلسله مراتب مدل RAMI 4.0 وجود دارد:

محصول: محصول نهایی تولید شده در صنعت است.

دستگاه میدان: دستگاه‌های سخت‌افزاری مانند حسگرها و محرک‌ها[۱۱] هســتند که مقادیر اطلاعات محیط را جمع‌آوری می‌کنند.

10- Service Oriented Architecture (SOA)
11- Actuators

دستگاه کنترل: دستگاه‌های کنترلی مانند کنترل کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی[۱۲] و کنترل کننده‌های توزیع شــده[۱۳] (DC)، که خواندن مقادیر حسگرها را بر عهده دارند و دستورات کنترلی را به سیستم ارسال می‌کنند.

ایستگاه: محلــی است که کاربر با دسترســی مدیر سیستم، فعالیت صنعتی را نظــارت می‌کند و به فرآیندهــا و رویدادها پاسخگو است. به عنوان مثال سیستم SCADA این چنین عمل می‌کند.

مراکز کار: ذخیره داده‌ها، اطلاعات و تحلیل آن‌ها بر اســاس تاریخچه داده‌ها در این مراکز انجام می‌شود که به‌عنوان سیستم اجرایی تولید یا MES[۱۴] شناخته می‌شــوند. سیستم MES به کنترل، پایش و ردگیری تمام فرآیندهای تولید کمک می‌کند. مدیریت انبار، دارایی‌ها و ســرمایه‌های انســانی مثال‌هایی از فرآیندهایی است که سیستم اجرایی تولید به مدیریت آن کمک می‌کند. این سیستم داده‌ها را از خط تولید و هر منبع دیگری در ســازمان جمع‌آوری کرده و آن را در اختیار اپراتورها، مدیران و تصمیم‌گیران سازمان قرار می‌دهد [۴].

سازمان: سطح سازمان (ERP[۱۵]) برای مدیریت تمام اطلاعات و تصمیمات سودآور کســب و کار بکار گرفته می‌شود. سیستم برنامه‌ریزی منابع انسانی یا ERP بر مواردی نظیر تولید در مقابل سفارشــات، هزینه در برابر درآمد و مدیریت برنامه‌ریزی تولید نظارت می‌کند.

جهان متصل: سیستم به اینترنت متصل شده است تا به وسیله فرآیند زنجیره تامین، با صنایع خارجی در ارتباط باشد.

۲-۱-۲- جریان ارزش و چرخه عمر

استانداردهای فرآیند چرخه عمر مورد استفاده در اتوماسیون

12- Programmable Logic Controller (PLC)
13- Distributed Controler (DC)
14- Manufacturing Execution System
15- Enterprise Resource Planning

صنعتی، کنترل و سیستم‌های اندازه گیری در محور افقی مدل RAMI 4.0 قرار دارد. این فرآیند، اطلاعات مربوط به اجزای تولید از مرحله طراحی تا محصول نهایی را نشـــان می‌دهد. فیلد نوع مربوط به مرحله طراحی و نمونه‌سازی اولیه تولید است، در حالی که فیلد نمونه مربوط به زمانی است که محصول به صورت نهایی تولید شده است.

۳-۱-۲- لایه‌های معماری مدل RAMI ۴,۰

در معماری مـــدل RAMI 4.0، لایه‌های عمـــودی که به‌عنوان لایه‌های قابلیت همکاری[۱۶] شناخته می‌شوند، تمام فرآیندهای صنعتی (از دســـتگاه‌ها و دارایی‌های فیزیکی تا یکپارچگی بین انسان، فناوری و پروتکل‌ها) همراه با خواص عملکردی اجزای سیســـتم و فرآیندهای کســـب و کار آن‌ها را پوشش می‌دهند. پژوهشـــگران لایه‌های معماری زیر را برای مـــدل RAMI 4.0 توضیح داده اند:

دارایی: این لایه پایین‌ترین لایه است که تمام اجزای فیزیکی از جمله دستگاه‌ها و لوازم جانبی را شامل می‌شود.

یکپارچگی: این لایـــه اطلاعات تولید شـــده از دارایی‌ها را به لایه‌های بالاتر ارائه می‌دهد، قابلیت فرمان‌دهی و کنترل دارایی‌ها را برای لایه عملکرد فراهم می‌کند و عناصر IT مانند RFID، HMI و محرک‌ها را شامل می‌شود.

ارتباطات: این لایه مسئول حفظ ارتباط بین شبکه‌ها با استفاده از استانداردها و پروتکل‌ها و ایجاد تعامل لایه دارایی و یکپارچگی با لایه‌های بالاتر است.

اطلاعات: این لایه پیش پردازش اطلاعـــات برای رویدادهای مختلف را فراهم می‌کند، همچنین اطمینان حاصل می‌کند که صحت و کیفیت داده‌های دریافت شده از لایه‌های پایین حفظ شود و سپس داده‌های ساختار یافته را به لایه‌های عملکردی و تجاری ارائه می‌دهد.

عملکردی: لایه عملکردی داده‌ها را از لایه دارایی دریافت کرده و تصمیمات را بر اساس تحلیل داده‌ها اجرا می‌کند.

تجاری: این لایه شـــامل مدل‌های کســـب و کار ســـازمان و چارچوب‌های قانونی به همراه خدمات پایش بلادرنگ صنعتی با استفاده از داشبوردها و برنامه‌های تعامل با کاربر است.

16- Interoperability

۲-۲- معماری مرجع اینترنت صنعتی (IIRA)

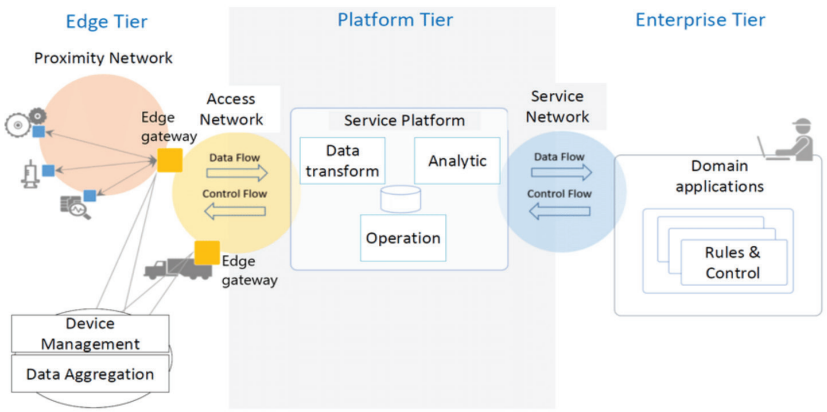
کنسرســـیوم صنعتی بین المللـــی (IIC) یک مـــدل معماری فریمورک مشـــترک IIRA را بـــرای پشـــتیبانی از برنامه‌ها و استانداردهای مختلف در توسعه راه حل IIoT ارائه می‌دهد. IIRA بر اساس استانداردهای ISO/IEEE/IEC 42010 تطبیق داده شده است و می‌تواند به تغییر در سیستم‌های کنترل صنعتی به روش‌های زیر پاسخ دهد:

افزایش خودکاری[۱۷] محلی: شامل فراهم کردن فناوری‌های جدید، قدرت محاسباتی و حسگری بهبود یافته است که دقت داده‌ها را افزایش می‌دهد و به ایجاد سیستم‌های خودکار کمک می‌کند.

افزایش بهینه‌سازی سیستم: شامل تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از یادگیری ماشین بر روی داده‌های جمع آوری شده حسگر به منظور ارائه بینش درباره سیستم پیاده‌سازی شده و در راستای بهبود سیستم‌های کنترل و بهینه‌سازی آن‌ها است.

IIRA یک معماری سه لایه شـــامل لایه لبه[۱۸]، لایه پلتفرم[۱۹] و لایه سازمان[۲۰] است. گره[۲۱]ها، دستگاه‌ها، حسگرها، سیستم‌های کنترل و دارایی‌های مختلف از طریق اتصالات سیمی و بی‌سیم به درگاه لبه[۲۲] متصل شده و یک شـــبکه مجاورت[۲۳] را تشکیل می‌دهند. دروازه لبه مدیریت و تجمیع دستگاه‌ها را انجام می‌دهد،

17- Autonomy
18- Edge
19- Platform
20- Enterprise
21- Node
22- Edge Gateway
23- Proximity Network



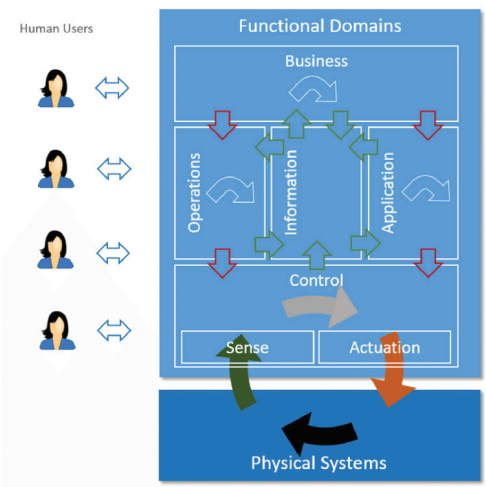
شکل ۳- مدل معماری سیستم IIoT سه لایه ای- IIRA[۵]

سپس داده‌های مربوطه را از طریق شبکه دسترسی به لایه پلتفرم ارسال می‌کند. لایه پلتفرم تبدیل داده‌ها، عملیات و تجزیه و تحلیل داده‌ها را انجام می‌دهد؛ سپس اطلاعات را از طریق شبکه خدمات به لایه سازمان ارسال می‌کند. در لایه سازمان، کاربران نظارت و کنترل را تحت نظر برنامه‌های دامنه انجام می‌دهند و دستورات کنترلی را با استفاده از فرآیند جریان کنترل[۲۴] به لایه پلتفرم ارسال می‌کنند. لایه پلتفرم سپس این اطلاعات را به لایه لبه ارسال کرده تا وظایف مربوطه را انجام دهد. شکل ۳، معماری سه لایه IIoT را نشان می‌دهد که توسط IIC ارائه شده است.

۱-۲-۲- دامنه‌های عملکردی و دیدگاه‌های عملکردی

IIRA شامل دو بخش عملکردی مهم دیدگاه عملکردی و دامنه عملکردی در معماری خود است. دیدگاه عملکردی، دیدگاه کلی از مشاهدات معماری اجزای سیستم و ساختار آن است. دامنه عملکردی شامل پنج دامنه متمایز است که سازنده‌های معماری سیستم هستند. شکل ۴ اطلاعات پردازش بین دامنه‌های عملکردی مدل IIRA را نشان می‌دهد. پیکان‌های سبز رنگ جریان داده / اطلاعات را نشان می‌دهند، پیکان‌های خاکستری / سفید جریان تصمیم را نشان می‌دهند و پیکان‌های قرمز رنگ جریان فرمان / درخواست را نشان می‌دهند.

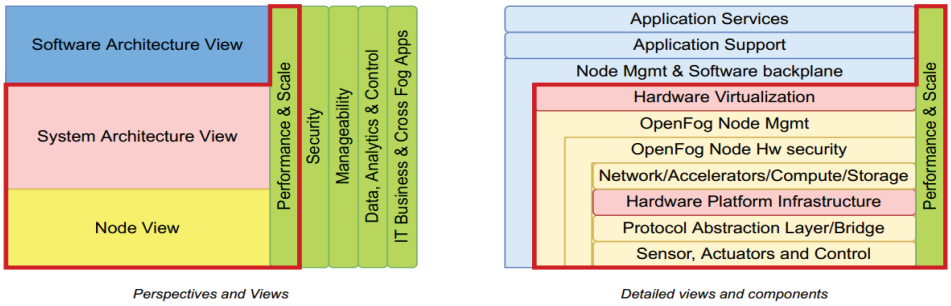
24- Control Flow



شکل ۴- دامنه‌های مدل مرجع IIRA[۵]

۲-۲-۲- دامنه‌های عملکردی

دامنه کنترل: شامل عملکردهایی برای پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل در صنایع است. این دامنه شامل عملکردهای حسگری و محرکی است که داده‌ها را از حسگرها می‌خوانند و سیگنال‌های کنترلی را برای محرک‌ها ارسال می‌کنند. همچنین، شامل عملکرد ارتباطی است که امکان تبادل اطلاعات بین اجزای سیستم و فناوری‌ها را با استفاده از ویژگی‌های مختلف مانند API را فراهم می‌کند. دامنه کنترل با استفاده از مدل‌سازی بر روی داده‌های حسگر، رفتار و شرایط سیستم را تفسیر می‌کند.



شکل ۵- معماری مرجع OpenFog[۶]

دامنه عملیات: وظایف مدیریت و عملیات برای دامنه کنترل را انجام می‌دهد. همچنین، عملکردهای تأمین و استقرار را برای دسترسی به دارایی‌ها در مقیاس بزرگ و ردگیری، اضافه کردن، تغییر یا حذف آن‌ها بدون توجه به محیط صنعتی فراهم می‌کند.

دامنه اطلاعات: این دامنه عملکـــردی پردازش و جمع آوری داده‌ها را از اجزای سیستم انجام می‌دهد و تحلیل داده‌ها را برای به دست آوردن اطلاعات درباره پارامترهای سیستم و بهینه‌سازی سیستم از طریق مراحل تصمیم‌گیری انجام می‌دهد.

دامنه برنامه: دامنه برنامه شامل عملکردهای پیاده‌سازی منطق و قوانین برنامه برای بهینه‌سازی در سطح بالا است. همچنین، شامل API و UI است که با استفاده از آن، اطلاعات مربوط به تعاملات انسان یا برنامه‌های مختلف برای پردازش در دسترس است.

دامنه کسب و کار: شامل عملکردهای مختلف برای پشتیبانی از فعالیت‌ها و فرآیندهای کسب و کار و یکپارچه‌سازی آن‌ها در سیستم‌های IIoT است. نمونه‌هایی از عملکرد کسب و کار، ERP، MES، پرداخت‌ها، صورتحساب و ... هستند.

۲-۳- معماری مرجع OpenFog

این معماری به محققین، توســعه دهندگان، طراحان و صنایع کمک می‌کند تا اجزای مورد نیاز برای رایانش مه[۲۵] را ارائه دهند. OpenFog مدل معماری مبتنی بر مه[۲۶] را برای حل مســائل پیاده‌سازی صنعتی از طریق ســازگاری با PaaS[۲۸]، SaaS[۲۷] و IaaS[۲۹] ارائه می‌دهد. OpenFog RA در صنایع مختلف از جمله خودروهای هوشمند و ســامانه‌های کنترل ترافیک، شهرهای هوشمند، ساختمان‌های هوشمند و غیره کاربرد دارد. هدف آن ارائه امنیت، شناخت، چابکی، تأخیر کم و کارآیی است. علاوه بر این، OpenFog RA بر اساس هشت ستون اصلی شکل گرفته است که ویژگی‌های کلی مدل سیستم را برای پیاده‌سازی‌های بلادرنگ نشان می‌دهد. دیدگاه[۳۰] ویژگی‌های عرضه شده در این معماری مرجع را برجسته‌تر می‌کند، در حالی که نما[۳۱] جنبه‌های ساختاری معماری لایه‌ای را نشان می‌دهد. قسمت نما حاوی سه رویکرد صاحب نظر در معماری مرجع به‌عنوان نمای نرم‌افزار، نمای سیستم و نمای گره اســت. شکل ۵ مدل OpenFog RA را نشان می‌دهد. لایه‌های عمودی سبز روشن، دیدگاه معماری مرجع را نشــان می‌دهند، لایه‌های زرد روشــن و آبی روشن، نماهای گره و معماری نرم افزار را مشخص می‌کنند و لایه‌های قرمز روشن، نمای معماری سیستم را نشان می‌دهند.

25- Fog Computing
26- Fog as a Service (FaaS)
27- Software as a Service
28- Platform as a Service
29- Infrastructure as a Service
30- Perspective

۱-۳-۲- ستون‌های معماری رایانش مه

معماری OpenFog RA براساس هشت ستون اصلی شکل گرفته است. این ستون‌ها ویژگی‌های اصلی سیستم‌های پیاده شده با فناوری رایانش مه و معماری لایه بندی شده را نشان می‌دهند.

امنیت: امنیت معماری OpenFog نه تنها به اســتانداردهای خاص محدود نمی‌شود، بلکه شامل تمام مکانیزم‌های امنیتی از سطح ســخت‌افزار تا ســطح برنامه مبتنی بر نرم افزار است. ویژگی‌های امنیتی ارائه شــده در OpenFog RA شامل حریم خصوصی و صحت داده[۳۲]، گمنامــی[۳۳]، تایید[۳۴]، اندازه‌گیری[۳۵]، اعتماد[۳۶] و اعتبارســنجی کاربر و دســتگاه[۳۷] هســتند. مدل OpenFog RA امنیت انتها به انتها را فراهم می‌کند. علاوه بر این، پس از تأیید اطلاعات، لینک شبکه بین گره‌ها فراهم می‌شود و سپس فرآیند اعتبارسنجی صورت می‌گیرد.

قابلیت مقیاس پذیری: این مدل ویژگی‌هایی را فراهم می‌کند که گره‌های ابر، سرویس‌های ذخیره سازی و شبکه‌ها براساس نیاز کاربران مقیاس‌پذیر هستند. در OpenFog RA انواع قابلیت مقیاس‌پذیری به شرح زیر وجود دارد:

عملکرد مقیاس پذیر: شــامل بهبود عملکرد مه با توجه به نیازهای برنامه با کاهش تأخیر[۳۸] در سامانه است.

31- View
32- Data privacy and integrity
33- Anonymity
34- Attestation
35- Measurement
36- Trust
37- User and device verifications
38- Latency

ظرفیت قابل مقیاس پذیر: به افزایش ظرفیت شبکه، سامانه، برنامه و کاربر کمک می کند.

قابلیت اطمینان مقیاس پذیر: این قابلیت اطمینان با استفاده از مه‌های افزونه[39] در صورت وجود خطای شبکه یا بار زیاد اطلاعات یا پردازش تأمین می‌شود.

امنیت مقیاس پذیر: شامل ویژگی‌های امنیت نرم‌افزار و سخت‌افزار اضافی است مانند فراهم کردن دسترسی و پردازش اطلاعات رمزنگاری شده هنگامی که امنیت سخت گیرانه می‌شود.

سخت‌افزار مقیاس پذیر: اجزای سخت‌افزاری اضافی را در صورت وجود نیاز بین مه‌های[40] شبکه و سامانه‌های داخلی آن‌ها، نظیر عملیات ذخیره‌سازی داده، افزایش مقیاس شبکه‌های سیمی و بی سیم و بالابردن مقیاس فرآیندهای محاسباتی فراهم می کند.

باز بودن[41]: این ستون از محیطی متنوع پشتیبانی می کند که گره‌های مه و دستگاه‌های یک شبکه تعامل پذیر با حذف تأثیرات منفی حاصل از کیفیت و هزینه وجود یک تک فروشنده[42] را تشکیل داده و بدون توجه به مکان، قابلیت تعامل بین اجزاء را فراهم می کند.

خودمختاری[43]: ساختار خودمختاری، با فراهم کردن تسهیلات تصمیم گیری نزدیک دستگاه‌ها، از پردازش متمرکز جلوگیری می کند و کارآمدی در عملکرد، امنیت و هزینه را به ارمغان می‌آورد. این قابلیت با فعال‌سازی گزینه کشف شبکه[44] به دستگاه‌ها کمک می کند تا در صورت بروز مشکلات در uplink، فعال بمانند.

قابلیت برنامه‌ریزی: برنامه‌ریزی گره‌ها و سیستم‌های پیاده شده در لایه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری با قابلیت تغییر وظیفه گره‌های مه فراهم شده است. برنامه‌ریزی امنیت بهینه شده را با به‌روز رسانی خودکار پچ امنیتی، همراه با زیرساخت قابل تطبیق و چندین مستأجر فراهم می کند.

قابلیت اعتماد، در دسترس بودن و خدمات پذیری[45]: در حالی که قابلیت اعتماد، اطمینان حاصل می کند که گره‌های ابر و اجزای کلی سیستم به شرایط داده شده برای ارائه عملکرد خود کار می کنند، قابلیت در دسترس بودن به مدیریت و پشتیبانی مستمر بک اند[46]، از جمله دسترسی افزونه[47] و امن دستگاه‌ها و پیکربندی‌های افزونه اشاره دارد. خدمات پذیری نصب، به‌روز رسانی و نگهداری خودکار گره‌های مه را با پشتیبانی از قطعات سخت افزاری قابل تعویض فراهم می کند.

چابکی: این ستون مسئول مدیریت تغییرات در سیستم و ارائه بینش‌های تحلیلی از داده‌های گسترده دریافت شده از حسگرها برای انجام تصمیمات کارآمد کسب و کار است.

سلسله مراتب: با توجه به اینکه همه سیستم‌ها در OpenFog RA سلسله مراتبی نیستند، این ستون اطلاعات سلسله مراتب مکمل و سنتی را برای سیستم‌های شرکت فراهم می کند.

۲-۳-۲- دیدگاه‌ها

دیدگاه‌های نشان داده شده در ستون‌های سبز عمودی در شکل ۵ به شرح زیر است:

کارایی و مقیاس: عملکرد سیستم‌های پیاده شده تحت مراقبت مداوم برای کیفیت خدمات (QoS) و کمترین تأخیر با استفاده از شبکه‌های حساس به زمان و محاسبات بحرانی[48] است. اندازه‌گیری گذردهی[49] و تأخیر گره مه، کارایی رایانش مه را تعیین می کند که با نزدیک کردن رایانش مه به لبه، بهبود می‌یابد. فناوری‌های جدید مجازی‌سازی و کانتینرسازی در رایانش مه، قابلیت مقیاس‌پذیری و جداسازی گره‌ها را بهبود می‌بخشند. این فناوری‌ها همچنین می‌توانند ترافیک شبکه و تخصیص منابع بر اساس اولویت را انجام دهند.

39- Redundant fogs
40- Fogs
41- Openness
42- Single Vendor
43- Autonomy
44- Network discovery
45- Reliability, Availability, and Serviceability (RAS)
46- Back-end
47- Redundant
48- Critical computing
49- Throughput

امنیت: معماری مه تا زمانی که اعتماد بین اجزای سیستم وجود ندارد، امن نیست. سخت افزار گره ابر با اقدامات مناسب امن است و امنیت کامل داده و صحت آن از سطح پایین سخت افزار تا سطح نرم افزار با رمزگذاری امنیت انتها به انتها تضمین می‌شود. دیدگاه امنیت همچنین شامل ویژگی‌های شناسایی تهدید و حفظ حریم خصوصی است.

قابلیت مدیریت: دیدگاه قابلیت مدیریت، قابلیت پاسخگویی و تصمیم‌گیری مشابه با انسان را با کمک الگوریتم‌های ماشین فراهم می‌کند. این دیدگاه، عملکردهای مدیریت کارآمد را برای طیف گسترده‌ای از اقدامات[50] در مقایسه با سامانه‌های فناوری اطلاعات و فناوری عملیاتی سنتی فراهم می‌کند. علاوه بر این، تمام عملکردهای مدیریت، از جمله سامانه هشداردهی، عملکردهای عملیات و نگهداری، کشف دستگاه‌ها و گره‌ها و غیره را پوشش می‌دهد.

داده، تجزیه و تحلیل و کنترل: با تولید داده‌های زیاد در صنایع برای انجام تجزیه و تحلیل جهت تصمیم‌گیری، روش‌های تجزیه و تحلیل سنتی برای نیازهای رو به رشد مناسب نیست. علاوه بر این، با حرکت شرکت‌ها به سمت تعمیر و نگهداری پیشگیرانه با پایش پارامترهای سامانه، برآورده کردن نیازهای سخت گیرانه مشکل به نظر می‌رسد. رایانش مه با انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها در لبه نزدیک منبع برای تجزیه و تحلیل خاص و ارسال اطلاعات مربوط به خدمات ابر برای عملکردهای کسب و کار و پردازش‌های مربوط به کسب و کار، به دست آوردن این اهداف را ممکن می‌کند.

ارتباط برنامه‌های کاربردی مه و کسب و کار IT: این دیدگاه اشاره به این موضوع دارد که برنامه‌های مه باید در هر سطح سلسله مراتبی عمل کرده و داده‌ها را با گره‌های دیگر به اشتراک بگذارند تا تعامل داده‌ها را به منظور حداکثرسازی ارزش‌ها از دیدگاه کسب و کار IT در محیط‌های چند تامین کننده‌ای فراهم آورد.

۳-۳-۲- نمای گره

این نما، پایین‌ترین سطح نماهای استفاده شده در OpenFog RA است. لایه‌های زرد روشن در شکل ۵ جنبه‌های نمای گره معماری را نشان می‌دهند. این جنبه‌ها باید قبل از اضافه کردن یک گره به شبکه رایانش مه مورد توجه قرار گیرند.

امنیت گره: امنیت گره، الزامات امنیتی لایه افقی و عمودی را نشان می‌دهد زیرا امنیت سیستم از سطح سیلیکون تا سطح نرم افزاری بسیار حائز اهمیت است.

مدیریت گره: این جنبه فرآیند مدیریت سیستم را با فعال کردن رابط‌های مدیریت از گره‌ها پشتیبانی می‌کند. این رابط‌ها پشتیبانی از نظارت و کنترل گره‌های سطح پایین را توسط سیستم‌های مدیریت سطح بالا انجام می‌دهند.

50- Actions

شبکه: بخش شبکه، گره‌ها را قادر می‌سازد تا براساس شبکه‌های حساس به زمان و آگاه به زمان، با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و اطلاعات را در شبکه به اشتراک بگذارند.

شتاب دهنده‌ها: شتاب دهنده‌های استفاده شده در برنامه‌های کاربردی مه، توان و تأخیر ارتباطات را بسته به سناریو شبکه بهبود می‌بخشند.

محاسبات: گره‌های ابر، نرم افزار منبع باز را در سطح گره خود برای محاسبات پایه و تعامل بین دیگر گره‌ها و اجزای سیستم اجرا می‌کنند.

ذخیره‌سازی: اگرچه نیاز به ذخیره داده قبل از یادگیری یا انجام تجزیه و تحلیل وجود دارد، یک دستگاه ذخیره‌سازی قابل اعتماد لازم است که با نیازمندی‌های صحت داده و شرایط سلامت دستگاه ذخیره‌سازی آگاه باشد.

حسگرها، عملگرها و کنترل: این عناصر، عناصر پایین‌ترین سطح معماری یک سیستم IoT هستند. در حالی که بعضی از این دستگاه‌ها قابلیت پردازش دارند، بعضی دیگر ناتوان در پردازش داده هستند. این عناصر با استفاده از اتصال سیمی یا بی‌سیم به سیستم متصل می‌شوند.

لایه انتزاعی پروتکل: این لایه وظیفه ارتباط سنسورها و محرک‌ها با گره مه را برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها دارد. همچنین اطمینان حاصل می‌کند که قابلیت همکاری بین محصولات چند تامین کننده برای بهینه‌سازی داده لایه‌های متقابل[51] وجود دارد.

۴-۳-۲- نمای معماری سیستم

نمای معماری سیستم شامل چندین نمای گره برای پیاده‌سازی‌های مه مقیاس‌پذیر است. این دیدگاه به مسائل تیم‌های فنی، تولیدکنندگان و معماران سیستم پرداخته است. لایه عمودی عملکرد و مقیاس و برخی لایه‌های افقی که زیر خط مرزی قرمزرنگ در شکل ۵ قرار دارند، دیدگاه معماری سیستم OpenFog RA را مشخص می‌کنند.

زیرساخت پلتفرم سخت‌افزاری: این دیدگاه نیازمندی‌های پلتفرم مه را برای اطمینان از ایمنی افراد و سخت‌افزار در برابر هر گونه خطر، حفاظت سیستم در برابر محیط و پشتیبانی مکانیکی زیرساخت سخت‌افزار کلی معرفی می‌کند. سیستم پیاده شده همچنین باید استانداردهای تطابق و تنظیمات را رعایت کند.

مجازی‌سازی سخت‌افزار و کانتینرها: مجازی‌سازی سخت افزار، امکان به اشتراک گذاری چندین موجودیت را بر روی یک دستگاه فیزیکی فراهم می‌کند و با محدود کردن بخش‌های خاص سیستم از ماشین‌های مجازی، امنیت سیستم را تضمین می‌کند. استفاده از کانتینرها، هزینه‌های اضافی را کاهش داده و مکانیسم‌های سبک وزن[52] را در محیط رایانش مه فراهم می‌کند.

51- Cross layer
52- Lightweight

دسته بندی / ویژگی	RAMI 4.0	IIRA	OpenFog RA
سازمان ارائه دهنده مدل معماری	انجمن صنایع برق و الکترونیک آلمان (ZVEI)	کنسرسیوم صنعتی بین المللی (IIC)	کارگروه معماری OpenFog
لایه‌ها	تجاری، عملکردی، اطلاعاتی، ارتباطی، یکپارچه‌سازی و دارایی	تجاری، مصرف، عملکرد و پیاده‌سازی	شامل و نه محدود به دیدگاه عملکرد و توسعه
سلسله مراتب	محصول، میدان، دستگاه،کنترل دستگاه، ایستگاه، مراکز کاری و سازمان	غیر سلسله مراتبی	دستگاه‌ها، پایش و کنترل، پشتیبانی عملیاتی، پشتیبانی تجاری و سیستم‌های سازمانی
تفاوت در کاربردهای صنعتی	تمرکز بر تولید هوشمندانه اشیا از طریق فرآیند چرخه عمر محصول	فرآیند تولید را پوشش می‌دهد اما چرخه عمر محصول را کامل نمی‌کند. کارها را قادر می‌سازد تا با تعامل سیستم‌های بزرگ مستقر شده هوشمندانه کار کنند.	تمرکز بر پلتفرم عمومی برای کاربرد با هرگونه مطالعه موردی استفاده از بازار عمودی. به عنوان مثال، کشاورزی، شهرهای هوشمند، حمل و نقل و غیره.
درگاه[1]، لبه یا مه	تجزیه و تحلیل داده‌ها و اتصال سخت افزار و ابر در درگاه	محاسبات، پردازش و ذخیره سازی در لبه	قابلیت های ذخیره سازی، پردازش، محاسبات، شتاب‌دهنده‌ها و شبکه برای کاربرد عمودی در هر مه

1- Gateway

جدول ۱ - مقایسه معماری‌های مرجع IIoT [۱]

۵-۳-۲- نمای معماری نرم افزار

این دیدگاه شامل دیدگاه معماری نرم‌افزاری است که در یک پلتفرم اجرا می‌شود. پلتفرم با ترکیب دیدگاه‌های گره برای پردازش سناریوهای خاص شکل می‌گیرد. نرم‌افزار گره‌های ابری در سه لایه جداسازی شده است که در لایه‌های آبی روشن در شکل ۵ نشان داده شده است.

خدمات برنامه کاربردی: این لایه به کمک لایه‌های دیگر خدماتی را فراهم می‌کند تا مورد استفاده قرار گیرد و نیازهای خاص را برآورده کند.

پشتیبانی برنامه: این قسمت نرم‌افزاری زیرساخت، هیچ خدمات جدیدی انجام نمی‌دهد، اما برنامه‌های کاربردی دیگر را در اجرای وظایف خاص، پشتیبانی می‌کند.

مدیریت گره و پشتیبان نرم افزار: این لایه مدیریت گره را انجام می‌دهد و ارتباط بین گره‌ها را برقرار می‌کند.

مقایسه مدل‌های معماری مرجع IIoT

معماری‌های مرجع ارائه شده توسط سازمان‌های مختلف رویکردهای متفاوتی را برای توسعه و پیاده‌سازی IoT صنعتی دارند. در حالی که RAMI 4.0 درباره فرآیند صنعت از سطح تولید تا سطح شرکت است، IIRA درباره فرآیند صنعتی با ارتباط بین سیستم‌های پیاده‌شده است. Platform Industrie 4.0 و IIC در حال حاضر در حال همکاری برای ارائه یک معماری مرجع مشترک با ترسیم RAMI 4.0 و IIRA هستند. در حالی که RAMI 4.0 با استفاده از یک درگاه، ارتباط بین سخت‌افزار و نرم‌افزار را برقرار می‌کند، IIRA لایه Edge را برای محاسبه و ذخیره داده‌ها فراهم می‌کند. OpenFog RA درباره موارد استفاده تولید و پردازش داده بالا در برنامه‌های صنعتی است. معماری مرجع OpenFog برای پیاده‌سازی در هر برنامه‌ی یکپارچه‌سازی عمودی در صنعت طراحی شده است. انتخاب یک معماری مرجع خاص به نیازهای سیستم پیاده‌سازی شده بستگی دارد. جدول ۱ مقایسه معماری‌های مرجع IIoT را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

از آنجا که ظهور IIoT بر اساس یکپارچگی فناوری اطلاعات و فناوری عملیاتی اتفاق افتاده است، مشکلات ناشی از این یکپارچگی نیز باید با کمک فناوری‌های جدید حل شوند. اگرچه مدل‌های معماری مرجع مانند IIRA، RAMI 4.0 و OpenFog، یک ساختار و راهنمای طرح اولیه برای برنامه‌های کاربردی IIoT را فراهم می‌کنند؛ با این حال، به دلیل مشکلات ناشی از فناوری‌های متنوع و استفاده‌های صنعتی گوناگون، حل چالش‌های پیش روی IIoT با دنبال کردن معماری‌های مرجع، مشکل به نظر می‌رسد. در این رابطه، استفاده از فناوری‌های جدیدی مانند رایانش لبه/مه، شبکه‌های نرم‌افزار محور، نسل پنجم موبایل، یادگیری ماشین و ...، به همراه پشتیبانی از معماری‌های

مرجع، خدمات ابری، پروتکل‌ها و استانداردها، چالش‌های یکپارچگی IIoT را حل می‌کند.

با توجه به اینکه همپوشانی IoT صنعتی، صنعت ۴,۰ و IoT بهبود کارایی تولید را در صنایع بدنبال دارد، باید چالش‌های این حوزه‌های نیز مورد توجه قرار گیرند. طبق مدل RAMI 4.0، اجزای فیزیکی و مجازی یک سیستم پیاده‌سازی شده می‌توانند بدون توجه به سلسله مراتب شبکه با یکدیگر مستقیماً ارتباط برقرار کنند؛ این در حالی است که، سیستم نیاز به قابلیت همکاری دارد تا اجزای سیستم بتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. به دلیل رشد نمایی فناوری‌های ناهمگون[۵۳]، IIoT با چالش‌های زیادی در قابلیت همکاری، تاخیر، امنیت، حریم خصوصی، مقیاس پذیری و ... روبرو است.

منابع

[1] Mirani, A.A., Velasco-Hernandez, G., Awasthi, A. and Walsh, J., 2022. “Key Challenges and Emerging Technologies in Industrial IoT Architectures: A Review”, Sensors, 22(15), p.5836.

[2] Moldehn, A. Industrie 4.0—Intelligent Production of Tomorrow. Available online: https://dam-mdc.phoenixcontact.com/asset/156443151564/d90d65eff-0734c9a49d76134aa1061e1/Digital_Tranformation_at_Phoenix_Contact.pdf (accessed on 10 September 2023).

[3] Adolphs, P.; Berlik, S.; Dorst, W.; Friedrich, J.; Gericke, C.; Hankel, M.; Heidel, R.; Hoffmeister, M.; Mosch, C.; Pichler, R.; et al. DIN SPEC 91345:2016—Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0); Technical Report ICS 03.100.01; 25.040.01; 35.240.50; Platform Industrie 4.0: Berlin, Germany, 2016.

[4] Mantravadi, S. and Møller, C., 2019. “An overview of next-generation manufacturing execution systems: How important is MES for industry 4.0?”. Procedia manufacturing, 30, pp.588-595.

[5] Lin, S.W.; Miller, B.; Durand, J.; Bleakley, G.; Chigani, A.; Martin, R.; Murphy, B.; Crawford, M. The Industrial Internet Reference Architecture; Technical Report IIC:PUB: G1:V1.07: PB:20150601; Object Management Group: Needham, MA, USA, 2019.

[6] OpenFog Consortium. The OpenFog Consortium Reference Architecture: Executive Summary; Technical Report; OpenFog Consortium: Fremont, CA, USA, 2017.

53- heterogeneous

شبکه‌های خصوصی 5G
گامی به سوی استقرار صنعت نسل چهارم

انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت نسل چهارم منجر به افزایش انعطاف‌پذیری، بهره‌وری و قابلیت اطمینان در فرآیندهای صنعتی می‌شود. تحقق صنعت نسل چهارم مستلزم تبادل زمان واقعی حجم زیادی از داده بین بخش‌های مختلف صنایع است. از این رو، فراهم کردن بستر ارتباطی با قابلیت برآورده‌سازی نیازمندی‌های تاخیر، پهنای باند، امنیت و اطمینان پذیری مورد نیاز، از چالش‌های توسعه صنعت نسل چهارم است. یکی از فناوری‌های امیدبخش در این زمینه فناوری 5G است. این فناوری با پشتیبانی از موارد کاربرد uRLLC، eMBB و mMTC می‌تواند پاسخگوی نیازمندی‌های صنعت نسل چهارم باشد. علاوه بر این برش‌بندی شبکه[1] و همچنین شبکه‌های خصوصی 5G امکان ارائه سرویس به صاحبان صنایع به صورت اختصاصی و شخصی‌سازی شده را فراهم می‌آورند که بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این مقاله ضمن مرور ویژگی‌های صنعت نسل چهارم، شبکه‌های خصوصی 5G بررسی و نمونه‌هایی از کاربرد آن‌ها در اکوسیستم صنعتی ارائه شده‌است.

کلیدواژه. انقلاب صنعتی چهارم، 5G، شبکه خصوصی، برش‌بندی شبکه.

1- Network slicing

انقلاب صنعتی چهارم (IR4.0[1]) یا صنعت نسل چهارم (I4.0[2])، در سال‌های اخیر با تعاریف متفاوت مورد مطالعه قرار گرفته است. مطابق تعریف ارائه شده توسط GSMA "چهارمین انقلاب صنعتی تغییرات تصاعدی در نحوه زندگی، کار و ارتباط ما با یکدیگر به دلیل به کارگیری سیستم‌های سایبر-فیزیکی، اینترنت اشیا (IoT[3]) و اینترنت سیستم‌ها" (IoS[4]) است [1]. اگرچه این تعریف بسیار گسترده است، اما نشان‌دهنده تمایز I4.0 از نسل قبلی آن یعنی I3.0 است. I3.0 مبتنی بر به کارگیری رایانه و اترنت صنعتی (مانند EtherCAT و PROFINET) به منظور افزایش پیش‌بینی پذیری و کاهش تأخیر در فرایندهای خودکار مقیاس بزرگ و کنترل دیجیتال آنها است که منجر به بهبود و افزایش سرعت فرایندها می‌شود. در مقابل I4.0 به دنبال بازنمائی سایبر-فیزیکی از اشیا، فرآیندها و عملیات است تا امکان تصمیم‌گیری زمان‌واقعی مبتنی بر داده را فراهم کند. در I4.0 هدف اصلی جمع آوری هوشمند، انعطاف پذیر و هماهنگ داده‌های مختلف و استفاده از روش‌های چابک با هدف بهبود کیفیت محصولات، افزایش ایمنی و کاهش زمان عرضه به بازار، ضایعات و هزینه بوده و در نهایت، بهبود کیفیت تجربه شده مشتریان است [2]. ویژگی‌های متمایز کننده و مولفه‌های کلیدی معماری I۴.۰ در جدول ۱ آورده شده‌اند. تحقق

1- Fourth Industry Revolution
2- Industry 4.0
3- Internet of Things
4- Internet of Systems

لیلا مجذوبی
دکتری مهندسی برق-مخابرات سیستم از دانشگاه تهران، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

سیستمی با ویژگی‌های مذکور در جدول ۱، مستلزم تبادل زمان‌واقعی حجم زیادی از داده‌ها بین گره‌های حسگر، محرک و پردازشی از یک طرف و مؤلفه‌های توزیع شده سیستم از طرف دیگر اســـت. از این رو، فراهم کردن بستر ارتباطی با قابلیت برآورده‌سازی نیازمندی‌های تأخیر، پهنای باند، امنیت و اطمینان پذیری مورد نیاز، از چالش‌های توسعه I4.0 است. یکی از فناوری‌های امیدبخش برای تحقق I4.0، فناوری 5G است.

به کارگیری 5G در Industry 4.0

همان‌طور که در بخش قبل بیان شد، ارتباطات نقش حیاتی در I4.0 بازی می‌کند. خلاصه نیازمندی‌های ارتباطی کاربردهای صنعتی کلیدی I4.0 در جدول ۲ آورده شده است [۳]. با بلوغ I4.0 و افزایش گسترده به کارگیری حسگرها و محرک‌ها در صنایع مختلف، ارتباطات سیمی امکان برآورده‌سازی نیازمندی‌های I4.0 را نخواهند داشت و انتخابی جز یک راه حل بی‌سیم میسر نخواهد بود. از مزایای فناوری‌های بی‌سیم در ارتباطات صنعتی می‌توان به انعطاف‌پذیری بیشتر برای اتصال ماشین‌ها و دستگاه‌ها، کاهش هزینه‌های نصب و نگهداری، پشتیبانی از تحرک و قرار گرفتن کمتر پرسنل در موقعیت‌های خطرناک اشاره کرد. اگرچه فناوری‌های WiFi و بلوتوث از نظر هزینه پیاده‌سازی به صرفه به نظر می‌رسند، اما فاقد مکانیسم‌های لازم برای فراهم سازی اطمینان پذیری، امنیت و عملکرد مورد انتظار در I4.0 هستند. 5G به دلایلی که در زیر آمده است گزینه مناسب‌تری در کاربرد I4.0 است [۳]:

- 5G به گونه‌ای طراحی شده است که قابلیت پشتیبانی از سه دسته اصلی خدمات که عبارتند از eMBB (با نرخ داده در فروسو[5] و در فراسو[6])، mMTC (با چگالی اتصال ۱ گره بر مترمربع) و uRLLC (با تأخیر از مرتبه چند میلی ثانیه و قابلیت اطمینان ٪۹۹.۹۹۹۹) را داراست [۴]. با توجه به جدول ۲، این مشخصات 5G پاسخگوی نیازمندی‌های صنعتی است.
- برخلاف فناوری‌های بی‌سیم صنعتی پیشین مبتنی بر Wi-Fi و بلوتوث، 5G کیفیت سرویس مشخصی را برای کاربردهای صنعتی حیاتی فراهم می‌کند.
- پلتفرم‌های متحرک، مانند وسایل نقلیه هدایت شونده خودکار و

5- Downlink
6- Uplink

جدول ۱. ویژگی‌ها و مولفه‌های کلیدی I4.0 [۲]

ویژگی	مولفه‌های کلیدی
به هم پیوسته[1]: توانایی ادغام اجزای فیزیکی و دیجیتالی همه اشیا متصل، که بیانگر توانایی ماشین‌ها، دستگاه‌ها، حسگرها و سیستم ها برای اتصال و ارتباط است.	• شبکه خصوصی 5G • شبکه عمومی • IoT و IIoT[2] • IoS
شفاف[3]: I۴.۰ شامل حجم عظیمی از داده‌ها است که به‌طور شفاف به اشتراک گذاشته می‌شوند و برای تأثیرگذاری بر تصمیم‌گیری، بهبود فرآیند و زنجیره تأمین، تجربه مشتری و غیره قابل دسترسی هستند.	• امنیت • مدیریت • مصورسازی[4]
افزوده شده[5]: هوش مصنوعی (AI[6])، یادگیری ماشین (ML[7])، رباتیک، شبیه سازی (مانند دوقلوهای دیجیتال[8]) و واقعیت توسعه یافته (XR[9])، که توانایی‌های انسان در تصمیم‌گیری، حل مسائل و اقدام را تقویت می‌کنند، به طور گسترده در I4.0 مورد استفاده است	• ربات‌ها • دوقلوی دیجیتال • AI/ML
غیرمتمرکز[10]: عبارت است از توانایی سیستم‌ها و گره‌های درون سیستم‌ها برای عمل مستقل و هماهنگی با یکدیگر برای تصمیم‌گیری و اقدام	• MEC[11] • همنواسازی[12] لبه • تجزیه و تحلیل لبه

1- Interconnected
2- Industrial IoT
3- Transparent
4- Visualization
5- Augmented
6- Artificial Intelligence
7- Machine Learning
8- Digital Twin
9- Extended Reality
10- Decentralized
11- Multi-Access Edge Computing
12- Orchestration

ربات‌های متحرک، از عناصر کلیدی سیستم‌های مختلف صنعتی در حال ظهور و آینده هستند. از جمله ویژگی‌های 5G پشتیبانی از تحرک مورد نیاز در این کاربردها (تا سرعت کیلومتر بر ساعت) است.

از جمله توانمندی‌های 5G که در حال بررسی و توسعه است، موقعیت‌یابی با دقت در حد ۱۰ سانتی‌متر با تأخیر از مرتبه چند ده میلی ثانیه است. این قابلیت برای بسیاری از کاربردهای صنعتی نوظهور بسیار مهم است.

رایانش لبه[7] توانایی ارتباط بین سیستم‌های سازمانی صنعتی را در محلی‌ترین سطح ممکن با شبکه بی‌سیم (خصوصی یا عمومی) فراهم می‌کند. این موضوع هم تأخیر انتقال انتها به انتها را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد و هم با حفظ داده‌ها در محدوده محل سازمانی حفظ امنیت اطلاعات و حریم خصوصی را فراهم می‌کند.

در کنار ویژگی‌های فوق‌الذکر، برش‌بندی شبکه و همچنین شبکه‌های 5G خصوصی امکان ارائه سرویس به صاحبان صنایع به صورت اختصاصی و شخصی‌سازی شده را فراهم می‌آورند [۵]، که در بخش بعدی معرفی می‌شود.

7- Edge computing

شبکه‌های خصوصی 5G

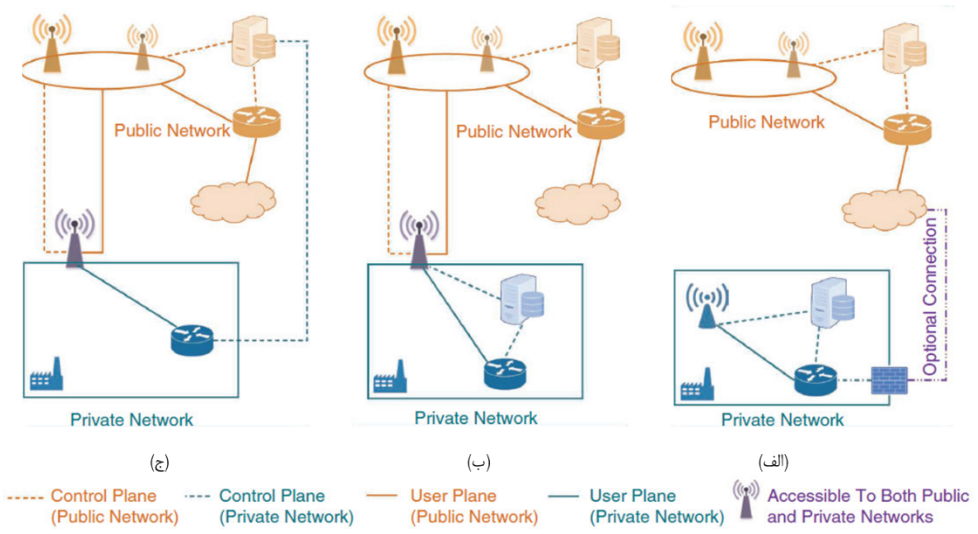
در کاربردهای صنعتی، یک گزینه استقرار که مورد توجه بسیاری از صاحبان صنایع قرار دارد «شبکه های خصوصی» سیار است که در اسناد 3GPP شبکه‌های غیر عمومی[8] خوانده می‌شود [۵]. این شبکه‌ها عبارتند از شبکه‌هایی که برای استفاده انحصاری شرکت خاص بوده و همه دستگاه‌های فعال بخشی از یک جامعه بسته هستند. مطابق پیش‌بینی‌های GSMA Intelligence بین ۲۵ تا ۴۰ درصد از شرکت‌های کوچک/متوسط بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ از طریق شبکه‌های سیار خصوصی خدمات رسانی خواهند شد [۶]. بر مبنای پیش‌بینی ABI Research درآمد ناشی از شبکه‌های خصوصی سیار از ۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ به ۹۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۳۰

8- Non-public networks

جدول ۲. نیازمندی‌های ارتباطی کاربردهای صنعتی کلیدی در صنعت نسل چهارم [۳]

کاربرد	قابلیت اطمینان	زمان تاخیر	نرخ داده	مقیاس‌پذیری (تعداد گره)
مانیتورینگ	≥99.9%	50-100 ms	0.1-0.5 Mbps	100-1000
کنترل ایمنی	≥99.999%	5-10 ms	0.5-1Mbps	10-20
کنترل حلقه بسته	≥99.999%	2-10 ms	1-5 Mbps	100-150
کنترل حرکت	≥99.9999%	0.5-2 ms	1-5Mbps	10-50
نیروی کار متحرک	≥99.999%	5-10 ms	10-50Mbps	50-100
واقعیت افزوده	≥99.99%	5-10 ms	500-1000Mbps	10-20
نگهداری[1] از راه دور	≥99.99%	20-50 ms	1-2 Mbps	500-1000
عملیات از راه دور	≥99.999%	2-10 ms	100-200 Mbps	1-5

1- Maintenance



شکل ۱. معماری‌های مختلف شبکه خصوصی 5G: (الف) استقرار مستقل، (ب) استقرار RAN مشترک عمومی-خصوصی، (ج) استقرار RAN و صفحه کنترل اشتراکی [۳]

خواهد رسید [۷]. از جمله ویژگی‌های شبکه‌های خصوصی که در I4.0 مورد توجه هستند عبارت است از [۳]:

پوشش اختصاصی: شبکه‌های خصوصی پوشش انحصاری را در یک مرکز یا مکان ارائه می‌دهند. این امر به ویژه برای سایت‌های صنعتی که اغلب در مناطق دورافتاده قرار دارند که شبکه‌های عمومی وجود نداشته و یا پوشش‌دهی آن مناسب نیست، حائز اهمیت است. این پوشش اختصاصی برای دستیابی به دسترسی بسیار بالا برای عملیات صنعتی بسیار مهم است.

ظرفیت انحصاری: تمام ظرفیت شبکه خصوصی در اختیار صاحب صنعتی است که شبکه به آن اختصاص دارد و مشابه شبکه‌های عمومی لازم نیست کاربران برای در اختیار گرفتن ظرفیت با یکدیگر رقابت کنند.

کنترل داخلی: یک شبکه خصوصی امکان کنترل کامل را به مالک خود ارائه می‌دهد، چیزی که در شبکه‌های عمومی امکان پذیر نیست. مالکان این شبکه‌ها می‌توانند سیاست‌های امنیتی خود را برای مجوز دادن به کاربران، اولویت‌بندی ترافیک و مهمتر از همه، اطمینان از عدم خروج داده‌های حساس اجرا کنند.

خدمات سفارشی: یک شبکه خصوصی را می‌توان بر اساس الزامات برنامه‌های صنعتی خاص سفارشی کرد. چنین سفارشی‌سازی در یک شبکه عمومی امکان پذیر نیست. علاوه بر این، یک شبکه خصوصی 5G را می‌توان به‌طور مؤثر بین چندین برنامه صنعتی به اشتراک گذاشت.

علاوه بر شبکه خصوصی، برش‌بندی شبکه نیز قابلیتی است که در 5G معرفی شده و می‌تواند در صنایع مورد استفاده قرار گیرد. برش‌بندی شبکه به مشتریان اجازه می‌دهد تا منابع شبکه را برای استفاده انحصاری خود در اختیار داشته باشند و طیف وسیعی از ویژگی‌های عملکردی که برای نیازهایشان بهینه است را ارائه دهند. این ویژگی از طریق پیکربندی زیرساخت فیزیکی شبکه محقق می‌شود و یک شبکه "مجازی" ارائه می‌دهد که همان قابلیت‌هایی را فراهم می‌کند که گویی مشتری یا برنامه کاربردی شبکه سفارشی خود را دارد [۶].

در این مقاله تمرکز اصلی بر روی راه اندازی شبکه های خصوصی 5G است. از جمله نکات حائز اهمیت در پیاده‌سازی این شبکه‌ها، معماری و تعامل آن‌ها با شبکه‌های عمومی، چگونگی تخصیص طیف فرکانسی به آن‌ها، و همچنین استانداردسازی در این حوزه است. در ادامه به این موضوعات پرداخته می‌شود.

معماری شبکه خصوصی 5G

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سه معماری برای شبکه‌های خصوصی 5G معرفی شده است [۳]:

استقرار مستقل: در این گزینه که در شکل ۱ (الف) نشان داده شده است، یک شبکه خصوصی تمامی اجزا شبکه (رادیو و هسته) را دارا بوده و کاملاً از شبکه عمومی جدا است. تمام جریان‌های داده و عملکردهای شبکه (صفحه کاربر[9] و صفحه کنترل[10]) در داخل محوطه سایت صنعتی (به عنوان مثال، یک انبار یا یک کارخانه) انجام می‌شود. در صورت نیاز، امکان اتصال به شبکه عمومی از طریق فایروال وجود دارد.

استقرار RAN مشترک عمومی-خصوصی: در این گزینه که در شکل ۱ (ب) آورده شده است، شبکه خصوصی و عمومی دارای RAN مشترک و در عین حال توابع شبکه مجزا هستند. صفحه داده شبکه خصوصی به سایت صنعتی محدود می شود. شبکه خصوصی شناسه مختص خود را داشته و از طریق توافقنامه اشتراک RAN با همتای عمومی تعامل می‌کند.

استقرار RAN و صفحه کنترل اشتراکی: در این گزینه که در شکل ۱ (ج) نشان داده شده است، شبکه‌های عمومی و خصوصی

9- User Plane
10- Control Plane

بخشی از RAN را به اشـــتراک می گذارند. علاوه بر این، توابع شبکه صفحه کنترل در شـــبکه عمومی مدیریت شده و صفحه داده شبکه خصوصی در محوطه ســـایت صنعتی اســـت. این گزینـــه از طریق تکنیک‌های برش‌بندی شبکه محقق می‌شـــود. شبکه خصوصی و نسخه عمومی دارای شناسه‌های برش جداگانه هستند. کاربران شبکه خصوصی در واقع مشترکین شبکه عمومی هستند.

مقایسه‌ای از ویژگی‌های هر یک از این سه معماری در جدول ۳ آورده شده است.

طیف فرکانسی در شبکه خصوصی 5G

طیف مورد نیاز در شبکه خصوصی 5G را می‌توان به سه روش تأمین نمود:

اســـتفاده از طیف مجوزدار[11]: مشابه شـــبکه‌های عمومی، شبکه‌های خصوصی نیز می‌توانند در طیف مجوزدار مستقر شوند. عملکرد در طیف مجوزدار، اطمینان عملکرد بیشتر با خطر تداخل کم را فراهم می‌کند. در استقرار به این شیوه، اپراتورها می‌توانند بخشی از طیف مجوزدار خود را به شبکه خصوصی در یک منطقه جغرافیایی خاص، مانند یک سایت صنعتی، اختصاص دهند. همچنین این امکان وجود دارد که نهادهای نظارتی منطقه‌ای طیفی را برای شبکه صنعتی اختصاص دهند.

اســـتفاده از طیف بدون مجوز[12]: گزینه دیگر برای استقرار شـــبکه‌های خصوصی 5G، طیف بدون مجوز است، به عنوان مثال، در باند ۲.۴ گیگاهرتز، باند ۵ گیگاهرتـــز و باند ۶ گیگاهرتز که اخیراً افتتاح شده است. این باندهای طیف توسط Wi-Fi، بلوتوث، Zigbee و فناوری‌های مختلف دیگر نیز مورد استفاده بوده و ذاتاً برای استفاده مشترک باز هستند. لازم به ذکر است که به کارگیری طیف بدون مجوز

11- Licensed

12- Unlicensed

جدول ۳. مقایسه معماری‌های مختلف شبکه خصوصی 5G [۸]

معماری ویژگی	استقرار مستقل	استقرار RAN مشترک عمومی- خصوصی	استقرار RAN و صفحه کنترل اشتراکی
اختصاصی‌سازی کیفیت سرویس	اختصاصی‌سازی کامل	اختصاصی‌سازی کامل	اختصاصی‌سازی جزئی
استقلال از شبکه عمومی	کاملا مستقل	استقلال زیاد	معمولا قطعی در شبکه عمومی سرویس را تحت تاثیر قرار می‌دهد
امنیت	بالا	بالا	وابسته به امینت شبکه عمومی
کنترل صاحب صنعت بر شبکه	کنترل کامل	کنترل کامل	کنترل محدود
ایزولاسیون	کاملا جدا از هم	اشتراک RAN	اشتراک RAN و صفحه کنترلی
هزینه استقرار برای صاحب صنعت	بسیار زیاد	زیاد	نسبتا کم

HAMRAH-E-AVAL

در شبکه‌های سلولی نسل چهارم مورد توجه زیادی قرار گرفته است.

استفاده از طیف مجوزدار اشتراکی: گزینه سوم برای استقرار 5G خصوصی، طیف دارای مجوز مشترک است. نمونه‌های طیف دارای مجوز مشترک شامل باند ۳.۵ گیگاهرتز (CBRS[۱۳]) در ایالات متحده، باند ۳.۷-۳.۸ گیگاهرتز در آلمان و باند ۳.۸-۴.۲ گیگاهرتز در بریتانیا است. برخلاف طیف بدون مجوز، روش‌های دسترسی هماهنگ و پویا برای طیف مشترک در حال توسعه هستند که می‌توانند تضمینی برای عملکرد بدون تداخل مشابه باندهای مجوزدار ارائه دهند.

استانداردگذاری

به طور سنتی، جوامع صنعتی و مخابرات بی‌سیم به صورت مستقل و جدا از هم فعالیت می‌کرده‌اند. این جدایی و شکاف مانع بزرگی برای توسعه و پذیرش گسترده فناوری‌های بی‌سیم صنعتی بوده است. در سال ۲۰۱۷، انجمن تولیدات الکتریکی و الکترونیکی آلمان، کارگروه 5G را راه اندازی کرد که اکنون به 5GACIA[۱۴] گسترش یافته است.

ماموریت 5GACIA

گردآوری کل اکوسیستم و اطمینان از لحاظ شدن الزامات حوزه صنعتی در استانداردسازی و مقررات فناوری 5G است. از سوی دیگر، 3GPP اقدامات مختلفی را در نسخه ۱۶ که بر کاربرد شبکه‌های خصوصی 5G در سیستم‌های صنعتی متمرکز است انجام داده است. 3GPP همچنین در حال کار بر روی گزینه‌هائی مانند پشتیبانی از TSN[۱۵]، هماهنگ‌سازی زمان، بهینه‌سازی لایه‌های دوم/سوم، و QoS[۱۶] پیشرفته است که می‌توانند منجر به توسعه 5G در حوزه صنعتی شوند.

نمونه‌هایی از پیاده‌سازی شبکه‌های خصوصی

در ادامه نمونه‌هایی از پیاده‌سازی شبکه خصوصی 5G ارائه می‌گردد [۶]:

شرکت Ford Motor و Vodafone Business در حال نصب یک شبکه تلفن همراه خصوصی 5G در یک سایت جدید تولید خودروهای الکتریکی در بریتانیا هستند تا سرعت تولید باتری‌های الکتریکی را افزایش دهند. هدف کاهش تاخیر در تولید، افزایش پهنای باند، بهبود امنیت و قابلیت اطمینان و افزایش بهره‌وری است.

Huawei، China Mobile و Haier استقرار رایانش لبه، 5G و بینایی ماشین را در محیط تولید Haier تکمیل کرده‌اند. با استفاده از این راه‌حل، یخچال فریزرهای فولاد ضد زنگ به صورت بصری در زمان واقعی بررسی می‌شوند تا عیوب تولید را بررسی کنند. رایانش لبه به منظور میزبانی برنامه‌های بینایی ماشین در محل تولید مستقر شده است.

Vodafone Business و Lufthansa Technik یک شبکه خصوصی 5G مستقل در پایگاه ۸۵۰۰ متر مربعی Lufthansa در فرودگاه هامبورگ مستقر کرده‌اند. این بدان معناست که Lufthansa Technik اکنون می‌تواند آزادانه شبکه را بر اساس نیازهای خود پیکربندی کند. همچنین تکنسین‌ها می‌توانند از فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده با وضوح بالا برای کار دقیق‌تر روی بدنه هواپیما استفاده کنند. همچنین به عنوان بخشی از شبکه خصوصی، داده‌های حساس کاملاً ایمن هستند.

نتیجه‌گیری

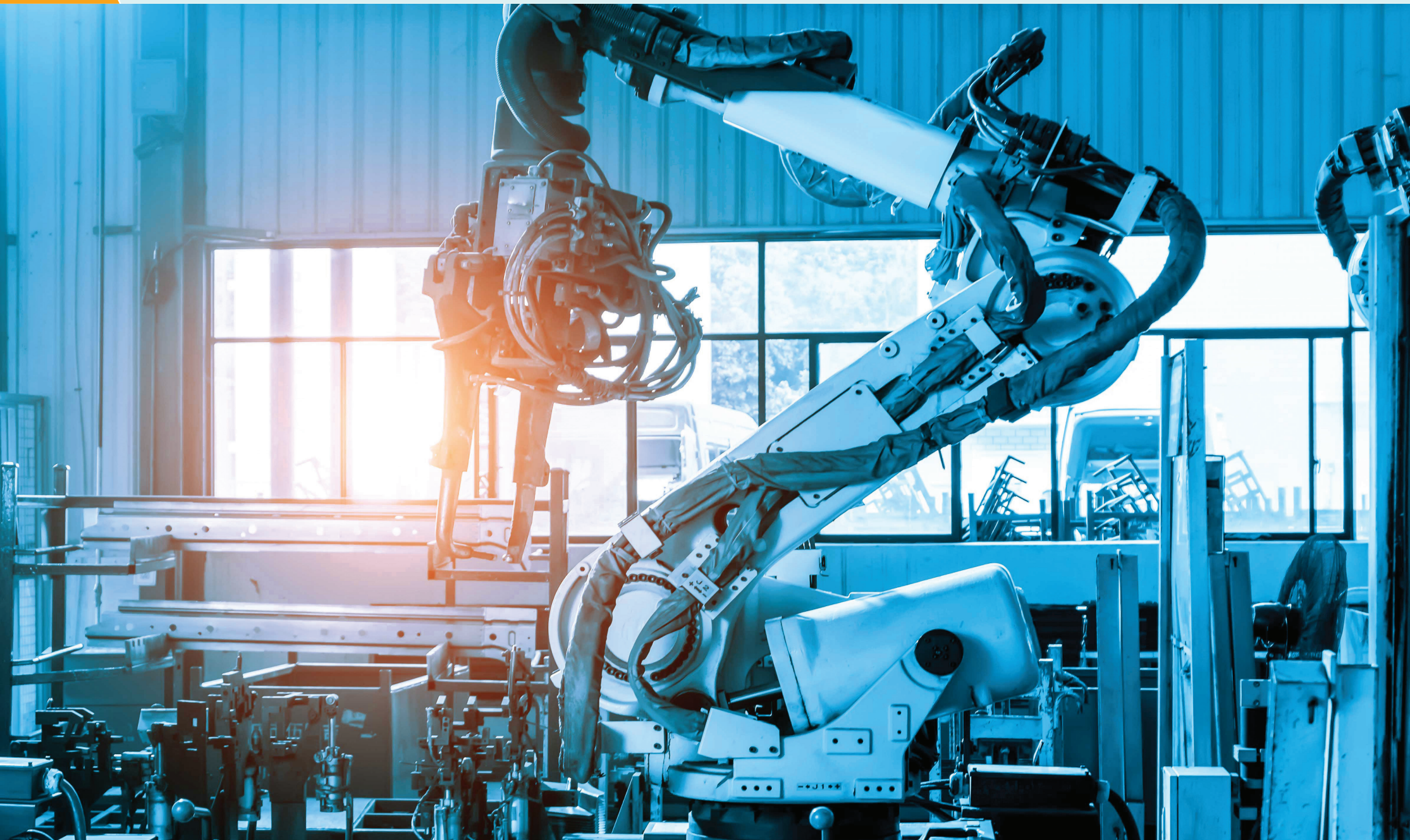
با توجه به گسترش I4.0 و فرصت‌های بسیار زیادی که برای اپراتورهای شبکه موبایل در این حوزه وجود دارد در این مقاله به نیازمندی‌های ارتباطی I4.0 و توانائی‌های فناوری 5G در پاسخگوئی به آن‌ها پرداخته شد. در این راستا شبکه‌های خصوصی 5G به عنوان گزینه‌ای که امکان ارائه سرویس به صاحبان صنایع به صورت اختصاصی و شخصی‌سازی شده را فراهم می‌آورد معرفی گردید. معماری این شبکه‌ها، تخصیص طیف فرکانسی به آن‌ها و همچنین استانداردگذاری این حوزه مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نمونه‌هایی از به کارگیری فناوری 5G در صنایع ارائه گردید.

13- Citizens Broadband Radio Service
14- 5G Alliance for Connected Industries and Automation
15- Time Sensitive Network
16- Quality of Service

منابع:

[1] GSMA, “Recognizing the potential of Industry 4.0 in Asia Pacific,” Jan. 2021.
[2] GSMA, “Industry 4.0 (I4.0) Brownfield Evolution Framework,” Apr. 2023.
[3] A. Aijaz, “Private 5G: The future of industrial wireless,” IEEE Industrial Electronics Magazine. Vol. 14, no.4, pp. 136-145, Dec. 2020.
[4] ITU-R, “Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020,”Nov. 2017.
[5] 3GPP, “System architecture for the 5G System (5GS),” TS 23.501 v. 17.5.0, July 2022.
[6] GSMA, “5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0,” Oct. 2020
[7] https://www.abiresearch.com/press/private-cellular-networks-will-reach-a-value-of-almost-us100-billion-by-2030-but-important-lessons-need-to-be-learned/#:~:text=As%20recently%20published%20forecasts%20by,almost%2050%25%20of%20these%20revenues.
[8] J. Ordonez-Lucena, J. F. Chavarria, L. M. Contreras, A, Pastor, “The use of 5G Non-Public Networks to support Industry 4.0 scenarios,”in IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN), Oct. 2019.

HAMRAH-E-AVAL



همراه فناوری
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

رصد فناوری

مدیریت فرآیند کسب و کار در عصر صنعت ۴,۰: بررسی جامع و جهت‌گیری‌های آینده

با گذار جهان به عصر صنعت ۴,۰ که با همگرایی فناوری‌های دیجیتال و دگرگونی صنایع سنتی مشخص می‌شود، نقش مدیریت فرآیند کسب و کار (BPM) به طور فزاینده‌ای حیاتی شده است. این مقاله مروری جامع از تقاطع بین BPM و صنعت ۴,۰ ارائه می‌کند و چگونگی تکامل شیوه‌های BPM برای برآورده کردن خواسته‌های این انقلاب صنعتی جدید را بررسی می‌نماید. در این مقاله، مفاهیم کلیدی، چالش‌ها، فرصت‌ها و جهت‌گیری‌های آینده BPM در زمینه صنعت ۴,۰ مورد بحث قرار گرفته است و بر اهمیت یکپارچگی بین فرآیندهای کسب‌وکار و فناوری‌های پیشرفته برای افزایش کارایی، نوآوری و رقابت تأکید شده است.

کلیدواژه: مدیریت فرآیند کسب و کار، صنعت ۴,۰، تحول دیجیتال، ملاحظات اخلاقی کسب و کار

محمدرضا سعادتمند
دانشجوی دکتری مدیریت فناوری اطلاعات و کسب و کار هوشمند، دانشگاه علوم تحقیقات، کارشناس فرآیند و دانش فنی همراه اول

مقدمه

چهارمین انقلاب صنعتی، معروف به صنعت ۴,۰، نقطه عطف قابل توجهی در توسعه صنایع و کسب و کارها با یکپارچه سازی فناوری‌های دیجیتال، سیستم‌های فیزیکی و دنیای مجازی است [۱] که منجر به ابداع ماشین‌های هوشمند، دستگاه‌های متصل به هم و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌شود [۲]. این همگرایی بیانگر بازتعریف عمیقی از تولید و تجارت است که بر تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، اتوماسیون و به هم پیوستگی تأکید دارد. در این راستا، مدیریت فرآیند کسب و کار (BPM)[1] نقشی محوری هم به عنوان یک توانمندساز و هم به عنوان یک ضرورت استراتژیک در این عصر تحول‌آفرین ایفا می‌کند [۳].

ماهیت صنعت ۴,۰ در ادغام قلمروهای فیزیکی و دیجیتالی نهفته است. این ادغام پارادایم‌های صنعتی سنتی را مختل می‌کند و کارایی، چابکی و نوآوری را افزایش می‌دهد. اینترنت اشیاء (IoT)[2]، هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و رباتیک صنایع را تغییر می‌دهند و صنعت ۴,۰ را به عصری با پتانسیل‌های عظیم تبدیل می‌کنند [۴].

مدیریت فرآیند کسب و کار مجموعه‌ای از چندین روش، تکنیک و ابزار است که هدف اصلی آن‌ها بهینه‌سازی عملکرد فرآیند کسب و کار که از طریق شناسایی، کشف، تجزیه و تحلیل، طراحی مجدد، اجرا و نظارت می‌باشد، تعریف می‌شود. در اصل BPM را به عنوان «هنر و علم نظارت بر نحوه انجام کار در یک سازمان برای اطمینان از نتایج ثابت و استفاده از فرصت‌های بهبود» در نظر می‌گیرند [۵]. BPM به عنوان پل بین فرآیندهای قدیمی و امکانات صنعت ۴,۰ عمل می‌کند و روش‌ها و ابزارهایی را برای طراحی، مدل سازی، اجرا، نظارت و بهینه‌سازی فرآیندها ارائه می‌دهد [۶] و همچنین قابلیت‌های دیجیتال را در عملیات سازمانی تطبیق داده و ادغام می‌کند و تضمین می‌نماید که مهارت دیجیتال به مزیت‌های رقابتی تبدیل گردند.

رابطه بین BPM و صنعت ۴,۰ فراتر از کارایی عملیاتی بوده و یک ضرورت استراتژیک است [۷]. BPM سازمان‌ها را در پیچیدگی‌های صنعت ۴,۰ هدایت می‌کند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا در آن پیشرفت کنند [۸]. BPM به سازمان‌ها این امکان را می‌دهد تا فرآیندها را با فناوری‌های دیجیتال هماهنگ کنند که باعث تقویت نوآوری، بهینه‌سازی هزینه و تجربیات بهتر مشتری شوند [۹].

ظهور صنعت ۴,۰

جهان دستخوش دگرگونی عمیقی است که توسط همگرایی فناوری‌های دیجیتال و صنایع سنتی هدایت می‌شود و با عنوان صنعت ۴,۰، آغاز شده است. این انقلاب که با ادغام قلمروهای فیزیکی و دیجیتال مشخص می‌گردد، در حال تغییر دادن چشم‌انداز تجارت و تولید در مقیاس جهانی است [۱۰]. صنعت ۴,۰ نقطه اوج پیشرفت در فناوری‌های مختلف است. اینترنت اشیاء به عنوان یکی از فناوری های نوظهور در صنعت ۴,۰، با اتصال دستگاه‌ها و سیستم‌های فیزیکی به اینترنت امکان جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت بلادرنگ را فراهم می‌کند [۱۱]. هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشینی ماشین‌ها را قادر می‌سازد تا از داده‌ها یاد بگیرند، پیش‌بینی کنند و تصمیم‌گیری را خودکار کنند [۱۲]. تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، بینش‌های ارزشمندی را از مجموعه داده‌های عظیم استخراج می‌کند و اقدامات آگاهانه را هدایت می‌کند. اتوماسیون، از جمله رباتیک و سیستم‌های خودمختار، فرآیندهای تولید را متحول می‌کند و مداخلات انسانی را کاهش می‌دهد [۱۳]. تولید افزودنی[3]، که به عنوان چاپ سه‌بعدی شناخته می‌شود، چشم‌انداز تولید را با انعطاف‌پذیری و قابلیت‌های سفارشی‌سازی خود تغییر می‌دهد. همان‌طور که ماشین‌ها، سیستم‌ها و دستگاه‌ها به هم متصل و هوشمند می‌شوند، سازمان‌ها نیز با چالش‌های بی‌سابقه و فرصت‌های بی حد و حصر مواجه خواهند شد.

مدیریت فرآیند کسب و کار (BPM) در صنعت ۴,۰

BPM، در هسته خود، یک رویکرد کل‌نگر برای مدیریت فرآیندهای یک سازمان است. در زمینه صنعت ۴,۰، BPM فراتر از نقشه‌برداری فرآیند سنتی و اتوماسیون گسترش می‌یابد تا طیف وسیع‌تری از قابلیت‌ها را در بر گیرد که می‌توان بطور خلاصه به موارد زیر اشاره کرد:

نظارت بر فرآیند بصورت بلادرنگ: فناوری‌های صنعت ۴,۰ به سازمان‌ها دید بی‌سابقه‌ای را در فرآیندهای خود ارائه می‌دهند. حسگرهای اینترنت اشیاء تعبیه شده در ماشین‌ها، محصولات و امکانات به طور مداوم داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و امکان نظارت و تجزیه و تحلیل بلادرنگ را فراهم می‌کنند [۱۴]. این بینش سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا تنگناها، انحرافات یا ناکارآمدی‌ها را به سرعت شناسایی کنند.

اتوماسیون فرآیند سرتاسری: اتوماسیون فرآیند سنتی شامل وظایف مبتنی بر دستور یا قاعده[4] است. با این حال، صنعت ۴,۰ اتوماسیون شناختی را به ارمغان می‌آورد، جایی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین وظایف پیچیده‌ای را انجام می‌دهند و تصمیمات مستقلی می‌گیرند [۱۵]. به عنوان مثال، در یک کارخانه هوشمند، ربات‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند اقدامات خود را بر اساس شرایط تغییر دهند.

تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده: تحلیل‌های پیشرفته و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا

1- Business Process Management
2- Internet of Things
3- Additive manufacturing
4- Rule-base

رویدادهای آینده را پیش‌بینی کننـــد و اقدامات بهینه را تجویز کنند [۱۶]. به عنوان مثال، تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شـــده از داده‌های حسگرهای اینترنت اشـــیاء برای پیش‌بینی خرابی تجهیزات استفاده می‌کند و امکان تعمیر و نگهداری پیشگیرانه را قبل از وقوع خرابی فراهم می‌کند. این امر زمان خرابی را به حداقل می‌رساند و هزینه‌های تعمیر و نگهداری را کاهش می‌دهد.

به طور خلاصه، صنعت ۴,۰ نشان دهنده تغییر در چشم‌انداز کسب و کارها و تولید با ادغام حوزه‌های دیجیتال و فیزیکی است. در این میان، BPM به عنوان یک عامل حیاتی و ضروری استراتژیک ظاهر می‌شود و ادغام فرآیندها با قابلیت‌های صنعت ۴,۰ را تسهیل می‌کند. این ادغام منجر به تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، اتوماسیون و اتصال متقابل می‌شود [۱۷]. سازمان‌هایی که نقش محوری BPM را در مسیر تحول دیجیتال خود تشخیص می‌دهند، نه تنها برای بقای خود، بلکه برای رشد در این عصر با تغییرات بی‌سابقه آماده هستند. شکل ۱ یک ارتباط مفهومی از تاثیر صنعت ۴,۰ بر BPM را نمایش می‌دهد.

چالش‌ها

در حالی که مزایای بالقوه BPM در صنعت ۴,۰ بسیار زیاد است، چندین چالش مهم را باید مورد توجه قرار داد که شامل موارد زیر هستند:

امنیت و حریم خصوصی داده‌ها: افزایـــش اتصال و تبادل داده بین دستگاه‌ها نگرانی‌هایی را در مورد امنیت داده‌ها و حریم خصوصی ایجاد می‌کند [۱۸]. ســـازمان‌ها باید اقدامات امنیتی سایبری توانمندی را برای محافظت از اطلاعات حساس اجرا کنند.

شـــکاف مهارتی: فناوری‌های صنعت ۴,۰ بـــه مهارت‌های تخصصی از جملـــه تجزیه و تحلیل داده‌ها، هـــوش مصنوعی و اینترنت اشیاء نیاز دارند [۱۹]. سازمان‌ها باید در توسعه نیروی کار سرمایه‌گذاری کنند تا شکاف مهارت‌ها را پر کنند.

پیچیدگی فرآیندهای پویا: فرآیندهای صنعت ۴,۰ بسیار پویا و به هم مرتبط هستند. مدیریت فرآیندهای پیچیده و تطبیقی می‌تواند چالش برانگیز باشد و به استراتژی‌ها و ابزارهای پیچیده BPM نیاز دارد [۲۰].

فرصت‌های BPM در صنعت ۴,۰

قابلیت مشـــاهده فرآیند پیشـــرفته: ادغام حسگرهای اینترنت اشیاء، همراه با تجزیه و تحلیل پیشرفته، دید بی نظیری را در فرآیندهای ســـازمان ها فراهم می‌کند. ایـــن دید فراتر از فرآیندهای منحصر بفرد گسترش می‌یابد و کل زنجیره ارزش، از تامین کنندگان تا مشتریان را در بر می‌گیرد.

آتوماسیون فرآیند و رباتیک: اتوماســـیون فرآیند رباتیک (RPA)[5] و فناوری‌های اتوماســـیون هوشـــمند در صنعت ۴,۰ شاخص می‌باشند. این فناوری‌ها وظایف معمول و مبتنی بر قانون را خودکار می‌کنند و منابع انسانی را برای فعالیت‌های با ارزش افزوده بیشتر آزاد می‌کنند. BPM از اتوماسیون برای ساده‌سازی عملیات، هماهنگ‌سازی گردش کار، بهبود مستمر بهره می‌برد.

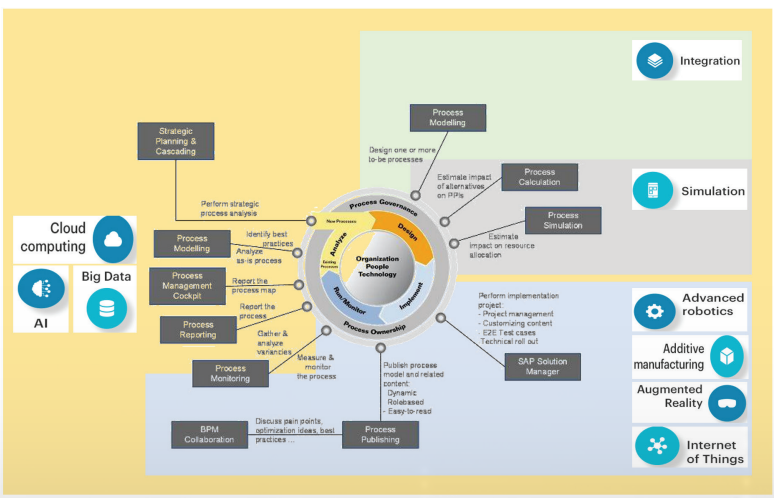
تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده: تجزیه و تحلیل پیشرفته، با اســـتفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، سازمان ها را قادر می‌ســـازد تا رویدادها و روندهای آینده را پیش‌بینی کنند. BPM از تجزیه و تحلیل پیش‌بینی کننده برای مواردی از قبیل بهینه‌ســـازی مدیریت موجودی، بهبود کنترل کیفیت، تعمیر و نگهداری پیش‌بینی کننده استفاده می‌کند.

فرآیندهای چابک و تطبیقی: صنعت ۴,۰ با تغییر ســـریع و عدم قطعیت مشـــخص می شـــود. BPM چابکـــی را با کمک صنعت ۴,۰ با انعطاف پذیری فرآیند، تخصیص دینامیک منابع و برنامه‌ریزی سناریو بدست می‌آورد.

مسیرهای آینده

بلاک‌چین یکپارچه: به طور خلاصه، ادغام بلاک‌چین در BPM

5- Robotic Process Automation



شکل ۱. ارتباط مفهومی تاثیر صنعت ۴,۰ بر مدیریت فرایندهای کسب و کار

در زمینه صنعت ۴,۰، شفافیت و اتوماسیون از طریق قراردادهای هوشمند و یکپارچگی داده‌های قوی را ارائه می‌دهد که همگی به فرآیندهای تجاری کارآمدتر و ایمن‌تر کمک می‌کنند.

همکاری انسان و ماشین: در خط مقدم این تغییر، قلمرو تعامل انسان و هوش مصنوعی است، حوزه‌ای که مرزهای بین انسان و سیستم‌های هوشمند محو می‌شود. به لطف پیشرفت‌ها در پردازش زبان طبیعی[6] و هوش مصنوعی محاوره‌ای[7] [۲۱]، تعاملات بین انسان‌ها و سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی طبیعی‌تر، شهودی‌تر و کاربرپسندتر می‌شوند. BPM در بهره‌برداری از پتانسیل این قابلیت‌ها در مرکز قرار می‌گیرد. با ادغام چت‌بات‌ها و دستیاران مجازی در فرآیندهای خود، BPM نه تنها خدمات مشتری را به ارتفاعات جدیدی ارتقا می‌دهد، بلکه عملیات داخلی را نیز ساده می‌کند. نتیجه یک چشم‌انداز کسب و کار کارآمدتر، پاسخگوتر و مشتری محورتر است.

واقعیت افزوده (AR)[8] و واقعیت مجازی (VR)[9]: بعد دیگر همکاری انسان و ماشین در حال تکامل، ادغام فناوری‌های واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR) است. به ویژه در ساخت و نگهداری، این فناوری‌های همه جانبه کمک از راه دور و آموزش عملی را تقویت می‌کنند [۲۲]. BPM بکارگیری از AR و VR و قابلیت انجام خدمات پشتیبانی را افزایش می‌دهد، زمان خرابی را کاهش و قابلیت‌های تکنسین‌ها را تقویت می‌کند. علاوه بر این، آموزش همه جانبه با AR و VR مبتنی بر BPM تضمین می‌کند که نیروی کار به دانش و مهارت‌های مورد نیاز برای برتری در محیط صنعت ۴,۰ مجهز گردند.

ملاحظات اخلاقی: اتکای فزاینده به داده‌ها و هوش مصنوعی در صنعت ۴,۰ ملاحظات اخلاقی را در BPM به وجود می‌آورد:

حریم خصوصی داده‌ها: جمع آوری و استفاده از داده‌های شخصی در فرآیندهای BPM باید با مقررات حفاظت از داده‌ها مطابقت داشته باشد (فلوریدی و همکاران، ۲۰۱۸). مدیریت رضایت و ناشناس‌سازی داده‌ها اجزای حیاتی BPM اخلاقی هستند.

کاهش تعصب: الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند سوگیری‌های موجود در داده‌های آموزشی را به ارث ببرند [۲۳]. BPM باید مکانیسم‌هایی برای شناسایی و رسیدگی به سوگیری در فرآیندهای تصمیم‌گیری، تضمین انصاف و برابری داشته باشد.

شفافیت و مسئولیت پذیری: سازمان‌ها باید در مورد نحوه تصمیم‌گیری سیستم‌های هوش مصنوعی شفاف باشند [۲۴]. BPM می‌تواند مسیرهای حسابرسی و ویژگی‌های توضیح‌پذیری را برای افزایش مسئولیت‌پذیری ترکیب نماید.

آموزش و پرورش مهارت‌ها: برای استفاده کامل از پتانسیل BPM در صنعت ۴,۰، سازمان‌ها باید در آموزش و توسعه مهارت برای نیروی کار خود سرمایه‌گذاری کنند.

یادگیری مستمر: همانطور که فناوری به سرعت در حال تکامل است، کارکنان به آموزش مداوم نیاز دارند تا با فناوری‌های صنعت ۴,۰ به روز بمانند [۲۵]. سازمان‌ها می‌توانند مسیرهای یادگیری و مشارکت با مؤسسات آموزشی را برای تسهیل توسعه مهارت ایجاد کنند.

تیم‌های متقابل: BPM اغلب به تیم‌های بین رشته‌ای با تخصص در فناوری، تجزیه و تحلیل داده‌ها، طراحی فرآیند و دانش حوزه نیاز دارد [۲۶]. سازمان‌ها باید همکاری بین این رشته‌ها را برای هدایت نوآوری تقویت کنند.

مدیریت تغییر: با تکامل فرآیندها، مدیریت تغییر حیاتی می‌شود [۲۷]. کارکنان باید منطق پشت تغییرات فرآیند را درک کنند و برای سازگاری با روش‌های جدید کار مجهز باشند.

جدول ۱ برخی از فرصت‌ها و چالش‌های مهم صنعت ۴,۰ و BPM در مسیر آتی را نمایش می‌دهد.

جمع‌بندی

در عصر صنعت ۴,۰، که در آن ادغام فناوری‌های دیجیتال و سیستم‌های فیزیکی، صنایع و تجارت را تغییر می‌دهد، مدیریت

6- Natural language processing
7- Conversational artifactual intelligence
8- Augmented Reality
9- Virtual Reality

جدول ۱. فرصت‌ها و چالش‌های مهم صنعت ۴,۰ و BPM

چالش‌ها	فرصت‌ها	
سازمان‌ها نیاز به انطباق فرآیندهای خود با سرعت فزاینده، برای پیگیری پیشرفت‌های تکنولوژیکی که بر BPM تأثیر می‌گذارد، دارند. این بدان معناست که سازمان‌ها باید چرخه حیات یک فرآیند را تسریع کنند و فرآیند را اغلب، شاید حتی به طور مداوم تغییر دهند.	صنعت ۴ شبیه‌سازی فرایند کسب و کار را بهبود می‌دهد.	تجهیزات نوظهور در اینترنت اشیاء نیاز به مدل‌های جدید در فرایندهای کسب و کار بدون ابهام و کارآمد دارد.
یک دنیای بیش از حد متصل از ظهور تعاملات همه کانالی بین شرکت‌ها و مشتریان استفاده می‌کند که باعث پیچیدگی در مدیریت و اجرای فرآیندهای تجاری می‌گردد.	جمع‌آوری داده‌ها، الگوریتم‌های مدرن برای تجزیه و تحلیل آن‌ها و استفاده تجاری آن‌ها در صنعت ۴ در بهبود مدیریت فرایندهای کسب و کار تاثیر بسزایی دارد.	در صنعت ۴,۰ نیاز به فرایندهای انعطاف پذیرتر با توجه به تغییر در محیط‌های تجاری است.
سیستم‌های هوش مصنوعی استقلال و نفوذ بر فرآیندهای تصمیم‌گیری را به دست می‌آورند، نگرانی‌های مربوط به سوگیری، شفافیت و مسئولیت‌پذیری در خط مقدم قرار می‌گیرد.	BPM-Discipline با استفاده از راهکارهای مبتنی بر فناوری اطلاعات نوین در صنعت ۴ با سرعت مناسب ارزش تجاری قابل توجهی برای سازمان ارائه می‌دهد.	دیجیتالی‌سازی سازمان‌ها را مجبور می‌کند تا در مدل‌های عملیاتی کلاسیک تجدیدنظر کنند و راه‌های کاملاً جدیدی را در مورد نحوه مدیریت کسب‌وکار توسعه دهد پس می‌بایست در فرایندهای کسب و کار بازنگری شود.
با توجه به ارایه فناوری‌های جدید در صنعت ۴ و اثرات آن‌ها نیاز است سازمان در آموزش مهارت‌های جدید راهبردی، سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی را انجام دهند.	نمایش گرافیکی مدل‌های BPMN و مشخصات فنی در XML امکان تبدیل مدل‌های فرآیند به مدل‌های شبیه‌سازی را به صورت خودکار فراهم می‌نماید.	صنعت ۴ و حوزه های سایبر – فیزیکی باعث تغییرات در الزامات فرایندهای کسب و کار می شود.
	فناوری‌های نوین در صنعت ۴ باعث همگرایی و یکپارچه سازی بهتر و موثر در فرایندهای کسب و کار می‌گردد.	دگرگونی دیجیتال فرصت منحصر به فردی را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند تا منطق‌های BPM موجود را تقویت کنیم و آن‌ها را فراتر از محدودیت‌های نظری خود گسترش دهیم.

فرآیند کسب‌وکار (BPM) به عنوان یک توانمندساز حیاتی و ضرورت استراتژیک ظاهر می‌شود. این بررسی جامع رابطه همزیستی بین BPM و صنعت ۴,۰ را روشن کرده است و ابعاد چندوجهی، چالش‌ها، فرصت‌ها و مسیرهای آینده آن را روشن می‌کند.

همانطور که سازمان‌ها از مرز دیجیتال صنعت ۴,۰ عبور می‌کنند، BPM بصورت یک قطب‌نما آن‌ها را به سمت کارایی، نوآوری و رقابت هدایت می‌کند. تحول عمیق ایجاد شده توسط صنعت ۴,۰ صرفاً تکنولوژیکی نیست بلکه نشان‌دهنده تغییر در طرز فکر و رویکرد است. این موضوع سازمان‌ها را به چابکی فرا می‌خواند، تا نیروی کار خود را با مهارت‌های لازم توانمند کنند و ملاحظات اخلاقی را در تلاش برای تعالی دیجیتال در اولویت قرار دهند.

ظهور صنعت ۴,۰ که با همگرایی فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و غیره مشخص می‌شود، گواهی بر تکامل سریع صنایع و کسب و کار می‌باشد. این امر نشان‌دهنده آینده‌ای است که در آن ماشین‌های هوشمند، دستگاه‌های به هم پیوسته و تجزیه و تحلیل داده‌ها، عملیات را متحول می‌کنند. در این چشم‌انداز، BPM پل بین فرآیندهای قدیمی و امکانات صنعت ۴,۰ است که تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، اتوماسیون و اتصال را تسهیل می‌نماید.

افزایش دید فرآیند از طریق اینترنت اشیا، اتوماسیون مبتنی بر هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده و گردش‌های کاری چابک تنها برخی از مزایایی است که BPM از آن‌ها سود می‌برد که سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا فرآیندهای خود را بهینه کنند، هزینه‌ها را کاهش و تجربیات مشتری را بهبود دهند.

با این حال، چالش‌ها از جمله امنیت داده‌ها، شکاف‌های مهارتی و مدیریت پیچیدگی فرآیندهای پویا همچنان وجود دارند. پرداختن به این چالش‌ها برای سازمان‌ها برای استفاده از پتانسیل کامل BPM در صنعت ۴,۰ بسیار مهم است. علاوه بر این، ملاحظات اخلاقی، مانند حریم خصوصی داده‌ها، کاهش تعصب و شفافیت، باید در چارچوب‌های BPM ادغام شوند تا از استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی اطمینان حاصل شود.

آینده BPM در صنعت ۴,۰ دارای چشم‌اندازهایی هیجان‌انگیز است. ادغام بلاک‌چین، شفافیت و اتوماسیون را در زنجیره تامین و فراتر از

آن نوید می‌دهد. همکاری انسان و ماشین که توسط تعامل طبیعی انسان و هوش مصنوعی، واقعیت افزوده (AR) و واقعیت مجازی (VR) تسهیل می‌شود، افق‌های جدیدی را برای بهبود فرآیندها باز می‌نماید. در نتیجه، BPM یک مفهوم ثابت نیست، بلکه یک عمل پویا و در حال تکامل است که فرآیندهای کسب و کار را با فناوری‌های تحول‌آفرین صنعت ۴,۰ همسو می‌کند. سازمان‌هایی که نقش محوری BPM را در سفر تحول دیجیتال خود به رسمیت می‌شناسند، نه تنها آماده بقای خود هستند، بلکه در این دوره از تغییرات بی‌سابقه رشد می‌کنند. تعامل فناوری و مدیریت فرآیند به سنگ بنای رشد و نوآوری پایدار تبدیل می‌شود و سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا با انعطاف‌پذیری و موفقیت در چشم‌انداز پویای صنعت ۴,۰ حرکت کنند.

منابع:

[1] Johnson, A., et al. (2020). The Impact of Industry 4.0 on Modern Industries. Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25(3), 123-140.

[2] Jones, C., & Brown, D. (2021). The Fusion of Digital and Physical Realms in Industry 4.0. Journal of Industrial Innovation, 7(2), 87-104.

[3] Smith, B., et al. (2018). Business Process Management in the Era of Industry 4.0. International Journal of Business and Technology, 12(4), 456-472.

[4] Clark, E., & White, F. (2019). Reshaping Industries: The Impact of IoT, AI, Big Data Analytics, and Robotics in Industry 4.0. International Journal of Technology and Innovation Management, 15(1), 45-62.

[5] Marlon Dumas, Marcello La Rosa, Jan Mendling, Hajo A. Reijers, (2017), Fundamentals of Business Process Management, Second Edition, ISBN 978-3-662-56508-7, https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4.

[6] Vernadat, F. B. (2023). Blockchain Integration in Business Process Management: Opportunities and Challenges in the Industry 4.0 Landscape. International Journal of Digital Business Management, 7(1), 14-28.

[7] Jeston, J., & Nelis, J. (2014). Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations. Routledge.

[8] Harmon, P. (2010). Business Process Change: A Guide for Business Managers and BPM and Six Sigma Professionals. Morgan Kaufmann.

[9] Rosemann, M., & vom Brocke, J. (2015). The Six Core Elements of Business Process Management. In Handbook on Business Process Management 1 (pp. 105-122). Springer.

[10] Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 3, 18-23.

[11] Harrison, A., Francis, T., & Tetzeli, R. (2023). Confidence without attitude is critical for today's leaders. The McKinsey Quarterly.

[12] Boyacı, T., Canyakmaz, C., & de Véricourt, F. (2023). Human and machine: The impact of machine input on decision making under cognitive limitations. Management Science.

[13] Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum.

[14] Mourtzis, D., Doukas, M., & Bernidaki, S. (2016). A Holistic Approach for the Integration of Process Planning and Scheduling: A Review. Procedia CIRP, 41, 883-888.

[15] Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2019). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 20, 1-5.

[16] Gandomani, T. J., & Zulkifli, N. (2018). Predictive and Prescriptive Analytics for Enhancing Business Process Management: A Review. Computers in Industry, 100, 244-257.

[17] Al-Shamlan, H., Babu, M. S. P., & Al-Otaibi, Y. D. (2020). Enabling Industry 4.0 Through Business Process Management: A Comprehensive Review and Research Agenda. Processes, 8(1), 52.

[18] Zhang, T., Luo, X., & Wang, D. (2017). Data Security and Privacy in Cloud Computing. IEEE Access, 5, 10387-10403.

[19] Arlitt, M., Coughlin, T., Faraboschi, P., Frachtenberg, E., Laplante, P., Milojicic, D., ... & Saracco, R. (2023). Future of the Workforce. Computer, 56(1), 52-63.

[20] Schuh, G., Potente, T., & ElMaraghy, H. (2017). Managing Complexity in Manufacturing: Using Complexity Metrics and System Theoretic Process Analysis. Procedia CIRP, 60, 29-34.

[21] Riedl, R., Davis, C., & Hevner, A. (2020). Natural Language Processing as a Foundation of Conversational AI. ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), 11(1), 1-25.

[22] Bimbo, J., Ruffaldi, E., Gamberini, R., & Mamei, M. (2018). Augmented reality in industry 4.0: A survey. Computers & Industrial Engineering, 126, 105-114.

[23] Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science, 366(6464), 447-453.

[24] Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). The second Machine Age: Work, progress, and Prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company.

[25] Spencer, D. (2017). Work in and beyond the Second Machine Age: the politics of production and digital technologies. Work, employment and society, 31(1), 142-152.

[26] Reijers, H. A., van der Aalst, W. M. P., & Mendling, J. (2016). A Concise Guide to BPMN. Springer.

[27] Carroll, N., Conboy, K., & Wang, X. (2023). From transformation to normalisation: An exploratory study of a large-scale agile transformation. Journal of Information Technology, 02683962231164428.

هوش مصنوعی صنعتی
برای سیستم‌های تولیدی بر پایه
انقلاب صنعتی چهارم

رضا نوریان
کارشناسی ارشد
مهندسی برق
الکترونیک از دانشگاه
امیرکبیر، کارشناس
مرکز تحقیق و توسعه
همراه اول

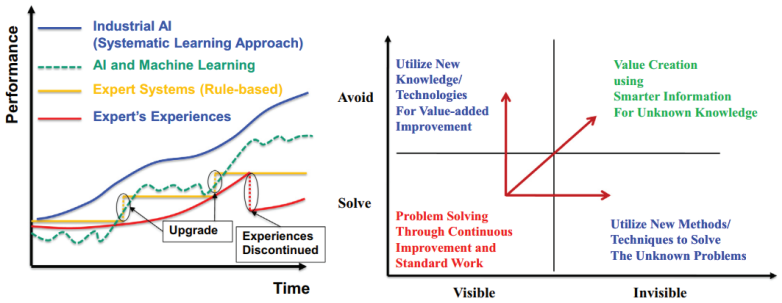
از آنجا که هوش مصنوعی به پیشوای فناوری‌هایی که توان تغییر دنیا را دارند تبدیل شده است، برای مشاهده‌ی تاثیر واقعی آن بر نسل بعدی سیستم‌های صنعتی، یک پیشرفت سیستماتیک و اجرایی درباره هوش مصنوعی ضرورت دارد که به آن انقلاب صنعتی چهارم گفته می‌شود. در این مقاله دیدگاهی درمورد وضعیت هوش مصنوعی و اکوسیستم مورد نیاز برای کنترل قدرت هوش مصنوعی در برنامه‌های صنعتی، مطابق معماری 5C که در سال ۲۰۱۵ توسط لی و همکاران ارائه شده است، ارائه می‌شود.

مقدمه‌ای بر هوش مصنوعی صنعتی

هوش مصنوعی یک علم شناخته شـــده با مطالعات زیاد در زمینه پردازش تصویر، زبان طبیعی، یادگیری ماشین و... است. تکنیک‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی بعنوان جادوی سیاه شـــناخته شده و معمولا شواهد قانع کننده کمی مبنی بر کارایی دائمی و مکرر این تکنیک‌ها با قول بازگشت ســـرمایه در صنعت وجود دارد[1]. همزمان الگوریتم‌های یادگیری ماشـــین، به مقدار زیادی وابسته به تجربه و اولویت‌های توســـعه‌دهنده آن است. بنابراین موفقیت هوش مصنوعـــی در برنامه‌های صنعتی محدود شده است. در مقابل آن، هوش مصنوعی صنعتی یک نظام هماهنگ است که بر توسعه، تایید و گسترش الگوریتم‌های متنوع یادگیری ماشین برای پایداری اجرایی در برنامه‌های صنعتی، متمرکز است. که بصورت یک روش برای دستیابی به یک راه حل در برنامه‌ها و عملکـــرد صنعتی، همانند پلی بین نتایج تحقیقـــات آکادمیک در هوش مصنوعی و کارمندان صنعت عمل می‌کند.

1- https://www.researchgate.net/publication/343648698_Black_Magic_in_Deep_Learning_How_Human_Skill_Impacts_Network_Training

اتوماسیونی که طبق هوش مصنوعی اجرا می‌شود هنوز راه زیادی



شکل ۱ - سمت چپ) مقایسه هوش مصنوعی صنعتی با سایر سیستم های یادگیری؛ سمت راست) تأثیر هوش مصنوعی صنعتی [۴]

برای دربر داشتن یک تاثیر چشمگیر در رشد تولیدات صنعتی دارد [۱]. همچنین صنایع امروزی با چالش‌های زیادی در رابطه با تقاضای بازار و رقابت روبرو هستند. آن‌ها به یک تغییر رادیکالی با عنوان انقلاب صنعتی چهارم نیازمندند. توسعه راه‌کارهای صنعتی مبتنی بر هوش مصنوعی با فناوری‌های جدید در حال پیشرفت همچون اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT[۲]) [۳] و تحلیل کلان داده [۴-۶]، رایانش ابری [۷-۹] و سیستم‌های سایبرفیزیکی [۲،۱۰-۱۱] دارای یک همبستگی نزدیک است و در صورت همگرایی این فناوری‌ها عملکرد صنایع در یک مسیر منعطف، به صرفه و کم آلایش قرار می گیرد.

در توسعه هوش مصنوعی صنعتی مهم است که چارچوب ساختار، روش‌ها و چالش‌های آن برای استفاده در صنعت شفاف‌سازی شود. به همین منظور یک اکوسیستم هوش مصنوعی طراحی شده است که المان‌های این فضا را در برگرفته و راهنمایی برای درک بهتر و بکارگیری آن باشد. در این راستا، فناوری‌هایی که یک هوش مصنوعی صنعتی می تواند بر پایه آن‌ها ساخته شود، شرح داده می‌شود. در شکل ۱ سمت چپ، مقایسه‌ای از عملکرد مطلوب هوش مصنوعی صنعتی با سایر سیستم‌های یادگیری در طول زمان ارائه شده است.

المان های کلیدی در سیستم هوش مصنوعی صنعتی:

المان‌های هوش مصنوعی صنعتی می‌تواند در ۵ دسته کلی تقسیم شود. این المان‌های کلیدی فناوری‌های تحلیلی، فناوری کلان داده، فناوری‌های ابری یا اینترنتی، قلمرو دانش فنی و شواهد را شامل می‌شود. تحلیلی‌ها هسته هوش مصنوعی‌اند و فقط وقتی که سایر المان‌ها حضور داشته باشند، کارایی دارند. کلان داده‌ها و رایانش ابری یا اینترنت هردو ضروری‌اند و منبع اطلاعات (داده) و یک پلتفرم را برای هوش مصنوعی صنعتی بدست می‌دهند. همانگونه که این دو ضروری‌اند، قلمرو دانش فنی و شواهد نیز از اهمیت برخوردارند که در ادامه بیشتر به آن‌ها پرداخته شده است. قلمرو دانش فنی المانی کلیدی در جهات زیر است:

- درک مسئله و متمرکز ساختن قدرت هوش مصنوعی بر روی حل آن
- درک سیستم به منظور آنکه داده صحیح با کمیت صحیح جمع آوری شود
- درک معنای فیزیکی پارامترها و چگونگی ارتباط آن با ویژگی‌های فیزیکی یک سیستم یا فرآیند
- درک چگونگی تنوع این پارامترها در ماشین‌های مختلف.

شواهد نیز در ارزش گذاری مدل‌های هوش مصنوعی و پیوند آن‌ها با توانایی یادگیری انباشته بسیار مهم هستند

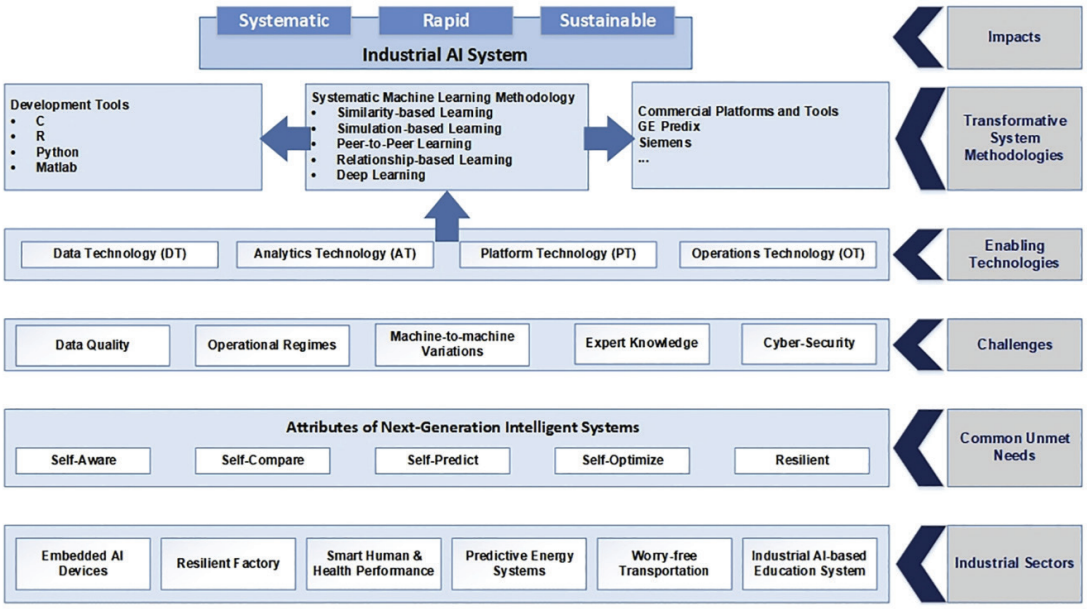
تنها با جمع‌آوری الگوی داده و شواهد وابسته به آن‌ها می‌توانیم مدل هوش مصنوعی را به گونه‌ای توسعه دهیم که در طول زمان صحیح‌تر، با ادراک‌تر و نیرومندتر شود. شکل ۱ سمت راست به ما نشان می‌دهد هوش مصنوعی چگونه ما را از فضایی قابل مشاهده به فضای غیرقابل شهود برده و بجای حل مشکلات، توانایی پیشگیری از آن‌ها قبل از وقوع را ممکن می‌سازد.

اکوسیستم هوش مصنوعی صنعتی

در شکل ۲ اکوسیستم هوش مصنوعی ارائه شده است که یک استراتژی فکر کردن متناوب برای الزامات، چالش‌ها، فناوری‌ها و روش‌ها را برای ایجاد سیستم‌های هوش مصنوعی با قابلیت تغییر برای صنعت شرح می‌دهد. از این دیاگرام می‌توان به عنوان یک راهنمای سیستماتیک برای پیشبرد یک استراتژی به منظور ساخت و گسترش هوش مصنوعی صنعتی، استفاده نمود. این اکوسیستم درون یک صنعت هدف گذاری شده، الزاماتی نظیر خودآگاه[۳]، خود قیاس[۴]، خود پیش بین[۵]، خود بهینه ساز[۶] و انعطاف‌پذیر را شرح می‌دهد. این نمودار همچنین شامل چهار فناوری فعال کننده اصلی از جمله فناوری داده[۷]، فناوری تحلیلی[۸]، فناوری بستر[۹] و فناوری عملیات[۱۰] است. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است این چهار فناوری، توانمندسازهایی برای

2- Industrial Internet of Things

3- Self-aware
4- Self-compare
5- Self-predict
6- Self-optimize
7- Data technology
8- Analysis technology
9- Platform technology
10- Operation technology



شکل ۲- اکوسیستم هوش مصنوعی صنعتی [۱۳]

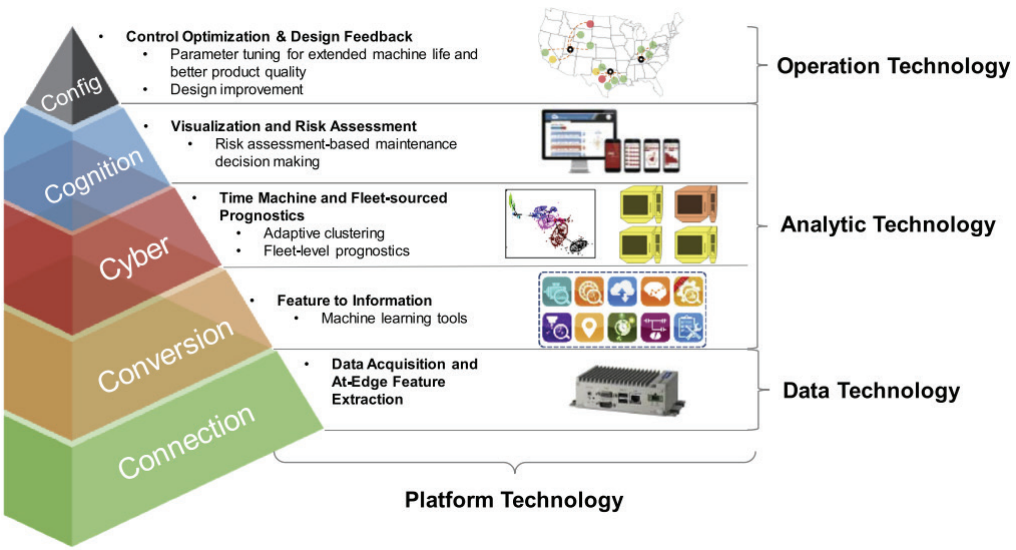
دستیابی به اتصال[11]، تبدیل[12]، سایبر[13]، شناخت[14] و پیکربندی[15] یا 5C هستند. در ادامه این گزارش، شرح مختصری از هریک از فناوری‌های ذکر شده ارائه می‌شود.

فناوری‌های داده (DT)

فناوری‌های داده آن دسته از فناوری‌هایی هستند که امکان کسب موفقیت‌آمیز داده های مفید را با معیارهای عملکردی قابل توجه در ابعاد مختلف فراهم می کنند. بنابراین، شناسایی تجهیزات و مکانیسم مناسب برای دستیابی به داده‌های مفید، یکی از فعال کننده‌های مرحله «اتصال هوشمند» در معماری 5C را ممکن می‌سازد. جنبه دیگر فناوری داده، ارتباطات داده است. ارتباطات در تولید هوشمند فراتر از انتقال نسبتاً مستقیم داده‌های به دست آمده از منبع آن تا نقطه تحلیل آن است و شامل:

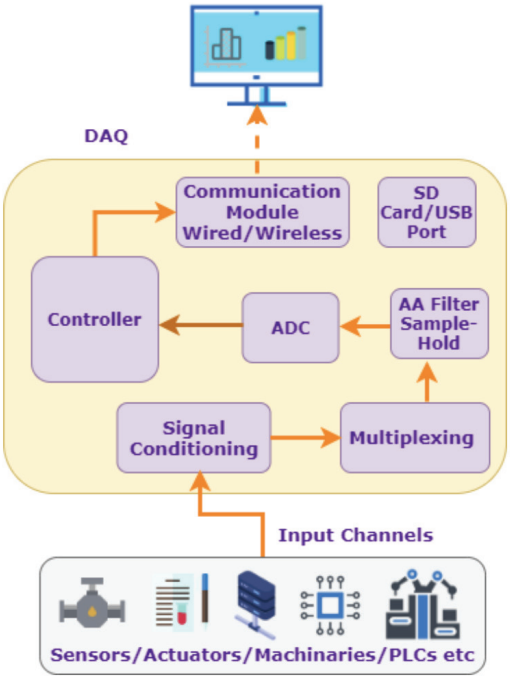
- تعامل بین منابع تولیدی در فضای فیزیکی
- انتقال و ذخیره سازی داده‌ها از ماشین‌ها و کف کارخانه به فضای ابری
- ارتباط از فضای فیزیکی به فضای سایبری

11- Connection
12- Conversion
13- Cyber
14- Cognition
15- Config



شکل ۳ : توانمندسازی فناوری‌ها برای تحقق CPS در تولید [۱۳]

ارتباط از فضای مجازی به فضای فیزیکی می‌شود. علاوه بر این، DT باید به مسائل دیگر سیستم‌های داده، یعنی خرابی، بد بودن و پس زمینه داده‌ها رسیدگی کند [۶].



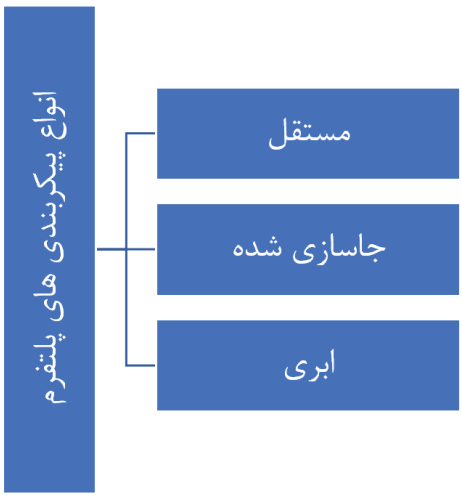
شکل ۴ - سیستم جمع آوری داده در محیط صنعتی [۱۳]

فناوری‌های تجزیه و تحلیل (AT)

فناوری تجزیه و تحلیل، داده های سنسوری را از اجزای مورد نیاز به اطلاعات مفید تبدیل می کند. مدل‌سازی مبتنی بر داده، الگوهای پنهان، همبستگی‌های ناشناخته و سایر اطلاعات مفید را از سیستم‌های تولیدی آشکار می کند. این اطلاعات می‌تواند برای پیش‌بینی سلامت دارایی‌ها، مانند ایجاد ارزش سلامت یا ارزش عمر مفید باقی‌مانده، که می‌تواند برای پیش‌بینی ماشین و مدیریت سلامت استفاده شود، مورد استفاده قرار گیرد. فناوری‌های تحلیلی این اطلاعات را با سایر فناوری‌ها برای بهبود بهره‌وری و نوآوری ادغام می کند.

فناوری‌های پلتفرم (PT)

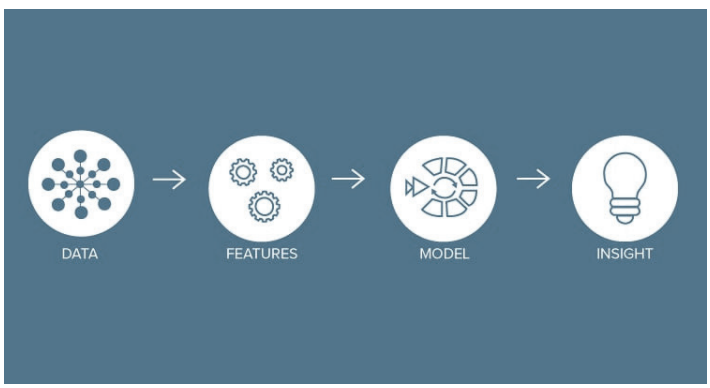
فناوری‌های پلتفرم شامل معماری سخت افزاری برای تولید ذخیره‌سازی داده‌ها، تجزیه و تحلیل و بازخورد است. یک معماری پلتفرم سازگار برای تجزیه و تحلیل داده‌ها یک عامل تصمیم‌گیری اصلی برای تحقق ویژگی‌های تولید هوشمند مانند چابکی، پردازش رویدادهای پیچیده و غیره است. سه نوع اصلی از پیکربندی‌های پلتفرم به طور کلی یافت می‌شوند – مستقل، جاسازی شده و ابری. رایانش ابری با توجه به قابلیت‌های محاسباتی، ذخیره‌سازی و سرویس‌دهی، پیشرفت قابل توجهی در فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات است. پلتفرم ابری می تواند استقرار سریع خدمات، سطح بالای سفارشی سازی، یکپارچه‌سازی دانش و تجسم موثر را با مقیاس‌پذیری بالا ارائه دهد.



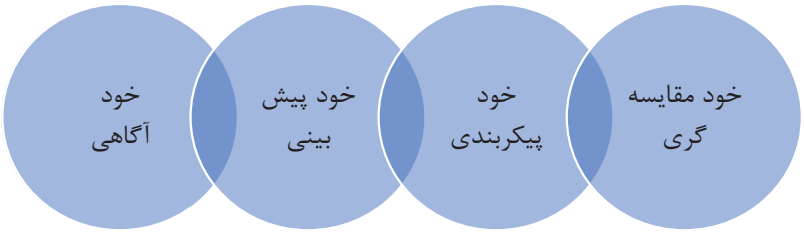
شکل ۶- انواع پیکربندی پلتفرم [۱۳]

فناوری عملیات (OT)

فناوری عملیات در اینجا به مجموعه‌ای از تصمیمات اتخاذ شده و اقدامات انجام شده بر اساس اطلاعات استخراج شده از داده‌ها اشاره



شکل ۵ : تبدیل داده های خام به دانش به کمک هوش مصنوعی [۱۳]



شکل ۷ : قابلیت های نهایی در فناوری عملیات

دارد. در حالی که ارائه اطلاعات سلامت ماشین و فرآیند به اپراتورها ارزشمند است، یک کارخانه مجز به صنعت ۴,۰ فراتر رفته و ماشین‌ها را قادر می‌سازد تا بر اساس آن ارتباط برقرار کنند و تصمیم بگیرند.
بینش ارائه شده این همکاری ماشین با ماشین می‌تواند بین دو ماشین در یک طبقه یا ماشین‌هایی در دو کارخانه متفاوت از هم باشد. آن‌ها می‌توانند تجربیات خود را در مورد اینکه چگونه تنظیم پارامترهای خاص می‌تواند عملکرد را بهینه کند به اشتراک بگذارند و تولید خود را بر اساس در دسترس بودن ماشین‌های دیگر تنظیم کنند. در یک کارخانه صنعت ۴,۰، فناوری عملیات آخرین مرحله است که منجر به چهار قابلیت زیر می شود: ۱) خودآگاهی ۲) خود پیش‌بینی، ۳) خود پیکربندی و ۴) خود مقایسه‌گری
خودآگاهی به معنای آگاهی سیستم به پارامترهای خروجی متناظر با ورودی‌ها و شرایط محیطی است. یک سیستم خودآگاه می‌تواند در شرایط مختلف بهترین تصمیم را به همراه سایرین اتخاذ کند.
خود پیش‌بینی به معنای پیش‌بینی ایرادات و مشکلات احتمالی از تجربیات گذشته است به این مفهوم که سیستم مدام در حال یادگیری بوده و می‌تواند ارتباط بین شرایط محیطی، ورودی‌ها و خروجی‌های اندازه‌گیری شده را با ایرادات و اشکالاتی که قبلا در سیستم به وجود آمده پیدا کند و از آن‌ها برای پیش‌بینی مشکلات احتمالی آینده بهره ببرد. خود پیکربندی یا هماهنگی تطبیقی که گاهی اوقات به عنوان پیکربندی مجدد و گاهی اوقات به عنوان سازگاری نامیده می‌شود به طیف تغییراتی اشاره دارد که یک سیستم در پاسخ به رخدادهایی در محیط خود و درون خود ایجاد می‌کند. خودمقایسه‌گری درواقع فرآیند مقایسه سیستم با شرایط ایده‌آلی است که برای آن تصویر شده است. به بیان دیگر سیستم همواره خود را با خروجی‌های مطلوب از پیش تعیین شده مقایسه می‌کند و پارامترهای قابل تنظیم را به گونه‌ای پیکربندی می‌کند که نزدیکترین جواب را به خروجی‌های مطلوب داشته باشد. این فرآیند بسیار شبیه به مبحث یادگیری تقویتی[16] در یادگیری ماشین است.

دستاوردهای هوش مصنوعی در حوزه صنعت در مقایسه با سایر حوزه‌ها[17]

اتوماسیون

تولیدکنندگان از هوش مصنوعی برای اتوماسیون صنعتی استفاده می‌کنند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند وظایف پیچیده و ساده را بر عهده بگیرند، بنابراین هزینه‌های عملیاتی و حضور انسان در تمام مراحل تولید را کاهش می‌دهند. به عنوان مثال، پورشه از وسایل نقلیه هدایت شونده خودمختار (AGV) برای خودکارسازی بخش‌های بزرگی از فرآیند تولید خودرو استفاده می‌کند. AGVها اجزای بدنه خودرو را از یک ایستگاه پردازش به ایستگاه بعدی منتقل می‌کنند و نیاز به تعامل انسانی را از بین می‌برند.

تولید ۲۴ ساعته در ۷ روز هفته

برخلاف انسان‌ها، هوش مصنوعی نیازی به استراحت، تعطیلات یا خواب ندارد. پلتفرم‌های هوش مصنوعی صنعتی خسته یا گرسنه نمی‌شوند و می‌توانند در تمام ساعات روز روی خط تولید کار کنند. پوشش شبانه‌روزی به شرکت‌های صنعتی هوش مصنوعی اجازه می‌دهد قابلیت‌های تولید خود را افزایش دهند، بنابراین می‌توانند تقاضای رو به رشد مشتری را برآورده کنند.

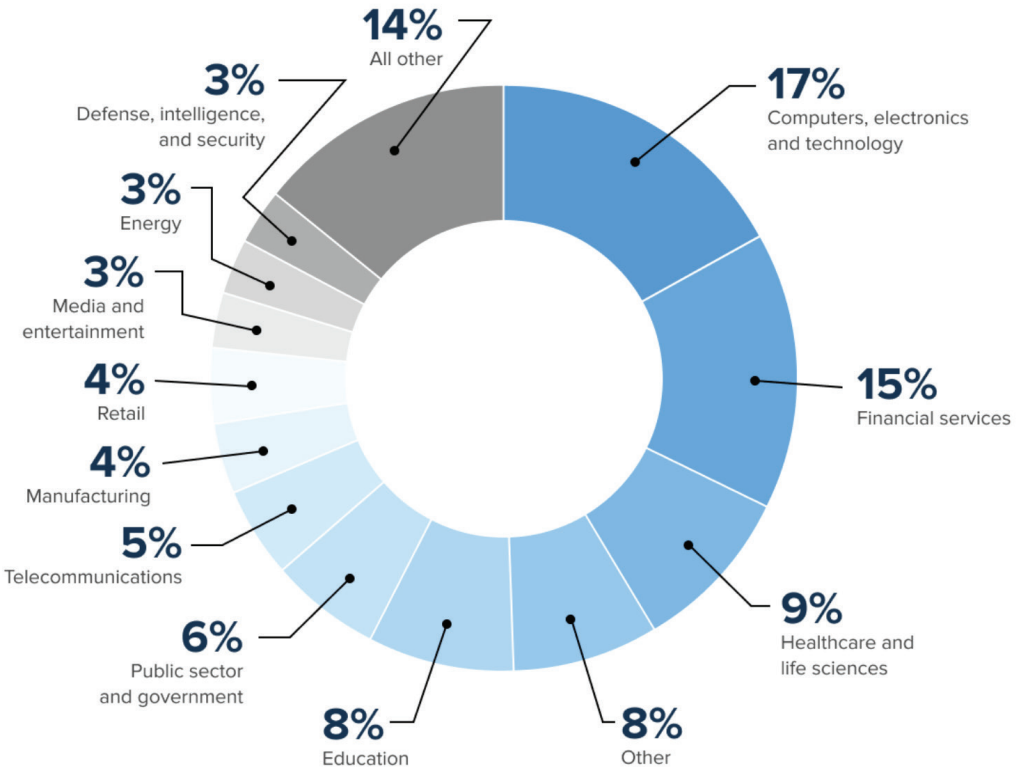
افزایش امنیت

یکی دیگر از مزایای هوش مصنوعی در صنعت تولید، افزایش ایمنی محصول است. بنابراین، الگوریتم‌های پیش‌بینی می‌توانند به جلوگیری از خطاهای احتمالی در تجهیزات و کاهش حوادث در محل کمک کنند. بینایی کامپیوتری همچنین می‌تواند از صدمات و عدم‌وجود تجهیزات حفاظت فردی (PPE) برای ارتقای ایمنی محل کار صنعتی جلوگیری کند.

نسبت عرضه / تقاضای دقیق

پیش‌بینی تقاضای مبتنی بر هوش مصنوعی به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا تغییرات تقاضای مصرف‌کننده را پیش‌بینی کنند. این قدرت پیش‌بینی به‌ویژه برای تولیدکنندگان در طول عدم تعادل تقاضای ناشی از شرایط ویژه مانند بروز همه‌گیری‌ها مرتبط بوده است. افزایش قیمت مواد خام نیز شرکت ها را تشویق می‌کند تا پیش‌بینی تقاضای مشتریان را برآورد کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های تاریخی و روندهای فعلی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین اطمینان بیشتری را در برنامه‌ریزی زنجیره تامین فراهم می‌کنند.

16- Reinforcement learning
17-https://indatalabs.com/blog/industrial-artificial-intelligence



شکل ۸- حوزه های مختلف کاربردی هوش مصنوعی صنعتی[1]

1- https://www.oreilly.com/radar/ai-adoption-in-the-enterprise-2021/

کاهش هزینه ها

به‌طور خلاصه، نرم افزار هوش مصنوعی صنعتی منجر به بازگشت سرمایه بالاتر و بهینه سازی هزینه‌ها می‌شود. کاربردهای صنعتی هوش مصنوعی فرآیندهای کار فشرده ای را انجام می‌دهند و از خرابی ماشین آلات پرهزینه جلوگیری می کنند. آن‌ها همچنین شرکت‌ها را قادر می‌سازند اطلاعات بیشتری از اطلاعات داده‌ای داشته باشند و تصمیمات تجاری دقیق را اتخاذ کنند. به گفته Deloitte، اتوماسیون هوشمند هزینه‌های فرآیند کسب و کار را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد.

مطالعه موردی: ماشین کنترل عددی هوشمند

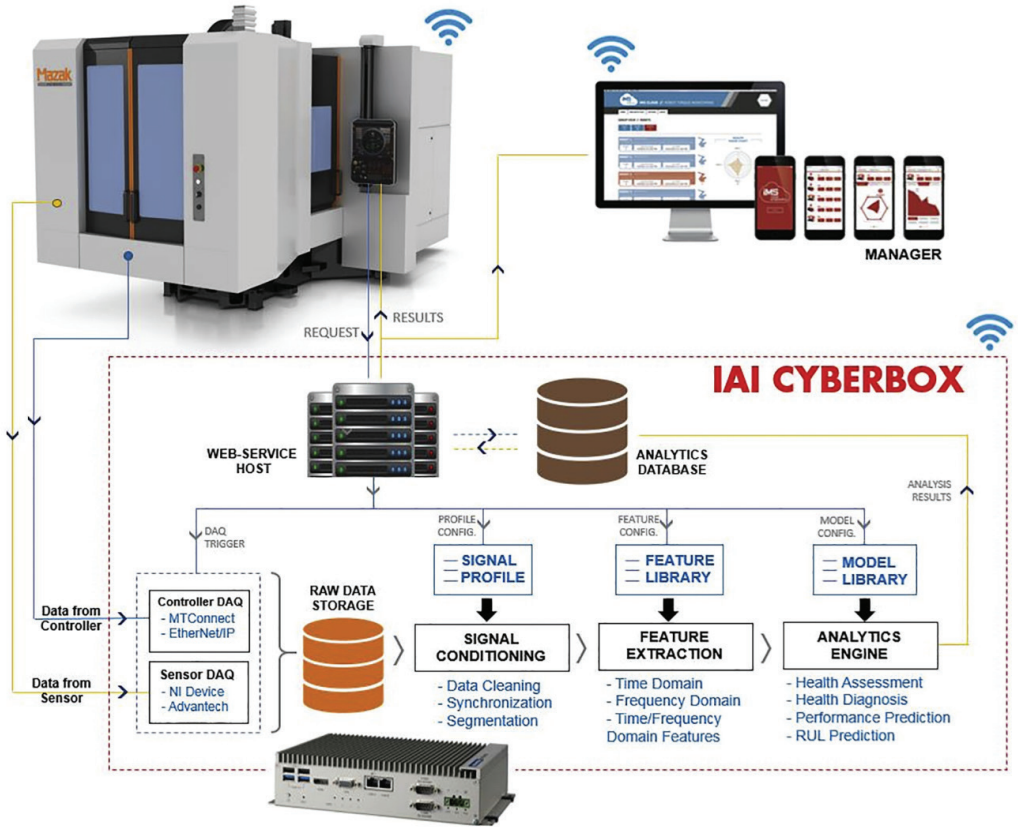
در این بخش، کاربرد و اجرای چارچوب معماری هوش مصنوعی صنعتی شرح داده شده در بخش ۳ برای سیستم هوشمند که یک ماشین کنترل عددی کامپیوتری (CNC) است، شرح داده می‌شود. در صنعت تولید، وضعیت سلامت ماشین ابزار از اهمیت زیادی برخوردار است و هدف این مطالعه موردی نشان دادن این است که چگونه هوش مصنوعی صنعتی با استفاده از چهار فناوری توانمندساز می‌تواند راه حلی کامل برای نظارت به صورت بلادرنگ و پیش‌بینی عملکرد یک ماشین ارائه دهد. این سیستم برای به حداقل رساندن هزینه‌های نگهداری و بهینه سازی کیفیت محصول به طور همزمان طراحی شده است. بر اساس شکل ۳، اولین گام در دستورالعمل، در نظر گرفتن نیازهای برآورده نشده رایج در این حوزه کاربردی است. برای رفع نیازهای برآورده نشده (یک ماشین خودآگاه و خود بهینه‌ساز) چالش‌های ۱) کیفیت داده، ۲) پیچیدگی چند رژیم، ۳) تنوع ماشین به ماشین، ۴) ترکیب سیستم خبره و ۵) پیچیدگی داده‌های چند منبعی باید در نظر گرفته شود. شکل ۹ یک نمای کلی از نحوه استفاده از فناوری‌های PT، AT، DT و OT برای رسیدگی به این چالش‌ها و توسعه یک سیستم دوکی هوشمند ارائه می‌دهد.

چالش‌های هوش مصنوعی صنعتی

انتظارات از هوش مصنوعی صنعتی بسیار گسترده است. به طوری که تحقق حتی بخشی از این انتظارات نیز نشان دهنده چالش‌های منحصر به فرد و واقعی استفاده از هوش مصنوعی در صنایع است. از میان چالش‌ها و پیچیدگی‌های موجود، موارد زیر از اهمیت و اولویت بالاتری برخوردارند:

تعاملات ماشین با ماشین

در حالی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی می توانند مجموعه‌ای از ورودی‌ها را به مجموعه‌ای از خروجی‌ها به طور دقیق مرتبط کنند، اما در مقابل تغییرات کوچک در ورودی‌های ناشی از تغییرات از ماشینی به ماشین دیگر نیز حساس هستند. باید اطمینان حاصل شود که راه‌حل‌های تکی هوش مصنوعی با کار سایر سیستم‌ها تداخل/تضاد ندارند.



شکل ۹- فناوری پلتفرم برای ماشین کنترل عددی کامپیوتری هوشمند [۱۳]

کیفیت داده

الگوریتم‌های هوش مصنوعی به مجموعه داده‌های عظیم و تمیز با حداقل سوگیری یا جهت گیری نیاز دارند. با یادگیری از مجموعه داده‌های نادرست یا ناکافی، نتایج پایین دستی می توانند ناقص باشند. این حالت زمانی پیش می‌آید که داده‌های آموزشی توزیع ناهمگونی در کلاس‌های هدف داشته باشند که در نتیجه، سیستم به کلاس خاصی که داده های بیشتری به خود تخصیص داده است بایاس می‌شود و روابط ورودی‌ها برای انتخاب دیگر کلاس ها به خوبی آموزش نمی‌بینند.

امنیت سایبری

استفاده روزافزون از فناوری‌های متصل، سیستم تولید هوشمند را

در برابر خطرات سایبری آسیب پذیر می کند. در حال حاضر، مقیاس این آسیب‌پذیری کمتر مورد توجه قرار گرفته است و صنعت برای تهدیدات امنیتی موجود آماده نیست [۱۲].

نتیجه گیری

از آنجایی که هوش مصنوعی به مرز فناوری‌های در حال تغییر جهان تبدیل شده است، نیاز فوری به توسعه و اجرای سیستماتیک هوش مصنوعی وجود دارد تا تأثیر واقعی آن در سیستم‌های صنعتی، یعنی انقلاب صنعتی چهارم مشاهده شود. هدف این مطالعه تعریف اصطلاح هوش مصنوعی صنعتی و قرار دادن آن در منظر پارادایم انقلاب صنعتی چهارم است. علاوه بر این، این مقاله با ارائه یک نمای کلی از اکوسیستم هوش مصنوعی صنعتی در تولید امروزی، در صدد ارائه دستورالعملی برای استراتژی‌سازی تلاش‌ها در جهت تحقق سیستم‌های هوش مصنوعی صنعتی است.

منابع:

[1] Lee K. Artificial intelligence, automation, and the economy. The White. House Blog; 2016.

[2] Lee J, Bagheri B, Kao HA. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. Manuf Lett 2015;3:18–23.

[3] Da Xu L, He W, Li S. Internet of things in industries: A survey. IEEE Trans Ind Inf 2014;10(4):2233–43.

[4] Lee J, Lapira E, Bagheri B, Kao HA. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. Manuf Lett 2013;1(1):38–41.

[5] Shi J, Wan J, Yan H, Suo H. November. A survey of cyber-physical systems. In: Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2011 International Conference on. IEEE. 2011. p. 1–6.

[6] Lee J, Ardakani HD, Yang S, Bagheri B. Industrial big data analytics and cyberphysical systems for future maintenance & service innovation. Procedia CIRP 2015;38:3–7.

[7] Zhang L, Luo Y, Tao F, Li BH, Ren L, Zhang X, et al. Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm. Enterprise Inf Syst 2014;8(2):167–87.

[8] Wu D, Greer MJ, Rosen DW, Schaefer D. Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art. J Manuf Syst 2013;32(4):564–79.

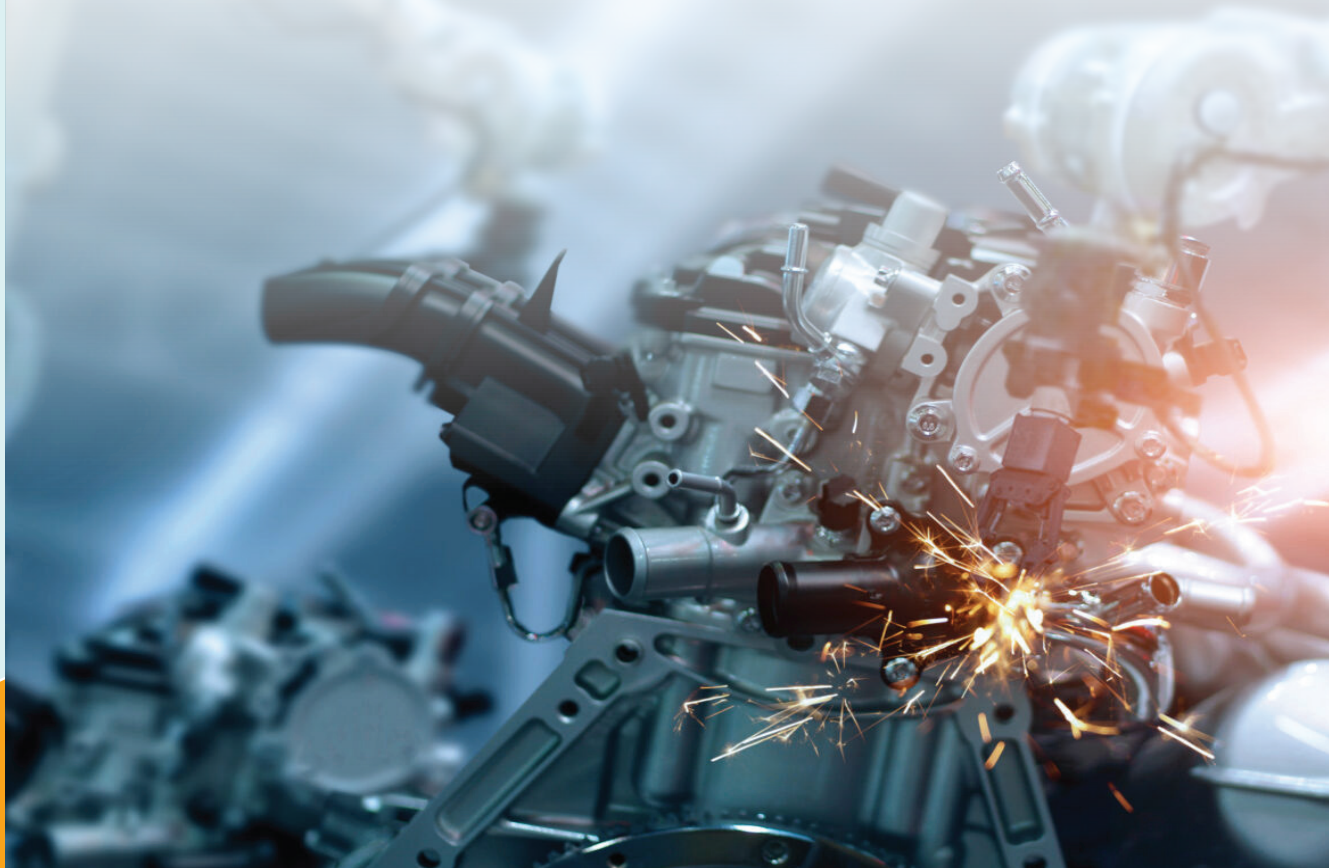
[9] Yang S, Bagheri B, Kao HA, Lee J. A unified framework and platform for designing of cloud-based machine health monitoring and manufacturing systems. J Manuf Sci Eng 2015;137(4):040914.

[10] Baheti R, Gill H. Cyber-physical systems. Impact Control Technol 2011;12 (1):161–6.

[11] Leitao P, Karnouskos S, Ribeiro L, Lee J, Strasser T, Colombo AW. Smart agents in industrial cyber–physical systems. Proc IEEE 2016;104(5):1086–101.

[12] Tuptuk N, Hailes S. Security of smart manufacturing systems. J Manuf Syst 2018;47:93–106.

[13] Jay Lee, Hossein Davari, Jaskaran Singh, Vibhor Pandhare. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters,Volume 18, 2018.



فناوری همراه
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

دوقلوی دیجیتال؛
بازوی توانمندساز انقلاب صنعتی چهارم

علی تراب زاده
دانشجوی دکتری برق-مخابرات سیستم دانشگاه سمنان
کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

علیرغم پیشرفت‌های شگرفی که در راستای تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده صورت گرفته است، همچنان بسیاری از رویکردها و برنامه‌ریزی‌های راهبردی سازمان‌ها توسط مدیران ارشد صنعت وابستگی قابل تأملی به تجربه و شهود دارد، اما این رویکرد به دلیل عدم قطعیت‌های بسیاری که در بازار کسب و کار نظیر تقاضای فزاینده مشتریان وجود دارد، بسیار مخاطره‌آمیز محسوب می‌گردد. لذا انتظار می‌رود جهت تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها در فضای کسب و کار نامطمئن امروزی، از منابع در اختیار به منظور آزمایش، نوآوری و تصمیم‌گیری به موقع بدون افزایش احتمال خطا یا عدم انطباق با نیاز بازار بهره گرفته شود. با این اوصاف دوقلوی دیجیتالی به عنوان یک فناوری جهت ایجاد تعامل بین دنیای دیجیتالی و دنیای فیزیکی با بهره‌گیری از سرویس‌ها و راه‌کارهای دیجیتالی موجود در دنیای امروز نظیر حسگرها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، اینترنت اشیا و ... معرفی می‌گردد و یک نمایش دیجیتالی از محیط، زیرساخت‌ها و عملکرد اپراتورها به‌صورت بلادرنگ ارائه می‌کند. همچنین دوقلوی دیجیتالی با ظهور در تلکام و شبکه‌های مخابراتی قادر خواهد بود تا پتانسیل‌های افزایش کارایی عملیاتی شبکه، بهبود خدمات مشتری و رشد بازار را فراهم آورد و توسعه و پیشرفت آن در اپراتورهای تلکامی تحولی دیجیتالی به منظور قرارگیری در مسیر انقلاب صنعتی چهارم ایجاد خواهد کرد. در این نوشتار ابتدا به نقش دوقلوی دیجیتال پرداخته، سپس روند طراحی، اجزای مختلف و فناوری‌های کلیدی دوقلوی دیجیتال عنوان می‌گردد و در نهایت پیش‌روی این فناوری نوظهور در بستر انقلاب صنعتی چهارم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه: انقلاب صنعتی چهارم، دوقلوی دیجیتال، صنعت تلکام، تحول دیجیتال

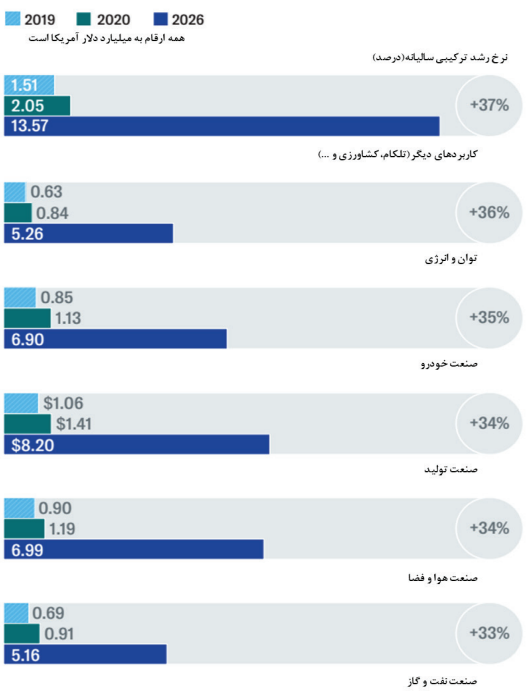
مقدمه

پیاده‌سازی انقلاب صنعتی چهارم و ارزش‌آفرینی در آن در گرو پیشبرد اهداف تحولات دیجیتال سازمان در ورتیکال‌های مختلف بوده و نیازمند سرمایه‌گذاری قابل توجه با درنظرگیری بازگشت سرمایه بلند مدت است. همچنین در توسعه این امر سوالاتی در مورد زمان سرمایه‌گذاری، موارد به‌کارگیری سرمایه‌گذاری (یعنی امیدوارکننده‌ترین موارد استفاده) و نحوه سرمایه‌گذاری (یعنی کدام فناوری‌ها آن ارزش وعده داده شده را ممکن می‌سازد) نیز مطرح می‌شود که پاسخ‌دهی به آن‌ها نیازمند تفکر و تصمیم‌گیری‌های راهبردی است. با توجه به استانداردها و انتظاراتی که در نسل پنجم مخابرات بی‌سیم نظیر بهبود طیف، انرژی، تأخیر و ... ارائه شده است، به طور طبیعی بخش مهمی از ارتباطات و فرآیندهای تلکامی پیرامون انقلاب صنعتی چهارم خواهد بود.

5G به دلیل کاربردهای گسترده‌ای که در صنایع مختلف دارد، می‌تواند امکانات بسیاری را برای خدمات رسانی به صنایع فراهم کند. در مقایسه با نسل‌های قبلی، 5G سریع‌تر، ایمن‌تر و قابل اعتمادتر خواهد بود. اما در برخی صنایع، با سرمایه‌گذاری مناسب در فناوری‌های جدید نمی‌توان انتظار عملکردی چابک از آن داشت و این چالش پیش‌رو ناشی از عدم شفافیت کامل در فناوری‌های جدید و کاربردهای عملی 5G است. با این اوصاف برای بسیاری از بازیگران در صنایع کلیدی رویکرد قانع‌کننده‌ای

برای سرمایه‌گذاری در فناوری و جایگزینی آن‌ها با زیرساخت‌های موجود که هنوز نسبتاً خوب عمل می‌کند، وجود ندارد. به همین دلیل، دوقلوی دیجیتال به عنوان یک ابزار نوظهور معرفی می‌شود تا با این رویکرد وندورها و توسعه‌دهندگان را قادر سازد پیش‌بینی و درک کنند که چگونه با بهره‌گیری از زیرساخت‌های موجود خود، به کارآمدترین حالت عملیاتی دست پیدا کنند [۱].

دوقلوی دیجیتال به عنوان یک راه‌کار برای چالش‌های تصمیم‌گیری و نوآورانه در صنعت تلکام در حال ظهور است و با هدف ایجاد نسخه‌های مجازی از مشتریان، محصولات، فرآیندها و منابع با بهره‌گیری از یکپارچه‌سازی داده‌ها و ارزیابی آن در سناریوهای مختلف در حوزه‌های مختلف کاربردی در تلکام، از فروش و بازاریابی گرفته تا افزایش ظرفیت و مدل سازی زنجیره تامین به کار گرفته می‌شود. با توجه به شکل ۱ براساس تحقیقات صورت گرفته در Mordor Intelligence، ورتیکال خط تولید، هوافضا و صنعت خودرو در پذیرش دوقلوی دیجیتال یک روند تهاجمی را دنبال می‌کنند. در این گزارش صنعت تلکام در دسته‌بندی "کاربردهای دیگر" در نظر گرفته شده است. براساس این گزارش، بازار دوقلوی دیجیتال در سال ۲۰۲۰ به ۷,۶۳ میلیارد دلار رسیده است و پیش‌بینی‌های صورت گرفته نشان از انفجاری در نرخ رشد ترکیبی سالانه ۳۵,۰۱ درصد برای سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۶ به میزان ۴۶,۰۸ میلیارد دلار تا سال ۲۰۲۶ است.



شکل ۱ - درآمد جهانی دوقلوی دیجیتال در حال افزایش است. جهش‌های بزرگی تا سال ۲۰۲۶ مشاهده می‌شود [۲]

نقش دوقلوی دیجیتال در انقلاب صنعتی چهارم

دوقلوهای دیجیتال یک اصطلاح کاملاً جدید نیست و در سالیان گذشته به عنوان یک ویژگی کاملا برجسته پیرامون انقلاب صنعتی چهارم در نظر گرفته شده است. با ورود به انقلاب صنعتی چهارم و تحولات دیجیتالی، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های راهبردی شکل جدیدی به خود گرفته است و رویکرد شکل گرفته بیان‌گر یک حرکت جهانی به سمت یک عصر هماهنگی است، لذا با وجود این بستر دوقلوهای دیجیتال به عنوان ابزاری برای فعال‌سازی و توانمندسازی تحولات دیجیتالی در حال ظهور به‌شمار می‌رود.

در حال حاضر پذیرش فناوری‌های جدید مانند هوش مصنوعی، اتوماسیون، اینترنت اشیا و محاسبات لبه‌ای، شروع به کمک به شرکت‌ها در استفاده کارآمدتر از داده‌های خود برای بهینه‌سازی فرآیندها و یافتن روش‌های جدید خلق ارزش کرده است، اما بسیاری از این فناوری‌ها نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجهی دارند و مشتریان در صدد هستند تا فرصت‌های پیش رو را قبل از سرمایه‌گذاری درک کنند. این در حالی است که کشف آن‌ها بدون سرمایه‌گذاری اولیه دشوار به نظر می‌رسد. در نهایت با شرایط موجود دوقلوهای دیجیتال در نگاه اولیه می‌توانند شرکت‌ها را قادر به درک بیشتر در مورد دارایی‌ها و فرآیندهای خود کنند و فرصت‌هایی را که توسط این فناوری‌های نوظهور به وجود می‌آیند، قبل از سرمایه‌گذاری در آن‌ها بررسی و تحلیل کنند.

در کنار مزیت‌هایی که برای دوقلوی دیجیتال در انقلاب صنعتی چهارم بیان گردید، تاکنون برای درک و فهمی یکپارچه برای دوقلوی دیجیتال اجماعی ایجاد نشده است. عده‌ای بر این باور هستند که دوقلوی دیجیتال از یک فلسفه وجودی گسترده‌ای برخوردار است، به‌طوریکه فرایندها و عملکردهای سازمان‌ها و شرکت‌ها به سمت یک تحول جدید مبتنی بر محوریت داده‌ها در حال حرکت است. در واقع در سالیان اخیر از دوقلوی دیجیتال به عنوان رویکردی داده محور برای مدیریت، کنترل و تحلیل داده‌های حاصل از ارزیابی سازمان در نظر گرفته می‌شود و در نهایت این مهم سبب شکل‌گیری بینش‌ها و پیش‌بینی‌هایی برای دارایی‌ها و فرایندهای آن‌ها در ورتیکال‌های مختلف می‌گردد. با اشاره به شکل ۲، نشان داده می‌شود که چگونه داده از قلمروهای فیزیکی استخراج گردیده و توسط دوقلوی دیجیتال مدل‌سازی می‌شود و بدین صورت بستری برای ایجاد تعامل بین کاربر و ماشین شکل می‌گیرد، به نحوی که سازمان‌ها و شرکت‌ها می‌توانند از داده‌های واقعی حاصل‌شده از دارایی‌های مدل‌سازی‌شده استفاده کنند [۱].

دوقلوی دیجیتال یک خط تولید

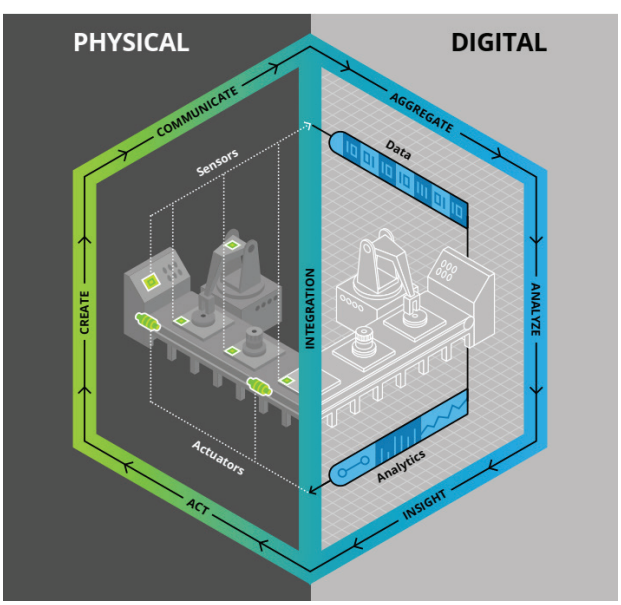
همانطور که در قسمت‌های قبل بیان گردید، دوقلوی دیجیتال یک پلتفرم به شمار می‌رود که برای جمع‌آوری، تحلیل و نمایش داده‌های حسگر و داده‌های مربوط به فرآیند فیزیکی در دنیای واقعی به کار می‌رود، به‌طوری که این پلتفرم با استفاده از داده‌های حسگر و تحلیل‌های دوقلوی دیجیتال، به‌صورت خودکار اجرا می‌شود و

شکل ۲- سه قلمرو اصلی دوقلوی دیجیتال [۱]

از این طریق می‌توان روندها و رویکردهای عملیاتی غیرطبیعی یا نادرست در سیستم مرتبط را شناسایی کرد، به عنوان مثال با اشاره به شکل ۳ در یک سیستم خط تولید، یک مدل از فرایند خط تولید در دنیای واقعی به همراه نمایش دیجیتالی آن به تصویر کشیده شده است و دوقلوی دیجیتال به‌عنوان یک جایگزین مجازی به کار گرفته شده است، به‌طوری که از این طریق می‌توان به‌طور دقیق دریافت چه اتفاقی در خط تولید در سطح کارخانه‌ها به‌صورت بلادرنگ رخ می‌دهد. از این رو هزاران حسگر در تمامی بخش‌های خط تولید توزیع شده و با استفاده از آن‌ها داده‌ها با ابعاد مختلفی جمع‌آوری می‌گردند. این داده‌ها شامل ویژگی‌های رفتاری ماشین‌آلات در نقش تولیدکنندگی (نظیر ضخامت، رنگ، کیفیت، سختی، گشتاور، سرعت، و غیره) و شرایط محیطی در خود کارخانه‌ها است. سپس داده‌های بدست‌آمده به وسیله دوقلوی دیجیتال تجمیع می‌گردد. در ادامه داده‌ها به‌صورت پیوسته مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و در نهایت تغییراتی در ساختار و فرآیندهای خط تولید ایجاد می‌گردد تا بهبود عملکرد را به‌دنبال داشته باشد. در نهایت این رویکرد سبب می‌شود تا تعاملی بین دنیای فیزیکی و دنیای دیجیتال ایجاد گردد.

با توجه به شکل ۳ مدل دوقلوی دیجیتال از ۵ جزء حسگر[1]، داده[2]، ادغام[3]، تحلیل، دوقلوی دیجیتال و محرک‌ها[4] است. حسگرها از طریق پروتکل‌های ارتباطی با ارسال داده‌های محیطی و عملیاتی ارتباط بین دنیای فیزیکی و دیجیتالی ایجاد می‌کنند و لذا از این طریق دوقلوی دیجیتال داده‌های مربوط به فرآیند فیزیکی در دنیای واقعی را ضبط می‌کنند، علاوه بر داده‌های تولید شده توسط حسگرها، می‌توان داده‌های سازمانی نظیر BOM[5]، گزارش شکایات مشتری و ... را نیز در عملکرد و کارایی دوقلوی دیجیتال تأثیرگذار برشمرد و با بهره‌گیری از این نوع داده‌ها به خروجی‌های بهینه‌تری دست یافت. از این طریق، در نیمه دیجیتالی دوقلوی دیجیتال می‌توان روندهای نادرست و غیرطبیعی نسبت به شرایط بهینه ارزیابی‌شده سیستم در دنیای واقعی را شناسایی کرد. در نهایت بر اساس شناسایی‌های صورت گرفته، با استفاده از محرک‌ها به‌عنوان اجزایی در دنیای

1- Sensor
2- Data
3- Integration
4- Actuators
5- Bill of material



شکل ۳- مدل دوقلوی دیجیتال فرایند تولید [۳]

فیزیکی اقداماتی را جهت بهبود عملکرد انجام داد. [۳].
دنیای فرایندها و اهداف فیزیکی و دوقلوی دیجیتال متناظر آن بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان با یک مدل یا چارچوب منفرد آن را نشان داد، اما آنچه انتظار می‌رود کیفیت یکپارچه، جامع و تکرار شونده جفت‌سازی دنیای فیزیکی و دیجیتالی است که از این بستر می‌توان فرآیند واقعی ایجاد یک دوقلوی دیجیتال را آغاز کرد.

معماری مفهومی دوقلوی دیجیتال

معماری مفهومی دوقلوی دیجیتال در شکل ۴ به تصویر کشیده شده است و یک دید گسترده و دقیق از اجزایی که شامل مدل دوقلوی دیجیتال فرآیند تولید است به خواننده منتقل می‌سازد. این ساختار مفهومی می‌تواند بهترین گزینه برای ایجاد درک مناسب از روند ۶ مرحله‌ای طراحی و به‌روزرسانی دوقلوی دیجیتال در نظر گرفته شود، لذا در ادامه به معرفی هر مرحله پرداخته می‌شود.

ایجاد[۶]

این مرحله شامل تجهیز پروسه‌های فیزیکی با حسگرهاست که ورودی‌های حیاتی و شرایط محیطی را اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه‌گیری‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) معیارهای ارزیابی فیزیکی دارایی‌ها و محصولات و ۲) داده‌های خارجی و محیطی. این اندازه‌گیری‌ها به پلتفرم دوقلوی دیجیتال منتقل شده و توسط سیستم‌های مختلف تقویت می‌شوند تا به عنوان ورودی برای تحلیل در دوقلوی دیجیتال استفاده شوند.

برقراری ارتباط[۷]

در این مرحله، ارتباط یکپارچه و دوطرفه بین پروسه‌های فیزیکی و پلتفرم دیجیتالی ایجاد می‌شود. بستر مخابراتی شامل پردازش لبه، واسط‌های مخابراتی و امنیت لبه است. با استفاده از این بستر، حجم داده کمتری ارسال شده و فرآیند درک و فهم داده‌ها آسان‌تر می‌شود. برای ایمن ساختن هرچه بیشتر دوقلوی دیجیتال، استفاده از روش‌های امنیتی مانند فایروال و رمزنگاری ضروری است.

تجمیع[۸]

در این مرحله، داده‌ها جمع‌آوری شده و به یک منبع داده هدایت می‌شوند. سپس این داده‌ها پردازش شده و برای آنالیز و تحلیل آماده می‌شوند. تجمیع داده‌ها می‌تواند بر روی یک فضای ابری انجام شود.

تجزیه و تحلیل[۹]

در مرحله تجزیه و پردازش، داده‌ها تحلیل شده و سپس مصورسازی می‌شوند. در این مرحله دانشمندان و تحلیل‌گران داده از پلتفرم‌ها و فناوری‌های تحلیلی پیشرفته استفاده می‌کنند تا از این طریق بتوانند مدل‌های تکرارشونده را توسعه دهند، در نهایت با سپری کردن این گام از طراحی دوقلوی دیجیتال بینش‌ها، پیشنهادها و راهنمایی‌هایی برای تصمیم‌گیری در عملکرد و ارزیابی هدف مورد نظر برای آینده بدست می‌آید.

بینش[۱۰]

در مرحله بینش، از طریق بینش‌هایی که توسط تحلیل‌ها و مصورسازی داده‌ها شکل می‌گیرد، تفاوت‌های قابل تأمل بین دوقلوی دیجیتال و مدل واقعی در ابعاد مختلف بیشتر هویدا می‌گردد، به‌طوریکه این مهم نیازمند تغییرات و بررسی‌هایی خواهد بود.

عمل[۱۱]

در مرحله عمل، بینش‌های عملیاتی که در بخش‌های دیگر حاصل شده است، به‌صورت بازخورد به دارایی‌ها و محصولات فیزیکی و فرایندهای دیجیتالی اعمال شده تا از این طریق تأثیر دوقلوی

6- Create
7- Communicate
8- Aggregate
9- Analize
10- Insight
11- Act

دیجیتال حاصل گردد. بینش‌ها از طریق کدگذارها عبور می‌کند و به محرک‌ها بر روی فرایندهای مختلف دارایی یا محصول اعمال می‌شود، به‌طوریکه مسئولیت مکانیزم‌های کنترلی و حرکتی بر عهده محرک‌ها خواهد بود و لذا از این طریق زنجیره‌های تأمین و تنظیم رفتار کنترل می‌شود. این تعامل، ارتباط حلقه بسته بین دنیای فیزیکی و دوقلوی دیجیتال را ایجاد می‌کند.

فناوری‌های کلیدی برای بهره‌گیـــری از دوقلوی دیجیتال

با توجه به اینکه دوقلوی دیجیتال براساس یک رویکرد داده محور طراحی می‌گردد، عملکرد مناسب آن مستلزم داده‌های دقیق‌تر در ابعاد مختلف است. بر این اساس برای بهبود و تقویت این بستر داده‌ای حضور برخی فناوری‌های کلیدی بسیار حائز اهمیت است که در ادامه به معرفی آن‌ها پرداخته می‌شود [۴]:

اینترنت اشیاء

فناوری اینترنت اشیاء شامل اشیاء یا سیستم‌های فیزیکی است که به حسگرهایی مجهز می‌شوند که داده‌ها را به‌صورت بلادرنگ جمع‌آوری می‌کنند. حسگرها طیف وسیعی از پارامترها مانند دما، فشار، رطوبت و لرزش را اندازه‌گیری می‌کنند. سپس داده‌های جمع‌آوری‌شده برای ایجاد یک دوقلو دیجیتال استفاده می‌شود که می‌تواند شیء فیزیکی یا رفتار خود سیستم را تکرار کند. این فناوری اغلب شامل استفاده از یادگیری عمیق برای تحلیل داده‌ها است.

راه‌کارهای ذخیره‌سازی و محاسبات ابری

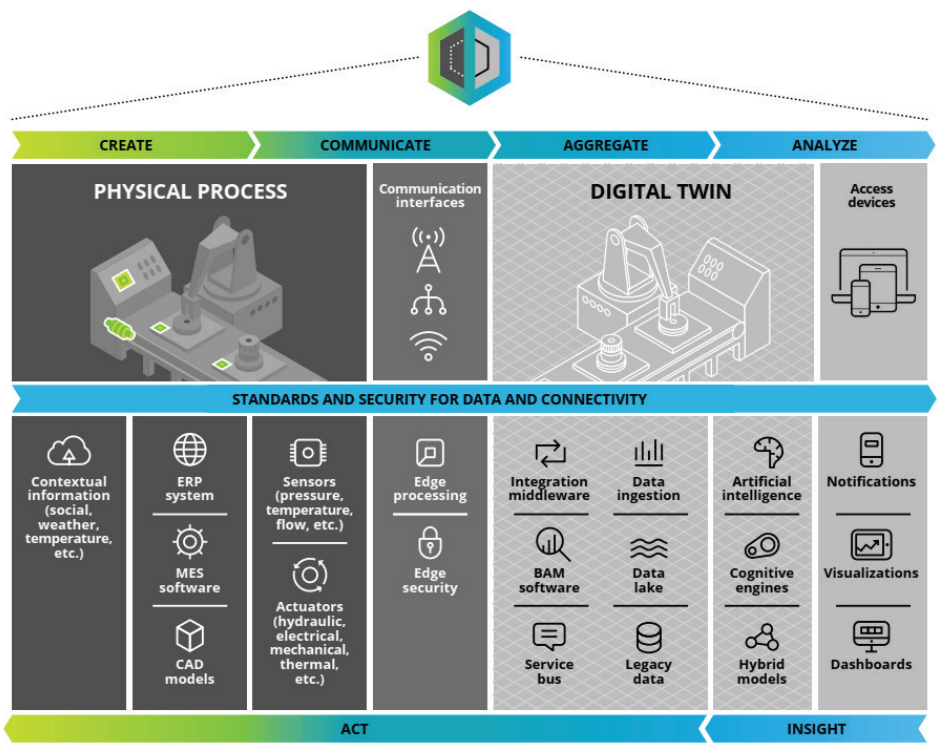
راه‌حل‌های ذخیره‌سازی و بازیابی ابری اجازه می‌دهد تا مقادیر زیادی از داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرها ذخیره شده و در ایجاد و مدیریت دوقلوهای دیجیتال مورد استفاده قرار گیرد. راه‌حل‌های ذخیره‌سازی و بازیابی ابری همچنین نکات اتوماسیونی مانند خودکار کردن پشتیبان‌گیری، خودکار کردن انتقال داده‌ها و مقیاس خودکار منابع ذخیره‌سازی را ارائه می‌دهند.

واقعیت توسعه یافته، افزوده و ترکیبی

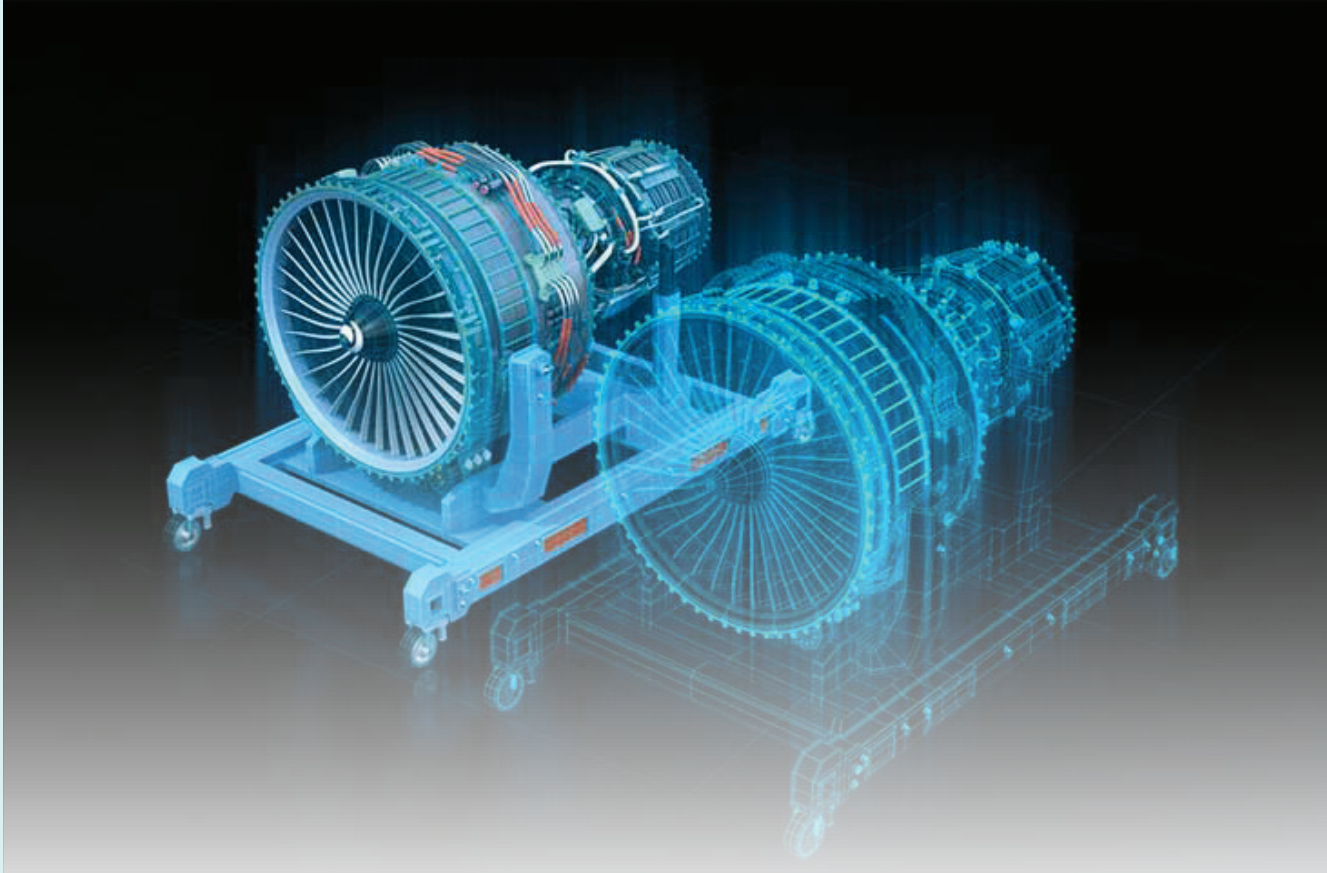
در این رویکرد، AR یک فناوری محبوب به شمار می‌شود، به نحوی که به طور فزاینده‌ای برای تجسم دوقلوهای دیجیتال در محیط‌های واقعی استفاده می‌شود. از فناوری‌های واقعیت افزوده می‌توان برای پوشاندن تصاویر مجازی بر روی اشیاء دنیای واقعی استفاده کرد و به کاربران این امکان را می‌دهد که با دوقلوهای دیجیتال به طور مستقیم و غوطه‌ورانه‌تر تعامل داشته باشند.

هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق

هوش مصنوعی داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط حسگرها در پلتفرم دوقلوی دیجیتال را تجزیه و تحلیل می‌کند و بینش‌هایی درباره رفتار اشیاء یا سیستم‌های فیزیکی ارائه می‌دهد. لذا در این مرحله با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین (ML) به بررسی و تحلیل داده‌های حاصل‌شده پرداخته می‌شود، به طوریکه پردازش و تحلیل داده‌ها یکی از گام‌های عملیاتی پلتفرم دوقلوی دیجیتال



شکل ۴- معماری دوقلوی دیجیتال [۳]



به شمار می‌رود.

کاوش گری دوقلوی دیجیتال در صنعت تلکام

گارتنر در گزارش ماه ژوئیه ۲۰۲۱ خود تحت عنوان "راهنمای بازار برای فناوری‌های حمایت کننده از دوقلوی دیجیتالی یک سازمان"، بر شبیه‌سازی‌های دوقلوی دیجیتال تأکید می کند، به‌طوریکه این رویکرد نیز می‌تواند فراتر از محصولات و سیستم‌های قدرتمند گام بردارد. براساس این گزارش، امکان گسترش مفهوم دوقلوی دیجیتال به بخش‌ها، واحدهای تجاری، سازمان‌ها، کل شرکت‌ها، یا حتی شهرها و کشورها برای حمایت از فرآیندهای مالی خاص یا سایر فرآیندهای تصمیم گیری وجود دارد [۲].

همانطورکه در شکل ۵ نشان داده می‌شود، تعالی عملیاتی به عنوان به یک کاربرد پیش رو (۲۶٫۸ درصد در سال ۲۰۲۰) به‌شمار می‌رود، براساس این رویکرد دوقلوی دیجیتال یک سازمان به صورت یک مدل نرم‌افزاری پویا از خود سازمان تعریف می گردد، به‌طوریکه یک الگوی طراحی برای عملیاتی‌سازی مدل عملیاتی شرکت تشکیل می‌دهد. همچنین بهینه‌سازی عملکرد و مصرف هزینه‌های شرکت دومین کاربرد رایج در دوقلوی دیجیتال به‌شمار می‌رود (۲۴ درصد در ۲۰۲۰) و در نهایت کسب و کار دیجیتالی به عنوان کاربرد سوم مورد استفاده قرار می گیرد (۲۲درصد در سال ۲۰۲۰).

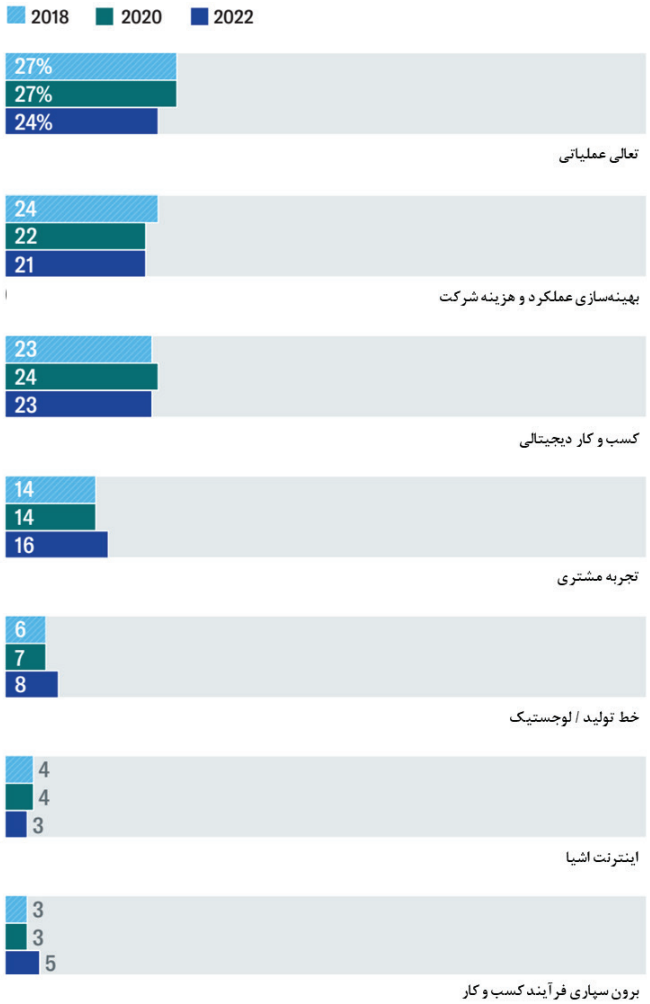
براساس بیان یکی از تحلیل گران ارشد TM Forum، دوقلوی دیجیتال را می‌توان به عنوان ابزاری در توسعه نیازهای تجاری و کسب و کار بسیار کمک کننده در نظر گرفت. همچنین می‌توان به برخی کاربردهای عملیاتی دوقلوی دیجیتال مرتبط با شبکه‌های مخابراتی نظیر برنامه‌ریزی شبکه، فرایندهای عملیاتی، گسترش ظرفیت و ارزیابی پروتکل‌های امنیتی جدید اشاره داشت، بر این اساس، طبق گزارش سال ۲۰۲۰ تحت عنوان Telecom2030، Appledore resource تخمین می‌زند که در قرن بعدی قابلیت دوقلوی دیجیتال در مرکز مدیریت بهینه CapEx و OpEX خواهد بود و در کاهش هزینه‌ها نقشی اساسی بازی خواهد کرد و این مدیریت فعال شبکه می‌تواند برای تامین کنندگان صنعت تلکام بیش از ۱۰ میلیارد دلار در دهه آینده درآمد ایجاد کند. با این اوصاف اپراتور VodafoneZiggo برای گسترش دوقلوی دیجیتال محصول فیبر-لاین خود برنامه‌ریزی می کند تا از این طریق بتواند برای بخش‌های دیگر اطلاع‌رسانی افزایش ظرفیت یا عملیات مرکز داده برنامه‌ریزی و تصمیم گیری انجام دهد. همچنین شرکت MTN در آفریقا، از دوقلوهای دیجیتال به منظور شناسایی تقلب در اشتراک و توسعه ماژول شناسایی مشترکین (SIM)-swap بهره‌برداری کرده است. در این نوع تقلب، حساب کاربری به گونه‌ای هک می‌شود که یک دستگاه تلفن همراه با شماره تماسی متفاوت با سیم کارت آن تماس گیرد. لذا در این ماژول با استفاده از دوقلوی دیجیتال می‌توان رفتارها و ویژگی‌های غیرعادی کاربران را شناسایی کرد. لازم به ذکر است که با معرفی فناوری SIM-(swap) تعداد موارد تقلب سیر کاهشی به خود گرفت و این امر می‌تواند نشان از تأثیر واقعی دوقلوی دیجیتال محسوب گردد. در ادامه چند نمونه از کاربردهای دوقلوی دیجیتال در صنعت تلکام معرفی و شرح داده شده است.

ارزیابی راه‌کارهای جدید پیش از توسعه

با استفاده از دوقلوی دیجیتال اپراتورها می‌توانند راهکارهای جدید را پیش از ارائه شبیه‌سازی کرده و مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند. این رویکرد موجب شناسایی نقاط قوت و ضعف و نهایتاً بهینه‌سازی عملکرد راهکارهای جدید می‌شود.

تصمیم‌گیری‌های راهبردی

کاربردهای اولیه دوقلوی دیجیتال در صنعت تلکام عمدتاً متمرکز بر تصمیم گیری‌های عملیاتی بوده است، اما می‌توان نشان داد



شکل ۵ - ظهور کاربردهای دوقلوی دیجیتال [۲]

که دوقلوی دیجیتال این پتانسیل را دارد تا در تصمیم‌گیری‌های راهبردی نیز با پتانسیل بالایی ظاهر شود [۲]. همچنین بخشی از فرآیند دوقلوی دیجیتال، بیان اهداف سازمان براساس مدل اطلاعاتی است. به‌عنوان مثال ممکن است هدف‌گذاری یک سازمان عدم کاهش سود شرکت از یک حد مشخص یا دوبرابرسازی سود سازمان در پایان ده سال در نظر گرفته شود. بر این اساس با استفاده از دوقلوی دیجیتال شبیه‌سازی سازمان به گونه‌ای صورت می‌گیرد تا مدل اطلاعاتی شما را قادر سازد در مورد رفتار سازمان تصمیم‌گیری کنید، به‌طوریکه تصمیمات اتخاذشده بر امور مالی تأثیر گذاشته و در نهایت اهداف سازمان محقق گردد.

تحقق اهداف مالی

یکی از کاربردهایی که می‌توان برای دوقلوی دیجیتال در نظر گرفت، شبیه‌سازی کسب و کار اپراتورها با تحقق اهداف مالی آن‌ها است، به‌طوریکه طراحی دوقلوی دیجیتال سیستم‌های غیرفیزیکی اپراتورها و مدل‌های کسب و کار آن‌ها سبب می‌شود همسویی بهتری از اهداف تجاری و مالی حاصل گردد. در این زمینه به کاربردهایی نظیر شناسایی هزینه خدمات، کمی‌سازی ریسک/پاداش راهبردهای بالقوه یا ارزیابی مدل‌های تجاری جدید می‌توان اشاره داشت. یک دوقلوی دیجیتال کاملاً تحقق یافته یک سازمان دارای مدل اطلاعاتی است که شامل توضیحاتی در مورد منابع و وضعیت سیستم‌های آن، از جمله سیستم‌های مالی است.

کاربرد فروش و بازاریابی در تلکام

در صنعت تلکام، یکی از زمینه‌های ارزشمند در کاربردهای دوقلوی دیجیتال که می‌توان به آن اشاره داشت، فروش و بازاریابی است، به‌طوریکه از این منظر نه تنها تأثیر محصول و سرویس مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، بلکه می‌توان به درک خوبی از تأثیر آن بر تجربه مشتری، ریزش، شناخت برند و امتیاز خالص تبلیغ کننده دست پیدا کرد. لذا در کنار هم قرار دادن رشته‌های اطلاعاتی جدا از هم نظیر عملکرد شبکه، داده‌های مربوط به ترافیک کاربر، شاخص‌های

عملکرد کلیدی (KPI[12]) مالی و رفتارهای مشتری می‌تواند در عملکرد دوقلوی دیجیتال در تولید یک شبیه‌سازی واقعی در درک و شناخت بازار بسیار کمک کننده باشد. لذا شرکت‌های تلکامی به‌طور وسیع داده‌های حاصل‌شده از منابع خارجی نظیر احساسات مشتری برگرفته از شبکه‌های مجازی یا چندرسانه‌ای را تجمیع و هدایت ساخته تا با استخراج ویژگی‌های آن‌ها به تحلیل و آنالیزهای موردنظر خود دست یابند [۲]. با اشاره به فرصت‌ها و کاربردهای مختلف در دوقلوی دیجیتال در صنعت تلکام، اپراتور MTN در آفریقای جنوبی از قابلیت‌های یادگیری ماشین و دوقلوی دیجیتال استفاده می‌کند تا بوسیله آن به مدیریت و تنظیم کاربران موبایلی پس‌پرداخت[13] بپردازد. علاوه بر این شرکت VodafoneZiggo[14] با بهره‌گیری از دوقلوی دیجیتال براساس بررسی داده‌های قدیمی از ریزش کاربران به شناسایی مشکلات و اختلال‌های سرویس به‌صورت بلادرنگ پرداخته و به دنبال آن از عدم دسترسی کاربران مجاز به شبکه جلوگیری می‌کند، به‌طوریکه با استفاده از این فناوری درک درستی از زمان و هزینه مصرفی در تأثیرات آن حاصل می‌گردد. بر این اساس، یکی از اعضای VodafoneZiggo می‌گوید: این قابلیت سبب می‌شود تا در برابر افت و کاهش کارایی و عملکرد یک عامل پیشگیرانه در اختیار داشته باشیم، زیرا این بستر با استفاده از بررسی داده‌های قدیمی حاصل می‌گردد. با این اوصاف VodafoneZiggo قصد دارد تا قابلیت‌ها و کاربردهای دوقلوی دیجیتال را در تمام حوزه کسب و کار خود گسترش دهد و در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیمات راهبردی خود بگنجاند تا از این طریق بتواند برای مشکلات و خطاهای خود راه‌حل‌هایی ارائه دهد و از این رو از رخدادهای مکرر آن‌ها جلوگیری کند. فراتر از آنچه بیان گردید، یکی از ارائه‌دهنده‌های خدمات ارتباطی (CSP[15]) تحت عنوان Appledore Research در تلاش است از طریق دوقلوی دیجیتال به عنوان یک سرویس در بستر محاسبات ابری، مدل‌سازی یک شبکه پیشنهادی برای یک مشتری B2B فراهم سازد، به‌طوریکه از این طریق به مشتری مورد نظر خود این امکان را می‌دهد تا نحوه اجرای شبکه در دنیای واقعی را شبیه‌سازی کند. از این رو هر مشتری تجاری می‌تواند راه‌حل دوقلوی دیجیتال برای شبیه‌سازی محصولات و خدمات خود برای مشتریان خود را پیش‌بینی کند [۲].

کاربرد تولید

در کنار کلیه کاربردهای دوقلوی دیجیتال می‌توان به کاربردهای تولید نیز اشاره کرد، به‌طوریکه شامل برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید می‌شود. لذا وظیفه دوقلوی دیجیتال در این زمینه مدیریت فرایندهای تولید است و جهت تحقق این هدف نیاز است که با شبکه‌های سلولی خصوصی به‌طور وسیع انطباق گردد، به‌طوریکه با بهره‌گیری از شبکه‌های سلولی خصوصی می‌توان به انتقال داده به‌صورت تقریبا بلادرنگ دست پیدا کرد. در نهایت می‌توان این شرایط را یک فرصت کسب و کار مناسب برای تمامی اپراتورهای مخابراتی در هر مقیاس در نظر گرفت [۲].

نتیجه‌گیری

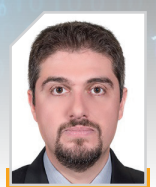
انقلاب صنعتی چهارم با هدف ایجاد ارزش افزوده وابسته به درکی مناسب از تحولات دیجیتال در ورتیکال‌های مختلف است. با وجود نسل پنجم مخابرات بی‌سیم، دوقلوهای دیجیتال به عنوان ابزاری نوظهور برای فعال‌سازی و توانمندسازی تحولات دیجیتالی به‌شمار می‌رود. لذا با پذیرش فناوری‌های جدید، شرکت‌ها می‌توانند فرصت‌های پیش رو را از طریق دوقلوی دیجیتال قبل از سرمایه‌گذاری درک کنند. دوقلوهای دیجیتال به عنوان رویکردی داده محور برای مدیریت، کنترل و تحلیل داده‌ها در سازمان‌ها و شرکت‌ها در نظر گرفته می‌شود و این بستر به شرکت‌ها قابلیت درک بیشتر در مورد دارایی‌ها و فرآیندهای خود داده و تحلیل فرصت‌هایی را که توسط این فناوری‌های نوظهور به وجود می‌آیند، قبل از سرمایه‌گذاری در آن‌ها ممکن می‌سازد. با این اوصاف جهت برخورداری از یک دوقلوی دیجیتال پیشرفته وجود برخی فناوری‌های نوین مخابراتی نظیر اینترنت اشیاء، محاسبات ابری، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق الزامی است.

در صنعت تلکام نیز می‌توان به پیشروی دوقلوی دیجیتال اشاره داشت، به‌طوریکه از دوقلوی دیجیتال در موارد مختلفی نظیر تصمیمات راهبردی، زنجیره تولید، مدیریت و تنظیم کاربران در شبکه و شناسایی موارد ناهنجاری در سطح شبکه، امور مالی (به منظور بررسی و مدیریت صورت حساب کاربران و خدمات ارائه‌شده به آن‌ها) و ... به کار گرفته می‌شود و می‌تواند فرصت‌های متعددی را به ارمغان آورد.

12- Key performance indicators
13- Post-Pade
۱۴- VodafoneZiggo یک شرکت هلندی است که طیف وسیعی از خدمات مخابراتی از جمله تلفن همراه و تلفن ثابت، اینترنت و تلویزیون را ارائه می دهد. این شرکت از طریق ادغام Vodafone Netherlands و Ziggo در سال ۲۰۱۷ تشکیل شد و اکنون یکی از ارائه دهندگان پیشرو مخابرات در هلند است.
15- Communication service provider

منابع:

[1] D. Singh, “Digital twins and 5G in Industry 4.0,” STL Partners, no. July, pp. 1–9, 2020.
[2] K. Bhadada, “Enhancing Innovation in Telecom with Digital Twins,” Harvard Bus. Rev. Anal. Serv., 2022.
[3] A. Parrott and W. Lane, “Industry 4.0 and the digital twin,” Deloitte Univ. Press, pp. 1–17, 2017, [Online]. Available: https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html
[4] Sam O’brien, “5 Digital Twin Use Cases,” IEEE Computer Society, 2023. https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/digital-twin-use-cases



محسن محمودی
کارشناسی مهندسی کامپیوتر از دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

قطعه‌بندی شبکه ابری بومی

شبکه‌های سلولی نسل پنجم یک پلتفرم کامل برای برنامه‌های کاربردی جدید، نوآورانه و متنوع اینترنت اشیا ارائه می‌دهند، مانند ارتباطات بسیار قابل اعتماد و کم تاخیر[1]، پردازش داده‌های بلادرنگ و پویا[2]، محاسبات فشرده[3] و اتصال انبوه دستگاه‌ها. قطعه بندی شبکه[4] به صورت انتها به انتها[5] رویکرد امیدوارکننده‌ای برای تخصیص و توزیع منابع ارائه می‌دهد که به اپراتورها اجازه می‌دهد به طور انعطاف پذیر شبکه‌های منطقی مجازی و اختصاصی مقیاس پذیر را بر روی زیرساخت فیزیکی مشترک ارائه دهند. در حالی که قطعه بندی شبکه وعده ارائه خدمات بر اساس تقاضا را می‌دهد، بسیاری از موارد استفاده آن، مانند خودروهای خودران، نیاز به ادغام پلتفرم محاسباتی لبه با دسترسی چندگانه[6] در شبکه‌های 5G دارند. محاسبات لبه[7] به عنوان یکی از محرک‌های کلیدی برای شبکه‌های 5G و 6G در نظر گرفته شده است، اما نقش آن در قطعه بندی شبکه همچنان باید به طور کامل بررسی شود. یک معماری میکروسرویس ابری بومی[8] به همراه موارد استفاده بالقوه آن برای قطعه بندی شبکه 5G پیش بینی می‌شود. این مقاله پیشرفت‌های اخیر در امکان پذیر کردن قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها، فناوری‌های فعال کننده[9]، راه‌حل‌ها و تلاش‌های استانداردسازی فعلی را شرح می‌دهد.

کلیدواژه: شبکه‌های 5G، محاسبات ابری، محاسبات لبه، قطعه‌بندی شبکه

مقدمه

همانطور که اپراتورهای شبکه پیش بینی می کنند، شبکه تلفن همراه نسل پنجم ارتباطات را به چشم انداز اینترنت همه چیز[10] نزدیکتر می کند. شبکه‌های 5G برای پشتیبانی نه تنها از اینترنت اشیا بلکه صنایع نوظهور در نظر گرفته شده‌اند. اینترنت اشیا نیاز به پشتیبانی از مجموعه متنوعی از خدمات مانند شهرهای هوشمند، بهداشت الکترونیکی، ساختمان‌های هوشمند، اینترنت وسایل نقلیه و غیره دارد. رشد سریع اینترنت اشیا به تنهایی به این معنی است که میلیاردها دستگاه در دهه آینده به شبکه متصل خواهند شد.

الزامات برای شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا متنوع است. خدماتی مانند شبکه‌های هوشمند، مدیریت چراغ‌های هوشمند، خانه‌های هوشمند و کشاورزی هوشمند، به تعداد زیادی اتصال نیاز خواهند داشت و به همین دلیل، پهنای باند ترانزیت بالا برای ترافیک تجمعی مورد نیاز خواهد بود. خدمات حیاتی مانند وسایل نقلیه خودران، رانندگی

1-Ultra-reliable and low latency communication
2-Real-time and dynamic data processing
3-Intensive computation
4-Network Slicing
5-End to End
6-Multi Access Edge Computing (MEC)
7-Edge Computing
8-Cloud Native
9-Enabling Technologies
10-Internet of Everything

مشارکتی خودرو، پایش سلامت از راه دور و کنترل صنعتی به ارتباطات بسیار قابل اعتماد و با تأخیر کم نیاز خواهند داشت.

الزامات ناهمگن و متنوع برای شهرهای هوشمند آینده نشان می‌دهد که طرح‌های شبکه فعلی مبتنی بر رویکرد متعارف «یک اندازه برای همه» دیگر مناسب نخواهد بود و طراحی شبکه 5G باید نیاز به طرح‌های شبکه مقیاس‌پذیر و انعطاف‌پذیر را منعکس کند. معماری‌های شبکه 5G باید برای ارائه تنوع سرویس، عملکرد تضمینی و زمان کوتاه ورود به بازار تکامل یابند تا اطمینان حاصل شود که از استقرار خدمات جدید، تخصیص منابع، کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای[11]، خودکارسازی خدمات و همگرایی دسترسی ثابت و همراه پشتیبانی می‌شود. تنوع و انتظارات انعطاف‌پذیری برای شبکه‌های 5G چالش مهمی را برای ارائه انعطاف پذیری سرویس در عین فعال کردن تنوع فناوری شبکه ایجاد می‌کند. برای غلبه بر این چالش‌ها، قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها یک فناوری توانمندساز کلیدی بالقوه است که از خدمات شبکه سفارشی شده از طریق تهیه نمونه‌های قطعه شبکه بر اساس تقاضا پشتیبانی می‌کند.

مفهوم قطعه بندی شبکه در نتیجه پیشرفت‌های اخیر در محاسبات ابری و مجازی سازی توابع شبکه پدید آمد. قطعه بندی شبکه، قطعه بندی منابع زیرساخت شبکه فیزیکی به شبکه‌های منطقی اختصاصی است که به این ترتیب امکان تفکیک عمودی شبکه‌ها، خدمات و برنامه‌ها را فراهم می‌کند. از شبکه‌های منطقی یا اختصاصی می‌توان برای ارائه راه‌حل‌های سفارشی برای انواع سرویس‌ها و سناریوهای کاربردی متمایز استفاده کرد.

NFV[12] یک فناوری کلیدی برای قطعه بندی شبکه 5G است زیرا امکان ایجاد و نمونه‌سازی NSI[13] ها را با انتزاع منابع زیرساخت مجازی و فیزیکی و ارائه پیکربندی‌ها و سیاست‌های سفارشی برای منابع منطقی اختصاصی فراهم می‌کند. منابع منطقی یا شبکه‌ها سپس به یک برنامه اختصاص داده می‌شوند که ممکن است شامل ارائه توابع شبکه مجازی باشد. VNF[14] ها از طریق پیوندهای منطقی یا مجازی به خوبی تعریف شده به هم مرتبط هستند تا NSI کامل تشکیل دهند.

شبکه نرم‌افزار محور (SDN[15]) نیز یکی از عوامل کلیدی برای قطعه‌بندی شبکه به صورت انتها به انتها است. SDN یک الگوی شبکه‌سازی است که صفحه‌های کنترل[16] و داده را از هم جدا می‌کند. کنترل کننده SDN مدیریت متمرکز و نمای کلی از توپولوژی شبکه را ارائه می‌کند که باعث افزایش کارایی تصمیم‌گیری مرتبط با جریان ترافیک شبکه می‌شود. SDN از عملیات برنامه‌ریزی‌شده انعطاف‌پذیر صفحه کنترل پشتیبانی می‌کند، SDN از طریق استقرار سریع برنامه‌های شبکه جدید و به‌روزرسانی‌شده، هدایت ترافیک، مدیریت تحرک برای ایستگاه‌های موبایل بی‌سیم و تغییر مسیر ترافیک برای جلوگیری از ازدحام ترافیک، این امکان را می‌دهد تا با ارائه زنجیره‌سازی سرویس پویا[17]، اتصال و هدایت ترافیک کارآمد بین VNF های مختلف که یک NSI را تشکیل می‌دهند، ممکن شود. کنترلرهای SDN با تبادل اطلاعات با کنترلرهای مجاور و دروازه‌های دامنه[18]، اطلاعات توپولوژی شبکه را حفظ می‌کنند.

هسته 5G به صورت ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

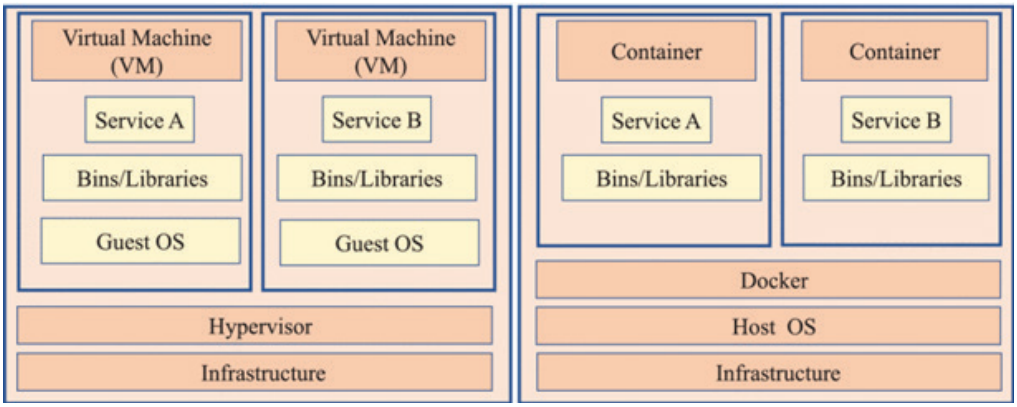
قطعه‌بندی شبکه 5G فرصت‌هایی را برای اپراتورهای شبکه فراهم می‌کند تا با ارائه موارد استفاده سازمانی جدید فراتر از خدمات پهنای باند موبایل پیشرفته، به افزایش قابل توجه درآمد برسند. برای ارائه موارد استفاده جدید، به فناوری‌های هسته 5G تکامل یافته نیاز است. طراحی نرم‌افزاری هسته 5G ابری بومی می‌تواند با ارائه خدمات بر اساس تقاضا، قطعه‌بندی شبکه را تسهیل کند.

ویژگی کلیدی برای 5G، در مقایسه با نسل‌های قبلی تلفن همراه، مبتنی بر سرویس بودن آن است، مانند mMTC، URLLC و eMBB، این ویژگی برای پشتیبانی از طیف گسترده‌ای از حوزه‌های کاربری است. برای ارائه خدمات متنوع با مجموعه متفاوتی از الزامات، اپراتورها باید بتوانند اجزای هسته 5G را در مراکز داده عمومی، محلی یا خصوصی و در هر مکان جغرافیایی به صورت پویا، بسته به تقاضای برنامه، مستقر کنند. بنابراین، طراحی هسته 5G باید انعطاف پذیر و قابل حمل باشد، که می‌توان این قابلیت را با تطبیق طراحی نرم افزار ابری بومی هسته 5G و انتقال VNF ها به CNF[19] ها به دست آورد، انتقال به CNF ها اجازه می‌دهد اجزای هسته (NF[20]) 5G بر روی کانتینرها اجرا شوند که این امر امکان خودکارسازی را در هر محیط ابری فراهم می‌کند. اصول ابری بومی را می‌توان در توابع کنترل و صفحه کاربر[21] هسته 5G، به ترتیب، AMF[22] SMF[23] و UPF[24]، برای دستیابی به انعطاف پذیری، مقیاس پذیری و کارایی عملکرد اعمال کرد. اپراتورها می‌توانند از رویکرد ابری بومی در UPF به طور کامل استفاده کنند، تا نیاز به سخت افزار اختصاصی برای مسیریابی و سوئیچینگ شبکه هسته را از بین ببرند. اصول طراحی و برخی از اجزای اصلی که رویکرد ابری بومی را در زمینه قطعه‌بندی شبکه 5G امکان‌پذیر می‌سازند در بخش‌های زیر توضیح داده شده‌اند.

اصول طراحی ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

عدم وابستگی: ابری بومی برای NF های 5G ضروری است. برای خدمات سفارشی بر اساس تقاضا، مانند URLLC، برنامه های کاربردی شبکه 5G نباید برای زیرساخت خاصی ساخته شوند. برنامه‌های

11-CAPEX
12-Network Function Virtualization
13-Network Slice Instance
14-Virtual Network Function
15-Software Defined Networking
16-Control Plane
17-Dynamic Service Chanining
18-Domain Gateway
19-Cloud Native Network Function
20-Network Function
21-User Plane
22-Session Management Function
23-Access and Mobility Management Function
24-User Plane Function



شکل ۱ - کانتینرها و ماشین‌های مجازی [۱]

کاربردی شبکه ابری بومی باید بتوانند روی هر زیرساختی که کوبرنتیز فعال اســت اجرا شــوند، زیرا این برنامه‌های کاربردی ابری بومی را می‌توان بسته به الزامات سرویس، به‌صورت توزیع شده در لبه، هسته یا ابر عمومی مستقر کرد.

نرم‌افزار به صورت ماژولار: برنامه‌های کاربردی شبکه 5G باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند به میکروسرویس‌ها تجزیه شوند. این امکان مدیریت چرخه حیات مستقل و مقیاس پذیری را فراهم می‌کند.

هماهنگی و خودکارسازی: برای مدیریت پیچیدگی برنامه‌های کاربردی 5G و موارد استفاده مبتنی بر ســرویس، ضروری است از هماهنگی لازم برای مدیریت برنامه‌های کاربردی و زیرساخت‌های ابری بومی استفاده و آن را توسعه دهیم.

فناوری‌های فعال‌سازی ابری بومی برای قطعه‌بندی شبکه

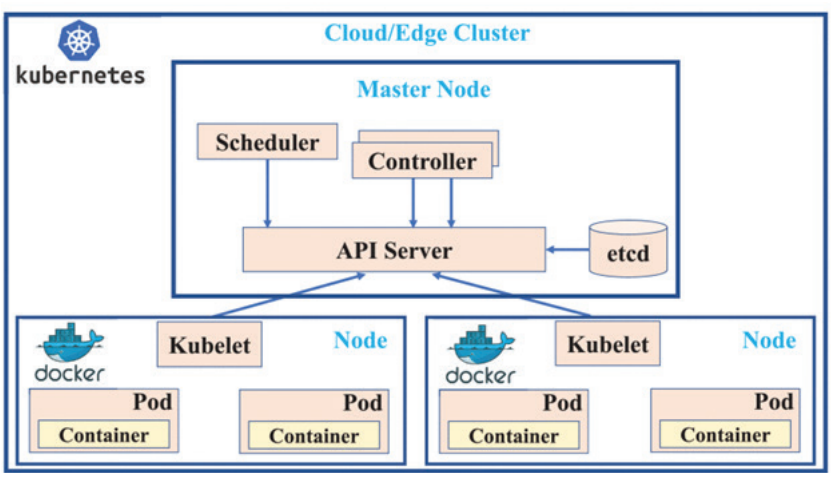
کانتینرها

کانتینرها یک جایگزین مجازی‌سازی سبک برای ماشین‌های مجازی هستند که از دو ویژگی هسته لینوکس استفاده می‌کنند: فضای نام[۲۵] و گروه‌های کنترل[۲۶]. فضای نام برای فعال کردن جداسازی برنامه با ارائه یک نمای محدود از محیط سیستم عامل زیرین، یعنی منابع شبکه (آدرس‌های IP، جداول مسیریابی و رابط‌ها) استفاده می‌شود. گروه‌های کنترل قابلیت اعمال محدودیت‌ها و اولویت‌بندی منابع سیستم (CPU و حافظه) را فراهم می‌کنند.

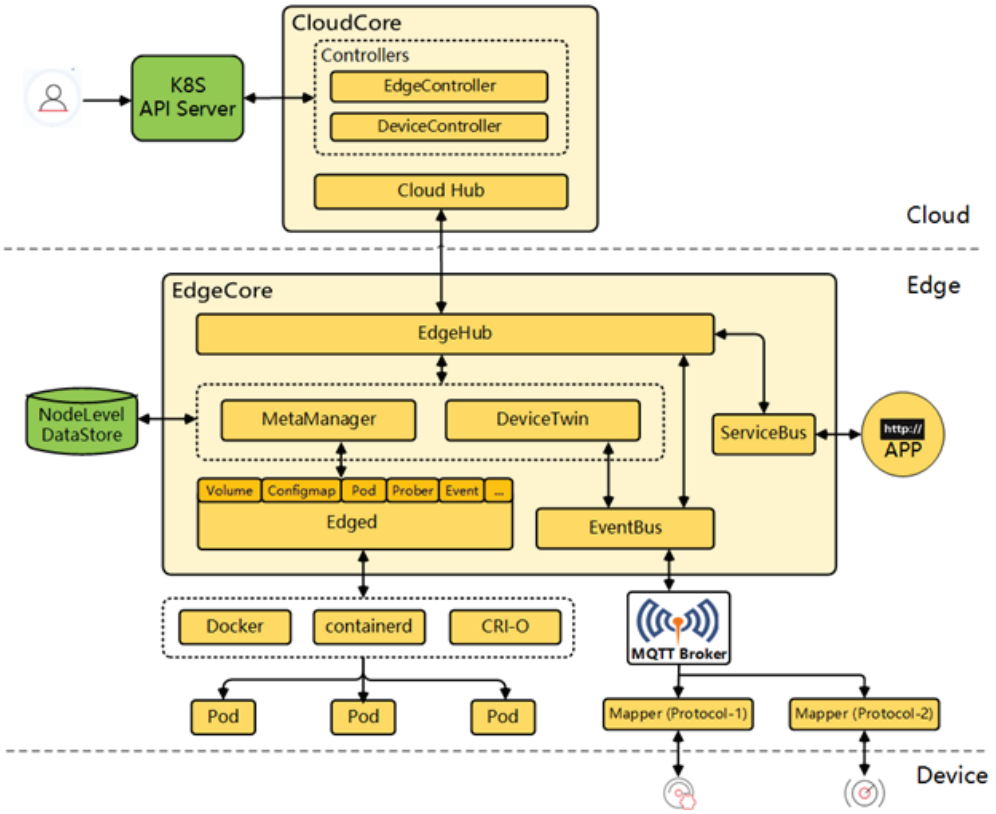
SBA[27] 5G و موارد استفاده آن، مانند MEC و قطعه‌بندی شبکه، به شدت به تکنیک‌های مجازی‌سازی متکی هستند. مجازی‌سازی مبتنی بر ماشین مجازی پیچیدگی و سربار را به سیستم اضافه می‌کند، زیرا ماشین‌های مجازی نیاز به بسته‌بندی کل سیستم عامل به همراه برنامه‌ها یا توابع میزبانی شده دارند. در مقایسه با ماشین‌های مجازی، کانتینرها می‌توانند با بسته‌بندی فقط برنامه یا تابع و وابستگی‌های خاص برنامه، سربار را کاهش دهند. یکی از پرکاربردترین فناوری‌های کانتینریزاسیون Docker است، زیرا توانایی ارائه قابلیت حمل و مقیاس پذیری را دارد. مزیت استفاده از کانتینرها به جای ماشین‌های مجازی برای قطعه‌بندی شبکه را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد.

کانتینرها امکان استقرار کارآمد میکروسرویس‌ها را فراهم می‌کنند، جایی که هر قسمت از سرویس را می‌توان به کانتینرهای جداگانه تقسیم و در POD بسته‌بندی کرد که در آن می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. این امکان توسعه ماژولار، مقیاس بندی کارآمد و

25-Namespace
26-Control Groups
27-Service Based Architecture



شکل ۲ - معماری کوبرنتیز [۱]



شکل ۳- معماری KubeEdge[۲]

مدل‌های استقرار را فراهم می‌کند. کانتینرها بخش جدایی ناپذیر از چارچوب NFV در نظر گرفته می‌شوند که فناوری کلیدی فعال‌سازی برای قطعه‌بندی شبکه است.

کوبرنتیز

Docker با بسته بندی و توزیع برنامه‌ها یا توابع سروکار دارد، در حالی که از پلتفرم کوبرنتیز برای مقیاس بندی، اجرا و نظارت بر برنامه‌ها یا توابع استفاده می‌شود. کوبرنتیز همچنین به عنوان یک اُرکستراتور کانتینر شناخته می‌شود که استقرار خودکار، زمان‌بندی، مقیاس‌بندی و هماهنگی برنامه‌های کانتینری را فراهم می‌کند. کوبرنتیز کانتینرها را به طور مستقیم اجرا نمی‌کند، در عوض، یک یا چند کانتینر در یک معماری سطح بالا به نام POD بسته بندی می‌شوند. کانتینرها در یک POD منابع و شبکه را به اشتراک می‌گذارند و با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. معماری کلی خوشه کوبرنتیز شامل حداقل یک گره کنترلی[۲۸] و چندین گره پردازشی است.

Openstack

Openstack به دلیل ماهیت انعطاف‌پذیر و ماژولار خود، به عنوان یکی از نامزدهای ایده آل برای فعال کردن موارد استفاده محاسبات لبه در 5G نیز در نظر گرفته می‌شود. Openstack یک نرم افزار متن باز است که برای پیاده‌سازی زیرساخت‌های ابری خصوصی و عمومی استفاده می‌شود و پشتیبانی قوی از فناوری‌های مجازی سازی و کانتینریزاسیون ارائه می‌دهد. همچنین Openstack به عنوان یک سیستم عامل ابری نامیده می‌شود که استخرهای[۲۹] بزرگی از منابع مانند محاسبات، شبکه و ذخیره سازی را در مراکز داده مدیریت و کنترل می‌کند. Openstack یک پلتفرم نرم‌افزاری زیرساختی بسیار توزیع شده را فراهم می‌کند و امروزه در تعداد زیادی از مراکز داده در سراسر جهان استفاده می‌شود. به تازگی، توسط صنعت مخابرات برای پیشبرد موارد استفاده محاسبات لبه پذیرفته شده است.

سناریوهای استقرار

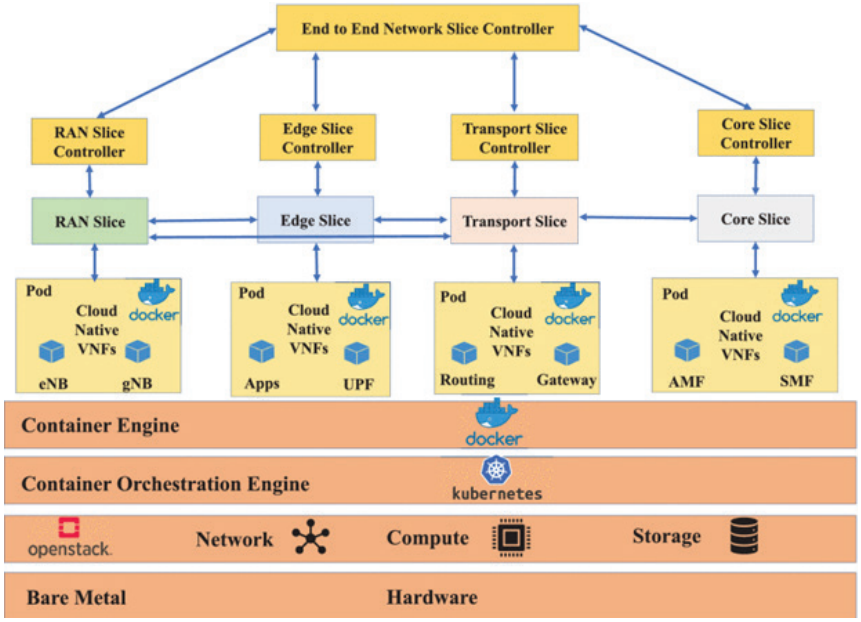
چندین سناریوی استقرار وجود دارد که در آن می‌توان از رویکرد ابری بومی، مانند Kubernetes،Docker و OpenStack برای تهیه موارد استفاده متمرکز بر سرویس قطعه‌بندی شبکه فعال‌شده توسط MEC استفاده کرد. به عنوان مثال، کل خوشه کوبرنتیز را می‌توان در یک بسته سبک وزن قرار داد و در لبه مستقر کرد، جایی که می‌تواند برنامه‌های کاربردی حوزه‌های کاری مختلف و توابع هسته 5G ابری بومی را به عنوان کانتینر در حال اجرا در داخل PODها میزبانی کند. رویکرد دیگری که پیشنهاد شده است، این است که به جای استقرار کل خوشه کوبرنتیز در لبه، صفحه کنترل مستقر در ابر، کانتینرها و PODها در حال اجرا در گره های لبه را مدیریت کنند. این رویکرد همچنین توسط سیستم متن باز به نام KubeEdge پیشنهاد شده است. در شکل ۳ معماری KubeEdge مشخص شده است.

معماری ابری بومی و مزایای آن

قابلیت مدیریت خودکار و مقیاس پذیری VNF های ابری بومی آن‌ها

28-Master Node/Control Node

29-Pool

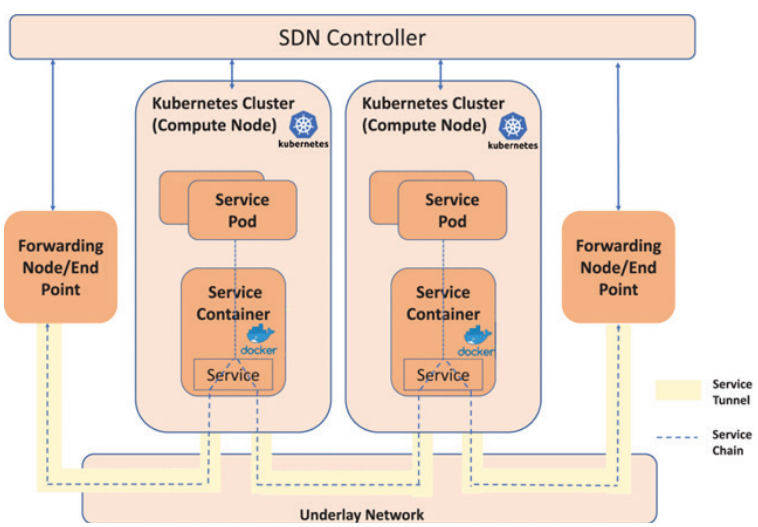


شکل ۴- قطعه‌بندی شبکه به صورت ابری بومی [۱]

را از VNF های سنتی متمایز می کند. در ادامه برخی از مزایای کلیدی VNF های ابری بومی که بر محدودیت های VNF های سنتی غلبه می کنند، آمده است:

- نصب و پیکربندی خودکار VNFها
- مقیاس پذیری خودکار و پویای منابع شبکه و VNFها بسته به حجم کاری
- خود ترمیمی و تحمل خطا که در آن پلتفرم ارکستراسیون ابری بومی به طور خودکار VNFهای معیوب را راه اندازی مجدد می کند.
- پایش عملکرد خودکار VNFها برای تجزیه و تحلیل گلوگاه‌ها، برای بهبود عملکرد کلی
- مدیریت ساده و نرم افزاری که امکان کاهش مصرف انرژی را فراهم می کند.
- قابلیت استفاده مجدد و قابلیت حمل بالا که توسط پلتفرم کانتینریزاسیون سبک وزن امکان پذیر شده است.

در گذشته در مورد قطعه بندی شبکه، به طور کامل هسته 5G ابری بومی و معماری میکروسرویس‌ها در نظر گرفته نمی‌شد. همچنین، بیشتر تحقیقات موجود مزایای استفاده از مجازی سازی مبتنی بر کانتین VNF ها را ارائه نمی‌دهند. ماشین‌های مجازی و Hypervisor اغلب برای مجازی سازی استفاده می‌شدند. بر اساس اصول طراحی شناسایی شده در این مقاله، معماری برای قطعه بندی شبکه ابری بومی فعال شده توسط MEC متصور شده است که از مزایای فعال کردن ویژگی‌های جدید برای NFV با فناوری های ابری بومی، مانند کانتینرهای Docker و Kubernetes بهره می‌برد. جریان منطقی تهیه قطعات شبکه به صورت انتها به انتها از همان فرآیند پیروی



شکل ۵- زنجیره‌بندی سرویس [۱]

می کند، اما از فناوری‌های ابری بومی برای متصور شدن یک پشته NFV ابری بومی به جای ارکستراتور (های) مجازی سازی سنتی استفاده می شود.

زنجیره‌بندی سرویس در محیط ابری بومی

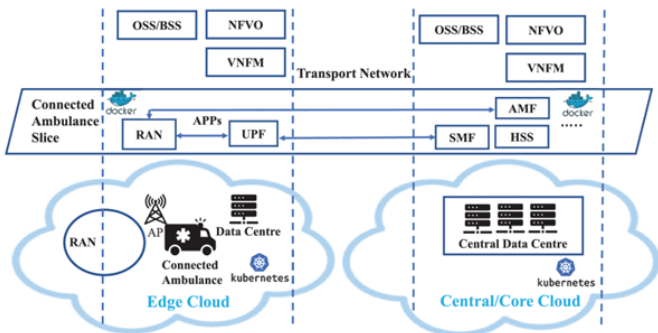
در یک محیط ابری بومی، سرویس‌ها با ایجاد کانتینرها و PODها ارائه می‌شوند تا به‌طور پویا یک یا چند سرویس را به ترافیک از یک نقطه پایانی به دیگری اعمال کنند. برای ایجاد زنجیره‌ای سرویس، SDN می‌تواند ایجاد تونل‌ها در سراسر شبکه زیرین را که تمام سرویس‌های زنجیره را پوشش می‌دهد، تسهیل کند. شکل ۵ دو گره پردازشی مستقر در یک خوشه کوبرنتیز را نشان می‌دهد که هر کدام دارای یک نمونه سرویس و ترافیکی هستند که از یک نقطه به نقطه دیگری منتقل می‌شوند.

بررسی نمونه‌های کاربردی نیازمند قطعه‌بندی شبکه ابری بومی

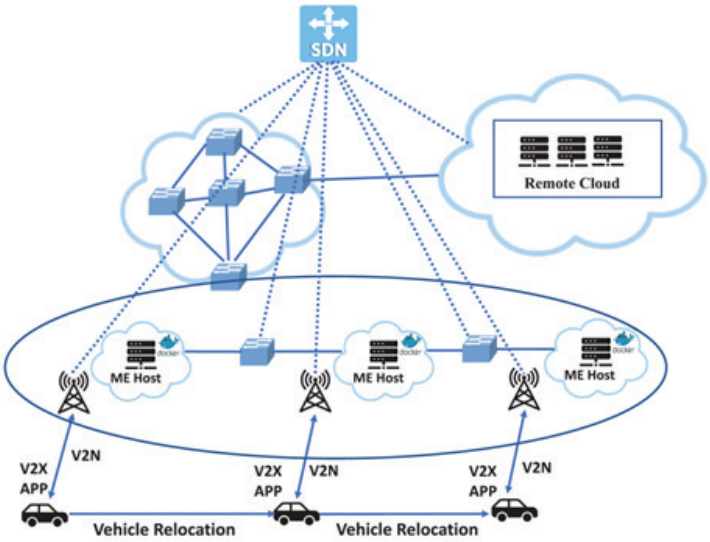
بهداشت و سلامت

آمبولانس متصل به 5G یکی از مهم ترین موارد استفاده از قطعه بندی شبکه است. هدف این کاربرد بهبود خدمات آمبولانس و ارائه مراقبت‌های بهداشتی و کمک های اولیه بلادرنگ به بیماران است. چشم انداز این کاربرد، فعال کردن یک آمبولانس متصل برای خدمت به عنوان یک لبه سیار (هاب اتصال) برای تجهیزات پزشکی اضطراری یا دستگاه‌های پوشیدنی است که امکان پخش و ذخیره‌سازی پویا و بلادرنگ داده‌های بهداشتی بیمار را برای گروه اضطراری منتظر در بیمارستان مقصد فراهم می کند. از طریق فیدهای ویدئویی بلادرنگ و ارائه بینش بیمار، گروه اضطراری قادر خواهند بود از پرسنل فوریت‌های پزشکی که از بیماران مراقبت می کنند با پشتیبانی تصمیم گیری هوشمندانه حمایت کنند.

این مورد استفاده، مستلزم استقرار قطعات URLLC بر اساس تقاضا برای فعال کردن ارتباط داده های بیمار (فیدهای ویدئویی) فشرده و بلادرنگ بین پرسنل فوریت‌های پزشکی و تیم اضطراری منتظر در بیمارستان مقصد است. این مورد استفاده را می توان با سناریوهای مختلف معماری میکروسرویس 5G ابری بومی پیش بینی شده برای



شکل ۶- آمبولانس با تجهیزات 5G و زیرساخت ابری [۱]



شکل ۷- V2X[۱]

قطعه بندی شبکه پشتیبانی کرد. به عنوان مثال، موردی را در نظر بگیرید که آمبولانس دارای مرکز داده کوچک[۳۰] اختصاصی خود با قابلیت میزبانی VNFها باشد. از آنجایی که مورد آمبولانس متصل نیاز به ارائه URLLC دارد، VNFهای صفحه کنترل را می‌توان در مرکز داده مرکزی قرار داد، در حالی که VNFهای صفحه کاربر و همچنین RAN مجازی (vRAN) و برنامه‌های کاربردی آمبولانس متصل را می‌توان در مرکز داده کوچک آمبولانس قرار داد که در شکل ۶ نشان داده شده است.

مورد استفاده V2X برای خدمات URLLC

ارتباط V2X مستلزم ارائه خدمات پهنای باند بالا و URLLC است. برخی از برنامه‌های V2X نظیر برنامه‌های ایمنی پیشرفته، مانند برنامه‌های یادگیری ماشین برای تشخیص الگو، طبقه‌بندی و رانندگی مشارکتی برای ارتباط V2V، نیاز به ارتباط کم تأخیر دارند. پروژه METIS اروپا تأخیر به صورت انتها به انتها را کمتر از پنج میلی‌ثانیه و قابلیت اطمینان ۹۹,۹۹ درصد پیش‌بینی می‌کند. از اهداف کلیدی پروژه METIS می‌توان به توسعه طراحی جامع شبکه دسترسی رادیویی 5G و ارائه ابزارهای فنی لازم برای ادغام و استفاده کارآمد از انواع فناوری‌ها و اجزا 5G اشاره نمود.

MEC با ارائه منابع محاسبات ابری نزدیک‌تر به کاربران نهایی در لبه شبکه، وعده قابل توجهی را در اینجا ارائه می‌دهد. میزبان MEC یا MEH[۳۱] منابع محاسباتی، ذخیره‌سازی و شبکه را برای میزبانی برنامه‌ها و خدمات V2X مختلف فراهم می‌کند. در پاسخ به الزامات تحرک بالای مورد استفاده V2X، برنامه‌ها و خدمات باید به طور یکپارچه از یک MEH به MEH مجاور مهاجرت کنند، در حالی که تأخیر و وقفه خدمات کاهش یافته است.

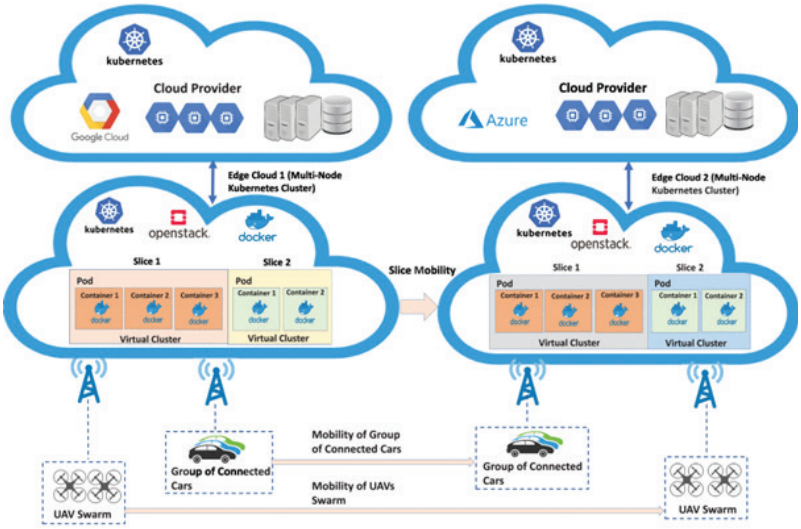
این مورد استفاده را می‌توان با رویکرد مبتنی بر کانتینر یزاسیون برای قطعه بندی شبکه پشتیبانی کرد. کانتینرهای Docker سبک از قابلیت حمل و استقرار بلادرنگ برنامه‌های توزیع شده پشتیبانی می‌کنند. ویژگی‌های ارائه شده توسط راه‌حل‌های مبتنی بر کانتینر Docker آن را به یک عامل کلیدی برای MEC تبدیل می‌کند.

برای سناریوی تحرک بالا، با حرکت وسیله نقلیه از ناحیه سرویس یک MEH به دیگری، MEO[۳۲] با استفاده از سرویس اطلاعات شبکه رادیویی (RNIS[33])، مسیر وسیله نقلیه را ردیابی می‌کند و MEH هدف مناسب را پیدا می‌کند. با استفاده کامل از ماژولار بودن ارائه شده توسط راه حل کانتینر شده، برنامه‌ها و خدمات را می‌توان به صورت بلادرنگ به MEH هدف انتقال داد، به عنوان مثال، نمونه‌های سرویس و برنامه در MEH هدف تکرار می‌شوند. کنترلر SDN قوانین ترافیک را دوباره پیکربندی می‌کند و جریان‌های جدیدی را برای هدایت مجدد ترافیک از وسیله نقلیه به سمت MEH هدف نصب می‌کند. این مورد استفاده را می‌توان در شکل ۷ مشاهده کرد.

قابلیت تحرک در قطعه شبکه و مهاجرت سرویس در ابرهای لبه ابری بومی

5G از موارد استفاده جدیدی در حوزه‌های مختلف پشتیبانی می‌کند که نیاز به رویکردهای تحرک جدید فراتر از رویکردهای سنتی مبتنی بر دستگاه دارند. برای مثال، خدمات ارتباطی با تأخیر کم که در لبه مستقر می‌شوند و توسط گروهی از کاربران سیار، مانند گروهی از خودروهای متصل یا وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAV) به اشتراک گذاشته می‌شوند، مدل حرکتی متفاوتی نسبت به مدل‌های سنتی دارند. برای اطمینان از تداوم سرویس، با حرکت کاربران از ناحیه سرویس یک ابر لبه به دیگری، فایل‌های پیکربندی سرویس و منابع قطعه نیز باید به صورت بلادرنگ به ابر لبه مقصد منتقل شوند. رویکرد ابری بومی را می‌توان برای پشتیبانی از قابلیت جابه‌جایی پذیری[۳۴] استفاده کرد، زیرا استفاده از ویژگی‌های پیشرفته کانتینر، امکان انتقال خدمات لبه از یک ابر لبه به

30-Mini DC
31-MEC Host
32-MEC Orchestrator
33-Radio Network Information Service
34-Portability



شکل ۸- تحرک قطعه شبکه [۱]

دیگری به صورت بلادرنگ فراهم می‌شود.

ارزیابی اولیه‌ای از رویکرد ابری بومی برای پشتیبانی از مهاجرت بلادرنگ خدمات ارتباطی به اشتراک گذاشته شده توسط گروهی از کاربران سیار در سراسر ابرهای لبه مختلف انجام شده است. شکل ۸ بستر آزمایش تجربی را نشان می‌دهد که برای شبیه سازی تحرک قطعه در سراسر ابرهای لبه مختلف مستقر شده به عنوان خوشه‌های کوبرنتیز چندنودی در مناطق مختلف در Google Cloud Platform ایجاد شده است. به خوشه‌های Kubernetes 3 CPU و ۱۱,۲۵ گیگابایت حافظه اختصاص داده شده است. در آزمایش فرض شده است که گروهی از کاربران سیار، مانند گروهی از UAV[35] و گروهی از خودروهای متصل، به ترتیب توسط قطعه ۱ و قطعه ۲ سرویس می‌گیرند. قطعات شامل چندین سرویس هستند که به عنوان کانتینر در PODهای مربوطه خود اجرا می‌شوند. قطعات با تشکیل خوشه‌های مجازی با تعریف Namespaceهای مختلف در خوشه Kubernetes جدا می‌شوند. خوشه‌های مجازی امکان مهاجرت یکپارچه و موازی همه سرویس‌های تعریف شده در Namespace را فراهم می‌کنند.

چالش‌ها و مسیر تحقیقات آتی

چالش‌ها و مسیر تحقیقات آتی به شرح ذیل خواهد بود.

انطباق هسته 5G ابری بومی

انطباق هسته 5G ابری بومی برای بهره‌مندی کامل از کارکردهای ابری بومی، مانند اتوماسیون خدمات، مقیاس‌دهی پویا برنامه‌ها و NFها و استفاده کارآمد از قابلیت‌های ذخیره سازی و محاسباتی، ضروری است. برای پذیرش کامل معماری ابری بومی، NFهای هسته ای باید به گونه‌ای طراحی شوند که کاملاً با معماری میکروسرویس ابری بومی سازگار باشند. برای مثال، نقش UPF مدیریت ترافیک دریافتی از دستگاه‌های کاربر نهایی و انجام عملیات مختلفی مانند مدیریت جلسات و مسیریابی ترافیک به لبه است. برای تبدیل UPF به ابری بومی، چالش این است که یک راه حل پردازش بسته‌ای طراحی شود که کاملاً با کانتینرها سازگار باشد و بتواند به صورت الاستیک مقیاس بندی شود. علاوه بر این، باید مقرون به صرفه نیز باشد، به عنوان مثال، نیاز به CPU کاهش یابد.

ترکیب کانتینرها و ماشین‌های مجازی

ممکن است نتوان NFها را ابری بومی کرد و با رویکرد میکروسرویس بدون حالت[36]، سازگار کرد، زیرا ممکن است همه برنامه‌ها از رویکرد ابری بومی بهره‌مند نشوند، به عنوان مثال، LANها و WANها. همزیستی هر دو فناوری کانتینرها و ماشین‌های مجازی ممکن است راه پیش رو باشد. بنابراین، به تلاش‌های تحقیقاتی بیشتری برای توسعه یک پلتفرم ارکستراسیون نیاز است که دو نوع مختلف از بارهای کاری را به هم متصل کند، به عنوان مثال، ماشین‌های مجازی ارکستر شده توسط OpenStack و PODهایی که توسط Kubernetes مدیریت شده‌اند. در این خصوص تحقیقات محدودی تاکنون انجام شده است.

جداسازی قطعه شبکه برای خدمات شرکت‌های دیگر[37] در محیط ابری بومی

انتظار می‌رود شبکه‌های تلفن همراه 5G آینده از ایجاد قطعه‌های شبکه‌ای پشتیبانی کنند که ممکن است در اختیار سازمان‌ها و شرکت‌های دیگر، قرار گیرد. پلتفرم‌های ارکستراسیون سنتی ابری بومی، به عنوان مثال، Kubernetes، یک مدل شبکه تخت ارائه می‌کنند که در آن منابع ایجاد شده، به عنوان مثال، PODها، می‌توانند با یکدیگر تعامل داشته باشند. بنابراین، پیش نیاز پشتیبانی از خدمات بسیار حساس در یک قطعه شبکه، توسعه یک سیاست مؤثر برای ارائه جداسازی بین PODها و خدمات مختلف است.

انتقال هوشمندی و محاسبات خاص کاربر به لبه

در نسل‌های بعدی شبکه‌های موبایل، پیش‌بینی شده است که محاسبات

35- Unmanned Aerial vehicles

36- Stateless

37- Third Party

خاص کاربر و هوشمندسازی به لبه منتقل شوند. بهره‌گیری از محاسبات لبه به برنامه‌های محاسباتی فشرده و نیازمند تاخیر پایین اجازه می‌دهد تا در لبه اجرا شوند. تعداد فزاینده دستگاه‌های هوشمند در کاربردهایی نظیر برنامه‌های شهر هوشمند، حجم عظیمی از داده‌های محلی را تولید می‌کند که برای پردازش به ابر متمرکز منتقل می‌شود و منجر به تأخیر و پیچیدگی محاسباتی در ابر می‌شود. برای مقابله با این چالش‌ها، چشم‌انداز شبکه‌های نسل بعدی، تسهیل موارد استفاده هوش مصنوعی در ابر لبه است. انتقال قابلیت هوش مصنوعی و محاسبات به لبه، موارد استفاده و خدمات جدیدی مانند خودروهای خودران، واقعیت مجازی موبایل و برنامه‌های واقعیت ترکیبی را امکان پذیر می‌کند. چالش این است که برای تحقق خدمات جدید، معماری‌های شبکه عصبی کارآمد و جدیدی بر روی لینک بی‌سیم در لبه شبکه طراحی شود.

بهره‌گیری از یادگیری ماشین برای استفاده کارآمد از منابع

الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مانند ماشین بردار پشتیبان[38] (SVM) و یادگیری تقویتی عمیق[39] (DRL)، در قطعه‌بندی شبکه هنوز به طور کامل مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است. برای مثال، SVM را می‌توان به عنوان یک ابزار کارآمد برای طبقه بندی الزامات سرویس استفاده کرد که به انتخاب قطعه شبکه کمک می‌کند و DRL را می‌توان در مسائل تخصیص منابع وابسته به بار کاری پویا مانند تخصیص کارآمد و پویای منابع به هر شبکه منطقی (تخصیص منابع قطعه) در یک شبکه فیزیکی مشترک به اشتراک گذاشت.

راه حل‌های قرارگیری کنترلر

قطعه بندی شبکه از تحقق خدمات به صورت انتها به انتها بر حسب تقاضا پشتیبانی می‌کند که هر کدام الزامات خاص خود را دارند، مانند تأخیر، پهنای باند و در دسترس بودن. بسته به الزامات سرویس، NF های هسته 5G را می‌توان در مراکز داده عمومی، محلی یا خصوصی در هر مکان جغرافیایی مستقر کرد. بنابراین، چالش این است که استراتژی قرارگیری مطلوب را برای کنترلر قطعه شبکه به صورت انتها به انتها پیدا کنیم که مدیریت قطعه را با توجه به الزامات خاص سرویس امکان پذیر کند. همچنین، تعیین تعداد مطلوب کنترلرهای مورد نیاز برای هر قطعه یک موضوع باز است که باید مورد بررسی قرار گیرد.

جداسازی و تعامل صفحه کنترل

کسب و کارهای حوزه‌های مختلف ممکن است الزامات سرویس متفاوتی داشته باشند، به عنوان مثال، صنعت خودروسازی ممکن است به یک برنامه کنترل، یعنی برنامه مدیریت تحرک برای برآورده کردن الزامات سرویس تحرک بالا نیاز داشته باشد. چالش‌ها، ارائه یک صفحه کنترل جدا و سفارشی برای مشتریان حوزه‌های مختلف به جای یک

38- Support Vector Machine
39- Deep Reinforcement Learning

صفحه کنترل مشترک است. این قابلیت به کسب و کارهای حوزه‌های مختلف اجازه می‌دهد تا یک برنامه کنترل سفارشی برای برآورده کردن الزامات سرویس ارائه دهد. همچنین، رابط‌ها و تعاریف جدیدی مورد نیاز است که تعامل صفحه کنترل SDN با قطعه‌های شبکه را تسهیل کند. تعامل صفحه کنترل SDN با قطعه‌های شبکه یک موضوع باز است که باید مورد بررسی قرار گیرد.

جمع‌بندی

قطعه‌بندی شبکه مبتنی بر NFV، SDN، MEC و هسته 5G ابری بومی به عنوان یک فناوری فعال ساز کلیدی برای اپراتورها و ارائه‌دهندگان خدمات شبکه 5G در حال ظهور است تا فرصت‌های درآمدی جدیدی را به دست آورند و خدمات سفارشی جدید و نوآورانه را بر اساس تقاضا ارائه دهند. با این حال، برای دستیابی کامل به اهداف متمرکز بر خدمات 5G، مسائل و چالش‌های فنی متعددی از جمله یکپارچه‌سازی[40] قطعه بندی در میان بخش‌های سیستمی[41] متعدد، انطباق هسته 5G ابری بومی برای پشتیبانی از موارد استفاده MEC، زنجیره‌بندی خدمات پویا و طراحی و جایگذاری کنترلر باقی می‌ماند. در این مقاله تلاش‌های اخیر و پیشرفت‌هایی که در تحقق قطعه بندی شبکه به صورت انتها به انتها، فناوری‌های فعال کننده کلیدی مانند NFV برای پشتیبانی مجازی سازی، MEC برای خدمات URLLC، هسته 5G ابری بومی برای اتوماسیون خدمات و SDN برای زنجیره بندی خدمات پویا و مدیریت VNF، بررسی شده است. با توجه به اینکه موارد استفاده NFV و 5G شروع به انتقال به یک پلتفرم ابری بومی کرده‌اند، پذیرش برنامه‌های کاربردی و NF ابری بومی در میان اپراتورهای شبکه برای مقیاس پذیری خدمات، عدم وابستگی، قابل حمل بودن و اتوماسیون در حال افزایش است. در این مقاله همچنین، یک معماری ابری بومی فعال شده با SDN و MEC برای قطعه بندی شبکه 5G به همراه برخی از موارد استفاده بالقوه آن پیش بینی شده است، پیشرفت اخیر صورت گرفته توسط استانداردسازی صنعت و تحقیق در مورد قطعه بندی شبکه 5G مورد بحث قرار گرفته است و مسائل باز تحقق چشم انداز آینده قطعه بندی شبکه 5G شناسایی شده است.

40- Federation
41- Administrative Domains

منابع:

[1] S. D. A. Shah, M. A. Gregory and S. Li, "Cloud-Native Network Slicing Using Software Defined Networking Based Multi-Access Edge Computing: A Survey," in IEEE Access, vol. 9, pp. 10903-10924, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3050155.

[2] https://release-1-15.docs.kubeedge.io/docs/

فناوری همراه
Fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم
رصد فناوری

افزایش قدرت انقلاب صنعتی چهارم با محاسبات ابری

در عصر تحول دیجیتال، انقلاب صنعتی ۴,۰ به عنوان یک الگوی انقلابی ظهور کرده است که عملیات تجاری را از طریق ادغام فناوری‌های پیشـــرفته باز تعریف می‌کند. این مقاله اصول بنیادی انقلاب صنعتی ۴,۰ و رابطه آن با رایانش ابری را بررسی می‌کند. همچنین در معماری در حال تحول صنعت ۴,۰ عمیق شـــده و نقش محوری را که رایانش ابری در امکان پذیر کردن آمیختگی یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و دیجیتال ایفا می‌کند، برجسته می‌شود. در این مقاله چالش‌ها و چشـــم‌انداز این ادغام با تاکید بر نیاز به امنیت داده‌ها، مدیریت ماهرانه زیرساخت‌های ابری پیچیده و قابلیت همکاری بین دستگاه‌ها و سیستم‌های متنوع نیز بررسی می‌شود. علاوه بر این، برنامه‌های کاربردی دنیای واقعی ارائه می‌شود که تأثیر عملی ترکیب صنعت ۴,۰ و رایانش ابری را در بخش‌های مختلف مانند تولید، مدیریت زنجیره تامین، مراقبت‌های بهداشتی و کشاورزی به نمایش می‌گذارد. در آینده، انتظار داریم ادغام این دو فناوری ادامه یابد و با هم‌افزایی محاسبات لبه‌ای، شبکه 5G، فناوری بلاک چین، قابلیت‌های پیشرفته هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی و مدل‌های ابری ترکیبی تکامل یابد. هم افزایی انقلاب صنعتی ۴,۰ و رایانش ابری نویدبخش تحول در تولید است و سبب توسعه صنایع و افزایش بهره‌وری در حوزه‌های مختلف صنعت خواهد شد.

کلیدواژه: محاسبات ابری، انقلاب صنعتی چهارم، صنایع تولیدی، مدیریت زنجیره تامین، بهداشت و درمان، کشاورزی

مقدمه

در عصر دیجیتالی، تلفیق فناوری‌های پیشرفته به وجود انقلابی منجر شده است که به نام انقلاب صنعتی چهارم شـــناخته می‌شـــود. این تغییر پارادایم صنعتی توانایی‌های اتوماسیون، تحلیل داده، اینترنت اشیاء (IoT) و محاسبات ابری را به کار می‌گیرد تا چگونگی عملکرد و رقابت کسب‌وکارها را تعریف مجدد کند. در میان این فناوری‌های تغییردهنده، محاسبات ابری نقش کلیدی ایفا می‌کند و به عنوان ستون فقراتی برای یکپارچه‌سازی بی‌نقص مفاهیم انقلاب صنعتی چهارم عمل می‌کند. در این مقاله، به ارتباط انقلاب صنعتی چهارم با محاسبات ابری و نحوه این ترکیب، جهت تغییر در آینده تولید، بیشتر خواهیم پرداخت.

نقش محاسبات ابری در انقلاب صنعتی چهارم

در سال‌های اخیر، محاســـبات ابری نقش بسزایی در تکامل انقلاب صنعتی چهارم ایفا کرده است. این توســـعه‌ها به عوامل کلیدی زیر نسبت داده می‌شود:

قابلیت تغییر اندازه و انعطاف پذیـــری: پلتفرم‌های ابری به راحتی قابلیت تغییر اندازه و انعطاف‌پذیری بیشتر و اجازه تنظیم منابع محاسباتی براساس تقاضا را می‌دهند. این قابلیت در محیط‌های تولید

پویا بسیار حیاتی است.

تحلیل داده‌های پیشرفته: زیرساخت ابری قدرت محاسباتی مورد نیاز برای انجام تحلیل داده‌های پیشرفته را فراهم می‌کند. از جمله خدماتی که به اینگونه تحلیل داده‌های سنگین نیاز دارند، تعمیرات قابل پیش‌بینی[1]، کنترل کیفیت و بهینه‌سازی فرآیندها است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی سنگین در اینگونه خدمات بدون چالش در محیط‌های ابری قابل اجرا هستند.

یکپارچه‌سازی از لبه تا ابر: همکاری بین محاسبات لبه و ابر به صورت یکپارچه‌تر شده است، این امر اجازه پردازش داده‌های بلادرنگ در لبه را، در اختیار می‌گذارد و هم‌چنین از منابع ابری برای تجزیه و تحلیل عمیق استفاده می‌کند.

اتصال پذیری و تعامل پذیری: سرویس‌های ابری اتصال پذیری و تعامل پذیری بین دستگاه‌ها و سیستم‌های مختلف در اکوسیستم انقلاب صنعتی چهارم را تسهیل می‌کنند. این امر تبادل داده و ارتباطات بهینه‌تری را فراهم خواهد نمود.

معماری ابری در انقلاب صنعتی چهارم

معماری ابری در انقلاب صنعتی چهارم، سیستم قدرتمند و کارآمدی برای تولید مدرن ایجاد می‌کند. برخی المان‌ها به شرح ذیل است.

دستگاه‌های لبه: این دستگاه‌ها سنسورها و تجهیزات فیزیکی هستند که در کارخانه‌ها و در فرآیند تولید قرار می‌گیرند. آن‌ها داده‌های مرتبط با عملکرد ماشین‌ها، دما، کنترل کیفیت و موارد دیگر را به صورت بلادرنگ جمع‌آوری می‌کنند.

اتصال پذیری: داده‌های جمع‌آوری شده در لبه به وسیله پروتکل‌های اتصالی امن به سرویس‌های ابری انتقال داده می‌شوند. این داده‌ها پایه‌ای برای تحلیل داده و تصمیم‌گیری شکل می‌دهند.

زیرساخت ابری: در زیرساخت ابری، داده‌ها ذخیره، پردازش و تحلیل می‌شوند. شرکت‌ها می‌توانند از مدل‌های خدمات ابری مختلف (IaaS, PaaS, SaaS) بر اساس نیازهای خود استفاده کنند.

تحلیل داده: ابزارهای تحلیل داده مبتنی بر ابر، اغلب توسط هوش مصنوعی و یادگیری ماشین توانمند شده‌اند و به درک دقیق از داده‌ها کمک می‌کنند. پیش‌بینی نگهداری، کنترل کیفیت و بهینه‌سازی فرآیندها تعدادی از کاربردها هستند.

امنیت سایبری: با توجه به اهمیت داده به عنوان دارایی مهم، ارائه‌دهندگان خدمات ابری برای طراحی زیرساخت‌های امنیت سایبری به منظور محافظت در برابر تهدیدات و تضمین امانت داده‌ها برنامه‌ریزی می‌کنند.

المان‌های مذکور به صورت کلی ارائه شده بود، همچنین Open Industry 4.0 Alliance معماری مرجع پیشنهاد داده است که در آن تسهیل تحول دیجیتال مورد نیاز برای پیشرفت نیازمندی‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی و فرآیندهای اتوماسیون در نظر گرفته شده است. هدف این اتحادیه گردآوری شرکت‌های پیشرو در مهندسی، اتوماسیون صنعتی، نرم‌افزار، سخت‌افزار و صنایع خدماتی به منظور همکاری در تدوین راه‌کارهای جامع برای انطباق سریع‌تر فرآیندهای انقلاب صنعتی چهارم است.

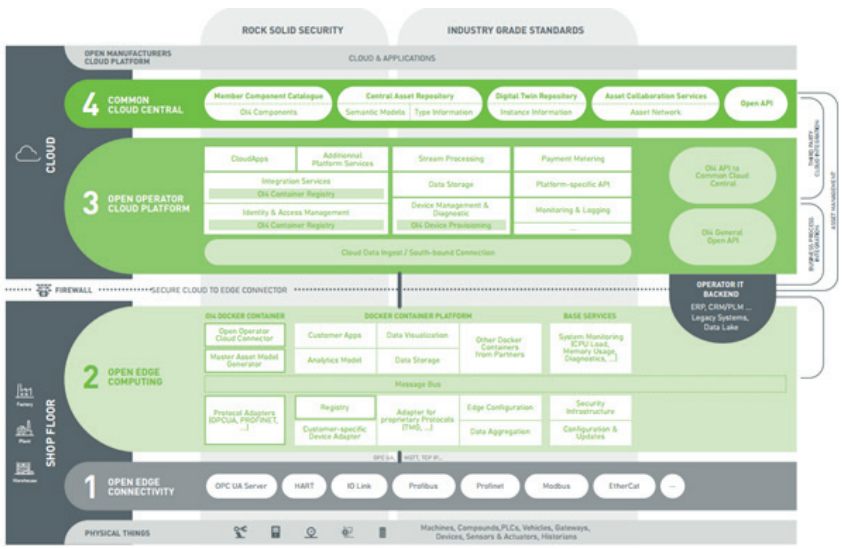
در شکل ۱ معماری مرجع Open Industry 4.0 Alliance مشخص شده است. این معماری از چهار بخش اصلی ذیل تشکیل شده است:

- Open Edge Connectivity
- Open Edge Computing
- Open Operator Cloud Platform
- Common Cloud Central

Open Edge Connectivity

لایه Open Edge Connectivity طیف گسترده‌ای از منابع داده و فناوری‌های ارتباطی مورد استفاده را پوشش می‌دهد. برای هر یک

1-Predictive Maintenance



شکل ۱ - معماری مرجع Open Industry [۲]

شکل ۲- لایه Open Edge Connectivity [۲]

از فناوری‌هایی که توسط یک راه حل OI4[۲] پوشش داده می‌شوند، نوعی سازگاری باید وجود داشته باشد. برای بسیاری از فناوری‌ها، آداپتور مرتبط را می‌توان در لایه Open Edge Computing ارائه کرد. با این حال، باید اطمینان حاصل شود که داده‌ها در قالب دیجیتال قابل دسترسی هستند و اطلاعات هویتی در مورد دارایی های مذکور می‌تواند به دست آید.

از وظایف کلی این لایه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- شناسایی تجهیزات
- تبدیل قالب داده‌های دریافتی برای تطابق‌پذیری با لایه Open Edge Computing
- تشخیص ایرادات تجهیزات
- تبدیل داده‌های آنالوگ به داده‌های دیجیتال

Open Edge Computing

محاسبات لبه پردازش داده‌های محلی را برای اپراتورهای کارخانه، سرپرستان، کاربران انبار و غیره برای مشاهده اطلاعات بلادرنگ در مورد آمار عملکرد عملیاتی سیستم فراهم می‌کند. محاسبات لبه یک روند در حال ظهور است که دسترسی مستقیم به برنامه‌ها را برای کاربران/اپراتورهای ماشین‌ها فراهم می‌کند. بسته به مورد استفاده، محاسبات لبه ممکن است مورد نیاز نباشد و داده‌ها می‌توانند مستقیماً در فضای ابری وارد شوند. با این حال، این امر مستلزم آن است که از قبل دسترسی به یک گذرگاه پیام در سراسر سیستم سازگار با OI4 وجود داشته باشد. وظیفه اصلی این لایه، شناسایی و اضافه نمودن تجهیزات لایه قبل به منظور پردازش داده‌های دریافتی در لایه‌های بالاتر خواهد بود.

بخش‌های مختلف شکل ۳ به شرح ذیل است:

زیرساخت کانتینری: زیرساختی در این لایه فراهم خواهد نمود که نرم‌افزارهای مبتنی بر معماری مایکروسرویس قابلیت اجرا داشته باشند. عموم سرویس‌ها به غیر از سرویس‌های پایه می‌توانند به صورت کانتینری اجرا شوند.

گذرگاه پیام: [۳]گذرگاه پیام به عنوان خط حیاتی [۴] تبادل داده در لایه محاسباتی لبه باز محسوب می‌شود. قرار است در قالب یک کارگزار MQTT که ساختار موضوعی تعریف شده توسط OI4 را مدیریت می‌کند، پیاده سازی شود. تمام انتقال داده‌ها بین کانتینرها در این لایه (و احتمالاً برخی فراتر از آن) باید از گذرگاه پیام استفاده کنند.

Open operator cloud connector:

در چارچوب معماری OI4، انتظار می‌رود که هر راه‌حل محاسباتی لبه‌ای دارای یک رابط North-bound باشد تا با Open operator cloud platform انتخاب شده توسط اپراتور ارتباط برقرار کند.

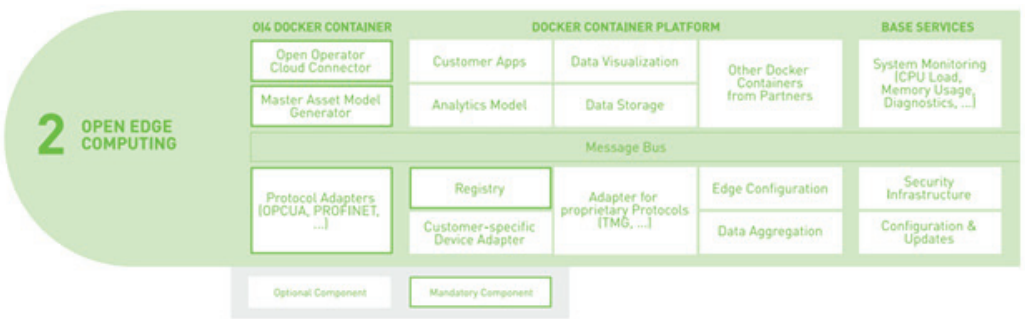
مدل شناسایی دارایی: به منظور امکان شناسایی و مدیریت دارایی‌ها در معماری OI4، به هر دارایی باید یک شناسه OI4 و یک مدل اصلی دارایی اختصاص داده شود. جزئیات بیشتر در مورد این مفاهیم از طریق مشخصات فنی OI4 در دسترس خواهد بود. این مؤلفه مسئول تولید این داده‌های حیاتی برای هر دارایی در حال نصب است.

مبدل پروتکل: برای دسترسی به فناوری‌های ارتباطی متنوع در لایه اتصال لبه باز، باید طیف وسیعی از مبدل‌های پروتکل ارائه شود. مبدل‌های پروتکل این مسئولیت را دارند که دسترسی OT را هم برای وظایف نصب دستگاه و جمع‌آوری داده‌ها و هم هر گونه دسترسی دیگری به شبکه OT که برای آن نوشته شده‌اند را از طریق گذرگاه پیام فراهم کنند.

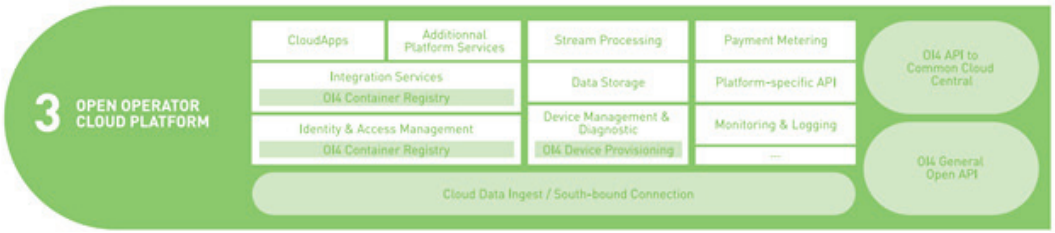
مخزن داده: [۵] وظیفه حیاتی ردیابی همه دارایی‌های داخلی و همچنین همه کانتینرهای مستقر در پلتفرم محاسباتی لبه باز را دارد. به عنوان دایرکتوری از موجودیت‌های موجود اطلاعات مورد نیاز را از

2-Open Industry 4

3-Message Bus
4-Lifeline
5-Registry



شکل ۳- لایه Open Edge Computing [۲]



شکل ۴- لایه Open Operator Cloud Platform [۲]

طریق گذرگاه پیام به درخواست کننده ارسال خواهد نمود.
سایر قسمت‌های مشخص شده در شکل ۳ به صورت الزامی نیست و با توجه به مدل پیاده‌سازی می‌توان برخی قابلیت‌ها مانند تحلیل داده، نمایش داده‌ها به صورت گرافیکی یا نرم‌افزارهای پایش داده خاص را در این لایه درنظر گرفت.

Open Operator Cloud Platform

در معماری مرجع Open Industry 4.0 این امکان فراهم شده است تا مشتریان، قابلیت انتخاب پلتفرم مورد نظر خود را که به عنوان Industrial IOT Platform شناخته می‌شود، داشته باشند. پلتفرم باید همه ماژول‌های فنی اساسی شامل مدیریت و تشخیص دستگاه، ابزارهای فعال‌سازی دستگاه‌ها، ذخیره‌سازی داده‌ها، پردازش داده‌ها، مدیریت کاربران و رعایت ملاحظات امنیتی را دارا باشد. با توجه به اینکه رویکرد مشتریان یا سرویس‌دهندگان در پیاده‌سازی این لایه ممکن است متفاوت باشد، موارد اصلی در مدل مرجع به شرح ذیل توضیح داده خواهد شد.

OI4 API to Common Cloud Central:

این API ارتباط مبتنی بر استاندارد بین بخش‌های مختلف لایه Open Operator Cloud Platform را مشخص می‌نماید.

OI4 General Open API:

موارد مشخص شده در این بخش مدل‌های ارتباطی با لایه‌های بالاتر و سامانه‌های مستقل دیگر را تعریف می‌کنند.

Cloud data ingest/south-bound connection :

ملاحظات ارتباط با لایه محاسبات لبه از طریق فرآیندهای این بخش پیاده‌سازی خواهند شد.
بخش‌های دیگری مانند مدیریت تجهیزات، ذخیره‌سازی داده، پردازش داده، محاسبات هزینه‌ای نیز در این لایه پیاده‌سازی خواهد شد.

Common Cloud Central

اتحادیه Open Industry 4.0 استفاده از یک لایه ابری مرکزی مشترک را الزامی می‌داند. این لایه به عنوان رکن اصلی در تعامل‌پذیری نقش ایفا می‌کند که قادر خواهد بود از یک سیستم اطلاعات دارایی مرکزی یک مدل معنایی استاندارد تولید نماید. لذا این مدل به همه اعضا اجازه می‌دهد تا برنامه‌ها و خدمات خود را به گونه‌ای طراحی کنند و توسعه دهند که با برنامه‌های تولید شده از سوی سایر اعضا سازگاری داشته باشند.
این ابر مرکزی همچنین به اپراتورها و تولیدکنندگان اجازه می‌دهد تا با یکدیگر همکاری کنند و دارایی‌های خود را به اشتراک بگذارند که سبب خواهد شد بهره‌وری افزایش و هزینه کاهش یابد.
اجزای اصلی این لایه عبارتند از:

کاتالوگ اجزا:[۶] برای استفاده از برنامه‌های کاربردی در Open Industry 4.0، باید کانتینرها در لایه‌های محاسبات لبه و محاسبات باز بارگذاری شوند. علاوه بر این اپراتورها باید از راه‌حل‌های موجود در دستگاه‌ها و راه‌حل‌های سازگار با Open Industry 4.0 مطلع باشند. کاتالوگ اجزای Open Industry 4.0 امکان جستجو برای اجزای مرتبط و همچنین ارائه پیوندهایی به محصولات فهرست شده را فراهم می‌کند.

مخزن مدل معنایی:[۷] مخزن مدل معنایی این شرایط را فراهم خواهد کرد که سیستم‌ها به اطلاعات استاندارد حوزه پشتیبانی شده، دسترسی داشته باشند. این بدان معناست که حتی دارایی‌هایی که به طور کامل توصیف نشده‌اند نیز قابل استفاده و درک هستند.

مخزن اطلاعات محصولات:[۸] به منظور استفاده بهینه از پلتفرم مرکزی ابری مشترک، تولیدکنندگان دارایی باید اطلاعاتی در خصوص محصولات قابل عرضه، ارائه نمایند. این اطلاعات در توسعه بخش مرکزی سیستم کمک خواهند نمود.

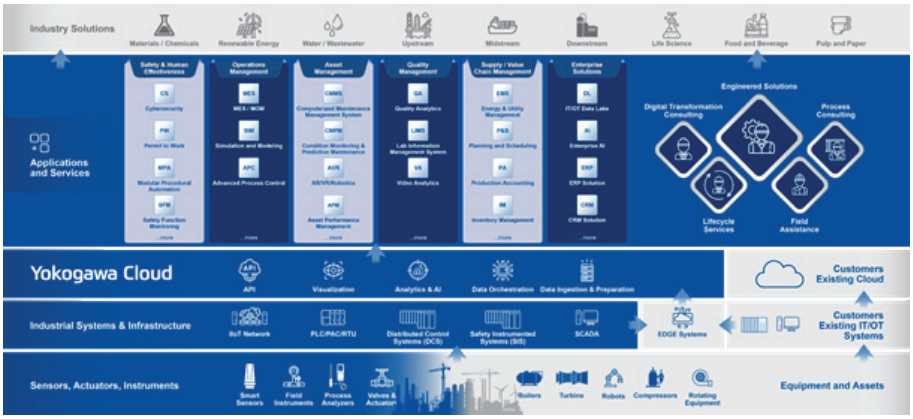
شبکه دارایی:[۹] این بخش به اجزای مختلف Open Industry 4.0 اجازه می‌دهد تا باهم ارتباط برقرار نمایند و اطلاعات دارایی را به اشتراک بگذارند.

کاربرد در صنایع

ترکیب انقلاب صنعتی چهارم و محاسبات ابری توانسته است پتانسیل

6- Semantic Models Repository
7-Semantic Models Repository
8- Type Information Repository
9-Asset Network

شکل ۵- لایه Common Cloud Central [۲]



شکل ۶- صنایع تولیدی [۴]

خود را در صنایع مختلف به نمایش بگذارد و توسعه‌های اخیر نقش آن را تأیید می‌کند. در ادامه توضیح مختصری در هر صنعت ارائه شده است.

صنایع تولیدی

کارخانه‌های هوشمند از راه‌حل‌های مبتنی بر سرویس‌های ابری برای بهینه‌سازی تولید، کاهش توقف‌ها و بهبود کنترل کیفیت استفاده می‌کنند. این امر توسط پیاده‌سازی رباتیک پیشرفته، تصمیم‌گیری بر اساس داده و سیستم‌های نظارت به صورت بلادرنگ نمایان می‌شود.

زنجیره تامین

بهبود تحلیل و پیش‌بینی در زنجیره تأمین باعث کاهش هزینه‌ها و کاهش مشکلات می‌شود. شرکت‌ها از پلتفرم‌های مبتنی بر سرویس‌های ابر برای مدیریت زنجیره تأمین از ابتدا تا انتها استفاده می‌کنند و افزایش شفافیت و واکنشگری را تقویت می‌کنند.

بهداشت و درمان

دستگاه‌ها و تحلیل داده‌های مبتنی بر سرویس‌های ابری به بهبود مراقبت‌های بیمار، پزشکی از راه دور و توسعه آن کمک می‌کنند. پیشرفت‌های اخیر در راه‌حل‌های بهداشتی مبتنی بر سرویس‌های ابری ، پیشرفت‌های اساسی در این حوزه را شتاب داده‌اند و امکان نظارت از راه دور بر بیماران و برنامه‌های درمان شخصی را فراهم کرده‌اند.

کشاورزی

استفاده از سنسورها و تحلیل داده‌ها سبب بهینه‌سازی محصولات کشاورزی و استفاده از منابع خواهد شد. پلتفرم‌های کشاورزی دقیق مبتنی بر سرویس‌های ابر به صورت پیشرفته‌تری از طریق تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده برای مدیریت محصول و تخصیص منابع کشاورزی کمک می‌کنند.

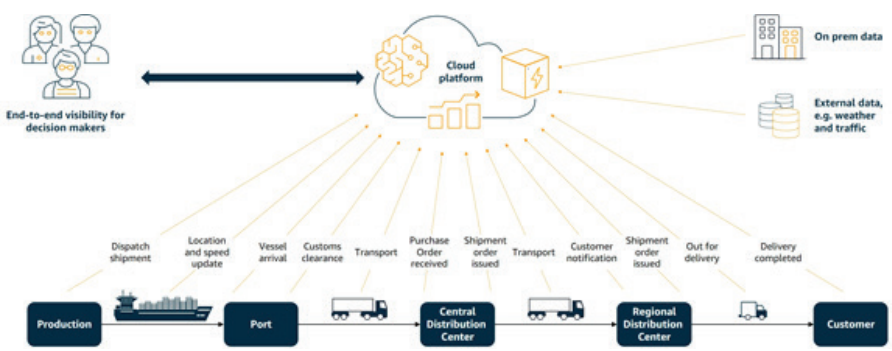
چالش‌ها و روندهای آینده

هرچند یکپارچه‌سازی محاسبات ابری و انقلاب صنعتی چهارم قدرت عظیمی دارد، اما چالش‌هایی نیز دارد. این چالش‌ها شامل نگرانی‌های امنیت داده و حریم خصوصی، نیاز به کارشناسان خبره برای مدیریت زیرساخت‌های پیچیده محاسبات ابری و تأمین سازگاری میان دستگاه‌ها و سیستم‌های مختلف است.

در آینده، ترکیب انقلاب صنعتی چهارم و محاسبات ابری می‌تواند به نحوی تکامل یابد. برخی از روندها و توسعه‌های آینده شامل موارد ذیل هستند:

محاسبات لبه: ظهور محاسبات Edge تکمیل کننده‌ای برای راه‌حل‌های ابری خواهد بود که به پردازش داده‌های بلادرنگ در منبع، منجر می‌شود و تاخیر و نیازهای پهنای باند را کاهش می‌دهد.

ارتباطات 5G: بهره‌برداری از شبکه‌های 5G سرعت و قابلیت اطمینان انتقال داده را افزایش خواهد داد، که به کاربردهای بلادرنگ در انقلاب صنعتی چهارم کمک خواهد کرد.



شکل ۷- زنجیره تامین [۳]

شکل ۸- بهداشت و درمان [۶]

بلاک‌چین: فناوری بلاک‌چین به سیستم‌های مبتنی بر سرویس‌های ابری جهت بهبود امنیت داده و شفافیت در زنجیره تأمین و معاملات کمک خواهد نمود.

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین: سرویس‌های مبتنی بر ابر با تکیه بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین پیشرفته‌تر خواهند شد، که در درک عمیق‌تری از داده‌ها و اتوماسیون در تولید و صنایع دیگر کمک می‌کنند.

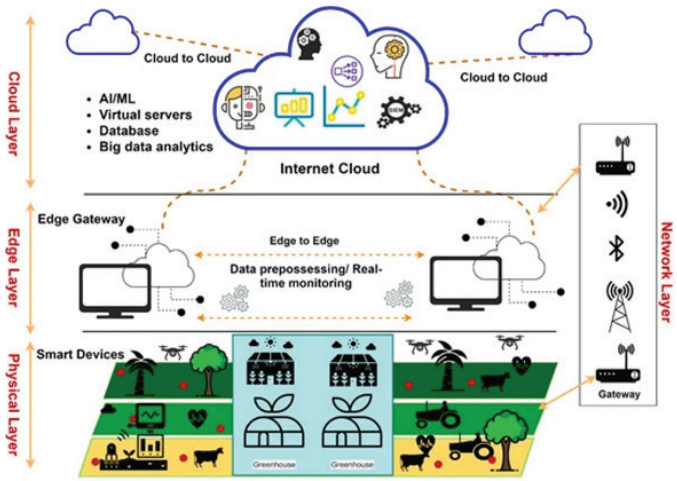
مدل‌های هایبرید ابری: بسیاری از شرکت‌ها ممکن است مدل‌های هایبرید ابری را انتخاب کنند که ترکیب زیرساخت‌های شرکتی با راه‌حل‌های سرویس‌های ابری عمومی، از انعطاف‌پذیری و کنترل بهتر داده بهره‌مند شوند.

نتیجه‌گیری

در عصر انقلاب صنعتی چهارم، رایانش ابری به عنوان یک کاتالیزور برای نوآوری و تحول عمل می‌کند. ابر با ارائه زیرساخت، مقیاس‌پذیری و قدرت محاسباتی مورد نیاز برای استفاده از پتانسیل کامل فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم، صنایع را تغییر می‌دهد و نحوه عملکرد کسب‌وکارها را متحول می‌کند. همانطور که این سفر دیجیتالی شدن ادامه خواهد داشت، هم افزایی بین انقلاب صنعتی چهارم و محاسبات ابری بدون شک در آینده همه صنایع را تحت تاثیر خواهد گذاشت.

منابع:

[1] https://openindustry4.com/
[2] https://openindustry4.com/fileadmin/Dateien/Downloads/OI4_Technical_Whitepaper.pdf
[3]https://aws.amazon.com/blogs/supply-chain/piercing-supply-chain-visibility-fog-for-the-next-efficiency-frontier/
[4] https://www.yokogawa.com/vn/solutions/featured-topics/digital-transformation/yokogawa-cloud/
[5] https://www.mdpi.com/2076-3417/11/16/7518
[6] http://www.pt-automations.com/english/newsview.php?id_n=62



شکل ۹- کشاورزی [۵]

همراه فناوری
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم
رصد فناوری

جایگاه ردیاب هوشمند در انقلاب صنعتی چهارم

محمد تقی نوده
کارشناسی ارشد
مهندسی برق-گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی شاهرود، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

در این مقاله به بررسی کاربردها و امکانات سخت افزاری و نرم افزاری تعبیه شده در انواع ردیاب هوشمند[1] می‌پردازیم. ویژگی اصلی این دستگاه‌ها اندازه‌گیری مولفه‌های مربوط به موقعیت جغرافیایی حامل[2] و انتقال آن از طریق پروتکل‌های اینترنت اشیاء صنعتی[3] به سرور می‌باشد. دلیل بکارگیری واژه هوشمند در نام‌گذاری این دستگاه، قابلیت افزودن و تنوع بخشی آن با انواع حسگرها و عملگرهای مورد نیاز برای مانیتورینگ و کنترل سطح بالای انواع حامل در ورتیکال‌های مختلف می‌باشد. در انقلاب صنعتی چهارم مبحث پایش و مدیریت هوشمند اجسام متحرک برای هوشمندسازی صنایع حائز اهمیت است. غالبا ردیاب‌ها وابسته به صنعت و محدوده ردیابی برای استفاده از زیرساخت‌های محلی، زمینی یا ماهواره‌ای طراحی می‌شوند. البته ممکن است با توجه به تنوع کاربرد و مصالحه‌ی بین قیمت و ویژگی‌های مورد نیاز توانایی ردیابی به روش‌های مختلف نیز امکان‌پذیر باشد.

کلیدواژه: انقلاب صنعتی چهارم، اینترنت اشیاء صنعتی، ردیاب هوشمند، حامل

1-Smart Tracker
2-Carier
3-Industrial Internet of Things (IIOT)

مقدمه

تاریخچه ردیاب ماهواره‌ای و پیدایش آن به دوران اسپوتنیک برمی‌گردد. در سال ۱۹۶۰ نیروی دریایی ایالات متحده، برای ردیابی زیردریایی از شش ماهواره ارتفاع پایین در مدار قطب‌ها و به روش اندازه‌گیری تغییرات اثرات داپلر در سیگنال‌های مخابراتی استفاده نمود و مکان زیردریایی را در عرض چند دقیقه مشخص کردند. این عمل اولین استفاده از GPS در صنایع نظامی بوده و پس از آن برای ارتقا و پشتیبانی از سایر سیستم‌های ناوبری مورد استفاده قرار گرفته است.

اولین کاربرد تجاری ردیاب ماهواره‌ای به سال ۱۹۸۷ در زمینه ردیابی وسایل نقلیه و پس از پرتاب مجموعه ماهواره‌های GPS Block به فضا بر می‌گردد. این منظومه ماهواره‌ای به دلیل عدم پوشش کامل غالبا در کاربردهای نظامی مورد استفاده قرار می‌گرفت و برای کاربردهای تجاری محدود بود. اما ۹ سال بعد یک پیشرفت فوق العاده در زمینه GPS در جهان رخ داد بطوری که نیروی هوایی ایالات متحده آمریکا ۲۴ ماهواره برای تکمیل شبکه GPS به فضا پرتاب کرد تا پنجره‌ی جدیدی به سوی پیشرفت فناوری‌های نوین و هوشمندسازی گشوده شود.

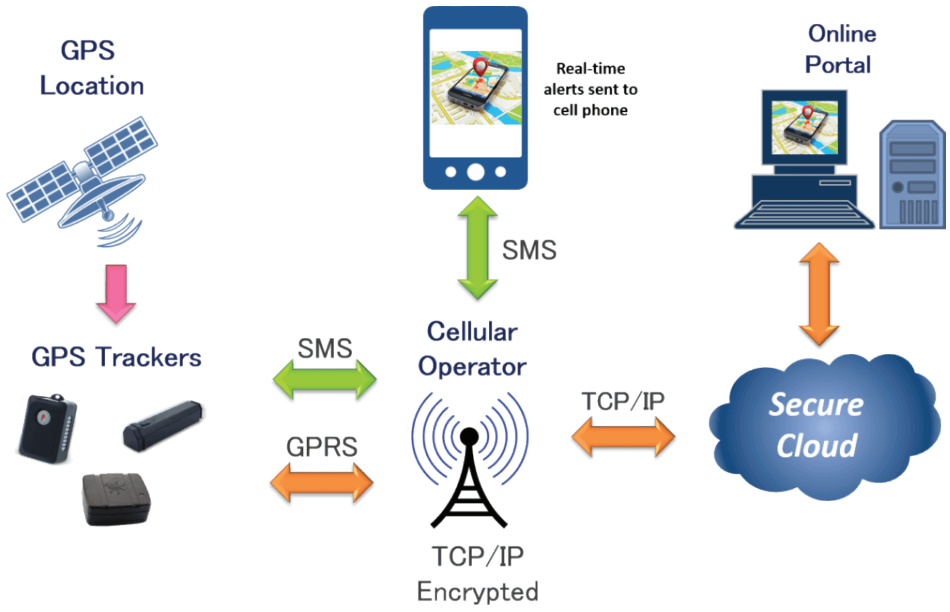
رشد چشمگیر قابلیت‌های المان‌های الکترونیکی و از طرفی خلق سیستم عامل و الگوریتم‌های هوشمند قابل پیاده‌سازی بر روی هسته اصلی دستگاه، زمینه‌ی تحول در طراحی و تولید ردیاب‌ها را فراهم نموده است. استفاده از واژه هوشمند در نامگذاری این محصولات وجود ویژگی‌های سخت افزاری و نرم افزاری است که عملیات مدیریت حامل را تسهیل و تسریع می‌نماید. در بخش‌های بعدی به معماری طراحی و ویژگی‌های اصلی ردیاب‌های هوشمند خواهیم پرداخت.

در حال حاضر ردیاب‌های هوشمند برای مدیریت هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در ورتیکال‌های گوناگون از قبیل کشاورزی و زراعت، جنگلداری و دامپروری، ساخت و تولید، شبکه توزیع، آموزش، تفریح و سرگرمی، فروش و خدمات میدانی، غذا و دارو، خدمات دولتی، پزشکی و سلامت، بیمه، محیط بانی، لیزینگ و اجاره، ساختمان سازی، فناوری و رسانه، نفت و گاز، معدن و راه سازی، سازماندهی، پلیس و امنیت، سرویس‌های حرفه‌ای، املاک و مستغلات، حمل و نقل (مسافر، کالا، محلی، عمومی، ریلی، هوایی و دریایی) تاسیسات، مدیریت پسماند، فروش عمده و جزئی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

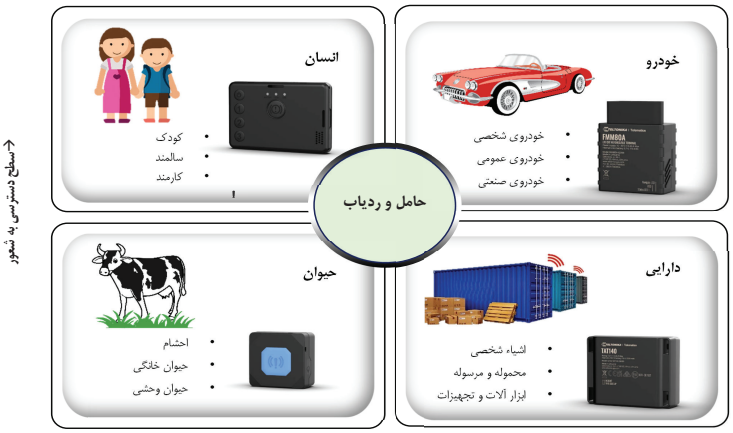
زنجیره ارزش برای بکارگیری ردیاب‌های هوشمند شامل شش حلقه‌ی اساسی و مهم حامل ، دستگاه، سیستم تعیین موقعیت، شبکه مخابراتی، هسته پردازش و رابط کاربری می‌باشد. شکل ۱ اجزای مربوط به زنجیره‌ی فناوری یک ردیاب ماهواره‌ای را نمایش می‌دهد. هدف این مقاله کلاس‌بندی ردیاب‌های هوشمند با توجه به تنوع ویژگی‌های مورد نیاز در کاربردهای مربوط به انقلاب صنعتی چهارم و شرایط حامل موردنظر در ورتیکال‌های مختلف است، که در ادامه به آن می‌پردازیم.

کلاس‌بندی ردیاب براساس حامل

طیف گسترده‌ی اجسام متحرک و همچنین ورتیکال‌های مورد کاربرد ردیاب‌های هوشمند موجب افزایش تعداد طراحی‌ها و البته کلاس‌بندی و نامگذاری متفاوت و غیریکپارچه در این گروه



شکل ۱ - زنجیره فناوری ردیاب ماهواره‌ای [۵]



شکل ۲- کلاس‌بندی ردیاب هوشمند براساس حامل [۱]

محصولات شده است. اما آنچه در بین تمام طراحی‌ها و محصولات شرکت‌های مختلف مشترک است ویژگی‌های سخت افزاری و سیستم عاملی است. از این‌رو با درنظر گرفتن وجه اشتراک و تمایز آن‌ها، می‌توان تمام محصولات موجود را کلاس‌بندی نمود [۱].

پس از یک بررسی جامع به این نتیجه رسیدیم که علی‌رغم تنوع در کیفیت طراحی و گستردگی حوزه کاربرد، نحوه بکارگیری ردیاب در همه ورتیکال‌ها براساس حامل مورد نظر تقریبا یکسان و مشابه است. از این‌رو این دستگاه‌ها براساس دو شاخصه‌ی مدل تامین توان و سطح دسترسی کاربر اصلی[۴] به حامل مطابق شکل ۲ به چهار دسته انسانی، حیوانی، دارایی و خودرویی کلاس‌بندی می‌شوند.

ردیاب انسان: در انقلاب صنعتی چهارم توسعه‌ی هوشمندسازی ردیابی انسان از ابعاد مختلف نظارتی، کنترلی، آموزشی، امنیتی و سلامت می‌تواند مفید باشد. آنچه ردیابی انسان را نسبت به سایر موارد متمایز می‌کند قدرت تشخیص و اراده حامل می‌باشد. از این رو معمولا این نوع ردیاب‌ها به رابط‌های کاربری لمسی، صوتی یا تصویری برای دریافت یا ارسال پیغام به فرد مجهز می‌باشند.

ردیاب حیوان: این کلاس همانند ردیاب انسان است با این تفاوت که هیچ رابط کاربری برای دریافت پیغام از سمت حامل نخواهیم داشت ولی شیوه نصب و قابلیت اطمینان از اتصال همیشگی آن بدلیل عدم دسترسی یا تحرکات حیوان از اهمیت بالایی برخوردار است. معمولا این ردیاب‌ها به گردن حیوان یا پرندگان با یک بند مستحکم بسته می‌شوند.

ردیاب دارایی: در صورت تحقق اهداف انقلاب صنعتی چهارم، یکی از بزرگترین بخش‌های بازار هم از لحاظ کمیت و هم تنوع، دارایی‌های قابل ردیابی می‌باشند. برخی از اشیا دارای موقعیت و کاربر واحدی نیستند و معمولا رهگیری و اطلاع از موقعیت آن‌ها به لحاظ مدیریت، برنامه ریزی و امنیت حائز اهمیت است. از وجوه تمایز این نوع ردیاب‌ها شرایط محیطی پرنوسان و احتمالا استفاده بصورت اشتراکی آن‌ها است. امکانات این ردیاب‌ها ممکن است مبتنی بر شی مورد استفاده، بروزرسانی شود.

ردیاب خودرو: خودرو یکی از فعال‌ترین ادوات متحرک است که رهگیری و ردیابی آن می‌تواند از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی برای سایر ارکان ذینفع ارزش آفرین باشد. باتوجه به دسترسی به توان مستمر خودرو و همچنین داده‌های مربوط به خودرو، قابلیت مانیتورینگ و کنترل حامل بر اساس قواعد از قبل تعریف شده در خود دستگاه یا از طریق سامانه‌های مدیریت و پایش هوشمند، از ویژگی‌های مهم این نوع ردیاب‌ها می‌باشد. مثلا شرکت‌هایی از قبیل تولیدکنندگان، اجاره دهندگان خودرو، لیزینگ‌ها و غیره جهت مدیریت و پایش هوشمند خودروهای مدنظر خود در جهت مدیریت سرویس‌های دوره‌ای، حق اشتراک، مدیریت پرداخت‌ها و معوقات و غیره از این نوع ردیاب‌ها استفاده می‌کنند.

البته ناگفته نماند که گاها ممکن است هریک از ردیاب‌ها براساس سرویس‌های مورد نیاز، شرایط محیطی و دقت سفارشی‌سازی شود. بطور مثال ردیاب‌های مورد استفاده در محیط صنعتی باید شرایط محیطی سخت و پرتنش را تحمل کنند یا دستگاه‌هایی که در زون‌های دور و کم تردد بکارگرفته می‌شوند باید مجهز به آنتن خارجی برای تقویت برد گیرندگی باشند.

معماری سخت‌افزاری ردیاب هوشمند

مهمترین بخش در طراحی ردیاب هوشمند معماری و جانمایی المان‌ها در برد الکترونیکی است. چراکه مصالحه‌ی بین تکنولوژی، حجم، کیفیت، مصرف توان و قیمت هریک از المان‌ها با کلاس و ورتیکال مورد نظر امری پیچیده و فناورانه است. بطور کلی سخت‌افزار مورد استفاده در ردیاب‌ها شامل سه بخش موقعیت‌یابی، ارتباط و اتصال به شرح شکل ۳ می‌باشد [۱].

موقعیت‌یابی: موقعیت حامل ارزشی است که ما در ردیاب‌ها به دنبال خلق آن می‌باشیم و در اولین قدم با قرار دادن ماژول ارتباط با ماهواره در کنار واحد راه اندازی و پرداش به این خواسته دست پیدا می‌کنیم. مجموعه المان‌های اصلی شامل CPU و RAM که

۴-فردی است که عملیات نصب و تنظیم ردیاب بر روی حامل را به انجام می‌رساند

عملیات پردازش و کنترل مرکزی را در مشارکت المان‌های کمکی از قبیل سسنورها و عملگرهای داخلی انجام می‌دهند، هسته‌ی اصلی نامیده می‌شود. عملیات دریافت و محاسبه مولفه‌های موقعیت شامل طول، عرض، ارتفاع و زمان از منظومه‌های ماهواره‌ای آمریکایی، اروپایی، روسی، چینی و غیره توسط ماژول GNSS انجام می گردد.

ارتباط مخابراتی: غالبا به منظور ارتباط با سرور و سامانه پایش و مدیریت ابری نیاز به استفاده از ماژول‌های مخابراتی برد بلند داریم. این المان‌ها و روش انتخابی ممکن است مبتنی بر ورتیکال و حامل مورد نظر متفاوت باشد. ماژول مخابراتی GSM وظیفه برقراری ارتباط از طریق باندهای فرکانسی برد بلند دارای مجوز از جمله LTE، 4G، 3G، 2G و 5G را بر عهده دارد. در برخی از کاربردها بدلیل هزینه، امنیت، محدوده و ترافیک شبکه، از باندهای فرکانسی اختصاصی و بدون مجوز از جمله LoRa و Sigfox برای ارتباط استفاده می‌شود که مطابق با آن ماژول‌های سخت افزاری به ساختار دستگاه افزوده می گردند.

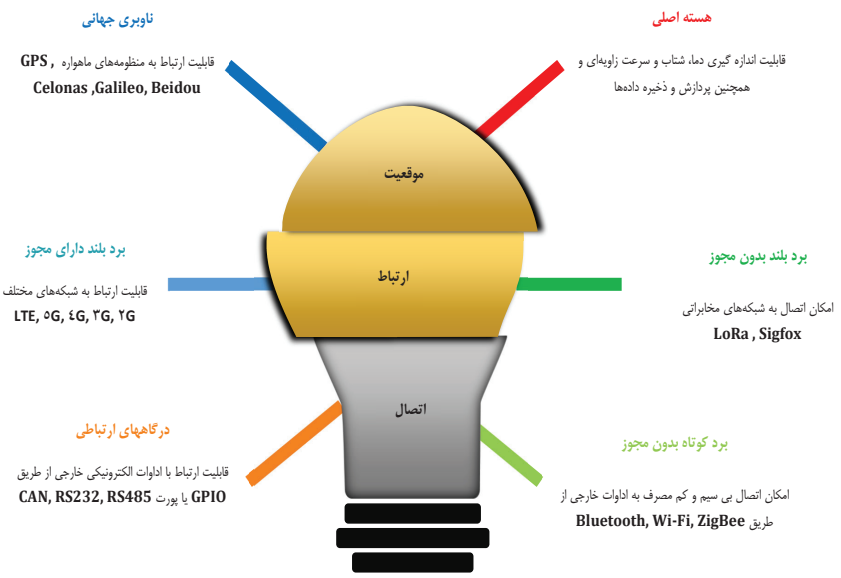
اتصال با دستگاه‌های مجاور: در برخی از کلاس‌های طراحی از جمله خودرویی، در کنار تعیین موقعیت از درگاه‌های مختلف سخت افزاری جهت کنترل و مانیتورینگ اجزای الکترونیکی متصل به حامل استفاده می‌شود. وابسته به محل کاربرد دستگاه به کمک المان‌های راه انداز به پورت‌های ارتباطی سیمی و بی‌سیم مجهز می‌شوند. شبکه‌ی مخابراتی برد کوتاه بدون مجوز امکان اتصال بی سیم به سیستم‌ها و تجهیزات مجاور از طریق باندهای فرکانسی در محدوده WIFI، Bluetooth و ZigBee و مبتنی بر آن ادوات سخت‌افزاری تعبیه شده در دستگاه را فراهم می کند. و همچنین در اکثر ردیاب‌ها از درگاه‌های سیمی و سخت‌افزاری نیز برای ارتباط از طریق ورودی و خروجی‌های دیجیتال و آنالوگ یا سایر پورت‌های ارتباطی سریال و موازی از جمله RS232، LAN، CAN، RS485 و غیره استفاده می‌شود.

ویژگی‌های سیستم عاملی ردیاب‌های هوشمند

با توجه به امکانات سخت‌افزاری ردیاب هوشمند و الزامات فنی پیکره‌بندی، توابع اصلی سیستم عامل و ویژگی‌های نرم افزاری هریک از کلاس‌های تعریف شده به شرح جدول ۱ می‌باشد. یکی از مهمترین شاخصه‌ها[5] در تمایز کلاس‌ها مدهای عملکردی و سناریوهای مدیریتی ممکن و محتمل برای هر دستگاه، مبتنی بر نیاز مشتری[6] یا مصرف کننده[7] می‌باشد. ویژگی‌های پیاده‌سازی شده در لایه‌ی مرکزی سیستم‌عامل دستگاه می تواند براساس مصالحه‌ی بین قابلیت تامین توان، ظرفیت پردازشی سخت افزار و تداوم ارتباط مخابراتی و ماهواره‌ای متفاوت باشد. چراکه هرچه تعدد و تنوع ویژگی‌ها بیشتر باشد دستگاه هوشمندتر و سطح خودمدیریتی[8] و خوداتکایی[9] بالاتری خواهد داشت.

بدلیل گسترده بودن دامنه و برد کاربرد ردیاب‌های هوشمند در این مقاله فقط به ویژگی‌های نرم‌افزاری پرداخته شد ولی برای طراحی آن‌ها بایستی به الزمات متنوعی از قبیل پوشش انواع شبکه‌های مخابراتی، پروتکل‌های ارتباطی، رابط‌های کاربری، کیفیت و ماهیت بدنه، تحمل پذیری و سازگاری محیطی نیز توجه شود. بطور مثال ممکن است بسته به نیاز در یک گروه از ردیاب ماژول مخابراتی 2G برای برقراری ارتباط کفایت کرده و در گروه دیگر علاوه بر ماژول 4G به شبکه‌های مخابراتی بدون مجوز بلند یا کوتاه

5- Index
6- Costumer
7- Consumer
8- Self-Management
9- Self-Reliance



شکل ۳- معماری سخت افزاری ردیاب هوشمند [۱]

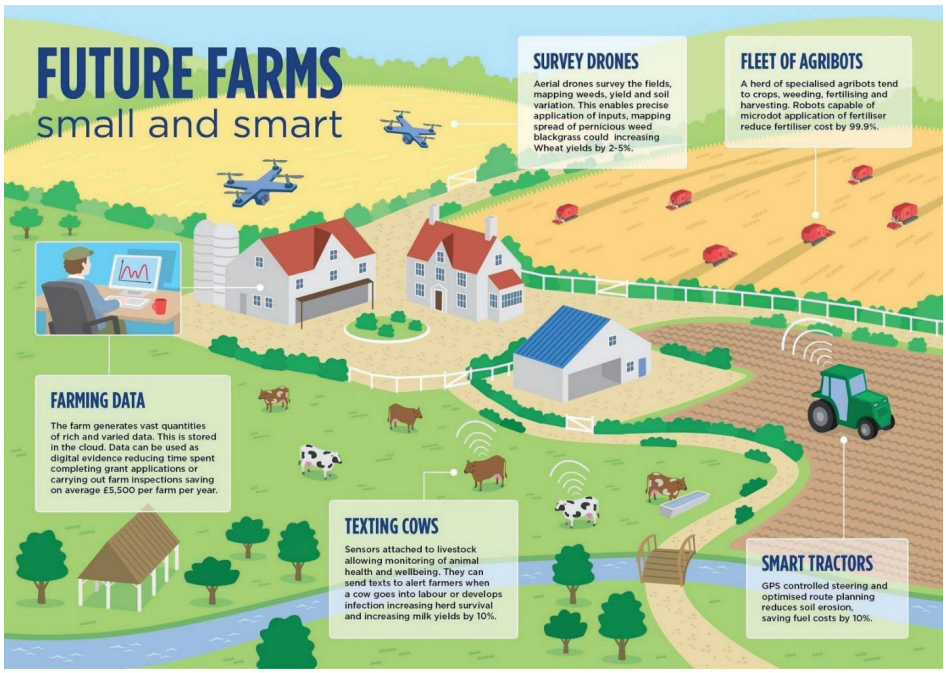
جدول ۱- ویژگی‌های سیستم عاملی ردیاب‌های هوشمند [۱]

ردیف	شرح نیازمندی محصول	ردیاب حیوان	ردیاب انسان	ردیاب دارایی	ردیاب خودرو
۱	اعمال ژئوفنسینگ خودکار و دستی[۱]	✓	✓	✓	✓
۲	ساعت داخلی و سنکرون‌سازی به روش‌های مختلف[۲]	✓	✓	✓	✓
۳	جمع آوری داده‌ها از راه دور[۳]	✓	✓	✓	✓
۴	بروزرسانی ویژگی‌ها و سیستم عامل از راه دور[۴]	✓	✓	✓	✓
۵	مدیریت ردیاب از طریق اینترنت[۵]	✓	✓	✓	✓
۶	مدیریت ردیاب از طریق پیامک[۶]	✓	✓	✓	✓
۷	امن سازی[۷] در لایه‌های مختلف نرم افزار و سخت افزار[۸]	✓	✓	✓	✓
۸	ذخیره داده ها در حافظه داخلی و ارسال طبق برنامه۹	✓	✓	✓	✓
۹	ردیابی ماهواره‌ای[۱۰]	✓	✓	✓	✓
۱۰	ردیابی داخلی[۱۱]	✓	✓	✓	✓
۱۱	ردیابی برون‌خط[۱۲]	✓	✓	✓	✓
۱۲	ردیابی برون‌مرز[۱۳]	✓	✓	✓	✓
۱۳	شناسایی انواع رخدادهای فیزیکی[۱۴]	✓	✓	✓	✓
۱۴	اندازه گیری انواع متغیرهای فیزیکی[۱۵]	✓	✓	✓	✓
۱۵	افزودن سناریو و مدهای عملکردی جدید[۱۶]	✓	✓	✓	✓
۱۶	توسعه فرآیندهای گارمین[۱۷]		✓	✓	✓
۱۷	کنترل و مانیتورینگ انواع خودرو از طریق پورت OBDII				✓
۱۸	ارتباط با تجهیزات کنترلی و نظارتی مجاور و حاکمیتی	✓	✓	✓	✓

1- Auto and Manual Geofencing
2- Home Time Zone with GPS, NTP and NITZ time synch
3- Remote LOG download
4- FOTA WEB Configuration and Firmware update
5- GPRS Send/receive, detections, events, requests, tracking, reboot and Status
6- SMS Send/receive, detections, events, requests, tracking, reboot and Status
7- IOT SECURITY GUIDELINES FOR ENDPOINT ECOSYSTEMS STANDARDS
8- Private/business trip, Possibility to enter SIM PIN code, Configuration password , MS login and password , Authorized GSM numbers list , TLS Security
9- Records saving in to internal memory and sending by schedule
10- Real Time and GNSS tracking
11- Indoor and LBS tracking
12- Static Navigation and Offline tracking
13- Over zone tracking
14- Events from I/O elements, Unplug, Ignition, Idling, Movement, Over speeding, Tilt, Towing, Crash, Tamper, Fall down and Man Down detections
15- Speed, distance, Temperature, Humidity, Energy Consumption (Fuel or Calories)
16- Integrated scenarios
17- Garmin

برد نیز احتیاج باشد. ویژگی‌های ذکر شده در فوق، طیف وسیعی از طراحی را ایجاد خواهند کرد [۲].

در جدول ۱ به چهار نوع ردیابی ماهواره‌ای، داخلی، برون‌خط و برون‌مرز که از ویژگی‌های اصلی ردیاب است، اشاره شده است. نوع ردیابی وابسته به محیط مورد نظر و دقت مورد نیاز ممکن است متفاوت باشد، بطور مثال در کاربرد مدیریت مزرعه بدلیل وسعت و گستردگی محیط از ردیابی ماهواره‌ای و در کاربردهایی مانند مدیریت انبار به



شکل ۴- کاربرد ردیابی ماهواره‌ای در مدیریت مزرعه [۴]

دلیل محدودیت فضا تراکم بالا از ردیابی داخلی استفاده می شـود. در کاربرد ردیابی برون‌خط معمولا زمانی که ارتباط ردیاب با شـبکه‌های مخابراتی و ماهواره‌ای قطع می‌شـود ردیاب قابلیـت ردیابی براسـاس نقشـه‌ها و الگوریتم‌های داخلی را خواهد داشـت و ویژگی ردیابـی برون‌مزر زمانی بکار گرفته می‌شود که ردیاب متصل به حامل جابجایی ملی و منطقه‌ای داشـته باشـد و نیاز به خدمات اپراتوری کشور میزبان داشته باشد.

کاربرد ردیابی ماهواره‌ای در مدیریت مزرعه

هوشمندسازی صنعت کشـاورزی بدلیل گسـتردگی و تنوع زنجیره ارزش همواره با دشـواری‌های متعدد همراه بوده است. در انقـلاب صنعتی چهارم پایش و مدیریت افـراد، تجهیزات و حیوانات کمک بزرگی در افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های مزارع خواهد کرد. نظارت بر کیفیت اراضی زیر کشت، مدیریت محل چرای احشـام و هوشمندسـازی مراحل داشت، کاشت و برداشـت بخش زیادی از نیازهای اساسـی ایـن ورتیکال را مرتفع می‌سـازد. در این کاربرد بدلیل سرعت پایین و باز بودن فضای مورد نظر معمولا از روش ردیابی ماهواره‌ای برای پایش و مدیریت انـواع حامل‌های موجـود در این صنعـت از جمله کارگران، احشام، ماشین‌آلات و پهبادها استفاده می‌شود. شکل ۴ نمونه‌ای از یک مزرعه‌ی هوشمند را به تصویر می‌کشد [۴].

شکل ۵- کاربرد ردیابی داخلی در مدیریت انبار [۳]

کاربرد ردیابی داخلی در مدیریت انبار

برای هوشمندسازی زنجیره تامین در انقلاب صنعتی چهارم پایش و مدیریت افراد، دارایی‌ها و ماشین‌آلات حائز اهمیت است. شکل [۵] کاربرد ردیاب را برای مدیریت هوشمند بر کنترل زنجیره تامین و نظارت موجودی انبار نمایش می‌دهد. موقعیت هریک از کارکنان، تجهیزات و بسته محصولات متحرک بوسیله‌ی این ردیاب اندازه‌گیری و پس از تجمیع توسط لنگرها[۱۰] برای سامانه مدیریت و پایش هوشمند ارسال می‌گردد. برای رسیدن به دقت بالا در فضای مورد نظر چند لنگر[۱۱] که معمولا به فناوری‌های BLE[۱۲]، WIFI یا UWB[۱۳] مجهز هستند، نصب می‌شود و امکان ردیابی با دقت‌های بالاتر را فراهم می‌سازد. فناوری 5G نیز این امکان را تاحدی فراهم می‌کند که در مقالات مربوط به زیرساخت‌های RTLS[۱۴] به آن پرداخته می‌شود [۳].

شناسایی صحیح موقعیت موجب ثبت، کنترل و بکارگیری بهینه افراد، کالاها و تجهیزات می‌شود. بطور مثال اطلاع از موقعیت یک کالا در انبار می‌تواند علاوه بر بهبود فرآیند سرشماری، باعث افزایش سطح دسترسی و بهینگی زنجیره تامین شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله محدوده و عمق کاربرد ردیاب‌ها در انقلاب صنعتی چهارم و شیوه‌ی اجرای راهکارهای هوشمند در ورتیکال‌های مختلف بررسی شد. آنچه که به روشنی پیداست افزایش نیاز و ارزش بازار این فناوری در آینده نزدیک است. از آنجایی که نیاز اساسی ردیاب‌ها ارتباط مخابراتی و انتقال اطلاعات در بستر پیامک یا اینترنت است، می‌توان به راحتی استنتاج کرد که این گروه از محصولات در زنجیره ارزش خدمات اپراتوری قرار خواهند گرفت. لازم به ذکر است که اپراتورهای بزرگ دنیا از جمله ودافون در راستای افزایش درآمدها و تامین نیازهای مشتریان خود تولید و طراحی ردیاب‌های هوشمند را به عنوان یک محصول در سبد محصولات فراتر از کسب و کار اصلی[۱۵] در صورت‌های مالی خود گزارش نموده‌اند. از آنجایی که مواجه با فناوری‌های نوین در مرحله رشد بازار نیاز به سرمایه‌گذاری کلان داشته و گاها رقابت در آن موعد غیرممکن خواهد بود، لازم است اپراتورهای داخلی نیز برای حفظ بازار، سرمایه‌گذاری‌های خود در این زمینه را با جدیت بیشتری دنبال نمایند.

10- Anchors
11-Anchors
12- Bluetooth Low Energy
13- Ultra-wideband
14- Real Time Location Systems

منابع:

[۱] - اداره ابر و اینترنت اشیاء، سند امکانسنجی فنی و اقتصادی ردیاب هوشمند، مرکز تحقیق و توسعه همراه اول، ۱۴۰۲
[2]- Official site of Teltonika https://teltonika-gps.com/
[3]-Official site of ZeroKey https://zerokey.com/
[4]-Norris J., Bland J., 2015, Precision Agriculture: almost 20% increase in income possible from smart farming, http://www.nesta.org.uk/blog/precision-agriculture-almost20-increase-in-come-possible-smart-farming
[5]-Official site of JA Security and Innovations http://ja-si.com

15-Beyond the Core

بینش فناوری

Technlology Insight

ویژگی کلیدی انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن

۸۶

در خط مقدم هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴,۰ چه باید کرد؟

۹۴

چالش‌های اینترنت اشیاء صنعتی در انقلاب صنعتی چهارم

۱۰۴

فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

بینش فناوری

آتنا ابراهیم‌خانی

دکتری مهندسی برق- مخابرات سیستم از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

ویژگی کلیدی انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن

مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات

انقلاب صنعتی چهارم[1]، در سراسر جهان در حال تکامل است. در این مقاله چشم‌اندازی از انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن معرفی می‌شود که با مشارکت یکپارچه‌ی فناوری ارتباطات (CT)[2]، فناوری اطلاعات (IT)[3] و فناوری عملیات (OT)[4]، یعنی مشارکت CIOT[5] بنا نهاده شده است. لذا در این مقاله با مرور سه انقلاب صنعتی قبلی، استدلال می‌شود که برتری انقلاب صنعتی چهارم در مقایسه با انقلاب‌های صنعتی قبل از آن، داشتن ویژگی کلیدی مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات است. به طور خاص، فناوری ارتباطات یک پیش‌نیاز اساسی در انقلاب صنعتی چهارم محسوب می‌شود که باعث اتصال همه‌جایی عناصر صنعتی می‌شود و پُلی بین دنیای فیزیکی و دنیای مجازی ایجاد می‌کند. نقش فناوری اطلاعات در انقلاب صنعتی چهارم، در حقیقت دامنه‌ی گسترده‌ی پلتفرم‌هایی است که به جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل یکپارچه‌ی داده‌های جمع‌آوری شده توسط حسگرها می‌پردازند. همچنین فناوری عملیات در انقلاب صنعتی چهارم، به نقش تمام عناصر صنعتی که به طور مستقیم مسئول پابرجا بودن مشاغل و کارخانجات هستند، اتلاق می‌شود. بنابراین با هدف ایجاد یک صنعت هوشمندتر و دوست‌دار انسان، تاثیرات مشارکت فناوری‌های ذکر شده یا همان CIOT را در انقلاب صنعتی چهارم بررسی خواهیم کرد. علاوه بر این، چالش‌های فنی هموار کردن راه برای مشارکت CIOT با تأکید بر حوزه فناوری ارتباطات مورد بحث قرار می‌گیرد. در نهایت، نقشه‌ی راه انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن رونمایی می‌گردد.

کلیدواژه: انقلاب صنعتی چهارم، متاورس، دوقلوی دیجیتال، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، فناوری ارتباطات، فناوری اطلاعات و فناوری عملیات.

1- Industrial revolution 4.0
2- Communication Technology
3- Information Technology
4- Operation Technology
5- Communication Information Operation Technologies

از نظر تاریخی، تاکنون سه انقلاب صنعتی به وقوع پیوسته است که توسط نیروی بخار، نیروی الکتریکی و همچنین فناوری اطلاعات رقم زده شده‌اند. در حال حاضر، چهارمین انقلاب صنعتی در سراسر جهان در حال وقوع است. انتظار می‌رود انقلاب صنعتی چهارم عصر جدیدی از صنعت هوشمند و انسان‌دوست را آغاز و بازار جهانی بی سابقه‌ای ایجاد کند [۱]. مفهوم انقلاب صنعتی چهارم در چند سال گذشته به عنوان همگرایی و کاربرد تکنیک‌های پیشرفته مختلف، مانند اینترنت اشیاء (IoT)، دوقلوی دیجیتال، کلان داده، هوش مصنوعی (AI)[1]، XR (شامل واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی) و غیره تعمیم داده شده است. اخیراً، این تکنیک‌های پیشرفته با یکدیگر ادغام شده‌اند و به‌عنوان متاورس، یک تغییر پارادایم امیدوارکننده، نه تنها برای انقلاب صنعتی چهارم بلکه بسیار فراتر از آن، مطرح شده‌اند [۲].

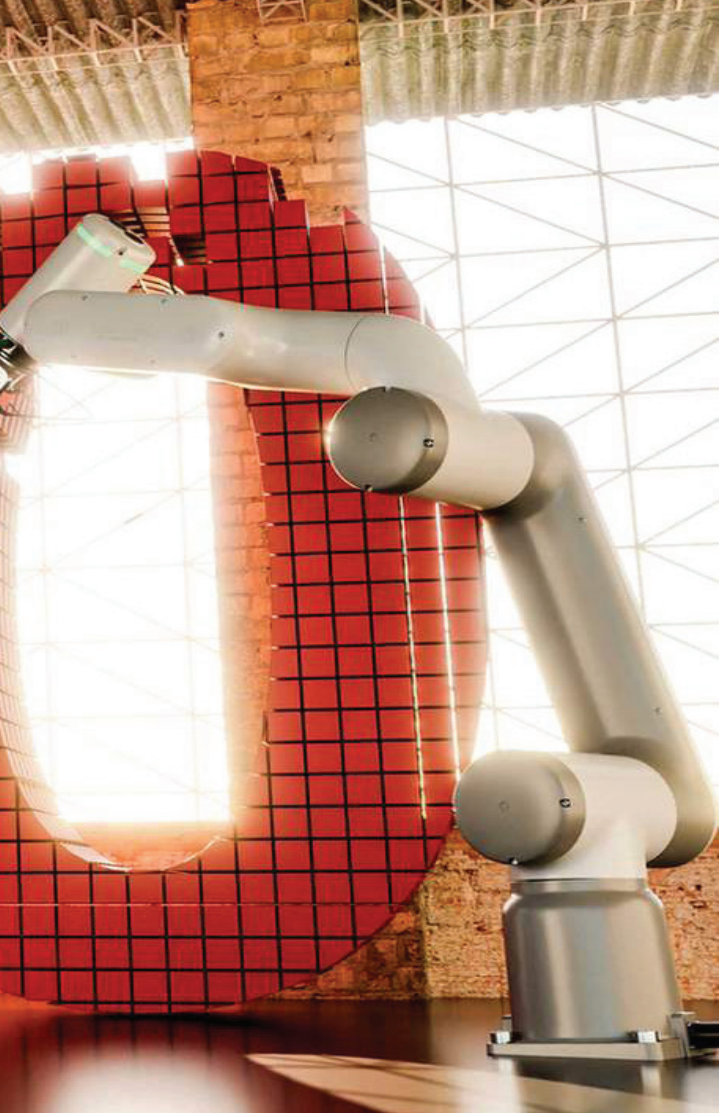
این امر توجه بسیاری از کشورها را در سطوح سازمانی و دولتی به خود جلب کرده است. هسته‌ی انقلاب صنعتی چهارم در ارتباطات است و با اینترنت اشیا صنعتی (IIoT) گره خورده است [۳].

1- Artificial Intelligence

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، فناوری ارتباطات بخشی ضروری از انقلاب صنعتی چهارم را تشکیل می‌دهد، زیرا فناوری ارتباطات، حوزه‌های فناوری عملیات و فناوری اطلاعات را برای داشتن اینترنت اشیاء صنعتی کارآمد ادغام می‌کند. عملکرد فناوری اطلاعات به‌طور مستقیم، ثبات، تداوم و انعطاف پذیری صنعت جهانی را تعیین می‌کند.

خوشبختانه، توسعه سریع فناوری‌های ارتباطات، از جمله سیستم‌های نسل پنجم (5G)[2] و حتی سیستم‌های نسل ششم (6G)[3]، راه‌حل‌های موثری را برای انقلاب صنعتی چهارم ارائه می‌دهند. به عنوان مثال، با وجود سه سناریوی اساسی در 5G، یعنی افزایش پهنای باند سیار (eMBB)[4]، ارتباطات با تأخیر کم بسیار قابل اعتماد (URLLC)[5] و ارتباطات گسترده نوع ماشین (mMTC)[6]، انتظار می‌رود که با استفاده از تکنیک‌های 5G، اتصال عظیم با تاخیر کم، انتقال داده با سرعت بالا، کنترل از راه دور بیدرنگ و تبادل اطلاعات با ایمنی بالا در کاربردهای صنعتی به وجود خواهد آمد.

2- 5th Generation
3- 6th Generation
4- enhanced Mobile Broadband
5- Ultra Reliable Low Latency Communications
6- massive Machine Type Communications



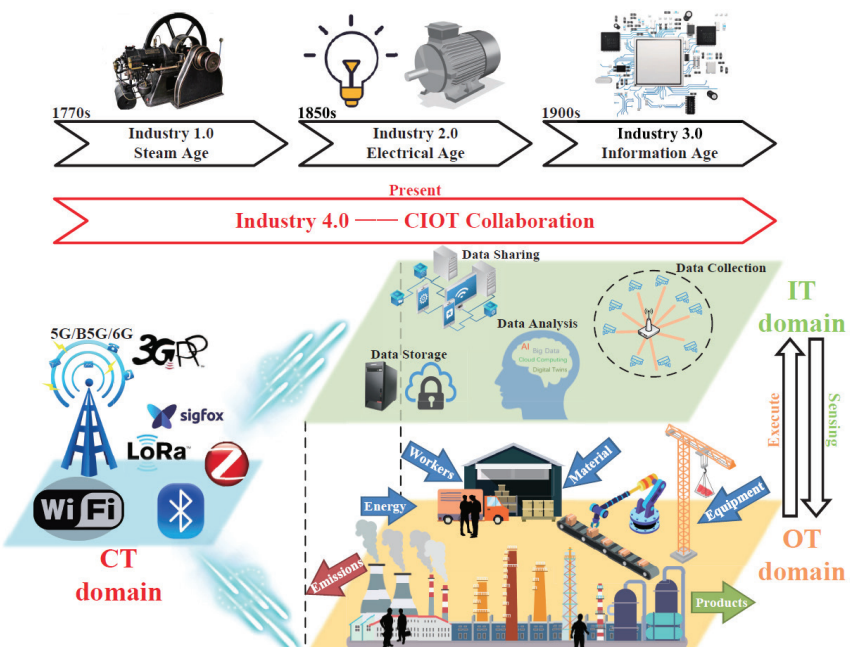
مروری بر انقلاب‌های صنعتی اول تا سوم:

اولین انقلاب صنعتی بوسیله اولین موتور تجاری موفقی که توسط «نیوکامن» در سال ۱۷۱۲ طراحی شد، آغاز شد که "قدرت عضلانی" را با "قدرت ماشین" بدون وقفه جایگزین کرد. سپس این امر توسط «جی. وات» در سال ۱۷۶۴ بهبود یافت. پایه‌های انقلاب صنعتی دوم توسط «فارادی»، که مبنای نظری و عملی مهار نیروی الکتریکی را فرموله کرد، پایه‌گذاری شد [۴]. برخلاف دو انقلاب فوق که با انواع مختلف منابع انرژی مشخص می شد، انقلاب صنعتی سوم بر پیشرفت تولید صنعتی با استفاده مشترک از قطعات کوچک الکترونیکی و فناوری اطلاعات جدید متمرکز شد و راه را برای دیجیتالی شدن صنعتی هموار کرد. در همان دوران، فناوری ارتباطات مدرن از دیدگاه عملی توسط «مارکُنی» در دهه ۱۹۰۰ و از دیدگاه نظری توسط «شانون» در دهه ۱۹۴۰ مطرح شد و فرصت های مناسبی را برای صنایع الکترونیک دیجیتال فراهم کرد. هر سه انقلاب صنعتی قبلی تأثیر زیادی هم بر تولید صنعتی امروزی و هم بر تولید ثروت و کیفیت زندگی مردم داشته است [۴].

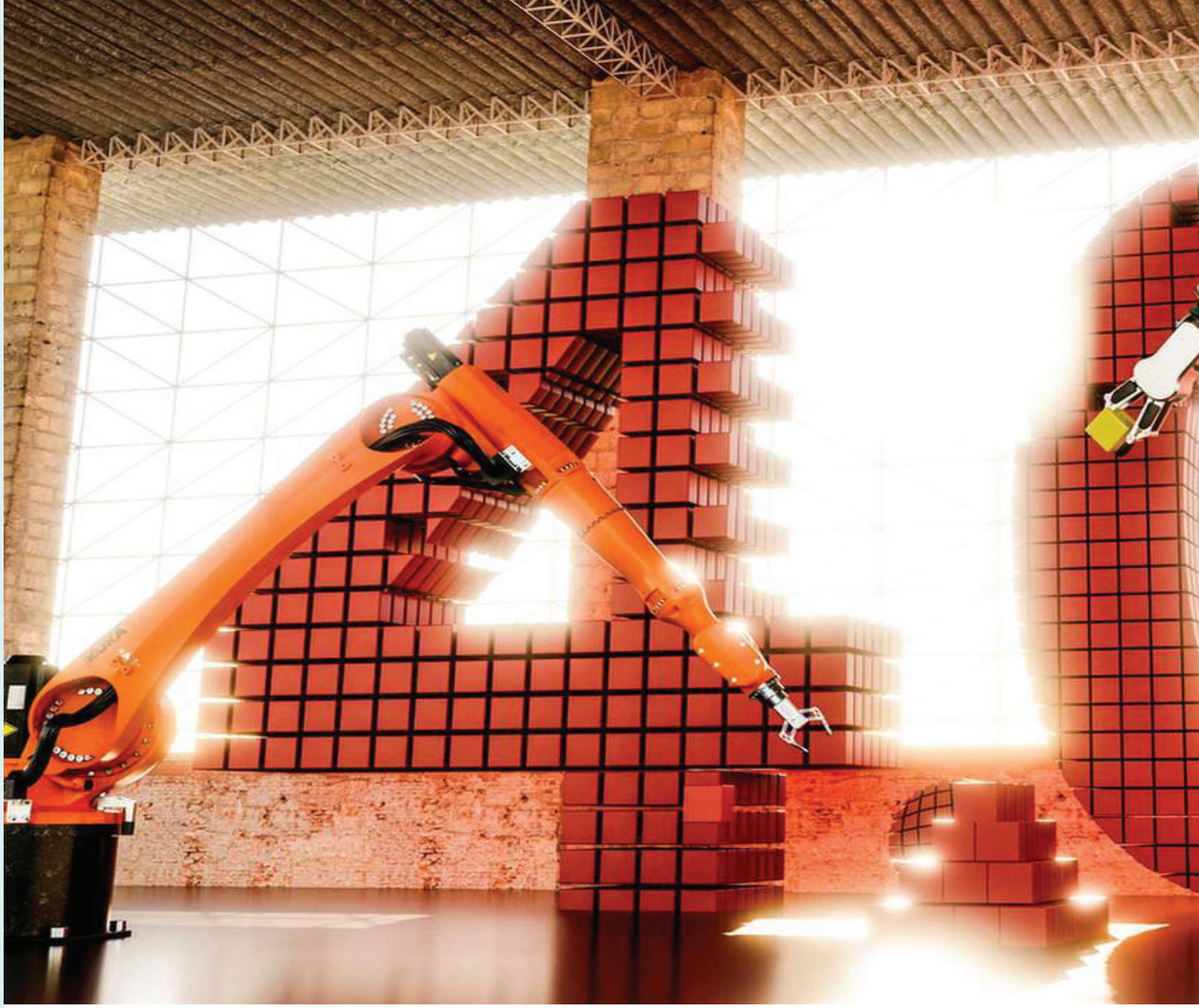
انقلاب صنعتی چهارم در قالب مشارکت حوزه‌های فناوری ارتباطات، اطلاعات و عملیات:

انقلاب صنعتی چهارم، همانطور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است، به همکاری نزدیک سه حوزه‌ی فناوری ارتباطات، فناوری اطلاعات و فناوری عملیات در فرایندهای تولید صنعتی نیاز دارد. در ادامه هر یک از حوزه‌های فناوری با جزئیات بیشتری توضیح داده می‌شود.

حوزه‌ی فناوری ارتباطات: استانداردها و فناوری‌های ارتباطی سیمی یا بی‌سیم و در مسافت‌های بلند و کوتاه مانند WiFi، NB-IoT، Sigfox، LoRa، Zigbee، Bluetooth و شبکه‌های سلولی را در بر می گیرد. این فناوری از شبکه سازی در تضمین



شکل ۱ - نمایش روند سه انقلاب صنعتی قبل، به همراه مشارکت حوزه‌های فناوری ارتباطات، اطلاعات و عملیات در انقلاب صنعتی چهارم [۱].

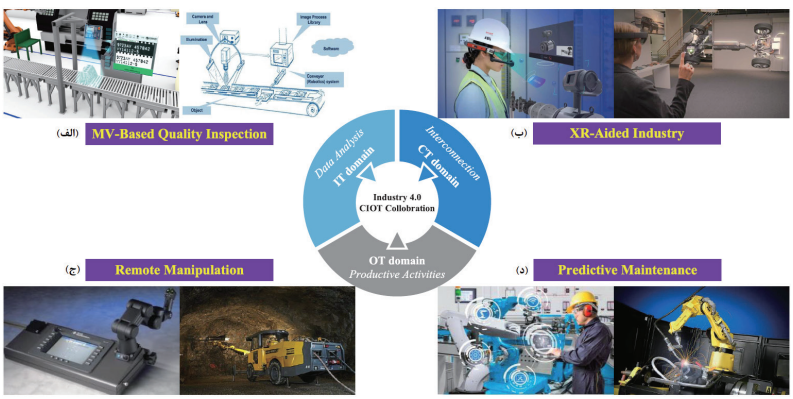


کیفیت خدمات برای کنترل هوشمند صنایع پشتیبانی می‌کند.

حوزه‌ی فناوری اطلاعات: پلتفرمی است که جمع آوری، ذخیره‌سازی و تجزیه و تحلیل یکپارچه داده‌های جمع آوری شده توسط شبکه‌های ارتباطی را تحقق می‌بخشد. این امر توسط محاسبات ابری پیشرفته، دوقلو دیجیتال، هوش مصنوعی و غیره قابل انجام شده است. موضوعات خانه‌ی هوشمند، شهر هوشمند، سلامت هوشمند، کشاورزی هوشمند و بانکداری هوشمند در این حوزه قرار می‌گیرند.

حوزه‌ی فناوری عملیات: شامل تمام عناصر صنعتی است که به‌طور مستقیم مسئول عملیات و نگهداری تجهیزات کارخانه، مواد، انرژی، محصولات، انتشار و غیره در تمام فعالیت‌های صنعتی هستند. برای نمونه دستگاه‌های PLC[7] در کارخانجات که امور کنترلی را انجام می‌دهند و یا دستگاه‌های CNC[8] که عملیات تراش قطعات صنعتی را انجام می‌دهند در حوزه‌ی فناوری

7- Programmable Logic Controller
8- Computer Numerical Control



شکل ۲- نمونه‌های کاربردی از مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات در انقلاب صنعتی چهارم [۱].

عملیات قرار می‌گیرند.

توجه شود که در انقلاب‌های صنعتی اول تا سوم که در بخش قبل بحث شد، مشاهده می‌شود که فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات، هر یک به صورت مستقل در کاربردهای صنعتی توسعه یافته‌اند، اما مشارکت این سه حوزه در انقلاب صنعتی چهارم به رسمیت شناخته شده است. تعامل این سه حوزه در انقلاب صنعتی چهارم، همان‌طور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است، به این صورت است که دنیای فیزیکی (فناوری عملیات) به دنیای مجازی یا دیجیتال (فناوری اطلاعات) از طریق شبکه‌های ارتباطی (فناوری ارتباطات) متصل می‌گردد. لذا فناوری ارتباطات نقش کلیدی را در این ترکیب ایفا می‌کند، به طوری که برای اینترنت اشیاء صنعتی "IIoT" نیز معمولاً به عنوان جزء ضروری انقلاب صنعتی چهارم در نظر گرفته می‌شود.

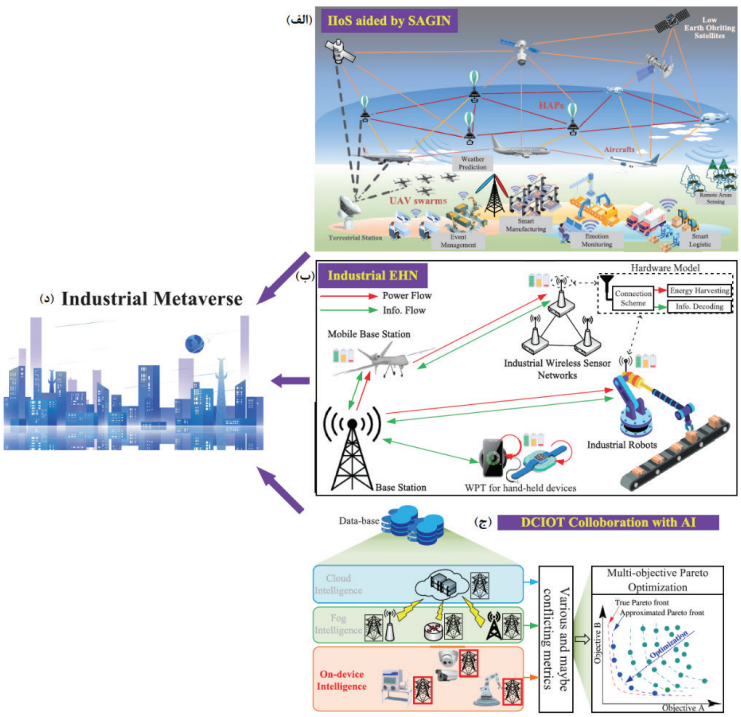
در شکل ۲ نمونه‌های کاربردی مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات در انقلاب صنعتی چهارم دیده می‌شود. در شکل ۲ قسمت (الف)، کاربردی تحت عنوان «بازرسی کیفیت مبتنی بر بینایی ماشین»[9] نشان داده شده است. در این کاربرد، اطلاعات بصری محصولات در خط تولید از طریق دوربین‌های صنعتی با کیفیت بالا جمع‌آوری می‌شود و سپس با استفاده از فناوری ارتباطات منتقل می‌شود. همچنین، الگوریتم‌های بینایی ماشین مبتنی بر هوش مصنوعی که روی پلتفرم فناوری اطلاعات اجرا می‌شوند، تصاویر دریافتی را پردازش، تجزیه و تحلیل و درک می‌کنند. بر این اساس، ماشین‌های موجود در حوزه فناوری اطلاعات می‌توانند اهداف را شناسایی کرده و کیفیت محصولات را تشخیص دهند. این نوع شناسایی در مقایسه با بازرسی کیفیت دستی یا سنتی، از حساسیت بالاتر، دقت بیشتر و کارایی بهتری برخوردار است که به کاهش هزینه‌های انسانی در فرآیند تولید کمک می‌کند.

در شکل ۲ قسمت (ب)، مشارکت سه حوزه‌ی فناوری ذکر شده، در قالب «صنعت به کمک XR»[10] تصویر شده است. در این کاربرد، بر اساس فناوری‌های واقعیت مجازی (VR)[11]، واقعیت افزوده (AR)[12] و واقعیت ترکیبی (XR)[13] اموری نظیر کمک و راهنمایی، تعامل با یکدیگر از راه دور و غیره را می‌توان انجام داد. به عنوان مثال، صحنه‌های ضبط شده در خط تولید را می‌توان مستقیماً در قالب XR به طراح محصول منتقل کرد تا او بتواند از طریق شبکه‌های ارتباطی قابل اعتماد ارائه شده توسط حوزه فناوری ارتباطات، راهنمایی بصری در بهبود فرآیند تولید ارائه دهد. مهم‌تر از آن، تکنیک‌های مبتنی بر XR قادر به نشان دادن کارگرانی هستند که در خطوط مونتاژ اقدامات بی‌احتیاطی انجام می‌دهند یا در مواقع اضطراری زنگ هشدار را به صدا در می‌آورند. در انقلاب صنعتی چهارم، عملیات مبتنی بر XR، کارهایی مثل رمزگذاری، بازسازی سه بعدی، تشخیص اشیاء، مدیریت محتوا و سایر موارد پیچیده را ارائه می‌دهند.

در شکل ۲ قسمت (ج)، کاربردی تحت عنوان «بکاربری از راه دور»[14] مطرح شده است. در این کاربرد، بکاربری یا اعمال نفوذ از راه دور در بسیاری از سناریوهای صنعتی، مانند محافظت کارگران از خطر پس از فاجعه، اهمیت زیادی دارد. این برنامه به اتصالات همه جا حاضر در هر زمان و هر مکان نیاز دارد، که انجام آن توسط شبکه‌های تلفن همراه زمینی معمولی دشوار است. به عنوان یک راه‌حل، شبکه غیر زمینی (NTN)[15] به عنوان یک بلوک ساختمانی برای اعمال نفوذ از راه دور در مناطق خطرناک یا پرجمعیت عمل می‌کند. اعمال نفوذ از راه دور به تأخیر بسیار حساس از این رو ارتباطات فوق‌العاده قابل اعتماد و با تأخیر کم، پیش‌نیازهای اصلی این کاربرد هستند.

در شکل ۲ قسمت (د)، کاربرد تعمیر و نگهداری پیش‌گویانه حاصل از مشارکت سه حوزه‌ی فناوری ارتباطات، اطلاعات و عملیات در انقلاب صنعتی چهارم نمایش داده شده است. در کاربرد سیستم تعمیر و نگهداری پیش‌گویانه می‌توان با استفاده از شبکه‌های حسگر اینترنت اشیاء، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، برخی از پیش اطلاع‌رسانی‌های خرابی ماشین را گرفت. این امر به صاحبان/اپراتورهای ماشین اجازه می‌دهد تا تعمیر و نگهداری را قبل از موعد مقرر انجام دهند

9- Machine Vision (MV)-Based Quality Inspection
10- XR-Aided Industry
11- Virtual Reality
12- Augmented Reality
13- Mixed Reality
14- Remote Manipulation
15- Non-Terrestrial Networks



شکل ۳- چشم‌انداز بلند پروازانه از انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن [۱].

و در نتیجه از خرابی ناگهانی خط تولید که ممکن است باعث تلفات غیرقابل اندازه‌گیری شود جلوگیری شود. پیش‌بینی‌ها در مورد طول عمر مفید باقی‌مانده اجزا ممکن است توسط دوقلو دیجیتال انجام شود که نمونه‌ای ملموس از مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات است. طبیعتاً، تا زمانی که مشخصات ارتباطی دقیق رعایت نشـــود، نظارت از راه دور وضعیت ماشـــین‌ها برای مدیران غیرممکن است و از این رو نمی‌توانیم از تعمیر و نگهداری پیش‌بینی بهره ببریم.

چشـــم اندازی به آینده‌ی انقلاب صنعتی چهارم، فرصت‌ها و محدودیت‌های آن:

در این بخش، برخی از چشـــم‌اندازها و فرصت‌های آینده در انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن که در تصاویر موجود در شـــکل ۳ نشان داده شده‌اند، بررسی می‌شوند. در شـــکل ۳ قسمت (الف)، اینترنت حواس صنعتی (IIoS)[۱۶] به کمک شبکه‌ی تجمیعی فضا-هوا-زمین (SAGIN)[۱۷] به عنوان چشم‌اندازی از انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن مطرح اســـت. تغییر پارادایم از IIoT به IIoS بر پیشـــرفت در زمینه‌های "اینترنت" و ارتباطات "حساس" متکی است. همانطور که فضای فعالیت‌های انسانی در سراسر جهان گسترش می‌یابد، حمایت از صنعت در مناطق وسیع و/یا کم جمعیت (فضا، اقیانوس‌ها، جنگل‌ها، بیابان‌ها، دره‌ها، به جز چند مورد) توجه زیادی را به خود جلب می‌کند. اتصال متقابل یا «اینترنت» بین عناصر صنعتی در چنین سناریوهایی صرفاً با تکیه بر سیستم‌های ارتباطی زمینی موجود امکان پذیر نیست.

16- Industrial Internet of Senses
17- Space-Air-Ground Integrated Network

فناوری ارتباطات فعال کننده‌ی کلیدی این کاربرد است زیرا اتصال ریزدانه و خدمات موقعیت‌یابی با دقت بالا به مفهوم شبکه یکپارچه فضا-هوا-زمین (SAGIN) مربوط می‌شود. با ترکیب سیستم‌های زمینی فناوری ارتباطات با تکنیک‌های نوظهور حوزه فناوری عملیات، پدیده‌هایی مانند ماهواره‌های مدار پایین زمین (LEO)[۱۸]، سکوهای ارتفاع بالا (HAPs)[۱۹]، گروه‌های پهپاد، و غیره، ارتباط همه‌جایی فضا-هوا-زمین یا SAGIN یک تغییر پارادایم در انقلاب صنعتی چهارم را شاهد خواهیم بود. وســـعت و عمق خدمات ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی را نیز گسترش می‌دهد. علاوه بر این، اصطلاح «حساس» در IIoS طیف گسترده‌ای از مفاهیم را در حوزه‌های فناوری اطلاعات در بر می‌گیرد که به پشتیبانی از برنامه‌های کاربردی گسترده مانند تشخیص انتشار، پیش‌بینی آب و هوا، مدیریت رویداد، نظارت بر احساسات برای کارگران و غیره کمک می‌کند. به طور خلاصه، IIoS با کمک SAGIN، به عنوان یک شکل معمولی از همکاری CIOT، قادر به نظارت بر محیط شبکه موجود از طریق اتصال همه جا حاضر و ارتباطات بلادرنگ است، بنابراین سطح کیفیت خدمات در شبکه‌های صنعتی آینده را بهبود می‌بخشد.

در شکل ۳ قسمت (ب)، مفهوم شبکه‌های ذخیره‌ساز انرژی صنعتی (Industrial EHN)[۲۰] را داریم. انتقال برق بی‌ســـیم (WPT)[۲۱] یک فناوری حوزه فناوری عملیات اســـت که به منبع برق اجازه می‌دهد تا انرژی الکترومغناطیسی را به یک گره اینترنت اشیاء از طریق هوا، بدون سیم‌های متصل به هم منتقل کند. علاوه بر این، انتقال انرژی

18- Low Earth Orbit
19- High Amplitude Platforms
20- Industrial Energy Harvesting Network
21- Wireless Power Transfer

بی‌سیم، ضد آب یا ضد گرد و غبار برای دستگاه‌های بدون تماس مورد استفاده قرار می‌گیرد که برای محیط‌های تولید صنعتی خشن[۲۲] با شرایط محیطی نامساعد مناسب است. سازوکارهای انتقال برق بی‌سیم به انواع زیر طبقه بندی می‌شوند [۱]: ۱- شـــارژ RF که بازده شارژ ضعیفی دارد (حدود ۱ تا ۱۰ درصد) اما فاصله شارژ قابل توجهی (در حد کیلومتر) دارد. می‌توان دستگاه‌های راه دوری را که در محیط‌های خشن کار می‌کنند، از این طریق شارژ کرد. ۲- شارژ القایی، که بیش از ۹۰ درصد راندمان شارژ را اما فقط در محدوده بسیار کوچک (چند سانتی متر) تضمین می‌کند. این امر به کارگران کارخانه اجازه می‌دهد تا به راحتی دستگاه‌های دستی خود را شارژ کنند. ۳- شارژ مبتنی بر تشدید مغناطیسی، که بازده شارژ را در مقایسه با فاصله ایجاد می‌کند. این موضوع امیدوار کننده‌ترین نوع WPT برای شبکه های حسگر، وسایل نقلیه الکتریکی، شبکه هوشـــمند و غیره در انقلاب صنعتی چهارم را تشـــکیل می‌دهد. مهمتر از همه، با ترکیب WPT در حوزه فناوری عملیات با WIT[۲۳] در حوزه فناوری ارتباطات و اطلاعات، مفهوم EHN، با نام مستعار، بی‌سیم همزمان انتقال اطلاعات و توان را ایجاد کرده است. با توسعه سریع طراحی و پیاده‌سازی مدار، EHN صنعتی را می‌توان به آسانی تنها با اصلاحات جزئی سخت‌افزاری در دستگاه‌های صنعتی تحقق بخشید. با طراحی دقیق طرح تخصیص منابع بر اساس تقاضا بین انرژی و اطلاعات، EHN از مزیت قانع کننده ارائه همزمان اطلاعات و انرژی بی سیم قابل کنترل و کارآمد در فعالیت های صنعتی برخوردار است، از این رو SWPIT ممکن است مفیدتر از مجموع اجزای تشکیل دهنده آن (WPT و WIT) در نظر گرفته شود.

در شکل ۳ قسمت (ج)، مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات مبتنی بر داده با هوش مصنوعی (DCIOT Collaboration with AI)[۲۴] به چشـــم می‌خورد. بدون شک، هوش مصنوعی، به طور صریح یا ضمنی، نقش مهمی برای انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن ایفا می‌کند. تاکنون تکنیک‌های قدرتمند هوش مصنوعی به طور گسترده در زمینه‌های تحقیقاتی مختلف در دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند. عصر کنونی هوش ماشینی برای ترویج مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات تنها با تکیه بر مجموعه‌ای به اندازه کافی بزرگ از داده‌های از پیش جمع آوری شده امکان‌پذیر است و هوش مصنوعی می‌تواند مشکلات بهینه‌سازی را در تنظیمات شبکه‌های صنعتی پیچیده حل کند.

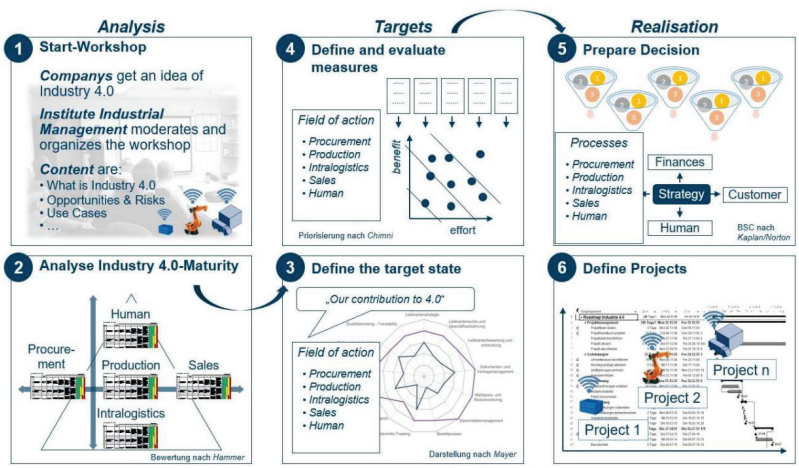
بنابراین، مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات ممکن است با کمک داده‌های بزرگ فراگیر در قالب مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات مبتنی بـــر داده (DCIOT) که کلید دستیابی به هوش ســـطح بالا در انقلاب صنعتی چهارم را در اختیار دارد، ممکن می‌شود.

در شکل ۳ قسمت (د)، متاورس صنعتی مشاهده می‌شود که تمامی موارد ذکر شده به این دســـتاورد منتج می‌شوند. مفهوم متاورس به سرعت در حال تکامل اســـت، اما تعریف آن در رشته های مختلف متفاوت است. در زمینه صنعت، ما متاورس صنعتی را به عنوان یک سیستم بوم‌شناختی صنعتی[۲۵] تعریف می کنیم که ذاتا DCIOT را با فعالیت‌های صنعتی دنیای واقعی یکپارچه می کند. با اســـتفاده از تکنیک‌های نوظهور XR،AI،IoT، محاسبات ابری، بلاک‌چین 6G، 5G و غیره، متاورس صنعتی از اتصال یکپارچه افراد و ماشین‌ها در یک شبکه ادغام شده پشتیبانی می کند و به عنوان رگ تولید و همچنین خدمات هوشمندانه عمل می کند.

علیرغم چشـــم‌اندازهای جذاب این انقلاب صنعتی در حال ظهور، طرح‌های موجود هنوز نمی‌توانند الزامات مورد نیاز در انقلاب صنعتی چهارم را برآورده کنند. بر اساس بحث‌های ذکر شده، مشاهده می‌شود که بسیاری از چالش‌های فنی از حوزه فناوری ارتباطات ایجاد می‌شود، که نشان دهنده‌ی این است که حوزه فناوری اطلاعات نقشی اساسی

22- Harsh Environment
23- Wireless Information Transmission
24- Data-Driven CIOT Collaboration with Artificial Intelligence

25- Industrial ecological system



شکل ۴- نقشه راه پیشنهادی برای شرکت‌های بزرگ و اپراتورهای تلفن همراه جهت حرکت به سوی انقلاب صنعتی چهارم [۵].

در فعال‌سازی انقلاب صنعتی چهارم ایفا می‌کند. سه چالش اصلی در فناوری ارتباطات که مانع از ظهور انقلاب صنعتی چهارم می‌شود، چالش مدیریت کارامد شـــبکه، چالش انتقال اطلاعات با ســـرعت نامحدود و پارادایم دسترسی همه‌جایی است.

نقشه‌راه شرکت‌های بزرگ و اپراتورهای تلفن همراه به سوی انقلاب صنعتی چهارم

با توجه به موارد ذکر شده، دقت شود که در حال حاضر مفاهیم انقلاب صنعتی چهارم، بسیاری از شرکت‌های بزرگ و اپراتورهای تلفن همراه را در بخش‌های مختلف نظیر خرید، تولید، فروش، منابع انسانی و غیره به چالش کشیده است. بنابراین نیاز به رویکرد سیستماتیک جهت اجرای راهبردهای انقلاب صنعتی چهارم بیش از پیش پُر رنگ شده است. به این منظور، در مرجع [۵] نقشه راهی ارائه شده است که در شکل ۴ نمایش داده شده است. ساختار این نقشه راه پیشنهادی به این صورت است که:

در گام اول، ایجـــاد آگاهـــی در زمینه‌ی انقلاب صنعتـــی چهارم و راهبردهای آن باید برای افراد صورت گیرد. لذا برای شروع، برگزاری کارگاه‌هایی جهت ایجاد انگیزه با ارائه محتوا، مفاهیم و فناوری‌های ضروری در این نقشه‌ی راه در نظر گرفته شده است. همچنین نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای ظهور انقلاب صنعتی چهارم در این کارگاه‌ها بحث می‌شود.

در گام دوم، باید شایستگی شرکت‌های موجود در برابر بلوغ انقلاب صنعتی چهارم را تحلیل کـــرد. در این گام، پنج ســـطح بلوغ، برای حوزه‌های خرید، تولید، لجستیک داخلی، فروش و منابع انسانی بر روی یکدیگر بنا شده‌اند. در بالای هرم، یک سیستم منابع انسانی استفاده می‌شود تا فرآیندها ساختارمند و برنامه‌ریزی شده باشند. در ادامه، مدیریت ارتباط تامین برای خرید، سیستم اجرای تولید برای بخش تولید، مدیریت ارتباط با مشتری برای بخش فروش و مدیریت انبار برای لجستیک داخلی پیشنهاد شده است.

در گام سوم، وضعیت هدف در هر شاخه باید تعریف شود. به این صورت که متخصصان بین رشته‌ای باید بحث کنند و عنوان کنند که در هر یک از پنج سطح ذکر شده، کدام وضعیت‌ها برای رسیدن به هدف آینده باید محقق شوند.

در گام چهارم، لازم است اقدامات مشخصی استخراج، مستندسازی و ارزیابی شود تا تفاوت بین سطح بلوغ واقعی و هدف تعیین شود.

در گام پنجم، اهداف تعریف شده (نمایه هدف)[۲۶] و اقدامات مربوط به ارتباط و مشارکت در راهبردهای شرکت انتخاب می‌شوند. سپس، گویی اهداف و اقدامات انتخاب شده به کارت امتیازی تبدیل می‌شوند و با ارقام، اهداف اندازه‌گیری و بررسی می‌شوند تا مشخص شود کدام اهداف باید در چه اولویتی پیاده‌سازی شوند.

در گام ششم، به عنوان آخرین گام، پروژه‌های اجرایی انقلاب صنعتی چهارم بنا نهاده می‌شوند. در این گام، بودجه مورد نیاز هر پروژه تخمین زده می‌شود.

26- Target Profile

در مرجع [۵] توصیه شده است که گام‌های نقشـــه راه با پروژه‌های آزمایشی شروع شود و تجارب به دست آمده در برنامه‌ریزی‌ها و اهداف اجرایی بعدی گنجانده شود.

شرکت نوکیا یکی از شرکت‌هایی است که برای پیاده‌سازی اهداف و پروژه‌های انقلاب صنعتی چهارم در شرکت‌های صنعتی با توجه به همین نقشه راه پیشنهاداتی ارائه داده است [۶].

نتیجه گیری:

بر اساس دیدگاه مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات، این مقاله چشم‌انداز انقلاب صنعتی چهارم و فراتر از آن را بررسی کرده است. به طور خاص، مفهوم مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات به عنوان یک تغییر پارادایم برای صنعت آینده معرفی شده است. با ادغام یکپارچه فناوری‌های عملیات موجود در دنیای فیزیکی با فناوری اطلاعات در دنیای سایبری با تکیه بر فناوری‌های پیشرفته‌ی ارتباطات، مشارکت نزدیک فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات قرار است نوآوری صنعتی پدید آید. نقش‌های حیاتی حوزه فناوری ارتباطات در موارد استفاده چالش برانگیز از انقلاب صنعتی چهارم برجسته اســـت. بر این اســـاس، ما برخی از جهت‌های تحقیقاتی را برای حوزه فناوری ارتباطات از نظر سه جنبه برجسته، یعنی پارادایم دسترسی گسترده، انتقال اطلاعات بی‌سیم و مدیریت شبکه نشان داده‌ایم. علاوه بر این، برخی از چشم‌اندازهای بلندپروازانه با برجسته کردن مشـــارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات و سایر رشته‌ها به تصویر کشیده شده‌اند. انتظار می‌رود که انقلاب صنعتی چهارم مبتنی بر دیدگاه مشارکت فناوری‌های ارتباطات، اطلاعات و عملیات به فعالیت‌های صنعتی تغییر شکل دهد و دنیای ما را متحول کند. همچنین، نقشه‌راهی جهت گام برداشتن به سوی پیاده‌سازی انقلاب صنعتی چهارم به شرکت‌های بزرگ و اپراتورهای تلفن همراه پیشنهاد شده است.

منابع:

[1] Z. Wan, Z. Gao, M. D. Renzo, and L. Hanzo, "The road to Industry 4.0 and beyond: a communication, information, and operation technology collaboration perspective," IEEE Network, vol. 36, no. 6, pp. 157-164, Dec. 2022.

[2] S. M. Park and Y. G. Kim, "Ametaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges," IEEE Access, vol. 10, pp. 4209-4251, 2022.

[3] T. Qiu et al., "Edge computing in Industrial Internet of Things: Architecture, advances and challenges," IEEE Commun. Surv. Tutor., vol. 22, no. 4, pp. 2462-2488, 4th Qrt. 2020.

[4] K. Kumar et al., Industry 4.0, Developments towards the Fourth Industrial Revolution, Springer Briefs in Applied Sciences and Technology, 2019.

[5] E. Pessl, S. R. Sorko, and B. Mayer, "Roadmap industry 4.0 – Implementation guideline for enterprises," International Journal of Science, Technology and Society, vol. 5, no. 6, pp. 193-202, 2017.

[6] https://www.nokia.com/blog/how-to-bring-industry-40-to-your-industrial-campus/

فناوری همراه
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

بینش فناوری

سیدعلی خدام حسینی

دکتری مهندسی برق- مخابرات سیستم از دانشگاه شاهد، کارشناس اداره مگاپروژه‌های سازمانی همراه اول

در خط مقدم هوشمندسازی
کارخانه‌ها و صنعت ۴٫۰ چه باید کرد؟

چکیده: امروزه صنایع تولیدی با طیف وسیعی از چالش‌های رو به رشد نظیر تغییر الگوی تقاضاها، نیاز به لجستیک سریع‌تر و زنجیره‌های تأمین انعطاف‌پذیرتر؛ در کنار عوامل حقوقی و اجتماعی نوظهور مانند الزامات سخت‌گیرانه بهداشتی و زیست‌محیطی مواجهند که با وارد کردن فشار بیشتر به اکوسیستم، آن‌ها را به تسریع هوشمندسازی و حرکت به سوی صنعت ۴٫۰ سوق می‌دهد. این در حالی است که اگرچه بسیاری از صنایع به طور کلی از مزایای صنعت ۴٫۰ برای ساده‌سازی عملیات و افزایش بهره‌وری آگاه هستند، اما پذیرش مؤثر این امر به دلایل متعددی مانند هزینه و سطح دانش محدود تصمیم‌گیران همچنان با چالش‌های کلیدی مواجه است. البته عدم پذیرش واقعی تحول دیجیتال و صنعت ۴٫۰ را نمی‌توان تنها معلول سطح اطلاعات پایین تصمیم‌گیران و چسبندگی واحدهای تولیدی به سازوکارهای سنتی دانست. تجربه‌های متعددی در صنایع مختلف وجود دارد که حتی با صرف زمان و هزینه قابل توجه برای تحول دیجیتال، امکان توسعه موفق و مقیاس‌پذیر پایلوت‌ها و بهره‌برداری از ابزارها و فناوری جدید در راستای ارتقاء بازده عملیاتی میسر نشده است. این مقاله ضمن بررسی برخی از چالش‌های رایج در زمینه صنعت ۴٫۰ به رویکردهای عملیاتی تحقق این مفهوم در صنعت ایران و تولید ارزش از آن می‌پردازد.

کلیدواژه: هوشمندسازی، کارخانه هوشمند، تحول دیجیتال، صنعت ۴٫۰

مقدمه: کارخانه هوشمند و صنعت ۴٫۰ در یک نگاه

امروزه، صنعت ۴٫۰ در حال متحول کردن تمامی جنبه‌های تولید، از فرآیندها و بهره‌وری گرفته تا سرمایه‌های انسانی است. بهره‌برداری صحیح از فناوری‌های دیجیتال می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری قدرتمندتر، ایجاد فرصت‌های جدید ارتقاء مهارت و همکاری متقابل بازیگران مختلف شده و ایمنی محل کار و رضایت کارکنان را بهبود بخشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، بهره‌برداری از کاربست‌های صنعت ۴٫۰ امکان بهبود ۱۰ تا ۵۰ درصدی در شاخص‌های کلیدی مختلف را فراهم می‌کند (شکل ۱). محقق شدن هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴٫۰ در گرو اقداماتی کل‌نگر[1] و جامع است که طی آن، همه عوامل از زیرساخت‌های فناوری گرفته تا مدل حکمروایی و مزایای رقابتی به صورت یکپارچه و همسو برای دست‌یابی به فرآیندهای سریع‌تر، منعطف‌تر و کارآمدتر برای تولید کالاها و خدمات با کیفیت بالاتر و با هزینه‌های کمتر حرکت می‌کنند.

1- Holistic

شکل ۱ - پتانسیل تولید ارزش در حوزه‌های مختلف کارخانه‌ها و واحدهای تولیدی با صنعت ۴٫۰ [۱]

این تحول از منظر همگرایی حوزه‌های فناوری اطلاعات (IT)[۲] و فناوری عملیاتی (OT)[۳] مستلزم قرارگیری پلتفرم‌های داده در قلب فرآیند و گذار از ساختار سلسله مراتبی سنتی به ساختار یکپارچه است (شکل ۲).

نتایج پیوند یکپارچه OT و IT چشمگیر است و تحقق آن در گرو پذیرش فناوری‌های ابری و لبه است. از جمله نتایج این هم‌افزایی می‌توان به گزارش BCG از کاهش ۷۰ درصدی تعداد تولیدات معیوب در فرآیندهای تولیدی، افزایش ۲۵ درصدی بهره‌وری و همچنین کاهش ۵۰ درصدی زمان عرضه به بازار اشاره نمود [۲].

تحقق صنعت ۴,۰ در صنایع: چالش‌ها و راهکارها

مزایای صنعت ۴,۰ در بهره‌وری، فرآیندها و سرمایه انسانی به آسانی محقق نمی‌شوند و چالش‌های عملیاتی نمودن آن به ویژه برای سازمان‌ها و صنایع بزرگ با واحدهای متعدد با رهبری، زیرساخت فناوری اطلاعات و فرهنگ کار مجزا؛ بیشتر و عمیق‌تر هستند.

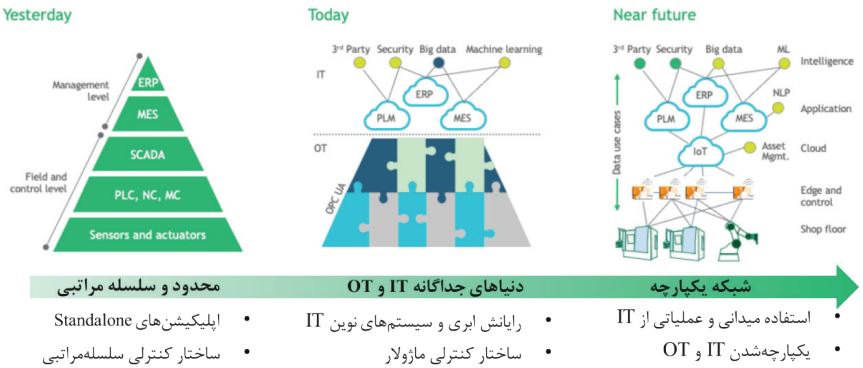
صنایع برای موفقیت در این عرصه باید مجموعه‌ای از فناوری‌ها را برای تسریع پیشرفت‌های عملیاتی و بر اساس شاخص‌های کمی و کیفی انتخاب و اجرا کنند. در این مسیر، یکپارچه‌سازی قابلیت‌ها و فناوری‌های جدید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امر نیازمند توجه ویژه به مدیریت تغییر[۴] است. استفاده از پایلوت‌های اثبات مفهوم[۵] برای آزمایش سریع و نمایش ارزشمندی فناوری‌ها در کنار تعریف چشم‌اندازی جسورانه و نقشه راهی مشخص برای استقرار طرح‌ها در مقیاس کل سازمان از ملزومات این مسیر هستند.

نوآورترین شرکت‌ها پذیرش صنعت ۴,۰ را تنها مرحله اول از تحول دیجیتال در مقیاس گسترده می‌دانند؛ که فراتر از عملیات رفته و به سوالات بنیادینی در زمینه ایجاد جریان‌های درآمدی جدید از فناوری‌های دیجیتال، تعریف مجدد سفر مشتری[۶]، تعریف مدل‌های جدید کسب‌وکار و رویکردهای جدید ورود به بازار پاسخ می‌دهد. تحلیل و شناسایی مجموعه‌ای جامع از فرصت‌های دیجیتال، اولین گام شرکت‌ها برای کشف مرزهای بعدی دیجیتال است. در ادامه ۴ درس آموخته کاربردی در حوزه عملیاتی‌سازی تحول دیجیتال و تحقق صنعت ۴,۰ در صنایع مختلف را مورد بررسی قرار می‌دهیم:

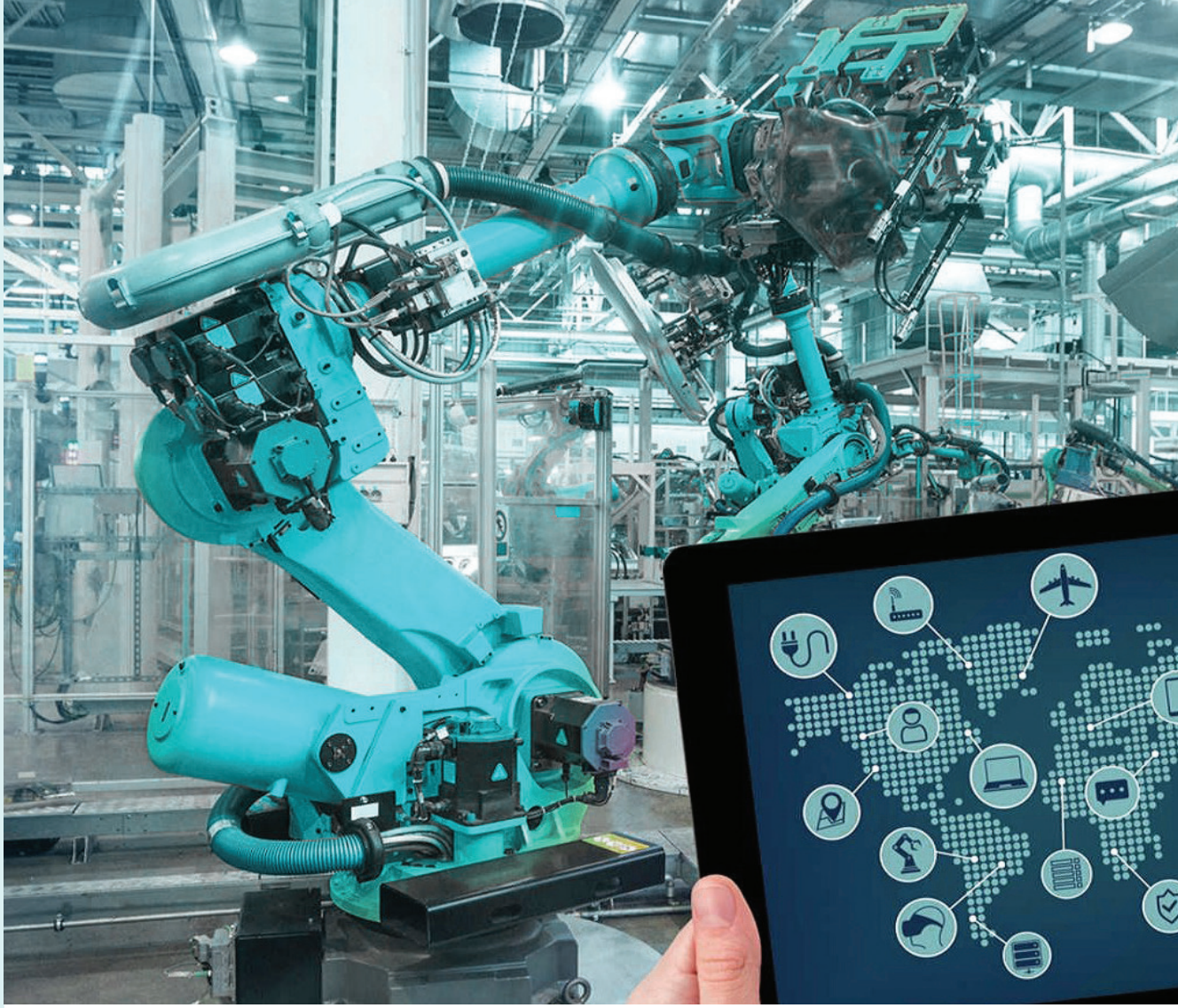
2- Information Technology (IT)
3- Operational Technology (OT)
4- Change Management
5- Proof-of-Concept (PoC)
6- Customer Journey

فناوری‌های صنعت ۴,۰ در خدمت ارتقاء عملیات

صنعت ۴,۰ شامل فناوری‌های دیجیتالی (فناوری‌های مخابرات



شکل ۲ – سیر تکامل هوشمندسازی کارخانه‌ها [۲]



سلولی LTE و 5G، اینترنت اشـــیاء صنعتی (IIoT)[7]، کلان‌داده[8]، هوش مصنوعی (AI)[9]، ربات‌ها و خودروهـــای خودران، واقعیت افزوده (AR)[10] و واقعیت مجازی (VR)[11] است که در حال بازتعریف «تولید» و تسهیل دیجیتالی کردن فرآیندهای اصلی[12] صنعت هستند. تکیه صرف بر فناوری بدون ارتباط واضح بین راه‌حل‌ها و فرصت‌های واقعی تولید ارزش، چالش‌های تجاری، ملزومات و قابلیت‌های مورد نیاز صنعت؛ می‌تواند به تضعیف فرآیند پاسخ به مشکلات و حتی تشدید آن‌ها منجر شود. بنابراین، بهره‌برداری هدف‌دار از مجموعه‌ای محدود از فناوری‌ها — و نه تمامی آن‌ها! — برای پاسخ به مشکلات اصلی و گلوگاه‌های فرآیندی و عملکردی، ضروری و کلیدی است.

البته، ارزیابـــی مزایا و انتخاب فناوری‌هـــای صنعت ۴,۰ همواره موضوعی چالش‌برانگیز اســـت. رویکرد رایج، استفاده از پرونده تجاری[13] برای تعیین کمیت بازده سرمایه‌گذاری بالقوه و تعیین چارچوب‌های زمانی مرتبط به آن است. تجربه نشان می‌دهد که پرونده‌های تجاری برای ارزیابی مزایای مستقیم و غیرمستقیم بســـیاری از فناوری‌های صنعت ۴,۰ از جملـــه ربات‌ها، واقعیت افزوده و رایانش ابری مؤثر هســـتند. البتـــه در حوزه‌هایی نظیر یکپارچه‌سازی افقی و عمودی سیستم‌ها، ارزیابی کیفی نیز مورد نیاز است؛ چرا که ارزیابی کمّی مزایای بهبود همکاری حاصل شده، دشوار است. در این مســـیر باید اذعان داشت که تولیدکنندگان ناگزیر از پیاده‌سازی فناوری‌هایی هســـتند که بازدهی سریعی را برای اثبات ارزش و ایجاد شـــتاب فراهم کرده و زمینه را برای بهره‌برداری از فناوری‌های با زمـــان بازپرداخت طولانی‌تر فراهم می‌کنند که برای دست‌یابی سازمان به چشم‌انداز راهبردی خود ضروری هستند.

یکپارچه‌سازی قابلیت‌ها و فناوری‌های جدید و موجود

تحقق مؤثر صنعـــت ۴,۰ در گرو توســـعه مجموعه‌ای جدید و غیرســـنتی از قابلیت‌ها و یکپارچه‌ســـازی آن با قابلیت‌های و فناوری‌هایی است که به صورت ســـنتی در هر صنعت موجود است. این در حالی است که اضافه شـــدن این قابلیت‌ها و لزوم همگرایـــی حوزه‌هـــای نوین و ســـنتی به طور طبیعی منشـــأ ایجاد چالش‌هایی در لایه‌هـــای فنی و عملیاتی اســـت. ایجاد «سازمان‌های دیجیتالی» با محدوده اختیارات گسترده به منظور شروع روند ترکیب قابلیت‌های جدید فناوری اطلاعاتی، فناوری عملیاتی موجود و تولید، یکی از راهکارهای شـــناخته شده‌ای

7- Industrial IoT (IIoT)
8- Big Data
9- Artificial Intelligence (AI)
10- Augmented Reality (AR)
11- Virtual Reality (VR)
12- Core processes
13- Business Case

است که در بسیاری از صنایع نظیر خودروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از رهبری یک مدیر ارشد دیجیتال (CDO)[14] استفاده می‌شود که مستقیماً به هیئت مدیره گزارش می‌دهد و مأموریت آن، طراحی، توسعه و اجرای طرح‌های دیجیتال در سراسر شرکت است. اما صرف نظر از ایجاد یک ساختار سازمانی به صورت متمرکز یا توزیع‌یافته (که مطالعات و تجربیات گسترده‌ای پیرامون آن وجود دارد)، تغییر در طرز فکر مدیران در راستای پذیرش فناوری‌های دیجیتال و حیاتی بودن موضوع بهره‌برداری از فرصت‌های جدید در کنار عزم واقعی برای ایجاد ظرفیت سازمانی تحقق صنعت ۴,۰ پیش‌نیازهای اصلی این یکپارچه‌سازی هستند.

به خدمت گرفتن سرمایه انسانی با قابلیت‌ها و مهارت‌های مورد نیاز صنعت ۴,۰ از دیگر گلوگاه‌های کلیدی است. اگرچه گستردگی قلمرو فعالیت ایجاب می‌کند که بخشی از نیازهای یک سازمان در حوزه سرمایه انسانی با اتکاء به منابع خارج از آن سازمان تأمین شوند، اما در بسیاری از موارد، صرف تسلط به قابلیت‌های فنی کافی نیست و استفاده سفارشی‌سازی‌شده، مؤثر و پایدار از راه‌حل‌ها و الگوریتم‌های جدید برای توسعه «قابلیت‌های ضروری برای تضمین مزیت رقابتی آینده شرکت» نیازمند تجربه عمیق در فرآیندهای صنعتی است که باید در داخل سازمان[15] توسعه بیابند. همکاری و مشارکت راهبردی با مؤسسات تحقیقاتی و دانشگاه‌ها راهکاری است که اکثریت قریب به اتفاق بازیگران کلیدی حوزه صنعت ۴,۰ از آن برای توسعه داخلی سرمایه انسانی بهره می‌برند.

14- Chief Digital Officer (CDO)
15- In-house

حرکت اصولی مبتنی بر نقشه راه تحول

تحقق صنعت ۴,۰ مسیری طولانی و نیازمند رویکردی سیستماتیک است. در این بخش نگاهی به مراحل این مسیر داریم:

درک ارزش ایجاد تغییر. مدیریت سازمان باید درک عمیقی از نحوه پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ برای بهبود عملیات خود و ارزش ایجاد شده در نتیجه این تغییر داشته باشد. برای این مهم، ارتباط با گستره مختلفی از متخصصان؛ از حوزه‌های کارکردی تولید، فناوری، IT و منابع انسانی گرفته تا افراد دارای دانش محصول در صنایع مختلف نظیر خودروسازی و پتروشیمی، ضروری است.

ارزیابی وضعیت فعلی سیستم‌ها و عملیات. ارزیابی سیستم‌های فعلی و شناسایی گلوگاه‌های عملیاتی و نیازهای تجاری، پیش‌نیاز اصلی پیدا کردن نقطه شروع است. یک تحلیل کامل و عمیق از صنعت می‌تواند یک کارخانه تولیدی را از خطر قرارگرفتن در معرض حذف از گردونه رقابت، نجات دهد. این امر مستلزم درپیش گرفتن متدولوژی دقیق و منطبق بر ملزومات صنعت است. برای این مهم، ابزارهای ساختاریافته‌ای جهت اندازه‌گیری میزان آمادگی توسعه یافته‌اند که می‌توانند زمینه‌های بهبود را شناسایی کرده و موارد استفاده خاص را بر اساس نتایج ارزیابی پیشنهاد کند.

تعریف نقشه راه و چشم‌انداز. یکی از نتایج اصلی ارزیابی، تهیه نقشه راه راهبردی صنعت ۴,۰ است. نقشه راه باید اولویت‌های تحول را با توجه به فناوری‌ها و موارد استفاده مشخص کند. طرح‌ها و پروژه‌ها باید به ترتیبی تنظیم شوند تا شرکت بتواند «حرکت‌های بدون پشیمانی»[16] را دنبال کرده و در سریع‌ترین زمان ممکن به ارزش‌های مورد نظر دست یابد. انواع و میزان منابع مورد نیاز

16- No regrets moves

برای هر مرحله نیز باید مشخص شـــده و مشوق‌های حاکمیتی (که مهم‌ترین عامل تعریف نقشه راه نیســـتند!) نیز باید در نظر گرفته شوند. شرکت‌های پیشرو هم‌زمان با دنبال کردن نقشه راه، چشم‌انداز جسورانه‌ای با اهداف بلندپروازانه و گام‌به‌گام در سراسر ســـازمان تعریف می‌کنند تا از دام طرح‌ها و پروژه‌های مســـتقل پراکنده در سراسر شـــرکت، بدون چشم‌انداز روشن و هماهنگی از بالا رها شوند.

بهبود فرآیندهای موجود. بهبود فرآیندهای موجود معمولاً بهترین فرصت را برای دست‌یابی سریع به ارزش از طریق استقرار فناوری‌های صنعت ۴,۰ فراهم می‌کند. این امر در ۳ مرحله انجام می‌شود:

انجام پایلوت‌ها. با انجام پایلوت‌های اثبات مفهوم می‌توان مجموعه‌ای از فناوری‌ها را برای آزمایش در فرآیندها استفاده کرد. با تحلیل نتایج و مزایا، امکان تأیید پیاده‌سازی یک پرونده تجاری در مقیاس بزرگ و استخراج الزامات مدیریت فناوری‌های جدید ایجاد می‌شود.

ایجاد یک کارخانه مرجع[17]. پیش از راه‌اندازی مجموعه‌ای از فناوری‌ها در سرتاســـر کارخانه، باید تأثیر بالقوه آن‌ها در یک واحد تولیدی ارزیابی شود. راهکار پیشنهادی، ایجاد سرتاسری فرآیندهای مرجع در بخشـــی از کارخانه یا واحد تولیدی تحت عنوان کارخانه مرجع است. از این رویکرد در حوزه کسب‌وکار با عنوان Business in Box هم یاد می‌شود. این در حالی است که «فرآیندهای مرجع»[18] راه ســـاده‌تری برای آزمایش مداوم تأثیر یکپارچه‌سازی فناوری‌های مختلف هستند، گرچه نسبت به ایجاد یک کارخانه مرجع اثرگذاری کمتری دارند.

گسترش فناوری‌های جدید. با استفاده از دانش به دست آمده از پایلوت‌هـــا و کارخانه مرجع یا فرآیندهـــای مرجع، باید مجموعه‌ای از فناوری‌ها را به صورت سرتاســـری در کل کارخانه گسترش داده و آن را با سیستم‌ها و فرآیندهای موجود یکپارچه نمود. یک راه‌اندازی موفق مستلزم ایجاد سازوکارهای حکمروایی و مبتنی بر بینش کمیته راهبری پروژه است.

گســـترش قابلیت‌ها در زنجیره ارزش. در سطحی فراتر از بهبود فرآیندهای داخلی، شـــرکت باید فرصت‌های اســـتفاده از صنعت ۴,۰ برای یکپارچه‌ســـازی عملیات خود با مشتریان و تأمین‌کنندگان را بررسی کند. گسترش این قابلیت‌ها در زنجیره ارزش، مستلزم دست‌یابی به سطح بالاتری از بلوغ است؛ زیرا تعدد ذی‌نفعان و راه‌اندازی سیستم‌ها و پلتفرم‌های مشترک برای تبادل داده با سایر طرف‌ها اغلب چالش‌برانگیزتر است. این در حالی است که یکپارچه‌سازی عملیات با تأمین‌کنندگان و مشتریان می‌تواند مزایای قابل توجهی از منظـــر برنامه‌ریزی و مدیریت تولید بهتر، شفافیت زنجیره تأمین و بهینه‌سازی موجودی داشته باشد.

صنعت ۴,۰ به عنوان یک پروژه مدیریت تغییر

پذیرش صنعت ۴,۰ نیازمند رویکردی پیچیـــده برای مدیریت تغییر است که بســـیاری از عملکردها و فرآیندهای اجرایی را در برمی‌گیرد. در این راستا، توجه به چندین امر ضروری است:

پذیرش صنعـــت ۴,۰ به عنوان یـــک موضوع تجاری راهبردی؛ نه یک پروژه بـــزرگ IT. اگرچه عملکـــرد فناوری اطلاعات نقش محوری در پذیرش صنعت ۴,۰ ایفا می‌کند، اما نباید تلاش برای پذیرش فناوری در صنعت را رهبری کند.

مدیریت تحول و هماهنگی فعالیت‌ها. شرکت‌های پیشرو پذیرش صنعت ۴,۰ را با ایجاد یک کمیته راهبری[19] در بخش تعالی عملیات[20]، نوآوری یا دفتر مدیریت برنامه (PMO)[21] تســـریع می‌کنند. شرکت‌های پیشتاز همچنین حلقه‌های بازخورد سریع با به‌روزرسانی‌های مکرر را پیاده‌سازی می‌کنند تا کمیته راهبری همواره در جریان پیگیری روند مانده و بتواند آن‌ها را تنظیم نماید.

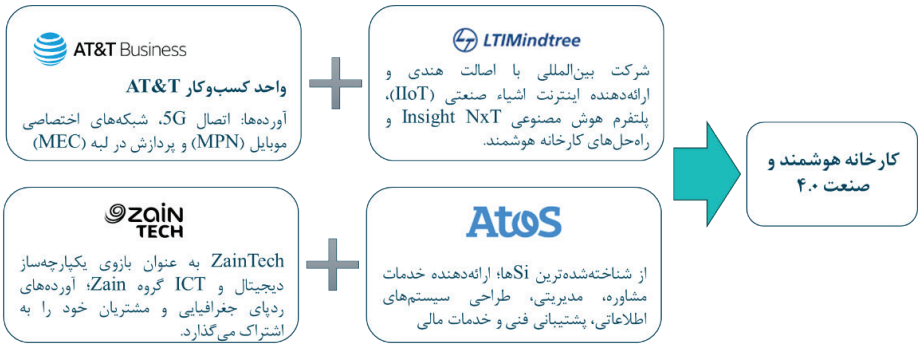
ایجاد تعادل مناسب بین نهاد مرکزی و مجریان محلی. این امر به‌ویژه هنگام طراحی پروژه‌های پایلوت، ارزیابی نتایج و تصمیم‌گیری برای استفاده از فناوری‌ها اهمیت دارد. نهاد مرکزی مسئول استانداردســـازی و کنترل هزینه بوده و مجریان محلی تعهد به اجرا و ارتقـــاء نوآوری را بر عهده دارنـــد. به عنوان مثال، مجریان محلی پیشنهاد انجام پایلوت‌ها را ارائه داده و اجرای آن‌ها را مدیریت می‌کنند؛ در حالی که نهاد مرکزی در خصوص انجام یا عدم انجـــام پایلوت‌ها تصمیم‌گیری کـــرده، نتایج پایلوت‌ها را ارزیابی می‌کند و در نهایت در خصوص توسعه پایلوت‌ها به تمامی واحدهای تولیدی تصمیم می‌گیرد.

تعیین روش بودجه‌ریزی. شـــرکت‌ها بایـــد در مورد تأمین سرمایه مورد نیاز صنعت ۴,۰ از محل بودجه متمرکز یا غیرمتمرکز یا رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری کنند. بودجه متمرکز هماهنگی و استانداردسازی را ارتقا می‌دهد، در حالی که بودجه غیرمتمرکز

17- Reference Company
18- Reference Processes

19- Steering Committee
20- Operational Excellence
21- Program Management Office (PMO)

شکل ۳ – دسته‌بندی ارائه‌دهندگان خدمات هوشمندسازی کارخانه‌ها و واحدهای صنعتی



شکل ۴ - نمونه‌های موردی همکاری اپراتورهای مخابراتی با SIها و شرکت‌های صاحب فناوری در هوشمندسازی کارخانه‌ها و واحدهای صنعتی

معمولاً در بازده کوتاه‌مدت و ترویج اجـــرای طرح‌ها در مقیاس محدود مؤثرتر است.

اطلاع از آخریـــن نوآوری‌های صنعت ۴.۰ بـــه‌روز بودن در صنعت ۴.۰ موضوع مهمی اســـت که برخی از پیشرفته‌ترین شرکت‌ها برای تحقق آن، مشـــارکت با مراکز تحقیقاتی، تأمین مالـــی اســـتارت‌آپ‌ها، مشـــارکت در طرح‌های نـــوآوری باز و اکوسیستم‌سازی را در دستور کار قرار داده‌اند.

مدل‌های عملیاتی هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴.۰ در ایران

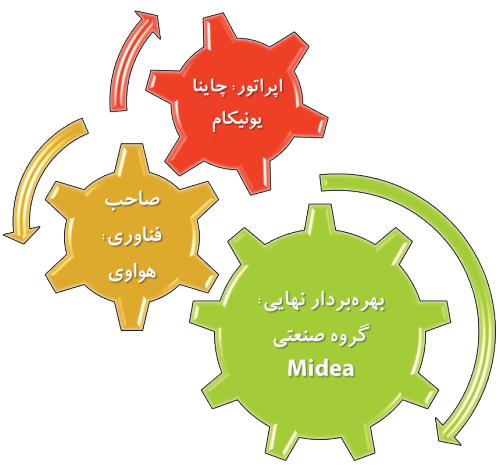
به طور کلی می‌توان ۴ دســـته اصلی از بازیگـــران را در ارائه خدمات هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴.۰ فهرست کرد: شرکت‌های مشاوره‌ای، اپراتورهای مخابراتی، شرکت‌های یکپارچه‌کننده سیستم (SIها)[۲۲] و صاحبان فناوری. در شکل ۳ این بازیگران و مصادیق آن‌ها در ارائه خدمات هوشمندسازی کارخانه‌ها ارائه شده است.

بازیگران دسته‌بندی شده در شکل ۳ که در ایران نیز شرکت‌های معادل آن کم و بیش موجود هســـتند، نقش‌هـــای متفاوتی را ایفا می‌نمایند. شـــرکت‌های مشـــاوره‌ای عموماً در حـــوزه ارائه خدمات آموزش و مشـــاوره راهبردی در حوزه تعیین نقشه راه و چشم‌انداز وارد می‌شـــوند. اپراتورهای مخابراتی با توجه به نقش کلیدی در ارائه پوشـــش رادیویی، معمـــولاً در تمامی مدل‌های عملیاتـــی تحقق هوشمندســـازی و صنعت ۴.۰ حضـــور دارند. شـــرکت‌های یکپارچه‌کننده سیســـتم و صاحبان فناوری نیز ارائه‌دهنده فناوری‌های دیجیتال بـــه بهره‌برداران اصلی صنعت هستند. بنابراین از منظر عملیاتی و در خط مقدم هوشمندسازی، اپراتورهای مخابراتی از طریق مشـــارکت با شرکت‌های صاحب فناوری و SIها وارد بازار هوشمندســـازی کارخانه‌ها، واحدهای صنعتی و تجاری می‌شوند.

نگاهی بر نمونه‌های موردی عملیاتی و قابل پیاده‌سازی در ایران

دو نمونه موردی از این مشارکت در امریکای شمالی و حوزه خلیج فارس در شکل ۴ ذکر شده است.

یک نمونه عملیاتی از همکاری اپراتور مخابراتی و شرکت صاحب فناوری برای هوشمندسازی یک کارخانه را می‌توان در همکاری چاینا یونیکام (اپراتور) با هواوی (شـــرکت صاحب فناوری) برای هوشمندســـازی گروه Midea (بهره‌بردار) مشاهده نمود. گروه Midea (تأسیس: ۱۹۶۸) یک شرکت پیشرو در بازار لوازم خانگی در چین است که در بازار ۲۰۰۰ میلیارد دلاری لوازم خانگی کشور چین فعالیت می‌کند و بر اســـاس اســـتراتژی «دیجیتالی‌سازی و هوشـــمندی کامل» خود، راه‌حل‌های اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT) مبتنی بر 5G را برای مدرن‌ســـازی عملیات تولید خود به کار گرفته است. این شرکت با مشکلاتی در زمینه فناوری‌های خط تولید و افزایش هزینه انبارداری و سیستم‌های لجستیک درون کارخانه مواجه است. راهکار مشـــترک چاینا یونیکام و هواوی به طور مشخص در حوزه انبارداری شامل ایجاد و راه‌اندازی ۳۵ مورد کاربردی IIoT است که شبکه اختصاصی (MPN)[۲۳]، تحلیل داده مبتنی بر AI و موقعیت‌یابی مبتنی بر beacon را در بر می‌گیرد.

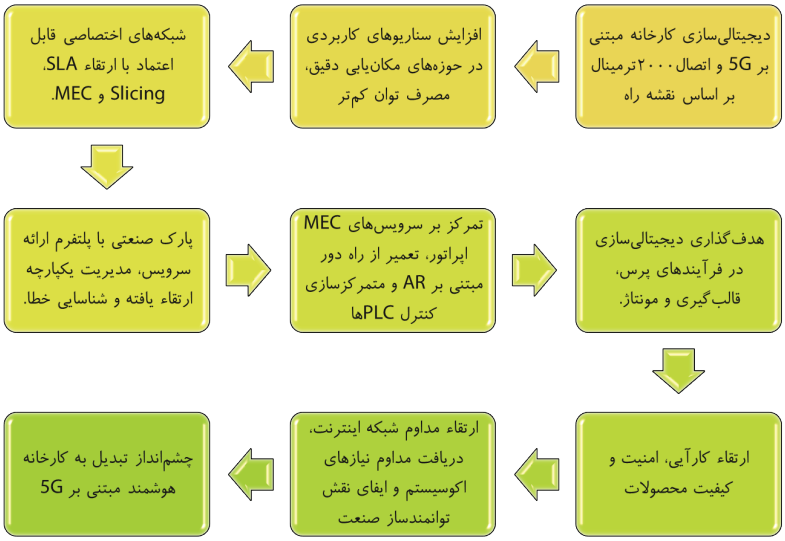


شکل ۵ - همکاری چاینا یونیکام با هواوی برای هوشمندسازی گروه Midea

از جمله اثرات و نتایج تحقق این راهکار می‌توان به کاهش زمان

22- System Integrator (SI)

23- Mobile Private Network (MPN)



شکل ۶ - گام‌های بعدی در هوشمندسازی گروه صنعتی Midea

پیدا کردن اجناس به میزان ۸۰٪، افزایش کارآیی کارکنان حوزه انبارداری به میزان ۲۱٪ و ارتقاء بهره‌برداری از فضا به میزان ۵۵٪ اشاره نمود. گام‌های بعدی در هوشمندسازی گروه صنعتی Midea در شکل ۶ نمایش داده شده است.

اکوسیستم هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴,۰ کشور

با توجه به ضرورت اتخاذ رویکرد اکوسیستمی و تمرکز بر یکپارچگی لایه‌های زنجیره ارزش کارخانه‌های هوشمند ایران، نقش و جایگاه همراه اول در ارائه خدمات دیجیتالی مرتبط در ۶ گروه مختلف به شرح زیر قابل ترسیم است:

خدمات لایه شبکه فیزیکی: خدماتی که از طریق "تولید داده‌های پیرامون مشتری" ارائه می‌شود.

خدمات لایه شبکه دیجیتالی: خدماتی که از طریق "انتقال داده‌های پیرامون مشتری" ارائه می‌شود.

خدمات لایه پلتفرم و داده‌ها: خدماتی که از طریق "تحلیل داده‌های پیرامون مشتری" ارائه می‌شود.

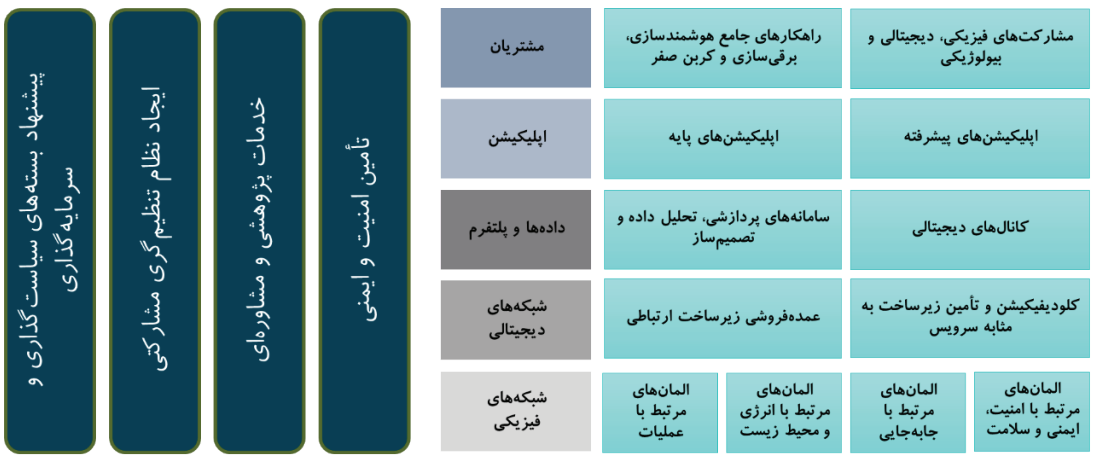
خدمات لایه اپلیکیشن: خدماتی که از طریق "نمایش داده‌های تحلیل شده یا انتقال یافته به مشتری" ارائه می‌شود.

خدمات لایه مشتری: خدماتی که براساس "اشتراک گذاری داده‌های سمت مشتری"، زمینه شکل‌دهی ارزش نهایی مورد انتظار (اثرات یا برآمدهای کارخانه هوشمند) را فراهم می‌کند.

خدمات خارج از زنجیره ارزش: خدماتی که توسط یا برای ذی‌نفعان اثرگذار اکوسیستم کارخانه هوشمند خارج از زنجیره ارزش، ارائه می‌شود.

نگاهی بر فضای بازار هوشمندسازی کارخانه‌ها در ایران

با توجه به نقش کلیدی صنایع معدنی و نفتی، این بخش‌ها بزرگ‌ترین بازیگران اقتصادی و صنعتی کشور هستند. این بازیگران در مسیر هوشمندسازی و تحقق صنعت ۴,۰ با چالش‌های



شکل ۷ - زیست‌بوم ارائه خدمات کارخانه هوشمند و صنعت ۴,۰

شکل ۸ - مدل‌های عملیاتی هوشمندسازی کارخانه‌ها و واحدهای تولیدی در ایران

متعددی در حوزه‌های ساختاری (نظیر سیستم‌های جزیره‌ای و ساختار سازمانی مقاوم در برابر تغییر)، زیرساختی (نظیر نیاز به پوشش رادیویی، نیاز به انتقال، ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های و نیاز به تضمین امنیت تبادل اطلاعات و شبکه‌ها در برابر حملات سایبری و تهدیدات فضای مجازی)، محیطی (نظیر خطرات جانی برای کارگران فعال در محیط‌های عملیاتی با ریسک بالا و لزوم کاهش اثرات زیست‌محیطی) و عملیاتی (تأمین امنیت در حمل‌ونقل و نیاز به کاهش هزینه‌های آب و برق و گاز)؛ دست و پنجه نرم می‌کنند.

این در حالی است که این حوزه‌ها چه در سطح بین‌المللی و چه در داخل کشور بلوغ کمتری را تجربه کرده‌اند. در فضای هوشمندسازی کارخانه‌ها در ایران که اغلب اپراتورهای مخابراتی با سبد سرویس‌های سازمانی و مبتنی بر اتصال رادیویی خود حضور پیدا کرده‌اند، بازیگران بزرگی در حال ارزش‌آفرینی و کسب سهم از این بازار هستند که عموماً بر ارائه خدمات پلتفرمی تمرکز کرده‌اند.

مدل‌های عملیاتی تحقق هوشمندسازی کارخانه‌ها در ایران

با محور قرار دادن نقش اپراتور مخابراتی در فضای هوشمندسازی کارخانه‌های ایران می‌توان مدل‌های همکاری مختلفی را برای برقراری ارتباط با بازیگران فناور (سمت عرضه) و واحد صنعتی (سمت تقاضا) مورد استفاده قرار داد (شکل ۸).

برای ترسیم فضای مدل همکاری سمت عرضه، می‌توان ۳ راهکار کلی را احصاء نمود:

راهکار انعقاد قرارداد back-to-back: در این مدل، اپراتور طرف رسمی انعقاد قرارداد با واحد صنعتی بوده و به ازای شرح خدماتی که از واحد صنعتی در راستای هوشمندسازی دریافت می‌نماید، قراردادی را با یک شرکت یکپارچه‌کننده سیستم یا صاحب فناوری منعقد می‌نماید. از جمله مزایای این مدل همکاری می‌توان به سادگی چارچوب ارتباط با صنعت و امکان عوض کردن شرکت ارائه‌دهنده فناوری در صورت عدم رضایت از عملکرد بدون تحت تأثیر قرار گرفتن ارتباط با واحد صنعتی اشاره کرد. اما این روش با معایبی نیز روبرو هست که کاهش مزیت رقابتی solution پیشنهادی با سرآیندی که اپراتور جهت عقد قرارداد دریافت می‌کند و همچنین، احتمال ارتباط مستقیم واحد صنعتی با وندور و فقدان سازوکارهای محدودکننده قانونی مناسب در این زمینه؛ از جمله آن‌ها هستند.

راهکار شرکت-پروژه: در این مدل، اپراتور و شرکت ارائه‌دهنده فناوری اقدام به تأسیس شرکتی می‌نمایند که دارای قلمرو مسئولیت و مدت زمان فعالیت محدود به زمان انجام پروژه هوشمندسازی است. در این روش، چالش‌های کاهش مزیت رقابتی solution پیشنهادی و احتمال ارتباط مستقیم واحد صنعتی با وندور تا حد بالایی مرتفع می‌شود. اما در مقابل، چاچوب اجرایی فیمابین اپراتور و ارائه‌دهنده فناوری کمی پیچیده‌تر شده و قطع همکاری با آن شرکت، ارتباط با واحد صنعتی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

راهکار تأسیس بازوی دیجیتالی: این مدل معمولاً توسط اپراتورهای مخابراتی جهت پاسخ به نیازهای تحول دیجیتال صنایع و سازمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از منظر محلی و محدود، این روش پتانسیل ارتقاء مزیت رقابتی و برقراری ارتباط ارگانیک با صنعت را ایجاد می‌نماید. اما با توجه به تعدد نیازهای صنایع مختلف و همچنین چارچوب‌های موجود سازمانی جهت سرمایه‌گذاری در شرکت‌های فناور، معمولاً اقناع ذی‌نفعان داخلی اپراتور و قرارگیری شرکت جدید در استراتژی کلی شرکت‌داری و سهام‌داری اپراتور کار پیچیده‌ای است.

در ترسیم فضای مدل همکاری سمت تقاضا نیز می‌توان ۴ راهکار کلی را احصاء نمود:

مدل پیمانکاری: در این مدل، اپراتور در کنار شرکت ارائه‌دهنده فناوری در قالب یک پروژه در مدتی محدود اقدام به ایجاد ظرفیت جدید از جنس محصول یا خدمت نموده و اتمام همکاری پس از تحویل پروژه صورت می‌پذیرد. در این مدل کسب درآمد به صورت یک‌باره اتفاق افتاده و بر مبنای پوشانده شدن هزینه‌ها به همراه سود از پیش تعیین‌شده‌ای محاسبه می‌شود. در این نوع همکاری، تمامی هزینه و ریسک سمت واحد صنعتی قرار می‌گیرد.

مدل اپراتوری: هدف از به‌کارگیری مدل اپراتوری، ایجاد یک ظرفیت جدید از جنس خدمت است. در این مدل، همکاری شکل گرفته ادامه‌دار بوده کسب درآمد به صورت تدریجی و بر اساس ارائه خدمت محقق می‌شود. این روش ریسک سرمایه‌گذاری واحد صنعتی را کاهش داده و نیازمند مقررات سرمایه‌محور است.

مدل مشارکتی: در مدل مشارکتی، ظرفیت جدید از جنس محصول یا خدمت ایجاد شده و همکاری با واحد صنعتی پس از انجام پروژه و برای مدت محدودی در قالبی نظیر BOT[۲۴] ادامه پیدا می‌کند که غالباً جهت بهره‌برداری از ظرفیت ایجاد شده به

24- Build-Operate-Transfer (BOT)

منظور کسب درآمد تدریجی و پوشـــانده شدن هزینه‌ها در کنار سودی از پیش تعیین‌شده است. این روش نیز این روش ریسک ســـرمایه‌گذاری واحد صنعتی را کاهش داده و نیازمند مقررات سرمایه‌محور است.

مدل کارگزاری: این مدل همکاری مبتنی بـــر بهره‌برداری از ظرفیت موجود توســـط یک بازیگر فناور تهیه شده است. مدت همکاری بر اساس قرارداد همکاری مشخص شده و مشخصه اصلی آن، عدم نیاز به ســـرمایه‌گذاری اولیه (CAPEX) توسط مجری است. معمولاً این روش با توجه به فضای کسب‌وکار ایران نیازمند مقررات تسهیم درآمد و تبادل داده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همان‌طور که بحث شد، صنعت ۴,۰ در حال متحول کردن صنایع مختلف در حوزه‌های فرآیندی، بهره‌وری و سرمایه‌های انسانی است. اما گرچه تحقق هوشمندسازی صنایع منشأ مزایای متعدد است، ولی با چالش‌هایی نظیر اطلاعات محدود تصمیم‌گیران و چسبندگی به سازوکارهای سنتی، عدم ارتباط مستقیم راهکارها با چالش‌های صنعت، فقـــدان نگاه راهبردی و نـــگاه محدود به صنعت ۴,۰ در حد یک پـــروژه بزرگ IT مواجه اســـت. در این مقاله، ضمن بررسی راهکارهای مواجهه با این چالش‌ها، موضوع هوشمندسازی کارخانه‌ها و صنعت ۴,۰ در ایران نیز مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی فضای بازار ایران و مدل‌های قابل تصور در این راستا و همچنین، در نظر گرفتن پارادایم حاکم بر عملکرد اپراتورها در سراسر جهان یعنی ارتباط دائمی با مشتری و کسب درآمد از محل ارائه خدمت، می‌توان گفت همکاری با واحد فناور در قالب شرکت-پروژه یا بازوی دیجیتال در کنار همکاری با واحد صنعتی با مدل اپراتوری، بهترین شـــیوه قابل تصـــور جهت ایفای نقش اپراتورهای مخابراتی و توسعه صنعت ۴,۰ در ایران خواهد بود.

منابع:

[1] Capturing the true value of Industry 4.0, E. Gregolinska, R. Khanam, F. Lefort, and P. Parthasarathy, McKinsey & Company, 2022.
[2] Enabling Industry 4.0 with digital transformation at scale, N. Faure, L. M. Ribera, R Martin, G. Desmartin and K. Chaabouni, BCG Platinion, 2023.
[3] Five Lessons from the Frontlines of Industry 4.0, J. Brunelli, V. Lukic, T. Milon, M. Tantardini, BCG, 2017.
[4] Transforming advanced manufacturing through Industry 4.0, E. de Boer, Y. Friligos, Y. Giraud, D. Liang, Y. Malik, N. Mellors, R. Shahani, and J. Wallace, McKinsey & Company, 2022.
[5] Industry 4.0: Capturing value at scale in discrete manufacturing, W. Advinin, H. Bauer, A. Behrendt, M. Breunig, A. Kadocsa, R. Kelly, B. Koerber, M. Linder, A. Patel, G. Richter, K. Suryanarayan, McKinsey & Company, 2019.

چالش‌های اینترنت اشیاء صنعتی در انقلاب صنعتی چهارم

منصوره قاسمی برسیانی

کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات - گرایش شبکه‌های کامپیوتری از دانشگاه علم و صنعت ایران، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

صنعت ۴,۰ (یا انقلاب صنعتی چهارم) با صنایعی همچون تولید، توزیع، نفت و گاز، بهداشت و درمان، تولید و مصرف انرژی، خودروسازی و ... در ارتباط است. در عین حال، اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT) یک پیشرفت فناوری است که با افزایش بهره‌وری و تأثیر اقتصادی در بخش تولید، پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ را تسهیل می‌کند. IIoT قابلیت ارائه ارتباط جهانی بین اجزای مختلف در مکان‌های مختلف را فراهم می‌کند. بخش تولید عمدتاً به دلیل ویژگی‌های IIoT با مشکلات مختلفی در پیاده‌سازی IIoT مواجه شده است. در این مقاله، در ابتدا یک معرفی از انقلاب‌های صنعتی صورت می‌گیرد. سپس مروری بر صنعت ۴,۰ و IIoT خواهیم داشت. در ادامه به چالش‌های پیاده‌سازی IIoT و روش‌های استفاده شده برای حل آن‌ها پرداخته می‌شود. یادگیری عمیق، رایانش لبه و کلان داده از جمله تکنیک‌های کلیدی برای جهت‌گیری آینده IIoT هستند.

کلیدواژه: اینترنت اشیاء صنعتی، انقلاب صنعتی چهارم، IIoT، چالش‌های IIoT

مقدمه

تغییرات دیجیتال[1] در بخش تولید و سایر بخش‌ها نظیر تولید، توزیع، نفت و گاز، بهداشت و درمان، تولید و مصرف انرژی، خودروسازی و ... به عنوان صنعت ۴,۰ شناخته می‌شود. یکی از ویژگی‌های بارز این صنعت ایجاد پلی میان واقعیت و شبکه‌های سایبری-فیزیکی دیجیتال است. در صنعت ۴,۰ بخشی از تصمیم‌گیری‌ها بر عهده دستگاه‌های سایبر-فیزیکی و کامپیوترها است. همچنین از

1- Digital transition

دستاوردهای این صنعت ایجاد کارخانه‌های هوشمند است که با استفاده از داده‌ها، سیستم‌ها و فرآیندهای مرتبط، یاد می‌گیرند و به درخواست‌های جدید پاسخ می‌دهند. صنعت ۴,۰ با ایجاد مدل‌های بازار جدید، نرم‌افزارهای بازار و فناوری‌های جدید، امکان تمایز تامین کنندگان با عملکرد برتر را فراهم می‌کند. هوشمندسازی اتوماسیون و تحلیل‌های هوشمند، منجر به محیط تولید پایدار و کارآمد می‌شود. بهره‌گیری از رویکرد صنعت ۴,۰ توسط تولیدکنندگان منجر به رشد عملکرد مالی، نوآوری در سامانه کسب و کار، بهبود خدمات به مشتریان و ارائه محصولات و خدمات جدید در صنعت می‌شود. به عنوان نتیجه، فرآیندها، مدل کسب و کار و حتی روش تولید و توزیع نیز تغییر می‌کنند [۴].

یکی از اولویت‌های انتقال به صنعت ۴,۰، پیشرفت فناوری‌های مرتبط با آن است. هوش مصنوعی، کلان داده، همگرایی اینترنت اشیاء، شبکه‌های سایبر-فیزیکی و سایر نوآوری‌ها از جمله این فناوری‌ها هستند. اینترنت اشیاء، دنیای واقعی و دیجیتال را ترکیب می‌کند و امکانات فناوری اطلاعات را گسترش می‌دهد. با استفاده از IoT، می‌توان "اشیاء" را با استفاده از حسگرها و محرک‌ها کنترل کرد.

اینترنت اشیاء صنعتی [۲] یا IIoT یک پیشرفت فنی است که به افزایش تأثیر اقتصادی و تولیدی بخش تولید کمک می‌کند. جمع‌آوری، پردازش و تصمیم‌گیری هوشمند با حداقل دخالت انسان، مزایایی هستند که توسط سامانه‌های IIoT به محیط‌های صنعتی ارائه می‌شوند. IIoT بخشی از اینترنت اشیاء است که بر روی صنعت تولید تمرکز دارد. IIoT بر روی بهبود دسترسی، عملکرد، قابلیت مقیاس‌پذیری، صرفه‌جویی در زمان و هزینه و همچنین ارتباط آن با صنعت ۴,۰ تمرکز دارد. در محیط تولیدی، تعاملات بین اجزای سیستم به شدت به محل بستگی دارد. صنایع تولیدی با چالش‌های مختلف در به کارگیری IIoT مواجه شده‌اند؛ این چالش‌ها عمدتاً به خاطر ویژگی‌های IoT هستند. چالش‌های IIoT در واقع با چالش‌های مربوط به IoT متفاوت نیستند و به تعامل بین IIoT و IoT بستگی دارند. مسائلی که IoT با آن‌ها درگیر است شامل محدودیت فضای حافظه، مصرف انرژی، شبکه بی‌سیم و قابلیت محاسباتی پایین هستند. این مسائل بر پیاده‌سازی و حفظ زیرساخت IIoT نیز تأثیرگذار است.

ساختار مطالب این مقاله بدین شرح است: در بخش دوم، مروری بر انقلاب‌های صنعتی اول تا پنجم داریم. در بخش سوم، به توصیف IIoT و مفاهیم مشابه با آن می‌پردازیم. با توجه به اهمیت پیاده‌سازی IIoT و چالش‌های پیش روی آن، در بخش چهارم این چالش‌ها و راهکارهای مرتبط جهت حل آن‌ها بررسی می‌شوند. در پایان یک نتیجه‌گیری از مباحث مطرح شده ارائه خواهد شد.

انقلاب صنعتی - صنعت ۱.۰ تا ۵.۰

انقلاب‌های صنعتی، از همان اولین انقلاب، تغییرات شدیدی در تولید ایجاد کردند و از تولید با ماشین‌های آبی و بخاری به تولید خودکار الکتریکی و دیجیتالی رسیده‌اند. در ادامه شرح مختصری از این انقلاب‌ها ارائه می‌شود [۱].

۲-۱- انقلاب صنعتی اول (صنعت ۱.۰)

صنعت ۱.۰ می‌تواند به عنوان شروع فرهنگ صنعت که بر روی مقیاس و کارایی تمرکز داشت، در نظر گرفته شود. اولین ماشین بافندگی با افزایش بهره وری در کارایی و مقیاس در سال ۱۷۸۴ معرفی شد. آب و بخار از سال ۱۷۶۰ در انقلاب صنعتی اول استفاده شد که باعث انتقال به فرآیندهای تولید جدید شد. تولید کالاهای مختلف و ایجاد استاندارد بهتر زندگی برای برخی از افراد از جمله مزایای آن است. منابع سوخت مانند بخار و زغال سنگ، استفاده از ماشین را قابل تحمل‌تر کرد و در نتیجه ایده تولید با ماشین به سرعت گسترش یافت. ماشین‌ها تولید سریع‌تر و آسان‌تر را ممکن کردند و همچنین نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید را ممکن ساختند.

۲-۲- انقلاب صنعتی دوم (صنعت ۲.۰)

آغاز قرن بیستم آغاز انقلاب صنعتی دوم بود. در این انقلاب، ماشین‌ها با انرژی الکتریکی کار می‌کردند. مهم‌ترین عامل موثر در این انقلاب، توسعه ماشین‌ها با انرژی الکتریکی بود. در مقایسه با ماشین‌های آبی و بخاری که نسبتاً ناکارآمد بودند، استفاده از ماشین‌های الکتریکی از نظر هزینه و انرژی کارآمدتر است. در این دوره، فرهنگ صنعت معرفی شده در صنعت ۱.۰ به برنامه مدیریت تبدیل شد تا کارایی تولید تقویت شود. از این انقلاب که در بازه ۱۷۶۰ تا ۱۸۴۰ رخ داد به عنوان "انقلاب فناورانه" یاد می‌شود.

۲-۳- انقلاب صنعتی سوم (صنعت ۳.۰)

این انقلاب فناورانه، به دلیل پیشرفت‌های حوزه الکترونیک در دو دهه آخر قرن بیستم، شتاب گرفت. صنعت ۳.۰، یک جهش عظیم رو به جلو بود که با حکمرانی کامپیوتر و اتوماسیون، صحنه اقتصادی را تحت تأثیر قرار داد. در این انقلاب، ربات‌های بیشتری برای انجام وظایف انسانی بکار گرفته شد. این انقلاب با استفاده از الکترونیک و فناوری اطلاعات در سال ۱۹۷۰ برای اتوماسیون تولید آغاز شد. با استفاده از کنترل کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی ۳، وظایف انسانی در خط تولید به صورت خودکار انجام می‌شود.

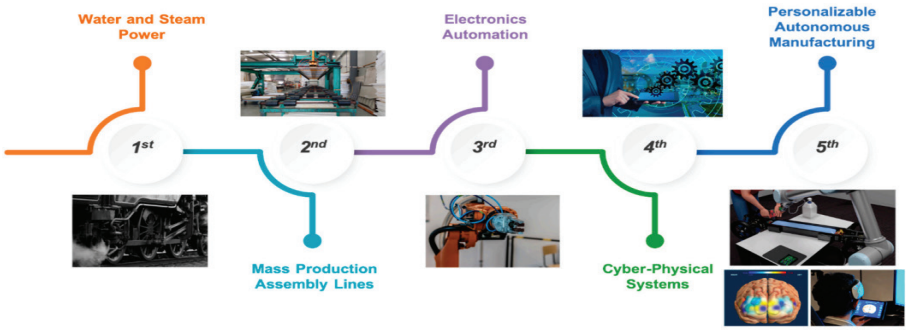
۲-۴- انقلاب صنعتی چهارم (صنعت ۴.۰)

شکوفایی در صنعت اینترنت و ارتباطات در دهه ۱۹۹۰، روشی نوین برای اتصال و تبادل اطلاعات فراهم کرد. این امر باعث تغییر پارادایم در صنعت تولید و عملیات تولید سنتی شده و مرزهای دنیای فیزیکی و مجازی را ترکیب کرد. صنعت ۴.۰ با استفاده از یک سامانه سایبر-فیزیکی، برای تجزیه و تحلیل، به اشتراک گذاری و هدایت اعمال هوشمند برای فرآیندهای مختلف در صنعت، به منظور هوشمند کردن ماشین‌ها استفاده می‌شود. در اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT)، تبادل اطلاعات بدون دخالت انسان

2- Industrial Internet of Things (IIoT)

3- Programable Logic Controller (PLC)

HAMRAH-E-AVAL



شکل ۱ - انقلاب‌های صنعتی اول تا پنجم [۲]

با استفاده از ماشین‌های هوشمند، سامانه‌های ذخیره‌سازی و غیره ممکن است. سامانه‌های سایبر-فیزیکی (CPS[4])، اینترنت اشیاء (IoT)، رایانش ابری و محاسبات شناختی عناصر کلیدی صنعت ۴.۰ هستند. صنعت ۴.۰ به دقت آنچه به عنوان "کارخانه هوشمند" شناخته می‌شود را ترویج می‌کند. در تسهیلات صنعتی هوشمند سازماندهی شده به صورت ماژولار، سامانه‌های سایبر-فیزیکی فرآیندهای فیزیکی را پیگیری کرده، نسخه دیجیتال از جهان فیزیکی را تولید می‌کنند و تصمیمات غیرمتمرکز را اتخاذ می‌کنند.

۵-۲-انقلاب صنعتی پنجم (صنعت ۵.۰)

انقلاب صنعتی پنجم یا صنعت ۵.۰، آخرین مرحله در تکامل صنعت است که بر اهمیت همکاری انسان و ماشین تأکید می‌کند. این مفهوم شامل یکپارچگی فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی، رباتیک و اینترنت اشیاء با نیروی انسانی است تا محیط تولیدی کارآمدتر، پایدارتر و نوآورانه‌تری را ایجاد کند. هدف از صنعت ۵.۰، ترکیب قدرت‌های انسان و ماشین برای دستیابی به یک صنعت تولیدی با بهره‌وری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی بیشتر است [۲]. پنج انقلاب صنعتی در شکل ۱ نشان داده شده است.

مفاهیم IIoT، IoT و انقلاب صنعتی چهارم

اصطلاحات IIoT، IoT و صنعت ۴.۰ مفاهیمی نزدیک به هم هستند اما نمی‌توانند به جای یکدیگر استفاده شوند. در این بخش، یک طبقه بندی از این اصطلاحات ارائه می‌شود. در مورد IoT، تعاریف مختلفی وجود دارد که هر یک سعی دارند به یکی از ویژگی‌های بنیادی آن بپردازند. اغلب تعاریف، IoT را به عنوان شبکه‌ای از ماشین‌ها در نظر می‌گیرند که با هدف تبادل داده به یکدیگر متصل شده‌اند. با این حال، زمینه‌های کاربردی آنقدر متنوع هستند که برخی از الزامات (به ویژه آنهایی که با جنبه‌های ارتباطی مرتبط هستند) ممکن است بسیار متفاوت باشند و به اهداف و کاربران نهایی، مدل‌های کسب و کار پایه و راهکارهای فناوری پایه وابسته باشند. از این رو، آنچه که به عنوان IoT شناخته می‌شود بهتر است به عنوان IoT مشتری[5] در مقابل IoT صنعتی نامگذاری شود.

IoT مشتری، مبتنی بر مشتری نهایی و نیازهای اوست؛ "اشیاء،" ادوات الکترونیک هوشمند مصرف کننده هستند که با یکدیگر در ارتباطند تا آگاهی انسان از محیط پیرامون را بهبود بخشند و در زمان و هزینه او صرفه‌جویی کنند. در جهان صنعتی شاهد ظهور تولید دیجیتال و هوشمند هستیم که هدف آن ادغام فناوری عملیاتی با حوزه فناوری اطلاعات است. به طور خلاصه، IIoT (پایه اصلی تولید دیجیتال) درباره‌ی اتصال تمام دارایی‌های صنعتی، از جمله ماشین‌آلات و سیستم‌های کنترلی، با سیستم‌های اطلاعاتی و فرآیندهای کسب و کار است. به عبارت دیگر، مقدار زیادی از داده‌های جمع‌آوری شده می‌توانند با راه‌حل‌های تجزیه و تحلیلی مورد استفاده قرار گیرند و منجر به بهره‌وری بهینه عملیات صنعتی شوند.

IoT بیشتر بر روی طراحی استانداردهای ارتباطی جدید تمرکز دارد که بتواند ادوات نوآورانه را به اکوسیستم اینترنت به صورت انعطاف پذیر و کاربرپسند متصل کند. در مقابل، طراحی فعلی IIoT بیشتر بر روی امکان ادغام و اتصال کارخانه‌ها و جزیره‌های کاری یا حتی ماشین آلات متمرکز است، تا خدمات جدید و تولیدی کارآمدتر را ارائه دهند.

در مورد اتصال و حساسیت، IoT انعطاف پذیرتر است و اجازه می‌دهد ساختارهای شبکه Ad-hoc و متحرک اجرایی شوند و نیازهای زمانبندی و قابلیت اطمینان کمتری داشته باشد (به جز کاربردهای پزشکی). از طرف دیگر، IIoT به طور معمول از راه‌حل‌های ثابت و زیرساخت مبتنی بر شبکه استفاده می‌کند. در IIoT، ارتباطات به صورت پیوندهای ماشین به ماشین هستند که باید نیازهای سختگیرانه‌ای را در زمینه‌های زمانبندی و قابلیت اطمینان برآورده کنند.

در مقایسه حجم داده، داده‌های تولید شده از IoT بستگی به برنامه کاربردی دارد، در حالی که IIoT به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها وابسته است؛ در این راستا حجم بسیار زیادی از داده‌ها

4- Cyber-Physical Systems

5- Customer IoT

جدول ۱- مقایسه بین IoT و IIoT [۳]

شاخص‌ها	IoT	IIoT
نوع دستگاه‌ها	دستگاه‌های سطح کاربر، معمولا خیلی گران نیستند	ماشین‌ها، سنسورها و سیستم‌های گران قیمت و با پیچیدگی زیاد
مدل سرویس‌دهی	مبتنی بر انسان	مبتنی بر ماشین
ظرفیت ارتباطی	دستگاه‌ها و استانداردهای جدید	دستگاه‌ها و استانداردهای موجود
فناوری انتقال	معمولا بی سیم	سیمی و بی سیم
ارتباطات	AD-HOC (گره‌ها می‌توانند سیار باشند)	ساختاریافته (گره‌ها ثابت هستند، مدیریت شبکه متمرکز)
محرمانگی و حساسیت	سختگیرانه نیست (بجز در کاربردهای پزشکی)	محرمانه (زمان، امنیت، قابلیت اعتماد، حریم خصوصی)
حجم داده	متوسط رو به بالا	زیاد و خیلی زیاد

در IIoT مبادله می‌شود.

مفهوم صنعت ۴,۰ زمانی پدیدار می‌شود که پارادایم IoT با ایده سامانه‌های سایبری-فیزیکی ترکیب می‌شود. CPSها ارتباط اشیاء فیزیکی واقعی را با هم برقرار می‌کنند و توصیف دیجیتال آن‌ها را ارائه می‌دهند. این اطلاعات که در مدل‌ها و اشیاء داده‌ای ذخیره می‌شوند و قابل به روزرسانی به صورت بلادرنگ هستند، دومین هویت اشیاء را تشکیل می‌دهد و نوعی "دوقلوهای دیجیتال" را تشکیل می‌دهد. به طور خلاصه، IIoT یک زیرمجموعه از IoT است که مختص کاربردهای صنعتی است. مرحله ساخت محصول از چرخه حیات IoT و مواجهه آن با صنعت ۴,۰ است که منجر به شکل گیری IIoT می‌شود. شکل ۲ ارتباط این مفاهیم را نمایش می‌دهد.

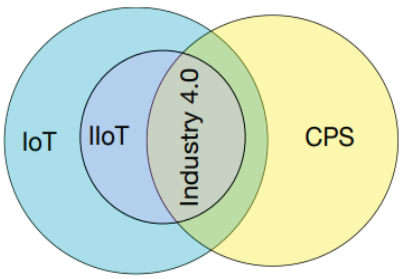
۴- چالش‌های پیاده‌سازی IIoT

پیاده‌سازی IIoT در بخش صنعتی با چالش‌های زیادی روبرو است؛ این چالش‌ها اصولا به خاطر محدودیت‌های ایجادشده برای IoT رخ می‌دهند. با توجه به ارتباط نزدیکی که بین IIoT و IoT وجود دارد، IIoT و IoT تقریبا از چالش‌ها و محدودیت‌های یکسانی برخوردار هستند. از آنجا که IoT با مسائلی نظیر محدودیت حافظه، مصرف کم انرژی، اتصال بی‌سیم و محدودیت توانایی پردازش روبروست، در IIoT نیز این مسائل مطرح هستند. این چالش‌ها شامل ناهمگونی، ارتباطات، مقیاس‌پذیری، پردازش بلادرنگ، تحرک‌پذیری و محدودیت منابع هستند. در ادامه، هر چالش را از دیدگاه IIoT مورد بررسی قرار داده و سپس راه حل‌های پیشنهادی را ارائه می‌دهیم [۴].

۴-۱- ناهمگونی[6]

ناهمگونی اینترنت اشیاء شامل استفاده از پروتکل‌های ارتباطی، فرمت‌های داده و فناوری‌های مختلف است. اینترنت اشیاء در تقریبا هر بخش و حوزه کاری مورد استفاده قرار گرفته است و انتظار می‌رود در بسیاری از برنامه‌های کاربردی مختلف به کار گرفته شود. سامانه‌های IoT از مجموعه متنوعی از پروتکل‌ها، الگوهای معماری و طراحی متفاوت و مشخصات متنوعی استفاده می‌کنند. این دستگاه‌ها از جهاتی با یکدیگر ناهمگون هستند.

6- Heterogeneity



شکل ۲- دیاگرام ون برای مفاهیم IoT، CPS، IIoT و صنعت ۴,۰ [۳]

در زمینه داده، داده‌های IoT با فرمت‌های مختلفی نظیر RDF، میکرو داده و میکرو فرمت نوشته می‌شوند. شبکه‌های IoT از تکنیک‌ها و پروتکل‌های مختلف استفاده می‌کنند. علاوه بر این، دستگاه‌های IoT بر اساس نیازهای تولیدکنندگان مختلف ساخته شده‌اند. تعامل‌پذیری[7] یکی از راهکارهای کلیدی برای حل مشکل ناهمگونی است؛ تعامل‌پذیری IoT می‌تواند سامانه‌ها، فرمت‌های داده و پروتکل‌های مختلف تولیدکنندگان را به یکدیگر متصل کرده و زیرساخت لازم را فراهم کند. جدول ۲ خلاصه‌ای از راهکارهای فوق را ارائه می‌دهد [۴].

۲-۴-ارتباطات[8]

افزایش تقاضا بر روی بسیاری از جنبه‌های عملکردی مانند مصرف انرژی، کاهش تاخیر، زمان پاسخ بهتر و قابلیت مقیاس‌پذیری بخشی از آینده IoT است. برنامه‌های IoT حساس به زمان هستند و نیاز به جریان داده‌ها در زمان واقعی به جای پردازش دسته‌ای[9] دارند. گذردهی، سرعت شبکه، نرخ داده و فضای محاسباتی بر اساس میزان داده‌های استفاده شده و محل ذخیره‌سازی آن‌ها قابل تخمین است. مجموع تاخیرها در انتقال، پردازش، انتشار برای یک شبکه به تاخیر[10] اطلاق می‌شود. به منظور رسیدن کاهش این تاخیر، نیاز به کاهش تمام انواع تاخیرها وجود دارد. رایانش ابری به عنوان یک گزینه در حال تکامل برای نیازهای چالش برانگیز IoT جهت مدیریت حجم بزرگ داده‌های کلاستر IoT پذیرفته شده است. با این حال، افزایش مداوم حجم داده‌های منتقل شده باعث شده است که ابر به دلیل پهنای باند محدود، نتواند برای بسیاری از برنامه‌های IoT پاسخگو باشد. به عنوان نتیجه، داده‌های نزدیک منابع داده باید پردازش شوند و رایانش مه به عنوان یک راه‌حل امیدوارکننده برای این مشکل ارائه شده است. رایانش مه، گره‌های متمرکز را به روش‌های منطقی برای برنامه‌ها، خدمات، داده‌ها، قدرت محاسباتی و تصمیم گیری آماده می‌کند. حجم داده‌هایی که باید بین دستگاه‌های پایانی و ابر جابجا شوند، با استفاده از رایانش مه به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. اگرچه رایانش مه برخی از مشکلات را کاهش می‌دهد اما برخی محدویت‌های ذاتی برنامه‌های کاربردی IoT نظیر کارایی، گذردهی، منابع و تاخیر همچنان وجود دارند. جدول ۳ راهکارهای رفع چالش ارتباطات را خلاصه کرده و دید کلی از آن‌ها ارائه می‌دهد [۴].

7- Interoperability
8- Connectivity
9- Batch processing
10- Latency

جدول ۲- خلاصه راهکارهای رفع چالش ناهمگونی

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
چندین فرمت داده	IoT-SIM	مدل شامل تعامل معنایی و ابر است که داده‌های بیماران را به صورت معنایی شرح می‌دهد و آنها را به پرس و جوهای RDF و SPARQL تبدیل می‌کند که می‌تواند برای استخراج داده از هر بیمار در هر زمانی استفاده شود [۵].	• کلان داده • رایانش ابری	بله
همجوشی معنایی	Crowdsourcing Semantic Fusion	مدل معنایی اطلاعات معنایی را که از کاربران جمع‌سپاری گرفته شده است پردازش کرده و آن را به یک فرمت یکپارچه نرمال‌سازی می‌کند تا دانش استخراج شود [۶].	• کلان داده • همجوشی داده‌ها	بله
ناهمگونی داده و ارتباطات	-	یک معماری که قادر به ادغام داده‌ها و پردازش داده‌های پردازش شده از منابع مختلف است. این داده‌ها می‌توانند توسط خدمات مختلف جمع‌آوری و استفاده شود [۷].	کلان داده	خیر
بازیابی داده	HSFRH-IoT	سیستمی که قبل از ذخیره داده‌های IoT ویژگی‌های مشترک آنها را تجزیه و استخراج می‌کند و آنها را در دو پایگاه داده متمایز ذخیره می‌کند؛ چالش دریافت، ذخیره و بازیابی سریع حجم بزرگی از داده را حل می‌کند [۸].	کلان داده	بله
دسترسی به منابع	Smart City Road Manhole Cover Monitoring System	معماری پلتفرم دسترسی به IoT بر این استوار است که با استفاده از رایانش لبه، مشکل به اشتراک گذاری منابع حالت برنامه‌های کاربردی ورتیکال‌های IoT و مشکل دسترسی یکپارچه ترمینال‌های ناهمگون را حل کند [۹].	• محاسبات لبه • توصیف منابع	بله
استقرار بدون مرز IoT	-	تعریف نظریه سلسله مراتب شناختی و کاربرد آن در فناوری IoT به منظور شناسایی ارتباطات اصلی بین نظریه سلسله مراتب شناختی و انواع مختلف الگوریتم‌های یادگیری عمیق [۱۰].	یادگیری ماشینی	بله

جدول ۳- خلاصه راهکارهای رفع چالش ارتباطات

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
مسائل latency	IFC-IoT	طراحی گره‌های مه با لایه‌های چندگانه به گونه‌ای صورت می‌گیرد که ویژگی‌های برنامه را نظارت کرده و منابع معماری را بازتنظیم می‌کند تا با بار کاری اوج سازگار شود [۱۱].	• رایانش ابری • رایانش مه	خیر
	-	رویکرد سه سطحی با مراکز داده مه و ابر برای تنظیم مسیر بسته‌ها منجر به کاهش تاخیر و پردازش خودکار بیشتر می‌شود [۱۲].	• رایانش مه • 5G	بله
	-	رویکرد مبتنی بر نظریه تطبیق که در آن یک گره اینترنت اشیاء ممکن است با یک کلودلت[1] تطبیق یابد و یک کلودلت ممکن است دارای چندین گره اینترنت اشیاء باشد، علاوه بر این کاربران را به طور مناسب به یکدیگر مرتبط می‌کند تا به حداکثر سود مشترک برسند [۱۳].	رایانش لبه	بله
فعال سازی QoS	QoS-Fog	سلسله مراتب سیستم پنج سطحی برای مدیریت کیفیت خدمات هوشمند به منظور بهبود تاخیر عملکرد، مصرف انرژی و بهره‌وری شبکه [۱۴].	رایانش مه	بله
تخصیص منابع	AHP	خودسازماندهی[2] به عنوان مه و سلسله مراتب تحلیلی برای انجمن کاربران پراکنده و تخصیص منابع به منظور نگاشت منابع شبکه به برنامه‌های اینترنت اشیاء [۱۵].	رایانش مه	بله
	-	سامانه ذخیره‌سازی نرم‌افزار تعریف شده توسط کاربر برای محدودیت‌های ظرفیت ذخیره‌سازی ابرهای کوچک و کاهش تاخیر دسترسی [۱۶].	• ذخیره‌سازی نرم‌افزار محور • رایانش ابری	بله
	-	رویکرد مدیریت منابع با تمرکز بر خدمات برای دستگاه‌های اینترنت اشیاء با استفاده از مه که در مدیریت منابع کمک می‌کند [۱۷].	رایانش مه	بله
	IoT-Gateway	دروازه‌های اینترنت اشیاء با قابلیت فعال‌سازی 5G که پیشنهاد دسته‌بندی ترافیک uplink اینترنت اشیاء و استفاده از الگوریتم‌های فشرده‌سازی مناسب برای ترافیک uplink را می‌دهند. بدین ترتیب استفاده مؤثرتر از منابع بی‌سیم uplink صورت می‌گیرد [۱۸].	5G	بله
گذردهی وظیفه	-	تکنیک مبتنی بر رنگ‌آمیزی گراف برای تخصیص منابع بهینه که در آن گره‌های مه درخواست‌های وظیفه را از دستگاه‌های اینترنت اشیاء به ایستگاه پایگاه انتقال می‌دهند [۱۹].	• رایانش مه • 5G	بله

1- cloudlet
2- Self-organization

۳-۴-مقیاس پذیری[11]

قابلیت مقیاس پذیری، قابلیت یک سیستم برای پاسخگویی به شرایط محیطی و برآورده کردن نیازهای بالقوه است. دو نوع مقیاس پذیری در شبکه‌های اینترنت اشیاء وجود دارد: مقیاس پذیری افقی که شامل گسترش شبکه برای پشتیبانی از تعداد بیشتری از تجهیزات سخت افزاری و موجودیت‌های نرم افزاری در شبکه است و مقیاس پذیری عمودی که با افزایش کارآمدی نرم افزار یا سخت افزار فعلی از طریق استفاده از منابع بیشتر مرتبط است. روش‌ها و استراتژی‌های مقیاس پذیری به طور معمول باید به عنوان یک دنباله اقدامات قابل تعریف باشند. جدول ۴ خلاصه‌ای از رویکردهای پیشنهادی جهت رفع چالش مقیاس‌پذیری را نشان می‌دهد [۴].

11- Scalability

جدول ۴- خلاصه راهکارهای رفع چالش مقیاس پذیری

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
مقیاس‌پذیری گیت‌وی	-	سیستمی برای افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تاخیر در ارتباط بین گروه‌های بزرگی از دستگاه‌های IoT با پراکندگی جغرافیایی؛ با استفاده از سازمان‌دهی ساختار درختی پویا، پروتکل MQTT و CoAP [۲۰].	•MQTT •CoAP	بله
Large IoT deployement	Software Defined Provisioning	به یک چارچوب اشاره دارد که یک سیستم فعال سازی[1] پلتفرم IoT را فراهم می‌کند. در این سیستم، هر دستگاهی که داده‌ها را به سرویس‌ها تحویل می‌دهد، باید قبل از ارتباط داده‌ها، دارای مجوز و تأیید شده باشد [۲۱].	SDN	بله
	Cloud-Edge-Beneath	یک معماری ابر-سنسور با چهار لایه برای افزایش قابلیت مقیاس‌پذیری پیشنهاد شده است. در این معماری، شبکه‌های سنسور به صورت خودکار عمل می‌کنند و از طریق تعداد قابل مقیاسی از سرورهای لبه به ابر متصل می‌شوند، در حالی که ابر به دلیل قابلیت ارتجاعی[2] خود، یک زیرساخت قابل مقیاس فراهم می‌کند [۲۲].	•رایانش ابری •رایانش لبه	بله
افزایش مقیاس‌پذیری شبکه‌های LoRa	EWS	تکنیک افزایش مقیاس پذیری شبکه‌های LoRa با تخصیص منابع بسته به پارامتر فاصله [۲۳]	هندسه تصادفی	بله
مقیاس‌پذیری در SDN	-	پلتفرم عملکرد مقیاس پذیری رویکرد پیشنهادی را تجزیه و تحلیل می‌کند و در عین حال رشد پیش بینی شده شبکه‌های نوری را در نظر می‌گیرد [۲۴].	•M2M •SDN	بله

1- Provisioning
2- Elasticity

۴-۴-پردازش بلادرنگ[12]

سامانه‌های IoT مقدار قابل توجهی از داده‌هایی را تولید می‌کنند که شامل اندازه گیری‌ها، اطلاعات سامانه، وضعیت سامانه و غیره هستند. پردازش این داده‌ها به دلیل وجود چندین مشکل یا محدودیت در این داده‌ها مانند پیچیدگی زمان و مکان و ناهمگونی دشوار است و باعث می‌شوند روش‌های سنتی پردازش کلان داده‌ها قادر به برآورده کردن نیازهای پردازش داده‌های IoT نباشند. لذا نیاز به تقویت پردازش بلادرنگ وجود دارد تا سامانه‌های IoT کارآمدتر شوند. از این‌رو IoT باید منابعی را برای پردازش و جمع آوری نتایج بسیار بزرگ و به صورت منظم فراهم کند. در پردازش بلادرنگ IoT چندین مرحله باید به صورت همزمان یا سریالی انجام شوند. این مراحل می‌توانند شامل و نه محدود به جستجو و کشف منابع IoT، بازیابی داده‌ها، آماده سازی داده‌ها، پردازش داده‌ها، تحلیل داده‌ها و تصمیم گیری باشند. جدول ۵ خلاصه‌ای از راه حل‌های مربوط به پردازش بلادرنگ در IoT است [۴].

12- Real-time processing

۴-۵-تحرک پذیری[13]

تحرک پذیری، سیستم IoT را در دامنه‌های مبتنی بر اینترنت در دسترس قرار می‌دهد. چهار هدف اصلی تحرک پذیری شامل جمع آوری داده‌ها، پوشش، دسترس‌پذیری و گره‌های انرژی[14] هستند. تحرک پذیری در IoT به طور نمایی در حال افزایش است زیرا فناوری‌ها گسترش می‌یابند. علاوه بر این، تحرک پذیری تأمین تعادل یکنواخت بار و مصرف انرژی را تضمین می‌کند. همچنین، تعداد هاپ‌های لازم برای انتقال اطلاعات از گره‌های حسگر به ایستگاه پایه را کاهش می‌دهد. گره‌های سیار همچنین می‌توانند مناطق دورافتاده را حفاظت کنند. این جنبه‌های چند منظوره می‌توانند تداخلات[15]، برخوردها[16] و از دست رفتن پیام‌ها را کمینه کنند. مهمترین طبقه بندی تحرک پذیری IoT، به

13-Mobility
14- energy nodes
15- conflicts
16- collisions

جدول ۵- خلاصه راهکارهای رفع چالش پردازش بلادرنگ

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
جستجوی داده	DiscoWoT	روش کشف توسعه پذیر از چندین استراتژی اکتشافی برای نگاشت معنایی منابع وب استفاده می‌کند و به کاربران اجازه می‌دهد تا در زمان اجرا به استراتژی‌های موجود اضافه کنند [۲۵].	•فناوری‌های وب •کشف معنایی	خیر
جستجوی منبع	-	یک تکنیک جستجوی نمونه برای حسگرها که در آن کاربر بخشی از خروجی قبلی خود را به عنوان نمونه ارائه می‌کند و حسگرهایی را جستجو می‌کند که قبلاً خروجی قابل مقایسه ارائه کرده‌اند [۲۶].	منطق فازی	بله
	-	چارچوبی برای کشف منابع به صورت خودکار در اینترنت اشیاء که یک موتور جستجو با قابلیت «جستجو۱» را برای کشف یکپارچه می‌کند [۲۷].	فناوری‌های وب	خیر
دسته بندی داده	DSNP	تکنیک همجوشی داده برای خلاصه کردن داده‌ها در یک گره و از طریق پارامترهای ارائه شده توسط سرور یک برنامه IoT [۲۸]	همجوشی داده	بله
	MIST	یک رویکرد تجزیه و تحلیل داده مبتنی بر مه برای برنامه‌های سنجش جمعیت اینترنت اشیا با تأمین منابع مقرون‌به‌صرفه [۲۹]	•رایانش مه •فناوری‌های بهینه‌سازی	بله
پردازش داده	Firework	روشی برای فعال کردن به اشتراک گذاری و پردازش داده‌های توزیع شده برای برنامه‌های کاربردی IoT در حالی که داده‌ها و محاسبات در داخل مرکز داده ذینفعان نگهداری می‌شود [۳۰].	•کلان داده •رایانش ابری	خیر
	-	معماری لایه ای برای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با استفاده از کلان داده‌ها و پردازش مدیریت خدمات در زمان واقعی [۳۱]	کلان داده	بله
	-	مکانیزمی برای استفاده از تجزیه و تحلیل کلان داده مبتنی بر اینترنت اشیا برای ساخت شهر هوشمند و برنامه ریزی شهری [۳۲]	کلان داده	بله
	-	یک چارچوب ترکیبی که کلان داده، اینترنت اشیا و وب معنایی را برای ایجاد یک پلتفرم پیشرفته برای برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا در آینده ترکیب می‌کند [۳۳].	•کلان داده •یادگیری عمیق	خیر
آگاه از زمینه۲	-	چارچوبی که اینترنت اشیا، سیستم‌های آگاه از زمینه و ابر را ترکیب می‌کند، اجازه می‌دهد داده‌های محیطی از پایین‌ترین سطح زیرساخت به سطح بالاتر برای تفسیر و تصمیم‌گیری ارسال شوند [۳۴].	•رایانش ابری •فناوری‌های وب	بله

1- Look-up
2- Context-aware

عنوان تحرک پذیری گره حسگر[۱۷]، تحرک‌پذیری رویداد[۱۸] و تحرک‌پذیری sink[۱۹] عنوان می‌شود. ویژگی‌های IoT شامل فضای حافظه، قابلیت پردازشگر و منبع تغذیه، مدیریت تحرک پذیری IoT را محدود کرده است. ایده‌های بسیاری پیشنهاد شده است که از روش‌های متنوع برای حل مشکلات تحرک پذیری استفاده می‌کنند. جدول ۶ شامل توضیحات خلاصه شده از راه حل‌های

17- sensor node mobility
18- event mobility
19- sink mobility

جدول ۳- خلاصه راهکارهای رفع چالش تحرک پذیری

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
تحرک پذیری IP	-	ارائه یک الگوریتم توزیع شده برای برقراری مجدد جلسات ارتباطی بین همتایان در یک بازه زمانی مناسب [۳۵]	فناوری‌های IP	بله
فعال سازی / آماده سازی دستگاه‌ها	-	توسعه یک الگوریتم اولویت برای رتبه‌بندی و پردازش پیام‌های ارسالی و دریافتی دستگاه‌های IoT [۳۶]	رایانش ابری	بله
پیش بینی تحرک پذیری	-	ارائه یک سیستم پیش‌بینی تحرک ترکیبی که می‌تواند تحرک کاربران دستگاه اینترنت اشیا را پیش‌بینی کند [۳۷].	یادگیری عمیق	بله
handover	UbiFlow	یک سیستم تحرک سبک بر اساس هماهنگی کنترلرهای توزیع شده که بر روی بخش‌های جغرافیایی مجزا پخش شده اند [۳۸].	SDN	بله

تحرک پذیری توضیح داده شده در این بخش است [۴].

۴-۶- محدودیت منابع[20]

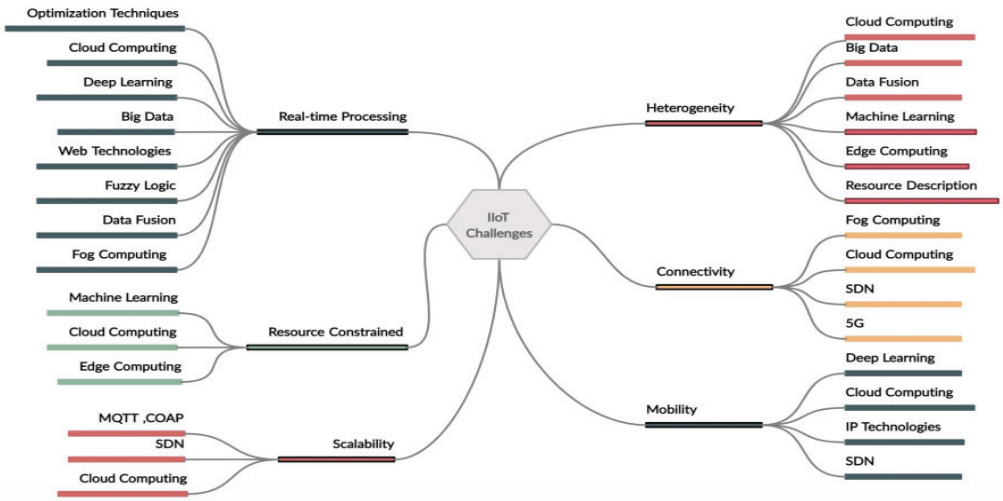
به طور کلی دستگاه‌های IoT با محدودیت منابع مواجه هستند؛ به خصوص، دستگاه‌های IoT قابلیت‌های پردازش، حافظه و انرژی محدود دارند. محیط IoT به پردازش و منابع ذخیره‌سازی برای تبدیل داده‌ها به اطلاعات قابل استفاده یا خدمات نیاز دارد. برخی از برنامه‌های کاربردی به تاخیر حساس هستند، در حالی که سایر برنامه‌ها، به منظور تحلیل داده‌های تاریخی و سری زمانی، نیاز به پردازش پیچیده دارند. مدیریت این منابع به دلیل محدودیت‌های ذکر شده بسیار حائز اهمیت است. بهبودهای مربوط به معماری IoT یا اصلاحات در برخی پروتکل‌ها ممکن است برای مدیریت منابع IoT استفاده شود. روش دیگر، استفاده از نوآوری‌های دیگر است که راه حل اصلی برای محدودیت‌های ذکر شده باشند. رایانش ابری خدمات محاسباتی شامل نرم‌افزارها، سرورها و امکانات پردازشی، را از راه دور و بر اساس درخواست فراهم می کند. رایانش ابری می‌تواند از محدودیت‌های سیستم IoT عبور کند یا آن‌ها را کاهش دهد. جدول ۹ خلاصه روش‌های حل مشکلات محدودیت منابع IoT را نشان می‌دهد [۴].

شکل ۴ خلاصه ای از کلیه چالش‌های مطرح شده و فناوری‌های بکار رفته برای رفع آن‌ها را نمایش می‌دهد.

جمع بندی

صنعت ۴,۰ در حال حاضر به عنوان یک تغییر پارادایمی در

20- Resource limitations



شکل ۴- خلاصه‌ای از چالش‌های پیاده‌سازی IIoT و فناوری‌های رفع آن‌ها [۴]

جدول ۳- خلاصه راهکارهای رفع چالش محدودیت منابع

مساله مشخص	نام راهکار	خلاصه راهکار	فناوری‌های مرتبط	پیاده‌سازی شده
مصرف توان	-	الگوریتم‌های پیش‌بینی لبه برای ارسال اطلاعات استنتاجی به جای داده‌های خام به منظور کاهش عملیات و مصرف انرژی [۳۹].	• رایانش لبه • یادگیری ماشینی	بله
	Transport Triggered Architecture	یک مکانیزم شتاب‌دهنده یادگیری ماشین که قابلیت اعمال ویژگی صرفه‌جویی در انرژی را دارد [۴۰].	• یادگیری ماشینی	بله
محدودیت‌های پردازشی	Lampda-CoAP	یک معماری برای ترکیب اینترنت اشیاء با محاسبات ابری که به اینترنت اشیاء در امور ذخیره‌سازی، پردازش و شبکه کمک می‌کند [۴۱].	رایانش ابری	خیر
محدودیت‌های پهنای باند و ذخیره‌سازی	-	مدل یادگیری توزیع شده برای کاهش ارسال داده‌های خام از گره‌های توزیع شده به یک گره مرکزی [۴۲].	• رایانش لبه • یادگیری ماشینی	بله
محدودیت‌های پهنای باند	-	مدل برای یادگیری فواصل نمونه‌برداری مناسب‌تر جهت کاهش تعداد انتقال‌ها و مصرف انرژی [۴۳].	یادگیری ماشینی	بله
	-	سامانه مبتنی بر یادگیری ماشین که تلاش می‌کند به درک کانال‌های قابل دسترس برای کاهش مصرف انرژی بپردازد [۴۴].	یادگیری ماشینی	بله

جامعه به شناخت گسترده‌ای رسیده است. در این مقاله مروری بر انقلاب‌های صنعتی و روند تکامل آن‌ها از صنعت ۱,۰ تا ۵,۰ صورت گرفته است. به علاوه نگاهی به بحث‌های موجود در جامعه تولید در مورد صنعت ۴,۰ و نقش IIoT در آن شده است. در ادامه مروری بر مفاهیم مرتبط با IIoT و تفاوت‌های آن‌ها صورت گرفته است. علاوه بر این، یک بررسی جامع از چالش‌های IIoT ارائه شده است. طبق بررسی انجام شده ناهمگونی، ارتباطات، قابلیت مقیاس‌پذیری، پردازش بلادرنگ، تحرک‌پذیری و محدودیت منابع موانع اصلی پیاده‌سازی IIoT در بخش‌های صنعتی هستند که راه‌حل‌های رفع این چالش‌ها و پژوهش‌های مرتبط ارائه شده است. لازم به ذکر است در رفع این چالش‌ها از فناوری‌هایی نظیر یادگیری عمیق، رایانش لبه، SDN، 5G و کلان داده استفاده شده است.

منابع

[1] Deshpande, S.N. and Jogdand, R.M., 2020. "A Survey on Internet of Things (IoT), Industrial IoT (IIoT) and Industry 4.0". International Journal of Computer Applications, 175(27), pp.20-27.

[2] Barata, J. and Kayser, I., 2023. "Industry 5.0: Past, Present, and Near Future". Procedia Computer Science, 219, pp.778-788.

[3] Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U. and Gidlund, M., 2018. Industrial internet of things: Challenges, opportunities, and directions. IEEE transactions on industrial informatics, 14(11), pp.4724-4734.

[4] Alabadi, M., Habbal, A. and Wei, X., "Industrial internet of things: Requirements, architecture, challenges, and future research directions", IEEE Access, 2022.

[5] S. Jabbar, F. Ullah, S. Khalid, M. Khan, and K. Han, "Semantic interoperability in heterogeneous IoT infrastructure for healthcare," Wireless Commun. Mobile Comput., vol. 2017, pp. 1–10, Mar. 2017.

[6] K. Guo, Y. Tang, and P. Zhang, "CSF: Crowdsourcing semantic fusion for heterogeneous media big data in the Internet of Things," Inf. Fusion, vol. 37, pp. 77–85, Sep. 2017.

[7] F. Montori, L. Bedogni, and L. Bononi, "On the integration of heterogeneous data sources for the collaborative Internet of Things," in Proc. IEEE 2nd Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Leveraging Better Tomorrow (RTSI), 2016, pp. 1–6.

[8] S. Wu, L. Bao, Z. Zhu, F. Yi, and W. Chen, "Storage and retrieval of massive heterogeneous IoT data based on hybrid storage," in Proc. 13th Int. Conf. Natural Comput., Fuzzy Syst. Knowl. Discovery (ICNC-FSKD), Jul. 2018, pp. 2982–2987.

[9] L. Lan, R. Shi, B. Wang, and L. Zhang, "An IoT unified access platform for heterogeneity sensing devices based on edge computing," IEEE Access, vol. 7, pp. 44199–44211, 2019.

[10] T. Park, N. Abuzainab, and W. Saad, "Learning how to communicate in the Internet of Things: Finite resources and heterogeneity," IEEE Access, vol. 4, pp. 7063–7073, 2016.

[11] A. Munir, P. Kansakar, and S. U. Khan, "IFCIoT: Integrated fog cloud IoT: A novel architectural paradigm

no. 3, p. 799, Mar. 2018.
[29] H. R. Arkian, A. Diyanat, and A. Pourkhalili, "MIST: Fog-based data analytics scheme with cost-efficient resource provisioning for IoT crowdsensing applications," J. Netw. Comput. Appl., vol. 82, pp. 152–165, Mar. 2017.
[30] Q. Zhang, X. Zhang, Q. Zhang, W. Shi, and H. Zhong, "Firework: Big data sharing and processing in collaborative edge environment," in Proc. 4th IEEE Workshop Hot Topics Web Syst. Technol. (HotWeb), Oct. 2016, pp. 20–25.
[31] M. Babar and F. Arif, "Real-time data processing scheme using big data analytics in Internet of Things based smart transportation environment," J. Ambient Intell. Humanized Comput., vol. 10, no. 10, pp. 4167–4177, 2019.
[32] M. M. Rathore, A. Ahmad, and A. Paul, "IoT-based smart city development using big data analytical approach," in Proc. IEEE Int. Conf. Automatica (ICA-ACCA), Oct. 2016, pp. 1–8.
[33] O. B. Sezer, E. Dogdu, M. Ozbayoglu, and A. Onal, "An extended IoT framework with semantics, big data, and analytics," in Proc. IEEE Int. Conf. Big Data (Big Data), Dec. 2016, pp. 1849–1856.
[34] R. Dobrescu, D. Merezeanu, and S. Mocanu, "Context-aware control and monitoring system with IoT and cloud support," Comput. Electron. Agricult., vol. 160, pp. 91–99, May 2019.
[35] K. Victor, J. Ulf, and G. Mikael, "Overlay enhanced mobility for the Internet of Things," J. Netw., vol. 10, no. 7, Aug. 2015, pp. 420–430.
[36] S. Pattar, K. N. Lakshmi, D. Vala, V. Venkatesh, R. Buyya, K. R. Venugopal, S. S. Iyengar, and L. M. Patnaik, "Location-aware IoT search framework based on data messaging and aggregation techniques," in Proc. Women Inst. Technol. Conf. Elect. Comput. Eng. (WITCON ECE), Nov. 2019, pp. 138–145.
[37] A. B. Adege, H.-P. Lin, and L.-C. Wang, "Mobility predictions for IoT devices using gated recurrent unit network," IEEE Internet Things J., vol. 7, no. 1, pp. 505–517, Jan. 2020.
[38] D. Wu, D. I. Arkhipov, E. Asmare, Z. Qin, and J. A. McCann, "UbiFlow: Mobility management in urban-scale software defined IoT," in Proc. IEEE Conf. Comput. Commun. (INFOCOM), Apr. 2015, pp. 208–216.
[39] K. Portelli and C. Anagnostopoulos, "Leveraging edge computing through collaborative machine learning," in Proc. 5th Int. Conf. Future Internet Things Cloud Workshops (FiCloudW), Aug. 2017, pp. 164–169.
[40] J. Teittinen, M. Hiienkari, I. Žliobaite, J. Hollmen, H. Berg, J. Heiskala, T. Viitanen, J. Simonsson, and L. Koskinen, "A 5.3 pJ/op approximate TTA VLIW tailored for machine learning," Microelectron. J., vol. 61, pp. 106–113, Mar. 2017.
[41] M. Díaz, C. Martín, and B. Rubio, "λ-CoAP: An Internet of Things and cloud computing integration based on the lambda architecture and CoAP," in Proc. Int. Conf. Collaborative Comput., Netw., Appl. Worksharing, Springer, 2015, pp. 195–206.
[42] S. Wang, T. Tuor, T. Salonidis, K. K. Leung, C. Makaya, T. He, and K. Chan, "When edge meets learning: Adaptive control for resourceconstrained distributed machine learning," in Proc. IEEE INFOCOM Conf. Comput. Commun., Apr. 2018, pp. 63–71.
[43] G. M. Dias, M. Nurchis, and B. Bellalta, "Adapting sampling interval of sensor networks using on-line reinforcement learning," in Proc. IEEE 3rd World Forum Internet Things (WF-IoT), Dec. 2017, pp. 460–465.
[44] M. Chafii, F. Bader, and J. Palicot, "Enhancing coverage in narrow bandIoT using machine learning," in Proc. IEEE Wireless Commun. Netw. Conf. (WCNC), vol. 2018, Apr. 2018, pp. 1–6.
for the future Internet of Things," IEEE Consum. Electron. Mag., vol. 6, no. 3, pp. 74–82, Jul. 2017.
[12] R. Shahzadi, A. Niaz, M. Ali, M. Naeem, J. J. Rodrigues, F. Qamar, and S. M. Anwar, "Three tier fog networks: Enabling IoT/5G for latency sensitive applications," China Commun., vol. 16, no. 3, pp. 1–11, Mar. 2019.
[13] M. Ali, N. Riaz, M. I. Ashraf, S. Qaisar, and M. Naeem, "Joint cloudlet selection and latency minimization in fog networks," IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 14, no. 9, pp. 4055–4063, Sep. 2018.
[14] A. Ksentini, M. Jebalia, and S. Tabbane, "IoT/cloud-enabled smart services: A review on QoS requirements in fog environment and a proposed approach based on priority classification technique," Int. J. Commun. Syst., vol. 34, no. 2, p. e4269, Jan. 2019.
[15] S. F. Abedin, G. R. Alam, S. M. A. Kazmi, N. H. Tran, D. Niyato, and C. S. Hong, "Resource allocation for ultra-reliable and enhanced mobile broadband IoT applications in fog network," IEEE Trans. Commun., vol. 67, no. 1, pp. 489–502, Jan. 2019.
[16] N. C. Narendra, K. Koorapati, and V. Ujja, "Towards cloud-based decentralized storage for Internet of Things data," in Proc. IEEE Int. Conf. Cloud Comput. Emerg. Markets (CCEM), Nov. 2016, pp. 160–168.
[17] M. Aazam and E.-N. Huh, "Fog computing micro datacenter based dynamic resource estimation and pricing model for IoT," in Proc. IEEE 29th Int. Conf. Adv. Inf. Netw. Appl., Mar. 2015, pp. 687–694.
[18] N. Saxena, A. Roy, B. J. R. Sahu, and H. Kim, "Efficient IoT gateway over 5G wireless: A new design with prototype and implementation results," IEEE Commun. Mag., vol. 55, no. 2, pp. 97–105, Feb. 2017.
[19] A. Pratap, R. Gupta, V. S. S. Nadendla, and S. K. Das, "On maximizing task throughput in IoT-enabled 5G networks under latency and bandwidth constraints," in Proc. IEEE Int. Conf. Smart Comput. (SMARTCOMP), Jun. 2019, pp. 217–224.
[20] P. Bellavista and A. Zanni, "Towards better scalability for IoT-cloud interactions via combined exploitation of MQTT and CoAP," in Proc. IEEE 2nd Int. Forum Res. Technol. Soc. Ind. Leveraging Better Tomorrow (RTSI), Sep. 2016, pp. 1–6.
[21] C. L. Tseng and F. J. Lin, "Extending scalability of IoT/M2M platforms with fog computing," in Proc. IEEE World Forum Internet Things (WFIoT), Feb. 2018, pp. 825–830.
[22] Y. Xu and A. Helal, "Scalable cloud-sensor architecture for the Internet of Things," IEEE Internet Things J., vol. 3, no. 3, pp. 285–298, Jun. 2016.
[23] D. Saluja, R. Singh, S. Gautam, and S. Kumar, "EWS: Exponential windowing scheme to improve LoRa scalability," IEEE Trans. Ind. Informat., vol. 18, no. 1, pp. 252–265, Jan. 2022.
[24] M. Troscia, A. Sgambelluri, F. Paolucci, P. Castoldi, P. Pagano, and F. Cugini, "Scalable OneM2M IoT open-source platform evaluated in an SDN optical network controller scenario," Sensors, vol. 22, no. 2, p. 431, Jan. 2022.
[25] S. Mayer and D. Guinard, "An extensible discovery service for smart things," in Proc. ACM Int. Conf. Proc. Ser., 2011, pp. 1–6.
[26] C. Truong, K. Romer, and K. Chen, "Fuzzy-based sensor search in the web of things," in Proc. 3rd IEEE Int. Conf. Internet Things, Oct. 2012, pp. 127–134.
[27] S. K. Datta and C. Bonnet, "Search engine based resource discovery framework for Internet of Things," in Proc. IEEE 4th Global Conf. Consum. Electron. (GCCE), Oct. 2015, pp. 83–85.
[28] L. Maschi, A. Pinto, R. Meneguette, and A. Baldassin, "Data summarization in the node by parameters (DSNP): Local data fusion in an IoT environment," Sensors, vol. 18,

ابزار فناوری
Technology Tools

نمایه‌ای از پلتفرم‌های اینترنت اشیاء ۱۱۶

ماژول های سخت افزاری ProMake ۱۲۰

نمایه‌ای از پلتفرم‌های اینترنت اشیاء

گارتنر بازار پلتفرم اینترنت اشیا را به عنوان مجموعه‌ای یکپارچه با قابلیت‌های نرم‌افزاری و میان‌افزاری به‌صورت یک بازارگاه چندسازمانی در مقیاس تعمیم‌یافته و دارای صنایع متمرکز و فشرده تعریف می‌کند. پلتفرم‌های IoT همچنین مصورسازی عملیاتی و کنترل نیروگاه‌ها، زیرساخت‌ها و تجهیزات را فراهم می‌آورد. بنابراین، با بکارگیری این پلتفرم‌ها می‌توان به رویارویی با چالش‌ها و گلوگاه‌ها در رویکردهای مختلف نظیر پایداری، خودکارسازی، عملیاتی‌سازی از راه دور و ... در مقیاس صنعتی پرداخت. بدین ترتیب به سبب اهمیت و کاربردهای بسیار پلتفرم‌های IoT، در این گزارش به معرفی برخی پلتفرم‌های جهانی محبوب، راه‌کارها و سرویس‌ها، ویژگی‌های منحصربه‌فرد و کاربردهای آن‌ها پرداخته می‌شود.

Google Cloud Platform

شرکت گوگل پلتفرم اینترنت اشیاء خود را بر روی پلتفرم ابری خود به‌صورت سر تاسری توسعه داده است. این پلتفرم اینترنت اشـــیاء به یکی از محبوب‌ترین سرویس‌های گوگل در مقیاس صنعت تبدیل گشته است. پلتفرم Google cloud IoT از ترکیب چندین سرویس متنوع تشکیل شـــده اســـت، به‌طوریکه از این طریق به راه‌کارهای مبتنی بر اشیاء متصل ارزش افزوده بخشیده است. برخی از سرویس‌هایی که می‌توان در این پلتفرم به آن اشاره داشت، در ادامه به آن اشاره شده است:

Cloud IoT Core: این سرویس داده‌های دستگاه‌ها را دریافت و مدیریت می‌کند. در این سرویس از یک المان مدیریتی و نظارتی برای ثبت دستگاه‌ها در سرویس، نظارت و پیکربندی آن‌ها استفاده می‌شود. لازم به ذکر است برای ایجاد ارتباط بین دستگاه‌ها و Google Cloud Platform از پروتکل‌های MQTT و HTTP استفاده می‌گردد.

Cloud Pub/Sub: این سرویس انتقال داده و مسیریابی پیام را با پردازش داده بیشتری انجام می‌دهد.

Google BigQuery: تجزیه و تحلیل داده‌ها را به‌صورت بلادرنگ انجام می‌دهد.

AI Platform: این سرویس کاربردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین را ارائه می‌کند.

Google Data Studio: داده‌ها را با تهیه گزارش‌ها و داشبوردها مصورسازی می‌کند.

Google Maps Platform: با استفاده از این پلتفرم می‌توان مکان اشیاء متصل بهم را مصورسازی نمود.

این پلتفرم بـــه طور خودکار با ســـخت‌افزارهای اینترنت اشـــیاء از

شرکت‌های مختلف مانند اینتل و میکروچیپ ترکیب می‌شود. علاوه بر این، این پلتفرم از سیستم عامل‌های مختلفی از جمله سیستم عامل لینوکس پشتیبانی می‌کند. ویژگی‌های کلیدی که در این بستر نرم‌افزاری وجود دارد عبارت است از:

- قابلیت‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
- تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌صورت بلادرنگ
- تجسم داده قوی
- ردیابی موقعیت مکانی

در نهایت کاربردهایی که می‌توان با بهره‌گیری از این پلتفرم برای صنعت و مشتریان فراهم آورد، عبارت‌اند از:

- نگهداری پیشگیرانه
- ردیابی اشیاء به‌صورت بلادرنگ
- لجستیک و مدیریت زنجیره تامین
- شهرها و ساختمان‌های هوشمند

Cisco IoT Cloud Connect

Cisco IoT Cloud Connect در اصل یک پیشنهاد برای اپراتورهای تلفن همراه است. این مجموعه نرم‌افزاری مبتنی بر ابر برای موارد استفاده صنعتی و غیرصنعتی است و می‌توان آن را یکی از بهترین پلتفرم‌های ابری اینترنت اشیاء در نظر گرفت. سیسکو همچنین سخت‌افزار قابل اعتماد اینترنت اشیاء از جمله سوئیچ‌ها، نقاط دسترسی، روترها و ... را ارائه می‌دهد. سرویس‌ها و راهکارهای این پلتفرم عبارت است از:

Cisco IoT Control Center:

این سرویس مدیریت شبکه سلولی را با کارایی و عملکرد بسیار خوبی برعهده می‌گیرد و می‌تواند تمام دستگاه‌های اینترنت اشیاء خود را در قالب یک راه‌کار به‌صورت SaaS ترکیب کند.

Extended Enterprise Solution:

این سرویس امکان توسعه برنامه‌های تجاری IoT در لبه را فراهم می‌کند و استقرار سریع و مدیریت متمرکز شبکه را تضمین می‌کند.

Edge Intelligence:

این سرویس پردازش داده‌ها را با تخصیص جریان داده از محیط‌های محلی یا چند ابری ساده می‌کند.

Industrial Asset Vision:

این سرویس از حسگرها برای نظارت مستمر اشیاء و ارائه داده‌ها برای تصمیم‌گیری بهتر استفاده می‌کند.

Cisco IoT Threat Defense:

با استفاده از این سرویس محافظت از داده‌ها و دستگاه‌ها در برابر حملات سایبری ممکن می‌شود و علاوه بر این دسترسی از راه دور با امنیت بالا، تحلیل و سایر خدمات امنیتی را فراهم می‌کند.

برخی ویژگی‌های کلیدی این پلتفرم به‌صورت زیر است:

- راهکارهای صنعتی قدرتمند
- امنیت سطح بالا
- محاسبات لبه
- ارتباط متمرکز و مدیریت داده

در نهایت کاربردهایی که این پلتفرم برای صنعت و مشتریان فراهم می‌آورد، شامل موارد زیر است:

- ماشین‌های متصل
- مدیریت ناوگان
- امنیت خانه و اتوماسیون
- راه حل‌های پرداخت و POS
- تعمیرات قابل پیش‌بینی
- شبکه‌های صنعتی
- کنتورهای هوشمند
- مراقبت‌های بهداشتی

Amazon AWS IoT Core

Amazon AWS IoT Core به عنوان یکی از بازیگران پیشرو در بازار اینترنت اشیاء، دستگاه‌ها را بدون نیاز به مدیریت سرورها به سرویس‌های ابری AWS متصل می‌سازد. همچنین این پلتفرم قابلیت اطمینان و امنیت را برای مدیریت میلیون‌ها دستگاه فراهم می‌کند. سرویس‌هایی که در این پلتفرم ارائه می‌گردد، عبارت است از:

Message Broker:

با استفاده از این سرویس می‌توان بین دستگاه‌های IoT با تأخیر کم و نرخ گذردهی بالا پیامک ارسال و دریافت کرد.

Mirror Device State:

در این سرویس آخرین و جدیدترین حالت دستگاه‌های IoT ذخیره و نگهداری شده و می‌توان از این اطلاعات در هر زمانی استفاده کرد.

Built-in Alexa:

با بهره‌گیری از این سرویس می‌توان به یک پلتفرم انتقال پیام صوتی بین دستگاه‌ها دست یافت.

ویژگی‌های کلیدی این پلتفرم عبارت است از:

- گستره‌ای وسیع از پروتکل‌های ارتباطی، از جمله MQTT، MQTT بر روی HTT، WSS و LoRaWAN
- امکان بهره‌گیری با سایر سرویس‌های AWS مانند Lambda، Amazon Kinesis، Amazon DynamoDB، Amazon CloudWatch، Alexa Voice Service و موارد دیگر

برای ساخت برنامه‌های IoT

- ایجاد سطح بالایی از امنیت توسط رمزگذاری سرتاسری در تمام نقاط اتصال، پیکربندی خودکار و احراز هویت
- قابلیت‌های یادگیری ماشین
- انواع خدمات برای محاسبات لبه

کاربردهای مختلفی که می‌توان از این پلتفرم بهره‌گیری کرد عبارت است از:

- وسایل نقلیه متصل
- خانه های متصل
- پیگیری اشیاء
- ساختمان هوشمند
- اینترنت اشیاء صنعتی

یکی از مشتریانی که از این پلتفرم استفاده می‌کند، پلتفرم Carrier's Lynx است و می‌تواند به بینش‌ها به‌صورت بلادرنگ دسترسی داشته باشد، علاوه بر این، گروه Volkswagen از این پلتفرم IoT استفاده می‌کند تا از این طریق کارایی کارخانه را بهبود بخشد.

Microsoft Azure IoT Hub

با پلتفرم Azure IoT مایکروسافت با قابلیت دسترسی آزاد، می‌توان به سرعت راه‌کارهای مقیاس‌پذیر و ایمن از لبه به ابر ایجاد کرد. همچنین با استفاده از ابزارها، قالب‌ها و خدمات آماده، می‌توان برنامه‌های کاربردی انعطاف‌پذیری را با توجه به نیازهای شرکت مورد نظر توسعه داد. برخی از سرویس‌هایی که از طریق این پلتفرم ارائه می‌گردد، عبارت است از:

Azure IoT Operation:

با استفاده از این سرویس داده‌ها دریافت شده و در لبه مورد پردازش قرار می‌گیرد و در نهایت به فضای ابری منتقل می‌گردد.

Azure IoT Hub:

با استفاده از این سرویس میلیاردها دستگاه IoT از لبه تا ابر به یک دیگر متصل می‌شوند.

Azure Digital Twins:

با استفاده از سرویس دوقلوی دیجیتال Azure بینش‌های دقیقی حاصل شده و از این طریق، محصولات، فرایندهای بهینه‌سازی و تجربیات مشتریان بهبود می‌یابد.

Azure IoT Edge:

با استفاده از این سرویس اضافه بار و عملیات تجاری از فضای ابری به دستگاه‌های لبه منتقل شده و از این طریق می‌توان تحلیل و هوشمندی ابر را گسترش داد.

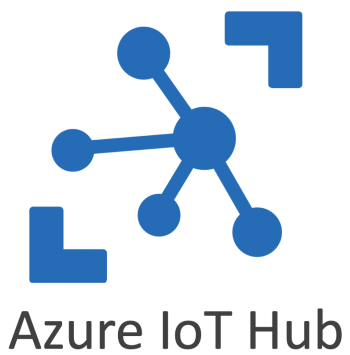
برخی از ویژگی‌های اصلی که می‌توان برای این پلتفرم در نظر گرفت عبارت است از:

- حفاظت از داده‌ها از لبه تا ابر
- قابلیت کار حتی در حالت آفلاین با Azure IoT Edge
- ادغام یکپارچه با سایر خدمات Azure
- راه‌کارهای هوش مصنوعی پیشرفته
- تجزیه و تحلیل مداوم در مقیاس ابر
- پایگاه‌های داده کاملاً مدیریت‌شده
- راه‌کارهای IoT صنعتی Azure

از جمله کاربردهای پلتفرم Microsoft Azure IoT Hub می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- صنعت خودرو
- خط تولید گسسته
- بخش انرژی
- مراقبت‌های بهداشتی
- حمل و نقل
- خرده‌فروشی

این پلتفرم دارای مشتریان متعددی است که می‌توان به برخی از آن‌ها اشاره کرد، Watts از پلتفرم اینترنت اشیاء Azure استفاده می‌کند تا با استفاده از آن یک خانه هوشمند و پایدار را برای مشتریان خود به ارمغان بیاورد. همچنین MARS با هدف تقویت مدیریت دستگاه‌های فناوری عملیاتی در بین ۱۲۴ کارخانه از پلتفرم اینترنت اشیاء Azure استفاده می‌کند. در نهایت اپراتور Telefonica برای کنترل و نظارت داده‌های ارتباطی برای بیش از ۱۰ میلیون مسیریاب خانگی از پلتفرم اینترنت اشیاء شرکت Azure استفاده می‌کند.



ThingWorx

پلتفرم تخصصی اینترنت اشیاء صنعتی ThingWorx (IIoT) در انواع سناریوهای خط تولید، خدمات و مهندسی استفاده می‌شود. این پلتفرم به چالش‌های رایج در صنایع، از نظارت و نگهداری از راه دور گرفته تا کارایی نیروی کار و بهینه‌سازی عملکرد اشیاء می‌پردازد. از ویژگی‌های منحصر به فرد این پلتفرم می‌توان به ویژگی‌های زیر اشاره کرد:

- دسترسی به منابع داده‌های متعدد به دلیل گسترش ارتباطات صنعتی سنتی
- ابزارها و برنامه‌های کاربردی قدرتمند آماده برای ایجاد و مقیاس‌بندی سریع راه‌حل‌های IIoT
- بینش بلادرنگ از داده‌های پیچیده صنعتی اینترنت اشیاء برای بهینه‌سازی عملیات

- کنترل کامل دستگاه‌ها، فرآیندها و سیستم‌های شبکه

همچنین در ادامه به کاربردهای پلتفرم ThingWorx می‌توان اشاره کرد:

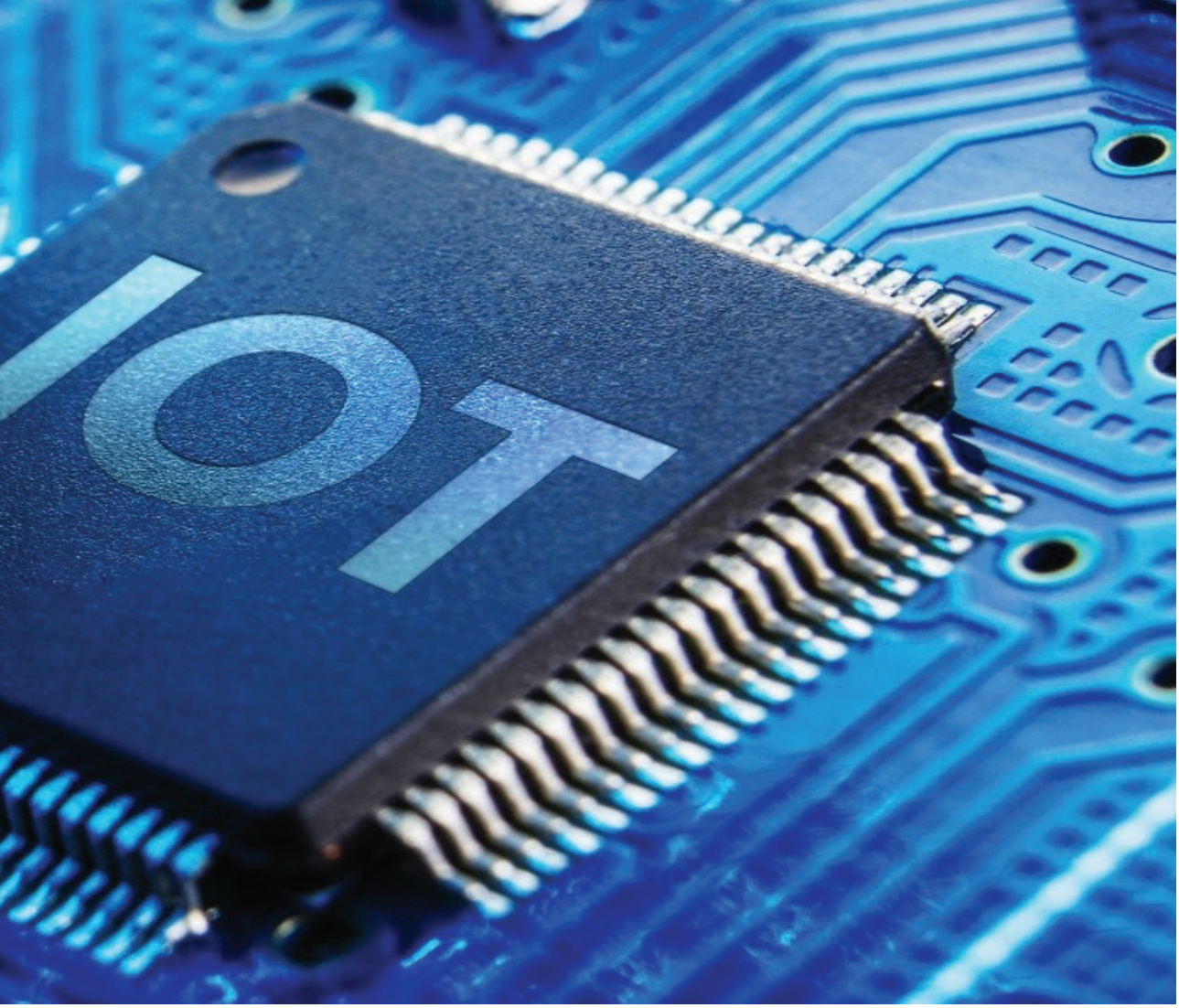
- نظارت بر اشیاء از راه دور
- نگهداری/سرویس از راه دور
- نگهداری، پیش‌بینی و مدیریت اشیاء
- اثربخشی تجهیزات بهینه‌شده

شـــرکت Flowserve فعال در حوزه محصولات و خدمات کنترلی و حرکت سیال، کارایی و قابلیت اطمینان را در زمینه فعالیت خود با نظارت بر شرایط مبتنی بر اینترنت اشیاء افزایش می‌دهد. به‌طوریکه با استقرار پلتفرم اینترنت اشیاء ThingWorx برای نظارت بر اشیاء راه دور از هزینه‌های نگهداری برنامه‌ریزی‌نشده جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، همانطور که می‌دانیـــم، حفظ محیط‌های پیچیده تجهیزات کارخانه از راه دور و قدیمی کار آســـانی نیست. لذا شرکت Quant با چالش‌های متعددی روبه‌رو می‌شـــود، اطمینان از ایمنی و کاهش هزینه‌های نگهداری است. در نهایت شرکت Quant برای رویارویی با این چالش‌هـــا، تعمیر و نگهداری ماشـــین‌آلات صنعتی خود را با پیاده‌سازی راه‌کارهای اینترنت اشیاء ThingWorx برای ایجاد یک برنامه تعمیر و نگهداری پیش‌بینی کننده بازسازی می‌کند.

thingworx®

منابع:

[1] N. Sakovich, “10 Best IoT Platforms for 2023,” 2024. https://www.sam-solutions.com/blog/top-iot-platforms/



محمد تقی نوده
کارشناسی ارشد مهندسی برق-گرایش کنترل از دانشگاه صنعتی شاهرود، کارشناس مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

ماژول های سخت افزاری ProMake

ProMake یک مجموعه ماژولار از بردهای توسعه و ماژول‌های سخت‌افزاری است که توسط شرکت EasyIoT طراحی و تولید شده‌اند. در شکل ۱ معماری کیت آموزشی اینترنت اشیاء نمایش داده شده است. در این کیت امکان قرارگیری ماژول‌های مستقل از جمله پردازنده، نمایشگر، وای فای، سنسور دما و رطوبت، سنسور تشخیص دود، رله و غیره فراهم می‌شود.

این مجموعه برای نمونه‌سازی و توسعه پروژه‌های اینترنت اشـــیاء (IoT) طراحی شـــده است و از ویژگی‌های زیر برخوردار است:

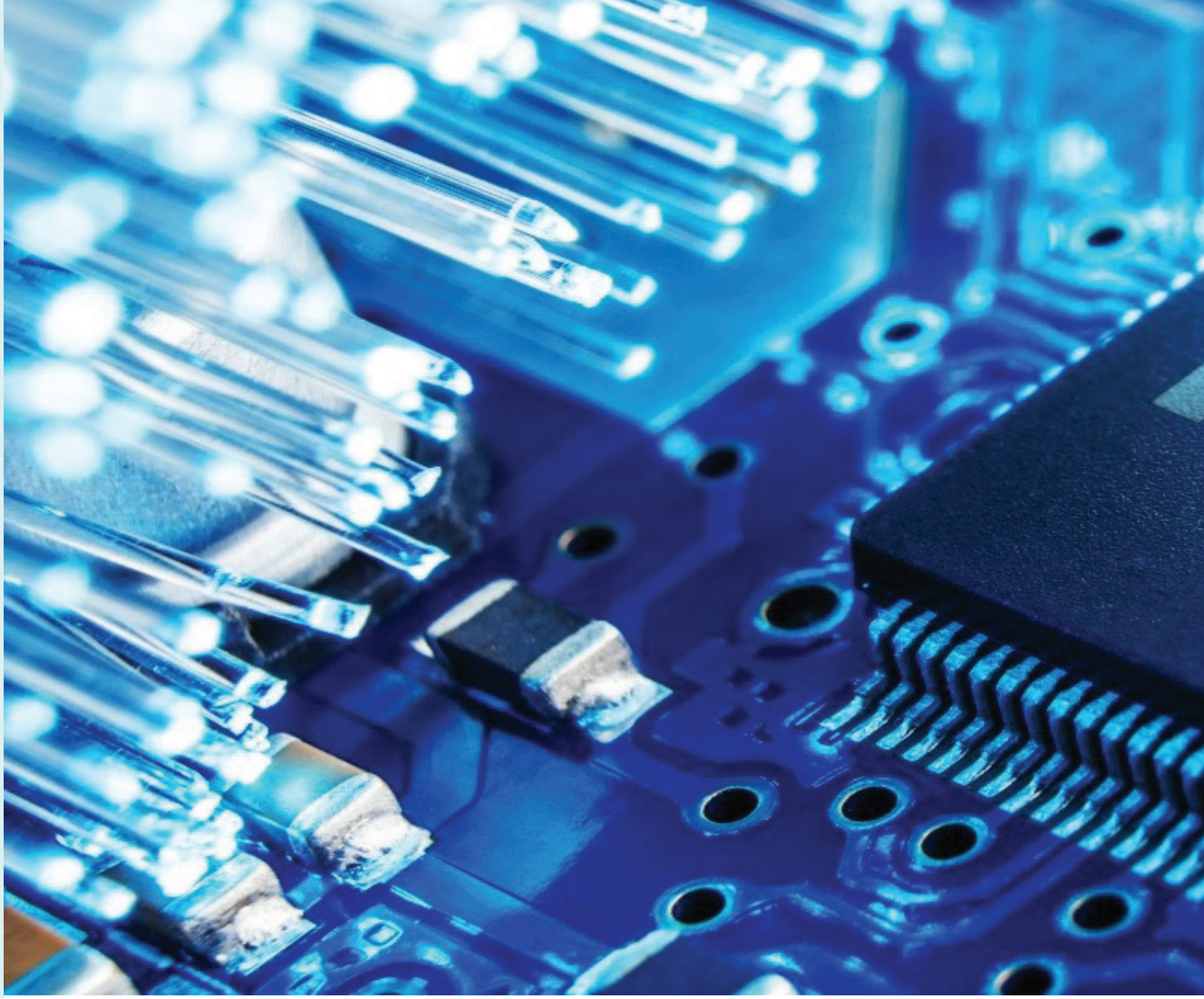
حذف سیم کشی: در ProMake، ماژول‌ها به صورت مستقیم به بردهای توسعه متصل می‌شوند و نیازی به سیم کشی نیست. این ویژگی باعث کاهش زمان و هزینه نمونه‌ســـازی و همچنین افزایش قابلیت اطمینان پروژه‌ها می‌شود.

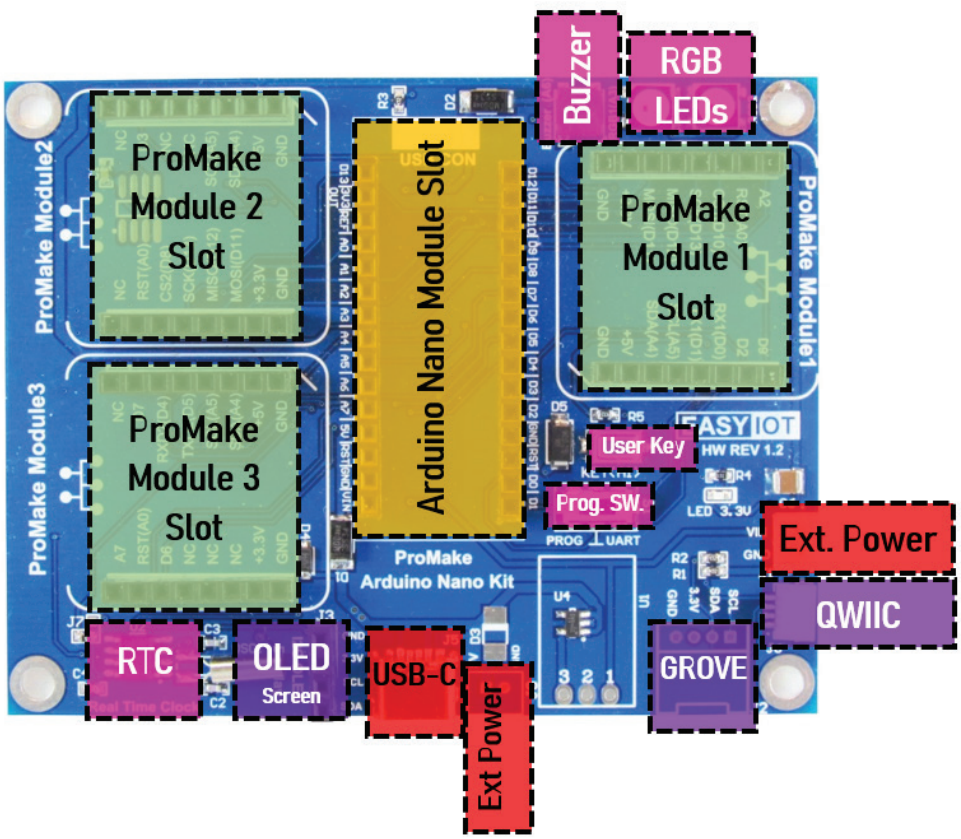
سازگاری با پلتفرم‌های مختلف: ProMake با پلتفرم‌های توسعه مختلف مانند آردوینو و زبری پای سازگار است. این ویژگی باعث می‌شود که کاربران بتوانند از ماژول‌های ProMake در پروژه‌های خود با هر پلتفرم توسعه‌ای استفاده کنند.

تنوع ماژول‌هـــا: ProMake طیف گســـترده‌ای از ماژول‌های ســـخت‌افزاری را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این ماژول‌ها شامل سنسورها، فرستنده‌ها و گیرنده‌ها، درایورها و ... هستند.

در مجموع، ProMake یک مجموعه ماژولار برای نمونه‌سازی و توسعه پروژه‌های اینترنت اشیاء است. این مجموعه برای کاربرانی که به دنبال راه‌حلی سریع، آسان و مقرون‌به‌صرفه برای نمونه‌سازی پروژه‌های خود هستند گزینه مناسبی است.

در سال‌های اخیر اداره ابر و اینترنت اشیاء معاونت راهکارهای دیجیتال و هوشمندسازی مرکز تحقیق و توسعه همراه اول با هدف توسعه و اشاعه فرهنگ اینترنت اشیاء کشور و در جهت تسهیل مراحل طراحی و ساخت محصولات مبتنی بر این فناوری برای دانشجویان و فعالین این حوزه با کمک شبکه‌ی همکار اقدام به تجهیز آزمایشگاه اینترنت اشیاء همراه اول واقع در پارک علم و فناوری دانشگاه تهران نموده است. یکی از ابزارهایی که در این آزمایشگاه وجود دارد کیت‌ها و ماژول‌های ProMake است. از این‌رو دانشـــجویان و دانش پژوهان می‌توانند با مراجعه به آزمایشگاه به‌راحتی به تجهیزات مورد نیاز دسترسی داشته باشند. آن‌ها می‌توانند با پیکره‌بندی و راه اندازی اجزای سخت‌افزاری پکیج مورد نظر، امکان ارتباط با پلتفرم نرم‌افزاری اینترنت اشیاء را از طریق پرتکل‌های مرسوم فراهم نموده و سپس با فراخوانی دستگاه و انجام فرآیند داشبورد سازی پروژه مجازی خود را بصورت آزمایشی راه‌اندازی، مانیتور و کنترل نمایند.





شکل ۱ - معماری کیت آموزشی اینترنت اشیاء

IoT

اخبار فناوری

technology news

همکاری Nokia و Aramco برای توسعه کاربردهای 5G در انقلاب صنعتی چهارم

۱۲۴

استقرار آزمایشگاه‌های مجهز به شبکه خصوصی 5G توسط نوکیا جهت آزمایش کاربست‌های انقلاب صنعتی چهارم

۱۲۶

نمایش قابلیت برش شبکه 5G برای به‌کارگیری در کاربست‌های ماموریت محور توسط دویچه تلکام

۱۲۸

تجهیز نمایشگاهی برای ارائه کاربست‌های انقلاب صنعتی ۴ توسط ودافون در دانشگاه شفیلد انگلیس

۱۳۰

همکاری Nokia و Aramco برای توسعه کاربردهای 5G در انقلاب صنعتی چهارم

در نوامبر سال ۲۰۲۳، تفاهم‌نامه‌ای میان آزمایشگاه بل Nokia و بخش تحقیقاتی این وندور فنلاندی با شرکت حوزه انرژی Aramco با هدف همکاری در راستای انقلاب صنعتی چهارم امضا گردید تا بر اساس این همکاری شکل گرفته، کاربردهای انقلاب صنعتی چهارم و تحولات دیجیتالی در بخش تولید توسعه داده شده و با اتکا بر این همکاری به اهداف هوشمندسازی بخش‌های صنعتی عربستان سعودی جامه عمل پوشانده شود.

این همکاری و تفاهم‌نامه شامل راه‌اندازی سرویس کسب و کار دیجیتال Aramco تحت عنوان (شرکت دیجیتالی Aramco)[1] است. در نتیجه این همکاری، بستری برای تحقیق و توسعه راه‌کارهای نوظهور این حوزه و اعتبارسنجی فناوری‌های نوین در شرایط واقعی در حوزه انرژی، کاوش گری، تولید و قسمت‌های لجستیکی Aramco شکل می‌گیرد.

گروه نفت و گاز Aramco در ظهران به عنوان دومین شرکت بزرگ جهان از نظر درآمد، با بیشترین سود سالانه در تاریخ شرکت‌های جهانی به شمار می‌رود و دومین ذخایر بزرگ نفت خام جهان را داراست. هدفی که در این شرکت نفتی دولتی دنبال می‌شود، تلفیق تجربیات خود در نفت و گاز و معدن و فناوری‌های مرتبط با تخصص‌های Nokia در شبکه‌های خصوصی و محاسبات لبه در راستای توسعه کاربردهای حوزه I4 است.

یکی از اهدافی که به گفته Nabil Nuaim معاون بخش فناوری اطلاعات در Aramco در همکاری با Nokia دنبال می‌شود،

1- Aramco digital company

ایجاد یک اکوسیستم جامع برای 5G و فناوری‌های نوظهور در بخش‌های کلیدی شرکت است که اقدامی بزرگ به سمت دیجیتالی‌سازی صنعت عربستان سعودی به‌شمار می‌رود.

همچنین Thierry Klein مسئول بخش تحقیقات آزمایشگاه‌های بل در Nokia می‌گوید: این همکاری با دومین شرکت نفتی و گازی در عربستان سعودی نشان از تعهد ما به خلق نوآوری و توسعه کاربردهای صنعتی پیشرفته به‌صورت توأم دارد. با این اوصاف این همکاری‌های مبتنی بر تحول دیجتال و I۴ سبب می‌گردد تا تحول دیجیتال صنایع سرعتی چند برابری به خود بگیرد و فناوری‌های جدید برای تولید بیشتر و امن‌تر و آینده‌ای با پایداری بیشتر مهیا گردد.

منابع:

[1] J. Blackman, "Nokia and Aramco to develop 5G use cases and applications for Industry 4.0," RCR Wireless News, 8 November 2023. [Online]. Available: https://www.rcrwireless.com/20231108/private-5g/nokia-and-aramco-to-develop-5g-use-cases-and-applications-for-industry-4-0.

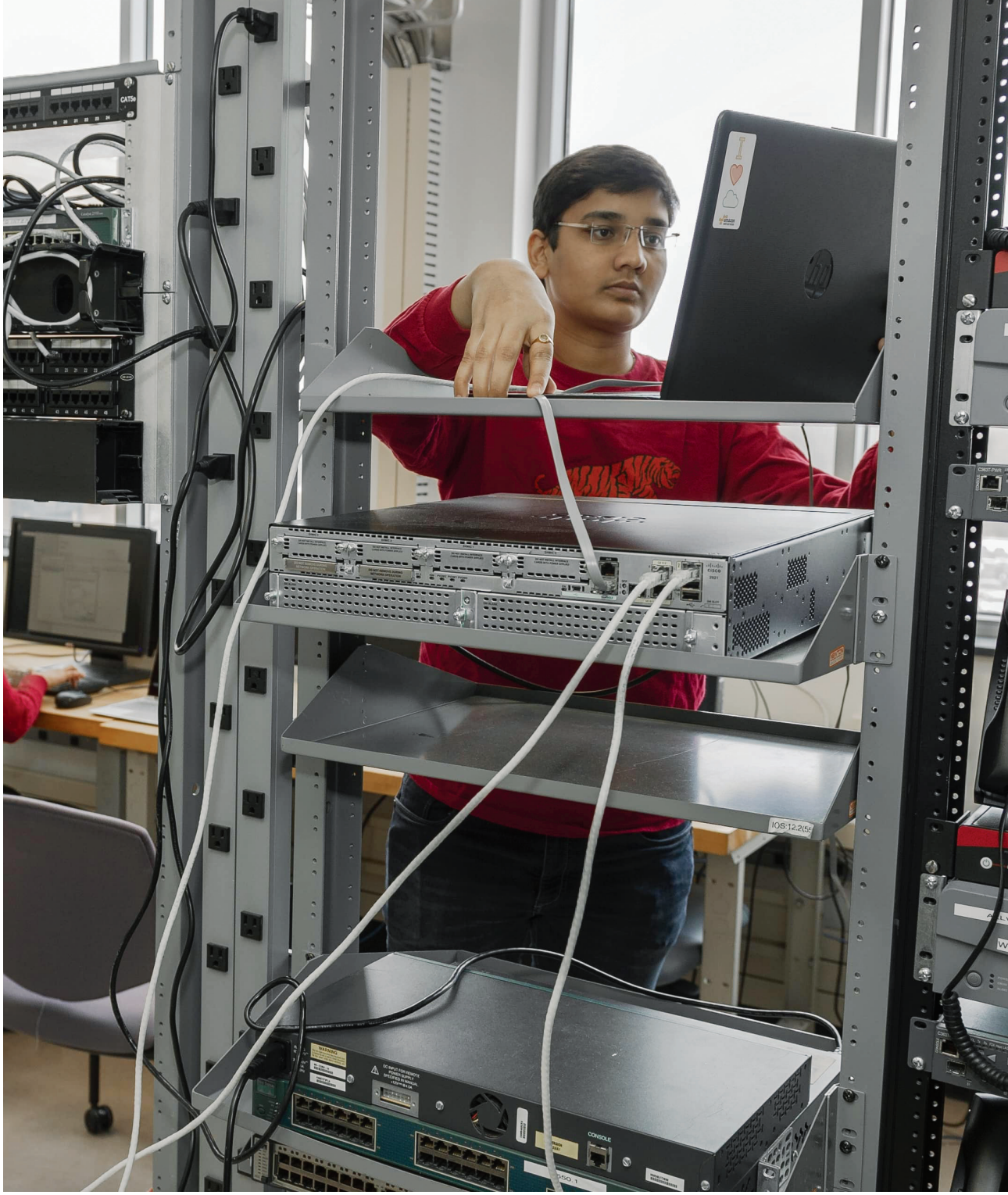
NOKIA

استقرار آزمایشگاه‌های مجهز به شبکه خصوصی 5G توسط نوکیا جهت آزمایش کاربست‌های انقلاب صنعتی چهارم

نوکیا امکانات آزمایشگاه مجهز به شبکه خصوصی 4G/5G خود را توسعه داده و تحت عنوان "آزمایشگاه به عنوان یک خدمت"[1] به سازندگان تجهیزات صنعتی و ارائه‌دهندگان راه‌کارهای حوزه انقلاب صنعتی چهارم[2] این امکان را می‌دهد که به‌منظور آزمایش راه‌کارها و تجهیزاتشان به سامانه اتوماسیون ابری دیجیتال[3] و شبکه مخابرات بی‌سیم خصوصی ماژولار[4] نوکیا متصل شوند. نوکیا در این خدمت، به صورت رایگان به مشتریان این امکان را می‌دهد که دستگاه‌های خود را در آزمایشگاه‌های نوکیا و همچنین بدون حضور در آزمایشگاه مورد ارزیابی قرار دهند و عملکرد تجهیزاتشان را در حالت اتصال به DAC و شبکه خصوصی نوکیا بسنجند.

ایده اصلی این آزمایشگاه به این صورت است که مشتریان می‌توانند با ایجاد تغییر در ویژگی‌های شبکه خصوصی ارائه شده به مدل ایده‌آل مناسب برای کاربست I4 مورد نظرشان دست یابند. به گفته نوکیا این ارزیابی تحت بسته‌های استاندارد شده مشخصی انجام می‌گیرد و شرکت‌ها می‌توانند اطمینان داشته باشند که در صورت عملکرد موفق هر دستگاهی در محیط بی‌سیم خصوصی نوکیا، این دستگاه الزامات عملکرد کاربست مورد نظرشان (مانند ربات‌های خودران، تولید بدون

1- Lab-as-a-Service
2- Industry 4 (i4)
3- Digital Automation Cloud (DAC)
4- Modular Private Wireless (MPW)



خطا[5] و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه[6]) را در محیط واقعی به خوبی برآورده می‌کند. تاکنون امکانات آزمایشگاه نوکیا در اروپا، ژاپن، کره جنوبی و آمریکا ارائه می‌شود. این شرکت قصد دارد به زودی آزمایشگاهی به این شکل در کشور هند نیز مستقر سازد.

تولیدکنندگان چیپست، سازندگان دستگاه‌ها، ارائه‌دهندگان راه‌کارها، اپراتورهای موبایل و شرکت‌هایی که به دنبال افزودن عناصر جدید به دستگاه‌ها و شبکه‌های خود هستند می‌توانند از امکانات این آزمایشگاه در جهت آزمایش دستگاه‌هایشان بهره‌مند شوند.

معاون راه‌حل‌های سازمانی نوکیا، می‌گوید: «نوکیا متعهد به حمایت از مشتریان سازمانی برای دستیابی به اهداف دیجیتالی‌شان به روش‌های بصری است. اعتبار سنجی دستگاه یک بخش اساسی از آزمایشگاه به عنوان یک خدمت خواهد بود که به آن‌ها اجازه می‌دهد پذیرش سرویس را تسریع کنند. شرکت‌ها می‌توانند بدون سرمایه‌گذاری اولیه، دستگاه‌ها و راه‌کارهای خود را آزمایش کنند تا ببینند چگونه می‌توانند بیشترین ارزش را از عملیات خود در شبکه‌های بی‌سیم خصوصی ارائه کنند.»

5- Zero-fault manufacturing
6- Predictive maintenance

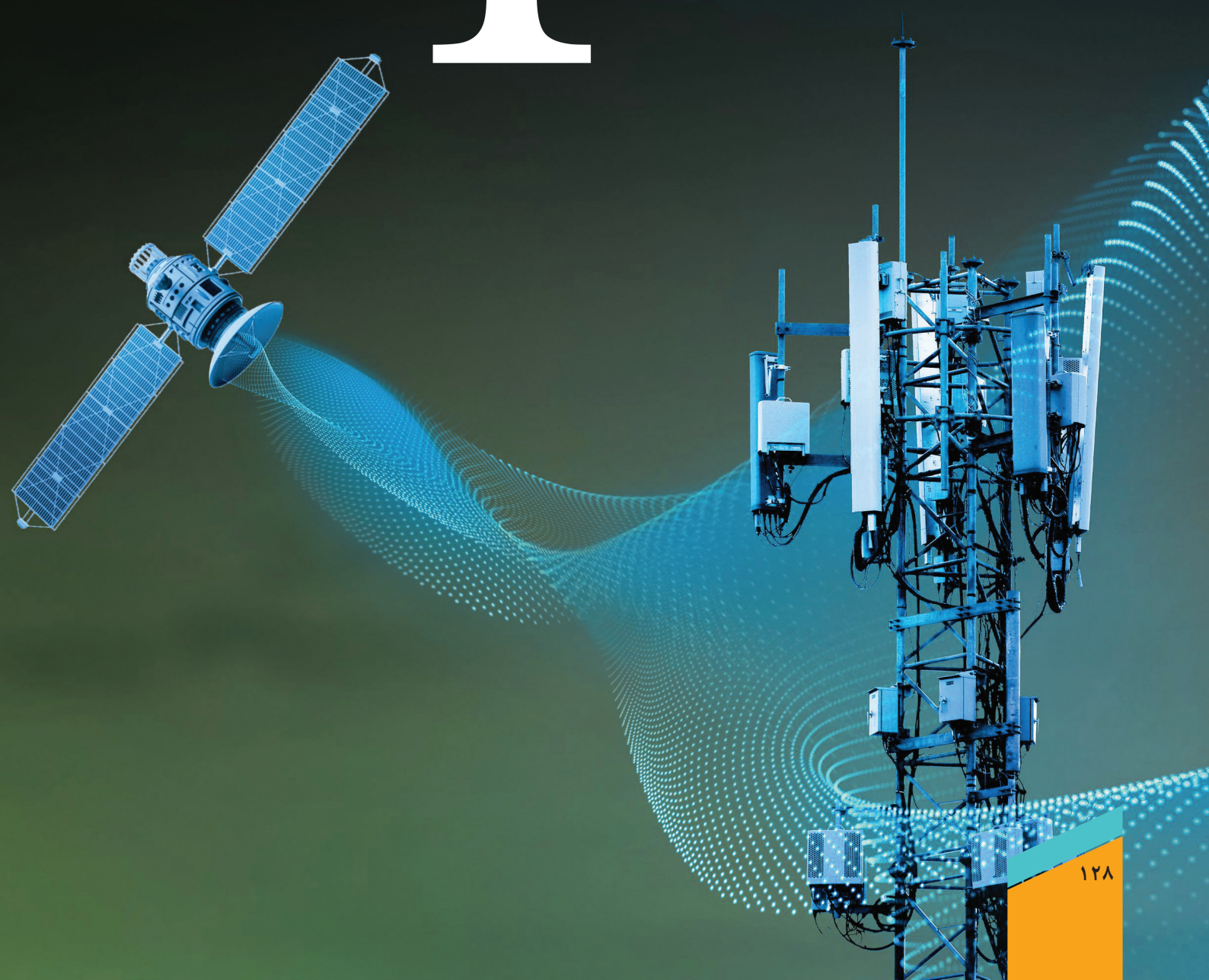
منابع:

[1] https://www.rcrwireless.com/20230208/5g/nokia-extends-private-5g-lab-tests-to-validate-industry-4-0-devices-use-cases#

همراه فناوری
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

اخبار فناوری

نمایش قابلیت برش شبکه 5G برای به‌کارگیری در کاربست‌های ماموریت محور توسط دوپچه تلکام



اپراتور دویچه تلکام کاربرد به‌کارگیری برش شبکه[1] در 5G را در حوزه زیرساخت شهری ماموریت محور[2] با همکاری شـــرکت ارائه‌دهنده راه‌کارهای اینترنت اشیاء cthings.co به نمایش گذاشت. این رونمایی در خلال راه اندازی آزمایشگاه 5G دویچه تلکام در لهستان در ماه اکتبر ۲۰۲۳ برگزار شد و طی آن عملکرد یک لامپ هوشمند که توسط شرکت cthings.co و شرکت زیرساختی Valmont مستقر در ایالات متحده برای استفاده در برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند توسعه یافته است، با اتصال شبکه 5G دویچه تلکام بررسی شد.

برش شبکه 5G یکی از ویژگی‌های معماری شبکه 5G ابری است که از اصول مجازی‌سازی توابع شبکه (NFV) و شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار (SDN) استفاده می‌کند. در نتیجه این ویژگی، شبکه‌ها همگرا، قابل برنامه‌ریزی و انعطاف‌پذیر شده و ارائه سرویس‌های متفاوتی که معمولاً به سیستم‌های موازی در یک زیرساخت نیاز دارند، ممکن می‌شود. در چنین معماری، هر «برش» شبکه یک شبکه انتها به انتها جدا شده و سفارشی است که برای برآورده کردن الزامات یک برنامه خاص طراحی شده است.

به گفته شـــرکت‌های همکار در این آزمایشـــگاه، با اســـتفاده از شبکه 5G مستقل دویچه تلکام در آزمایشگاه، آن‌ها توانستند «با بهره‌گیری از قابلیت‌های پویا برش شبکه، اطمینان از کیفیت بالا و تأخیر بسیار پایین پخش ویدیوهای نظارتی ضبط شده توسط لامپ هوشـــمند را به صورت بلادرنگ نشـــان دهند». با ترکیبی از برش شـــبکه 5G و APIهای بـــاز، با امـــکان تنظیمات دقیق پارامترهای شـــبکه، پخش ویدئو نظارتی بر اساس درخواست و ماموریت محور به صورت بلادرنگ در یک محیط شـــهری شلوغ ممکن می‌شود.

چانگسون چوی، معاون تمایز و همگرایی خدمات شبکه دویچه تلکام، گفت: «برش شبکه پویا و اتوماسیون، نوآوری‌های کلیدی هستند که نقش مهمی در ارائه خدمات 5G بر حسب تقاضا با کیفیت تضمین شده به مشتریان سازمانی ایفا خواهند کرد.

1- Network Slicing
2- Mission Critical

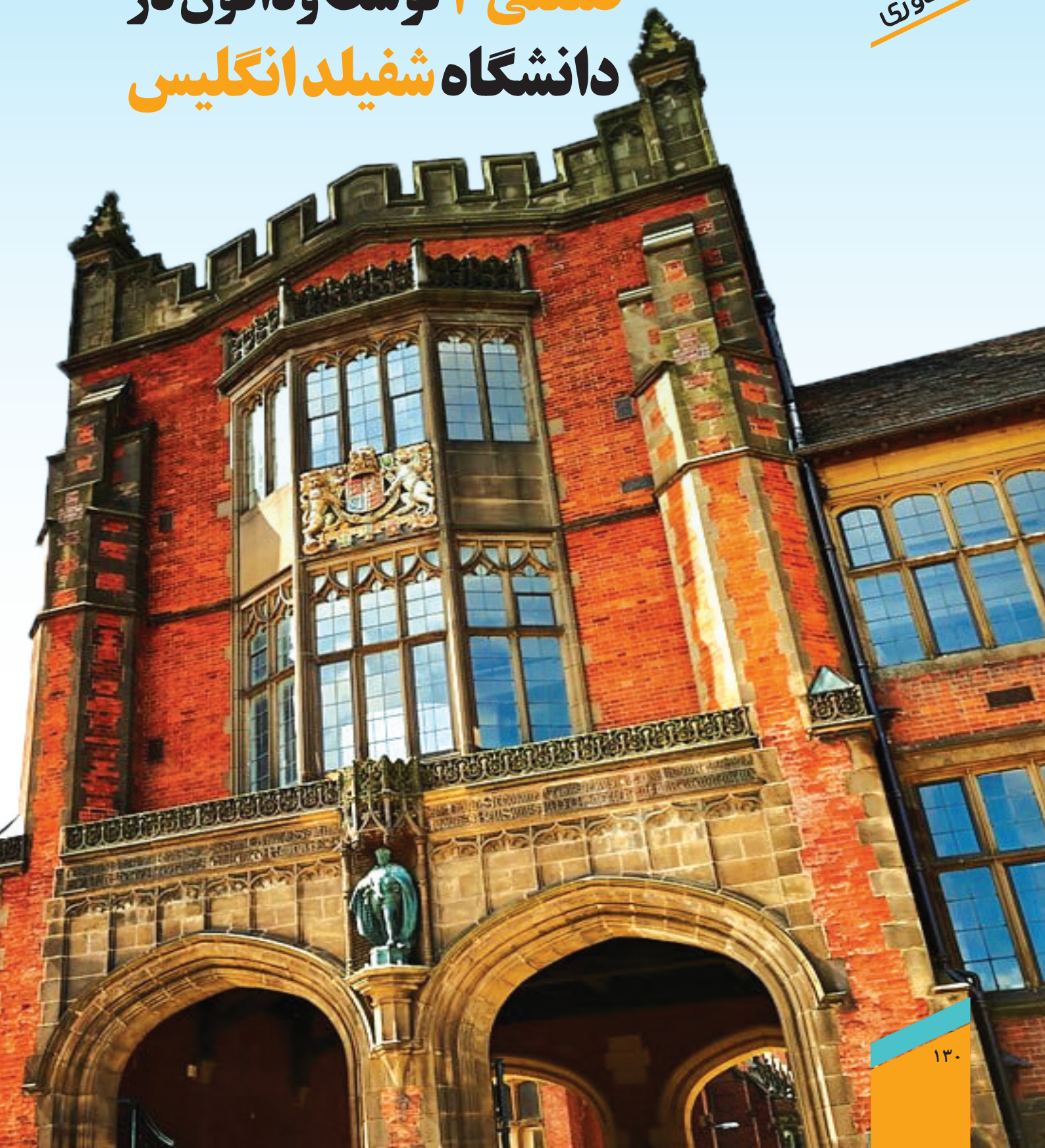
منابع:

[1] Deutsche Telekom and partners showcase 5G network slicing for urban infrastructure (rcrwireless.com)

فناوری همراه
fanavari hamrah
فصلنامه‌ی خبری تحلیلی
تابستان و پاییز ۱۴۰۲
شماره‌ی نهم

اخبار فناوری

تجهیز نمایشگاهی برای ارائه کاربست‌های انقلاب صنعتی ۴ توسط ودافون در دانشگاه شفیلد انگلیس



اپراتور ودافـــون با همکاری تعدادی شـــرکت ارائه‌دهنده کاربست‌های اینترنت اشیاء و دانشگاه شفیلد انگلیس، نمایشـــگاهی برای ارائه کاربست‌های صنعتی در مرکز تحقیقات تولید پیشرفته[1] (AMRC) در این دانشگاه راه‌اندازی کرده اســـت. این نمایشگاه به‌منظور نمایش عملکرد فناوری‌های دیجیتـــال و تاثیر آن‌ها بر بهره‌وری کارخانه‌ها مستقر شده و شامل ۲۰ کاربرد صنعتی با بهره‌گیری از طیف وســـیعی از فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء اســـت. این مرکز تحقیقات با بودجه ۲۰ میلیون پوندی، زیرمجموعه‌ای از گروه AMRC در شفیلد است که مجموعه‌ای از مراکز نوآوری در سراسر انگلیس تحت نظارت این گروه با شراکت ۱۲۰ مجموعه صنعتی نظیر بوئینگ، رولزرویس، ایربـــاس و BAE Systems فعالیت می‌کنند.

پروژه‌ای که با همکاری ودافون در این مرکز در حال انجام است، بر دو حوزه متمرکز است: کارخانه هوشمند و ساختمان هوشمند. هدف این پروژه این است که نشـــان دهد اینترنت اشیاء می‌تواند کارایی و ارزش بیشـــتری را در عملکرد کارخانه‌هـــا ایجاد کند و پایـــداری و کارایی عملیاتی یک محیط اداری را با اســـتفاده از برنامه‌هایی نظیر نظارت، ردیابی، تحلیل و برنامه‌های اتوماسیون مبتنی بر حسگر بهبود بخشد. کاربست‌های ارائه شده در این پروژه در چهار طبقه فهرست شده است: نظارت و پایش محیط زیست، نظارت و کنترل مواد خطرناک، ردیابی دارایی و نظارت و پایش عملکرد نیروی کار.

در کاربردهای ردیابی و پایش در این آزمایشگاه از برچسب‌های بلوتوث کم انرژی (BLE) استفاده می‌شود و اشاره‌ای به اینترنت اشیاء مبتنی بر شبکه سلولی نشده است. برای مدیریت مرکزی برنامه‌های مختلف اینترنت اشیاء ارائه شـــده در این آزمایشگاه از پلتفرم اینترنت اشـــیاء IoT.nxt ودافون اســـتفاده می‌شود. از طریق این پلتفرم، مجرای واحدی برای هماهنگ کردن داده‌ها از دستگاه‌ها و سیستم‌های حســـگر قدیمی و جدید و ابزارهای اتوماسیون لایه‌ای و هوش مصنوعی فراهم می‌شود.

ایین مارتین، رئیس نمایشگاه AMRC، می‌گوید: «در کاربردهای امروزی داده‌ها نقش بسیار مهمی دارند. برای اینکه صنایع متوجه شـــوند فرصت‌ها در کجای کارخانه و صنعت آن‌ها هستند، مهم است که درک روشنی از نحوه عملکرد و مصرف آن‌ها داشته باشند. استفاده از پلتفرم IoT.nxt این اطلاعات را در دسترس کاربران قرار داده و با عملکردی کاربرپسند، توانایی کاربر برای افزایش کارایی و کاهش ردپای کربن را بهبود می‌بخشد.»

نیک گلیدون، مدیر واحد کســـب و کار ودافـــون می‌گوید: «این پروژه این باور را در وودافون زنـــده می‌کند که نوآوری در تقاطع اکوسیســـتم‌های فناوری مختلف رخ می‌دهد و هـــر یک از این اعضاء در اکوسیستم به عنوان کاتالیزوری بر روی یکدیگر عمل می‌کنند. در AMRC، ما فناوری‌های موبایل، ابر و اینترنت اشیاء را با هم ترکیب می‌کنیم تا یک پلتفرم دیجیتال جامع با محوریت پایداری، کارایی و نوآوری تشکیل دهیم.»

1- Advanced Manufacturing Research Centre

منابع:

[1] Vodafone and IoT pals equip low-carbon Industry 4.0 demonstrator in the UK (rcrwireless.com)

اینفوگرافی
Infographic

برنامه سرمایه‌گذاری صنایع
در فناوری‌های کلیدی صنعت ۴,۰

۱۳۲

کسب و کارها اپراتورهای مخابراتی را اصلی‌ترین
بازیگر ارائه‌دهنده خدمات IoT می‌دانند

۱۳۳

پیش‌بینی تعداد استقرار FWA تا سال 2029
به تفکیک فناوری، GSA 2023

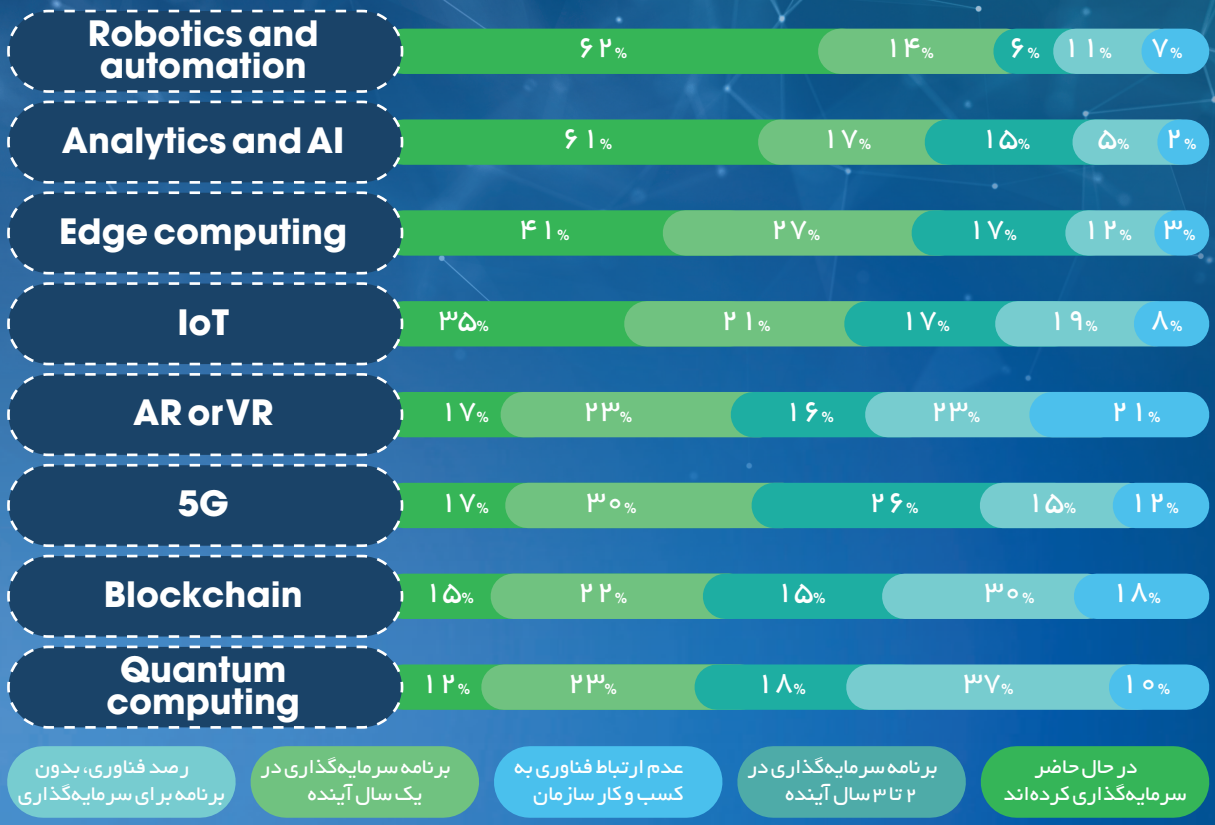
۱۱۹

میزان به‌کارگیری سرویس‌های 5G/4G
در کارخانه‌ها، ABI Research 2022

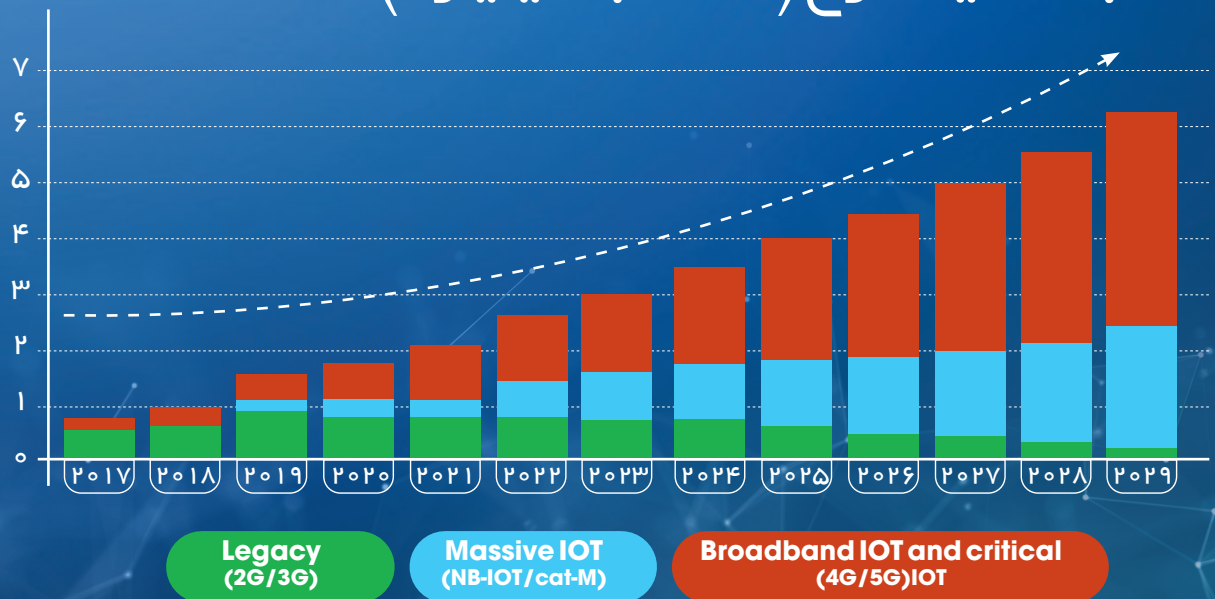
۱۲۰

برنامه سرمایه‌گذاری صنایع در فناوری‌های کلیدی صنعت ۴,۰

نتیجه نظرسنجی از بیش از ۱۰۰۰ شرکت پیشرو در جهان، EY 2022



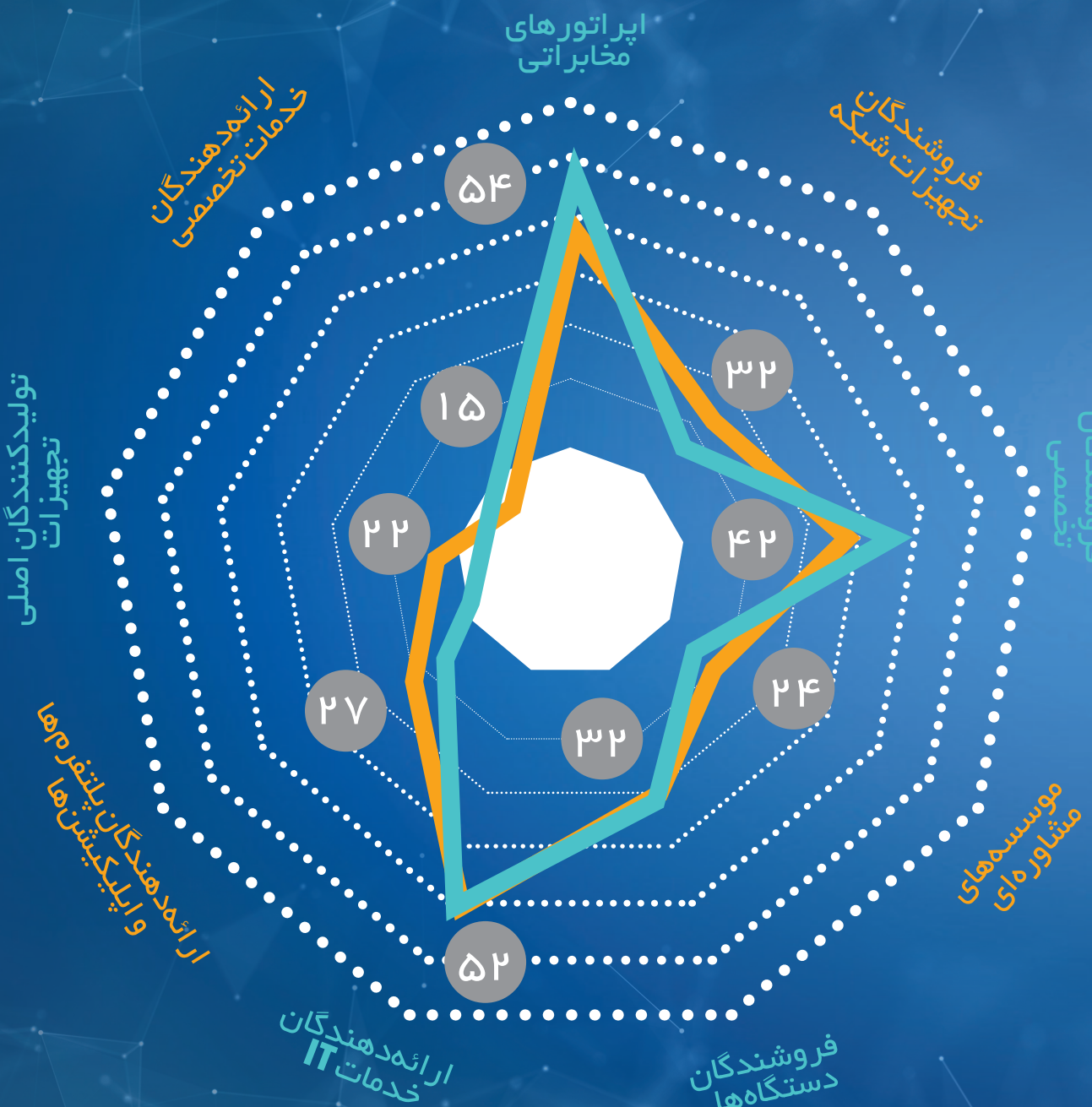
پیش‌بینی تعداد اتصال IoT تا سال 2029 به تفکیک نوع (اعداد به میلیارد)، GSA 2023



کسب و کارها اپراتورهای مخابراتی را اصلی‌ترین بازیگر ارائه‌دهنده خدمات IoT می‌دانند

نتیجه نظرسنجی از بیش از ۱۰۰۰ شرکت پیشرو در جهان، EY 2022

اعداد نشان‌دهنده درصد از تمام پاسخ‌دهندگان است.



پیش‌بینی تعداد استقرار FWA تا سال 2029 به تفکیک فناوری، GSA 2023

(اعداد به میلیون)

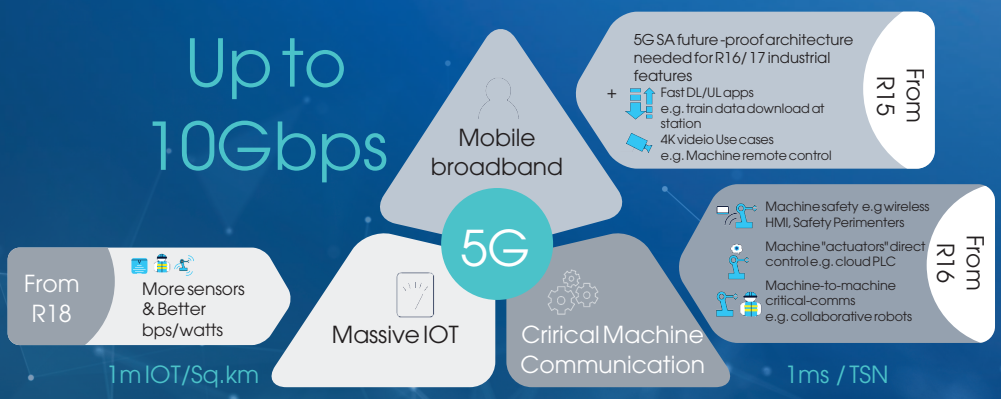
صنایع مختلف، 5G را بهترین نوع اتصال برای پیاده‌سازی کاربست‌های صنعتی می‌دانند، اریکسون ۲۰۲۱

فناوری های اتصال محلی	صنایع تولیدی	حمل و نقل	صنایع مالی	خرده فروشی	بهداشت‌وسلامت	بخش عمومی
WIFI	۵۷%	۳۸%	۵۵%	۴۷%	۵۰%	۷۴%
Ethernet LAN	۵۷%	۳۸%	۵۵%	۴۷%	۵۰%	۷۴%
Optical fiber	۵۳%	۳۸%	۵۶%	۴۷%	۶۳%	۶۵%
Private LTE 4G network	۴۵%	۳۱%	۲۵%	۲۷%	۳۳%	۶۱%
Private 5G network	۷۶%	۹۲%	۷۵%	۸۰%	۷۵%	۸۳%
Zigbee	۲۵%	۲۳%	۱۸%	۲۷%	۲۵%	۰%

میزان به‌کارگیری سرویس‌های 4G/5G در کارخانه‌ها، ABI Research 2022

نتیجه نظرسنجی از بیش از ۹۰۰ کارخانه تولیدی با ابعاد بیش از ۵۰۰ پرسنل

قابلیت‌ها و کاربردهای صنعتی که توسط 5G ممکن می‌شود، نوکیا ۲۰۲۳



دستاوردهای مرکز تحقیق و توسعه همراه اول در توسعه راه‌کارها و خدمات مبتنی بر اینترنت اشیاء

طراحی، توسعه و پیاده‌سازی پلتفرم اینترنت اشیا (IoT Platform)

این پروژه با هدف ارائه خدمات زیرساختی و توسعه اکوسیستم اینترنت اشیا (IoT) در راستای مدیریت متمرکز انواع ورتیکال‌ها و ایجاد زنجیره سرویس‌های ارزش افزوده بر مبنای این پلتفرم پیاده‌سازی شد. از جمله قابلیت‌های این پلتفرم به عنوان هسته مرکزی راهکارهای اینترنت اشیا، ثبت و مدیریت دستگاه‌ها، پردازش در لحظه، عملکرد مستقل از پروتکل، انعطاف‌پذیری در مورد نحوه پردازش داده‌ها، مقیاس‌پذیری و قابلیت یکپارچه‌سازی با سایر سیستم‌های بالادستی است.

هوشمندسازی و پایش آنلاین تاسیسات گرمایشی و سرمایش مرکزی و تهویه مطبوع

این پروژه با هدف هوشمندسازی و مدیریت تاسیسات گرمایشی و سرمایشی موتورخانه جهت آماده‌سازی دمای آب مصرفی، چرخشی و برج خنک کننده و همچنین کنترل فن کوئل‌ها و کولرها برای تنظیم دمای محیط ساختمان با استفاده از راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیاء اجرا شد. عملیات نصب و راه اندازی در ساختمان شماره ۳ شرکت همراه اول انجام پذیرفت که از جمله نتایج آن، افزایش سطح رضایت ساکنین، کاهش ۳۰ درصدی مصرف انرژی و افزایش طول عمر تجهیزات است.

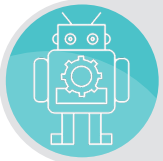
نصب و راه‌اندازی پایلوت سامانه ذخیره‌ساز بومی نرم‌افزارمحور

هدف از این پروژه پیاده‌سازی یک فضای ذخیره‌ساز اشیاء برای ذخیره‌سازی فایل با حداکثر ضریب گذردهی قابل پشتیبانی توسط سخت‌افزارها است. سایر اهداف این ذخیره‌ساز ایجاد محیطی مقرون به صرفه و مقیاس‌پذیر با ویژگی‌هایی چون مدیریت نسخه اشیاء، ایجاد فراداده‌های قابل تنظیم و ذخیره صدها پتابایت در یک فضای نام واحد و بدون هیچ گونه تخریب کارایی است. همچنین این ذخیره‌ساز از ویژگی‌هایی از قبیل تکثیر، رابط‌های قابل برنامه‌نویسی و تحمل‌پذیر در برابر خطا، پشتیبانی می کند.

طراحی و توسعه ذخیره‌ساز بلاکی یک پتا بایت – San Storage

هدف این پروژه طراحی، پیاده سازی و ساخت سامانه‌ای یکپارچه متشکل از مجموعه‌ای از سخت‌افزارها و نرم‌افزارها در شاخص‌های ذخیره سازی بلاکی به صورت دو کنترلر است که قابلیت پشتیبانی از پروتکل‌های ذخیره‌سازی بلاکی (SAN) را با ظرفیت ۱ پتابایت پشتیبانی نماید.

طراحی و ساخت ربات خودران هوشمند



هدف این پروژه تحقیق و توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در حوزه خودروهای خودران و حرکت به سمت هوشمندسازی خودروهای واقعی است. طراحی و ساخت کامل یک خودرو خودران در ابعاد یک دهم خودروی واقعی مبتنی بر الگوریتم‌های کنترلی پیشرفته، پردازش تصویر و هوش مصنوعی ربات خودرو خودران با ویژگی‌هایی نظیر حرکت بین خطوط جاده، تشخیص ۵۰ تابلو علائم راهنمایی و رانندگی، انجام پارک خودرو، مکان یابی با استفاده از داده‌های درونی و استفاده از سیستم عامل ربات ROS از فعالیت‌های این پروژه است.

راه‌اندازی سامانه بومی هوشمندسازی پارکینگ

پروژه سامانه هوشمند مدیریت پارکینگ به منظور مدیریت فضای پارکینگ و استفاده حداکثری و بهینه از فضای موجود پارکینگ ساختمان‌های شرکت ارتباطات سیار ایران (همراه اول) تعریف شد. هدف از انجام این پروژه ساماندهی به نیازمندی‌های منابع انسانی در بخش پارکینگ بوده تا بهره‌وری منابع در دسترس شرکت را افزایش داده و از این طریق، سطح رضایت‌مندی نیز افزایش یابد.

طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی ایستگاه سلامت

راه حل ایستگاه سلامت شامل غرفه‌ای در محل سازمان و مجهز به امکانات و تجهیزات خودمراقبتی جهت غربالگری و پایش سلامت افراد با امکان ارتباط از راه دور با پزشک است. از جمله مهم‌ترین مزایای ایستگاه سلامت برای سازمان‌ها این است که کارمندان بتوانند داده‌های سلامت خود را در اپلیکیشن سازمانی، که قابل اجرا بدون نیاز به گوشی همراه است، وارد کرده و روند سلامتی خود را مشاهده کنند. هدف از اجرا این سامانه ایجاد نقاط دسترسی جهت ارائه خدمات مراقبت‌های بهداشتی و پایش‌های درمانی است. سه بیماری اصلی مورد توجه این طرح عبارت‌اند از کنترل قند خون، فشار خون و چاقی.

توسعه سیستم هوشمند گرمایش – سرمایش بهینه ساختمان مبتنی بر اینترنت اشیاء

این سامانه به منظور ایجاد بستری برای کنترل یکپارچه سیستم سرمایش – گرمایش داخل ساختمان در مرکز تحقیق و توسعه همراه اول تعریف شد. از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های این سامانه می‌توان به مواردی نظیر خاموشی سیستم‌های سرمایش – گرمایش با برنامه‌ریزی‌های از پیش تعیین شده در ساعات غیر اداری، استفاده از حالت بهینه‌سازی به منظور تنظیم غیریکنواخت VRF ها برای دستیابی به دمای هدف، شبیه‌سازی تبادل گرمایی ساختمان و اتاق‌ها به کمک مدل‌های کامپیوتری و استفاده در سامانه و دستیابی به دمای هدف یکسان با مصرف کمتر انرژی در مقایسه با حالت کاری نرمال اشاره کرد.

هوشمندسازی کنتورهای برق

این پروژه برای پایش میزان مصرف برق به‌منظور اصلاح الگوی مصرف در مرکز تحقیق و توسعه همراه اول تعریف شده است. بدین ترتیب با بررسی میزان مصرف در ساعات مختلف می‌توان به اصلاح مصرف در ساعات پیک مصرف برق، کاهش مصرف کلی با خاموش کردن مصرف کننده‌های غیرضروری بصورت متمرکز و در دفتر مرکزی دست یافت. پایش میزان مصرف را می‌توان با توجه به نوع کنتور استفاده شده در محل، از طریق نصب تجهیزاتی بر روی کنتور و یا نصب یک کنتور هوشمند جدید به جای کنتور قدیمی محقق نمود. از دیگر مزایای طرح تعیین بازه زمانی پیک مصرف ساختمان، ارائه گزارش مصرف به تفکیک بخش‌های مختلف ساختمان و اعلام هشدار عبور از حد مصرف مطابق است.

راهنمای مطالب ارسالی به فصلنامه فناوری همراه

نشریه فناوری همراه، مطالب دریافتی را در چهار بخش رصد فناوری، ابزار فناوری، اخبار فناوری و بینش فناوری پذیرش کرده و منتشر می‌کند. انتظار می‌رود در بخش **رصد فناوری**، مقالات و گزارش‌های ترویجی پیرامون فناوری‌های نوظهور، کاربست‌ها، ورتیکال‌ها و رهیافت‌های نوین فناورانه دریافت شود.

در بخش **ابزار فناوری** به معرفی نهادها، کنفرانس‌ها، نمایشگاه‌ها، وبسایت‌های آموزشی و... پرداخته می‌شود.

در بخش **اخبار فناوری** آخرین اخبار و تحلیل‌های مربوط به صنعت ICT جهان در حوزه سرمایه‌گذاری‌ها، توسعه محصولات، لانچ‌ها و... به چاپ خواهد رسید. بخش **بینش فناوری** نیز به معرفی و تحلیل فرآیندهایی مانند جریان‌های تحقیق و توسعه فناوری، انتقال فناوری، همکاری‌های فناورانه و برنامه‌ریزی‌های راهبردی در حوزه فناوری‌های جدید تلکام می‌پردازد.

ویژگی‌های مطلب ارسالی

- به ازای هر ۵۰۰ کلمه یک سوتیتر مناسب ارائه شود (۳۰ الی ۸۰ کلمه)؛
- برای هر گزارش حداقل ۳ منبع به روز (بعد از ۲۰۱۹) استفاده شود (در صورتی که منبعی اعتبار بالایی داشته باشد با تأیید دبیر کمیته تخصصی یک منبع کافی است؛ همچنین اگر منبعی از اعتبار بالا برخوردار بوده ولی مربوط به قبل از ۲۰۱۹ باشد، قابل قبول است)؛
- بازه زمانی اخبار و تحلیل حداکثر برای ۱ ماه گذشته باشد؛

ترتیب عناوین مقالات و گزارش‌ها

مقالات به طور دقیق شامل این عناوین باشد: چکیده، کلیدواژه‌ها، مقدمه، بدنه اصلی، نتیجه‌گیری، معرفی منابع.

- چکیده فارسی شامل گزیده‌ای از مطلب بوده و به روند مقاله از ابتدا تا نتایج اشاره دارد. چکیده مقاله، نباید کمتر از ۱۵۰ کلمه و بیشتر از ۲۵۰ کلمه باشد.
- در قسمت کلیدواژه‌ها باید حداقل ۳ و حداکثر ۵ واژه بوده که با کاما (،) از هم جدا شده و در یک خط و به ترتیب اهمیت‌شان آورده شود.
- در قسمت مقدمه به صورت کوتاه به موضوع و اهمیت آن اشاره کرده و ذهن خواننده را برای ورود به بدنه اصلی گزارش آماده کنید.
- در قسمت بدنه اصلی گزارش نتیجه رصد فناوری که در حوزه تخصصی خود انجام داده‌اید را با لحنی ساده و روان ارائه دهید.
- در قسمت نتیجه‌گیری، نتیجه گزارش از زبان نویسنده بیان گردد (۱۰۰ الی ۲۰۰ کلمه).
- منابع به ترتیب حروف الفبا و بر اساس یکی از سبک‌های معتبر رفرنس‌دهی در پایان گزارش ارائه شود.

ترتیب مطلب اخبار، و تحلیل‌ها

این نوع از مطالب به طور دقیق شامل این تیترها باشد: بدنه اصلی و منابع.

- در قسمت بدنه اصلی متن را با لحنی ساده و روان ارائه دهید.
- منابع به ترتیب حروف الفبا و بر اساس یکی از سبک‌های معتبر رفرنس‌دهی در پایان ارائه شود.

فونت

متن اصلی به صورت تک‌ستونی با قلم (فونت) B Mitra و اندازهٔ pt. ۱۴ و عناوین بخش‌ها با همین قلم و به صورت بولد تایپ شود.

حجم

- حجم مقالات بین ۱۴۰۰ الی ۲۰۰۰ کلمه باشد؛ (شامل چکیده ۱۵۰ الی ۲۵۰؛ سوتیتر ۳۰ الی ۸۰؛ نتیجه‌گیری ۱۰۰ الی ۲۰۰ و بقیه بدنه اصلی گزارش)
- حجم اخبار، و تحلیل‌ها بین ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ کلمه باشد.

تصاویر و جداول

لازم است تصاویر مرتبط با مطلب با کیفیت بالا ارائه شده و به ترتیب به صورت شکل ۱، شکل ۲ و... شماره‌گذاری شوند.

همچنین لازم است جداول به زبان فارسی بوده و از گذاشتن جداول به صورت عکس و با زبان انگلیسی خودداری شود. جداول باید به ترتیب به صورت جدول ۱، جدول ۲ و... شماره‌گذاری شده و در نخستین مکان ممکن پس از اولین اشاره در متن قرار گیرند.

ارزیابی محتواهای ارسالی از منظر ۳ پارامتر زیر انجام خواهد شد:

- کیفیت کلی محتوا (بروز بودن، رعایت رویکرد دیده‌بانی، جذابیت و ...)؛
- رعایت اصول نگارشی فصلنامه (داشتن بخش چکیده و نتیجه‌گیری، رعایت استاندارد ۱۴۰۰ الی ۲۰۰۰ کلمه، رعایت فونت‌ها، نکات ویرایشی، فوت‌نوت و ...)؛
- کیفیت ترجمه (سلیس و روان بودن با رعایت امانت در انتقال محتوا)؛
- امتیاز نهایی پس از داوری ارزیابان فنی محتواها، عددی بین ۰ تا ۱۰۰ خواهد بود که در قالب جدول زیر انجام می‌شود:

ردیف	بازه امتیازات	سطح	وضعیت
۱	۷۶ الی ۱۰۰	A	تأیید برای انتشار
۲	۵۱ الی ۷۵	B	تأیید برای انتشار
۳	۲۱ الی ۵۰	C	رد و انتشار در صورت وجود ظرفیت
۴	۰ الی ۲۰	D	رد

لازم است جداول زیر برای مقالات ارسالی بخش رصد فناوری تکمیل شود.

نام و نام خانوادگی:

رشته تحصیلی: مدرک تحصیلی:

دانشگاه: شغل:

جایگاه سازمانی:

سابق‌های کوتاه (رزومه علمی و تخصصی):

محل درج تصویر

جدول ۱- مشخصات نویسنده

ارتباط موضوع با فعالیت‌های فعلی همراه اول

☐ کم ☐ متوسط ☐ زیاد ☐ کاملا منطبق

قابلیت فناوری در ایجاد تحول در کسب‌وکار

☐ کم ☐ متوسط ☐ زیاد ☐ متحول کننده

فاز توسعه فناوری

☐ حضور کامل در بازار ☐ آماده‌سازی بازار

☐ محصول مفهومی و اولیه ☐ تحقیقات کاربردی و پایه

اقدام پیشنهادی برای همراه اول

☐ اصلا ورود نکند

☐ به رصد تحولات مربوطه بپردازد

☐ جهت ورود، آمادگی کسب کند

☐ نیاز به اقدام فوری است

جدول ۲- مشخصات فناوری رصد شده

INDUSTRY4.0
ROBOTICS
3D

Industry 4.0
Industry 3.0
Industry 2.0

رویدادهای نوآوری همراه اول

چهارمین فراخوان پژوهانه

پاییز ۱۴۰۲

ارائه مسائل فناورانه بخش رادیویی نسل پنجم مخابراتی

پاییز ۱۴۰۲

مجموعه هکاتون‌های نسل پنجم

پاییز ۱۴۰۲

رویداد فراخوان ایده و محصول نسل پنجم

زمستان ۱۴۰۲

مجموعه هکاتون‌های اینترنت اشیا

زمستان ۱۴۰۲

توسعه فناوری های تجهیزات رادیویی نسل جدید (ترنج)

زمستان ۱۴۰۲

دومین جشنواره ایده تا محصول صنعت ارتباطات

بهار ۱۴۰۳

جهت کسب اطلاعات بیشتر به درگاه www.mcino.ir مراجعه نمایید.

انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴٫۰ با بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال و اتصال‌پذیری گسترده اشیاء و سیستم‌ها، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده به صورت بلادرنگ را ممکن ساخته و منجر به هوشمندسازی فرایندها و عملیات می‌شود. در نتیجه این رویکرد، صنایع حوزه‌های مختلف که از اتصال‌پذیری، بهینه‌سازی، شفافیت و انعطاف‌پذیری سود می‌برند، دچار تحولات عظیم شده و عوامل موثر بر کسب و کار آن‌ها نظیر کیفیت، ایمنی، زمان عرضه به بازار محصولات، تجربه شرکا و مشتریان بهبود می‌یابد. در این میان، به منظور پیاده‌سازی اهداف صنعت ۴٫۰، برای پشتیبانی از همگرایی سیستم‌های تجاری و عملیاتی، جمع‌آوری و پردازش داده‌های تولید شده و انعطاف‌پذیری عملیاتی، برقراری اتصال سلولی مناسب در سطح صنعتی در همه جا مورد نیاز است. پس اپراتورهای مخابراتی به عنوان بازیگران اصلی فراهم‌کننده پوشش‌دهی و اتصال‌پذیری نقشی حیاتی در پیشبرد اهداف صنعت ۴٫۰ ایفا می‌کنند. در عصر دیجیتال، اپراتورها علاوه بر پوشش‌دهی، با ارائه محصولات و خدمات دیجیتالی خود مانند پلتفرم‌های IoT، تحلیل داده و خدمات ابری و همچنین فعال‌سازی و تسهیل راه‌حل‌های دیجیتالی سایر بازیگران اکوسیستم، مانند ارائه‌دهندگان راهکارهای دیجیتالی و توسعه‌دهندگان نرم‌افزار، منجر به وقوع عناصر محرک صنعت ۴٫۰ می‌شوند. اپراتورها همچنین در مسیر توسعه راه‌کارهای دیجیتال با سایر ذی‌نفعان مانند سیاست‌گذاران، انجمن‌های صنعتی و مؤسسات تحقیقاتی برای تقویت نوآوری و توسعه فناوری‌های نوین نظیر 5G و IoT در صنعت ۴٫۰ همراه شده و فرصت‌های جدیدی برای ارائه خدمات نوین و ارزش افزوده به مشتریان و صنایع مختلف خلق می‌کنند.

مرکز تحقیق و توسعه همراه اول

نشانی: تهران، بلوار افریقا، خیابان یزدان پناه، نبش کوچه دبیر، پلاک ۳
کدپستی ۱۹۶۸۸۷۳۱۰۹ - مرکز تحقیق و توسعه همراه اول
تلفن: ۸۶۰۸۷۱۹۸ - ۰۲۱ و ۸۶۰۸۷۱۹۲ - ۰۲۱
تلفکس: ۸۸۶۶۴۴۳۸ - ۰۲۱