چهارمین کنفرانس ملی
نخستین کنفرانس بین المللی
الگوهای نوین
مدیریت و کسب وکار
4rd National Conference and First International conference on New Patterns of Business Management on the approach of increasing production support
BBMC 2020

بررسی مفاهیم و فناوری‌های تولید دیجیتال

محسن شهریاری(نویسنده مسئول)[۱]، نسترن حاجی صالحی[۲]

[۱] عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، shahriari@iut.ac.ir

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، n.hajisalehi@in.iut.ac.ir

چکیده

انقلاب دیجیتال در حال حاضر در حال تغییر مدل‌های سنتی تولید و تبدیل آن‌ها به تولید دیجیتال است. سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ به منظور آماده‌سازی خود برای پذیرش تحولات دیجیتال، باید استراتژی تجاری و فناوری اطلاعات خود را متحول کنند، همه سیستم‌ها و فعالیت‌های خود را به صورت یکپارچه به اینترنت و جریان دیجیتال متصل سازند و پذیرای آنالیز و تحلیل کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات باشند. در این دوره از دانش اقتصاد، تولید دیجیتال به‌عنوان یک فناوری ساخت جدید و نوعی جدید از تولید، به یک قدرت قوی تبدیل شده است که سبب تسریع و توسعه تولید در قرن ۲۱ خواهد شد. تولید دیجیتال در دهه گذشته برای کاهش زمان و هزینه تولید محصول و همچنین رفع نیاز به سفارشی سازی، افزایش کیفیت محصول و پاسخ سریعتر به بازار ارائه شده است. در این مقاله تولید دیجیتال و فن‌آوری‌های مربوط به آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی

تولید دیجیتال، تحول دیجیتال، نسل چهارم تکنولوژی، انقلاب صنعتی چهارم، فناوری اطلاعات.

---

۱. مقدمه

با اختراع ترانزیستور در سال ۱۹۷۰، امکان ساخت رایانه‌های دیجیتال پیشرفته‌تری به وجود آمد و اولین رایانه‌های شخصی در این سال پدیدار شدند. فناوری های دیجیتالی نحوه ارتباط و تعامل مردم با محیط اطراف خود را به شدت تغییر داده‌اند. نوآوری‌های فنی و ابزارهای شخصی مانند دستگاه‌های تلفن همراه، رایانه‌های شخصی، اتومبیل‌های خودران، هواپیماهای بدون سرنشین، تلوزیون‌های پیشرفته، تلفن‌ها و ساعت‌های هوشمند نحوه دستیابی و تبادل اطلاعات جوامع را تغییر می‌دهند. انقلاب دیجیتالی انقلاب تکنولوژیکی فعلی به کامپیوترها، اینترنت و موتورهای جستجو و پلتفرم های دیجیتالی بستگی دارد. به دلیل وجود تنش در سازگاری با فرآیندهای جدید، مانند جایگزینی چاپ سنتی با انتشار آنلاین، پیش از رشد و افزایش تولید، زمان زیادی باید صرف شود. انقلاب دیجیتال در حال حاضر در حال تغییر مدل‌های سنتی تولید و تبدیل آن‌ها به تولید دیجیتال است. قابلیت‌های بالای محاسباتی، همراه با پیشرفت و نوآوری‌های ایجاد شده در زمینه‌های دیگر مانند هوش مصنوعی، اتوماسیون و رباتیک و تعامل انسان و ماشین ماهیت تولید را تغییر می‌دهند. از همین رو، رهبران صنعت و خبرگان دانشگاهی،

به این باور مشترک رسیده‌اند که فناوری‌های تولید دیجیتال، تمامی حلقه‌های زنجیره ارزش تولید را از تحقیق و توسعه گرفته تا زنجیره تأمین و سایر عملیات مرتبط با شرکت‌ها و کارخانجات تولیدی مانند بازاریابی، فروش و .. را دگرگون می‌کند. اتصال دیجیتال بین طراحان، مدیران، کارگران، مصرف کنندگان و دارایی‌هایی فیزیکی صنایع ارزش زیادی را ایجاد کرده و چشم اندازهای تولید را برای همیشه تغییر خواهد داد[۱]. سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ به منظور آماده‌سازی خود برای پذیرش تحولات دیجیتال، باید استراتژی تجاری و فناوری اطلاعات خود را متحول کنند، همه سیستم‌ها و فعالیت‌های خود را به صورت یکپارچه به اینترنت و جریان دیجیتال متصل سازند و پذیرای آنالیز و تحلیل کارشناسان حوزه فناوری اطلاعات باشند. از سوی دیگر باید فناوری‌های خود را به‌روز و کارآمد نگه دارند و سرمایه‌گذاری کافی و استفاده از متخصصان را مدنظر قرار دهند. بهره‌وری اقتصادی بیش‌ازپیش، تجربیات بهتر در زمینه ارائه خدمات، استفاده بهینه از دارایی‌ها و چشم‌انداز شفاف از تجارت آینده، از جمله مزایای دیجیتالی شدن هستند. تولید به‌عنوان فرایند اصلی در سازمان‌های تولیدی، یکی از مهم‌ترین فرایندهایی است که دیجیتالی شدن آن گام بزرگی در دستیابی سازمان به اهداف تحول دیجیتال می‌باشد. در این دوره از دانش اقتصاد، تولید دیجیتال به‌عنوان یک فناوری ساخت جدید و نوعی جدید از تولید، به یک قدرت قوی تبدیل شده است که سبب تسریع و توسعه تولید در قرن ۲۱ خواهد شد. یکی از ویژگی های منحصر بفرد این نسل از تکنولوژی، این است که فناوری تولید دیجیتال به تدریج در چرخه عمر محصولات ادغام شده است و لذا سبب تغییر تولید سنتی برای محصولات به تولید دیجیتال شده است. تجهیزات دیجیتالی ساخته شده توسط سیستم‌های تولید دیجیتال دارای ظرفیت و قدرت پردازش اطلاعات گسترده-تر و منعطف‌ترهستند[۲]. علم ساخت و تولید دیجیتال علمی است که هدف اصلی آن تولید دیجیتال، مطالب اصلی تحقیقاتی مفاهیم اساسی و فن‌آوری محور است، روش تحقیق اصلی انفورماتیک و مهندسی سیستم بوده و هدف پژوهش بهره‌برداری بهینه از سیستم‌های دیجیتال است[۲]. در ادامه جزییات بیشتری از تولید دیجیتال و تاریخچه پیدایش آن ارائه می‌شود.

۱.۱. پیشینه پژوهش

تحولات و پیشرفت‌های اخیر در تولید دیجیتال را می‌توان در دو گروه عمده طبقه بندی کرد [۳]. تحولات گروه اول با در نظر گرفتن ساخت دیجیتال و گسترش مفاهیم آن در چارچوب گسترده‌تر، به عنوان مثال کارخانه یا شرکت دیجیتال، از رویکرد پایین به بالا پیروی کرده اند. پیشرفت‌های گروه دوم با در نظر گرفتن فناوری‌های پشتیبانی از ابعاد فردی تولید دیجیتال، به عنوان مثال همکاری الکترونیکی و شبیه سازی، از یک رویکرد بالا به پایین پیروی کرده است. از اواسط قرن بیستم، علوم و فنون، از جمله میکروالکترونیک، اتوماسیون، رایانه، ارتباطات از راه دور، شبکه و انفورماتیک، توسعه سریعی داشته و موجی جزر و مدی که هسته اصلی آن فناوری اطلاعات است، مطرح شده است. قرن بیست و یکم، که با "شبکه" و "اطلاعات" شناخته می‌شود، روش به دست آوردن، پردازش، تبادل و استفاده از اطلاعات و دانش توسط انسان را تغییر می‌دهد و بهبود بی سابقه ای در سبک زندگی مردم، الگوهای تولید و ساختار اجتماعی را به دنبال دارد [۲]. تولید دیجیتال یکی از مفاهیم کلیدی انقلاب صنعتی چهارم به شمار می‌رود و بیش از ۳۰ سال است که از فناوری های دیجیتال در ساخت و تولید استفاده می شود: در دهه ۱۹۹۰، استفاده از اطلاعات دیجیتال برای بهبود فرآیندهای تولید امکان پذیر شد. در دهه ۲۰۰۰ میلادی، استفاده از اطلاعات دیجیتال برای بهبود فرآیندهای تولید و زنجیره های تأمین توجه بسیاری از مطالعات و پژوهش ها را به خود جلب کرد. در دهه ۲۰۱۰ تاکنون، استفاده از اطلاعات دیجیتالی برای بهبود فرآیندهای تولید، زنجیره‌های تأمین، محصولات و خدمات پیشرفت و توسعه یافته است. در قرن بیست و یکم و دقیقا در زمانی که دارایی‌های انسان با سرعت بالایی در حال رشد است، اگر سازمانی بخواهد در بازار رقابت موفق باشد، استفاده از روش‌های سنتی و قدیمی قابل قبول نیست [۳]. در حال حاضر، تحقیقات نظری اساسی درباره تولید دیجیتال بر روی هندسه محاسباتی، استدلال هندسی، محاسبات تولید، ساخت انفورماتیک و ... تمرکز دارد [۲]. مراکز هندسی دانشگاه پلی تکنیک آمریکا و دانشگاه پلی تکنیک جنوبی در جورجیا، انستیتوی تحقیقات نیروی دریایی آمریکا، مرکز تحقیقات ناسا و دیگر موسسات تحقیقاتی مشهور بین‌المللی اهمیت زیادی را برای تحقیقات کاربرد مهندسی ساخت قائل شده اند [۴]. در استفاده از فناوری نمونه سازی دیجیتال در سال های اخیر پیشرفت های زیادی حاصل شده است. مونوستوری و همکاران مسائل عدم اطمینان و پیچیدگی را که در خط مقدم تولید دیجیتال در محیط شبکه هستند مطالعه کرده اند [۵]. دانشکده علوم و فناوری مکانیک در دانشگاه علم و صنعت Huazhong از پروژه‌های بزرگ صندوق ملی علوم طبیعی پشتیبانی کرده و تحقیقات عمیقی در رابطه با استدلال هندسی، مهندسی معکوس، ساخت رایانه و دیجیتال سازی

مدل محصول انجام می‌دهد و دستاوردهای قابل توجهی بدست آورده است [۶]. یک مسئله اصلی در تولید دیجیتال، ایجاد تجزیه و تحلیل محدودیت و حل مسئله محدودیت است که به این معنی است که چگونه بهینه سازی چند هدفه شاخص‌های توسعه محصول، مانند زمان و هزینه، در شرایط محدود بودن زمان یا دیگر پارامترها انجام می‌شود. تجزیه و تحلیل محدودیت شامل نوع قالب ها، اتصال قطعه کار، بررسی تداخل، برنامه ریزی اندازه گیری، برنامه ریزی مونتاژ، طراحی وسایل و برنامه ریزی ادراکات می‌باشد [۷]. دانشگاه صنعتی ووهان چین مطالعه ای عمیق درباره کنترل عددی هوشمند، به اشتراک گذاری منابع اطلاعاتی تولید دیجیتال مبتنی بر شبکه و امنیت اطلاعات و سیستم ERP با قابلیت تنظیم مجدد اطلاعات و موارد دیگر انجام داده است [۸،۹،۱۰،۱۱]. پیش فرض تحقق تولید دیجیتال، ایجاد مدل دیجیتال محصولات و ارائه تعریف دیجیتالی کل فرآیند چرخه عمر محصول به روشی است که کامپیوتر بتواند آن را درک کند. مدل های محصول که بیشتر از بقیه مورد استفاده و مطالعه قرار گرفته اند، مدل هندسی، مدل فیزیکی، مدل دانش محور و مدل نمونه سازی هستند. مدل هندسی و مدل دانش محور بیشتر مدل‌های توصیفی هستند که عمدتا برای طراحی و ساخت محصول استفاده می‌شوند. مدل فیزیکی و مدل نمونه سازی نمونه‌های شبیه سازی پویا هستند که برای تجزیه و تحلیل عملکرد محصول استفاده می شوند [۱۲،۱۳]. ابزارهای اصلی برای دستیابی به مدل‌های محصول دیجیتال شامل طراحی، مهندسی معکوس و ادغام طراحی و مهندسی معکوس است، اما این روش‌ها فقط می‌توانند اطلاعات هندسی محصول را دیجیتالی کنند. یکی از ویژگی های اصلی تولید دیجیتال این است که نه تنها باید با داده‌های مهندسی معمولی و اطلاعات گرافیکی سر و کار داشته باشد، بلکه مقدار زیادی از دانش تجربی و سایر اطلاعات غیر هندسی را نیز در خود جای دهد [۲]. تجهیزات ساخت دیجیتال (که به عنوان تجهیزات دیجیتال مشخص می‌شوند)، شامل ابزار کنترل عددی، ماشین‌های جوشکاری، ربات‌های صنعتی و دستگاه اندازه گیری مختصات (CMM) از واحدهای اجرایی ساده تولید با دستگاه‌های پردازش یکپارچه اطلاعات ادغام شده اند. در محیط شبکه، این دستگاه‌ها باید عملگرهای برنامه ریزی حرکت، مدل سازی عملکرد، تشخیص حالت، کنترل خودکار، خود نگهداری و سازماندهی مجدد داشته باشند تا خود را برای پاسخگویی به توسعه سریع محصول و پاسخ سریع به نیاز بازار و سازگار شدن با نوآوری محصول و فضای رقابت بازار تطبیق دهند. امروزه، تحقیق در مورد برنامه ریزی فرآیند تولید، هماهنگی و همکاری اعضا و تجهیزات تولیدی عمدتا در سطح سیستم متمرکز است، اما مسائل مربوط به چگونگی حل ناهماهنگی تجهیزات، تعامل پیچیده و همکاری بین انواع تجهیزات و جستجوی قابلیت‌های همکاری در منابع ناهمگن فاقد مطالعه عمیق قابل دسترسی است. هنگامی که نحوه انطباق تجهیزات تولید دیجیتال با محیط شبکه مطالعه می‌شود، ذهنیت غالب به حل ارتباطات شبکه، عملکرد از راه دور و تبادل داده محدود می‌شود، اما توجه کمی به مواردی مانند درک خودکار و انطباق تجهیزات اساسی تولید دیجیتال با محیط پیچیده تولید پویا می‌شود. این‌ها به عوامل اصلی محدود کننده عملکرد یکپارچه سیستم تبدیل شده اند که رفع آنها ضروری است. با توجه به موارد ذکر شده وضعیت تحقیق و تجزیه و تحلیل در رابطه با تولید دیجیتال، این مسئله به وضوح هنوز یک زمینه تحقیقاتی در حال ظهور است. تحقیقات نظری اساسی در مورد تولید دیجیتال خیلی منظم نیست و از یک سیستم نظری علمی دور است. تولید دیجیتال، به عنوان پایه انواع فناوری های پیشرفته تولید، لازم است که تحت مطالعه سیستماتیک قرار گیرد و سیستم نظری علمی ویژه خود را به منظور ارتقا و توسعه خود ایجاد کند و یک سیستم جدید - DM Science - به منظور پاسخگویی به نیازهای توسعه به وجود آورد. بنابراین، تولید دیجیتال در راستای پیروی از اصول انقلاب دیجیتال لازم و ضروری بوده و برای نیل به اهداف تحول دیجیتال یکی از مهم ترین اصولی است که باید رعایت شود.

۲. تولید دیجیتال

نیاز به کاهش زمان تولید همراه با تقاضای روزافزون برای محصولات موردنظر مشتریان، منجر به ایجاد نسل بعدی سیستم‌های فناوری اطلاعات (IT) در تولید شده است. سازمان‌های تولیدی در تلاش هستند تا به منظور یکپارچگی فرآیندها و برای ایجاد نمای واحد از شرکت بخش‌های مختلف خود را با سیستم‌های جدید ادغام کنند. تولید دیجیتال این امکان را برای کارخانجات فراهم می‌کند که زمان و هزینه تولید کاهش یافته و دانش حاصل از فرآیندها و بخش‌های مختلف تولید ادغام شود و همچنین امکان وجود محصولات متنوع در یک کارخانه را فراهم می‌سازد [۱۴]. در طی دهه‌های گذشته، استفاده گسترده از فناوری

اطلاعات در زمینه تولید سبب شده است که این فناوری‌ها به مرحله بلوغ برسند. از سال‌های اولیه معرفی کنترل عددی تا به‌وجود آمدن مراکز ماشین‌کاری، سلول‌های تولیدی و سیستم‌های انعطاف‌پذیر، کاهش هزینه و افزایش قدرت سیستم‌های موجود از مزایای اصلی فناوری اطلاعات بوده است. یک مثال خوب از معرفی فناوری اطلاعات در دنیای تولید، مفهوم ساخت یکپارچه با رایانه[1] است. این مفهوم در اواخر دهه ۱۹۸۰ ارائه شد که مزایایی چون ارتقای عملکرد، کارایی، انعطاف‌پذیری عملیاتی، کیفیت محصول، رفتار واکنش‌پذیر به تفاوت بازار و زمان عرضه به بازار بود [۱۴]. سیستم‌های کنترل موجودی و برنامه ریزی احتیاجات مواد[2] به‌ترتیب در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ معرفی شدند. چنین سیستم‌هایی با ادغام ابزارهایی که قادر به فراهم کردن قابلیت‌های برنامه‌ریزی ظرفیت، فروش، قابلیت‌های برنامه‌ریزی و ابزارهای پیش‌بینی بودند، بیشتر تقویت شدند و در نتیجه منجر به معرفی بسته MRP شد. با این حال، پیشرفت در تکنولوژی ریزپردازنده‌ها، ظهور عصر اینترنت، استانداردسازی رابط‌های نرم‌افزاری، پذیرش گسترده تکنیک‌های رسمی برای طراحی و توسعه نرم‌افزار و بلوغ محصولات نرم‌افزاری خاص (سیستم‌های مدیریت پایگاه‌داده رابطه‌ای و سیستم‌های طراحی به کمک کامپیوتر)، راه را برای تسهیل ادغام بین برنامه‌های کاربردی نرم‌افزارهای متنوع هموار کرد. تکامل سیستم‌های اطلاعاتی در طول دهه گذشته نقش حیاتی در اتخاذ فناوری‌های اطلاعاتی جدید در محیط سیستم‌های تولیدی ایفا کرده‌است [۱۴]. اصطلاح تولید دیجیتال برای یک سیستم تولیدی شناخته می‌شود که در آن سیستم همه چیز به‌صورت کامل یا نیمه کامل با کمک سنسورها، محرک ها، اینترنت، رایانه های با کارایی بالا و همچنین نرم افزارهای شبیه سازی کنترل می‌شود. چنین سیستم‌های تولیدی دارای قابلیت همکاری، مدل سازی غنی شده، خودمختاری سیستم، بینش در زمان واقعی، مدولار بودن و غیره هستند [۱۵]. یک فرآیند اساسی دیجیتالی سازی تبدیل قطعات پیچیده اطلاعات به شکل یا داده های قابل اندازه گیری و سپس مدل سازی این داده ها است، به طوری که در نهایت اطلاعات را به یک سری داده‌های باینری تبدیل می‌کند، که می‌تواند به عنوان ورودی به کامپیوترها برای پردازش استفاده شود. پیش از این، این پروسه بسیار طولانی و کار خسته کننده ای بود زیرا همه تکرارها به صورت دستی انجام می‌شد، اما با پیشرفت فن آوری‌های دیجیتال، انسان می‌تواند انواع داده‌های باینری از جمله اصوات، متن‌ها و منابع تصویری را رمزگذاری یا رمزگشایی کند. تولید دیجیتال به روش‌های زیر تقسیم می‌شود [۲]:

۱)تعریف همه اهداف و محدودیت های سیستم
۲)انتخاب بهترین فرآیند برای ساخت محصول با توجه به اهداف و محدودیت های ارائه شده در گام اول
۳)تعریف و اصلاح اصول و منابع موردنیاز برای ساخت و پیش بینی عملکرد
۴)تعریف، شبیه سازی و سپس بهینه سازی جریان تولید و تعریف و اصلاح طرح کارخانه تولید
۵)توسعه و اعتبارسنجی عملگرهای کنترل سیستم، اجرای برنامه ها، متعادل سازی خط تولید و محاسبه کارایی و هزینه آن
۶)ذخیره نتایج شبیه‌سازی برای تولید دستورالعمل های اجرایی
۷)جمع آوری، تحلیل و بهینه سازی داده‌های عملکرد واقعی از سیستم تولید و ثبت نتایج
۸)پشتیبانی عملیات میدانی با دستورالعمل های تعمیر و نگهداری و ثبت و حفظ داده های آن در سیستم

سیستم تولید دیجیتال مبتنی بر طراحی به کمک کامپیوتر، شبیه سازی و مدل اشتراک اطلاعات است. این سیستم از سیستم-های قدیمی مانند مدیریت چرخه عمر محصول[3]، برنامه ریزی منابع سازمانی[4]، سیستم‌های اجرایی تولید[5] و مدیریت زنجیره تأمین[6] استفاده می‌کند. تولید دیجیتال یک سیستم اساسی در طراحی، طراحی مجدد و تجزیه و تحلیل یک کارخانه در سیستم‌های تولید هوشمند است [۱۶]. با بهره برداری از تولید دیجیتال ، بنگاه های تولیدی انتظار دارند به موارد زیر دست یابند:

[1] Computer-integrated manufacturing
[2] Material requirements planning (MRP)
[3] Product lifecycle management (PLM)
[4] Enterprise resource planning (ERP)
[5] Manufacturing execution systems (MES)
[6] Supply chain management (SCM)

(الف) کوتاه شدن پروسه توسعه محصول؛
(ب) تأیید اعتبار اولیه فرآیندهای تولید ؛
(ج) افزایش سریع تر تولید ؛
(د) بازاریابی سریع و در زمان کوتاه ؛
ه) کاهش هزینه های تولید ؛
(و) بهبود کیفیت محصول؛
(ز) انتشار دانش تولید انبوه محصول ؛
(ح) کاهش خطاها ؛
(ط) افزایش انعطاف پذیری.

۲.۱.طراحی به کمک کامپیوتر[7]

CAD از جمله فن‌آوری‌هایی است که بهره‌وری را افزایش داده، زمان سریع‌تر برای بازاریابی محصول را ممکن می‌سازد و به طور چشمگیری زمان مورد نیاز برای توسعه محصول را کاهش می‌دهد. اگرچه استفاده از اولین برنامه‌های CAD به دلیل سیستم‌های ورودی مبتنی بر متن و تجهیزات محاسباتی بسیار کند ذاتا دشوار بود، اما جانشینان آن‌ها صرف‌نظر از اندازه شان، در شرکت‌های تولیدی امروزی بیش از حد ضروری شده‌اند. امروزه راه‌حل‌های مقرون‌به‌صرفه، با ارائه یک رابط کاربر گرافیکی فوتورئالیستی مدرن، در بازار موجود هستند. ویژگی‌های عملکردی چنین سیستم‌هایی شامل تحلیل آلمان محدود۸، تحلیل سینماتیک، تحلیل دینامیکی و شبیه‌سازی کامل ویژگی‌های هندسی از جمله بافت و خواص مکانیکی مواد می‌باشد. نمونه‌سازی سریع نمونه‌ای از چنین فناوری‌هایی به شمار می‌رود. فعالیت‌های برنامه‌ریزی فرآیند، فرآیندهای تولیدی لازم و توالی آن‌ها را به منظور تولید یک بخش مشخص تعیین می‌کند. در نتیجه تلاش‌های انجام شده و مطالعهات صورت گرفته در حوزه طراحی به کمک تکنولوژی‌های کامپیوتری، مهندسان این توانایی را دارند که هم قطعه و هم فرایند تولید را تجسم کنند، کیفیت محصول را تأیید کنند و سپس از نظر فیزیکی مراحل تولید را با حداقل احتمال خطا انجام دهند. از طرف دیگر، در مونتاژ خودرو، فناوری اطلاعات برای مجموعه ای از فرآیندها مانند کنترل سفارش تولید، نظارت بر تولید، برنامه ریزی توالی، مدیریت کیفیت، مدیریت نگهداری و کنترل مواد قابل استفاده است [۱۴].

۲.۲.کنترل تولید

تولیدکنندگان انتخاب کنترل کننده آینده خود را بر اساس عواملی مانند پایبندی به استانداردهای صنعت، امکان‌سنجی فنی، مقرون‌به‌صرفه بودن، سهولت یکپارچه‌سازی و نگهداری قرار می‌دهند. یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترل با CAD و CAM و سیستم‌های زمانبندی و همچنین کنترل بلادرنگ، براساس شبکه‌های توزیعی بین حسگرها و دستگاه‌های کنترل در حال حاضر موضوعات تحقیقاتی مهمی را تشکیل می‌دهند. پیشرفت‌های جدید در استفاده از تکنولوژی‌های بی‌سیم در کف کارگاه، مانند سامانه بازشناسی با امواج رادیویی (RFID)، به عنوان بخشی از سیستم‌های شناسایی خودکار، شامل بازیابی هویت اشیا و نظارت بر اقلام در حال حرکت از طریق زنجیره تامین تولیدی است که حصول اطلاعات دقیق و به موقع را ممکن می‌سازد. اخیرا، نصب تکنولوژی‌های بی‌سیم در کف کارگاه مانند RFID و سیستم جهانی برای ارتباطات تلفن همراه (GSM)، یک منطقه کاربردی فناوری اطلاعات جدید در کف کارگاه بوده‌است. با این حال، ادغام تکنولوژی‌های IT بی‌سیم اتوماتیک در کف کارگاه اغلب به دلیل الزامات صنعتی سختگیرانه، یعنی ایمنی در برابر تداخل، امنیت و میزان بالای در دسترس بودن، جلوگیری می‌شود.

از سوی دیگر، در مونتاژ اتوماتیک، IT برای مجموعه‌ای از فرآیندها مانند کنترل سفارش تولید، نظارت بر تولید، برنامه‌ریزی توالی، شناسایی وسیله نقلیه، مدیریت کیفیت، مدیریت نگهداری، و کنترل مواد قابل‌استفاده است [۱۴].

---

[7] Computer aided design (CAD)
[8] Finite element analysis (FEA)

۲.۳.شبیه سازی

شبیه سازی یارانه ای، به یکی از پر کاربرد ترین تکنیک‌ها در طراحی سیستم‌های تولیدی تبدیل شده است و تصمیم‌گیرندگان و مهندسان را قادر می‌سازد تا پیچیدگی‌های سیستم خود را بررسی کنند [۱۷]. مدل‌های شبیه‌سازی به مدل‌های ایستا، پویا، پیوسته، گسسته، قطعی و تصادفی طبقه‌بندی می‌شوند. از اواخر دهه ۱۹۸۰، بسته‌های نرم‌افزاری شبیه‌سازی قابلیت‌های بصری سازی، از جمله انیمیشن و ویژگی‌های تعامل گرافیکی کاربر را فراهم کرده‌اند. شبیه‌سازی کامپیوتری، مزیت بزرگ مطالعه و تجزیه و تحلیل آماری و سناریوهای چه - اگر، در نتیجه کاهش زمان کلی و هزینه مورد نیاز برای تصمیم‌گیری، براساس رفتار سیستم را ارائه می‌دهد. در حالی که نرم‌افزار ساخت دیجیتال کارخانه[9] به مهندسان تولید اجازه می‌دهد تا فرآیند تولید را از طریق یک کامپیوتر تصور کنند، که امکان مرور عملیات کارخانه برای یک کار تولیدی خاص را فراهم می‌کند، شبیه‌سازی رویداد گسسته به مهندسان کمک می‌کند تا به دقت بر روی هر عملیات منحصر به فرد تمرکز کنند. ممکن است شبیه سازی رویداد گسسته به تصمیم‌گیری در مراحل اولیه در ارزیابی و بهبود جنبه‌های مختلف فرآیند مونتاژ مانند موقعیت و اندازه انبارهای موجودی، ارزیابی تغییر در حجم یا ترکیب تولید محصول و تجزیه و تحلیل خروجی کمک کند [۱۸]. گسترش فناوری شبیه سازی (فناوری‌های واقعیت مجازی) مهندسان را قادر می‌سازد تا بر روی مدل‌های مجازی مطالعات خود را پیگیری کرده و با آن‌ها تعامل داشته باشند. فعالیت‌های پشتیبانی شده توسط واقعیت مجازی شامل چیدمان کارخانه، برنامه‌ریزی، آموزش عملیات، تست و کنترل فرآیند و اعتبار سنجی است [۱۴].

۲.۴.برنامه ریزی و بهینه سازی منابع سازمانی

سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی تلاش می‌کنند تا تمام داده‌ها و فرآیندهای یک سازمان را در یک سیستم یکپارچه ادغام کنند. یک سیستم ERP معمولی از چندین مولفه نرم‌افزار و سخت‌افزار کامپیوتری برای دستیابی به یکپارچه‌سازی استفاده خواهد کرد. یک جزء تشکیل‌دهنده کلیدی اکثر سیستم‌های ERP استفاده از یک پایگاه‌داده یکپارچه برای ذخیره داده‌ها برای ماژول های مختلف سیستم است. سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع تولیدی به غیر از ترکیب سیستم‌های حسابداری و مدیریت مالی، بیشتر گسترش یافته تا تمام برنامه‌ریزی منابع و فرآیندهای کسب‌وکار کل شرکت، شامل حوزه‌هایی مانند منابع انسانی، مدیریت پروژه، طراحی محصول، مواد و برنامه‌ریزی ظرفیت را شامل شوند. حذف اطلاعات نادرست، استانداردسازی رابط کاربری واحد کسب‌وکار، مواجهه با دسترسی جهانی و مسائل امنیتی و مدل‌سازی دقیق فرآیندهای کسب‌وکار، همگی به بخشی از لیست اهدافی تبدیل شده‌اند که باید توسط یک سیستم ERP برآورده شوند. هزینه‌های اجرایی بزرگ، ریسک‌های شکست بالا، تقاضای بسیار زیاد در مورد زمان و منابع شرکت و تنظیمات پیچیده فرآیند کسب‌وکار نگرانی‌های اصلی مربوط به پیاده‌سازی ERP هستند. با توجه به روند فعلی در دنیای تولید برای به حداکثر رساندن ارتباطات و هم‌کاری درون سازمان‌ها، عملکرد سیستم ERP نیز با راه‌حل‌های مدیریت زنجیره تامین توسعه داده شده‌است. سیستم‌های ERP اغلب قابلیت‌های بهینه‌سازی را برای صرفه‌جویی در هزینه و زمان از هر فرآیند تولید ترکیب می‌کنند. مثال‌های شاخص شامل مواردی از مسائل بهینه‌سازی ساده، برنامه‌ریزی کارگاه و برنامه‌ریزی تولید تا مسائل تصمیم‌گیری پیچیده امروزی است. مونوستوری و همکاران یک سیستم برنامه‌ریزی را پیشنهاد کرده‌اند که قادر به کنترل تولید در زمان واقعی است. این سیستم از طریق ادغام اطلاعات حاصل از زیرسیستم های نظارت بر فرآیند، کیفیت و تولید، بازخورد تولید روزانه را دریافت می‌کند. این سیستم قادر به نظارت بر انحرافات و مشکلات سیستم تولید و یافتن جایگزین‌های ممکن برای رسیدگی به اهداف سیستم است.

۳.نتیجه گیری

نیاز به کاهش زمان تولید همراه با تقاضای روزافزون برای محصولات موردنظر مشتریان، منجر به ایجاد نسل بعدی سیستم‌های فناوری اطلاعات (IT) در تولید شده است. سازمان‌های تولیدی در تلاش هستند تا بخش‌های مختلف خود را با سیستم‌های جدید به منظور یکپارچگی فرایندها و برای ایجاد نمای واحد از شرکت ادغام کنند. تولید دیجیتال، به طور کلی به عنوان دیجیتالی شدن فرآیند تولید، یکپارچه سازی و توسعه فناوری ساخت سیستم های رایانه ای، شبکه ها و جنبه های مدیریتی

[9] digital mock-up

شناخته می شود. تولید دیجیتال روشی یکپارچه برای تولید رایانه محور است که با افزایش کمیت و کیفیت سیستم‌های رایانه ای در کارخانه های تولیدی، به محبوبیت بیشتری دست یافته است. ترکیبی از فناوری‌های دیجیتال سازی و سیستم ساخت، تولیدکننده را قادر می سازد تا با جمع آوری اطلاعات، بازسازی اطلاعات و پیاده سازی شبیه سازی و نمونه سازی اولیه عملکرد و طراحی محصول، به سرعت به نیاز مشتری پاسخ دهد و در آخر نیز مأموریت ساخت محصول مورد نظر را انجام دهد.

منابع

[1] Hartmann, B., King, W. P., & Narayanan, S. (2015). Digital manufacturing: The revolution will be virtualized. McKinsey & Company.

[2] Zhou, Z., Xie, S. S., & Chen, D. (2011). Fundamentals of digital manufacturing science. Springer Science & Business Media.

[3] Chong, L., Ramakrishna, S., & Singh, S. (2018). A review of digital manufacturing-based hybrid additive manufacturing processes. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 95(5), 2281-2300.

[4] Freedman, S. (1999, December). An overview of fully integrated digital manufacturing technology. In Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation---a bridge to the future-Volume 1 (pp. 281-285).

[5] Monostori, L., Haidegger, G., Váncza, J., & Viharos, Z. J. (2002, September). Digital Enterprises: A national R&D project in Hungary. In Proc. of the 1st CIRP (UK) Seminar on Digital Enterprise Technology, DET02, September (pp. 16-17).

[6] Xiong Y et al (2002) Robot manipulator. Hubei Technology and Science Press, Wuhan

[7] Xiong, Y., & Yin, Z. (2002). Geometric reasoning and virtual prototyping for rapid product development. Zhongguo Jixie Gongcheng/China Mechanical Engineering, 13(4), 328-332.

[8] Zhou, Z., Long, Y., & Liu, Q. (2007). Embedded-based network numerical control technology and system. Jixie Gongcheng Xuebao(Chinese Journal of Mechanical Engineering), 43(5), 1-7.

[9] Yin, Y., Zhou, Z., Liu, Q., Li, F., & Long, Y. (2006). Resource node construction of an embedded NC system in a manufacturing grid. Mech Sci Technol, 25(8), 976-979.

[10] Tao F, Hu Y, Ding Y, Sheng B, Zhou Z (2005) Resource optimization selection evaluation model based on agents in manufacturing grid systems. China Mech Eng 16(24):2192–2197

[11] Tao, F., Hu, Y. F., Ding, Y. F., & Sheng, B. Y. (2006). Resources publication and discovery in manufacturing grid. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A, 7(10), 1676-1682.

[12] Szykman, S., Sriram, R. D., & Regli, W. C. (2001). The role of knowledge in next-generation product development systems. J. Comput. Inf. Sci. Eng., 1(1), 3-11 .

[13] Roy, U., & Bharadwaj, B. (2002). Design with part behaviors: behavior model, representation and applications. Computer-Aided Design, 34(9), 613-636.

[14] Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Papakostas, N., Mourtzis, D., Michalos, G., & Georgoulias, K. (2009). Digital manufacturing: history, perspectives, and outlook. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 223(5), 451-462 .

[15] Singh, S., Ramakrishna, S., & Singh, R. (2017). Material issues in additive manufacturing: A review. Journal of Manufacturing Processes, 25, 185-200 .

[16] Choi, S., Jun, C., Zhao, W. B., & Do Noh, S. (2015, September). Digital manufacturing in smart manufacturing systems: contribution, barriers, and future directions. In IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (pp. 21-29). Springer, Cham.

[17] Chong, L., Ramakrishna, S., & Singh, S. (2018). A review of digital manufacturing-based hybrid additive manufacturing processes. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 95(5), 2281-2300.

[18] Papakostas, N., Makris, S., Alexopoulos, K., Mavrikios, D., Stournaras, A., & Chryssolouris, G. (2006). Modern automotive assembly technologies: status and outlook. In Proceedings of the 1st CIRP International Seminar on Assembly Systems (pp. 39-44).