

## صنعت ۴/۰ و همزاد دیجیتال

تولید، همزاد خود را پیدا می‌کند

### مقدمه

راه برگشتی وجود ندارد. فرآیندهای تولیدی بیش از پیش دیجیتالی می‌شوند. همچنانکه پیداست، بسیاری از شرکت‌ها اغلب در تلاشند تا بفهمند برای آنکه بتوانند ارزش واقعی را هم به صورت عملیاتی و هم به صورت راهبردی به پیش ببرند و ارائه کنند، چه باید بکنند.

در حقیقت راهکارهای دیجیتالی، نویددهنده ارزش قابل توجهی برای سازمان هستند - ارزشی که پیش از پیدایش فناوری‌های متصل هوشمند قابل دستیابی نبود. به نظر می‌رسد مفهوم همزاد دیجیتال، یکی از شگفتی‌های خاص این روزها است: یک تصویر دیجیتالی تقریباً بی‌درنگ از یک شیء فیزیکی یا فرآیند که به بهینه‌سازی عملکرد کسب‌وکار کمک می‌کند.

تا همین اواخر، همزاد دیجیتالی - و مقادیر عظیم داده‌هایی که پردازش می‌کند - با توجه به محدودیت‌های قابلیت‌های فناوری دیجیتال و رایانش، ذخیره‌سازی، و نیز هزینه‌های پهنای باند برای شرکت‌ها اغلب دور از دسترس مانده بود. اما این موانع طی چند سال اخیر به میزان چشم‌گیری کاهش پیدا کرده‌اند.<sup>۱</sup> هزینه‌های بسیار کمتر، و قدرت و قابلیت‌های بهتر منجر به تغییرات شتابانی شده‌اند که می‌تواند رهبران را قادر سازد تا فناوری اطلاعات را با فناوری عملیات ترکیب کنند تا امکان خلق و استفاده از همزادهای دیجیتالی را فراهم سازند.<sup>۲</sup>

اما چرا همزاد دیجیتالی انقدر مهم است، و چرا سازمان‌ها باید آن را مدنظر قرار دهند؟ همزاد دیجیتالی می‌تواند به سازمان‌ها این امکان را دهد تا رد پای کامل دیجیتالی محصولاتشان را از مرحله طراحی و توسعه تا انتهای چرخه عمر محصول در اختیار داشته باشند. این امر به نوبه خود سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا نه فقط محصول را آن‌طور که طراحی شده است درک کنند، بلکه سیستمی را که محصول در آن ساخته شده است و چگونگی استفاده از محصول در محل استفاده را نیز بشناسند. با ایجاد همزاد دیجیتالی، شرکت‌ها در این عرصه‌ها ارزش قابل توجهی را کسب خواهند کرد: افزایش سرعت عرضه محصول جدید به بازار، بهبود عملیات، کاهش نواقص، و مدل‌های کسب‌وکار جدید که باعث افزایش درآمد می‌شود.

همزاد دیجیتالی شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا مسائل فیزیکی را از طریق تشخیص زودتر آنها سریع‌تر برطرف سازند، با دقت بیشتری خروجی را پیش‌بینی کنند، محصولات بهتری را طراحی کنند و بسازند، و در نهایت هرچه بهتر به مشتریان خود خدمت برسانند. با چنین طراحی معماری هوشمندانه‌ای، شرکت‌ها ارزش و مزایای را به دفعات و سریع‌تر از همیشه به دست خواهند آورد.

1. "The cheap, convenient cloud," *Economist*, April 18, 2015, <http://www.economist.com/news/business/21648685-cloud-computing-prices-keep-falling-whole-it-business-will-change-cheap-convenient>.

2. Adam Mussomeli, Doug Gish, and Stephen Laaper, *The rise of the digital supply network*, Deloitte University Press, December 1, 2016, <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/industry-4-0/digital-transformation-in-supplychain.html>.

ایجاد همزاد دیجیتالی برای شرکت‌ها به صورت ناگهانی کاری دشوار خواهد بود. کلید موفقیت در این است که کار را در یک منطقه آغاز کنید، ارزش را در آن منطقه ارائه کنید، و سپس توسعه را ادامه دهید. اما پیش از هر چیز، شرکت‌ها ابتدا باید تعریف و رویکرد توسعه همزاد دیجیتالی را بفهمند تا دچار مشکل نشوند. در صفحات بعد، به همزاد دیجیتالی می‌پردازیم و تعریف همزاد دیجیتالی، روش ایجاد آن، چگونگی ایجاد ارزش از طریق آن، کاربردهای آن در دنیای واقعی، و چگونگی آماده‌سازی شرکت برای فرآیند برنامه‌ریزی همزاد دیجیتالی را بررسی می‌کنیم.

## همزاد دیجیتالی: همزاد دیجیتالی چیست، و چرا مهم است

صنعت و دانشگاه، همزاد دیجیتالی را به چندین روش مختلف تعریف می‌کنند. اما شاید هیچکدام از آنها تأکید لازم را بر جنبه‌های فرآیندی همزاد دیجیتال بیان نمی‌کنند. برای مثال طبق گفته برخی افراد، همزاد دیجیتالی مدلی یکپارچه از محصول مطابق ساخت<sup>۳</sup> است که قصد دارد تا تمامی معایب تولید را منعکس کند و مستمراً به‌روز شود تا استهلاک و فرسودگی به هنگام استفاده را شامل شود.<sup>۴</sup> سایر تعاریفی که به‌طور گسترده مورد استفاده می‌گیرند، همزاد دیجیتالی را به صورت مدل دیجیتالی دارای حسگر از شیء فیزیکی توصیف می‌کنند که شیء را در موقعیتی زنده شبیه‌سازی می‌کند.<sup>۵</sup>

اساساً می‌توان همزاد دیجیتالی را به عنوان نمایه دیجیتالی روبه‌تکاملی از رفتار تاریخی و فعلی شیء فیزیکی یا فرآیند تعریف کرد که به بهینه‌سازی عملکرد سازمان کمک می‌کند. همزاد دیجیتالی بر پایه اندازه‌گیری‌های داده‌های انبوه، تجمعی، بی‌درنگ و دنیای واقعی در مجموعه‌ای از ابعاد، استوار شده است. این اندازه‌گیری‌ها می‌توانند نمایه‌ای در حال تکامل از شیء یا فرآیند در دنیای دیجیتالی ایجاد کنند که می‌تواند بینش‌های مهمی در مورد عملکرد سیستم به وجود آورد که به اقداماتی در دنیای فیزیکی – از قبیل تغییر در طراحی محصول یا فرآیند تولید – منجر می‌شود.

همزاد دیجیتالی با مفهوم طراحی به کمک رایانه (CAD) متفاوت است، همچنین صرفاً یک راهکار اینترنت اشیا همراه با حسگر نیست.<sup>۶</sup> بلکه می‌تواند چیزی بیشتر از این موارد باشد. طراحی به کمک رایانه کاملاً در محیط شبیه‌سازی شده با کامپیوتر خلاصه شده است که در مدل‌سازی محیط‌های پیچیده، موفقیت متوسطی داشته است؛<sup>۷</sup> و سیستم‌های ساده‌تر اینترنت اشیا، سنجش‌هایی از قبیل موقعیت و عیب‌یابی را برای یک جزء انجام می‌دهند، اما تعاملات بین اجزای مختلف و فرآیندهای چرخه کامل عمر را پوشش نمی‌دهند.<sup>۸</sup>

---

3. As-built

4. Jack Reid and Donna Rhodes, Digital system models: An investigation of the non-technical challenges and research needs, Conference on Systems Engineering Research, Systems Engineering Advancement Research Initiative, Massachusetts Institute of Technology, 2016.

5. Michael Grieves, Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication, 2014, p. 1, [http://innovate.fit.edu/plm/documents/doc\\_mgr/912/1411.0\\_Digital\\_Twin\\_White\\_Paper\\_Dr\\_Grieves.pdf](http://innovate.fit.edu/plm/documents/doc_mgr/912/1411.0_Digital_Twin_White_Paper_Dr_Grieves.pdf).

۶. برای مروری بر اینترنت اشیا و فناوری‌های آن، بنگرید به:

Jonathan Holdowsky et al., *Inside the Internet of Things (IoT): A primer on the technologies building the IoT*, Deloitte University Press, August 21, 2015,

<https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/internet-of-things/iot-primer-iot-technologies-applications.html>.

7. Timothy West and Art Pyster, "Untangling the digital thread: The challenge and promise of model-based engineering in defense acquisition," *Insight* 18, no. 2 (2015): pp. 45–55, DOI:10.1002/inst.12022.

8. Holdowsky et al., *Inside the Internet of Things (IoT)*.

در واقع قدرت واقعی همزاد دیجیتالی و دلیل اهمیت آن، این است که می‌تواند ارتباط جامع تقریباً بی‌درنگی بین دنیاهای فیزیکی و دیجیتالی ایجاد کند. احتمالاً به دلیل تعامل بین دنیاهای فیزیکی و دیجیتالی محصول یا فرآیند است که همزاد دیجیتالی وعده مدل‌های غنی‌تری را می‌دهد که سنج‌های کل‌نگر و واقع‌بینانه‌ای را از موارد غیر قابل پیش‌بینی به ارمغان می‌آورد. و به لطف قابلیت‌های رایانشی ارزان‌تر و قدرتمندتر، این سنج‌های تعاملی را می‌توان با معماری‌های پردازش عظیم مدرن امروزی و الگوریتم‌های پیشرفته برای بازخورد پیش‌بینی بی‌درنگ و تحلیل آفلاین، تحلیل کرد. این امر می‌تواند منجر به تغییرات اساسی در طراحی و فرآیند شود که از طریق روش‌های فعلی تقریباً غیرممکن است.

## مثال فرآیند تولید

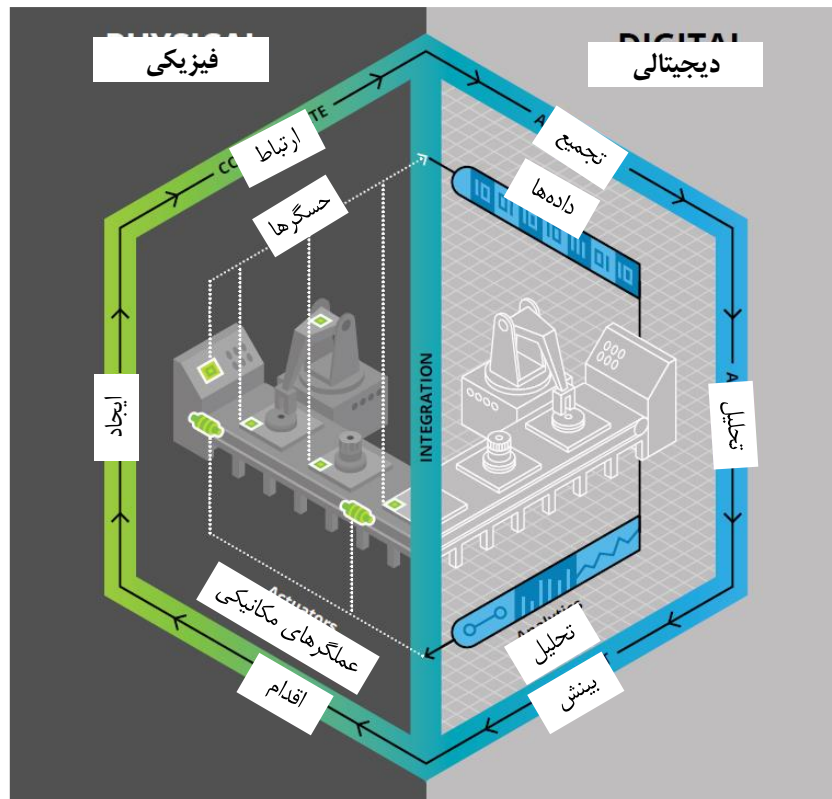
همزادهای دیجیتالی برای مدل‌سازی دارایی‌ها یا فرآیندهای پیچیده‌ای طراحی شده‌اند که به روش‌های مختلف با محیطشان تعامل می‌کنند، و پیش‌بینی خروجی‌های آنها در تمام چرخه عمر محصول کار مشکلی است.<sup>۹</sup> در واقع همزاد دیجیتالی ممکن است در زمینه‌های بسیار متنوعی ایجاد شوند تا به اهداف مختلفی خدمت کنند. برای مثال گاهی اوقات از همزاد دیجیتالی برای شبیه‌سازی دارایی‌های پیچیده و ویژه‌ای از قبیل موتورهای جت و کامیون‌های بزرگ معدن استفاده می‌شود تا استهلاک و انواع خاص فشار بر محصول را به هنگام کار، پایش و ارزیابی کند. این همزادهای دیجیتالی بینش‌های مهمی ایجاد می‌کنند که می‌توانند بر طراحی آتی دارایی تأثیر بگذارند. همزاد دیجیتالی یک نیروگاه بادی می‌تواند بینش‌هایی در مورد ناکارآمدی عملیاتی به دست دهد. مثال‌های فراوانی از همزاد دیجیتالی ویژه دارایی‌های در حال خدمت وجود دارد.<sup>۱۰</sup>

### شکل ۱: مدل همزاد دیجیتالی فرآیند تولید

---

9. Grieves, *Digital twin*.

۱۰. همان



همان قدر که همزاد دیجیتالی دارایی‌های در حال خدمت مفید است، همزاد دیجیتالی فرآیند تولید، کاربرد قدرتمند و متقاعدکننده ویژه‌ای را عرضه می‌کند. شکل ۱ مدلی از فرآیند تولید در دنیای فیزیکی را به اتفاق همراه همزاد آن در دنیای دیجیتالی نشان می‌دهد. همزاد دیجیتالی به مثابه نسخه مجازی المثنی و تقریباً بی‌درنگ از آنچه به‌واقع در کف کارخانه رخ می‌دهد، عمل می‌کند. هزاران حسگر که در سرتاسر فرآیند تولید فیزیکی قرار گرفته‌اند، مجتمعاً داده‌ها را از طیف گسترده‌ای از ابعاد مختلف جمع‌آوری می‌کنند؛ از ویژگی‌های رفتاری ماشین‌آلات تولید و محصولات نیم‌ساخته (ضخامت، کیفیت رنگ، سختی، گشتاور، سرعت‌ها، و ...) گرفته تا شرایط محیطی در خود کارخانه. این داده‌ها مستمراً توسط برنامه کاربردی همزاد دیجیتالی تبادل و جمع‌آوری می‌شوند.

برنامه کاربردی همزاد دیجیتالی، مستمراً جریان‌های داده‌های ورودی را تحلیل می‌کند. طی دوره‌ای از زمان، تحلیل ممکن است روندهای غیرقابل قبولی را در عملکرد واقعی فرآیند تولید و در یک بعد مشخص در مقایسه با گستره ایده‌آل عملکرد قابل قبول آشکار سازد. این بینش تطبیقی می‌تواند آغازگر تحقیق و تغییرات بالقوه در برخی جنبه‌های فرآیند تولید در دنیای فیزیکی باشد.

شکل ۱ سعی دارد این سفر تعاملی بین دنیاهای فیزیکی و دیجیتالی را توصیف کند. این سفر بر پتانسل عمیق همزاد دیجیتالی تأکید می‌کند؛ هزاران حسگر مستمراً اندازه‌گیری‌های بااهمیتی انجام می‌دهند که داده‌های آن به یک پلتفرم دیجیتالی جریان می‌یابد که به نوبه خود تحلیل تقریباً بی‌درنگ انجام می‌دهد تا فرآیند کسب‌وکار را به شیوه‌ای شفاف، بهینه سازد.

مدل شکل ۱ پنج مؤلفه توانمندساز را نشان می‌دهد: حسگرها و عملگرهای مکانیکی دنیای فیزیکی، یکپارچه‌سازی، داده‌ها و تحلیل داده‌ها، و نیز برنامه کاربردی همزاد دیجیتالی که به‌طور مستمر به‌روز می‌شود. این اجزای تشکیل‌دهنده با جزئیات بیشتری در ادامه تشریح شده‌اند:

**حسگرها:** حسگرهایی که در سرتاسر فرآیند تولید توزیع شده‌اند، سیگنال‌هایی ایجاد می‌کنند که همزاد را قادر می‌سازد تا داده‌های عملیاتی و محیطی مربوط به فرآیند فیزیکی در دنیای واقعی را ثبت کند.

**داده‌ها:** داده‌های محیطی و عملیاتی دنیای واقعی حاصل از حسگرها جمع می‌شوند و با داده‌های سازمانی از قبیل فهرست مواد اولیه (BOM)<sup>۱۱</sup>، سیستم‌های سازمانی و مشخصات طراحی، ترکیب می‌شوند. داده‌ها همچنین می‌توانند حاوی موارد دیگری از جمله نقشه‌های مهندسی، اتصال به خوراک<sup>۱۲</sup> داده‌های بیرونی و سوابق شکایات مشتریان نیز باشند.

**یکپارچگی:** حسگرها داده‌ها را از طریق فناوری یکپارچگی (که شامل edge، واسط‌های ارتباطی، و امنیت می‌شود) به دنیای دیجیتال، بین دنیای دیجیتال و دنیای فیزیکی و برعکس مخابره می‌کنند.

**تحلیل:** از روش‌های تحلیلی برای تحلیل داده‌ها از طریق روتین‌های مصورسازی و شبیه‌سازی‌های الگوریتمی استفاده می‌شود که همزاد دیجیتال برای تولید بینش از آنها بهره می‌گیرد.

**همزاد دیجیتال:** طرف دیجیتال شکل ۱، خود همزاد دیجیتال است - برنامه‌ای کاربردی که اجزای فوق را در یک مدل دیجیتال تقریباً بی‌درنگ از فرآیندها و دنیای فیزیکی ترکیب می‌کند. هدف همزاد دیجیتال شناسایی انحرافات غیرقابل قبول از شرایط بهینه در هر یک از ابعاد مختلف است. این انحرافات، مواردی برای بهینه‌سازی کسب‌وکار هستند: یا خطایی در منطق همزاد وجود دارد (امیدواریم که اینطور نباشد) و یا فرصتی برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، بهبود کیفیت یا دستیابی به کارایی بالاتر شناسایی شده است. فرصت حاصل ممکن است منجر به اقدامی در دنیای فیزیکی شود.

**عملگرهای مکانیکی:** اگر احتیاج باشد در دنیای واقعی اقدامی انجام شود، همزاد دیجیتال اقدام را به وسیله عملگرهای مکانیکی، وابسته به مداخله انسان، انجام می‌دهد که فرآیند فیزیکی را آغاز می‌کند.<sup>۱۳</sup>

مشخصاً دنیای فرآیند (شیء) فیزیکی و مشابه همزاد دیجیتال آن بسیار پیچیده‌تر از آن است که یک مدل یا چارچوب واحد بتواند آن را تشریح کند. و البته مدل شکل ۱ صرفاً یک پیکربندی همزاد دیجیتال است که بر بخش تولیدی چرخه عمر محصول تمرکز می‌کند.<sup>۱۴</sup> اما آنچه مدل ما سعی دارد نشان دهد، کیفیت یکپارچه، کل‌نگر و تکرار شونده جفت‌شدن دنیای فیزیکی و دیجیتال است. از طریق این منشور است که می‌توان فرآیندی واقعی را آغاز کرد که به ایجاد همزاد دیجیتال کمک می‌کند.

## همزاد دیجیتال و حلقه فیزیکی-دیجital-فیزیکی

پیکربندی همزاد دیجیتال شکل ۱، سفر از دنیای فیزیکی به دنیای دیجیتال و سپس بازگشت به دنیای فیزیکی را نشان می‌دهد. سفر فیزیکی-دیجital-فیزیکی یا حلقه، سنگ بنای رویکرد دلویت به صنعت ۴/۰ است. صنعت ۴/۰ که گاهی از آن با نام «انقلاب صنعتی چهارم» یاد می‌شود، به‌طور کلی یک محیط تولیدی دیجیتال را توصیف می‌کند که روش‌های تولید پیشرفته را با اینترنت

۱۱. فهرست مواد به تمام ورودی‌هایی که در تولید یک محصول استفاده می‌شوند - از قطعات مونتاژ تا اجزا و مواد خام - گفته می‌شود.

### 12. feed

۱۳. در عمل، تشخیص انسانی در تصمیم‌گیری برای اعمال تغییر در فرآیند فیزیکی نقش خواهد به‌ویژه در تغییرات فرآیندی پیچیده.

۱۴. نسخه کامل‌تری از پیکربندی همزاد دیجیتال در شکل ۱ می‌تواند به عنوان مثال شامل محصولات تکمیل‌شده و مورد استفاده باشد. اطلاعات بی‌درنگ درباره چگونگی عملکرد محصول در میدان می‌تواند برای فرایندهای تولید آینده مفید باشد. نسخه متفاوتی از پیکربندی همزاد دیجیتال در شکل ۱ می‌تواند فقط قسمتی از فرآیند تولید را شامل شود.

اشیا ترکیب می‌کند تا نه فقط یک شرکت تولیدی به هم پیوسته بسازد بلکه شرکتی را به وجود آورد که اطلاعات را مخابره، تحلیل و استفاده می‌کند تا باعث اقدامات هوشمندانه آتی در دنیای فیزیکی شود.

## ایجاد همزاد دیجیتالی

اما چگونه باید همزاد دیجیتالی ایجاد کرد؟ به طور کلی ایجاد همزاد دیجیتالی شامل دو موضوع می‌شود:

۱. طراحی نیازمندی‌های اطلاعاتی و فرآیندهای همزاد دیجیتالی در چرخه عمر محصول - از طراحی دارایی تا استفاده میدانی و نگهداری دارایی در دنیای واقعی.

۲. ایجاد فناوری توانمندساز برای یکپارچه‌سازی دارایی فیزیکی و همزاد دیجیتالی آن برای جریان بی‌درنگ داده‌های حسگر و اطلاعات تراکنشی و عملیاتی از سیستم‌های اصلی سازمانی، همانطور که در معماری مفهومی توصیف شد.

### طراحی نیازمندی‌های اطلاعاتی و فرآیندهای همزاد دیجیتالی

ایجاد همزاد دیجیتالی با طراحی فرآیند آغاز می‌شود. فرآیندها و نقاط یکپارچگی برای مدل‌سازی همزاد دیجیتالی کدامند؟ باید از روش‌های طراحی فرآیند استاندارد استفاده کرد تا نشان داد چگونه فرآیندهای کسب‌وکار، مجریان فرآیندها، برنامه‌های کاربردی کسب‌وکار، اطلاعات، و دارایی‌های فیزیکی با یکدیگر تعامل می‌کنند. دیگرام‌هایی ایجاد می‌شوند که جریان فرآیند را به برنامه‌های کاربردی، داده‌های مورد نیاز و انواع اطلاعات حسگر که برای ایجاد همزاد دیجیتالی مورد نیاز هستند، پیوند می‌دهند. طراحی فرآیند با ویژگی‌هایی که هزینه، زمان و کارایی دارایی را بهبود می‌بخشند، تکمیل می‌شوند. این موارد به طور کلی فرضیات مبنایی را شکل می‌دهند که بهبود به وسیله همزاد دیجیتالی باید از آن آغاز شود.

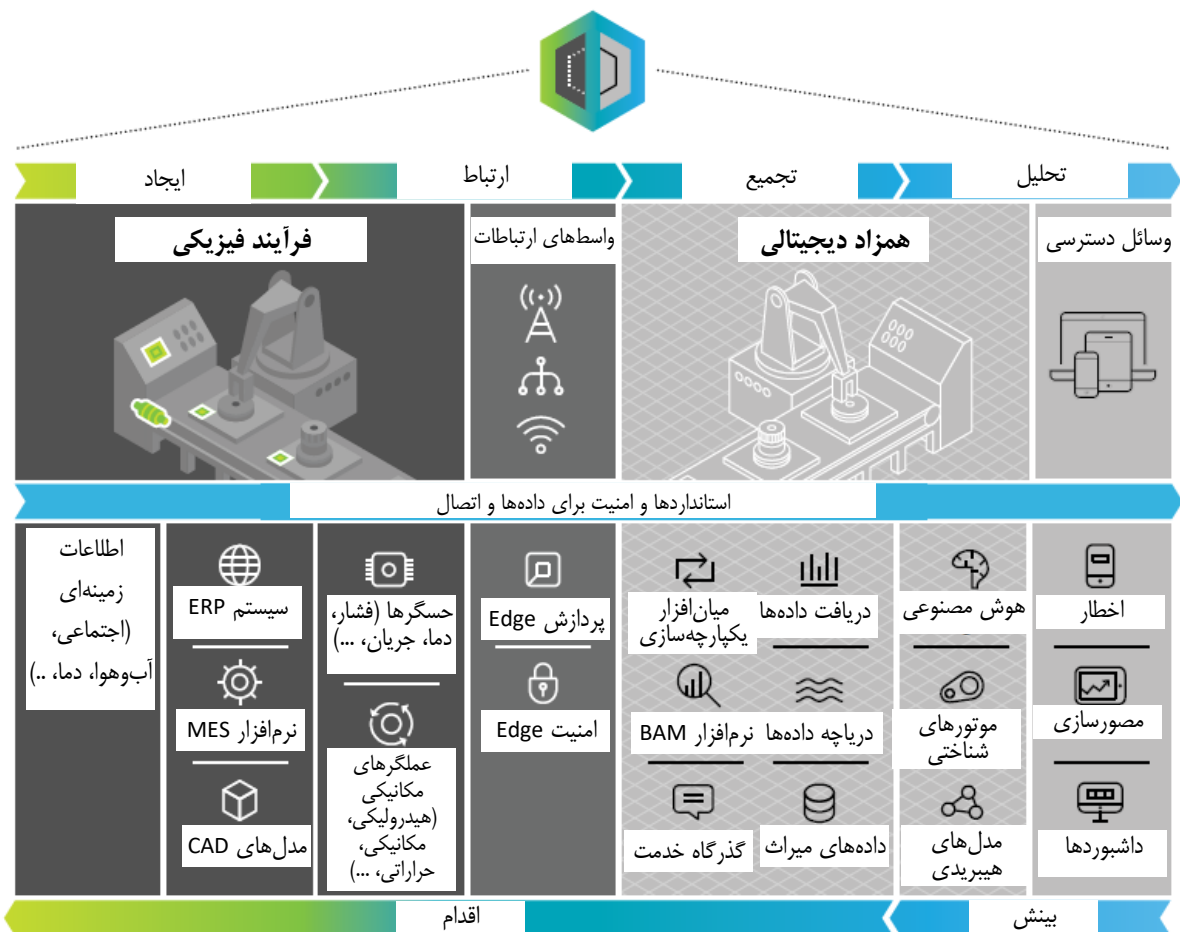
کلید ایجاد همزاد دیجیتالی در تمرکز بر انواع اطلاعاتی است که در سرتاسر چرخه عمر دارایی مورد نظر لازم است. اغلب مهم است که اطلاعات را به شکلی که قابلیت استفاده مجدد داشته باشد، ساختاردهی کنیم. برای رسیدن به این هدف، ایجاد یک مدل داده‌های استاندارد (ساده) مهم است. مدل داده‌های استاندارد، یک ساختار استاندارد سازمانی رایج است. این مدل برنامه‌های کاربردی و سیستم‌های مختلف را قادر می‌سازد تا به هم متصل شوند و اطلاعات سازمانی را با هم مبادله کنند. ساختار استاندارد می‌تواند به سیستم‌های مختلفی که با همزاد دیجیتالی یکپارچه می‌شوند اجازه دهد تا به یک روش ساده توافقی شده با هم ارتباط برقرار کنند. این کار به نوبه خود حجم اطلاعاتی را که باید خارج از سیستم‌های ثبت سوابق ذخیره شود کاهش می‌دهد، نیاز به مدیریت ساختارهای داده‌های عظیم را کاهش می‌دهد، و می‌تواند به شرکت این امکان را بدهد تا به روش‌های متعددی با انعطاف بیشتر از همزاد دیجیتالی استفاده کند تا همزاد دیجیتالی را در حین یکپارچگی با سازمان، مستمراً به‌روز کند.

### معماری مفهومی همزاد دیجیتالی

معماری مفهومی همزاد دیجیتالی (شکل ۲) را به درستی می‌توان دیدگاه جامعی به اجزای توانمندسازی که فرآیند تولید مدل همزاد دیجیتالی (شکل ۱) را تشکیل می‌دهند، در نظر گرفت، گرچه همین اصول اصلی ممکن است در هر پیکربندی همزاد دیجیتالی قابل اعمال باشد. معماری مفهومی را می‌توان در قالب شش گام به شرح زیر بهتر درک کرد:<sup>۱۵</sup>

15. Andy Daecher and Robert Schmid, "Internet of Things: From sensing to doing," Tech Trends 2016, Deloitte University Press, February 24, 2016, <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/tech-trends/2016/internetof-things-iot-applications-sensing-to-doing.html>.

شکل ۲: معماری مفهومی همزاد دیجیتالی



۱. **ایجاد:** گام ایجاد شامل تجهیز فرآیند فیزیکی به هزاران حسگری است که داده‌های ضروری را از فرآیند فیزیکی و محیط اطراف آن اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه‌گیری انجام‌شده توسط حسگرها را به‌طور کلی می‌توان به دو دسته تقسیم کرد: (۱) اندازه‌گیری عملیاتی مربوط به سنج‌های عملکرد فیزیکی دارایی تولیدی (شامل محصولات نیم‌ساخته مختلف) از قبیل استحکام کششی، جابجایی، گشتاور، و یکنواختی رنگ؛ (۲) داده‌های خارجی یا محیطی که بر عملکرد دارایی فیزیکی تأثیر می‌گذارند، از قبیل دمای محیط، فشار بارومتری، و میزان رطوبت. اندازه‌گیری را می‌توان به کمک رمزگذاری به پیام‌های دیجیتالی امن تبدیل کرد و سپس به همزاد دیجیتالی انتقال داد.

سیگنال‌های حسگرها را می‌توان از طریق اطلاعات مبتنی بر فرآیند حاصل از سیستم‌هایی از قبیل سیستم‌های اجرای تولید، سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی (ERP)، مدل‌های CAD و سیستم‌های زنجیره تأمین تقویت کرد. این کار گستره‌ای از داده‌های همواره در حال به‌روزرسانی را برای همزاد دیجیتالی فراهم می‌کند تا به عنوان ورودی برای تحلیل مورد استفاده واقع شوند.

۲. **ارتباط:** گام ارتباط به یکپارچگی / اتصال یکپارچه، بی‌درنگ و دوسویه بین فرآیند فیزیکی و پلتفرم دیجیتالی کمک می‌کند. ارتباط شبکه یکی از تغییرات بنیادینی است که همزاد دیجیتالی را ممکن ساخته است؛ ارتباط شبکه از سه مؤلفه اصلی تشکیل می‌شود:

**الف) پردازش لبه‌ای (Edge):** واسطه لبه‌ای حسگرها را به ثبت‌کنندگان تاریخچه فرآیند متصل می‌سازد، سیگنال‌ها و داده‌های حاصل از آنها را نزدیک منبع پردازش می‌کند، و داده‌ها را به سوی پلتفرم روانه می‌کند. این کار کمک می‌کند تا پروتکل‌های اختصاصی به فرمت‌های داده



ساده‌تری تبدیل شوند، و نیز ارتباطات شبکه را کاهش می‌دهد. پیشرفت‌های مهمی که در این عرصه انجام شده است، بسیاری از تنگناهایی را که امکان وجود همزاد دیجیتالی را در گذشته محدود کرده بود، کاهش داده است.

**ب) واسطه‌های ارتباطی:** واسطه‌های ارتباطی به انتقال اطلاعات از واحد حسگر به واحد یکپارچگی کمک می‌کنند. با توجه به اینکه حسگری که بینش تولید می‌کند بسته به پیچیدگی همزاد دیجیتالی مورد نظر در تئوری می‌تواند در هر مکانی قرار گیرد، گزینه‌های مختلفی در این عرصه مورد نیاز است: داخل کارخانه، در خانه، در عملیات معدنکاری، یا در پارکینگ و در بسیاری از موقعیت‌های دیگر.<sup>۱۶</sup>

**ج) امنیت لبه:** توانمندی‌های جدید ارتباطی و حسگری سبب ایجاد موضوعات امنیتی جدیدی شده‌اند که همچنان در حال گسترش است. رایج‌ترین رویکردهای امنیتی، استفاده از فایروال‌ها، کلیدهای برنامه کاربردی، رمزگذاری، و گواهی‌نامه‌های وسایل هستند. نیاز به راهکارهای جدید برای راه‌اندازی ایمن همزاد دیجیتالی احتمالاً ضروری‌تر خواهد شد زیرا تعداد بیشتری از دارایی IP می‌شوند.

**۳. تجمیع:** گام تجمیع می‌تواند از کار دریافت داده‌ها درون یک مخزن داده‌ها پشتیبانی کند و آنها را پردازش کند و برای تحلیل آماده سازد. پردازش و تجمیع داده‌ها ممکن است در محل و یا در فضای ابری انجام شود. حوزه‌های فناوری که پردازش و تجمیع داده‌ها را تقویت می‌کنند، طی چند سال گذشته تا رشد زیادی کرده‌اند به گونه‌ای که به طراحان این امکان را می‌دهد تا معماری‌های به‌شدت مقیاس‌پذیر را با چابکی بیشتر و با هزینه کمتری به تناسب گذشته ارائه دهند.<sup>۱۷</sup>

**۴. تحلیل:** در گام تحلیل، داده‌ها تحلیل و مصورسازی می‌شوند. تحلیل‌گران و متخصصان داده‌ها می‌توانند از فناوری‌ها و پلتفرم‌های تحلیل پیشرفته استفاده کنند تا مدل‌های تکرارپذیری را توسعه دهند که بینش و توصیه تولید می‌کنند و به تصمیم‌گیری کمک می‌کنند.<sup>۱۸</sup>

**۵. بینش:** در گام بینش، بینش‌های حاصل از تحلیل از طریق داشبوردها و با مصورسازی ارائه می‌شوند، تفاوت‌های غیرقابل قبول در عملکرد مدل همزاد دیجیتالی و دنیای فیزیکی را در یک یا دو بعد مشخص می‌کنند، و زمینه‌هایی را که بالقوه نیازمند رسیدگی و تغییر هستند نشان می‌دهند.

---

۱۶. مثال‌هایی از این پروتکل‌های ارتباطی شامل وای‌فای، کابل زمینی، و سیم‌کارت در مناطقی است که زیرساخت آماده مهیاست. پروتکل‌های جدید شامل ارتباطات برد نزدیک (NFC) برای مسافت‌های کوتاه و امن؛ NB-IoT یا LoRa برای انتقال اطلاعات راه دور؛ ZigBee، بلوتوث و BLE برای انتقال کم‌توان؛ و MQTT برای زمانی است که پهنای باند داده‌ها پایین است یا محدودیت‌های فیزیکی دیگری وجود دارد.

۱۷. برای اطلاعات بیشتر درباره چگونگی تکامل حوزه‌های فناوری‌ها مربوط به پردازش و تجمیع داده‌ها از نظر توانمندی، کارکرد، و کارایی اقتصادی بنگرید به:

Holdowsky et al., *Inside the Internet of Things (IoT)*.

۱۸. داده‌ها را می‌توان به صورت دسته‌ای یا به طور بی‌درنگ یا ترکیبی از این دو تحلیل کرد. تحلیل دسته‌ای روش کارایی برای پردازش حجم‌های عظیم داده‌هایی است که در طول یک دوره زمانی جمع شده‌اند. مثالی از تحلیل دسته‌ای برای همزاد دیجیتالی می‌تواند ارائه مصورسازی کمترین و بیشترین دما برای یک دارایی فیزیکی باشد که در طول یک روز جمع‌آوری شده است. برای مقایسه، تحلیل داده‌های بی‌درنگ مستلزم ایجاد بینش‌هایی درباره یک دارایی فیزیکی از طریق پردازش مستمر داده‌های ورودی مربوط به دارایی است. تحلیل داده‌های بی‌درنگ را می‌توان برای هشدار به مرکز فرماندهی مرکزی درباره آسیب فیزیکی به دارایی استفاده کرد. همچنین شایان ذکر است که روش‌های یادگیری ماشینی می‌توانند نقش مهمی در انجام گام تحلیل به عنوان روشی برای ارزیابی داده‌ها و تشخیص انحراف از عملیات طبیعی به طور خودکار توسط سیستم‌های پردازش ایفا کنند.

**۶. اقدام:** گام اقدام جایی است که بینش‌های قابل اقدام از گام‌های قبلی به درون دارایی فیزیکی و فرآیند دیجیتالی خورنده می‌شوند تا اثر همزاد دیجیتالی حاصل شود. بینش‌ها از مبدل‌هایی عبور می‌کنند و سپس به عملگرهای مکانیکی موجود در فرآیند دارایی خورنده می‌شوند؛ این عملگرها مسئول سازوکارهای حرکت یا کنترل هستند، یا در سیستم‌های عقبه‌ای<sup>۱۹</sup> که زنجیره‌های تأمین و رفتار سفارش‌دهی را کنترل می‌کنند به‌روز می‌شوند و همگی مستلزم مداخله انسانی هستند.<sup>۲۰</sup> این تعامل، اتصال حلقه بسته بین دنیای فیزیکی و همزاد دیجیتالی را تکمیل می‌کند.

برنامه کاربردی همزاد دیجیتالی معمولاً به زبان اصلی سیستم شرکت نوشته می‌شود که از گام‌های فوق برای مدل‌سازی فرآیندها و دارایی فیزیکی استفاده می‌کند. علاوه بر این، در سرتاسر فرآیند، استانداردها و اقدامات امنیتی با هدف مدیریت داده‌ها و اتصال با قابلیت همکاری اعمال می‌شوند.

قدرت رایانش موتورهای کلان‌داده‌ها، توانایی فناوری‌های تحلیل، امکان انبارش انعطاف‌پذیر و عظیم منطقه جمع، و تعامل با داده‌های استاندارد به همزاد دیجیتالی این امکان را می‌دهد تا محیطی غنی‌تر و کمتر ایزوله نسبت به گذشته را مدل کنند. این پیشرفت‌ها به نوبه خود منجر به مدلی پیچیده‌تر و واقع‌گرایانه‌تر می‌شود که پتانسیل کاهش هزینه نرم‌افزار و سخت‌افزار را دارد.

مهم است که دقت کنیم که معماری مفهومی فوق باید به منظور انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری از منظر تحلیل، پردازش، تعداد حسگرها و پیام‌ها و ... طراحی شود. این امر به معماری امکان می‌دهد تا به موازات تغییرات مستمر و گاهی اوقات نمایی بازار، به سرعت رشد کند.

## همزاد دیجیتالی و رشته دیجیتالی<sup>۲۱</sup>

هرجا سخن از همزاد دیجیتالی است، احتمالاً پای مفهوم کاملاً مرتبطی که با نام «رشته دیجیتالی» شناخته می‌شود، نیز به میان می‌آید. رشته دیجیتالی در بالاترین سطح خود یک رشته یکپارچه پیوسته از داده‌هاست که همه مراحل چرخه عمر محصول از طراحی تا ساخت و استفاده میدانی را متصل می‌سازد. رشته دیجیتالی در واقع کانالی را فراهم می‌کند که داده‌های محصول در آن سفر می‌کنند. این داده‌ها - انبارش داده‌ها، دسترسی سریع، مدل‌سازی و تحلیل آنها - چیزی است که توانایی مدل‌سازی تولید را ممکن می‌سازد و ارتباطات کارای زنجیره تأمین را به پیش می‌برد.

وقتی به همزاد دیجیتالی فکر می‌کنیم، ممکن است آن را پدیده‌ای «زنده» در نظر بگیریم - مدلی از فرآیند یا محصول غیرایستا که هدف آن بهینه‌سازی عملکرد کسب‌وکار است. رشته دیجیتالی در ابعاد بزرگ، همزاد دیجیتالی را قادر می‌سازد تا از طریق فراهم‌سازی انواع داده‌هایی که همزاد دیجیتالی برای انجام تحلیل به آن نیاز دارد، این هدف را محقق سازد. در این حالت، همزاد دیجیتالی «حیات» خود را تا حدی از اطلاعاتی که رشته دیجیتالی تأمین می‌کند، به دست می‌آورد. بینش‌های همزاد دیجیتالی به نوبه خود ممکن است منجر به تغییر در طراحی محصول یا فرآیند تولید شود تا رشته دیجیتالی را برای تکرارهای آتی موضوع مدنظر، تغییر دهد.<sup>۲۲</sup>

### 19. back-end

<sup>۲۰</sup>. باید دوباره یادآور شد که هر اقدامی برای تغییر فرآیند تولید بر اساس بینش‌های همزاد دیجیتالی باید همراه با تشخیص انسان باشد، به‌ویژه در جایی که تغییر پیشنهادی پیچیده است.

### 21 . digital thread

<sup>۲۲</sup>. مراجعه کنید به:

Mark Cotteleer, Stuart Trouton, and Ed Dobner, *3D opportunity and the digital thread: Additive manufacturing ties it all together*, Deloitte University Press, March 3, 2016, <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/focus/3dopportunity/3d-printing-digital-thread-in-manufacturing.html>.

## پیشبرد ارزش کسب و کار

نگرانی فوری هر شرکتی که سفر دیجیتالی شدن را آغاز می کند، توانایی آشکار برای نشان دادن مزایا و ارزش حاصل از سرمایه گذاری در ایجاد همزاد دیجیتالی است. چگونه این رویکرد جدید باعث ایجاد تغییر در روش عملکرد شرکت و روش کسب و کار آن می شود که منجر به ارزش قابل اندازه گیری در کسب و کار می شود؟ در گذشته ایجاد همزاد دیجیتالی هزینه بر بود و مزایای اندکی داشت. با پیدایش هزینه های فزاینده ذخیره سازی و رایانش، تعداد موارد استفاده و امکان استفاده از همزادهای دیجیتالی به میزان زیادی گسترش یافته است، و به نوبه خود باعث پیشبرد ارزش کسب و کار می شود.<sup>۲۳</sup>

وقتی ارزش کسب و کاری را که همزاد دیجیتالی عرضه می کند در نظر می گیریم، شرکت ها باید بر موضوعات مرتبط با عملکرد راهبردی و پویایی های بازار از جمله عملکرد بهتر و بلندمدت تر محصول، چرخه طراحی سریع تر، پتانسیل جریان های جدید درآمدی، و مدیریت بهتر هزینه ضمانت تمرکز کنند. این موضوعات راهبردی، و نیز موضوعات دیگر، قابل ترجمه به کاربردهای ویژه ای هستند که می توانند منجر به ایجاد ارزش کسب و کار توسط همزاد دیجیتالی زیادی شوند. جدول ۱ خلاصه ای از این ارزش ها را بر حسب دسته بندی های مختلف فهرست می کند.

جدول ۱: ارزش های کسب و کار همزاد دیجیتالی

ارزش کسب و کار ویژه بالقوه	طبقه ارزش کسب و کار
<ul style="list-style-type: none"> <li>• بهبود کیفیت کلی</li> <li>• پیش بینی و ردیابی زودتر نواقص روند کیفیت</li> <li>• کنترل خطاهای کیفی و توانایی تشخیص زمان شروع مشکلات کیفی</li> </ul>	کیفیت
<ul style="list-style-type: none"> <li>• درک پیکربندی فعلی تجهیزات در حال استفاده به منظور ارائه خدمت مؤثرتر</li> <li>• تعیین کنشگرانه و دقیق تر موضوعات شکایت و گارانتی به منظور کاهش هزینه کلی گارانتی و بهبود تجربه مشتری</li> </ul>	خدمات و هزینه گارانتی
<ul style="list-style-type: none"> <li>• بهبود طراحی محصول و اجرای تغییر مهندسی</li> <li>• بهبود عملکرد تجهیزات تولید</li> <li>• کاهش تغییرپذیری فرآیند و عملیات</li> </ul>	هزینه عملیات
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ایجاد سابقه دیجیتالی از مواد خام و قطعات سریالی برای مدیریت بهتر فراخوان ها و شکایات گارانتی و پایبندی به نیازمندی های ردیابی الزامی</li> </ul>	ترتیب و نگهداری سابقه
<ul style="list-style-type: none"> <li>• کاهش زمان عرضه به بازار محصول جدید</li> <li>• کاهش هزینه کلی تولید محصول جدید</li> <li>• تشخیص بهتر مؤلفه های زمان فرآوری طولانی و اثر آن بر زنجیره تأمین</li> </ul>	زمان فرآوری و هزینه معرفی محصول جدید
<ul style="list-style-type: none"> <li>• شناسایی محصولات در حال استفاده ای که آماده به روزرسانی هستند</li> <li>• بهبود کارایی و هزینه خدمات محصول</li> </ul>	فرصت های رشد درآمد

به غیر از ارزش های کسب و کاری که در جدول به آنها پرداخته شد، همزاد دیجیتالی می تواند به بسیاری از دیگر عملکردهای کلیدی و سنجه های کارایی برای یک شرکت تولیدی، بپردازد. به طور کلی همزاد دیجیتالی کاربردهای متعددی را عرضه می کند تا به

23. "The cheap, convenient cloud," *Economist*, April 18, 2015, <http://www.economist.com/news/business/21648685-cloud-computing-prices-keep-falling-whole-it-business-will-change-cheap-convenient>.

پیشبرد ارزش و تغییر بنیادین روش کسب و کار شرکت پردازد. این ارزش ممکن است در قالب نتایج ملموس اندازه‌گیری شود که به شاخص‌های کلیدی هر کسب و کار برمی‌گردد.

### مورد استفاده: توسعه همزاد دیجیتال با چرخه عمر کامل

تا اینجا بیشتر بحث‌ها بر مدل همزاد دیجیتال برای بخش فرآیند تولید از چرخه عمر محصول متمرکز بوده است. فرآیند تولید فقط یک پیکربندی همزاد دیجیتال را نشان می‌دهد. در واقع چشم‌انداز موفق دیگری از موارد استفاده گسترده همزاد دیجیتال، کاربرد مبتنی بر محصول در چرخه عمر کامل محصول است: از توسعه ایده تا استفاده. یکی از این نمونه‌ها، یک تولیدکننده صنعتی است که با مسائل کیفیتی متعددی روبه‌رو است که منجر به تعمیر و نگهداری پرهزینه و بالا بودن مسئولیت‌گارانته شده است. این تولیدکننده تلاش می‌کرد تا منبع مشکلات را که بر اعتماد مشتری و تصویر برند اثر مخرب می‌گذاشتند، شناسایی کند. وقتی تولیدکننده تلاش کرد تا مشکلات شناسایی شده را رفع کرد، این موضوعات باعث ایجاد فشار اضافی بر زنجیره تأمین تولیدکننده و هزینه بیشتر شد.

در تلاش برای رسیدگی به این مشکلات، سازمان‌های شبکه تأمین و مهندسی، رویکرد همزاد دیجیتال را انتخاب کردند که به دنبال رفع مشکلات کیفی و بهبود خدمات پس از فروش پایدار در ارتباط با گارانتی نگهداری بود. آنها در ابتدا تصمیم گرفتند تا فهرست مواد «مطابق طراحی»<sup>۲۴</sup> را با تمام اطلاعات مشابه در واحد تولید که از آن با نام فهرست مواد «مطابق ساخت» یاد می‌شود، ترکیب کنند. فهرست مواد مطابق طراحی شامل توسعه و عناصر آزمون شده است، درحالی‌که فهرست مواد مطابق ساخت شامل عناصری است که توسط تجهیزاتی که برای تولید محصول به کار گرفته شده‌اند - شامل جزئیات قطعات خریداری شده و جزئیات مونتاژ - جمع شده‌اند. این نتایج به مهندسان اجازه داد تا تحلیل انجام دهند و درباره تغییرات تولید موثر بر کیفیت، بیش از ایجاد کنند. در نتیجه تیم توانست تا بیش‌های پیش‌بینی نشده‌ای برای بهبود فرآیند مونتاژ ایجاد کند که دوباره کاری را ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش داد.

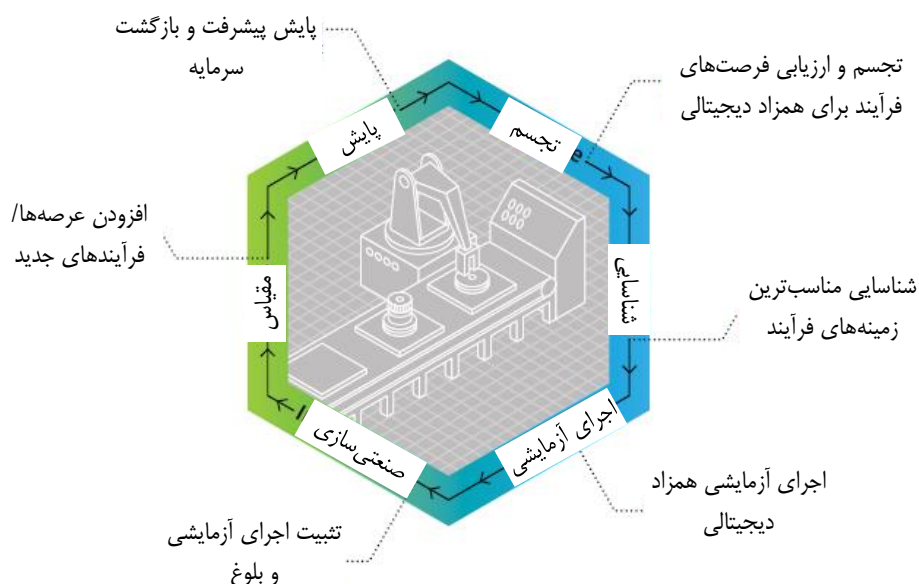
با اطلاعات حاصل از این تلاش همزاد دیجیتال، واحد خدمات پس از فروش در نظر دارد تا هرچه زودتر این مورد استفاده را گسترش دهد تا فرآیند همزاد دیجیتال را برای استفاده مؤثرتر از اطلاعات حاصل از محصولات در حال استفاده - فهرست مواد «مطابق نگهداری»<sup>۲۵</sup> - به کار بندد تا هرچه بهتر درک کند که چگونه تغییرات فرآیندی بر تغییر عملکرد و بهبودهایی که باید مدنظر قرار گیرند، تأثیر می‌گذارد. اطلاعات کامل حاصل از فهرست مواد مطابق طراحی، فهرست مواد مطابق ساخت، و فهرست مواد مطابق نگهداری، یک سفر دیجیتال «گهواره تا گور» ایجاد می‌کند که عرصه جدیدی از فرصت کسب و کار، شامل دسترس‌پذیری دارایی‌ها، بهینه‌سازی موجودی قطعات یدکی، نگهداری پیش‌بینانه و خدمات ایجاد می‌کند.

24. as-designed  
25. as-maintained

## چگونه آغاز کنیم

با توجه به کاربردهای گسترده همزاد دیجیتالی، چگونه باید کار را آغاز کرد؟ یکی از چالش‌های اساسی در پیاده‌سازی فرآیند همزاد دیجیتالی، تعیین سطح بهینه جزئیات در ایجاد مدل همزاد دیجیتالی است. درحالی‌که یک مدل بسیار ساده نمی‌تواند منجر به ایجاد ارزش از همزاد دیجیتالی شود، اتخاذ رویکرد زیاده از حد سریع و گسترده نیز می‌تواند منجر به گم شدن در پیچیدگی میلیون‌ها حسگر، صدها میلیون سیگنال تولیدشده توسط حسگرها و مقادیر عظیم فناوری هنگام فهم معنای مدل شود. بنابراین رویکردی که بیش از حد ساده یا بیش از حد پیچیده است می‌تواند شتاب حرکت رو به جلو را از بین ببرد. شکل ۳ یکی از رویکردهای ممکن را، که جایی بین این دو حد غایی قرار می‌گیرد، نشان می‌دهد.

### شکل ۳: نگاهی اجمالی بر آغاز حرکت همزاد دیجیتالی



**تجسم فرصت‌ها.** اولین گام تجسم و فهرست کردن مجموعه‌ای از سناریوهایی است که می‌توان از داشتن همزاد دیجیتالی منتفع شد. سناریوی مناسب ممکن است برای هر سازمان و محیطی متفاوت باشد، اما احتمالاً این دو ویژگی را خواهد داشت:

۱. محصول یا فرآیند تولید مدنظر به اندازه کافی برای شرکت ارزشمند است تا در ایجاد همزاد دیجیتالی سرمایه‌گذاری کند.
  ۲. مسائل مبهم و مهمی در ارتباط با محصول یا فرآیند وجود دارند که بالقوه می‌توانند برای مشتریان یا شرکت ارزش ایجاد کنند.
- بعد از ایجاد فهرست سناریوها، هر سناریو ارزیابی خواهد شد تا بخش‌هایی از فرآیند که می‌توانند با استفاده از همزاد دیجیتالی به سرعت نتیجه بگیرند، شناسایی شوند. توصیه می‌کنیم تا جلسه ایده‌پردازی به طور متمرکز با حضور اعضای از بخش‌های عملیات، کسب‌وکار و فنی به منظور تسریع ارزیابی برگزار شود.

**تعیین فرآیند.** گام بعدی تعیین پیکربندی همزاد دیجیتالی آزمایشی است که بیشترین ارزش ممکن و بیشترین شانس موفقیت را دارد. برای تعیین اینکه کدام پیکربندی بهترین نامزد برای اجرای آزمایشی است، عوامل مدیریت تغییر سازمانی، کسب‌وکاری و عملیاتی را مدنظر قرار دهید. بر زمینه‌هایی تمرکز کنید که پتانسیل افزایش مقیاس حول تجهیزات، مکان‌ها یا فناوری‌ها را دارند. شرکت‌ها ممکن است به هنگام عمیق شدن در یک همزاد دیجیتالی ویژه یکی از تجهیزات مهم یا فرآیند تولید با چالش روبرو

شوند، درحالی که توانایی پیاده‌سازی گسترده در سرتاسر سازمان معمولاً بیشترین ارزش و پشتیبانی را حاصل می‌کند: به جای عمیق شدن، بر گسترده شدن تمرکز کنید.

**اجرای آزمایشی داشته باشید.** حرکت سریع به یک برنامه آزمایشی را با استفاده از چرخه‌های تکرارپذیر و چابک به منظور تسریع یادگیری، مدیریت کنشگرانه ریسک و بیشنیه‌سازی بازگشت سرمایه در نظر بگیرید. اجرای آزمایشی می‌تواند زیرمجموعه‌ای از بخش‌های کسب‌وکار یا محصولات برای محدود کردن دامنه، اما با توانایی نشان دادن ارزش برای شرکت باشد. وقتی اجرای آزمایشی را انجام می‌دهید، تیم پیاده‌سازی باید از انطباق‌پذیری و طرزفکر باز در هر زمانی از سفر حمایت کند، زیست‌بومی باز بسازد که اجازه انطباق‌پذیری و یکپارچگی با داده‌های جدید (ساختاریافته و غیرساختاریافته) را می‌دهد و از فناوری‌ها یا شرکای جدید استفاده می‌کند. اگرچه ممکن است بخواهید چشم خود را بر هر نوع منبع داده‌ای (برای مثال حسگرهای جدید و منابع داده‌های بیرونی) ببندید، اما راهکاری نیاز دارید که بتواند از گسترش انتها-به-انتهای راهکار (از توسعه اولیه تا پس از فروش) پشتیبانی کند. به محض اینکه ارزش اولیه ایجاد شد، از این نیروی اولیه برای ادامه حرکت به سوی کسب نتایج بیشتر استفاده کنید. ارزش کسب‌شده را به اطلاع سازمان برسانید.

**فرآیند را صنعتی کنید.** وقتی موفقیت در میدان عمل حاصل شد، می‌توانید توسعه همزاد دیجیتالی و فرآیند پیاده‌سازی را با استفاده از ابزارها، روش‌ها و راهنماهای موجود، صنعتی کنید. انتظاراتی را که از تیم اجرای آزمایشی می‌رود و سایر پروژه‌هایی را که به دنبال پذیرش هستند، مدیریت کنید. در مورد فرآیند همزاد دیجیتالی بینش ایجاد کنید و آن را به سازمان عرضه کنید. این کار ممکن است مستلزم حرکت از پیاده‌سازی جزیره‌ای به سوی یکپارچگی در شرکت، پیاده‌سازی دریاچه داده‌ها، ارتقای عملکرد و خروجی، و پیاده‌سازی تغییرات سازمانی به منظور پشتیبانی از همزاد دیجیتالی باشد.

**همزاد دیجیتالی را مقیاس ببخشید.** وقتی کار موفقیت‌آمیز بود، مهم است تا فرصت‌های افزایش مقیاس همزاد دیجیتالی را شناسایی کنید. فرآیندهای مجاور و فرآیندهایی را که با اجرای آزمایشی مرتبطند، هدفگذاری کنید. از درس‌های آموخته از اجرای آزمایشی و ابزارها، روش‌ها و راهنماهایی که در طول اجرای آزمایشی ایجاد شده‌اند، برای افزایش مقیاس سریع استفاده کنید. وقتی افزایش مقیاس می‌دهید، ارزش ایجادشده در پذیرش همزاد دیجیتالی را به اطلاع سازمان و سهامداران برسانید.

**پایش و اندازه‌گیری کنید.** راهکارها باید پایش شوند تا ارزش حاصل از همزاد دیجیتالی به طور واقعی اندازه‌گیری شود. تعیین کنید که در کجا مزایای ملموسی در چرخه عمر، خروجی، کیفیت، استفاده، حوادث، و هزینه سرانه وجود داشته است. مستمراً در فرآیندهای همزاد دیجیتالی تغییر ایجاد کنید و نتایج را مشاهده کنید تا بهترین پیکربندی ممکن را شناسایی کنید.

از همه مهم‌تر اینکه این پروژه‌ای نیست که وقتی مزیتی کسب، پیاده و اندازه‌گیری شد، پایان یابد. شرکت‌ها برای اینکه همواره در بازار متمایز باشند باید برای حرکت مجدد در چرخه در عرصه‌های جدید کسب‌وکار در طول زمان برنامه‌ریزی کنند.

روی هم‌رفته، موفقیت واقعی در دستیابی به نقاط عطف سفر همزاد دیجیتالی، احتمالاً متکی بر توانایی رشد و نگهداشت طرح همزاد دیجیتالی به شیوه‌ای است که می‌تواند نشان‌دهنده ارزش روزافزون برای شرکت در طول زمان باشد. برای حصول اطمینان از این خروجی، ممکن است نیاز باشد فناوری‌های دیجیتالی و همزاد دیجیتالی را درون ساختار سازمانی - از تحقیق و توسعه تا فروش - یکپارچه کنید و مستمراً از بینش‌های همزاد دیجیتالی برای تغییر روش هدایت کسب‌وکار، تصمیم‌گیری و ایجاد جریان‌های جدید درآمدی استفاده کنید.

## نتیجه‌گیری

همزاد دیجیتال می‌تواند ارزش ملموسی برای شرکت‌ها ایجاد کند، جریان‌های جدید درآمدی به وجود آورد، و به شرکت‌ها کمک کند تا سوالات راهبردی حیاتی را پاسخ دهند. شرکت‌ها با توانمندی‌های فناورانه جدید، انعطاف، چابکی و هزینه کمتر قادر خواهند بود تا سفرهایشان را برای ایجاد همزاد دیجیتال با سرمایه‌گذاری کمتر و زمان کوتاه‌تر از همیشه برای کسب ارزش از آنها آغاز کنند. همزاد دیجیتال کاربردهای متعددی در سرتاسر چرخه عمر محصول دارد و می‌تواند بی‌درنگ به سوالاتی پاسخ دهد که قبلاً پاسخی برای آنها وجود نداشت، و انواعی از ارزش‌ها را به وجود آورده است که چند سال پیش غیرقابل تصور بود. شاید سؤال این نیست که آیا باید کار همزاد دیجیتال را آغاز کرد، بلکه سؤال این است که باید کار را از کجا آغاز کرد تا بتوان بیشترین ارزش را در کوتاه‌ترین زمان به دست آورد، و اینکه چگونه می‌توان در رقابت پیشرو بود. اولین قدم چه خواهد بود و چگونه کار را آغاز خواهید کرد؟ رسیدن به هدف کار طاقت‌فرسایی است اما سفر با اولین قدم آغاز می‌شود.