

دیجیتال توین در انقلاب هوشمند در مدیریت منابع سازمانی

سید حمیدرضا فاطمی^{۱*} و محمد مرتضائی^۲

۱- کارشناس ERP، شرکت کویر تایر

۲- کارشناس سخت افزار، شرکت کویر تایر

fatemi.seyedhamid@gmail.com

چکیده: در عصر تحول دیجیتال، سازمان‌ها به دنبال راه کارهایی هستند که نه تنها فرایندهای عملیاتی را بهینه کنند، بلکه امکان پیش‌بینی، شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری هوشمندانه را نیز فراهم آورند. یکی از نوآوری‌های کلیدی در این مسیر، فناوری دیجیتال توین (Digital Twin) است که با ادغام در سیستم‌های ERP، چشم‌اندازی جدید از مدیریت منابع سازمانی ارائه می‌دهد. دیجیتال توین‌ها به‌عنوان یکی از نوآوری‌های تحول‌آفرین در عصر دیجیتال، نمایشی مجازی و پویا از دارایی‌ها، فرایندها، سیستم‌ها یا محیط‌های فیزیکی هستند که به‌طور دقیق رفتار و ظاهر نسخه واقعی خود را بازتاب می‌دهند. این فناوری با ترکیب مدل‌های مفهومی مانند CAD، BIM یا GIS و داده‌های اینترنت اشیا (IoT)، امکان شبیه‌سازی، تحلیل و تصمیم‌گیری هوشمندانه را فراهم می‌سازد. دیجیتال توین یک مدل سه‌بعدی تعاملی است که با استفاده از داده‌های واقعی با کمک ERP و فناوری گرافیک بلادرنگ (مانند Unity)، رفتار، نیروها و تعاملات یک دارایی فیزیکی را بازسازی می‌کند. کاربران می‌توانند در محیطی مجازی، شرایط واقعی، سناریوهای فرضی و نتایج احتمالی را شبیه‌سازی کرده و آن‌ها را در دستگاه‌های مختلف از جمله موبایل، رایانه و هدست‌های واقعیت افزوده یا مجازی مشاهده کنند. فرایند ساخت دیجیتال توین معمولاً مرحله‌به‌مرحله انجام می‌شود و با افزایش پیچیدگی، تأثیر بیشتری بر کسب‌وکار دارد. در یک کارخانه تولید تایر در ابتدا با مدل‌سازی اجزای خط تولید شروع می‌شود و با دریافت داده‌های خط تولید کارخانه از سیستم یکپارچه سازمانی به‌همراه شبیه‌سازی موتور گرافیکی unity این مدل‌ها می‌توانند از یک پیکربندی ساده محصول تا بازنمایی دقیق کل کارخانه با تمام اجزای آن گسترش یابند. داده‌های مهندسی، ساخت، بهره‌برداری و طراحی مجازی در این مدل‌ها به‌صورت پویا به‌هم متصل می‌شوند و تصمیم‌گیری را در تمام مراحل چرخه عمر پروژه بهبود می‌بخشند.

دیجیتال توین‌ها با ادغام داده‌های IoT، دیدی جامع از عملکرد دارایی‌ها در زمان واقعی ارائه می‌دهند. این ارتباط دوطرفه بین مدل دیجیتال و دستگاه‌های فیزیکی، امکان تحلیل عملکرد، پیش‌بینی نتایج و بهینه‌سازی فرایندها را فراهم می‌سازد. چالش اصلی در استفاده از دیجیتال توین‌ها، تبدیل داده‌های خام به اطلاعات قابل‌استفاده است. بسیاری از سازمان‌ها در مسیر تحول دیجیتال با حجم عظیمی از داده‌ها مواجه‌اند که نیازمند پردازش هوشمندانه هستند. دیجیتال توین‌ها با قدرت گرافیک بلادرنگ، این داده‌ها را زنده کرده و به تصمیم‌گیری کمک می‌کنند. در آینده، دیجیتال توین با تعامل با سیستم‌های ERP جای‌گزین داشبوردهای مدیریتی فعلی بوده و داده‌ها به‌صورت تعاملی در اختیار کاربر خواهد بود و هم‌چنین می‌توان سناریوهای قابل پیش‌بینی و فرضی رو روی سیستم پیاده‌سازی کرد تا نتیجه آن را مشاهده کنیم.

واژه‌های کلیدی: دیجیتال توین، ترکیب unity، سیستم‌های ERP

مقدمه

دیجیتال توین در ERP به معنای ایجاد یک نسخه مجازی و پویا از دارایی‌ها، فرایندها یا سیستم‌های سازمانی است که به‌صورت بلادرنگ با داده‌های واقعی همگام‌سازی می‌شود. این مدل دیجیتال، با اتصال به داده‌های عملیاتی، مالی، تولیدی و منابع انسانی، امکان تحلیل دقیق عملکرد با شبیه‌سازی اجزای کارخانه در محیط گرافیکی به‌همراه ابزارهای Unity را می‌توان نتیجه و نقش سناریوهای مختلف عملیاتی را بر فرایندهای کارخانه ترسیم کرد. در سیستم‌های ERP، داده‌ها معمولاً در قالب جداول، فرم‌ها و گزارش‌ها ارائه می‌شوند. اما با ورود دیجیتال توین، این داده‌ها به مدل‌های سه‌بعدی تعاملی تبدیل می‌شوند که رفتار واقعی دارایی‌ها و فرایندها را بازتاب می‌دهند. این تحول، مزایای زیر را به‌همراه دارد: شبیه‌سازی فرایندهای تولید و لجستیک، پیش‌بینی عملکرد تجهیزات و نگهداری پیشگیرانه، تحلیل منابع انسانی و بهره‌وری کارکنان، مدیریت مالی و بودجه‌ریزی هوشمند.

در واقع نقش Digital Twin در اتصال بین ERP و Unity ایجاد یک پل زنده و تعاملی بین داده‌های عملیاتی SAP و مدل‌های سه‌بعدی در Unity است، که امکان مانیتورینگ، تحلیل و کنترل فرایندهای صنعتی را در زمان واقعی فراهم می‌کند.

برای ادغام موفق Unity با ERP، سازمان‌ها باید به موارد زیر توجه کنند: یکپارچگی

داده‌ها، توان پردازشی و گرافیکی، امنیت اطلاعات، آموزش و تغییر فرهنگی.

بخش تجربی

نقش Digital Twin در اتصال بین ERP و Unity ایجاد یک پل زنده و تعاملی بین داده‌های عملیاتی کارخانه و مدل‌های سه‌بعدی در Unity است، که امکان مانیتورینگ، تحلیل و کنترل فرایندهای صنعتی را در زمان واقعی فراهم می‌کند. به‌همین منظور معماری پیشنهادی را با استفاده از ابزارهای موردنیاز برای ایجاد پل ارتباطی مذکور شرح داده می‌شود.

Digital Twin Integration در Unity: یعنی اتصال مدل سه‌بعدی ساخته‌شده در Unity به داده‌های واقعی از کارخانه، به‌طوری‌که بتوان رفتار، عملکرد و وضعیت اجزای واقعی را در محیط مجازی مشاهده، تحلیل و حتی کنترل کرد [۱].

۱- مدل‌سازی سه‌بعدی کارخانه

استفاده از Unity برای ساخت محیط کارخانه، ماشین‌آلات، نوار نقاله‌ها و اپراتورها. می‌توان از CAD یا BIM مدل‌ها استفاده کرد و آن‌ها را با ابزارهایی مثل Unity Reflect وارد کرد.

اتصال به داده‌های زنده (Live Data Integration)

دریافت داده از سنسورها، PLCها، یا سیستم‌های ERP مثل Dolibarr.

استفاده از پروتکل‌هایی مثل MQTT، REST API یا WebSocket برای ارتباط

با داده‌های واقعی.

۲- نمایش داده‌ها در محیط Unity

استفاده از UI برای نمایش دما، فشار، سرعت تولید، هشدارها و وضعیت ماشین‌ها. به‌روزرسانی موقعیت یا وضعیت اجزا براساس داده‌های دریافتی.

۳- تحلیل و پیش‌بینی (Predictive Analytics)

ترکیب داده‌های تاریخی و زنده برای پیش‌بینی خرابی‌ها، بهینه‌سازی تولید یا مصرف انرژی.

می‌توان از الگوریتم‌های ML در بک‌اند استفاده کرد و نتایج را در نمایش داد.

۴- تعامل دوطرفه (Bi-directional Control)

نه تنها مشاهده، بلکه ارسال فرمان از Unity به سیستم واقعی (مثلاً توقف خط تولید یا تغییر سرعت).

نیازمند امنیت بالا و کنترل دقیق. کاربرد افزونه‌ها و ابزارهای مکمل

جدول ۱- جدول افزونه‌ها و ابزارهای مکمل مورد استفاده

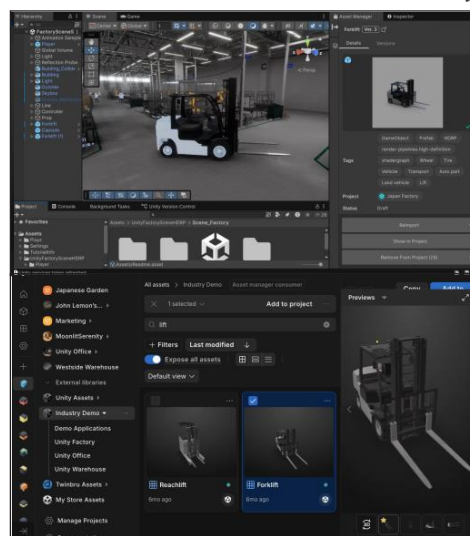
ابزار	کاربرد
MQTT Client for Unity	اتصال به سنسورهای IoT و دریافت داده‌های زنده
UnityWebRequest یا RESTSharp	ارتباط با APIهای ERP مثل Dolibarr
InfluxDB یا Grafana (در بک‌اند)	ذخیره و تحلیل داده‌های صنعتی
Digital Twin SDK (سفارشی)	برای پروژه‌های خاص، می‌توان SDK اختصاصی ساخت
Unity Asset Store	مدل‌های آماده ماشین‌آلات، سنسورها، و محیط‌های صنعتی

معماری پیشنهادی Digital Twin در Unity

۱. لایه مدل‌سازی سه‌بعدی (3D Modeling Layer)

- طراحی محیط کارخانه، ماشین‌آلات، نوار نقاله‌ها، ربات‌ها و اپراتورها در

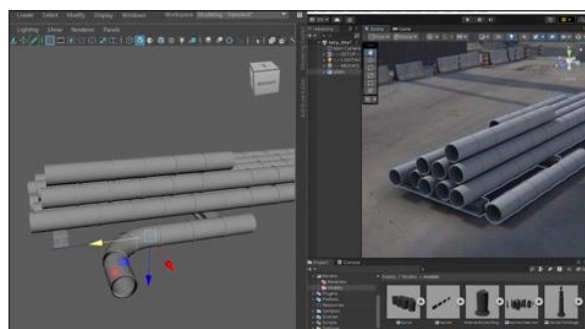
Unity [۲]



شکل ۱- unity asset manager شکل سه‌بعدی کارخانه و تجهیزات آن

- استفاده از مدل‌های CAD یا BIM با کمک Unity Reflect یا وارد کردن

فایل‌های FBX/OBJ



شکل ۲- unity Reflect وارد کردن فایل‌های FBX/OBJ

- استفاده از Prefabها برای اجزای قابل تکرار.

- ابزارهای مورد استفاده یونیتی در این لایه: unity editor reflect asset store

۲. لایه داده‌های زنده (Live Data Layer)

- اتصال به سنسورها، PLCها، یا سیستم ERP مثل Dolibarr

- پروتکل‌های ارتباطی: [۳]

MQTT Client برای دریافت داده از سنسورهای IOT ابزار مورد استفاده: MQTT

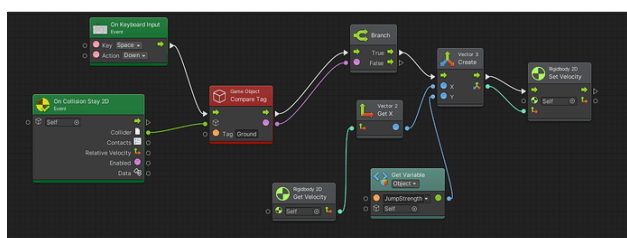
restsharp برای ارتباط با ERP یا پایگاه داده، ابزار مورد استفاده: restsharp

WebSocket برای ارتباط دوطرفه و لحظه‌ای، ابزار مورد استفاده: Unitywebrequest

۳. لایه منطق و پردازش (Logic & Processing Layer)

- نوشتن اسکریپت‌های C# در Unity ابزار مورد استفاده: C# script

- دریافت و پردازش داده‌ها، ابزار مورد استفاده: Unity Events



شکل ۳- Unity Event system

- به‌روزرسانی وضعیت اجزا (مثلاً تغییر رنگ ماشین در صورت خرابی).

- ارسال فرمان به سیستم واقعی (مثلاً توقف خط تولید).

۴. لایه نمایش و تعامل (Visualization & Interaction Layer)

- طراحی داشبوردهای مانیتورینگ با UI Toolkit یا Canvas

- استفاده از vfx Graph برای نمایش دما، فشار، سرعت تولید، هشدارها و نمودارها



شکل ۴- نمونه گراف vfx در Unity

- استفاده از Shader Graph برای جلوه‌های بصری (مثلاً نمایش جریان انرژی

یا هشدارها).

۵. لایه تحلیل و پیش‌بینی (Analytics & Prediction Layer)

- اتصال به پایگاه داده‌های تحلیلی مثل InfluxDB یا Grafana [۴]

- نمایش داده‌های تاریخی و پیش‌بینی خرابی‌ها یا بهینه‌سازی تولید

- امکان اتصال به مدل‌های ML در بک‌اند و نمایش نتایج در Unity



نتیجه‌گیری

فناوری دیجیتال توین با تلفیق مدل‌سازی سه‌بعدی، داده‌های زنده و تحلیل‌های پیش‌بینی‌پذیر، تحولی بنیادین در مدیریت منابع سازمانی به‌ویژه در صنایع تولیدی رقم‌زده است. این فناوری با ایجاد نمایی مجازی و تعاملی از دارایی‌ها و فرایندهای واقعی، امکان مانیتورینگ، تحلیل و کنترل دقیق را در زمان واقعی فراهم می‌سازد و به‌عنوان پلی هوشمند میان سیستم‌های ERP و محیط‌های گرافیکی مانند Unity عمل می‌کند. پیاده‌سازی معماری دیجیتال توین با بهره‌گیری از ابزارهایی نظیر Unity، MQTT، REST API و پایگاه‌های داده تحلیلی، نشان می‌دهد که نه تنها

موجب افزایش بهره‌وری عملیاتی و کاهش خطاهای انسانی شد، بلکه می‌تواند بستری مناسب برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، نگهداری پیشگیرانه و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف فراهم آورد. با توجه به نتایج حاصل، می‌توان نتیجه گرفت که دیجیتال توین نه تنها ابزاری فناورانه، بلکه رویکردی راهبردی برای تحول دیجیتال در سازمان‌هاست. موفقیت در پیاده‌سازی این فناوری مستلزم توجه به زیرساخت‌های پردازشی، امنیت اطلاعات، آموزش نیروی انسانی و فرهنگ‌سازی در سازمان است. آینده مدیریت منابع سازمانی در گرو بهره‌گیری هوشمندانه از این فناوری و توسعه آن در تعامل با سایر سامانه‌های اطلاعاتی خواهد بود^{۱۱}

مراجع

- [1] <https://unity.com/topics/digital-twin-definition>
- [2] Wang, Ziran, Kyungtae Han, and Prashant Tiwari. "Digital twin simulation of connected and automated vehicles with the unity game engine." 2021 IEEE 1st International Conference on Digital Twins and Parallel Intelligence (DTPI). IEEE, 2021.
- [3] Singh, Maulshree, et al. "Comparative Study of Digital Twin Developed in Unity and Gazebo." Electronics 14.2 (2025): 276.
- [4] Balla, Michal, et al. "Educational case studies: creating a digital twin of the production line in TIA Portal, Unity, and Game4Automation framework." Sensors 23.10 (2023): 4977.