التوائم الرقمية

التوأم الرقمي نسخة افتراضية من أصل حقيقي، مثل آلة أو مبنى أو عملية، تُحدَّث باستمرار ببيانات حية. وتُنسب الفكرة عادة إلى مايكل غريفز، الذي قدمها نحو عام 2002 في مجال إدارة دورة حياة المنتج. وقد شاع الاسم لاحقاً، وبخاصة في خارطة طريق تقنية لوكالة ناسا عام 2010. وتستخدم المصانع والمرافق والمدن اليوم التوائم لمراقبة العمليات وتخطيط الصيانة. ويمكن فهمها عبر أربعة أجزاء: ما التوأم، وكيف يعمل، وكيف يخدم العمليات والصيانة.

1. ما التوأم الرقمي

التوأم الرقمي أكثر من مجرد رسم، لأنه يبقى متصلاً بالأصل الحقيقي. ويفرق الباحثون عادة بين ثلاثة مستويات بحسب طريقة انتقال البيانات. ففي النموذج الرقمي ينقل الناس البيانات يدوياً. وفي الظل الرقمي تتدفق البيانات تلقائياً من الأصل الحقيقي إلى النسخة، وفي التوأم الرقمي يمكن أن تعود المعلومات أيضاً. فالسؤال الأساسي دائماً هو ما إذا كانت البيانات الحية تبقي النسخة محدثة.

مثال: يعرض تطبيق مرور نسخة حية من طرق المدينة. وبتطبيق ما التوأم الرقمي، نسأل هل تبقيها البيانات الحية محدثة: بيانات الهواتف تفعل ذلك، فيعرض التطبيق ازدحام اليوم، لا خريطة قديمة.

في العمل: لدى كريم، مدير مصنع، رسم ثلاثي الأبعاد لمضخة. وبتطبيق ما التوأم الرقمي، يسأل هل تحدثه بيانات حية: لا، فهو نموذج رقمي فقط. وحين تبدأ قراءات المستشعرات بتحديثه تلقائياً، يصبح ظلاً رقمياً.

2. كيف يعمل

يعمل التوأم الرقمي كحلقة. تجمع المستشعرات بيانات عن الأصل الحقيقي، مثل الحرارة أو الاهتزاز، وترسلها عبر شبكة إلى منصة. ويستخدم نموذج في المنصة هذه البيانات ليعكس الحالة الحالية للأصل وليجري محاكاة. وتذهب النتائج إلى الناس في لوحات معلومات، أو تعود في بعض الأنظمة إلى الأصل في صورة إعدادات جديدة. وتصف سلسلة المعايير ISO 23247 إطاراً لتوائم التصنيع، يشمل ما يجب نسخه، مثل الآلات والمواد والأشخاص، وكيفية تبادل البيانات.

مثال: يظهر منظم حرارة ذكي جزءاً من هذه الحلقة. وبتطبيق كيف يعمل، يقرأ مستشعر حرارة الغرفة، ويعرضها التطبيق، ويغير إعداد جديد التدفئة.

في العمل: يركب كريم مستشعرات اهتزاز وحرارة على المضخة. وبتطبيق كيف يعمل، تذهب البيانات إلى منصة، ويعكس النموذج حالة المضخة، وتعرضها لوحة المعلومات على الفريق.

حقوق الطبع والنشر محمية © - أكاديمية أساسيات (شركة أساسيات للخدمات الاستشارية)

3. الاستخدام في العمليات

في العمليات، يعطي التوأم رؤية حية لأداء الأصول والعمليات. ويتيح أيضاً اختبارات ماذا لو: نغير إعداداً في النسخة ونراقب النتيجة، من دون أي خطر على الأصل الحقيقي. وتساعد هذه الاختبارات على اكتشاف الاختناقات وتوفير الطاقة وتخطيط التغييرات. ويدعم التوأم القرارات، لكن الناس هم من يقررون.

مثال: يختبر سائق طريقين في تطبيق خرائط قبل أن يغادر. وبتطبيق الاستخدام في العمليات، يبين اختبار ماذا لو في النسخة أي الطريقين أسرع، من دون أي خطر.

في العمل: يريد كريم تشغيل خط التعبئة أسرع بعشرة بالمئة. وبتطبيق الاستخدام في العمليات، يختبر ذلك في توأم الخط أولاً. فتظهر النسخة طابوراً عند آلة وضع الملصقات، فيصلحه قبل تغيير الخط الحقيقي.

4. الاستخدام في الصيانة

في الصيانة، يقارن التوأم البيانات الحية بالسلوك الطبيعي. وقد تظهر علامات التآكل المبكرة، مثل ارتفاع الاهتزاز، قبل حدوث العطل. وهذا يدعم الصيانة التنبؤية: نصلح عندما تشير البيانات إلى الحاجة، وفي وقت مناسب. والتوأم لا يكون أفضل من بياناته ونموذجه. وتكلف المستشعرات مالاً وتحتاج الأنظمة المتصلة إلى أمن، لذلك من الحكمة البدء بأصل واحد ثمين.

مثال: تحذر لوحة السيارة من أن إطاراً يفقد ضغطه قبل أن يفرغ من الهواء. وبتطبيق الاستخدام في الصيانة، تعطي البيانات الحية المقارنة بالقيم الطبيعية إنذاراً مبكراً.

في العمل: يظهر توأم مضخة كريم اهتزازاً يرتفع فوق الطبيعي. وبتطبيق الاستخدام في الصيانة، يحجز تبديل المحمل في أقرب توقف مخطط. فلا تتعطل المضخة أثناء الإنتاج.

الخاتمة

وخلاصة القول، التوأم الرقمي نسخة افتراضية من أصل حقيقي تبقى محدثة ببيانات حية. وتشكل المستشعرات وصلة البيانات والنموذج حلقة تعرض الحاضر وتختبر المستقبل. وفي العمليات يدعم التوأم المراقبة واختبارات ماذا لو، وفي الصيانة يساعد على اكتشاف المشكلات مبكراً. ولأن التوأم يعتمد على بيانات جيدة، فمن الأفضل البدء صغيراً، بأصل واحد وسؤال واضح.

المصادر

• المعيار ISO 23247-1:2021: أنظمة الأتمتة والتكامل، إطار التوأم الرقمي للتصنيع، الجزء الأول: نظرة عامة ومبادئ عامة – https://www.iso.org/standard/75066.html
• كريتسينغر وآخرون (2018): Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification، مجلة IFAC-PapersOnLine – https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474
• ورقة مسحية عن تاريخ المفهوم: Revisiting Digital Twins: Origins, Fundamentals and Practices (arXiv، 2022) – https://arxiv.org/abs/2203.12867

حقوق الطبع والنشر محمية © - أكاديمية أساسيات (شركة أساسيات للخدمات الاستشارية)