

المؤتمر الدولي الثالث والعشرون  
لإدارة الأصول والمرافق والصيانة



# دمج التوأمة الرقمية في إدارة المباني الذكية

تنفيذ

الشريك التنظيمي

**TSG | EXICON.**  
The Specialist Group • شركة مجموعة المحنص



تنظيم

بالشراكة  
مع

**OMAINTEC**  
المجلس العربي لإدارة الأصول والمرافق والصيانة  
Arab Asset, Facility and Maintenance Management Council

الرياض، المملكة العربية السعودية

14-12 يناير 2026

www.omaintec.com



#OmaintecConf

## دمج التوأمة الرقمية في إدارة المباني الذكية



بعد التسارع الكبير الذي حدث في الآونة الأخيرة في عملية إدارة المرافق وكذلك التطور السريع والهائل في أدوات الصيانة باستخدام الذكاء الاصطناعي، وجب على جميع المتعاملين مع الصيانة والتشغيل وإدارة المرافق أن يواكبوا هذه الأحداث المتسارعة.

وبناءً على ما سبق وحتى لا أكرر نفسي في موضوع المباني الذكية فقد حاولت جاهداً أن تكون ورقة العمل إضافة ولو بسيطة في هذا المؤتمر الهام عن دمج التوأمة الرقمية في إدارة المباني الذكية. لقد أصبحت أدوات العمل متطورة بشكل سريع وخيالي بعد الذكاء الاصطناعي وشات جي بي تي حيث سهلت عملية نقل المعرفة والحصول عليها.

وأعرف جيداً أنه بإمكان الجميع البحث والحصول على أي معلومة من أي مكان وفي أسرع وقت،

**ولكن يجب علينا أن نستخدم الأدوات المتاحة بعقولنا وليس استبدالها بعقولنا**

فواقع الحال أن توفر هذه الأدوات قد يكون مدخلاً لإلغاء التفكير وتجاهل الخبرات وإهمال الرؤية، لذا سوف أركز هنا على ثلاثون عاماً من الخبرة في الصيانة والتشغيل غير متجاهل لهذه الأدوات ولكن بالتعاطي الذكي معها. أملاً أن نخرج من هنا بورقة عمل جيدة تجمع خبرات قديمة وطويلة محسنة بأدوات ذكية لنتائج أفضل. وما يشهده العالم من الثورات والقفزات التكنولوجية في كل المجالات مع التطور السريع للتقنيات الرقمية والاتجاه العالمي نحو تطبيق مفاهيم المدن الذكية والمباني المستدامة،

**يرز مفهوم التوأمة الرقمية (Digital Twin)** كإحدى الركائز الأساسية في إدارة المباني الحديثة. إذ يُمكن التوأم الرقمي من ربط النموذج الافتراضي للمبنى بالواقع المادي بشكل ديناميكي، هذه الفرضية سمحت لنا إمكانية تحليل البيانات لحظة بلحظة واتخاذ قرارات تشغيلية وصيانة أكثر ذكاءً.

تكمُن أهمية هذه الورقة في تسليط الضوء حول **كيفية دمج التوأمة الرقمية في أنظمة إدارة المباني الذكية**، واستعراض فوائدها وتحدياتها، مع تقديم توصيات لتطبيقها بكفاءة.

في المؤتمر الدولي الثاني للمرافق تقدمت بورقة عمل عن إدارة المباني الذكية ولم يسعفني الوقت لعرض الفكرة كاملة وكانت تتضمن شرح لعملية رقمته الأصول والتي هي مدخل أساسي في تحويل المباني من عادية إلى ذكية. واستكمالاً لسلسلة أوراق العمل فقد اخترت أن تكون ورقة العمل عن التوأمة الرقمية.

## فما هي التوأمة الرقمية؟

هي محاكاة شبة دقيقة لشيء موجود فعلياً مثل (مبنى-آلة-مدينة-إنسان) أو حتى كيان مهما كان ، تنطلق الفكرة الأساسية من وجود كيان حقيقي لدينا مثل مبنى أو آلة وفي حالتنا هنا سيكون الحديث عن المباني الذكية لذا فإن الكيان الحقيقي الذي نتحدث عنه هو مبنى.

سنقوم بجمع كافة البيانات عنه من خلال ( الأنظمة الموجودة فيه وكذلك الأدوات الأخرى التي تم تزويده بها مثل المستشعرات / سجلات / بيانات تشغيل / إلى آخره من الأدوات المتاحة.

يتم عمل محاكاة لهذا المبنى في صورة نموذج ثلاثي الأبعاد ويتم تدفق البيانات من الكائن الحقيقي إلى الكائن الرقمي عن طريق أدوات الذكاء الصناعي . IOT وشبكات الانترنت وباقي تفاصيل الانترنت الأشياء

## أهداف ورقة العمل

كيف يمكن لتقنية التوأمة الرقمية أن تُحدث تحولاً في إدارة المباني الذكية من خلال رفع الكفاءة، تحسين الاستدامة، وتعزيز تجربة المستخدمين؟

### المحاور الأساسية لورقة العمل:-

- 1- توضيح مفهوم التوأمة الرقمية وأبعادها التكنولوجية.
- 2- دور التوأمة الرقمية في تحسين كفاءة إدارة المباني الذكية.
- 3- استعراض أبرز التحديات المرتبطة بدمجها.
- 4- اقتراح حلول وتوصيات عملية لدعم تطبيقها.

## 1- مفهوم التوأمة الرقمية وأبعادها التكنولوجية

التوأمة الرقمية هي تمثيل افتراضي ديناميكي لأصل (مبنى) أو نظامٍ أو عمليةٍ ما في العالم الحقيقي، متصل بها تيار بيانات مستمر يسمح بالمراقبة والتحليل والمحاكاة والتحسين، وهي تمثل منهجاً واضحاً وتعريفياً موحدًا، بمعايير دولية (ISO/IEC/BSI/bSI)، ونموذجاً مرجعياً للبنية، شكلاً وموضوعاً محدد به مستويات النصح، وأهم حالات الاستخدام في المباني والمدن وما شابه ذلك، إلى جانب مؤشرات العائد على الاستثمار، ومتطلبات الأمن والحوكمة، وخارطة طريق تنفيذية مرحلية من البداية وحتى النهاية.

## دور التوأمة الرقمية في تحسين كفاءة المباني الذكية

في إطار ما تشهده الثورة التكنولوجية فإن تطبيق التوأمة الرقمية بالمعايير الحديثة يسهم بشكل كبير في تحسين كفاءة المباني الذكية من خلال **التصورات الافتراضية لوقوع المخاطر والاعطال والقدرة العالية على التنبؤ بها** ومنع حدوثها وتلافي مشاكلها ومخاطر التشغيل والاستخدام من خلال الربط بالأدوات الذكية المناسبة من المستشعرات وقنوات الاتصال وانترنت الاشياء ، ويتم التحسين ورفع الكفاءة من خلال شفافية تشغيلية لحظية وذلك بربط جميع النقاط الفرعية بالمبنى بحساسات تشغيل ونموذج بياني يوضح اماكنها لتسهيل تتبع مسارها .

أيضاً من خلال **التحكم المتقدم في عناصر استهلاك الطاقة لمنع عشوائية الاستخدام** (اعادة الضبط الاوتوماتيكي لدرجات الحرارة ) وكذا الاضاءة وكافة عناصر الطاقة الاخرى لإمكانية عمل جدولة ذكية منبثقة من تنبؤات الطقس مثلاً ونسب الاشغال المتوقعة والمعروفة مسبقاً.

وبأتي **الكشف المبكر عن الاعطال والتنبؤ بها أحد الركائز الاساسية لتحسين الكفاءة** وتفادي فترات التعطل من خلال الصيانة الاستباقية المبنية على خوارزميات قواعد التنبؤ والتعلم المستمر واستقراء السلوك.

**والتدخل السريع في الوقت المناسب** يحقق ايضا تحسين الكفاءة من خلال توفير الوقت والجهد ويصب في النهاية في تحسين تجربة المستخدمين وتحقيق رفاھيتهم الناتجة حتما عن تحسين كفاءة المبنى.

في نهاية الامر تحقق النماذج الرقمية التوأمية قدرة عالية على التنبؤ من خلال التدفق المستمر للبيانات يحقق ايضا سلسلة من النتائج الهامة في عمليات المراقبة والتحليل المستمر ومن ثم التحسين الدائم.

## النتائج المتوقعة

- تحسين كفاءة الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية.
- تقليل الأعطال المفاجئة عبر الصيانة التنبؤية.
- رفع مستوى الأمان وراحة المستخدمين.
- دعم أهداف التنمية المستدامة.

## التحديات المرتبطة بدمج التوأمة الرقمية

أ- من أبرز التحديات **( الأنظمة القديمة وتباين البروتوكولات وتنوعها )** وهذا يعيق التكامل والترابط بين الأنظمة القديمة والحديثة، فسوف تكون هناك صعوبات بالغة في ربط النقاط والأصول بعضها ببعض مما يؤثر على نجاح عملية الدمج.

ب- **جودة المخرجات وتزامنها** في أي لحظة ولو مؤقتة قد يتم فقد البيانات اللحظية لنموذج المحاكاة مما قد يغير سير وسلوك النمط التقليدي للمحاكاة إلى شيء آخر لا يتطابق وقد لا يتشابه مع النموذج الأصلي مما يتسبب في فشل عملية الدمج بشكل كلي أو جزئي.

ج- **الانحراف بين نموذج التوأم والنموذج الواقعي** وهذا يحدث غالباً بمرور الوقت والمشكلة تكون في تغيرات ميدانية (استبدال جزء من النموذج الأصلي) وهذا لا ينعكس بالطبع في التوأم الرقمي، وذلك يتطلب إجراءات كثيرة منها عمليات المعايرة وإعادة الضبط بعد أي تعديل.

د- **التحديات الزمنية** وتعني وجود فاصل زمني لحظي عند تدفق البيانات من النموذج الأصلي إلى نموذج المحاكاة مما يسبب خللاً واضحاً في الوظائف.

## التحديات المرتبطة بدمج التوأمة الرقمية

هـ- **تحدي التوسع** ويعني عدم القدرة على الربط بين النموذجين حال وجود نقاط إضافية على النموذج بحجم هائل لم يكن النموذج التفاعلي على استعداد لذلك فقد تفشل بذلك عملية الدمج.

و- **تحدي أمن المعلومات** وهذا التحدي سيكون متكرراً وبشكل دائم في جميع أحاديثنا عن التكنولوجيا والرقمنة والذكاء الصناعي وفي حال حدوث أي اختراق من أي نوع ستكون عملية الدمج معرضة للفشل.

ن- **تحدي الخصوصية**: التوأمة الرقمية تجمع بين بيانات تشغيلية لحظية حساسة (سجلات دخول وخروج، فيديوهات شخصية، قياسات استهلاك الطاقة، الخرائط التفصيلية للاماكن، ارقام هواتف او تجهيزات خاصة وحيوية لاشخاص واماكن ذوي نفوذ، وهذا يؤثر على خصوصية الاشخاص والاماكن .

وقد ينتج عن التوأمة الرقمية تشابه او تطابق بيانات مع اشخاص يعملون في اجهزة حيوية في الدولة وما ينتج عن ذلك من انتهاك الخصوصية وامن المعلومات.

تتنوع أهمية البحث والفائدة من ورائه ما بين **عملية وعلمية واقتصادية وبيئية** وبشكل مبسط فإن هذه الفوائد تعريفها كالتالي:-  
فوائد **علمية** منها إثراء المعرفة الأكاديمية حول التوأمة الرقمية وتطبيقاتها في مجال العمارة والهندسة المدنية وإدارة المرافق.  
فوائد **عملية** منها تقديم نموذج يساعد صانعي القرار والمطورين العقاريين على تبني حلول رقمية أكثر فاعلية.  
فوائد **اقتصادية** وبيئية منها خفض التكاليف التشغيلية وتقليل الانبعاثات الكربونية ودعم المباني الخضراء.

## منهجية البحث

لكي ننجح في اعداد بحث جيد ومفيد يجب تطبيق منهجية واضحة في البحث اهمها المنهج الاستقرائي والنظري والتحليلي وبناء على ذلك نقوم بعمل البحث بطريقة سهلة ومدروسة من خلال التعرف على النماذج بشكل سريع :-

- **المنهج أوالإطار النظري**: وهو يتمثل بشكل واضح في التوأمة الرقمية .
- **المنهج الاستقرائي**: لاستخلاص النتائج من تجارب عالمية ناجحة.
- **المنهج الوصفي التحليلي**: لدراسة المفهوم وأبعاده النظرية.
- **دراسة الحالة**: مراجعة تطبيقات عملية مثل مطار شانغهاي في سنغافورة وأبراج دبي الذكية.

## أبرز التحديات المرتبطة بالتوأمة الرقمية:-

على الرغم من أن المباني الذكية باتت واقعًا ملموسًا، إلا أن إدارتها ما زالت تواجه تحديات مثل:

- ارتفاع استهلاك الطاقة.
- الأعطال المفاجئة والتكاليف التشغيلية.
- ضعف أو تعقيد التكامل بين الأنظمة القديمة و الحديثة.
- التكلفة الأولية المرتفعة لتطبيق التقنية.
- الأمن السيبراني وحماية البيانات.
- الحاجة إلى تحسين تجربة المستخدمين.
- نقص الكفاءات البشرية المؤهلة لإدارة التكنولوجيا.

## نموذج إدارة المباني الذكية

- الأنظمة المكونة (HVAC ، الإضاءة، الطاقة، الأمن)
- الأهداف: الكفاءة، الاستدامة، الراحة.

## دمج التوأمة الرقمية

- المراقبة والتحكم: **لوحات تحكم لحظية.**
- الصيانة التنبؤية: **تقليل الأعطال.**
- إدارة الطاقة: **خفض الاستهلاك بنسبة تصل 30%.** ويستفاد من بيانات الرقمنة في إدارة الأصول من كافة الجوانب ( المحافظة على الأصول- تقديم أفضل خدمات الصيانة لها- التنبؤ بكل ما يحتاجه المرفق من تحسين في الأداء ودقه في التشغيل).
- استغلال الرقمنة وبياناتها في وضع خطة متكاملة حول الاستفادة من **مساحات التخزين والترتيب الداخلي** للمخزن وعرض الأصناف وسهولة الوصول إليها مما يوفر الوقت والجهد وعدد الموظفين.

## تحسين تجربة المستخدم في المرفق:

إن عملية الرقمنة الدقيقة والصحيحة تنعكس على أصول ومكونات المرفق بالكامل بما فيه المرفق نفسه وكذلك القائمين على إدارته وحتى مستخدميه فيسهل على المستخدم **الوصول إلى طلب الخدمة أو الصيانة من خلال تطبيق تفاعلي** هدفه رضا المستخدم أو المستفيد ويقدم له تجربة مثالية وشعور إيجابي بالتغيير يجعله يفكر في تكرار استخدام المرفق الأمر الذي ينعكس أيضاً على باقي الأطراف بالإيجابية الصحيحة كل في موقعه.

## توفير ميزة تنافسية في السوق:

إن المرافق التي تعتمد على عمليات الرقمنة بالطبع سيكون لها ميزة تنافسية أكثر من غيرها حيث سينظر إليها بعين الخبير المتمرس الذي يعرف واجباته ويجيد تقديمها للغير وبالتالي يتهافت السوق على من يمتلك هذه الميزة دون غيره لوجود ثقة عالية في الأنظمة التي تتبع الرقمنة والتكنولوجيا وكذلك فإن استخدام الرقمنة ينتج عنه **خفض أوتوماتيكي في التكاليف** مما يعطي ميزة تنافسية عالية.

## التكيف مع التحديات والمتغيرات المستقبلية:

ذكرنا أنه يجب أن تكون هناك مرونة في أي عمليات رقمنة، هذه المرونة تتيح لنظام الرقمنة التكيف مع أي متطلبات تشغيلية جديدة ومثالنا على ذلك جائحة كورونا فقد تطلب الأمر ضرورة استخدام التكنولوجيا في عمليات الصيانة والتدخل في إصلاح الأجهزة والأنظمة عن بعد ولولا وجود التكيف والمرونة ما نجحت خطة الصيانة عن بعد في تلك الفترة.

## الأبعاد التكنولوجية

التوأمة الرقمية هي تمثيل افتراضي ديناميكي لأصل (مبنى) أو نظامٍ أو عمليةٍ ما في العالم الحقيقي، متصل بها تيار بيانات مستمر يسمح بالمراقبة والتحليل والمحاكاة والتحسين. تمثل منهجاً واضحاً وتعريفياً موحدًا، بمعايير دولية ((ISO/IEC/BSI/bSI، ونموذجًا مرجعيًا للبنية، شكلاً وموضوعاً محدد به مستويات النضج، وأهم حالات الاستخدام في المباني والمدن وما شابه ذلك، إلى جانب مؤشرات العائد على الاستثمار، ومتطلبات الأمن والحوكمة، وخارطة طريق تنفيذية مرحلية من البداية وحتى النهاية

ولكي يتم الاستفادة من التكنولوجيا والتوأمة الرقمية يجب علينا  
سرعة اتمام العمليات المرتبطة بها وهي:-

## • . تشغيل أنظمة الساحات ومواقف السيارات UTILIZATION

وهي أنظمة تهدف إلى تقليل الهدر وتحسين الخدمات والجودة والرفاهية  
المكونات الأساسية للنظام:

- 1-المستشعرات الذكية
- 2- كاميرات مراقبة ذكية
- 3-شاشات عرض متعددة الاستخدام والتحليلات
- 4-منصة إدارة وتحكم
- 5-تطبيقات ذكية للمستخدمين.
- 6-ابواب دخول وخروج ذكية للتعرف على المركبة ولوحاتها بشكل سريع تستخدم في كثير من المباني التي تحتاج إلى التواجد الكثيف في أوقات محددة في مرافق مثل: المستشفيات-الجامعات-المطارات- الأسواق التجارية الضخمة.

ولكي يتم الاستفادة من التكنولوجيا والتوأمة الرقمية يجب علينا  
سرعة اتمام العمليات المرتبطة بها وهي:-

## • تشغيل أنظمة الأمن والمراقبة الذكية:

أحد الأنظمة الهامة لمكونات المبنى الذكي وأداة من أفضل الأدوات التي تحقق الهدف الرئيس وهي إدارة المبنى بطريقة احترافية وغير مكلفة تعتمد على الذكاء الصناعي وانترنت الأشياء والتعلم الآلي وذلك لتوفير حماية متقدمة للمباني والمنشآت وهذه الأنظمة تضم الآتي:

- 1- كاميرات المراقبة SMART CCTV
- 2- مستشعرات الأمان مثل الغاز والدخان وفتح الأبواب وكسر الزجاج والنوافذ.
- 3- أنظمة التعرف على ( الوجه-بصمة الأصبع-بصمة العين-بطاقات الدخول الأمن).
- 4- أنظمة الإنذار الذكي : يقوم برصد أي تهديد فعلي بناءً على تحليل سلوكيات أو بيانات المستشعرات، وهي تعمل على أي تطبيق حاسوبي أو هاتف ذكي.
- 5- أنظمة التحكم في الدخول ACCESS CONTROL

التقنيات المستخدمة هي نفس التقنيات التي تستخدم في كل الأنظمة الذكية ( الذكاء الاصطناعي-انترنت الأشياء- المستشعرات)

# ولكي يتم الاستفادة من التكنولوجيا والتوأمة الرقمية يجب علينا سرعة اتمام العمليات المرتبطة بها وهي:-

## • الاحتياطات العامة لكل الأنظمة

- يجب اختبار الأنظمة بشكل منفرد ثم بشكل إجمالي لمعرفة الترابط والتناغم بين الأنظمة وعدم التداخل بينها ونسبة التكامل بينها.
- يجب تطبيق **اختبار الكفاءة وقابلية التشغيل** في كافة ظروف التشغيل المختلفة.
- يجب أيضا **اختبار الاحمال** شبكات الكهرباء ومدى استقرارها وثباتها وتزويد المبنى بمغذيات الطاقة حال اكتشاف خلل في شبكات الكهرباء حتى ولو كان ذلك احتمالا ضئيلا.
- يجب أيضا **اختبار شبكات البيانات** ومدى قدرتها على تحمل الكم الهائل من البيانات التي من الممكن تلقيها وتخزينها.
- يجب أيضا العمل على **دمج برامج الصيانة** للمبنى والصيانة للأنظمة من البداية لضمان الاستدامة وتلافي أي فترات إيقاف أو ضعف في مستوى الرقابة أو ضعف المخرجات.
- يجب أيضا أن تكون **العناصر الفنية ذو كفاءة ومهارة وقدرة** على فهم وتنفيذ كافة الأعمال المرتبطة بالأنظمة فيكون هناك فريق فني مدرب على تطبيق هذه الأنظمة والتعامل معها بداية من التغذية بالمعلومات وانتهاء بتحليل المخرجات والاستفادة منها.
- يجب أن تتضمن عمليات التشغيل أيضا **قضايا الخصوصية والحفاظ على أمن المعلومات** وامتلاك تراخيص قانونية للتشغيل لتجنب أي مخاطر متعلقة بالأمن السيبراني.

## أبرز التحديات المرتبطة بالتوأمة الرقمية:-

التحدي	المفهوم/السبب	الحلول المقترحة
البنية التحتية	قد لا تصلح بعض أنواع المباني لتطبيق أنظمة ذكية بسبب ضعف البنية التحتية أو المبنى قديم جدا	تحديد واضح ومقارنة دقيقة بين تكلفة تطبيق أنظمة ذكية وبين مخرجات النظام ثم اتخاذ القرار
التكلفة العالية	ما هو القرار المناسب لجعل المبنى ذكي من عدمه ؟	دائما تطبيق هذه الأنظمة يحتاج إلى تكاليف تأسيس عالية فيجب أن يتم التعامل مع هذه التكاليف على أنها استثمار وليس مصروف ضائع
التكامل بين الأنظمة	لضمان الأمان يكون هناك بروتوكولات عديدة تسبب شعور بالتعقيد وعدم التوافق بين الأنظمة	يجب أن يتم اختبار الأنظمة بدقة حيث يكون التوافق بينها قريب جدا كذلك استخدام منصات سهلة تجعل هذه البروتوكولات شيء فيه نوع من التحدي والمتعة في نفس الوقت وخلق توافق سيحقق كلا الهدفين ( الرقابة والأمان)
نقص الكفاءات التشغيلية	قلة المتخصصين أو المدربين في هذا المجال يجعله أحيانا صعب التنفيذ	تكثيف برامج التدريب وتصميم برامج تدريبية سهلة ومحفزة وجاذبه والاستعانة بالشركات المتخصصة وكلاء الأنظمة في التدريب
مخاطر المستخدمين	-مقاومة التغيير -الأمانة -يقوم بعض المستخدمين بمقاومة التكنولوجيا والأنظمة الرقمية خوفا من التخلص منهم	زرع الثقافة التكنولوجية في نفوس المستخدمين وتنفيذ بعض الإجراءات التي تعطي الأمان للمستخدمين، ضرورة مراقبة أداء الموظفين وكذا المستخدمين للنظام الذكي خوفاً من استغلال النظام لمصالح شخصية من خلال ارسال معلومات مضللة.



## التوصيات

1. وضع إطار تشريعي وتنظيمي لتبني التوأمة الرقمية في المباني.
2. الاستثمار في تدريب الكوادر البشرية على التقنيات الحديثة.
3. تعزيز الأمن السيبراني وحماية البنية التحتية الرقمية.
4. تشجيع الشراكات بين الجامعات، القطاع الخاص، والحكومات لتسريع التحول.
5. ربط التوأمة الرقمية بمؤشرات الأداء الرئيسية ( KPIs للمباني).



## الخاتمة

يمثل دمج التوأمة الرقمية في إدارة المباني الذكية نقلة نوعية نحو تحسين الكفاءة التشغيلية، تقليل الهدر، وتحقيق الاستدامة. ورغم التحديات التقنية والاقتصادية، إلا أن الفوائد المتوقعة تجعل من هذه التقنية خيارًا استراتيجيًا لمستقبل المباني والمدن الذكية. إن الاستثمار في هذه الحلول سيساهم في بناء بيئات حضرية أكثر ذكاءً ومرونة وملاءمة للإنسان والبيئة.

المؤتمر الدولي الثالث والعشرون  
لإدارة الأصول والمرافق والصيانة



شكراً لكم!

تنفيذ

الشريك التنظيمي

**TSG | EXICON.**  
شركة مجموعة المحنص • The Specialist Group



تنظيم

بالشراكة  
مع

**OMAINTEC**  
المجلس العربي لإدارة الأصول والمرافق والصيانة  
Arab Asset, Facility and Maintenance Management Council

الرياض، المملكة العربية السعودية

14-12 يناير 2026

www.omaintec.com



#OmaintecConf