المؤتمر الدولي الثالث والعشرون
لإدارة الأصـول والمرافق والصيانة

CONFERENCE OMAINTEC 2026 EXHIBITION FM

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

الأستاذ الدكتور / حسام البرمبلي
أستاذ العمارة والصيانة جامعة عين شمس
عضو مجلس الامناء للمجلس العربى للتشغيل والصيانة (OMAINTEC)
hos.borombaly@yahoo.com

تنفيذ
الشريك التنظيمي
TSG | EXICON.
The Specialist Group • شركة مجموعة المختص

تنظيم
SAFMMA
بالشراكة مع
OMAINTEC

الرياض، المملكة العربية السعودية
12-14 يناير 2026

www.omaintec.com #OmaintecConf

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

- إستاذ ورئيس قسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة - جامعة عين شمس (سابقاً).
- نائب رئيس كلية فام - المملكة المتحدة للعلاقات الدولية.
- الممثل الفخرى و سفير المجموعة العربية الأفريقية للمستثمرين بافريقيا.
- الفائز بجائزة الفارس العربي كواحد من أكثر الشخصيات العربية البارزة التي حققت نجاحات عالمية - من اتحاد المستثمرين العرب في مصر - (2020).
- حاصل على جائزة المهندس المعماري المتميز في مصر - من غرفة التجارة الكندية بالتنسيق مع سمارت فيجن مصر.
- حائز على الجائزة البرونزية لأفضل مشروع معماري في العالم لعام (2019) عن مشروع (تطوير ساحة السيدة عائشة) من مؤسسة المجتمع Livecom.Ability في روما – إيطاليا.
- حاصل على الجائزة العربية للصيانة المتميزة - مهندس العام لسنة 2017 من المعهد العربي للتشغيل والصيانة في بيروت من رئيس الجمهورية (2017).
- عضو مجلس الأمناء بالمجلس العربي للتشغيل والصيانة OMAINTEC
- إستشاري المؤسسة الدولية للصيانة IMA بـ (لوجانو) سويسرا.
- محاضر لبرامج الصيانة بجامعات مصر وجامعات و وزارات الدول العربية.
- رئيس اللجنة النوعية لوضع أسس ومعايير الترميم والصيانة وأعادة التوظيف للمبانى التراثية.
- رئيس لجنة الكود المصري للتشغيل والصيانة للمباني العامة والتراثية بوزارة الإسكان.
- رئيس لجنة الكود العربي الموحد للتشغيل والصيانة للمباني العامة والتراثية بجامعة الدول العربية.
- مقرر لجنة إدارة الصيانة والمرافق بجمعية المهندسين المصرية.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

محتويات البحث

* إدارة أعمال التشغيل والصيانة ومتطلبات الأمن والسلامة
* تعريفات أبرز وأهم طرق وأساليب الصيانة المختلفة
* كيف يتم التعامل مع المبانى بأستعمالتها المختلفة
* أساليب العمل بإستخدام الذكاء الإصطناعي وأدواته
* تعريف التفوق الإصطناعى فى الصيانة واستخدامه فى المبانى الذكية
* التكنولوجيا الخاصة بالصيانة التنبؤية بواسطة التفوق الإصطناعي
* مميزات إستخدام أسلوب الصيانة التنبؤية بالتفوق الإصطناعي
* إستخدام إنترنت الأشياء والحاسب الآلي في مجالات الصيانة
* إنترنت الأشياء (IoT) ودوره في مجال الصيانة التنبؤية
* دور الحاسب الآلى فى تنفيذ الصيانة
* الروبوتات و مجالات عملها بالصيانة
* نظام إدارة الصيانة المحوسب (CMMS)
* الصيانة باستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM)
* المعايير الرئيسية لجودة تطبيق منظوات الصيانة التنبؤية
* القدرات الرئيسية للصيانة التنبؤية الفعالة
* التشغيل والصيانة لـ (مباني القاهرة التراثية)
* تكاليف أعمال الصيانة الرقابة على أعمال الصيانة والإصلاح بما يرفع من كفاءة المرفق
* تطبيق اساليب ترشيديه في عمليات الصيانة وكيفية تخفيض تكلفة الصيانة بما لا يؤثر علي جودتها
* تطبيقات عملية

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

المقدمة

شهد العالم في العقود الأخيرة تحوّلًا جذريًا في فلسفة التشغيل والصيانة، مدفوعًا بموجات متتالية من التطور التكنولوجي، كان في طليعتها الذكاء الاصطناعي (AI) الذي استطاع أن يُحدث نقلة نوعية في أنماط الإدارة والتحكم والتحليل، خصوصًا في قطاعات البنية التحتية، والصناعة، لقد و ادارة الاصول .أصبح الذكاء الاصطناعي حجر الزاوية في التحول من الصيانة التقليدية التفاعلية إلى نماذج أكثر ذكاءً واستباقيةً مثل الصيانة التنبؤية والمعتمدة على البيانات. ومع ذلك، فإن هذه الثورة التكنولوجية، على أهميتها، تمثل مرحلة وسيطة فقط في مسار أوسع وأكثر تعقيدًا، يتجه(Artificial Superiority) تدريجيًا نحو أفق أكثر تقدمًا: عصر التفوق الاصطناعي .

التفوق الاصطناعي لا يشير إلى نوع من الذكاء الاصطناعي "الأكثر تطورًا" فحسب، بل إلى منظومة ذكية تتجاوز القدرات البشرية ليس فقط في سرعة المعالجة أو دقة الحساب، وإنما في التفكير الإبداعي، واتخاذ القرار المستقل، والتعلم الذاتي الفائق، وحتى فهم السياقات الأخلاقية والاجتماعية بدرجة أعلى من الإنسان نفسه.

من هنا، فإن الحديث عن التفوق الاصطناعي في مجال الصيانة لا يعني مجرد أتمتة العمليات، بل إعادة تعريف جذرية لوظيفة الصيانة، إلى كونها وظيفة استراتيجية مستقلة تملك قدراتها المعرفية والتنظيمية والابتكارية (**Support** Function) وتحويلها من كونها وظيفة دعم فى العمليات الابتكارية

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

التوأمة الرقمية في العمارة والصيانة (هي نسخة رقمية افتراضية من أصل مادي مثل مبنى أو نظام أو عملية. في العمارة والصيانة، تُستخدم التوئمة الرقمية لتحسين التصميم والتشغيل والصيانة من خلال نمذجة ومحاكاة السلوك في بيئة افتراضية.مميزات التوئمة الرقمية- تحسين الصيانة التنبؤية: يمكن مراقبة حالة المبنى أو النظام في الوقت الفعلي وتحليل البيانات للتنبؤ بالأعطال.- تحسين التصميم والتشغيل

:تساعد في اختبار السيناريوهات وتحسين الأداء قبل التنفيذ الفعلي.- تكامل البيانات :

تتيح دمج بيانات من مصادر مختلفة لتحليل أداء المبنى.تطبيقات في العمارة والصيانة- المباني الذكية: مراقبة وتحكم في الأنظمة مثل التدفئة والتهوية والإضاءة.- الصيانة التنبؤية

تقليل الأعطال غير المتوقعة عبر التحليل المستمر :

إننا الآن نعيش لحظة مفصلية بين مرحلتين: مرحلة الذكاء الاصطناعي الذي لا يزال يعتمد على مدخلات بشرية وهيكل برمجي صلب، ومرحلة التفوق الاصطناعي الذي يتمتع بمرونة شبه مطلقة، وقدرة على الفهم والتكيّف وابتكار حلول من خارج القوالب التقليدية. تتجسد هذه القفزة في بنى تحتية رقمية متطورة، مثل الشبكات العصبية الفائقة، والحوسبة الكمّية، ومنصات التعلم الآلي ذاتية التطوير، مما يجعلها قادرة على إدارة بيئات تشغيلية بالغة التعقيد دون الحاجة إلى إ ولا يُعد هذا التحوّل مجرد امتداد تقني، بل يحمل في طيّاته تغيرًا فلسفيًا عميقًا في دور الإنسان داخل المنظومة التقنية، ففي حين كان الإنسان حتى وقت قريب هو "العقل المدبر" خلف أنظمة الصيانة والتحكم، فإن نظم التفوق الاصطناعي تضعه في موقع "المنسّق القيمي" والمراقب الأخلاقي، مما يتطلب منه مهارات جديدة تمامًا في فهم التكنولوجيا، والإشراف عليها، وضبط معايير عملها ضمن أطر المسؤولية والمصلحة العامة

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

تحولات عميقة في هيكل التكاليف والتشغيل، من خلال تقليص الحاجة إلى الصيانة الدورية، وتحقيق AS من الناحية الاقتصادية، يُتوقَّع أن تُحدث تقنيات استدامة طويلة المدى للمنشآت، وتعزيز أمان التشغيل حتى في أكثر البيئات خطرًا.

أما من الناحية الاجتماعية، فإن تقنيات التفوق الاصطناعي في الصيانة قادرة على حماية الأرواح من خلال التدخل الفوري دون انتظار أوامر بشرية،

وتحقيق بيئات معيشية أكثر أمانًا وصحة واستدامة، خصوصًا في المدن الذكية والقطاعات الحيوية مثل الطاقة والمياه والمرافق الصحية.

، إلا أن استشرافه (AGI) علميًا، يجب التنبيه إلى أن التفوق الاصطناعي لا يزال في مراحله النظرية والتجريبية ضمن مختبرات الذكاء العام الاصطناعي في قطاع الصيانة يُعد خطوة استباقية تهدف إلى تهيئة المهندسين والمخططين والمشرعين لتعامل واعٍ ونشط مع قوى المستقبل القادمة، إذ يجب ألا تكون هذه الأنظمة مفاجِئة للمجتمعات والمؤسسات، بل يجب أن تُصمم وتُوجه لتكون خادمة لأهداف التنمية، والحفاظ على الأصول، وحماية البيئة، والارتقاء بجودة الحياة.

، بل إلى بناء فهم استراتيجي عميق لهذه الفروقات، وإلقاء الضوء على الكيفية ASو AI إن هذا االبحث لا يسعى فقط إلى استعراض الفروقات التقنية بين التي سيتغير بها نموذج "الصيانة" من جذوره.

سنخوض عبر محاوره رحلة علمية تبدأ من المبادئ الحالية لأنظمة الذكاء الاصطناعي المستخدمة في الصيانة، ثم ننتقل إلى الأبعاد المستقبلية للتفوق الاصطناعي، من حيث كيفية التعامل معه، وأدواته، ومنهجيته، وآفاق استخدامه في القطاعات المختلفة، مع توضيح الفوائد، التحديات، والفرص التي تصنعها هذه التقنية القادمة

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

الذكاء الاصطناعي

الذكاء الاصطناعي هو فرع من علم الحاسوب. تُعرِّفه الكثير من المؤلفات بكونه: «دراسة وتصميم العملاء الأذكياء»، والعميل الذكي هو نظام يستوعب بيئته ويتخذ المواقف التي تزيد من فرصته في النجاح في تحقيق مهمته أو مهمة

التوأمة الرقمية

هي تمثيل افتراضي وديناميكي لكيان مادي أو عملية حقيقية، يُمثّلها بشكل دقيق ويُحدّث باستمرار من خلال بيانات حقيقية تُجمع بواسطة أجهزة الاستشعار، وذلك بهدف المراقبة، والتحليل، والمحاكاة، واتخاذ قرارات مستنيرة، وتحسين الأداء، وحتى التنبؤ بالأعطال المحتمل

. تعريف التفوق الإصطناعى(AS) فى الصيانة واستخدامه فى المبانى الذكية

التفوق الاصطناعي (AS) هو مصطلح حديث يُشير إلى مستوى أعلى من الذكاء الاصطناعي، حيث لا يكتفي النظام- بتنفيذ المهام التى يقوم بها الالت و الحاسوب ، بل يُظهر قدرة إدراكية واستراتيجية تتجاوز تلك المتاحة في التحليل والتخطيط والتنفيذ الذاتي المتكامل، بل والتعلُّم الموجه ذاتياً مع تدخل بشرى.

يمثل AS نموذجاً ما بعد الإدراك الآلي، حيث تتحول الأنظمة من كونها (مساعدات) إلى كونها (قادة تفكير) تقترح، تتخذ قرارات مستقلة، وتنفذ بروح تحليلية متكاملة.

[التفوق الاصطناعي

يفوق الذكاء (Artificial Superiority)يشير إلى مستوى متقدم من التفوق الاصطناعي ويتجاوز القدرات البشرية ليس فقط في سرعة المعالجة أو دقة

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

أعمال الصيانة الذكية أستباقية تتطور بأستخدام التقنيات الحديثة والبرمجيات و بأستخدام التفوق الأصطناعى ويتم إضافة العديد من الأساليب والطرق والبرمجيات للتمكن من إتمامها على النحو المطلوب بما يحد من التكاليف والخسائر للمجمعات السكنية وللمصانع وخطوط الإنتاج وصولاً الى المباني والهيئات الحكومية.

فالفكر والأساليب المتبعة للصيانة ببدايات الثورة الصناعية ليس نفس الفكر المتبع بتسعينات القرن الماضي، كما لا يتشابهه مع الفكر والأساليب والبرمجيات المستخدمة حالياً، مما يزيد الثقة بأن الأساليب والطرق والبرمجيات التي سوف يتم إعتمادها والعمل بها مستقبلاً سوف تختلف عن المعمول بها حالياً من حيث زيادة التطور وزيادة

الإعتمادية وخفض تكاليف الإنتاج.

وهنا يجب إلقاء الضوء على التطور المذهل الذي سوف تشهده أعمال الصيانة من فكر وأساليب وبرمجيات بالأعوام القليلة المقبلة إعتماداً على الكود المصري للتشغيل والصيانة.

حيث سيتم التطرق الى تطبيقات منظومات الصيانة المختلفة ودورها في رفع كفاءة المباني، وإستخدام الحلول الذكية في إدارة المباني والمرافق، وطرق التحول الرقمي لإدارة صيانة المدن والبلديات والحدائق، وصولاً الى دور الفرق المؤهلة للتعامل مع

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

جدول (1) الفروق الجوهرية بين AI و AS من زاوية المفهوم

العنصر	الذكاء الاصطناعي (AI)	التفوق الاصطناعي (AS)
مستوى الفهم	تقليدي/قائم على بيانات	استشرافي/تحليلي فوق بشري
نوعية التعلم	خوارزمي بإشراف بشري	فوق خوارزمي ذاتي التوجيه
القدرة على الإبداع	محدودة ومُوجهة نحو نمط التدريب	عالية ومبتكرة حتى خارج المعايير التقليدية
الاعتماد على الإنسان	مرتفع (للمدخلات والتصميم)	منخفض (قد يعتمد على الإنسان فقط في التوجيه القيمي)
تطبيقات الصيانة	تنبؤية/تشخيصية	ذاتية/استراتيجية/مرتبطة بأداء النظام الكامل
نطاق التفكير	محصور وموجه نحو هدف واحد	متعدد الأبعاد ومتداخل في التفكير والتحكم

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

وظيفة ASفي الصيانة:

1. وعي قيادة اصطناعي (Synthetic Contextual Awareness):
القدرة على إدراك البيئة المحيطة، وتحليل أبعادها متعددة الطبقات، مثل الديناميكيات البشرية والاقتصادية والاجتماعية.

2. تعلم فوق - ذاتي (Meta-Learning):
أنظمة تعلم تستطيع تطوير نماذج تعلم جديدة بنفسها، دون برمجة إضافية، وتُعيد هيكلة شبكاتها العصبية بناءً على التجربة.

3. تفكير استباقي غير خطي (Non-linear Anticipatory Thinking):
يمكنه بناء سيناريوهات متعددة ومعقدة للتعامل مع الاحتمالات غير المتوقعة.

4. أخلاقيات اصطناعية موجهة (Embedded Ethical Frameworks):
تتفاعل مع القيم والمعايير الاجتماعية في اتخاذ قرارات مسؤولة.

•إدارة الصيانة ذاتياً:

يقوم بتشخيص الأعطال، وإصدار أوامر الصيانة، ويتابع أعمال التنفيذ بتعديل المسارات حسب الأحداث

الذكاء الاصطناعي (AI) هو مرحلة قوية من الأتمتة القائمة على الإدراك الحسابي، تعتمد على ما تم تزويدها به.

أما التفوق الاصطناعي (AS) ، فهو قفزة نوعية تنقل أنظمة الصيانة من مجرد الاستجابة الذكية إلى القيادة المعرفية، حيث تُفكر الأنظمة وتُقيم وتبتكر وتنفّذ من تلقاء ذاتها، بل وتُعيد تعريف ما يعنيه (الحفاظ على الأصول) في بيئة تعتمد على البصيرة لا على البرمجة فقط.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

أساليب العمل بالتفوق الأاصطناعى و أدواته

والصيانة بالذكاء الإصطناعي يندرج تحتها القيام بجميع أعمال الصيانة بمساعدة ذكاء الآلات الذي يتميز بالقدرة على التعلم من البيانات وتحديد العلاقة بين متغيرات الإدخال والإخراج ولا يتطلب نماذج رياضية.

حيث يمكن استخدام التكنولوجيا لتحديد أي تناقضات واختلالات داخل المبنى أو البناء من أجهزة وأنظمة إنترنت الأشياء المختلفة من خلال جمع البيانات وتحليلها.

كما إن المبدأ الرئيسي للذكاء الاصطناعي هو أن يحاكي ويتخطى الطريقة التي يستوعب ويتفاعل بها البشر مع العالم من حولنا.

حيث إنه أصبح سريعًا الركيزة الأساسية لتحقيق الابتكار، وبعد أن أصبح الذكاء الاصطناعي مزودًا بأشكال عدة من التعلم الآلي التي تتعرف على أنماط البيانات بما يُمكّن من عمل التنبؤات، يمكن للذكاء الاصطناعي إضافة قيمة إلى أعمال المؤسسات من خلال :

- توفير فهم أكثر شمولية لفيض البيانات المتوفرة.

الاعتماد على التنبؤات من أجل إتمام المهام ذات التعقيد الشديد

فضلًا عن المهام المعتادة.

- **إستخدام المستشعرات والحساسات لتنبوء مواعيد حدوث الأعطال والتوقفات والعمل على تجنبها.**
- **خفض التكاليف المباشرة للصيانة عن طريق تحديد الوقت الأمثل للتدخل بأعمال الصيانة المطلوبة.**

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

كما يعمل الذكاء الإصطناعي على تقليل الأعطال والتوقفات مع الوصول الى مرحلة (صفر توقفات) والذي من شأنه خفض التكاليف الغير مباشرة للصيانة.

ويعمل كذلك على مساعدة العامل البشري في إتخاذ القرارات عن طريق تحليل البيانات والمدخلات للوصول الى إتخاذ القرار الأمثل.

ولهذا نجد إن الغرض الرئيسي من تكنولوجيا الذكاء الاصطناعي هو تحسين أداء المؤسسات وإنتاجيتها عن طريق إتمام العمليات أو المهام التي كانت تتطلب القوة البشرية فيما مضى.

التكنولوجية الخاصة يالصيانة التنبؤية بواسطة التفوق الإصطناعي

تقوم منهجية الصيانة التنبؤية على إستخدام العديد من المستشعرات وطرق التحليل والقياس لأداء الماكينات والمعدات، للوصول الى المشاكل الحالية التي ظهرت بوادرها للعمل على معالجتها بالوقت الأمثل حتى لا تتفاقم ويصبح التصليح أكثر تعقيداً وتكلفة.

ويعد من أهم نقاط التقييم وتحليل حالة المعدات المستخدمة بتطبيقات الصيانة التنبؤية ما يلي

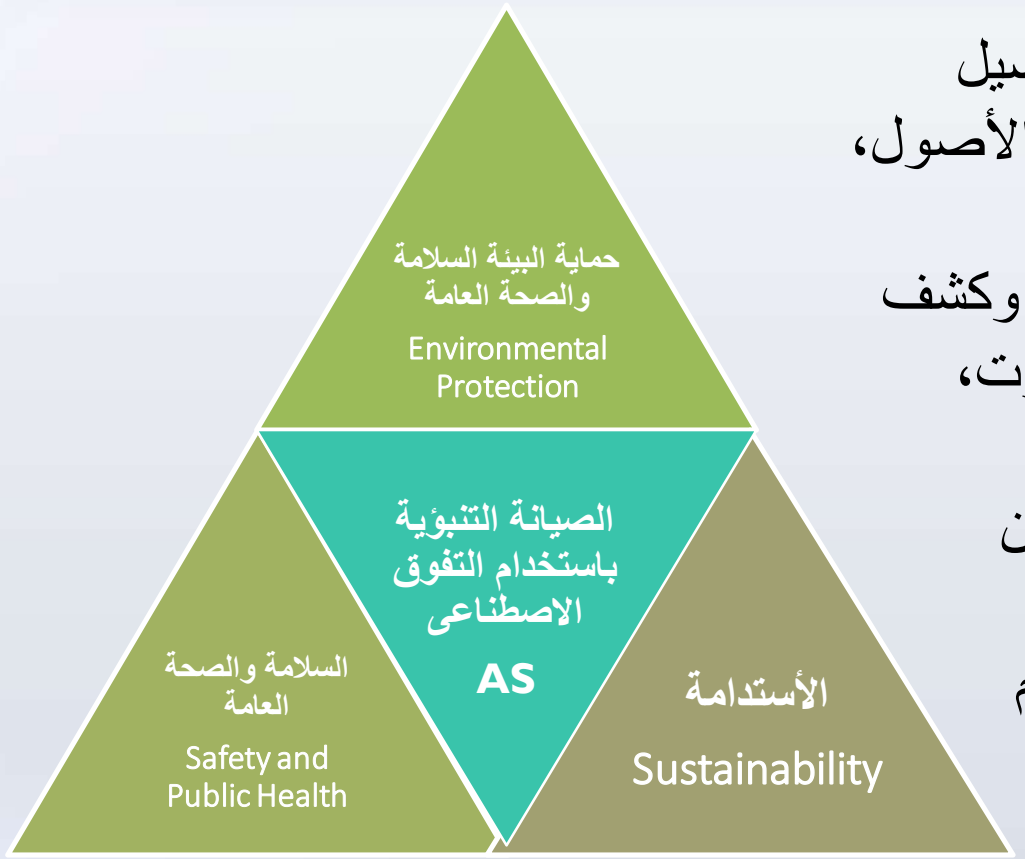
تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

مميزات أستخدام الصيانة التنيؤية بالتفوق الاصطناعى

الاهتمام بأعمال الصيانة أصبحت عاملاً أساسياً لنجاح أى شركة أو مجمع سكني أو كيان صناعي فى تحقيق الأهداف المرسومة من توسعات وتطوير فى المعدات وهي من أهم مطالب ملاك المجمعات السكنية العملاقة والكيانات الصناعية وخطوط الإنتاج العملاقة.
حيث إن إتباع أسلوب الصيانة التنبؤية بالذكاء الإصطناعي يساعد على تحقيق الأهداف الرئيسية والتى تتمثل في :

تخفيض تكاليف الصيانة.
تحقيق أعلى إنتاجية.
تخفيض الأعطال.
اطالة الفترة الزمنية بين الاصلاحات.
اطالة عمر المعدات.
إرتفاع جودة المنتجات
زيادة الانتاجية.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)



الصيانة التنبؤية (PREDICTIVE MAINTENANCE) :

تتكون البنية التحتية لحلول هذا النوع من الصيانة عادة من مرحلة تحصيل البيانات وتخزينها، وتحويل البيانات، ومراقبة الظروف، وتقييم صحة الأصول، والتنبؤات، ونظام دعم القرار، بالإضافة لإشراف من قبل البشر.

تشتمل تقنيات الصيانة التنبؤية على طرق اختبار آمنة مثل الصوتيات، وكشف الهالة، والأشعة تحت الحمراء، وتحليل الزيت، وقياسات مستوى الصوت، وتحليل الاهتزاز، والتصوير الحراري.

حيث تعمل هذه الطرق على تجميع بيانات العمليات والمعدات في الزمن الحقيقي عبر شبكات الاستشعار اللاسلكية.

كما يستخدم مزودو حلول الصيانة التنبؤية هذه القياسات وتقنيات التعلم الآلي للصيانة التنبؤية.

وتقوم أعمال الصيانة التنبؤية بإحترام العديد من المعايير والمتغيرات للوصول الى أقصى إستفادة ممكنة من تطبيق هذه المنظومة كما مبين بالشكل التالي

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

أولاً: مفهوم التفاعل الذكي في عصر(AS)

التفاعل في نظام (AS) لا يُقاس فقط بكمّ الأوامر والاستجابات، بل يتمثل في:

- القدرة على الفهم العميق للنوايا البشرية.
- الاستجابة للسياقات المحيطة بدقة وسرعة.
- التكيّف الذاتي مع التغيرات من دون تدخل بشري مباشر.
- إنشاء قنوات متعددة الاتجاهات للتواصل: إنساني - آلي - بيئي.
- إستخدام خوارزميات معقدة لتحليل الأنماط المركبة.
- القدرة على محاكاة والتفوق على العقل البشري

الصيانة التنبؤية بالتفوق الإصطناعي تعمل على:

- تقليص فترات الصيانة الدورية للمباني والمنشآت، وبالتالي زيادة كفاءة التشغيل.
- تحديد الأجهزة والمعدَّات ذات الصيانة العالية ليتم استبدالها بأخرى أحدث وأكثر كفاءة.
- تقليل الحوادث والأعطال وبذلك يتم تخفيض تكاليف الخسائر غير المباشرة.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

المعاييـــر الرئيسيـــة لجـــودة تطبيـــق منظومـــات الصيانـــة التنبؤيـــة

العامل	(AI) الذكاء الاصطناعي	(AS) التفوق الاصطناعي
بيئة اتخاذ القرار	محددة المعايير، بناء على بيانات سابقة	مرنة، متغيرة، قائمة على استشراف المجهول
آلية التحكم	أوامر مباشرة وتحكم برمجي	قيادة معرفية وتوجيه فلسفي وأخلاقي
التعامل في الأعطال الفجائية	محدود وقد يتطلب تدخل يدوي	استباقي ويعيد توجيه الخطة آليًا
القابلية للتكيف	بناء على تعديلات بشرية	ذاتية التكيّف وذاتية التحسين
الدعم البشري المطلوب	عالي: إدخال، مراقبة، تعديل	منخفض: مراجعة توجيهية وتقييم عالي المستوى

جدول يوضح 2الفارق بين بيئة العمل وبين AI و AS :

الصيانة التنبؤية الفعالة تقوم بالإستفادة من تقارب البيانات من الأجهزة وتكنولوجيا المعلومات والتحليل بإستخدام تقنيات متقدمة للتحليلات والذكاء الاصطناعي عن طريق النظم الرقمية .

تشير الدراسات الحديثة إلى الأهمية الك بإستخدام الحاسب الآلي وتم إيجاد متوسط النتائج كالتالي :

- زيادة بنسبة (28.3%) في إنتاجية الصيانة.
- تخفيض بنسبة (20.1%) في تعطل المعدات
- توفير في تكلفة المواد يصل الى(19.4. (%
- تقليل في مخزون الصيانة والاصلاح يصل الى (17.8%).

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

مزايا أستخدام تقنيات التفوق الأصطناعىAS بالمقارنة بالذكاء الاصطناعى AI

لقد كان الذكاء الاصطناعي (AI) على مدار العقدين الماضيين ثورة حقيقية في عمليات الصيانة، من خلال تقليص زمن التعطل، وتحسين إدارة الأصول، وتقديم تنبؤات مبنية على تحليل البيانات.
ولكن مع دخول التفوق الاصطناعي (AS) إلى المشهد، بدأنا نرى نقلة نوعية من مرحلة (الدقة الرقمية) إلى مرحلة (التميّز المعرفي المتكامل)، حيث لم يعد الهدف مجرد تحليل الأعطال، بل أصبح التحدي هو تحقيق أقصى درجات (الاستباقية، والسيطرة، والتفاعل الذكي مع البيئات المتغيرة.(
سنناقش الآن بالتفصيل الفوائد المتقدمة التي تقدمها أنظمة التفوق الاصطناعي، مقارنةً بتلك التي يقدّمها الذكاء الاصطناعي
التقليدي، مع التركيز على المجالات الحيوية للصيانة الحديثة.
(AI) أولاً: الفوائد العامة للصيانة باستخدام الذكاء الاصطناعي
1.التنبؤ بالأعطال:
- عبر التحليل البياني التاريخي، يمكن لأنظمة (AI) التنبؤ باحتمالية تعطل مكون معين بناءً على مؤشرات الأداء.(KPIs)

2.تقليل التكاليف :بانة
- AIيساعد على تقليل الصيانة الوقائية الزائدة، عبر التحول إلى ص تنبؤية أكثر دقة.

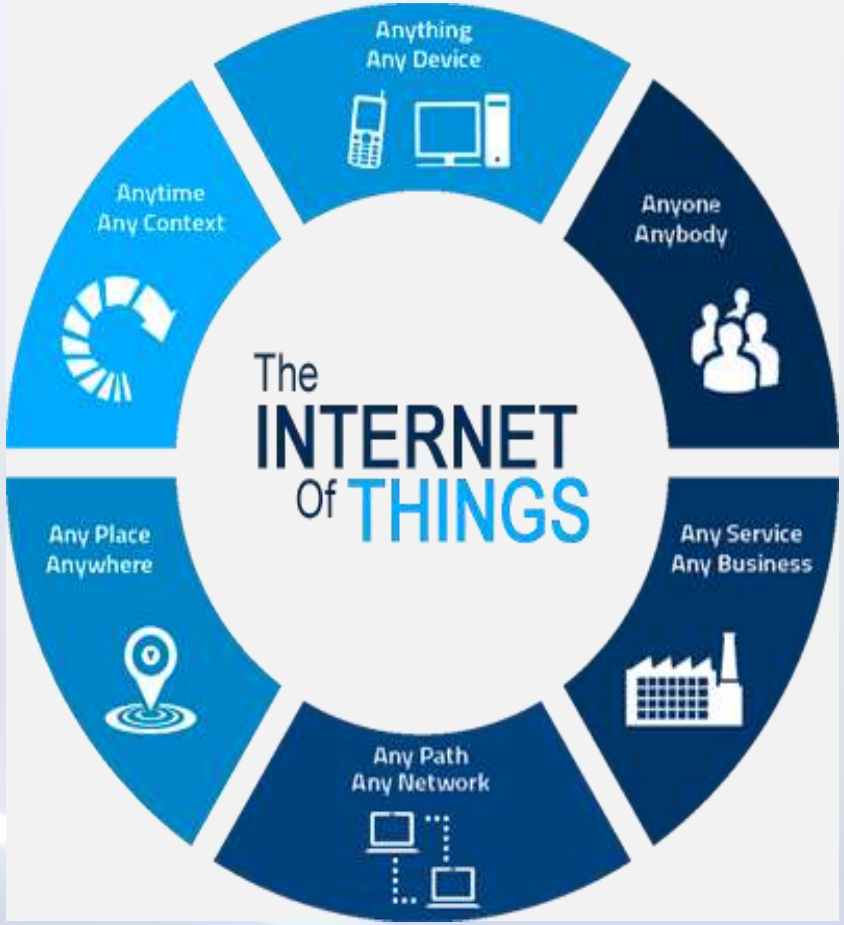
4. دعم القرار:

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

مجال الفائدة	(AI) الذكاء الاصطناعي	(AS) التفوق الاصطناعي
التنبؤ بالأعطال	دقيق بناء على بيانات تاريخية	استباقي مع توصيف السيناريوهات البديلة
سرعة اتخاذ القرار	متوسطة وتعتمد على نموذج مبرمج	فائقة وسياقية وتفاعلية لحظيًا
مستوى التكيّف	محدود، يتطلب تدخل بشري	ذاتي بالكامل، وفق بيئة العمل وديناميكيتها
الحس الأخلاقي والأمان	غائب أو محدود	مدمج ضمن آلية اتخاذ القرار
الفهم المتعدد للبيانات	نصي أو رقمي	متكامل: صوت، صورة، بيئة، أرقام
مرونة التشغيل تحت الضغط	يتوقف عند تعقيد السيناريو	يعيد تشكيل نفسه ويقترح هيكلًا تشغيليًا بديلًا
التفاعل البشري	قائم على الأوامر	قائم على الحوار والتشاركية
التأثير في مؤشرات الأداء	تحسين تدريجي محدود	تحوّل جذري في الكفاءة، والاستدامة، والتكلفة

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

أستخدام أنترنت ألاشياء و الحاسب الألى فى الصيانة



لآل يشير مصطلح (IoT)، أو إنترنت الأشياء، إلى مجموعة من الأجهزة المتصلة والوسائل التكنولوجية التي تيسر الاتصال بين الأجهزة والسحابة، وكذلك بين الأجهزة نفسها.

وبفضل ظهور رقائق الكمبيوتر ميسورة التكلفة واتصالات النطاق الترددي العالي، أصبحت لدينا الآن مليارات الأجهزة المتصلة بالإنترنت، وهذا معناه أن الأجهزة التي نستخدمها يوميًا يمكنها استخدام أدوات الاستشعار لجمع البيانات والتجاوب بذكاء مع المستخدمين أنترنت الأشياء مع العلاقات المحسوبة

منظومة الصيانة التنبؤية بإستخدام الذكاء الإصطناعي وإنترنت الأشياء (IoT) لتضمنها للعديد من التطبيقات التلقائية التي تعود
بالإضافة الى زيادة العمر الإفتراضي للمنشآت والآلات، كما لها من فائدة عظيمة على تقليل تكاليف الصيانات على المدى الطويل بصورة كبيرة

ونجد إنه من الأمثلة على إستخدام (IoT) هي (المنازل المتصلة) :

حيث تركز الأجهزة المنزلية الذكية في الأساس على تحسين كفاءة المنزل وأمانه، فضلاً عن تحسين الشبكات المنزلية. فتراقب بعض الأجهزة مثل المقابس الذكية استهلاك الكهرباء وتوفر منظمات الحرارة الذكية تحكمًا أفضل في درجة الحرارة، ويمكن أن تستخدم أنظمة الزراعة في الماء أدوات استشعار إنترنت الأشياء للتحكم في الحديقة في حين تستطيع أجهزة الكشف عن الدخان القائمة على إنترنت الأشياء اكتشاف دخان التبغ.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

الروبتات و مجال عملها فى الصيانة التنبؤية

اهمية إستخدام الروبوتات في منظومة الصيانة التنبؤية بالذكاء الإصطناعي لتحسين الصيانة الشاملة ودقة التشغيل :

يتم إستخدام برامج متخصصة لمحاكي الروبوتات لإنشاء التطبيق الفعلي (الروبوت) دون الإعتماد على آلة فعلية، وبالتالي توفير التكلفة والوقت.

في بعض الحالات، يمكن نقل هذه التطبيقات إلى الروبوت المادي (أو إعادة بنائها) بدون تعديلات.

تسمح برامج محاكاة الروبوتات القائمة حالياً على إعتماد السلوك الخاص بالمستخدمين عن طريق إنشاء عالم بسيط من الأجسام الصلبة ومصادر الضوء وبرمجة الروبوتات للتفاعل مع هذا العالم.

تسمح المحاكاة المستندة إلى السلوك بإجراءات أكثر حيوية في طبيعتها بالمقارنة مع المحاكاة الأكثر ثنائياً أو الحوسبية، بالإضافة إلى ذلك، قد تتعلم المحاكاة القائمة على السلوك من الأخطاء وتكون قادرة على إثبات جودة المثابرة.

سوف تكون الروبوتات قادرة على القيام بأعمال الصيانة الضرورية دون تدخل بشري طبقاً لمستشعرات تحدد مدى إحتياج الآلة أو المعدة للصيانة، والأجزاء الداخلية المراد صيانتها، وكيفية القيام بأعمال الصيانة.

ويعتبر الشرط الأول للاستقلالية الجسدية الكاملة للروبوتات هو قدرة الروبوت على الاعتناء بنفسه، حيث إنه يمكن للعديد من الروبوتات التي تعمل بالبطاريات الموجودة في السوق اليوم العثور على محطة شحن والاتصال بها.

يعتمد الصيانة الذاتية على (استقبال الحس العميق) حيث تبرز الحاجة إلى زيادة الحس العميق للروبوتات للعمل بشكل مستقل بالقرب من الناس وايضاً في البيئات القاسية.

تشمل مستشعرات التحسس الشائعة استشعار الحرارة، الضوء، واللمسي، بالإضافة إلى تأثير (هول) الكهربائي.

تعتبر العديد من روبوتات المصانع الحديثة (روبوتات مستقلة) ضمن الحدود الصارمة لبيئتها.

مجالات عمل الروبوتات بأعمال الصيانة :

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

نظـــام إدارة الصيانـــة المحـــوســـب (CMMS)) وتمذجة معلومات البناء (BIM)

نظام إدارة الصيانة المحوسب (CMMS) :

أنظمة إدارة الصيانة المحوسبة (CMMS) و المعروف بإسم

(Computerized Maintenance Management System)

هو عبارة عن حزم برمجية تعمل على أجهزة الحاسبات الآلية وأجهزة الكمبيوتر بحيث تكون مهمتها الأساسية هي تنظيم أعمال الصيانة بالمؤسسات السكنية والمنشآت الصناعية.

يتم إستخدام أنظمة إدارة الصيانة بالحاسب الآلي في التخطيط والإدارة من قبل محترفين بهذا المجال، للعمل على تحسين عمليات الصيانة وجعلها مطابقة للمواصفات القياسية.

إن الإستخدام الأمثل لهذه الأنظمة والذي يمتاز بالكفاءة العالية يكون من أهم الأسباب لزيادةٌ في عُمر الآلات، وتخفيض التكاليف الكلية لأعمال التشغيل والصيانة، كما إنها المفتاح الرئيسي لزيادة درجة الاعتمادية والإنتاجية في الكيانات الصناعية العملاقة.

ويعتبر من أهم الفوائد التي يمكن الحصول عليها من وراء استخدام أنظمة إدارة الصيانة بالحاسب الآلي ما يلي :

تسريع العمل عبر إتمام مهام الصيانة الدورية بالصورة الملائمة.

سهولة توثيق أعمال الصيانة ومتابعتها وحفظ المستندات الخاصة بها للرجوع إليها بسهولة كلما إقتضت الضرورة.

الإعتماد على الرقمية لإتمام عمليات الصيانة حيث يتم العمل على التخلص من الأوراق والإعتماد على تسجيل البيانات بالحاسب الآلي لسهولة التنظيم والترتيب.

تنظيم المخازن وتوفر قطع الغيار وإعداد اللوائح الخاصة بطلبات الإحتياج كلما إقتضت الضرورة.

زيادة قيمة الاصول المتعلقة بالمؤسسات والعمل.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

إستخدام الـ (BIM) في أعمال الصيانة:

يعمل نظام الـ (BIM) على توفير الكثير من الفوائد للأطراف المختلفة من المشاريع مثل مقاول التنفيذ والمهندس المشرف والجهة المالكة.

حيث إنه عندما تهدف الجهة المالك لإستخدام نظام الـ (BIM) في التشغيل والصيانة ليكون من المهم تجميع معظم المعلومات في جميع مراحل المشروع المبكرة من جميع الأطراف مثل مقاولين التنفيذ الذين يعملون في المشروع والمهندسين المشرفين.

\كما تعمل تقنيات الـ (BIM) على التخلص من المشاكل الناتجة عن نظام تبادل المعلومات التقليدي.

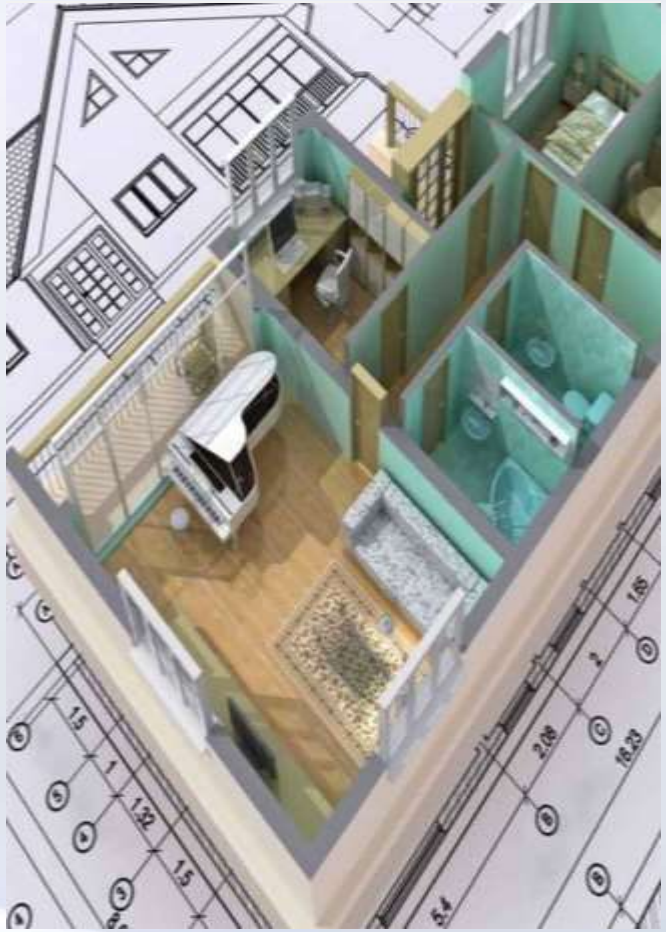
يعمل إستخدام المنظومة في المراحل المبكرة للمشروع على توفير كم أكبر من المعلومات المتكاملة والتي تكون أكثر مساعدة لإدارة المنشأة خلال عمليات التشغيل والصيانة.

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

حيث أن الـ (BIM) يعتبر موديل المعلومات لإدارة أعمال الصيانة بالمنشأ، والهدفل الأساسي من استخدامه في الصيانة هو إيجاد مستودع من المعلومات الخاصة بأعمال الصيانة ويتميز بقدرته على احتواء المعلومات المتعلقة بالبناء، واظهارها بشكل نماذج وتقارير تساعد بإدارة أعمال الصيانة، وكذلك فإنه يساعد على تقديم اتصال ثلاثي الأبعاد بين جميع أطراف المشروع لفهم المتطلبات الهندسية، ولهذا يعتبر مختلفاً عن النماذج التقليدية الخاصة بالـ (3D).

وتتم أعمال إدارة الجدولة واتخطيط لإدارة أعمال الصيانة في المنشأة من خلال فحص الزمن الحقيقي للمهمات واذا كانت تتوافق مع الخطة الموضوعة مسبقاً، مع إدخال عامل الزمن، كما يتم استخدام ألوان مختلفة من أجل تميز الأنواع الرئيسية من أعمال الصيانة والأنواع الشائعة هي :

- صيانة وفق المخطط.
- اكتمال أعمال الصيانة. فى الداخل
- صيانة متأخرة.
- لا حاجة للصيانة.



: نمذجة المعلومات بالابعاد الثلاثية

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

الصيانة باستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) :

يعد الـ (BIM) من أهم الفلسفات الحديثة في عالم الهندسة، حيث يتم استخدام هذا النظام من أجل حل المشاكل الناتجة عن نظام التوصيل التقليدي، كما إن اعتماد نظام الـ (BIM) في المراحل المبكرة من المشروع.

كما ساعد ظهور الـ (BIM) على توفير فرصة مناسبة من أجل تحقيق مستوى أكثر تطوراً لإعداد الخطط الإدارية وذلك من خلال :

- الحصول على التكامل بين جميع المعلومات والمكونات والتي كانت صعبة التحقيق من خلال رسومات ولوحات الـ (AutoCAD) وحدها.
- سهولة تبادل المعلومات والبيانات بين جميع الأطراف المساهمين مما يساهم في إيجاد حلول للتعارضات والمشاكل قبل حدوثها.
- العمل على خلق تخيل أفضل للمبنى أو المنشأ.

يمكن إعتبار الـ (BIM) كأحد التقنيات الجديدة التي ظهرت في الحقل الخاص بالـ (AutoCAD) والتي لا تتضمن فقط معلومات هندسية ورياضية بل تتضمن أيضاً قاعدة بيانات كبيرة .

تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام التفوق الإصطناعي (AS)

التوصيات

إن الإلتزام بتنفيذ خطة الصيانة الدورية باستخدام التفوق الاصطناعى بكفاءة يعتبر مؤشراً جيدا لأداء الصيانة، فكما إن للإنتاج خطة يحققها، فإن للصيانة أيضا خطة يجب تنفيذها.

وكلما قلت نسبة أعمال الصيانة الطارئة الى أعمال الصيانة التنبؤية بالتفوق الإصطناعي، دلّ ذلك
على كفاءة أداء الصيانة

لابد من التاكد من أستخدام التفوق الأصطناعى بحكمة فى أعمال الصيانة التنبؤية وبأداء تحت المراقبة والتسجيل

الأستعانة بادارات التطوير المستدام من أجل الحصول على أعلى أداء

CONFERENCE
OMAINTEC
2026
EXHIBITION
FM
المؤتمر الدولي الثالث والعشرون
لإدارة الأصـول والمرافق والصيانة
تطبيقات التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة التنبؤية بإستخدام
التفوق الإصطناعي (AS)
شـــكراً لكم!
تنفيذ
الشريك التنظيمي
TSG | EXICON.
The Specialist Group • شركة مجموعة المختص
تنظيم
SAFMMA
بالشراكة مع
OMAINTEC
الرياض، المملكة العربية السعودية
12-14 يناير 2026
www.omaintec.com
#OmaintecConf