التوأم الرقمي: كنهج شامل للمستشفيات الأكثر ذكاء

THE DIGITAL TWIN: AS A HOLISTIC APPROACH TO SMARTER HOSPITALS

د/ أحمد صالح عبد الفتاح علي اسماعيل
الأستاذ المساعد بقسم الهندسة المعمارية - كلية الهندسة بالمطرية - جامعة حلوان - مصر

Dr. Ahmed Saleh Abdel Fattah Ali Ismail
Associate Professor, Department of Architecture- Faculty of Engineering in Materia – Helwan University- Egypt

ahmed_saleh@m-eng.Helwan.edu.eg

الملخص

منذ جائحة كورونا تواجه المستشفيات ضغوطًا متزايدة لتحقيق نظام صحي قادر علي التعامل من بعد في الوقت الفعلي، إلا أنها تواجه مشكلات التشغيل البيني التي تحيط بأنظمة المعلومات الصحية المختلفة. وأصبحت الطرق التقليدية أقل قدرة على التحديثات في الوقت المناسب لحالة المبنى والتعامل مع حجم البيانات الضخمة. ولذلك هناك توقعات متزايدة في المستشفيات لتبني التكنولوجيا الرقمية لتشكيل العصر الجديد للرعاية الصحية؛ وبالرغم من ذلك هناك مخاوف من أن الحلول الصحية الرقمية تخلق أنظمة بيئية أكثر تباينًا؛ مما يصعب السيطرة عليها ويؤثر على صحة المرضي وجودة تقديم الرعاية الصحية لهم. لذا دعت الحاجة إلى البحث عن نهج أكثر تنسيقًا وتكاملًا وشمولية للتحول الرقمي - نهج يجمع الأنظمة معًا ويأخذ في الاعتبار التحليلات من جميع وجهات النظر- مثل نهج التوأم الرقمي Digital Twin (DT) المدعوم بمجموعة من التقنيات وبانترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي. وهي تقنية أثبتت قدرتها على تقديم وسيلة قابلة للتطبيق لحل هذه التحديات المتزايدة. ومع تطور التوائم الرقمية (DT) بشكل كبير على مدى السنوات الماضية، وبالرغم من تقديمها كتقنية تثير الحماس، لا يزال هناك ارتباك كبير حول ماهية التوأم الرقمي (وما ليس كذلك؟)، وما إذا كان سيفي بوعوده مثل العديد من التقنيات الجديدة. فكانت هذه الورقة البحثية لدراسة علاقة التوائم الرقمية بمجال العمارة ولإزالة الالتباس والإجابة على ماهية التوأم الرقمي؟ وكيف يعمل وما هي الفوائد من إستخدامه في العمارة، وإدارة البناء. مع عرض مثال ناجح لمستشفى يعتمد على التوائم الرقمية (DT) في إدارة البيانات الديناميكية للأنظمة المختلفة. ومن ثم وقف لإستنزاف ميزانيات مقدمي الرعاية الصحية، من خلال زيادة الكفاءات التشغيلية، وتقليل التكاليف؛ حيث ساعدا إرسال المعلومات والبيانات في الوقت الحقيقي بشكل كبير على ردود الفعل السريعة وفي الوقت المناسب لمنع حدوث اي إخفاقات في المنشأة.

الكلمات المفتاحية

التوائم الرقمي؛ الذكاء الاصطناعي؛ التكنولوجيا الرقمية؛ مباني الرعاية الصحية.

ABSTRACT

Since the CORONA pandemic, hospitals have been under increasing pressure to achieve a real-time remotely treated health system, but they face interoperability problems surrounding different health information systems. Traditional methods have become less able to update in time and deal with the volume of big data. There is a need to seek a more coordinated, integrated, and comprehensive approach to digital transformation - an approach that brings systems together and considers impacts from all perspectives- such as the Digital Twin (DT) approach which is supported by a range of technologies, the Internet of Things and artificial intelligence. It is a technique that has demonstrated its ability to provide a viable way to resolve these growing challenges. As digital twins (DT) have evolved dramatically over the past years, there is still considerable confusion about what digital twins are/ aren't? And whether he will keep his promises like many new technologies. This research paper to remove this confusion and answer what is a digital twin? How it works and what are the benefits of using it in architecture, building management. With the presentation of a successful experience of a hospital based on digital twins (DT) in the management of dynamic data of different systems.

KEYWORDS

Digital twins; artificial intelligence; digital technology; healthcare buildings.

 Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

١. المقدمة Introduction

أصبح مصطلح "ذكي" مرادفًا "للأجهزة الآلية" أو "الأجهزة الرقمية". ومع ذلك، فإن الحقيقة هي أن إضافة التكنولوجيا والأجهزة والمستشعرات لا تجعل المبنى "ذكيًا" بالضرورة، وفي بعض الحالات، يتم فرض الابتكارات الرقمية، دون التفكير حقًا في التداعيات، وخاصا في مباني مثل المستشفيات؛ نظرا لتعدد الأنظمة والمعدات الطبية المستخدمة والمتطلبات الصحية الصارمة، مما قد يؤدي الي مجموعة من التعقيدات والتناقضات؛ ولهذا يجب تطبيق درجة عالية من التدقيق على التكنولوجيا الرقمية المستخدمة خاصةً لأنها يمكن أن تؤثر بشكل مباشر على حياة المريض[١]. ولتفادي ذلك ولجعل المستشفى ذكيا يجب أن تدمج التكنولوجيا والعمليات التشغيلية معا لإنشاء منشأة أكثر أمانًا وراحة وإنتاجية لشاغليها وأكثر كفاءة من الناحية التشغيلية لأصحابها. يخلق مزيجًا ناجحًا بين البيئة وشاغليها. فالمستشفيات ومرافق الرعاية الصحية الأخرى بيئات معقدة لا يمكن التنبؤ بها بسهولة[٢]. وغالبًا ما تكون إدارة مثل هذه المرافق مهمة صعبة، حيث تتراوح المهام من صيانة المبنى ومراقبة الطاقة بالإضافة إلى احتياجات المريض الحرجة على مدار ٢٤ ساعة، ولذلك يبقى التحدي الرئيسي هي كيفية التعامل مع إدارة المرافق والعمليات السريرية بشكل متكامل، مع فرق وأنظمة مختلفة. وأصبح ذلك ممكنا مع التكنولوجيا تطور النظم الصحية بشكل كبير، للوصول إلى مستوى أعلى من التحول الرقمي والكفاءة في الاداء وقابلية التشغيل البيني مقارنة بالسابق[٢]. وفي الوقت الحاضر، نشهد تحولًا كبيراً ومهم نحو الأنظمة الصحية في الوقت الفعلي Real-Time Health Systems (RTHS)، حيث تتم مشاركة البيانات ذات الصلة في الوقت الفعلي بين الأجهزة والأشخاص وسير العمل؛ تعمل هذه الأنظمة على تشكيل العصر الجديد للرعاية الصحية من خلال تحقيق نتائج أفضل للمرضى وفرق الرعاية ومديري المستشفيات، كما ان هذا النوع من الأدوات الرقمية في مراقبة والتحكم في أشياء مثل الإضاءة والتدفئة في الغرف، من خلال إيقاف تشغيل الأنظمة عندما لا تكون قيد الإستخدام؛ اعتماداً علي انظمة الذكاء الاصطناعي وبذلك تزيد عملية المؤتمتة Automation من استدامة مؤسسة ما وتؤثر بشكل إيجابي على بصمتها الكربونية.

١,١الاشكالية البحثية

أهم الحلول المتعلقة بإدارة مباني المستشفيات الكبيرة، يعد (BIM) واحدة من أكثر النظريات الواعدة لهذ الغرض[٣]. تتمحور إشكالية البحث حول انه بالرغم من إنجازات(BIM)، لا تزال هناك مخاوف رئيسية في إدارة عمليات البناء، خاصة في مباني المستشفيات الكبيرة، دون حل ومنها:

- تفتقر منصات البرامج الحالية إلى عرض محدث باستمرار لمباني العالم الحقيقي؛ حيث يتم استيراد معظم بيانات البناء على الأنظمة الأساسية الحالية مسبقًا ثم تظل دون تحديث.
- لا تزال هناك صعوبات عند جمع البيانات الرقمية من مصادر مختلفة من حيث الحجم والشكل في المستشفى، يحتوي كل نظام على أجهزة وواجهات وتنسيقات بيانات فريدة من نوعها. بالإضافة الي أن تتراكم بيانات المستشعر بسرعة كبيرة.

لمعالجة هذه المشاكل، تم استعارة مفهوم أو مصطلح جديد نسبيًا - التوأم الرقمي – (DT) نظراً لحداثة إستخدام هذا المصطلح؛ فإن معناه لا يزال غير واضح، لتنوع الرؤى والأهداف من إستخدامه. وبناء على إشكالية البحث تم تحديد سؤال محوري للبحث: ما هو مفهوم التوائم الرقمي وما الذي يميزها عن غيرها من التقنيات التي تستخدم في إدارة المستشفيات لجعلها أكثر ذكاء؟

٢,١ هدف البحث

من خلال العرض السابق لإشكالية البحث وسؤاله المحوري، يسعى البحث إلى دراسة علاقة التوائم الرقمية بمجال العمارة مع إزالة الالتباس والإجابة على ماهية التوأم الرقمي؟ وكيف يعمل وما هي الفوائد من إستخدامه في العمارة، وإدارة البناء مع عرض تجربة ناجحة لمستشفى يعتمد على التوائم الرقمية(DT) في إدارة البيانات الديناميكية للأنظمة المختلفة.

٣,١ منهجية البحث

أعتمد البحث في منهجيته على المنهج الاستقرائي الاستنباطي وتم جمع المعلومات من العديد من المصادر الاولية والثانوية.

٢. التوائم الرقمي DIGITAL TWINS (DT)

نشأ أو ل تعريف عملي للتوائم الرقمية من وكالة ناسا في محاولة لتحسين محاكاة النموذج المادي للمركبة الفضائية في عام ٢٠١٠[٤]. واجتمعت كثير من المراجع علي تعريف التوأم الرقمي Digital Twins (DT) بانة انعكاس أو نسخة رقمية من العالم المادي والعمليات التي تدمج وتجمع أي بيانات من خلال إنشاء نسخة رقمية طبق الأصل من أي شيء، مثل كائن حي، مقعد متحرك إلى مبنى، أو مدينة بأكملها، هذه النسخ المتماثلة الرقمية يمكنها الحصول على اي بيانات حول الشي المادي المتصل به، وكلها مُعرفة جغرافيًا إلى موقعها الفعلي في العالم الحقيقي من خلال مزامنة النسخة المتماثلة (Twin) الرقمية مع بياناتها في الوقت الفعلي، بمعني اخر يقوم التوائم الرقمي بتمثيل افتراضي في الوقت الفعلي لكيان العالم المادي.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

يمكن أن تقدم التوائم الرقمي فوائد كبيرة للشركات عبر أي صناعة. تستخدم التوائم الرقمية البيانات التاريخية والبيانات المجمعة لتمثيل الماضي والحاضر، لتقديم رؤى متكاملة لا مثيل لها تعمل على تبسيط العمليات، وعرضها على الاجهزة المختلفة؛ لتسريع الفهم الشامل وتحسين عملية صنع القرار التي تعتمد على البيانات[٥].

يمكن بناء التوائم الرقمية على بيانات مصممة مسبقا طبقا للحالات لتحقيق نتائج مستهدفة وإجراءات فعالة. مثل محاكاة الخطط المستقبلية المدعومة بسيناريوهات "ماذا لو؟" يتم إنشاء التوائم الرقمية أثناء مرحلة تخطيط المشروع ويمتد الي المرحلة التالية من دورة حياة الأصل، من التصميم إلى التنفيذ والبناء ثم إلى التشغيل والصيانة[٦]. على عكس نماذج البيانات الثابتة؛ فإن التوائم الرقمية هي كيانات ديناميكية "حية" تتطور في الوقت الفعلي، يتعلمون ويحدّثون ويتواصلون مع نظرائهم الماديين من خلال تبادل البيانات طوال دورة حياة الأصل بإستخدام الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، وتقنيات إنترنت الأشياء، وتحليلات البيانات؛ لإنشاء نماذج محاكاة رقمية حية قادرة على التعلم والتحديث من مصادر متعددة بالإضافة إلى تمثيل الظروف الحالية والمستقبلية للنظراء الماديين والتنبؤ بها[٧]. مدعومة بالمحاكاة الديناميكية، يمكن لمستخدمي هذه التوائم الافتراضية تجنب المشاكل قبل حدوثها، واستكشاف فرص جديدة لترشيد الموارد، والتخطيط للمستقبل.

١,٢ فوائد التوائم الرقمية للعمارة والهندسة والبناء Benefits of Digital Twins for (AEC)

بعد عرض إستخدام التوائم الرقمية خلال مراحل المشروع المختلفة نستنتج ان التوأم الرقمي هو أكثر من مجرد نموذج ثلاثي الأبعاد، بل هو نهج تعاوني يعرض نسخة طبق الأصل من مبنى ويعرض جميع أنواع المعلومات المطلوبة، في بيئة افتراضية. ولذلك له العديد من الفوائد في تحسين العديد من جوانب مشاريع البناء اهمها[٨]: -

- سرعة الانجاز في تصميم المشروع والموافقة عليه، حيث جمع البيانات الرقمية مع نماذج الإدخال المخصصة يقلل بشكل كبير من الأخطاء، مقارنة بالنسخ الإلكتروني من النماذج الورقية.
- تتحقق المراقبة الفعلية لموقع البناء عن طريق التوأم الرقمي، والتأكد من أن العمل المنجز يتوافق مع الخطط والمواصفات.
- إدارة سلسلة التوريد والمشتريات إدارة الوقت والموارد ومنع حدوث تضارب في سير العمل خلال مرحلة البناء.
- تحسين التكلفة وتقليل التغيرات اثناء تنفيذ المشروع، وغالبًا ما تؤدي التغييرات اثناء التنفيذ إلى زيادة الميزانية ووقت الانتهاء.
- القضاء على عنصر الخطأ البشري، وتقليل الوقت الذي يقضيه في حل المشكلات، واستكشاف الأخطاء وإصلاحها، وتحديث التغييرات، وإعادة العمل، وما إلى ذلك.
- يمكن مديري المشاريع وفرقهم استعادة الوقت الذي يقضونه في المهام الروتينية، مع التركيز على الأنشطة القيمة؛ وبالتالي تقليل الأعمال الورقية بشكل كبير واستبدالها بنظام رقمي.

٢,٢ المستويات الخمسة للتوائم الرقمية The Five Levels of Digital Twins

تعمل التوائم الرقمية (DTs) بطريقة مماثلة من أسفل إلى أعلى، حيث يكون المستوى الأدنى هو الأبسط وينتج معلومات محدودة، حيث يوفر كل مستوى إضافي أنواعًا أكثر تعقيدًا وتنوعًا من المعلومات. النموذج الأكثر تقدمًا قادر على التصرف بشكل مستقل ويتضمن[٩]:

اولا: المستوى الاول التوأم الوصفي Descriptive twin هو نسخة حية وقابلة للتحرير من بيانات التصميم والبناء - نسخة متماثلة مرئية لأصل مبني. يحدد المستخدمون نوع المعلومات التي يريدون تضمينها ونوع البيانات التي يريدون استخراجها.

ثانيا: المستوى الثاني توأم إعلامي Informative twin يحتوي هذا المستوى على طبقة إضافية من البيانات التشغيلية والحسية.

يلتقط التوأم ويجمع البيانات المحددة ويتحقق من البيانات للتأكد من أن الأنظمة تعمل معًا.

ثالثا: المستوى الثالث التوائم التنبؤية Predictive twin يمكن لهذا التوأم إستخدام البيانات التشغيلية لاكتساب رؤى.

رابعا: المستوى الرابع التوأم الشاملComprehensive twin يحاكي هذا التوأم السيناريوهات المستقبلية وينظر في أسئلة "ماذا لو".

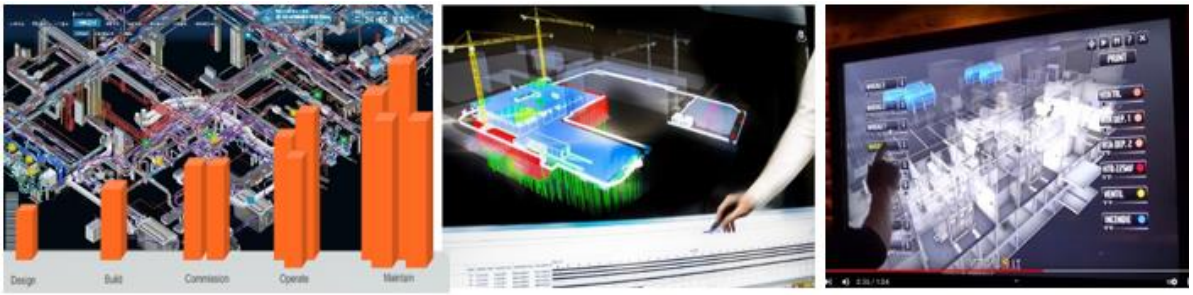
خامسا: المستوى الخامس التوأم المستقل Autonomous twin هذا التوأم لديه القدرة على التعلم والعمل نيابة عن المستخدمين. من المهم ملاحظة أن المستويات ١،٢،٣ قيد الإستخدام حاليًا في AEC. تلوح في الأفق المستوين ٤،٥ المخصّصة ببيانات الوقت الفعلي من المستشعرات المضمنة وتقنيات إنترنت الأشياء[١٧].

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٣,٢ إستخدامات التوأم الرقمي للعمارة والهندسة والبناء

DIGITAL TWINS IN CONSTRUCTION ENGINEERING & ARCHITECTURE (AEC)

التوأم الرقمي في البناء والهندسة المعمارية هو نسخة متماثلة ديناميكية ومحدثة من أصل مادي أو مجموعة من الأصول - سواء كانت مبنى، أو حرمًا جامعيًا، أو مدينة، أو سكة حديد - تجمع بين التصميم والبناء وبيانات التشغيل في الوقت الفعلي. تعمل التوائم الرقمية على محاكاة القرارات والتنبؤ بها وإبلاغها. يمكن اعتبار التوائم الرقمية نسخة محسّنة من نمذجة معلومات البناء (BIM) تستخدم أجهزة الاستشعار والطائرات بدون طيار والمدخلات الأخرى لجمع المعلومات حول المبنى. ثم يتم إستخدام هذه البيانات لتحديث نموذج رقمي تلقائيًا[١٠]. يمكن أن يستخدم التوأم الرقمي تحليل البيانات المتقدم والذكاء الاصطناعي للتعرف باستمرار على



شكل رقم (١) إستخدام التوائم الرقمي خلال مراحل مشروعات البناء والتشييد بداية من التصميم وحتى التشغيل والصيانة[٨]،[٩]

المنشأة. يوفر هذا رؤى حول كيفية إدارة المبنى ومعداته بشكل أفضل. يمكن أيضًا إستخدام المفهوم لتحليل كيفية تأثير تعديلات المبنى على الأداء، مما يسمح بقرارات استثمارية أفضل. ومما سبق يمكن اعتبار إستخدام أساليب التوائم الرقمي كأداة فعالة لمساعدة المشاركين في المشروع لتخيل عملية البناء والاكتشاف المبكر لمشاكل التنفيذ. وكذلك كأداة للاتصال بين أطراف وفي نفس الوقت تتبع تقدم البناء لجميع خطوات عملية البناء، من التصميم والتخطيط إلى إدارة المشتريات والبناء[١١].

١,٣,٢ إستخدام التوأم الرقمي في دراسة البدائل الاستثمارية والتسويق للمشروعات التشييد

يعد التوأم الرقمي للمبنى أداة تسويق قوية لمطوري العقارات. نظرًا لوجود نسخة متطابقة من المبنى الاصلي في بيئة افتراضية، يمكن للعملاء والمستأجرين المحتملين "زيارة" المشروع حتى قبل بدء البناء. يمكنهم التجول في المبني، حتى لو لم يكن المبنى الفعلي موجودًا بعد. يمكن أن تكون التوائم الرقمية مفيدة كأدوات مبيعات لشركات العقارات، خاصة أثناء حالات الطوارئ الصحية مثل تفشي فيروس كورونا. قد يكون لقاء العملاء المحتملين محفوفًا بالمخاطر أو مستحيلًا في الوقت الحالي. ومع ذلك، يمكن للمالكين والمستأجرين "السير" عبر المبنى معًا إذا تم إنشاء توأم رقمي بالفعل. نظرًا لأن التوأم الرقمي للبناء مرئي للغاية، يمكن أيضًا تقديم المشروع للمؤسسات المالية والمستثمرين المحتملين[١٢]. ولذلك يمكن الاعتماد على التوائم الرقمي كأداة للاتصال بين أطراف في مختلف التخصصات والتوجهات في المشروع. يتوفر لأصحاب المباني العديد من خيارات الاستثمار، يمكنهم إستخدام التوأم الرقمي لاختبارها. يمكن بعد ذلك مقارنة النتائج، وإيجاد الخيار الذي يحقق أعلى عائد على الاستثمار.

٢,٣,٢ التوأم الرقمي في مرحلة التصميم

التوائم الرقمية لديها القدرة على توجيهه المصممين وتغيير طريقة وكيفية تصميم المباني الجديدة والتعلم من الدروس المستفادة من اختبار ودراسة فعالية التصميمات السابقة المنفذة في تصميم المشاريع والانشطة الجديدة حيث تقدم وجهات نظر متعددة الأبعاد حول كيفية تصميم أحد الأصول وكيفية أدائه، بما في ذلك سلوك المستخدمين وأنماط الإستخدام وإستخدام المساحة حيث يقوم بجمع بيانات

شكل رقم (٢) يوضح استخدم التوائم الرقمي في مرحلة التصميم لمنع التضاربات وزيادة التنسيق والتكامل بين الأنظمة

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

جوهرية في بيئة حقيقية. تأخذ المستشعرات الموجودة داخل المبنى قياسات منتظمة يتم إدخالها في البيئة الرقمية لإنشاء نسخة طبق الأصل افتراضية. يتم تحديث هذا التوأم الرقمي بانتظام ويمكنه إنشاء تنبيهات عند اكتشاف المشكلات. يمكن أن تكون التكنولوجيا حيوية أيضًا في الحفاظ على السجلات الرقمية للمباني، فضلاً عن تقييم السلامة الهيكلية للمواد بمرور الوقت[١٣]. وكذلك المساعدة في منع التضاربات وزيادة التنسيق Clash detection and coordination بين مكونات الأنظمة المختلفة كما هو موضح بالشكل رقم (٢).

٣,٣,٢ التوأم الرقمي في مرحلة البناء

يمكن إستخدام التوأم الرقمي للمبنى لمحاكاة عملية البناء قبل وضع لبنة واحدة في الموقع للكشف عن التضاربات، أو التداخل بين الأنشطة المجدولة في وقت واحد، مما يسمح باكتشاف تضارب سير العمل؛ ومن ثم تحسين جدول البناء بإستخدام التوأم الرقمي. توفر محاكاة البناء بإستخدام التوأم الرقمي أيضًا فكرة أفضل عن كيفية إستخدام المشروع لميزانيته طوال مرحلة البناء[٩]. هذا مفيد لتخطيط المشتريات المتعلقة بالمشروع، وعند التفاوض على التمويل من مؤسسات خارجية. يمكن ايضاً أن يساعد في تحسين التنسيق. بين الاطراف المشاركة في المشروع، تُعد محاكاة البناء أيضًا مفيدة لإدارة المقاولين من الباطن حيث عدم التنسيق بين المهن سببًا متكررًا للتأخير والأخطاء في مشاريع البناء[١٤]. يمكن لمديري المشروعات تحليل العديد من التعديلات المحتملة من حيث التكلفة والأداء، واختيار تلك التي تقدم أعلى قيمة للمشروع. بمعنى آخر، يمكن تجربة العديد من المشاريع في بيئة إفتراضية بدون أخطار، قبل التعديل الفعلي. إحدى التحديات الرئيسية لمديري البناء هو معرفة الوضع الحالي للمشروع في الوقت الفعلي؛ حيث تتغير حالة المشروع باستمرار، وتقارير التقدم، لا تعكس الحالة الفعلية للمشروع. عند إستخدام التوأم الرقمي أثناء البناء، يمكن تحديثه باستمرار بمعلومات الموقع. ليست هناك حاجة للقيام بزيارات عديدة من قبل مختلف الأطراف المعنية، حيث يمكنهم ببساطة التحقق من النموذج الرقمي. المحدث باستمرار[١٠]. يمكن تحقيق ذلك بإستخدام الأجهزة المحمولة، ويمكن أن يؤدي إستخدام الطائرات بدون طيار إلى تسهيل جمع البيانات ومع إنترنت الأشياء(IoT)، الماسحات الضوئية بالليزر، لم يعد المهندسون المعماريون بحاجة إلى التواجد المادي المستمر في موقع البناء. يعد تقليل عدد زيارات الموقع مفيدًا بشكل خاص أثناء حالات الطوارئ الصحية مثل تفشي فيروس كورونا[١٥]. من خلال تتبع التقدم بإستخدام نموذج رقمي، يمكن لأصحاب المصلحة اتباع تدابير التباعد الاجتماعي بشكل أكثر فعالية. التوأم الرقمي مفيد أيضًا لإدارة أوامر التغيير. من خلال محاكاة التغييرات على نموذج المبنى أو لاً، بهذه الطريقة، يمكن معالجة أمر التغيير قبل بدء الأنشطة المقابلة، وتجنب إهدار المواد والعمالة. إذا كان للقرار تأثير سلبي على التوأم الرقمي، فيمكن ببساطة التراجع عن التغييرات.

٤,٣,٢ التوأم الرقمي في مرحلة التشغيل والصيانة

يستخدم المبنى العديد من الأنظمة المعقدة للحفاظ على الظروف المناسبة للإستخدام. واتباع نهج الصيانة الاستباقية أكثر كفاءة، وأقل تكلفة من إصلاح المشكلات بعد حدوثها، ويسهل نموذج (DT) القيام بذلك حيث يحتوي على معلومات مفصلة عن جميع المعدات والمكونات، بما في ذلك خصائصها المادية وتكلفتها؛ يمكن أن يعكس النموذج أيضًا الحالة الدقيقة لعناصر البناء، مع إظهار مشكلات مثل التآكل الميكانيكي أو ضعف اداء وكفاءة المعدات والاجهزة. يمكن أيضًا إستخدام التوائم الرقمية كأدوات محاكاة لتحليل كيفية تصرف المبنى في ظل ظروف مختلفة ومنها حالات الطوارئ[١٦]. يوفر التوأم الرقمي المحدث لقطة مفصلة للمبنى، ويمكن لموظفي الصيانة جدولة الإصلاحات بعيداً عن اوقات الذروة، شكل (٣) يوضح مراحل (DT) اثناء مرحلة الصيانة. كما يمكن إستخدام الذكاء الاصطناعي لتحليل ظروف البناء في الوقت الفعلي، والتنبؤ بالمشكلات والأعطال غير الواضحة مما يجعل الصيانة المخطط لها أكثر فعالية[١٢]. تقوم التوائم الرقمية بمعالجة المعلومات مثل: بيانات التشغيل لأنظمة التكيف (HVAC) والانظمة الميكانيكية والكهربائية والسباكة (MEP) وبيانات قطع الغيار التي يتم جمعها من خلال مستشعرات إنترنت الأشياء. يتم إنشاء التوأم الرقمي في بداية المشروع، حيث تعمل فرق المالك وشركة الإلكترونيات المُتقدّمة معًا لتحديد أهداف الأداء والنتائج المرجوة. مع تقدم المشروع، يتم جمع البيانات باستمرار وتعيينها إلى النموذج، بإستخدام منصة مثل Autodesk Tandem لمعالجة البيانات التشغيلية لضبط الأداء وإدارة الصيانة على المدى الطويل. أصبحت تقنية (DT) في التشغيل والصيانة أكثر أهمية بعد جائحة كوفيد-١٩ من أي وقت مضى وخصوصا في مباني مثل المستشفيات؛ بحيث تتخذ جميع التدابير لتقليل أخطار الفيروس داخل مبانيها مع الاستمرار في أداء المهام اليومية، سواء من توفير بيئات عمل نظيفة وصحية وخالية من الفيروسات، او تحقيق التباعد الاجتماعي والحركة داخل كل فراغ طبقا لإستخدام الامن[١٣].

شكل رقم (٣) يوضح مراحل التوائم الرقمي في تشخيص وتحليل الاعطال وارسال SMS للفني لبدء الاصلاح[١٤]

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٥,٣,٢ إستخدام التوأم الرقمي في التصميم المستدام والإسراع في الحصول على شهادة (LEED)

يتم إستخدام التوأم الرقمي لإجراء اختبارات التصميم البيئي لتحسين أداء المبنى خلال دورة حياته بأكملها، مع تقليل تكاليف التشغيل والصيانة وما إلى ذلك. يمكن لأصحاب المباني الذين يسعون للحصول على شهادة (الريادة في الطاقة والتصميم البيئي) (LEED) أيضًا إستخدام التوائم الرقمية لمحاكاة العديد من التصميمات والخيارات. من خلال مقارنة السيناريوهات المختلفة، يمكن لأصحاب المباني تعظيم النقاط المكتسبة بموجب نظام تسجيل (LEED) وذلك من خلال مقارنة عدة خيارات للتصميم البيئي للحصول على شهادة (LEED) مهمة تستغرق وقتًا طويلاً مع الطرق التقليدية[١٣]. ولكن مع التوأم الرقمي يسمح بمقارنة خيارات التصميم المتعددة بطريقة أسرع وأكثر فعالية. على سبيل المثال يمكن للتوائم الرقمية محاكاة العديد من التكوينات لأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء ومغلفات المبنى لتحديد التكوين الذي يوفر أعلى كفاءة في إستخدام الطاقة[١٧]. نظرًا لأن التوأم الرقمي يتطور دائمًا مع البيانات التي يوفرها التوأم المادي، يمكنه إجراء عمليات المحاكاة والتنبؤات استجابةً لظروف الوقت الفعلي. يمكن إستخدام التوأم الرقمي في التصميم البيئي، على سبيل المثال، لمحاذاة الواجهة الشمسية للمبنى لتتبع مسار الشمس أو تعديل تدفق الهواء الداخلي لتقليل انتشار مسببات الأمراض.

٦,٣,٢ التوائم الرقمي في التدريب على حالات الطوارئ وتحسين الإنتاجية

يمكن للتوائم الرقمية تحسين تدريب الموظفين للتعامل مع الطوارئ من خلال إعادة إنتاج مواقف خطرة في الحياة الواقعية لتدريب العمال. حيث يمكن للموظفين أيضًا أن يكونوا مستعدين للتعامل مع المعدات التي لا يمكن التدرب عليها عمليًا. ويمكنهم تشغيل عمليات المحاكاة في المختبر لفهم أخطار ومزايا الإجراءات الجديدة، وتجربتها لمعرفة التعديلات التي تقدم أفضل النتائج. بإستخدام التوائم الرقمية يمكن إستخدامه للتدريب للعاملين الفنيين بدون احتكاك مباشر معهم، كذلك يعمل على تحسين الفعالية والإنتاجية؛ من خلال المحاكاة والتحليل والقياس والمقارنة مع المعدلات القياسية أو السابقة يمكن توقع منحنى تعليمي، لكن فني يمكن تقيم ادائه من خلاله[١٢].

٤,٢ الفرق بين التوائم الرقمي والانظمة الاخرى THE DIFFERENCE BETWEEN (DT) AND OTHER SYSTEMS

١,٤,٢ ما الفرق بين نمذجة معلومات البناء (BIM) والتوائم الرقمية؟

التوائم الرقمية لا تزال بعيدة بعض الشيء عن أن تصبح ميزة عادية في البناء، بعكس نمذجة معلومات البناء (BIM) تستخدم بالفعل على نطاق واسع من قبل المهندسين المعماريين والمطورين. يحتوي (BIM) على بيانات بناء مفصلة، ولكن لا يتم تحديثها بانتظام لتعكس أحداث العالم الحقيقي. نمذجة معلومات البناء (BIM)ليس توأم رقمي، ولكنه مجموعة فرعية صغيرة من التوائم الرقمي، مجمدة تستخدم في الوقت المناسب؛ عادةً أثناء مرحلة التصميم والبناء[١٨] (BIM) . هي أداة مضبوطة بدقة لمزيد من الدقة في التصميم والتعاون والتصور والتكلفة ومراحل تسلسل البناء في عمر المبنى. لم يتم تصميم (BIM) لمراحل التشغيل والصيانة، كما أنه ليس مصممًا لاستيعاب أو اتخاذ إجراء بشأن كميات هائلة من بيانات إنترنت الأشياء، وكذلك لا يوجد فيه مزامنة في الوقت الحقيقي. الغرض الأساسي منه هو تصميم وبناء مبنى، وبعد التشييد، فإنه يعمل على توفير سجل رقمي للأصل المُنشأ[١٤]. يركز (BIM) فقط على المباني، وليس الأشخاص أو العمليات. ومع ذلك، فإن (BIM) هو برنامج إدخال صغير، ولكنه مفيد للغاية في (DT)، لأنه يوفر لنا سجل أصول رقمي دقيق وبيانات موقع، وهو نقطة انطلاق رائعة والمسار الأكثر فاعلية لإنشاء توأم رقمي.

٢,٤,٢ ما الفرق بين نظام إدارة المباني (BMS) والتوائم الرقمية؟

نظام إدارة مبنى (BMS) هو الأكثر شيوعا في ادارة مبنى كبير. وظيفته الأساسية هي لإدارة البيئة داخل المبنى وربما التحكم في درجة الحرارة، فضلاً عن السيطرة على البيئة الداخلية للمبنى (البوابات والوصول إلى السيطرة على الأبواب هو الذي يسمح بالدخول والخروج إلى المبنى) أو أنظمة الحماية الأخرى مثل الدوائر التليفزيونية المُغلقة (CCTV) وأجهزة كشف الحركة. أنظمة إنذار الحريق والمصاعد هي أيضاً ترتبط أحيانا بنظام إدارة المباني، على سبيل المثال، إذا تم الكشف عن حريق فالنظام يمكن أن يغلق الصمامات في نظام التهوية لمنع انتشار الدخان ويرسل جميع المصاعد إلى الطابق الأرضي ويوقفهم لمنع الناس من إستخدامهم في حال حدوث حريق. وكل ذلك يعتمد على البرمجة المسبقة[١٩].

في حين أن أنظمة (BMS) الحالية يمكنها تحديد الموقع أو المصدر في حالة الطوارئ، إلا أنها تفتقر إلى القدرة في إخطار المستخدمين وتوجيههم بأمان إلى مناطق آمنة. بينما يوفر التوأم الرقمي عرضًا في الوقت الفعلي لما يحدث داخل المبنى ويمكنه إخطار المستخدمين بأمان وتوجيههم الي مسارات الهروب أو اماكن امنة لتأمين المواقع ووضع السناريوهات بناء على العدد المتواجد بالمكان وبالمثل، في حالة الهجوم على المكان، يمكن أن يحدد التوأم المصدر الدقيق للدخول والمناطق الآمنة عن طريق إغلاق الأبواب والمصاعد وهذه الإجراءات لا يمكن أن يقوم بها (BMS)[٢٠].

وهي الاجراءات التي تعتمد على التفاعل المباشر وجمع البيانات في الوقت الحقيقي وتحليلها لحظيا لاتخاذ القرار المناسب من خلال انظمة الذكاء الاصطناعي وانظمة تعلم الالة والتي يعتمد عليها التوائم الرقمية في اتخاذ القرارات[١٤].

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٣. ما هو التوأم الرقمي للمستشفى الذكي؟ What is a Smart Hospital Digital Twin?

بدأت المستشفيات في الابتعاد عن الأنظمة التقليدية إلى الأنظمة القائمة على تكنولوجيا المعلومات. تعد إنترنت الأشياء (IoT) وشبكة مستشعرات الجسم (BSN) والنمذجة والمحاكاة والذكاء الاصطناعي (AI) عناصر تقنية أساسية سيتم إستخدامها في مستشفى المستقبل لتحسين جودة رعاية المرضى. أصبح جمع بيانات المريض ومراقبة حالاته وسلوكه إلزاميًا لتحسين رعايته[٢١].

ولذلك كانت اهمية استخدام نموذج رقمي للمستشفى وأنظمتها وعملياتها؛ ليحاكي أدائها بإستخدام البيانات في الوقت الفعلي والتاريخية من العديد من المصادر؛ مثل الخطط وأجهزة الاستشعار، والمعدات والاجهزة المستخدمة، ومجموعة أدوات التحليل الشاملة، مثل قواعد بيانات الرسم البياني، والنماذج القائمة على الفيزياء، ونماذج التعلم الآلي؛ لتعزيز عملية صنع القرار التشغيلي والأتمتة لتلك المنشأة. تستخدم كل عناصر التكنولوجيا الأساسية المذكورة أعلاه لإنشاء توأم رقمي، وهو نسخة طبق الأصل افتراضية للمستشفى، مما يسمح لمقدمي الرعاية الصحية بتتبع بيانات مسارات المريض، ومراقبة سلوكياتهم، والتنبؤ بنتائجهم في المستقبل القريب. حتى يتمكنوا من تقديم الرعاية المناسبة في المكان المناسب وفي الوقت المناسب. تشرح الدراسة التحليلية بالتفصيل المكونات الرئيسية، والهيكل، وطريقة مزامنة حالة وسلوك التوأم الرقمي مع مسارات المرضى في المستشفى الحقيقي. تمنحك التوائم الرقمية وضوحًا بشأن الأداء السابق والحاضر والمستقبلي للمبنى الخاص بك، إلى جانب توصيات حول كيفية تحسين النتائج.

وفي نفس الوقت تتيح فهمًا أكبر لإستخدام وأداء عملية الرعاية الصحية بأكملها عبر المنشأة وبين مقدمي الرعاية[٢١]. اما بالنسبة للجانب السريري -رعاية المرضي- يذكر ديل هول[٢٢]، نائب الرئيس التنفيذي والمؤسس المشارك لشركة Thought Wire، أن تنظيم البيانات عبر الأنظمة السريرية وإنترنت الأشياء مفيد في إعطاء الموظفين رؤية كاملة لاحتياجات المرضى وسير عمل داخل المستشفى. يوفر تسليم البيانات عن طريق رسائل الموبيل للأطباء في الوقت الفعلي تمكنهم من اتخاذ قرارات رعاية.

بالإضافة إلى ذلك، إلى تحسين تدفق المرضى؛ ليس لديك مرضى ينتظرون في الممرات ولا يعرف الطاقم الطبي مكان وجودهم. ويضيف دان نجوين[٢٢]، مدير حلول الرعاية الصحية في شركة Thought Wire "يريد المرضى فقط أن يتم إعلامهم، لقد اعتادوا الانتظار عندما لا يعرفون متى يحين دورهم وهذا ما يزعجهم. تجعل المنصة الكثير من تلك المعلومات شفافة؛ يعرف المرضى في الواقع ما يحدث معهم وفي اي وقت". مما يمنح كل طرف معني - بما في ذلك المرضى - رؤية معززة للمعلومات التي يحتاجون إليها، عندما يحتاجون إليها[٢٣]. علاوة على ذلك، يمكن للتوائم الرقمية أن تتنبأ وتمنع حالات طوارئ للمرضى مثل أمراض القلب والرئة أو توقف التنفس، والمعروفة باسم حالات الطوارئ في حالة الكود الأزرق code blues، مما يؤدي إلى إنقاذ المزيد من الأرواح[٢١].

١,٣ التوائم الرقمية / نظام الصحة في الوقت الحقيقي DIGITAL TWINS/REAL TIME HEALTH SYSTEM

تقدم Digital Twins نهجًا شاملاً، حيث تبحث في بيئة المستشفى بأكملها وتجمع البيانات من أنظمة فرعية مختلفة لتقديم رؤى جديدة في الوقت الفعلي، بناءً على التفاعلات بين الأشخاص والعمليات والأشياء المتصلة. بدعم من أجهزة إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي / تعلم الآلة، ومجموعة من التقنيات الأخرى، تتيح Digital Twins نظرة عامة غنية بالسياق لبيئة المستشفى بأكملها، وفحص البيانات، وسير العمل، والمرضى، والأطباء. على سبيل المثال. المعلومات لا تقدم رؤى قابلة للتنفيذ للحاضر فحسب، بل تفتح أيضًا نظرة ثاقبة على الحالات السابقة والمستقبلية للمستشفى؛ فتح تحليل الاتجاه التاريخي والتنبيه في الوقت الحقيقي والاستجابة للمواقف الحرجة. بإستخدام تطبيق Early Warning، فإن الإدخال والتحليل في الوقت الفعلي هو ما يمكّن مقدمي الرعاية الصحية من اتخاذ إجراءات فورية، ومنع حالات الكود الأزرق code blue قبل حدوثها[٢١].

تعد الأنظمة الصحية في الوقت الفعلي التي تستخدم تقنية Digital Twin اليوم ذات قيمة خاصة للمستشفيات في خضم جائحة COVID-19. يعد التتبع الدقيق لاحتياطات العدوى الصحيحة أمرًا أساسيًا في زيادة ضمان صحة وسلامة المرضى والأطباء وموظفي المستشفى من انتشار الفيروس من خلال الخطوات التالية: -

١,١,٣ تتبع جهات الاتصال

يحدد تتبع الاتصال بالعدوى موقع الأجهزة داخل مساحة ويتتبع تفاعلات المريض مع الطبيب. يتيح ذلك لموظفي المستشفى الاحتفاظ بسجل لأحداث الاتصال وتنفيذ احتياطات العدوى حول الأفراد الذين يحتاجون إليه[٢١].

١,١,٣ إدارة تدفق المرضى

من المهم إدارة تدفق المرضى في جميع أنحاء المستشفى لتتبع أولئك الذين قد يكونون على اتصال بالفيروس. قد يشمل ذلك سير العمل مثل ضمان تنفيذ الإجراءات الصحيحة حول نقل المرضى حول المنشأة بأنظمة تمنح شفافية أكبر بكثير عن طريق إخطار الحمالين وغيرهم من الموظفين باحتياطات العدوى للمرضى[٢١]. أيضًا، يساعد تطبيق الموظفين والزوار في العثور على طريقهم. يوجههم التطبيق إلى أماكن وقوف السيارات والمدخل الذي يأتون وفقًا لكثافة المكان.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٣,١,٣ تخطيط موارد الأسرة

نظرًا لأن COVID-19 أدى إلى زيادة الاعداد في وحدة العناية المركزة، فإن قدرة Digital Twin على زيادة تخطيط موارد الأسرة أمر حيوي. يخطط موظفو المستشفى الآن بسهولة أكبر لعدد الأسرة المطلوبة، حيث يحدد موعد وصول المرضى من مرافق الرعاية الصحية المحيطة؛ من خلال تتبع تدفق المرضى والأسرة المتاحة بسهولة، يمكن لموظفي المستشفى التخطيط لاستقبال حالات أكثر. تتطور الأنظمة الصحية في الوقت الفعلي باستمرار لتحقيق نتائج أفضل للمستشفيات وموظفيها والأطباء، والأهم من ذلك المرضى. تفتح يتيح بيئة مستشفى ذكية[٢٢]. في عالم تأثر بشدة بـ COVID-19، أصبح الآن أكثر من أي وقت مضي الاعتماد على الخدمات الرقمية.

٢,٣ مكونات التوائم الرقمي في المستشفيات COMPONENTS OF DIGITAL TWINS IN HOSPITALS

تشمل التوائم الرقمية جميع أنواع البيانات والتفاعل في الوقت الفعلي بين الأشخاص والعملية والأشياء المتصلة، لإنشاء نموذج سياقي للبيئة المبنية، بدعم من السجلات الطبية الإلكترونية وشكل رقم (٤) يوضح المكونات الرئيسية للتوأم الرقمي وهي كالتالي[٢٤]:

١,٢,٣ البيانات DATA

جمع البيانات والمعلومات حول الاجهزة، العمليات، والأشخاص. وفي نفس الوقت الاستعانة بالبيانات من الأنظمة التالية:

A- أنظمة البناء المدعومة بأنظمة نظام إدارة المباني (BMS)، نظام أتمتة المباني (BAS) وانظمة ادارة الطاقة (BEMS).
B- البيانات الخارجية الخاصة بحالة الطقس، والبيانات الخاصة بجهات التعامل مع حالة الطواري.
C- بيانات نمذجة معلومات البناء، خلال مراحله[٢٥]، واكواد البناء، والمواصفات والمحددات الأخرى الخاصة بالمبني.

١,٢,٣ الاستنتاج المنطقي REASONING

حاجة إلى طريقة لتطبيق التفكير المنطقي على البيانات لدفع العمل. الأكثر شيوعًا، يعتمد الاستدلال على قواعد معالجة غير متزامنة، مدعوم بنظام الذكاء الاصطناعي(AI)، ونظام تعلم (AI). القواعد غير خطية Nonlinear Rules لقياس التقدم أو التطور المحرز المتوقع أو غير متوقعة[٢٣].

١,٢,٣ مؤشرات الأداء الرئيسية KPIs

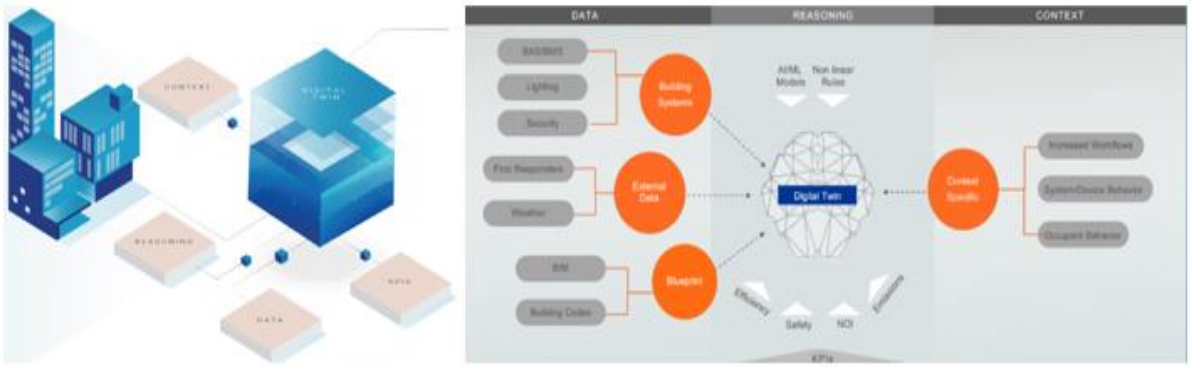
مؤشرات الأداء الرئيسية مطلوبة لتوفير سياق عمل هادف ولضمان التوافق بين أهداف المستشفى وقياس الأداء. ويتم تحقيق الاستنتاج المنطقي من خلالها وهي مجموعة من المؤشرات القابلة للقياس الكمي التي يستخدمها النظام لقياس أدائها. تستخدم هذه المقاييس لتحديد التقدم الذي تم تحقيقه في المهام التشغيلية، وكذلك لمقارنة الأداء الفعلي مع الأداء المطلوب تحقيقه. وتكون أهميته معرفة ما إذا كان القائمون بالعمليات يحققون المتطلبات أم لا، التأكد من أن القرارات مبنية على الحقائق والمعلومات والأرقام، تحديد السلبيات ومواطن القصور، مراقبة الأداء أول باول[٢٣].

A- مصطلح الكفاءة يشير إلى مستوى الذروة للأداء الذي يستخدم أقل كمية من المدخلات لتحقيق أكبر قدر من المخرجات. وهو مفهوم قابل للقياس يمكن تحديده بإستخدام نسبة المخرجات المفيدة إلى إجمالي المدخلات.
B- لانبعاثات من الغازات بشكل عام والكربون خاصة.
C- صافي دخل التشغيل وهي الفرق بين كافة العوائد والمكاسب وكافة النفقات والخسائر خلال فترة محددة.
D- مؤشرات السلامة.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٤,٢,٣ السياق الموقف CONTEXT

يتضمن السياق معلومات في الوقت الفعلي حول الحالة الفعلية للمستشفى والأشخاص داخلها وتفاعلاتهم بين بعضهم البعض. وهي الظروف التي يحدث فيها حدث عندما نتفاعل مع الآخرين، يلعب السياق الذي تحدث فيه أفعالنا دورًا رئيسيًا في سلوكنا (مثل سلوك المستخدمين، وسلوك النظام / الجهاز، وتدفق سير العمل) فقط عندما يتم تعيين هذه المكونات الرئيسية الأربعة بطريقة مجدية، يكون لدى المؤسسة توأم رقمي حقيقي[٢٢].



شكل رقم (٤) يبين المكونات الرئيسية للتوائم الرقمي[٢٤]

٥,٢,٣ السجلات الطبية الإلكترونية ELECTRONIC MEDICAL RECORDS (EMR)

تحتوي التوائم الرقمية على السجلات الطبية الإلكترونية Electronic Medical Records (EMR) وهي نسخة رقمية من مخططات المريض يتم تخزين بيانات المريض على خادم داخلي، يحتوي على التاريخ الطبي للمريض، والتشخيصات، والأدوية، والاستشارات، والأوامر، ونتائج الاختبارات المعملية. . الخ، الهدف من (EMR) هو تمكين الوصول الأسرع والأسهل إلى معلومات المريض الأكثر دقة للأطباء. مما يسهل عملية التشخيص والرعاية عن بُعد والمراقبة في الوقت الفعلي ممكنًا[٢٤]. حولت أنظمة السجلات الطبية الإلكترونية الحديثة تركيزها نحو التكامل مع المزيد من أنظمة الجهات الخارجية وجعلها داخل بيئة المستشفى. ومع ربط هذه الانظمة بالإنترنت يمكن الوصول إليها من أي جهاز متصل بالإنترنت لديه الوصول الأمني المطلوب[٢٦]. تقدم (EMR) المستندة إلى الويب العديد من المزايا للأطباء. نظرًا لتخزينها على السحابة، لا يتأثر المستخدمون بفشل النظام بسبب انقطاع التيار الكهربائي أو مشكلات الأجهزة والبرامج. بالإضافة إلى ذلك، يتمتع الأطباء الآن بإمكانية وصول أو سع إلى معلومات.

٣,٣ كيف يعمل التوائم الرقمي في المستشفى؟ How do smart hospital digital twins work?

يكون للتوائم الرقمية تعقيدات مختلفة، اعتمادًا على المستوي كما ذكرا سابقا، طبقا لحجم المعلومات المراد معالجتها. يعمل التوأم الرقمي من خلال دمج بيانات نظام المبنى، وأجهزة الاستشعار، وعدادات المرافق مع نماذج رقمية ذكية متعددة الأبعاد. يتم إنشاء النظراء الرقميين للأصول المادية كنُسخ مكررة للآلات / المعدات أو مواقع مادية[١٨]؛ ويتم ذلك من خلال مجموعة من المراحل التالية: -

اولا جمع البيانات: Data collection

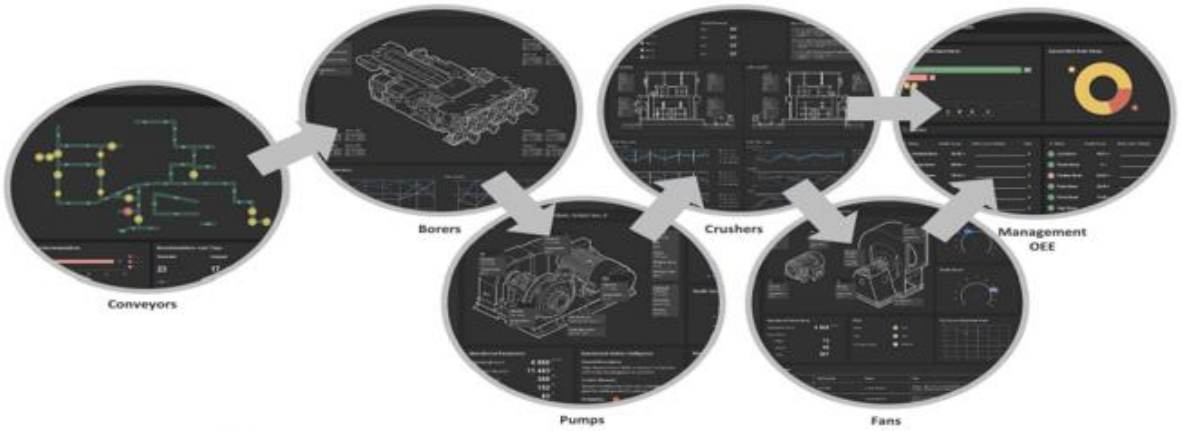
لإنشاء توأم رقمي لأي أصل مادي، يقوم المهندسون بجمع وتوليف البيانات من مصادر مختلفة بما في ذلك البيانات المادية وبيانات التصنيع والبيانات التشغيلية والرؤى من برامج التحليلات. يتم دمج كل هذه المعلومات جنبًا إلى جنب مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي في نموذج افتراضي[٢٧]. يساعد التدفق المتسق للبيانات في الحصول على أفضل تحليل ممكن ورؤى فيما يتعلق بالأصل مما يساعد في تحسين نتائج الأعمال. شكل رقم (٥) يوضح كيف يعمل التوائم الرقمي.

ثانيا النمذجة: Modeling

بإستخدام البيانات المجمعة وبرامج النمذجة، ينشئ المهندسون نموذجًا رياضيًا يعكس بدقة جميع تفاصيل نظيره في العالم الحقيقي[٢٤]. النموذج له مظهر مماثل للكائن المقابل، ويتصرف بنفس الطريقة التي يتصرف بها الكائن الأصلي.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

ثالث الاندماج Integration: أخيرًا، يتم دمج الأصول الخاصة مع نموذجها الرقمي لتمكين المراقبة المستمرة في الوقت الفعلي. للقيام بذلك، تم تجهيز الأصل بأجهزة استشعار وأجهزة تتبع يمكنها نقل البيانات إلى منصة إنترنت الأشياء حيث سيتم تصورها وتحليلها. يتم تحميل البيانات إلى منصة إنترنت الأشياء القائمة على السحابة للمعالجة، حيث تقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي أو تعلم الآلة بتحليلها وتحديد السيناريوهات المحتملة؛ وبالتالي نحصل على نموذج رقمي مزدوج ومجموعة توصيات حول كيفية تحسين النتائج[١٣]. ومن الأمثلة على منصات التوائم الرقمية المستخدمة الان هي Autodesk Tandem عبارة عن منصة رقمية مزدوجة قائمة على السحابة؛ تسمح لمشروع بناء بالبدء رقميًا والاستمرار رقميًا، من التصميم إلى البناء إلى العمليات، وتحويل البيانات المجمعة الي مؤشرات يمكن اتخاذ القرارات من خلالها بسهولة[٢٨]. يقوم Autodesk Tandem بتسخير بيانات نمذجة معلومات البناء (BIM) التي تم إنشاؤها طوال دورة حياة المشروع الضرورية لإنشاء توأم رقمي حقيقي للأصل.



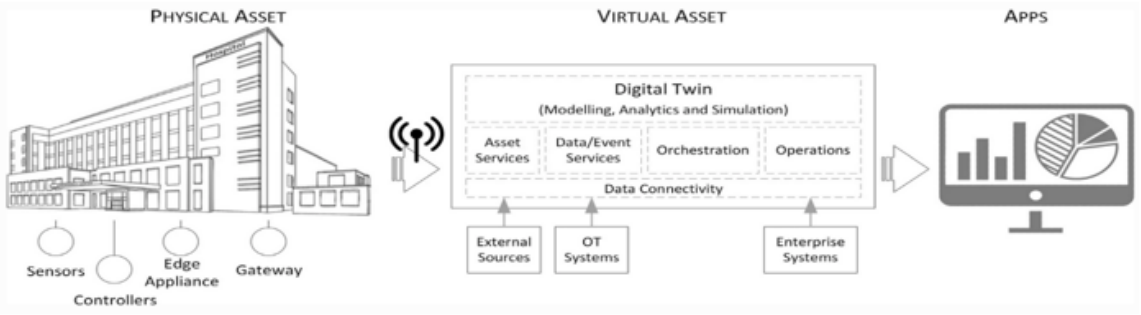
شكل رقم (٥) يوضح خطوات عمل النمذجة والاندماج في التوائم الرقمي[١٥]

٤,٣ ما هي مزايا التوأم الرقمي للمستشفى الذكي؟ What are the benefits of a smart hospital digital twin?

يوفر التوأم الرقمي الذكي للمستشفى طريقة جديدة لنمذجة البيانات وإدارتها وتنفيذها من المستشفيات. يمكن أن تشمل فوائد التوأم الرقمي الذكي للمستشفى ما يلي[٢٣]:

- تجربة مريض محسنة
- الإستخدام الأمثل للموارد
- تحسين النتائج السريرية
- انخفاض تكاليف تشغيل المنشأة
- تعزيز السلامة
- تقليل استهلاك الطاقة.

تحويل تدفقات العمل التي تعتمد على المعاملات الخطية إلى تفاعلات المعالجة المتوازية. يمكن لإدارة المستشفى فحص بيئة المستشفى الكاملة - من البيانات إلى سير العمل إلى المرضى إلى الأطباء[٢٢]. اتخاذ إجراءات فورية. يوفر الارتباط الدلالي الغني بالسياق صورة لحالة المستشفى في الماضي والحاضر والمستقبل. ونتيجة لذلك، يمكن تقليل اوقات الانتظار في غرفة الطوارئ وتحسين تدفق المرضى، وتقليل التكاليف التشغيلية وتعزيز تجربة المريض. شكل رقم (٦) يوضح تطبيق رؤية التوأم الرقمي على سياق الرعاية الصحية.



شكل رقم (٦) يوضح تطبيق رؤية التوأم الرقمي على سياق الرعاية الصحية[٢٠]

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٤. دراسة حالة للتوائم الرقمي في المستشفيات A case study of digital twins in hospitals

١,٤ التعريف بالمستشفى ومكوناتها

مستشفى شنغهاي الشرقي التابع لجامعة تونغجي Shanghai Dongfang (Tongji University) هو مستشفى جامعي يضم العلاج الطبي والتعليم والبحث العلمي والرعاية الصحية. يقع في منطقة الأعمال في شنغهاي، شرق الصين. والمبني المخصص للدراسة هو المركز السريري الجديد الذي يدمج العلاج الطبي والتعليم والبحث العلمي ركز هذا المبنى الجديد بشكل أساسي على خدمات الرعاية الطبية عالية المستوى. يتكون المبنى من ٢٤ طابقا فوق الأرض و٢ طابق تحت الأرض مع ٥٠٠ سرير، بمساحة بناء إجمالية تبلغ حوالي ٨٣٠٠٠ متر مربع. المبنى السريري الجديد، يشتمل على المعدات الميكانيكية والكهربائية لمستشفى، وعلى أنظمة معقدة تعمل بشكل منفصل، بما في ذلك الأنظمة الطبية مثل أنظمة الغاز وأنظمة معالجة مياه الصرف الصحي ونظام المعدات الطبية.

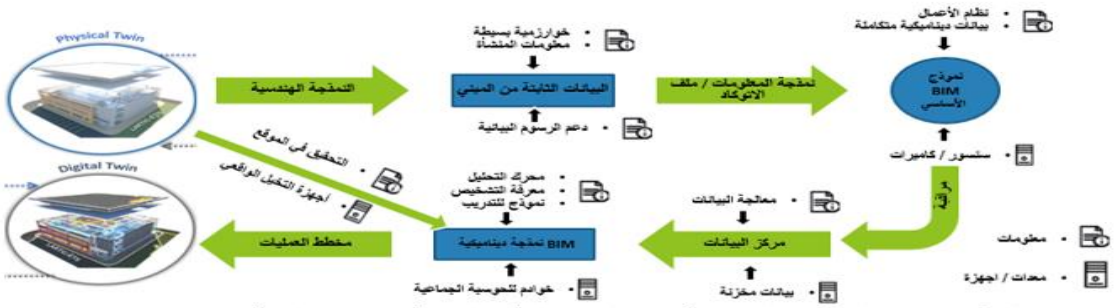
شكل رقم (٧) يوضح التصميم الخارجي والموقع العام مستشفى شنغهاي الشرقي[١٢]

١,١,٤ فكرة الاعتماد على التوائم الرقمي في المراقبة والادارة

يحتاج مبنى المستشفى إلى تشغيل مستمر لمدة ٢٤ ساعة كل يوم؛ لذلك، سيتعرض قسم إدارة التشغيل والصيانة لضغوط كبيرة. كانت الادارة سابقا تعتمد على الدفاتر اليدوية التقليدية[٢٩]؛ ولذلك من المستحيل تقريبًا مراقبة وتحليل مجموعات البيانات الكبيرة من مصادر عديدة بهذه الطريقة القديمة. ومن هنا كانت الفكرة الرئيسية في الاعتماد على التوائم الرقمي تحت استراتيجية تسمي "القيام بالأشياء الصحيحة في الوقت المناسب" وفقًا لذلك، تم تقسيم دورة الحياة الكاملة إلى عدة مراحل، هي مرحلة التصميم، ومرحلة البناء، ومرحلة التشغيل والصيانة، وما إلى ذلك، وتعتبر مرحلة التشغيل والصيانة ذات أهمية خاصة لأنها تشغل الحيز الرئيسي من عمر المبنى[٣٠].

١,٢,٤ الخطوات التحضرية والتكامل بين الأطراف المشاركة

شارك فريق استشاري (DT) مع أصحاب المصلحة المعنيين والمسؤولين والمقاول العام في مرحلة مبكرة من التخطيط والتصميم؛ لضمان أن جميع معلومات (DT) متكاملة وتغطي دورة حياة المبنى، ولا تقتصر على مرحلة البناء، ولكن تم البناء خلال مراحل المشروع المختلفة. شكل رقم (٨) يوضح الخطوات التحضرية لبناء (DT) بداية بالخطوة الاولى هي رقمنه المستشفى من خلال النمذجة الهندسية بإستخدام رسومات CAD بداية من مرحلة التصميم، بينما تم مسح موقعي عن طريق المسح بالليزر والقياس التصويري[٣١] ثم بعد ذلك، كانت عملية نمذجة (BIM) كإحدى خطوات التكامل الرئيسية. بشكل عام، تم تقسيم البيانات الي بيانات الأنطولوجيا ontology data الثابتة والمعلومات المولدة ديناميكيًا؛ لضمان أمن البيانات وتحديد ملاءمة استراتيجيات التخزين المناسبة[٣٢]. من خلال دمج البيانات السابقة ومراقبة العمليات من خلال أنظمة الأعمال وأجهزة الاستشعار، يظهرنموذج (BIM) ديناميكي.



شكل رقم (٨) يبين الخطوات التحضرية لإنشاء التوائم الرقمي لمستشفى شنغهاي الشرقي[٢١]،[٢٢]

تم إضافه محركات التحليل ذات المعرفة المحددة مسبقًا ونموذج الذكاء الاصطناعي لإرسال اقتراحات التشخيص مرة أخرى إلى مبنى مستشفى في العالم الحقيقي. يتم فلترة البيانات المدخلة حتى لا تكون المعلومات غير متكررة؛ لتوفير الكثير من تكاليف النمذجة غير الضرورية.

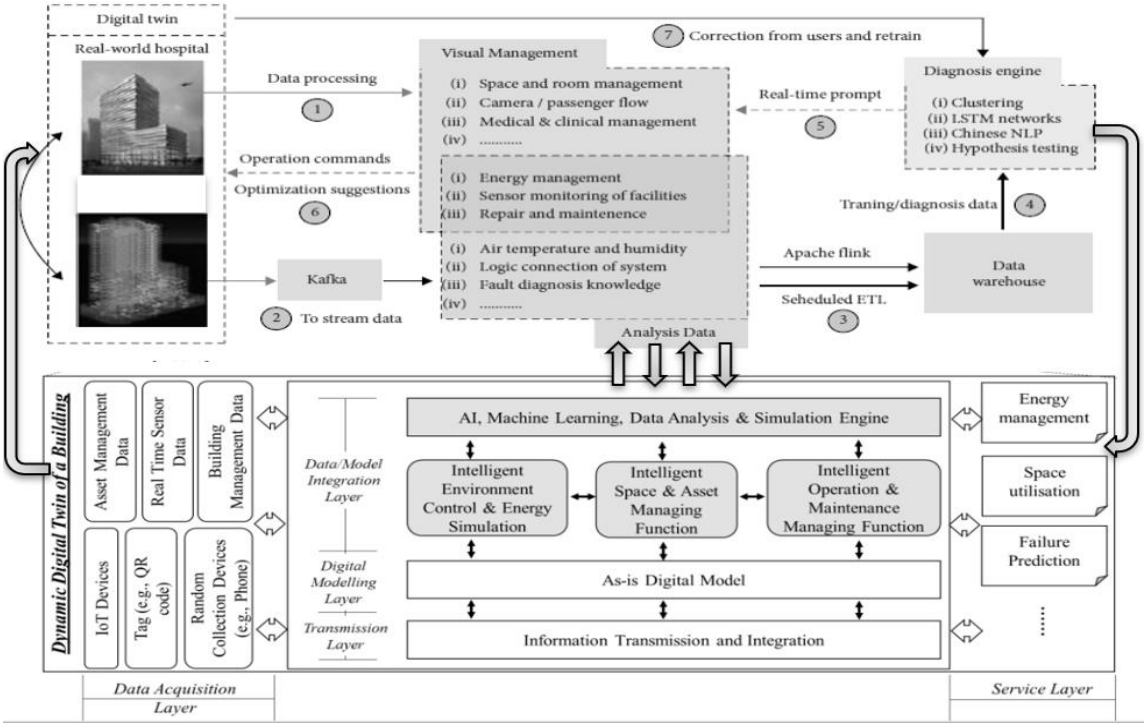
Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٢,٤ إطار تطبيق وتطوير تقنية التوأم الرقمي Application framework of digital twin technology

تم تطوير نظام (DT) بمستشفيي شنغهاي الشرقي عبر مجموعة المراحل الرئيسية وهي:

أو لا: مرحلة التخطيط، من أجل تحقيق الأهداف والغايات الإستراتيجية للمنظمة.
ثانيا: مرحلة المتطلبات والتحليل، وتتكون من متطلبات النظام وإجراء تحليل يحدد الوظيفة التي يجب أن يقدمها النظام لتلبية المتطلبات.
ثالثا: مرحلة التصميم، والتي تأخذ نتائج مرحلة التحليل وتحولها إلى نموذج مفاهيمي يمكن تنفيذه.
رابعا: مرحلة التطوير، والتي تتكون من تنفيذ التصميم من حيث تقنيات معينة مثل لغات البرمجة، وتحويله إلى نظام عمل.
خامسا: مرحلة الاختبار، حيث يتم التحقق من التنفيذ يفي بمتطلبات النظام.
سادسا: مرحلة التشغيل والنشر للبيانات، حيث يتم تشغيل النظام بمجرد اختباره والتحقق من تحقيقه لأهداف المرجوة. ويمكن استقبال جميع الإصدارات من التوائم الرقمي عبر حواسيب سطح المكتب وتطبيق الهاتف الذكي والتطبيق اللوحي واي اجهزة استقبال ذكية.

يوضح الشكل (٩) إطار تطبيقي للمكونات الرئيسية للنظام ومنطق التشغيل الخاص بها. أو لاً، تمت معالجة البيانات الاولية من مبني المستشفى الحقيقي وتوائمها الرقمي من خلال محرك Apache Kafka هو تطبيق مراسلة واستقبال فرعي يدعم معالجة التدفق البيانات كبيانات تدفق عالي الكثافة (الخطوة ١ و٢). ثم محركان متخصصان في تنسيق وتخزين البيانات الضخمة، مثل محرك Apache Flink Extract-Transform-Load (ETL) كلاهما يحول بيانات تحليل حالة المبنى إلى بيانات ذو تنسيق مرتب مناسب لأغراض الاستعلام والتحليل؛ وفي نفس الوقت يقوم Apache Flink بترتيب عشرات الملايين من الأحداث في الثانية في مجموعات مختلفة بدعم من تطبيقات الذكاء الاصطناعي (الخطوة ٣). ثم تنقل البيانات من مستودع البيانات الي محرك التشخيص والتحليل، ومقارنتها بمؤشرات الاداء المدخلة مسبقا اعتمادا على نماذج الذكاء الاصطناعي. وتستمر هذه العملية بشكل متكرر (الخطوة ٤). بمجرد اكتشاف اي انحراف بواسطة المحرك، تتم إعادتها فورًا إلى واجهات الإدارة المرئية للمراجعة والتصحيح (الخطوة ٥). ثم يتم تقديم بعض الأوامر أو الاقتراحات المستهدفة نحو المستشفى أو النموذج الرقمي (الخطوة ٦). واخيراً إذا تم تأكيد أي اقتراح للتشخيص على أنه غير صحيح، فسيتم إرساله مرة أخرى إلى محرك التشخيص لإعادة تحليله واعادة الخطوات السابقة، وتقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي بإجراء التعديلات المقابلة (الخطوة ٧).

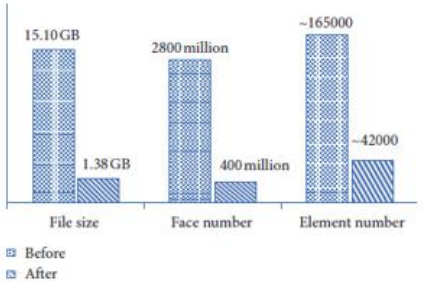


شكل رقم (٩) يبين إطار تطبيقي للمكونات الرئيسية لنظام (DT) بمستشفيي شنغهاي ومنطق التشغيل الخاص بها[٢١]،[٢٢]،[٢٣]

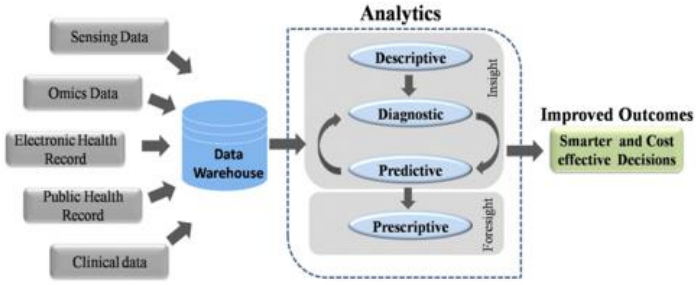
Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

١,٢,٤معالجة البيانات وتكاملها أثناء مرحلة التصميم والبناء

استغرقت مرحلة التصميم والبناء معظم الوقت في بناء وتجميع ونمذجة البيانات؛ حيث استمر انشاء وتكامل بيانات (DT) لمدة ثلاث سنوات تقريبًا. على الرغم من أنه تم جمع معظم البيانات الديناميكية في مرحلة التشغيل والصيانة. للتأكد من أن البيانات من التصميم والبناء تبقى متسقة تم عمل كتيبًا تفصيليا لمعايير البيانات الداخلية، وكيفية التعامل معها. هذا الكتيب مكن العاملين في قسم جمع البيانات المتنوعة الي معالجتها بتنسيقات قياسية موحدة، كما قام متخصصي النمذجة بإنتاج نماذج رقمية سهلة الدمج بأسلوب موحد. والمشكلة التي واجهتهم أثناء النمذجة الثابتة هي حجم البيانات؛ حيث كانت بيانات الهندسة تزداد حجمًا جنبًا إلى جنب مع ملفات التشغيل باستمرار، وصلت بيانات الهندسة الاولية إلى ١٥جيجابايت، وبالتالي كانت ثقيلة جدًا بالنسبة لوحدات معالجة الرسومات. تم تنفيذ سلسلة من الخوارزميات لتخفيف حجم البيانات بما في ذلك دمج الاجزاء المرتبطة معاً، وعمل الفلترة بالتخلص من التفاصيل الصغيرة غير الضرورية، وهذه الاجراءات كان له الاثر في تقليل حجم الملفات إلى أقل من ٢٠٪ (كما هو موضح في الشكل١٠و١١).



شكل رقم (١٠) مقارنة قبل وبعد التعامل مع حجم البيانات[٢١]



شكل رقم (١١) يوضح طريقة معالجة البيانات المختلفة[٢٣]

٢,٢,٤ تكامل نظام التشغيل الديناميكي Dynamic Operation System Integration

تم دمج ستة جوانب من الأنظمة الديناميكية في منصة(DT) كمصادر للبيانات. مثل انظمة الطاقة، انظمة الصيانة، انظمة الإمدادات بالغازات الطبية، الانظمة الطبية المختلفة الخاصة بمتابعة المرضي، نظام المراقبة الأمنية وتدفق الحركة داخل المستشفى. نظرًا للحد من التكاليف ولتخفيض الميزانية، كانت خدمات البيانات الضخمة مدعومة بمحركات مجانية مفتوحة المصدر. هذه المحركات قادرة على تحويل بيانات التدفق السريع والكثيف التي تم إرسالها باستمرار من العديد من أجهزة الاستشعار تتكون شبكات الأجهزة التابعة للمستشفى واجهزة الاستشعار المستخدمة أكثر من ١٩٠٠ جهاز استشعار ذكي من ١٣ نظامًا فرعيًا بما في ذلك نظام المصعد، وفي الوقت نفسه حوالي ٢٣٠ مقياساً رقميًا لمراقبة المرافق (إمدادات الكهرباء والمياه)، و١٠٠ جهاز استشعار لأنظمة الغازات الطبية. يمكن دمج البيانات الديناميكية تلقائيًا في (DT) من خلال وضع رموز تسلسلية لجميع أجهزة الاستشعار بشكل متسق مع انظمة (DT). أنتجت هذه الأجهزة حوالي ٢ مليون سجل يوميًا وأكثر من ١٠ تيرابايت من بيانات السجل في المجموع. شكل رقم (kk) يوضح انه بالرغم من الحجم الهائل، كان تنسيق البيانات بسيطًا نسبيًا بفضل التكامل بين الانظمة المختلفة.

٣,٢,٤ رسم الخرائط بمساعدة الواقع المختلط (MR) Mixed Reality (MR) Assisted Object Mapping

خلال فترة تطوير النظام، كان تعيين الكائن الصحيح (عناصر البناء/ الاجهزة والمعدات الرئيسية) من المستشفى الحقيقي إلى (DT) ذا أهمية كبيرة. إذا لم تكن موضع عناصر البناء، أو حجمها، أو خصائصها، أو علاقاتها في الجزء الرقمي متسقة مع جزء العالم الحقيقي، سيؤدي الي ارتباك؛ وسيعتبر التشخيص المقابل بناءً على البيانات الخاطئة عديم الفائدة. بالاعتماد على الواقع المختلط، من خلال معدات بصرية خاصة يتيح لك الواقع المختلط رؤية العالم من حولك والانغماس فيه أثناء تفاعلك مع بيئة افتراضية بإستخدام يديك. ولذلك تم إستخدام (MR) من أجل المساعدة في التحقق من التعيين الصحيح للشي المراد التحقق منه وخصائصه، تم تطوير تطبيق (MR) على جهاز iPad اللوحي لتسهيل الإستخدام. كما هو مبين في الشكل (١٢) بإستخدام نظارات الخوذة. يسهل اكتشاف أي اختلافات في الموقف والتعامل معها. ساعد تطبيق (MR) في تصميم نموذج (DT) بشكل صحيح[٣٣].

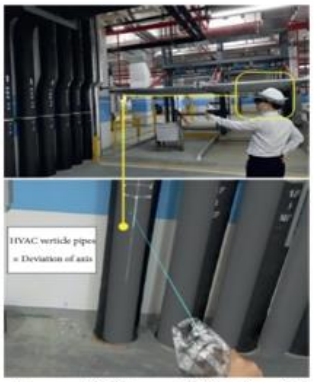
٣,٤ إدارة (DT) والتحكم المركزي Digital Twin Management and Central Control

تم الانتهاء من تطوير منصة إدارة مباني مستشفيات (DT) بنجاح قبل تسليم البناء مباشرة. وتم تكليف عشرة أعضاء من العاملين بقسم التشغيل بعد تدريبهم بتولي إدارة والاشراف الفني والتشغيلي للتوائم الرقمي (DT) بالإضافة إلى ذلك، تولت مجموعة استشارية من فريق (DT) مسؤولية تدريب مستخدمي ومستقبلي الاشعارات من (DT) في الموقع. حتى الآن، تعمل جميع تطبيقات (DT) بثبات لمدة أكثر من ١٥شهر تقريبًا. في مرحلة التصميم، تم حجز منطقة بمساحة ٢٠٠ متر مربع في المبنى السريري الجديد كقاعة لإدارة والتحكم في انظمة الأتمتة، وكمركز تحكم (DT). تم تجهيز مركز التحكم بظروف عمل مثالية لضمان التشغيل القوي، بما في ذلك غرفة الخادم والشبكة الداخلية وجهاز UPS (مانع انقطاع التيار الكهربي) كان جهاز العرض الرئيسي لنظام (DT) عبارة عن شاشة كبيرة متكاملة (الارتفاع والعرض: ٢. ٦ م × ٤. ٧ م) لمراقبة والتحكم في انظمة أتمتة المباني، وشاشات التعرف على الوجه وخطوط الاتصال والاجهزة والتجهيزات الفنية المطلوبة. مع اتاحة سلطة الوصول الكامل إلى البيانات، لم يكن مركز التحكم (DT) مجرد فرع من مكاتب إدارة المباني، بل أصبح أيضًا دماغًا مركزيًا قادرًا على تنسيق الأنشطة اليومية في المستشفى[٣٤].

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

١,٣,٤ الإدارة البصرية للمستشفى

عند الدخول إلى مركز التحكم تظهر الشاشة الرئيسية العامة لـ (DT) للمستشفى. كما هو موضح في الشكل رقم (١٣) الجزء الأيسر عبارة عن نموذج ثلاثي الأبعاد كامل يدعم التحول المرئي واختيار العنصر، والتبديل بين أنظمة المختلف. الجزء الأيمن المعلومات الأكثر أهمية التي يجب فحصها باستمرار مثل أجهزة الاستشعار المنبهة، ومخاطر أعطال الماكينة المتوقعة، وطلبات الإصلاح غير المعالجة، واتجاه تدفق الزائرين والمرضي، ومراقبة الفيديو في المناطق السريرية، وما إلى ذلك.



شكل رقم (١٢) يبين التحقق عن طريق تطبيق MR [١٧]

شكل رقم (١٣) الشاشة الرئيسية في غرفة التحكم المركزية [٣٨]

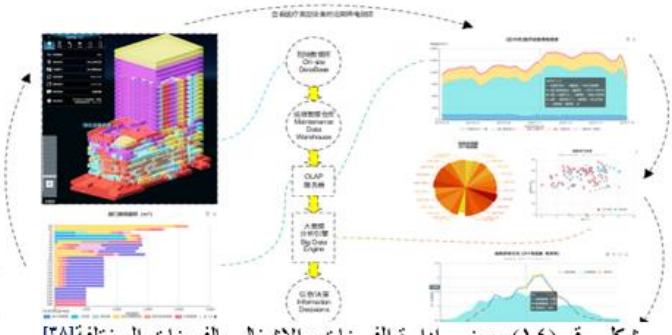
٢,٣,٤ إدارة الفرغات المختلفة

بناءً على طلب المستشفى، تم إنشاء المعلومات المكانية من خلال دعم تحديد المواقع تلقائيًا، وبمساعدة الكاميرات واجهزة الاستشعار لتحديد اشغال الغرف والقاعات والمناطق السريرية، وبمساعدة التحليل الإحصائي والعرض ثلاثي الأبعاد يتم عرض وتحليل المعلومات المكانية كما هو واضح في (الشكل ١٤) وربطها بإدارة وتشخيص الطاقة في القسم التالي. كما تم تقديم بعض التحليلات الإحصائية لإستخدام الفضاء. تم حساب معدل شغل وإستخدام المساحة لكل قسم طبي، وتم تحليل كفاءة إستخدام الفراغ مع الأخذ في الاعتبار تشغيل المستشفى. ساعد هذا في تخطيط الغرف والاستغلال الأمثل للمساحة وادارة المرافق بشكل مثالي[٣٥].

٣,٣,٤ إدارة الطاقة والمرافق المختلفة

راقبت هذه الوظيفة استهلاك الطاقة والمرافق الأخرى باستمرار في مبنى المستشفى، بما في ذلك استهلاك المياه والكهرباء. تم تقسيم إستخدام المياه إلى الاقسام الرئيسية مثل المطابخ والحمامات والاستخدامات الطبية. تم مراقبة استهلاك الكهرباء من خلال تقسيم إستخدام الكهرباء إلى فئات قياسية مثل الإضاءة والمفاتيح ونظام الطاقة وتكييف الهواء. . . الخ. تم عرض المقدار المطلق لاستهلاك الطاقة الاجمالي بواسطة المخططات الخطية، بينما تم إدراج النسب المئوية المرتبطة حسب الفئات وحسب الاستخدام لكل فئة. وطبقا للنظام الأساسي الرسومي (DT)، أكدت الألوان القريبة من اللون الأحمر على إستخدام الطاقة الكثيف نسبيًا الشكل رقم (١٥) يوضح ذلك.

شكل رقم (١٥) يوضح شاشات إدارة الطاقة والمرافق [٣٨]



شكل رقم (١٤) يوضح إدارة الفرغات والاشغال بالفرغات المختلفة[٣٨]

٤,٣,٤ إدارة الامن وتدفق الزوار والسيارات

تم دمج جميع الكاميرات الأمنية الخاصة بالمراقبة بالفيديو داخل نظام(DT). يشتمل النظام على المراقبة في الوقت الفعلي ومراقبة المسار بكاميرات محيطة تحقق ٣٦٠ درجة. من خلال النقر فوق رموز الكاميرا في نموذج المبنى ثلاثي الأبعاد، يتم استدعاء مقاطع الفيديو في الوقت الفعلي مباشرةً، مما يحقق تتبعًا سلسًا للهدف سواء كان ضيوف مهمين أو أشخاص خطرين أيضًا. بمساعدة النظام الأمني الفرعي، سيتم تشغيل تحذيرات التعرف على الوجه بمجرد دخول إحدى الاشخاص غير المرغوب فيهم نطاق أي من الكاميرات الأمنية، بناءً على ملفات تعريف الصور الخاصة بهم كما هو مبين في الشكل رقم (١٧).

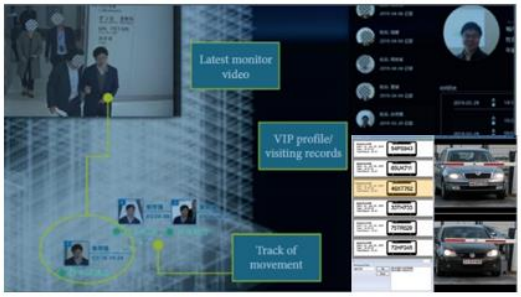
dtaa21.conferences.ekb.eg Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

سيقوم مركز التحكم (DT) بإبلاغ أقرب حراس الأمن للتعامل مع الحالة. كذلك من خلال كاميرات التعرف على الوجه في جميع المداخل يتم تحقيق إدارة تدفق الزائرين في الوقت الفعلي. يتم حساب مجموع تدفق الزائرين كل خمس دقائق. بمجرد أن يتجاوز متوسط التدفق حد معين، سيتم إرسال تحذير إلى مركز التحكم؛ وفي نفس الوقت سيتلقى الأمن مطالبة على تطبيقات الأجهزة المحمولة لإيقاف التدفق أو توزيعة، وتم استغلال هذه الميزة خلال جائحة كورنا لتحقيق التباعد الاجتماعي. كذلك تم استخدام تضمين التعرف على لوحة رقم السيارة في كاميرات المدخل الرئيسي. وتحديد وقت دخول ووقت مغادرة ومسار وقوف كل سيارة، كما هو مبين في الشكل رقم (١٧).

٥,٣,٤ إدارة المرافق

يتم عرض معلومات المنشأة الرئيسية، وحالة التشغيل والاشعارات الخاصة بكل جهاز في عرض النموذج ثلاثي الأبعاد. من خلال بيانات المنشأة الديناميكية لأنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء وإمدادات المياه والصرف وتوزيع الطاقة والأنظمة الأخرى. يعرض النظام بيانات المراقبة التاريخية لكل نقطة مراقبة في شكل قائمة ومخطط اتجاه لتسهيل فهم تشغيل جميع الآلات الرئيسية بشكل مباشر وتقييم أدائها أيضًا. علي سبيل المثال تم تحديد ١٢ نقطة مراقبة تفصليه لوحدة التكيف المركزي؛ مثل حالة المرشح ودرجة حرارة إمداد الهواء والرطوبة وتركيز ثاني أكسيد الكربون. بعد تحديد القيم المطلوبة من درجة الحرارة والرطوبة للهواء وتركيز ثاني أكسيد الكربون، إذا تم تجاوز هذه القيم المحددة، يصدر النظام تحذير أو إنذارات بألوان مختلفة حسب حالة الانذار(الجزء الأيسر من الشكل ١٦).

سيتلقى عمال الإصلاح مهمة عمل على هواتفهم الذكية في نفس الوقت. ومن المعالم البارزة الأخرى مراقبة نظام المصعد. حيث يتم إرسال إشارات تحديد الموقع لجميع المصاعد الـ ١٨ كل خمس ثوانٍ. وفي حالة وجود عدد انتظار كبير لمصعد ما، سيتصل مركز التحكم (DT) بالسماعات القريبة ويوجه انتظار الركاب إلى مصعد آخر متاح[٣٦].



شكل رقم (١٧) يبين إدارة تدفق الزوار والسيارات[٢١]

شكل رقم (١٦) يبين طريقة المرافق من خلال أجهزة الاستشعار[٣٨]

٤,٤ التشخيص الذكي وإجراءات الإصلاح الفورية أو الوقائية

Intelligent Diagnosis and Immediate or Preventive Repair Measures

١,٤,٤ إدارة الاستهلاكات طبقاً للإستخدام الفعلي

يتم التحكم في الدوائر الكهربائية المختلفة في المستشفى طبقاً لسناريوهات الإستخدام الفعلي. على سبيل المثال، تستهلك إضاءة منطقة انتظار المرضى الخارجيين كهرباء أكثر في النهار، وأقل في المساء، وتقريباً صفر في الليل، وبالتالي يكون استهلاك نظام الطاقة أعلى في الصباح ويظل منخفضًا نسبيًا بعد ذلك. وكذلك إذا انخفض مستوى الإشغال إلى الصفر داخل فراغ ما، فسيتلقى موظفو التشغيل إشعارًا لإطفاء جميع الأضواء في تلك الغرفة. يمكن أن يسجل (DT) أن الغرفة بها تدفق هواء دون المستوى أو درجة الحرارة غير مناسبة، مما يسبب عدم راحة المستخدمين، وبالتالي يعدل من درجة حرارة المكيف وسرعة الهواء ليكون مناسب لإستخدام الحالي. يمكن لهذه المستشعرات مراقبة مستويات الرطوبة وتدفق الهواء وجودة الهواء ويمكن تنظيمها للتكيف مع المعايير المثلى.

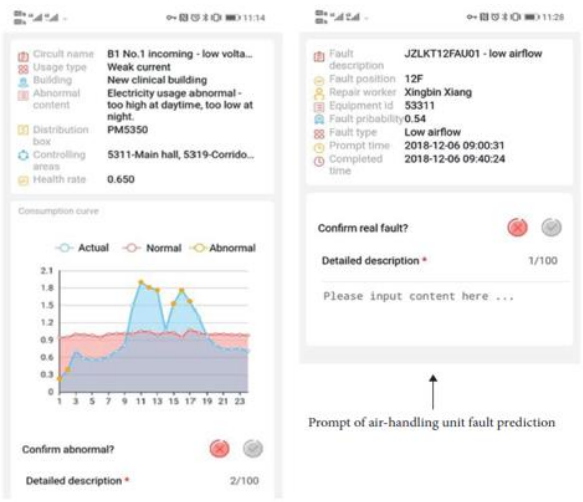
تم تصنيف بيانات المراقبة لـ ٢٨٧ عدادًا ذكيًا لجميع المرافق يدار بطريقة آلية بالكامل. يقوم (DT) بمراقبة الإستخدام بشكل مستمر وتحديد أي عداد غير طبيعي يتجاوز أو يقل عن نسبة ٢٠٪ من السلوك الطبيعي المقابل. وتتم المطالبة بالتحقق من المهام عبر تطبيق الهاتف المحمول (الجزء الأيسر من الشكل ١٨). بالنسبة لساعات الاستهلاك المرتفعة بشكل غير طبيعي، يتم اخطار ذي الصلة لوقف استهلاك الطاقة غير الضروري. بالنسبة للاستهلاك المنخفض بشكل غير طبيعي، يتم تواجهيهم بالتحقق من توقف أي آلة عن العمل.

٢,٤,٤ إصلاح وصيانة النظام الفرعي

يسهل (DT) على المستخدمين على أي مستوى بدء طلبات الإصلاح أو خطط الصيانة والتعامل معها بشكل ملائم. سوء كانت الصيانة طارئة، أو الصيانة اليومية، أو عمليات الصيانة عند الطلب ومتطلبات الآلات المختلفة. يمكن ايضا للمستخدم العادي في المبنى بدء طلب إصلاح عبر تطبيق الهاتف المحمول، وإرسال أوصاف بمساعدة الوسائط المتعددة أو الرسائل النصية للتوضيح. يدعم التطبيق النصوص والصور والتسجيل الصوتي ومقاطع الفيديو. بالإضافة الي تجميع الطلبات من وحدات تشخيص الأعطال التلقائية. تم تعيين المهام اليدوية والتلقائية لأقرب عامل من مكان الاصلاح في مبنى المستشفى. تم إستخدام نموذج (DT) للمساعدة في تحديد الموقع المكاني للأعطال وتحليلها ثم الحكم على نطاق التأثير أو النقاط الرئيسية للأخطاء؛ مما أدى ذلك إلى تحسين كفاءة الصيانة بشكل عام.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

شكل رقم (١٩) يبين متابعة عمل الانظمة المختلفة[٣٨]



شكل رقم (١٨) ارسال رسائل للتحقق من المهام عبر تطبيق الهاتف[٣٦]

٣,٤,٤ التعرف على نمط الإصلاح المتكرر وفحص الصيانة منخفضة الجودة

يساعد (DT) مدرين الصيانة؛ عندما يجدوا أنماطًا مثيرة للاهتمام، أو تلف متكرر فإنهم يتخذون بعض قرارات التحسين. سابقاً لم يكن هناك سوى طرق تقييم نوعي بسيطة للحكم على جودة أعمال الصيانة. بعد إستخدام نظام (DT) لإدارة أعمال الصيانة، يمكن اجراء تحليل وفحص من سجلات الصيانة لكل جهاز وسجلات إصلاح الأعطال تلقائيًا. بإستخدام اختبار (T-test)، يمكن تحديد إذا كانت القيمة المتوسطة للتكرار التلف بعد الصيانة أكبر من تلك قبل الصيانة وذات دلالة إحصائية، فقد اعتبرت الجودة منخفضة. مما يشير إلى حدوث المزيد من الأخطاء بشكل ملحوظ حتى بعد الصيانة. وبالتالي يتم الاستبدال الكامل للعنصر متكرر التلف في فترة قصيرة؛ أو استبعاد الفني الذي قام بأعمال الصيانة، وعلى الرغم من التكلفة الإضافية لهذه الاجراءات، الا انها توفير عش رات الساعات من وقت الصيانة.

شكل رقم (٢١) يوضح وفحص الصيانة منخفضة الجودة[٣٨]

شكل رقم (٢٠) يوضح فحص نمط الإصلاح المتكرر[٣٨]

٥,٤ التوأم الرقمي في الرعاية الطبية The digital twin in medical care

أحدث استخدام التوائم الرقمية في الرعاية الصحية ثورة في العمليات السريرية وإدارة المستشفيات من خلال تعزيز الرعاية الطبية من خلال التتبع الرقمي والنمذجة المتقدمة لجسم الإنسان. هذه الأدوات مفيدة جدًا للباحثين في دراسة الأمراض والأدوية الجديدة والأجهزة الطبية، وأيضا مساعدة الأطباء على تحسين أداء خطط العلاج الخاصة بالمريض.

١,٥,٤ مراقبة المريض / التشخيص ودعم قرار العلاج

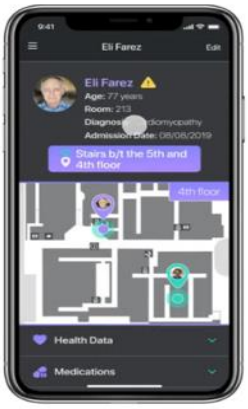
ساعدت التوائم الرقمية الأطباء في تشخيص المريض ودعم قرار العلاج بإرسال البيانات الصحية الخاصة بالمريض من خلال أجهزة قابلة للارتداء تسمي شبكات منطقة الجسم اللاسلكية (WBAN) ترسل البيانات في الوقت الفعلي، وارسالها الي السحابة التخزينية ثم الي التوأم الرقمي كما هو موضح في شكل رقم (٢٢). هناك العديد من مصادر البيانات التي يمكن أن تغذي التوأم الرقمي وتحميلها على الملف الطبي الرقمي الخاص بالمريض، لدينا سجل رقمي يغذي من أجهزة الاستشعار المحيطة بالجسم والأخرى من السجل الرقمي للجهاز الطبي الذي يلتقط القياسات من الجهاز مباشرة. يمكننا ربط كلا النموذجين المرسلة من الجهاز والمريض معاً لتشخيص دقيق ومن ثم اتخاذ قرار علاجي سليم. علاوة على ذلك، يمكن للتوائم الرقمية أن تتنبأ وتمنع حالات طوارئ للمرضى مثل أمراض القلب والرئة أو توقف التنفس، والمعروفة باسم حالات الطوارئ في حالة الكود الأزرق، مما يؤدي إلى إنقاذ المزيد من الأرواح. في الواقع.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٢,٥,٤ تتبع ذكي للمرضى

يساعد تتبع المرضى في المستشفيات على تقديم رعاية طبية أفضل. يعتمد تتبع المريض على تقنيات RFID وIoT، مما يتيح التتبع وتخزين البيانات والتحليل. يتم إعطاء المريض سوارًا بعلامة RFID تحتوي كل علامة على معلومات المريض ذات الصلة. مثل الاسم والسجل الطبي الإلكتروني والأدوية الموصي بها وما إلى ذلك. عندما يتحرك المريض في أنحاء المستشفى، يتلقى القراء readers الموجودون على الجدران والأسقف داخل المستشفى والمنطقة المحيطة بها معلومات حول موقع العلامات ونقلها إلى التوائم الرقمي في الوقت الفعلي للمعالجة والتحليل. تُعد الرؤية في الوقت الفعلي لموقع كل مريض مفيدة بشكل خاص للمرضى المسنين والمرضى الذين يعانون من حالات عقلية شكل رقم (٢٣) يوضح نظام تعقب المرضي من خلال الموبيل.

شكل رقم (٢٢) يبين إرسال البيانات الصحية الخاصة بالمريض من خلال أجهزة قابلة للارتداء[٢٥]



شكل رقم (٢٣) يبين نظام تعقب المرضي من خلال الموبيل[٣٤]

٣,٥,٤ التعامل مع كرونا

يساعد (DT) على الحفاظ على الفرغات؛ لتكون مجهزة بشكل أفضل للحفاظ على مساحات آمنة، وبيئات عمل نظيفة وصحية وخالية من الفيروسات وذلك من خلال الإجراءات التالية:

- أصبح الدخول والخروج بدون تلامس ممكنًا من خلال تكامل انظمة الوصول إلى المباني. يتيح هذا التكامل لجميع العاملين تجنب ملامسة مقابض الأبواب بإستخدام هواتفهم كبطاقات دخول للدخول والخروج الأمن.
- بالإضافة إلى ذلك، يمكن لفرق إدارة المباني التواصل وتحديث سياسات التباعد الاجتماعي الدقيقة. يقوم التطبيق بإعلام العاملين من خلال أجهزتهم المحمولة على الفور عند وجود تحديث جديد للسياسة[٢٣].
- بإستخدام أجهزة الاستشعار الرقمية المزدوجة، ستكون أماكن العمل مجهزة جيدًا لمنع انتشار الفيروس. على سبيل المثال، يمكن إستخدام مستشعرات الإشغال لفرض سياسات التباعد الاجتماعي، وسيتم إنشاء إشعار لفريق إدارة المبنى عندما تتجاوز المساحة السعة المسموحة. سيوفر ذلك لفريق إدارة المبنى رؤية فورية وقابلة للتنفيذ بناءً على البيانات التي تم جمعها من خلال مستشعرات الإشغال. كذلك يمكن التعامل مع المريض في المنزل دون الحضور للمستشفى من خلال أجهزة (WBAN).

٤,٥,٤ ما هو مستقبل التوائم الرقمية للمستشفى والرعاية الصحية؟

من خلال التوأم الرقمي الذي يوفر خريطة افتراضية دقيقة للمبنى، يمكن للمستشفيات أن ترى قريبًا روبوتات مستقلة تنقل الأدوية والمعدات إلى حيث تريد، باستخدام مستشعرات تحديد الموقع الجغرافي وإنترنت الأشياء. ستساعد التوائم الرقمية على المدى القصير، نظام الرعاية الصحية على تقديم ابتكارات منقذة للحياة بشكل أسرع من ذي قبل، وبتكاليف أقل مع قدر أكبر من السلامة للمريض. يمكن الآن بناء صورة دقيقة للفرد استنادًا إلى مجموعات البيانات الضخمة يمكن إجراء عمليات محاكاة ليس فقط لنمذجة تأثير العلاجات المختلفة، ولكن أيضًا للحصول على تحذير مبكر من ميل المريض للإصابة بأمراض أو حالات أخرى[٣٧].

ما زلنا نفتقر إلى حد ما إلى القدرة على إنشاء توأم رقمي لشخص بأكمله، لكن التوائم الرقمية للأعضاء الفردية - بما في ذلك القلب والرئتين والكلى - متقدمة جدًا. والاستفادة من ذلك في زراعة الأعضاء حيث يمكن إستخدام التوائم الرقمية للأعضاء لمحاكاة عضو أي فرد معين للسماح بإجراء اختبار شامل قبل تطبيق النتائج على المريض.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٥. المناقشة والنتائج Discussion and Results

التوائم الرقمي(DT) لا تتوقف مهامه على التصميم والبناء والصيانة، ولكنه يوفر أيضًا بصمة رقمية لجميع الأصول المادية للمستشفى، والتقاط البيانات من أجهزة IOT الذكية، وتخزينه على السحابة الالكترونية بطريقة امنة، يمكن الوصول إليه بسهولة؛ يتيح ذلك لمديري المستشفى فهم الموارد المتاحة بالضبط وكيفية تحسين طريقة استخدام المساحات، مع توفير تكاليف الرعاية الصحية.

يعمل مشروع (DT) النموذجي في مستشفى الشرق منذ أكثر من عام ويحسب له انه تجربة ناجحة في تحقيق الأداء المطلوب فقد أظهر المسح الميداني لتقيم التجربة بعد التشغيل[٣٨]، بزيادة رضا المرضي لخدمة الرعاية المقدمة لهم بنسبة٢٠٪ مقارنة بالمبنى السريري القديم، توفير حوالي من ١٠٪ : ١٥٪ كل عام من الاستهلاك الاجمالي للطاقة وبالتالي من تكلفة التشغيل، مع تجنب أكثر من ١٠٪ من أخطاء المنشأة والإصلاحات المطلوبة من خلال التشخيص المبكر والاستجابة السريعة في التعامل مع الاعطال والاخطاء.
بالإضافة الي التحقيقات الأخرى والتي برزت بشكل رئيسي في:

اولا: التكامل المستمر للبيانات الضخمة طوال دورة حياة المشروع. من التصميم والبناء ومرحلة ما قبل التشغيل والصيانة وصولاً إلى مرحلة التشغيل والصيانة، والتعامل مع الحجم الكبير من المعلومات والبيانات الثابتة والديناميكية والتي تمت إدارتها بشكل تكاملي أثبات صحة عملية التكامل المستمر على مدار دورة الحياة الكاملة. يوفر التوأم الرقمي، عند دمجه مع تحليلات البيانات، حلاً ومورداً رقميًا لا يقدر بثمن للصيانة التنبؤية واكتشاف الأخطاء.

ثانيا: تحقيق الإدارة المرئية في الوقت الفعلي - يمكن للمديرين فهم الحالة التفصيلية للمستشفى بالكامل من خلال الإدارة المرئية، والتي تعد أكثر كفاءة بكثير من العمل اليدوي التقليدي. تم معالجة وتحليل تدفقات البيانات عالية الكثافة باستمرار في الوقت الفعلي؛ في مركز تحكم مركزي حديث؛ حيث يقوم بدور العقل المدبر بتوجيه أنشطة الإدارة اليومية. أظهر (DT) إمكانات أكبر بكثير من تقنية BIM التقليدية، والتي ستساعد المحترفين على الترقية من BIM إلى(DT).

ثالثا: تميزت وظائف التشخيص الذكي في (DT) باستخدام نماذج الذكاء الاصطناعي الاحترافية كمحرك تشخيص، وهي تعمل مع وظائف الإدارة المرئية. دعمت كميات هائلة من البيانات الديناميكية مع التشخيص الذكي في الوقت المناسب واقتراحات التشغيل التي يتم إرسالها تلقائيًا إلى الواقع. أظهرت هذه الحالة النموذجية القوة المحتملة للذكاء الاصطناعي ومهارات تحليل البيانات الحديثة في تطبيقات (DT). بالإضافة الي الرعاية الصحية شهدت مستشفى شرق الصين انخفاضًا بنسبة ٤١٪ في حالات الكود الأزرق.

ولكن في نفس الوقت ظهرت مجموعة من الصعوبات التي واجهات القائمين علي(DT) ، انها لا تزال غير مهيأة تمامًا لاحتياجات مشاريع البناء. على الأقل، هناك بعض التحديات التي يجب التغلب عليها في المستقبل مثل: -

أولا: الأنظمة الطبية معقدة جدًا بحيث لا يمكن لمنصة (DT) التحكم فيها بشكل كامل. أو القيام بالإصلاح التلقائي في المعدات المعيبة. حيث تم الاكتفاء بإرسال إنذار الوقت الحقيقي فقط إلى مركز التحكم، واسناد مهمة الاصلاح إلى عمال الصيانة لإصلاح يدويًا. وإذا تم تنفيذ وظيفة الاصلاح التلقائي، فستكون هناك حاجة إلى معدات اخري ونظم اخري، مما قد يؤدي إلى نفقات عالية.

ثانيا: لا تزال المخاطر المالية كبيرة عند استخدام (DT) على نطاق واسع. يتضمن إنشاء (DT) إنشاء شبكات على نطاق واسع لأجهزة الاستشعار الذكية والكاميرات وأجهزة الاتصال اللاسلكي وما إلى ذلك. بدون تخطيط دقيق في بداية مرحلة التصميم، سيكون من الصعب جدًا أو حتى المستحيل إضافة مثل هذه الأجهزة إلى مبني قائم. كذلك تجهيزات مراكز التحكم من معدات وادوات لنظام الإدارة باهظة الثمن أيضًا. لذلك، يجب أن يكون لدى المالكين دافع قوي وبصيرة واضحة في استخدام تقنيات (DT) دون تردد إذا ثبت أنها مفيدة من الناحية المالية. وفي الغالب العقبات الرئيسية تتمثل في قضايا الإدارة والميزانية، وليس الامور الفنية.

ثالثا: التوأم الرقمي، مثل مرايا العالم الحقيقي، لهما خصائص متشابهة ويستلزمان نمذجة نموذج رقمي يعكس التفاعل من إنسان إلى إنسان ومن إنسان إلى شيء ومن شيء إلى شيء مما يولد عدد كبير جدا من العلاقات والعمليات الديناميكية. بالإضافة الي الاستجابة في الوقت الفعلي، والمرونة، والقدرة على الاستشعار، والتكامل، والتفاعل والقدرات الأخرى الموجودة في العالم الفعلي، مع جوانب التصنيف والتنسيق. وتجميع هذه الأشياء معًا بطرق متنوعة على نطاق مكاني.

مما يستلزم عمل أكثر من توائم رقمي مما يستلزم الجمع بين توائم رقمية متعددة لتحقيق التكامل، مما يؤدي الي انشاء تقنية توأم رقمية مركبة وهذه عملية معقدة جدا مالياً، وفنياً، وزمنياً. ولكن مع الوقت والعمل على ملف تقليل التكاليف سيتم التغلب على هذه التحديات، خصوصاً مع التطور سريع الخطي للتكنولوجيا الرقمية.

٦. الخلاصة والاستنتاج Conclusion

لا تزال التوائم الرقمية مفهومًا جديدًا نسبيًا واستخدام مصطلح "التوأم الرقمي" في الكثير من التعليقات حول اتجاهات التكنولوجيا الرقمية الحديثة غير مفهوم؛ ولذلك لم يتم الاتفاق على تعريف واضح محدد حتى الان، ولكن رأي او مفهومي عن التوأم الرقمي من خلال البحث هو ببساطة أداة محوسبة تم إنشاؤها لتمكين من رصد الواقع الفعلي واستخلاص الأفكار، ومن ثم تؤدي هذه الأفكار إلى تحسين عملية اتخاذ القرار.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

ومن ثم يمكن أن نحدد التوأم الرقمي على أنه تمثيل رقمي أو "نسخة رقمية" لنظام أو عملية مادية (من صنع الإنسان)، حيث تبدو النسخة المتماثلة الرقمية انها تتصرف وتستجيب مثل نظام أو عملية العالم الحقيقي. لذلك نرى أن التوأم الرقمي يتكون عادةً من نموذج مرئي ونموذج منطقي ومحرك محاكاة، مع مدخلات من مصادر خارجية (مثل أجهزة الاستشعار). التوائم الرقمي له اهمية كبيرة في الاستخدام في مباني المستشفيات لتعدد الانظمة المستخدمة وتعقيدها، ولذلك يساعد على فهم أفضل لكيفية استخدام موارد كل مستشفى. يؤدي إنشاء المبنى رقميًا قبل الإنشاء الفعلي إلى قرارات تصميم أفضل؛ حيث يزود مديري المستشفيات بمعرفة مقدار المساحة التي تتطلبها كل منطقة في المستشفى ومحاكاة السيناريوهات المختلفة من أجل تحسين الرعاية. في المستقبل، سيمكن هذا تخصيص الميزانية بشكل أفضل وإنشاء جداول للاستخدامات الغرف، وتقليل وقت التوقف عن العمل والاستفادة بشكل أكثر فعالية من كل مساحة. وفي الوقت نفسه، يمكن للموظفين الجدد أو عمال الصيانة أو صانعي القرار "السير عبر" مستشفى افتراضي كامل، وتعلم سياسات وإجراءات جديدة، ورؤية مكان تركيب المعدات أو صيانتها، أو مراقبة كيفية استخدام الأشخاص في المكان في الوقت الفعلي، دون الحاجة إلى الذهاب الي الموقع أو تعطيل عمليات المستشفى اليومية. وإجراء تخطيط للوظيفة، والمساعدة في منع تجاوز الميزانية.

بدلاً من تفسير شكل المبنى بناءً على رسم ثنائي الأبعاد، يمكن أصحاب المصلحة الانغماس في النسخة الرقمية، ومعرفة الشكل الذي سيبدو عليه المنتج النهائي واختبار ما إذا كان مناسبًا للغرض من خلال السيناريوهات الرقمية. توفر التوائم الرقمية امكانيات هائلة في قطاع الرعاية الصحية، بما يتجاوز بكثير إمكانية تحسين تشغيل الأصول المادية والعمليات. التوائم الرقمي يستخدم أجهزة الاستشعار لجمع البيانات حول عمل المستشفى، من منظور البنية التحتية المادية وكذلك العمليات السريرية والإدارية داخل المستشفى.

تم جمع البيانات من مجموعة واسعة من المصادر؛ بما في ذلك أنظمة البناء (أي تلك الأنظمة التي قدمت خدمات البناء الأساسية مثل الطاقة، والهواء المكيف، والغازات الطبية، وما إلى ذلك)، وأجهزة الاستشعار البيئية (قياس درجة الحرارة، والرطوبة، وجودة الهواء)، وأجهزة الاستشعار البصرية (مثل كاميرات الدوائر التلفزيونية المغلقة)، ومستشعرات تتبع الكائنات (مثل تتبع الأصول وأجهزة استشعار الإشغال البشري). سيتم استخدام أدوات التحليل القائمة على الذكاء الاصطناعي لمعالجة بيانات البناء والعمليات لاستخلاص رؤى حول أداء المبنى، والأنظمة التي تقدم الخدمات المطلوبة، أداء العمليات التشغيلية الرئيسية (مثل إدارة تدفقات المرضى)، الاستجابات للطوارئ.

"مركز القيادة" المتكامل يتيح مركز القيادة نظرة عامة شاملة في الوقت الفعلي لعمليات المستشفى وهو نقطة الاتصال المناسبة للوصول إلى البيانات والرؤى من التوأم الرقمي. ويوفر الوظائف التالية: إدارة عمليات المستشفى، إدارة عمليات البناء (إدارة الطاقة، الإدارة البيئية)، إدارة الأمن سيكون مركز القيادة نقطة محورية لاتخاذ القرار في المستشفى، بالإضافة إلى مركز للتحسين المستمر.

من خلال قوة المستشعرات منخفضة التكلفة، والحوسبة المتنقلة، والاتصالات اللاسلكية الأرضية، ورؤية الحاسوب، والذكاء الاصطناعي، أصبحت إمكانية محاكاة الأنظمة بدقة داخل جسم الإنسان حقيقة ناشئة. حيث تكون الفرصة للاستفادة من قوة التقنيات الرقمية المعاصرة لتحسين نتائج الرعاية الصحية بشكل كبير.

تستخدم أجهزة الاستشعار لجمع البيانات حول تشغيل الأنظمة البشرية المختلفة. يمكن أن تتراوح هذه المستشعرات من الأجهزة الطبية المستخدمة على نطاق واسع في بيئات الرعاية الصحية (مثل أجهزة قياس ضغط الدم ومقاييس التأكسج) إلى الأجهزة الشخصية القابلة للارتداء (مثل الساعات الذكية وأجهزة مراقبة المريض اللاسلكية). سيتم استخدام أدوات التحليل القائمة على الذكاء الاصطناعي لمعالجة بيانات المريض لاستخلاص رؤى حول الحالات الطبية الحالية بالإضافة إلى القدرة على إجراء تنبؤات حول الحالات الناشئة. هذا يؤدي بعد ذلك إلى إمكانية التدخلات المستهدفة في مرحلة مبكرة.

واخيراً وجود نسخة طبق الأصل دقيقة من المستشفى يتيح لمقدمي الرعاية الصحية تحقيق كفاءات التشغيل والإدارة بشكل لم يسبق له مثيل. وبالتالي يمكن القول إن استخدام التوائم الرقمي في المستشفيات هو وقف لإستنزاف ميزانيات مقدمي الرعاية الصحية، من خلال زيادة الكفاءات التشغيلية، وتقليل التكاليف؛ حيث ساعدا إرسال المعلومات والبيانات في الوقت الحقيقي بشكل كبير على ردود الفعل السريعة وفي الوقت المناسب لمنع حدوث اي إخفاقات في المنشأة، وكذلك التحكم من بُعد، يوفر قدرًا كبيرًا من الوقت والطاقة؛ ومن ثم تحسين أداء المبنى، توفير التكاليف بشكل كبير. ومن ثم المساعدة في تقليل ضغوط التكلفة والموارد التي يفرضها وباء COVID-19.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

٧. المراجع References

(1) FEI TAO, MENG ZHANG, A.Y.C. NEE, 2019, "**Digital Twin Driven Smart Manufacturing**" Academic Press is an imprint of Elsevier, Publisher: Matthew Dean, United Kingdom, ISBN: 978-0-12-817630-6.

(2) Lloyd Price, "Digital Health Hype Cycle 2020, "**Healthcare Digital**", Apr. 10, 2020. https://www.healthcare.digital/singlepost/ 2020/01/29/Digital-Health-Hype-Cycle-2020 (accessed Sep. 23, 2020).

(3) Z.-Z. Hu, P.-L. Tian, S.-W. Li, and J.-P. Zhang, "**BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase**", Advances in Engineering Software, vol. 115, pp. 1–16, 2018.

(4) *Elisa Negri (2017). "***A review of the roles of Digital Twin in CPS-based production systems***". Procedia Manufacturing. 11: 939–948.*

(5) Talkhestani, B.A. and Weyrich, M., (2020). **"Digital Twin of manufacturing systems: a case study on increasing the efficiency of reconfiguration**". At-Automatisierungstechnik, 68(6), pp.435-444.

(6) Schrotter, G. and Hürzeler, C., (2020). "**The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. PFG–Journal of Photogrammetry**", Remote Sensing and Geoinformation Science, pp.1-14.

(7) Bruynseels, K., Santoni de Sio, F., van den Hoven, J. "**Digital twins in health care: ethical implications of an emerging engineering paradigm**". Front. Genet. 9, 31 (2018).

(8) Maryam Farsi, Alireza Daneshkhah, Amin Hosseinian-Far, 2019 "**Digital Twin Technologies and Smart Cities**", SpringerLink, Springer Nature Switzerland AG, 2019, ISBN 978-3-030-18732-3.

(9) Surjya Kanta Pal, Debasish Mishra, Arpan Pal, Samik Dutta, 2021, "**Digital Twin – Fundamental Concepts to Applications in Advanced Manufacturing**", SpringerLink, Springer Nature Switzerland AG, 2021, ISBN 978-3-030-815-9.

(10) Y. Schwartz, S. Eleftheriadis, R. Raslan, and D. Mumovis, "**Semantically enriched BIM life cycle assessment to enhance buildings**" environmental performance, in Proceedings of the CIBSE Technical Symposium, Edinburgh, UK, 2016.

(11)D. Greenbaum, A. Lavazza, K. Beier, K. Bruynseels, F. Santoni De Sio, and J. Van Den Hoven, "**Digital Twins in Health Care: Ethical Implications of an Emerging Engineering Paradigm**", Front. Genet. |www.frontiersin.org, vol. 9, p. 31, 2018, doi: 10.3389/fgene.2018.00031.

(12) FM system, Manage Your Facilities & Real Estate More Effectively, Available at: https://fmsystems.com/our-software/, (2016) (Access on date 20-04-2020).

(13) Lee, E. A. 2008, "**Cyber physical systems: Design challenges**", In Proc., 11th IEEE Int. Symp. On Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing, 363–369. New York: IEEE.

(14) Knapp, G. L., T. Mukherjee, J. S. Zuback, H. L. Wei, T. A. Palmer, A. De,and T. DebRoy. 2017, "**Building blocks for a digital twin of additive manufacturing**", Acta Mater. 135 (Aug): 390–399. https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.06.039.

(15) Oliver, D., D. Adam, and A. P. Hudson-Smith. 2018, "**Living with a digital twin: Operational management and engagement using IoT and mixed realities at UCL's Here East Campus on the Queen Elizabeth Olympic Park**", In Proc., GIScience and Remote Sensing. Leicester, UK: Geographical Information Science Research UK.

(16) Shyam Varan Nath, Pieter van Schalkwyk, 2021, "**Building Industrial Digital Twins**", 2021, Published by Packt Publishing Ltd, Birmingham, UK, ISBN 978-1-83921-907-8.

(17) M. Batty, 2018, "**Digital twins**", Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science 45 (2018) 817–820, https://doi.org/10.1177/2399808318796416. (Accessed 22 August 2020).

(18) R. Bortolini and N. Forcada, "**Analysis of building maintenance requests using a text mining approach: building services evaluation**", Building Research & Information, vol. 48, no. 2, pp. 207–217, 2020.

(19) M. Schluse, M. Priggemeyer, L. Atorf, J. Rossmann, 2018, "**Experimentable digital twins-streamlining simulation-based systems engineering for industry 4.0**", IEEE Transactions on Industrial Informatics 14 (2018) 1722–1731, https://doi.org/10.1109/TII.2018.2804917.

(20) Wildfire C, (2018), "**How can we spearhead city-scale digital twins? Infrastructure Intelligence**", Available at: www.infrastructure-intelligence.com/article/may-2018/how-can-we-spearhead-city-scale-digital-twins (Accessed8July 2020)

(21) Yang Peng, Ming Zhang, Fangqiang Yu, Jinglin Xu, and Shang Gao, 2020, "**Digital Twin Hospital Buildings: An Exemplary Case Study through Continuous Lifecycle Integration**", Hindawi, Advances in Civil Engineering Volume 2020, Article ID 8846667, 13 pages https://doi.org/10.1155/2020/8846667. (Accessed 12 April 2021)

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

(22) Tolga Erol, Arif Furkan Mendi, Dilara Doğan, 2020 "**The Digital Twin Revolution in Healthcare**", 2020 IEEE, Conference: 2020 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT).

(23) Jaime Ibarra Jimenez, Hamid Jahankhani, 2020, "**Health Care in the Cyberspace: Medical Cyber-Physical System and Digital Twin Challenges**", Springer Nature Switzerland AG 2020, Digital Twin Technologies and Smart Cities, Internet of Things, https://doi.org/10.1007/978-3-030-18732-3_6. (Accessed 18 July 2021)

(24) https://info.thoughtwire.com/fp-smart-hospital-technololy-opm-application-ebook-download (accessed Sep. 26, 2020).

(25) Lee, G., Sacks, R., and Eastman, C. M. (2006), "**Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system**", Automation in Construction.

(26) Christoph Herwig, Ralf Pörtner, Johannes Möller, 2021, "**Digital Twins Applications to the Design and Optimization of Bioprocesses**", SpringerLink, Springer Nature Switzerland AG, 2021, ISBN 978-3-030-71656-1.

(27) Mikel Armendia; Mani Ghassempouri, 2019, "**Twin-Control A Digital Twin Approach to Improve Machine Tools Lifecycle**", Springer Link, Springer Nature Switzerland AG, 1st ed. 2019 Edition, ISBN 978-3-030-02203-7.

(28) Nassim Khaled, Bibin Pattel, Affan Siddiqui, 2020 "**Digital Twin Development and Deployment on the Cloud**", Academic Press is an imprint of Elsevier, Publisher: Mara Conner, United Kingdom, and ISBN: 978-0-12-821631-6.

(29) P. Yu, W. Wen, D. Ji, C. Zhai, and L. Xie, "**A framework to assess the seismic resilience of urban hospitals**", Advances in Civil Engineering, vol. 2019, Article ID 7654683, 2019.

(30) Z.-Z. Hu, P.-L. Tian, S.-W. Li, and J.-P. Zhang, 2018, "**BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase**", Advances in Engineering Software, vol. 115, pp. 1–16, 2018.

(31) Q. Lu, X. Xie, A. K. Parlikad, J. M. Schooling, and E. Konstantinou, 2020, "**Moving from building information models to digital twins for operation and maintenance**", Proceedings of the Institution of Civil Engineers—Smart Infrastructure and Construction, pp. 1–9, 2020.

(32) V. Stojanovic, M. Trapp, R. Richter, B. Hagedorn, J. D¨ollner, and M. Alamaniotis, 2018, "**Towards the generation of digital twins for facility management based on 3D point clouds**", in Proceedings of the 34th Annual ARCOM Conference, Belfast, UK, 2018.

(33) A. Madni, C. Madni, S. Lucero, 2019, "**Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering**", Systems 7 (2019) 7, https://doi.org/10.3390/systems7010007. (Accessed jun. 7, 2021).

(34) F. Tao, H. Zhang, A. Liu, A.Y.C. Nee, 2019, "**Digital twin in industry: state-of-the-art**", IEEE Transactions on Industrial Informatics 15 (2019) 2405–2415, https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186. (Accessed Oct. 15, 2020).

(35) Michael E. Auer, Kalyan Ram B., 2020, "Cyber-physical Systems and Digital Twins"Proceedings of the 16th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, SpringerLink, Springer Nature Switzerland AG, 2020,ISBN 978-3-030-23162-0.

(36) X. Yusen, N.F. Bondaletova, V.I. Kovalev, A.V. Komrakov,2018, " **Digital twin concept in managing industrial capital construction projects life cycle**", in, Eleventh International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD, IEEE 2018 (2018) 1–3, https://doi.org/10.1109/MLSD.2018.8551867. (Accessed May. 9, 2020).

(37) S. Evans, C. Savian, A. Burns, C. Cooper, 2019, "**Digital Twins for the Built Environment**", (2019), p. 24 https://www.snclavalin.com/~/media/Files/S/SNC-Lavalin/documents/beyond-engineering/digital-twins-for-the-built-environment-ietatkins. Pdf (accessed January 14, 2020).

(38) https://www.ibuildingsh.com (accessed Oct. 4, 2021).

٨. قائمة المصطلحات Glossary

- **الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence (AI)**

يشير الذكاء الاصطناعي الذي يرمز إلى الذكاء الاصطناعي إلى الأنظمة أو الآلات التي تحاكي الذكاء البشري لأداء المهام ويمكنها تحسين نفسها بشكل متكرر بناءً على المعلومات التي يجمعونها.

- **التعلم الآلي Machine learning (ML)**

هو نوع من الذكاء الاصطناعي (AI) يسمح للتطبيقات البرمجية بأن تصبح أكثر دقة في التنبؤ بالنتائج دون أن تكون مبرمجة بشكل صريح للقيام بذلك .تستخدم خوارزميات التعلم الآلي البيانات التاريخية كمدخلات للتنبؤ بقيم المخرجات الجديدة. والذي يمكّن الآلات من التعلم من البيانات أو التجارب السابقة دون أن تتم برمجتها بشكل صريح.

- **التعلم العميق Deep learning(DL)**

هو مجموعة فرعية من التعلم الآلي، والذي يستخدم الشبكات العصبية لتحليل العوامل المختلفة بهيكل مشابه للنظام العصبي البشري.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21

- **نظام أتمتة المباني Building Automation System (BAS)**

أتمتة المباني هي التحكم المركزي الآلي في تدفئة المبنى والتهوية وتكييف الهواء والإضاءة والأنظمة الأخرى يستخدم نظام أتمتة المباني (BAS) شبكات مترابطة من البرامج والأجهزة لمراقبة الأنظمة الميكانيكية والكهربائية للمبنى والتحكم فيها.

- **نظام إدارة المباني Building Management software (BMS)**

نظام إدارة المباني، المعروف أيضًا باسم نظام أتمتة المباني، هو نظام تحكم قائم على الحاسوب مثبت في المباني التي تتحكم وتراقب المعدات الميكانيكية والكهربائية للمبنى مثل التهوية والإضاءة وأنظمة الطاقة وأنظمة الحريق وأنظمة الأمن.

- **أنظمة إدارة طاقة المباني Building Energy Management Systems (BEMS)**

أنظمة إدارة طاقة المباني (BEMS) هي أنظمة محوسبة متكاملة لرصد والتحكم في محطات وخدمات المباني المتعلقة بالطاقة مثل أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) والإضاءة وأنظمة الطاقة وما إلى ذلك.

- **نظام إدارة الصيانة المحوسب Computerized maintenance management system (CMMS)**

نظام إدارة الصيانة المحوسب، المعروف أيضًا باسم نظام معلومات إدارة الصيانة المحوسب، هو حزمة برامج تحتفظ بقاعدة بيانات حاسوبية لمعلومات حول عمليات الصيانة في المؤسسة. يعد الجزء المركزي في CMMS هو **قاعدة بيانات** .فهو يحتوي على نموذج بيانات يقوم بتنظيم المعلومات الخاصة بالأصول التي يتم تكليف مؤسسة الصيانة بصيانتها، بالإضافة إلى المعدات والمواد والمصادر الأخرى للقيام بذلك.

- **الحوسبة الطرفية او حوسبة الحواف Edge Computing**

يمكننا تعريف الـ Edge Computing بعملية نقل معالجة وتحليل البيانات من الأجهزة الموجودة بالمركز إلى أطراف الشبكة لأجل تحسين أداء أجهزة إنترنت الأشياء، تقليل عملية نقل البيانات إلى نقطة مركزية بالشبكة وبالتالي تقليل الضغط على شبكة نقل البيانات وتقليل زمن نقل البيانات، توزيع مهام معالجة البيانات من المركز إلى أطراف الشبكة.

- **أجهزة مستشعر الجسم A body sensor network (BSN)**

هي شبكة لاسلكية من أجهزة الحوسبة القابلة للارتداء المتصلة بالأنترانت .تتكون شبكة أجهزة استشعار الجسم من مجموعة من أجهزة الاستشعار التي تشكل شبكة وترتبط بجسم المريض من أجل الحصول على البيانات الفسيولوجية.

- **نماذج تحليل العناصر المحدودة finite element method (FEM)**

فهي تقنية تستخدم أجهزة الحاسوب للتنبؤ بسلوك أنواع مختلفة من الأنظمة الفيزيائية في ظل ظروف معينة؛ مثل تشوه المواد الصلبة والتوصيل الحراري وتدفق السوائل، لغرض إيجاد حل للمشكلات المتعلقة بالأداء المتوقع او الحالي.

- **الواقع المختلط Mixed Reality (MR)**

هو تراكب للمحتوى الاصطناعي الذي يرتدي ويتفاعل مع الأشياء في العالم الحقيقي في الوقت الحقيقي هو دمج العالمين الحقيقي والظاهري لإنتاج بيئات وتصورات جديدة، حيث التعايش الكائنات الجسدية والرقمية والتفاعل في الوقت الفعلي.

- **أباتشي كافكا Apache Kafka**

هو نظام مراسلة واستقبال فرعي تطبيق يدعم معالجة التدفق البيانات او منصة برمجية مفتوحة المصدر طورتها مؤسسة Apache Software Foundation مكتوبة بلغة Scala، Java يهدف المشروع إلى توفير نظام أساسي موحد وعالي الإنتاجية وزمن انتقال منخفض للتعامل مع موجزات البيانات في الوقت الفعلي، يمكن لـ Kafka الاتصال بأنظمة خارجية (لاستيراد / تصدير البيانات)، تستخدمها آلاف الشركات لجمع ونقل البيانات عالية الأداء، وتحليلات التدفق، وتكامل البيانات، والتطبيقات ذات المهام الحرجة.

- **أباتشي فلينك Apache flink**

هو نظام موزع ومقسم لمعالجة بيانات واسع النطاق سريع وموثوق. **منصة** عمل مفتوح المصدر يقوم بترتيب عشرات الملايين من الأحداث في الثانية في مجموعات مختلفة، في زمن انتقال ثانوي يمكن أن يكون أقل من ١٠ ثوانٍ من المللي ثانية يتم تصنيف Apache Flink بشكل أساسي على أنهما أدوات "بيانات كبيرة".

- **نظام نسخ البيانات (استخراج وتحويل وتحميل) extract, transform, load (ETL)**

الاستخراج، التحويل، التحميل (ETL) هو الإجراء العام لنسخ البيانات من مصدر واحد أو أكثر إلى نظام الوجهة بشكل موحد ومنسق يسهل قراءاته، أو في سياق مختلف عن المصدر. أصبحت عملية ETL مفهومًا شائعًا في السبعينيات وغالبًا ما تستخدم في تخزين البيانات. تضمن استخراج البيانات من مصادر متجانسة أو غير متجانسة؛ يعالج تحويل البيانات عن طريق فلترة البيانات وتحويلها إلى تنسيق / هيكل تخزين مناسب لأغراض الاستعلام والتحليل؛ أخيرًا، يصف تحميل البيانات إدخال البيانات في قاعدة البيانات الهدف النهائي لتخزين البيانات.

Copyright © 2021 | Copyrights are granted to author(s) and DTAA21