HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير للعام 2022 = 4.91

عنوان البحث

الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات

صهيب محمود البستنجي[1]

[1] وزارة الادارة المحلية، بلدية الكرك الكبرى، الأردن

HNSJ, 2024, 5(1); https://doi.org/10.53796/hnsj51/53

تاريخ النشر: 2024/01/01م تاريخ القبول: 2023/12/15م

المستخلص

هدفت الدراسة لبيان الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات وتناولت الدراسة سياسية تبني التحول الرقمي والاستفادة من أدوات وبرامج ادارة المشاريع الهندسية للبلديات في الأردن ، وتقديم المشاريع بشكل أكثر كفاءة وتعاونية وبمخاطر أقل. وبينت الدراسة ان الهندسة الرقمية تساعد المهندسين على تصميم أنظمة أكثر كفاءة وموثوقية وقابلة للتطوير بشكل أفضل من الطرق التقليدية. وتعتبر إستراتيجية الهندسة الرقمية اداة مثالية للتغلب على تحديات تنفيذ التحول الرقمي وتعظيم القيمة.

واعتمدت الدراسة المنهجَ الوصفي التحليلي باعتباره من أكثرِ المناهج استخداماً في دراسة الظواهر الاجتماعية الإنسانية , حيث يعد المنهج الوصفي أداة وطريقة لتحليل ووصف الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات

وتوصلت الدراسة الى مجموعة من التوصيات والنتائج حيث أكدت الدراسة بأنه يمكن لمهندسي البلديات استخدام الهندسة الرقمية في ادار المشاريع الهندسية في البلديات بشكل أكثر كفاءة وتعاونية وبمخاطر أقل. واعتماد هذه التقنيات والعمليات المبتكرة. وأوصت الدراسة بان على البلديات خرط المهندسين في دورات حديثة لتوظيف أعمالهم المساحية والمدنية والمعماري في إطار الهندسة الرقمية والتي تختصر الوقت وتزيد الإنتاج وتقلل التكلفة .

الكلمات المفتاحية: الهندسة الرقمية، ادارة المشاريع الهندسية، البلدية.

RESEARCH TITLE

DIGITAL ENGINEERING AND ITS ROLE IN DEVELOPING PROJECT MANAGEMENT IN MUNICIPALITIES

Suhaib Mahmoud Al-Bustanji[1]

[1] Ministry of Local Administration, Greater Karak Municipality, Jordan.

HNSJ, 2024, 5(1); https://doi.org/10.53796/hnsj51/53

Published at 01/01/2024 **Accepted at 15/12/2023**

Abstract

The study aimed to demonstrate digital engineering and its role in developing project management in municipalities. The study addressed the policy of adopting digital transformation and benefiting from engineering project management tools and programs for municipalities in Jordan, and presenting projects in a more efficient and cooperative manner and with less risk. The study showed that digital engineering helps engineers design more efficient systems. It is more reliable and scalable than traditional methods. The digital engineering strategy is an ideal tool to overcome the challenges of implementing digital transformation and maximizing value.

The study adopted the descriptive analytical approach as it is one of the most widely used approaches in studying human social phenomena, as the descriptive approach is a tool and method for analyzing and describing digital engineering and its role in developing project management in municipalities.

The study reached a set of recommendations and results. The study confirmed that municipal engineers can use digital engineering to manage engineering projects in municipalities in a more efficient and cooperative manner and with less risk. And adopt these innovative technologies and processes. The study recommended that municipalities should enroll engineers in modern courses to employ their surveying, civil, and architectural work within the framework of digital engineering, which reduces time, increases production, and reduces costs.

Key Words: digital engineering, engineering project management, municipality

المقدمة

تُحدث الهندسة الرقمية ثورة في صناعة البناء والتشييد، مما يؤدي إلى تحسينات كبيرة في أداء المشروع ووضوح الرؤية واتخاذ القرار. ومن خلال تبني التحول الرقمي والاستفادة من أدوات وبرامج نمذجة معلومات البناء القوية، ويمكن لمحترفي البناء تقديم المشاريع بشكل أكثر كفاءة وتعاونية وبمخاطر أقل. ومع استمرار تطور الصناعة، ستزداد أهمية الهندسة الرقمية في البناء، مما يجعل من الضروري لمحترفي البناء البقاء في الطليعة واعتماد هذه التقنيات والعمليات المبتكرة.

وتعد الهندسة الرقمية نهج يتضمن استخدام تقنيات الجيل التالي والبنية التحتية الرقمية والبيانات والنماذج لتحويل البنية التحتية القديمة وتحديث التطبيقات من خلال الدمج الفعال للفرق والتخصصات المتخصصة، وضمان استمرارية الأعمال، وزيادة الربحية، وتحسين الأمان.

يمكن للبلديات ان تستفيد من البيانات والتكنولوجيا لتطوير الحلول والمنصات من خلال تطبيق مبادئ هندسة منتجات البرمجيات لتمكين تجارب ونتائج أفضل للمستخدم. ويمكن للهندسة الرقمية أن تساعد المهندسين على تصميم أنظمة أكثر كفاءة وموثوقية وقابلة للتطوير من الطرق التقليدية. كما أنه يسمح بأدوات التعاون والأنظمة الأساسية السحابية التي تساعد على العمل معًا في الوقت الفعلي ومشاركة التعليمات البرمجية والتعاون في المشاريع المعقدة. والهدف هو تحسين كفاءة سير العمل ودقته وفعاليته من مرحلة التصميم الأولية إلى المنتج النهائي. وتعتبر استراتيجية الهندسة الرقمية القوية مثالية للتغلب على تحديات تنفيذ التحول الرقمي وتعظيم القيمة. ويغير التحول الرقمي كيفية عمل البلديات وتقديم القيمة للعملاء. وتؤدي التغيرات السريعة في التكنولوجيا والتوقعات المتزايدة للعملاء من خلال تقديم خدمات أكثر ملاءمة وشخصية وكفاءة،

مشكلة الدراسة : تبرز إشكالية الدراسة في بحث موضوع الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات وذلك لم يعد للعمل الهندسي التقليدي مجال في عمل وإدارة المشاريع الهندسية في البلديات , فقد أضحت الهندسة الرقمية ثورة تقنية للأعمال الهندسية وخاصة علم المساحة والتنظيم وإفراز الأراضي وهي صميم عمل البلديات والتي تتميز بسرعة الانجاز وقل التكلفة وسرعة الوقت.

أهمية الدراسة : للدراسة أهمية علمية وعملية

الأهمية العلمية : قد تشكل هذه الدراسة مساهمة علمية ترفد بها المكتبات الأردنية ومراكز البحوث العلمية ونقابات المهندسين لبيان أهمية الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات

الأهمية العملية : لقد أبرزت الدراسة أهمية الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات, بيان أهمية التحديات التي تواجه التحول في الهندسة الرقمية , وبيان أهمية الهندسة الرقمية في عمل البلديات وتقديم القيمة للعملاء. وحجم التغيرات السريعة في التكنولوجيا والتوقعات المتزايدة للعملاء من خلال تقديم خدمات أكثر كفاءة،

أهداف الدراسة : هدفت الدراسة لبيان الأهداف التالية :

1- بيان أهمية الهندسة الرقمية فوائدها أدواتها ومراحلها

2- بيان أهمية الهندسة الرقمية في تطوير المشاريع الهندسية في البلديات

3- بيان أهمية الهندسة الرقمية في مسح الأراضي والإفراز

4- بيان دور الهندسة الرقمية في البنية التحتية للبلديات

أسئلة الدراسة : من خلال الدراسة تمت الإجابة على التساؤلات التالية

1- ما أهمية الهندسة الرقمية؟ وما فوائدها؟ وأدواتها ومراحلها ؟

2- ما أهمية الهندسة الرقمية في تطوير المشاريع الهندسية في البلديات ؟

3- ما اهمية الهندسة الرقمية في تنظيم الأراضي والإفراز؟

4- ما دور الهندسة الرقمية في البنية التحتية للبلديات ؟

منهجية الدراسة :المنهج الوصفي التحليلي: اعتمدت الدراسة المنهجَ الوصفي التحليلي لكونه من أكثرِ المناهج استخداماً في دراسة الظواهر الاجتماعية الإنسانية وتقوم الدِّراسة على توظيف هذا المنهج لمعرفة الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات

مصطلحات الدراسة

الهندسة الرقمية: هي بناء النماذج الرقمية (الحاسوبية) التي تمثل كل خصائص المنتج أو النظام المعقد الذي سيتم تطويره. ويتمثل دور المهندس الرقمي في تصميم المنتجات وتطويرها باستخدام تقنيات بمساعدة الكمبيوتر. ويتضمن ذلك إنشاء النماذج والمحاكاة ، وكذلك التقاط البيانات. وتطوير برامج أو تطبيقات برمجية جديدة تساعد على إنشاء بيانات رقمية واتصال رقمي يمكن الاستفادة منه لدمج تصميم هذا المنتج وتطويره وتسليمه ودعم دورة حياته الكاملة في تدفق قيمة منتج أكثر مرونة وأعلى أداءً مما قد يكون ممكنًا باستخدام إطار عمل هندسة الأنظمة التقليدي. [1]

إدارة المشاريع الهندسية: هي دراسة أكاديمية تهدف الجمع بين الهندسة وإدارة المشاريع لمساعدة المهندسين والذين يعملون في الهندسة بشكل عام، على فهم أفضل واستيعاب أوسع وأكثر شمولاً لقيادة العمال، الفنيين والمساعدين الذين يعملون في بناء الهياكل أو المنتجات او التصاميم.[2]

البلدية: هي مؤسسة مستقلة ماليا وإداريا، وذات شخصية اعتبارية مناط بها إحداث او إلغاء او تعيين حدود منطقتها، ووظائفها وسلطتها بمقتضى أحكام القانون. ومن خلال المجلس البلدي يتم التخطيط واتخاذ القرارات بشأن ما يجب القيام به .وإدارة كافة الخدمات والمرافق والمشاريع المحلية المناطه بها[3]

المبحث الأول : الهندسة الرقمية فوائدها أدواتها ومراحلها

تهدف الهندسة الرقمية الى تسريع تطوير المنتجات والأنظمة الفرعية المعقدة من خلال التغلب على التخصصات الهندسية المعمول بها، مع معالجة كل مشكلة هندسية. وعندما تم تطبيق هذه الأساليب المنفصلة لتحديث المنتجات شديدة التعقيد التي يتم تصنيعها اليوم ـ منتجات مثل الطائرات الحديثة، والأقمار الصناعية، وأنظمة

[1] – كشواني , غانم (2021). الهندسة الرقمية, صحيفة الإمارات اليوم , 6, اذار , الإمارات العربية .

[2] – الهادي، محمد محمد(2018). الثورة الرقمية: التحول الرقمي ونماذج الأعمال الجديدة. المجلة المصرية للمعلومات "كمبيونت"، الجمعية المصرية لنظم المعلومات وتكنولوجيا الحاسبات ، 21 يونيو، 9 – 23

[3] – قبيلات حمدي(2017).التشريعات الناظمة لعمل مجالس المحافظات والبلدية والمحلية في الأردن، الوكالة الألمانية واللجنة الوطنية الأردنية لشؤون المرأة ، الأردن.

التوجيه، وغير ذلك ـ تعطل التقدم أو توقف بسبب تفسيرات مختلفة لماهية "الحقيقة" التي ينبغي اتباعها في هذه المنتجات. تصميمات. لقد تناولت هندسة النظم ذلك، لكن الهندسة الرقمية عززت هذه العملية، وسرعتها، وثبتت صحتها لتصبح نهجًا أكثر مرونة وتماسكًا وقابلية للتنفيذ.[4]

المطلب الاول : أهمية الهندسة الرقمية

تدمج الهندسة الرقمية التكنولوجيا المتقدمة وإدارة البيانات والعمليات التعاونية في مجالات البناء والهندسة المعمارية وتصميم المباني والصناعات الهندسية. حيث أصبحت الهندسة الرقمية الأساس للبناء الحديث، مما يمكّن الفرق من إنشاء تمثيلات رقمية للأصول المبنية وتبسيط سير العمل. وينطبق مصطلح البناء الرقمي عادةً على استخدام تقنيات وعمليات الهندسة الرقمية في مشاريع البناء.[5]

وتلعب نمذجة معلومات البناء (BIM) دورًا حاسمًا في الهندسة الرقمية من خلال توفير تمثيل ثلاثي الأبعاد غني بالبيانات لمشروع بناء أو بنية تحتية. يتجاوز استخدام BIM برامج CAD التقليدية لأنه يمكّن فرق البناء، مثل المهندسين المعماريين والمهندسين والمصممين، من إنشاء كائنات ذكية لا تحتوي على معلومات هندسية فحسب، بل تحتوي أيضًا على بيانات قيمة حول خصائصها وموادها ووظائفها. تسمح هذه الثروة من المعلومات للفرق بإدارة المباني بشكل أكثر كفاءة، وفهم متطلبات المشروع بشكل أفضل، واتخاذ قرارات تعتمد على البيانات خلال عملية BIM. [6]

اما الفوائد الرئيسية للهندسة الرقمية في البناء الحديث (البناء الرقمي) فانها تسهم بما يلي :

اولا : تحسين أداء المشروع: تساعد الهندسة الرقمية على تحسين أداء المشروع من خلال أتمتة المهام وتحسين سير العمل. من خلال الاستفادة من أدوات وبرامج BIM القوية من خلال ما يلي :[7]

1. إنشاء نماذج رقمية دقيقة للمباني والبنية التحتية
2. أتمتة مهام التصميم وتقليل الأخطاء وتعزيز الإنتاجية
3. تبسيط التواصل والتعاون بين المهندسين المعماريين والمهندسين والمقاولين
4. تحديد ومعالجة تعارضات التصميم المحتملة قبل بدء البناء
5. تتيح عمليات الأتمتة وسير العمل الرقمية هذه إدارة أكثر كفاءة للموارد وتقليل الحاجة إلى إعادة العمل، مما يؤدي في النهاية إلى تحسين الأداء العام لمشاريع البناء
6. زيادة الشفافية التي توفرها لمشاريع البناء. يتم تحقيق رؤية أكبر من خلال:

ثانيا : تخزين البيانات مركزيًا، وهذا يمكن أن يعني الوصول في الوقت الفعلي إلى بيانات BIM ومعلومات المشروع عبر الفرق من خلال ما يلي :[8]

---

[4] – صالح محمد النوايسه(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في ألاردن، عمان، الأردن .

[5] – ايمان الحياري(2022). بحث عن نظم المعلومات الجغرافية ، عمان، الأردن

[6] – داود. جمعه محمد، (2014). الجيوماتكس: علم المعلومات الأرضية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية

[7] – Liu, Y., He, D., Obaidat, M. S., Kumar, N., Khan, M. K., & Choo, K.-K. R. (2020). Blockchain-based identity management systems: A review. Journal of Network and Computer Applications, 166, 102731

[8] – Horváth, I. (2022). Designing next-generation cyber-physical systems: Why is it an issue? Journal of Integrated Design and Process Science, (Preprint), 1–33.

1. تطوير النموذج التعاوني، حيث يمكن للمهندسين المعماريين والمهندسين الإنشائيين والمهندسين المدنيين ومهندسي الهندسة الكهربائية والميكانيكية العمل في وقت واحد على نموذج مشترك.
2. توفر مجموعات الأدوات الموسعة والمنصات السحابية مثل تكامل مجموعة (الهندسة المعمارية والهندسة والبناء) ومجموعة شاملة من الأدوات والخدمات لجميع أصحاب المصلحة في المشروع خارج محترفي BIM.
3. تعزيز التواصل بين فرق المشروع، وتعزيز عملية صنع القرار بشكل أفضل والحد من سوء الفهم المحتمل
4. تساعد الهندسة الرقمية على ضمان بقاء جميع المشاركين في مشروع البناء على اطلاع، مما يؤدي إلى تسليم المشروع بشكل أكثر كفاءة وتنسيقًا.

ثالثا : اتخاذ القرارات المستنيرة: تعمل الهندسة الرقمية على تمكين محترفي البناء من اتخاذ قرارات مستنيرة من خلال تزويدهم بمعلومات دقيقة وحديثة. تؤدي القدرة على معالجة البيانات الناتجة عن برامج BIM وحلول البناء الرقمية إلى:[9]

1- تحسين فهم هدف التصميم ومتطلبات المشروع

2- اتخاذ القرارات المستندة إلى البيانات، والمدعومة بنمذجة معلومات البناء الشاملة

3- ممارسات بناء أكثر استدامة، مستنيرة بتحليل الطاقة ومحاكاة الأداء (أي الكربون المتجسد)

4- إدارة أفضل للمخاطر، حيث يمكن تحديد المشكلات المحتملة ومعالجتها قبل أن تتفاقم.

5- ومن خلال الوصول إلى هذه الثروة من البيانات، يمكن لفرق البناء اتخاذ قرارات مستنيرة تعزز جودة واستدامة مشاريعهم.

المطلب الثاني :أدوات الهندسة الرقمية

يقوم المهندسون الرقميون بتطوير وتصميم وتنفيذ المنتجات والمنصات الرقمية باستخدام أطر التحول الرقمي لدورة الحياة الكاملة، بدءًا من المفهوم وحتى التنفيذ. يمكنهم تصميم بنية النظام وهندسة الحلول المبتكرة وتقديم الدعم المستمر للتحسين المستمر. ويعمل المهندسون الرقميون على الحلول الرقمية في صناعات متعددة تتراوح من منصات OTT، والسيارات ذاتية القيادة، والصيانة التنبؤية للمركبات، وإدارة علاقات العملاء، والأمن، وإدارة الطاقة، والتحليلات إلى تحديث الخدمات المصرفية. تعتمد الشركات بشكل متزايد على التكنولوجيا لاتخاذ قرارات تعتمد على البيانات والعمل بكفاءة للمنافسة في السوق، مما يجعل دور المهندس الرقمي أكثر أهمية.[10]

وتلعب أدوات الهندسة الرقمية دورًا حيويًا في التقدم التكنولوجي السريع. فهي تساعد المهندسين الرقميين على إنشاء وتقييم التصاميم وتحليل واختبار الأنظمة المعقدة بدقة وفعالية من حيث التكلفة. وتتضمن بعض أدوات

[9] – Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness inmachine learning. ACM Computing Surveys (CSUR), 54(6), 1-35

[10] – كشواني , غانم (2021). الهندسة الرقمية, صحيفة الإمارات اليوم , 6, اذار , الإمارات العربية .

الهندسة الرقمية شائعة الاستخدام ما يلي:[11]

1- بيئات التطوير المتكاملة (IDEs): توفر IDEs بيئة شاملة لتطوير البرمجيات. يتضمن محرر التعليمات البرمجية ومصحح الأخطاء وأدوات التشغيل الآلي للإنشاء.

2- أنظمة التحكم في الإصدار (VCS): يتيح VCS تتبع التغييرات في الكود المصدري والتعاون مع أعضاء الفريق. تعد Git و Subversion و Mercurial بعضًا من أدوات VCS.

3- أدوات التكامل المستمر والنشر المستمر (CI/CD): تعمل هذه الأدوات على أتمتة عملية الإنشاء والاختبار والنشر لضمان تحديث البرنامج.

4- أدوات التصميم القائم على النموذج (MBD): تساعد نماذج MBD المهندسين على إنشاء نماذج لنظام البرنامج ومحاكاة واختبار أدائه قبل النشر.

5- أدوات إدارة المتطلبات: يقوم مهندسو البرمجيات بإدارة وتتبع متطلبات البرامج للتأكد من أن النظام يلبي احتياجات أصحاب المصلحة.

6- أدوات الاختبار الآلي: تعتبر أدوات الاختبار حيوية للاختبار، حيث تساعد مهندسي البرمجيات على تحديد المشكلات وإصلاحها بسرعة وكفاءة.

تشير دورة حياة الأصول إلى مدة الأصل منذ الحصول عليه وحتى التخلص منه. يؤثر الأداء والكفاءة على العمر الإجمالي للأصل. يعد فهم المراحل المختلفة للأصل أمرًا بالغ الأهمية لتحسين وتحقيق نتائج أفضل. يمر كل أصل بمراحل التصميم والهندسة والاستدامة.[12]

1- مرحلة التصميم : أن المرحلة الأولى من دورة حياة الأصول، وهي مرحلة التصميم، تساعد في تحديد متطلبات الأصل وتساعد في إنشاء تصميم يلبي المتطلبات. في هذه المرحلة، تشمل بعض المهام دراسات الجدوى والتصميم المفاهيمي والتصميم التفصيلي وتقييم المخاطر. يتم تحديد أي عيوب في التصميم في هذه المرحلة لتجنب زيادة التكاليف، والجداول الزمنية الأطول للمشروع، وانخفاض أداء الأصول.

2- مرحلة المهندس :المرحلة الثانية هي حيث يكون الأصل قيد الإنشاء وفقًا للتصميم. تعد عمليات الشراء والبناء والتشغيل جزءًا من هذه المرحلة وهي مهمة لضمان بناء الأصول وفقًا لمواصفات التصميم لتحقيق الأداء الأمثل بأقل قدر من المخاطر.[13]

[11] – Siddik, M. A. B., Shehabi, A., & Marston, L. (2021). The environmental footprint of data centers in the United States. Environmental Research Letters, 16(6), 64017. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfba1

[12] – شادي قيبرعلا تارامالا , لوا نيرشت ,1 , 50يدنجلا عقوم ,يركسعلا عينصتلا تايلمع يف قمداقلا قروثلا قيمقرلا قسدنهلا.(2012)باهولادبع,

[13] – Tavčar, J., & Horvath, I. (2018). A review of the principles of designing smart cyber-physical systems for run-time adaptation: Learned lessons and open issues. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 49(1), 145-158.

3- مرحلة الاستدامة: تعد الصيانة التشغيلية والإصلاح والاستبدال من المهام القليلة في مرحلة الاستدامة. تعتبر مراحل التصميم والهندسة مسؤولة بشكل مباشر عن نجاح هذه المرحلة حيث أنها تكتشف أي عيوب، وقد يؤدي عدم وجودها إلى زيادة تكاليف الصيانة وانخفاض أداء الأصول.[14]

المطلب الثالث : فوائد الهندسة الرقمية

تتمثل بعض فوائد الهندسة الرقمية في تحسين التعاون والتواصل بين الأقسام المختلفة وتحسين الإنتاجية والكفاءة. فهو يتيح أتمتة العمليات، ويوفر البيانات في الوقت الفعلي، ويضمن تحكمًا ورؤية أفضل، ويحدد التناقضات، وبالتالي يقلل من مخاطر التكاليف والتأخير. يتيح الخيط الرقمي في التصنيع التكامل السلس للأنظمة من خلال تقنيات مثل إنترنت الأشياء والحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي.[15]

1- التدفق السلس للمعلومات: يتيح الخيط الرقمي التدفق السلس للمعلومات طوال دورة حياة المنتج من مرحلة التصميم إلى مرحلة التسليم. فهو يساعد في الرؤية في الوقت الفعلي لدورة حياة المنتج بأكملها ويساعد على اتخاذ قرارات مستنيرة بأقل قدر من التأخير والأخطاء.

2- تحديد المشكلات المحتملة : تساعد البيانات في الوقت الفعلي على تحديد المشكلات المحتملة بحيث يمكن اتخاذ الإجراءات التصحيحية في الوقت المناسب، وبالتالي تقليل الخردة وإعادة العمل والهدر. يؤدي دمج الخيوط الرقمية مع الأنظمة / التقنيات الأخرى إلى تحسين الأتمتة والكفاءة، وتعزيز التعاون والتواصل بين مختلف أصحاب المصلحة.

3- تحسين عمليات الإنتاج : لقد أثرت الرقمنة على صناعة التصنيع وسلسلة التوريد وغيرت كيفية التعامل مع البيانات والاتصالات، من المواد الخام إلى المنتجات النهائية. لقد أدت البيانات والتحليلات في الوقت الفعلي إلى تحسين الكفاءة وتحسين عمليات الإنتاج وتقليل الفاقد وتحسين أوقات التسليم. تتيح التقنيات الرقمية أيضًا تواصلًا أفضل بين المصنعين والموردين والعملاء، مما يقلل المخاطر والتأخير.

4- زيادة الإيرادات : تسمح سلسلة التوريد الرقمية للشركات بتحسين رضا العملاء وزيادة الإيرادات، والاستجابة لاتجاهات السوق واحتياجات العملاء بشكل أسرع. تساعد رقمنة عمليات الشراء والتخزين والخدمات اللوجستية والتجميع على تحسين الرؤية والسرعة وأداء التكلفة والجودة.

وتتمتع خدمات الهندسة الرقمية بالقدرة على إحداث تحول في مجموعة واسعة من الصناعات، حيث يمكن للهندسة الرقمية أن تساعد الشركات المصنعة على تصميم وبناء منتجات أكثر كفاءة وفعالية واستدامة. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام أدوات التصميم بمساعدة الكمبيوتر وأدوات التصنيع بمساعدة الكمبيوتر إلى تبسيط عملية تطوير المنتج، في حين أن دمج تقنيات الصناعة 4.0، مثل إنترنت الأشياء والروبوتات يمكن أن يتيح إنشاء أنظمة تصنيع أكثر تقدمًا ومرونة.[16]

ويمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في تحسين تصميم وبناء وتشغيل المباني والبنية التحتية والأصول المادية

---

[14]– Zimmerman, P., Gilbert, T., & Salvatore, F. (2019). Digital engineering transformation across the Department of Defense. The Journal of Defense Modeling and Simulation, 16(4), 325–338.

[15] – L. Gavériaux, G. Laverrière, T. Wang, N. Maslov & C. Claramunt. (2019).Gis-Based Multi-Criteria Analysis For Offshore Wind Turbine Deployment In Hong Kon

[16] – زيادات , زياد عايد (2021).تحول البلديات من دور إدارة الخدمات إلى قيادة التنمية المستدامة وإدارة المشاريع من خلال الخطط التطويرية", المجلة العربية للنشر العلمي, 4(5)، 215-231.

الأخرى. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وغيرها من تقنيات التصنيع المتقدمة إلى تمكين إنشاء هياكل أكثر تعقيدًا ومخصصة، في حين يمكن أن يساعد تكامل تقنيات البناء الذكية مثل أجهزة الاستشعار وعناصر التحكم في إنترنت الأشياء في تحسين استهلاك الطاقة وتقليل النفايات.[17]

كذلك يمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في تحسين تصميم وتشغيل وصيانة أنظمة الطاقة، بما في ذلك مصادر الطاقة المتجددة مثل الرياح والطاقة الشمسية. على سبيل المثال، يتم استخدام تقنية التوأم الرقمي لمحاكاة أداء أنظمة الطاقة وتحسينها في ظل ظروف مختلفة، في حين أن دمج أجهزة استشعار وعناصر التحكم في إنترنت الأشياء يمكن أن يساعد في تحسين استهلاك الطاقة وتقليل النفايات.[18]

ويمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في تحسين تصميم وتشغيل وصيانة أنظمة النقل، بما في ذلك الطرق والسكك الحديدية والمطارات. على سبيل المثال، يمكن أن يساعد استخدام تقنيات البنية التحتية الذكية مثل أجهزة الاستشعار وعناصر التحكم المرورية في تحسين تدفق المركبات، في حين يمكن أن يساعد تكامل أجهزة الاستشعار وعناصر التحكم في إنترنت الأشياء في تحسين أداء المركبات وتقليل تكاليف الصيانة.[19]

ويمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في تحسين تصميم وتشغيل وصيانة مرافق وأنظمة الرعاية الصحية. على سبيل المثال، يمكن استخدام تقنية التوأم الرقمي لمحاكاة أداء مرافق الرعاية الصحية وتحسينه، في حين يمكن أن يساعد تكامل أجهزة الاستشعار وعناصر التحكم في إنترنت الأشياء في تحسين تقديم رعاية المرضى وخفض التكاليف[20]

هناك العديد من الفوائد للهندسة الرقمية. ولعل الأهم هو أنه يسمح باستكشاف الاحتمالات في بيئة افتراضية. وهذا يعني أنه يمكن للمهندسين اختبار تصميمات مختلفة ومعرفة كيفية عملها في العالم الحقيقي دون الحاجة إلى إنشاء نماذج أولية مادية. لذلك تتيح الهندسة الرقمية أيضًا مزيدًا من التعاون بين أعضاء الفريق ، وكذلك مع العملاء. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن أن يساعد في تقليل التكاليف والأطر الزمنية المرتبطة بتطوير المنتج.[21]

1- تحسين رضا العملاء: تساعد الصيانة التنبؤية، عند إقرانها بالتوائم الرقمية، على تحسين رضا العملاء من خلال البيانات في الوقت الفعلي. في حين أن صناعات مثل الآلات الثقيلة والمعدات الكهربائية والمستحضرات الصيدلانية تستفيد أكثر من غيرها من التوائم الرقمية، إلا أنها تحظى بأولوية قصوى في صناعات الطيران والدفاع بسبب طبيعة عملها.

---

[17] – آل زينة، ناصر.(2021). دور الخرائط الأساس في دعم وتنفيذ مشاريع نظم المعلومات الجغرافية .مجلة كلية الآداب، 4(1)، 225-244.

[18] – Huang, J., Beling, P., Freeman, L., & Zeng, Y. (2021). Trustworthy AI for Digital Engineering Transformation. SDPS Transactions: Journal of Integrated Design and Process Science, 25(1), 1--7

[19] – النوايسة، صلاح.(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في الأردن، المجلة الطبيعية والإنسانية، 3(9)، 636-698.

[20] – قوقزة، رؤيا.(2023). تقنية GIS ودورها في تطوير عمل البلديات في محافظة جرش، المجلة للعلوم الطبيعية والإنسانية، 2(4)، 654-667.

[21] – Huang, J., Gheorghe, A., Handley, H., Pazos, P., Pinto, A., Kovacic, S., … Daniels, C. (2020). Towards digital engineering: the advent of digital systems engineering. Int. J. System of Systems Engineering, 10(3), 234–261. https://doi.org/10.1504/IJSSE.2020.109737

2- تمكين اتخاذ القرار: تعمل التوائم الرقمية على الاستفادة من البيانات والرؤى في الوقت الفعلي حول أداء المباني والمركبات والآلات والأنظمة، مما يسهل اتخاذ القرارات المستنيرة. بالإضافة إلى ذلك، يساعد استخدام التوأم الرقمي في تحديد المشكلات ومعالجتها قبل أن تصبح أسبابًا جذرية قد تؤدي إلى زيادة التكلفة وانخفاض الكفاءة. على سبيل المثال، يمكن للتوأم الرقمي مراقبة أداء خط الإنتاج وتحديد المشكلات قبل أن تتفاقم، مما يؤثر على مدة التوقف عن العمل وتعطيل الإنتاج. كما أنه يساعد في محاكاة سيناريوهات مختلفة من خلال تقييم النتائج المحتملة، وتمكين الشركات من اتخاذ قرارات مستنيرة وتحسين عملياتها. وتسمح مراقبة أداء خطوط الإنتاج للمصنعين بتحديد المشكلات المحتملة قبل أن تسبب انقطاعًا كبيرًا في الإنتاج وتؤدي إلى التوقف عن العمل.

3- تبسيط العمليات: تساعد التوائم الرقمية في تحديد تحديات الأداء في الأنظمة والعمليات، وبالتالي تمكين تحديد الاختناقات والمساعدة في تحسين العمليات، مما يؤدي إلى تحسين الإنتاجية وخفض التكاليف.

4- تساعد الاستفادة من التقنيات المتقدمة مثل التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء مع التوائم الرقمية في محاكاة عمليات الإنتاج وتحسينها وتحديد التحديات وتقديم رؤى حول الصيانة التنبؤية. وتساعد المراقبة عن بعد مع تقليل التدخل اليدوي على تحسين الكفاءة العامة وتقليل وقت التوقف عن العمل وخفض التكاليف وزيادة الإنتاجية.[22]

لقد كان للهندسة الرقمية دور فعالاً في مساعدة البلديات على اكتساب رؤية واضحة لسلسلة التوريد الخاصة بها من خلال حساب المهل الزمنية لإجراء تعديلات في الوقت الفعلي مع شركائها , وتلعب التوائم الرقمية دورًا حيويًا في تحويل دورة حياة المنتج في قطاع التصنيع. ويساعد التحليل المتعمق الذي يسهله التوأم الرقمي على اكتشاف المشكلات المحتملة، وتقليل وقت التوقف عن العمل، واختبار فرص العمل الجديدة، وتخصيص الإنتاج بناءً على متطلبات العملاء. وأصبحت صيانة الآلات الثقيلة المتصلة أسهل بكثير من خلال التوأم الرقمي الذي يقوم بجمع وتحليل كميات كبيرة من البيانات.[23]

المبحث الثاني : أهمية الهندسة الرقمية في تطوير المشاريع الهندسية في البلديات

شكلت الهندسة الرقمية ابرز مجالات هندسة الخدمات الذي يتخذ نهجًا شاملاً مثاليًا لتصميم الأنظمة المعقدة. فهي نستفيد من البيانات الرقمية والاتصال لبناء نماذج رقمية تمثل كل خصائص المنتج أو النظام المعقدة. كما أنه يتيح تكامل البيانات عبر العديد من النماذج.

وتؤثر الهندسة الرقمية على الجوانب التقنية والعناصر الثقافية لأنها تتطلب طريقة جديدة للتفكير في ابتكار المنتجات. يجب على جميع أصحاب المصلحة الاندماج في العملية والاعتماد على مصدر واحد للحقيقة ضمن الحلول الرقمية. هناك بالضرورة قدر كبير من التعاون. في نهاية المطاف، تدمج الهندسة الرقمية المرونة والأداء

[22] – الشخانبة، هلال (2023). نظم المعلومات الجغرافية GIS ونظام تسمية وترقيم الشوارع في البلديات، مجلة مركز رماح للأبحاث، ع75، مج 2.

[23] – Kellens, K., Baumers, M., Gutowski, T. G., Flanagan, W., Lifset, R., & Duflou, J. R. (2017). Environmental Dimensions of Additive Manufacturing: Mapping Application Domains and Their Environmental Implications. Journal of Industrial Ecology, 21(S1), S49–S68.

العالي في تصميم المنتج وتطويره وتسليمه ودورة حياته. وتتضمن الهندسة الرقمية البحث والتحليل وتصميم المنتج وتطويره واختباره والصيانة المستمرة والدعم والتحسين طوال دورة حياة المنتج. ومن ابرز المراحل رئيسية هي ما يلي :

1- التفكير : تحديد أهداف وغايات المنتج أو الخدمة. حدد الميزات التي يجب تضمينها بناءً على تعليقات المستخدمين وأبحاث السوق.
2- التصميم : قم بإنشاء إطارات سلكية ونماذج بالحجم الطبيعي ونماذج أولية لتصور شكل المنتج ووظيفته.
3- التطوير : قم بترميز المنتج بناءً على مواصفاته لمراعاة قابلية التوسع والأداء.
4- الاختبار : قم بإجراء ضمان صارم للجودة في مرحلة الاختبار لإصلاح جميع الأخطاء قبل إطلاق المنتج.
5- النشر والصيانة المستمرة: نشر المنتج وتحديثه باستمرار بناءً على تعليقات المستخدمين والرؤى المستمدة من البيانات.

المطلب الأول : الهندسة الرقمية في التنظيم والأراضي والإفراز

استخدم المصريون الحبال المعقودة والأعمدة الراسية في عمليات المسح الخاصة بهم. قبل العصر الرقمي، استخدم المساحون أجهزة النقل والمزواة لتحديد خطوط الموقع وتسجيل البيانات يدويًا. في حين أن المسح اليدوي كان دقيقًا بشكل مدهش، إلا أنه قد يكون بطيئًا وعرضة للأخطاء. وتوفر الرقمنة في مسح الأراضي عددًا من الفوائد، بما في ذلك قياسات أكثر دقة والكفاءة وتكامل البيانات بالإضافة إلى انخفاض تكلفة مسح الأراضي.[24]

يستخدم مساح الأراضي المحترف الحديث العديد من الأدوات الرقمية، بما في ذلك أنظمة تحديد المواقع (GPS) مع التصوير عبر الأقمار الصناعية ومحطات المسافة الإلكترونية والماسحات الضوئية ثلاثية الأبعاد وأجهزة المزواة والطائرات بدون طيار لتحديد خطوط حدود العقار. يمكن قياس المسافات والزوايا بدقة وبسرعة كبيرة، ويمكن دمج البيانات عبر البرامج لإنشاء أنواع مختلفة من مسوحات الأراضي.

النوع الأكثر شيوعًا هو المسح المساحي، الذي يحدد خطوط وأبعاد حدود الملكية. للمسوحات المساحية العديد من الاستخدامات، مثل مسح التقسيمات الفرعية لتقسيم الممتلكات، أو مسح ألتا لنقل ملكية العقار، أو مسح الأراضي الذي يحدد خطوط حدود العقار لمالك العقار. يمكن إنشاء أنواع ذات صلة من المسوحات، مثل مسوحات الرهن العقاري، ومسوحات البناء، ومسوحات البناء، ومسوحات الممرات المائية الهيدروغرافية، ومسوحات التعدين، وما إلى ذلك، باستخدام معدات المسح الرقمية.[25]

غالبًا ما تكون الدراسات الاستقصائية جزءًا من السجل العام، لذا فإن شيئًا بسيطًا مثل تسجيل الوصف القانوني لزوايا الملكية يعد أمرًا بالغ الأهمية لتخفيف النزاعات الحدودية أو مشاريع البناء في الموقع بشكل صحيح. إحدى فوائد الرقمنة لمساح الأراضي هي القدرة على مشاركة الإصدارات الإلكترونية من مسح الممتلكات بسهولة مع الخرائط والمرئيات المحسنة. إنها ضرورية للمعاملات العقارية، ويجب على الوكيل العقاري التأكد من إجراء مسح

[24] – علي،عبد الله الصادق، (2013). مقدمة في المساحة التصويرية والتحليلية الرقمية، الرياض : مكتبة الملك فهد الوطنية.

[25] – – المحمدي، مكي.(2015). التوجهات المطلوبة للتكامل التطبيقي بين نظم المعلومات الجغرافية GIS والحوكمة الإلكترونية دراسة تطبيقية لمدينة بغداد، ع 22، ص 646-662.

محدث لأي عقار يبيعه. سوف تطلب شركات الملكية إجراء مسح للعقارات مع الحدود القانونية كجزء من بوليصة التأمين على الملكية لأي معاملة سكنية أو تجارية.

وتبرز أهمية الهندسة الرقمية في مساحة الأراضي والإفراز حيث يتم إجراء مسح الأراضي في الهواء الطلق، غالبًا في مواقع غير متطورة قد يصعب الوصول إليها ولا توفر سوى القليل من المأوى في الطقس العاصف. من هنا يجب أن تكون معدات المسح رقمية لتتحمل درجات الحرارة والرطوبة القصوى والتعامل القاسي. عادةً لا توفر الخيارات التجارية الجاهزة للأجهزة مثل أجهزة الكمبيوتر المحمولة أو الأجهزة اللوحية المتانة والموثوقية التي يحتاجها مساح الأراضي المحترف.[26]

يعد مسح الأراضي مهنة تاريخية لها إرث طويل من القياسات الدقيقة باستخدام أدوات وتقنيات أثبتت فعاليتها على مر السنين لتحديد حدود الملكية. وقد يُنظر إلى اعتماد المسح الرقمي للأراضي والحلول التكنولوجية القوية على أنه أمر مدمر لهذا الإرث. يجب أن يتعلم مساحو الأراضي المحترفون كيفية استخدام التكنولوجيا القوية وتقنيات مسح الأراضي الرقمية، والتي قد يعتبرها البعض صعبة. كما قد تتطلب التكنولوجيا الرقمية الجديدة استثمارات كبيرة في الأجهزة والبرامج لدمجها في سير العمل اليومي. ومع ذلك، مثل المجالات الأخرى، هناك العديد من الفوائد لاعتماد التكنولوجيا الرقمية التي تفوق الاعتراضات مثل التكلفة والتعقيد.[27]

إن رقمنة مسح الأراضي هي أكثر من مجرد تكنولوجيا. يتطلب الدمج الكامل للتقنيات الرقمية إعادة التفكير في كيفية إنجاز العمل وكيفية عمل المنظمة مع العمليات الجديدة. يمكن لمساح الأراضي المرخص الاستفادة من البرامج التدريبية والتعليمية لتحقيق أقصى استفادة من أحدث التقنيات والابتكارات ودمج ذلك في مؤسسته، مقارنة بالزملاء والعملاء وأصحاب المصلحة الآخرين. في نهاية المطاف، يتطلب اعتماد التكنولوجيا القوية تغيير عقلية المنظمة. وتشمل الأجهزة التقنية القوية المستخدمة في أعمال مسح الأراضي الرقمية ما يلي:[28]

1- أجهزة استقبال أنظمة الملاحة عبر الأقمار الصناعية العالمية (GNSS). غالبًا ما تشتمل الأجهزة اللوحية القوية على أجهزة استقبال GNSS لتسجيل الموقع بدقة بناءً على بيانات القمر الصناعي. يمكن لجهاز استقبال GNSS الاتصال بمجموعات أقمار صناعية متعددة مثل GPS وGLONASS لضمان إمكانية إكمال مسح الأراضي.

2- الماسحات الضوئية بالليزر. تلتقط الماسحات الضوئية بالليزر الأشكال الطبيعية والهياكل المبنية لإنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد للمساعدة في تصور الأرض للمهندسين المعماريين والبنائين وغيرهم ممن يعتمدون على نتائج مسح الأراضي.

3- المحطة المتكاملة. المحطة الشاملة هي النسخة الرقمية الحديثة لجهاز المزواة، وهو أداة تستخدم لقياس المسافات والزوايا بدقة كبيرة. يمكنه التكامل مع الأجهزة الرقمية الأخرى لمزيد من تحليل البيانات التي يلتقطها لمسح الحدود أو المسح المدمج.

---

[26] – Meng, L., McWilliams, B., Jarosinski, W., Park, H.-Y., Jung, Y.-G., Lee, J., & Zhang, J. (2020). Machine learning in additive manufacturing: a review. Jom, 72(6), 2363-2377

[27] – العتيبي, بسمة كمال (2023).وسائل القياس في العصور القديمة, موقع موضوع , 21, اب, الأردن.

[28] – الكساسبة , مراد (2021).أجهزة المساحة واستخدامها, موقع موضوع , 30, اب, الأردن.

4- أقراص متينة. تم تصميم الأجهزة المحمولة القوية لتلبية متطلبات مساحي الأراضي المحترفين، مما يوفر أداة موثوقة توفر المتانة والموثوقية والقدرات التكنولوجية المتطورة.

وتتيح هذه التقنيات الرقمية لمساحي الأراضي تقديم خدمات جديدة للصناعة. على سبيل المثال، تلتقط الماسحات الضوئية الليزرية ثلاثية الأبعاد نقاطًا مرجعية فوتوغرافية من مواقع كاميرا متعددة وتتكامل مع نقاط البيانات من نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) والمحطات الإجمالية لإنشاء تمثيلات مرئية دقيقة لكيفية ملاءمة التحسينات المستقبلية للموقع مع الممتلكات الحالية التي تم مسحها. ويتعامل مساحو الأراضي المحترفون مع التحديات الخارجية باستخدام التكنولوجيا القوية، مما يضمن استمرار مسح الأراضي حتى في الظروف الجوية القاسية.[29]

وتبرز أهمية الهندسة الرقمية من خلال مزايا التكنولوجيا القوية في مسح الأراضي, فمسح الأراضي هو عمل خارجي، ويعالج الحلول التقنية القوية العديد من التحديات الشائعة التي يواجهها مساحو الأراضي المحترفون. ويتطلب استخدام الهندسة الرقمية في جميع أنواع مسوحات الأراضي في الظروف الجوية السيئة مثل ارتفاع درجات الحرارة والأمطار والثلوج والشمس الكاملة والرياح العاتية والرطوبة. وقد تؤدي هذه الظروف إلى تأخير إكمال المسح دون استخدام معدات متينة. وقد تكون هناك حاجة إلى إجراء عمليات مسح في التضاريس الوعرة أو غير المحسنة لتحديد الحدود البرية. يجب أن تتحمل الأجهزة الاهتزازات والسقوط المحتمل على الأسطح القاسية مثل الصخور والتربة الصلبة.[30]

لذلك لأداء المساحين واجباتهم في هذه المناطق القاسية، يحتاج مساحو الأراضي المحترفون إلى تقنية قوية تتمتع بالمتانة والموثوقية المطلوبة للقيام بهذه المهمة. ويعد عمر البطارية الطويل عاملاً آخر يضمن جمع البيانات دون انقطاع في الميدان. ويمتد مفهوم التكنولوجيا القوية إلى الأمن السيبراني أيضًا. وتتضمن التكنولوجيا القوية من الدرجة التجارية تدابير رائدة للخصوصية والأمان لضمان أمان البيانات وحمايتها بواسطة أمان عالي المستوى، مثل تحديد القياسات الحيوية، مع إمكانية الوصول الكامل والتحكم الكامل لحماية البيانات المهمة للمهام.

المطلب الثاني : أهمية خدمات الهندسة الرقمية

تعد الهندسة الرقمية مجالًا جديدًا نسبيًا يزداد أهمية بسرعة مع تقدم حياتنا على الإنترنت بشكل متزايد. يتمثل دور المهندسين الرقميين في إنشاء وصيانة وتحسين الأنظمة التي تجعل الحياة الرقمية ممكنة. والمهندسون مسؤولون عن بعض أكثر التقنيات التي تغير قواعد اللعبة التي نستخدمها كل يوم ، بل اصبح عملهم أكثر أهمية في السنوات القادمة.[31]

1- الكفاءة: تسمح الهندسة الرقمية بتصميم وتطوير وتشغيل الأنظمة والمنتجات المادية بشكل أكثر كفاءة. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام أدوات التصميم بمساعدة الكمبيوتر (CAD) وأدوات التصنيع

[29] – شرف، محمد إبراهيم محمد.(2011). التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، دار المعرفة الجامعية.

[30] – النوايسة، صلاح.(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في الأردن، المجلة الطبيعية والإنسانية، 3(9)، 636-698.

[31] – السامرائي، عدي زكريا جاسم (2013). تحليل الإمكانيات التنموية للمناطق الحضرية باستخدام تقنية المعلوماتية المكانية منطقة الدراسة محافظة بغداد/مدينة الزهور، أطروحة دكتوراه مقدمة الى مركز التخطيط الحضري والاقليمي للدارسات العليا، جامعة بغداد، العراق.

بمساعدة الكمبيوتر (CAM) إلى تقليل وقت وتكلفة تصميم المنتجات وبنائها بشكل كبير. يمكن استخدام تقنية التوأم الرقمي لمحاكاة أداء الأنظمة المادية وتحسينه، مما يؤدي إلى زيادة كفاءة التشغيل والصيانة.

2- الفعالية: يمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في تحسين فعالية الأنظمة والمنتجات المادية من خلال تمكين تصميم وتطوير أكثر دقة ودقة. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وغيرها من تقنيات التصنيع المتقدمة إلى تمكين إنشاء منتجات أكثر تعقيدًا ومخصصة. تُستخدم تقنية التوأم الرقمي لمحاكاة أداء الأنظمة المادية وتحسينه في ظل ظروف مختلفة، مما يساعد على تحديد المشكلات المحتملة ومعالجتها قبل حدوثها.[32]

3- الاستدامة: يمكن أن تساعد الهندسة الرقمية في إيجاد حلول أكثر استدامة من خلال تمكين استخدام الموارد بشكل أكثر كفاءة وفعالية. على سبيل المثال، يمكن أن يساعد استخدام البنية التحتية الذكية وإنترنت الأشياء (IoT) في تحسين استهلاك الطاقة وتقليل النفايات. يمكن أيضًا استخدام تقنية التوأم الرقمي لمحاكاة التأثير البيئي للأنظمة والمنتجات المادية وتحسينه.

4- الابتكار: يمكن للهندسة الرقمية أن تسهل الابتكار من خلال تمكين إنشاء أنظمة ومنتجات مادية جديدة وأكثر تقدمًا. على سبيل المثال، يمكن أن يساعد استخدام الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تصميم وتحسين المنتجات والعمليات الجديدة، في حين أن دمج تقنيات الصناعة 4.0 مثل الروبوتات وإنترنت الأشياء يمكن أن يساعد في إنشاء أنظمة تصنيع أكثر تقدما ومرونة.[33]

5- تقديم أفضل الخدمات : يمكن للهندسة الرقمية أن تساعد البلديات على تقديم خدمات أفضل للمجتمع المحلي من خلال تمكين إنشاء حلول أكثر كفاءة وفعالية وموثوقية. على سبيل المثال، ويمكن أن يساعد استخدام تقنية التوأم الرقمي في تحديد المشكلات المحتملة ومعالجتها قبل حدوثها، مما يؤدي إلى تقليل الاضطرابات وتحسين تجربة العملاء.

المبحث الثالث : دور الهندسة الرقمية في البنية التحتية المستدامة للبلديات

تستخدم الهندسة الرقمية التقنيات والأدوات الرقمية لتصميم وإنشاء وتشغيل وصيانة الأنظمة والمنتجات المادية. ويتضمن دمج الأنظمة المعتمدة على الكمبيوتر مع الممارسات الهندسية التقليدية لتمكين حلول أكثر كفاءة وفعالية واستدامة. تشمل الهندسة الرقمية العديد من التخصصات، بما في ذلك علوم الكمبيوتر، والهندسة الكهربائية، والهندسة الميكانيكية، والمزيد. إنه جانب مهم من المجال الأوسع للتحول الرقمي، والذي يشير إلى استخدام التقنيات الرقمية من أجل تغيير كيفية عمل البلديات والمؤسسات وتقديم القيمة.[34]

للهندسة الرقمية دور في تحديث البنية التحتية المستدامة , ويبرز دورها من خلال تحليلات البيانات في تحسين

---

[32] – Heinemann, C., & Uskov,V. (2018). Smart University: Literature Review and Creative Analysis, Chapter 2, In: Smart Universities Concepts, Systems and Technologies, International Publishing, Springer AG 2018, 11-46.

[33] – الهادي، محمد محمد(2018). الثورة الرقمية: التحول الرقمي ونماذج الأعمال الجديدة. المجلة المصرية للمعلومات "كمبيونت"، الجمعية المصرية لنظم المعلومات وتكنولوجيا الحاسبات ، 21 يونيو، 9 – 23

[34] – أكرم عوض الله (2022). أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية، عمان، الأردن.

مشاريع البنية التحتية المستدامة, وقيادة الابتكار وفعالية التكلفة من خلال الهندسة الرقمية في البنية التحتية المستدامة, وتعزيز الكفاءة من خلال الهندسة الرقمية في البنية التحتية المستدامة والتي يمكن توضيحا كما يلي :

اولا: دور تحليلات البيانات في تحسين مشاريع البنية التحتية المستدامة: ومن خلال الاستفادة من تحليلات البيانات، يستطيع المهندسون وصناع السياسات اتخاذ قرارات مستنيرة تؤدي إلى مشاريع بنية تحتية أكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة وان تكون صديقة للبيئة. [35]

ثانيا : أهمية البنية التحتية المستدامة : تشير البنية التحتية المستدامة إلى تصميم وبناء وتشغيل مشاريع البنية التحتية التي تقلل من التأثير البيئي، وتعزز الرفاهية الاجتماعية، وتضمن الجدوى الاقتصادية. ومع أنه من المتوقع أن يصل عدد سكان العالم إلى 9.7 مليار نسمة بحلول عام 2050، فإن الطلب على البنية التحتية المستدامة أمر بالغ الأهمية لتحقيق التنمية المستدامة. تشمل الفوائد الرئيسية للبنية التحتية المستدامة ما يلي:[36]

1- تقليل انبعاثات الكربون والبصمة البيئية
2- تحسين كفاءة الموارد
3- تعزيز القدرة على التكيف مع تغير المناخ
4- تعزيز التكنولوجيات الخضراء والابتكار
5- خلق فرص عمل مستدامة ونمو اقتصادي
6- تحسين نوعية الحياة للمجتمعات

وبالنظر إلى هذه الفوائد، فمن الواضح أن تحسين مشاريع البنية التحتية المستدامة أمر بالغ الأهمية لرفاهية الأجيال الحالية والمستقبلية.

ثالثا : دور تحليلات البيانات : تتضمن تحليلات البيانات جمع وتحليل وتفسير كميات هائلة من البيانات للحصول على رؤى ودعم اتخاذ القرار. عند تطبيقها على مشاريع البنية التحتية المستدامة، يمكن أن تلعب تحليلات البيانات دورًا حيويًا في تحسين الجوانب المختلفة، بما في ذلك:[37]

1- تخطيط المشروع وتصميمه: من خلال تحليل البيانات التاريخية وتوقعات الطلب المستقبلي والعوامل البيئية، يمكن لتحليلات البيانات توجيه المهندسين في تصميم البنية التحتية التي تلبي احتياجات المستخدمين الحاليين والمستقبليين مع تقليل الآثار البيئية الضارة.
2- كفاءة الطاقة وإدارة الموارد: يمكن لتحليلات البيانات تحديد أوجه القصور وأنماط استهلاك الطاقة، مما يمكّن المهندسين من تحسين استخدام الطاقة. ويمكن أن يساعد أيضًا في مراقبة استخدام الموارد، مثل المياه والمواد، مما يضمن إدارتها المستدامة طوال دورة حياة المشروع.

---

[35] – مقناني، صربينه، وشبيلة، مقدم. (2019)دور البيانات الضخمة في دعم التنمية المستدامة بالدول العربية، مجلة دراسات المعلومات والتكنولوجيا، جمعية المكتبات المتخصصة، فرع الخليج العربي,السعودية

[36] – العجيلي، محمد. (2020) مجالات تطبيق المدن الذكية المستدامة في الدول العربية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدراسة 51– 34 ، العراق

[37] – سليم، سوالف. (2019)المدن الذكية وعلاقتها بالتنمية المستدامة، مجلة الاستراتيجية والتنمية، جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر.

3- تقييم المخاطر والتخفيف من آثارها: يمكن لتحليلات البيانات تقييم المخاطر المحتملة المرتبطة بمشاريع البنية التحتية، بما في ذلك الكوارث الطبيعية وتأثيرات تغير المناخ. ومن خلال تحديد نقاط الضعف، يمكن للمهندسين تطوير استراتيجيات لتقليل المخاطر وتعزيز مرونة البنية التحتية.

4- مراقبة الأداء والصيانة: من خلال تحليلات البيانات، يمكن للمهندسين مراقبة أداء البنية التحتية، وتحديد المجالات التي تتطلب الصيانة أو التحسينات. ويضمن هذا النهج الاستباقي طول عمر مشاريع البنية التحتية المستدامة وفعاليتها.[38]

5- تحسين التكلفة: من خلال تحليل بيانات التكلفة والاتجاهات التاريخية، يمكن لتحليلات البيانات دعم تدابير تحسين التكلفة، وتقليل نفقات المشروع وزيادة عوائد الاستثمار إلى الحد الأقصى.

رابعا: عملية دمج تحليلات البيانات: فقد يؤدي دمج تحليلات البيانات في مشاريع البنية التحتية المستدامة إلى تحقيق العديد من الفوائد والوجبات الرئيسية:[39]

1- تحسين عملية صنع القرار: تتيح تحليلات البيانات اتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على بيانات دقيقة وموثوقة، مما يقلل من حالات عدم اليقين ويزيد من معدلات نجاح المشروع.

2- تعزيز أداء الاستدامة: من خلال الاستفادة من تحليلات البيانات، يمكن لمشاريع البنية التحتية تقليل التأثيرات البيئية، وتحسين استخدام الموارد، والمساهمة في تحقيق أهداف الاستدامة.

3- توفير التكاليف: تساعد الرؤى المستندة إلى البيانات في تحديد الفرص المحتملة لتوفير التكاليف، وتحسين ميزانيات المشروع، وتخصيص الموارد بشكل أكثر كفاءة.

4- زيادة كفاءة المشروع: تساعد تحليلات البيانات على تبسيط سير عمل المشروع، وتحديد الاختناقات، وتقليل التأخير، مما يؤدي في النهاية إلى تحسين تنفيذ المشروع والجداول الزمنية للتسليم.

5- صياغة السياسات القائمة على الأدلة: توفر تحليلات البيانات لصانعي السياسات أدلة موضوعية لدعم اتخاذ القرارات المتعلقة بالبنية التحتية المستدامة، مما يضمن فوائد اجتماعية واقتصادية وبيئية طويلة الأجل.[40]

يمكن القول ان دمج تحليلات البيانات في مشاريع البنية التحتية المستدامة أمرًا بالغ الأهمية لتحسين تصميمها وبنائها وتشغيلها. ومن خلال الاستفادة من الرؤى المستندة إلى البيانات، يمكن لصناع القرار إنشاء بنية تحتية تلبي الاحتياجات المجتمعية مع تقليل التأثير البيئي. يعزز تطبيق تحليلات البيانات كفاءة المشروع، ويقلل التكاليف، ويساهم في الاستدامة الشاملة لبيئتنا المبنية. مع التوافر المتزايد للبيانات وتقنيات التحليل المتقدمة، يعد تبني تحليلات البيانات أمرًا ضروريًا لتطوير البنية التحتية الناجحة والمستدامة في المستقبل.

---

[38] – أبو فرحة، شيماء حلمي (2020 .) تقنين حرية تداول المعلومات والبيانات المفتوحة تحقيقا للتنمية المستدامة: دراسة وفق المعايير الدولية والإجراءات الوطنية. المجلة المصرية للدراسات القانونية والاقتصادية، 14 :134-169 ،مسترجع من دار المنظمة، بنك المعرفة المصري.مصر .

[39] – عبد الفتاح، أحمد(2018) مداخل واستراتيجيات دعم وتعزيز التحول إلى المدن الذكية "المقومات والتحديات". المجلة الدولية للتنمية 155-176. مصر

[40] – Akil, Kazem (2019), "The Jordanian economy and ways to advance it", Journal of Economics and Administrative Sciences, 26 (117), 1-5

الخاتمة والنتائج والتوصيات

أولاً: الخاتمة

شكَّلت خاتمة الدِّراسة حصيلة النتائج التي تمثل الإجابة عن أسئلة الدِّراسة بالإضافة إلى تقديم مجموعة من التوصيات, وقد تناولت الدِّراسة الهندسة الرقمية ودورها في تطوير إدارة المشاريع في البلديات , وبينت الدراسة ان الهندسة الرقمية أحدثت ثورة في صناعة البناء والتشييد، مما يؤدي إلى تحسينات كبيرة في أداء المشروع ووضوح الرؤية واتخاذ القرار. ومن خلال تبني التحول الرقمي والاستفادة من أدوات وبرامج نمذجة معلومات البناء القوية، ويمكن لمحترفي البناء تقديم المشاريع بشكل أكثر كفاءة وتعاونية وبمخاطر أقل. ومع استمرار تطور الصناعة، ستزداد أهمية الهندسة الرقمية في البناء، مما يجعل من الضروري لمحترفي البناء البقاء في الطليعة واعتماد هذه التقنيات والعمليات المبتكرة.

واكدت الدراسة ان الهندسة الرقمية هي نهج يتضمن استخدام تقنيات الجيل التالي والبنية التحتية الرقمية والبيانات والنماذج لتحويل البنية التحتية القديمة وتحديث التطبيقات من خلال الدمج الفعال للفرق والتخصصات المتخصصة، وضمان استمرارية الأعمال، وزيادة الربحية، وتحسين الأمان.

وبينت الدراسة ان باستطاعة البلديات ان تستفيد من البيانات والتكنولوجيا لتطوير الحلول والمنصات من خلال تطبيق مبادئ هندسة منتجات البرمجيات لتمكين تجارب ونتائج أفضل للمستخدم. ويمكن للهندسة الرقمية أن تساعد المهندسين على تصميم أنظمة أكثر كفاءة وموثوقية وقابلة للتطوير من الطرق التقليدية. كما أنه يسمح بأدوات التعاون والأنظمة الأساسية السحابية التي تساعد على العمل معًا في الوقت الفعلي ومشاركة التعليمات البرمجية والتعاون في المشاريع المعقدة. والهدف هو تحسين كفاءة سير العمل ودقته وفعاليته من مرحلة التصميم الأولية إلى المنتج النهائي.

وأكدت الدراسة ان استراتيجية الهندسة الرقمية تعتبر مثالية للتغلب على تحديات تنفيذ التحول الرقمي وتعظيم القيمة. ويغير التحول الرقمي كيفية عمل البلديات وتقديم القيمة للعملاء. وتؤدي التغيرات السريعة في التكنولوجيا والتوقعات المتزايدة للعملاء من خلال تقديم خدمات أكثر ملاءمة وشخصية وكفاءة،

ثانيا : نتائج الدراسة

1- بينت الدراسة ان الهندسة الرقمية أحدثت ثورة في صناعة البناء والتشييد، مما يؤدي إلى تحسينات كبيرة في أداء المشروع ووضوح الرؤية واتخاذ القرار. ومن خلال تبني التحول الرقمي والاستفادة من أدوات وبرامج نمذجة معلومات البناء القوية
2- بينت الدراسة بأنه يمكن لمهندسي البلديات استخدام الهندسة الرقمية في ادار المشاريع الهندسية في البلديات بشكل أكثر كفاءة وتعاونية وبمخاطر أقل. واعتماد هذه التقنيات والعمليات المبتكرة.
3- أكدت الدراسة ان الهندسة الرقمية هي نهج يتضمن استخدام تقنيات الجيل التالي والبنية التحتية الرقمية والبيانات والنماذج لتحويل البنية التحتية القديمة وتحديث التطبيقات من خلال الدمج الفعال للفرق والتخصصات المتخصصة، وضمان استمرارية الأعمال، وزيادة الربحية، وتحسين الأمان.

4- بينت الدراسة ان باستطاعة البلديات ان تستفيد من البيانات والتكنولوجيا لتطوير الحلول والمنصات من خلال تطبيق مبادئ هندسة منتجات البرمجيات لتمكين تجارب ونتائج أفضل للمستخدم. ويمكن للهندسة الرقمية أن تساعد المهندسين على تصميم أنظمة أكثر كفاءة وموثوقية وقابلة للتطوير من الطرق التقليدية. وتحسين كفاءة سير العمل ودقته وفعاليته من مرحلة التصميم الأولية إلى المنتج النهائي.

5- أكدت الدراسة ان إستراتيجية الهندسة الرقمية تعتبر مثالية للتغلب على تحديات تنفيذ التحول الرقمي وتعظيم القيمة. ويغير التحول الرقمي كيفية عمل البلديات وتقديم القيمة للعملاء. وتؤدي التغيرات السريعة في التكنولوجيا والتوقعات المتزايدة للعملاء من خلال تقديم خدمات أكثر ملاءمة وشخصية وكفاءة،

ثالثا :التوصيات

1- أوصت الدراسة دعوة البلديات للاستفادة من البيانات والتكنولوجيا لتطوير الحلول والمنصات من خلال تطبيق مبادئ هندسة منتجات البرمجيات لتمكين الاستخدام الأفضل.

2- أوصى الباحث بضرورة تفعيل الهندسة الرقمية في البلديات باعتبارها نهج يتضمن استخدام تقنيات الجيل التالي والبنية التحتية الرقمية والبيانات والنماذج لتحويل البنية التحتية القديمة وتحديث التطبيقات الفعالة للفرق والتخصصات المتخصصة

3- من الضروري على البلديات خرط المهندسين في دورات حديثة لتوظيف أعمالهم المساحية والمدنية والمعماري في إطار الهندسة الرقمية والتي تختصر الوقت وتزيد الإنتاج وتقلل التكلفة .

4- يوصي الباحث بضرورة توظيف الهندسة الرقمية في مشاريع البنية التحتية لتحسين تصميمها وبنائها وتشغيلها تلبي الاحتياجات المجتمعية مع تقليل التأثير البيئي.

المراجع

اولا: المراجع العربية

أبو فرحة، شيماء حلمي (2020 .) تقنين حرية تداول المعلومات والبيانات المفتوحة تحقيقا للتنمية المستدامة: دراسة وفق المعايير الدولية والإجراءات الوطنية. المجلة المصرية للدراسات القانونية والاقتصادية، 14 :134-169 ،مسترجع من دار المنظمة، بنك المعرفة المصري.مصر .

أكرم عوض الله (2022). أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية، عمان، الأردن.

آل زينة، ناصر.(2021). دور الخرائط الأساس في دعم وتنفيذ مشاريع نظم المعلومات الجغرافية .مجلة كلية الآداب، 4(1)، 225-244.

ايمان الحياري(2022). بحث عن نظم المعلومات الجغرافية ، عمان، الأردن

داود. جمعه محمد، (2014). الجيوماتكس: علم المعلومات الأرضية، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية

زيادات , زياد عايد (2021).تحول البلديات من دور إدارة الخدمات إلى قيادة التنمية المستدامة وإدارة المشاريع من خلال الخطط التطويرية", المجلة العربية للنشر العلمي, 4(5)، 215-231.

السامرائي، عدي زكريا جاسم (2013). تحليل الإمكانيات التنموية للمناطق الحضرية باستخدام تقنية المعلوماتية المكانية منطقة الدراسة محافظة بغداد/مدينة الزهور، أطروحة دكتوراه مقدمة الى مركز التخطيط الحضري والاقليمي للدارسات العليا، جامعة بغداد، العراق.

سليم، سوالف. (2019)المدن الذكية وعلاقتها بالتنمية المستدامة، مجلة الاستراتيجية والتنمية، جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجزائر.

شادي ,1 , 50يدنجلا عقوم ,يركسعلا عينصتلا تايلمع يف ةمداقلا ةروثلا ةيمقرلا ةسدنهلا.(2012)باهولادبع, ةيبرعلا تاراملا , لوا نيرشت

الشخانبة، هلال (2023). نظم المعلومات الجغرافية GIS ونظام تسمية وترقيم الشوارع في البلديات، مجلة مركز رماح للأبحاث، ع75، مج 2.

شرف، محمد إبراهيم محمد.(2011). التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، دار المعرفة الجامعية.

صالح محمد النوايسه(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في ألأردن، عمان، الأردن .

عبد الفتاح، أحمد(2018) مداخل واستراتيجيات دعم وتعزيز التحول إلى المدن الذكية "المقومات والتحديات". المجلة الدولية للتنمية 155-176. مصر

العتيبي, بسمة كمال (2023).وسائل القياس في العصور القديمة, موقع موضوع , 21, اب, الأردن.

العجيلي، محمد. (2020) مجالات تطبيق المدن الذكية المستدامة في الدول العربية، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدراسة 34-51 ، العراق

علي،عبد الله الصادق، (2013). مقدمة في المساحة التصويرية والتحليلية الرقمية، الرياض : مكتبة الملك فهد الوطنية.

قبيلات حمدي(2017).التشريعات الناظمة لعمل مجالس المحافظات والبلدية والمحلية في الأردن، الوكالة الألمانية واللجنة الوطنية الأردنية لشؤون المرأة ، الأردن.

قوقزة، رؤيا.(2023). تقنية GIS ودورها في تطوير عمل البلديات في محافظة جرش، المجلة للعلوم الطبيعية والإنسانية، 2(4)، 654-667.

الكساسبة , مراد (2021).أجهزة المساحة واستخدامها, موقع موضوع , 30, اب, الأردن.

كشواني , غانم (2021). الهندسة الرقمية, صحيفة الإمارات اليوم , 6, اذار , الإمارات العربية .

المحمدي، مكي.(2015). التوجهات المطلوبة للتكامل التطبيقي بين نظم المعلومات الجغرافية GIS والحوكمة الإلكترونية دراسة تطبيقية لمدينة بغداد، ع 22، ص 646-662.

مقناني، صربينه، وشبيلة، مقدم. (2019)دور البيانات الضخمة في دعم التنمية المستدامة بالدول العربية، مجلة دراسات المعلومات والتكنولوجيا، جمعية المكتبات المتخصصة، فرع الخليج العربي,السعودية

النوايسة، صلاح.(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في الأردن، المجلة الطبيعية والإنسانية، 3(9)، 636-698.

النوايسة، صلاح.(2022). أهمية تقنية نظم المعلومات الجغرافية ودورها في تطوير أداء البلديات في الأردن، المجلة الطبيعية والإنسانية، 3(9)، 636-698.

الهادي، محمد محمد(2018). الثورة الرقمية: التحول الرقمي ونماذج الأعمال الجديدة. المجلة المصرية للمعلومات "كمبيونت"، الجمعية المصرية لنظم المعلومات وتكنولوجيا الحاسبات ، 21 يونيو، 9 – 23

ثانيا : المراجع الاجنبية

kil, Kazem (2019), "The Jordanian economy and ways to advance it", Journal of Economics and Administrative Sciences, 26 (117), 1-5

Heinemann, C., & Uskov,V. (2018). Smart University: Literature Review and Creative Analysis, Chapter 2, In: Smart Universities Concepts, Systems and Technologies, International Publishing, Springer AG 2018, 11-46.

Horváth, I. (2022). Designing next-generation cyber-physical systems: Why is it an issue? Journal of Integrated Design and Process Science, (Preprint), 1–33.

Huang, J., Beling, P., Freeman, L., & Zeng, Y. (2021). Trustworthy AI for Digital Engineering Transformation. SDPS Transactions: Journal of Integrated Design and Process Science, 25(1), 1--7

Huang, J., Gheorghe, A., Handley, H., Pazos, P., Pinto, A., Kovacic, S., … Daniels, C. (2020). Towards digital engineering: the advent of digital systems engineering. Int. J. System of Systems Engineering, 10(3), 234–261. https://doi.org/10.1504/IJSSE.2020.109737

Kellens, K., Baumers, M., Gutowski, T. G., Flanagan, W., Lifset, R., & Duflou, J. R. (2017). Environmental Dimensions of Additive Manufacturing: Mapping Application Domains and Their Environmental Implications. Journal of Industrial Ecology, 21(S1), S49–S68.

L. Gavériaux, G. Laverrière, T. Wang, N. Maslov & C. Claramunt. (2019).Gis-Based Multi-Criteria Analysis For Offshore Wind Turbine Deployment In Hong Kon

Liu, Y., He, D., Obaidat, M. S., Kumar, N., Khan, M. K., & Choo, K.-K. R. (2020). Blockchain-based identity management systems: A review. Journal of Network and Computer Applications, 166, 102731

Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness inmachine learning. ACM Computing Surveys (CSUR), 54(6), 1–35

Meng, L., McWilliams, B., Jarosinski, W., Park, H.-Y., Jung, Y.-G., Lee, J., & Zhang, J. (2020). Machine learning in additive manufacturing: a review. Jom, 72(6), 2363–2377

Siddik, M. A. B., Shehabi, A., & Marston, L. (2021). The environmental footprint of data centers in the United States. Environmental Research Letters, 16(6), 64017. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfba1

Tavčar, J., & Horvath, I. (2018). A review of the principles of designing smart cyber-physical systems for run-time adaptation: Learned lessons and open issues. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 49(1), 145–158.

Zimmerman, P., Gilbert, T., & Salvatore, F. (2019). Digital engineering transformation across the Department of Defense. The Journal of Defense Modeling and Simulation, 16(4), 325–338.