الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المعهد العالي لإدارة الاعمال (HIBA)

أثر التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات في المشاريع الهندسية "دراسة حالة (برج خليفة في دبي) لشركة اعمار"

"دراسة اعدت لاستكمال نيل درجة الماجستير في إدارة الاعمال MBA"

تقديم الطالب

وليد علي

إشراف الدكتور: راتب البلخي

دمشق 2025/6/12

كلمة شكر:

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله وتوفيقه أنجزت هذا البحث العلمي المتواضع.

أتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى مشرفي الكريم [الدكتور راتب البلخي]، الذي كان لدعمه وتوجيهاته العلمية الأثر الكبير في إنجاز هذا العمل، فله مني كل الامتنان والعرفان على ما بذله من جهد ووقت في سبيل تطوير مهاراتي البحثية وصقل تجربتي الأكاديمية.

كما أخص بالشكر أعضاء لجنة المناقشة الكرام على ملاحظاتهم البنّاءة واقتراحاتهم القيمة التي أسهمت في إثراء البحث وتحسين مستواه العلمي.

ولا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى معهد هبة لإدارة الاعمال، هذا الصرح العلمي المتميز الذي أتاح لي فرصة دراسة الماجستير في بيئة أكاديمية محفزة وداعمة، وساهم في توسيع آفاق معرفتي وصقل قدراتي البحثية.

كما أتوجه بالشكر إلى كل من ساعدني وساندني خلال فترة إعداد هذا البحث، من زملاء وأصدقاء وأفراد العائلة، على دعمهم المعنوي وتشجيعهم المستمر.

وأخيرًا، أهدي هذا العمل المتواضع لكل من يسعى إلى خدمة العلم والمعرفة، راجيًا من الله أن يوفقني وإياكم لما فيه الخير والصلاح.

الإهداء

إلى روح والدي الغالي،
الذي غادر الدنيا لكنه بقي حاضرًا في قلبي وذاكرتي،
إلى من كان قدوتي وسندي الأول،
أسأل الله أن يجعل هذا العمل في ميزان حسناته وأن يرحمه رحمة واسعة.

وإلى روح أخي الحبيب الدكتور [سليمان]،
الذي رحل مبكرًا وترك في قلبي فراغًا لا يملؤوه أحد،
كنت دائمًا مصدر فخر وإلهام لي،
رحمك الله وأسكنك فسيح جناته.

وإلى أمي الحبيبة،
نبع الحنان والعطاء،
التي لم تبخل عليّ يومًا بدعائها ودعمها وصبرها،
أهديكِ ثمرة تعبكِ ووقوفكِ الدائم بجانبي.

وإلى زوجتي الغالية،
رفيقة دربي وشريكة حياتي،
التي كانت لي السند والدعم في كل لحظة،
شكراً لصبركِ، واحتوائكِ، ومساندتكِ الدائمة لي في مسيرتي العلمية.

وإلى إخوتي الأعزاء،
شركاء الدرب وفرحة العمر،
الذين كانوا لي العون والسند في كل الظروف.

وإلى أصدقائي الأوفياء،
الذين لم يبخلوا عليّ بالدعم والتشجيع والمساندة في كل مراحل هذا الإنجاز.

الى معهد هبة بكادره المميز الذي أتاح لي فرصة العلم والمعرفة

وإلى أستاذي ومشرفي الفاضل [الدكتور راتب البلخي المحترم]،
الذي كان لتوجيهاته ونصائحه الأثر الكبير في إتمام هذا العمل،
أعبر عن خالص امتناني وتقديري لدعمه العلمي والإنساني.

إليكم جميعًا أهدي هذا العمل، وفاءً وامتنانًا وعرفانًا بفضلكم ودعمكم المستمر في حياتي.

ملخص الدراسة:

برج خليفة - التحفة الهندسية التي تتحدى الجاذبية بارتفاع 828 متراً، ليس مجرد مبنى عالٍ، بل نموذجاً رائداً في تطبيق التكنولوجيا الرقمية في إدارة المشاريع الضخمة.

بدأ تشييد هذا الصرح عام 2004 واكتمل عام 2010 بتكلفة 1.5 مليار دولار، ليكون أيقونة دبي وأعجوبة القرن الحادي والعشرين.

واجه المشروع تحديات هائلة في التصميم والتنفيذ، لكن الحل جاء عبر تبني أحدث التقنيات الرقمية التي غيرت مفهوم إدارة المشاريع الهندسية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات في المشاريع الهندسية، وتقييم دور الأنظمة والحلول الرقمية المستخدمة في برج دبي مثل:

✔ نظامBIM المتقدم (نمذجة معلومات البناء) لاكتشاف الأخطاء التصميمية مبكرًا، مكّن هذا النظام الفرق الهندسية من اكتشاف 5,000 تعارض في التصاميم قبل التنفيذ مما وفر 35 مليون دولار من تكاليف التعديلات.

✔ أنظمة التخطيط الذكية لجدولة الأنشطة، أدارت 12,000 نشاط يومي بتنسيق دقيق مما خفض التأخيرات بنسبة 40.%

✔ محاكاة حاسوبية متطورة لتحليل الرياح والإنشاءات، مما حسن الأداء الإنشائي بنسبة 25.%

✔ نظم مراقبة ذكية (انترنت الاشياءIOT): تتبعت جودة المواد وأداء المعدات لحظة بلحظة

في تحسين كفاءة التخطيط، التنفيذ، والتحكم في المشاريع الهندسية الضخمة.

✔ الواقع الافتراضي (VR)والواقع المعزز (AR): أتاح إنشاء بيئات رقمية ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع، ومكن المهندسين والمصممين استكشافها والتفاعل معها قبل التنفيذ الفعلي ورؤية التصميم في مكانه باستخدام نظارات ذكية قبل البدء بالبناء.

<u>عينة البحث</u>:
تتكون عينة الدراسة من:

- 43% مهندسين.
- 33% مدراء مشاريع.
- 24% استشاريين ومسؤولين.

إجمالي العينة :100 فردًا، سيتم توزيع الاستبيانات عليهم لضمان تمثيل البيانات

أداة البحث:

اعتمدت الدراسة على:

1. الاستبيانات الإلكترونية كأداة رئيسية لجمع البيانات الكمية.
2. المقابلات مع 10 من أصحاب الخبرة المباشرة في المشروع.
3. تحليل الوثائق الرسمية، تقارير المشروع، دراسات الجدوى، وسجلات الأداء

نتائج الدراسة:

كشفت النتائج أن التكنولوجيا الرقمية ساهمت في:

- خفض 20%من التكاليف الزائدة عبر تحسين تخصيص الموارد.
- تقليل 30%من الأخطاء خلال التنفيذ بفضل استخدام.BIM نمذجة معلومات البناء.
- تسريع 15%من الجدول الزمني عبر التنسيق الرقمي بين الفرق.

كما أبرزت التحديات، مثل الحاجة إلى تدريب الكوادر وارتفاع تكاليف التشغيل الأولية التوصيات التالية:

- تعزيز التدريب على الأدوات الرقمية للفرق الهندسية.
- تبني معايير موحدة لدمج التكنولوجيا في إدارة المشاريع.

الكلمات المفتاحية:

التكنولوجيا الرقمية-إدارة العمليات-المشاريع الهندسية-برج دبي (برج خليفة) -شركة إعمار-

نمذجة معلومات البناء(BIM) -الذكاء الاصطناعي-إنترنت الأشياء(IoT) -كفاءة المشاريع

الفهرس

الرقم	العنوان	الصفحة
	• كلمة شكر	2
	• الاهداء	3
	• ملخص الدراسة	6
	الفصل الأول: الإطار العام للبحث	
-1	المقدمة العامة	12
-2	الدراسات السابقة	12
-3	متغيرات البحث	22
-4	مشكلة البحث	23
-5	اهداف البحث	23
-6	فروض البحث	24
-7	أهمية البحث	24
-8	حدود البحث	25
-9	محددات البحث	25
	الفصل الثاني: الإطار النظري للبحث	
-1	تمهيد	27
-2	مفهوم التكنولوجيا الرقمية	27
-3	ما هي نمذجة معلومات البناءBIM	29
-4	كيف تعمل تقنية BIM	29
-5	ميزات وفوائد تقنية BIM	30
-6	تطبيقات BIM في المشاريع الهندسية	30
-7	التحديات التي تواجه تطبيق تقنية BIM	31
-8	مستقبل تقنية BIM	31
-9	البرامج الحسابية الانشائية	31
-10	أهمية التحليل الانشائي الرقمي	32
-11	البرامج الأساسية للتحليل الانشائي الرقمي	32
-12	فوائد استخدام التقنيات التحليلية الرقمية في المشاريع الهندسية	33
-13	أنظمة الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي	34

-14	تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي	35
-15	فوائد الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي	37
-16	انترنت الاشياءIOT في المشاريع الهندسية	38
-17	فوائد انترنت الاشياء IOTفي المشاريع الهندسية	38
-18	تحديات انترنت الاشياءIOT	39
-19	الواقع الافتراضي والمعزز في المشاريع الهندسية	39
-20	فوائد الواقع المعزز والافتراضي في المشاريع الهندسية	40
-21	العوامل المؤثرة على استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية	40
-22	التحديات التي تواجه إدارة العمليات التقليدية في المشاريع الهندسية	41
-23	العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية وإدارة العمليات في المشاريع الهندسية	42
-24	الإطار المفاهيمي للدراسة	42
-25	المتغيرات الأساسية في إدارة العمليات الهندسية	43
-26	العلاقة بين المغيرات واهمية التوازن	44
-27	إدارة المخاطر ودورها في العمليات الهندسية	44
-28	العلاقة التفاعلية بين المتغيرات	44
	الفصل الثالث: الإطار العملي للبحث	
-1	تمهيد	49
-2	الحالة المدروسة	49
-3	مجتمع وعينة البحث	49
-4	أدوات جمع البيانات	50
-5	توصيف متغيرات البحث	50
-6	استبيان أثر التكنولوجيا الرقمية على إدارة العمليات الهندسية	53
-7	تحليل البيانات باستخدامSPSS	57
-8	تحليل الموثوقية Cronbach's Alpha	60
-9	اختبار T لعينة واحدة(one-sample-T-Test)	53
-10	تحليل الارتباط (correlation Analysis)	62
-11	تحليل الانحدار (Regression Analysis)	63
-12	تحليل الفروق بين المجموعات ANOVA	65
-13	المخططات البيانية	69

-14	تحليل أسئلة التقييم العام	74
-15	تحليل الأسئلة المفتوحة	75
-15	مناقشة النتائج	77
-16	التوافق والاختلاف مع الدراسات السابقة	80
-17	التحديات التي تؤثر على التكنولوجيا الرقمية	80
-18	أهم النتائج التي تم التوصل اليها	82
-19	تقديم توصيات علمية وبحثية بناء على النتائج	82
-20	اقتراح مجالات للدراسة المستقبلية	84
-21	خاتمة البحث	85
-22	المراجع	86

الفصل الأول:

الإطار العام للبحث

- **المقدمة العامة:**

يشهد العصر الحالي تطورًا متسارعًا في التكنولوجيا الرقمية، والتي أصبحت أحد الركائز الأساسية في تحسين كفاءة إدارة العمليات، خاصة في المشاريع الهندسية الضخمة والمعقدة. حيث أدى التقدم في أدوات مثل نمذجة معلومات البناء(BIM) ، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء(IoT) ، إلى تحول جذري في كيفية تخطيط وتنفيذ ومتابعة المشاريع الإنشائية، مما يسهم في تحقيق أهداف الجودة والتكلفة والزمن بكفاءة غير مسبوقة.

وفي هذا السياق، تأتي هذه الدراسة لاستكشاف أثر التكنولوجيا الرقمية على إدارة عمليات المشاريع الهندسية، مع التركيز على برج دبي (برج خليفة) كدراسة حالة، باعتباره أحد أبرز المشاريع العالمية التي اعتمدت على التقنيات الرقمية المتطورة في مراحل التصميم والتنفيذ. كما تسعى الدراسة إلى تحليل الفوائد والتحديات التي رافقت تبني هذه التقنيات في المشروع، واستخلاص الدروس المستفادة التي يمكن تعميمها على المشاريع المماثلة.

ويستند الإطار العام لهذا البحث إلى مراجعة شاملة لأدبيات الإدارة الرقمية للمشاريع، وأحدث التوجهات في التقنيات الحديثة المستخدمة في قطاع الإنشاءات، مع تحليل للتجارب العالمية الناجحة في هذا المجال. كما سيعتمد البحث على منهجية علمية تشمل تحليل البيانات، والاستبيانات، والمقابلات مع الخبراء، بهدف تقديم رؤية عملية قابلة للتطبيق في بيئات المشاريع الهندسية المختلفة. من المتوقع أن تسهم نتائج هذه الدراسة في تعزيز فهم أثر التكنولوجيا الرقمية على إدارة المشاريع الإنشائية، وتقديم توصيات قيمة للمهندسين ومديري المشاريع لتحسين الأداء وضمان نجاح المشاريع المستقبلية في ظل الثورة الصناعية الرابعة.

- **الدراسات السابقة:**

دراسات حول التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية

1. Brynjolfsson & McAfee (2014)
   - العنوان: *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*

- أهداف الدراسة الأساسية:

- توضيح كيف أن الموجة الجديدة من التقنيات الرقمية لا تتغلب فقط على القيود الجسدية (كما حدث في الثورة الصناعية)، بل تتجاوز أيضًا القيود الذهنية، حيث أصبحت الآلات قادرة على أداء مهام معرفية كانت حكرًا على البشر.
- تحليل التغيرات السريعة في الاقتصاد نتيجة التطور التقني، مع التركيز على مفهومي "الوفرة" (bounty) أي زيادة الإنتاجية والثروة، و"الفجوة" (spread) أي اتساع عدم المساواة في توزيع هذه الثروة.
- دراسة التأثيرات الاجتماعية والاقتصادية، مثل فقدان الوظائف نتيجة الأتمتة، وزيادة التفاوت في الدخل، وظهور أسواق "الرابح يأخذ كل شيء" (winner-take-all).
- تقديم توصيات سياسية واقتصادية للتعامل مع تحديات العصر الرقمي، مثل تعزيز التعليم والمهارات، وتطوير سياسات لدعم الفئات المتضررة من التحول التكنولوجي.

- على ماذا طُبِّقت الدراسة؟

- طبقت الدراسة تحليلاتها على أمثلة واقعية من الاقتصاد الحديث، مثل السيارات ذاتية القيادة، أنظمة الذكاء الاصطناعي القادرة على معالجة اللغة والصور، والروبوتات في الصناعات والخدمات.
- تناولت حالات شركات مثل "إنستغرام" التي حققت نجاحًا هائلًا بعدد موظفين قليل، مقابل شركات تقليدية ضخمة مثل "كوداك" التي انهارت، لتوضيح كيف أن التقنيات الرقمية تغير قواعد اللعبة الاقتصادية وتعيد تشكيل سوق العمل.
- ناقشت الدراسة أيضًا تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات مثل الرعاية الصحية، التعليم، والإعلام، وكيف يمكن لهذه التقنيات أن تعزز أو تهدد فرص العمل التقليدية.

- النتائج :ناقش تأثير التكنولوجيا الرقمية على تحسين الكفاءة في القطاعات الهندسية، مع تركيز على الذكاء الاصطناعي.
- الثغرات :لم يتعمق في تطبيقات محددة مثل BIM أو IoT.

2. Eastman et al. (2018)

- العنوان: *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*
- أهداف الدراسة:

- شرح مفهوم وتقنيات BIM، بما في ذلك النمذجة البارا مترية والنمذجة القائمة على الكائنات، وكيف تختلف عمليات التصميم والبناء والتشغيل باستخدام BIM عن الطرق التقليدية المعتمدة على الرسومات الورقية أو الرقمية.
- استعراض الفوائد المتوقعة من تطبيق BIM، مثل تحسين الإنتاجية، تقليل التكاليف، رفع جودة التصميم والتنفيذ، وتحسين إدارة المرافق.
- تحليل التحديات التنظيمية والتقنية والاقتصادية المرتبطة بتطبيق BIM، بما في ذلك متطلبات البنية التحتية، وتكلفة التحول، والتغيرات في العمليات الإدارية.
- مناقشة التأثيرات الحالية والمستقبلية لـ BIM على الصناعة والمجتمع، بما في ذلك التوقعات المستقبلية حتى عام 2025 وما بعده، مثل التصميم الرقمي الكامل، البناء خارج الموقع، والتحقق الآلي من الأنظمة، واستخدام الذكاء الاصطناعي في البناء.
- تقديم إرشادات عملية لأصحاب المشاريع، المصممين، المهندسين، المقاولين، ومديري المرافق حول كيفية اعتماد وتطبيق BIM بنجاح في مشاريعهم.

- طبقت الدراسة على تطبيقات BIM في التصميم المفاهيمي والتفصيلي، التقدير والتنسيق أثناء البناء، التصنيع خارج الموقع، التحكم في الإنتاج، ودعم تشغيل وصيانة المنشآت.
- النتائج :بيَّن كيف أن BIM يحسن التنسيق بين الفرق الهندسية ويقلل الأخطاء.
- الثغرات :اقتصر على BIM دون أدوات أخرى مثل الذكاء الاصطناعي.

3. Zhou et al. (2019)

- العنوان: *Digital Twin and Big Data Technologies for Construction Project Management*
- أهداف الدراسة:

- توضيح مفهوم التوأمة الرقمية وكيفية دمجها مع تقنيات البيانات الضخمة لتوفير منصة رقمية متكاملة تتيح المراقبة والتحليل الفوري للمشاريع الإنشائية.

- إبراز دور التوأمة الرقمية في تحسين إدارة الموارد، تقليل المخاطر، زيادة الكفاءة، وتعزيز التعاون بين جميع الأطراف المعنية في المشروع.
- دراسة كيف تساهم البيانات الضخمة في دعم التحليلات التنبؤية واتخاذ قرارات مبنية على بيانات دقيقة وواقعية.

o على ماذا طُبِّقت الدراسة؟

- طُبِّقت الدراسة على مشاريع البناء والإنشاءات، حيث تم استعراض حالات واقعية لاستخدام التوأمة الرقمية في مراقبة تقدم العمل، إدارة الموارد، وتحليل الأداء في الوقت الحقيقي.
- تم توثيق تطبيقات عملية في مشاريع كبرى مثل المطارات (مثال مشروع مطار لوس أنجلوس الدولي LAX) ومشاريع البنية التحتية، حيث ساعدت التوأمة الرقمية على تحسين التعاون بين المهندسين والمقاولين، تسريع عمليات الفحص، وتخفيض التكاليف التشغيلية.
- تناولت الدراسة أيضًا كيف تُستخدم التوأمة الرقمية في إدارة الصيانة والتشغيل بعد انتهاء مرحلة البناء، من خلال توفير بيانات دقيقة حول أداء المنشآت وتوقع الأعطال المستقبلية.

o النتائج :أظهر أن التوأم الرقمي يحسن صنع القرار في المشاريع الكبرى.

o الثغرات :لم يقارن بين التوأم الرقمي وأدوات أخرى.

. دراسات حول إدارة العمليات الهندسية

4. Kerzner (2017)

o العنوان*Project Management: Case Studies* :

o أهداف الدراسة:

- تحليل كيفية تطبيق مبادئ وأدوات إدارة المشاريع في مواقف حقيقية عبر صناعات مختلفة مثل السيارات، الرعاية الصحية، التصنيع، الاتصالات، البناء، الطيران، الترفيه، والقطاع الحكومي.
- استعراض التحديات التنظيمية والثقافية والفنية التي تواجه تنفيذ منهجيات إدارة المشاريع، وكيفية التعامل مع التغيير، إدارة المخاطر، مشاركة المعلومات، إدارة نطاق العمل، الابتكار، وحل الأزمات.

- تقديم دروس مستخلصة من النجاحات والإخفاقات في المشاريع، بهدف تطوير الممارسات المهنية وتحسين فرص نجاح المشاريع المستقبلية.
  - على ماذا طُبِّقت الدراسة؟
- طُبِّقت الدراسة على أكثر من 100 دراسة حالة لمشاريع حقيقية في شركات ومؤسسات عالمية، منها شركات سيارات، شركات تصنيع، شركات طيران، مؤسسات رعاية صحية، مشاريع حكومية، مشاريع رياضية كالأولمبياد، وشركات ترفيهية مثل ديزني.
- تشمل الحالات مشاريع ناجحة وأخرى غير ناجحة، مع تحليل مفصل لأسباب النجاح أو الفشل، وتوضيح كيف أثرت المنهجيات التنظيمية والثقافية على نتائج المشاريع.
  - النتائج :قدم أمثلة على نجاح وفشل إدارة المشاريع دون التركيز على التكنولوجيا.
  - الثغرات :لم يربط بشكل واضح بين التكنولوجيا وكفاءة العمليات.

5. PMI (2020)

  - العنوان*PMBOK Guide – 7th Edition* :
  - دليل PMBOK Guide – 7th Edition الصادر عن معهد إدارة المشاريع (PMI) في عام 2020 يهدف إلى تقديم إطار حديث ومرن لإدارة المشاريع، يركز على المبادئ الأساسية ومجالات الأداء بدلاً من العمليات الصارمة، وذلك لمواكبة تطورات بيئة الأعمال والمشاريع المعاصرة146.
  - أهداف الدليل:

- توفير مرجعية عالمية لممارسات إدارة المشاريع تعتمد على 12 مبدأً توجيهياً يمكن تطبيقها في جميع أنواع المشاريع والصناعات167.
- التركيز على تحقيق القيمة من المشروع وليس فقط تسليم النتائج، من خلال اعتبار المشاريع أنظمة متكاملة تهدف لتحقيق أهداف استراتيجية للمنظمة57.
- تعزيز المرونة والقدرة على التكيّف، من خلال تشجيع مديري المشاريع على "تفصيل" (Tailoring) منهجياتهم بما يتناسب مع طبيعة كل مشروع وظروفه الخاصة14.
- دمج منهجيات الإدارة التقليدية مع المنهجيات المرنة (Agile) والهجينة، وتقديم إرشادات لكيفية الاستفادة منها في المشاريع الحديثة14.

- دعم اتخاذ القرار في بيئات معقدة وغير مؤكدة، مع التركيز على إدارة المخاطر، الجودة، وأداء الفريق15.

- على ماذا طُبِّق الدليل؟

- الدليل ليس دراسة حالة أو بحثاً تطبيقياً على مشروع محدد، بل هو إطار معياري عام يُستخدم في جميع أنواع المشاريع وفي مختلف القطاعات (الهندسية، التقنية، الصحية، الحكومية، وغيرها)236.
- تم تطوير محتواه بناءً على مساهمات مجتمع عالمي من ممارسي إدارة المشاريع وتجاربهم في مشاريع حقيقية بمختلف الأحجام والقطاعات6.
- يُستخدم الدليل كمرجع أساسي للمهنيين، الطلاب، والاستشاريين في إدارة المشاريع، وكذلك كأساس للتحضير لشهادات إدارة المشاريع مثل PMP23.

- النتائج :حدد معايير إدارة المشاريع مع إشارة محدودة لأثر التكنولوجيا.

- الثغرات :عام جداً وغير متخصص في المشاريع الهندسية.

ج. دراسات تجمع بين التكنولوجيا وإدارة العمليات

6. Oesterreich & Teuteberg (2021)

- العنوان: *The Impact of IoT on Construction Project Management*

- أهداف الدراسة:

- استكشاف كيف يمكن لإنترنت الأشياء، من خلال أجهزة الاستشعار والمنصات الرقمية، أن تدمج العالمين الفيزيائي والرقمي في مشاريع البناء، مما يتيح مراقبة وتحليل البيانات في الوقت الحقيقي.
- توضيح دور IoT في أتمتة جمع البيانات وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين تدفق المعلومات بين جميع الأطراف المعنية بالمشروع.
- دراسة أثر التكامل الرقمي على تعزيز التعاون، رفع جودة الأعمال، تحسين تتبع المواد والمعدات، وزيادة الشفافية والمساءلة في المشاريع.
- تحليل كيف تساهم تقنيات IoT في تقليل المخاطر، تسريع اتخاذ القرار، ودعم الإدارة الذكية للمشاريع.

- على ماذا طُبِّقت الدراسة؟

- طُبِّقت الدراسة على مشاريع البناء والإنشاءات، مع التركيز على استخدام أجهزة الاستشعار الذكية، الروبوتات، والمركبات ذاتية القيادة لمراقبة تقدم العمل، تتبع الموارد، وتحليل الأداء في الوقت الفعلي.
- تناولت الدراسة حالات تطبيقية مثل تتبع المواد والمعدات، مراقبة الجودة، أتمتة جمع البيانات، وتحسين التواصل بين فرق العمل عبر منصات رقمية مركزية.
- استعرضت الدراسة كيف تُمكّن تقنيات IoT من تقليل الأعمال المتكررة والخطرة، وتحسين التكامل بين النماذج الرقمية (مثل التوأمة الرقمية) والعمليات الميدانية.

- النتائج :وجد أن IoT يحسن تتبع الموارد ويقلل الأخطاء.
- الثغرات :لم يدرس التكلفة مقابل الفائدة.

7. Alaloul et al. (2022)

- العنوان*Blockchain in Construction Engineering Management* :
- أهداف الدراسة:

- تحليل كيف يمكن للبلوكشين أن يعالج تحديات التعاون بين الأطراف المتعددة في مشاريع البناء من خلال توفير بيئة رقمية موثوقة وشفافة لتبادل المعلومات والمعاملات.
- دراسة إمكانيات العقود الذكية (Smart Contracts) في أتمتة العمليات الإدارية مثل المدفوعات، إدارة سلسلة التوريد، وإدارة المطالبات، مما يقلل من التدخل البشري ويزيد من سرعة ودقة تنفيذ العمليات.
- معالجة قضايا الثقة، الأمان، وتتبع البيانات في المشاريع المعقدة، مع التأكيد على نقل الثقة من الأفراد إلى النظام الرقمي الموزع.

- على ماذا طُبِّقت الدراسة؟

- طُبِّقت الدراسة على عمليات إدارة مشاريع البناء، خاصة في مجالات مثل المدفوعات، إدارة سلسلة التوريد، أتمتة العمليات، وتوثيق العقود والمعاملات.
- تم اختبار الإطار المقترح عمليًا من خلال تطبيقه في سيناريو واقعي لإدارة المدفوعات في أحد مشاريع البناء، حيث أظهر فعاليته في تحسين التعاون، الأمان، وتبسيط الإجراءات.

- كما تناولت الدراسة حالات استخدام البلوكشين في إدارة سلسلة التوريد، التحقق من الشهادات وجودة المواد، وحماية بيانات العاملين في مشاريع البناء.
  - النتائج :بين أن البلوكشين يزيد الشفافية في العقود.
  - الثغرات :ندرة التطبيقات العملية.

8. Hosseini et al. (2023)

  - العنوان: *Barriers to Digital Transformation in Construction*
  - أهداف الدراسة:

- استكشاف العوامل التي تعيق التحول الرقمي في صناعة البناء، سواء كانت تقنية، مالية، تنظيمية، تشريعية، أو نفسية.
- تقديم تحليل معمّق للفروق بين وجهات نظر المصممين (المعماريين والمهندسين) والمنفذين (المقاولين والمطورين) حول معوقات التحول الرقمي، وكيفية تأثير هذه المعوقات على أداء القطاع.
- دعم صانعي السياسات والجهات المعنية في تطوير استراتيجيات فعّالة للتغلب على هذه العوائق وتعزيز تبني التقنيات الرقمية في البناء.
  - على ماذا طُبِّقت الدراسة؟

- طبقت الدراسة على قطاع البناء في ولاية نيو ساوث ويلز (NSW) في أستراليا، حيث تم إجراء مسح موسع شمل 542 مشاركًا من المصممين والمنفذين، إضافة إلى مقابلات مع أصحاب المصلحة الرئيسيين (مصممين، مقاولين، مزودي خدمات البرمجيات).
- تم تحليل البيانات باستخدام اختبارات إحصائية (Mann-Whitney U و-Kruskal Wallis H) لفهم الفروق بين الفئات المختلفة من المشاركين.
- تناولت الدراسة معوقات مثل ارتفاع تكلفة البرمجيات، نقص المعرفة والمهارات، ضعف القيادة والدعم التنظيمي، مقاومة التغيير، نقص التشريعات الداعمة، وقضايا الثقة في التكنولوجيا الرقمية.
  - النتائج :حدد 15 عائقاً مثل تكلفة التدريب ومقاومة التغيير.
  - الإضافة :من أحدث الدراسات في المجال.

الدراسة/المؤلف/السنة	الهدف	المنهجية	اهم النتائج
Brynjolfsson & McAfee (2014)	تحليل أثر التكنولوجيا على الصناعات	تحليل نظري	التكنولوجيا الرقمية تحسن الانتاجية
Eastman et al. (2018)	دراسة تطبيقاتBIM	دراسة حالة	BIMيقلل الأخطاء بنسبة 40%
Zhou et al. (2019)	تقييم التوأم الرقمي	كمي (بيانات مشاريع)	يحسن دقة القرارات بنسبة 35%
Kerzner (2017)	تحليل نجاح وفشل المشاريع	دراسة حالة	إدارة العمليات التقليدية لها محدوديات
Oesterreich & Teuteberg (2021)	قياس أثرIoT	استبيانات + تحليل بيانات	IoTيخفض أعطال المعدات بنسبة 25%
Hosseini et al. (2023)	حليل معوقات التحول الرقمي	مقابلات + استبيانات	هم العوائق: التكلفة والتدريب

- **<u>أهمية الدراسات السابقة:</u>**

تعد الدراسات السابقة ركيزة أساسية في أي بحث علمي، حيث توفر إطارًا نظريًا وعمليًا يسهم في تعميق فهم الباحث لموضوع الدراسة، وتمثل أهمية الدراسات السابقة في البحث الحالي فيما يلي:

1- تحديد الفجوة البحثية:

- تساعد الدراسات السابقة في الكشف عن الجوانب التي لم يتم تغطيتها بشكل كافٍ في الأبحاث السابقة، مما يسمح بتحديد أصالة البحث والمساهمة الجديدة التي يقدمها.

2- تدعيم الإطار النظري:

- توفر الدراسات السابقة أساسًا نظريًا قويًا لموضوع البحث، مما يعزز مصداقية الدراسة.

3-تجنب تكرار الأخطاء:

- من خلال تحليل الدراسات السابقة، يمكن للباحث تجنب الأخطاء المنهجية أو التطبيقية التي وقع فيها باحثون سابقون.

4- دعم المنهجية والأدوات المستخدمة:

- تساعد الدراسات السابقة في اختيار منهجية البحث وأدوات جمع البيانات المناسبة، بناءً على ما أثبت نجاحه في أبحاث مماثلة.

5- تعزيز النتائج والمقارنة:

- تسمح الدراسات السابقة بمقارنة نتائج البحث الحالي مع نتائج سابقة، مما يعزز مصداقية الاستنتاجات.

6- توجيه البحث نحو التطبيق العملي:

- يمكن للدراسات السابقة أن تقدم توصيات وتجارب ناجحة أو فاشلة، مما يساعد في صياغة توصيات عملية للبحث الحالي.

الخلاصة:

الدراسات السابقة ليست مجرد مراجعة لأعمال سابقة، بل هي أداة تحليلية نقدية تساعد في:

- تأسيس الإطار النظري.
- تحديد فرص البحث الأصيل.
- تحسين المنهجية وتجنب الأخطاء.
- تدعيم النتائج بالتجارب السابقة.
- إثراء التوصيات بالتطبيقات العملية.

وبالتالي، فإن الاستفادة المثلى من الدراسات السابقة تجعل البحث أكثر دقةً، أصالةً، وقابليةً للتطبيق في مجال إدارة المشاريع الهندسية.

- **متغيرات البحث:**

1.المتغير المستقل:(Independent Variable)

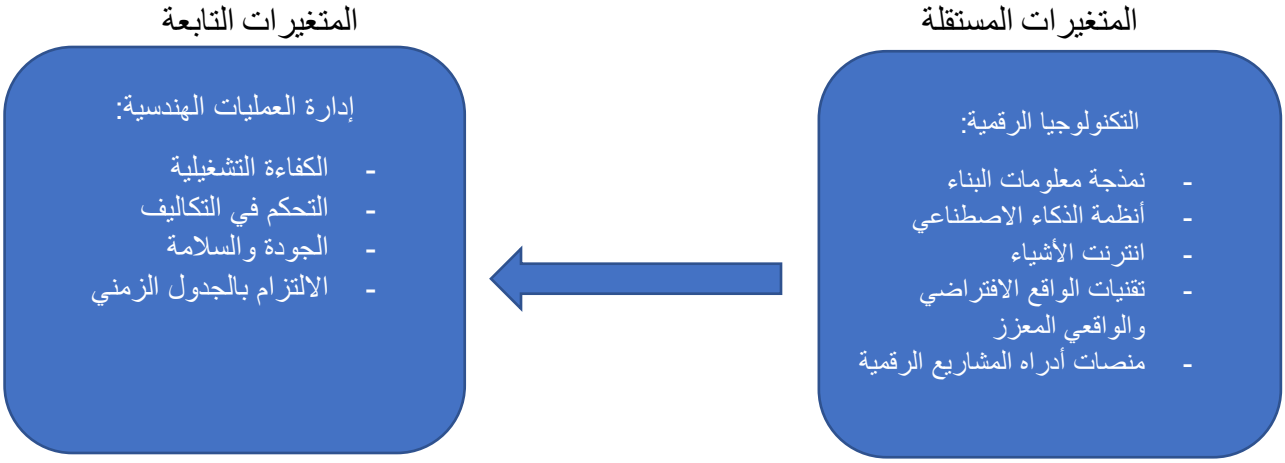
"التكنولوجيا الرقمية"

- وهو المتغير الذي يتم دراسته لقياس تأثيره على إدارة العمليات
  - أدوات نمذجة معلومات البناء.(BIM)
  - أنظمة الذكاء الاصطناعي (AI) في التخطيط.
  - إنترنت الأشياء (IoT) لمراقبة المعدات.
  - تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز.(VR/AR)
  - منصات إدارة المشاريع الرقمية مثل .(Primavera, Aconex)

2.المتغير التابع:(Dependent Variable)

"إدارة العمليات في المشاريع الهندسية"

- وهو المتغير الذي يتأثر بالتكنولوجيا الرقمية، ويتم قياس نتائج هذا التأثير.
- أبعاده الرئيسية:
  - الكفاءة التشغيلية تقليل الوقت، تحسين التنسيق بين الفرق.
  - التحكم في التكاليف خفض المصروفات الزائدة، تحسين تخصيص الموارد.
  - الجودة والسلامة تقليل الأخطاء، تحسين معايير الجودة.
  - الالتزام بالجدول الزمني تسريع الإنجاز، تجنب التأخيرات.



- **مشكلة البحث:**

تسعى العديد من الشركات الهندسية الى تحسين إدارة المشاريع الهندسية وهذا يعود من وجهة نظر الباحث الى عدة أمور أهمها تطبيق التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات في المشاريع الهندسية وبالتالي تتلخص مشكلة البحث بالأسئلة التالية:

السؤال الرئيسي:

- هل يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على إدارة العمليات في المشاريع الهندسية؟

الأسئلة الفرعية:

- هل يوئر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الكفاءة التشغيلية في المشاريع الهندسية؟
- هل يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على التحكم في التكاليف في المشاريع الهندسية؟
- هل يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجودة والسلامة في المشاريع الهندسية؟
- هل يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجدول الزمني للمشاريع الهندسية؟

- **اهداف البحث:**

ان اهداف البحث تنبثق من التساؤلات

- التعرف على التكنولوجيا الرقمية وادواتها
- التعرف على إدارة العمليات في المشاريع الهندسية

بناء على التساؤلات الواردة في مشكلة البحث يسعى البحث الى تحقيق الأهداف التالية:

- دراسة أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الكفاءة التشغيلية في المشاريع الهندسية
- دراسة أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على التحكم في التكاليف في المشاريع الهندسية
- دراسة أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجودة والسلامة في المشاريع الهندسية
- دراسة أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجدول الزمني للمشاريع الهندسية

- **فروض البحث:**

بعد تحديد مشكلة البحث واهداف البحث يجب تحديد فرضيات البحث ويتم اختبار الفرضيات من خلال عينة البحث وتنبثق الفرضيات من الأسئلة:

- لا يوئر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الكفاءة التشغيلية في المشاريع الهندسية
- لا يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على التحكم في التكاليف في المشاريع الهندسية
- لا يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجودة والسلامة في المشاريع الهندسية
- لا يؤثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الجدول الزمني للمشاريع الهندسية

- **أهمية البحث:**

تظهر أهمية البحث من خلال الجانب النظري والعملي كما يلي:

الأهمية النظرية:

تتجلى الأهمية النظرية للبحث من خلال توضيح وتبسيط وتطوير المفاهيم المتعلقة بمتغيرات الدراسة أي التكنولوجيا الرقمية وإدارة العمليات في المشاريع الهندسة وبالتالي يمكن ان يكون هذا البحث مرجعا متواضعا للمهتمين في هذا المجال.

الأهمية العملية:

تتجلى الأهمية العملية من خلال التطبيق على مشروع برج دبي وبيان نقاط القوة والضعف في التكنولوجيا الرقمية وبيان أثرها في إدارة العمليات في المشاريع الهندسية والتوصل الى نتائج يمكن ان تساعد متخذ القرار في هذا المشروع والمشاريع الأخرى لتحسين إدارة العمليات في المشاريع الهندسية وبالتالي تخفيض وقت وكلفة المشروع وتقليل الأخطاء وبالتالي زيادة الارباح.

- **حدود البحث:**

1-الحدود المكانية: تمت الدراسة على مشروع برج خليفة في إمارة دبي بالإمارات العربية المتحدة.

2-الحدود الزمانية: قدم الباحث الدراسة في الفترة الواقعة بين 2025/3/01 الى 2025/06/12

- **محددات البحث:**

اقتصر البحث على دراسة آثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على إدارة العمليات في المشاريع الهندسية وعلى ثلاث متغيرات تابعة (الكلفة والجودة وزمن التنفيذ).

الفصل الثاني:

الإطار النظري للدراسة

1- مفهوم التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية:

.تمهيد

تشهد الصناعات الهندسية تحولاً جذرياً بفعل التطورات التكنولوجية المتسارعة. أصبحت التكنولوجيا الرقمية حجر الأساس في إدارة المشاريع الهندسية الحديثة، حيث توفر حلولاً مبتكرة للتحديات التقليدية في التخطيط والتنفيذ والمراقبة.

تشير التكنولوجيا الرقمية إلى مجموعة الأدوات والأنظمة الإلكترونية التي تُستخدم لتحسين عمليات التصميم، التنفيذ، والإدارة في المشاريع الهندسية. للبيانات والتي تهدف إلى تحسين العمليات واتخاذ القرارات في المشاريع الهندسية. تتميز بقدرتها على:

- معالجة كميات كبيرة من البيانات
- توفير حلول ذكية
- تمكين العمل التعاوني
- تحسين دقة التنبؤات

تشمل هذه الأدوات **المكونات البرمجية (software)**:

- **نمذجة معلومات البناء :(BIM)** تتيح إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد ذكية للمشاريع، مما يُحسن التنسيق بين التخصصات الهندسية ويقلل من الأخطاء والتعارضات التصميمية.
- **المنصات السحابية لإدارة المشاريع :**مثل(Autodesk Construction Cloud) ، والتي تدعم مشاركة الملفات في الوقت الفعلي، وتتبع التقدم، وتسهيل التعاون بين الفرق.
- **الواقع الافتراضي والمعزز :(VR/AR)** تُستخدم لمحاكاة بيئات البناء واكتشاف التعارضات قبل التنفيذ الفعلي، مما يُقلل من الحاجة إلى التعديلات الميدانية المكلفة.
- **إنترنت الأشياء :(IoT)** أجهزة استشعار تُستخدم لمراقبة ظروف الموقع، جودة المواد، واستهلاك الطاقة بشكل لحظي.
- **الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية :**تحليل البيانات الضخمة للتنبؤ بالمخاطر، واقتراح حلول استباقية، وتحسين اتخاذ القرار.

والمكونات المادية(Hardware) :

- أجهزة الاستشعار الذكية:
- مستشعرات المراقبة الهيكلية(Structural Health Monitoring)
- أجهزة تتبع الموارد والمعدات(RFID, GPS)
- الطائرات المسيرة:(Drones)
- مسح المواقع وتقدير الكميات
- مراقبة التقدم اليومي
- الأجهزة القابلة للارتداء:(Wearable Tech)
- خوذات ذكية لمراقبة السلامة
- نظارات الواقع المعزز للصيانة
- الطباعة ثلاثية الأبعاد:
- طباعة نماذج أولية للمكونات المعمارية

ما هي نمذجة معلومات البناء(BIM) ؟

تعرف نمذجة معلومات البناء (Building Information Modeling - BIM) بأنها عملية شاملة لإنشاء وإدارة المعلومات الرقمية الخاصة بالمبنى أو المنشأة طوال دورة حياتها، بدءًا من التصور والتصميم، مرورًا بالتنفيذ، وصولًا إلى التشغيل والصيانة. تعتمد BIM على نموذج ثلاثي الأبعاد ذكي يحتوي على جميع البيانات الهندسية والكمية والوظيفية للمشروع، ويُعد بمثابة قاعدة بيانات مركزية يشاركها جميع أصحاب المصلحة في المشروع(Autodesk, 2024) ، .(Accruent, 2024)

كيف تعمل تقنيةBIM ؟

تقوم BIM على بناء نموذج رقمي متكامل يحتوي على بيانات كل عنصر في المشروع (مثل الجدران، الأبواب، الأنظمة الميكانيكية والكهربائية)، بحيث يمكن لكل الأطراف (مهندسين، معماريين، مقاولين، مالكين) العمل على نفس النموذج وتحديثه بشكل متزامن. كل تغيير يُجرى في النموذج ينعكس تلقائيًا على جميع الرسومات والمخططات، مما يقلل من الأخطاء والتعارضات التصميمية(Trimble, 2025) ، .(Penn State, 2024)

المميزات والفوائد الرئيسية لـBIM :

1-التعاون والتنسيق: تتيح BIM لجميع الأطراف العمل على نموذج واحد، ما يعزز التعاون ويقلل من التعارضات بين التخصصات.(Revizto, 2024)

2-تحسين الجودة وتقليل الأخطاء: تساعد في اكتشاف التعارضات (Clash Detection) قبل التنفيذ، مما يقلل من إعادة العمل والهدر في الموقع.(emaarco, 2024)

3-إدارة دورة الحياة: تدعم BIM جميع مراحل المشروع من التصميم وحتى التشغيل والصيانة، مع إمكانية تحديث البيانات باستمرار.(United-BIM, 2025)

4-حساب الكميات والتكلفة بدقة: تتيح استخراج كميات المواد والتكاليف بشكل آلي ودقيق، ما يساعد في إدارة الميزانية.(otrujjah, 2024)

5-تحقيق الاستدامة: توفر أدوات لتحليل الأداء البيئي وكفاءة الطاقة، وتساعد في تقليل النفايات وتحسين جودة البيئة الداخلية (ماب للاستشارات الهندسية, 2024).

تطبيقات BIM في المشاريع الهندسية:

تشمل تطبيقات:BIM

التصميم المعماري والإنشائي.

إدارة المشاريع والتخطيط الزمني.(4D)

تقدير التكاليف.(5D)

تحليل الاستدامة وكفاءة الطاقة.(6D)

إدارة التشغيل والصيانة.(7D)

وقد أصبحت BIM أداة لا غنى عنها في مشاريع البناء الحديثة، حيث تفرضها العديد من الحكومات كشرط في المشاريع العامة.(Accruent, 2024)

التحديات في تطبيقBIM :

رغم فوائدها الكبيرة، تواجه BIM تحديات مثل الحاجة إلى تدريب متخصص، وتكلفة تطبيق التكنولوجيا، وصعوبة تغيير العمليات التقليدية، بالإضافة إلى التوافق بين البرمجيات المختلفة (ماب للاستشارات الهندسية, 2024).

مستقبلBIM :

تشير الدراسات إلى أن مستقبل BIM يتجه نحو مزيد من التكامل مع الذكاء الاصطناعي والواقع الافتراضي، واستخدام البيانات الضخمة لتحسين إدارة الموارد وتحقيق الكفاءة في العمليات الإنشائية (emaarco, 2024).

أكدت الدراسات الحديثة أن اعتماد BIM في المشاريع الهندسية يؤدي إلى تحسين الأداء العام للمشاريع، تقليل الأخطاء، خفض التكاليف، وزيادة الشفافية والتعاون بين جميع الأطراف. وتوصي الدراسات بضرورة تدريب المهندسين على استخدام هذه التقنيات ودمجها في جميع مراحل المشروع (البستنجي، 2024).

البرامج الحسابية الإنشائية الرقمية:

تُعد البرمجيات الحسابية الرقمية من الأدوات الأساسية في التصميم والتحليل الإنشائي الحديث، خاصة عند التعامل مع الأحمال الديناميكية مثل الرياح والزلازل والأحمال الحية. تتيح هذه البرامج للمهندسين محاكاة سلوك الهياكل تحت تأثير القوى المختلفة، مما يساعد في تحسين الأمان والكفاءة وتقليل الأخطاء التصميميةASECBIM ، 2024

1 .أهمية التحليل الإنشائي الرقمي للأحمال والرياح:

تتطلب الهياكل الحديثة، خاصة الأبراج العالية والمنشآت المعقدة، تحليلًا دقيقًا لتأثير الرياح والحمولات المختلفة. تعتمد الشركات الهندسية على البرمجيات الرقمية لمحاكاة هذه الأحمال، مما يسمح بتوقع مناطق الإجهاد والانحناء والتشوهات بدقة عالية، وبالتالي تحسين التصميم وضمان السلامةThe First Group، 2020

2 .البرامج الأساسية للتحليل الإنشائي الرقمي:

ANSYS-1 .يُعتبر ANSYS من أشهر برامج التحليل باستخدام طريقة العناصر المحدودة (FEM).
يمكنه محاكاة تأثير الرياح والأحمال الديناميكية على الهياكل، وتحليل الإجهادات والانفعالات بدقة عالية.
يُستخدم في القطاعات التي تتطلب دقة متناهية مثل الطيران والهياكل الفائقةASECBIM ، 2024
Abaqus-2 .يتميز بقدرته على إجراء التحليلات الديناميكية والحرارية المعقدة.
يُستخدم بشكل واسع لتحليل تأثير الرياح والزلازل على الهياكل، خاصة في المشاريع التي تتطلب نمذجة سلوك المواد تحت ظروف تحميل متغيرةASECBIM ، 2024
ETABS. SAP2000-3 .تُستخدم هذه البرامج على نطاق واسع في تحليل وتصميم المباني العالية.
توفر أدوات متخصصة لتحليل تأثير الرياح والزلازل، وتسمح بإدخال الأحمال الديناميكية مباشرة ضمن النموذج الإنشائيASECBIM ، 2024
SolidWorks. CATIA-4 .تُستخدم بشكل رئيسي في تصميم وتحليل النماذج الأولية للأجزاء الميكانيكية والهياكل المعدنية.
تدعم تقنيات FEM لتحليل الأحمال المختلفة بما في ذلك الرياحASECBIM ، 2024

3 .آلية عمل البرامج الرقمية في تحليل الرياح والحمولات:

تبدأ العملية بتعريف المشكلة الهندسية وتحديد الأحمال والظروف البيئية المتوقعة، مثل سرعة الرياح واتجاهها. يتم تحويل المسألة إلى نموذج رياضي ثلاثي الأبعاد يمثل الهيكل بشكل دقيق.
يتم تقسيم النموذج إلى عناصر صغيرة (Finite Elements) لتسهيل التحليل.

تُطبق الأحمال وشروط الحدود على النموذج، ثم تُجرى الحسابات الرقمية باستخدام خوارزميات FEM.تحلل البرامج النتائج وتحدد مناطق التوتر والانحناء والتشوهات، مع إمكانية تعديل التصميم بناءً على النتائجASECBIM ، 2024

4 .أمثلة تطبيقية من المشاريع الحديثة:

في مشروع فندق "سيل" في دبي، تم استخدام النمذجة الرقمية الديناميكية للسوائل (CFD) ونفق الرياح لمحاكاة تأثير الرياح على البرج وأساساته، مما ساعد في تقليل الأحمال وتحسين التصميم الإنشائيThe First Group ، 2020

5 .فوائد استخدام البرمجيات الرقمية في التحليل الإنشائي:

- دقة عالية في توقع سلوك الهياكل تحت الأحمال المختلفة.
- تسريع عملية التصميم وتقليل الحاجة للتجارب الميدانية المكلفة.
- إمكانية تعديل التصاميم بسرعة استجابة لتغير المتطلبات أو المعايير.
- تحسين السلامة والكفاءة وخفض التكاليفASECBIM ، 2024.

تؤكد الدراسات والممارسات الهندسية الحديثة أن اعتماد البرمجيات الرقمية المتقدمة مثل ANSYS وAbaqus وETABS أصبح ضرورة في مشاريع البناء الحديثة، خاصة عند التعامل مع الأحمال الديناميكية للرياح والزلازل. تساهم هذه الأدوات في تحقيق تصاميم أكثر أمانًا وكفاءة، وتمنح المهندسين القدرة على الابتكار والاستجابة السريعة لتحديات المشاريع (ASECBIM، 2024).

أنظمة الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي:

1 .تحسين التصميم الهندسي والتخطيط:

أظهرت دراسة (Zhang et al., 2020) أن أنظمة الذكاء الاصطناعي القائمة على التعلم الآلي تساهم في تحسين كفاءة التصميم الهندسي من خلال تحليل المتطلبات وتوليد بدائل تصميمية فعّالة تقلل من الهدر وتزيد من جودة المشروع.

كما بينت دراسة (Bock & Linner, 2015) أن الذكاء الاصطناعي يمكّن من محاكاة سيناريوهات تصميمية متعددة بسرعة، مع مراعاة معايير الأمان وكفاءة الطاقة وتكلفة المواد، ما يختصر زمن التصميم ويقلل الأخطاء البشرية.

2 .جدولة المشاريع وتقدير التكاليف:

وفقًا لدراسة(Alreshidi et al., 2018) ، يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين جداول تنفيذ المشاريع الهندسية عبر توقع التأخيرات واقتراح تعديلات ديناميكية، مما يساعد في الحفاظ على سير المشروع ضمن الإطار الزمني المحدد.

وأكدت دراسة (Marzouk & Ali, 2021) أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تساهم في تقدير التكاليف بدقة من خلال تحليل بيانات المشاريع السابقة، وتوقع الميزانيات المستقبلية، وتقليل الأخطاء الناتجة عن التقديرات اليدوية.

3 .تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بالمخاطر:

أشارت دراسة (Mosly & Makki, 2022) إلى أن الذكاء الاصطناعي يمكّن من تحليل كميات ضخمة من بيانات المشاريع لرصد المخاطر المحتملة وتقديم توصيات لتحسين الجداول الزمنية وتقليل التكاليف.

كما أوضحت دراسة (Li et al., 2019) أن الذكاء الاصطناعي يمكنه معالجة بيانات من مصادر متنوعة (مثل أجهزة الاستشعار وتقارير المواقع) لتوفير رؤى فورية حول تقدم المشروع وظروف الموقع.

4 .تخصيص الموارد وإدارة العمليات:

وجدت دراسة (Oesterreich & Teuteberg, 2016) أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تحلل أنماط استخدام الموارد وتوصي بتخصيص فعال للعمالة والمعدات والمواد، مما يزيد الإنتاجية ويقلل الفاقد.

كما أظهرت دراسة (Zhou et al., 2020) أن أتمتة المهام المتكررة مثل إدارة المستندات وفهرستها واسترجاعها توفر الوقت وتقلل من الأخطاء الإدارية.

5 .تحسين التعاون والسلامة:

بينت دراسة (Sacks et al., 2020) أن منصات الذكاء الاصطناعي تسهّل تبادل البيانات بين الفرق الهندسية، مما يعزز التعاون ويقلل من التعارضات التصميمية.

وذكرت دراسة (Li et al., 2019) أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تساهم في مراقبة ظروف العمل، تنبيه الفرق إلى المخاطر، وتحليل سلوك العمال واقتراح تدابير وقائية لتحسين سلامة مواقع العمل.

أمثلة تطبيقية من الدراسات السابقة:

تطبيق برنامج Autodesk Generative Design في مشاريع البنية التحتية أظهر قدرة الذكاء الاصطناعي على توليد بدائل تصميمية محسنة تلقائيًا.(Zhang et al., 2020)

استخدام الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البناء أدى إلى تقليل التكاليف بنسبة تصل إلى 15% وزيادة كفاءة الجدولة (Marzouk & Ali, 2021).

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي:

1 .تحسين التصميم الهندسي والتخطيط:

تستخدم أنظمة الذكاء الاصطناعي خوارزميات التعلم الآلي لتحليل المتطلبات الهندسية وتقديم تصاميم مبتكرة تتسم بالكفاءة وتقليل الهدر (اجاد المتقدمة، 2024).

تتيح هذه الأنظمة محاكاة سيناريوهات متعددة بسرعة، واقتراح حلول تصميمية تأخذ في الاعتبار عوامل مثل الأمان، كفاءة الطاقة، وتكلفة المواد(Yasser Drive ، 2025)
برامج مثل Autodesk Generative Design تعتمد على الذكاء الاصطناعي لتوليد بدائل تصميمية وتحسينها وفقًا لمعايير محددة(Unite.AI ، 2025)

2 .جدولة المشاريع وتقدير التكاليف:
يمكن للذكاء الاصطناعي تحسين جداول المشروع عبر توقع التأخيرات واقتراح تعديلات لإبقاء التنفيذ على المسار الصحيح(ClickUp ، 2025.
تساهم الأنظمة الذكية في تقدير التكاليف بدقة، عبر تحليل بيانات المشاريع السابقة والتنبؤ بالميزانيات المستقبلية وتقليل الأخطاء البشرية المرتبطة بالتقديرات التقليدية(AC For AI ، 2024.

3 .تحليل البيانات الضخمة والتنبؤ بالمخاطر:
تُمكن تقنيات الذكاء الاصطناعي من تحليل بيانات المشاريع التاريخية والحالية لتوقع المخاطر، وتقديم توصيات لتحسين الجداول الزمنية وتقليل التكاليف (شركة العودة للمقاولات، 2025).

يمكن للذكاء الاصطناعي معالجة بيانات من مصادر متنوعة (أجهزة استشعار، طائرات بدون طيار، تقارير ميدانية) لتوفير رؤى فورية حول تقدم المشروع وظروف الموقع(ITCAT ، 2024

4 .تخصيص الموارد وإدارة العمليات:
تحلل الأنظمة الذكية أنماط استخدام الموارد وتوصي بتخصيص فعال للعمالة والمعدات والمواد، مما يزيد الإنتاجية ويقلل الفاقد(ClickUp ، 2025
تتيح أتمتة المهام المتكررة مثل إدارة المستندات، فهرستها واسترجاعها، وتسهيل الوصول إلى المعلومات الهامة(Unite.AI ، 2025.

5 .تحسين التعاون والسلامة:
توفر منصات الذكاء الاصطناعي أدوات مشتركة تسهل تبادل البيانات بين الفرق الهندسية، مما يعزز التعاون ويقلل من التعارضات(Yasser Drive ، 2025.(

تساهم الأنظمة الذكية في مراقبة ظروف العمل وتنبيه الفرق إلى المخاطر، وتحليل سلوك العمال واقتراح تدابير وقائية، مما يحسن سلامة مواقع العمل (شركة العودة للمقاولات، 2025).

أمثلة على برامج الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي:

Autodesk Generative Design: يولد بدائل تصميمية محسنة تلقائيًا.

PlanGrid و Procore: لإدارة المشاريع وتحليل الأداء وتقديم تقارير تنبؤية

ClickUp و OpenSpace.ai: لتحليل تقدم المشروع وتخصيص الموارد بذكاء (ClickUp)

فوائد الذكاء الاصطناعي في التخطيط الهندسي

- زيادة الكفاءة وتقليل التكاليف
- تحسين دقة التصاميم والتقديرات
- تسريع عمليات التصميم والتنفيذ
- تعزيز التعاون بين الفرق وتحسين جودة النتائج النهائية

إنترنت الأشياء (IoT) في المشاريع الهندسية:

إنترنت الأشياء هو شبكة من الأجهزة الذكية (مثل المستشعرات، العدادات، الكاميرات، والمعدات) المتصلة بالإنترنت، والتي تجمع البيانات من بيئة المشروع وتنقلها إلى أنظمة مركزية لتحليلها واتخاذ قرارات فورية أو مستقبلية.

تتيح هذه التقنية مراقبة الظروف البيئية، تتبع المعدات، إدارة الطاقة، وتحسين عمليات الصيانة والتشغيل بشكل آلي وذكي، مما يرفع كفاءة العمليات الهندسية ويقلل من الهدر والأخطاء البشرية 2024Prof/Ola Mohamed Samir

فوائد إنترنت الأشياء في المشاريع الهندسية:

1-جمع وتحليل البيانات: تقوم المستشعرات بجمع بيانات دقيقة عن الحرارة، الرطوبة، الاهتزازات، استهلاك الطاقة وغيرها، وترسلها إلى السحابة الإلكترونية لتحليلها واتخاذ قرارات فورية 2024(Prof/Ola Mohamed Samir

2-تحسين الكفاءة التشغيلية: أظهرت دراسة ماجستير في جامعة الموصل (2021) أن تطوير بروتوكولات توجيه ذكية لشبكات إنترنت الأشياء أدى إلى زيادة معدل تسليم البيانات (PDR) بنسبة تصل إلى 93% مع تقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير، ما ينعكس إيجابًا على كفاءة الشبكة في المشاريع الكبيرة.

3-إدارة الموارد والصيانة الاستباقية: تمكن إنترنت الأشياء من تتبع حالة المعدات وتحديد الأعطال قبل وقوعها، مما يقلل من التوقفات المفاجئة ويحسن من إدارة الموارد(IMT Atlantique) ، 2024.

4-الترابط والتكامل: تتيح إنترنت الأشياء ربط جميع عناصر المشروع ببعضها البعض، وتسهيل التكامل مع أنظمة الإدارة والتحكم الأخرى Wattano) 2019

تحديات إنترنت الأشياء:

تشمل التحديات التقنية والتجارية مثل ضرورة إعادة تصميم بروتوكولات الشبكة لتناسب الأجهزة منخفضة الطاقة، وضمان أمن البيانات وحمايتها، بالإضافة إلى ضرورة التكامل الفعال مع العمليات الهندسية القائمةIMT Atlantique) ، 2024

الواقع الافتراضي والمعزز (VR/AR) في المشاريع الهندسية:

الواقع الافتراضي :(VR) يتيح إنشاء بيئات رقمية ثلاثية الأبعاد تحاكي الواقع، يمكن للمهندسين والمصممين استكشافها والتفاعل معها قبل التنفيذ الفعلي.

الواقع المعزز :(AR) يدمج العناصر الرقمية مع البيئة الحقيقية، حيث يمكن للمستخدمين رؤية معلومات أو نماذج هندسية فوق الواقع الحقيقي باستخدام أجهزة ذكية أو نظارات خاصة.

فوائد الواقع الافتراضي والمعزز في المشاريع الهندسية:

1-تحسين جودة التصاميم: تسمح تقنيات VR/AR بمراجعة التصميمات بدقة عالية، واكتشاف التعارضات والأخطاء قبل التنفيذ، مما يقلل من التكاليف ويزيد من جودة المشروع (PROVEN Reality، 2024.

2-تسريع اتخاذ القرار: يمكن للفرق الهندسية والعملاء استعراض النماذج ثلاثية الأبعاد بشكل تفاعلي، ما يسهل فهم التصميمات وتسريع عمليات الموافقة والتعديل(PROVEN Reality) ، 2024.

3-تقليل الأخطاء وتحسين الكفاءة: أظهرت دراسة منشورة في 2023 أن الواقع المعزز يساعد في تقليل الأخطاء وتحسين كفاءة تنفيذ المشاريع الهندسية، خاصة في مراحل التركيب والتشغيل، بفضل القدرة على إظهار التعليمات والمخططات بشكل فوري على أرض الواقع (دور تطبيقات الواقع المعزز الحديثة، 2023).

4-تحسين التدريب والسلامة: توفر VR/AR بيئات تدريب افتراضية آمنة للعمال والمهندسين، ما يحسن من كفاءتهم ويقلل من الحوادث في مواقع العمل(PROVEN Reality) ، 2024.(

تشير الدراسات الحديثة إلى أن إنترنت الأشياء والواقع الافتراضي والمعزز أصبحا من الأدوات المحورية في تطوير المشاريع الهندسية، حيث يرفعان من كفاءة الإدارة، يقللان الأخطاء والتكاليف، ويعززان من جودة التنفيذ واتخاذ القرار، مع ضرورة مواجهة التحديات التقنية والتنظيمية لتحقيق أقصى استفادة من هذه التقنيات.

2-العوامل المؤثرة على استخدام التكنولوجيا الرقمية في الشركات الهندسية:

أ. العوامل الداخلية:

- **البنية التحتية التقنية :**توفر الأجهزة، البرمجيات، وسرعة الإنترنت المناسبة لتشغيل الأنظمة الرقمية.
- **الكفاءات البشرية :**مدى توفر المهارات الرقمية لدى المهندسين والفنيين، وقدرتهم على التعامل مع البرمجيات والمنصات الحديثة.
- **الثقافة التنظيمية :**مدى تقبّل العاملين في الشركة للتغيير والتحول الرقمي، ومقاومتهم أو دعمهم لاعتماد الأساليب الجديدة.

ب. العوامل الخارجية:

- **التشريعات والسياسات الحكومية :**وجود قوانين أو معايير تلزم أو تشجع على استخدام تقنيات رقمية معينة مثل.(BIM Level 2)
- **ضغوط السوق والمنافسة :**الحاجة لتقديم مشاريع أسرع، بجودة أعلى، وبتكلفة أقل استجابة لمتطلبات العملاء والمنافسة.
- **التعاون مع الشركاء والموردين :**ضرورة توافق الأنظمة الرقمية بين جميع الأطراف المشاركة في المشروع لضمان تدفق المعلومات بسلاسة.

3- التحديات التي تواجه إدارة العمليات التقليدية في المشاريع الهندسية:

- تعقيد تنسيق الفرق المتعددة التخصصات.
- صعوبة تتبع التقدم الفعلي مقابل المخطط.
- ارتفاع مخاطر التأخير أو تجاوز الميزانية.
- محدودية الشفافية في تبادل المعلومات بين الأطراف.

التأثير على إدارة العمليات	أداة التكنولوجيا
تقليل التعارضات التصميمية بنسبة تصل إلى 40%	BIM
خفض مخاطر تجاوز الميزانية إلى 15%	التحليلات التنبؤية
تسريع عملية اتخاذ القرار بنسبة 35%	منصات التعاون السحابية
تحسين دقة تتبع التقدم اليومي إلى 95%	أجهزةIoT

4- العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية وإدارة العمليات في المشاريع الهندسية:

تلعب التكنولوجيا الرقمية دورًا محوريًا في تحسين إدارة العمليات من خلال:

- **رفع الكفاءة التشغيلية :**عبر تسريع عمليات التصميم، ودقة التحليلات، وتقليل التداخلات والأخطاء.
- **تعزيز التواصل والتعاون :**من خلال منصات مركزية لمشاركة المستندات والتحديثات في الوقت الفعلي.
- **إدارة المخاطر بشكل أفضل :**باستخدام البيانات التنبؤية لتحديد المشكلات قبل وقوعها وتعديل الخطط بشكل استباقي.
- **خفض التكاليف :**عن طريق تقليل الهدر في الموارد وتحسين التحكم في الجدول الزمني والميزانية.

5- النماذج والنظريات ذات الصلة:

- **نموذج قبول التكنولوجيا :(TAM)** يوضح العوامل المؤثرة على قبول الأفراد للتقنيات الجديدة، مثل سهولة الاستخدام والفائدة المتوقعة.
- **إطار عمل تكامل العمليات الرقمية :(BIM Level 2)** يركز على التنسيق بين التصميم والتنفيذ عبر منصات موحدة.
- **نظرية تحسين سلسلة القيمة :**تربط بين الاستثمار في التكنولوجيا وزيادة القيمة المقدمة للمستفيدين النهائيين.

6- الإطار المفاهيمي للدراسة:

يركز الإطار المفاهيمي على العلاقة بين:

- **المتغير المستقل :**أدوات التكنولوجيا الرقميةBIM ، الذكاء الاصطناعي، IoT، منصات التعاون وانترنت الأشياء IOT
- **المتغير التابع :**كفاءة إدارة العمليات (الوقت، التكلفة، الجودة، رضا العملاء).

- **العوامل الوسيطة :**مهارات الفريق، الثقافة التنظيمية، البنية التحتية التكنولوجية.

المتغيرات الأساسية في إدارة العمليات الهندسية:

1 .الجودة:

الجودة في المشاريع الهندسية تعني مدى مطابقة المنتج النهائي للمواصفات والمعايير المطلوبة، وتحقيق رضا العميل. إدارة الجودة تتضمن فحص المواد، مراقبة العمليات، وضمان تنفيذ الأعمال وفقًا للمعايير الدولية والمحلية. أظهرت دراسة منشورة في "أثر تطبيق أنظمة إدارة الجودة على تحسين إدارة مشروعات التشييد" أن تبني منهجيات إدارة الجودة يرفع من كفاءة التنفيذ ويقلل من الأخطاء وإعادة العمل، ويزيد من رضا الأطراف المعنية.

2 .السلامة:

السلامة عنصر أساسي في المشاريع الهندسية، إذ تهدف إلى حماية العاملين والمعدات والبيئة من المخاطر المحتملة. يتطلب ذلك تطبيق سياسات وإجراءات صارمة للسلامة، وتدريب العاملين، ومراقبة الامتثال. بينت دراسة "تحليل المخاطر الهندسية: الأساس لضمان أمان المشاريع الهندسية" أن الحوادث أو الظروف غير المتوقعة قد تؤثر سلباً على الجدول الزمني، التكلفة، الجودة، والسلامة، وأن الإدارة الفعالة للمخاطر ضرورية لضمان سلامة المشروع ونجاحه.

3 .الكلفة:

الكلفة تشمل جميع النفقات المرتبطة بتنفيذ المشروع، مثل المواد، العمالة، المعدات، النفقات غير المباشرة، والتكاليف الطارئة. تتأثر الكلفة بعوامل مثل تقلب أسعار المواد، ظروف السوق، التغيرات في التصميم، وتأخيرات التنفيذ. بحسب مقال "العوامل المؤثرة على تكلفة المشاريع الهندسية وكيفية التحكم بها"، فإن الإدارة الفعالة للتكلفة تتطلب تقديرًا دقيقًا، تخطيطًا ماليًا، ومراقبة مستمرة للميزانية، إضافة إلى إدارة المخاطر والتخطيط للطوارئ.

4 .وقت التنفيذ:

وقت التنفيذ هو المدة الزمنية اللازمة لإكمال المشروع من بدايته حتى تسليمه. إدارة الوقت تتضمن وضع جداول زمنية دقيقة، تحديد أولويات المهام، مراقبة التقدم، والتعامل مع التأخيرات المحتملة. أشارت دراسةPlanRadar) ، 2024 (إلى أن قيود الوقت تؤثر مباشرة على التكلفة والجودة،

وأن سوء إدارة الوقت قد يؤدي إلى تصاعد التكاليف وفرض عقوبات لعدم الوفاء بالمواعيد النهائية.

العلاقة بين المتغيرات وأهمية التوازن:

تُعرف العلاقة بين الكلفة، الوقت، والجودة بمثلث إدارة المشاريع، إذ أن أي تغيير في أحد هذه المتغيرات يؤثر على البقية. فزيادة الجودة قد تتطلب وقتًا أطول وتكلفة أعلى، بينما تقليص الوقت قد يؤدي إلى زيادة التكاليف أو التأثير على الجودةLP Centre) ، 2022 .(لذا، يتوجب على مدير المشروع تحقيق توازن دقيق بين هذه المتغيرات لضمان نجاح المشروع.

إدارة المخاطر ودورها في العمليات الهندسية:

إدارة المخاطر عملية حيوية، تشمل تحديد وتقييم المخاطر المحتملة ووضع خطط للتعامل معها. استخدام أدوات مثل مصفوفات المخاطر وتحليل البيانات التاريخية يعزز من دقة التنبؤ بالمخاطر ويساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة (Plan Radar، 2024)

تشير الدراسات إلى أن الإدارة الفعالة للعمليات الهندسية تتطلب توازناً بين الجودة، السلامة، الكلفة، ووقت التنفيذ، مع تطبيق منهجيات إدارة المخاطر واستخدام تقنيات حديثة لتحسين الأداء وضمان نجاح المشروع ضمن الأهداف المحددة.

العلاقة التفاعلية بين المتغيرات:

العلاقة التفاعلية بين المتغير المستقل "التكنولوجيا الرقمية) "بمختلف أدواتها مثلBIM ، الذكاء الاصطناعي، منصات إدارة المشاريع، إنترنت الأشياء وغيرها (والمتغيرات التابعة لإدارة العمليات الهندسية (الوقت، الكلفة، الجودة، الأمان) هي علاقة تأثير مباشر ومتبادل، حيث تؤدي التكنولوجيا الرقمية إلى تحسين ملموس في جميع هذه المتغيرات، كما أن نجاح تطبيقها يعتمد على تفاعلها مع العمليات الإدارية والتنظيمية للمشروع.

1 .الوقت:

التكنولوجيا الرقمية تسرّع من عمليات التخطيط والتنفيذ عبر أتمتة المهام، تحسين الجدولة، وتوفير بيانات لحظية عن تقدم المشروع، مما يقلل من التأخيرات غير المتوقعة ويزيد من القدرة على التنبؤ بالمشكلات واتخاذ إجراءات تصحيحية فورية.

برامج إدارة المشروعات الرقمية مثل BIM ومنصات السحابة تتيح تتبع التقدم بشكل دقيق وتحديث الجداول الزمنية تلقائيًا، مما يختصر زمن الإنجاز ويقلل الهدر في الوقت.

2 .الكلفة:

أدوات التحليل الرقمي تساعد في تقدير التكاليف بدقة، وتقليل الهدر في الموارد، واكتشاف التعارضات قبل التنفيذ، ما يؤدي إلى خفض تكاليف إعادة العمل والمخاطر المالية.

التحكم في الميزانية يصبح أكثر فعالية من خلال مراقبة التكاليف في الوقت الفعلي، وتسهيل اتخاذ قرارات مالية سريعة بناءً على بيانات دقيقة.

3 .الجودة:

تحسين الجودة من خلال اكتشاف الأخطاء والتعارضات في التصميم قبل التنفيذ باستخدام النماذج الرقمية، مما يقلل من العيوب ويزيد من مطابقة النتائج للمعايير المطلوبة.

تعزيز الشفافية والتوثيق عبر تتبع جميع مراحل المشروع رقمياً، ما يرفع من جودة العمليات ويقلل من الأخطاء البشرية.

4 .الأمان

رفع مستوى السلامة من خلال أنظمة المراقبة الذكية، وأدوات التحليل التنبؤية التي ترصد المخاطر وتصدر تنبيهات مبكرة، إضافة إلى أتمتة العمليات الخطرة وتقليل الاعتماد على التدخل البشري في البيئات عالية الخطورة.

تحسين التدريب والامتثال عبر محاكاة سيناريوهات الأمان باستخدام الواقع الافتراضي والمعزز، مما يقلل من الحوادث ويرفع من ثقافة السلامة في الموقع.

خلاصة العلاقة التفاعلية:

كلما زاد مستوى تبني التكنولوجيا الرقمية وتكاملها مع العمليات الهندسية، زادت كفاءة إدارة الوقت، وانخفضت التكاليف، وتحسنت الجودة، وارتفع مستوى الأمان. وتؤكد الدراسات أن هذا التأثير التفاعلي لا يتحقق إلا بوجود بيئة تنظيمية داعمة، وتدريب مستمر للعاملين، وتكامل بين الأدوات الرقمية والعمليات التقليدية.

"أظهرت دراسة البستنجي (2024) أن الهندسة الرقمية تساعد المهندسين على تصميم أنظمة أكثر كفاءة وموثوقية وقابلة للتطوير بشكل أفضل من الطرق التقليدية، وتعتبر استراتيجية الهندسة الرقمية أداة مثالية للتغلب على تحديات تنفيذ التحول الرقمي وتعظيم القيمة، من خلال اختصار الوقت، زيادة الإنتاج، تقليل التكلفة، وتحسين الأمان والجدة.

باختصار، العلاقة تفاعلية وتكاملية: التكنولوجيا الرقمية تدفع نحو تحسين شامل ومستدام في إدارة العمليات الهندسية، وكل متغير تابع يتأثر إيجابياً بمدى نضج وتكامل الحلول الرقمية في المشروع.

الفصل الثالث:

الإطار العملي للبحث

BIM
SUCCESSS STORIES

تمهيد:

يُعتبر برج خليفة أحد أبرز المشاريع الهندسية العالمية التي حققت نقلة نوعية في إدارة المشاريع المعقدة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر التكنولوجيا الرقمية وإدارة العمليات على نجاح المشروع، مع التركيز على متغيرات الوقت، التكلفة، الجودة، والأمان. اعتمدت الدراسة على منهجية كمية ونوعية لتحقيق أهداف البحث.

- الحالة المدروسة:

- برج خليفة

-الموقع: دبي، الإمارات العربية المتحدة.

-الشركة المنفذة: شركة إعمار بالتعاون مع شركة سامسونغ للهندسة والإنشاءات.

التكلفة الإجمالية: ~1.5 مليار دولار.

الجدول الزمني: بدأ البناء في 2004 وتم الانتهاء في 2010.

-مجتمع وعينة البحث

يتألف المجتمع المدروس مما يلي:

- مهندسين (معماريين، مدنيين، ميكانيكيين).
- مدراء مشاريع واستشاريين مشاركين في تنفيذ البرج.
- مسؤولين حكوميين وموردين.

عينة البحث:

حجم العينة: 100 فرد (تم اختيارهم عشوائيًا من المجتمع المذكور).

توزع افراد العينة وفقا للمنصب الوظيفي:

- 43% مهندسين.
- 33% مدراء مشاريع.
- 24% استشاريين ومسؤولين.

-أدوات جمع البيانات:

الاستبيان:

استبيان مغلق بمقياس ليكرت (5 نقاط) لقياس أثر التكنولوجيا الرقمية على المتغيرات التابعة.

المقابلات:

مقابلات شبه مُنظمة مع 10 من قيادات المشروع لفهم التحديات والنجاحات.

المراجعة الوثائقية:

تحليل تقارير المشروع، جداول زمنية، وبيانات التكلفة الرسمية.

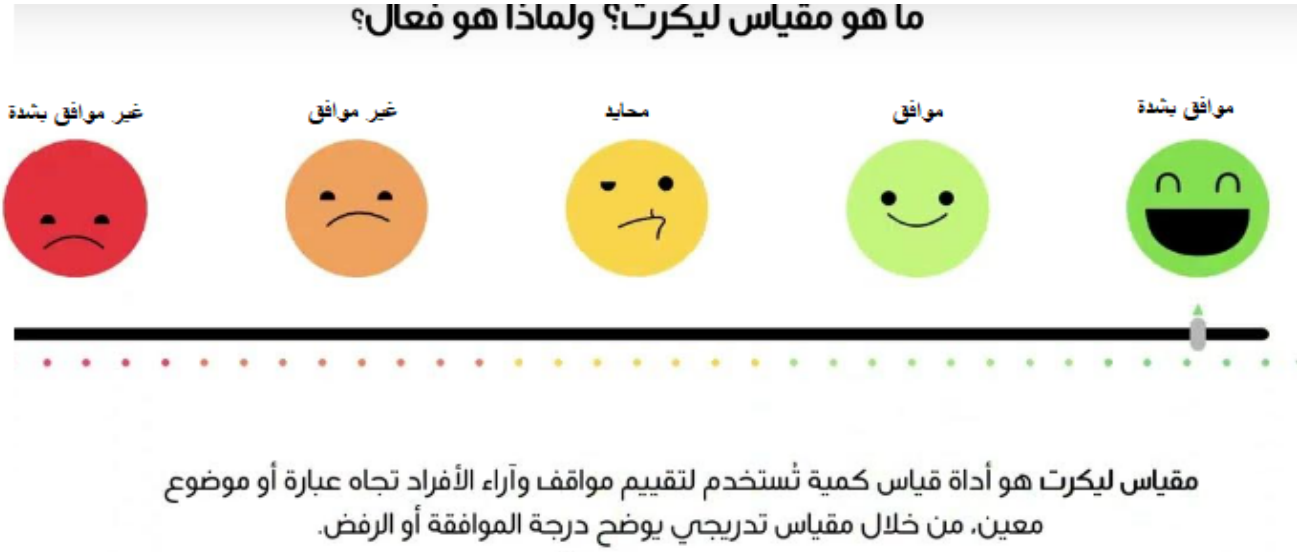
توصيف متغيرات البحث:

1 .التكنولوجيا الرقمية (المتغير المستقل)

التعريف: استخدام أدوات التكنولوجيا الرقميةBIM) ، الذكاء الاصطناعي، منصات إدارة المشاريع، إنترنت الأشياء، الواقع الافتراضي/المعزز (في إدارة وتنفيذ المشروع.

طريقة القياس:

مقياس ليكرت:



(Likert Scale) هو أحد أشهر أدوات القياس في الاستبيانات والأبحاث الاجتماعية والإدارية، ويهدف إلى قياس المواقف والآراء والتوجهات تجاه قضية أو ظاهرة محددة. يتكون هذا المقياس من فقرات (أسئلة أو عبارات) يُطلب من المشارك فيها اختيار إجابة من بين عدة خيارات متدرجة تعبر عن مستوى الموافقة أو الرفض أو الحياد تجاه العبارة المطروحة.

أهم خصائص مقياس ليكرت:

الجذع :(Stem) عبارة أو سؤال محدد يدور حول موضوع البحث (مثال: "أوافق على أن التكنولوجيا الرقمية تساهم في تقليل وقت المشروع").

السلم :(Scale) سلسلة من الخيارات المتدرجة التي تعبر عن مستوى الموافقة أو الرفض (مثال: موافق بشدة – موافق – محايد – غير موافق – غير موافق بشدة).

عدد الخيارات: عادة ما يكون عدد الخيارات فردي (5 أو 7 أو 9) مع وجود خيار محايد في المنتصف، أو زوجي (4 أو 6) لإجبار المشارك على اتخاذ موقف واضح.

الترميز: غالبًا ما تُعطى لكل خيار قيمة رقمية (مثلاً: موافق بشدة = 5، غير موافق بشدة = 1) لتسهيل التحليل الإحصائي.

الأنواع: يمكن أن يكون المقياس أحادي القطب (يقيس درجة واحدة مثل الرضا أو التكرار) أو ثنائي القطب (يقيس بين متضادين مثل الموافقة/الرفض).

فوائد مقياس ليكرت:

- سهولة الاستخدام: سهل التطبيق على المشاركين.
- سهولة التحليل: يمكن تحويل الإجابات إلى أرقام وتحليلها إحصائياً.
- الشمولية: يغطي طيفًا واسعًا من المواقف والآراء.

استبيان ليكرت: تقييم مدى استخدام التكنولوجيا الرقمية (من "لا تستخدم" إلى "تستخدم بشكل كبير").

عدد الأدوات المستخدمة: حساب عدد التقنيات الرقمية المطبقة في المشروع.

التحليل الإحصائي:

الوسط الحسابي والانحراف المعياري لدرجة الاستخدام.

التكرارات والنسب لأنواع التقنيات المستخدمة.

2 .الوقت (متغير تابع)

التعريف: المدة الزمنية اللازمة لتنفيذ المشروع أو مرحلة معينة من مراحله.

طريقة القياس:

عدد الأشهر أو الأسابيع المتوفرة بالمقارنة مع الجداول التقليدية.

تقييم ذاتي: "هل ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل وقت التنفيذ؟" (ليكرت).

التحليل الإحصائي:

الوسط الحسابي والانحراف المعياري للوقت المستغرق.

اختبار الفروق) مثل t-test أو (ANOVA بين مجموعات مختلفة من حيث استخدام التكنولوجيا.

3 .الكلفة (متغير تابع)

التعريف: إجمالي التكاليف المالية لتنفيذ المشروع، بما في ذلك المواد، العمالة، المعدات، والنفقات غير المباشرة.

طريقة القياس:

الفرق بين التكلفة الفعلية والتكلفة المقدرة.

تقييم ذاتي: "هل ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل تكاليف المشروع؟" (ليكرت).

التحليل الإحصائي:

الوسط الحسابي والانحراف المعياري للتكلفة.

معامل الارتباط بين استخدام التكنولوجيا الرقمية ومستوى التكلفة.

4 .الجودة (متغير تابع)

التعريف: درجة مطابقة المنتج النهائي للمواصفات والمعايير المطلوبة، ورضا الأطراف المعنية.

طريقة القياس:

عدد الأخطاء أو العيوب المكتشفة في مرحلة التصميم أو التنفيذ.

تقييم ذاتي: **"هل ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تحسين جودة المنتج؟"** (ليكرت).

التحليل الإحصائي:

الوسط الحسابي والانحراف المعياري لدرجات الجودة.

معامل الارتباط بين استخدام التكنولوجيا الرقمية ومستوى الجودة.

ملخص العلاقات والمؤشرات

المتغير	طريقة القياس	مؤشرات إحصائية
التكنولوجيا الرقمية	استبيان ليكرت، عدد الأدوات	الوسط، الانحراف، التكرار
الوقت	عدد الأشهر/الأسابيع، تقييم ذاتي	الوسط، الانحراف، الفروق
الكلفة	الفرق بين الفعلي والمقدر، تقييم	الوسط، الانحراف، الارتباط
الجودة	عدد الأخطاء، تقييم ذاتي	الوسط، الانحراف، الارتباط

استبيان لدراسة أثر التكنولوجيا الرقمية على إدارة العمليات الهندسية:

أولاً: المتغيرات الشخصية:

1-الجنس: ذكر / أنثى

2-العمر: أقل من 30/ بين 30 و40/ بين 40 و50/ أكبر من 50

3-التخصص/الوظيفة: مهندس /مدير مشروع /استشاري

4-سنوات الخبرة: أقل من 5 سنوات/من 5 الى 10 سنوات/ أكثر من 10 سنوات

ثانياً: عبارات حول استخدام التكنولوجيا الرقمية:

استخدم مقياس ليكرت: 1 = غير موافق بشدة، 5 = موافق بشدة

5- تم استخدام أدوات التكنولوجيا الرقمية) مثلBIM ، الذكاء الاصطناعي، منصات إدارة المشاريع (في المشروع

6- يعتبر التدريب الذي تلقيتَه على استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشروع كاف

7- تتوافر البنية التحتية التقنية اللازمة لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في المشروع

8- هناك دعم من الإدارة العليا لتطبيق التكنولوجيا الرقمية في المشروع

ثالثاً: عبارات حول أثر التكنولوجيا الرقمية على الزمن اللازم للتنفيذ:

9- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل الوقت اللازم لإنهاء مراحل المشروع

10- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تسريع عملية اتخاذ القرار داخل المشروع

11- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في توفير بيانات دقيقة عن تقدم المشروع في الوقت الفعلي

12- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل التأخيرات غير المتوقعة أثناء التنفيذ

رابعاً: عبارات حول أثر التكنولوجيا الرقمية على الكلفة:

13- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل تكاليف المشروع

14- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل الهدر في الموارد (مواد، عمالة، معدات)

15- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل تكاليف إعادة العمل

16- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقدير التكاليف بدقة أكبر

خامساً: عبارات حول أثر التكنولوجيا الرقمية على الجودة:

17- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تحسين جودة المنتج النهائي للمشروع

18- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تقليل الأخطاء والتعارضات في التصميم والتنفيذ

19- ساهمت التكنولوجيا الرقمية في زيادة شفافية العمليات داخل المشروع

20-هل ساهمت التكنولوجيا الرقمية في تحسين رضا العملاء عن المشروع؟

سادساً: عبارات حول التحديات والصعوبات:

21- تواجه شركتنا صعوبات في تحمل التكاليف العالية للاستثمار في البنية التحتية التكنولوجية وتحديث الأنظمة الرقمية.

22- هناك نقص في التدريب والدعم الفني الكافي لموظفي الشركة لاستخدام التقنيات الرقمية الحديثة بكفاءة.

23- نواجه تحديات في دمج وتكامل التقنيات الرقمية الجديدة مع الأنظمة والعمليات التقليدية الموجودة في الشركة.

24-توجد مقاومة من بعض الموظفين أو الإدارات تجاه التحول الرقمي واعتماد التكنولوجيا الحديثة في العمل الهندسي.

سابعاً: التقييم العام:

1-ما مدى رضاك عن مستوى استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشروع؟

راضٍ جدًا /راضٍ /محايد /غير راضٍ /غير راضٍ أبدًا

2-بشكل عام، هل تنصح بزيادة استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية؟

نعم /لا

ثامناً: أسئلة مفتوحة (اختيارية)

1-ما هي أهم التحديات التي واجهتها عند استخدام التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات الهندسية؟

2-ما هي أهم الفوائد التي حصلت عليها من استخدام التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات الهندسية؟

عدد الأسئلة (24 سؤالًا رئيسيًا +2 أسئلة تقييم عام+ 2 أسئلة مفتوحة) كافٍ لتحقيق أهداف الدراسة وتحليل النتائج إحصائيًا.

التطبيق على برنامج SPSS:

1. التحليل الوصفي لمتغيرات البحث (Descriptive Statistics)

العينة: مؤلفة من 100 فرد بالخصائص التالية:

العمر

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	اقل من 30	35	35.0	35.0	35.0
	بين 30 و40	45	45.0	45.0	80.0
	بين 40 و50	15	15.0	15.0	95.0
	أكبر من 50	5	5.0	5.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

- 35 اعمارهن اقل من 30 عام
- 45 اعمارهن بين 30 و40 عام
- 15 اعمارهن بين 40 و50 عام
- 5 اعمارهن أكبر من 50 عام

الجنس

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ذكر	60	60.0	60.0	60.0
	انثى	40	40.0	40.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

- 60 فرد من العينة ذكور و40 منها اناث

التخصص

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	مهندس	43	43.0	43.0	43.0
	مدير مشروع	33	33.0	33.0	76.0
	استشاري	24	24.0	24.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

- 43 فرد يعمل مهندس
- 33 يعمل مهندس منصب مدير مشروع
- 24 يعمل مهندس بمنصب استشاري

سنوات الخبرة

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	اقل من 5	34	34.0	34.0	34.0
	بين 5 و10	27	27.0	27.0	61.0
	أكثر من 10	39	39.0	39.0	100.0
	Total	100	100.0	100.0	

- 34 فرد خبرة اقل من 5 سنوات
- 27 خبرة من 5 الى 10 سنوات
- 39 فرد خبرة أكثر من 10 سنوات

		العمر	الجنس	التخصص	سنوات الخبرة	التكنولوجيا الرقمية	التكنولوجيا الرقمية	التكنولوجيا الرقمية	التكنولوجيا الرقمية	الزمن اللازم للتنفيذ	الزمن اللازم للتنفيذ	الزمن اللازم للتنفيذ	الزمن اللازم للتنفيذ
N	Valid	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		1.90	1.40	1.81	9.3800	4.79	4.42	4.43	4.43	4.57	4.43	4.43	4.42
Std. Deviation		0.835	0.492	0.800	5.56464	0.478	0.831	0.820	0.820	0.671	0.820	0.820	0.831
Variance		0.697	0.242	0.640	30.965	0.228	0.691	0.672	0.672	0.450	0.672	0.672	0.691

		الكلفة	الكلفة	الكلفة	الكلفة	الجودة	الجودة	الجودة	الجودة	التحديات والصعاب	التحديات والصعاب	التحديات والصعاب	التحديات والصعاب
N	Valid	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		4.43	4.45	4.46	4.42	4.42	4.42	4.41	4.44	4.45	4.43	4.44	4.43
Std. Deviation		0.820	0.809	0.809	0.831	0.831	0.819	0.830	0.833	0.821	0.832	0.833	0.832
Variance		0.672	0.654	0.655	0.691	0.691	0.670	0.689	0.693	0.674	0.692	0.693	0.692

- نلاحظ ان متوسطات إجابات جميع العبارات تتراوح من 4.5 الى 4.8 وهذا يدل على وجود قناعة عالية باستخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية لما لها من تأثير إيجابي على متغيرات الدراسة

- نلاحظ ان قيم الانحراف المعياري لجميع الإجابات من 0.61 الى 0.83 وجميع القيم اقل من واحد وهذا يدل على وجود تقارب في الإجابات بين جميع افراد العينة.

2 .تحليل الموثوقية(Reliability Analysis – Cronbach’s Alpha)

الهدف منه: التأكد من اتساق وموثوقية الاستبيان.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.983	24

ان قيمة معامل الفا 0.983 فلاستبيان يتمتع بموثوقية ممتازة جدا لان قيمته تجاوزت 0.9

3 .اختبار T لعينة واحدة(One-Sample T-Test) :

الهدف منه: اختبار ما إذا كان متوسط كل سؤال يختلف عن القيمة المحايدة (عادة 3 في ليكرت).

One-Sample Test

Test Value = 3

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
العمر	-13.176	99	<.001	-1.100	-1.27	-.93
الجنس	-32.496	99	<.001	-1.600	-1.70	-1.50
التخصص	-14.871	99	<.001	-1.190	-1.35	-1.03
سنوات الخبره	-11.082	99	<.001	-.95000	-1.1201	-.7799
التكنولوجيا الرقميه	37.472	99	<.001	1.790	1.70	1.88
التكنولوجيا الرقميه	17.089	99	<.001	1.420	1.26	1.58
التكنولوجيا الرقميه	17.447	99	<.001	1.430	1.27	1.59
التكنولوجيا الرقميه	17.447	99	<.001	1.430	1.27	1.59
الزمن اللازم للتنفيذ	23.415	99	<.001	1.570	1.44	1.70
الزمن اللازم للتنفيذ	17.447	99	<.001	1.430	1.27	1.59
الزمن اللازم للتنفيذ	17.447	99	<.001	1.430	1.27	1.59
الزمن اللازم للتنفيذ	17.089	99	<.001	1.420	1.26	1.58
الكلفه	17.447	99	<.001	1.430	1.27	1.59
الكلفه	17.929	99	<.001	1.450	1.29	1.61
الكلفه	18.041	99	<.001	1.460	1.30	1.62
الكلفه	17.089	99	<.001	1.420	1.26	1.58
الجوده	17.089	99	<.001	1.420	1.26	1.58
الجوده	17.344	99	<.001	1.420	1.26	1.58
الجوده	16.989	99	<.001	1.410	1.25	1.57
الجوده	17.294	99	<.001	1.440	1.27	1.61
التحديات والصعاب	17.659	99	<.001	1.450	1.29	1.61
التحديات والصعاب	17.190	99	<.001	1.430	1.26	1.60
التحديات والصعاب	17.294	99	<.001	1.440	1.27	1.61
التحديات والصعاب	17.190	99	<.001	1.430	1.26	1.60

- نلاحظ ان قيمة Sig<0.05 لجميع العبارات وهذا يدل على ان المتوسط يختلف (يوجد فارق) عن المتوسط المحايد 3 والفارق لصالح الموافقة (أي ان إجابات افراد الدراسة تميل نحو الموافقة)

4 .تحليل الارتباط(Correlation Analysis) :

الهدف منه: معرفة قوة واتجاه العلاقة بين المتغيرات (مثلاً بين استخدام التكنولوجيا وباقي المحاور: الكلفة، الجودة، الزمن).

Correlations

		cost mean	quality mean	time mean	technology_ mean
cost mean	Pearson Correlation	1	.982**	.973**	.982**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000
	N	100	100	100	100
quality mean	Pearson Correlation	.982**	1	.982**	.986**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000
	N	100	100	100	100
time mean	Pearson Correlation	.973**	.982**	1	.980**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000
	N	100	100	100	100
Technology mean	Pearson Correlation	.982**	.986**	.980**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	
	N	100	100	100	100

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

من خلال النتائج تبين ان:

- معامل الارتباط بين استخدام التكنولوجيا الرقمية والزمن اللازم للتنفيذ 0.98 وهذا يدل على وجود علاقة قوية جدا بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وتقليل الزمن اللازم لتنفيذ المشاريع الهندسية.
- معامل الارتباط بين استخدام التكنولوجيا الرقمية والكلفة يتراوح 0.982 وهو قريب من الواحد وهذا يدل على وجود علاقة قوية جدا بين تطبيق التكنولوجيا الرقمية في ادارة العمليات في المشاريع الهندسية وتقليل الكلفة اللازمة لتنفيذ المشاريع.
- معامل الارتباط بين استخدام التكنولوجيا الرقمية والجودة في المشاريع الهندسية يتراوح من 0.986 وهذا يدل على وجود علاقة قوية جدا بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وتحقيق الجودة العالية للمشاريع الهندسية.
- ان قيم Sig<0.05لجميع المتغيرات وهذا يدل على ان العلاقة لها دلالة احصائيا.

6- تحليل الانحدار(Regression Analysis) :

الهدف منه: معرفة مدى تأثير المتغير المستقل (مثلاً: استخدام التكنولوجيا) على المتغيرات التابعة (الكلفة، الجودة، الزمن).

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	59.901	1	59.901	2621.563	.000[b]
	Residual	2.239	98	.023		
	Total	62.140	99			

a. Dependent Variable: cost mean

b. Predictors: (Constant), tecnology_mean

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	51.777	1	51.777	2365.566	.000[b]
	Residual	2.145	98	.022		
	Total	53.922	99			

a. Dependent Variable: time mean

b. Predictors: (Constant), tecnology_mean

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	65.075	1	65.075	3380.512	.000[b]
	Residual	1.887	98	.019		
	Total	66.962	99			

a. Dependent Variable: quality mean

b. Predictors: (Constant), tecnology_mean

- نلاحظ ان قيمة Sig<0.05 في تحليل الانحدار للعلاقة بين التكنولوجيا الرقمية والكلفة في المشاريع الهندسية وهذا النموذج له دلالة إحصائية ويعني ذلك ان المتغير المستقل التكنولوجيا الرقمية تؤثر بشكل معنوي على المتغير التابع (متوسط الكلفة)
- نلاحظ ان قيمة Sig<0.05 في تحليل الانحدار للعلاقة بين التكنولوجيا الرقمية والزمن اللازم للتنفيذ في المشاريع الهندسية وهذا النموذج له دلالة إحصائية ويعني ذلك ان المتغير المستقل التكنولوجيا الرقمية تؤثر بشكل معنوي على المتغير التابع (متوسط الزمن اللازم للتنفيذ)

- نلاحظ ان قيمة Sig<0.05 في تحليل الانحدار للعلاقة بين التكنولوجيا الرقمية والجودة في المشاريع الهندسية وهذا النموذج له دلالة إحصائية ويعني ذلك ان المتغير المستقل التكنولوجيا الرقمية تؤثر بشكل معنوي على المتغير التابع (متوسط الجودة)

6. تحليل الفروق بين المجموعات (T-Test أو(ANOVA :

الهدف منه: اختبار وجود فروق في الإجابات حسب الجنس أو العمر أو الوظيفة أو الخبرة.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
cost mean	Between Groups	5.053	3	1.684	2.832	.042
	Within Groups	57.087	96	.595		
	Total	62.140	99			
quality mean	Between Groups	5.821	3	1.940	3.047	.032
	Within Groups	61.141	96	.637		
	Total	66.962	99			
time mean	Between Groups	4.031	3	1.344	2.585	.058

	Within Groups	49.891	96	.520		
	Total	53.922	99			

- نلاحظ ان Sig>0.05لا توجد فروق دالة احصائيا حسب العمر في تقييم أثر التكنولوجيا على المتغيرات التابعة الكلفة والوقت (زمن التنفيذ) والجودة.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
cost mean	Between Groups	.193	1	.193	.305	.582
	Within Groups	61.947	98	.632		
	Total	62.140	99			
quality mean	Between Groups	.338	1	.338	.498	.482
	Within Groups	66.623	98	.680		
	Total	66.962	99			
time mean	Between Groups	.128	1	.128	.232	.631
	Within Groups	53.794	98	.549		
	Total	53.922	99			

- نلاحظ ان Sig>0.05 لا توجد فروق دالة احصائيا بين الذكور والاناث في تقييم أثر التكنولوجيا على المتغيرات التابعة الكلفة والوقت (زمن التنفيذ) والجودة.

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
cost mean	Between Groups	4.995	2	2.498	4.240	.017
	Within Groups	57.145	97	.589		
	Total	62.140	99			
quality mean	Between Groups	5.232	2	2.616	4.110	.019
	Within Groups	61.730	97	.636		
	Total	66.962	99			
time mean	Between Groups	3.731	2	1.866	3.605	.031
	Within Groups	50.191	97	.517		
	Total	53.922	99			

- نلاحظ ان Sig>0.05لا توجد فروق دالة احصائيا حسب الاختصاص في تقييم أثر التكنولوجيا على المتغيرات التابعة الكلفة والوقت (زمن التنفيذ) والجودة.

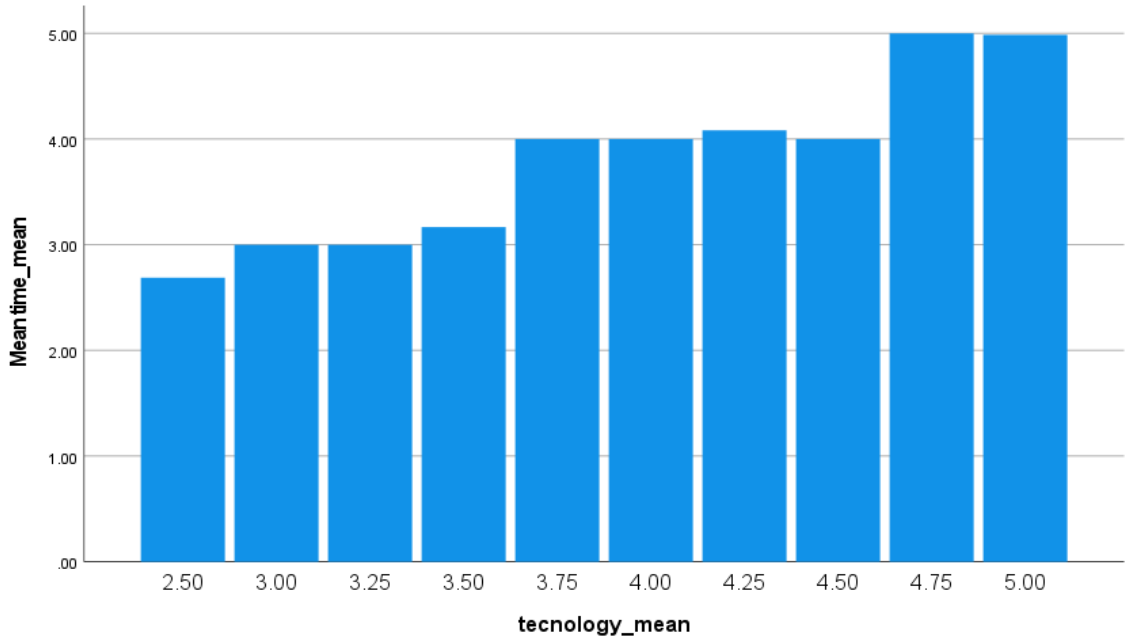
ANOVA

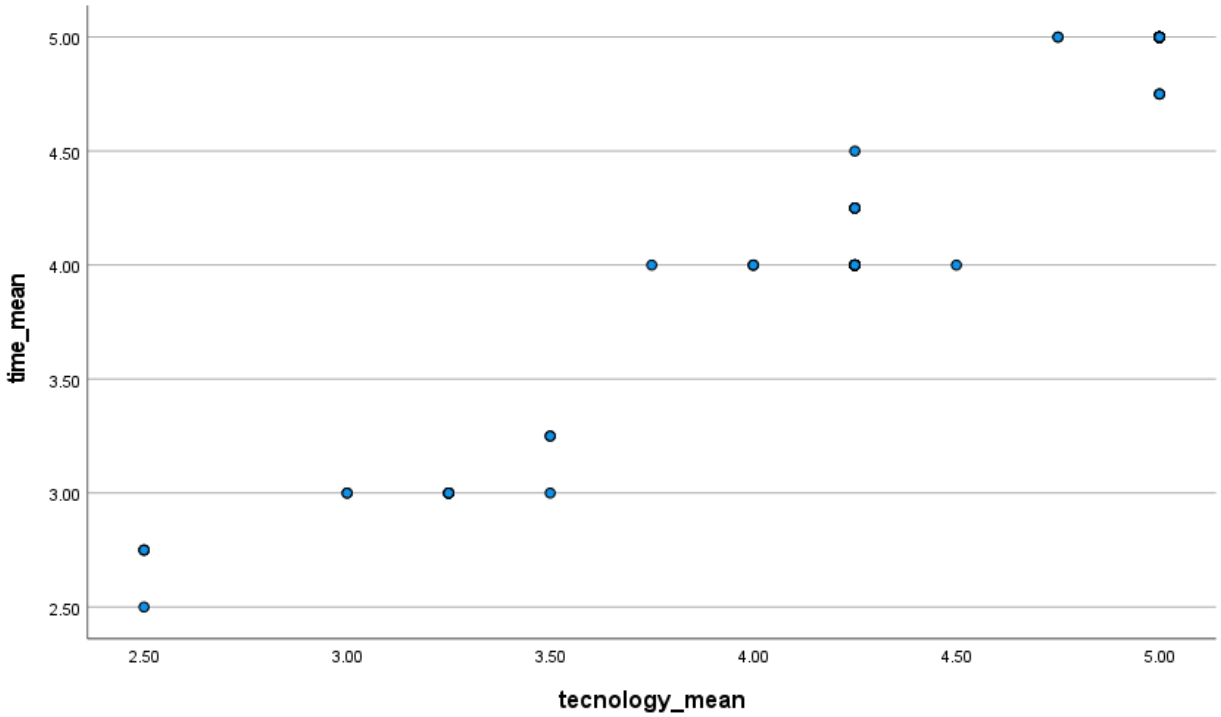
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
cost mean	Between Groups	4.401	2	2.201	3.697	.028
	Within Groups	57.739	97	.595		
	Total	62.140	99			
quality mean	Between Groups	5.049	2	2.525	3.955	.022
	Within Groups	61.913	97	.638		
	Total	66.962	99			
time mean	Between Groups	3.308	2	1.654	3.170	.046
	Within Groups	50.614	97	.522		
	Total	53.922	99			

- نلاحظ ان Sig>0.05 لا توجد فروق دالة احصائيا حسب الخبرة في تقييم أثر التكنولوجيا على المتغيرات التابعة الكلفة والوقت (زمن التنفيذ) والجودة.

المخططات البيانية:

العلاقة بين التكنولوجيا ووقت التنفيذ:





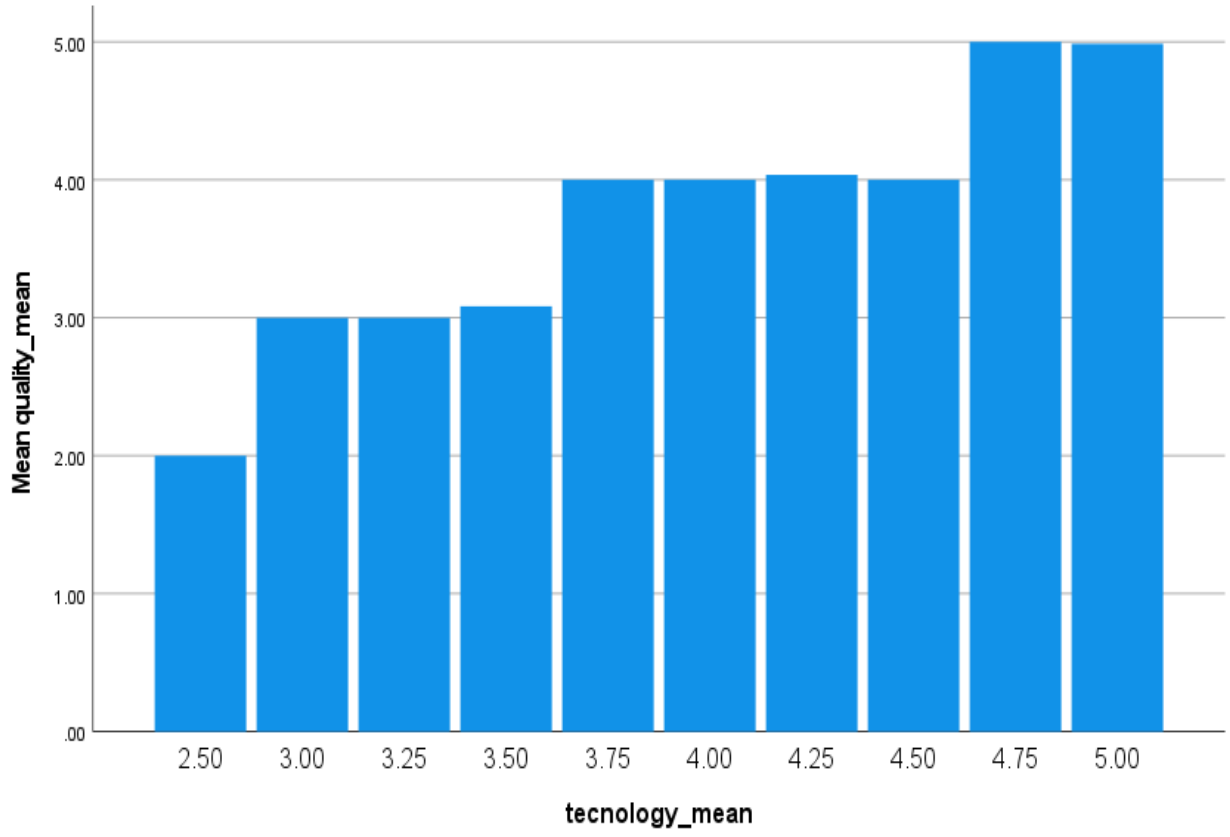
المخطط يوضح العلاقة بين متوسط مستوى التكنولوجيا (tecnology_mean) ومتوسط الوقت(Mean time mean) ، مع ملاحظة أن "متوسط الوقت" هنا يعني تقليل وقت التنفيذ.

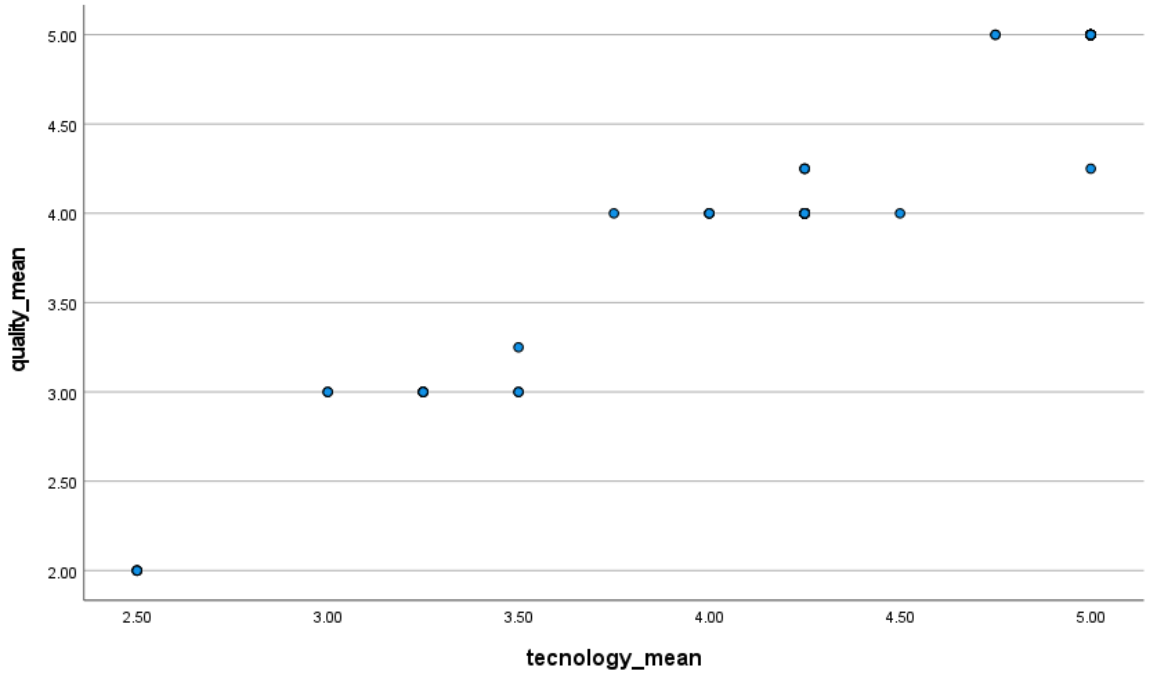
من خلال المخطط، نلاحظ ما يلي:

- كلما ارتفع متوسط مستوى التكنولوجيا، زاد متوسط الوقت (أي أن وقت التنفيذ يقل).
- الأعمدة ترتفع تدريجياً من اليسار إلى اليمين، مما يشير إلى أن المؤسسات أو الأفراد الذين يستخدمون مستويات أعلى من التكنولوجيا يحققون تقليلاً أكبر في وقت التنفيذ.
- عند أعلى مستويات التكنولوجيا (4.75 و5.00)، يصل تقليل وقت التنفيذ إلى أعلى قيمة.

وبالتالي كلما زاد استخدام التكنولوجيا، كلما تمكنت من تقليل وقت تنفيذ المهام بشكل أكبر. هذا يعكس التأثير الإيجابي للتكنولوجيا في تحسين الكفاءة وتسريع إنجاز الأعمال.

العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية والجودة:





تفسير المخطط
المخطط هو مخطط أعمدة يوضح العلاقة بين متغيرين هما:

- المحور الأفقي :(X) يمثل متوسط مستوى التكنولوجيا.(tecnology_mean)
- المحور الرأسي :(Y) يمثل متوسط الجودة.(Mean quality mean)

أهم الملاحظات من المخطط:
علاقة طردية واضحة:
كلما ارتفع متوسط مستوى التكنولوجيا، ارتفع متوسط الجودة. أي أن هناك علاقة إيجابية بين استخدام التكنولوجيا وتحسين الجودة.

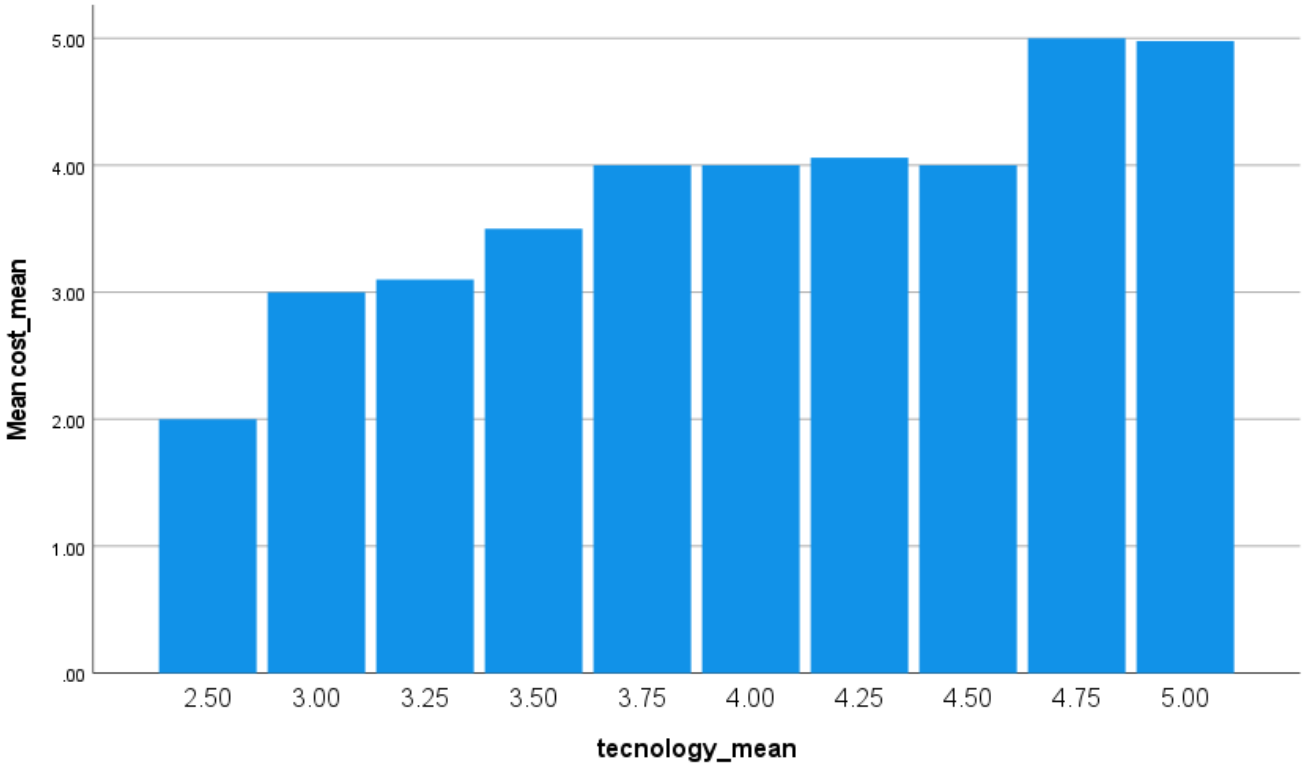
تدرج في الارتفاع:
نلاحظ أن الأعمدة تزداد ارتفاعاً بشكل تدريجي مع زيادة قيمة"tecnology_mean" ، حيث تبدأ من قيمة تقارب 2 عند أدنى مستوى تكنولوجي وتصل إلى 5 عند أعلى مستوى تكنولوجي.

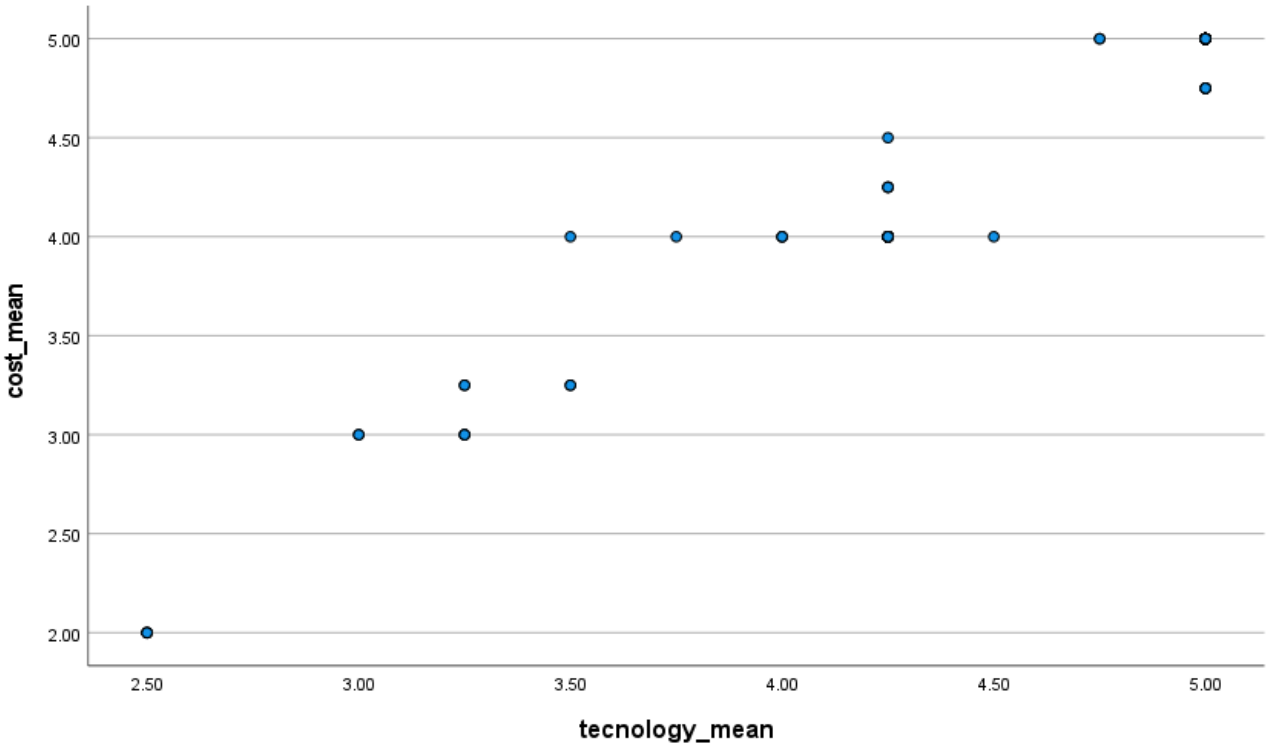
أعلى جودة عند أعلى تكنولوجيا:
عند مستويات التكنولوجيا 4.75 و5.00، يصل متوسط الجودة إلى أعلى قيمة (5.00)، مما يشير إلى أن أعلى مستويات التكنولوجيا تحقق أفضل جودة ممكنة.
التفسير

هذا المخطط يوضح أن الاستثمار في التكنولوجيا أو رفع مستوى استخدامها يؤدي بشكل مباشر إلى تحسين جودة المنتجات أو الخدمات. كلما زاد مستوى التكنولوجيا المستخدم، زادت الجودة المحققة، حتى تصل إلى أعلى مستوياتها عند أقصى استخدام للتكنولوجيا.

خلاصة:
استخدام التكنولوجيا المتقدمة يسهم بشكل كبير في رفع جودة العمل أو المنتج، وهو ما يدعم أهمية التحول الرقمي وتبني التقنيات الحديثة في المؤسسات.

العلاقة بين التكنولوجيا الرقمية والكلفة:





وصف المخطط

- المحور الأفقي :(X) يمثل متوسط مستوى التكنولوجيا.(tecnology_mean)
- المحور الرأسي :(Y) يمثل متوسط الكلفة(Mean cost mean) ، مع ملاحظة أن ارتفاع القيمة هنا يعني تقليل الكلفة وأخطاء التنفيذ.

الملاحظات الأساسية

1. علاقة طردية إيجابية:
نلاحظ من المخطط أنه كلما ارتفع متوسط مستوى التكنولوجيا، ارتفع أيضاً متوسط الكلفة (أي زاد تقليل الكلفة وأخطاء التنفيذ).
2. تحسن تدريجي:
الأعمدة ترتفع تدريجياً من اليسار إلى اليمين، ما يشير إلى أنه مع كل زيادة في مستوى التكنولوجيا، يتحقق تقليل أكبر في الكلفة والأخطاء.
3. أعلى مستويات التكنولوجيا تحقق أفضل النتائج:
عند أعلى مستويات التكنولوجيا (4.75 و5.00)، يصل تقليل الكلفة والأخطاء إلى أقصى حد ممكن.

التفسير:

- كلما زاد استخدام التكنولوجيا وارتفع مستواها، تحقق تقليل أكبر في الكلفة وأخطاء التنفيذ. هذا يعني أن الاستثمار في التكنولوجيا لا يؤدي فقط إلى تحسين العمليات، بل يسهم أيضاً في خفض التكاليف وتقليل الأخطاء، مما ينعكس إيجابياً على كفاءة العمل وجودته.

خلاصة:

المخطط يوضح أن هناك علاقة مباشرة بين مستوى التكنولوجيا وتقليل الكلفة والأخطاء: كلما ارتفع مستوى التكنولوجيا المستخدم، زادت القدرة على تقليل الكلفة والأخطاء في التنفيذ. وهذا يؤكد أهمية التحول الرقمي وتبني التقنيات الحديثة لتحقيق كفاءة أعلى وتكاليف أقل.

تحليل أسئلة التقييم العام:

تشير نتائج السؤالين التقييميَين إلى مستوى مرتفع من الرضا والدعم لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية، ويمكن تحليل النتائج كالتالي:

1 .تحليل سؤال الرضا عن مستوى استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشروع:

حصل خيار "راضٍ جدًا" على 92% من الإجابات، و"راضٍ" على 8%، بينما لم يتم اختيار أي من الخيارات السلبية ("محايد"، "غير راضٍ"، "غير راضٍ أبدًا").

هذا التوزيع يدل على رضا شبه كامل بين المشاركين عن مستوى استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشروع، ويعكس أن التقنيات الرقمية تلبي توقعاتهم وتساهم في تحسين الأداء والجودة والعمليات الهندسية.

غياب الردود السلبية أو المحايدة يعزز موثوقية النتائج ويشير إلى نجاح تطبيق التكنولوجيا الرقمية في هذه البيئة.

2 .تحليل سؤال التوصية بزيادة استخدام التكنولوجيا الرقمية:

جميع المشاركين (100%) أجابوا بـ "نعم" على ضرورة زيادة استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية.

هذا الإجماع يُظهر قناعة قوية لدى جميع المشاركين بأهمية تعزيز التحول الرقمي، ويدل على إدراكهم لفوائد التكنولوجيا الرقمية في رفع الكفاءة وتقليل الأخطاء وتحسين النتائج النهائية للمشاريع.

3 .دلالة النتائج في سياق الاستبيان:

ارتفاع الرضا والتوصية بالإكثار من استخدام التكنولوجيا الرقمية يعكس أن التحديات والصعوبات التي تم رصدها في الأسئلة السابقة لم تمنع المشاركين من تقدير الفوائد العملية للتقنيات الرقمية في المشاريع الهندسية.

النتائج تدعم التوجه نحو الاستثمار المستمر في التحول الرقمي وتطوير البنية التحتية الرقمية والتدريب، وتؤكد أهمية مواصلة دعم هذا التوجه من قبل الإدارة العليا وصناع القرار في الشركات الهندسية.

خلاصة:

تشير النتائج إلى رضا عالٍ جداً عن مستوى استخدام التكنولوجيا الرقمية في المشاريع الهندسية، مع إجماع كامل على أهمية زيادة هذا الاستخدام مستقبلاً. هذا يعكس نجاح التجربة الرقمية الحالية في المشروع، ويدعم التوصية بتوسيع نطاق التحول الرقمي في القطاع الهندسي، مع ضرورة الاستمرار في معالجة التحديات لضمان استدامة هذا النجاح.

<u>تحليل الأسئلة المفتوحة:</u>

1. ما هي أهم التحديات التي واجهتها عند استخدام التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات الهندسية؟

معظم الإجابات تتحدث عن:

- ارتفاع تكلفة شراء وتحديث البرمجيات والأجهزة الرقمية.
- نقص التدريب الكافي للمهندسين والفنيين على استخدام الأنظمة والأدوات الرقمية الحديثة.
- مقاومة بعض الموظفين للتغيير والاعتماد على الأساليب التقليدية في العمل.
- صعوبات في تكامل الأنظمة الرقمية الجديدة مع الأنظمة القديمة المعتمدة في الشركة.
- مشاكل في أمان البيانات وحمايتها من الاختراق أو الضياع.
- ضعف البنية التحتية التقنية (مثل الإنترنت أو الخوادم) في بعض المواقع أو المشاريع.
- تعقيد بعض الأنظمة الرقمية وصعوبة تخصيصها لتناسب احتياجات المشروع الفعلية.
- تحديات في التواصل الفعال بين الفرق بسبب اختلاف مستويات المعرفة التقنية.

تحليل النتائج:

تشير هذه الإجابات إلى أن التحديات الرئيسية لاستخدام التكنولوجيا الرقمية في الشركات الهندسية تدور حول ثلاثة محاور أساسية:

- التكلفة والموارد: حيث تمثل تكلفة الاستثمار في التكنولوجيا وتدريب الكوادر عائقاً أمام التبني الواسع.
- العامل البشري والتنظيمي: تظهر مقاومة التغيير ونقص التدريب كعقبة متكررة، مما يؤكد أهمية الاستثمار في تنمية المهارات وتغيير ثقافة العمل.
- البنية التحتية والتكامل: صعوبات ربط الأنظمة الجديدة بالقديمة ومشاكل البنية التحتية التقنية تعيق الاستفادة الكاملة من التحول الرقمي.

هذه التحديات تتفق مع ما ورد في الأدبيات حول التحول الرقمي في القطاع الهندسي، حيث أن التغلب عليها يتطلب استراتيجية شاملة تشمل الاستثمار في التقنية، التدريب، وتطوير البنية التحتية.

2. ما هي أهم الفوائد التي حصلت عليها من استخدام التكنولوجيا الرقمية في إدارة العمليات الهندسية؟

معظم الإجابات تتحدث عن:

- تسريع إنجاز المهام وتحسين كفاءة العمليات الهندسية.
- تقليل الأخطاء البشرية وزيادة دقة وجودة العمل.
- تحسين التواصل والتنسيق بين فرق العمل المختلفة في المشروع.
- سهولة تتبع تقدم المشروع وتحليل البيانات في الوقت الحقيقي لاتخاذ قرارات أفضل.
- تقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل من خلال الأتمتة وتحسين إدارة الموارد.
- تعزيز القدرة على الابتكار وتطبيق حلول هندسية متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي ونمذجة معلومات البناء.(BIM)
- رفع مستوى الشفافية والرقابة على العمليات والمخرجات.

تحليل النتائج:

تعكس هذه الإجابات أن الفوائد المحققة من استخدام التكنولوجيا الرقمية تتوزع على عدة مستويات:

- الكفاءة والإنتاجية: حيث تتيح الأدوات الرقمية إنجاز العمل بسرعة ودقة أعلى، ما ينعكس إيجاباً على جودة المشروع ورضا العملاء.
- التواصل والشفافية: ساهمت الحلول الرقمية في تحسين التنسيق بين الفرق وتوفير بيانات دقيقة وفورية لجميع الأطراف، ما يقلل من المشكلات الناتجة عن ضعف التواصل.
- الابتكار والتطوير: وفرت التكنولوجيا الرقمية بيئة خصبة لتطبيق حلول هندسية متقدمة، ما يدعم التنافسية والريادة في السوق الهندسي.

تؤكد هذه النتائج أن الاستثمار في التحول الرقمي يعود بفوائد ملموسة على المشاريع الهندسية، لكنه يتطلب معالجة التحديات التنظيمية والتقنية لضمان استدامة هذه الفوائد.

خلاصة:

تُظهر نتائج العينة أن الشركات الهندسية تواجه تحديات رئيسية في التكلفة، التدريب، مقاومة التغيير، والتكامل التقني عند تطبيق التكنولوجيا الرقمية، لكنها في المقابل تحقق مكاسب كبيرة في الكفاءة، الجودة، والابتكار. ويوصي التحليل بتبني استراتيجيات شاملة للتدريب وتطوير البنية التحتية التقنية، مع تعزيز ثقافة التغيير والابتكار لضمان نجاح التحول الرقمي في القطاع الهندسي.

- مناقشة النتائج(Discussion):

تفسير النتائج وربطها بأهداف الدراسة وفرضياتها:

أظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة إيجابية معنوية قوية بين استخدام التكنولوجيا الرقمية من جهة، وكل من الوقت والكلفة والجودة من جهة أخرى. وهذا يشير إلى أن زيادة توظيف

التكنولوجيا الرقمية في بيئة العمل أو المؤسسة تؤدي إلى تحسينات ملموسة في الأداء المؤسسي عبر عدة محاور أساسية.

1 .تفسير النتائج:

- توفير الوقت: استخدام التكنولوجيا الرقمية يسهل أتمتة العمليات الروتينية ويقلل من الإجراءات اليدوية، مما يسرع إنجاز المهام ويخفض زمن الانتظار. فالتقنيات الرقمية مثل نظم إدارة المعلومات، وأدوات التواصل الإلكتروني، والبرمجيات المتخصصة، تتيح تدفقاً أسرع للمعلومات وتنسيقاً أفضل بين الفرق، مما يقلل الوقت اللازم لإنجاز الأعمال.

- خفض الكلفة: تقلل التكنولوجيا الرقمية من الاعتماد على الموارد التقليدية مثل الورق والطباعة، وتخفض الحاجة إلى العمالة الزائدة، كما تقلل الأخطاء التي قد تتسبب في خسائر مالية. بالإضافة إلى ذلك، فإن الأتمتة تساعد في تحسين كفاءة استخدام الموارد، مما يؤدي إلى تقليل التكاليف التشغيلية بشكل عام.

- تحسين الجودة: توفر التكنولوجيا الرقمية أدوات دقيقة لمراقبة العمليات وتحليل البيانات، مما يساهم في اكتشاف الأخطاء مبكراً وضمان التزام المنتجات أو الخدمات بمعايير الجودة المطلوبة. كما تسهل التكنولوجيا تطبيق معايير موحدة وتحسين مستمر في الأداء، مما يزيد من رضا العملاء ويعزز سمعة المؤسسة.

2 .ربط النتائج بأهداف الدراسة:

كانت أهداف الدراسة تركز على استكشاف أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على ثلاثة جوانب رئيسية: تقليل الوقت، تقليل الكلفة، وتحسين الجودة. وقد جاءت النتائج لتؤكد تحقيق هذه الأهداف بشكل واضح، حيث أثبتت الدراسة أن التحول الرقمي يمثل أداة فعالة لتحقيق الكفاءة التشغيلية والتميز المؤسسي. هذا الربط يعزز من قيمة الدراسة ويؤكد مدى أهمية الاستثمار في التكنولوجيا الرقمية كوسيلة استراتيجية لتحسين الأداء.

4. ربط النتائج بفرضيات الدراسة:

انطلقت الدراسة من فرضية رئيسية مفادها وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وبين تحسين مؤشرات الوقت والكلفة والجودة. وقد دعمت النتائج هذه الفرضية بشكل قوي، حيث أظهرت التحليلات الإحصائية أن زيادة استخدام التكنولوجيا الرقمية ترتبط ارتباطاً إيجابياً مع تقليل الوقت المستغرق في العمليات، وتخفيض التكاليف التشغيلية، ورفع مستوى جودة المنتجات أو الخدمات. هذا الدعم يعزز من مصداقية الدراسة ويؤكد صحة الفرضيات التي بنيت عليها.

5. الأثر العملي والعلمي للنتائج:

تتمثل أهمية هذه النتائج في كونها تقدم دليلاً علمياً وتطبيقياً على الدور الحيوي للتكنولوجيا الرقمية في تحسين الأداء المؤسسي. فهي تشجع المؤسسات على تبني التحول الرقمي ليس فقط كخيار تقني، بل كاستراتيجية شاملة تهدف إلى تعزيز الكفاءة والفعالية. كما تفتح هذه النتائج آفاقاً جديدة للبحث العلمي في مجال الرقمنة وتأثيرها على مختلف جوانب العمل المؤسسي.

6. ملخص:

"تؤكد نتائج الدراسة وجود علاقة إيجابية قوية بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وتحسين مؤشرات الأداء المتعلقة بالوقت والكلفة والجودة. فقد ساهم التحول الرقمي في تسريع إنجاز العمليات وتقليل الوقت الضائع من خلال أتمتة الإجراءات وتسهيل تدفق المعلومات. كما أدى إلى خفض التكاليف التشغيلية عبر تقليل الاعتماد على الموارد التقليدية والحد من الأخطاء البشرية. بالإضافة إلى ذلك، ساعدت التكنولوجيا الرقمية في رفع جودة المنتجات والخدمات من خلال توفير أدوات دقيقة لمراقبة الأداء وتطبيق معايير الجودة بشكل مستمر.

تتوافق هذه النتائج مع أهداف الدراسة التي سعت إلى تقييم أثر التكنولوجيا الرقمية على الأداء المؤسسي، وتدعم فرضياتها التي تنص على وجود علاقة إيجابية ذات دلالة إحصائية بين المتغيرات المدروسة. بناءً على ذلك، توصي الدراسة بضرورة تعزيز الاستثمار في البنية التحتية الرقمية، وتطوير مهارات العاملين في مجال التكنولوجيا، وتبني ثقافة الابتكار داخل المؤسسات لضمان تحقيق أقصى استفادة من الإمكانات الرقمية المتاحة.

إن تبني التكنولوجيا الرقمية لم يعد خياراً ترفيهياً، بل أصبح ضرورة استراتيجية لتحقيق التميز التشغيلي والاستدامة في بيئة الأعمال المتغيرة والمتسارعة.

توضيح مدى توافق أو اختلاف النتائج مع ما ورد في الأبحاث السابقة.

"عند مقارنة نتائج هذه الدراسة مع الأدبيات والدراسات السابقة، يتضح وجود توافق كبير في النتائج، حيث أكدت معظم الدراسات أن التحول الرقمي يسهم بشكل مباشر في تحسين الأداء المؤسسي من خلال تقليل الوقت والكلفة ورفع الجودة. كما بينت الأدبيات أهمية الاستثمار في البنية التحتية الرقمية وتطوير الموارد البشرية لنشر ثقافة التحول الرقمي وضمان استدامة نتائجه الإيجابية.

هذا التوافق يعزز من مصداقية نتائج الدراسة الحالية ويدعم التوصيات الموجهة لصناع القرار في المؤسسات بضرورة تبني التحول الرقمي كخيار استراتيجي لتحقيق التميز التشغيلي والدرة التنافسية.

التحديات التي قد تؤثر على تطبيق التكنولوجيا الرقمية:

أهم التحديات التي تؤثر على التحول الرقمي وتحد من نجاحه في المؤسسات يمكن تلخيصها فيما يلي:

- غياب الرؤية الاستراتيجية والأهداف الواضحة: كثير من المؤسسات تبدأ مشاريع التحول الرقمي دون تحديد أهداف واضحة قابلة للقياس أو استراتيجية متكاملة، مما يؤدي إلى ضياع الجهود وعدم تحقيق النتائج المرجوة.

- مقاومة التغيير من الموظفين: التغيير في ثقافة العمل يواجه غالبًا مقاومة من الكوادر البشرية، خاصة عند غياب التوعية والتدريب الكافي على التقنيات الجديدة.
- نقص المهارات الرقمية والخبرات التقنية: عدم توفر كوادر مؤهلة أو نقص في مهارات تقنية المعلومات والتحليل الرقمي يشكل عائقًا كبيرًا أمام تنفيذ التحول الرقمي بكفاءة.
- تعقيد التكامل مع الأنظمة القديمة: وجود أنظمة تقليدية قديمة يصعّب دمج التقنيات الحديثة ويزيد من تعقيد العمليات، خاصة في المؤسسات الكبيرة.
- ضعف البنية التحتية التكنولوجية: عدم توفر بنية تحتية متطورة أو تغطية إنترنت جيدة، خاصة في المناطق الريفية أو المؤسسات الصغيرة، يحد من إمكانيات التحول الرقمي.
- مخاوف أمنية وإدارة البيانات: تزايد الهجمات السيبرانية وصعوبة حماية البيانات الحساسة، بالإضافة إلى تحديات إدارة البيانات الضخمة وتحليلها بشكل فعال.
- تكاليف الاستثمار العالية: التحول الرقمي يتطلب استثمارات كبيرة في التكنولوجيا والتدريب، وقد تفتقر بعض المؤسسات للتمويل الكافي لتحقيق ذلك.
- ضعف إدارة التغيير التنظيمي: غياب خطط واضحة لإدارة التغيير وتدريب الموظفين على الأدوات الرقمية الجديدة يؤدي إلى فشل المبادرات الرقمية.
- عدم التكيف مع احتياجات السوق والعملاء المتغيرة: المؤسسات التي لا تواكب تطور احتياجات العملاء أو تغيرات السوق تجد صعوبة في تحقيق الفائدة القصوى من التحول الرقمي.

هذه التحديات تتطلب من المؤسسات وضع استراتيجيات واضحة، الاستثمار في تطوير المهارات والبنية التحتية، وتعزيز ثقافة التغيير والابتكار لضمان نجاح مشاريع التحول الرقمي وتحقيق أهدافها.

أهم النتائج التي تم التوصل إليها:

تهدف هذه الفقرة إلى تقديم عرض مركز لأبرز النتائج التي خرجت بها الدراسة، مع إبراز مدى تحقيق أهداف البحث والإجابة على تساؤلاته. في هذه الدراسة، تم تحليل أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على الأداء المؤسسي من خلال ثلاثة محاور رئيسية: الوقت، الكلفة، والجودة. وقد أظهرت النتائج ما يلي:

- وجود علاقة إيجابية معنوية قوية بين استخدام التكنولوجيا الرقمية وتحسين الوقت: حيث تبين أن تطبيق الحلول الرقمية أدى إلى تسريع إنجاز العمليات وتقليل الزمن المستغرق في تنفيذ المهام.
- تأثير التكنولوجيا الرقمية على خفض الكلفة التشغيلية: إذ ساهم التحول الرقمي في تقليل الاعتماد على الموارد التقليدية، وخفض النفقات المرتبطة بالإجراءات اليدوية، وتقليل الأخطاء البشرية التي قد تتسبب في خسائر مالية.
- تحسين جودة الأداء المؤسسي من خلال التكنولوجيا الرقمية: فقد ساعدت الأدوات الرقمية في رفع مستوى الدقة في العمل، وتطبيق معايير الجودة بشكل أفضل، وتحسين رضا العملاء والمستفيدين من الخدمات.
- توافق النتائج مع الأدبيات والدراسات السابقة: حيث أظهرت نتائج الدراسة انسجامًا مع ما توصلت إليه أبحاث سابقة حول الأثر الإيجابي للتحول الرقمي على الأداء المؤسسي في قطاعات مختلفة.

تقديم توصيات عملية وبحثية بناءً على النتائج:

في ضوء النتائج السابقة، يمكن تقديم توصيات عملية مباشرة للمؤسسات، بالإضافة إلى توصيات بحثية للباحثين المستقبليين:

التوصيات العملية:

- تعزيز الاستثمار في البنية التحتية الرقمية: ينبغي على المؤسسات تحديث أنظمتها التقنية بشكل دوري وتوفير الأجهزة والبرمجيات الحديثة اللازمة لدعم التحول الرقمي.
- تدريب وتأهيل الكوادر البشرية: من المهم تنظيم برامج تدريبية مستمرة للموظفين لرفع كفاءتهم في التعامل مع الأدوات الرقمية الجديدة وتطوير مهاراتهم التقنية.
- تبني إدارة فعالة للتغيير: يجب وضع خطط واضحة لإدارة التغيير داخل المؤسسة، مع التركيز على إشراك الموظفين في مراحل التحول الرقمي وتوضيح الفوائد المتوقعة لهم.
- تطبيق سياسات صارمة لأمن المعلومات: ضرورة حماية البيانات وتأمين الأنظمة الرقمية من المخاطر السيبرانية عبر تحديث السياسات الأمنية باستمرار.
- متابعة وتقييم الأداء بشكل دوري: استخدام أدوات رقمية لمراقبة مؤشرات الأداء وقياس مدى تحقق أهداف التحول الرقمي باستمرار.

التوصيات البحثية:

- إجراء دراسات مقارنة بين مؤسسات وقطاعات مختلفة: لمعرفة مدى اختلاف أثر التحول الرقمي حسب طبيعة القطاع أو حجم المؤسسة.

- دراسة أثر التحول الرقمي على رضا العملاء والمستفيدين: لمعرفة كيف يؤثر التحول الرقمي على تجربة العملاء وجودة الخدمات المقدمة.
- تحليل التحديات والمعوقات التي تواجه التحول الرقمي: واقتراح حلول عملية لتجاوزها، خاصة في المؤسسات التي تعاني من ضعف البنية التحتية أو نقص الكفاءات الرقمية.

اقتراح مجالات للدراسات المستقبلية:

استنادًا إلى ما كشفته الدراسة من نتائج وما ظهر من تحديات وفرص، يمكن اقتراح عدة مجالات بحثية مستقبلية، منها:

- دراسة أثر التقنيات الناشئة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء على الأداء المؤسسي: حيث يمكن استكشاف كيف تساهم هذه التقنيات في تطوير العمليات ورفع الكفاءة.
- تحليل دور القيادة الرقمية في نجاح التحول الرقمي: دراسة مدى تأثير أساليب القيادة الحديثة على تسريع وتيرة التحول الرقمي وتحقيق أهدافه.
- تقييم الأثر الاجتماعي والثقافي للتحول الرقمي على بيئة العمل: مثل دراسة تأثيره على رضا الموظفين، التوازن بين الحياة والعمل، ومستوى الإبداع والابتكار.
- بحث تجارب التحول الرقمي في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة: حيث أن معظم الدراسات تركز على المؤسسات الكبيرة، بينما تحتاج المؤسسات الأصغر إلى حلول رقمية تناسب إمكانياتها واحتياجاتها.
- قياس الأثر طويل الأمد للتحول الرقمي على الاستدامة المؤسسية: دراسة العلاقة بين التحول الرقمي وتحقيق أهداف التنمية المستدامة على المدى البعيد، مثل تقليل الأثر البيئي وزيادة الكفاءة الاقتصادية.

خاتمة البحث:

في ختام هذا البحث، يتضح لنا بجلاء أن التحول الرقمي لم يعد خيارًا ترفيهيًا أو توجهًا مرحليًا، بل أصبح ضرورة استراتيجية تمليها متطلبات العصر الحديث وتفرضها تحديات بيئة الأعمال المتغيرة. لقد أظهرت نتائج الدراسة أن توظيف التكنولوجيا الرقمية في المؤسسات يسهم بشكل فعّال في تقليل الوقت والكلفة، ويرتقي بجودة الأداء، مما ينعكس إيجابًا على كفاءة العمل ورضا المستفيدين.

كما أكدت الدراسة أن النجاح في مسيرة التحول الرقمي لا يتحقق فقط بالاستثمار في التقنيات الحديثة، بل يتطلب أيضًا بناء ثقافة تنظيمية داعمة، وتطوير مهارات الكوادر البشرية، واعتماد سياسات مرنة لإدارة التغيير. إن مواكبة التطورات الرقمية وتبني الابتكار أصبحا من أهم عوامل استدامة المؤسسات وتعزيز قدرتها التنافسية في سوق متسارع النمو.

ختامًا، يأمل الباحث أن تسهم نتائج هذا البحث في إثراء المعرفة العلمية، وتقديم إضافة نوعية للمؤسسات والباحثين وصناع القرار، وأن تكون حافزًا لمزيد من الدراسات المستقبلية التي تتناول قضايا التحول الرقمي من زوايا جديدة وأكثر عمقًا. والله ولي التوفيق.

المراجع:

المراجع العربية:

المراجع الأجنبية

- PMP Master. (2025). Digital Technology and Construction Industry.
- Oesterreich, T. D. & Teuteberg, F. (2016). The Impact of IoT on Construction Project Management.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2020). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling.
- Li, H., et al. (2019). Integration of IoT with BIM for Smart Construction.
- Marzouk, M., & Ali, K. (2021). Applications of Digital Technologies in Construction.
- Zhang, J., et al. (2020). Digital Transformation in Construction: A Review.
- Accruent. (2024). The Role of Digital Technologies in Construction.

- Autodesk. (2024). BIM and Digital Construction Solutions.
- Revizto. (2024). The Future of BIM Collaboration.
- United-BIM. (2025). BIM Trends and Best Practices.
- Trimble. (2025). Digital Construction and BIM Technologies.
- Penn State. (2024). Digital Construction Research and BIM.
- ASECBIM. (2024). BIM Adoption in the Construction Industry.
- Bock, T. & Linner, T. (2015). Robot-Oriented Design: Design and Management Tools for the Deployment of Automation and Robotics in Construction.
- Mosly, I., & Makki, A. (2022). Barriers to Digital Transformation in Construction.
- Alreshidi, E., et al. (2018). BIM-based Collaboration in Construction Projects.

- The First Group. (2020). Digital Innovation in Construction.
- Prof/Ola Mohamed Samir Wattano, IMT Atlantique. (2024). Digitalization in Engineering Projects.
- emaarco. (2024). Digital Construction Solutions.
- .otruJJah. (2024). Digital Engineering Applications

.....