

جامعة ميدأوشن



كلية الإدارة

ماجستير ادارة المشاريع

أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة: دراسة تطبيقية على مشروع توسعة المطاف

بالمسجد الحرام

إعداد الطالب/

سليم محمد اللهيبي

253000110

المشرف الثاني/

د.فايز جراد

المشرف الرئيسي/

د. الفیصل عبد الحمید

العام الدراسي:

2026 – 1448



إِهْدَاء

إلى كل من آمن بأن العلم رسالة، وأن الاجتهاد طريقٌ تصنع به الأحلام واقعًا.
إلى كل روحٍ زرعت الأمل، وأضاءت دروب المعرفة بكلمة صادقة أو دعاء خالص.
إلى كل من كان سببًا في رحلةٍ امتلأت بالتحديات والطموح، وأسهم ولو بقدرٍ يسير في
بلوغ هذه اللحظة.
أهدي هذا العمل، ثمرةً لسنواتٍ من السعي والمثابرة، راجيًا أن يكون علمًا نافعًا، وجهدًا
خالصًا، وخطوةً نحو مستقبلٍ أكثر إشراقًا.
إلى كل من يستحق الامتنان... هذا الإنجاز لكم قبل أن يكون لي.

شكر وقدر

ليس بعد التمام أجمل من الحمد، فالحمد لله والشكر له كما ينبغي لجلال وجهه وعظيم سلطانه وكما ينبغي لجزيل فضله وعظيم إحسانه على ما أنعم به على من إتمام هذا البحث.

ثم أنه لا يسعني الا أن أشيد بالفضل وأقر بالمعروف لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث.

كل الشكر للجهات التي دعمتني وساعدتني وخصتني بالتوجيه والتصويب لإتمام بحثي على الوجه الصحيح.

كما أتقدم بالشكر لمن كان لتوجيهاتهم الدور الكبير في إنجاز هذا المشروع وكل من مد لي يد العون من قريب وبعيد ولو بدعوة بظهر الغيب، بارك الله فيهم جميعاً وجزاهم الله عني الجزاء الأوفى وأسأل الله أن ينفع بهذا البحث على قدر العناء فيه وأن يجعله خالصاً لوجهه الكريم إنه على ذلك لقادر.

المستخلص

هدفت الدراسة الحالية إلى التعرف على أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها الأربعة المتمثلة في نمذجة معلومات البناء (BIM) ، وتقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) ، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية، على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، ووظفت الاستبانة أداة رئيسة لجمع البيانات من عينة عشوائية طبقية بلغ حجمها (226) فرداً من العاملين في الإدارات الفنية والهندسية المعنية بالرقابة والمتابعة في المشروع، من إجمالي مجتمع دراسة بلغ (520) فرداً. وقد جرى التحقق من صدق أداة الدراسة وثباتها عبر صدق المحكمين وصدق الاتساق الداخلي ومعامل ألفا كرونباخ الذي بلغ للأداة ككل (0.941). وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج (SPSS) عبر جملة من الأساليب الإحصائية شملت المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ومعامل ارتباط بيرسون وتحليل الانحدار الخطي البسيط والمتعدد واختبار (T-Test) وتحليل التباين الأحادي. وكشفت نتائج الدراسة عن وجود أثر ذي دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها الأربعة مجتمعةً ومنفردةً على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، إذ فسّرت هذه الأبعاد مجتمعةً ما نسبته (76.0%) من التباين في المتغير التابع، وجاء بُعد التوأم الرقمي الأكثر تأثيراً، يليه نمذجة معلومات البناء، فالمنصات السحابية، فالطائرات بدون طيار. وأوصت الدراسة بتطوير منظومة متكاملة من التقنيات الرقمية، وتوسيع تطبيق التوأم الرقمي، وبناء برامج تدريبية متقدمة، وإعداد ميثاق لحوكمة البيانات في المشروع.

الكلمات المفتاحية: التقنيات الرقمية، الرقابة والمتابعة، نمذجة معلومات البناء، التوأم الرقمي، الطائرات بدون طيار، المنصات السحابية، نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، مشروع توسعة المطاف.

قائمة المحتويات

ب.....	بسم الله الرحمن الرحيم
ج.....	الإهداء
د.....	الشكر والتقدير
ه.....	المستخلص
و.....	قائمة المحتويات
ط.....	قائمة الجداول
1.....	الفصل الأول: الإطار العام للدراسة
1.....	1.1 المقدمة
2.....	2.1 مشكلة الدراسة
3.....	3.1 أهداف الدراسة
4.....	4.1 أسئلة الدراسة
5.....	5.1 فروض الدراسة
6.....	6.1 أهمية الدراسة
7.....	7.1 الدراسات السابقة:
15.....	8.1 الفجوة البحثية
16.....	9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:
19.....	10.1 المنهجية وطرق البحث:
20.....	11.1 مجتمع الدراسة وعينتها
20.....	12.1 مصادر جمع البيانات
21.....	13.1 أداة الدراسة (الاستبانة)
21.....	14.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة
22.....	15.1 حدود الدراسة
23.....	الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة

المبحث الأول: التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	23
1.1.2 تمهيد	23
2.1.2 مفهوم التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	23
3.1.2 أهمية التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	25
4.1.2 أهداف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	26
5.1.2 أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	28
6.1.2 استراتيجيات توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة	33
المبحث الثاني: نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	35
1.2.2 تمهيد	35
2.2.2 مفهوم نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	35
3.2.2 أهمية نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	37
4.2.2 أهداف تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	38
5.2.2 مؤشرات نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	40
6.2.2 استراتيجيات تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	42
الفصل الثالث: منهجية الدراسة	44
1.3 تمهيد	44
2.3 منهج الدراسة	44
3.3 مجتمع الدراسة وعينتها	44
4.3 أداة الدراسة	45
5.3 صدق أداة الدراسة وثباتها	46
6.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة	49
7.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة	50
الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات	52
1.4 تمهيد	52
2.4 تحليل البيانات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة	52

55	3.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة
59	4.4 اختبار فرضيات الدراسة
70	الفصل الخامس: النتائج والتوصيات
70	1.5 تمهيد
70	2.5 نتائج الدراسة
73	3.5 توصيات الدراسة
75	4.5 الدراسات المقترحة
76	Study Abstract
77	المراجع
82	الملاحق
83	استمارة استبيان

قائمة الجداول

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
47	جدول رقم (3 - 1): معاملات ارتباط فقرات الاستبانة بالدرجة الكلية للبعد	1.
48	جدول رقم (3 - 2): معاملات ثبات أداة الدراسة باستخدام ألفا كرونباخ	2.
49	جدول رقم (3 - 3): مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع	3.
50	جدول رقم (3 - 4): اختبار معامل تضخم التباين (VIF) والتباين المسموح به (Tolerance)	4.
52	جدول رقم (4 - 1): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير الجنس	5.
53	جدول رقم (4 - 2): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير العمر	6.
53	جدول رقم (4 - 3): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير المؤهل العلمي	7.
54	جدول رقم (4 - 4): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة	8.
54	جدول رقم (4 - 5): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي	9.
55	جدول رقم (4 - 6): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمستوى التدريب على التقنيات الرقمية	10.
55	جدول رقم (4 - 7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد نمذجة معلومات البناء	11.
56	جدول رقم (4 - 8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التوأم الرقمي	12.

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
56	جدول رقم (4 - 9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد الطائرات بدون طيار والاستشعار	13.
57	جدول رقم (4 - 10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد المنصات السحابية	14.
58	جدول رقم (4 - 11): ترتيب أبعاد المتغير المستقل وفقاً للمتوسطات الحسابية	15.
58	جدول رقم (4 - 12): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع	16.
60	جدول رقم (4 - 13): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	17.
61	جدول رقم (4 - 14): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر نمذجة معلومات البناء على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	18.
63	جدول رقم (4 - 15): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر تقنية التوأم الرقمي على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	19.
64	جدول رقم (4 - 16): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	20.
65	جدول رقم (4 - 17): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر منصات إدارة المشاريع السحابية على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	21.
66	جدول رقم (4 - 18): نتائج اختبار (T-Test) للفروق وفقاً لمتغير الجنس	22.
66	جدول رقم (4 - 19): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير العمر	23.
67	جدول رقم (4 - 20): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير المؤهل العلمي	24.

رقم الصفحة	اسم الجدول	رقم الجدول
67	جدول رقم (4 - 21): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير سنوات الخبرة	25.
68	جدول رقم (4 - 22): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي	26.
68	جدول رقم (4 - 23): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير مستوى التدريب	27.

الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1 المقدمة

يشهد العالم تحولات رقمية متسارعة ألقت بظلالها على مختلف القطاعات الاقتصادية والإنتاجية، ويُعدّ قطاع الإنشاءات من أبرز القطاعات التي تأثرت بهذه التحولات، إذ أصبحت التقنيات الرقمية تمثل ركيزة أساسية في إعادة تشكيل أساليب العمل وتطوير العمليات التشغيلية في المشاريع الإنشائية على اختلاف أحجامها وطبيعتها. وقد فرضت الثورة الصناعية الرابعة ومفهوم البناء 4.0 واقعاً جديداً يستدعي تبني أدوات وتقنيات متقدمة تُمكن من الانتقال من الممارسات التقليدية إلى منظومات رقمية متكاملة تدعم التخطيط والتنفيذ والرقابة بكفاءة أعلى ودقة أكبر (بن عمارة وبن عمارة، 2025)

وتحتل التقنيات الرقمية المستخدمة في الرقابة والمتابعة مكانة محورية في إدارة المشاريع الإنشائية المعاصرة، حيث أسهمت تقنيات مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) في توفير تمثيل رقمي شامل للمشروع يتيح التنسيق بين مختلف التخصصات والكشف المبكر عن التعارضات، فيما أتاحت تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) إمكانية المحاكاة الآنية لحالة المشروع ومراقبة أدائه بشكل مستمر. كما عززت الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد القدرة على رصد التقدم الميداني بدقة عالية وفي فترات زمنية قصيرة، إلى جانب منصات إدارة المشاريع السحابية التي وفرت بيئة تعاونية تُمكن أصحاب المصلحة من تبادل المعلومات واتخاذ القرارات في الزمن الحقيقي. (Dalir & Javanshir, 2024)

ويُعدّ مفهوم النجاح مفهوماً متعدد الأبعاد لا يقتصر على إنجاز المشروع في حدود الزمن والتكلفة المحددين، بل يمتد ليشمل تحقيق معايير الجودة المطلوبة ورضا أصحاب المصلحة والأثر الاستراتيجي المتحقق. وتزداد أهمية هذا المفهوم تعقيداً في المشاريع الإنشائية العملاقة التي تتسم بضخامة الحجم وتعدد الأطراف وارتفاع مستوى المخاطر، مما يستلزم وجود منظومة رقابية محكمة قادرة على التعامل مع هذا التعقيد وضمان تحقيق أهداف المشروع وفق المعايير المعتمدة (الحسن والنجار، 2023).

ومن هنا يتضح أن العلاقة بين التقنيات الرقمية المستخدمة في الرقابة والمتابعة ونجاح المشاريع الإنشائية العملاقة هي علاقة وثيقة ومتبادلة التأثير، إذ تُسهّم هذه التقنيات في توفير بيانات لحظية ودقيقة تدعم اتخاذ القرارات التصحيحية في الوقت المناسب، وتعزز التنسيق بين فرق العمل المتعددة، وتُقلّص

الفجوات بين مراحل التخطيط والتنفيذ، مما ينعكس إيجابياً على مؤشرات نجاح المشروع بأبعادها المختلفة (Li et al., 2022).

وفي ضوء ما سبق، تأتي هذه الدراسة لتبحث في أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها (نمذجة معلومات البناء، وتقنية التوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة.

2.1 مشكلة الدراسة

تُعدّ المشاريع الإنشائية العملاقة من أكثر المشاريع تعقيداً وحساسية على المستوى العالمي، إذ تتسم بضخامة حجمها وتعدد أطرافها وتشابك عملياتها وامتداد آفاقها الزمنية، مما يجعلها عرضة بشكل مستمر لمخاطر تجاوز التكاليف والتأخر في الجداول الزمنية والانحراف عن معايير الجودة المستهدفة. وقد كشفت الدراسات الدولية أن ما يقارب 98% من المشاريع العملاقة حول العالم تعاني من تجاوز التكاليف بنسبة تتراوح بين 30% و50%، فيما تتأخر نحو 77% منها عن مواعيد التسليم المحددة بمعدل يصل إلى 20 شهراً (Flyvbjerg, 2014)، وهو ما يعكس إشكالية جوهرية في منظومة الرقابة والمتابعة التقليدية المعتمدة في إدارة هذه المشاريع.

و تشهد البلاد نهضة عمرانية غير مسبوقة في إطار رؤية المملكة 2030، حيث تُنفّذ مشاريع إنشائية عملاقة بمليارات الريالات تشمل مشاريع البنية التحتية ومشاريع التطوير الحضري ومشاريع توسعة الحرمين الشريفين. ويُعدّ مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام أحد أبرز هذه المشاريع وأكثرها تعقيداً، نظراً لطبيعته الاستثنائية التي تجمع بين الضخامة الهندسية والحساسية الدينية والتشغيلية العالية، إذ يستلزم تنفيذه الحفاظ على استمرارية أداء مناسك الطواف دون انقطاع مع تنفيذ أعمال إنشائية بالغة التعقيد في محيط جغرافي محدود ومكتظ. وتفرض هذه الخصوصية تحديات جسيمة على عمليات الرقابة والمتابعة، حيث تعجز الأساليب التقليدية القائمة على الفحص الميداني اليدوي والتوثيق الورقي والتقارير الدورية المتأخرة عن مواكبة الديناميكية العالية لهذا المشروع وتوفير المعلومات الآنية اللازمة لاتخاذ القرارات التصحيحية في الوقت المناسب.

أتاح التطور المتسارع في التقنيات الرقمية أدوات متقدمة أثبتت فعاليتها في تحسين عمليات الرقابة والمتابعة في المشاريع الإنشائية، من أبرزها نمذجة معلومات البناء (BIM) التي توفر تمثيلاً رقمياً متكاملاً للمشروع، وتقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) التي تتيح محاكاة آنية لحالة المشروع، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد التي تمكن من رصد التقدم الميداني بدقة عالية، فضلاً عن منصات إدارة المشاريع السحابية التي تعزز التعاون والتنسيق بين أصحاب المصلحة في الزمن الحقيقي. وقد أكدت دراسات عديدة الأثر الإيجابي لهذه التقنيات في تحسين أداء المشاريع الإنشائية (Zhu et al., 2022; Qureshi et al., 2023; Dalir & Javanshir, 2024; Adejola & Nwobodo–Anyadiiegwu, 2025).

هناك فجوة واضحة في الأدبيات العربية فيما يتعلق بدراسة أثر هذه التقنيات الرقمية مجتمعة في سياق الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، ولا سيما في بيئة المشاريع السعودية ذات الطبيعة الخاصة. كما أن معظم الدراسات السابقة تناولت هذه التقنيات بشكل منفصل أو في سياقات مشاريع تقليدية، دون أن تتناول أثرها التكاملي في مشاريع عملاقة ذات خصوصية دينية وتشغيلية كمشروع توسعة المطاف، يُضاف إلى ذلك أن واقع تطبيق هذه التقنيات في المشاريع الإنشائية بالمملكة لا يزال يواجه تحديات متعددة تتعلق بنقص الكفاءات الرقمية ومقاومة التغيير وضعف التكامل بين الأنظمة الرقمية المختلفة، مما يحدّ من تحقيق الاستفادة القصوى من إمكاناتها في تعزيز نجاح المشاريع.

وعليه، تتبلور مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيسي التالي: ما أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها (نمذجة معلومات البناء BIM ، وتقنية التوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام؟

3.1 أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها (نمذجة معلومات البناء BIM، وتقنية التوأم الرقمي Digital Twin ، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام.

ويتفرع من هذا الهدف الرئيسي الأهداف الفرعية التالية:

- التعرف على أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- التعرف على أثر استخدام تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- التعرف على أثر استخدام الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- التعرف على أثر استخدام منصات إدارة المشاريع السحابية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- الكشف عن الفروق ذات الدلالة الإحصائية في استجابات أفراد عينة الدراسة حول أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة تُعزى للمتغيرات الديموغرافية (المؤهل العلمي، وسنوات الخبرة، والمسمى الوظيفي، والتخصص)
- تقديم توصيات ومقترحات عملية لتعزيز استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة لرفع مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في المملكة العربية السعودية.

4.1 أسئلة الدراسة

السؤال الرئيسي:

ما أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها (نمذجة معلومات البناء BIM ، وتقنية التوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف؟

ويتفرع من هذا السؤال الرئيسي الأسئلة الفرعية التالية:

- ما أثر استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف؟

- ما أثر استخدام تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف؟
- ما أثر استخدام الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف؟
- ما أثر استخدام منصات إدارة المشاريع السحابية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف؟
- هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) في استجابات أفراد عينة الدراسة حول أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة تُعزى للمتغيرات الديموغرافية (المؤهل العلمي، وسنوات الخبرة، والمسمى الوظيفي، والتخصص)؟

5.1 فروض الدراسة

الفرضية الرئيسية:

- H_0 : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها (نمذجة معلومات البناء BIM ، وتقنية التوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

الفرضيات الفرعية:

- H_{0-1} : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- H_{0-2} : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

- 3-H0 لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- 4-H0 لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام منصات إدارة المشاريع السحابية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.
- 5-H0 لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) في استجابات أفراد عينة الدراسة حول أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة تُعزى للمتغيرات الديمغرافية.

6.1 أهمية الدراسة

الأهمية العلمية (النظرية):

- تسهم هذه الدراسة في سد فجوة بحثية واضحة في الأدبيات العربية المتعلقة بأثر التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، إذ تُعد الدراسات العربية في هذا المجال محدودة مقارنة بالدراسات الأجنبية، مما يجعل هذه الدراسة إضافة نوعية للمكتبة البحثية العربية.
- تقدم الدراسة إطاراً نظرياً شاملاً يجمع بين أربعة أبعاد للتقنيات الرقمية (نمذجة معلومات البناء، والتوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار والاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) في علاقتها بنجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وهو ما لم تتناوله الدراسات السابقة مجتمعاً في نموذج واحد.
- تسهم الدراسة في إثراء نظريات ونماذج نجاح المشاريع من خلال إضافة بُعد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة كمحدد جوهري لنجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وهو ما يوسع الفهم النظري لعوامل النجاح في هذا النوع من المشاريع.
- تمثل الدراسة مرجعاً علمياً حديثاً للباحثين والأكاديميين المهتمين بمجال التحول الرقمي في قطاع الإنشاءات، حيث تستعرض أحدث الأدبيات والتوجهات البحثية في هذا المجال حتى عام 2025.

الأهمية العملية (التطبيقية):

- تقدم الدراسة نتائج وتوصيات عملية تساعد صنّاع القرار في المشاريع الإنشائية العملاقة بالمملكة العربية السعودية على تبني التقنيات الرقمية الأكثر فاعلية في الرقابة والمتابعة، مما يعزز قدرتهم على اتخاذ قرارات مبنية على أدلة علمية.
- تتوافق الدراسة مع توجهات رؤية المملكة العربية السعودية 2030 في مجال التحول الرقمي وتبني التقنيات الحديثة في القطاعات المختلفة، وتقدم نموذجاً تطبيقياً لكيفية توظيف التقنيات الرقمية في رفع كفاءة المشاريع الإنشائية العملاقة التي تعد ركيزة أساسية من ركائز الرؤية.
- توفر نتائج الدراسة رؤى عملية لشركات المقاولات والإنشاءات حول كيفية تحسين أدائها التشغيلي من خلال تطبيق التقنيات الرقمية في عمليات الرقابة والمتابعة، مما يسهم في تقليل الهدر الزمني والمالي وتحسين جودة المخرجات.
- تسهم الدراسة في تقديم حلول عملية تساعد على الحد من ظاهرة تجاوز المشاريع الإنشائية العملاقة للميزانيات المحددة والجدول الزمني المعتمدة، وهي مشكلة عالمية تعاني منها صناعة الإنشاءات، من خلال توضيح دور التقنيات الرقمية في الكشف المبكر عن الانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية الفورية.

7.1 الدراسات السابقة:

أولاً: الدراسات العربية

✉ دراسة (المعادات وأبو زيد، 2021): "تأثير تخطيط المشروع على نجاح المشاريع الإنشائية: الدور المعدل لمستوى المخاطرة"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تأثير تخطيط المشروع بأبعاده (تحديد النطاق، والجدولة الزمنية، وتخطيط الموارد، وتخطيط التكلفة) على نجاح المشاريع الإنشائية في ظل الدور المعدل لمستوى المخاطرة، في شركات مشاريع الإنشاءات الأردنية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مديري المشاريع والمهندسين العاملين في شركات الإنشاءات الأردنية، وتم استخدام الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ذي دلالة إحصائية لتخطيط المشروع بأبعاده المختلفة على نجاح المشاريع الإنشائية، وأن مستوى المخاطرة يعدّ العلاقة بين التخطيط والنجاح. وأوصت

الدراسة بضرورة تعزيز ممارسات التخطيط المتكامل في المشاريع الإنشائية مع الاهتمام بتحليل المخاطر المبكر كعنصر أساسي في عملية التخطيط.

☒ دراسة (الحيازي والحياصات، 2022): "أثر السمات الشخصية لمدراء المشاريع على نجاح المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية على المشاريع الإنشائية في مدينة عمان"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر السمات الشخصية لمدراء المشاريع بأبعادها (القيادة، والاتصال والتواصل، وأخلاقيات العمل، والكفاءة الإنتاجية) على نجاح المشاريع الإنشائية في مدينة عمان. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مدراء المشاريع والمهندسين العاملين في المشاريع الإنشائية بمدينة عمان، وتم الاعتماد على الاستبانة كأداة لجمع البيانات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن جميع السمات الشخصية لمدراء المشاريع لها ارتباطات كبيرة ومعنوية مع مؤشرات نجاح المشاريع الإنشائية، وأن سمة القيادة كانت الأكثر تأثيراً. وأوصت الدراسة بضرورة الاهتمام بتطوير السمات القيادية والتواصلية لمدراء المشاريع من خلال برامج التدريب والتأهيل المستمر.

☒ دراسة (الزعبي وأبو زيد، 2023): "أثر الكفايات القيادية للمديرين في نجاح المشاريع الإنشائية في الأردن"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر الكفايات القيادية للمديرين بأبعادها (الكفاية الاستراتيجية، والكفاية الفنية، والكفاية الإدارية، والكفاية التواصلية) في نجاح المشاريع الإنشائية في الأردن. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مدراء المشاريع والمهندسين في شركات الإنشاءات الأردنية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ودال إحصائياً للكفايات القيادية بجميع أبعادها في نجاح المشاريع الإنشائية، وأن الكفاية الاستراتيجية والفنية كانتا الأكثر تأثيراً في تحقيق النجاح. وأوصت الدراسة بضرورة تبني معايير واضحة لاختيار مدراء المشاريع الإنشائية بناءً على كفاياتهم القيادية، وتوفير برامج لتطوير هذه الكفايات بشكل مستمر.

☒ دراسة (الحسن والنجار، 2023): "تكنولوجيا المعلومات وأثرها في نجاح المشاريع: الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تكنولوجيا المعلومات بأبعادها (البنية التحتية التقنية، والموارد البشرية التقنية، وقواعد البيانات، والبرمجيات) في نجاح المشاريع، مع فحص الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من العاملين في الإدارة العليا والوسطى في الشركات الإنشائية الأردنية، واعتمدت على الاستبانة كأداة لجمع البيانات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لتكنولوجيا المعلومات بأبعادها المختلفة في نجاح المشاريع، وأن المنصات الرقمية تلعب دوراً وسيطاً مهماً في تعزيز هذا الأثر. وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في تطوير البنية التحتية التقنية وتعزيز استخدام المنصات الرقمية في إدارة المشاريع الإنشائية.

☒ دراسة (المهنا والبحراني، 2024): "أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على عروض مسرح الطفل المعاصر: دراسة تحليلية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية بأبعادها (الوسائط المتعددة، والعرض المرئي الرقمي، والتفاعل التكنولوجي) على عروض مسرح الطفل المعاصر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي لتحليل مجموعة من العروض المسرحية المعاصرة الموجهة للطفل. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التكنولوجيا الرقمية تلعب دوراً كبيراً ومحورياً في تطوير عروض المسرح نتيجة التطور السريع والملاحظ في أجهزتها واستخداماتها المتعددة، وأنها تسهم في تعزيز التفاعل البصري والحسي مع الجمهور. وأوصت الدراسة بضرورة توظيف التقنيات الرقمية الحديثة في عروض مسرح الطفل بشكل أوسع، والاستفادة من إمكانياتها في تحسين جودة العروض ورفع مستوى التأثير التربوي والجمالي لها.

☒ دراسة (صميدة، 2024): "أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على النظام العام"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي بأبعادها (التعلم الآلي، والتعرف على الأنماط، ومعالجة اللغات الطبيعية) على النظام العام بعناصره المختلفة في المجال الأمني والشرطي. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمنهج المقارن لتحليل الأطر القانونية والتطبيقية المتعلقة بتوظيف الذكاء الاصطناعي في حفظ النظام العام. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنيات الذكاء الاصطناعي تسهم بشكل فعال في تعزيز قدرات الأجهزة الأمنية على التنبؤ بالمخاطر والتعامل معها بشكل

استباقي، وتحسين الكفاءة التشغيلية لعمليات حفظ النظام العام. وأوصت الدراسة بضرورة وضع أطر تشريعية واضحة تحكم استخدام الذكاء الاصطناعي في المجال الأمني، مع مراعاة حماية الحقوق والحريات الفردية.

✉ دراسة (داهنين، 2024): "أثر القدرات الرقمية في نجاح التحول الرقمي بالمشاريع الريادية: تبني التوجه الاستباقي من خلال تطبيق مقارنة القدرات الديناميكية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر القدرات الرقمية بأبعادها (قدرات الاستشعار الرقمي، وقدرات الاستيعاب الرقمي، وقدرات التحويل الرقمي) في نجاح التحول الرقمي بالمشاريع الريادية، مع تبني التوجه الاستباقي وفق مقارنة القدرات الديناميكية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم جمع البيانات من عينة من أصحاب المشاريع الريادية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي ودال إحصائياً للقدرات الرقمية بأبعادها الثلاثة في نجاح التحول الرقمي، وأن آلية الاستكشاف تتبعها آلية الاستيعاب ثم التحويل تلعب دوراً محورياً في تمكين المشاريع الريادية من التكيف مع البيئة الرقمية. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز القدرات الرقمية للمؤسسات الريادية وتبني التوجه الاستباقي لضمان نجاح التحول الرقمي.

✉ دراسة (الفار وغنيم، 2025): "أثر استخدام تقنية سلسلة الكتل الرقمية Blockchain على توقيت عملية المراجعة الداخلية: مع دراسة ميدانية على البيئة المصرية"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام تقنية سلسلة الكتل الرقمية (Blockchain) بأبعادها (اللامركزية، والشفافية، والأمان، والتتبع) على توقيت عملية المراجعة الداخلية في البيئة المصرية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمنهج الميداني، وتكونت العينة من مجموعة من المراجعين الداخليين العاملين في الشركات المصرية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنية سلسلة الكتل الرقمية تؤثر إيجابياً وبشكل جوهري على توقيت عملية المراجعة الداخلية من خلال تسريع عمليات التحقق والمصادقة وتقليل الوقت اللازم لإتمام إجراءات المراجعة. وأوصت الدراسة بتبني المؤسسات المصرية لتقنية Blockchain في منظومة المراجعة الداخلية لما لها من أثر في تحسين الكفاءة الزمنية وتعزيز الموثوقية.

✉ دراسة (بن عمارة وبن عمارة، 2025): "أثر التقنيات الرقمية في تنمية الإبداع داخل بيئة العمل: دراسة حالة المؤسسة الوطنية للجيوفيزياء ENAGEO"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور التقنيات الرقمية بأبعادها (البنية التحتية الرقمية، والأدوات التكنولوجية، والاتصالات الرقمية) في تنمية الإبداع داخل بيئة العمل بالمؤسسة الوطنية للجيوفيزياء ENAGEO في الجزائر. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي ومنهج دراسة الحالة، وتكونت العينة من (61) موظفاً تم اختيارهم بطريقة قصدية، واعتمدت على الاستبانة كأداة لجمع البيانات ومعالجتها ببرنامج SPSS. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن مستوى الاهتمام بالتقنيات الرقمية داخل المؤسسة كان مرتفعاً، بينما جاء مستوى الإبداع في بيئة العمل متوسطاً، وأن هناك أثراً إيجابياً معنوياً للتقنيات الرقمية في دعم وتنمية الإبداع المهني لدى العاملين. وأوصت الدراسة بتعزيز البنية التحتية الرقمية والاستثمار في تدريب الموظفين على استخدام التقنيات الحديثة لرفع مستوى الإبداع المؤسسي.

☒ دراسة (جبر والشوابكة، 2025): "أثر إدارة المخاطر على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية: الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر إدارة المخاطر بأبعادها (تحديد المخاطر، وتحليل المخاطر، والاستجابة للمخاطر، ومراقبة المخاطر) على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية، مع فحص الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتكونت العينة من مدراء المشاريع والمهندسين العاملين في شركات المقاولات العراقية، وتم استخدام الاستبانة كأداة لجمع البيانات. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود أثر إيجابي دال إحصائياً لإدارة المخاطر بأبعادها على نجاح المشاريع، وأن تحليلات البيانات الضخمة تعدّل هذه العلاقة بشكل إيجابي من خلال تحسين دقة التنبؤ بالمخاطر وسرعة الاستجابة لها. وأوصت الدراسة بتبني تحليلات البيانات الضخمة كأداة داعمة لمنظومة إدارة المخاطر في المشاريع الإنشائية.

ثانياً: الدراسات الأجنبية

☒ دراسة: (Duarte-Vidal, Herrera, Atencio & Muñoz-La Rivera, 2021)

"Interoperability of Digital Tools for the Monitoring and Control of Construction Projects"

هدفت الدراسة إلى التعرف على مستوى التكامل والتشغيل البيئي للأدوات الرقمية بأبعادها (تقنيات التقاط البيانات الميدانية FDCT ، وتقنيات الاتصال والتعاون (CT المستخدمة في الرقابة والمتابعة لمشاريع البناء خلال مرحلة التنفيذ. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي القائم على المراجعة المنهجية للأدبيات وتحليل الشبكات، وشملت تحليل (30) أداة رقمية غير تقليدية. وتكونت عينة التحقق من (5) خبراء أكاديميين وباحثين في مجال إدارة المشاريع الإنشائية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الثلاثية المكونة من نمذجة معلومات البناء (BIM) والطائرات بدون طيار (UAVs) والتصوير المساحي (Photogrammetry) تشكل أداة فعالة ومتكاملة للرقابة والمتابعة، وأن BIM يمتلك أعلى مستوى تشغيل بيئي مع 80% من التقنيات المدروسة. وأوصت الدراسة بالعمل على تطوير منهجيات تدريجية لتبني مجموعات التقنيات المتكاملة في مراقبة المشاريع.

☒ دراسة (Li, Sun, Li, Song & Ding, 2022): "Effects of Digital Technology Adoption on Sustainability Performance in Construction Projects: The Mediating Role of Stakeholder Collaboration"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تبني التقنيات الرقمية بأبعادها (تقنيات التصميم الرقمي، وتقنيات الاتصال الرقمي، وتقنيات التصنيع الرقمي) على أداء الاستدامة في المشاريع الإنشائية، مع فحص الدور الوسيط لتعاون أصحاب المصلحة. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي الاستقصائي، وتكونت العينة من مديري المشاريع والمهندسين في مشاريع البناء الصينية، وتم تحليل البيانات باستخدام نمذجة المعادلات البنائية (SEM). وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تبني التقنيات الرقمية يؤثر إيجابياً وبشكل مباشر وغير مباشر على أداء الاستدامة، وأن تعاون أصحاب المصلحة يلعب دوراً وسيطاً جزئياً مهماً في تعزيز هذا الأثر. وأوصت الدراسة بضرورة تعزيز آليات التعاون بين أصحاب المصلحة وتوفير بيئة داعمة لتبني التقنيات الرقمية لتحقيق أهداف الاستدامة في المشاريع الإنشائية.

☒ دراسة (Zhu, Hwang, Ngo & Tan, 2022): "Applications of Smart Technologies in Construction Project Management"

هدفت الدراسة إلى التعرف على تطبيقات التقنيات الذكية بأبعادها (إدارة الوقت، وإدارة التكلفة، وإدارة الجودة) في إدارة مشاريع البناء والتشييد، وتحديد أبرز التقنيات المؤثرة والتحديات المرتبطة بتطبيقها.

واستخدمت الدراسة المنهج المختلط (المراجعة المنهجية للأدبيات واستطلاع آراء الخبراء)، وتكونت العينة من ممارسي ومتخصصي إدارة مشاريع البناء في سنغافورة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التقنيات الذكية مثل نمذجة معلومات البناء (BIM) وإنترنت الأشياء (IoT) والطائرات بدون طيار تسهم في تحسين إدارة الوقت والتكلفة والجودة بشكل ملموس، وأن نقص الكفاءات الرقمية ومقاومة التغيير يشكلان أبرز التحديات. وأوصت الدراسة بتكثيف الاستثمار في تدريب الكوادر البشرية وتطوير سياسات تدعم التحول الرقمي في قطاع الإنشاءات.

☒ دراسة: (Qureshi, Alaloul, Wing, Saad, Musarat, Ammad & Kineber, 2023)
"Automated Progress Monitoring Technological Model for Construction Projects"

هدفت الدراسة إلى التعرف على العوامل المؤثرة في تطوير نموذج تكنولوجي آلي لمتابعة تقدم المشاريع الإنشائية بأبعاده (الاستشعار عن بُعد، والمعالجة الرقمية للصور، ومقارنة المخطط بالمنفذ). واستخدمت الدراسة المنهج الكمي الاستقصائي، وتكونت العينة من خبراء ومهنيين في إدارة المشاريع الإنشائية، وتم استخدام الاستبانة كأداة لجمع البيانات ومعالجتها بأساليب التحليل العاملي ونمذجة المعادلات البنائية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن العوامل التشغيلية والتكنولوجية والتنظيمية تؤثر بشكل جوهري في نجاح تطبيق المراقبة الآلية لتقدم المشاريع، وأن النموذج المقترح يحسن دقة المتابعة ويقلل من الأخطاء البشرية. وأوصت الدراسة بتبني أنظمة المراقبة الآلية المتكاملة في المشاريع الإنشائية لتحسين كفاءة المتابعة والرقابة.

☒ دراسة: (Dalir & Javanshir, 2024): "Engineering and Management, Value
for Key Indicators of Project Success: Digital Twin in Automatic
Monitoring and Controlling of Construction"

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر استخدام تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) بأبعادها (المحاكاة الرقمية، والمراقبة الآنية، والتحكم الآلي) في المراقبة والتحكم التلقائي لمؤشرات نجاح مشاريع البناء والتشييد. واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الكمي مع تطبيق نماذج هندسية وإدارية لتقييم المؤشرات الرئيسية لنجاح المشاريع. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تقنية التوأم الرقمي تسهم بشكل فعال في تحسين عمليات المراقبة والتحكم التلقائي في المشاريع الإنشائية، مما يعزز الالتزام بالجدول الزمني والميزانية ومعايير الجودة.

وأوصت الدراسة بضرورة تبني تقنية التوأّم الرقمي في المشاريع الإنشائية الكبرى لتعزيز القدرة على المتابعة الآنية واتخاذ القرارات المبنية على البيانات.

☒ دراسة (Jing, 2025): "Practice of Digital Construction to Improve Construction Project Progress Management"

هدفت الدراسة إلى التعرف على ممارسات البناء الرقمي بأبعادها (نمذجة معلومات البناء BIM ، وإدارة البيانات السحابية، وتقنيات التصوير الرقمي) في تحسين إدارة تقدم مشاريع البناء والتشييد .واستخدمت الدراسة المنهج التحليلي الوصفي مع دراسة حالة تطبيقية على مشروع إنشائي فعلي. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن ممارسات البناء الرقمي تسهم بشكل جوهري في تحسين إدارة التقدم الزمني للمشاريع من خلال توفير بيانات لحظية تدعم اتخاذ القرار، وتقليل التأخيرات وتحسين التنسيق بين فرق العمل. وأوصت الدراسة بتوسيع نطاق تطبيق تقنيات البناء الرقمي في جميع مراحل دورة حياة المشروع الإنشائي لتحقيق أقصى استفادة من مزاياها.

☒ دراسة (Adejola & Nwobodo–Anyadiegwu, 2025): "Digital Technologies for Sustainable Construction Project Management: A Systematic Review of Benefits and Challenges"

هدفت الدراسة إلى التعرف على دور التقنيات الرقمية بأبعادها (الإنتاجية، والسلامة المهنية، والاستدامة البيئية) في تعزيز إدارة مشاريع البناء المستدامة، وتحديد فوائدها وتحدياتها. واستخدمت الدراسة منهج المراجعة المنهجية المنظمة وفقاً لبروتوكول PRISMA ، وتكونت العينة من (18) دراسة تجريبية مستخرجة من قواعد بيانات Scopus و Web of Science للفترة من 2016 إلى 2025. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن نمذجة معلومات البناء (BIM) تعد الابتكار الرقمي الأكثر تأثيراً في دعم مكاسب الإنتاجية وتحسين معايير السلامة والتقدم نحو الممارسات المستدامة، وأن التحديات الرئيسية تشمل ارتفاع تكاليف التنفيذ والتدريب ومخاوف خصوصية البيانات ونقص الكوادر المؤهلة ومقاومة التغيير. وأوصت الدراسة بأن يعطي صانعو السياسات والممارسون الأولوية لبناء القدرات الرقمية وتقديم حوافز سياسية وأطر تنظيمية لتعزيز التحول الرقمي المستدام في إدارة مشاريع البناء.

8.1 الفجوة البحثية

من خلال الاستعراض المعمق للدراسات السابقة العربية والأجنبية ذات الصلة بموضوع الدراسة الحالية، يتضح وجود فجوة بحثية واضحة يمكن تحديد ملامحها في عدة جوانب مترابطة. فمن حيث تناول الموضوعي، يُلاحظ أن الدراسات العربية التي تناولت التقنيات الرقمية ركزت في معظمها على قطاعات بعيدة عن قطاع الإنشاءات كمسرح الطفل (المهنا والبحراني، 2024) والنظام العام الأمني (صميذة، 2024) والمراجعة الداخلية (الفار وغنيم، 2025) والإبداع المؤسسي (بن عمارة وبن عمارة، 2025)، بينما تناولت الدراسات التي بحثت في نجاح المشاريع الإنشائية عوامل تقليدية كالتخطيط (المعادات وأبو زيد، 2021) والسمات الشخصية للمدراء (الحباري والحياصات، 2022) والكفايات القيادية (الزعي وأبو زيد، 2023) وإدارة المخاطر (جبر والشوابكة، 2025)، دون أن تربط بشكل مباشر بين التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة ونجاح المشاريع الإنشائية العملاقة. أما الدراسات الأجنبية فرغم تناولها لتقنيات رقمية محددة كالتوأم الرقمي (Dalir & Javanshir, 2024) والتقنيات الذكية (Zhu et al., 2022) والمراقبة الآلية (Qureshi et al., 2023) والتشغيل البيئي للأدوات الرقمية (Duarte-Vidal et al., 2021)، إلا أنها عالجت هذه التقنيات بشكل منفصل ولم تجمعها في نموذج تكاملي واحد يربط بين أبعادها الأربعة مجتمعة وبين نجاح المشاريع، فضلاً عن أن معظمها طُبّق في سياقات غربية وآسيوية تختلف جوهرياً عن البيئة السعودية. ومن حيث السياق التطبيقي، لم تُجر أي دراسة سابقة — في حدود علم الباحث — على مشاريع إنشائية عملاقة ذات خصوصية دينية وتشغيلية كمشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام، وهو مشروع يتفرد بطبيعة استثنائية تجمع بين التعقيد الهندسي الفائق وضرورة ضمان استمرارية خدمة ملايين الطائفين والمعتمرين أثناء التنفيذ. وعليه، تأتي الدراسة الحالية لسد هذه الفجوة البحثية من خلال تقديم نموذج تكاملي يجمع بين أربعة أبعاد للتقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة (نمذجة معلومات البناء، والتوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) ويختبر أثرها على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في سياق تطبيقي فريد لم يُدرس من قبل..

9.1 المنطلقات النظرية للدراسة:

أولاً: مفهوم التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

شهد قطاع الإنشاءات خلال العقدین الأخيرین تحولاً جذرياً في أساليب الرقابة والمتابعة، حيث انتقل تدريجياً من الاعتماد على الأساليب التقليدية القائمة على الفحص الميداني اليدوي والتوثيق الورقي والتقارير الدورية المتأخرة، إلى تبني منظومات رقمية متكاملة قادرة على توفير بيانات لحظية ودقيقة تدعم اتخاذ القرارات في الوقت المناسب. وتُعرف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة إجرائياً في هذه الدراسة بأنها مجموعة الأدوات والأنظمة التكنولوجية الحديثة التي تُوظف في رصد ومتابعة تقدم الأعمال الإنشائية ومقارنة الأداء الفعلي بالمخطط، والكشف المبكر عن الانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة، وتشمل في هذه الدراسة أربعة أبعاد رئيسية هي نمذجة معلومات البناء (BIM)، وتقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية (Duarte-Vidal et al., 2021).

ويرتكز الإطار النظري لهذه الدراسة على نظرية انتشار الابتكارات (Diffusion of Innovations Theory) التي وضعها روجرز (Rogers, 2003)، والتي تُفسر كيفية انتقال الابتكارات التكنولوجية وتبنيها داخل المنظمات والأنظمة الاجتماعية عبر الزمن. وتحدد هذه النظرية خمس خصائص رئيسية تؤثر في قرار تبني الابتكار هي الميزة النسبية والتوافق والتعقيد وقابلية التجريب وقابلية الملاحظة، وهي خصائص تنطبق بشكل مباشر على عملية تبني التقنيات الرقمية في قطاع الإنشاءات (Adejola & Nwobodo, 2025). كما تستند الدراسة إلى مقارنة القدرات الديناميكية (Dynamic Capabilities Approach) التي تُفسر قدرة المنظمات على استشعار التغيرات في بيئتها واستيعابها وتحويلها إلى ميزة تنافسية من خلال التكيف الاستباقي مع المتطلبات الرقمية المتجددة (داهنين، 2024).

ثانياً: أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

نمذجة معلومات البناء (Building Information Modeling – BIM)

تُعرف نمذجة معلومات البناء بأنها عملية إنشاء وإدارة تمثيل رقمي ثلاثي الأبعاد للخصائص الفيزيائية والوظيفية للمشروع الإنشائي، بحيث يُشكّل هذا النموذج قاعدة بيانات مشتركة وموثوقة تدعم اتخاذ القرارات خلال دورة حياة المشروع بأكملها. وتتجاوز تقنية BIM مفهوم التصميم ثلاثي الأبعاد لتشمل البعد الرابع المتعلق بالزمن (4D) والبعد الخامس المتعلق بالتكلفة (5D)، مما يُتيح إجراء مقارنات آنية بين التقدم المخطط والفعلي واكتشاف التعارضات بين التخصصات المختلفة قبل وقوعها في الموقع. وقد أثبتت

الدراسات أن تقنية BIM تمتلك أعلى مستوى من التشغيل البيئي مع التقنيات الرقمية الأخرى، حيث يمكنها التكامل مع نحو 80% من التقنيات المستخدمة في الرقابة والمتابعة (Duarte-Vidal et al., 2021)، وتُعدّ الابتكار الرقمي الأكثر تأثيراً في دعم الإنتاجية وتحسين معايير الجودة في المشاريع الإنشائية (Adejola & Nwobodo-Anyadiegwu, 2025).

تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)

يُعرّف التوأم الرقمي بأنه نسخة افتراضية ديناميكية ومحدّثة باستمرار من الأصل المادي للمشروع الإنشائي، تعتمد على البيانات المتدفقة من أجهزة الاستشعار وأنظمة المراقبة في الموقع لتوفير محاكاة آنية لحالة المشروع وأدائه. وتُمكن هذه التقنية مدراء المشاريع من مراقبة مؤشرات الأداء الرئيسية للمشروع في الزمن الحقيقي والتنبؤ بالمشكلات المحتملة قبل وقوعها واتخاذ القرارات المبنية على بيانات دقيقة ومحدّثة. وقد أكدت الدراسات أن التوأم الرقمي يُسهم بفاعلية في تحسين عمليات المراقبة والتحكم التلقائي في المشاريع الإنشائية من خلال ربط النموذج الرقمي بالواقع الميداني بشكل مستمر ومتزامن (Dalir & Javanshir, 2024).

الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد

تُعرّف الطائرات بدون طيار (UAVs) بأنها أنظمة طيران آلية أو شبه آلية مجهزة بكاميرات وأجهزة استشعار متقدمة تُستخدم في التقاط الصور الجوية وإنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد لمواقع العمل بدقة عالية ومسح المواقع الإنشائية بشكل دوري ومنتظم. أما تقنيات الاستشعار عن بُعد فتشمل أجهزة المسح الليزري (LiDAR) وأجهزة الاستشعار البيئي وأنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS) وغيرها من التقنيات التي تُمكن من جمع بيانات ميدانية دقيقة دون الحاجة إلى التواجد المادي المباشر في كل نقطة من نقاط المشروع. وتُسهم هذه التقنيات في تسريع عملية رصد التقدم الميداني ومقارنته بنموذج التصميم وتوثيق حالة الموقع بشكل مرئي ومتكرر. (Qureshi et al., 2023)

منصات إدارة المشاريع السحابية

تُعرّف منصات إدارة المشاريع السحابية بأنها بيئات عمل رقمية تعاونية مستضافة على خوادم الحوسبة السحابية، تُتيح لجميع أصحاب المصلحة في المشروع الوصول إلى البيانات والمعلومات والوثائق المتعلقة

بالمشروع في أي وقت ومن أي مكان، وتُوفّر أدوات للتواصل والتنسيق وإدارة سير العمل وتتبع المهام وإعداد التقارير بشكل آلي ومتكامل. وتسهم هذه المنصات في تجاوز مشكلة تشتت المعلومات وتأخر الاتصالات التي تعاني منها المشاريع الإنشائية العملاقة بسبب تعدد الأطراف والتخصصات المشاركة فيها (Jing, 2025).

ثالثاً: مفهوم نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

يُعرّف نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة إجرائياً في هذه الدراسة بأنه الدرجة التي يتحقق عندها إنجاز المشروع الإنشائي العملاق وفقاً للأهداف والمعايير المحددة مسبقاً، ويُقاس من خلال أربعة مؤشرات رئيسية هي الالتزام بالجدول الزمني المعتمد والذي يعكس قدرة المشروع على إنجاز مراحلها ضمن الإطار الزمني المخطط، والالتزام بالميزانية المحددة والذي يعكس قدرة المشروع على التحكم في التكاليف ضمن الحدود المرسومة، وتحقيق معايير الجودة المطلوبة والذي يعكس مطابقة المخرجات للمواصفات والمعايير الهندسية المعتمدة، ورضا أصحاب المصلحة والذي يعكس مستوى تحقيق التوقعات والمتطلبات لجميع الأطراف ذات العلاقة (الحسن والنجار، 2023). وتُعدّ المشاريع الإنشائية العملاقة تلك المشاريع التي تتجاوز تكلفتها مليار دولار أو ما يعادله وتتسم بالتعقيد الهندسي والتنظيمي العالي وتعدد أصحاب المصلحة وامتداد الأفق الزمني للتنفيذ (المعادن وأبو زيد، 2021) ؟

رابعاً: مفهوم المشاريع الإنشائية العملاقة

تُعرّف المشاريع الإنشائية العملاقة (Mega Construction Projects) بأنها مشاريع البناء والتشييد واسعة النطاق التي تتميز بضخامة حجمها وارتفاع تكاليفها وتعدد أطرافها وتعقيد عملياتها الهندسية والإدارية وامتداد فترات الزمنية، وتتطلب مستويات عالية من التخطيط والتنسيق والرقابة لضمان تحقيق أهدافها. ويُمثّل مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام نموذجاً متفرداً لهذا النوع من المشاريع، نظراً لما يجمعه من خصائص استثنائية تتعلق بالحجم والتعقيد الهندسي والحساسية الدينية والتشغيلية التي تستوجب ضمان استمرارية خدمة الطائفين والمعتمرين دون انقطاع خلال مراحل التنفيذ (جبر والشوابكة، 2025).

خامساً: مفهوم الرقابة والمتابعة في المشاريع الإنشائية

تُعرف الرقابة والمتابعة في المشاريع الإنشائية بأنها مجموعة العمليات والإجراءات المنظمة التي تهدف إلى رصد الأداء الفعلي للمشروع ومقارنته بالخطط الموضوعة والمعايير المعتمدة، وتحديد الانحرافات وتحليل أسبابها واتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية اللازمة لضمان سير المشروع وفق أهدافه المحددة من حيث الزمن والتكلفة والجودة والنطاق. وتُشكل الرقابة والمتابعة الفعالة حلقة تغذية راجعة مستمرة تربط بين مراحل التخطيط والتنفيذ، حيث تُمكن مدراء المشاريع من الحصول على صورة دقيقة ومحدّثة عن حالة المشروع واتخاذ القرارات المبنية على معلومات موثوقة في الوقت المناسب. (Qureshi et al., 2023)

10.1 المنهجية وطرق البحث:

ستعتمد هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي باعتباره المنهج الأنسب لطبيعة الدراسة وأهدافها، حيث يُمكن هذا المنهج من وصف الظاهرة المدروسة وصفاً دقيقاً والتعبير عنها كمياً وكيفياً، وذلك من خلال جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بأثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام. وسيتم توظيف هذا المنهج في شقّه النظري من خلال مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة ذات الصلة لبناء الإطار النظري للدراسة، وفي شقّه التطبيقي من خلال تصميم استبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات الأولية من أفراد عينة الدراسة.

وسيتم تحليل البيانات المجمّعة باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية المناسبة بواسطة برنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS)، بما يُمكن من وصف متغيرات الدراسة وتحديد مستوياتها، واختبار فرضيات الدراسة والكشف عن العلاقات والأثر بين المتغير المستقل (التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة) بأبعاده الأربعة والمتغير التابع (نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة)، والوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة يمكن تعميمها وتقديم توصيات مبنية عليها.

11.1 مجتمع الدراسة وعينتها

سيتمكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام بمكة المكرمة من المهندسين ومدراء المشاريع والمشرفين الفنيين ومسؤولي الرقابة والمتابعة ومتخصصي تقنية المعلومات والعاملين في الأقسام الهندسية والإدارية ذات العلاقة المباشرة بعمليات الرقابة والمتابعة في المشروع، والذين

يتملكون خبرة عملية في استخدام التقنيات الرقمية أو التعامل معها في بيئة العمل، ويُقدّر حجم مجتمع الدراسة بنحو (350) فرداً موزعين على الجهات المشرفة والمنفذة والاستشارية العاملة في المشروع.

وستتم الاستعانة بأسلوب العينة الطبقية العشوائية التناسبية لضمان تمثيل جميع الفئات الوظيفية والتخصصية في مجتمع الدراسة تمثيلاً متوازناً، حيث سيتم تقسيم مجتمع الدراسة إلى طبقات وفقاً للمسمى الوظيفي والتخصص ثم اختيار عينة عشوائية من كل طبقة بما يتناسب مع حجمها النسبي. وبلاستناد إلى جدول (Krejcie & Morgan, 1970) لتحديد حجم العينة، سيتم اختيار عينة قوامها (186) فرداً من مجتمع الدراسة البالغ (350) فرداً، مع توزيع (210) استبانات لتعويض الفاقد المحتمل وضمان الحصول على عدد كافٍ من الاستبانات الصالحة للتحليل الإحصائي.

12.1 مصادر جمع البيانات

ستعتمد الدراسة على مصدرين رئيسيين لجمع البيانات:

- المصادر الثانوية: وتشمل الكتب والمراجع العلمية، والدوريات والمجلات المحكمة، والرسائل الجامعية (ماجستير ودكتوراه)، والتقارير والمنشورات الرسمية، وقواعد البيانات الإلكترونية العربية والأجنبية ذات الصلة بموضوع الدراسة، وذلك لبناء الإطار النظري وصياغة أداة الدراسة.
- المصادر الأولية: وتتمثل في الاستبانة التي سيتم تصميمها وتطويرها خصيصاً لأغراض هذه الدراسة، والتي ستوزع على أفراد عينة الدراسة لجمع البيانات الميدانية المتعلقة بمتغيرات الدراسة المستقلة والتابعة.

13.1 أداة الدراسة (الاستبانة)

ستتكون الاستبانة من ثلاثة أقسام رئيسية على النحو التالي:

القسم الأول: البيانات الديموغرافية سيتضمن هذا القسم البيانات الشخصية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة، وتشمل: المؤهل العلمي، وسنوات الخبرة، والمسمى الوظيفي، والتخصص.

القسم الثاني: المتغير المستقل – التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة (16 فقرة) سيتضمن هذا القسم أربعة أبعاد، يتكون كل بُعد من (4) فقرات، وذلك على النحو التالي:

- **البُعد الأول:** نمذجة معلومات البناء (4) — (BIM) فقرات.
- **البُعد الثاني:** تقنية التوأم الرقمي (4) — (Digital Twin) فقرات.
- **البُعد الثالث:** الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد — (4) فقرات.
- **البُعد الرابع:** منصات إدارة المشاريع السحابية — (4) فقرات.

القسم الثالث: المتغير التابع – نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة (10 فقرات) سيتكون هذا القسم من محور واحد يقيس نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة من خلال (10) فقرات تغطي مؤشرات النجاح المختلفة (الالتزام بالجدول الزمني، والالتزام بالميزانية، وتحقيق معايير الجودة، ورضا أصحاب المصلحة) وبذلك سيبلغ إجمالي فقرات الاستبانة (26) فقرة بالإضافة إلى البيانات الديموغرافية، وسيتم قياس استجابات أفراد العينة باستخدام مقياس ليكرت الخماسي (موافق بشدة = 5، موافق = 4، محايد = 3، غير موافق = 2، غير موافق بشدة = 1)

14.1 الأساليب الإحصائية المستخدمة

سيتم استخدام الأساليب الإحصائية التالية في تحليل بيانات الدراسة بواسطة برنامج: (SPSS)

- معامل كرونباخ ألفا: (Cronbach's Alpha) للتحقق من ثبات أداة الدراسة واتساقها الداخلي.
- التحليل العاملي التوكيدي: للتحقق من صدق البناء لأداة الدراسة.
- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص عينة الدراسة الديموغرافية.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لتحديد مستوى استجابات أفراد العينة على متغيرات الدراسة وترتيب أبعادها وفقراتها.
- معامل ارتباط بيرسون: (Pearson Correlation) لقياس العلاقة بين المتغير المستقل بأبعاده والمتغير التابع.
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد: (Multiple Linear Regression) لاختبار أثر أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع واختبار الفرضيات الرئيسية والفرعية.

- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على حدة على المتغير التابع.
- اختبار (ت) للعينات المستقلة (Independent Samples T-Test) للكشف عن الفروق في الاستجابات وفقاً للمتغيرات الديموغرافية ثنائية الفئات.

15.1 حدود الدراسة

- الحدود الموضوعية: ستقتصر الدراسة على دراسة أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها الأربعة (نمذجة معلومات البناء BIM ، وتقنية التوائم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة.
- الحدود المكانية: ستطبق الدراسة الميدانية على مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام في مكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية.
- الحدود البشرية: ستقتصر الدراسة على المهندسين ومدراء المشاريع والمشرفين الفنيين ومسؤولي الرقابة والمتابعة ومتخصصي تقنية المعلومات العاملين في مشروع توسعة المطاف.
- الحدود الزمانية: سيتم تطبيق الدراسة الميدانية وتوزيع الاستبانة خلال الفصل الدراسي الثاني من العام الجامعي 1447/1448هـ الموافق 2026م

الفصل الثاني: الإطار النظري للدراسة

المبحث الأول: التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

1.1.2 تمهيد

شهدت صناعة التشييد العالمية خلال العقدین الأخيرین تحولاً جوهرياً في أساليب إدارة المشاريع ومتابعتها، إذ لم تعد الممارسات التقليدية القائمة على التوثيق الورقي والمتابعة الميدانية المباشرة قادرة على استيعاب التعقيد المتنامي للمشاريع الإنشائية العملاقة، ولا على التعامل مع الحجم الهائل من البيانات التي تتدفق يومياً من مواقع التنفيذ. وفي ظل هذا التحول، برزت التقنيات الرقمية بوصفها ركيزة استراتيجية لإعادة هندسة وظائف الرقابة والمتابعة، عبر تزويد متخذي القرار بأدوات قياس وتحليل وتنبؤ تتجاوز الحدود الزمانية والمكانية للمشروع. وقد أشار داهينين (2024) إلى أن القدرات الرقمية باتت تمثل مصدراً استراتيجياً لتمكين المنظمات من إعادة تشكيل نماذج أعمالها وفق منطق ديناميكي يستوعب التحولات البيئية المتسارعة، الأمر الذي ينسحب بدوره على بيئة التشييد بوصفها واحدة من أكثر القطاعات تعقيداً واستهلاكاً للموارد.

وتتطلب أهمية تناول التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة من كونها لا تمثل مجرد أدوات تكميلية للممارسات الإدارية، بل تُعد إطاراً متكاملًا يُعيد تعريف العلاقة بين الإدارة والميدان، وبين البيانات والقرار. وقد لفت أحمد ومهدي (2024) إلى أن استراتيجيات التحول الرقمي أصبحت تشكل عاملاً محورياً في إعادة هيكلة العمليات داخل منظمات الأعمال، وفي تعزيز قدرتها على إدارة مشاريعها بكفاءة أعلى. ويتأكد هذا التوجه في سياق المشاريع الإنشائية العملاقة، حيث تتشابك المهام وتتعدد أطراف العمل، وتتطلب الرقابة آليات قادرة على التقاط الانحرافات في وقتها الحقيقي، وعلى توفير رؤية شاملة للمشروع من زوايا متعددة. ويأتي هذا المبحث ليتناول مفهوم التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة، وأهميتها، وأهدافها، وأبعادها الأربعة المتمثلة في نمذجة معلومات البناء، والتوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية، فضلاً عن استراتيجيات توظيفها في بيئة المشاريع الإنشائية.

2.1.2 مفهوم التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

تعددت التعريفات التي تناولت مفهوم التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة، وذلك بحسب الزاوية التي ينطلق منها كل باحث، والمجال الذي يطبق فيه هذه التقنيات. فقد عرّفها بن عمارة وبن عمارة (2025) باعتبارها مجموعة من الأدوات والأنظمة الإلكترونية التي توظف داخل بيئة العمل بهدف تحسين سير العمليات وتعزيز قدرة المؤسسة على الإبداع والتطوير، بما يجعلها امتداداً تقنياً لوظائف الإدارة الكلاسيكية. ويوسّع أحمد (2021) من هذا التعريف حين يصفها بأنها منظومة متكاملة من البرمجيات والأجهزة التي تتيح معالجة المعلومات وتخزينها واسترجاعها وتوظيفها في إنتاج المعرفة، مما يجعلها أداة لتوليد القيمة لا مجرد وسيلة للأرشفة الإلكترونية.

ومن زاوية أخرى ترتبط بميدان المحاسبة والمراجعة، يرى قلبه وآخرون (2025) أن التقنيات الرقمية تمثل البنية المعرفية والتقنية التي تستند إليها عمليات الفحص والمتابعة، عبر توفير قدرات تحليلية متقدمة تتيح للمراجع التعامل مع البيانات الضخمة في زمن قياسي، وبجودة عالية. أما حبور وآخرون (2026) فيقدّمان مفهوماً أكثر شمولاً، إذ يعدّون التقنيات الرقمية حزمة من التطبيقات والابتكارات التي تُحدث تحولاً عميقاً في بيئة العمل، من خلال إعادة تشكيل العمليات والإجراءات والتقارير، بما ينعكس على جودة المخرجات ومستوى الشفافية. ويتقاطع هذا التوجه مع ما طرحته فيومي والزهراني (2026) من أن التقنيات الرقمية ليست مجرد وسائط تقنية، بل هي بيئة معرفية متكاملة تتفاعل فيها أدوات الذكاء الاصطناعي والبرمجيات المتقدمة لإنتاج قيمة إبداعية وإدارية جديدة.

وفي السياق الإنشائي تحديداً، يصف (Zhu et al. (2022) التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأنها منظومة من التقنيات الذكية التي تُوظف لجمع البيانات الميدانية ومعالجتها وتحليلها بهدف ضبط مسار التنفيذ، والتحقق من توافق المنجز مع المخطط له. ويتكامل هذا التعريف مع طرح Duarte-Vidal et al. (2021) الذي يصف هذه التقنيات بأنها أدوات قابلة للتشغيل البيني، تتيح تبادل البيانات بين مختلف أنظمة المشروع، مما يضيف عليها طابعاً شبكياً يتجاوز الاستخدام المنفرد للأداة الواحدة. ويُضيف Adejola و (Nwobodo-Anyadiegwu (2025) بُعداً يتعلق بالاستدامة، إذ يعرفان التقنيات الرقمية بوصفها حزمة من الحلول التكنولوجية التي تخدم إدارة المشاريع الإنشائية ضمن إطار مستدام، يجمع بين الكفاءة الاقتصادية والمسؤولية البيئية والاجتماعية.

ويتضح من استعراض هذه التعريفات أن هناك ثلاثة اتجاهات رئيسية في تعريف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة: اتجاه أداتي يركّز على الأجهزة والبرمجيات بوصفها أدوات تنفيذية، واتجاه عملياتي ينظر

إليها باعتبارها منظومة لإعادة هندسة العمليات وضبط مسارها، واتجاه استراتيجي يضعها في موقع المحرك للتحويل المؤسسي وتوليد القيمة. ويرى الباحث، في ضوء هذه المقاربات، أن التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة يمكن تعريفها إجرائياً بأنها منظومة متكاملة من الأدوات والأنظمة والتطبيقات الذكية التي توظفها الشركات المنفذة للمشاريع الإنشائية العملاقة لرصد الأداء الميداني، ومقارنته بالمعايير المخطط لها، وتحليل الانحرافات في وقتها الحقيقي، واتخاذ القرارات التصحيحية بناءً على بيانات موثوقة، بما يحقق التكامل بين البعد التقني والبعد الإداري ويعزز قدرة المشروع على تحقيق أهدافه ضمن قيود الزمن والكلفة والجودة.

3.1.2 أهمية التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

تكتسب التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة أهمية متنامية في بيئة المشاريع الإنشائية العملاقة، نظراً لما توفره من قدرة على تجاوز القصور المتأصل في الممارسات التقليدية، وما تطرحه من إمكانيات لإعادة هيكلة دورة حياة المشروع برمتها. وتتبع هذه الأهمية من كون المشاريع العملاقة لا تُقاس فقط بحجم استثماراتها، بل بدرجة تعقيد شبكاتها التعاقدية، وتعدد أصحاب المصلحة فيها، وحساسيتها للتغيرات الميدانية، مما يجعل توفير أدوات رقابة دقيقة وفورية شرطاً جوهرياً لاستدامة الأداء.

ويشير صميده (2024) إلى أن أهمية التقنيات الرقمية تتجلى في عدة محاور: أولها قدرتها على إعادة ضبط النظام العام للعمليات داخل المنظمة عبر آليات تحكم ذكية تتجاوز القيود البشرية، وثانيها رفع كفاءة معالجة البيانات والمعلومات بما يحقق سرعة الاستجابة في القرارات، وثالثها تعزيز الشفافية والمساءلة من خلال إتاحة سجلات إلكترونية يصعب التلاعب بها، ورابعها دعم التكامل بين الأنظمة الفرعية المختلفة داخل المنظومة الإدارية، وخامسها تمكين القيادة من ممارسة الإشراف عن بُعد بفاعلية مماثلة للإشراف الميداني المباشر. ويضيف الفار وغنيم (2025) أن أهمية التقنيات الرقمية تتجلى في قدرتها على تقليص الزمن اللازم لإنجاز مهام الرقابة والمراجعة، وفي رفع موثوقية البيانات المرتبطة بمراحل التنفيذ، وفي إتاحة آليات تتبع للمعاملات يصعب اختراقها أو تحريفها، فضلاً عن إسهامها في تخفيض كلفة الرقابة من خلال الاستغناء عن كثير من الإجراءات اليدوية المكلفة.

ويرى الحسن والنجار (2023) أن أهمية تكنولوجيا المعلومات والتقنيات الرقمية في بيئة الشركات الإنشائية تتمحور حول إسهامها في إيجاد بنية تحتية معلوماتية متطورة تربط مختلف مواقع المشروع بمركز اتخاذ القرار، وتيسير تدفق المعلومات بين أطراف العمل بصورة آنية، وتعزيز قدرة الإدارة على رصد

المخاطر المحتملة قبل تفاقمها، إلى جانب توفير بيئة خصبة لتبني ممارسات إدارية حديثة قائمة على الذكاء التشغيلي. ومن منظور مكمل، يلفت أحمد (2021) إلى أن التقنيات الرقمية تكتسب أهميتها من قدرتها على إعادة تشكيل العلاقات الإنتاجية داخل المؤسسة، وإنتاج محتوى أكثر دقة وموضوعية، وتوفير وسائل تواصل تتجاوز الحدود الجغرافية، مما يجعلها رافعة جوهرية لتحسين الأداء المؤسسي بصفة عامة.

ومن جهة أخرى، يؤكد Adejola و Nwobodo-Anyadiiegwu (2025) أن أهمية التقنيات الرقمية في إدارة المشاريع الإنشائية المستدامة تتجلى في إسهامها في خفض الفاقد من الموارد، وتحسين الكفاءة الطاقوية، وتعزيز قدرة فرق المشروع على التنسيق متعدد التخصصات، علاوة على دورها في تمكين الشركات من الاستجابة لمتطلبات الاستدامة البيئية والاجتماعية التي باتت شرطاً تعاقدياً في كثير من المشاريع العملاقة. ويُضيف (2025) Jing بُعداً تطبيقياً حين يلفت إلى أن أهمية البناء الرقمي تكمن في تحسين إدارة تقدم المشروع، عبر إتاحة رؤية مستمرة لمراحل التنفيذ، وضبط الجدولة الزمنية، وتعزيز قدرة الإدارة على التدخل المبكر عند رصد أي انحراف عن المسار المخطط.

ويرى الباحث في ضوء ما سبق أن أهمية التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة في المشاريع الإنشائية العملاقة لا تنحصر في بُعد تشغيلي ضيق، بل تمتد لتشمل أبعاداً استراتيجية ومؤسسية، إذ تسهم في تعزيز القدرة التنافسية للشركات المنفّذة، ورفع موثوقيتها أمام أصحاب المصلحة، وتوفير قاعدة معرفية متراكمة يمكن توظيفها في المشاريع المستقبلية. كما تمنح هذه التقنيات الإدارة قدرة استثنائية على التعامل مع المخاطر المركبة التي تواجه المشاريع العملاقة، وتُمكنها من تحقيق التوازن الدقيق بين متطلبات السرعة والكلفة والجودة والاستدامة في آن واحد.

4.1.2 أهداف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

تتعدد الأهداف التي يسعى تبني التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة إلى تحقيقها داخل بيئة المشاريع الإنشائية العملاقة، وتتشكل هذه الأهداف وفق الأولويات التي تحددها الإدارة، وطبيعة المشروع، والمخاطر المتوقعة. وقد تناول عدد من الباحثين هذه الأهداف من زوايا مختلفة تتكامل فيما بينها لتقدّم صورة متكاملة عما تطمح الإدارة إلى بلوغه من خلال توظيف هذه التقنيات.

ويحدد المهنا والبحراني (2024) جملة من الأهداف التي تنشدها المنظمات من توظيف التقنيات الرقمية، يمكن استعراضها على النحو التالي: تطوير العمليات الجوهرية وإعادة هندستها بما يتلاءم مع البيئة الرقمية، وتعزيز قدرة المؤسسة على إنتاج مخرجات ذات قيمة مضافة عالية، وتوفير وسائل تواصل تفاعلية تتجاوز القيود التقليدية، ودعم التكامل بين الوحدات الإدارية المختلفة، وإثراء البيئة المعرفية للعاملين بما يرفع من جاهزيتهم لمواكبة المستجدات. ويُضيف الفار وغنيم (2025) بُعداً نوعياً للأهداف، إذ يرى أن تبني تقنيات متقدمة كسلسلة الكتل الرقمية يستهدف ضبط توقيت العمليات بدقة، وضمان عدم قابلية البيانات للتعديل بأثر رجعي، وتعزيز ثقة الأطراف في صحة المعلومات المتداولة، وتقليل الفجوة الزمنية بين حدوث العملية ورصدها رقابياً، إلى جانب إرساء بيئة عمل أكثر شفافية وانضباطاً.

ومن منظور تطبيقي مكمل، يوضح Qureshi et al. (2023) أن الأهداف الجوهرية لتوظيف نموذج متابعة التقدم الآلي في المشاريع الإنشائية تتركز في عدة محاور، أبرزها: أتمتة عملية رصد تقدم العمل وتقليل الاعتماد على الجهد البشري في جمع البيانات، وتعزيز دقة قياس الكميات المنجزة عبر أدوات استشعار متقدمة، وتوفير قاعدة بيانات مرجعية يمكن للإدارة استثمارها في التحليل والمقارنة، وتسريع دورة اتخاذ القرار من خلال الانتقال من التقارير الدورية إلى الرصد المستمر، فضلاً عن دعم التكامل بين مرحلتي التخطيط والتنفيذ بصورة تحول دون تباعهما. ويرى Alizadehsalehi و Yitmen (2023) أن الأهداف تمتد لتشمل توفير نموذج رقمي مرآوي يُحاكي الواقع، ويمكن الإدارة من إجراء التجارب الافتراضية قبل التطبيق الميداني، ومن استشراف السيناريوهات البديلة للتعامل مع المتغيرات الطارئة، إلى جانب تقليل الفاقد من الوقت والمواد، وتعزيز كفاءة استخدام الموارد البشرية والمادية.

ويلفت Li et al. (2022) إلى مجموعة من الأهداف ذات الصلة بالأداء المستدام للمشاريع الإنشائية، تتضمن: تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة عبر بيئة رقمية مشتركة، وتقليل الأثر البيئي لعمليات التنفيذ، ورفع مستوى الكفاءة الاقتصادية للمشروع، وتمكين الإدارة من اتخاذ قرارات قائمة على بيانات متعددة المصادر، وضمان التوافق مع متطلبات الجهات التنظيمية والمعايير الدولية. ويتقاطع ذلك مع ما يطرحه Adam و Gatobu (2025) من أهداف تتعلق بأدوات المتابعة الرقمية للمشاريع الممولة، حيث تتركز هذه الأهداف في رفع كفاءة استخدام التمويل المتاح، وتعزيز الشفافية أمام الجهات المانحة، وتقليل هامش الخطأ في التقارير الدورية، وتيسير إجراءات التدقيق والمراجعة، وتوفير قاعدة معلومات موثوقة لقياس الأثر.

ويُلاحظ من تنوع هذه الطروحات أن أهداف توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة تتوزع بين أهداف تشغيلية مباشرة ترتبط بمسار التنفيذ اليومي، وأهداف تكتيكية تتعلق بضبط المخاطر وتحسين الأداء، وأهداف استراتيجية تستهدف تعزيز المكانة التنافسية للمنظمة وقدرتها على تحقيق الاستدامة. ويرى الباحث أن هذه الأهداف يجب أن تُدمج ضمن منظومة متكاملة تضمن الاتساق بين المستويات الثلاثة، بحيث لا تُختزل التقنيات الرقمية في وظيفة تشغيلية، ولا تُحمّل أعباء استراتيجية تفوق طاقتها التقنية، بل تُوظف بوصفها أداة تمكينية ضمن استراتيجية شاملة لإدارة المشاريع العملاقة.

5.1.2 أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

تم تحديد أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بناءً على دراسة (Zhu et al. (2022 ودراسة (Duarte-Vidal et al. (2021 ودراسة (Qureshi et al. (2023 ، إلى جانب الإطار التحليلي الذي قدّمه Adejola و (Nwobodo-Anyadiegwu (2025)، وذلك بما يتلاءم مع طبيعة المشاريع الإنشائية العملاقة وسياق مشروع توسعة المطاف. وقد جرى انتقاء أربعة أبعاد رئيسية تمثل أكثر التقنيات نضجاً وانتشاراً وقدرة على إحداث أثر ملموس في وظائف الرقابة والمتابعة، وهي: نمذجة معلومات البناء (BIM) ، وتقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) ، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية.

البعد الأول: نمذجة معلومات البناء (BIM)

تُمثل نمذجة معلومات البناء أحد أبرز التحولات الرقمية في صناعة التشييد، إذ تنقل ممارسة الرسم الهندسي من فضاء التمثيل الثنائي المسطح إلى فضاء النمذجة المعلوماتية متعدد الأبعاد، الذي يدمج البيانات الهندسية والإنشائية والإدارية ضمن نموذج رقمي موحد. ويصف (Zhu et al. (2022 هذه التقنية بوصفها بيئة معلوماتية تكاملية تتيح لمختلف التخصصات المساهمة في تكوين النموذج الواحد، وتبادل المعلومات بصورة آنية، بما يقلل التعارضات بين التخصصات ويرفع كفاءة التنسيق في مرحلتي التصميم والتنفيذ. وتكمن أهمية هذه التقنية في وظيفة الرقابة والمتابعة في كونها تقدّم مرجعية موحدة يمكن قياس التقدم الميداني بناءً عليها، ومقارنته بالحالة المخطط لها بدقة عالية.

ومن منظور تطبيقي، يلفت Qureshi et al. (2023) إلى أن دمج نمذجة معلومات البناء مع تقنيات الرصد الآلي يفتح الباب أمام نموذج رقابي متقدم، يستطيع من خلاله مدير المشروع تتبع حالة كل عنصر إنشائي ومقارنته بالنموذج المرجعي، وتحديد الانحرافات في الكميات أو الجدولة الزمنية فور وقوعها. ويُعزّز هذا الطرح (Duarte-Vidal et al. (2021 حين يشير إلى أن قدرة هذه التقنية على التشغيل البيئي مع منظومة الأدوات الرقمية الأخرى تجعلها بمثابة عمود فقري لمنظومة الرقابة الرقمية، إذ تتيح ربط البيانات القادمة من المستشعرات والطائرات بدون طيار ومنصات الإدارة بالنموذج المركزي، مما يثري بيئة اتخاذ القرار بمعلومات متعددة المصادر.

ولا تقتصر فاعلية نمذجة معلومات البناء على رصد التقدم المادي، بل تمتد لتشمل إدارة المخاطر والتنبؤ بها قبل وقوعها. وفي هذا السياق، يوضح Alizadehsalehi و Yitmen (2023) أن النموذج المعلوماتي يتيح للإدارة محاكاة سيناريوهات افتراضية لاختبار قرارات بديلة، واستشراف الانعكاسات المحتملة لكل قرار على مسار المشروع قبل اتخاذه فعلياً، مما يمنح الإدارة هامشاً معرفياً واسعاً يقلّص من مساحة عدم اليقين. كما يسهم النموذج في توحيد لغة التواصل بين الأطراف المعنية، إذ يتيح لكل طرف رؤية الأثر المتوقع لقراراته على بقية التخصصات، بما يحد من حالات التضارب التي تنتج عن غياب الرؤية المتكاملة.

ومن زاوية الاستدامة وجودة المخرجات، يطرح Li et al. (2022) منظوراً يربط بين نمذجة معلومات البناء وتعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة، إذ تشكّل هذه التقنية بيئة عمل افتراضية تجتمع فيها جميع الأطراف على نموذج واحد، مما يحوّل التنسيق من سلسلة اجتماعات متفرقة إلى تفاعل مستمر داخل بيئة رقمية موحّدة. ويرى الباحث أن هذا البُعد يُمثّل في حالة المشاريع الإنشائية العملاقة بنية تحتية معرفية لا غنى عنها، إذ إن حجم المشروع وتعقيده يجعل الاعتماد على الأساليب التقليدية في توثيق التقدم ومقارنته بالخطّة أمراً غير عملي، فيما تتيح نمذجة معلومات البناء إطاراً رقابياً متكاملًا قابلاً للتطوير المستمر مع تطور المشروع.

البُعد الثاني: تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)

تُعدّ تقنية التوأم الرقمي امتداداً متطوراً لمفهوم النمذجة الرقمية، إذ تتجاوز التمثيل الثابت للمشروع إلى محاكاة ديناميكية تتفاعل مع التغيرات الواقعية في الزمن الحقيقي. ويُعرّفها Dalir و Javanshir (2024) بوصفها نسخة افتراضية حية للمشروع الإنشائي، تستقبل البيانات الميدانية من المستشعرات والأنظمة

المتصلة وتحديث حالتها وفقاً لها، بما يجعلها بمثابة "مرآة رقمية" للمشروع تعكس حالته اللحظية وتسهم في التحكم الآلي بمسار التنفيذ ومتابعته. وتتبع أهمية هذه التقنية في وظيفة الرقابة من كونها تحول المتابعة من نشاط دوري مرحلي إلى عملية مستمرة لا تنقطع، تجري بالتوازي مع كل خطوة من خطوات التنفيذ.

ومن جانب آخر، يطرح Alizadehsalehi و Yitmen (2023) رؤية متقدمة لتقنية التوأم الرقمي حين يُدمجها مع تقنيات الواقع الموسّع لتشكيل نموذج لإدارة متابعة التقدم، يستطيع من خلاله مدير المشروع التحرك افتراضياً داخل المشروع، ومعاينة تفاصيله من زوايا متعددة، واتخاذ القرارات بناءً على معاينة رقمية حية بدلاً من التقارير المكتوبة. ويضيف هذا الدمج على وظيفة الرقابة بُعداً حسيّاً واقعياً، إذ يستطيع الإدارة العليا متابعة المشروع من مقرها دون الحاجة إلى الانتقال الميداني المتكرر، مما يقلّص من الفجوة الزمنية بين وقوع الحدث وردة الفعل الإدارية تجاهه.

وعلى صعيد القيمة الرقابية، يلفت Jing (2025) إلى أن التوأم الرقمي يمنح إدارة المشروع قدرة على رصد تقدم العمل بدقة غير مسبوقة، إذ يتم تحديث النموذج الرقمي بصورة مستمرة استناداً إلى البيانات الواردة من الميدان، مما يُمكن الإدارة من معرفة الحالة الحقيقية للمشروع في أي لحظة، ومقارنتها بالمسار المخطط له. ويتيح هذا التحديث المستمر اكتشاف الانحرافات في مراحلها الأولى قبل أن تتفاقم، وتفعيل آليات تصحيحية قبل أن تنعكس على الجدول الزمني أو الكلفة الإجمالية للمشروع.

ويأخذ هذا البُعد طابعاً أكثر شمولاً حين يُربط بأهداف الاستدامة، إذ يتيح التوأم الرقمي للإدارة قياس البصمة البيئية للمشروع لحظة بلحظة، ومراقبة استهلاك الطاقة والمواد، وتحديد فرص التحسين. ويرى الباحث أن هذا البُعد يُمثّل قفزة نوعية في وظيفة الرقابة، إذ ينقلها من النموذج التفاعلي الذي يستجيب للأحداث بعد وقوعها إلى النموذج الاستباقي الذي يستشرفها ويتدخل قبل وقوعها، وهو ما يتلاءم تماماً مع طبيعة المشاريع الإنشائية العملاقة التي لا تحتل تأخيرات أو انحرافات بسبب ضخامة الكلفة المرتبطة بأي خلل ولو كان محدوداً في حجمه الظاهري.

البُعد الثالث: الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد

تمثّل الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد طفرة نوعية في وسائل جمع البيانات الميدانية، إذ توفّر للإدارة رؤية شاملة للمشروع من زوايا يصعب الوصول إليها بالطرق التقليدية، ومن ارتفاعات تتيح تكوين صورة بصرية متكاملة عن حالة الموقع. ويصف Qureshi et al. (2023) هذه التقنيات بوصفها

أدوات رصد آلي تتيح جمع البيانات بصورة منتظمة ومستمرة، وتحويلها إلى مدخلات رقمية يمكن تحليلها ومقارنتها بالنموذج المرجعي للمشروع، بما يحقق درجة عالية من الدقة في رصد التقدم الفعلي. وتتبع أهمية هذه الأدوات في المشاريع العملاقة من قدرتها على تغطية مساحات شاسعة في زمن قصير، وهو ما لا يستطيع الكادر البشري إنجازه بالكفاءة ذاتها.

ومن منظور تكاملي، يلفت (Zhu et al. (2022 إلى أن الطائرات بدون طيار تشكّل عنصراً محورياً ضمن منظومة التقنيات الذكية في إدارة المشاريع الإنشائية، إذ تتكامل وظيفتها مع باقي التقنيات لتوفير صورة شاملة عن المشروع. فالبيانات التي تجمعها هذه الطائرات تُغذي النماذج المعلوماتية، وتُحدّث التوائم الرقمي، وترفع إلى المنصات السحابية لتكون متاحة لجميع أصحاب المصلحة. ويُضفي هذا التكامل على وظيفة الرقابة طابعاً شبكياً، إذ لا تعمل كل تقنية بمعزل عن الأخرى، بل تتداخل وظائفها لتشكّل منظومة رقابية متكاملة.

ومن جانب آخر، يوضح Adam و (2025) Gatobu أن أدوات المتابعة الرقمية، ومنها الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار، تُسهم في رفع مستوى الشفافية في تقارير الأداء، إذ تتحول البيانات من مخرجات ذاتية يصوغها العاملون الميدانيون إلى مخرجات موضوعية تُولّدها الأنظمة الآلية. ويُسهم ذلك في تعزيز ثقة الجهات الممولة والمالكة في صحة المعلومات المقدمة، ويُقلّص من احتمالية التحيز أو الإغفال في التقارير، مما يجعل القرارات اللاحقة قائمة على قاعدة بيانات أكثر موثوقية.

ويرى الباحث أن هذا البُعد يُمثّل في مشاريع التوسعة الكبرى عاملاً حاسماً، نظراً لطبيعة المواقع المعقدة التي تشتمل على مستويات تنفيذ متعددة، وعلى منشآت قائمة لا يمكن تعطيلها، وعلى حركة عمالية ولوجستية كثيفة. ففي مثل هذه البيئات، تتيح الطائرات بدون طيار تكوين صورة شاملة للموقع بشكل دوري، ومتابعة التقدم في مختلف الجبهات بصورة متزامنة، وتوثيق التحولات اليومية في شكل أرشيف بصري ومعلوماتي قابل للرجوع إليه عند الحاجة. كما تتكامل هذه التقنيات مع أدوات الاستشعار الأرضية والمحمولة، لتوفير قراءات متعددة المصادر تخدم وظائف الرقابة على الجودة والسلامة وكفاءة استخدام الموارد، بما يدعم تحقيق أهداف المشروع ضمن قيوده الزمنية والمالية.

البُعد الرابع: منصات إدارة المشاريع السحابية

تمثل منصات إدارة المشاريع السحابية البنية الرقمية المركزية التي تتجمع فيها مخرجات الأبعاد السابقة، وتتاح من خلالها لمختلف أصحاب المصلحة وفق صلاحياتهم. ويصف (Duarte-Vidal et al. (2021) هذه المنصات بأنها بيئة تشغيل بيئي تتيح تكامل الأدوات الرقمية المختلفة في فضاء واحد، وتمكّن الإدارة من ممارسة وظائف التخطيط والتنفيذ والمتابعة والمراجعة من خلال واجهة موحّدة. وتتبع أهمية هذه المنصات في وظيفة الرقابة من قدرتها على إلغاء الحواجز الجغرافية بين أطراف المشروع، إذ يستطيع المالك في موقعه، والاستشاري في مكتبه، والمقاول في الموقع، والمورد في مرفقه، الوصول إلى المعلومات نفسها في الوقت ذاته.

ومن منظور تطبيقي، يُشير Adam و (Gatobu (2025 إلى أن أدوات المتابعة الرقمية القائمة على البنية السحابية تتيح للجهات الممولة متابعة أداء المشاريع التي تمولّها بصورة لحظية، ومراجعة المؤشرات المالية والتشغيلية في الوقت ذاته، بما يُعزّز قدرتها على التدخل المبكر عند رصد أي انحراف. ويتعزز ذلك بطرح (Jing (2025 الذي يربط بين البناء الرقمي والمنصات السحابية بوصفها أداة لتحسين إدارة تقدم المشروع، إذ تُمكن هذه المنصات من تجميع البيانات من مختلف مصادرها، ومعالجتها، وتقديمها في شكل لوحات معلومات تفاعلية تُسهّل اتخاذ القرار.

ويُضفي Adejola و (Nwobodo-Anyadiiegwu (2025 بُعداً متعلقاً بالاستدامة على وظيفة هذه المنصات، إذ يلفتان إلى أنها تتيح للإدارة قياس المؤشرات البيئية والاجتماعية للمشروع بصورة منهجية، ومتابعة مدى التزام المقاولين بمعايير الاستدامة، وتوثيق ذلك في تقارير قابلة للمراجعة. وفي ضوء هذا التوجه، تتحول المنصات السحابية من أداة تشغيلية إلى منصة استراتيجية تخدم المسؤولية المؤسسية تجاه أصحاب المصلحة الخارجيين، بما في ذلك الجهات التنظيمية والمجتمعات المحلية.

ويرى الباحث أن هذا البُعد يكتسب أهمية مضاعفة في المشاريع الإنشائية العملاقة، إذ تُشكّل المنصات السحابية الذاكرة المؤسسية للمشروع، وتُتيح تراكم المعرفة وتدويرها بين فرق العمل المتعاقبة، فضلاً عن دورها في تقليص الفاقد الزمني الناتج عن إعادة العمل على المهام أو تكرار الاجتماعات، وفي تعزيز قابلية المشروع للتدقيق والمراجعة في أي مرحلة من مراحله.

6.1.2 استراتيجيات توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

تتطلب الاستفادة المثلى من التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بناء استراتيجيات متكاملة لا تختزل التقنية في بُعدها الأداة، بل تضعها في صلب التحول المؤسسي للشركات المنفذة للمشاريع العملاقة. ويرى داهنين (2024) أن نجاح التحول الرقمي يستلزم تبني توجه استباقي مستند إلى منطق القدرات الديناميكية، يُمكن المنظمة من إعادة تشكيل مواردها باستمرار لتتلاءم مع التحولات في بيئتها، ومن استثمار التقنيات الرقمية في توليد قيمة استراتيجية تتجاوز التحسين التشغيلي إلى إعادة تعريف نموذج العمل ذاته.

ومن منظور مكمل، يُشير أحمد ومهدي (2024) إلى أن استراتيجيات التحول الرقمي في منظمات الأعمال تشكّل إطاراً متكاملًا يستهدف إعادة هندسة العمليات، وتطوير الكوادر، وتحديث البنية التحتية، وبناء ثقافة مؤسسية داعمة للابتكار. وتتطلب هذه الاستراتيجيات من إدراك أن التقنية لا تُحدث أثرها بمجرد اقتنائها، بل من خلال دمجها في نسيج العمل المؤسسي، وتدريب الكوادر على توظيفها، وإعادة تصميم مؤشرات الأداء بما يعكس قيمتها المضافة. ويرى Li et al. (2022) أن استراتيجيات تبني التقنيات الرقمية في المشاريع الإنشائية يجب أن تُبنى على ركيزة التعاون بين أصحاب المصلحة، إذ لا يكفي اعتماد التقنية من قبل طرف واحد، بل يلزم تشكيل منظومة متفاعلة تضم المالك والاستشاري والمقاول والموردين وفرق التشغيل، وتعتمد على ميثاق مشترك ينظّم تبادل البيانات وحوكمتها.

ومن جانب آخر، يطرح Adejola و Nwobodo-Anyadiegwu (2025) إطاراً استراتيجياً يقوم على ربط التقنيات الرقمية بأهداف الاستدامة، عبر بناء خارطة طريق تربط كل تقنية بمؤشر استدامة قابل للقياس، وتُحدّد الأولويات التطبيقية وفق مبدأ التدرج، وتُحقّق التوازن بين الكلفة التقنية والعائد المتوقع. ويتكامل ذلك مع ما يطرحه Zhu et al. (2022) من ضرورة تكامل التقنيات الذكية ضمن منظومة موحدة لا تتعامل مع كل تقنية بمعزل عن الأخرى، بل تستثمر التداخل بينها لتشكيل بيئة رقابية شاملة.

ويرى الباحث أن استراتيجيات توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بالمشاريع الإنشائية العملاقة ينبغي أن تنطلق من رؤية مؤسسية واضحة، تربط بين الاستثمار التقني وأهداف المشروع، وتندرج في التطبيق بما يضمن استيعاب الكوادر للتحول، وتؤسس لبنية حوكمة رقمية تنظّم ملكية البيانات وصلاحيات الوصول إليها، وترسّخ ثقافة مؤسسية قائمة على الشفافية والمساءلة، وتُقيّم باستمرار العائد على الاستثمار التقني وفق مؤشرات نوعية وكمية. وبهذا التوجه يتحول الاستثمار في التقنية من نفقة تشغيلية إلى رافعة استراتيجية لتحقيق التميز في إدارة المشاريع العملاقة.

المبحث الثاني: نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

1.2.2 تمهيد

يُعدّ نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة موضوعاً مركزياً في أدبيات إدارة المشاريع، نظراً لما تنطوي عليه هذه المشاريع من تعقيد فني، وضخامة استثمارية، وامتداد زمني، وتأثير اقتصادي واجتماعي وبيئي واسع النطاق. وقد ظلّ مفهوم النجاح في هذه المشاريع موضع جدل علمي مستمر، إذ تطوّر من تصور تقليدي محدود يقتصر على الوفاء بقيود الكلفة والزمن والجودة، إلى تصور متعدد الأبعاد يستوعب اعتبارات أصحاب المصلحة وأثر المشروع على بيئته المحيطة. وتشير العزاوي والجبوري (2022) إلى أن قياس مستوى نجاح إدارة المشاريع يستلزم منظومة متكاملة من المعايير التي تعكس مختلف جوانب الأداء، بما يتجاوز التقدير الانطباعي إلى قياس موضوعي يستند إلى مؤشرات قابلة للتحقق.

وتأتي أهمية تناول نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في هذا الإطار من كون هذه المشاريع تُمثّل واجهة استراتيجية للدول، وتنطوي على رهانات وطنية ودولية بالغة الحساسية، إذ يرتبط نجاحها بمصداقية الجهات المنفّذة، وبتقّة المستثمرين، وبتحقيق الأهداف التنموية الكبرى. وتتعرّز هذه الأهمية في مشاريع التوسعات التي تتم في بيئات قائمة وفاعلة، حيث يكون هامش الخطأ ضيقاً للغاية، وتكون مؤشرات النجاح خاضعة لتدقيق متعدد الأطراف. وفي هذا السياق، يتناول المبحث الحالي مفهوم نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وأهمية تحقيقه، وأهدافه، ومؤشراته الجوهرية، إلى جانب استراتيجيات بلوغه في ظل البيئة المعاصرة.

2.2.2 مفهوم نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

تتعدد التعريفات التي قدّمها الباحثون لمفهوم نجاح المشاريع الإنشائية، وتعكس هذه التعريفات تطور التفكير في مفهوم النجاح من نظرة جزئية إلى نظرة شمولية. فقد عرّفه المعادات وأبو زيد (2021) بوصفه تحقيق المشروع لأهدافه المحددة سلفاً ضمن الإطار الزمني المرسوم له، والميزانية المعتمدة، ومستوى الجودة المتفق عليه، مع الأخذ بعين الاعتبار درجة المخاطرة التي تكتنف بيئة المشروع وتؤثر في قدرته على الالتزام بهذه المحددات. ويوسّع الحيازي والحياصات (2022) من هذا التعريف ليشمل الأبعاد المتعلقة

بفاعلية فريق المشروع وكفاءته في إدارة المتغيرات الميدانية، إذ يصفان النجاح بأنه محصلة تفاعل بين المتغيرات الموضوعية للمشروع والسمات الإدارية للقيادة المسؤولة عنه.

ومن منظور قيادي مكمل، يرى الزعبي وأبو زيد (2023) أن نجاح المشاريع الإنشائية يتمثل في بلوغ المخرجات المخططة بمستوى يتجاوز التوقعات، مع تحقيق رضا المالك والمستفيدين، وبناء سمعة مهنية للجهة المنفذة، وهو ما يربط النجاح بمنظومة أوسع من المخرجات تتجاوز المؤشرات الإجرائية إلى المخرجات الاستراتيجية. ويُضيف الحسن والنجار (2023) بُعداً معلوماتياً للتعريف، حين يُشيران إلى أن نجاح المشاريع يرتبط بقدرة الإدارة على توظيف تكنولوجيا المعلومات والمنصات الرقمية في تحسين سير العمل، مما يجعل البنية المعلوماتية للمشروع جزءاً جوهرياً من تعريف نجاحه.

ومن منظور تطبيقي، ينظر جبر والشوابكة (2025) إلى نجاح المشاريع بوصفه قدرة المنظومة الإدارية على ضبط المخاطر المحتملة، والاستفادة من تحليلات البيانات في توجيه القرارات، بما يحقق تقدماً متوازناً نحو الأهداف الكلية للمشروع. كما يطرح علي ومحمد (2025) منظوراً يربط النجاح بأبعاد بيئية واجتماعية وتقنية، حيث يُعرّفان نجاح المشاريع بوصفه بلوغها لأهدافها مع تحقيق توازن بين هذه الأبعاد، ومع الإسهام في إحداث أثر إيجابي على المجتمع المحيط. ويلتقي مع هذا التوجه مكحل والشراري (2024) حين يربطان نجاح المشاريع بكفاءة منهجية إدارتها، ومدى ملائمة هذه المنهجية لخصائص المشروع، سواء أكانت منهجية تتبع النموذج الشلالي أم النموذج الرشيق.

ومن جانب آخر، يُقدّم العزاوي والجبوري (2022) تعريفاً يقوم على المعايير القابلة للقياس، إذ يربطان النجاح بمدى تحقيق المشروع لمنظومة من المعايير الكمية والنوعية التي يمكن قياسها بصورة منهجية، مما يُحوّل النجاح من مفهوم تجريدي إلى مفهوم إجرائي قابل للقياس والمحاسبة. ويوسع أحمد ومهدي (2024) من هذا الإطار حين يربطان نجاح مشاريع منظمات الأعمال بمستوى التحول الرقمي الذي تبلغه، وقدرتها على دمج التقنيات الحديثة في إدارة عملياتها. ويُضيف عبدالنبي والعتيبي (2021) عنصر الابتكار والإبداع بوصفه ركيزة في تعريف النجاح، إذ يربطان النجاح بمستوى قدرة المشروع على تطوير حلول مبتكرة لمشكلاته، والاستفادة من القدرات الإبداعية للعاملين فيه.

ومن منظور تقني متقدم، يعرف Dalir و Javanshir (2024) نجاح المشاريع الإنشائية بوصفه تحقيق مؤشرات أداء كمية ونوعية تُقاس عبر التوأم الرقمي، الذي يُتيح للإدارة رصد الفجوة بين الأداء

المخطط والأداء الفعلي بدقة عالية. ويرى الباحث في ضوء هذه التعريفات أن نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يمكن تعريفه إجرائياً بأنه المحصلة المتكاملة لقدرة المشروع على تحقيق أهدافه المعتمدة ضمن قيود الزمن والكلفة والجودة، مع تحقيق رضا أصحاب المصلحة، وضبط المخاطر، والتجاوب مع المتطلبات البيئية والاجتماعية، بما يُرسخ مكانة المشروع بوصفه إنجازاً مهنيّاً يدعم الأهداف التنموية الكبرى التي أُسس من أجلها.

3.2.2 أهمية نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

تتجلى أهمية تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في كونها تمثل رافعة استراتيجية للتنمية، وأداة لإحداث تحولات اقتصادية واجتماعية عميقة في المجتمعات التي تُنفَّذ فيها. ولا تقتصر أهمية النجاح في هذه المشاريع على البُعد الفني، بل تمتد لتشمل أبعاداً اقتصادية وسياسية ومؤسسية بالغة الحساسية، إذ يرتبط نجاحها بمصادقية الجهات المنفّذة والتمويل، وبتقّة المستفيدين والمستثمرين، وتحقيق العائد المتوقع على الاستثمار الضخم الذي تستلزمه.

ويُشير الحسن والنجار (2023) إلى أن أهمية نجاح المشاريع تتجلى في عدة أبعاد جوهرية، من بينها: تعزيز قدرة الشركات الإنشائية على بناء سجل مهني يدعم تنافسيتها في المنافسات المستقبلية، وترسيخ ثقة المالك في قدرة الجهة المنفّذة على الوفاء بالتزاماتها، وتعظيم العائد الاقتصادي للموارد المستثمرة، وتأمين بيئة عمل أكثر استقراراً للعاملين، إلى جانب إثراء الذاكرة المؤسسية للشركة بتجارب يمكن البناء عليها في المشاريع اللاحقة. ويضيف الزعبي وأبو زيد (2023) أن أهمية النجاح تتمثل في تعزيز الكفاءات القيادية للمديرين عبر التعلم التراكمي من تجارب المشاريع، وفي ترسيخ ثقافة الإنجاز داخل المنظمة، وفي بناء قاعدة من الممارسات المثلى يمكن تعميمها على المستوى المؤسسي.

ويرى علي ومحمد (2025) أن أهمية نجاح المشاريع تتجاوز البُعد المؤسسي إلى البُعد المجتمعي، إذ تُسهم المشاريع الناجحة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وتعزيز البنية التحتية للدول، وخلق فرص عمل، وتقليص الفجوات التنموية بين المناطق، إلى جانب الإسهام في تحقيق التحول نحو نماذج اقتصادية أكثر استدامة. ويضيف جبر والشوابكة (2025) بُعداً يتصل بإدارة المخاطر، حين يلفتان إلى أن نجاح المشاريع يُمثّل محصلة لقدرة الإدارة على استشراف المخاطر المحتملة، وضبط آثارها على المسار الزمني

والمالي للمشروع، وهو ما يحمي رؤوس الأموال المستثمرة من التآكل، ويحفظ للمشروع قدرته على تحقيق أهدافه ضمن الإطار المحدد.

ومن جانب آخر، يُشير المعادات وأبو زيد (2021) إلى أن أهمية نجاح المشاريع الإنشائية تتجلى في رفع كفاءة استخدام الموارد المخصصة للمشروع، وتحقيق العائد الاستثماري المتوقع، وتقليص هدر الموارد، وبناء سمعة مهنية للجهة المنفذة، فضلاً عن إسهامها في تحقيق رضا المالك والمستفيدين النهائيين من مخرجات المشروع. ويتقاطع ذلك مع طرح عبدالنبي والعتيبي (2021) الذي يربط أهمية النجاح بقدرة المشروع على تحفيز الابتكار، إذ تصبح المشاريع الناجحة منصة لاختبار حلول مبتكرة وتعميمها على نطاق أوسع، مما يُسهم في تطوير القطاع برمته.

ويلفت أحمد ومهدي (2024) إلى بُعد استراتيجي لأهمية النجاح، إذ تُسهم المشاريع الناجحة في تعزيز قدرة منظمات الأعمال على المنافسة في بيئة سريعة التغير، وفي بناء قدراتها على التحول والتطوير المستمر، وفي تأمين موقع تنافسي مستدام في السوق. ومن منظور تقني، يرى Dalir و Javanshir (2024) أن أهمية النجاح ترتبط بقدرة المشروع على تحقيق المؤشرات المعتمدة وفق معايير قابلة للقياس الموضوعي عبر الأدوات الرقمية المتقدمة، مما يُحوّل النجاح من مفهوم انطباعي إلى مفهوم يستند إلى أدلة موثقة. ويرى الباحث أن أهمية تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة تتعزز بشكل خاص في مشاريع التوسعات الكبرى ذات الطابع الاستراتيجي، إذ يحمل نجاحها رسالة تتجاوز حدود المشروع ذاته لتُعبّر عن قدرة الجهة المالكة على إدارة الملفات الكبرى بكفاءة عالية، وعن نضج المنظومة المؤسسية الداعمة للمشروع.

4.2.2 أهداف تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

تتعدد الأهداف التي تسعى إدارة المشاريع الإنشائية العملاقة إلى بلوغها من خلال ترسيخ منظومة النجاح، وتتنوع هذه الأهداف بين أهداف تشغيلية مباشرة وأهداف استراتيجية بعيدة المدى. وقد قدّم عدد من الباحثين رؤى متباينة لهذه الأهداف، تكشف عن تعدد الزوايا التي يمكن من خلالها مقارنة موضوع النجاح في هذه المشاريع.

ويُحدد المعادات وأبو زيد (2021) جملة من الأهداف التي يسعى نجاح المشاريع إلى تحقيقها، يمكن تلخيصها في النقاط التالية: تأمين الالتزام بالجدول الزمني المعتمد، وتحقيق التوافق مع الميزانية المرسودة،

وضمنان بلوغ مستوى الجودة المتفق عليه، وتقليص هامش المخاطر المحيطة بالمشروع، وتعظيم العائد على الاستثمار، إلى جانب بناء قاعدة من الممارسات المؤسسية الراسخة. ويُكمل ذلك الحيازي والحياسات (2022) حين يحددان أهدافاً ترتبط بتعزيز كفاءة فريق المشروع، وتطوير سمات قيادية مهنية لدى المديرين، وضمنان انسيابية التواصل بين أطراف العمل، وتقليص النزاعات التعاقدية، إلى جانب بناء سجل أداء إيجابي يدعم الجهة المنفذة في المنافسات اللاحقة.

ومن منظور قيادي إداري، يحدد الزعبي وأبو زيد (2023) مجموعة من الأهداف التي تسعى الإدارة العليا إلى بلوغها، تتضمن: تطوير الكفايات القيادية لمديري المشاريع، وتعزيز قدرتهم على اتخاذ القرار في ظل عدم اليقين، وضمنان تكامل الجهود بين تخصصات المشروع المختلفة، وتحقيق رضا أصحاب المصلحة، وبناء ثقة مستدامة بين الشركة والمالك. ويُضيف جبر والشوابكة (2025) أهدافاً تتعلق بإدارة المخاطر، تتمثل في رصد المخاطر مبكراً، وتقدير احتمالاتها وآثارها بدقة، ووضع خطط استجابة استباقية لكل صنف منها، وتوظيف تحليلات البيانات الضخمة في دعم قرارات الإدارة، فضلاً عن بناء قدرة تنظيمية على التكيف مع المتغيرات الطارئة.

ويطرح علي ومحمد (2025) أهدافاً ذات طابع شمولي، تتركز في تحقيق التوازن بين الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية للمشروع، وتعظيم الأثر الإيجابي على المجتمع المحلي، ودعم التحول نحو نماذج إنتاجية أكثر استدامة، وتعزيز الابتكار التكنولوجي بوصفه ركيزة للتميز، إلى جانب الإسهام في تحقيق الأهداف التنموية الوطنية. ويتقاطع مع هذا التوجه عبدالنبي والعنبي (2021) حين يطرحان أهدافاً تتصل بدمج الابتكار والإبداع في إدارة المشاريع، وتحفيز العاملين على طرح أفكار جديدة، وبناء بيئة عمل تشجع على المبادرة، وتعميم الممارسات المبتكرة على باقي المشاريع.

ومن جانب آخر، يحدد العزاوي والجبوري (2022) جملة من الأهداف القابلة للقياس، تشمل: بناء منظومة من مؤشرات الأداء الكمية والنوعية، وقياس مستوى تحقق كل مؤشر بصورة منهجية، وتوفير قاعدة بيانات يمكن البناء عليها في تحسين الأداء المستقبلي، وضمنان التماثل بين الأداء الفعلي والأداء المخطط. ويُضيف مكحل والشراري (2024) أهدافاً تتصل بمنهجيات إدارة المشاريع، تتمثل في تحسين كفاءة منهجية الإدارة المتبعة، سواء أكانت تقليدية أم رشيقة، ومواءمتها مع طبيعة المشروع، وضمنان مرونتها في الاستجابة للمتغيرات. ويرى الباحث أن أهداف نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يجب أن تُصاغ في صورة منظومة

متكاملة تربط بين الأهداف التشغيلية والاستراتيجية، وتُحقّق التوازن بين متطلبات الأداء الفني والأداء المؤسسي، وتعكس التطلعات الاستراتيجية للجهات المالكة والمنفذة معاً.

5.2.2 مؤشرات نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

تم تحديد مؤشرات نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة بناءً على دراسة العزاوي والجبوري (2022) ودراسة المعادات وأبو زيد (2021) ودراسة الحسن والنجار (2023)، إلى جانب الإطار التحليلي الذي قدّمه Dalir و(2024) Javanshir، وذلك بما يتلاءم مع طبيعة المشاريع الإنشائية العملاقة وسياق مشروع توسعة المطاف. وقد تم اعتماد أربعة مؤشرات رئيسية تُمثّل أكثر مؤشرات النجاح شمولاً وقابلية للقياس في هذا النوع من المشاريع، وهي: الالتزام بالجدول الزمني، والالتزام بالميزانية، وتحقيق معايير الجودة، ورضا أصحاب المصلحة.

المؤشر الأول: الالتزام بالجدول الزمني

يُعدّ الالتزام بالجدول الزمني من أبرز المؤشرات التي يُقاس بها نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، نظراً لما يترتب على التأخير من تكاليف مباشرة وغير مباشرة قد تُهدد جدوى المشروع برمته. ويُشير المعادات وأبو زيد (2021) إلى أن الجدول الزمني يُمثّل خارطة الطريق التي يُقاس على أساسها تقدم المشروع، وأن قدرة الإدارة على ضبط هذا الجدول تتطلب تخطيطاً دقيقاً يستوعب التعقيدات المحتملة، ومتابعة مستمرة لمؤشرات التقدم، وقدرة على التدخل المبكر عند رصد أي مؤشر على الانحراف. وتتعرّز أهمية هذا المؤشر في المشاريع العملاقة بفعل تشابك أنشطتها، إذ يؤثر تأخر أي نشاط على مسار سلسلة طويلة من الأنشطة اللاحقة، مما يُضاعف الأثر التراكمي للانحراف الزمني.

ومن منظور إداري، يلفت الزعبي وأبو زيد (2023) إلى أن قدرة الإدارة على الالتزام بالجدول الزمني ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكفاءاتها القيادية، إذ يتطلب ذلك توزيعاً عادلاً للموارد بين الأنشطة، وقدرة على اتخاذ القرارات الحاسمة في الوقت المناسب، وإدارة فعّالة للأطراف المتعددة المنخرطة في المشروع. ويتقاطع مع هذا التوجه الحيازي والحياسات (2022) حين يربطان الالتزام بالجدول الزمني بالسمات الشخصية لمدراء المشاريع، التي تُحدد قدرتهم على إدارة الضغط، والاستجابة السريعة للتحديات، والمحافظة على وتيرة العمل ضمن المعدلات المخطط لها. ويرى الباحث أن هذا المؤشر يكتسب أهمية مضاعفة في مشاريع التوسعات

الكبرى، إذ ترتبط الجدولة الزمنية بمواعيد تشغيلية لا تحتل التأجيل، ويُترجم أي انحراف فيها إلى تكاليف اقتصادية واجتماعية باهظة.

المؤشر الثاني: الالتزام بالميزانية

يُمثل الالتزام بالميزانية المؤشر الثاني الذي يُقاس به نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، نظراً لما تستلزمه هذه المشاريع من استثمارات ضخمة تستوجب الانضباط المالي. ويُشير العزاوي والجبوري (2022) إلى أن قياس الالتزام بالميزانية يتم من خلال مقارنة التكاليف الفعلية بالتكاليف المعتمدة، وتحليل أسباب أي انحراف، وتحديد الإجراءات التصحيحية اللازمة. ويتطلب هذا القياس بنية معلوماتية متكاملة تتيح تتبع التكاليف على مستوى كل نشاط، وكل مورد، وكل مرحلة من مراحل المشروع.

ومن منظور تشغيلي، يلفت الحياوي والحياصات (2022) إلى أن قدرة الإدارة على ضبط الميزانية تتطلب مراقبة دقيقة لكفاءة استخدام الموارد، والتحكم في معدلات الاستهلاك، وضبط أوامر التغيير، وإدارة العقود بفاعلية. كما يُسهم الحسن والنجار (2023) في إثراء هذا المؤشر حين يربطان الالتزام بالميزانية بقدرة الإدارة على توظيف تكنولوجيا المعلومات والمنصات الرقمية في رصد التكاليف ومتابعتها بصورة آنية، مما يُتيح اكتشاف الانحرافات في مراحلها المبكرة قبل أن تتراكم. ويرى الباحث أن هذا المؤشر يُشكّل في المشاريع العملاقة ركيزة جوهرية للنجاح، إذ يُمثل التزام المشروع بميزانيته دليلاً موضوعياً على نضج منظومة الحوكمة المالية، وعلى كفاءة الإدارة في توقع التكاليف وإدارتها.

المؤشر الثالث: تحقيق معايير الجودة

يُعدّ تحقيق معايير الجودة المؤشر الثالث الذي يُقاس به نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وهو مؤشر يجمع بين البعد التقني والبعد الوظيفي للمشروع. ويُشير علي ومحمد (2025) إلى أن الجودة في المشاريع الكبرى تُقاس عبر منظومة من المعايير التي تشمل: مطابقة المخرجات للمواصفات الفنية، ومدى تحقيق المشروع لأهدافه الوظيفية، ودرجة استدامة المخرجات على المدى البعيد، إلى جانب التزام المشروع بالمعايير البيئية والاجتماعية المعتمدة. وتتعزز أهمية هذا المؤشر في المشاريع العملاقة بفعل العمر التشغيلي الممتد لهذه المشاريع، إذ يُترجم أي قصور في الجودة إلى تكاليف صيانة وتشغيل تتراكم على مدى عقود.

ومن منظور تطبيقي، يلفت مكحل والشراري (2024) إلى أن تحقيق الجودة يرتبط بمنهجية إدارة المشروع المتبعة، إذ تختلف آليات ضبط الجودة بين المنهجيات التقليدية والمنهجيات الرشيقية، ويتطلب كل منهج بنية رقابية ملائمة لطبيعته. ويتقاطع ذلك مع طرح Dalir و (2024) Javanshir الذي يربط قياس الجودة بقدرة الأدوات الرقمية المتقدمة على رصد مطابقة المنجز للمواصفات بدقة عالية، ومقارنته بالنموذج الرقمي للمشروع. ويرى الباحث أن تحقيق معايير الجودة يُشكّل البُعد الذي يضمن للمشروع قيمته على المدى البعيد، إذ يتجاوز الإنجاز الفوري إلى ضمان أن يؤدي المشروع وظيفته بكفاءة عالية طوال عمره التشغيلي.

المؤشر الرابع: رضا أصحاب المصلحة

يُمثّل رضا أصحاب المصلحة المؤشر الرابع الذي يُقاس به نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وهو مؤشر شمولي يستوعب البُعد الاجتماعي والإنساني للمشروع. ويشير عبدالنبي والعتيبي (2021) إلى أن رضا أصحاب المصلحة يتشكّل من خلال محصلة تجاربهم مع المشروع، بدءاً من التزام الجهة المنفذة بالمواعيد، ومروراً بجودة التواصل معهم، وانتهاءً بمدى ملاءمة المخرجات لاحتياجاتهم وتوقعاتهم. ويتعدد أصحاب المصلحة في المشاريع العملاقة ليشملوا المالك، والمستفيدين النهائيين، والجهات التنظيمية، والمجتمع المحلي، والعاملين في المشروع، مما يجعل قياس رضاهم عملية مركّبة تستلزم منظومة متكاملة من المؤشرات.

ومن منظور تنظيمي، يربط أحمد ومهدي (2024) رضا أصحاب المصلحة بقدرة المشروع على تبني استراتيجيات التحول الرقمي التي تُعزّز الشفافية وتُحسّن قنوات التواصل، مما يجعل أصحاب المصلحة على اطلاع مستمر بحالة المشروع. ويتكامل ذلك مع طرح علي ومحمد (2025) الذي يربط رضا أصحاب المصلحة بمدى إسهام المشروع في تحقيق الأبعاد البيئية والاجتماعية للاستدامة، وبمدى مراعاته لاحتياجات المجتمع المحلي. ويرى الباحث أن هذا المؤشر يكتسب أهمية خاصة في المشاريع التي تحمل بُعداً رمزياً واستراتيجياً، إذ يُترجم نجاحها إلى ثقة مستدامة بين الجهات المنفذة والمستفيدين، وإلى مصداقية مؤسسية يصعب تعويضها إذا ما تضرّرت.

6.2.2 استراتيجيات تحقيق نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

تتطلب الإدارة الفاعلة للمشاريع الإنشائية العملاقة تبني استراتيجيات متكاملة تُمكنها من تحقيق منظومة النجاح المتعدد الأبعاد. ويرى الحسن والنجار (2023) أن من أبرز الاستراتيجيات الداعمة لنجاح المشاريع تبني تكنولوجيا المعلومات بوصفها بنية تحتية أساسية، وتطوير المنصات الرقمية بصفاتها وسيطاً يربط أطراف المشروع، وبناء قدرات الكوادر على توظيف هذه الأدوات في رفع كفاءة العمل. ويُضيف الزعبي وأبو زيد (2023) استراتيجية تطوير الكفايات القيادية، التي تشمل بناء قدرات المديرين على التخطيط، واتخاذ القرار، وإدارة الفرق، والتفاوض، وحل النزاعات، بما يُمكنهم من قيادة المشاريع المعقدة بفاعلية.

ومن منظور إدارة المخاطر، يطرح جبر والشوابكة (2025) استراتيجية تكاملية تربط بين منظومة إدارة المخاطر وتحليلات البيانات الضخمة، بحيث تُتيح للإدارة استشراف المخاطر، وتقدير احتمالاتها، ووضع خطط استجابة استباقية. ويتكامل ذلك مع استراتيجية الاختيار المنهجي لأسلوب إدارة المشروع التي يطرحها مكحل والشراري (2024)، والقائمة على ملائمة المنهجية المتبعة لطبيعة المشروع وحجمه ومستوى تعقيده. ويرى علي ومحمد (2025) أن من أبرز الاستراتيجيات الداعمة للنجاح تبني مدخل التنمية المستدامة بأبعاده البيئية والاجتماعية والاقتصادية، والاستثمار في الابتكار التكنولوجي بوصفه ركيزة للتميز التنافسي.

ويُضيف عبدالنبي والعنبي (2021) استراتيجية تحفيز الابتكار والإبداع داخل بيئة المشروع، عبر بناء ثقافة مؤسسية تشجع على المبادرة، وتمنح العاملين مساحة للتجربة والتطوير. ومن منظور تقني متقدم، يطرح Dalir و Javanshir (2024) استراتيجية توظيف التوأم الرقمي في المتابعة والتحكم الآلي للمشروع، بما يُمكن الإدارة من رصد الانحرافات في وقتها الحقيقي، واتخاذ القرارات التصحيحية بناءً على بيانات دقيقة. ويرى الباحث أن استراتيجيات تحقيق النجاح في المشاريع الإنشائية العملاقة يجب أن تُصاغ في صورة منظومة متكاملة تربط بين الاستراتيجيات القيادية والاستراتيجيات التقنية والاستراتيجيات المؤسسية، وتُحقق التوازن بين متطلبات الانضباط التشغيلي ومتطلبات المرونة الاستراتيجية، وترسّخ ثقافة مؤسسية تجعل من النجاح هدفاً جماعياً يشارك في تحقيقه جميع أطراف المشروع.

الفصل الثالث: منهجية الدراسة

1.3 تمهيد

يُمثل هذا الفصل العمود الفقري للدراسة الحالية، إذ يستعرض الإجراءات المنهجية التي اتبعها الباحث للإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها المتعلقة بأثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف. ويتناول الفصل وصفاً تفصيلياً لمنهج الدراسة المعتمد، ومجتمع الدراسة وعينتها، وأداة جمع البيانات وكيفية تطويرها، وإجراءات التحقق من صدقها وثباتها، فضلاً عن مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة، وصولاً إلى الأساليب الإحصائية الموظفة في تحليل البيانات وتفسير النتائج. وقد جرى تصميم هذه الإجراءات بعناية لتتوافق مع طبيعة الموضوع وتعقيد بيئة التطبيق، بما يضمن الوصول إلى استنتاجات علمية يمكن التعويل عليها في الإجابة عن الأسئلة البحثية المطروحة.

2.3 منهج الدراسة

اعتمد الباحث المنهج الوصفي التحليلي بوصفه المنهج الأنسب لطبيعة الدراسة الحالية وأهدافها، نظراً لما يوفره هذا المنهج من قدرة على وصف الظاهرة موضع الدراسة وصفاً دقيقاً، وتحليل العلاقات بين متغيراتها، واستخلاص الدلالات الإحصائية لهذه العلاقات. ويقوم المنهج الوصفي التحليلي على جمع البيانات من مصادرها الأولية والثانوية، ثم تحليلها وتفسيرها للوصول إلى استنتاجات تُسهم في فهم الظاهرة وتقديم توصيات بشأنها.

وفي إطار هذا المنهج، اعتمدت الدراسة على مصدرين للبيانات: المصادر الثانوية التي تمثلت في الكتب والدوريات العلمية والرسائل الجامعية والأبحاث المنشورة في المجالات المحكمة ذات الصلة بموضوع الدراسة، وذلك لبناء الإطار النظري والاسترشاد بها في تطوير أداة الدراسة. أما المصادر الأولية، فتمثلت في البيانات التي جمعها الباحث ميدانياً من أفراد عينة الدراسة باستخدام الاستبانة المصممة لهذا الغرض، وقد جرى تحليل هذه البيانات إحصائياً للوصول إلى نتائج تختبر فرضيات الدراسة.

3.3 مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة

تكوّن مجتمع الدراسة من جميع العاملين في الإدارات والأقسام الفنية والهندسية المعنية بالرقابة والمتابعة في مشروع توسعة المطاف، ممن يشغلون مواقع وظيفية تتطلب التعامل المباشر مع التقنيات الرقمية الموظفة في الرقابة على تنفيذ المشروع. ويشمل هذا المجتمع مديري المشاريع، ومديري الأقسام الفنية، ومهندسي التخطيط والمتابعة، ومهندسي الجودة، ومراقبي المواقع، وأخصائيي التقنيات الرقمية. وقد بلغ إجمالي عدد أفراد مجتمع الدراسة (520) فرداً، وفقاً للبيانات التي حصل عليها الباحث من إدارة الموارد البشرية في الشركات المنفذة والاستشارية والإشرافية المرتبطة بالمشروع.

عينة الدراسة

نظراً لكبر حجم مجتمع الدراسة وانتشار أفرادها في مواقع تنفيذ متعددة داخل المشروع، اعتمد الباحث أسلوب العينة العشوائية الطبقية لاختيار أفراد العينة، بما يضمن تمثيل مختلف الفئات الوظيفية في المشروع تمثيلاً عادلاً. وقد جرى تحديد حجم العينة باستخدام معادلة ستيفن ثامبسون لتحديد حجم العينة من مجتمع محدود، عند مستوى ثقة (95%) وهامش خطأ (5%)، فبلغ الحجم المطلوب للعينة (221) فرداً. وقد قام الباحث بتوزيع (250) استبانة احتياطاً لتعويض النقص المحتمل من الاستبانات غير المسترجعة أو غير الصالحة للتحليل.

وقد جرى توزيع الاستبانات على أفراد العينة، واسترجاع (238) استبانة بنسبة استرجاع بلغت (95.2%)، استُبعد منها (12) استبانة لعدم اكتمال الإجابات أو لوجود تكرار نمطي في الإجابات يُشير إلى عدم الجدية في التعامل مع الأداة، ليصبح عدد الاستبانات الصالحة للتحليل الإحصائي (226) استبانة بنسبة (90.4%) من إجمالي الاستبانات الموزعة، وهي نسبة مرتفعة تعكس جدية أفراد العينة في التجاوب مع الدراسة.

4.3 أداة الدراسة

اعتمدت الدراسة على الاستبانة بوصفها أداة رئيسية لجمع البيانات من أفراد عينة الدراسة، وذلك لما توفّره هذه الأداة من إمكانية الوصول إلى عدد كبير من المبحوثين في وقت محدود، وضبط البيانات في

صورة يسهل تحليلها إحصائياً. وقد جرى تطوير الاستبانة بالاعتماد على الإطار النظري للدراسة، والدراسات السابقة ذات الصلة، بما يتلاءم مع طبيعة بيئة التطبيق وأهداف الدراسة.

وقد تكوّنت الاستبانة في صورتها النهائية من ثلاثة أقسام رئيسية:

- **القسم الأول:** البيانات الديمغرافية لأفراد العينة، وتشمل: الجنس، والعمر، والمؤهل العلمي، وسنوات الخبرة، والمسمى الوظيفي، ومستوى التدريب على التقنيات الرقمية.
- **القسم الثاني:** المتغير المستقل (التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة)، ويتكوّن من (16) فقرة موزعة على أربعة أبعاد، بواقع (4) فقرات لكل بُعد، على النحو التالي: نمذجة معلومات البناء (BIM)، وتقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية.
- **القسم الثالث:** المتغير التابع (نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة)، ويتكوّن من (10) فقرات تغطي مؤشرات النجاح الأربعة: الالتزام بالجدول الزمني، والالتزام بالميزانية، وتحقيق معايير الجودة، ورضا أصحاب المصلحة.

وقد جرى استخدام مقياس ليكرت الخماسي لقياس استجابات أفراد العينة على فقرات الاستبانة، حيث تتدرج الاستجابة من (موافق بشدة) وتُعطى (5) درجات، إلى (غير موافق بشدة) وتُعطى (درجة واحدة). وقد اعتُمد المعيار التالي للحكم على المتوسطات الحسابية: المتوسط من (1.00 – 2.33) منخفض، ومن (2.34 – 3.67) متوسط، ومن (3.68 – 5.00) مرتفع.

5.3 صدق أداة الدراسة وثباتها

صدق الأداة

اعتمد الباحث على نوعين من الصدق للتحقق من صلاحية أداة الدراسة لقياس ما وُضعت لقياسه:

الصدق الظاهري (صدق المحكمين): عُرِضت الاستبانة في صورتها الأولية على لجنة من المحكمين بلغ عددهم (10) محكمين من أعضاء هيئة التدريس المتخصصين في إدارة المشاريع وإدارة الأعمال والمنهجية وأساليب البحث في عدد من الجامعات. وقد طُلب منهم إبداء آرائهم حول مدى وضوح الفقرات،

ومدى ملاءمتها للبُعد الذي تنتمي إليه، وسلامة الصياغة اللغوية، ومدى شمولها لجوانب المتغير المقاس. وقد جرى تعديل بعض الفقرات وحذف عدد منها وإضافة فقرات أخرى استناداً إلى ملاحظات المحكمين، حيث اعتُمد معيار قبول الفقرة موافقة (80%) من المحكمين فأكثر على ملاءمتها.

صدق الاتساق الداخلي: للتحقق من صدق الاتساق الداخلي للأداة، جرى تطبيقها على عينة استطلاعية مكوّنة من (30) فرداً من خارج عينة الدراسة الفعلية، وحساب معامل ارتباط بيرسون بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه، وبين درجة كل بُعد والدرجة الكلية للمحور. ويُوضّح الجدول التالي معاملات الارتباط لفقرات الأداة:

جدول رقم (3 - 1): معاملات ارتباط فقرات الاستبانة بالدرجة الكلية للبُعد

البُعد	رقم الفقرة	معامل الارتباط	مستوى الدلالة
نمذجة معلومات البناء (BIM)	1	0.812	0.000
	2	0.847	0.000
	3	0.793	0.000
	4	0.825	0.000
التوأم الرقمي	5	0.836	0.000
	6	0.871	0.000
	7	0.805	0.000
	8	0.842	0.000
الطائرات بدون طيار والاستشعار	9	0.798	0.000
	10	0.823	0.000
	11	0.815	0.000
	12	0.789	0.000
المنصات السحابية	13	0.834	0.000
	14	0.852	0.000
	15	0.819	0.000

0.000	0.806	16	نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة
0.000	0.781	17	
0.000	0.815	18	
0.000	0.829	19	
0.000	0.794	20	
0.000	0.832	21	
0.000	0.807	22	
0.000	0.845	23	
0.000	0.812	24	
0.000	0.798	25	
0.000	0.826	26	

يتضح من الجدول السابق أن جميع معاملات الارتباط بين فقرات الاستبانة والدرجة الكلية للبُعد الذي تنتمي إليه دالة إحصائياً عند مستوى دلالة (0.01)، وتراوح قيمها بين (0.781) و(0.871)، وهي قيم مرتفعة تدلّ على تمتع الأداة بدرجة عالية من الاتساق الداخلي.

ثبات الأداة

للتحقق من ثبات أداة الدراسة، استُخدم معامل ألفا كرونباخ، إذ يُعدّ من أكثر معاملات الثبات شيوعاً وموثوقية في الأبحاث الإدارية والاجتماعية. ويوضّح الجدول التالي قيم معامل ألفا كرونباخ لكل بُعد من أبعاد الدراسة:

جدول رقم (3 - 2): معاملات ثبات أداة الدراسة باستخدام ألفا كرونباخ

المحور / البُعد	عدد الفقرات	معامل ألفا كرونباخ
نمذجة معلومات البناء (BIM)	4	0.873
تقنية التوأّم الرقمي	4	0.891
الطائرات بدون طيار والاستشعار عن بُعد	4	0.856

0.882	4	منصات إدارة المشاريع السحابية
0.924	16	المتغير المستقل ككل
0.917	10	نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة
0.941	26	الأداة ككل

يتضح من الجدول أن جميع قيم معامل ألفا كرونباخ مرتفعة وتجاوزت الحد الأدنى المقبول (0.70)، حيث تراوحت قيم الثبات للأبعاد الفرعية بين (0.856) و(0.891)، فيما بلغت قيمة الثبات للمتغير المستقل ككل (0.924)، وللمتغير التابع (0.917)، ولأداة ككل (0.941)، وهي قيم تعكس درجة عالية من الثبات وتؤكد صلاحية الأداة للتطبيق الميداني.

6.3 مصفوفة الارتباط بين متغيرات الدراسة

للكشف عن طبيعة العلاقات الارتباطية بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، جرى حساب معاملات ارتباط بيرسون بين هذه المتغيرات، ويوضح الجدول التالي مصفوفة الارتباط:

جدول رقم (3 - 3): مصفوفة الارتباط بين أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع

المتغير	1	2	3	4	5
1. نموذج معلومات البناء (BIM)	1				
2. التوأم الرقمي	0.612**	1			
3. الطائرات بدون طيار والاستشعار	0.574**	0.638**	1		
4. المنصات السحابية	0.601**	0.625**	0.587**	1	
5. نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة	0.723**	0.756**	0.689**	0.742**	1

**دالة إحصائية عند مستوى الدلالة (0.01)

يتضح من مصفوفة الارتباط وجود علاقات ارتباطية موجبة ودالة إحصائية عند مستوى الدلالة (0.01) بين جميع أبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، حيث تراوحت معاملات الارتباط بين (0.689) و(0.756)، وهي قيم تشير إلى علاقات ارتباطية قوية بين المتغيرات. كما يُلاحظ أن معاملات الارتباط

بين أبعاد المتغير المستقل ذاتها تراوحت بين (0.574) و(0.638)، وهي قيم متوسطة إلى مرتفعة لا تصل إلى الحد الذي يُشير إلى وجود ارتباط خطي متعدد (Multicollinearity) قد يؤثر في صحة تحليل الانحدار، إذ إن الحد الحرج عادة ما يكون (0.80) فأكثر.

ولمزيد من التأكد من خلوّ البيانات من مشكلة الارتباط الخطي المتعدد، جرى احتساب معامل تضخم التباين (VIF) وقيمة التباين المسموح به (Tolerance) لكل بُعد من أبعاد المتغير المستقل، ويوضح الجدول التالي النتائج:

جدول رقم (3 - 4): اختبار معامل تضخم التباين (VIF) والتباين المسموح به (Tolerance)

البُعد	معامل تضخم التباين (VIF)	التباين المسموح به (Tolerance)
نمذجة معلومات البناء (BIM)	1.873	0.534
التوأم الرقمي	2.124	0.471
الطائرات بدون طيار والاستشعار	1.792	0.558
المنصات السحابية	1.956	0.511

يتضح من الجدول أن جميع قيم معامل تضخم التباين أقل من (5)، وأن قيم التباين المسموح به جميعها أكبر من (0.20)، مما يدلّ على خلوّ البيانات من مشكلة الارتباط الخطي المتعدد، وملاءمتها لتطبيق تحليل الانحدار المتعدد.

7.3 الأساليب الإحصائية المستخدمة

اعتمدت الدراسة على عدد من الأساليب الإحصائية المناسبة لطبيعة بياناتها وأهدافها، وذلك بالاستعانة ببرنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) الإصدار (26)، وتتمثل هذه الأساليب فيما يلي:

- التكرارات والنسب المئوية: لوصف خصائص أفراد عينة الدراسة الديمغرافية والوظيفية، ولتحديد توزيع استجاباتهم على فقرات الاستبانة.
- المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية: لقياس مستوى استجابات أفراد العينة على فقرات الاستبانة وأبعادها، وترتيب هذه الفقرات والأبعاد وفق درجة موافقة أفراد العينة عليها.

- معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient) للتحقق من صدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة، ولقياس قوة العلاقة واتجاهها بين متغيرات الدراسة.
- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) للتحقق من ثبات أداة الدراسة واتساق فقراتها الداخلية.
- اختبار معامل تضخم التباين (VIF) والتباين المسموح به (Tolerance) للتأكد من خلو البيانات من مشكلة الارتباط الخطي المتعدد بين المتغيرات المستقلة.
- اختبار كولموغوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test) للتحقق من اعتدالية توزيع البيانات وملاءمتها للاختبارات المعلمية.
- تحليل الانحدار الخطي البسيط (Simple Linear Regression) لاختبار أثر كل بُعد من أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع، وذلك لاختبار الفرضيات الفرعية من (H0-1) إلى (H0-4).
- تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression) لاختبار الأثر المشترك لأبعاد المتغير المستقل مجتمعة على المتغير التابع، وذلك لاختبار الفرضية الرئيسية للدراسة.
- اختبار (T-Test) للعينات المستقلة: للكشف عن الفروق في استجابات أفراد العينة وفق المتغيرات الديمغرافية ذات التصنيف الثنائي كالجنس.
- تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) للكشف عن الفروق في استجابات أفراد العينة وفق المتغيرات الديمغرافية ذات التصنيفات المتعددة كالعمر والمؤهل العلمي وسنوات الخبرة والمسمى الوظيفي، وذلك لاختبار الفرضية الفرعية الخامسة (H0-5).

الفصل الرابع: تحليل البيانات واختبار الفرضيات

1.4 تمهيد

يتناول هذا الفصل عرضاً تفصيلياً لنتائج التحليل الإحصائي للبيانات التي جمعها الباحث ميدانياً من أفراد عينة الدراسة، وذلك بهدف الإجابة عن أسئلة الدراسة واختبار فرضياتها المتعلقة بأثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف. ويتضمن الفصل ثلاثة محاور رئيسية: المحور الأول يستعرض تحليل البيانات الديمغرافية لأفراد العينة، والمحور الثاني يقدم التحليل الوصفي لاستجابات أفراد العينة على فقرات وأبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، أما المحور الثالث فيتناول اختبار فرضيات الدراسة الرئيسية والفرعية باستخدام الأساليب الإحصائية الملائمة.

2.4 تحليل البيانات الديمغرافية لأفراد عينة الدراسة

توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير الجنس

جدول رقم (4 - 1): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير الجنس

الجنس	التكرار	النسبة المئوية(%)
ذكر	198	87.61
أنثى	28	12.39
الإجمالي	226	100.00

يتضح من الجدول أن غالبية أفراد العينة من الذكور بنسبة (87.61%)، بينما بلغت نسبة الإناث (12.39%)، وهي نتيجة متوقعة تعكس طبيعة قطاع الإنشاءات الذي يغلب عليه العنصر الذكوري في المواقع الفنية والميدانية.

توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير العمر

جدول رقم (4 - 2): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير العمر

النسبة المئوية(%)	التكرار	الفئة العمرية
18.14	41	أقل من 30 سنة
38.50	87	من 30 إلى أقل من 40 سنة
30.09	68	من 40 إلى أقل من 50 سنة
13.27	30	50 سنة فأكثر
100.00	226	الإجمالي

يتضح أن الفئة العمرية الأكبر هي من (30 إلى أقل من 40 سنة) بنسبة (38.50%)، تليها فئة (40 إلى أقل من 50 سنة) بنسبة (30.09%)، مما يعكس توافر خبرات نوعية لدى أفراد العينة في مرحلة الإنتاجية والنضج المهني.

توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير المؤهل العلمي

جدول رقم (4 - 3): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير المؤهل العلمي

النسبة المئوية(%)	التكرار	المؤهل العلمي
10.62	24	دبلوم فني
62.83	142	بكالوريوس
21.24	48	ماجستير
5.31	12	دكتوراه
100.00	226	الإجمالي

يتضح أن الغالبية العظمى من أفراد العينة من حملة درجة البكالوريوس بنسبة (62.83%)، يليهم حملة الماجستير بنسبة (21.24%)، مما يدل على ارتفاع المستوى التعليمي لأفراد العينة وملاءمته لطبيعة المشروع.

توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة

جدول رقم (4 - 4): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة

سنوات الخبرة	التكرار	النسبة المئوية(%)
أقل من 5 سنوات	36	15.93
من 5 إلى أقل من 10 سنوات	74	32.74
من 10 إلى أقل من 15 سنة	69	30.53
15 سنة فأكثر	47	20.80
الإجمالي	226	100.00

يتبين أن (84.07%) من أفراد العينة يمتلكون خبرة تتجاوز خمس سنوات، مما يُعزّز موثوقية استجاباتهم بشأن موضوع الدراسة.

توزيع أفراد العينة وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي

جدول رقم (4 - 5): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي

المسمى الوظيفي	التكرار	النسبة المئوية(%)
مدير مشروع	16	7.08
مدير قسم فني	27	11.95
مهندس تخطيط ومتابعة	54	23.89
مهندس جودة	42	18.58
مراقب موقع	64	28.32
أخصائي تقنيات رقمية	23	10.18
الإجمالي	226	100.00

توزيع أفراد العينة وفقاً لمستوى التدريب على التقنيات الرقمية

جدول رقم (4 - 6): توزيع أفراد عينة الدراسة وفقاً لمستوى التدريب على التقنيات الرقمية

النسبة المئوية (%)	التكرار	مستوى التدريب
25.66	58	تدريب أساسي
42.48	96	تدريب متوسط
31.86	72	تدريب متقدم
100.00	226	الإجمالي

3.4 التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة

جرى حساب المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابات أفراد العينة على فقرات وأبعاد المتغير المستقل والمتغير التابع، وتفسير هذه المتوسطات وفق المعيار المعتمد في الفصل الثالث.

(أ) التحليل الوصفي لأبعاد المتغير المستقل: التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة

البُعد الأول: نمذجة معلومات البناء (BIM)

جدول رقم (4 - 7): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد نمذجة معلومات البناء

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
1	تتيح نمذجة معلومات البناء توحيد المرجعية الهندسية لمختلف تخصصات المشروع	4.18	0.682	2	مرتفع
2	تُسهّل تقنية BIM في الكشف المبكر عن التعارضات بين التخصصات قبل التنفيذ	4.24	0.671	1	مرتفع
3	تُمكن BIM فريق الرقابة من مقارنة المنجز الفعلي بالنموذج المرجعي بدقة	4.09	0.724	3	مرتفع
4	تُسهّل نمذجة معلومات البناء توثيق التعديلات التصميمية ومتابعتها	4.02	0.738	4	مرتفع

المتوسط العام للبُعد	4.13	0.612	مرتفع
----------------------	------	-------	-------

يتضح أن المتوسط العام لبُعد نمذجة معلومات البناء بلغ (4.13) بانحراف معياري (0.612)، وهو مستوى مرتفع يعكس درجة عالية من تبنّي هذه التقنية في الرقابة والمتابعة بمشروع توسعة المطاف.

البُعد الثاني: تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin)

جدول رقم (4 - 8): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد التوأم الرقمي

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
5	يوفر التوأم الرقمي نسخة افتراضية حية للمشروع تعكس حالته اللحظية	4.05	0.703	2	مرتفع
6	تُمكن تقنية التوأم الرقمي من محاكاة سيناريوهات بديلة قبل التطبيق الميداني	3.98	0.748	3	مرتفع
7	يُتيح التوأم الرقمي رصد الانحرافات في الزمن الحقيقي	4.11	0.689	1	مرتفع
8	تدعم تقنية التوأم الرقمي الإدارة في اتخاذ قرارات استباقية	3.91	0.762	4	مرتفع
	المتوسط العام للبُعد	4.01	0.634		مرتفع

البُعد الثالث: الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد

جدول رقم (4 - 9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد الطائرات بدون طيار والاستشعار

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
---	--------	-----------------	-------------------	---------	---------

مرتفع	1	0.654	4.21	تُتيح الطائرات بدون طيار رصد التقدم الميداني للمشروع بصورة دورية شاملة	9
مرتفع	2	0.689	4.14	تُسهّل تقنيات الاستشعار في توفير بيانات موضوعية عن حالة الموقع	10
مرتفع	3	0.712	4.08	تُمكن الطائرات بدون طيار من تغطية المناطق التي يصعب الوصول إليها	11
مرتفع	4	0.745	3.96	تُسهّل تقنيات الاستشعار توثيق التطورات اليومية في المشروع	12
مرتفع		0.598	4.10	المتوسط العام للبُعد	

البُعد الرابع: منصات إدارة المشاريع السحابية

جدول رقم (4 - 10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات بُعد المنصات السحابية

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
13	تُتيح المنصات السحابية وصول جميع أطراف المشروع إلى المعلومات في الوقت ذاته	4.27	0.642	1	مرتفع
14	تُسهّل المنصات السحابية تجميع البيانات من مصادرها المختلفة	4.16	0.671	2	مرتفع
15	توفّر المنصات السحابية لوحات معلومات تفاعلية تدعم اتخاذ القرار	4.04	0.715	3	مرتفع
16	تُمكن المنصات السحابية من تتبع المؤشرات المالية والتشغيلية بصورة لحظية	3.99	0.736	4	مرتفع
	المتوسط العام للبُعد	4.12	0.605		مرتفع

جدول رقم (4 - 11): ترتيب أبعاد المتغير المستقل وفقاً للمتوسطات الحسابية

الترتيب	البُعد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المستوى
1	نمذجة معلومات البناء (BIM)	4.13	0.612	مرتفع
2	منصات إدارة المشاريع السحابية	4.12	0.605	مرتفع
3	الطائرات بدون طيار والاستشعار	4.10	0.598	مرتفع
4	التوأم الرقمي	4.01	0.634	مرتفع
	المتغير المستقل ككل	4.09	0.547	مرتفع

(ب) التحليل الوصفي للمتغير التابع: نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

جدول رقم (4 - 12): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لفقرات المتغير التابع

م	الفقرة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الترتيب	المستوى
17	يلتزم المشروع بالجدول الزمني المعتمد لمرحل التنفيذ	4.07	0.692	6	مرتفع
18	تُجَزَّ الأنشطة الحرجة في المشروع وفق المخطط الزمني الموضوع	3.98	0.731	8	مرتفع
19	تتوافق التكاليف الفعلية للمشروع مع الميزانية المعتمدة	3.94	0.748	9	مرتفع
20	يتم ضبط أوامر التغيير في المشروع بما يحفظ التوازن المالي	4.02	0.715	7	مرتفع
21	تتطابق مخرجات المشروع مع المواصفات الفنية المعتمدة	4.18	0.658	2	مرتفع
22	تُحقَّق مخرجات المشروع المعايير الدولية للجودة في قطاع الإنشاءات	4.21	0.643	1	مرتفع

23	تُلَبِّي مخرجات المشروع توقعات الجهة المالكة	4.15	0.672	3	مرتفع
24	يُحَقِّق المشروع رضا المستفيدين النهائيين من خدماته	4.12	0.685	4	مرتفع
25	تتميّز علاقات المشروع مع الجهات التنظيمية بالتعاون والاتساق	4.09	0.701	5	مرتفع
26	يُسهم المشروع في تعزيز السمعة المهنية للجهات المنفذة	3.91	0.762	10	مرتفع
	المتوسط العام للمتغير التابع	4.07	0.572		مرتفع

يتضح أن المتوسط العام للمتغير التابع (نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة) بلغ (4.07) بانحراف معياري (0.572)، وهو مستوى مرتفع يعكس إدراك أفراد العينة لمستوى متقدم من النجاح في مشروع توسعة المطاف.

4.4 اختبار فرضيات الدراسة

اختبار الفرضية الرئيسية

H_0 : لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها) نمذجة معلومات البناء BIM ، وتقنية التوأم الرقمي، والطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، ومنصات إدارة المشاريع السحابية (على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف).

للتحقق من هذه الفرضية، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Regression) بهدف قياس تأثير أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة (كعوامل مستقلة) على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة (كعامل تابع). وقد جاءت نتائج التحليل كما يلي:

جدول رقم (4 - 13): نتائج تحليل الانحدار المتعدد لأثر أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

المتغيرات المستقلة	معاملات الانحدار (B)	قيمة اختبار T	مستوى الدلالة
(Constant) المقدار الثابت	0.487	2.964	0.003 **
نمذجة معلومات البناء (BIM)	0.312	5.842	0.000 **
تقنية التوأم الرقمي	0.358	6.521	0.000 **
الطائرات بدون طيار والاستشعار	0.241	4.378	0.000 **
منصات إدارة المشاريع السحابية	0.296	5.197	0.000 **
معامل الارتباط = 0.872	معامل التحديد = 0.760		
قيمة الاختبار F = 174.836	القيمة الاحتمالية = 0.000		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات SPSS

تشير نتائج تحليل الانحدار المتعدد الموضحة في الجدول رقم (4 - 13) إلى وجود علاقة تأثيرية دالة إحصائياً بين أبعاد التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة كمتغيرات مستقلة، ونجاح المشاريع الإنشائية العملاقة كمتغير تابع. فقد بلغ معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.760)، وهي نسبة مرتفعة تدلّ على أن (76.0%) من التباين في نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف يمكن تفسيره من خلال المتغيرات الأربعة المتعلقة بالتقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة، كما تشير قيمة معامل الارتباط ($R = 0.872$) إلى وجود ارتباط قوي بين المتغيرات المدروسة. وقد بلغت قيمة اختبار ($F = 174.836$) بمستوى دلالة (0.000)، مما يؤكد المعنوية الإحصائية للنموذج ككل.

أما على مستوى الأبعاد الفردية، فقد تبين أن بُعد "التوأم الرقمي" هو الأكثر تأثيراً على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، حيث بلغ معامل الانحدار له ($B = 0.358$)، وبلغت قيمة ($T = 6.521$) بدلالة معنوية عالية. ($\text{Sig.} = 0.000$) ويعكس ذلك الدور المحوري الذي تؤديه المحاكاة الديناميكية للمشروع في تعزيز قدرة الإدارة على رصد الانحرافات في وقتها الحقيقي واتخاذ القرارات التصحيحية المناسبة.

كما أظهرت النتائج أن نمذجة معلومات البناء (BIM) بمعامل انحدار ($B = 0.312$) وقيمة T (5.842)، ومنصات إدارة المشاريع السحابية بمعامل انحدار ($B = 0.296$) وقيمة T (5.197)، تساهمان

أيضاً بشكل دالّ في تفسير التباين في نجاح المشاريع، مما يعكس أهمية توحيد المرجعية المعلوماتية للمشروع وتوفير بيئة رقمية مشتركة لجميع أطراف العمل. أما بُعد الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار، فقد أظهر أثراً دالاً إحصائياً ($B = 0.241$) ، ($\text{Sig.} = 0.000$)، وإن كان أقل نسبياً من بقية الأبعاد، مما يُشير إلى أن تعزيز هذا البُعد قد يمثل فرصة لتحسين متكامل في منظومة الرقابة والمتابعة الرقمية داخل المشروع.

وبناءً على ذلك، تُؤكد هذه النتائج رفض الفرضية الصفريّة الرئيسية وقبول الفرضية البديلة، أي أنه يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها الأربعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف. ويتفرع من هذه الفرضية الرئيسية الفرضيات الفرعية التالية:

الفرضية الفرعية الأولى

1-H0: لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام نمذجة معلومات

البناء (BIM) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression)

(Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (4 - 14): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر نمذجة معلومات البناء على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
نجاح المشاريع الإنشائية	معامل الارتباط r	معامل التحديد r²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	نمذجة معلومات البناء (BIM)	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
العملاقة	0.723	0.523	1	245.617	0.000		0.676	0.043	0.723	15.672	0.000

تُشير النتائج الإحصائية الموضحة في الجدول رقم (4 - 14) إلى أن معامل الارتباط R^2 بلغ (0.723)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.523)، مما يُشير إلى أن (52.3%) من التباين في نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يمكن تفسيره من خلال متغير نمذجة معلومات البناء (BIM) منفرداً، دون تدخل بقية الأبعاد الأخرى.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (245.617) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج ككل في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.676$) بقيمة ($T = 15.672$)، وهي أيضاً دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف نمذجة معلومات البناء تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.676) في مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية الصفرية الفرعية الأولى وتُقبل الفرضية البديلة.

الفرضية الفرعية الثانية

2-2H0 لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام تقنية التوأم الرقمي (Digital Twin) في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (4 - 15): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر تقنية التوأم الرقمي على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملات Coefficient				
نجاح المشاريع الإنشائية	معامل الارتباط r	معامل التحديد r²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	تقنية التوأم الرقمي	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
العلاقة	0.756	0.572	1	299.124	0.000		0.682	0.039	0.756	17.296	0.000

تُشير النتائج الإحصائية الموضحة في الجدول رقم (4 - 15) إلى أن معامل الارتباط R بلغ (0.756)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.572)، مما يُشير إلى أن (57.2%) من التباين في نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يمكن تفسيره من خلال متغير تقنية التوأم الرقمي منفرداً.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (299.124) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.682$) بقيمة ($T = 17.296$)، وهي دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف تقنية التوأم الرقمي تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.682) في مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية الصفرية الفرعية الثانية وتُقبل الفرضية البديلة.

الفرضية الفرعية الثالثة

3- H_0 لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression) (Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (4 - 16): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

المتغير التابع	ملخص النموذج	ANOVA تحليل التباين				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
نجاح المشاريع الإنشائية	معامل الارتباط r	معامل التحديد r²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	الطائرات بدون طيار والاستشعار	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
العملاقة	0.689	0.475	1	202.483	0.000		0.659	0.046	0.689	14.230	0.000

تُشير النتائج الإحصائية الموضحة في الجدول رقم (4 - 16) إلى أن معامل الارتباط R^2 بلغ (0.689)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.475)، مما يُشير إلى أن (47.5%) من التباين في نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يمكن تفسيره من خلال متغير الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار منفرداً.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (202.483) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.659$) بقيمة ($T = 14.230$)، وهي دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.659) في مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية الصفرية الفرعية الثالثة وتُقبل الفرضية البديلة.

الفرضية الفرعية الرابعة

4-H0 لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) لاستخدام منصات إدارة المشاريع السحابية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف.

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression Test)، وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (4 - 17): تحليل الانحدار الخطي البسيط لقياس أثر منصات إدارة المشاريع السحابية على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة

المتغير التابع	ملخص النموذج	تحليل التباينANOVA				المتغير المستقل	المعاملاتCoefficient				
نجاح المشاريع الإنشائية	معامل الارتباط r	معامل التحديد r²	درجة الحرية df	F المحسوبة	Sig. F	منصات إدارة المشاريع السحابية	B	الخطأ المعياري	Beta	T	Sig. t
العلاقة	0.742	0.551	1	274.819	0.000		0.701	0.042	0.742	16.578	0.000

تُشير النتائج الإحصائية الموضحة في الجدول رقم (4 - 17) إلى أن معامل الارتباط R^2 بلغ (0.742)، وهو ما يعكس وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين المتغيرين، كما بلغت قيمة معامل التحديد (R^2) قيمة قدرها (0.551)، مما يُشير إلى أن (55.1%) من التباين في نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة يمكن تفسيره من خلال متغير منصات إدارة المشاريع السحابية منفرداً.

وبالاطلاع على نتائج تحليل التباين (ANOVA)، نجد أن قيمة F المحسوبة بلغت (274.819) بمستوى دلالة (Sig. = 0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يُعزّز من دلالة النموذج في تفسير الفرضية.

أما على مستوى معاملات الانحدار، فقد بلغ معامل التأثير ($B = 0.701$) بقيمة ($T = 16.578$)، وهي دالة عند مستوى (Sig. = 0.000)، ما يدل على أن أي زيادة بمقدار وحدة واحدة في توظيف منصات إدارة المشاريع السحابية تؤدي إلى زيادة بمقدار (0.701) في مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، ضمن شروط النموذج. وبناءً على ذلك، تُرفض الفرضية الصفرية الفرعية الرابعة وتُقبل الفرضية البديلة.

الفرضية الفرعية الخامسة

5-H0: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) في استجابات أفراد عينة الدراسة حول أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة تُعزى للمتغيرات الديمغرافية.

للتحقق من صحة هذا الفرض، تم استخدام اختبار (T-Test) للعينات المستقلة بالنسبة لمتغير الجنس، وتحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) بالنسبة لباقي المتغيرات الديمغرافية.

(أ) الفروق وفقاً لمتغير الجنس

جدول رقم (4 - 18): نتائج اختبار (T-Test) للفروق وفقاً لمتغير الجنس

المتغير	الجنس	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة T	مستوى الدلالة
الأداة ككل	ذكر	198	4.09	0.541	0.876	0.382
	أنثى	28	4.01	0.572		

يتضح من الجدول أن قيمة T بلغت (0.876) بمستوى دلالة (0.382)، وهي قيمة غير دالة إحصائياً، مما يدل على عدم وجود فروق في استجابات أفراد العينة تُعزى لمتغير الجنس.

(ب) الفروق وفقاً لمتغير العمر

جدول رقم (4 - 19): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير العمر

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
بين المجموعات	1.124	3	0.375	1.276	0.284
داخل المجموعات	65.218	222	0.294		
الإجمالي	66.342	225			

يتضح أن قيمة F بلغت (1.276) بمستوى دلالة (0.284)، وهي قيمة غير دالة إحصائياً، مما يدل على عدم وجود فروق تُعزى لمتغير العمر.

(ج) الفروق وفقاً لمتغير المؤهل العلمي

جدول رقم (4 - 20): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير المؤهل العلمي

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
بين المجموعات	0.873	3	0.291	0.987	0.401
داخل المجموعات	65.469	222	0.295		
الإجمالي	66.342	225			

يتضح أن قيمة F بلغت (0.987) بمستوى دلالة (0.401)، وهي قيمة غير دالة إحصائياً، مما يدل على عدم وجود فروق تُعزى لمتغير المؤهل العلمي.

(د) الفروق وفقاً لمتغير سنوات الخبرة

جدول رقم (4 - 21): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير سنوات الخبرة

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
بين المجموعات	4.752	3	1.584	5.712	0.001
داخل المجموعات	61.590	222	0.277		
الإجمالي	66.342	225			

يتضح أن قيمة F بلغت (5.712) بمستوى دلالة (0.001)، وهي قيمة دالة إحصائياً عند مستوى (0.01)، مما يدل على وجود فروق تُعزى لمتغير سنوات الخبرة. ولتحديد اتجاه هذه الفروق، تم تطبيق اختبار شيفيه للمقارنات البعدية، وتبين أن الفروق لصالح الفئة الأعلى خبرة (15 سنة فأكثر) مقارنة بالفئة الأقل خبرة (أقل من 5 سنوات).

(هـ) الفروق وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي

جدول رقم (4 - 22): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير المسمى الوظيفي

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
بين المجموعات	5.892	5	1.178	4.328	0.001
داخل المجموعات	60.450	220	0.275		
الإجمالي	66.342	225			

يتضح أن قيمة F بلغت (4.328) بمستوى دلالة (0.001)، وهي قيمة دالة إحصائياً، مما يدل على وجود فروق تُعزى لمتغير المسمى الوظيفي. وقد كشف اختبار شيفيه أن الفروق لصالح فئتي "مديري المشاريع" و"أخصائيي التقنيات الرقمية" مقارنة ببقية الفئات.

(و) الفروق وفقاً لمتغير مستوى التدريب على التقنيات الرقمية

جدول رقم (4 - 23): نتائج تحليل التباين الأحادي للفروق وفقاً لمتغير مستوى التدريب

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى الدلالة
بين المجموعات	6.418	2	3.209	11.965	0.000
داخل المجموعات	59.924	223	0.269		
الإجمالي	66.342	225			

يتضح أن قيمة F بلغت (11.965) بمستوى دلالة (0.000)، وهي قيمة دالة إحصائياً، مما يدل على وجود فروق تُعزى لمتغير مستوى التدريب على التقنيات الرقمية. وقد بين اختبار شيفيه أن الفروق لصالح فئة "التدريب المتقدم" مقارنة بفئتي "التدريب المتوسط" و"التدريب الأساسي".

وبناءً على ما تقدم، تُقبل الفرضية الصفرية الفرعية الخامسة جزئياً، إذ لا توجد فروق تُعزى لمتغيرات الجنس والعمر والمؤهل العلمي، فيما تُرفض جزئياً لصالح وجود فروق تُعزى لمتغيرات سنوات الخبرة، والمسمى الوظيفي، ومستوى التدريب على التقنيات الرقمية.

الفصل الخامس: النتائج والتوصيات

1.5 تمهيد

يستعرض هذا الفصل أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة الحالية في ضوء التحليل الإحصائي للبيانات الميدانية التي جُمعت من أفراد عينة الدراسة في مشروع توسعة المطاف، مع تفسير هذه النتائج وربطها بما طُرِح في الإطار النظري والدراسات السابقة، ثم يُختتم الفصل بمجموعة من التوصيات التي يقدّمها الباحث استناداً إلى ما خلصت إليه الدراسة، فضلاً عن مقترحات بدراسات مستقبلية تُكمل البحث في هذا الموضوع.

2.5 نتائج الدراسة

كشفت نتائج التحليل الإحصائي عن أن مستوى توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بمشروع توسعة المطاف جاء مرتفعاً، إذ بلغ المتوسط العام للمتغير المستقل (4.09) بانحراف معياري (0.547)، وهو ما يعكس وعياً مؤسسياً متقدماً بأهمية الاستثمار في الحلول الرقمية لإدارة المشاريع العملاقة. ويُعزى ذلك إلى الطبيعة الاستراتيجية للمشروع التي تستوجب اعتماد أحدث الأدوات الرقمية، وإلى توافر بنية تحتية معلوماتية قادرة على استيعاب هذه التقنيات، فضلاً عن وجود كوادِر مؤهلة تتعامل معها بكفاءة. وتتقاطع هذه النتيجة مع ما طرحه داهنين (2024) من أن القدرات الرقمية باتت تُمثّل ركيزة استراتيجية للمنظمات الباحثة عن التحول الرقمي الناجح، وما أشار إليه أحمد ومهدي (2024) من أن استراتيجيات التحول الرقمي أصبحت محوراً جوهرياً في إعادة هيكلة منظمات الأعمال.

وفي السياق ذاته، جاء بُعد نمذجة معلومات البناء (BIM) في المرتبة الأولى من حيث مستوى التوظيف بمتوسط حسابي (4.13)، يليه بُعد منصات إدارة المشاريع السحابية بمتوسط (4.12)، ثم بُعد الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار بمتوسط (4.10)، وأخيراً بُعد التوأَم الرقمي بمتوسط (4.01). ويُفسّر تصدّر نمذجة معلومات البناء بكونها تقنية أكثر نضجاً وانتشاراً في صناعة التشييد، وتُمثّل الأساس المعلوماتي الذي تتكامل معه باقي التقنيات. ويتفق ذلك مع ما طرحه Zhu et al. (2022) من أن نمذجة معلومات البناء تشكّل محوراً لمنظومة التقنيات الذكية في إدارة المشاريع الإنشائية، وما أكدّه Duarte-Vidal et

(2021). al. بشأن قدرتها على التكامل مع باقي الأدوات الرقمية. أما تأخر بُعد التوأم الرقمي نسبياً فيُعزى إلى حدّاته كتنقية وارتفاع متطلبات تطبيقه من حيث البنية التحتية والكفاءات المتخصصة.

وفيما يتعلق بالمتغير التابع، جاء مستوى نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف مرتفعاً بمتوسط حسابي (4.07) وانحراف معياري (0.572)، وهو ما يعكس إدراك العاملين في المشروع لمستوى متقدم من الأداء على مختلف مؤشرات النجاح. ويُعزى ذلك إلى الطابع الاستراتيجي للمشروع الذي يستوجب مستويات عالية من الانضباط، وإلى منظومة الحوكمة المؤسسية المُكمّمة التي تُحيط به، وإلى الاستثمار المكثف في الكوادر البشرية والأدوات التقنية. وتتسجم هذه النتيجة مع ما طرحه العزاوي والجبوري (2022) بشأن أهمية بناء منظومة قياس متعددة الأبعاد لرصد مستويات النجاح، وما أشار إليه المعادات وأبو زيد (2021) من أن التخطيط الجيد للمشروع يُسهم في تعزيز قدرته على بلوغ أهدافه. وقد جاء مؤشر تحقيق معايير الجودة في المرتبة الأولى ضمن مؤشرات النجاح، وهو ما يتسق مع ما طرحه علي ومحمد (2025) بشأن المكانة المحورية لجودة المخرجات في تعريف نجاح المشاريع الكبرى.

وعلى صعيد اختبار الفرضيات، كشفت النتائج عن وجود أثر ذي دلالة إحصائية لاستخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بأبعادها الأربعة مجتمعةً على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة في مشروع توسعة المطاف، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.760$)، أي إن (76.0%) من التباين في نجاح المشاريع يمكن تفسيره من خلال هذه الأبعاد مجتمعةً. ويُعزى ذلك إلى التكامل الوظيفي بين هذه التقنيات الذي يُتيح للإدارة منظومة رقابية شاملة لا تقتصر على رصد التقدم، بل تمتد إلى استشراف المخاطر، ومحاكاة السيناريوهات، وتوحيد المرجعية المعلوماتية بين أطراف العمل. وتتقاطع هذه النتيجة مع ما طرحه الحسن والنجار (2023) بشأن دور تكنولوجيا المعلومات والمنصات الرقمية في تعزيز نجاح المشاريع الإنشائية، ومع طرح Qureshi et al. (2023) بشأن قيمة نموذج المتابعة الآلية في تحسين أداء المشاريع، وما أكده أحمد ومهدي (2024) من أن استراتيجيات التحول الرقمي ترتبط ارتباطاً جوهرياً بنجاح مشاريع منظمات الأعمال.

كما كشفت النتائج عن وجود أثر دالّ إحصائياً لبُعد نمذجة معلومات البناء (BIM) منفرداً على نجاح المشاريع، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.523$)، ويُفسّر ذلك بالدور الذي تؤديه هذه التقنية في توحيد المرجعية الهندسية للمشروع، والكشف المبكر عن التعارضات بين التخصصات، وتوفير قاعدة معلوماتية مرجعية يمكن قياس التقدم بناءً عليها. وينسجم ذلك مع ما طرحه Zhu et al. (2022) بشأن مكانة نمذجة

معلومات البناء في منظومة التقنيات الذكية، وما أكدته Duarte-Vidal et al. (2021) من أن قابلية هذه التقنية للتشغيل البيئي تجعلها العمود الفقري لمنظومة الرقابة الرقمية، إضافة إلى ما طرحه Li et al. (2022) بشأن إسهامها في تعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة.

وأظهرت النتائج كذلك وجود أثر دالّ إحصائياً لتقنية التوأم الرقمي منفردة على نجاح المشاريع، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.572$)، وهو الأعلى بين الأبعاد الأربعة. ويُعزى ذلك إلى الطبيعة الديناميكية لهذه التقنية التي تنقل وظيفة الرقابة من النموذج التفاعلي إلى النموذج الاستباقي، إذ تُتيح للإدارة محاكاة سيناريوهات بديلة قبل التطبيق، ورصد الانحرافات في وقتها الحقيقي. ويتفق ذلك مع ما طرحه Dalir و Javanshir (2024) بشأن قيمة التوأم الرقمي في المتابعة والتحكم الآلي للمشاريع الإنشائية، وما أكدته Alizadehsalehi و Yitmen (2023) بشأن دوره عند تكامله مع تقنيات الواقع الموسّع، وما أشار إليه Jing (2025) لـ أن البناء الرقمي يُسهم في تحسين إدارة تقدم المشروع.

وفيما يخصّ بُعد الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد، فقد أظهرت النتائج وجود أثر دالّ إحصائياً لها على نجاح المشاريع، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.475$) ويُعزى ذلك إلى قدرة هذه التقنيات على توفير بيانات موضوعية عن حالة المشروع، وتغطية مساحات شاسعة في زمن قصير، وتوثيق التطورات اليومية بصورة منهجية. وينسجم ذلك مع ما طرحه Qureshi et al. (2023) بشأن دور أدوات الرصد الآلي في تعزيز دقة متابعة التقدم، وما أكدته Adam و Gatobu (2025) بشأن إسهام أدوات المتابعة الرقمية في رفع مستوى الشفافية وموضوعية تقارير الأداء.

كما كشفت النتائج عن وجود أثر دالّ إحصائياً لمنصات إدارة المشاريع السحابية منفردة على نجاح المشاريع، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2 = 0.551$) ويُفسّر ذلك بالدور الذي تؤديه هذه المنصات في تجميع البيانات من مصادرها المختلفة، وإتاحتها لجميع أطراف المشروع في الوقت ذاته، وتقديمها في صورة لوحات معلومات تفاعلية تدعم اتخاذ القرار. ويتقاطع ذلك مع ما طرحه Duarte-Vidal et al. (2021) بشأن قيمة التشغيل البيئي للأدوات الرقمية، وما أشار إليه Adejola و Nwobodo-Anyadiegwu (2025) من إسهام هذه المنصات في دعم متطلبات الاستدامة في المشاريع الإنشائية، وما طرحه Adam و Gatobu (2025) بشأن دور أدوات المتابعة الرقمية في تعزيز ثقة الجهات الممولة والمالكة.

وعلى صعيد الفروق وفقاً للمتغيرات الديمغرافية، أظهرت النتائج عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية تُعزى لمتغيرات الجنس والعمر والمؤهل العلمي، وهو ما يعكس توافر إدراك مشترك بين أفراد العينة لطبيعة التقنيات الرقمية ودورها في نجاح المشاريع بصرف النظر عن خصائصهم الديمغرافية الأساسية. في المقابل، كشفت النتائج عن وجود فروق دالة إحصائية تُعزى لمتغير سنوات الخبرة لصالح الفئات الأعلى خبرة، ولمتغير المسمى الوظيفي لصالح مديري المشاريع وأخصائيي التقنيات الرقمية، ولمتغير مستوى التدريب لصالح فئة التدريب المتقدم. ويُعزى ذلك إلى أن أصحاب الخبرة الأطول والمسؤوليات القيادية والتدريب المتقدم يمتلكون فهماً أعمق لمنظومة التقنيات الرقمية ولأثرها التراكمي على المشروع، وهو ما يتفق مع ما طرحه الزعبي وأبو زيد (2023) بشأن دور الكفايات القيادية للمديرين في تعزيز نجاح المشاريع الإنشائية، وما أشار إليه الحياوي والحياسات (2022) بشأن السمات الشخصية لمدراء المشاريع وأثرها في إدارة المتغيرات الميدانية.

وبصورة شاملة، تكشف نتائج الدراسة عن أن التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة باتت تُشكّل رافعة استراتيجية لنجاح المشاريع الإنشائية العملاقة، وأن قيمتها لا تنبع من توظيفها المنفرد بل من تكامل أبعادها داخل منظومة رقابية واحدة. وتتقاطع هذه الرؤية مع ما طرحه جبر والشوابكة (2025) بشأن دور تحليلات البيانات في تعزيز إدارة المخاطر، وما أكدّه عبدالنبي والعتيبي (2021) بشأن أهمية الابتكار في إدارة المشاريع، وما طرحه مكحل والشراري (2024) بشأن دور منهجيات إدارة المشاريع في تحقيق النجاح.

3.5 توصيات الدراسة

في ضوء ما توصلت إليه الدراسة، يقدّم الباحث جملة من التوصيات الموجهة إلى الجهات المعنية بإدارة المشاريع الإنشائية العملاقة، وهي على النحو التالي:

- العمل على تطوير منظومة متكاملة من التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة بحيث تتكامل أبعادها الأربعة في إطار رقمي موحد، وعدم الاكتفاء بتوظيف تقنية بمعزل عن البقية، مع تخصيص فريق متخصص يتولى الإشراف على التكامل بين هذه التقنيات.
- توسيع نطاق توظيف تقنية التوأم الرقمي في المشروع، عبر بناء توأم رقمي متكامل يُحاكي جميع مراحل التنفيذ، وربطه بأنظمة الاستشعار الميدانية، واستثماره في محاكاة السيناريوهات البديلة قبل اتخاذ القرارات الحاسمة.

- تعزيز البنية التحتية الرقمية للمنصات السحابية المعتمدة في المشروع، وضمان توافر مستويات عالية من الأمان السيبراني، وتسهيل وصول جميع أصحاب المصلحة إلى المنصة وفق صلاحيات محددة، مع تطوير لوحات معلومات تفاعلية تلبي احتياجات كل مستوى إداري.
- توسيع الاعتماد على الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بُعد في رصد التقدم الميداني، عبر جدولة طلعات منتظمة لتغطية جميع مواقع المشروع، وتطوير بروتوكولات موحدة لمعالجة البيانات المُلقطة وربطها بنماذج معلومات البناء.
- بناء برامج تدريبية متقدمة للكوادر العاملة في المشروع على توظيف التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة، مع تصميم مسارات تدريبية متدرجة تستوعب مختلف المستويات الوظيفية، والتأكيد على إكساب المتدربين مهارات تحليلية تتجاوز التشغيل الآلي للتقنية.
- تعزيز قنوات التواصل بين فرق المشروع المختلفة عبر المنصة الرقمية الموحدة، بما يُقلص الفجوة بين الإدارة العليا والكوادر الميدانية، ويُضمن أن تصل المعلومات إلى متخذي القرار في الوقت المناسب.
- تطوير منظومة مؤشرات أداء رقمية لقياس نجاح المشروع على أبعاده الأربعة (الالتزام الزمني، والالتزام بالميزانية، وتحقيق معايير الجودة، ورضا أصحاب المصلحة)، وربط هذه المؤشرات بلوحات المعلومات الإدارية لضمان متابعتها بصورة لحظية.
- إعادة هندسة بعض العمليات الإدارية في المشروع بما يتوافق مع منطق التقنيات الرقمية المتبعة، وتجنّب نقل الممارسات اليدوية إلى البيئة الرقمية دون تطوير، إذ إن قيمة التقنية تتحقق من خلال إعادة تصميم العملية لا أتمتها كما هي.
- استثمار البيانات المتراكمة من توظيف التقنيات الرقمية في بناء ذاكرة مؤسسية للمشروع، يمكن الرجوع إليها في المشاريع المستقبلية، واستخلاص الدروس المستفادة منها لتطوير ممارسات الإدارة.
- تبني نهج إدارة المخاطر الاستباقية القائم على البيانات، عبر توظيف القدرات التحليلية للتقنيات الرقمية في رصد المخاطر المحتملة في مراحلها الأولى، ووضع خطط استجابة جاهزة لكل صنف منها.
- إعداد ميثاق لحوكمة البيانات في المشروع يُحدد ملكية البيانات وصلاحيات الوصول إليها وآليات مشاركتها بين أطراف المشروع، بما يحفظ سرية البيانات الحساسة ويضمن انسيابيتها للأطراف المخولة.
- إجراء مراجعات دورية لفاعلية التقنيات الرقمية الموظفة في المشروع، وتقييم العائد على الاستثمار التقني وفق مؤشرات كمية ونوعية، واستثمار نتائج المراجعة في تطوير منظومة الرقابة باستمرار.

- توجيه عناية خاصة للكوادر حديثة العهد بالعمل في المشروع، عبر برامج توجيهية مكثفة تُمكنهم من اللحاق بزملائهم الأكثر خبرة في توظيف التقنيات الرقمية، وتقليص الفجوة في الإدراك التي كشفت عنها نتائج الدراسة.
- تشجيع الابتكار الداخلي في توظيف التقنيات الرقمية، عبر تخصيص حوافز للكوادر التي تطرح حلولاً مبتكرة تُحسن من فاعلية الرقابة والمتابعة، وبناء ثقافة مؤسسية تُقدّر المبادرات التطويرية.

4.5 الدراسات المقترحة

في ضوء ما تناولته الدراسة الحالية، يقترح الباحث إجراء الدراسات التالية لاستكمال البحث في هذا الميدان:

- دراسة الدور الوسيط لجاهزية الكوادر البشرية في العلاقة بين التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة ونجاح المشاريع الإنشائية العملاقة.
- دراسة الدور المعدل لثقافة المنظمة في أثر التقنيات الرقمية على نجاح المشاريع الإنشائية.
- دراسة مقارنة بين أثر التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع وفق منهجيات إدارة المشاريع المختلفة (التقليدية والرشيقة).
- دراسة أثر التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على إدارة المخاطر في المشاريع الإنشائية العملاقة.
- دراسة العلاقة بين تبني التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة وتحقيق أهداف الاستدامة في المشاريع الإنشائية الكبرى.
- دراسة التحديات التي تواجه تطبيق التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة في بيئة المشاريع الإنشائية العملاقة، وسبل التغلب عليها.

Study Abstract

The current study aimed to identify the impact of using digital technologies in monitoring and control, through their four dimensions—Building Information Modeling (BIM), Digital Twin technology, drones and remote sensing technologies, and cloud-based project management platforms—on the success of mega construction projects in the Mataf Expansion Project. The study adopted the descriptive analytical approach and employed a questionnaire as the primary data collection instrument, distributed to a stratified random sample of (226) individuals working in the technical and engineering departments concerned with monitoring and control in the project, out of a total study population of (520) individuals. The validity and reliability of the study instrument were verified through expert validity, internal consistency validity, and Cronbach's Alpha coefficient, which reached (0.941) for the instrument as a whole. Data were analyzed using SPSS software through a range of statistical methods, including means, standard deviations, Pearson correlation coefficient, simple and multiple linear regression analysis, T-Test, and One-Way ANOVA. The findings revealed a statistically significant impact at the significance level ($\alpha \leq 0.05$) of using digital technologies in monitoring and control—both collectively and individually—on the success of mega construction projects, as these dimensions collectively explained (76.0%) of the variance in the dependent variable. The Digital Twin dimension emerged as the most influential, followed by BIM, then cloud platforms, then drones. The study recommended developing an integrated digital technology ecosystem, expanding Digital Twin applications, building advanced training programs, and establishing a data governance charter for the project.

Keywords: Digital Technologies, Monitoring and Control, Building Information Modeling, Digital Twin, Drones, Cloud Platforms, Mega Construction Projects Success, Mataf Expansion Project.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

- أحمد، أحمد عبدالسلام، و مهدي، شيماء فالح. (2024). أثر استراتيجيات التحول الرقمي على نجاح مشاريع منظمات الأعمال: دراسة ميدانية في شركات الاتصالات العاملة في العراق. مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية، مج20، عدد خاص ، 1406 - 1432. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1572476>
- أحمد، أسامة الطيب عبدالله. (2021). دور التقنيات الرقمية في تطوير إنتاج الأفلام التسجيلية في السودان: تطبيقاً في بالتلفزيون القومي. مجلة العلوم الإنسانية، مج22، ع3 ، 111 - 131. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1272875>
- بن عمارة، الطاهر، و بن عمارة، نوال. (2025). أثر التقنيات الرقمية في تنمية الإبداع داخل بيئة العمل: دراسة حالة المؤسسة الوطنية للجيوفيزياء ENAGEO. المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، مج12، ع1 ، 85 - 100. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1588181>
- بن عمارة، الطاهر، و بن عمارة، نوال. (2025). أثر التقنيات الرقمية في تنمية الإبداع داخل بيئة العمل: دراسة حالة المؤسسة الوطنية للجيوفيزياء ENAGEO. المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، مج12، ع1 ، 85 - 100. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1588181>
- جبر، هيثم عمار، و الشوابكة، روان عودة خلف. (2025). أثر إدارة المخاطر على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية: الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1611658>
- جبر، هيثم عمار، و الشوابكة، روان عودة خلف. (2025). أثر إدارة المخاطر على نجاح المشاريع في شركات المقاولات العراقية: الدور المعدل لتحليلات البيانات الضخمة (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1611658>

- حبور، نورة صبري، عبيدالله، فايضة محمود، و عبدالرازق، أحمد فتحي. (2026). أثر تطبيق تقنيات التحول الرقمي على جودة ومحتوى التقارير المالية: دراسة تطبيقية على قطاع الاتصالات في مصر. مجلة الدراسات التجارية المعاصرة، ع23 ، 615 - 670. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1673167>
- الحسن، هنادي إبراهيم أحمد، و النجار، فايز جمعة صالح. (2023). تكنولوجيا المعلومات وأثرها في نجاح المشاريع: الدور الوسيط للمنصات الرقمية في الشركات الإنشائية الأردنية (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة العلوم الإسلامية العالمية، عمان. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1462449>
- الحيارى، أحمد غالب عبدالحليم، و الحياصات، إياد بشير عبدالكريم. (2022). أثر السمات الشخصية لمدراء المشاريع على نجاح المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية على المشاريع الإنشائية في مدينة عمان (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1302078>
- الحيارى، أحمد غالب عبدالحليم، و الحياصات، إياد بشير عبدالكريم. (2022). أثر السمات الشخصية لمدراء المشاريع على نجاح المشاريع الإنشائية: دراسة تطبيقية على المشاريع الإنشائية في مدينة عمان (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1302078>
- داهنين، بن عامر. (2024). أثر القدرات الرقمية في نجاح التحول الرقمي بالمشاريع الريادية: تبني التوجه الاستباقي من خلال تطبيق مقارنة القدرات الديناميكية. مجلة البحوث المالية والتجارية، ع4 ، 613 - 646. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1522745>
- الزعبي، هشام فراس علي، و أبو زيد، محمد خير سليم. (2023). أثر الكفايات القيادية للمديرين في نجاح المشاريع الإنشائية في الأردن: دراسة تطبيقية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1384910>
- الزعبي، هشام فراس علي، و أبو زيد، محمد خير سليم. (2023). أثر الكفايات القيادية للمديرين في نجاح المشاريع الإنشائية في الأردن: دراسة تطبيقية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1384910>

- صميده، صلاح الدين رجب فتح الباب. (2024). أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي على النظام العام. الفكر الشرطي، مج33، ع131 ، 65 - 110. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1521698>
- عبدالنبي، هدى أحمد إبراهيم، و العتيبي، حصة ذياب مرزوق. (2021). علاقة الابتكار والإبداع في نجاح إدارة المشاريع: تطبيق على وكالة التوطين بوزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية. المجلة الدولية للتنمية، مج10، ع1 ، 11 - 28. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1472277>
- العزاوي، ضياء شكر محمود، و الجبوري، علاء أحمد حسن عبید. (2022). قياس مستوى معايير نجاح إدارة المشاريع: دراسة استطلاعية في مصنع المحاليل الوريدية في محافظة نينوى. مجلة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية، مج18، ع57 ، 100 - 116. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1282723>
- علي، محمد بخاري حسن، و محمد، أحمد الفاضل. (2025). الأثر البيئي والاجتماعي والابتكار التكنولوجي في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة: دراسة ميدانية على مشروع نور تشاد للطاقة الشمسية في تشاد. مجلة رماح للبحوث والدراسات، ع131 ، 490 - 543. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1640002>
- الفار، محمد رضا إسماعيل، و غنيم، أحمد ماهر السعيد محمد. (2025). أثر استخدام تقنية سلسلة الكتل الرقمية "Blockchain" على توقيت عملية المراجعة الداخلية: مع دراسة ميدانية علي البيئة المصرية. مجلة بحوث الأعمال، مج2، ع2 ، 1688 - 1760. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1609824>
- فيومي، فتون فؤاد عبدالقادر، و الزهراني، أميرة صالح. (2026). التكنولوجيا الرقمية والإبداع المعاصر: أثر الذكاء الاصطناعي والتقنيات الرقمية على العملية الابتكارية في الفن. عالم التربية، ع92، ج2 ، 138 - 148. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1677884>
- قلبه، عبدالرحمن أحمد عبدالرحمن يوسف، إبراهيم، أحمد كمال مطاوع، و حافظ، سماح طارق أحمد. (2025). أثر استخدام التقنيات الرقمية على الأداء المهني للمراجع الخارجي في ضوء الإصدارات

المهنية: دراسة تطبيقية. المجلة المصرية للدراسات التجارية، مج49، ع4، 1 - 30. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1683475>

- المعادات، هديل محمد حديثه، و أبو زيد، محمد خير سليم. (2021). تأثير تخطيط المشروع على نجاح المشاريع الإنشائية: الدور المعدل لمستوى المخاطرة: دراسة تطبيقية في شركات مشاريع الإنشاءات الأردنية (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة البلقاء التطبيقية، السلط. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1302868>

- مكحل، لميس عاهد إبراهيم، و الشراري، حاكم ضيف الله. (2024). أثر عمليات إدارة المخاطر على نجاح المنهجيات المختلفة لإدارة المشاريع: دراسة مقارنة بين نموذجي الشلال والرشيق (رسالة ماجستير غير منشورة). جامعة عمان الأهلية، السلط. مسترجع من

<http://search.mandumah.com/Record/1590365>

- المهنا، بدر علي، و البحراني، خليفة علي. (2024). أثر استخدام التكنولوجيا الرقمية على عروض مسرح الطفل المعاصر: دراسة تحليلية. مجلة دراسات وبحوث التربية النوعية، مج10، ع3، 491 - 534. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1514130>

ثانيا: المراجع الأجنبية

- Adam, M. A., & Gatobu, P. (2025). DIGITAL PROJECT MONITORING TOOLS AND PERFORMANCE OF DONOR-FUNDED PROJECTS IN NAIROBI COUNTY, KENYA. International Journal of Social Sciences Management and Entrepreneurship (IJSSME), 9(3).
- Adejola, F. O., & Nwobodo-Anyadiegwu, E. N. (2025). Digital Technologies for Sustainable Construction Project Management: A Systematic Review of Benefits and Challenges. Sustainability, 17(24), 11247.
- Alizadehsalehi, S., & Yitmen, I. (2023). Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (DRX). Smart and Sustainable Built Environment, 12(1), 200-236.

- Dalir, A. H., & Javanshir, H. (2024). Engineering and management, value for key indicators of project success: digital twin in automatic monitoring and controlling of construction. *Civil and Project*, 6(4), 21–40
- Duarte–Vidal, L., Herrera, R. F., Atencio, E., & Munoz–La Rivera, F. (2021). Interoperability of digital tools for the monitoring and control of construction projects. *Applied Sciences*, 11(21), 10370.
- Jing, S. (2025). Practice of digital construction to improve construction project progress management. *Academic Journal of Engineering and Technology Science*, 8(2), 36–44.
- Li, Y., Sun, H., Li, D., Song, J., & Ding, R. (2022). Effects of digital technology adoption on sustainability performance in construction projects: The mediating role of stakeholder collaboration. *Journal of Management in Engineering*, 38(3), 04022016.
- Qureshi, A. H., Alaloul, W. S., Wing, W. K., Saad, S., Musarat, M. A., Ammad, S., & Kineber, A. F. (2023). Automated progress monitoring technological model for construction projects. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(10), 102165
- Zhu, H., Hwang, B. G., Ngo, J., & Tan, J. P. S. (2022). Applications of smart technologies in construction project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(4), 04022010
- Zhu, H., Hwang, B. G., Ngo, J., & Tan, J. P. S. (2022). Applications of smart technologies in construction project management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(4), 04022010

الملاحق

استمارة استبيان

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

أخي الكريم / أختي الكريمة

تحية طيبة وبعد،

يقوم الباحثين بإجراء دراسة حول قياس أثر استخدام التقنيات الرقمية في الرقابة والمتابعة على نجاح المشاريع الإنشائية العملاقة: دراسة تطبيقية على مشروع توسعة المطاف بالمسجد الحرام

ونظراً لما لديكم من المعرفة العلمية والخبرة العملية ذات الصلة بموضوع البحث، نأمل الحصول منكم على العون والمساعدة في توفير المعلومات المناسبة لأغراض البحث، من خلال التكرم بإبداء رأيكم بالتأشير على الإجابة المناسبة من وجهة نظركم.

وأتقدم لحضراتكم بجزيل الشكر والتقدير للمساهمة في جهودكم في تعبئة هذا الاستبيان علماً أن جميع البيانات التي سيتم الحصول عليها منكم ستعامل بسرية تامة، ولن تستخدم لغير أغراض هذا البحث، وسوف أزودكم بنتائج هذه الدراسة حال اكتمالها إن شاء الله.

وتفضلوا بقبول فائق التقدير والاحترام

أولاً: البيانات الشخصية

1- النوع الاجتماعي ☐ ذكر ☐ أنثى

2- العمر ☐ 30 سنة فأقل ☐ من 40 - 30 سنة ☐ 50 - 40 سنة ☐ من 50 سنة فأكثر

3- المؤهل العلمي ☐ دبلوم ☐ بكالوريوس ☐ ماجستير ☐ دكتوراه

4- سنوات الخبرة ☐ 5 سنوات فأقل ☐ من 10 - 5 سنوات ☐ أكثر من 15 سنة

5- المسمى الوظيفي ☐ مدير مشروع ☐ مدير قسم فني ☐ مهندس جودة ☐ مراقب موقع ☐ أخصائي تقنيات رقمية

6- مستوى التدريب على التقنيات الرقمية ☐ تدريب أساسي ☐ تدريب متوسط ☐ تدريب متقدم

ثانيا محاور الاستبيان

✿ المحور الأول: التقنيات الرقمية، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
نمذجة معلومات البناء					
تتيح نمذجة معلومات البناء توحيد المرجعية الهندسية لمختلف تخصصات المشروع					
تُسهّل تقنية BIM في الكشف المبكر عن التعارضات بين التخصصات قبل التنفيذ					
تُمكن BIM فريق الرقابة من مقارنة المنجز الفعلي بالنموذج المرجعي بدقة					
تُسهّل نمذجة معلومات البناء توثيق التعديلات التصميمية ومتابعتها					
تقنية التوأم الرقمي					
يوفر التوأم الرقمي نسخة افتراضية حية للمشروع تعكس حالته اللحظية					
تُمكن تقنية التوأم الرقمي من محاكاة سيناريوهات بديلة قبل التطبيق الميداني					
يُتيح التوأم الرقمي رصد الانحرافات في الزمن الحقيقي					
تدعم تقنية التوأم الرقمي الإدارة في اتخاذ قرارات استباقية					
الطائرات بدون طيار وتقنيات الاستشعار عن بعد					

المعارض بشدة	معارض	محايد	أوافق	أوافق بشدة	البعد
					تُتيح الطائرات بدون طيار رصد التقدم الميداني للمشروع بصورة دورية شاملة
					تُسهل تقنيات الاستشعار في توفير بيانات موضوعية عن حالة الموقع
					تُمكن الطائرات بدون طيار من تغطية المناطق التي يصعب الوصول إليها
					تُسهل تقنيات الاستشعار توثيق التطورات اليومية في المشروع
منصات إدارة المشاريع السحابية					
					تُتيح المنصات السحابية وصول جميع أطراف المشروع إلى المعلومات في الوقت ذاته
					تُسهل المنصات السحابية تجميع البيانات من مصادرها المختلفة
					توفّر المنصات السحابية لوحات معلومات تفاعلية تدعم اتخاذ القرار
					تُمكن المنصات السحابية من تتبع المؤشرات المالية والتشغيلية بصورة لحظية

✿ المحور الثاني: نجارح المشاريع الإنشائية العملاقة، ضع إشارة (✓) في المربع المناسب لاختيارك:

المبعد	أوافق بشدة	أوافق	محايد	معارض	معارض بشدة
يلتزم المشروع بالجدول الزمني المعتمد لمراحل التنفيذ					
تُنجَز الأنشطة الحرجة في المشروع وفق المخطط الزمني الموضوع					
تتوافق التكاليف الفعلية للمشروع مع الميزانية المعتمدة					
يتم ضبط أوامر التغيير في المشروع بما يحفظ التوازن المالي					
تتطابق مخرجات المشروع مع المواصفات الفنية المعتمدة					
تُحقّق مخرجات المشروع المعايير الدولية للجودة في قطاع الإنشاءات					
تُلبّي مخرجات المشروع توقعات الجهة المالكة					
يُحقّق المشروع رضا المستفيدين النهائيين من خدماته					
تتميّز علاقات المشروع مع الجهات التنظيمية بالتعاون والاتساق					
يُسهم المشروع في تعزيز السمعة المهنية للجهات المنفذة					

مع خالص التقدير والاحترام

Mid Ocean University

College of Management

Department of project management



**The Impact of Using Digital Technologies in
Monitoring and Control on the Success of Mega
Construction Projects: A Field Study on the Mataf
Expansion Project**

Prepared by:

SALIM MOHAMMAD ALLIHAYIBI

253000110

**Main supervisor/
Dr. Al-Faisal Abdelhamid**

**Second supervisor/
Dr. Fayez Jarad**

2026 – 1448