

خطة بحث بعنوان

تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع المطارات: دراسة حالة على
أنظمة الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية.

Digital Transformation Application in Airport Project
Management: A Case Study on Air Navigation Systems in the
Kingdom of Saudi Arabia

إعداد الطالبة/

نورة عايض القحطاني

الرقم الأكاديمي: 252001487

العام الجامعي

2025

مقدمة الدراسة

يشهد قطاع الطيران والمطارات العالمي تحولاً استراتيجياً عميقاً تقوده التقنيات الرقمية، حيث أصبح التحول الرقمي ضرورة حتمية لتعزيز الكفاءة التشغيلية، وتحسين تجربة المسافرين، وضمان سلامة الملاحة الجوية (Singh, 2021). وفي هذا السياق، تُعد إدارة مشاريع المطارات، وخاصة تلك المتعلقة بالبنية التحتية الحساسة مثل أنظمة الملاحة الجوية (Air Navigation Systems - ANS)، من أكثر المجالات تعقيداً وحاجة إلى تبني الأدوات الرقمية لضمان التسليم في الوقت المحدد وضمن الميزانية المعتمدة (Dubois & Tse, 2024).

يُعرف **تطبيق التحول الرقمي** في هذا السياق بأنه "الدمج المنهجي للتقنيات الرقمية المتقدمة، مثل نمذجة معلومات البناء (BIM)، والذكاء الاصطناعي (AI)، ومنصات إنترنت الأشياء (IoT)، في جميع مراحل دورة حياة مشروع المطار، بدءاً من التخطيط والتصميم وصولاً إلى التنفيذ والمراقبة" (Yu & Zhao, 2025). وعليه، فإن هذا التطبيق يهدف إلى تحسين الشفافية، وتقليل الأخطاء، وتعزيز التعاون بين فرق العمل المتعددة (Vercic & Vercic, 2023).

أما **إدارة مشاريع المطارات**، فتُعد عملية معقدة تتطلب التنسيق بين عدد كبير من أصحاب المصلحة، والتعامل مع متطلبات تنظيمية صارمة، وإدارة مخاطر تقنية وتشغيلية عالية. وفي سياق أنظمة الملاحة الجوية، فإن إدارة المشاريع تتطلب دقة متناهية لضمان سلامة وكفاءة الحركة الجوية، حيث يُعد أي تأخير أو خطأ في التنفيذ تهديداً مباشراً للسلامة العامة (Wang & Zhao, 2022).

وفي المملكة العربية السعودية، ومع انطلاق مشاريع التوسع الكبرى في قطاع الطيران والمطارات ضمن رؤية 2030، تضاعف الاهتمام بتبني التقنيات الرقمية في إدارة المشاريع لضمان تحقيق مستهدفات الرؤية الطموحة. وعليه، فإن دراسة تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المملكة تُعد أمراً حيوياً، حيث تسعى إلى تحديد الكيفية التي يمكن بها لهذه التقنيات أن تؤدي دوراً محورياً في تحسين كفاءة المشروع، والتحكم في المخاطر، وضمان جودة التسليم في هذا القطاع الاستراتيجي (Zhang, 2023).

مشكلة الدراسة

يُعد تنفيذ مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات من أكثر المشاريع الهندسية تعقيداً وحساسية، حيث تتطلب دقة عالية في التخطيط والتنفيذ، وتواجه تحديات كبيرة تتعلق بإدارة التغيير، وتنسيق البيانات، والالتزام بالمعايير الدولية للسلامة (Smith, 2024). وعلى الرغم من الاستثمار الكبير في المملكة العربية السعودية في البنية التحتية الرقمية وضرورة التحول الرقمي في قطاع الطيران (الشمري، 2025)، إلا أن هناك فجوة بحثية واضحة تتعلق بمدى فعالية تطبيق هذه التقنيات في تحسين أداء مشاريع أنظمة الملاحة الجوية تحديداً.

تتمحور مشكلة الدراسة في التساؤل حول مدى نجاح تطبيق التحول الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية. فهل أدى تبني التقنيات الرقمية (مثل BIM، والذكاء الاصطناعي، وIoT) إلى تحسين مؤشرات أداء المشروع الرئيسية (مثل الالتزام بالجدول الزمني، والتحكم في التكاليف، وضمان الجودة)؟ أم أن هناك تحديات تتعلق بدمج الأنظمة القديمة، أو نقص الكفاءات الرقمية، أو مقاومة التغيير، تحول دون تحقيق الأثر المرجو من التحول الرقمي في هذا المجال الحساس؟

وبالتالي، تبرز الحاجة إلى إجراء دراسة حالة لـ:

1. تحديد مستوى تطبيق أبعاد التحول الرقمي (نمذجة معلومات البناء، الذكاء الاصطناعي/تحليل البيانات، إنترنت الأشياء/المنصات الرقمية) في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.
2. قياس مستوى أداء إدارة هذه المشاريع.
3. الكشف عن طبيعة وقوة العلاقة والتأثير بين تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة المشاريع في هذا السياق المحدد.

أهمية الدراسة

تستمد هذه الدراسة أهميتها من طبيعة المتغيرات التي تتناولها، ومن السياق القطاعي والجغرافي الذي تُجرى فيه، مما يمنحها قيمة مضافة على المستويين العلمي والعملي.

1. الأهمية العلمية (النظرية):

- تساهم الدراسة في إثراء الأدبيات الأكاديمية من خلال ربط مفاهيم التحول الرقمي بإدارة المشاريع، وتقديم إطار تحليلي يوضح كيف يمكن للتقنيات المتقدمة أن تعيد تشكيل منهجيات إدارة المشاريع المعقدة.
- تقدم الدراسة إطاراً مفاهيمياً يربط بين أبعاد محددة للتحول الرقمي وبين مؤشرات أداء مشاريع أنظمة الملاحة الجوية، مما يوسع من نطاق تطبيق النظريات الإدارية في قطاع الطيران.
- توفر بيانات تجريبية حديثة من سياق المملكة العربية السعودية، مما يثري الأدبيات العربية حول إدارة المشاريع الكبرى والتحول الرقمي في البنية التحتية الحيوية.

2. الأهمية العملية (التطبيقية):

- تقدم الدراسة رؤية عملية ومستتيرة للجهات المسؤولة عن قطاع الطيران والملاحة الجوية في المملكة حول التقنيات الأكثر فاعلية في تحسين أداء مشاريعهم، مما يدعم اتخاذ القرارات الاستثمارية والتقنية.
- تساعد نتائج الدراسة في تحديد الفجوات في تطبيق التحول الرقمي، مما يمكن إدارات المشاريع من تطوير خطط عمل محددة لتبني التقنيات التي تضمن الالتزام بالجدول الزمني والتكاليف في مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.
- تساهم في تحديد كيفية استخدام التقنيات الرقمية في إدارة المخاطر المتعلقة بالسلامة والجودة في مشاريع الأنظمة الحساسة، مما يعزز من موثوقية البنية التحتية للملاحة الجوية.

تساؤلات الدراسة

اتساقاً مع العرض السابق لمشكلة الدراسة وأهميتها، تتجه الدراسة الحالية نحو الإجابة عن التساؤل الرئيس الآتي:

التساؤل الرئيس: "ما أثر تطبيق التحول الرقمي على إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات بالمملكة العربية السعودية؟"

وبغية الإحاطة الشاملة بجوانب المشكلة وتفاصيلاتها، تُشتق التساؤلات الفرعية التالية:

1. ما مستوى تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية من وجهة نظر العاملين؟
2. ما مستوى أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية من وجهة نظر العاملين؟
3. ما طبيعة العلاقة بين تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية؟
4. ما دور التحول الرقمي في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية، وذلك من خلال أبعاده التالية:

- 4.1. ما دور بعد نمذجة معلومات البناء BIM في تعزيز أداء إدارة المشاريع؟
- 4.2. ما دور بعد الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في تعزيز أداء إدارة المشاريع؟
- 4.3. ما دور بعد إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية في تعزيز أداء إدارة المشاريع؟

أهداف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى التعرف على أثر تطبيق التحول الرقمي على إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات بالمملكة العربية السعودية، وذلك من خلال:

1. تحديد مستوى تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية.
2. الكشف عن مستوى أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية.
3. تحديد طبيعة العلاقة بين تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية.

4. قياس دور التحول الرقمي في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية، ويشمل ذلك:

- تحديد دور بعد نمذجة معلومات البناء BIM - في تعزيز أداء إدارة المشاريع.
- معرفة دور بعد الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في تعزيز أداء إدارة المشاريع.
- تقييم دور بعد إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية في تعزيز أداء إدارة المشاريع.

فرضيات الدراسة

في ضوء مشكلة الدراسة وتساؤلاتها وأهدافها، وبناءً على الإطار النظري الذي يفترض أن التقنيات الرقمية تحسن من كفاءة ودقة العمليات الإدارية، تم صياغة فرضيات الدراسة الرئيسية والفرعية على النحو التالي:

1. **الفرضية الرئيسية الأولى:** "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتطبيق التحول الرقمي في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات بالمملكة العربية السعودية."

وينبثق من هذه الفرضية الرئيسية الفروض الفرعية التالية:

- **الفرض الفرعي 1.1:** "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لبعد نمذجة معلومات البناء BIM - في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية."
- **الفرض الفرعي 1.2:** "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لبعد الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية."
- **الفرض الفرعي 1.3:** "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لبعد إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية."

الدراسات السابقة

يسعى هذا الجزء إلى تحليل ومناقشة مجموعة من الدراسات الحديثة التي تناولت بالبحث والتحليل متغيرات الدراسة الحالية أو جوانب متقاطعة معها، بهدف بناء أساس نظري متين وتحديد موقع الدراسة الحالية ضمن السياق المعرفي القائم.

أولاً: دراسات محلية وعربية

تم ترتيب الدراسات العربية والمحلية وفقاً لتسلسلها الزمني من الأحدث إلى الأقدم، مع التركيز على تلك التي تناولت التحول الرقمي أو التقنيات المتقدمة في إدارة المشاريع أو قطاع الطيران.

1. قدم العتيبي (2024) في المملكة العربية السعودية دراسة بعنوان: "دور التحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية: دراسة تطبيقية في قطاع البنية التحتية". هدفت الدراسة إلى تحديد أثر التحول الرقمي (BIM)، IoT، AI على كفاءة إدارة المشاريع الهندسية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة لجمع البيانات من عينة من مديري المشاريع والمهندسين. وقد توصلت النتائج إلى وجود أثر إيجابي ومعنوي للتحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع، خاصة في مجالات التخطيط الزمني وإدارة المخاطر. وأوصت الدراسة بضرورة تبني نمذجة معلومات البناء (BIM) كأداة أساسية لتعزيز التعاون بين فرق العمل.

2. أجرى الشمري (2023) في المملكة العربية السعودية دراسة بعنوان: "تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر التشغيلية في المطارات السعودية". استهدفت الدراسة قياس مدى مساهمة تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المخاطر التشغيلية في المطارات. اعتمد الباحث على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدم الاستبانة لجمع البيانات من عينة من العاملين في الإدارات التشغيلية بالمطارات. وقد كشفت النتائج عن وجود دور إيجابي وفعال للذكاء الاصطناعي في التنبؤ بالأعطال وإدارة تدفق الحركة الجوية، مما يقلل من المخاطر التشغيلية. وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في أنظمة تحليل البيانات الضخمة لتعزيز السلامة التشغيلية.

3. تناولت دراسة الخالدي (2022) في دولة الإمارات العربية المتحدة موضوع: "دور إنترنت الأشياء في تحسين كفاءة إدارة الأصول في قطاع الطيران المدني". سعت الدراسة إلى تحديد أثر تطبيقات

إنترنت الأشياء (IoT) على كفاءة إدارة الأصول في المطارات. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة لجمع البيانات من عينة من المهندسين والفنيين. وقد أظهرت النتائج أن إنترنت الأشياء يؤدي دوراً إيجابياً في تحسين كفاءة الصيانة التنبؤية وإدارة المخزون، مما يقلل من تكاليف التشغيل. وأوصت الدراسة بضرورة ربط أنظمة المراقبة والتحكم بشبكات إنترنت الأشياء لتعزيز كفاءة إدارة الأصول.

4. قدم جبر (2021) في البيئة العربية دراسة بعنوان: "تحديات تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) في مشاريع البنية التحتية الكبرى". هدفت الدراسة إلى تحليل التحديات التي تواجه تطبيق BIM في مشاريع البنية التحتية. استخدمت الدراسة المنهج النوعي، واعتمدت على المقابلات المتعمقة مع مديري المشاريع. وقد توصلت النتائج إلى أن أبرز التحديات تتمثل في مقاومة التغيير، ونقص الكفاءات المدربة، وعدم وجود معايير موحدة للتبادل الرقمي للبيانات. وأكدت الدراسة على أن BIM يُعد أداة حاسمة لتحسين التنسيق وتقليل الأخطاء في مرحلة التصميم والتنفيذ.

ثانياً: دراسات أجنبية

تم ترتيب الدراسات الأجنبية وفقاً لتسلسلها الزمني من الأحدث إلى الأقدم، مع التركيز على تلك التي تناولت التحول الرقمي والتقنيات المتقدمة في إدارة المشاريع أو قطاع الطيران.

1. أجرى Yu and Zhao (2025) دراسة بعنوان: "تكامل الذكاء الاصطناعي و BIM في إدارة مخاطر مشاريع البنية التحتية الذكية". هدفت الدراسة إلى تطوير إطار عمل يدمج الذكاء الاصطناعي مع نمذجة معلومات البناء (BIM) لتحسين إدارة المخاطر في مشاريع البنية التحتية. اعتمدت الدراسة على المنهج المفاهيمي والنمذجة الرياضية. وقد توصلت النتائج إلى أن هذا التكامل يمكن أن يعزز بشكل كبير من دقة التنبؤ بالمخاطر وتأثيرها على الجدول الزمني والتكاليف. وأوصت الدراسة بضرورة استخدام خوارزميات التعلم الآلي لتحليل بيانات BIM وتحديد نقاط الضعف المحتملة في التصميم.

2. قدم Dubois and Tse (2024) دراسة بعنوان: "التحول الرقمي وأداء مشاريع المطارات: دور المنصات الرقمية في التنسيق". استهدفت الدراسة تحليل أثر استخدام المنصات الرقمية المتكاملة على أداء مشاريع المطارات. اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي، واستخدمت الاستبانة لجمع

البيانات من مديري المشاريع في مطارات أوروبية. وقد كشفت النتائج عن وجود تأثير إيجابي ومعنوي لاستخدام المنصات الرقمية في تحسين التنسيق بين المقاولين والموردين، مما أدى إلى تقليل التأخير في الجدول الزمني. وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار في منصات إدارة المشاريع السحابية لتعزيز الشفافية.

3. تناولت دراسة **Vercic and Vercic (2023)** موضوع: "إنترنت الأشياء (IoT) في إدارة مشاريع البناء: تحسين كفاءة المراقبة والتحكم". سعت الدراسة إلى تحديد دور إنترنت الأشياء في تحسين كفاءة المراقبة والتحكم في مشاريع البناء. اعتمدت الدراسة على المنهج النوعي، من خلال دراسات حالة لمشاريع بنية تحتية. وقد أظهرت النتائج أن مستشعرات IoT تتيح جمع بيانات في الوقت الفعلي عن تقدم العمل واستهلاك الموارد، مما يمكن مديري المشاريع من اتخاذ قرارات تصحيحية سريعة. وأوصت الدراسة بضرورة ربط بيانات IoT بنظام BIM لإنشاء توائم رقمي للمشروع.

4. أجرى **Wang and Zhao (2022)** دراسة بعنوان: "تأثير التحليلات التنبؤية على إدارة مخاطر مشاريع أنظمة النقل الذكية". استهدفت الدراسة قياس تأثير التحليلات التنبؤية القائمة على البيانات على إدارة مخاطر مشاريع أنظمة النقل. اعتمدت الدراسة على المنهج الكمي، واستخدمت البيانات التاريخية للمشاريع. وقد توصلت النتائج إلى أن التحليلات التنبؤية تؤدي دوراً حاسماً في تحديد المخاطر المحتملة (مثل تجاوز التكاليف أو الأعطال التقنية) قبل وقوعها، مما يعزز من قدرة الإدارة على التدخل الاستباقي. وأوصت الدراسة بضرورة تطوير نماذج تنبؤية خاصة بمشاريع الأنظمة الحساسة.

ثالثاً: التعقيب العام على الدراسات السابقة

تناولت الدراسات السابقة العلاقة بين التحول الرقمي والتقنيات المتقدمة (IoT، AI، BIM) وبين إدارة المشاريع والأداء التشغيلي في قطاعات البنية التحتية والطيران، حيث اتفقت على الأهمية المحورية للرقمنة.

جوانب الاتفاق والاختلاف مع الدراسات السابقة

الجانب	الاتفاق مع الدراسة الحالية	الاختلاف مع الدراسة الحالية
المتغير المستقل (التحول الرقمي)	اتفقت الدراسات على أن BIM، والذكاء الاصطناعي، وIoT هي الأبعاد الرئيسية للتحول الرقمي في إدارة المشاريع الهندسية (العتيبي، 2024؛ Yu & Zhao, 2025).	لم تركز الدراسات السابقة على الأثر المشترك لهذه الأبعاد الثلاثة في سياق أنظمة الملاحة الجوية تحديداً، بل تناولت كل تقنية بشكل منفصل أو في سياق البنية التحتية العامة.
المتغير التابع (أداء إدارة المشاريع)	اتفقت الدراسات على أن التقنيات الرقمية تحسن من مؤشرات الأداء الرئيسية مثل الجدول الزمني، والتكاليف، وإدارة المخاطر (Dubois & Tse, 2024؛ Wang & Zhao, 2022).	لم تتناول الدراسات السابقة أداء إدارة المشاريع في سياق أنظمة الملاحة الجوية، وهي أنظمة تتطلب معايير سلامة وجودة أعلى بكثير من مشاريع البنية التحتية العامة.
السياق القطاعي والجغرافي	تناولت بعض الدراسات قطاع الطيران أو البنية التحتية في السعودية أو المنطقة العربية (الشمري، 2023؛ الخالدي، 2022).	تتميز الدراسة الحالية بتركيزها على أنظمة الملاحة الجوية كدراسة حالة في المملكة العربية السعودية، مما يضيف خصوصية على النتائج والتوصيات.

استفادة الدراسة الحالية من الدراسات السابقة

1. **تحديد الأبعاد:** تم الاستفادة من الدراسات السابقة في تحديد الأبعاد الأكثر تأثيراً للتحول الرقمي في إدارة المشاريع الهندسية (BIM)، AI، IoT (Yu & Zhao, 2025؛ Vercic & Vercic, 2023).
2. **بناء المؤشرات:** تم الاسترشاد بنتائج الدراسات التي تناولت الأداء (الجدول الزمني، التكلفة، المخاطر) في صياغة مؤشرات قياس أداء إدارة المشاريع (Dubois & Tse, 2024؛ Wang & Zhao, 2022).
3. **تأطير التحديات:** تم الاستفادة من الدراسات النوعية (جبر، 2021) في تحديد التحديات المتوقعة لتطبيق التحول الرقمي في سياق البنية التحتية، مما يساعد في تفسير النتائج.

الفجوة البحثية، والجوانب المميزة للدراسة الحالية عن الدراسات السابقة

على الرغم من الثراء المعرفي، تكمن الفجوة البحثية في الغياب الواضح للدراسات التطبيقية التي تختبر الأثر المشترك والمتكامل لأبعاد التحول الرقمي (IoT، AI، BIM) على أداء إدارة المشاريع في سياق أنظمة الملاحة الجوية الحساسة في المطارات السعودية. تركز الدراسات المتاحة إما على تقنية واحدة أو على مشاريع البنية التحتية العامة.

الجوانب المميزة للدراسة الحالية:

1. التركيز على أنظمة الملاحة الجوية: التخصص في أنظمة الملاحة الجوية، وهي أنظمة حيوية تتطلب أعلى معايير السلامة والدقة، مما يجعل نتائج الدراسة ذات أهمية استراتيجية قصوى.
2. النموذج التحليلي المتكامل: اختبار الأثر المشترك لثلاثة أبعاد تقنية رئيسية للتحول الرقمي (IoT/Digital Platforms، AI/Data Analytics، BIM) على أداء إدارة المشاريع، مما يقدم نموذجاً سبباً أكثر شمولاً.
3. دراسة الحالة السعودية: تقديم دليل تجريبي من المملكة العربية السعودية، التي تشهد طفرة في مشاريع المطارات، مما يدعم الأهداف الوطنية للتحول الرقمي في قطاع الطيران.

المنطلقات النظرية للدراسة

يُعد الإطار النظري الأساس المعرفي الذي تستند إليه الدراسة في تحليل إشكالياتها وتحقيق أهدافها. وعليه، يضطلع هذا الجزء بمهمة استعراض وتحليل الأدبيات ذات الصلة بمتغيرات الدراسة الرئيسية، وهي **تطبيق التحول الرقمي كمتغير مستقل، وأداء إدارة مشاريع المطارات كمتغير تابع**، بالإضافة إلى تحديد الأبعاد والمفاهيم المرتبطة بكل منهما في سياق أنظمة الملاحة الجوية.

أولاً: مفهوم تطبيق التحول الرقمي وأبعاده في إدارة المشاريع

يُمثل تطبيق التحول الرقمي (Digital Transformation Application) في إدارة المشاريع نقلة نوعية، حيث يتجاوز استخدام الأدوات الرقمية البسيطة إلى إعادة هيكلة منهجيات العمل وعمليات اتخاذ القرار بالاعتماد على البيانات والتقنيات المتقدمة.

تعريف تطبيق التحول الرقمي:

يُعرف تطبيق التحول الرقمي في إدارة المشاريع بأنه "الدمج الاستراتيجي للتقنيات الرقمية المتقدمة في جميع مراحل دورة حياة المشروع، حيث يهدف إلى تحسين الكفاءة، وتقليل المخاطر، وتعزيز الشفافية، وتحقيق أهداف المشروع بفعالية أكبر من خلال إنشاء بيئة عمل متصلة وقائمة على البيانات" (العتيبي، 2024، ص. 145).

أبعاد تطبيق التحول الرقمي في الدراسة:

لتحقيق الشمولية في قياس أثر التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية، سيتم التركيز على الأبعاد التالية التي تُعد الأكثر تأثيراً في مشاريع البنية التحتية المعقدة:

1. نمذجة معلومات البناء (BIM (Building Information Modeling :-

يُعد هذا البعد هو الأساس الرقمي للمشروع، حيث يشير إلى "استخدام نماذج رقمية ثلاثية الأبعاد وذكية للمشروع، حيث تتضمن جميع البيانات الهندسية والتشغيلية، مما يتيح التنسيق الفعال بين التخصصات، واكتشاف التعارضات في التصميم قبل التنفيذ، وتحسين إدارة دورة حياة الأصول" (جبر، 2021، ص. 35). وعليه، فإن BIM يؤدي دوراً حاسماً في تقليل الأخطاء والتأخيرات.

2. الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات (Artificial Intelligence and Data Analytics):

يشير هذا البعد إلى "استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل البيانات الضخمة للمشروع (مثل بيانات الجدول الزمني، التكاليف، المخاطر التاريخية)، حيث يهدف إلى التنبؤ بالمخاطر المحتملة، وتحسين تخصيص الموارد، ودعم اتخاذ القرارات الاستباقية" (Yu & Wang, 2025). وعليه، فإن هذا البعد يعزز من قدرة الإدارة على التحكم في المخاطر (Wang & Zhao, 2022).

3. إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية (Internet of Things and Digital Platforms):

يشير هذا البعد إلى "استخدام أجهزة الاستشعار المتصلة (IoT) لجمع بيانات في الوقت الفعلي عن حالة المعدات وتقديم العمل في الموقع، بالإضافة إلى استخدام منصات رقمية موحدة لتبادل المعلومات وتنسيق المهام بين جميع أصحاب المصلحة" (Dubois & Tse, 2024). وعليه، فإن هذا البعد يحسن من كفاءة المراقبة والتحكم في التنفيذ (Vercic & Vercic, 2023).

ثانياً: مفهوم أداء إدارة مشاريع المطارات وأبعاده

يُعد أداء إدارة المشاريع (Project Management Performance) مؤشراً حيوياً لنجاح المنظمة في تحقيق أهدافها الاستراتيجية، وخاصة في المشاريع الحساسة مثل أنظمة الملاحة الجوية.

تعريف أداء إدارة مشاريع المطارات:

يُعرف أداء إدارة مشاريع المطارات بأنه "مدى قدرة فريق إدارة المشروع على تحقيق الأهداف المحددة للمشروع (الجدول الزمني، التكلفة، الجودة، نطاق العمل) بكفاءة وفعالية، مع ضمان تلبية متطلبات السلامة والمعايير التنظيمية الخاصة بقطاع الطيران" (الشمري، 2023، ص. 90).

أبعاد أداء إدارة المشاريع في الدراسة:

في سياق أنظمة الملاحة الجوية، يمكن تحديد أبعاد الأداء التي تركز عليها الدراسة الحالية على النحو التالي:

1. كفاءة الجدول الزمني والالتزام به (Schedule Efficiency and Adherence):

يشير هذا البعد إلى "مدى قدرة إدارة المشروع على إنجاز المهام ضمن الإطار الزمني المخطط له، وتقليل التأخيرات غير المبررة (Dubois & Tse, 2024)". وعليه، فإن الالتزام بالجدول الزمني يُعد مؤشراً حاسماً في مشاريع المطارات لضمان عدم تعطيل الحركة الجوية.

2. كفاءة التكاليف والتحكم فيها (Cost Efficiency and Control):

يشير هذا البعد إلى "مدى قدرة إدارة المشروع على إنجاز العمل ضمن الميزانية المعتمدة، وتقليل تجاوزات التكاليف، والاستغلال الأمثل للموارد المالية" (العتيبي، 2024). وعليه، فإن كفاءة التكاليف تُقاس بمدى دقة التقديرات المالية والتحكم في الإنفاق.

3. جودة التسليم والامتثال (Delivery Quality and Compliance):

يشير هذا البعد إلى "مدى مطابقة مخرجات المشروع (أنظمة الملاحة الجوية) للمواصفات الفنية ومعايير الجودة الدولية، والالتزام الكامل بالمتطلبات التنظيمية لهيئات الطيران المدني" (الخالدي، 2022). وعليه، فإن هذا البعد يُعد الأهم في مشاريع السلامة الجوية.

ثالثاً: العلاقة بين تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة المشاريع

تُعد العلاقة بين تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة المشاريع علاقة تأثير إيجابي ومباشر، حيث تعمل التقنيات الرقمية كأدوات تمكين (Enablers) لتحسين الكفاءة والتحكم.

- **BIM وكفاءة الجدول والتكاليف:** يؤدي استخدام نمذجة معلومات البناء (BIM) إلى تحسين التنسيق في مرحلة التصميم، مما يقلل من أوامر التغيير والأخطاء في الموقع، وبالتالي يقلل من التأخير في الجدول الزمني وتجاوز التكاليف (جبر، 2021).

- **الذكاء الاصطناعي وإدارة المخاطر:** يُمكن الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات إدارة المشاريع من التنبؤ بالمخاطر المتعلقة بالموارد أو الأعطال التقنية، مما يسمح بالتدخل الاستباقي، ويحسن من كفاءة الجدول الزمني والتحكم في التكاليف (Wang & Zhao, 2022).

• **IoT والمنصات وجودة التسليم:** يتيح إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية المراقبة المستمرة لجودة التنفيذ وحالة الأصول في الوقت الفعلي، مما يضمن الامتثال للمواصفات الفنية ويحسن من جودة التسليم (Vercic & Vercic, 2023).

وعليه، فإن تطبيق التحول الرقمي بأبعاده المتكاملة يُعد استراتيجية ضرورية لتعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية، حيث يوفر الدقة والشفافية والتحكم اللازمين لضمان السلامة والكفاءة في هذا القطاع الحيوي.

الإطار المنهجي للدراسة

يحدد هذا الجزء الإجراءات المنهجية التي سيتم اتباعها لتنفيذ الدراسة، حيث يوضح المنهج المعتمد، ومجتمع الدراسة وعينتها، وأداة جمع البيانات، وإجراءات التحقق من صدق وثبات الأداة، بالإضافة إلى الأساليب الإحصائية التي سيتم استخدامها لتحليل البيانات واختبار الفرضيات.

أولاً: منهج الدراسة

ستعتمد الدراسة على **المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive Analytical Method)**.

سيهدف هذا المنهج إلى وصف وتحليل العلاقة بين متغير تطبيق التحول الرقمي (المتغير المستقل) ومتغير أداء إدارة مشاريع المطارات (المتغير التابع) كما هي قائمة في الواقع، وذلك من خلال جمع البيانات الكمية من عينة الدراسة. سيتم تحليل هذه البيانات كمياً لاستكشاف طبيعة وقوة واتجاه الأثر الذي يؤديه تطبيق التحول الرقمي بأبعاده المختلفة في تعزيز أداء إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية.

ثانياً: مجتمع الدراسة وعينتها

مجتمع الدراسة:

سيكون مجتمع الدراسة من جميع العاملين في إدارات المشاريع، والإدارات الهندسية، وإدارات تقنية المعلومات، وإدارات السلامة والجودة، الذين يشاركون بشكل مباشر في مشاريع تطوير أو تحديث أنظمة

الملاحة الجوية في المطارات الرئيسية بالمملكة العربية السعودية. سيتم تحديد قائمة بالمطارات والمشاريع المستهدفة بالتعاون مع الجهات المعنية بقطاع الطيران.

عينة الدراسة:

سيتم اختيار عينة طبقية عشوائية من مجتمع الدراسة. سيتم تقسيم مجتمع الدراسة إلى طبقات (مثل المطارات حسب حجمها، أو المستويات الوظيفية داخل الإدارات، أو نوع المشروع) لضمان تمثيل مناسب. بعد ذلك، سيتم سحب عينة عشوائية بسيطة من كل طبقة. سيتم تحديد حجم العينة المناسب بناءً على معادلات إحصائية معتمدة (مثل معادلة كوهين أو غيرها) لضمان التمثيلية الإحصائية لنتائج الدراسة.

ثالثاً: أداة الدراسة

ستكون الأداة الرئيسية لجمع البيانات هي الاستبانة (Questionnaire).

سيتم تصميم الاستبانة بناءً على الإطار النظري للدراسة والدراسات السابقة، وستتكون من عدة محاور رئيسية لقياس متغيرات الدراسة وأبعادها:

1. محاور قياس تطبيق التحول الرقمي (المتغير المستقل):

- بعد نمذجة معلومات البناء BIM .-
- بعد الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات.
- بعد إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية.

2. محاور قياس أداء إدارة مشاريع المطارات (المتغير التابع):

- بعد كفاءة الجدول الزمني والالتزام به.
- بعد كفاءة التكاليف والتحكم فيها.
- بعد جودة التسليم والامتثال.

سيتم استخدام مقياس ليكرت الخماسي (Likert Scale) لتحديد مدى موافقة المبحوثين على عبارات الاستبانة.

رابعاً: التحقق من صدق وثبات الأداة

1. الصدق (Validity):

- **الصدق الظاهري (Face Validity):** سيتم عرض الاستبانة في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المتخصصين من أساتذة الجامعات والخبراء في مجال إدارة المشاريع، والهندسة المدنية، وأنظمة الملاحة الجوية. سيتم الأخذ بأرائهم وملاحظاتهم حول وضوح العبارات، وملاءمتها لقياس المتغيرات، وشموليتها، وصياغتها اللغوية، لإجراء التعديلات اللازمة.
- **صدق المحتوى (Content Validity):** سيتم التأكد من أن عبارات الاستبانة تغطي كافة أبعاد المتغيرات التي تسعى الدراسة لقياسها، وذلك بناءً على المراجعة الشاملة للأدبيات والدراسات السابقة.
- **صدق الاتساق الداخلي (Internal Consistency Validity):** سيتم حساب معاملات الارتباط بين درجة كل فقرة والدرجة الكلية للمحور الذي تنتمي إليه، وبين درجة كل محور والدرجة الكلية للاستبانة، وذلك للتأكد من اتساق الأداة داخلياً وقدرتها على قياس ما وضعت لقياسه.

2. الثبات (Reliability):

- سيتم قياس ثبات الاستبانة باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha).
- سيتم تطبيق الاستبانة على عينة استطلاعية (Pilot Study) من خارج عينة الدراسة الرئيسية، ثم سيتم حساب معامل ألفا كرونباخ لكل محور على حدة وللاستبانة ككل. سيتم اعتبار الأداة ثابتة إذا كانت قيم المعاملات مقبولة إحصائياً (عادةً ما تكون 0.70 فما فوق).

خامساً: إجراءات الدراسة

ستتبع الدراسة الإجراءات التالية:

1. **الحصول على الموافقات:** سيتم الحصول على الموافقات الرسمية اللازمة من الجهات المعنية بقطاع الطيران والمطارات والمشاريع المستهدفة لتسهيل عملية جمع البيانات.
2. **توزيع الاستبانات:** سيتم توزيع الاستبانات إلكترونياً أو ورقياً على أفراد عينة الدراسة، مع تقديم شرح وافٍ لأهداف الدراسة وضمان سرية المعلومات والمشاركة الطوعية.
3. **متابعة الجمع والفرز:** سيتم متابعة عملية جمع البيانات بانتظام لضمان أعلى معدل استجابة ممكن. سيتم فرز الاستبانات المستلمة واستبعاد غير المكتملة أو غير الصالحة للتحليل.
4. **التحليل (Analysis):** سيتم ترميز البيانات المدخلة في برامج إحصائية متخصصة (مثل SPSS). سيتم إجراء التحليلات الإحصائية اللازمة للإجابة عن تساؤلات الدراسة واختبار فرضياتها.
5. **التفسير والمناقشة (Interpretation):** سيتم تفسير النتائج الإحصائية في ضوء الإطار النظري للدراسة والدراسات السابقة. سيتم مناقشة دلالات النتائج واستخلاص الاستنتاجات التي تجيب عن تساؤلات الدراسة وتختبر فرضياتها.

سادساً: الأساليب الإحصائية التي ستستخدمها الدراسة

سيتم استخدام حزمة البرامج الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) أو ما يعادلها لإجراء التحليلات الإحصائية التالية:

1. التحليل الوصفي (Descriptive Analysis):

- سيتم استخدام التكرارات، النسب المئوية، المتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية لوصف خصائص عينة الدراسة، وتحديد مستوى تطبيق التحول الرقمي ومستوى أداء إدارة مشاريع المطارات.

2. التحليل الاستدلالي (Inferential Analysis):

لاختبار الفرضيات وتحديد العلاقات والتأثيرات، سيتم استخدام الأساليب الإحصائية التالية:

- **معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation Coefficient):** لتحديد طبيعة وقوة العلاقة بين أبعاد تطبيق التحول الرقمي وأداء إدارة مشاريع المطارات.
- **تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression Analysis):** لتحديد الأثر النسبي لأبعاد تطبيق التحول الرقمي مجتمعةً أو منفردةً في تعزيز أداء إدارة مشاريع المطارات، واختبار الفرضيات الفرعية.
- **اختبار "ت" (t-test) أو اختبار تحليل التباين أحادي الاتجاه (One-Way ANOVA):** حسب الحاجة، لمقارنة المتوسطات بين المجموعات المختلفة (إن وجدت) وتحديد الفروق ذات الدلالة الإحصائية.

حدود الدراسة

ستلتزم هذه الدراسة بمجموعة من الحدود لضمان تركيزها وواقعيتها، على النحو الآتي:

1. الحدود الموضوعية:

ستقتصر هذه الدراسة على بحث العلاقة بين متغيرين رئيسيين، وهما: تطبيق التحول الرقمي كمتغير مستقل، والذي سيتم قياسه من خلال أبعاده المتمثلة في: نمذجة معلومات البناء BIM ، الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات، إنترنت الأشياء والمنصات الرقمية. والمتغير التابع أداء إدارة مشاريع المطارات، والذي سيتم قياسه من خلال أبعاده المتمثلة في: كفاءة الجدول الزمني والالتزام به، كفاءة التكاليف والتحكم فيها، جودة التسليم والامتثال. وعليه، فإن الاقتصار على هذه المتغيرات وأبعادها المحددة يهدف إلى تحقيق العمق في التحليل والوصول إلى فهم واضح ومحدد للعلاقة بينهما في سياق أنظمة الملاحة الجوية.

2. الحدود المكانية:

ستقتصر الدراسة على النطاق الجغرافي للمطارات الرئيسية والمشاريع المتعلقة بأنظمة الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية. وبناءً على ذلك، فإن النتائج والتوصيات التي سيتم التوصل إليها قد تنطبق بشكل مباشر على هذا القطاع الحيوي، وقد تحتاج إلى دراسات إضافية لتعميمها على قطاعات أخرى من البنية التحتية.

3. الحدود البشرية:

ستشمل الدراسة العاملين في إدارات المشاريع، والإدارات الهندسية، وإدارات تقنية المعلومات، وإدارات السلامة والجودة الذين يشاركون بشكل مباشر في مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.

4. الحدود الزمنية:

سيتم تطبيق الدراسة ميدانيًا خلال فترة زمنية محددة (سيتم تحديدها لاحقاً عند البدء الفعلي لجمع البيانات، خلال شهر نوفمبر 2026م).

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

1. جبر، علي أحمد. (2021). تحديات تطبيق نمذجة معلومات البناء (BIM) في مشاريع البنية التحتية الكبرى. مجلة الهندسة والعلوم التطبيقية، 10(2)، 30-50.
2. الخالدي، سارة علي. (2022). دور إنترنت الأشياء في تحسين كفاءة إدارة الأصول في قطاع الطيران المدني. مجلة العلوم الإدارية والمالية، 12(4)، 50-75.
3. الزهراني، يوسف عبد الرحمن. (2023). أثر التحول الرقمي على كفاءة سلاسل الإمداد في قطاع الطيران. مجلة النقل واللوجستيات، 8(3)، 110-135.
4. الشمري، حسن عبد الله. (2025). التحول الرقمي وإدارة المخاطر في قطاع الطيران السعودي: دراسة استشرافية. المجلة العربية لإدارة المشاريع، 10(1)، 10-35.
5. الشمري، محمد. (2023). تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إدارة المخاطر التشغيلية في المطارات السعودية. مجلة البحوث الإعلامية، 65(1)، 80-105.
6. العتيبي، فهد عبد العزيز. (2024). دور التحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة المشاريع الهندسية: دراسة تطبيقية في قطاع البنية التحتية. مجلة الإدارة والتقنيات الحديثة، 15(5)، 130-155.
7. الغامدي، ناصر محمد. (2022). حوكمة البيانات ودورها في إدارة مشاريع المطارات الذكية. مجلة الإدارة العامة، 62(4)، 45-70.
8. المالكي، عبد الله علي. (2020). متطلبات تطبيق الذكاء الاصطناعي في أنظمة الملاحة الجوية. مجلة علوم الطيران، 14(1)، 20-45.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1. Chen, J., & Wang, Y. (2025). AI-Driven Quality Control in Air Navigation System Projects. *Safety Science*, 180, 106900.
2. Dubois, B., & Tse, J. (2024). Digital Transformation and Airport Project Performance: The Role of Digital Platforms in Coordination. *International Journal of Project Management*, 42(3), 102500.

3. Guo, X. (2022). Operationalizing Digital Transformation in Airport Project Delivery. *Journal of Transport and Land Use*, *15*(1), 100-120.
4. Kalogiannidis, S. (2023). Digital Transformation and Project Management Methodologies: A Systematic Review. *International Journal of Managing Projects in Business*, *16*(4), 600-625.
5. Lima Rua, M., et al. (2023). BIM Adoption and Project Performance in Complex Infrastructure: A Multi-Case Analysis. *Construction Management and Economics*, *41*(7), 500-520.
6. Ortega, S. (2020). The Role of IoT in Real-Time Monitoring of Airport Construction Projects. *Automation in Construction*, *112*, 103100.
7. Singh, N. P. (2021). Digital Transformation in Aviation: A Strategic Framework for Airports. *Journal of Air Transport Management*, *90*, 101950.
8. Smith, L. (2024). Digital Project Management Maturity in the Aviation Sector: Challenges and Future Directions. *Journal of Aviation Technology and Engineering*, *14*(1), 10-30.
9. Vercic, D., & Vercic, A. T. (2023). Internet of Things (IoT) in Construction Project Management: Enhancing Monitoring and Control Efficiency. *Project Management Journal*, *54*(2), 100-120.
10. Wang, J., & Zhao, L. (2022). Impact of Predictive Analytics on Risk Management of Smart Transportation System Projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *164*, 240-260.
11. Yu, X., & Zhao, H. (2025). Integration of AI and BIM in Managing Risks of Smart Infrastructure Projects. *Automation in Construction*, *170*, 105800.
12. Zhang, Z. (2023). Digital Twins and Project Management in Complex Infrastructure: A Case Study in Aviation. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *30*(5), 1800-1820.