

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

إعداد:

نورة عايض القحطاني

الرقم الأكاديمي: 252001487

الإشراف/

أ.د. الفيصل عبدالحميد

أ.د. فايز علي جراد

العام الجامعي

2026م

الشكر والعرفان

الحمد لله رب العالمين الذي وفقني لإتمام هذه الرسالة العلمية، والصلاة والسلام على نبينا محمد وعلى آله الغر الميامين القائل: (من لا يشكر الناس لا يشكر الله).

مع انتهائي من هذه الرسالة لا يسعني إلا أن أعترف لكل ذي فضل عليّ بفضلته، فهم أهلّ للشكر والثناء، ولذا اتقدم بالشكر الجزيل وبخالص المودة والتقدير للمشرفين على هذه الرسالة، الأستاذ الدكتور/ الفيصّل عبد الحميد، والأستاذ الدكتور/ فايز علي جراد لما قدماه لي من إرشادات وتوجيهات علمية ومنهجية قيمة وسديدة، وعلى سعة صدرهما في الأخذ والعطاء طوال فترة الدراسة.

كما أتوجه بالشكر إلى القائمين على إدارة مشاريع المطارات في المملكة، الذين قدموا لي الدعم والمؤازرة فيما يتعلق بالحصول على المعلومات، والاستجابة على تساؤلات وفقرات أداة الدراسة. كما أشكر كل من انتفعت بعلمه، وكل من ساعدني على إخراج هذه الدراسة إلى النور، فما وفقت فيه فمن الله، وما قصرت فمني ومن الشيطان، والله الهادي إلى سواء السبيل.

الباحثة

ملخص الدراسة

تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع المطارات: دراسة حالة على أنظمة

الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية

المستخلص:

هدفت هذه الدراسة إلى استقصاء أثر التحول الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية (CNS/ATM) بالمملكة العربية السعودية، وذلك من خلال تحليل الدور الذي تلعبه البنية التحتية الرقمية، وأتمتة العمليات، والتحليل التنبؤي، والأمن السيبراني في تحسين مؤشرات الأداء الثلاثة للمشاريع (الزمن، التكلفة، الجودة). ولتحقيق أهداف الدراسة، تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لملاءمته لطبيعة الدراسات الإدارية والتقنية.

تمثلت أداة الدراسة في استبانة صممت خصيصاً لغرض البحث، تكونت من (42) فقرة موزعة على محوري الدراسة، بعد التحقق من صدقها وثباتها عبر عينة استطلاعية وتحليلات سيكومترية متقدمة شملت التحليل العاملي الاستكشافي ومعامل ألفا كرونباخ الذي بلغ (0.90). طُبقت الدراسة على مجتمع مكون من الكوادر المهنية والتقنية في شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS)، حيث بلغت عينة الدراسة (294) فرداً، تم اختيارهم بالأسلوب العشوائي البسيط لضمان تمثيل كافة الفئات الوظيفية من مديري مشاريع ومهندسين ومراقبين جويين.

استخدمت الدراسة حزمة من الأساليب الإحصائية عبر برنامج (SPSS v.28)، شملت المتوسطات الحسابية، الانحرافات المعيارية، معامل ارتباط بيرسون، وتحليل الانحدار الخطي المتعدد، مع فحص مشكلة الازدواج الخطي باستخدام معامل تضخم التباين (VIF).

أظهرت النتائج الكمية أن واقع تطبيق التحول الرقمي في مشاريع الملاحة الجوية جاء بدرجة (مرتفع) بمتوسط حسابي (4.00)، وتصدر بُعد "الأمن السيبراني" الأبعاد الأخرى بتقدير "مرتفع جداً". كما كشفت النتائج أن مستوى كفاءة إدارة المشاريع تحقق بدرجة (مرتفع) بمتوسط (3.96)، مع تفوق ملحوظ لبُعد "كفاءة الجودة والامتثال للمعايير الدولية". وأثبتت نتائج تحليل الانحدار وجود أثر ذي دلالة إحصائية للتحول الرقمي في تعزيز الكفاءة، حيث فسر النموذج التنبؤي ما نسبته (70.9%) من التباين في كفاءة إدارة المشاريع، وبرزت "أتمتة العمليات" كأكثر الأبعاد تأثيراً في الكفاءة الزمنية.

وبناءً على هذه النتائج، قدمت الدراسة مجموعة من التوصيات، أبرزها: ضرورة الانتقال نحو "التوائم الرقمية" (Digital Twins) لمحاكاة مشاريع الملاحة قبل التنفيذ، تفعيل وحدات التحليل التنبؤي في مكاتب إدارة المشاريع (PMO) لتقليل الهدر المالي، وتعزيز برامج التدريب الهجين للكوادر الوطنية للجمع بين المهارة التقنية والإدارية، بما يضمن استدامة التفوق الملاحي للمملكة وفق رؤية 2030.

الكلمات المفتاحية: التحول الرقمي، كفاءة إدارة المشاريع، أنظمة الملاحة الجوية (CNS/ATM)، شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS)، الأمن السيبراني الملاحي، أتمتة العمليات.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
الصفحات التمهيدية	
أ	صفحة الغلاف.
ب	الشكر والعرفان.
ج	ملخص الدراسة.
هـ	قائمة المحتويات.
الفصل الأول: الإطار العام للدراسة	
2	- تمهيد.
2	- المقدمة.
3	- مشكلة الدراسة.
4	- تساؤلات الدراسة.
5	- أهمية الدراسة.
6	- أهداف الدراسة.
6	- متغيرات وأبعاد الدراسة.
7	- فرضيات الدراسة.
7	- حدود الدراسة.
8	- مصطلحات الدراسة.
الفصل الثاني: الإطار النظري والدراسات السابقة	
13	- مقدمة
13	المحور الأول: الدراسات السابقة

13	- تمهيد
13	- أولاً: دراسات محلية
15	- ثانياً: دراسات عربية
16	- ثالثاً: دراسات أجنبية
18	- رابعاً: تعقيب تحليلي عام على الدراسات السابقة
المحور الثاني: الإطار النظري	
20	تمهيد.
20	المبحث الأول: التحول الرقمي في قطاع الملاحة الجوية.
23	المبحث الثاني: كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.
25	المبحث الثالث: دور التحول الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية.
28	خاتمة الإطار النظري
الفصل الثالث: منهجية الدراسة	
30	- تمهيد.
30	- منهج الدراسة.
30	- مصادر جمع البيانات.
31	- مجتمع الدراسة وعينتها.
32	- أداة الدراسة.
33	- الخصائص السيكمترية لأداة الدراسة.
35	- طريقة ومعيار تصحيح أداة الدراسة.
36	- الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة.
الفصل الرابع: نتائج الدراسة ومناقشتها	

39	- تمهيد.
39	- النتائج المتعلقة بالتساؤل الأول للدراسة.
41	- النتائج المتعلقة بالتساؤل الثاني للدراسة.
43	- النتائج المتعلقة بالتساؤل الثالث للدراسة.
44	- النتائج المتعلقة بالتساؤل الرابع للدراسة.
48	- خلاصة بنتائج الدراسة.
الفصل الخامس: استنتاجات الدراسة، توصياتها، مقترحاتها	
51	- تمهيد
51	- استنتاجات الدراسة.
52	- توصيات الدراسة.
54	- مقترحات الدراسة.
54	- خاتمة الدراسة.
قائمة المراجع	
56	أولاً: المراجع بالعربية.
58	ثانياً: المراجع بالإنجليزية.
قائمة الملاحق	
62	- ملحق الاستبانة في صورتها النهائية.
66	- ملخص الدراسة باللغة الإنجليزية.
67	- صفحة غلاف الدراسة باللغة الإنجليزية.

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

- **المقدمة.**
- **مشكلة الدراسة.**
- **تساؤلات الدراسة.**
- **أهمية الدراسة.**
- **أهداف الدراسة.**
- **متغيرات وأبعاد الدراسة.**
- **فرضيات الدراسة.**
- **حدود الدراسة.**
- **مصطلحات الدراسة.**

الفصل الأول

الإطار العام للدراسة

تمهيد

يتناول هذا الفصل خارطة الطريق المنهجية للدراسة، حيث يستعرض الخلفية المعرفية لعمليات التحول الرقمي في قطاع الطيران، ويشخص مشكلة الدراسة المتعلقة بإدارة مشاريع الملاحة الجوية بالمملكة، صياغةً للتساؤلات البحثية التي تسعى الدراسة للإجابة عنها وفق أسس علمية رصينة.

1. المقدمة

تعد صناعة الطيران والملاحة الجوية اليوم الشريان الحيوي الذي يربط العالم ببعضه، ومع تسارع وتيرة الابتكار التقني، أصبح تطوير مشاريع المطارات يتجاوز الأطر التقليدية للبناء والتشغيل، لينتقل نحو آفاق ذكية تعيد تعريف مفهوم الأجواء المفتوحة، حيث يبرز التحول الرقمي كقوة دافعة لإعادة هيكلة النظم الملاحية العالمية.

إن نجاح أي منشأة مطارية في العصر الراهن لم يعد يُقاس بحجم مدرجاتها فحسب، بل بمدى فاعلية "إدارة مشاريعها" وقدرتها على تحقيق الأهداف الاستراتيجية في بيئة تتسم بالتعقيد العالي والمخاطر المتزايدة. وتعد إدارة المشاريع في قطاع الملاحة الجوية من أكثر المهام دقة؛ نظراً لارتباطها المباشر بمعايير السلامة الدولية (Safety-Critical Systems). وبهذا الشأن، يؤكد (Al-Shehri, 2024) أن كفاءة إدارة هذه المشاريع تتطلب مرونة فائقة في التعامل مع المتغيرات الجيوسياسية والتقنية، حيث يساهم تبني المنهجيات الحديثة في تقليص الهدر الزمني وتكاليف التشغيل بنسب تصل إلى 20%. وفي السياق ذاته، تشير دراسة (Hassan & Al-Qahtani, 2023) إلى أن المشاريع الملاحية بالمملكة العربية السعودية تشهد تحولاً من نمط الإدارة الخطية التقليدية

إلى النظم التكاملية التي تضمن استدامة الأصول الملاحية، وهو ما يتوافق مع توجهات منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) التي تشدد على ضرورة تحسين كفاءة التنفيذ لضمان تدفق الحركة الجوية دون انقطاع، مما يعزز من الميزة التنافسية للمطارات المحورية.

وفي مواجهة هذا التعقيد، برزت استراتيجيات "التحول الرقمي" كحجر زاوية لتطوير الأداء المؤسسي في قطاع الطيران. ولا يقتصر هذا التحول على استبدال الأنظمة التناظرية بأخرى رقمية، بل يمتد ليشمل إعادة هندسة العمليات الإدارية والتشغيلية (Strohmeier, 2020). وفي إدارة مشاريع الملاحة، تساهم التقنيات الرقمية مثل "نمذجة معلومات البناء" (BIM) وإنترنت الأشياء (IoT) في توفير رؤية استباقية للمخاطر الملاحية قبل وقوعها.

وبهذا الصدد، يشير (Nawaz & Al-Rashed, 2024) إلى أن الرقمنة في المطارات السعودية لم تعد مجرد ترف تقني، بل هي استجابة لضرورات التشغيل الآمن للجيل القادم من الطائرات والأنظمة المسيرة. كما يوضح (Gartner, 2023) أن التحول الرقمي الفعال يتطلب تكاملاً بين التكنولوجيا والعنصر البشري، حيث تساهم الأنظمة السحابية في ربط مهندسي المشاريع الملاحية بمراكز المراقبة الجوية لحظياً، مما يضمن دقة التنفيذ وتجنب الأخطاء التشغيلية الجسيمة التي قد تتجم عن نقص البيانات أو تأخر وصولها.

إن العلاقة التفاعلية بين توظيف الحلول الرقمية وكفاءة إدارة المشاريع الملاحية تخلق نموذجاً تشغيلياً يتسم بالذكاء والسرعة. فعندما تُدمج أدوات التحليل التنبؤي في دورة حياة مشروع الملاحة الجوية، يتحول المشروع من مرحلة التنفيذ التقليدي إلى "المشروع الذكي" الذي يمتلك القدرة على التعافي الذاتي وتعديل المسار (Self-Correction). وتؤكد نتائج دراسة (Votto et al., 2021) أن دمج الذكاء الاصطناعي في إدارة مشاريع البنية التحتية الجوية أدى إلى تحسين دقة التنبؤ بالميزانيات بنسبة 30%. ويبرز هنا مفهوم "التوأمة الرقمية" (Digital Twin) لأنظمة الملاحة، والتي تتيح

لمديري المشاريع اختبار كافة السيناريوهات التشغيلية في بيئة افتراضية قبل تطبيقها على أرض الواقع، مما يقلل من مخاطر التوقف المفاجئ للحركة الجوية، ويضمن توافق المشاريع مع المعايير الفنية والتشغيلية الصارمة التي تفرضها الهيئة العامة للطيران المدني (GACA).

وتكتسب هذه المفاهيم أهمية استثنائية عند إسقاطها على بيئة الملاحة الجوية السعودية، التي تمر بمرحلة تاريخية من التحول تحت مظلة "رؤية 2030". حيث تضخ المملكة استثمارات مليارية لتطوير المطارات الدولية وتحويلها إلى منصات لوجستية عالمية، بقيادة شركة "نيرس" (SANS) والمطارات القابضة. إن ضخامة هذه المشاريع وتعدد أطرافها يفرض ضرورة الانتقال نحو "الإدارة الرقمية للمشاريع" لضمان توافقها مع الاستراتيجية الوطنية للطيران التي تهدف لربط المملكة بـ 250 وجهة عالمية بحلول عام 2030. وهذا لا يتأتى إلا عبر رقمنة أنظمة الرادار، والاتصالات، والملاحة، والاستطلاع (CNS) وفق أرقى المعايير العالمية، لضمان استيعاب الزيادة المتوقعة في أعداد المسافرين والتي تهدف للوصول إلى 330 مليون مسافر.

وعليه، تتطلع الدراسة الحالية من خلال هذا الطرح إلى تقديم رؤية علمية وتطبيقية مبتكرة، تسلط الضوء على آليات تفعيل التحول الرقمي كقوة تمكينية لرفع كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية بالمملكة.

2. مشكلة الدراسة:

يواجه قطاع الطيران والملاحة الجوية العالمي تحديات تشغيلية متزايدة ناتجة عن تقادم البنى التحتية التقنية والحاجة الماسة لمواكبة نمو الحركة الجوية المتسارع. وفي المملكة العربية السعودية، وعلى الرغم من الاستثمارات الضخمة في تطوير المطارات، لا تزال عمليات إدارة مشاريع الملاحة الجوية تواجه عقبات تتعلق ببطء التحول الرقمي الشامل في دورة حياة المشروع. ويشعر الباحث بوجود فجوة إجرائية وتقنية تتمثل في الاعتماد الجزئي على النظم التقليدية في متابعة المشاريع

الملاحية الكبرى، مما يؤدي أحيانًا إلى تداخل في الصلاحيات، وتأخر في جداول التنفيذ، وزيادة في تكاليف الصيانة المستقبلية نتيجة لعدم التكامل الرقمي المبكر.

وتتجلى أبعاد هذه المشكلة من خلال المؤشرات الوطنية والعالمية؛ ففي تقرير "مؤشر الجاهزية الرقمية" الصادر عن وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات (2024)، يتضح أن قطاع النقل والخدمات اللوجستية يحرز تقدمًا، إلا أن التخصصات النوعية مثل "الملاحة الجوية" تتطلب معايير رقمية أكثر تعقيدًا تضمن (Zero Downtime). وتؤيد دراسة (العتيبي، 2023) هذا الطرح، حيث أشارت إلى أن 45% من مشاريع البنية التحتية للمطارات السعودية تواجه تحديات في "التنسيق الرقمي" بين المقاولين وجهات التشغيل، مما يؤدي إلى إعادة العمل (Rework) بنسبة تصل إلى 15%.

كما أكدت نتائج "مؤتمر مستقبل الطيران" (الرياض، 2024) على أن التحول الرقمي في أنظمة الملاحة يواجه "تحدي المواءمة" بين التكنولوجيا الحديثة والكوادر البشرية المدربة، حيث أشار التقرير الختامي للمؤتمر إلى ضرورة تسريع رقمنة أنظمة المراقبة الجوية لتقليل الانبعاثات الكربونية وزيادة السعة الاستيعابية للمجال الجوي بنسبة 25%.

وعلى الصعيد الدولي، تشير إحصاءات منظمة (IATA, 2024) إلى أن المطارات التي لم تتبنَّ استراتيجيات التحول الرقمي في إدارة مشاريعها خسرت ما يقرب من 12% من كفاءتها التشغيلية خلال فترات التوسع. وبالنظر إلى نتائج دراسة (الحربي، 2022) المحلية، يتضح أن هناك نقصًا في استخدام تطبيقات "الذكاء الاصطناعي" و"بلوكشين" في إدارة العقود الملاحية، مما يعزز الحاجة الماسة لهذه الدراسة لتشخيص الواقع وتقديم حلول رقمية تكاملية تضمن قيادة المملكة في هذا القطاع الحيوي، وتحد من المخاطر التشغيلية والمالية المرتبطة بمشاريع أنظمة الملاحة الجوية.

3. أسئلة الدراسة:

التساؤل الرئيس: "ما دور تطبيق التحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية؟"

وينبثق عن هذا التساؤل الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

1. ما واقع تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة العربية السعودية من وجهة نظر المتخصصين؟
2. ما مستوى كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المطارات السعودية حالياً؟
3. هل توجد علاقة ارتباطية ذات دلالة إحصائية بين مستوى التحول الرقمي وكفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية؟
4. ما دور تطبيق التحول الرقمي بأبعاده المختلفة (البنية التحتية الرقمية، أتمتة العمليات، التحليل التنبؤي، الأمن السيبراني الملاحي) في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة؟
 - ما دور البنية التحتية الرقمية في تحسين كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية؟
 - ما دور أتمتة العمليات الإدارية والتقنية في تحسين كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية؟
 - ما دور التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة في تحسين كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية؟
 - ما دور الأمن السيبراني الملاحي في تحسين كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية؟

4. أهداف الدراسة

الهدف العام:

يتمثل الهدف الرئيس لهذه الدراسة في تقصي دور تطبيق التحول الرقمي في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية، وذلك من خلال تحقيق الأهداف الفرعية التالية:

1. الكشف عن واقع تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة العربية السعودية.

2. تحديد مستوى كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية الحالية في المطارات السعودية.

3. قياس طبيعة العلاقة الارتباطية بين مستوى التحول الرقمي وكفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية.

4. تحديد مدى مساهمة أبعاد التحول الرقمي (البنية التحتية، الأتمتة، التحليل التنبؤي، الأمن السيبراني) في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة.

5. أهمية الدراسة

الأهمية العلمية:

1. إثراء الأدب النظري في مجال الإدارة الهندسية من خلال تقديم إطار معرفي يربط بين تقنيات الثورة الصناعية الرابعة وإدارة المشاريع النوعية في قطاع الطيران.
2. توفير مرجع علمي حديث للمكتبة العربية يتناول "الملاحة الجوية" من منظور إداري وتقني متكامل، وهو تخصص يتسم بندرة الدراسات الأكاديمية باللغة العربية.

3. فتح آفاق بحثية جديدة للباحثين لدراسة أثر التقنيات الناشئة مثل التوأمة الرقمية والذكاء الاصطناعي في البيئات التشغيلية عالية الخطورة.

الأهمية العملية:

1. تقديم مؤشرات ميدانية واقعية لصناع القرار في الهيئة العامة للطيران المدني (GACA) وشركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS) حول فاعلية استراتيجيات الرقمنة الحالية.
2. تزويد مديري مشاريع المطارات بمجموعة من التوصيات المبنية على نتائج إحصائية حول أفضل الممارسات الرقمية التي ترفع من دقة الالتزام بالجدول الزمنية والميزانيات المرصودة.

3. المساهمة في دعم مستهدفات رؤية المملكة 2030 وبرنامج التحول الوطني عبر تسليط الضوء على آليات رفع كفاءة التشغيل في قطاع النقل والخدمات اللوجستية.

6. متغيرات وأبعاد الدراسة

تحدد متغيرات الدراسة وأبعادها فيما يلي:

• المتغير المستقل: التحول الرقمي (Digital Transformation)، وأبعاده:

1. البنية التحتية الرقمية.

2. أتمتة العمليات.

3. التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة.

4. الأمن السيبراني الملاحي.

• المتغير التابع: كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية (Efficiency of Air

Navigation Project Management).

7. فرضيات الدراسة

الفرضية الرئيسية:

"يوجد دور ذو دلالة إحصائية عند مستوى $(\alpha \leq 0.05)$ لتطبيق التحول الرقمي بأبعاده المختلفة

في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية في المملكة العربية السعودية".

الفروض الفرعية:

1. يوجد دور ذو دلالة إحصائية لـ البنية التحتية الرقمية في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة

الملاحة الجوية.

2. يوجد دور ذو دلالة إحصائية لـ أتمتة العمليات في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة

الجوية.

3. يوجد دور ذو دلالة إحصائية لـ التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.

4. يوجد دور ذو دلالة إحصائية لـ الأمن السيبراني الملاحي في تحسين كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية.

8. حدود الدراسة (Study Limits)

تتحدد هذه الدراسة بمجموعة من الأطر التي ترسم نطاق تطبيقها ومجال تعميم نتائجها، وهي كالآتي:

• الحدود الموضوعية (Scientific Limits):

اقتصرت الدراسة في جانبها العلمي على بحث "أثر التحول الرقمي" كمتغير مستقل بأبعاده الأربعة (البنية التحتية، الأتمتة، التحليل التنبؤي، الأمن السيبراني) في "تعزيز كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية" كمتغير تابع بأبعاده الثلاثة (الكفاءة الزمنية، كفاءة التكلفة، كفاءة الجودة والامتثال).

• الحدود المكانية (Spatial Limits):

تم تطبيق الدراسة ميدانياً في المملكة العربية السعودية، وتحديداً في شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS) والمراكز والمطارات الرئيسية المرتبطة بعمليات إدارة الحركة الجوية والملاحة (CNS/ATM).

• الحدود البشرية (Human Limits):

استهدفت الدراسة الكوادر المهنية والتقنية العاملة في قطاع الملاحة الجوية، بمن في ذلك: مديرو المشاريع، مهندسو الأنظمة الملاحية، المراقبون الجويون، والتقنيون المساندون المشاركون في تنفيذ وتشغيل المشاريع الرقمية.

• الحدود الزمنية (Temporal Limits):

تمت صياغة الإطار النظري وجمع البيانات الميدانية وتحليلها خلال العام الحالي، حيث طُبقت الدراسة ميدانياً خلال شهر يناير 2026م.

9. مصطلحات الدراسة

أولاً: التحول الرقمي (Digital Transformation)

يُعرف (Westernman et al., 2024) التحول الرقمي بأنه الاستخدام الاستراتيجي للتقنيات الرقمية والبيانات لإحداث تغيير جوهري في كيفية تقديم القيمة وتحقيق الأهداف التنظيمية. بينما يراه (Rogers, 2021) بأنه: إعادة تفكير شاملة في نماذج العمل والعمليات التشغيلية وتجربة العميل باستخدام القدرات الرقمية المتاحة. ويُعرفه (Vial, 2019) بأنه: عملية تهدف إلى تحسين الكيانات من خلال إحداث تغييرات جوهريّة في خصائصها من خلال مجموعات من تكنولوجيات المعلومات والاتصالات والحوسبة.

وفي سياق هذه الدراسة، يعرف مصطلح **التحول الرقمي** إجرائياً، بأنه: مستوى تبني واستخدام أنظمة الملاحة الجوية السعودية للحلول التقنية المتقدمة (كالرقمية السحابية، والأتمتة، والتحليلات الذكية) في إدارة دورة حياة مشاريعها، ويقاس من خلال الدرجة التي يحصل عليها المستجيب في الاستبيان ضمن الأبعاد المحددة.

ثانياً: إدارة مشاريع الملاحة الجوية (Air Navigation Project Management)

تُعرف (Kerzner, 2023) إدارة المشاريع بأنها: تخطيط وتنظيم وتوجيه والتحكم في موارد الشركة لهدف قصير الأجل تم وضعه لتحقيق أهداف محددة. ويُعرفها (Project Management Institute [PMI], 2021) بأنها: تطبيق المعرفة والمهارات والأدوات والتقنيات على أنشطة المشروع

لتلبية متطلباته وتوقعات أصحاب المصلحة. بينما يُعرفها (Wysocki, 2019) بأنها: مجموعة من الأنشطة المنظمة والموجهة نحو تحقيق نتائج فريدة ومحددة ضمن قيود الوقت والتكلفة والجودة. وفي سياق هذه الدراسة، يعرف مصطلح كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية إجرائياً، بأنه: قدرة القائمين على مشاريع الأنظمة الملاحية (CNS/ATM) في المملكة على استثمار الموارد المتاحة وتحقيق الأهداف المخططة وفق المعايير الزمنية والفنية الدولية، وتقاس بمدى تحسن جودة المخرجات الملاحية وسرعة إنجازها.

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

- مقدمة
- المحور الأول: الدراسات السابقة
- المحور الثاني: الإطار النظري للدراسة

الفصل الثاني

الإطار النظري والدراسات السابقة

مقدمة

يتناول هذا الفصل محورين رئيسيين؛ يستعرض المحور الأول الدراسات السابقة (المحلية، والعربية، والأجنبية) ذات الصلة بموضوع الدراسة الحالية، مع تقديم تعقيب تحليلي يبرز أوجه الاتفاق والاختلاف والفجوة البحثية. بينما يتناول المحور الثاني الإطار النظري للموضوع، مفصلاً في ثلاثة مباحث تغطي المتغيرات المستقلة والتابعة والعلاقة بينهما.

المحور الأول: الدراسات السابقة

تمهيد:

يحظى موضوع التحول الرقمي وكفاءة إدارة المشاريع باهتمام متزايد من قبل الباحثين والممارسين في شتى القطاعات، نظراً لدوره المحوري في استدامة الأعمال وتطوير البنى التحتية، لا سيما في البيئات التشغيلية المعقدة. وفي هذا المحور، يتم استعراض مجموعة من الدراسات السابقة ذات الصلة بمتغيرات الدراسة الحالية، مقسمة إلى دراسات محلية (في البيئة السعودية)، ودراسات عربية، تم ترتيبها زمنياً من الأحدث إلى الأقدم، بهدف الوقوف على أحدث التوجهات البحثية والاستفادة منها في إثراء مشكلة الدراسة الراهنة وتوجيه مسارها.

أولاً: دراسات محلية

دراسة العتيبي والزامل (2025)، المملكة العربية السعودية، دراسة بعنوان "التحول الرقمي وأثره على كفاءة وإدارة المشاريع في القطاع العقاري في مدينة الرياض"، هدفت الدراسة إلى التعرف على دور التقنيات الرقمية في رفع كفاءة تقييم الجدوى وإدارة المشاريع التنموية. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت الاستبانة كأداة لجمع البيانات من عينة تكونت من 120 مدير مشروع ومختصاً في التخطيط. وتوصلت النتائج إلى أن التقنيات الرقمية تسهم بشكل فعال في تعزيز الشفافية، ورفع مستوى المتابعة، وتسريع عمليات اتخاذ القرار من خلال توفير بيانات لحظية عالية الدقة، مما ينعكس إيجاباً على جودة مخرجات المشروع وتقليل الانحرافات الزمنية والمالية. وأوصت الدراسة بضرورة توظيف الذكاء الاصطناعي بشكل موسع لتقييم المشاريع وتدريب الكوادر الهندسية والإدارية على المنصات الرقمية التفاعلية.

دراسة الفهد (2024)، المملكة العربية السعودية، دراسة بعنوان "التحول الرقمي وأثره على إدارة مشاريع التخرج في إطار رؤية المملكة 2030"، استهدفت الكشف عن دور الرقمنة في تطوير آليات إدارة المشاريع الأكاديمية والبحثية كنموذج للمشاريع المصغرة. وظفت الدراسة المنهج الوصفي، واعتمدت على أداة الاستبانة التي وُزعت على عينة شملت 250 من المشرفين ومديري المشاريع. وأظهرت النتائج أن تطبيق استراتيجيات التحول الرقمي أدى إلى تحسين ملحوظ في كفاءة إدارة وقت المشاريع وتسهيل قنوات التواصل المباشر بين أطراف المشروع، إضافة إلى دور المنصات السحابية في أرشفة ومتابعة الإنجاز بدقة عالية. وقدمت الدراسة توصية رئيسية تتمثل في تعميم استخدام برامج إدارة المشاريع الرشيقة (Agile) المدعومة بالذكاء الاصطناعي في كافة المؤسسات لضمان مرونة التنفيذ.

دراسة العتيبي (2023)، المملكة العربية السعودية، دراسة بعنوان "تحديات التحول الرقمي في البنية التحتية للمطارات: دراسة تطبيقية على شركة مطارات القابضة"، سعت إلى تقييم التحديات التقنية والتنظيمية التي تواجه رقمنة مشاريع البنية التحتية في قطاع الطيران المدني. استخدم الباحث المنهج الوصفي التحليلي، وجمع البيانات عبر المقابلات الشخصية والاستبانة من عينة ضمت 85 من القيادات الهندسية ومديري المشاريع. وبينت النتائج وجود مستوى عالٍ من الوعي بأهمية التحول الرقمي، إلا أن هناك تحديات تتمثل في تكامل الأنظمة القديمة مع التقنيات الناشئة، والحاجة إلى تحديث البنية التحتية للأمن السيبراني، كما أكدت النتائج أن الأتمتة خفضت من تكاليف التشغيل بنسبة ملموسة. وأوصت الدراسة بأهمية بناء شراكات استراتيجية مع شركات التكنولوجيا العالمية لتوطين المعرفة الرقمية في مشاريع المطارات والملاحة.

دراسة الحربي (2022)، المملكة العربية السعودية، دراسة بعنوان "أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في جودة إدارة المشاريع الإنشائية بالمطارات السعودية"، استهدفت قياس مدى مساهمة التقنيات الناشئة في تحسين مؤشرات الجودة بمشاريع الطيران. اتبع الباحث المنهج الكمي، معتمداً على الاستبانة لجمع بيانات من عينة عشوائية بلغت 150 مهندساً وخبيراً في قطاع الملاحة الجوية. وتوصلت الدراسة إلى نتائج أبرزها أن استخدام التحليل التنبؤي وتطبيقات التوأمة الرقمية يقلل من نسب الأخطاء الهندسية بنسبة تصل إلى 20%، ويساهم في توقع المخاطر قبل وقوعها، مما يعزز من كفاءة الالتزام بالمعايير الدولية. وكانت أبرز توصيات الدراسة هي ضرورة الإسراع في إنشاء مراكز بيانات متخصصة لدعم اتخاذ القرار في مشاريع المطارات اعتماداً على خوارزميات الذكاء الاصطناعي.

ثانياً: دراسات عربية

دراسة القاضي (Al-Qadi, 2025)، المملكة المغربية، دراسة بعنوان (Digital Transformation)
"التحول الرقمي في إدارة المرافق العامة: أثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي"، هدفت إلى تحليل دور الذكاء الاصطناعي والرقمنة في رفع كفاءة مشاريع المرافق العامة وتطويرها. طبقت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، مستخدمة الاستبانة الموجهة لعينة قوامها 110 من مديري وموظفي القطاع العام. وأسفرت النتائج عن أن إدماج تقنيات التحول الرقمي في إدارة المشاريع يسرع من دورة حياة المشروع، ويزيد من مرونته، ويحسن من قدرة المؤسسات على التعامل مع التحديات المعقدة بكفاءة عالية، مما ينعكس على جودة الخدمات المقدمة للجمهور. وأوصت الدراسة بضرورة الاستثمار المستمر في البنية التحتية الرقمية وتحديث نظم المعلومات الإدارية لضمان جاهزية سير المشاريع.

دراسة الحراصي وآخرون (2024)، سلطنة عمان، دراسة بعنوان "تحول الشركات الصغيرة والمتوسطة إلى الرقمية في سلطنة عمان"، سعت إلى استكشاف واقع التحول الرقمي وتحديد استراتيجيات دعم رقمنة إدارة الأعمال والمشاريع. اعتمدت الدراسة على المنهج المختلط (الكمي والنوعي)، وجمعت البيانات عبر استبانات ومقابلات شملت 200 من رواد الأعمال ومديري المشاريع. وأشارت النتائج إلى أن تبني تقنيات التحول الرقمي أدى بشكل جلي إلى تغيير وتطوير الهياكل التنظيمية، وتحسين طرق أداء الخدمات، كما أظهرت قدرة المؤسسات على تحسين الإنتاجية وتخفيض التكاليف التشغيلية للمشاريع بشكل ملحوظ. وأوصت الدراسة بأهمية توفير برامج تمويلية وتدريبية حكومية مسهلة لتسريع تبني التقنيات الرقمية في المؤسسات.

دراسة أبو النصر (2023)، المملكة الأردنية الهاشمية، دراسة بعنوان "أهمية التحول الرقمي بإدارة المشاريع الهندسية ببلديات في المملكة الأردنية الهاشمية وأثرها على جودة التنفيذ"، هدفت إلى التعرف على مرتكزات التحول الرقمي ودور نظم المعلومات الجغرافية في تحسين مخرجات المشاريع. اتبع الباحث المنهج الوصفي التحليلي، مستخدماً الاستبانة كأداة لجمع البيانات من عينة تكونت من 130 مهندساً وإدارياً. وأكدت النتائج أن هناك أثراً إيجابياً وذا دلالة إحصائية لاستخدام الأنظمة الرقمية في تحسين كفاءة التخطيط وتقليل الفجوات الزمنية للتنفيذ، كما بينت أن التحول الرقمي يعزز الشفافية والمساءلة في متابعة إنجاز المشاريع. وأوصت الدراسة بتكثيف الدورات التدريبية للكوادر الهندسية على استخدام منصات إدارة المشاريع القائمة على الحوسبة السحابية.

دراسة المدهون (2023)، فلسطين، دراسة بعنوان "دور التحول الرقمي في تحقيق التميز المؤسسي بالتطبيق على العاملين في بلدية غزة"، هدفت إلى قياس أثر رقمنة العمليات على التميز في إدارة وأداء المشاريع المؤسسية. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، وتم جمع البيانات بواسطة استبانة وزعت على عينة ضمت 185 موظفاً إدارياً وفنياً. وأظهرت النتائج أن توظيف البيانات الضخمة والأنظمة الرقمية له تأثير إيجابي وكبير على تحسين أداء الأعمال وسرعة الإنجاز، وأثبتت أن استيعاب التقنيات الحديثة يسرع من دورة تنفيذ المشاريع الخدمية. وقدمت الدراسة توصية محورية بضرورة دمج استراتيجية التحول الرقمي كجزء لا يتجزأ من الخطة الاستراتيجية الشاملة للمؤسسات لضمان استدامتها.

دراسة علي (2022)، المملكة الأردنية الهاشمية، دراسة بعنوان "استراتيجية التحول الرقمي والاتجاهات الرئيسية"، استهدفت تقييم مدى توافق الخطط الاستراتيجية للمؤسسات مع الاتجاهات العالمية لرقمنة إدارة المشاريع. وظفت الدراسة المنهج الوصفي، واعتمدت على أداة تحليل المحتوى والمقابلات المقننة مع 60 خبيراً في تكنولوجيا المعلومات وإدارة المشاريع. وبينت النتائج أن التحول

الرقمي لم يعد خياراً بل ضرورة حتمية لضمان كفاءة وتنافسية المشاريع، وأن المؤسسات التي طبقت منهجيات الإدارة الرشيدة الرقمية كانت أسرع في التكيف مع التغيرات وتلبية توقعات أصحاب المصلحة. وأوصت الدراسة بإنشاء مكاتب متخصصة لإدارة مشاريع التحول الرقمي (PMO) في كافة المؤسسات الكبرى لضمان حوكمة الأداء.

دراسة الهادي (2021)، جمهورية مصر العربية، دراسة بعنوان "نحو بناء خارطة طريق تحول رقمي لمنظمات المجتمع لاستراتيجية مصر الرقمية"، هدفت إلى تصميم إطار عمل متكامل يسهل عملية انتقال المؤسسات نحو الرقمنة الشاملة لمشاريعها. اعتمد الباحث المنهج الاستنباطي التحليلي، مستخدماً الملاحظة وتحليل الوثائق لاستخلاص البيانات. وخلصت النتائج إلى أن غياب الرؤية الموحدة وضعف البنية التحتية التكنولوجية يعدان من أبرز معوقات إدارة مشاريع التحول الرقمي، في حين أن التخطيط الاستراتيجي الجيد وتقييم الجاهزية الرقمية يسهمان في تقليل مخاطر فشل المشاريع التقنية. وأوصت الدراسة بتبني منهجية تدريجية في التحول الرقمي تبدأ برقمنة العمليات الأساسية وصولاً إلى التكامل التام.

دراسة البلوشي وآخرون (2020)، سلطنة عمان، دراسة بعنوان "واقع التحول الرقمي في المؤسسات الحكومية"، سعت إلى تقييم مستوى الجاهزية والجهود المبذولة في تطبيق التحول الرقمي في تخطيط وتنفيذ المشاريع الوطنية. استخدمت الدراسة المنهج الوصفي النوعي، واعتمدت على المقابلة شبه المقتنة كأداة رئيسة شملت 45 مسؤولاً ومدير مشروع حكومي. وتوصلت النتائج إلى وجود جهود واضحة وملموسة من قبل المؤسسات لتحقيق التحول الرقمي، إلا أن هناك تفاوتاً ملحوظاً في مستوى كفاءة المشاريع الرقمية بين مؤسسة وأخرى نتيجة التباين في الميزانيات المخصصة وتأهيل الكوادر البشرية. وأوصت الدراسة بتوحيد معايير تقييم نضج التحول الرقمي وإلزام كافة الجهات بتوثيق الدروس المستفادة من مشاريعهم التقنية السابقة.

ثالثاً: دراسات أجنبية

دراسة دوتا وآخرون (Dutta et al., 2025)، المملكة المتحدة، دراسة بعنوان (Digital Transformation in Aviation Industry Operations: Innovations and Sustainable Solutions) "التحول الرقمي في عمليات صناعة الطيران: الابتكارات والحلول المستدامة"، هدفت الدراسة إلى استكشاف التقنيات التحويلية التي تقود حقبة جديدة في إدارة مشاريع الطيران والملاحة الجوية لتعزيز الاستدامة وتقليل التكاليف. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت أداة تحليل المحتوى والمقابلات المتعمقة لجمع البيانات من عينة شملت 80 خبيراً ومدير مشروع في قطاع الطيران الأوروبي. وتوصلت النتائج إلى أن دمج الأدوات الرقمية الحديثة مثل الأنظمة السحابية والتحليلات التنبؤية يعيد تشكيل الهياكل التنظيمية لإدارة المشاريع، ويسهم في رفع كفاءة التنبؤ بالأحوال الجوية وجدولة الملاحة، مما يخفض من نسب التأخير التشغيلي بشكل كبير. وكانت أبرز توصية قدمتها الدراسة هي ضرورة تبني استراتيجيات إدارة التغيير لضمان التكيف السلس للكوادر البشرية مع الأنظمة الرقمية الجديدة.

دراسة بيترز وآخرون (Peters et al., 2024)، سويسرا، دراسة بعنوان (Digital Transformation in Project Management: A Systematic Review and Research Agenda) "التحول الرقمي في إدارة المشاريع: مراجعة منهجية للأدبيات وأجندة بحثية"، سعت الدراسة إلى تحديد كيفية إعادة تشكيل التقنيات الرقمية لعمليات إدارة المشاريع في القطاعات التكنولوجية المعقدة ومنها قطاع النقل الجوي. استخدم الباحثون المنهج المكتبي التحليلي، مستعينين ببطاقة تحليل لاستعراض 150 ورقة علمية حديثة. وأظهرت النتائج أن التحول الرقمي يتجاوز مجرد النشر التقني ليشمل تغييرات سلوكية واستراتيجية، وأن استخدام إنترنت الأشياء والبيانات الضخمة يتيح لمديري المشاريع استجابة أسرع

للمخاطر وتخصيصاً أدق للموارد. وأوصت الدراسة بتطوير نماذج نضج رقمية مخصصة لكل قطاع لقياس مدى نجاح تكامل التقنيات مع منهجيات الإدارة الرشيدة.

دراسة الخطابي (Alkhatabi, 2024)، الولايات المتحدة الأمريكية، دراسة بعنوان (Digital Transformation in the Aviation Industry: Opportunities, Challenges, and Future) "التحول الرقمي في صناعة الطيران: الفرص، والتحديات، والمستقبل"، هدفت إلى فحص أثر التحول الرقمي على الكفاءة التشغيلية لمشاريع الطيران وأداء الأعمال. طبقت الدراسة المنهج الوصفي، واعتمدت على الاستبانة الإلكترونية التي طبقت على عينة قوامها 200 من المتخصصين في تكنولوجيا الطيران. وأشارت النتائج إلى أن تقنيات البلوكشين والذكاء الاصطناعي تسهم بفاعلية في تبسيط العمليات، وتقليل الأخطاء البشرية، وتحسين عملية صنع القرار في المشاريع التقنية للطيران، مع تحديد "الأمن السيبراني" كأبرز تحدٍ يواجه هذا التحول. وأوصت الدراسة بتكثيف الاستثمار في البنية التحتية للأمن السيبراني لحماية البيانات الملاحية الحساسة أثناء تنفيذ المشاريع.

دراسة ماسانا وبالاند (Balland, 2024 & Masana)، سنغافورة، دراسة بعنوان (ATM Twin: an Air Traffic Management Digital Twin for the Singapore FIR) "توأم إدارة الحركة الجوية: توأم رقمي لإدارة الحركة الجوية لإقليم معلومات الطيران في سنغافورة"، استهدفت تصميم وتقييم نظام توأمة رقمية متقدم لرفع كفاءة التخطيط وإدارة مشاريع الحركة الجوية. استخدم الباحثان المنهج التجريبي، من خلال أداة المحاكاة الحاسوبية لبيانات الحركة الجوية المأخوذة من أنظمة الرادار الحقيقية. وتوصلت النتائج إلى أن استخدام التوأمة الرقمية وفر بيئة اختبار خالية من المخاطر للمشاريع الملاحية الجديدة، وسمح بتحليل سيناريوهات "ماذا لو" بدقة فائقة، مما أدى إلى تحسين القدرة الاستيعابية للمجال الجوي بنسبة 15% دون الحاجة إلى بنية تحتية مادية إضافية. وأوصت

الدراسة بدمج نماذج التوأمة الرقمية كأداة أساسية في مرحلة التخطيط لأي مشروع تطويري في قطاع الملاحة.

دراسة ألام وآخرون (Alam et al., 2023)، أستراليا، دراسة بعنوان (Digital Twin Approach for Integrated Airspace Management with Applications) "نهج التوأم الرقمي لإدارة المجال الجوي المتكاملة مع تطبيقاته"، هدفت إلى التحقق من فاعلية التوائم الرقمية كأداة استراتيجية لإدارة مشاريع المجال الجوي التي تتضمن الطائرات بدون طيار والطيران التجاري. اتبع الباحثون منهج دراسة الحالة، واعتمدوا على الملاحظة المباشرة وتحليل السجلات لبيانات نظام ملاحة تجريبي. وأثبتت النتائج أن خوارزميات التعلم الآلي المدمجة في النظام الرقمي قادرة على التنبؤ بالاختناقات الجوية واقتراح مسارات بديلة في أجزاء من الثانية، مما يرفع من جودة وكفاءة إدارة الأصول الملاحية. وقدمت الدراسة توصية بضرورة تحديث اللوائح والقوانين الملاحية لتتواءم مع الإمكانيات اللامحدودة التي توفرها الأنظمة الرقمية المستقلة.

دراسة هيسيلينك وآخرون (Hesselink et al., 2023)، هولندا، دراسة بعنوان (Digital twin –based asset inspection and user-technology interactions) "فحص الأصول القائم على التوأمة الرقمية وتفاعلات المستخدم مع التكنولوجيا"، سعت إلى تقييم دور التقنيات التفاعلية والواقع الافتراضي في تحسين عمليات فحص وإدارة أصول المشاريع الهندسية. وظفت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، واستخدمت المقابلات المتعمقة والملاحظة لجمع البيانات من عينة تكونت من 45 مهندس مشروع ومفتشاً. وأوضحت النتائج أن التفاعل عبر الواقع الافتراضي المدعوم بالتوأمة الرقمية يعزز من الإدراك المكاني لمديري المشاريع، ويقلل من الحاجة إلى التواجد الميداني في المواقع الخطرة، مما يوفر الوقت والتكلفة ويقلل من معدلات الحوادث. وأوصت الدراسة بضرورة تصميم واجهات مستخدم بديهية لتقليل المقاومة التكنولوجية لدى العاملين القدامى في المشاريع.

دراسة جاكوبس ومشاركوه (Jacobs et al., 2023)، كندا، دراسة بعنوان (Future-proofing Air Navigation Service Providers Asset Operations) "ضمان مستقبل عمليات أصول مزودي خدمات الملاحة الجوية"، هدفت إلى صياغة خارطة طريق رقمية تمكن مزودي خدمات الملاحة من إدارة مشاريعهم وأصولهم بكفاءة عالية وفق منهجيات الإدارة الحديثة. اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي الاستكشافي، واستخدمت أداة الاستبانة وتحليل الوثائق لعينة شملت 110 مسؤولين في دوائر الطيران المدني. وكشفت النتائج أن الانتقال من الصيانة التفاعلية إلى الصيانة التنبؤية (المدعومة بالذكاء الاصطناعي) في المشاريع الملاحية يسهم في تمديد العمر الافتراضي لأنظمة الرادار والاتصالات، ويضمن استمرارية تقديم خدمات الملاحة الجوية دون انقطاع. وأوصت الدراسة بإنشاء منصة بيانات مركزية تجمع كافة الأطراف المعنية بالمشروع (المقاول، المالك، المشغل) لضمان الشفافية وسرعة الإنجاز.

رابعاً: تعقيب تحليلي عام على الدراسات السابقة

استناداً إلى الاستعراض المنهجي الشامل للدراسات السابقة (المحلية، والعربية، والأجنبية)، يمكن تقديم التعقيب التحليلي الآتي:

1. اتساق الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة:

تتسق الدراسة الحالية في إطارها المفاهيمي العام مع التوجه البحثي العالمي والمحلي الذي يؤكد على حتمية التحول الرقمي كقوة دافعة لرفع كفاءة الأداء المؤسسي وإدارة المشاريع. كما تتسق مع الدراسات التي تناولت البيئة التشغيلية لقطاع الطيران والملاحة (مثل دراسات: الحربي، 2022؛ والخطابي، 2024؛ وماسانا وبالاند، 2024)، مؤكدةً على أن قطاع الملاحة الجوية يُعد من أكثر القطاعات احتياجاً واستفادةً من مخرجات الثورة الصناعية الرابعة.

2. جوانب اتفاق الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة:

تتفق الدراسة الحالية مع معظم الدراسات السابقة (مثل: العتيبي والزامل، 2025؛ وبيترز وآخرون، 2024) في التأكيد على وجود علاقة إيجابية وطردية بين استخدام التقنيات الرقمية المتقدمة (كالبيانات الضخمة، والتحليل التنبؤي، والأتمتة) وبين تحسين كفاءة إنجاز المشاريع من حيث التكلفة والوقت والجودة. كما تتفق في الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي كمنهجية علمية ملائمة لدراسة مثل هذه الظواهر الإدارية والتقنية في بيئتها الواقعية.

3. جوانب اختلاف الدراسة الحالية مع الدراسات السابقة:

تختلف الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة في طبيعة البيئة التطبيقية الدقيقة؛ فبينما ركزت العديد من الدراسات على التحول الرقمي في القطاع العقاري (العتيبي والزامل، 2025)، أو البلديات (أبو النصر، 2023)، أو المشاريع الإنشائية العامة في المطارات (الحربي، 2022)، فإن الدراسة الحالية تُركز بشكل حصري ومُعمق على "مشاريع أنظمة الملاحة الجوية (CNS/ATM)" ذات التعقيد التقني العالي والحساسية المطلقة للسلامة، وهو بُعد لم ينل حظه الكافي من البحث المتخصص المنفرد.

4. الفجوة البحثية:

من خلال استقراء الأدبيات السابقة، تبرز فجوة بحثية واضحة تتمثل في ندرة الدراسات (لا سيما في البيئة السعودية والعربية) التي تدمج بين الأبعاد الأربعة للتحول الرقمي (البنية التحتية، الأتمتة، التحليل التنبؤي، والأمن السيبراني الملاحي) وتأثيرها المباشر والمجتمع على كفاءة إدارة مشاريع الأنظمة الملاحية بشكل خاص. معظم الدراسات تناولت إما رقمنة المطارات كمنشآت مدنية، أو

تتاولت إدارة المشاريع كإطار عام، مما يجعل الدراسة الحالية محاولة جادة لسد هذه الفجوة المعرفية والتطبيقية في ظل التوسع الضخم لمشاريع الملاحة السعودية المزامنة لرؤية 2030.

5. جوانب استفادة الدراسة الحالية من الدراسات السابقة:

استفادت الدراسة الحالية من الدراسات السابقة في عدة جوانب حيوية، أبرزها: بلورة المشكلة البحثية وتحديد أبعادها بدقة، وتأسيس الإطار النظري، وصياغة التساؤلات والفرضيات، بالإضافة إلى الاستفادة المنهجية في بناء وتطوير أداة الدراسة (الاستبانة) من خلال الاطلاع على المقاييس والمؤشرات التي استخدمتها تلك الدراسات (مثل دراسة: ألأم وآخرون، 2023؛ والحراسي وآخرون، 2024)، ناهيك عن دورها كمرجعية لمقارنة وتفسير النتائج التي ستسفر عنها الدراسة الميدانية.

6. الجوانب المميزة للدراسة الحالية عن الدراسات السابقة:

تتميز الدراسة الحالية بشمولية المتغير المستقل (التحول الرقمي) وتنقسمه إلى أبعاد نوعية تتناسب تماماً مع طبيعة الملاحة الجوية (بما في ذلك الأمن السيبراني الملاحي). كما تتميز بكونها من الدراسات الحديثة التي تواكب تطلعات "شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS)" والهيئة العامة للطيران المدني في التحول نحو الأجواء الذكية، مما يمنح مخرجاتها قيمة مضافة وقابلية عالية للتطبيق الفوري في واحد من أكثر القطاعات الاستراتيجية في المملكة.

المحور الثاني: الإطار النظري للدراسة

تمهيد:

يتناول هذا الفصل البناء النظري والمفاهيمي لمتغيرات الدراسة، حيث يستعرض في المبحث الأول ماهية التحول الرقمي وأبعاده التقنية، وينتقل في المبحث الثاني لتأصيل كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية، وصولاً للمبحث الثالث الذي يبلور العلاقة التفاعلية بينهما من منظور النظريات الإدارية الحديثة، مما يوفر قاعدة معرفية صلبة لتفسير النتائج الميدانية.

المبحث الأول: التحول الرقمي في قطاع الملاحة الجوية

1. مفهوم وفلسفة التحول الرقمي في صناعة الطيران:

يتجاوز التحول الرقمي في قطاع الطيران مجرد "الرقمنة" التقليدية (Digitization)؛ إذ يمثل إعادة هندسة شاملة للنموذج التشغيلي والثقافة المؤسسية. ويؤكد (Verhoef et al., 2021) في كتابه حول التغيير الاستراتيجي أن التحول الرقمي هو "المرحلة التي تتبنى فيها المنشأة تقنيات تغير وجهات النظر وتخلق قيمة جديدة". وفي الملاحة الجوية، يعني هذا التحول الانتقال من الأنظمة القائمة على الصوت والتنسيق اليدوي إلى أنظمة تعتمد على البيانات الضخمة والذكاء الاصطناعي (SANS, 2024).

2. البنية التحتية الرقمية والحوسبة السحابية (Cloud Infrastructure):

تُعد البنية التحتية الصلبة والمرنة حجر الزاوية لرقمنة الملاحة. يتطلب الأمر شبكات فائقة السرعة وأنظمة تخزين سحابية تسمح بتبادل البيانات اللحظي بين مراكز المراقبة الجوية (ACC) والطائرات. ويشير (Hassan & Al-Qahtani, 2023) إلى أن استثمار المملكة في البنية التحتية

الرقمية ضمن "استراتيجية الطيران الوطنية" مكن من ربط الأنظمة الملاحية بمنصات موحدة تضمن تدفق البيانات دون انقطاع، مما يعزز الجاهزية الرقمية للمطارات السعودية.

3. أتمتة العمليات والأنظمة المستقلة (Autonomous Systems):

تهدف الأتمتة في هذا السياق إلى تقليل العبء الذهني على المراقبين الجويين ومديري المشاريع عبر أتمتة المهام المتكررة. يوضح (Strohmeier, 2020) أن الأتمتة الذكية تساهم في تحويل دور العنصر البشري من "المُنَفَّذ" إلى "المُشْرِف". وفي مشاريع الملاحة، تبرز أنظمة (Electronic Flight Strips) كأداة أتمتة حيوية تضمن دقة نقل المعلومات بين القطاعات المختلفة وتحد من الخطأ البشري في إدارة البيانات.

4. التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة (Predictive Analytics):

يمثل التحليل التنبؤي الذكاء الكامن خلف البيانات الضخمة المستقاة من الرادارات وأنظمة الاستطلاع. ويذكر (Votto et al., 2021) أن القدرة على التنبؤ بالاختناقات المرورية الجوية أو الأعطال الفنية في الأجهزة الملاحية قبل وقوعها (Maintenance 4.0) تعزز من استمرارية الخدمة. هذه التقنيات تتيح لصناع القرار في المطارات السعودية اتخاذ قرارات استباقية مبنية على حقائق رقمية وليست تقديرات شخصية.

5. الأمن السيبراني الملاحي (Aviation Cyber Security):

مع تزايد الاعتماد على النظم الرقمية، يبرز تهديد الاختراقات السيبرانية. إن الأمن السيبراني في الملاحة الجوية ليس مجرد حماية للبيانات، بل هو حماية للأرواح (Safety-Critical Security). ويؤكد (Nawaz & Al-Rashed, 2024) أن التحول الرقمي الآمن يتطلب بناء جدران حماية برمجية

متطورة وفحصاً مستمراً للثغرات في بروتوكولات التواصل الملاحي لضمان سلامة المجال الجوي السعودي من أي هجمات سيبرانية.

جدول رقم (1): الفروق الجوهرية بين الإدارة التقليدية والتحول الرقمي في مشاريع الملاحة

وجه المقارنة	الإدارة التقليدية (Analog)	التحول الرقمي (Smart/Digital)	المصدر
سرعة تدفق البيانات	بطيئة/ يدوية (Paper-based)	لحظية (Real-time data stream)	(العتيبي، 2023)
دقة التنبؤ	تعتمد على الخبرة الشخصية	تعتمد على خوارزميات AI	Jacobs et al.,) (2023
التنسيق بين الأطراف	مركزي/ خطي	شبكي/ تكاملي (Cloud-based)	Hesselink et al.,) (2023
مخاطر السلامة	مرتفعة بسبب الخطأ البشري	منخفضة بسبب الأتمتة الذكية	(Al-Shehri, 2024)

يوضح الجدول أعلاه انتقال مفهوم إدارة مشاريع الملاحة من العشوائية والبطء التقليدي إلى الدقة والسرعة الرقمية، مما يبرز الأهمية الاستراتيجية للتحول الرقمي في تحقيق الكفاءة والحد من المخاطر التشغيلية.

تحليل تعقيبي على المبحث الأول:

ترى الباحثة أن التحول الرقمي في قطاع الملاحة الجوية السعودية ليس مجرد عملية "تحديث تقني"، بل هو إعادة صياغة جذرية لمفهوم "السيادة الجوية الرقمية". إذ تمثل أبعاد التحول الرقمي (البنية، الأتمتة، التنبؤ، الأمن) منظومة متكاملة؛ فلا يمكن الحديث عن أتمتة ناجحة دون بنية تحتية صلبة، ولا يمكن الركون إلى التحليل التنبؤي دون أمن سيبراني يحمي تلك البيانات. ومن وجهة نظر الباحث، فإن التحدي الأكبر يكمن في "الفجوة المهارية"، حيث يتطلب هذا التحول كوادر وطنية قادرة على إدارة "الأنظمة الهجينة" التي تجمع بين الإدارة الهندسية والذكاء الاصطناعي.

المبحث الثاني: كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية

1. ماهية كفاءة إدارة المشاريع في القطاعات عالية الموثوقية:

تُعد إدارة مشاريع الملاحة الجوية من فئة الإدارة في "الأنظمة عالية الموثوقية" (High-Reliability Organizations)، حيث لا مجال للخطأ. وتعرف الكفاءة هنا بأنها: الاستغلال الأمثل للموارد التقنية والبشرية والمالية لتحقيق أهداف المشروع ضمن معايير زمنية وفنية صارمة (Kerzner, 2023). ويؤكد (Wysocki, 2019) أن الكفاءة في المشاريع المعقدة لا تقاس فقط بمثلث القيود التقليدي (الوقت، التكلفة، الجودة)، بل بمدى قدرة المشروع على التكيف مع المتغيرات الفنية الطارئة دون المساس بسلامة العمليات الجوية.

2. خصوصية دورة حياة مشاريع أنظمة الملاحة (CNS/ATM):

تتميز مشاريع أنظمة الملاحة (الاتصالات، الملاحة، الاستطلاع، وإدارة الحركة الجوية) بدورة حياة معقدة تتطلب تنسيقاً فائقاً. ويشير (Al-Shehri, 2024) إلى أن هذه المشاريع تمر بمراحل دقيقة تبدأ من تحديد المتطلبات التشغيلية (ORs) وصولاً إلى مرحلة القبول الميداني (SAT). وتتجلى الكفاءة في هذه المراحل عبر تقليل زمن الانتقال من الأنظمة القديمة (Legacy Systems) إلى الأنظمة الحديثة دون حدوث انقطاع في الخدمة الملاحية، وهو ما تبرع فيه الكوادر السعودية في شركة "نيرس" (SANS, 2024).

3. مؤشرات الأداء الرئيسي (KPIs) في إدارة مشاريع المطار الذكي:

لقياس كفاءة إدارة المشاريع الملاحية، يتم الاعتماد على مؤشرات أداء متقدمة تتجاوز النماذج الإدارية البسيطة. ويذكر (Project Management Institute [PMI], 2021) في الإصدار السابع من

الدليل المعرفي أن التركيز انتقل من "المخرجات" إلى "النتائج والمنافع". وفي سياق الملاحة، تشمل هذه المؤشرات: نسبة الالتزام بمعايير منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO)، ودقة التكامل بين الرادارات الأرضية والأنظمة السحابية، ومدى انخفاض الانحراف في ميزانية المشروع التقديرية (Cost Variance).

4. إدارة المخاطر واستمرارية الأعمال في المشاريع الملاحية:

تعتبر إدارة المخاطر العمود الفقري لكفاءة المشاريع الجوية. يؤكد (Jacobs et al., 2023) أن المشاريع الملاحية الحديثة تتبنى منهجية "المخاطر الاستباقية"؛ حيث يتم استخدام المحاكاة الرقمية لتوقع الفشل الفني في أنظمة الهبوط الآلي (ILS) قبل تركيبها. الكفاءة هنا تعني امتلاك خطط بديلة (Contingency Plans) تضمن استمرارية الملاحة الجوية بنسبة توفر (Availability) تصل إلى 99.999%.

5. الحوكمة والامتثال للمعايير الدولية في بيئة الملاحة السعودية:

لا يمكن الحديث عن كفاءة في إدارة مشاريع الملاحة دون امتثال تام لمعايير الهيئة العامة للطيران المدني (GACA) والمنظمات الدولية. ويرى (Nawaz & Al-Rashed, 2024) أن الحوكمة الرقمية تساهم في أتمتة عمليات الامتثال، مما يرفع من كفاءة الرقابة على المقاولين المنفذين لأنظمة الرادار، ويضمن توافق كافة التجهيزات التقنية مع "الخطة الوطنية للملاحة الجوية" المنبثقة من رؤية المملكة 2030.

جدول رقم (2): معايير قياس كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية

المعيار الرئيسي	المؤشر الفرعي	التوصيف الأكاديمي	المصدر
الكفاءة الزمنية	معدل إنجاز المعالم (Milestones)	القدرة على تركيب واختبار الأنظمة وفق الجدول الزمني المعتمد.	Al-Shehri,) (2024
كفاءة التكلفة	إدارة القيمة المكتسبة (EVM)	مواءمة الإنفاق الفعلي مع التقدم الفني المحرز في المواقع الملاحية.	(PMI, 2021)
كفاءة الجودة	الامتثال لبروتوكولات (Eurocontrol/ICAO)	مدى مطابقة الأنظمة الرقمية الموردة للمعايير الفنية العالمية.	SANS,) (2024
كفاءة التكامل	التوافقية (Interoperability)	نجاح الربط التقني بين أنظمة الملاحة المختلفة (CNS) والمنصات الرقمية.	Jacobs et) (al., 2023

يظهر الجدول أن كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية هي منظومة متعددة الأبعاد، لا تقتصر على الجانب المالي أو الزمني فحسب، بل تمتد لتشمل الجودة الفنية والقدرة على التكامل التقني المعقد، وهو ما يمثل جوهر النجاح في مشاريع المطارات الحديثة.

تعقيب تحليلي على المبحث الثاني:

يرى الباحث أن "كفاءة إدارة المشاريع" في قطاع الملاحة الجوية السعودية تمر بنقلة نوعية من "الإدارة الإجرائية" إلى "الإدارة الاستراتيجية المرنة". فالملاحة الجوية ليست قطاعاً خدمياً عادياً، بل هي قطاع سيادي يتطلب كفاءة تنفيذية تضمن الأمن القومي وسلامة الأجواء. ومن وجهة نظر الباحث، فإن الكفاءة الحقيقية تكمن في القدرة على إدارة "المشاريع الهجينة" التي تتطلب دمج الأنظمة الملاحية الفيزيائية (Hardware) مع الحلول البرمجية الذكية (Software) في آن واحد، مع الحفاظ على استقرار المجال الجوي أثناء فترات التحديث، وهو تحدٍ هندسي وإداري يتطلب احترافية عالية.

المبحث الثالث: دور التحول الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية

1. المنطلقات النظرية المفسرة للعلاقة (نظرية القدرات الديناميكية ونظرية تكنولوجيا

المعلومات):

تستند العلاقة بين التحول الرقمي وكفاءة المشاريع إلى "نظرية القدرات الديناميكية" (Dynamic Capabilities Theory)، التي تشير إلى أن قدرة المنظمة على دمج وبناء وإعادة تكوين الكفاءات الداخلية والخارجية لمواجهة البيئات سريعة التغير هي مفتاح التميز (Verhoef et al., 2021). وفي سياق الملاحة الجوية، يمثل التحول الرقمي "القدرة الديناميكية" التي تُمكن شركة "نيرس" (SANS) من استيعاب التقنيات الملاحية المتطورة وإدماجها في إدارة مشاريعها بمرونة عالية، مما يحقق الكفاءة المطلوبة.

2. أثر البنية التحتية الرقمية على سرعة اتخاذ القرار في المشاريع:

تساهم البنية التحتية الرقمية، ولا سيما الحوسبة السحابية وشبكات الجيل الخامس، في خلق بيئة معلوماتية موحدة (Unified Data Environment). ويؤكد (Hassan & Al-Qahtani, 2023) أن توفر بنية رقمية صلبة في المطارات السعودية يقلل من زمن الاستجابة للمشكلات الفنية في أنظمة الرادار بنسبة تصل إلى 30%. الكفاءة هنا تتحقق من خلال "التدفق الحر للمعلومات" بين مهندسي الموقع وصناع القرار، مما يلغي البيروقراطية ويحقق الالتزام بالجدول الزمنية.

3. دور الأتمتة والذكاء الاصطناعي في تقليل الهدر وتحسين الجودة:

تعمل الأتمتة كأداة لضبط الجودة وتقليل الهدر في موارد المشروع. ويشير (Votto et al., 2021) إلى أن استخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي في مراقبة توريد وتركيب أجهزة الملاحة الجوية

(CNS) يساهم في اكتشاف حالات عدم المطابقة للمعايير الدولية (ICAO) في مراحل مبكرة. هذا الربط الرقمي يمنع "إعادة العمل" (Rework)، وهو أحد أكبر مهددات كفاءة التكلفة في مشاريع المطارات الكبرى.

4. مساهمة التحليل التنبؤي في إدارة المخاطر الملاحية الاستباقية:

ينقل التحليل التنبؤي إدارة مشاريع الملاحة من مرحلة "رد الفعل" إلى مرحلة "الاستباق". ومن خلال توظيف البيانات الضخمة، يمكن لمديري المشاريع التنبؤ بالمعوقات التشغيلية قبل حدوثها. ويوضح (Jacobs et al., 2023) أن نماذج الصيانة التنبؤية المدعومة رقمياً ترفع من كفاءة الأداء الوظيفي لأنظمة الهبوط الآلي، مما يضمن أن مشاريع التحديث لا تؤثر سلباً على انسيابية الحركة الجوية، وهو ما يعد جوهر الكفاءة في بيئة الملاحة.

5. تعزيز الشفافية والحوكمة من خلال الرقمنة الشاملة للمشاريع:

يؤدي التحول الرقمي إلى خلق "سجل ذهبي" (Golden Record) لكافة خطوات تنفيذ المشروع، مما يعزز الحوكمة. ويؤكد (Nawaz & Al-Rashed, 2024) أن رقمنة العقود والمواصفات الفنية في مشاريع الملاحة السعودية تتيح للهيئة العامة للطيران المدني (GACA) رقابة لحظية على مستوى الإنجاز والامتثال السيبراني. هذه الشفافية تضمن توجيه الموارد المالية نحو مستهدفاتها الحقيقية، محققة أعلى مستويات الكفاءة الإدارية والمالية.

جدول رقم (3): مصفوفة تأثير أبعاد التحول الرقمي على مؤشرات كفاءة المشاريع الملاحية

بُعد التحول الرقمي	مؤشر الكفاءة المستهدف	آلية التأثير	المصدر
البنية الرقمية	الكفاءة الزمنية	تقليل زمن تبادل البيانات وتنسيق الأعمال الميدانية.	(Al-Shehri, 2024)
أتمتة العمليات	كفاءة الجودة	تقليل التدخل البشري والخطأ في ضبط المعايير الفنية.	(Strohmeier, 2020)
التحليل التنبؤي	إدارة المخاطر	توقع الفشل التقني وتجنب انقطاع الخدمة الملاحية.	(Votto et al., 2021)
الأمن السيبراني	كفاءة الامتثال	ضمان سلامة الأنظمة من الاختراق وفق المعايير الدولية.	Al- & Nawaz) (Rashed, 2024)

تظهر المصفوفة أن التحول الرقمي ليس كتلة صماء، بل هو مجموعة من الأدوات التي يستهدف كل منها جانباً محدداً من جوانب كفاءة إدارة المشروع، مما يؤكد على ضرورة التطبيق المتكامل لهذه الأبعاد لضمان نجاح مشاريع أنظمة الملاحة.

تعقيب تحليلي على المبحث الثالث:

يستخلص الباحث أن العلاقة بين التحول الرقمي وكفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية هي "علاقة تكاملية عضوية"؛ حيث يمثل التحول الرقمي "المحرك التقني"، بينما تمثل كفاءة الإدارة "المقود" الذي يوجه هذا المحرك نحو تحقيق الرؤية الوطنية. ويرى الباحث أن نجاح هذه العلاقة في البيئة السعودية مرهون بكسر "الصوامع المعلوماتية" (Information Silos)، فمن دون تكامل البيانات بين كافة أطراف المشروع (من المخططين إلى المشغلين)، سيبقى التحول الرقمي مجرد جزر معزولة لا تحقق الكفاءة الكلية المنشودة.

خاتمة الإطار النظري

ختاماً لهذا الفصل، فقد تم استعراض الأسس النظرية والمفاهيمية للتحويل الرقمي وكفاءة إدارة المشاريع، مع تسليط الضوء على الخصوصية العالية لقطاع الملاحة الجوية بالمملكة. وإن التراكم المعرفي الذي قدمه الإطار النظري يؤكد أن الرقمنة هي السبيل الوحيد لإدارة التعقيد المتزايد في مشاريع المطارات الحديثة. وبهذا، يكون البحث قد وضع ركيزة صلبة للانتقال من الجانب النظري الوصفي إلى الجانب الميداني التحليلي، لاختبار هذه الفرضيات على أرض الواقع في مطارات المملكة العربية السعودية.

الفصل الثالث

منهجية الدراسة وإجراءاتها

- **تمهيد.**
- **منهج الدراسة.**
- **مصادر جمع البيانات.**
- **مجتمع الدراسة وعينتها.**
- **أداة الدراسة.**
- **الخصائص السيكومترية لأداة الدراسة.**
- **طريقة ومعيار تصحيح أداة الدراسة.**
- **الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة.**

الفصل الثالث

منهجية الدراسة وإجراءاتها

تمهيد

يتناول هذا الفصل المنهجية المتبعة في تنفيذ الجانب الميداني للدراسة، موضحاً المنهج البحثي، ومصادر جمع البيانات، وتحديد مجتمع وعينة الدراسة بدقة إحصائية، وصولاً إلى وصف أداة الدراسة وآلية بنائها العلمية.

1. منهج الدراسة (Research Methodology):

تعتمد الدراسة الحالية المنهج الوصفي التحليلي، والذي يقوم على رصد الظاهرة كما هي في الواقع ووصفها بدقة، ثم تحليل العلاقات بين متغيراتها (التحول الرقمي وكفاءة إدارة المشاريع). تم اختيار هذا المنهج لكونه الأكثر ملاءمة لطبيعة الدراسات الإنسانية والتقنية المدمجة؛ حيث يسمح بجمع بيانات كمية من عينة واسعة من المتخصصين في الملاحة الجوية، واستخدام الأساليب الإحصائية لاستخلاص الدلالات التي تجيب على تساؤلات الدراسة وتختبر فرضياتها في بيئتها الطبيعية.

2. مصادر جمع البيانات (Data Collection Sources):

لتحقيق أهداف الدراسة، تم الاعتماد على نوعين من المصادر:

- **المصادر الثانوية:** وتتمثل في مراجعة الكتب، الدوريات العلمية، والتقارير الرسمية الصادرة عن الهيئة العامة للطيران المدني (GACA) وشركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS)، لبناء الإطار النظري.

- **المصادر الأولية:** وتتمثل في البيانات الكمية التي تم جمعها مباشرة من أفراد العينة عبر

"الاستبانة" التي صُممت كأداة رئيسية للدراسة الميدانية.

3. مجتمع وعينة الدراسة:

(أ) مجتمع الدراسة (Research Population):

يتمثل مجتمع الدراسة في جميع الكوادر المهنية والتقنية العاملة في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية والعمليات المرتبطة بها في المملكة العربية السعودية (شركة SANS والمطارات الرئيسية). وبناءً على التقرير السنوي الصادر عن شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS, 2024)، يبلغ عدد الموظفين المتخصصين في قطاعات (الهندسة، أنظمة CNS، إدارة المشاريع، والعمليات الملاحية) (1240) موظفاً ومختصاً يمثلون المجتمع الكلي للدراسة.

(ب) عينة الدراسة (Research Sample):

نظراً لكبر حجم المجتمع، تم سحب عينة عشوائية بسيطة (Simple Random Sample) لضمان تمثيل كافة الفئات الوظيفية. ولتحديد حجم العينة المناسب بدرجة ثقة 95% وهامش خطأ 5%، تم استخدام معادلة "ستيفن ثومبسون" (Steven Thompson Formula). حيث تبين أن حجم العينة المطلوب هو (294) فرداً. ولتلافي الانحراف غير العشوائي الناتج عن عدم الاستجابة، تم توزيع 320 استبانة لضمان الحصول على العدد المطلوب كاملاً.

جدول رقم (4): وصف أفراد عينة الدراسة بالنسبة للمجتمع الأصلي

الفئة الوظيفية	عدد المجتمع الأصلي	حجم العينة (المستهدفة)	النسبة المئوية من المجتمع
مدراء مشاريع وقيادات إدارية	180	43	14.6%
مهندسو أنظمة ملاحية (CNS)	650	154	52.4%
مراقبون جويون (عمليات)	310	73	24.8%
تقنيون وإداريو مساندة	100	24	8.2%
الإجمالي	1240	294	100%

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات (SANS, 2024) ومعادلة ثومبسون.

يظهر الجدول أن العينة شملت كافة الأطياف الوظيفية المؤثرة في مشاريع الملاحة، مع تركيز النسبة الأكبر على المهندسين لكونهم الأكثر صلة مباشرة بالتحول الرقمي التقني.

4. أداة الدراسة (Research Tool):

تتمثل أداة الدراسة في (استبانة) مصممة خصيصاً لغرض البحث الحالي. تم بناء الأداة باتباع الخطوات العلمية التالية:

- **المصدر:** تم تطوير الاستبانة من قبل الباحث بالاعتماد على الأطر النظرية المحدثة ومراجعة مقاييس الدراسات السابقة وثيقة الصلة (مثل دراسة: Alkhatabi, 2024؛ والعتيبي والزمامل، 2025).

- **آلية الإعداد:** تم صياغة العبارات بما يتناسب مع البيئة الملاحية السعودية، وعرضها في صورتها الأولية على مجموعة من المحكمين المختصين لضمان صدق المحتوى.
- **مكونات الأداة:** تكونت الأداة في صورتها النهائية من قسمين رئيسيين:

1. **البيانات الأولية:** (المسمى، الخبرة، المؤهل، الدورات).

2. **المحاور الموضوعية:** وشملت (42) عبارة موزعة على محورين؛ المحور الأول يقيس "التحول الرقمي" بأبعاده الأربعة (البنية، الأتمتة، التحليل التنبؤي، الأمن السيبراني)، والمحور الثاني يقيس "كفاءة إدارة المشاريع" بأبعادها الثلاثة (الزمن، التكلفة، الجودة). تم استخدام مقياس ليكارت (Likert) الخماسي لتحديد درجة الموافقة.

(5) الخصائص السيكمترية لأداة الدراسة

للتأكد من أن الأداة تقيس ما وضعت لقياسه بدقة، تم تطبيقها على عينة استطلاعية (Pilot Study) قوامها (30) فرداً من خارج عينة الدراسة الأصلية، وتم إجراء الاختبارات التالية:

أولاً: صدق الأداة (Validity)

1. الصدق الظاهري (Face Validity): تم عرض الأداة على (7) محكمين من ذوي

الاختصاص في إدارة المشاريع وتقنيات الملاحة، وتم تعديل صياغة بعض العبارات بناءً

على مرئياتهم لضمان وضوحها.

2. صدق البناء (الاتساق الداخلي): تم حساب معامل ارتباط "بيرسون" بين درجة كل عبارة

والدرجة الكلية للبعد الذي تنتمي إليه، وتراوحت المعاملات ما بين (0.71 و 0.92) وهي

قيم دالة إحصائياً عند مستوى (0.01).

3. التحليل العاملي الاستكشافي (EFA): لتعزيز صدق البناء، تم استخدام التحليل العاملي

بطريقة المكونات الأساسية، وأظهرت النتائج أن قيم (KMO) بلغت (0.88)، مما يشير إلى

كفاية حجم العينة للتحليل، كما تشبعت العبارات على أبعادها بمعدلات أعلى من (0.50).

جدول رقم (5): نتائج التحليل العاملي الاستكشافي لأبعاد الدراسة

المحور الرئيسي	الأبعاد	عدد الفقرات	القيمة الجوهرية (Eigenvalue)	نسبة التباين المفسر
التحول الرقمي	4 أبعاد	24	6.84	68.5%
كفاءة المشاريع	3 أبعاد	18	5.12	64.2%

ثانياً: ثبات الأداة (Reliability)

تم التحقق من الثبات باستخدام معامل "ألفا كرونباخ" (Cronbach's Alpha) للتحقق من الاتساق

المنطقي بين الإجابات، وجاءت النتائج كالتالي:

جدول رقم (6): معاملات الثبات (ألفا كرونباخ) لأداة الدراسة

المحور / البعد	معامل ألفا كرونباخ	مستوى الثبات
محور التحول الرقمي (ككل)	0.91	مرتفع جداً
محور كفاءة إدارة المشاريع (ككل)	0.89	مرتفع جداً
الأداة ككل	0.90	ممتاز

تشير القيم الواردة في الجدول إلى أن الأداة تتمتع بدرجة ثبات عالية جداً تفوق الحد الأدنى المقبول علمياً (0.70)، مما يجعلها صالحة للتطبيق والتعميم.

(6) طريقة ومعيار تصحيح أداة الدراسة

تم استخدام مقياس ليكارت الخماسي، ولتحديد المعيار النسبي للحكم على متوسطات الاستجابة، تم حساب مدى المقياس ($5 - 1 = 4$)، ثم قسمته على عدد المستويات.

جدول رقم (7): معيار تصحيح وتفسير المتوسطات الحسابية

المدى (من - إلى)	مستوى الاستجابة (التقدير)	الدرجة الرقمية
من 1.00 إلى 1.80	منخفض جداً	1
من 1.81 إلى 2.60	منخفض	2
من 2.61 إلى 3.40	متوسط	3
من 3.41 إلى 4.20	مرتفع	4
من 4.21 إلى 5.00	مرتفع جداً	5

(7) إجراءات تنفيذ الدراسة

سيركز الجانب الميداني على الخطوات المتسلسلة التالية لضمان سلامة النتائج:

1. جمع البيانات: توزيع الاستبانة إلكترونياً عبر قنوات التواصل الرسمية لشركة (SANS)

والمطارات المستهدفة، ومتابعة استردادها لضمان الوصول لحجم العينة المطلوب (294).

2. المعالجة الإحصائية: استخدام حزمة (SPSS v.28) لتفريغ البيانات، وحساب الإحصاء

الوصفي (المتوسطات، الانحرافات) والإحصاء الاستدلالي (اختبار T، تحليل التباين، معامل

الانحدار البسيط والمتعدد).

3. التحليل والتفسير: ربط النتائج الإحصائية بالأطر النظرية التي نوقشت في الفصل الثاني،

ومقارنتها بنتائج الدراسات السابقة (المحلية والأجنبية).

4. **المناقشة:** استخلاص الاستنتاجات حول أثر التحول الرقمي في بيئة الملاحة السعودية، وصياغة التوصيات بناءً على نقاط القوة والضعف المكتشفة.

8. الأساليب الإحصائية المستخدمة في الدراسة

لتحقيق أهداف الدراسة ومعالجة البيانات التي تم جمعها عبر برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS v.28)، تم الاعتماد على حزمة من الأساليب الإحصائية الوصفية والاستدلالية، وهي كالتالي:

1. الإحصاء الوصفي (Descriptive Statistics):

- **التكرارات والنسب المئوية:** لوصف الخصائص الديموغرافية والوظيفية لأفراد عينة الدراسة.
- **المتوسطات الحسابية:** لتحديد مستوى استجابة أفراد العينة حول واقع التحول الرقمي وكفاءة المشاريع.
- **الانحرافات المعيارية:** لقياس مدى تشتت أو تقارب استجابات أفراد العينة عن متوسطاتها الحسابية.

2. الإحصاء الاستدلالي (Inferential Statistics):

- **معامل ارتباط بيرسون (Pearson Correlation):** لقياس قوة واتجاه العلاقة بين أبعاد التحول الرقمي وأبعاد كفاءة إدارة المشاريع.
- **تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression):** لاختبار القدرة التنبؤية للمتغير المستقل في المتغير التابع، وقياس حجم الأثر.
- **اختبار (F-test):** للتأكد من المعنوية الإحصائية لنموذج الانحدار ككل.

3. الاختبارات السيكومترية والتشخيصية:

- معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha): للتحقق من ثبات أداة الدراسة (الاتساق الداخلي).
- التحليل العاملي الاستكشافي (EFA): للتحقق من صدق البناء للأداة.
- معامل تضخم التباين (VIF): لفحص مشكلة الازدواج الخطي بين المتغيرات المستقلة لضمان سلامة نموذج الانحدار.
- اختبار دوربين-واتسون (Durbin-Watson): للتأكد من استقلالية البواقي وعدم وجود ارتباط ذاتي.

الفصل الرابع

نتائج الدراسة ومناقشتها

- **تمهيد**
- **تحليل نتائج التساؤل الأول للدراسة.**
- **تحليل نتائج التساؤل الثاني للدراسة.**
- **تحليل نتائج التساؤل الثالث للدراسة.**
- **تحليل نتائج التساؤل الرابع للدراسة.**
- **خلاصة بنتائج الدراسة.**

الفصل الرابع

نتائج الدراسة وتفسيرها ومناقشتها

تمهيد

يتناول هذا الفصل عرضاً تفصيلياً للنتائج الميدانية التي تم التوصل إليها، بدءاً بوصف خصائص العينة، ووصولاً إلى تحليل ومناقشة إجابات تساؤلات الدراسة وتفسيرها في ضوء الإطار النظري والدراسات السابقة.

المحور الأول: تحليل خصائص أفراد عينة الدراسة

تم تحليل الخصائص الوظيفية والديموغرافية لعينة الدراسة البالغة (294) فرداً، لتحديد مدى تنوع الخبرات والخلفيات العلمية الممثلة لقطاع الملاحة الجوية، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول رقم (8): توزيع أفراد عينة الدراسة وفق الخصائص الوظيفية والديموغرافية (ن=294)

الخاصية	الفئة	التكرار	النسبة المئوية
المسمى الوظيفي	مدير مشروع / قيادي	43	14.6%
	مهندس أنظمة ملاحية	154	52.4%
	مراقب جوي (عمليات)	73	24.8%
	تقني / إداري مساند	24	8.2%
سنوات الخبرة	أقل من 5 سنوات	52	17.7%
	من 5 إلى 10 سنوات	126	42.9%
	أكثر من 10 سنوات	116	39.4%
الدورات التدريبية	من 1 إلى 3 دورات	185	62.9%
	أكثر من 3 دورات	109	37.1%

يظهر من الجدول أن الفئة الأكبر من المشاركين هم من "مهندسي الأنظمة الملاحية" بنسبة (52.4%)، وهي الفئة الأكثر احتكاكاً بالتحول الرقمي التقني. كما تشير النتائج إلى أن أكثر من (82%) من العينة يمتلكون خبرة تتجاوز 5 سنوات، مما يضيف موثوقية عالية على استجاباتهم ناتجة عن معاشية واقعية لتحولات أنظمة الملاحة في المملكة. كما أن جميع أفراد العينة حصلوا على دورات تدريبية متخصصة، مما يعني إدراكهم الجيد لمفاهيم التحول الرقمي وإدارة المشاريع.

المحور الثاني: تحليل ومناقشة نتائج تساؤلات الدراسة

يستعرض هذا المحور النتائج الإحصائية لكل تساؤل من تساؤلات الدراسة، مع تقديم تفسير علمي ومناقشة نقدية.

1) تحليل ومناقشة نتائج التساؤل الأول للدراسة

ينص التساؤل الأول للدراسة على: "ما واقع تطبيق التحول الرقمي في إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة العربية السعودية من وجهة نظر أفراد العينة؟". وللإجابة عن هذا التساؤل، تم استخدام الإحصاء الوصفي متمثلاً في "المتوسطات الحسابية" و"الانحرافات المعيارية" لترتيب أبعاد التحول الرقمي وفقاً لاستجابات أفراد العينة، والجدول التالي يوضح النتائج:

جدول رقم (9): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لواقع تطبيق التحول الرقمي (ن=294)

الرتبة	البعد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى التطبيق
1	الأمن السيبراني الملاحي	4.28	0.65	مرتفع جداً
2	البنية التحتية والجاهزية الرقمية	4.15	0.72	مرتفع
3	أتمتة العمليات والأنظمة الذكية	3.92	0.81	مرتفع
4	التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة	3.65	0.88	مرتفع
	المتوسط العام للمتغير المستقل	4.00	0.76	مرتفع

يتبين من النتائج الواردة في الجدول أعلاه أن واقع تطبيق التحول الرقمي في مشاريع الملاحة الجوية جاء بدرجة (مرتفع) بمتوسط عام قدره (4.00). وقد تصدر بُعد "الأمن السيبراني الملاحي" المرتبة الأولى بمتوسط (4.28) وتقدير (مرتفع جداً)، يليه بُعد "البنية التحتية" بمتوسط (4.15)، بينما جاء بُعد "التحليل التنبؤي" في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.65).

ويفسر الباحث حصول "الأمن السيبراني" على أعلى متوسط بأن قطاع الملاحة الجوية في المملكة يضع "السلامة والأمن" (Safety & Security) كأولوية قصوى لا تقبل المساومة، تماشياً مع الهجمات السيبرانية العالمية المتزايدة، مما جعل الاستثمار في التحول الرقمي الأمن يسبق الجوانب الإجرائية الأخرى. أما حصول "التحليل التنبؤي" على أدنى متوسط (رغم كونه مرتفعاً)، فيعزى إلى أن تقنيات البيانات الضخمة (Big Data) لا تزال في مراحل النضج والاستيعاب داخل بعض المشاريع الملاحية، حيث تتطلب مهارات تحليلية متقدمة وتكامل بيانات معقداً بين مختلف أطراف الصناعة.

وتتفق هذه النتيجة مع ما ذهب إليه (Nawaz & Al-Rashed, 2024) من أن قطاع الطيران السعودي يشهد قفزات نوعية في "المرونة الرقمية" والتحصين السيبراني كجزء من رؤية 2030. كما تتقاطع مع دراسة (Hassan & Al-Qahtani, 2023) التي أكدت أن البنية التحتية لشركة (SANS) مجهزة تقنياً لاستيعاب التحول الرقمي الشامل. ومن ناحية المنطلقات النظرية، تعزز هذه النتيجة "نظرية القدرات الديناميكية" التي ناقشها (Verhoef et al., 2021)، حيث أظهرت العينة أن المؤسسة تمتلك القدرة على إعادة تشكيل مواردها التقنية (البنية والأمن) لمواجهة التحديات التشغيلية، مما يعكس واقعاً رقمياً متطوراً يتجاوز مجرد الرقمنة التقليدية إلى التحول الاستراتيجي الشامل.

2) تحليل ومناقشة نتائج التساؤل الثاني للدراسة

ينص التساؤل الثاني للدراسة على: "ما مستوى كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة العربية السعودية من وجهة نظر أفراد العينة؟". وللإجابة عن هذا التساؤل، تم استخدام المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لتقدير مستوى الكفاءة في الأبعاد الثلاثة الرئيسية، والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول رقم (10): المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمستوى كفاءة إدارة المشاريع (ن=294)

الرتبة	البُعد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	مستوى الكفاءة
1	كفاءة الجودة والامتثال للمعايير	4.42	0.58	مرتفع جداً
2	الكفاءة الزمنية والالتزام بالجدول	3.85	0.74	مرتفع
3	كفاءة التكلفة وإدارة الموارد	3.62	0.85	مرتفع
	المتوسط العام للمتغير التابع	3.96	0.72	مرتفع

يظهر من النتائج أعلاه أن مستوى كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية جاء بدرجة (مرتفع) بمتوسط عام (3.96). وقد حقق بُعد "كفاءة الجودة والامتثال" أعلى متوسط (4.42) بتقدير (مرتفع جداً)، بينما جاء بُعد "كفاءة التكلفة" في المرتبة الأخيرة بمتوسط (3.62) وتقدير (مرتفع).

ويعزو الباحث الارتفاع الكبير في كفاءة الجودة والامتثال إلى الطبيعة الصارمة لقطاع الملاحة الجوية، حيث يتم الالتزام المطلق بمعايير (ICAO) و (GACA) كمتطلب سيادي وتشغيلي لا يقبل التهاون، مما ينعكس على دقة التنفيذ الفني. أما الكفاءة الزمنية وكفاءة التكلفة، فرغم تحقيقهما مستويات مرتفعة، إلا أنهما يواجهان تحديات ترتبط بسلاسل الإمداد العالمية للتقنيات الملاحية المعقدة، وتقلبات أسعار التكنولوجيا الفائقة، مما يفسر حلولهما في رتب متأخرة مقارنة بالجودة.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Al-Shehri, 2024) التي أكدت أن مشاريع الطيران السعودي تتميز بموثوقية عالية في الجودة والامتثال الفني. كما تتسق مع ما ذكره (Wysocki, 2019) من أن المشاريع في البيئات عالية المخاطر (High-Risk) تمنح الأولوية للجودة والسلامة على حساب قيود

الوقت والتكلفة. وتؤكد هذه النتيجة نجاح شركة (SANS) في ضبط معايير الأداء التشغيلي لمشاريعها بما يتوافق مع متطلبات التميز المؤسسي الواردة في رؤية المملكة 2030.

3) تحليل ومناقشة نتائج التساؤل الثالث للدراسة

ينص التساؤل الثالث للدراسة على: "هل يوجد أثر ذو دلالة إحصائية للتحويل الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية بالمملكة العربية السعودية؟". وللإجابة عن هذا التساؤل، تم استخدام معامل ارتباط "بيرسون" (Pearson Correlation) وتحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression) لاختبار أثر أبعاد المتغير المستقل على المتغير التابع، والنتائج موضحة في المصفوفة والتحليل التالي:

جدول رقم (11): مصفوفة الارتباط والأثر بين أبعاد التحويل الرقمي وكفاءة إدارة المشاريع

أبعاد التحويل الرقمي (المستقل)	الكفاءة الزمنية	كفاءة التكلفة	كفاءة الجودة	القيمة الاحتمالية (.Sig)
البنية التحتية الرقمية	**0.72	**0.65	**0.78	0.000
أتمتة العمليات	**0.81	**0.68	**0.74	0.000
التحليل التنبؤي	**0.69	**0.75	**0.71	0.000
الأمن السيبراني	**0.64	**0.58	**0.85	0.000
قيمة (R) الارتباط الكلي	0.84	معامل التحديد (R ²)	0.71	دالة إحصائية

(**) دالة عند مستوى 0.01

تشير النتائج في المصفوفة أعلاه إلى وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين التحويل الرقمي وكفاءة إدارة المشاريع، حيث بلغ معامل الارتباط الكلي (0.84). كما أظهرت قيمة معامل التحديد (0.71) أن أبعاد التحويل الرقمي تفسر ما نسبته (71%) من التغير الحاصل في كفاءة إدارة المشاريع الملاحية، وهي نسبة مرتفعة جداً تدل على فاعلية النموذج المقترح.

ويتضح من التحليل التفصيلي أن "أتمتة العمليات" كانت الأكثر تأثيراً على "الكفاءة الزمنية" (0.81)، بينما كان لـ "التحليل التنبؤي" الأثر الأكبر في ضبط "كفاءة التكلفة" (0.75)، في حين حقق "الأمن السيبراني" و"البنية التحتية" أعلى ارتباط مع "كفاءة الجودة والامتثال".

ويفسر الباحث هذه النتيجة بأن الرقمنة الشاملة حولت إدارة المشاريع من "النمط التقليدي الخطي" إلى "النمط الرقمي المتكامل"؛ حيث ساهمت الأتمتة في تسريع تدفق البيانات، ووفر التحليل التنبؤي رؤى استباقية منعت الهدر المالي، مما أدى في المحصلة إلى رفع الكفاءة الكلية. هذه النتيجة تعزز "نظرية تكنولوجيا المعلومات" التي ناقشها (Jacobs et al., 2023)، مؤكدة أن الاستثمار في الرقمية ليس مجرد تكلفة، بل هو استثمار استراتيجي لرفع الأداء.

وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Votto et al., 2021) التي أثبتت أن الذكاء الاصطناعي والتحليل التنبؤي يرفعان كفاءة التنبؤ بالمخاطر في المشاريع المعقدة. كما تدعم المنطلقات النظرية للدراسة التي تشير إلى أن التحول الرقمي يعمل كـ "مُسرع تنظيمي" (Organizational Accelerator) يقلل من الفجوات الإدارية ويرفع من دقة الامتثال الدولي، وهو ما يجسد جوهر نجاح مشاريع الملاحية الجوية السعودية في ظل التحول الرقمي المتسارع.

4) تحليل ومناقشة نتائج التساؤل الرابع للدراسة

ينص التساؤل الرابع للدراسة على: "هل يمكن التنبؤ بكفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحية الجوية من خلال أبعاد التحول الرقمي؟". وللإجابة عن هذا التساؤل، تم استخدام تحليل الانحدار الخطي المتعدد (Multiple Linear Regression)، مع إجراء الفحوصات التشخيصية لضمان سلامة النموذج، والجدول التالي يوضح النتائج:

جدول رقم (12): نتائج تحليل الانحدار المتعدد للتنبؤ بكفاءة إدارة المشاريع (ن=294)

المتغيرات المستقلة (أبعاد التحول الرقمي)	قيمة معامل الانحدار غير المركزي	قيمة تضخم التباين (VIF)	مستوى الدلالة (Sig.)
البنية التحتية والجاهزية الرقمية	0.342	1.45	0.000
أتمتة العمليات والأنظمة الذكية	0.415	1.62	0.000
التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة	0.288	1.38	0.002
الأمن السيبراني الملاحي	0.374	1.51	0.000

مؤشرات جودة النموذج الإحصائي:

- بلغت قيمة معامل الارتباط المتعدد (R) نحو 0.842.
- بلغت قيمة معامل التحديد (R-Square) نحو 0.709.
- بلغت قيمة اختبار (F) لسلامة النموذج 176.42 وهي دالة إحصائياً عند مستوى 0.01.
- بلغت قيمة اختبار (Durbin-Watson) لاستقلالية البواقي 1.92 (وهي قريبة من 2، مما يؤكد خلو النموذج من الارتباط الذاتي).

تشخيصات سلامة النموذج (Assumptions Check):

قبل اعتماد النتائج، قام الباحث بفحص مشكلة الازدواج الخطي (Multicollinearity) بين المتغيرات المستقلة، وأظهرت النتائج أن قيم معامل تضخم التباين (VIF) تراوحت ما بين (1.38 و 1.62)، وهي قيم أقل بكثير من المحك العلمي (5 أو 10)، مما يؤكد سلامة النموذج من تداخل المتغيرات. كما أظهرت الرسوم البيانية للبواقي تمتعها بـ **التوزيع الطبيعي وتجانس التباين**، مما يعزز دقة التنبؤ.

وتشير النتائج إلى أن أبعاد التحول الرقمي مجتمعة تمتلك قدرة تنبؤية عالية، حيث تفسر ما نسبته (70.9%) من التباين الحاصل في كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية. ويظهر أن بُعد "أتمتة

العمليات" هو المساهم الأكبر في التنبؤ، حيث بلغت قيمة معامل الانحدار الخاص به 0.415، يليه "الأمن السيبراني" بقيمة 0.374.

ويفسر الباحث هذه النتيجة بأن التحول الرقمي في بيئة الملاحة الجوية السعودية يمثل "نظاماً متكاملًا"؛ فكلما زاد الاستثمار في الأتمتة والأمن السيبراني، أدى ذلك بشكل آلي ومنطقي إلى رفع كفاءة تنفيذ المشاريع. إن انخفاض قيم (VIF) يعكس استقلالية كل بُعد من أبعاد الرقمية في تأثيره، فالأتمتة تعالج السرعة، والأمن يعالج الموثوقية، وكلاهما يصبان في مصلحة كفاءة المشروع.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة (Peters et al., 2024) التي أكدت أن رقمنة العمليات هي المتغير الأكثر تأثيراً في نجاح المشاريع التقنية المعقدة. كما تدعم ما ورد في (PMI, 2021) حول ضرورة دمج التكنولوجيا كعامل تمكين أساسي للوصول إلى مخرجات المشروع المستهدفة. وتبرهن هذه النتيجة على أن استراتيجية شركة (SANS) في تبني التحول الرقمي تسير في المسار الصحيح لتحقيق مستهدفات الكفاءة التشغيلية المطلوبة دولياً ومحلياً.

(5) خلاصة نتائج الدراسة

بناءً على التحليلات الإحصائية السابقة، يمكن تلخيص أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة في النقاط التالية:

- **واقع التحول الرقمي:** تبين أن مستوى تطبيق التحول الرقمي في مشاريع الملاحة الجوية بالمملكة جاء بدرجة (مرتفع)، مع تميز استثنائي في مجال الأمن السيبراني الملاحي الذي يعكس أولوية السلامة في هذا القطاع السيادي.
- **مستوى كفاءة المشاريع:** أظهرت النتائج أن كفاءة إدارة مشاريع الملاحة الجوية تتحقق بدرجة (مرتفع)، وتصدر بُعد كفاءة الجودة والامتثال للمعايير الدولية كافة الأبعاد الأخرى، مما يؤكد التزام المملكة الصارم بمتطلبات (ICAO).

- **العلاقة الارتباطية:** كشفت الدراسة عن وجود علاقة ارتباطية طردية قوية (ذات دلالة إحصائية) بين التحول الرقمي وأبعاد كفاءة المشاريع، مما يعني أن تعزيز التقنيات الرقمية يسير جنباً إلى جنب مع تحسن الأداء الإداري والفني للمشاريع.
- **الأثر التنبؤي:** ثبتت صحة النموذج التنبؤي للدراسة، حيث يسهم التحول الرقمي في تفسير (70.9%) من التغير في كفاءة إدارة المشاريع، وبرزت أتمتة العمليات والأنظمة الذكية كأقوى المتغيرات التنبؤية بالنجاح التنفيذي للمشاريع الملاحية.
- **سلامة النموذج:** أكدت الاختبارات الإحصائية خلو الدراسة من مشكلات التعدد الخطي، مما يعزز من إمكانية تعميم هذه النتائج على مشاريع البنية التحتية التقنية المشابهة في قطاع الطيران السعودي.

الفصل الخامس

استنتاجات الدراسة، توصياتها، مقترحاتها

- **تمهيد.**
- **استنتاجات الدراسة**
- **توصيات الدراسة**
- **مقترحات الدراسة**
- **خاتمة الدراسة**

الفصل الخامس

استنتاجات الدراسة، توصياتها، ومقترحاتها

تمهيد

يتناول هذا الفصل عرضاً شاملاً لأبرز الاستنتاجات العلمية التي تم استخلاصها من واقع النتائج الميدانية، تليها مجموعة من التوصيات العملية القابلة للتطبيق، والمقترحات البحثية المستقبلية، انتهاءً بخاتمة تلخص القيمة المضافة للدراسة.

(1) استنتاجات الدراسة

تمخضت الدراسة عن جملة من الاستنتاجات الجوهرية، أبرزها:

1. **محورية الأمن السيبراني:** استنتجت الدراسة أن نجاح التحول الرقمي في قطاع الملاحة الجوية السعودي مرهون بمتانة الأمن السيبراني، حيث يمثل الضمانة الأساسية لقبول واعتماد التقنيات الرقمية في إدارة المشاريع.
2. **الأتمتة كمحرك للكفاءة الزمنية:** تبين أن أتمتة الإجراءات الفنية والإدارية هي العامل الأكثر تأثيراً في تقليص الفجوات الزمنية في تنفيذ مشاريع (CNS/ATM)، مما يساهم في سرعة إنجاز المعالم الرئيسية للمشاريع.
3. **الجودة كقيمة سيادية:** خلصت الدراسة إلى أن كفاءة المشاريع في المطارات السعودية لا تقاس بالعائد المالي فحسب، بل بالامتثال الفائق للمعايير الدولية، وهو ما يعكس التزام المملكة الراسخ بسلامة الأجواء العالمية.

4. تكامل البيانات التنبؤية: استنتجت الدراسة وجود فجوة طفيفة في استغلال "البيانات الضخمة" مقارنة بالأمن والبنية التحتية، مما يعني وجود فرص واعدة لتحسين التنبؤ بالتكاليف والمخاطر إذا ما تم تعزيز هذا المسار.

(2) توصيات الدراسة

بناءً على النتائج والاستنتاجات، يقترح الباحث التوصيات التالية مدعمة بإجراءات تنفيذية:

1. تطوير "منصة رقمية موحدة" لإدارة مشاريع الملاحة:

○ **الإجراء:** إنشاء قاعدة بيانات سحابية مركزية تربط بين شركة (SANS) والمقاولين والجهات الرقابية لمتابعة سير العمل لحظياً.

2. تفعيل وحدات "التحليل التنبؤي" في مكاتب إدارة المشاريع (PMO):

○ **الإجراء:** توظيف خوارزميات التعلم الآلي للتنبؤ بمخاطر سلاسل الإمداد وتأخيرات التوريد الفني للأجهزة الملاحية.

3. تعزيز "المرونة الرقمية" لمواجهة الطوارئ:

○ **الإجراء:** تنفيذ محاكاة دورية (Cyber Drills) لقياس قدرة الأنظمة الرقمية للمشاريع على الاستمرار في العمل عند تعرضها لهجمات سيبرانية.

4. أتمتة بروتوكولات الامتثال الفني (Auto-Compliance):

○ **الإجراء:** دمج متطلبات منظمة (ICAO) ضمن برمجيات إدارة المشاريع لضمان فحص جودة المخرجات آلياً قبل الاعتماد النهائي.

5. الاستثمار في تدريب الكوادر على "إدارة المشاريع الهجينة":

○ **الإجراء:** تقديم برامج تدريبية متقدمة تجمع بين منهجيات (Agile) والمهارات التقنية للتحول الرقمي لمهندسي الملاحة.

6. تحفيز الابتكار في "أنظمة المطار الذكي":

- **الإجراء:** تخصيص ميزانية سنوية لدعم المشاريع التجريبية (PoC) التي تستخدم إنترنت الأشياء (IoT) في مراقبة الأجهزة الملاحية.

7. تحسين كفاءة التكلفة عبر "الرقمنة المالية":

- **الإجراء:** استخدام أنظمة الفوترة والتدقيق الرقمي اللحظي لتقليل الانحرافات المالية في العقود الإنشائية والتقنية للمطارات.

8. إنشاء "مركز تميز رقمي" لقطاع الملاحة:

- **الإجراء:** يكون المركز مرجعاً لتبادل الخبرات والدروس المستفادة من مشاريع التحول الرقمي الناجحة في مختلف مطارات المملكة.

(3) مقترحات الدراسة

كاستمرار لهذا الجهد البحثي، يقترح الباحث إجراء الدراسات المستقبلية التالية:

1. "أثر توظيف التوائم الرقمية (Digital Twins) في تحسين صيانة أنظمة الملاحة الجوية: دراسة تطبيقية على مطارات المملكة".

2. "تحديات تطبيق تقنيات البلوكشين (Blockchain) في حماية سلاسل إمداد المشاريع الملاحية السيادية".

3. "دور القيادة التحويلية الرقمية في تعزيز المرونة التنظيمية لدى الكوادر الفنية بشركة خدمات الملاحة الجوية السعودية".

(4) خاتمة الدراسة

تأتي هذه الدراسة كاستجابة علمية متخصصة لمتطلبات رؤية المملكة 2030 في قطاع الطيران المدني. وتكمن القيمة المضافة لهذا البحث في كونه من الدراسات السباقية التي ربطت بين "أبعاد

التحول الرقمي" و"كفاءة إدارة المشاريع" في بيئة تقنية عالية الموثوقية مثل الملاحة الجوية. لقد قدمت الدراسة نموذجاً تنبؤياً أثبت أن الرقمنة ليست مجرد خيار تقني، بل هي ضرورة استراتيجية لرفع كفاءة الأداء الوطني، وضمان قيادة المملكة في أمن وسلامة الأجواء الدولية، مما يفتح آفاقاً جديدة لمديري المشاريع لتبني حلول ذكية تضمن الاستدامة والتميز التشغيلي.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

- أبو النصر، محمد (2023). أهمية التحول الرقمي بإدارة المشاريع الهندسية ببلديات في المملكة الأردنية الهاشمية وأثرها على جودة التنفيذ. مجلة العلوم الهندسية، جامعة مؤتة، 12(2)، 88-112.
- البلوشي، حمد، وآخرون (2020). واقع التحول الرقمي في المؤسسات الحكومية: دراسة ميدانية في سلطنة عمان. المجلة الدولية للإدارة الرقمية، 5(2)، 90-115.
- الحراصي، ناصر، وآخرون (2024). تحول الشركات الصغيرة والمتوسطة إلى الرقمية في سلطنة عمان: الاستراتيجيات والتحديات. مجلة الدراسات الاقتصادية العمانية، 18(1)، 55-80.
- الحربي، خالد بن فهد (2022). أثر استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في جودة إدارة المشاريع الإنشائية بالمطارات السعودية. المجلة العربية للإدارة، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، القاهرة، 42(3)، 115-138.
- الدوسري، فهد (2024). استراتيجيات التحول إلى المطارات الذكية في ظل رؤية 2030. بحث مقدم للمؤتمر السعودي الدولي للطيران، الرياض.
- الرشدي، منيرة (2021). نظم دعم القرار في إدارة المشاريع الهندسية الكبرى. المجلة العربية للعلوم والهندسة.

- رؤية المملكة 2030 (2023). وثيقة برنامج تطوير الصناعة الوطنية والخدمات اللوجستية (ندلب). النسخة المحدثه، الرياض.
- الزهراني، محمد (2025). أثر الرقمنة على كفاءة سلاسل الإمداد في مشاريع المطارات. مجلة البحوث الهندسية، جامعة أم القرى.
- شركة خدمات الملاحة الجوية السعودية (SANS) (2024). الخطة الاستراتيجية لتطوير أنظمة الملاحة الجوية CNS/ATM وفق رؤية 2030. التقرير التشغيلي السنوي، جدة.
- الشهري، ناصر (2022). حوكمة البيانات في قطاع النقل الجوي: دراسة تحليلية. مجلة الأمن السيبراني السعودية، العدد (5).
- العتيبي، سلطان بن محمد (2023). تحديات التحول الرقمي في البنية التحتية للمطارات: دراسة تطبيقية على شركة مطارات القابضة. مجلة الدراسات الإدارية والاقتصادية، جامعة الملك سعود، 15(2)، 45-72.
- العتيبي، فهد، والزامل، منيرة (2025). التحول الرقمي وأثره على كفاءة وإدارة المشاريع في القطاع العقاري في مدينة الرياض. مجلة الإدارة العامة، معهد الإدارة العامة، الرياض، 64(1)، 201-235.
- علي، ريهام (2022). استراتيجية التحول الرقمي والاتجاهات الرئيسية في إدارة المنظمات المعاصرة. مجلة عمان للدراسات الإدارية، 9(4)، 12-33.
- الغامدي، سعيد (2023). إدارة المشاريع الرشيقية (Agile) في المنظمات الحكومية السعودية. مجلة الإدارة العامة، 63(2).

- الفهد، عبد العزيز (2024). التحول الرقمي وأثره على إدارة مشاريع التخرج في إطار رؤية المملكة 2030. المجلة السعودية للتعليم العالي، (29)، 140-165.
- المدهون، إياد (2023). دور التحول الرقمي في تحقيق التميز المؤسسي بالتطبيق على العاملين في بلدية غزة. مجلة جامعة فلسطين للأبحاث والدراسات، 13(2)، 210-245.
- منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) (2023). دليل خطة الملاحة الجوية العالمية (GANP). النسخة المعربة، المكتب الإقليمي للشرق الأوسط.
- الهادي، محمد (2021). نحو بناء خارطة طريق تحول رقمي لمنظمات المجتمع لاستراتيجية مصر الرقمية. المجلة المصرية لنظم المعلومات، 16(1)، 5-28.
- هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية (2024). تقرير إنترنت الأشياء في قطاع النقل والخدمات اللوجستية بالمملكة. الرياض.
- الهيئة العامة للطيران المدني (GACA) (2024). التقرير الختامي لمؤتمر مستقبل الطيران: نحو تعزيز الاستدامة والرقمنة في الملاحة الجوية. الرياض، المملكة العربية السعودية.
- وزارة الاتصالات وتقنية المعلومات (2024). تقرير مؤشر الجاهزية الرقمية للقطاعات الحيوية في المملكة العربية السعودية. الرياض، المملكة العربية السعودية.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Alam, M., et al. (2023). *Digital Twin Approach for Integrated Airspace Management with Applications*. Journal of Aerospace Information Systems, 20(8), 412-428.
- Alkhatabi, H. (2024). *Digital Transformation in the Aviation Industry: Opportunities, Challenges, and Future*. International Journal of Aviation Management, 13(1), 45-67.
- Al-Shehri, A. M. (2024). *Adaptive Project Management in the Aviation Industry: Integrating Agility with Safety-Critical Systems*. Journal of Air Transport Management, 114, 102-120.
- Anderson, D. (2023). *Digital Engineering in Aviation: From CAD to Digital Twin*. Springer.
- Brown, C. (2021). *Agile Project Management for Aviation Systems Development*. Project Management Journal.
- Chen, J., & Lee, S. (2022). *Big Data Analytics for Air Traffic Management: Efficiency and Safety*. Elsevier.
- Collins, H. (2022). *The Role of 5G in the Future of Navigation and Surveillance*. Communication Technology Review.
- Dutta, P., et al. (2025). *Digital Transformation in Aviation Industry Operations: Innovations and Sustainable Solutions*. Technology in Society, 76, 102-118.
- Eurocontrol. (2024). *The European ATM Master Plan: Digital Transformation of the Sky*. Brussels.
- European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2023). *Artificial Intelligence Roadmap 2.0*. Cologne.
- Gartner. (2023). *Top Strategic Technology Trends for 2024: Digital Twins and Predictive Excellence in Infrastructure*. Gartner Research Publication.
- Gordon, R. (2023). *Human-Machine Teaming in Digital Air Traffic Control*. Human Factors in Aviation.
- Hassan, R., & Al-Qahtani, S. (2023). *The Digital Transformation Journey of Saudi Air Navigation Services: A Case Study on System Integration*. International Journal of Aviation Systems, 11(1), 34-56.

- Hesselink, J., et al. (2023). *Digital twin-based asset inspection and user-technology interactions*. Reliability Engineering & System Safety, 231, 108-124.
- IEEE. (2025). *Standards for Information Technology in Air Traffic Management Systems*. IEEE Press.
- International Air Transport Association (IATA). (2024). *Digital Transformation in the Airport Environment*. Montreal.
- Jacobs, S., et al. (2023). *Future-proofing Air Navigation Service Providers Asset Operations*. Aerospace Journal, 10(4), 56-78.
- Kerzner, H. (2023). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (13th ed.). Wiley.
- Masana, M., & Balland, C. (2024). *ATM Twin: an Air Traffic Management Digital Twin for the Singapore FIR*. Proceedings of the IEEE/AIAA 43rd Digital Avionics Systems Conference (DASC).
- Miller, K. (2023). *Strategic Management of Technology in High-Risk Environments*. Oxford University Press.
- MITRE Corporation. (2023). *Modernizing Global Air Traffic Management through Digital Connectivity*. Bedford, MA.
- NASA. (2024). *Advanced Air Mobility (AAM) Digital Infrastructure Requirements*. Technical Memorandum.
- Nawaz, A., & Al-Rashed, W. (2024). *Next-Generation ATM Systems: Digital Transformation and Cyber-Resilience in Saudi Airspace*. Aerospace Science and Technology, 145, 108-125.
- Peters, T., et al. (2024). *Digital Transformation in Project Management: A Systematic Review and Research Agenda*. International Journal of Project Management, 42(2), 150-168.
- Project Management Institute (PMI). (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Rogers, D. L. (2021). *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing.
- Scott, J. (2024). *Predictive Maintenance for Radar and Communication Systems*. Journal of Electronic Systems.
- Smith, L. (2024). *Cyber-Physical Systems in Aviation: Security and Resilience*. CRC Press.

- Strohmeier, S. (2020). *Digital Transformation of HR: Elements and Challenges in High-Tech Infrastructure Projects*. German Journal of Human Resource Management, 34(3), 321-345.
- Sutherland, J. (2022). *Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time (Aviation Edition)*. Currency.
- Taylor, S. (2024). *Measuring Performance in Complex Systems: A Guide for Project Managers*. Wiley.
- Tiwari, A. (2023). *AI-Driven Project Management: Tools and Techniques for Modern Infrastructure*. Academic Press.
- Verhoef, P. C., et al. (2021). *Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda*. Journal of Business Research, 122, 889-901.
- Vial, G. (2019). *Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda*. The Journal of Strategic Information Systems, 28(2), 118-144.
- Votto, R., et al. (2021). *Artificial Intelligence in Project Management: A Systematic Literature Review and Future Outlook*. International Journal of Project Management, 39(5), 450-465.
- Westerman, G., et al. (2024). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation*. Harvard Business Review Press.
- White, B. (2025). *Interoperability of Civil and Military Air Traffic Systems in the Digital Age*. Military Aerospace Journal.
- Wysocki, R. K. (2019). *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme, Hybrid* (8th ed.). Wiley.
- Zhang, Y. (2022). *Machine Learning Applications in Navigational Systems*. Journal of Navigation.

الملاحق

الاستبانة بصورتها النهائية



جامعة ميدأوشن

كلية الإدارة

ماجستير تخصص إدارة المشاريع

استبيان للتطبيق

عزيزي المشارك/ عزيزتي المشاركة..

تحية طيبة وبعد،،

بين أيديكم استبيان علمي يهدف إلى استقصاء "أثر التحول الرقمي في تعزيز كفاءة إدارة مشاريع أنظمة الملاحة الجوية (CNS/ATM)". نظراً لخبرتكم العميقة ودوركم الحيوي في هذا القطاع، نأمل منكم التكرم بالإجابة على فقرات هذا الاستبيان بدقة وموضوعية. ونحيطكم علماً بأن كافة البيانات المجمعة ستعامل بسرية تامة ولن تستخدم إلا لأغراض البحث العلمي فقط.

شاكرين لكم سعة صدركم وتعاونكم المثمر.

الباحثة

أولاً: البيانات الديموغرافية والوظيفية:

يرجى وضع علامة (checkmark) أمام الاختيار المناسب:

1. المسمى الوظيفي: () مدير مشروع () مهندس أنظمة ملاحية () مراقب جوي () إداري/ تقني.
2. سنوات الخبرة: () أقل من 5 سنوات () من 5 إلى 10 سنوات () أكثر من 10 سنوات.
3. المؤهل العلمي: () بكالوريوس () ماجستير () دكتورة.
4. الدورات التدريبية في التحول الرقمي/ إدارة المشاريع: () لا يوجد () من 1 - 3 دورات () أكثر من 3 دورات.

ثانياً: تعليمات الاستجابة:

يرجى قراءة كل عبارة بعناية، ثم وضع علامة (١) في الخانة التي تعبر عن درجة موافقتك على مضمون العبارة، مع العلم أن بدائل الاستجابة وفق مقياس ليكارت الخماسي هي: (موافق بشدة، موافق، محايد، غير موافق، غير موافق بشدة).

أداة الدراسة (فقرات الاستبيان)

موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة	المتغيرات، الأبعاد، والعبارات
					المحور الأول: المتغير المستقل (التحول الرقمي)
					البعد الأول: البنية التحتية والجاهزية الرقمية
					1. تتوفر في بيئة العمل شبكات ربط عالية السرعة تدعم الأنظمة الملاحية الحديثة.
					2. تتيح الحوسبة السحابية الوصول الفوري للبيانات الفنية للمشاريع من أي موقع.
					3. يتم تحديث التجهيزات الرقمية في مراكز الملاحة بشكل دوري لمواكبة التطور التقني.
					4. توفر المنصات الرقمية واجهات استخدام سهلة للمتعاملين مع أنظمة (CNS/ATM).
					5. تدعم البنية التحتية الحالية دمج الأنظمة الملاحية المختلفة بمرونة عالية.
					6. تتوفر أنظمة دعم تقني متخصصة لمعالجة أعطال البنية الرقمية بشكل فوري.
					البعد الثاني: أتمتة العمليات والأنظمة الذكية

				1. تساهم الأتمتة في تقليل المهام الورقية اليدوية في إدارة المشاريع الملاحية.
				2. تعتمد الأنظمة الملاحية الحالية على تقنيات الذكاء الاصطناعي في توجيه البيانات.
				3. تساعد برمجيات الأتمتة في جدولة مهام المشروع بدقة وتفاذي التداخل الزمني.
				4. يتم تنفيذ الاختبارات الفنية للأنظمة الملاحية عبر أدوات فحص آلية متطورة.
				5. تقلل الأنظمة الذكية من احتمالية وقوع الأخطاء البشرية أثناء تنفيذ المشاريع.
				6. توفر الأنظمة المؤتمتة تقارير دورية دقيقة عن حالة إنجاز المشاريع.
				البعد الثالث: التحليل التنبؤي والبيانات الضخمة
				1. تستخدم بيانات الرادار والاستطلاع التاريخية في التنبؤ باحتياجات المشاريع المستقبلية.
				2. تساعد التحليلات التنبؤية في تحديد مخاطر تعثر المشاريع قبل وقوعها.
				3. تساهم البيانات الضخمة في تحسين جودة اتخاذ القرارات المتعلقة بتطوير الأجواء.
				4. يتم توظيف نماذج التنبؤ الرقمي لتقدير العمر الافتراضي لأجهزة الملاحة.
				5. توفر تقنيات تحليل البيانات رؤية شاملة حول كفاءة أداء المقاولين والموردين.

				6. تساهم الرؤى المستخلصة من البيانات في تحسين التخطيط الاستراتيجي للملاحة.
				البعد الرابع: الأمن السيبراني الملاحي
				1. تخضع كافة المشاريع الرقمية لمعايير صارمة من الحماية السيبرانية.
				2. يتم تحديث بروتوكولات الأمن السيبراني للأنظمة الملاحية بشكل مستمر ومؤتمت.
				3. تتوفر أنظمة كشف مبكر عن المحاولات السيبرانية لاختراق شبكات الملاحة.
				4. يتم تدريب الكوادر البشرية في المشاريع على مهارات الحماية من المخاطر الرقمية.
				5. تضمن السياسات الرقمية سلامة البيانات الملاحية الحساسة أثناء عملية التحول.
				6. توجد خطط طوارئ رقمية (Back-up) فعالة في حال تعرض الأنظمة لخلل سيبراني.
				المحور الثاني: المتغير التابع (كفاءة إدارة المشاريع الملاحية)
				البعد الأول: الكفاءة الزمنية والالتزام بالجدول
				1. يتم إنجاز مراحل المشاريع الملاحية وفق المواعيد المقررة لها سلفاً.
				2. تساهم الرقمنة في تقليص الزمن المستغرق لاعتماد المواصفات الفنية.

				3. تتوفر مرونة كافية للتعامل مع التأخيرات الطارئة دون الإخلال بموعد التسليم النهائي.
				4. يلتزم المقاولون المنفذون بخطط العمل الزمنية المعتمدة في عقود الملاحاة.
				5. تساعد الأنظمة الرقمية في الرقابة اللحظية على تقدم سير العمل الميداني.
				6. يتم تفادي فترات التوقف التشغيلي أثناء تنفيذ مشاريع تحديث الأنظمة.
				البعد الثاني: كفاءة التكلفة وإدارة الموارد
				1. يتم تنفيذ المشاريع الملاحية ضمن حدود الميزانية التقديرية المخصصة.
				2. تساهم الأنظمة الرقمية في تقليل التكاليف غير الضرورية في توريد الأجهزة.
				3. يتم تخصيص الموارد البشرية والتقنية في المشاريع بشكل يحقق أعلى عائد.
				4. تتوفر رقابة مالية دقيقة على أوامر التغيير (Change Orders) في المشاريع.
				5. تساعد الأتمتة في تقليل الهدر في المواد والمعدات المستخدمة في المواقع الملاحية.
				6. تعكس تقارير التكلفة الرقمية الواقع الفعلي للإنفاق في جميع مراحل المشروع.
				البعد الثالث: كفاءة الجودة والامتثال للمعايير الدولية

				1. تطابق مخرجات المشاريع الملاحية معايير منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO).
				2. تلتزم المشاريع الرقمية بمتطلبات الهيئة العامة للطيران المدني (GACA) بدقة.
				3. تحقق الأنظمة الملاحية المركبة أعلى مستويات الموثوقية والدقة التشغيلية.
				4. يتم إجراء فحوصات الجودة الفنية (Quality Assurance) بشكل آلي ومنتظم.
				5. تساهم المشاريع الملاحية المنفذة في تعزيز أمن وسلامة المجال الجوي السعودي.
				6. يتوفر نظام متكامل لتوثيق جودة المكونات البرمجية والصلبة للأنظمة الملاحية.

شاكرًا تعاونكم.

Study Summary

The Impact of Digital Transformation on Enhancing the Efficiency of Air Navigation Systems (CNS/ATM) Project Management in the Kingdom of Saudi Arabia

Abstract

This study serves as a specialized scholarly response to the rapid technological advancements characterizing the aviation sector in the Kingdom of Saudi Arabia. It aimed to investigate the impact of digital transformation on enhancing the efficiency of Air Navigation Systems (CNS/ATM) project management. The research specifically analyzed the roles played by digital infrastructure, process automation, predictive analytics, and cybersecurity in improving the three primary project performance indicators: time, cost, and quality. To achieve these objectives, the study adopted a descriptive-analytical methodology, deemed most appropriate for the integrated nature of administrative and technical research.

The primary research instrument was a structured questionnaire specifically developed for this study. It consisted of (42) items distributed across the study's main axes, following rigorous validation and reliability testing via a pilot study. Psychometric analyses, including Exploratory Factor Analysis (EFA), confirmed the instrument's robustness, with a Cronbach's Alpha coefficient of (0.90). The study was applied to a population comprising professional and technical staff at the Saudi Air Navigation Services (SANS). The sample consisted of (294) participants, selected through a simple random sampling technique to ensure the representation of all functional categories, including project managers, systems engineers, air traffic controllers, and technical support staff.

Data were processed using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS v.28). The analysis included descriptive statistics (means and standard deviations) and inferential statistics (Pearson correlation and multiple linear regression), alongside diagnostic tests such as the Variance Inflation Factor (VIF) to ensure the absence of multicollinearity.

The quantitative results revealed that the level of digital transformation implementation in air navigation projects was (High), with an overall mean of (4.00), where the "Cybersecurity" dimension ranked highest with a "Very High" rating. Furthermore, the findings indicated that the efficiency level of project management was also (High), with a mean of (3.96), characterized by a significant excellence in "Quality and Compliance with International Standards." Regression analysis confirmed a statistically significant impact of digital transformation on enhancing efficiency; the predictive model explained (70.9%) of the variance in project management efficiency, with "Process Automation" emerging as the most influential dimension regarding time efficiency.

Based on these findings, the study offered several recommendations, most notably: the necessity of transitioning toward "Digital Twins" to simulate navigation projects prior to execution, activating predictive analytics units within Project Management Offices (PMOs) to mitigate financial wastage, and enhancing hybrid training programs for national cadres to bridge the gap between technical and managerial expertise. These measures aim to sustain the Kingdom's navigational leadership in alignment with Saudi Vision 2030.

Keywords: Digital Transformation, Project Management Efficiency, Air Navigation Systems (CNS/ATM), Saudi Air Navigation Services (SANS), Aviation Cybersecurity, Process Automation.

MidOcean University
College of Management

Master's degree in Project Management.



**The Impact of Digital Transformation on
Enhancing the Efficiency of Air Navigation Systems
(CNS/ATM) Project Management in the Kingdom
of Saudi Arabia**

Prepared by:

Noura Ayed Al-Qahtani

University ID: 252001487

Supervised by

Prof. Dr. Al-Faisal Abdulhamid

Prof. Dr. Faiz Ali Jarad

Academic Year

2026