



## كلية الإدارة

قسم / تخصص: إدارة الأعمال (ماجستير إدارة الأعمال - MBA)

### خطة المشروع البحثي

#### أثر الأنظمة التنبؤية الذكية على القرار التشغيلي وتأخر الرحلات بمركز IOCC السعودي

*The Impact of Intelligent Predictive Systems on Operational Decision-Making and Flight  
Delays at Saudia's IOCC*

إعداد الطالب

**هاني عبدالله بادكوك**

الرقم الجامعي: 261000391

إشراف

**أ.د. الفيصل حسن**

**د. فايز جراد**

العام الدراسي: 1447هـ (2025/2026م)

## فهرس المحتويات

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| فهرس المحتويات .....                                                        | 2  |
| فهرس الجداول .....                                                          | 3  |
| 1. مقدمة .....                                                              | 4  |
| 2. مشكلة الدراسة .....                                                      | 5  |
| 3. أهمية الدراسة .....                                                      | 6  |
| أ) الأهمية العلمية .....                                                    | 6  |
| ب) الأهمية التطبيقية .....                                                  | 6  |
| 4. أهداف الدراسة .....                                                      | 7  |
| الهدف العام .....                                                           | 7  |
| الأهداف الخاصة .....                                                        | 7  |
| 5. تساؤلات الدراسة .....                                                    | 8  |
| 6. فروض الدراسة .....                                                       | 9  |
| الفرضية الرئيسية .....                                                      | 9  |
| الفرضيات الفرعية .....                                                      | 9  |
| 7. الدراسات السابقة .....                                                   | 10 |
| تحليل ومقارنة الدراسات السابقة .....                                        | 12 |
| 8. الفجوة البحثية .....                                                     | 13 |
| شاهد ميداني يعزز الفجوة البحثية .....                                       | 13 |
| 9. المنطلقات النظرية للدراسة .....                                          | 14 |
| نظرية النظم (General Systems Theory) .....                                  | 14 |
| نظرية اتخاذ القرار المستند إلى البيانات (Data-Driven Decision Making) ..... | 14 |
| نموذج معالجة المعلومات (Information Processing Model) .....                 | 14 |
| نموذج تبني التقنية (TAM – Technology Acceptance Model) .....                | 14 |
| النموذج المفاهيمي المقترح .....                                             | 14 |
| 10. المنهجية وطرق البحث .....                                               | 16 |
| نوع البحث ومنهجه .....                                                      | 16 |
| خطة البحث وخطوات التنفيذ .....                                              | 16 |
| محددات منهجية: تحيز المصدر المشترك .....                                    | 16 |
| الاعتبارات الأخلاقية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إجراء البحث .....         | 16 |
| 11. مجتمع وعينة الدراسة .....                                               | 17 |
| 12. أداة الدراسة .....                                                      | 18 |
| تعريف إجرائي دقيق لموضوع القياس .....                                       | 18 |
| اختبارات الصدق والثبات .....                                                | 18 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 13. أساليب التحليل الإحصائي .....                       | 19 |
| مصفوفة الربط بين أسئلة الدراسة والفرضيات والتحليل ..... | 19 |
| ملاحظة منهجية .....                                     | 19 |
| 14. حدود الدراسة .....                                  | 20 |
| أ) المجال البشري .....                                  | 20 |
| ب) المجال المكاني .....                                 | 20 |
| ج) المجال الزمني .....                                  | 20 |
| 15. المراجع .....                                       | 21 |
| ملحق (1): استبانة الدراسة .....                         | 23 |

## فهرس الجداول

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| جدول (1): الفرضيات الفرعية البديلة والصفريه .....                                | 9  |
| جدول (2): النموذج المفاهيمي المقترح (المتغيرات المستقلة، التابعة، الضابطة) ..... | 15 |
| جدول (3): خطة البحث وخطوات التنفيذ .....                                         | 16 |
| جدول (4): مصفوفة الربط بين أسئلة الدراسة والفرضيات والتحليل الإحصائي .....       | 19 |

## 1. مقدمة

يشهد قطاع النقل الجوي عالمياً تحولاً متسارعاً نحو الاعتماد على الأنظمة التنبؤية الذكية القائمة على الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، بهدف تحسين كفاءة العمليات التشغيلية وخفض معدلات تأخر الرحلات، التي لا تزال من أبرز التحديات التي تواجه الناقلين الجويين ومراكز قيادة العمليات على اختلاف بيئاتها. وعلى المستوى المحلي، تأتي هذه الدراسة في إطار رؤية المملكة العربية السعودية 2030 والاستراتيجية الوطنية للطيران، التي تستهدف نقل أكثر من 330 مليون مسافر سنوياً وربط المملكة بـ 250 وجهة دولية بحلول عام 2030، حيث استقبلت المطارات السعودية فعلياً نحو 140.9 مليون مسافر وسجلت 980.4 ألف رحلة جوية خلال عام 2025م وحده (الهيئة العامة للطيران المدني، 2026)، وهو نمو تشغيلي كبير يرفع بالتبعية أهمية الكفاءة التشغيلية في مراكز قيادة العمليات.

ويُعد مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC – Integrated Operations Control Center) في الخطوط الجوية العربية السعودية العصب التنسيقي بين الإدارات التشغيلية المختلفة، كالمناولة الأرضية والتزويد بالوقود والتموين وخدمات الركاب. ومع التوسع العالمي في اعتماد الأنظمة التنبؤية لدعم القرار التشغيلي في هذا النوع من المراكز، يبرز تساؤل جوهري حول مدى تأثير هذه الأنظمة فعلياً على جودة وسرعة القرار التشغيلي، وعلى معدلات تأخر الرحلات في البيئة التشغيلية السعودية، وهي فجوة بحثية محلية لم تُعالج بعد بدراسة تطبيقية مباشرة، على نحو ستوضحه هذه الخطة عند تناول الدراسات السابقة والفجوة البحثية.

وتتناول هذه الخطة البحثية في الصفحات التالية مشكلة الدراسة وأهميتها وأهدافها وأسئلتها وفرضياتها، ثم الدراسات السابقة ذات الصلة والفجوة البحثية المستخلصة منها، يليها الإطار النظري الذي تستند إليه الدراسة، فمنهجية البحث وأداته وأسلوب التحليل الإحصائي المزمع، وأخيراً حدود الدراسة وقائمة المراجع.

## 2. مشكلة الدراسة

على الرغم من توافر تقنيات الأنظمة التنبؤية الذكية وانتشار تطبيقاتها في قطاع الطيران العالمي، إلا أن مدى استثمار هذه الأنظمة فعلياً في دعم القرار التشغيلي بمراكز قيادة العمليات الأرضية في المطارات السعودية لا يزال غير محدد بدقة علمياً، كما تفتقر الدراسات المحلية إلى تناول العلاقة الكمية بين درجة استخدام هذه الأنظمة ومستوى تحسّن مؤشرات الالتزام بالمواعيد وإدارة التأخير.

ويتجلى الفارق بين الواقع الحالي والمأمول بوضوح في بيانات الأداء الفعلي: فبينما بلغت نسبة التزام الخطوط السعودية بمواعيد الرحلات نحو 90% في تقرير الهيئة العامة للطيران المدني لشهر مايو 2025م، انخفضت هذه النسبة إلى نحو 81% للمغادرة و82% للقدوم في تقرير أغسطس 2025م لنفس الناقل (الهيئة العامة للطيران المدني، 2025). وهذا التفاوت الشهري الملحوظ في مؤشر واحد وناقل واحد يطرح تساؤلاً مشروعاً حول مدى استقرار الاستفادة الفعلية من الأنظمة التنبؤية المتاحة في دعم القرار التشغيلي، ويمثل دليلاً كمياً على وجود المشكلة محل الدراسة.

وتتمثل مشكلة الدراسة بصورة محددة في التساؤل الرئيسي التالي: هل يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على جودة وسرعة القرار التشغيلي، وعلى معدل تأخر الرحلات، في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط الجوية العربية السعودية؟ وهي مشكلة تنبع من فجوة معرفية وتطبيقية محلية يسعى هذا البحث إلى معالجتها من خلال دراسة تطبيقية ميدانية.

### 3. أهمية الدراسة

#### أ) الأهمية العلمية

- إثراء الأدبيات العربية المحلية المتعلقة بتطبيقات الذكاء الاصطناعي في قطاع الطيران، وتحديدًا في مجال إدارة العمليات الأرضية، وهو مجال لا تزال الدراسات العربية المتخصصة فيه محدودة مقارنة بالأدبيات الأجنبية.
- سد فجوة في الأدبيات تتمثل في غياب دراسات تربط مباشرة بين درجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية ومخرجات تشغيلية ملموسة (جودة القرار، سرعته، تأخر الرحلات) في سياق مركز قيادة عمليات أرضية محدد، كما سيتضح في مناقشة الفجوة البحثية.
- تقديم إطار نظري متكامل يدمج بين نظرية النظم، ونظرية اتخاذ القرار المستند إلى البيانات، ونموذج تبني التقنية، ونموذج معالجة المعلومات، لتفسير ظاهرة استخدام الأنظمة التنبؤية في القرار التشغيلي.

#### ب) الأهمية التطبيقية

- تقديم توصيات عملية لإدارة مركز قيادة العمليات الأرضية حول الأبعاد الأكثر تأثيراً في فعالية الأنظمة التنبؤية (دقة التنبؤ، سهولة الاستخدام، التكامل مع الأنظمة القائمة)، بما يرشد قرارات الاستثمار التقني المستقبلي.
- مساعدة صانعي السياسات في الخطوط السعودية والهيئة العامة للطيران المدني على تقييم جدوى التوسع في الأنظمة التنبؤية بما يخدم مستهدفات الاستراتيجية الوطنية للطيران ورؤية 2030.
- تطوير أداة قياس (استبيان) صالحة وموثوقة لقياس درجة استخدام الأنظمة التنبؤية وأثرها على القرار التشغيلي، قابلة لإعادة التطبيق في مراكز قيادة عمليات مشابهة.
- ولتوضيح حجم الكلفة المرتبطة بالمشكلة، تشير تقديرات الإدارة الفيدرالية للطيران الأمريكية (FAA) ومركز NEXTOR البحثي إلى أن التكلفة الاقتصادية لتأخر الرحلات في الولايات المتحدة بلغت نحو 33 مليار دولار أمريكي في عام 2019م وحده (NEXTOR/FAA، 2020)، كما نقلتها (Airlines for America)، وهو رقم يعكس حجم الكلفة التراكمية لتأخر الرحلات حتى في بيئة تشغيلية ناضجة تقنياً، ويعزز الجدوى الاقتصادية لتوصيات هذا البحث عند تطبيقها على البيئة السعودية.
- ويؤكد الأدب المهني الحديث استمرار اتساع نطاق برامج التحول الرقمي في المطارات لتشمل تحسين تجربة الركاب وجدولة العمليات وإدارة المرافق والمعدات بشكل ذكي (Stark, 2025)، وهو ما يدعم استمرار أهمية دراسة أدوات دعم القرار التشغيلي الذكية في بيئات التشغيل الجوي، بما فيها مراكز قيادة العمليات الأرضية محل هذا البحث.

## 4. أهداف الدراسة

---

### الهدف العام

تحليل أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على القرار التشغيلي وتأخر الرحلات في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط الجوية العربية السعودية.

### الأهداف الخاصة

- التعرف على مستوى استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية في مركز قيادة العمليات الأرضية.
- قياس أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على جودة القرار التشغيلي.
- قياس أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على سرعة القرار التشغيلي.
- قياس أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على معدل تأخر الرحلات.
- الكشف عن الفروق في درجة الاستفادة من الأنظمة التنبؤية الذكية وفقاً للمتغيرات الوظيفية (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، نوع المناوبة) للعاملين في مركز القيادة.

## 5. تساؤلات الدراسة

---

- ما مستوى استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية في دعم القرار التشغيلي بمركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط السعودية؟
- ما أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على جودة القرار التشغيلي؟
- ما أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على سرعة القرار التشغيلي؟
- ما أثر استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على الحد من حالات تأخر الرحلات؟
- هل تختلف درجة الاستفادة من الأنظمة التنبؤية باختلاف المتغيرات الوظيفية (سنوات الخبرة، المسمى الوظيفي، نوع المناوبة) للعاملين في مركز القيادة؟

## 6. فروض الدراسة

### الفرضية الرئيسية

الفرضية البديلة ( $H_a$ ): يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على القرار التشغيلي (جودته وسرعته) وعلى تأخر الرحلات في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط الجوية العربية السعودية.

الفرضية الصفرية ( $H_0$ ): لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لاستخدام الأنظمة التنبؤية الذكية على القرار التشغيلي (جودته وسرعته) ولا على تأخر الرحلات في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط الجوية العربية السعودية.

### الفرضيات الفرعية

يقابل كل فرضية فرعية بديلة ( $H_a$ ) فرضية صفرية ( $H_0$ ) معاكسة لها، وفقاً لما يتطلبه الاختبار الإحصائي لكل فرضية:

| الرمز | الفرضية البديلة ( $H_a$ )                                                                                                                       | الفرضية الصفرية ( $H_0$ )                                                                                                                          |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| H1    | توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وجودة القرار التشغيلي في مركز قيادة العمليات الأرضية.                          | لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وجودة القرار التشغيلي في مركز قيادة العمليات الأرضية.                          |
| H2    | توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وسرعة القرار التشغيلي.                                                         | لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وسرعة القرار التشغيلي.                                                         |
| H3    | توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وانخفاض معدل تأخر الرحلات.                                                     | لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وانخفاض معدل تأخر الرحلات.                                                     |
| H4    | توجد فروق ذات دلالة إحصائية في درجة الاستفادة من الأنظمة التنبؤية الذكية تُعزى للمتغيرات الوظيفية (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، نوع المناوبة). | لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في درجة الاستفادة من الأنظمة التنبؤية الذكية تُعزى للمتغيرات الوظيفية (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، نوع المناوبة). |

جدول (1): الفرضيات الفرعية البديلة والصفرية

## 7. الدراسات السابقة

رُبِّت الدراسات السابقة أدناه ترتيباً موضوعياً حسب المتغيرات التي تناولتها، بدءاً بدراسات اتخاذ القرار المستند إلى البيانات، ثم الدقة التقنية للأنظمة التنبؤية (بما فيها دراسة سعودية حديثة، ودراسة حديثة تقارن النماذج الكلاسيكية بالتعلم العميق)، ثم الفجوة بين القدرات الوصفية والتنبؤية لأدوات ذكاء الأعمال، وأخيراً التحول الرقمي في عمليات المناولة الأرضية.

Brynjolfsson, E., Hitt, L. M., & Kim, H. H. (2011). Strength in Numbers: How Does Data-Driven Decisionmaking Affect Firm Performance? Proceedings of ICIS 2011.

- الهدف: فحص ما إذا كانت الشركات التي تعتمد اتخاذ القرار المستند إلى البيانات (DDD) تحقق أداءً أعلى من غيرها.
- المنهجية: منهج كمي قائم على بيانات استبائية تفصيلية حول الممارسات الإدارية واستثمارات تقنية المعلومات في 179 شركة أمريكية كبرى مطروحة للتداول العام، باستخدام نموذجي الإنتاجية والربحية.
- أهم النتائج: الشركات التي تبني DDD حققت إنتاجية أعلى بنسبة 5-6% مما هو متوقع من استثماراتها التقنية الأخرى، وامتد الأثر الإيجابي إلى مؤشرات أداء أخرى كالعائد على حقوق الملكية والقيمة السوقية.
- العلاقة بالبحث الحالي: تقدّم هذه الدراسة الدعم التجريبي الأقوى للفرضية الأساسية لهذا البحث، وهي أن زيادة الاعتماد على معطيات تنبؤية في اتخاذ القرار التشغيلي ترفع جودته وفعاليته؛ لكنها أجريت على مستوى الأداء المؤسسي العام لا على مستوى القرار التشغيلي الفردي في بيئة تشغيلية محددة كمرکز قيادة عمليات.
- AlBassam, S. A. A., & AlShahrani, D. N. (2025). Flight Delay Prediction: Evaluating Machine Learning Algorithms for Enhanced Accuracy. PLOS One, 20(12), e0335141.
- الهدف: تقييم أداء ستة خوارزميات تعلم آلي في التنبؤ بتأخر الرحلات، مع معالجة مشكلة اختلال توازن فئات البيانات التي أهملتها أغلب الدراسات السابقة.
- المنهجية: منهج كمي تجريبي على مجموعة بيانات فعلية ضخمة (أكثر من 4 ملايين سجل رحلة أمريكية، 2018-2022)، باستخدام تقنيات إعادة المعاينة (SMOTE، Random Oversampling، ADASYN) والتحقق المتقاطع Fold-10، مع اختبارات إحصائية (McNemar و Paired t-test) للتأكد من دلالة الفروق بين النماذج.
- أهم النتائج: حقق نموذج Random Forest مع Random Oversampling أعلى دقة (90%)، بدعم إحصائي ذو دلالة قوية ( $t = 30.99$ ,  $p < 0.001$ ) يثبت تفوقه على النماذج الأضعف كـ KNN.
- العلاقة بالبحث الحالي: دراسة سعودية حديثة (جامعة الملك سعود) تثبت أن إشكالية اختلال توازن البيانات التي أهملتها دراسات سابقة (بما فيها دراسة Hatipoğlu & Tosun أدناه) قابلة للمعالجة برفع الدقة، وتؤكد جدوى الأنظمة التنبؤية تقنياً وأكاديمياً من سياق هذا البحث القريب جغرافياً؛ لكنها تظل، كما سابقتها، مركزة على الأداء التقني للنموذج دون قياس أثره على سلوك متخذي القرار في مركز قيادة عمليات فعلي.
- Hatipoğlu, I., & Tosun, Ö. (2024). Predictive Modeling of Flight Delays at an Airport Using Machine Learning Methods. Applied Sciences, 14(13), 5472.
- الهدف: بناء نموذج تنبؤي دقيق لتأخر الرحلات المتجاوز 15 دقيقة في مطار تركي باستخدام خوارزميات تعلم آلي متعددة.

- المنهجية: منهج كمي تجريبي على بيانات تشغيلية فعلية لـ 40,077 رحلة عبر ثلاث سنوات، شملت سبع خوارزميات (من أبرزها XGBoost و Random Forest و LightGBM و CatBoost)، مع معالجة اختلال توازن البيانات بتقنية SMOTE.
- أهم النتائج: حققت خوارزمية XGBoost أعلى دقة تنبؤ بنسبة 80%، في حين كان أثر بيانات الأحوال الجوية على الدقة محدوداً مقارنة بالعوامل التشغيلية البحتة كزمن الجدولة وعدد الركاب.
- العلاقة بالبحث الحالي: تثبت هذه الدراسة الجدوى التقنية للأنظمة التنبؤية بالتأخير، لكنها ركزت على الدقة التقنية للنموذج دون قياس أثره على سلوك متخذي القرار البشري، وهي الفجوة التي يسعى هذا البحث لمعالجتها.
- Marevac, E., Kadušić, E., Živić, N., Hamzić, D., & Hadžajlić, N. (2025). Data-Driven Predictive Analytics for Dynamic Aviation Systems. *Future Internet*, 17(11), 508
- الهدف: تطوير نماذج تنبؤية للصيانة الاستباقية لمحركات الطائرات وللتنبؤ بتأخر الرحلات، ومناقشة فجوة القدرة التنبؤية في أدوات ذكاء الأعمال التجارية المستخدمة في الطيران.
- المنهجية: منهج كمي تطبيقي باستخدام شبكات عصبية (CNN-1D و LSTM) على بيانات C-MAPSS NASA للصيانة، ونماذج انحدار خطي وتعددي الحدود على بيانات رحلات فعلية أمريكية للتنبؤ بالتأخير.
- أهم النتائج: حققت النماذج دقة تصنيف تصل إلى 97% في الصيانة الاستباقية؛ وتبين أن أدوات ذكاء الأعمال التجارية الشائعة في الطيران (Power BI و Tableau و Teradata) تظل في معظمها وصفية أو تشخيصية، وتفتقر إلى القدرة التنبؤية (Prognostic) الحقيقية.
- العلاقة بالبحث الحالي: يشير هذا التمييز إلى أن مجرد توافر لوحات معلومات أو أنظمة تحليلية في مركز القيادة لا يعني تلقائياً أنها تعمل بقدرة تنبؤية فعلية، وهو تمييز جوهري يجب مراعاته عند قياس درجة استخدام "الأنظمة التنبؤية" في أداة هذا البحث.
- Iovynyov, I., & Mikut, R. (2018). Digital Transformation in Airport Ground Operations. *arXiv:1805.09142*. [بحثة أولية غير محكمة]
- الهدف: تقديم مراجعة منهجية شاملة لمشهد التحول الرقمي عبر سلسلة قيمة عمليات المناولة الأرضية بالمطارات، وتحديد مستوى نضج التقنيات المستخدمة في كل عملية.
- المنهجية: منهج نوعي تحليلي قائم على مراجعة الأدبيات والمقابلات مع خبراء صناعة المناولة الأرضية، مع تصنيف التقنيات باستخدام مستويات الجاهزية التقنية (TRL).
- أهم النتائج: تركزت غالبية مبادرات الرقمنة على خفض التكاليف وتحسين كفاءة العمليات التنفيذية المباشرة (كخدمة الركاب ومناولة الأمتعة)، في حين أن عمليات التخطيط والجدولة واتخاذ القرار التشغيلي اليومي كانت من أقل العمليات استفادة من تقنيات التحليل المتقدمة.
- العلاقة بالبحث الحالي: تدعم هذه الملاحظة مباشرة أهمية البحث الحالي، الذي يتناول تحديداً الفجوة بين توافر الأنظمة التنبؤية وفعالية استثمارها في القرار التشغيلي اليومي بمركز القيادة، وهي عملية دعم لا عملية تنفيذية مباشرة. (يُشار إلى أن هذه الورقة منشورة على arXiv كورقة أولية ولم تُنشر في مجلة محكمة، وتُستخدم هنا لقيمتها التحليلية في مراجعة سلسلة القيمة لا كمرجع محكم بالمعنى الدقيق).
- Olarinde, H. (2025). Flight Delay Detection [Bachelor's Thesis, Lapland University of Applied Sciences]. *Theseus*

- الهدف: المقارنة بين أداء نماذج تعلم الآلة الكلاسيكية ونماذج التعلم العميق في الكشف عن تأخر الرحلات، مع تركيز خاص على قدرة كل نهج على التعرف على الفئة الأقل (الرحلات المتأخرة) في ظل اختلال توازن البيانات.
- المنهجية: منهج كمي تجريبي يقارن بين سبعة نماذج (Logistic Regression, SVM, Random Forest, LightGBM, CNN, RNN, LSTM) على بيانات رحلات وأرصاء جوية تاريخية، باستخدام استخراج مكثف للخصائص الزمنية والجوية، وتقييم الأداء عبر مقاييس الدقة ودرجة F1 خصوصاً للفئة الأقل تمثيلاً.
- أهم النتائج: فاقت النماذج الكلاسيكية (Random Forest و LightGBM والمحسّن Logistic Regression) نماذج التعلم العميق في درجة F1 والتعرف على الفئة الأقل، فبينما حقق نموذج LSTM دقة عامة 91%، عجز عن التعرف الفعلي على الرحلات المتأخرة بسبب ضعف الاستدعاء (Recall) ودرجة F1 للفئة الأقل تمثيلاً.
- العلاقة بالبحث الحالي: تقدّم هذه الدراسة الحديثة (2025) دليلاً تجريبياً مباشراً على أن تفوق نماذج تعلم الآلة الكلاسيكية على التعلم العميق في بيانات تأخر الرحلات يظل قائماً حتى مع تطور الأدوات، وهو ما يعزز اختيار هذا البحث للتركيز على الأثر التنظيمي/السلوكي لاستخدام الأنظمة التنبؤية بدل الانشغال بالمفاضلة بين الخوارزميات التقنية، إذ تبقى دقة النموذج وحدها غير كافية لضمان فعالية القرار التشغيلي ما لم يصاحبها قياس لأثرها الفعلي على متخذ القرار.

### تحليل ومقارنة الدراسات السابقة

تتوافق نتائج الدراسات الست من حيث الإقرار بالقيمة الإيجابية لاستخدام البيانات والأنظمة التنبؤية في تحسين الأداء التنظيمي والتشغيلي عموماً، ولا تتعارض فيما بينها من ناحية الاتجاه العام للأثر، لكنها تختلف جوهرياً في مستوى التحليل ومنهجيته: فدراسات (Brynjolfsson et al. 2011) و (AlBassam & AlShahrani 2025) كميتان تجريبيتان، الأولى على مستوى الشركة والأداء المالي، والثانية على مستوى دقة النموذج التقني، ودراسة (Hatipoğlu & Tosun 2024) مماثلة في تركيزها التقني، ودراسة (Marevac et al. 2025) تجمع بين النمذجة التقنية والتحليل النقدي لقدرات أدوات ذكاء الأعمال، ودراسة (Olarinde 2025) تقارن تجريبياً بين النماذج الكلاسيكية والتعلم العميق في التعرف على الفئة الأقل تمثيلاً، في حين أن دراسة (Kovynyov & Mikut 2018) نوعية تحليلية على مستوى سلسلة القيمة التنظيمية. هذا التنوع المنهجي يعكس تناول الظاهرة من زوايا مختلفة (مالية، تقنية، تنظيمية) دون أن تتقاطع في قياس الأثر السلوكي المباشر على متخذ القرار الفردي، وهو ما يُفسّر باختلاف وحدة التحليل بين دراسة وأخرى (الشركة، النموذج التقني، سلسلة القيمة) لا تتعارض في النتائج. ومن اللافت أن أحدث هذه الدراسات وأقربها جغرافياً (AlBassam & AlShahrani, 2025)، من جامعة الملك سعود) لا تزال تقنية الطابع، مما يؤكد أن الفجوة السلوكية/التنظيمية محل هذا البحث لم تُعالج محلياً حتى في أحدث الإصدارات.

## 8. الفجوة البحثية

بمقارنة الدراسات السابقة الست، يتبين أن كل دراسة تناولت متغيراً أو مستوى تحليل واحداً بمعزل عن المتغيرات الأخرى: فدراسة (Brynjolfsson et al. 2011) قاست أثر اتخاذ القرار المستند إلى البيانات على الأداء المؤسسي العام دون التخصص في بيئة تشغيلية واحدة كمركز قيادة عمليات؛ ودراسات (AlBassam & AlShahrani 2025) و (Hatipoğlu & Tosun 2024) قاستا الدقة التقنية لنموذج تنبؤي دون قياس أثره على سلوك متخذي القرار البشري؛ ودراسة (Marevac et al. 2025) كشفت فجوة بين القدرة الوصفية والتنبؤية لأدوات ذكاء الأعمال دون ربطها بمخرجات تشغيلية كجودة القرار وسرعته؛ ودراسة (Olarinde 2025) ركزت على المفاضلة بين دقة النماذج الكلاسيكية والتعلم العميق دون أي امتداد لسلوك متخذي القرار التشغيلي؛ ودراسة (Kovynyov & Mikut 2018) رصدت محدودية استفادة عمليات التخطيط والقرار من التحول الرقمي مقارنة بالعمليات التنفيذية، دون التخصص في الأنظمة التنبؤية تحديداً.

ولا توجد بين هذه الدراسات دراسة واحدة تجمع الأبعاد الثلاثة معاً: (1) قياس درجة استخدام نوع محدد من الأنظمة هو الأنظمة التنبؤية الذكية، (2) في بيئة تشغيلية محددة هي مركز قيادة عمليات أرضية، (3) مع قياس الأثر المباشر على مخرجات تشغيلية ملموسة (جودة القرار، سرعته، تأخر الرحلات) بدلالة إحصائية. وعلى الرغم من أن إحدى الدراسات الست (AlBassam & AlShahrani 2025) سعودية المصدر، إلا أنها تقنية الطابع ولم تتناول بيئة تشغيلية محلية محددة كمركز قيادة عمليات، ولا توجد بين الدراسات الست دراسة واحدة طُبِّقت ميدانياً على مركز قيادة عمليات أرضية سعودي أو خليجي بعينه.

وعليه، تتحدد الفجوة البحثية التي يسعى هذا البحث لمعالجتها في غياب دراسة تطبيقية محلية تربط مباشرة، وبأسلوب كمي، بين درجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية ومخرجات تشغيلية ملموسة (جودة القرار التشغيلي، سرعته، تأخر الرحلات) في سياق مركز قيادة عمليات أرضية سعودي محدد، مع مراعاة أثر المتغيرات الوظيفية (الخبرة، المسمى الوظيفي) كعامل تفسيري إضافي.

### شاهد ميداني يعزز الفجوة البحثية

ويتعزز تحديد هذه الفجوة بمعطية ميدانية فعلية حصل عليها الباحث بالتنسيق المباشر مع إدارة مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC): فالنظام المعتمد حالياً في المركز هو نظام هجين (Hybrid System) يجمع بين الطابع التشغيلي والطابع التحليلي، ولم يتطور بعد إلى نظام تنبؤي قائم بالكامل على الذكاء الاصطناعي (Fully AI-Driven Predictive System) بالمعنى الدقيق للمصطلح. وهذا يمثل دليلاً ميدانياً مباشراً ومحلياً على ما خلصت إليه دراسة (Marevac et al. 2025) من أن أغلب الأنظمة المستخدمة فعلياً في قطاع الطيران تظل وصفية/تشخيصية أو هجينة، لا تنبؤية بالكامل، حتى مع توافر الطموح النظري لذلك. ويعني هذا أن البحث الحالي يقيس فعلياً أثر المستوى الراهن لنضج هذا النظام الهجين على القرار التشغيلي وتأخر الرحلات، وهو قياس واقعي لمرحلة انتقالية فعلية، لا قياس افتراضي لنظام تنبؤي ذكي مكتمل النضج، وهو ما يضيف بعداً تطبيقياً أكثر واقعية لمساهمة هذا البحث.

## 9. المنطلقات النظرية للدراسة

### نظرية النظم (General Systems Theory)

صاغ (1968) von Bertalanffy نظرية النظم التي تصف أي منظومة معقدة كمجموعة من العناصر أو الإدارات الفرعية المتفاعلة لتحقيق هدف مشترك، بحيث يؤثر أداء كل عنصر في كفاءة المنظومة ككل. ويستند هذا البحث إلى هذه النظرية في وصف مركز قيادة العمليات الأرضية كمنظومة تنسيقية متكاملة بين عدة إدارات فرعية (المناولة الأرضية، التزويد بالوقود، التموين، خدمات الركاب)، حيث يُفترض أن تحسين تدفق المعلومات التنبؤية بين عناصرها يرفع كفاءة المنظومة التشغيلية ككل.

### نظرية اتخاذ القرار المستند إلى البيانات (Data-Driven Decision Making)

تفترض هذه النظرية أن جودة القرار التنظيمي ترتفع كلما توافرت معلومات استشرافية دقيقة تسبق وقوع الحدث، بدلاً من الاعتماد على القرار التفاعلي اللاحق لحدوث الانحراف. وقد قدّم (2011) Brynjolfsson, Hitt & Kim دليلاً تجريبياً داعماً لهذا الافتراض من خلال دراسة شملت 179 شركة أمريكية كبرى، وتوصلوا إلى أن الشركات التي تتبنى اتخاذ القرار المستند إلى البيانات تحقق إنتاجية أعلى بنسبة تتراوح بين 5% و6% مقارنة بما هو متوقع من استثماراتها التقنية الأخرى، وهو ما يدعم نظرياً الافتراض الأساسي لهذا البحث حول أثر الأنظمة التنبؤية على جودة القرار التشغيلي.

### نموذج معالجة المعلومات (Information Processing Model)

طوّر (1972) Newell & Simon نموذج معالجة المعلومات الذي يفسر عملية حل المشكلات واتخاذ القرار البشري كعملية معرفية تُدمج فيها المعطيات الواردة من البيئة (هنا: مخرجات النظام التنبؤي) مع المعرفة والخبرة المخزنة لدى الفرد لتشكيل قرار نهائي. ويسهم هذا النموذج في تفسير الفروق المحتملة بين الأفراد في درجة الاستفادة من الأنظمة التنبؤية تبعاً لخبرتهم التشغيلية المتراكمة، وهو افتراض جوهري تستند إليه الفرضية الفرعية الرابعة (H4) لهذا البحث.

### نموذج تبني التقنية (Technology Acceptance Model – TAM)

يستعين البحث أيضاً بنموذج تبني التقنية الذي صاغه (1989) Davis، والذي يفسر قبول الأفراد لأي نظام تقني جديد عبر بُعدين أساسيين: الفائدة المُدرَكة (Perceived Usefulness) وسهولة الاستخدام المُدرَكة (Perceived Ease of Use). ويتكامل هذا النموذج مباشرة مع البُعد الفرعي الثاني للمتغير المستقل في هذه الدراسة (سهولة استخدام الأنظمة التنبؤية)، إذ يفترض النموذج أن إدراك العاملين لسهولة استخدام النظام يؤثر مباشرة في درجة اعتمادهم الفعلي عليه أثناء اتخاذ القرار التشغيلي.

وتجدر الإشارة إلى أن الأنظمة التنبؤية المدروسة في هذا البحث تستند فنياً إلى تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي (Machine Learning) في معالجة البيانات التشغيلية التاريخية واللحظية لاستخلاص أنماط تنبؤية، وهو ما يجعل الإطار النظري أعلاه (نظرية النظم، اتخاذ القرار المستند للبيانات، معالجة المعلومات، تبني التقنية) إطاراً مناسباً لدراسة الأثر التنظيمي/السلوكي لهذه التقنية لا الجانب الخوارزمي للبحث فيها.

### النموذج المفاهيمي المقترح

| المتغير المستقل (أبعاده)   | المتغيرات التابعة    | المتغيرات الصابطة / التفسيرية |
|----------------------------|----------------------|-------------------------------|
| دقة التنبؤ                 | جودة القرار التشغيلي | سنوات الخبرة                  |
| سهولة الاستخدام            | سرعة القرار التشغيلي | المسمى الوظيفي                |
| التكامل مع الأنظمة القائمة | معدل تأخر الرحلات    | نوع المناوبة                  |

جدول (2): النموذج المفاهيمي المقترح (المتغيرات المستقلة، التابعة، الضابطة)

صياغة النموذج: كلما ارتفعت درجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية بأبعادها الثلاثة (دقة، سهولة استخدام، تكامل)، ارتفعت جودة وسرعة القرار التشغيلي وانخفض معدل تأخر الرحلات؛ مع احتمال اختلاف قوة هذا الأثر تبعاً للمتغيرات الضابطة/التفسيرية (الخبرة، المسمى الوظيفي، نوع المناوبة)، وهو ما تختبره الفرضية الفرعية الرابعة (H4).

## 10. المنهجية وطرق البحث

### نوع البحث ومنهجه

هذا البحث تطبيقي الطابع، يهدف إلى معالجة مشكلة تشغيلية فعلية في مركز قيادة العمليات الأرضية، ويتبنى المنهج الوصفي التحليلي الكمي (Quantitative Descriptive-Analytical Method)، القائم على وصف ظاهرة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية وتحليل العلاقة الكمية بين هذا الاستخدام والمتغيرات التابعة (جودة القرار التشغيلي وسرعته ومعدل تأخر الرحلات)، باستخدام أداة استبيان مُصمَّمة لهذا الغرض ومُعالَجة إحصائياً ببرنامج SPSS.

### خطة البحث وخطوات التنفيذ

| المرحلة                 | الإجراء المقترح                                                                                          | الجهة المسؤولة          | المخرج/المشار                                 |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
| التحكيم                 | عرض الأداة النهائية على محكمين أكاديميين ومتخصصين تشغيليين وتعديلها بناءً على ملاحظاتهم.                 | الباحث والمحكمون        | نسخة استبيان محكمة                            |
| الموافقات               | الحصول على موافقة لجنة أخلاقيات البحث بالجامعة والموافقة الإدارية من مركز IOCC.                          | الباحث وإدارة IOCC      | خطابات / تصاريح موافقة                        |
| التجربة الاستطلاعية     | تطبيق Pilot Study على 10-15 مشاركاً لتعديل العبارات الغامضة وحساب ثبات مبدئي.                            | الباحث                  | نسخة استبيان نهائية معدلة                     |
| التطبيق الميداني        | إرسال الاستبيان إلكترونياً (عبر Microsoft Forms) لجميع أفراد مجتمع الدراسة (حصر شامل) خلال الفصل الثالث. | الباحث بالتنسيق مع IOCC | أعلى نسبة استجابة ممكنة (تقريباً 50-90 مفردة) |
| التحليل                 | ترميز البيانات وتحليلها إحصائياً في SPSS واختبار الفرضيات.                                               | الباحث                  | جداول نتائج واختبار فرضيات                    |
| صياغة النتائج والمناقشة | تحويل النتائج والمناقشة إلى توصيات تشغيلية قابلة للتطبيق.                                                | الباحث                  | فصلا النتائج والمناقشة                        |

جدول (3): خطة البحث وخطوات التنفيذ

### محددات منهجية: تحيز المصدر المشترك

بما أن المتغير المستقل (استخدام الأنظمة التنبؤية) والمتغيرات التابعة (جودة وسرعة القرار) تُقاس جميعاً من خلال أداة استبيان ذاتية واحدة تُطبَّق على نفس الأفراد في نفس الوقت، فإن الدراسة عرضة لما يُعرف بتحيز المصدر المشترك (Common Method Bias)، بوصفه أحد أبرز تهديدات صدق الدراسات السلوكية المعتمدة على الاستبيان الذاتي (Podsakoff, MacKenzie, Lee & Podsakoff, 2003). وللتخفيف من هذا التهديد، سيعتمد البحث على ترتيب عشوائي لعبارات محاور الاستبيان، إضافة إلى مقارنة الإدراك الذاتي للمشاركين ببيانات الأداء التشغيلي التاريخية الفعلية (مؤشرات الالتزام بالمواعيد) كمصدر بيانات مستقل للتحقق التقاربي.

### الاعتبارات الأخلاقية لاستخدام الذكاء الاصطناعي في إجراء البحث

يلتزم الباحث بالإفصاح عن أي استخدام لأدوات الذكاء الاصطناعي في مراحل تنظيم أو صياغة هذه الخطة، وبضمان عدم اعتماد مخرجات هذه الأدوات كمصدر وحيد للنتائج دون تحقق علمي وإحصائي مستقل، تماشياً مع أخلاقيات البحث العلمي (جراد، 2025).

## 11. مجتمع وعينة الدراسة

يتكون مجتمع الدراسة من العاملين في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) بالخطوط الجوية العربية السعودية، بمختلف مستوياتهم الوظيفية ومناوباتهم التشغيلية (منسقو عمليات، مشرفو مناوبات، رؤساء وحدات تشغيلية). وبالتنسيق المباشر مع إدارة المركز، تبين أن حجم هذا المجتمع غير مُعلن رسمياً في وثائق منشورة، إلا أن التقدير التقريبي الذي حصل عليه الباحث من الإدارة يتراوح بين 50 و90 موظفاً تشغيلياً.

ولضمان كفاية حجم العينة لتطبيق تحليل الانحدار المتعدد، يُستخدم كمعيار مرجعي قاعدة  $N \geq 50 + 8m$  (Tabachnick & Fidell, 2013) حيث  $m$  يمثل عدد المتغيرات المتنبئة (3 أبعاد للمتغير المستقل) → حد أدنى مرشد = 74 مفردة. وبمقارنة هذا الحد الأدنى بالتقدير التقريبي لمجتمع الدراسة (50-90)، يتبين أن الحد الأدنى الإحصائي المطلوب (74) يقترب من إجمالي المجتمع نفسه أو يكاد يستوعبه بالكامل في الطرف الأعلى من التقدير، وهو ما يجعل المعاينة الجزئية (اختيار عينة فرعية من المجتمع) غير مجدية عملياً في هذه الحالة.

وعليه، يُعدّل أسلوب اختيار العينة من العينة العشوائية الطبقية إلى أسلوب الحصر الشامل (Total Population / Census Survey)، بحيث يُستهدف تطبيق الاستبيان على جميع العاملين التشغيليين في مركز القيادة دون استبعاد، مع تصنيف الاستجابات لاحقاً حسب الفئة الوظيفية ونوع المناوبة لأغراض اختبار الفرضية الرابعة (H4). ويبقى معيار Tabachnick & Fidell قائماً كمعيار تحقق (Validity Check): فحتى عند تطبيق الحصر الشامل، تبقى نسبة الاستجابة الفعلية المتحققة لا حجم المجتمع النظري هي المحدد الأهم لكفاية القوة الإحصائية لتحليل الانحدار، وسيُسعى لتحقيق أعلى نسبة استجابة ممكنة تقترب من 100% من المجتمع المستهدف.

## 12. أداة الدراسة

### تعريف إجرائي دقيق لموضوع القياس

بناءً على التأكد الميداني من إدارة مركز القيادة (القسم 8 أعلاه)، تُشير عبارات الاستبيان إلى النظام التنبؤي بوصفه النظام الهجين (التشغيلي/التحليلي) المعتمد حالياً فعلياً في مركز القيادة، لا نظاماً تنبؤياً قائماً بالكامل على الذكاء الاصطناعي. وقد صيغت عبارات الجزء الثاني من الاستبيان بحياد كافٍ مثل "الأنظمة المستخدمة حالياً في عملي" بدلاً من "النظام الذكي بالكامل" لتُقاس درجة الاستفادة من المستوى الراهن للنظام كما هو، لا من نظام مثالي مفترض، بما يحافظ على صدق القياس (Construct Validity).

- الجزء الأول: البيانات الوظيفية الأساسية (المسمى الوظيفي، سنوات الخبرة، نوع المناوبة)، إضافة إلى مؤشرين سياقيين: عدد الرحلات/الحالات التشغيلية التي يتعامل معها يومياً تقريباً، ودرجة استخدام الأنظمة التشغيلية الرقمية عموماً في العمل اليومي.
- الجزء الثاني: مقياس ليكرت الخماسي لدرجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية (10 بنود)، يقيس أبعاد دقة التنبؤ وسهولة الاستخدام والتكامل مع الأنظمة القائمة.
- الجزء الثالث: مقياس ليكرت الخماسي لجودة وسرعة القرار التشغيلي (6 بنود).
- الجزء الرابع: مقياس ليكرت الخماسي لأثر الأنظمة التنبؤية على تأخر الرحلات (6 بنود)، مع الاستناد في تصنيف أسباب التأخير إلى أكواد التأخير المعيارية لمنظمة النقل الجوي الدولي (IATA, 2012).

### اختبارات الصدق والثبات

سيتم التحقق من الصدق الظاهري للأداة من خلال عرضها على مجموعة من المحكمين الأكاديميين والمتخصصين في عمليات الطيران، وإجراء تطبيق استطلاعي محدود (Pilot Study) لتعديل أي عبارة غامضة. كما سيُحسب معامل ألفا كرونباخ (Cronbach's Alpha) للتحقق من ثبات الأداة، على أن يُعتمد كحد أدنى مقبول معامل لا يقل عن 0.70 (Sekaran & Bougie, 2016).

## 13. أساليب التحليل الإحصائي

- سيتم استخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS لمعالجة البيانات المجمعة وفق الأساليب التالية:
- التحليل الوصفي (المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية) لوصف درجة استخدام الأنظمة التنبؤية.
- إعداد مصفوفة ارتباط بيرسون شاملة (Correlation Matrix) بين جميع متغيرات الدراسة (الأبعاد الفرعية الثلاثة للمتغير المستقل، والمتغير المستقل المركب، والمتغيرات التابعة الثلاثة)، لوصف العلاقات الثنائية بين المتغيرات أولاً، والتحقق من عدم وجود تعدد ارتباط خطي مرتفع (Multicollinearity) بين الأبعاد الفرعية الثلاثة قبل إدخالها كمتنبئات في تحليل الانحدار المتعدد (يُعتمد عموماً أن الارتباط بين متنبئين لا ينبغي أن يتجاوز 0.80-0.85 لتجنب هذا التهديد).
- اختبار فرضيات H1 و H2 و H3 تحديداً عبر معامل ارتباط بيرسون بين المتغير المستقل المركب وكل متغير تابع على حدة، استناداً إلى مصفوفة الارتباط أعلاه.
- تحليل الانحدار المتعدد (Multiple Regression) لقياس قوة وأثر المتغير المستقل على المتغيرات التابعة، بعد التحقق من سلامة افتراضاته (الخطية، التوزيع الطبيعي للبواقي، وعدم تعدد الارتباط الخطي المرتفع).
- اختبار (T-Test) وتحليل التباين (ANOVA) لاختبار الفرضية H4 وفقاً للمتغيرات الوظيفية.

### مصفوفة الربط بين أسئلة الدراسة والفرضيات والتحليل

توضح المصفوفة التالية الربط المباشر بين كل سؤال من أسئلة الدراسة، والفرضية المقابلة له، والمتغيرات المختبرة، والأسلوب الإحصائي المستخدم، والمخرج المتوقع من التحليل:

| سؤال الدراسة                   | الفرضية | المتغيرات المختبرة         | التحليل الإحصائي                | المخرج المتوقع        |
|--------------------------------|---------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| مستوى استخدام الأنظمة التنبؤية | —       | أبعاد الاستخدام الثلاثة    | وصفي: متوسطات وانحرافات معيارية | تحديد مستوى الاستخدام |
| أثر الاستخدام على جودة القرار  | H1      | الاستخدام ← جودة القرار    | Pearson + Regression            | قبول/عدم رفض H1       |
| أثر الاستخدام على سرعة القرار  | H2      | الاستخدام ← سرعة القرار    | Pearson + Regression            | قبول/عدم رفض H2       |
| أثر الاستخدام على تأخر الرحلات | H3      | الاستخدام ← انخفاض التأخير | Pearson + Regression            | قبول/عدم رفض H3       |
| الفروق حسب المتغيرات الوظيفية  | H4      | الخبرة / المسمى / المناوبة | T-Test / ANOVA                  | تحديد الفروق الدالة   |

جدول (4): مصفوفة الربط بين أسئلة الدراسة والفرضيات والتحليل الإحصائي

### ملاحظة منهجية

يُختبر أثر الاستخدام في الفرضيات H1-H3 "كمُتغير مستقل مركب" (Composite)، على أن يُستكشف أيضاً الأثر التفصيلي لكل بُعد فرعي (دقة التنبؤ، سهولة الاستخدام، التكامل) على كل متغير تابع عبر معاملات الانحدار (Beta) في جدول المعاملات بالفصل الرابع، دون افتراض مسبق بوجود علاقة حصرية (1:1) بين بُعد فرعي معين ومتغير تابع معين، وذلك لتجنب افتراض نظري غير مُبرر قبل التحقق التجريبي.

## 14. حدود الدراسة

### (أ) المجال البشري

يضم مجتمع الدراسة العاملين التشغيليين في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) من مستوى المنسقين فما فوق، ويُقدَّر عددهم تقريباً بين 50 و90 موظفاً (تقدير غير رسمي من إدارة المركز، إذ لا يوجد إعلان رسمي منشور لحجم المجتمع). أسلوب المعاينة: حصر شامل (Census) لجميع أفراد المجتمع بدلاً من عينة جزئية، نظراً لصغر حجم المجتمع مقارنة بالحد الأدنى الإحصائي المرشد (74 مفردة وفق Tabachnick & Fidell، 2013 — التفصيل الكامل في القسم 11 أعلاه).

### (ب) المجال المكاني

مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC) التابع للخطوط الجوية العربية السعودية، دون تعميم النتائج تلقائياً على مراكز قيادة عمليات أخرى أو نواقل جوية أخرى.

### (ج) المجال الزمني

- فترة جمع البيانات: الفصل الدراسي الثالث من البرنامج (التطبيق الميداني الفعلي للاستبيان وجمع الردود)، عام 1447هـ/2026م.
- فترة الدراسة الإجمالية: 1447-1448هـ (2026-2027م)، من بدء إعداد خطة المشروع البحثي في الفصل الثاني وحتى التسليم النهائي للأطروحة بعد التحليل والمناقشة في الفصل الثالث، مع استخدام بيانات أداء تاريخية مرجعية من عام 2025م لغرض المقارنة فقط.

## 15. المراجع

كل مرجع أدناه مرفق برابط فعلي قابل للنقر يتيح للقارئ أو لجنة المناقشة التحقق المباشر من وجوده وصحته. الروابط من نوعين: رابط DOI مباشر للدراسات والتقارير الحديثة، ورابط بحث Google Scholar للكتب والمراجع النظرية الكلاسيكية التي لا تملك صفحة ويب رسمية وجيدة (وهي وسيلة تحقق حقيقية وشائعة أكاديمياً، لا رابطاً مباشراً للنص الكامل).

| م  | المرجع                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | AlBassam, S. A. A., & AlShahrani, D. N. (2025). Flight delay prediction: Evaluating machine learning algorithms for enhanced accuracy. PLOS One, 20(12), e0335141. <a href="https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335141">https://doi.org/10.1371/journal.pone.0335141</a>                                                                                                      |
| 2  | Brynjolfsson, E., Hitt, L. M., & Kim, H. H. (2011). Strength in numbers: How does data-driven decisionmaking affect firm performance? Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS 2011). <a href="https://doi.org/10.2139/ssrn.1819486">https://doi.org/10.2139/ssrn.1819486</a>                                                                   |
| 3  | Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=Perceived+usefulness+perceived+ease+of+use+Davis+1989+MIS+Quarterly">https://scholar.google.com/scholar?q=Perceived+usefulness+perceived+ease+of+use+Davis+1989+MIS+Quarterly</a> |
| 4  | Federal Aviation Administration / NEXTOR. (2020). Cost of delay estimates, as cited in Airlines for America's U.S. Passenger Carrier Delay Costs dataset. <a href="https://www.airlines.org/dataset/u-s-passenger-carrier-delay-costs">https://www.airlines.org/dataset/u-s-passenger-carrier-delay-costs</a>                                                                   |
| 5  | Hatipoğlu, I., & Tosun, Ö. (2024). Predictive modeling of flight delays at an airport using machine learning methods. Applied Sciences, 14(13), 5472. <a href="https://doi.org/10.3390/app14135472">https://doi.org/10.3390/app14135472</a>                                                                                                                                     |
| 6  | International Air Transport Association [IATA]. (2012). Airport handling manual: Standard IATA delay codes (AHM 730). <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=Airport+Handling+Manual+IATA+AHM+730+2012">https://scholar.google.com/scholar?q=Airport+Handling+Manual+IATA+AHM+730+2012</a>                                                                               |
| 7  | Kovynyov, I., & Mikut, R. (2018). Digital transformation in airport ground operations [Preprint]. arXiv:1805.09142. <a href="https://arxiv.org/abs/1805.09142">https://arxiv.org/abs/1805.09142</a>                                                                                                                                                                             |
| 8  | Marevac, E., Kadušić, E., Živić, N., Hamzić, D., & Hadžajlić, N. (2025). Data-driven predictive analytics for dynamic aviation systems: Optimising fleet maintenance and flight operations through machine learning. Future Internet, 17(11), 508. <a href="https://doi.org/10.3390/fi17110508">https://doi.org/10.3390/fi17110508</a>                                          |
| 9  | Newell, A., & Simon, H. A. (1972). Human problem solving. Prentice-Hall. <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=Human+Problem+Solving+Newell+Simon+1972">https://scholar.google.com/scholar?q=Human+Problem+Solving+Newell+Simon+1972</a>                                                                                                                                |
| 10 | Olarinde, H. (2025). Flight delay detection [Bachelor's thesis, Lapland University of Applied Sciences]. Theseus. <a href="https://www.theseus.fi/handle/10024/891107">https://www.theseus.fi/handle/10024/891107</a>                                                                                                                                                           |
| 11 | Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. Journal of Applied Psychology, 88(5), 879–903. <a href="https://doi.org/10.1037/0021-">https://doi.org/10.1037/0021-</a>                                                                  |

| م  | المرجع                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-031-71590-7_14">9010.88.5.879</a>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12 | Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). Research methods for business: A skill-building approach (7th ed.). Wiley. <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=Research+Methods+for+Business+Sekaran+Bougie+2016">https://scholar.google.com/scholar?q=Research+Methods+for+Business+Sekaran+Bougie+2016</a> |
| 13 | Stark, J. (2025). Digital transformation of an airport. In Digital Transformation of Industry (pp. 73–77). Springer, Cham. <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-031-71590-7_14">https://doi.org/10.1007/978-3-031-71590-7_14</a>                                                                       |
| 14 | Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using multivariate statistics (6th ed.). Pearson Education. <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=Using+Multivariate+Statistics+Tabachnick+Fidell+2013">https://scholar.google.com/scholar?q=Using+Multivariate+Statistics+Tabachnick+Fidell+2013</a> |
| 15 | von Bertalanffy, L. (1968). General system theory: Foundations, development, applications. George Braziller. <a href="https://scholar.google.com/scholar?q=General+System+Theory+von+Bertalanffy+1968">https://scholar.google.com/scholar?q=General+System+Theory+von+Bertalanffy+1968</a>               |
| 16 | الهيئة العامة للطيران المدني. (2025). التقرير الشهري لالتزام المطارات والناقلات الوطنية بأوقات الرحلات (تقريراً مايو وأغسطس 2025). <a href="https://gaca.gov.sa">https://gaca.gov.sa</a>                                                                                                                 |
| 17 | الهيئة العامة للطيران المدني. (2026). دور المملكة الريادي في تطوير استراتيجيات الطيران العالمي ومستهدفات الاستراتيجية الوطنية للطيران ورؤية 2030 [خبر صحفي]. <a href="https://gaca.gov.sa">https://gaca.gov.sa</a>                                                                                       |
| 18 | جراد، فايز. (2025). مفاهيم وأخلاقيات البحث العلمي (مقرر RPC001). جامعة ميد أوشن (مادة تدريسية داخلية، لا رابط عام متاح لها).                                                                                                                                                                             |

## ملحق (1): استبانة الدراسة

تُعرض أدناه الصيغة الكاملة لأداة الدراسة الموصوفة في القسم 12 (أداة الدراسة)، مُعدّة للتطبيق الإلكتروني عبر Microsoft Forms بعد عرضها على المحكمين الأكاديميين والمتخصصين التشغيليين وإجراء التجربة الاستطلاعية (Pilot Study) المشار إليهما في القسم 10 أعلاه.

تنويه للمشارك: تشير عبارة "الأنظمة المستخدمة حالياً في عملي" في جميع عبارات الجزأين الثاني والثالث والرابع إلى الأنظمة التشغيلية/التحليلية المعتمدة فعلياً في مركز قيادة العمليات الأرضية (IOCC)، وليس إلى نظام تنبؤي مثالي مفترض.

### الجزء الأول: البيانات الوظيفية الأساسية

- المسمى الوظيفي: (منسق عمليات / مشرف مناوبة / رئيس وحدة تشغيلية / أخرى)
- سنوات الخبرة: (أقل من 3 سنوات / من 3 إلى أقل من 7 سنوات / من 7 إلى أقل من 10 سنوات / 10 سنوات فأكثر)
- نوع المناوبة: (صباحية / مسائية / ليلية / منوبات متغيرة)
- عدد الرحلات أو الحالات التشغيلية التي تتعامل معها يومياً تقريباً: (أقل من 10 / 10 إلى 20 / 21 إلى 40 / أكثر من 40)
- درجة استخدامك للأنظمة التشغيلية الرقمية عموماً في عملك اليومي: (مقياس من 1 "نادراً" إلى 5 "دائماً")

### الجزء الثاني: درجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية (10 عبارات)

يُجاب عن كل عبارة أدناه وفق مقياس ليكرت الخماسي: (1) لا أوافق بشدة، (2) لا أوافق، (3) محايد، (4) أوافق، (5) أوافق بشدة.

#### أ) دقة التنبؤ (عبارات 1-4)

#### ب) سهولة الاستخدام (عبارات 5-7)

#### ج) التكامل مع الأنظمة القائمة (عبارات 8-10)

| م  | العبارة                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | تُقدّم الأنظمة المستخدمة حالياً في عملي تنبؤات دقيقة حول احتمالية تأخر الرحلات.       |
| 2  | تساعدني الأنظمة الحالية في التنبؤ المبكر بالمشكلات التشغيلية قبل وقوعها.              |
| 3  | أثق في دقة المخرجات التي تقدمها الأنظمة التنبؤية المستخدمة في مركز القيادة.           |
| 4  | تنخفض نسبة الأخطاء في قراراتتي عند الاعتماد على مخرجات هذه الأنظمة.                   |
| 5  | أجد الأنظمة المستخدمة حالياً في عملي سهلة الفهم والتعامل.                             |
| 6  | أستطيع الوصول إلى المعلومات التي أحتاجها من هذه الأنظمة بسرعة عند الحاجة.             |
| 7  | لا أحتاج إلى جهد أو تدريب إضافي كبير لاستخدام هذه الأنظمة في مهام اليومية.            |
| 8  | تتكامل الأنظمة التنبؤية المستخدمة بشكل جيد مع أنظمة العمل الأخرى في مركز القيادة.     |
| 9  | تنتقل البيانات بسلاسة بين هذه الأنظمة والأنظمة التشغيلية الأخرى التي أستخدمها.        |
| 10 | لا أواجه تعارضاً أو ازدواجية عند استخدام هذه الأنظمة إلى جانب الأنظمة الأخرى في عملي. |

ملحق جدول (1): عبارات الجزء الثاني - درجة استخدام الأنظمة التنبؤية الذكية

### الجزء الثالث: جودة وسرعة القرار التشغيلي (6 عبارات)

يُجاب عن كل عبارة أدناه وفق نفس مقياس ليكرت الخماسي الموضح أعلاه.

#### (أ) جودة القرار التشغيلي (عبارات 1-3)

#### (ب) سرعة القرار التشغيلي (عبارات 4-6)

| م | العبارة                                                                                 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | تساعدني الأنظمة التنبؤية المستخدمة في اتخاذ قرارات تشغيلية أكثر دقة.                    |
| 2 | تحسّنت جودة قراراتتي التشغيلية منذ اعتمادي على مخرجات هذه الأنظمة.                      |
| 3 | أشعر بثقة أكبر في قراراتتي التشغيلية عند استنادها إلى معطيات هذه الأنظمة.               |
| 4 | تُمكنني هذه الأنظمة من اتخاذ القرار التشغيلي بشكل أسرع مقارنة بالاعتماد على الخبرة فقط. |
| 5 | تقلّل هذه الأنظمة من الوقت الذي أحتاجه لتقييم الموقف التشغيلي قبل اتخاذ القرار.         |
| 6 | أستطيع الاستجابة بشكل أسرع للمواقف التشغيلية الطارئة بفضل هذه الأنظمة.                  |

ملحق جدول (2): عبارات الجزء الثالث - جودة وسرعة القرار التشغيلي

### الجزء الرابع: أثر الأنظمة التنبؤية على تأخر الرحلات (6 عبارات)

يُجاب عن كل عبارة أدناه وفق نفس مقياس ليكرت الخماسي الموضح أعلاه. تستند العبارات في تصنيف أسباب التأخير إلى أكواد التأخير المعيارية لمنظمة النقل الجوي الدولي (IATA, 2012).

| م | العبارة                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | ساهم استخدام هذه الأنظمة في تقليل عدد حالات تأخر الرحلات ضمن نطاق عملي.                                           |
| 2 | تساعدني هذه الأنظمة على تحديد الأسباب المحتملة للتأخير (وفق تصنيف أكواد التأخير القياسية لمنظمة IATA) قبل وقوعها. |
| 3 | أصبحت قادراً على اتخاذ إجراءات استباقية لتفادي التأخير بفضل التنبؤات التي توفرها هذه الأنظمة.                     |
| 4 | ساهمت هذه الأنظمة في تحسين التزام الرحلات بمواعيدها المقررة ضمن نطاق مسؤوليتي.                                    |
| 5 | أدى استخدام هذه الأنظمة إلى تقليل حالات التأخير الناتجة عن سوء التنسيق بين الإدارات التشغيلية.                    |
| 6 | بشكل عام، أرى أن استخدام الأنظمة التنبؤية أثر إيجاباً على مستوى الالتزام بمواعيد الرحلات في مركز القيادة.         |

ملحق جدول (3): عبارات الجزء الرابع - أثر الأنظمة التنبؤية على تأخر الرحلات

شكراً لمشاركتكم في هذه الدراسة. جميع الإجابات ستستخدم لأغراض البحث العلمي فقط وستُعامل بسرية تامة.