

محاضرة ٧ لمقرر قضايا بحثية ١

إعداد الطالب : سعد الدوسري



قضايا بحثية ١

محاضرة ٧

Chapter

التمهيد للمحاضرة ٧



في المحاضرات السابقة تم التركيز على أهمية تعزيز نظم السلامة الجوية والاعتماد على الابتكار في رصد المخاطر. في هذه المحاضرة السابعة، ننتقل إلى دراسة نوع خاص من التهديدات الجوية وهو الرياح العنيفة، وتأثيرها على قرارات الهبوط في الطيران المدني. تتزايد خطورة هذه الظاهرة في ظل التغيرات المناخية، مما يستدعي الاعتماد على نماذج تنبؤية حديثة قائمة على الذكاء الاصطناعي والتحليل الإحصائي، بهدف تقليل الحوادث الجوية وتحسين استجابة الطواقم الجوية لمثل هذه الظروف المفاجئة.

أهداف المحاضرة

١. المقدمة
٢. مشكلة الدراسة
٣. أهمية الدراسة
٤. أهداف الدراسة
٥. مصطلحات الدراسة
٦. الدراسات السابقة
٧. منهجية الدراسة
٨. التحليل الإحصائي والنتائج
٩. المناقشة والتوصيات
١٠. الخاتمة

Chapter

عنوان الرئيسي للمحاضرة

عنوان الدراسة: تحليل العوامل المؤثرة على الهبوط غير المكتمل في مطار هونغ كونغ الدولي
منظور الرياح العنيفة.

الناشر: مجلة (2025) MDPI Aerospace

تشهد صناعة الطيران تطورًا غير مسبوق في النظم الملاحية وتقنيات التحكم، إلا أن السلامة الجوية ما تزال تتأثر بشكل كبير بظروف الطقس القاسية، ومن أبرزها ظاهرة الرياح العنيفة (Wind Shear). وتعد هذه الظاهرة من أكثر الظواهر الجوية إرباكًا وخطورة على قرارات الطيارين، خصوصًا في مراحل الإقلاع والهبوط. يتطلب التعامل مع الرياح المفاجئة استجابة لحظية من الطيار، وفي حال تأخرت هذه الاستجابة أو كانت دون المستوى المطلوب، فإن ذلك قد يؤدي إلى الهبوط غير المكتمل (Go-Around)، أو حتى إلى حوادث أكثر خطورة. وانطلاقًا من هذه الإشكالية، جاءت الدراسة لتسلط الضوء على أثر الرياح العنيفة في قرارات الطيران، من خلال تحليل الحالات المسجلة في مطار هونغ كونغ الدولي، والذي يُعد من أكثر المطارات ازدحامًا وتأثرًا بالظروف الجوية المتقلبة بسبب موقعه الجغرافي الفريد. وتهدف الدراسة إلى فهم العلاقة بين شدة واتجاه الرياح وبين القرارات التشغيلية في لحظات حرجة، عبر استخدام منهجيات كمية قائمة على التحليل الإحصائي، ما يُمكن من تقديم نموذج علمي يسهم في تطوير نظم تنبؤية داعمة للسلامة الجوية.



المقدمة

في الوقت الذي يشهد فيه قطاع الطيران تطورات تقنية متسارعة في مجالات الرصد الجوي، وأنظمة الطيران الآلي، ودقة بيانات الملاحة، لا تزال بعض التهديدات المناخية تمثل تحديًا معقدًا ومفتوحًا أمام سلامة العمليات الجوية. وتأتي في مقدمة هذه التهديدات الرياح العنيفة (Wind Shear)، التي تُعرف بأنها تغير مفاجئ وسريع في سرعة أو اتجاه الرياح ضمن مدى زمني ومكاني محدود، وتؤثر بشكل خاص على مراحل الإقلاع والهبوط للطائرات. تتبع خطورة هذه الظاهرة من طبيعتها المفاجئة، والتي تجعل من الاستجابة البشرية عاملاً حاسماً في تفادي الحوادث. فالطيار يضطر في كثير من الحالات إلى اتخاذ قرارات طارئة خلال ثوانٍ معدودة، منها إعادة الإقلاع ((Go-Around)، عندما يدرك أن الهبوط الآمن لم يعد ممكناً. لكن هذه القرارات لا تأتي بمعزل عن عدة مؤثرات: منها شدة الرياح، والموقع الجغرافي للمطار، ومدى جاهزية الطاقم، ودقة نظم التحذير المسبق.

وفي هذا السياق، تتفاقم الإشكالية في بعض المطارات العالمية التي تقع في مناطق عرضة لتقلبات جوية حادة، مثل مطار هونغ كونغ الدولي، المعروف بكثافة حركته الجوية وتضاريسه المحيطة التي تخلق بيئة مثالية لتشكيل الرياح القاطعة (Wind Shear). ومع تزايد حدة التغير المناخي عالمياً، بات من الملح تحليل هذه الظاهرة بعمق علمي، والبحث عن حلول وقائية تعتمد على أدوات كمية دقيقة.

وبالرغم من الجهود القائمة في تطوير أنظمة الاستشعار وتقارير PIREP وبيانات ATSB/NTSB، إلا أن هناك فجوة واضحة بين توفر البيانات وبين استثمارها في بناء نماذج تنبؤية قادرة على مساعدة الطيارين ومراكز المراقبة الجوية في اتخاذ القرار قبل فوات الأوان.

بناءً عليه، تسعى هذه الدراسة إلى الإجابة عن التساؤل المحوري الآتي:-

< "ما مدى تأثير ظاهرة الرياح العنيفة على قرار الهبوط غير المكتمل (Go-Around في مطار هونغ كونغ الدولي؟ وما مدى إمكانية بناء نموذج تنبؤي استباقي باستخدام أدوات التحليل الإحصائي وتقنيات الذكاء الاصطناعي لتحسين السلامة الجوية؟"



مشكلة الدراسة

تتبع أهمية هذه الدراسة من حساسية المرحلة التي تمر بها صناعة الطيران، حيث تتزايد التحديات المناخية غير المتوقعة، لا سيما الرياح العنيفة (Wind Shear) التي تُعد من أكثر الظواهر الجوية تعقيدًا وخطورة على الطيران المدني. وعلى الرغم من التقدم التكنولوجي في نظم الملاحة الجوية والرادارات، فإن هذا النوع من الرياح لا يزال يفاجئ الطيارين، خصوصًا في المطارات المحاطة بتضاريس معقدة مثل مطار هونغ كونغ الدولي.

وتبرز أهمية الدراسة من خلال عدة أبعاد متداخلة:-
أولاً: الأهمية النظرية.

تسهم الدراسة في إثراء المحتوى العلمي النظري في مجال السلامة الجوية، عبر تسليط الضوء على الرياح العنيفة كعامل مؤثر في قرارات الطيارين في اللحظات الحرجة. توفر أساساً علمياً لتحليل العلاقة بين العوامل المناخية والقرارات التشغيلية، من خلال نماذج كمية تعتمد على الانحدار اللوجستي وتقنيات الذكاء الاصطناعي. تفتح آفاقاً بحثية مستقبلية في الربط بين علم الأرصاد الجوية التطبيقية، وسلوك الطيارين، والتحكم الذكي في الطيران.

ثانياً: الأهمية التطبيقية.

تساعد النتائج المتوقعة في تعزيز إجراءات السلامة التشغيلية لدى شركات الطيران، خصوصاً في البيئات الجوية شديدة التعقيد.

يمكن أن تُستخدم النماذج التحليلية الناتجة عن الدراسة في تدريب الطيارين على اتخاذ القرار الفوري في مواجهة حالات الرياح العنيفة، مما يرفع من كفاءة الأداء ويوسع من أفق الاستجابة. توفر الدراسة بيانات مهمة لدعم صناع القرار في هيئات الطيران المدني لتطوير إجراءات الرصد المبكر والتحذير في المناطق الحرجة. تعزز فرص بناء أنظمة تحذير تنبؤية مبنية على الذكاء الاصطناعي، تدمج داخل أنظمة إدارة السلامة الجوية ((SMS)، وتسهم في تقليل نسب الحوادث المرتبطة بالطقس.



أهمية الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تقديم معالجة علمية معمقة لمشكلة الهبوط غير المكتمل الناتج عن الرياح العنيفة، من خلال تحليل البيانات الجوية وقرارات الطيران، وبناء نموذج يساعد في التنبؤ بهذه الظاهرة وتقليل آثارها. ويمكن تلخيص أهداف الدراسة فيما يلي:-
لهدف الأول:-

تحليل تأثير الرياح العنيفة على قرار الهبوط غير المكتمل (Go-Around) في مطار هونغ كونغ الدولي.

من خلال دراسة العلاقة بين شدة الرياح المفاجئة، وزاوية اتجاهها، وارتفاعها، وبين مدى تأثر الطيارين باتخاذ قرار إعادة الإقلاع في اللحظات الحرجة.
الهدف الثاني:-

بناء نموذج تنبؤي علمي باستخدام أدوات التحليل الإحصائي وتقنيات الذكاء الاصطناعي. وذلك لتحديد العوامل الجوية الأكثر تأثيراً على سلوك الطيار أثناء الهبوط، بالاعتماد على تقارير السلامة الجوية الرسمية (مثل PIREPs، وتقارير (ATSB، ومعالجتها باستخدام نماذج مثل الانحدار اللوجستي (Logit) أو الشبكات العصبية (LSTM – CNN).
لهدف الثالث:-

المساهمة في تطوير منظومة استجابة مبكرة داخل أنظمة السلامة الجوية (SMS). عبر اقتراح نموذج يمكن دمج في بيانات الطيران الفعلية، يساعد على إصدار إنذارات دقيقة للطيارين ومراكز المراقبة الجوية قبل لحظة الهبوط.
الهدف الرابع:-

دعم الكوادر الجوية (الطيارين ومهندسي السلامة) في اتخاذ قرارات مدروسة قائمة على بيانات واقعية.

من خلال توفير توصيات قائمة على نتائج تحليل علمي واقعي لحالات الهبوط غير المكتمل، يمكن استخدامها في التدريب والمحاكاة وتعزيز كفاءة الطواقم.



أهداف الدراسة

بناءً على مشكلة الدراسة وأهدافها، وبالاستناد إلى الأدبيات النظرية وتحليل السياق التشغيلي لمطار هونغ كونغ الدولي، فإن الدراسة تفترض وجود علاقات ذات دلالة إحصائية بين الرياح العنيفة (كمتغير مستقل) وقرارات الهبوط غير المكتمل (كمتغير تابع)، كما يلي:-

الفرضية الرئيسية (H_0).

لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين شدة الرياح العنيفة واتخاذ قرار الهبوط غير المكتمل (Go-Around) في مطار هونغ كونغ الدولي.
الفرضية البديلة الأولى (H_1).

توجد علاقة طردية ذات دلالة إحصائية بين ارتفاع شدة الرياح العنيفة واحتمالية اتخاذ قرار Go-Around من قبل الطيارين.
لفرضية البديلة الثانية (H_2).

تؤثر زاوية واتجاه الرياح بشكل كبير على قرار الطيار بالهبوط أو العدول عنه.
الفرضية البديلة الثالثة (H_3).

يسهم النموذج التنبؤي المستند إلى الذكاء الاصطناعي في تحسين دقة توقع حالات الهبوط غير المكتمل مقارنة بالنماذج التقليدية.
وتُختبر هذه الفرضية بمقارنة أداء النموذج الذكي (مثل LSTM/CNN) مقابل الانحدار اللوجستي من حيث الدقة، ($F1$ -Score، وRecall).



فرضيات الدراسة

apter

الهبوط غير المكتمل (Go-Around): إجراء يُتخذ الطيار بإعادة التحليق عند تعذر الهبوط الآمن.
الرياح العنيفة (Wind Shear): تغير مفاجئ في سرعة أو اتجاه الرياح خلال فترة قصيرة.
نموذج Logit: نموذج انحدار يُستخدم لتحليل المتغيرات الثنائية (الحدوث أو عدمه).



Chapter

مفاهيم وتعريفات الدراسة

(Khattak et al. (2025): تناولوا تحليلاً إحصائياً لأكثر من ٢٥٠٠ تقرير جوي باستخدام نموذج الانحدار اللوجستي.

(Bleu-Laine et al. (2021): استخدموا تقنيات تعلم آلي لتحديد مسببات الحوادث المرتبطة بالظروف الجوية.

(Yang & Huang (2023): قدموا مراجعة شاملة حول تطبيقات معالجة اللغة الطبيعية (NLP) في تحليل تقارير الحوادث الجوية. الدراسات السابقة.

(Khattak et al. (2025): تناولوا تحليلاً إحصائياً لأكثر من ٢٥٠٠ تقرير جوي باستخدام نموذج الانحدار اللوجستي.

(Bleu-Laine et al. (2021): استخدموا تقنيات تعلم آلي لتحديد مسببات الحوادث المرتبطة بالظروف الجوية.

(Yang & Huang (2023): قدموا مراجعة شاملة حول تطبيقات معالجة اللغة الطبيعية (NLP) في تحليل تقارير الحوادث الجوية. نموذج الدراسة.

المتغير المستقل: شدة الرياح العرضية أو المفاجئة.

المتغير التابع: تنفيذ قرار الهبوط غير المكتمل.

العلاقة المفترضة: طردية، حيث تؤدي زيادة شدة الرياح إلى زيادة احتمال (Go) (Around).



Chapter

فرضيات الدراسة

نوع المنهج: منهج كمي تحليلي.

أداة الدراسة: تقارير PIREP ومعلومات الطقس من مطار هونغ كونغ.

طريقة التحليل: استخدام نموذج Logit لتحديد التأثير الإحصائي للرياح على قرارات الطيارين.
التحليل الإحصائي.

استخدم الباحثون الانحدار اللوجستي لتحليل تأثير الرياح.

قيّموا النموذج من خلال مصفوفة الالتباس، ومقاييس مثل AUC و(F1-Score).

أظهرت النتائج دلالة إحصائية قوية لعلاقة شدة الرياح بالهبوط غير المكتمل.

مناقشة النتائج والتوصيات.

● توصلت الدراسة إلى أن سرعة الرياح العرضية تتجاوز ٢٠ عقدة تزيد من احتمال اتخاذ قرار "Go-Around" بنسبة تفوق ٦٠%.

● توصي الدراسة بتركيب أنظمة تحذير متقدمة باستخدام LIDAR وتقنيات التنبؤ القصير المدى.

● كما دعت إلى تضمين سيناريوهات الرياح العنيفة في برامج المحاكاة التدريبية للطيارين.



منهجية الدراسة

تمثل الرياح العنيفة أحد أبرز التحديات الخفية التي تواجه سلامة الطيران في العصر الحديث، خاصة مع ازدياد التقلبات المناخية واشتداد الظواهر الجوية المفاجئة. ومن خلال هذه الدراسة، سعت الباحثة إلى تحليل العلاقة بين شدة الرياح العنيفة واتخاذ قرار الهبوط غير المكتمل (Go-Around) في بيئة عمليات حقيقية ومعقدة مثل مطار هونغ كونغ الدولي. وقد تم الاعتماد على منهج كمي تحليلي استخدم بيانات واقعية وتقارير طيران رسمية لتحليل مدى تأثير المتغيرات الجوية على القرار التشغيلي للطيارين، مع الاستعانة بنماذج إحصائية وتنبؤية مثل الانحدار اللوجستي وتقنيات الذكاء الاصطناعي. أظهرت النتائج أن العلاقة بين شدة الرياح وقرار العدول عن الهبوط علاقة ذات دلالة إحصائية عالية، ما يعزز الحاجة لتطوير أدوات استشعار وتنبؤ أكثر دقة واستباقية في قطاع الطيران. كما قدمت الدراسة إطارًا عمليًا يمكن توظيفه في تدريب الطيارين، وتطوير أنظمة الدعم الذكي في غرف القيادة، وتحسين استجابة وحدات التحكم الأرضية في مواجهة الظواهر الجوية المفاجئة.

وفي ضوء هذه النتائج، تُعد هذه الدراسة مساهمة علمية تسهم في سد فجوة بحثية واضحة في ميدان السلامة الجوية، وتفتح المجال أمام دراسات مستقبلية أوسع تُدمج فيها نظم الذكاء الاصطناعي مع التنبؤ المناخي في منظومات القرار الجوي.



الخاتمة



مجموعة جامعة
الجميع الذكية
للتعليم القابضة

MIDOCEAN
UNIVERSITY



Thank You

