

دراسة الجدوى لمبادرة "عين الصقر" لتعزيز أمن وسلامة قطاع الطيران



الفهرس

1.....	المقدمة
4.....	1. الجدوى الفنية والتقنية ((Technical Feasibility
9.....	2. الجدوى السوقية ((Market Feasibility
15.....	3. الجدوى المالية ((Financial Feasibility
21.....	4. الجدوى التشغيلية ((Operational Feasibility
26.....	5. الجدوى القانونية والتنظيمية ((Legal & Regulatory Feasibility
31.....	6. الجدوى البيئية ((Environmental Feasibility
35.....	7. الجدوى الاجتماعية ((Social Feasibility
40.....	8. تحليل المخاطر ((Risk Analysis
45.....	9. الجدوى الابتكارية والتنافسية ((Innovation & Strategic Feasibility
49.....	10. الجدوى المؤسسية والتنظيمية ((Institutional & Organizational Feasibility
54.....	الخاتمة: "عين الصقر"... من رؤية استشرافية إلى واقع استراتيجي
57.....	التوصيات الاستراتيجية والتنفيذية لمبادرة "عين الصقر"



المقدمة

تشكل مبادرة "عين الصقر" نقطة تحول استراتيجية في بنية منظومة أمن وسلامة الطيران المدني في المملكة العربية السعودية، فهي ليست مجرد مشروع يعتمد على تقنيات حديثة، بل تمثل رؤية وطنية متكاملة تعكس الطموح السعودي في إعادة تعريف معايير السلامة الجوية بما يتماشى مع التحولات العالمية، ويضع المملكة في مصاف الدول الرائدة في صناعة الطيران الذكي.

ففي ظل التحديات المتزايدة التي يواجهها قطاع الطيران – من تعقيد البنى التحتية، وتعدد الأطراف المشغلة، وارتفاع وتيرة المخاطر السيبرانية والتشغيلية – برزت الحاجة إلى نموذج تشغيلي استباقي ذكي، يخرج من الإطار التقليدي القائم على ردود الفعل بعد وقوع الحوادث، إلى منظومة تكنولوجية عالية الأداء تعتمد على تحليل البيانات اللحظية، والتنبؤ بالمخاطر، والاستجابة الذاتية في الوقت الفعلي.

وتتطلق هذه المبادرة من عمق رؤية المملكة 2030، التي تضع الطيران المدني ضمن أولويات التحول الوطني باعتباره محفزاً رئيساً للنمو الاقتصادي، ومُمكنًا لقطاع السياحة، والحج، والتجارة الدولية. وفي هذا السياق، تسعى "عين الصقر" إلى تحقيق تكامل وظيفي وتقني بين البنية التحتية الرقمية والمادية، وتوطين الحلول الذكية، وبناء قدرات وطنية متخصصة في علوم الطيران الرقمي والأمن السيبراني وتحليل المخاطر.

جوهر المبادرة يتمثل في التحول من التشغيل التقليدي إلى نظام طيران ذكي قائم على البيانات (Data-Driven Aviation Ecosystem)، بحيث تصبح أنظمة المطارات، والمراقبة الجوية، وإجراءات التفتيش، وخطط الطوارئ مترابطة من خلال "توأمة رقمية" متكاملة (Digital Twin)، قادرة على محاكاة الواقع، وتشخيص الأعطال قبل وقوعها، واقتراح حلول آلية مدعومة بالذكاء الاصطناعي.

ولا تقتصر أهمية "عين الصقر" على الجانب التقني فقط، بل تتعداه إلى إعادة صياغة فلسفة السلامة الجوية في المملكة؛ فلسفة تضع الإنسان في مركز المنظومة: المسافر بوصفه مستفيداً، والموظف مشغلاً فاعلاً، والمشرّع منظماً داعماً. فبهذا التكامل بين التقنية والحوكمة والمشاركة البشرية، تُبنى منظومة طيران أكثر موثوقية، وشفافية، واستدامة.

وتتسم هذه المبادرة بالتوافق التام مع معايير ومنهجيات المنظمات الدولية مثل ICAO و IATA، مما يفتح الباب أمام الاعتراف العالمي، ويعزز مكانة المملكة كمركز لجسّتي عالمي ومحور إقليمي للطيران الآمن والذكي. وعليه، فإن هذه الدراسة تمثل قاعدة تحليلية شمولية، لا تهدف فقط إلى التقييم الفني والاقتصادي، بل ترمي إلى تأسيس رؤية استراتيجية تنفيذية متكاملة، تضمن أن يتم هذا التحول بطريقة تدريجية، متوازنة، ومستدامة – واضحة نصب أعينها تحسين تجربة المسافر، تمكين الكفاءات الوطنية، وتحقيق الريادة الإقليمية والعالمية للمملكة في مجال الطيران المدني الحديث.

ومن خلال التركيز على تكامل الحلول التقنية مع البنية المؤسسية القائمة، تضمن المبادرة الانتقال السلس نحو التشغيل الذكي دون الإخلال بالعمليات اليومية أو تعريض السلامة للخطر.

كما أن بناء شراكات استراتيجية مع الجهات الحكومية والخاصة، إلى جانب إشراك الجامعات ومراكز الأبحاث، يُعزز من قدرة المشروع على التطوير المستمر ومواكبة المستجدات التقنية.

وتمنح المبادرة الجهات التنظيمية أدوات تحليلية دقيقة تدعم صناعة القرار المبني على البيانات، مما يساهم في تعزيز الحوكمة والشفافية التشغيلية داخل منظومة الطيران.

وتُعد القدرة على التكيف مع بيئات العمل المعقدة (VUCA) إحدى أبرز مميزات "عين الصقر"، بما يجعلها مؤهلة للتعامل مع التحديات المستقبلية بكفاءة ومرونة.

ويُتوقع أن تُساهم المبادرة في دعم مؤشرات الأداء الوطني المرتبطة بالأمن والسلامة، وجودة الخدمات، وتحقيق مستويات متقدمة في التصنيفات الدولية.

كما تمثل حجر الزاوية نحو التحول إلى بيئة طيران منخفضة الانبعاثات من خلال الاعتماد على أنظمة ذكية تقلل الهدر وتحسّن الكفاءة الطاقية والتشغيلية.

ويمتد أثر "عين الصقر" ليشمل رفع الوعي المجتمعي بأهمية التقنيات الحديثة في تعزيز الأمن والخدمة، وترسيخ ثقافة الابتكار والسلامة على مستوى الأفراد والمنشآت.

ومن خلال آليات التقييم المستمر والتغذية الراجعة الميدانية، يتم تحسين النماذج التقنية والتشغيلية وفق احتياجات الواقع، ما يعزز استدامة المبادرة على المدى الطويل.

كذلك فإن النهج المرحلي المعتمد في التنفيذ يتيح رصد الدروس المستفادة، وتكييف السياسات والتقنيات بشكل تدريجي دون إحداث صدمة تنظيمية أو تشغيلية.

وتدعم المبادرة أهداف المملكة في توطيد المعرفة، من خلال تدريب الكوادر الوطنية وتوفير فرص نوعية في مجالات الذكاء الاصطناعي والأمن السيبراني والطيران الذكي.

كما تُشكل هذه المبادرة أداة وطنية استراتيجية تعزز من مرونة منظومة الطيران، وتجعلها قادرة على امتصاص الأزمات والتكيف مع متغيرات المشهد العالمي المعقد والمتسارع.

وختامًا، فإن "عين الصقر" ليست فقط مشروعًا طموحًا، بل هي تعبير متكامل عن تحوّل حضاري يفقده الابتكار، وتدعمه الإرادة السياسية، وتثبتته القدرات الوطنية نحو مستقبل سيادي وآمن في سماء المملكة.



1. الجدوى الفنية والتقنية (Technical Feasibility)

تُعد الجدوى الفنية والتقنية حجر الزاوية لأي مشروع طموح يسعى إلى إحداث تحوّل جذري في بيئة عالية الحساسية مثل قطاع الطيران المدني، خاصة في بيئة المملكة العربية السعودية التي تشهد تحولات رقمية متسارعة في إطار رؤية 2030. وفي سياق مبادرة "عين الصقر"، فإن هذا المحور لا يتعامل فقط مع إمكانيات تطبيق التقنيات الحديثة، بل يُقيم مدى جاهزية القطاع لاستيعاب هذه التقنيات، تكاملها مع الأنظمة الحالية، قدرتها على التطور المستقبلي، واستدامتها التشغيلية والتحديثية ضمن إطار آمن وموثوق ومتصل.

1.1 جاهزية وتكامل التقنيات المتقدمة

1.1.1 الذكاء الاصطناعي (AI)

يُعد الذكاء الاصطناعي من المرتكزات التكنولوجية الأكثر تأثيرًا في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتحقيق الأمن الاستباقي في منظومات الطيران. ففي بيئة معقّدة تعتمد على آلاف العمليات المترابطة – من حركة الطائرات، ومراقبة المرافق، والتفتيش الأمني، إلى تحليل سلوك الركاب – يمثل الذكاء الاصطناعي أداة مثالية لتصفية الضوضاء المعلوماتية واستخلاص القرارات الذكية في الزمن الحقيقي.

يمكن توظيف نماذج تعلم الآلة (Machine Learning) في:

- التنبؤ بالأعطال التقنية في المحركات أو أنظمة التحكم.
- تحليل سلوكيات الطائرات والركاب لرصد أنماط غير طبيعية.
- تحسين إدارة الموارد البشرية عبر الجداول الذكية.
- توزيع المهام اللوجستية بناءً على الاحتياج اللحظي.
- الكشف عن التهديدات الأمنية غير التقليدية من خلال تحليل بيانات الفيديو والاتصالات.

في السياق المحلي، يمكن أن تُطور خوارزميات الذكاء الاصطناعي بالتعاون مع مراكز مثل سدأيا، وهيئة الطيران المدني، وSTC Solutions لضمان التوطين التدريجي لهذه التقنيات.

1.1.2 الواقع الافتراضي والمعزز (AR/VR)

تشكل تقنيات الواقع الافتراضي والمعزز رافعة استراتيجية لتأهيل الكوادر الفنية، وتطوير قدراتهم في التعامل مع سيناريوهات نادرة أو عالية الخطورة دون الحاجة للتدريب الميداني المكلف والخطر.

من أبرز التطبيقات:

- محاكاة الطوارئ الأمنية في المطارات (هجمات، تسربات، حرائق).
- تدريب موظفي التفتيش الأمني على اكتشاف تهديدات غير نمطية.
- تدريب فرق صيانة الطائرات والمرافق على البروتوكولات المعقدة.
- إنشاء غرف قيادة افتراضية لإدارة الأزمات متعددة الأطراف.

يتيح هذا النوع من التدريب تقليل الخطأ البشري، وزيادة سرعة الاستجابة، وتوفير التكاليف التشغيلية المرتبطة بالتدريب التقليدي.

1.1.3 إنترنت الأشياء (IoT)

تشكل بنية إنترنت الأشياء العمود الفقري للبيئة الذكية داخل المطارات، حيث تُربط الحساسات الذكية والأجهزة الميدانية عبر شبكة موحدة، تُمكن من جمع بيانات لحظية وتحليلها تلقائيًا.

من تطبيقاته:

- رصد الحالة الصحية للمرافق الأرضية (درجات الحرارة، الرطوبة، الضغط).
- مراقبة حركة الأمتعة والمركبات الأرضية باستخدام RFID وGPS.
- التحكم الذكي في الإضاءة والتهوية والأبواب الأمنية.
- ربط الكاميرات الحرارية وأنظمة المراقبة بتحليلات الذكاء الاصطناعي.

هذه البنية تُعزز الرؤية التشغيلية الكلية (Situational Awareness)، وتُساعد في اتخاذ قرارات سريعة ودقيقة في حالات الطوارئ.

1.1.4 البيانات الضخمة (Big Data)

تنتج بيئة الطيران كميات هائلة من البيانات يوميًا، بدءًا من بيانات الرحلات والركاب، مرورًا بالتقارير الأمنية، ووصولًا إلى البلاغات الفنية. لذا فإن وجود منصة متكاملة لتحليل البيانات الضخمة يُعد شرطًا أساسيًا لتحويل هذه البيانات إلى قرارات ذات قيمة تشغيلية وأمنية.

تشمل القدرات المطلوبة:

- منصات تخزين سحابية ومحلية عالية الكفاءة.
- أدوات لتحليل النصوص، والصور، والفيديو، والاستشعار.
- خوارزميات للتنقيب عن الأنماط واكتشاف التكرارات.
- لوحات قيادة تفاعلية لعرض المؤشرات الأمنية والتشغيلية.

ومن الأهمية بمكان أن تكون هذه المنصات متوافقة مع سياسات حماية البيانات الوطنية مثل سياسات الهيئة الوطنية للأمن السيبراني وهيئة البيانات السعودية.

1.1.5 الحوسبة الطرفية (Edge Computing)

تُعد الحوسبة الطرفية ضرورة تشغيلية لا غنى عنها في بيئات ذات زمن استجابة حرج مثل المطارات، حيث يتطلب تحليل البيانات وتنفيذ الأوامر في الزمن الحقيقي دون الاعتماد الكلي على البنية السحابية المركزية.

تشمل حالات الاستخدام:

- اكتشاف الفجوات الأمنية الفورية في بوابات الدخول.
- تحليل فيديو مباشر من الكاميرات الذكية.
- إدارة حركة المركبات الجوية والأرضية ذاتيًا.
- إرسال تنبيهات آلية للأعطال المحتملة.

تساعد هذه الحوسبة في تقليل الحمل على الشبكة وزيادة الاعتمادية التشغيلية.

1.1.6 الطائرات بدون طيار (Drones)

تمثل الطائرات بدون طيار أداة فعالة لمراقبة المحيط الخارجي للمطارات، وفحص البنية التحتية، ودعم عمليات الطوارئ.

تشمل التطبيقات:

- فحص دوري للهناجر، المدرجات، والأنظمة الكهربائية.
- المسح الحراري لاكتشاف تسربات أو أعطال.
- مراقبة المناطق النائية أو المحظورة من الوصول البشري.
- الاستجابة السريعة للحوادث وتقييم الأضرار.

وفي المملكة، يمكن دمج تشغيل هذه الطائرات ضمن إطار تنظيمي يتوافق مع أنظمة الهيئة العامة للطيران المدني والهيئة السعودية للفضاء.

1.2 تكامل الأنظمة الذكية مع البنية التحتية الحالية

1.2.1 أنظمة التحكم الوطنية (GACA، C4i، FMS/INS)

يتطلب نجاح المبادرة تكاملاً دقيقاً ومتقدماً مع البنى الوطنية الحالية دون المساس باستقرارها أو أداءها.

- أنظمة **GACA** تشرف على إدارة الحركة الجوية والبنية التنظيمية.
- أنظمة **C4i** تُعنى بالقيادة والسيطرة والاتصالات والاستخبارات.
- أنظمة **FMS/INS** تدير الملاحة والرحلات الجوية ومراقبة الأداء.

ويستلزم هذا التكامل اعتماد بروتوكولات تواصل معيارية (مثل API و MQTT)، وبيئة اختبار مزدوجة (Sandbox) لاختبار الاتصال قبل دمجها في الواقع.

1.3 البنية التحتية التقنية المطلوبة

1.3.1 الشبكات ومراكز البيانات

- شركات اتصالات حكومية وخاصة يجب أن تؤمن ببنية شبكية بسرعات عالية وزمن تأخير منخفض.
- إنشاء مراكز بيانات داخلية مرنة وقابلة للتوسع لاستضافة البيانات الحساسة.
- اعتماد البنية السحابية الهجينة (Hybrid Cloud) لضمان المرونة والأمان.

1.3.2 أجهزة الاستشعار والبوابات الذكية

- كاميرات حرارية، أجهزة قياس نبضات، أنظمة تعريف بيومتري.
- بوابات ذكية قادرة على قراءة وثائق السفر والحقائب ومطابقة البيانات.
- مستشعرات الحركة والضغط والرطوبة مدمجة مع الأنظمة التحليلية.

1.4 متطلبات التشغيل

1.4.1 البرمجيات والواجهات

- أنظمة التشغيل يجب أن تكون موزعة وآمنة وقابلة للتخصيص.
- واجهات رسومية تعتمد على تصميم متمركز حول الإنسان (Human-Centered Design).
- دعم كامل للغة العربية والإنجليزية.
- أدوات محاكاة سحابية لإدارة الطوارئ والمخاطر.

1.5 الكوادر الفنية الوطنية

1.5.1 تقييم الجاهزية البشرية

- المملكة تتمتع بنمو متسارع في مجال الكفاءات التقنية، لكن لا تزال هناك فجوات في تخصصات مثل تحليل البيانات الطيران، الذكاء الاصطناعي في الأمن، وتكامل الأنظمة الصناعية.
- يوصى بـ:
 - برامج شراكة مع الجامعات السعودية (KAUST، KSU، KFUPM).
 - منح دراسية متخصصة في تقنيات الطيران الذكي.
 - استقطاب خبرات دولية لتوطين المعرفة وبناء المحتوى.

1.6 قابلية الصيانة والتحديث المستمر

1.6.1 استدامة التشغيل

- اعتماد البنية المعيارية (Modular Architecture)، بحيث يمكن تحديث أي مكون دون تعطيل المنظومة.
- بناء نظام مراقبة صحة الأنظمة (System Health Monitoring).
- إدارة الأصول الرقمية من خلال نظام إدارة دورة الحياة (Lifecycle Management).
- تخصيص عقود دعم فني على مدار الساعة مع شركات محلية ودولية.

خلاصة الجدوى الفنية والتقنية:

تُثبت هذه الدراسة أن مبادرة "عين الصقر" تستند إلى بنية تقنية ناضجة، تدعم التكامل، التوسع، والاستجابة اللحظية، مستفيدة من التقنيات المتقدمة للثورة الصناعية الرابعة. إن قدرة المبادرة على التكامل مع المنصات الوطنية، التكيف مع بيئة المطارات المعقدة، والاستفادة من الموارد البشرية الوطنية يجعلها نموذجاً قابلاً للتنفيذ الفعّال، ويعزز ثقة أصحاب القرار في المضي نحو التحول الذكي الشامل في قطاع الطيران السعودي.



2. الجدوى السوقية (Market Feasibility)

تمثل الجدوى السوقية حجر الزاوية في تقييم نجاح أي مشروع استراتيجي، خصوصاً في القطاعات المعقدة ذات التشابكات الاقتصادية والتنظيمية مثل قطاع الطيران المدني. وفي إطار مبادرة "عين الصقر"، فإن هذا المحور لا يقتصر على استعراض رغبة السوق في حلول رقمية، بل يتعداه إلى تقييم مدى نضج البيئة السوقية، وتحليل التوجهات العامة في قطاع الطيران الذكي، ورصد الفرص والفجوات التنافسية، وتحديد قابلية المشروع للانتقال من إطار محلي إلى نطاق إقليمي وربما عالمي.

2.1 تحليل اتجاهات السوق المحلي والإقليمي في حلول الطيران الذكية

2.1.1 التحول الرقمي في قطاع الطيران

يشهد قطاع الطيران في المملكة العربية السعودية والخليج العربي مرحلة تحول رقمي هيكلي، تُغذيه دوافع اقتصادية وتشغيلية وتشريعية. وتعزز رؤية السعودية 2030 هذا الاتجاه من خلال مبادرات مثل الإستراتيجية الوطنية للنقل والخدمات اللوجستية، التي تستهدف جعل المملكة مركزاً عالمياً في قطاع الطيران والخدمات المرتبطة به.

ويُعد التحول نحو الرقمنة الذكية ضرورة استراتيجية وليست ترفاً تشغيلياً؛ فارتفاع عدد المسافرين، واتساع المطارات، وتنوع الجهات المشغلة، وتزايد التهديدات الأمنية، تتطلب منظومات رقمية قادرة على جمع وتحليل البيانات، التنبؤ بالاضطرابات، دعم اتخاذ القرار الفوري، وتحسين الكفاءة التشغيلية من جميع الجوانب.

وفي الخليج، تتسابق دول مثل الإمارات وقطر والبحرين على تبني نماذج رقمية في مطاراتها، مدفوعة برغبتها في تعزيز الريادة الإقليمية في الطيران الذكي. ما يخلق بيئة تنافسية محفزة، وفرصاً كبيرة للمبادرات الوطنية المتقدمة مثل "عين الصقر" للدخول كمصدر موثوق للحلول التقنية المحلية.

2.1.2 تصاعد الحاجة إلى الأمن الاستباقي

لم يعد الأمن في قطاع الطيران مجرد مجموعة من الإجراءات الثابتة، بل تحول إلى منظومة ديناميكية تعتمد على الرصد الاستباقي للتهديدات والوقاية من الحوادث قبل وقوعها. فالهجمات السيبرانية، والاختراقات التشغيلية، والتقلبات الجوية المفاجئة، والاضطرابات اللوجستية باتت تمثل تحديات يومية لا يمكن التعامل معها بأساليب تقليدية.

من هنا تبرز أهمية حلول ذكية مثل "عين الصقر"، التي تعتمد على:

- الذكاء الاصطناعي لتحليل السلوك والبيانات التشغيلية.
- الاستشعار الفوري من خلال إنترنت الأشياء.
- التوأمة الرقمية للمرافق والمخاطر.
- ربط الأنظمة الأمنية مع التشغيلية واللوجستية.

هذا النموذج يُعيد صياغة مفهوم الأمن من الاستجابة إلى التنبؤ، ومن الرقابة البشرية إلى الرقابة الآلية المعززة بالقرار البشري الذكي، وهو ما يتوافق تمامًا مع الاتجاهات الحالية في صناعة الطيران الحديثة.

2.2 الشرائح المستهدفة

2.2.1 مشغلو المطارات

يُعد مشغلو المطارات أول وأهم الشرائح المستهدفة، نظرًا لأنهم مسؤولون بشكل مباشر عن:

- ضمان انسيابية العمليات.
- سلامة المرافق والبنية التحتية.
- كفاءة حركة الطيران والركاب.
- التقيد بالأنظمة واللوائح الدولية والمحلية.

توفر "عين الصقر" لهؤلاء المشغلين منصة شاملة تساعد على:

- مراقبة الأداء التشغيلي والأمني لحظيًا.
- الكشف عن الأعطال أو نقاط الضعف مبكرًا.
- تحسين إدارة الموارد البشرية واللوجستية.
- تحقيق امتثال أفضل لمعايير مثل ICAO و IATA.

2.2.2 المسافرين

المسافر اليوم أكثر وعيًا وأكثر تطلبًا، ويُقيم جودة المطار بناءً على:

- سرعة إجراءات الدخول والخروج.
- الراحة والسلامة داخل المطار.
- الاعتمادية في التوقيتات وجودة الخدمات.

"عين الصقر" تساهم مباشرة في تحسين تجربة المسافر من خلال تقنيات مثل:

- البوابات البيومترية التي تختصر زمن الانتظار.
- المراقبة الذكية لحركة الأمتعة.
- إعلام المسافرين باللحظة عن أي تغييرات.
- تحسين التوزيع الذكي للحشود البشرية داخل المطار.

كل هذه الجوانب تعزز ثقة المسافرين بالمطارات السعودية، وترفع تصنيفها العالمي، مما ينعكس على الجاذبية السياحية والاستثمارية للمملكة.

2.2.3 الجهات الأمنية والتنظيمية

تمثل الجهات التنظيمية مثل الهيئة العامة للطيران المدني (GACA)، ووزارة الداخلية، وفرق الدفاع المدني، والمراقبة الجوية شركاء محوريين في إنجاح المنظومة.

تتيح "عين الصقر" لهذه الجهات:

- الرؤية الموحدة للأحداث الأمنية والتشغيلية.
- تحليلات تنبؤية لرصد الأنماط غير المعتادة.
- تنسيق فوري بين الأنظمة الأمنية والتشغيلية.
- مراقبة الامتثال للمعايير الوطنية والدولية.

2.3 دراسة حجم السوق والنمو المتوقع في الطلب

2.3.1 مؤشرات النمو

تشير التقارير الدولية إلى أن سوق تقنيات الطيران الذكي (Smart Aviation Solutions) ينمو بمعدل سنوي مركب يتراوح بين 10% - 12%، مدفوعاً بعدة عوامل:

- تعقيد الشبكات التشغيلية في المطارات الحديثة.
- ارتفاع عدد المسافرين (يتوقع أن يتجاوز 8.5 مليار مسافر عالمياً بحلول 2035).
- تصاعد التهديدات الأمنية السيبرانية.
- التحول العالمي نحو استدامة قطاع النقل الجوي.

محليًا، يعزز السوق السعودي مكانته من خلال:

- مشروع مطار الملك سلمان الدولي في الرياض، الذي يُعد من أضخم مشاريع المطارات عالميًا.
- مبادرة "الخمسين مطارًا" التي تهدف إلى رفع عدد الوجهات الدولية.
- نمو متوقع في عدد السياح إلى أكثر من 100 مليون سنويًا بحلول 2030.

2.3.2 الفجوة السوقية

على الرغم من هذه المؤشرات الإيجابية، لا تزال هناك فجوة واضحة في السوق المحلي في مجالات مثل:

- تكامل الأنظمة الأمنية والتشغيلية.
- التحليلات التنبؤية للمخاطر.
- التوأمة الرقمية الكاملة للمرافق الجوية.
- تقنيات الذكاء الاصطناعي المرتبطة بالسلوك الأمني.

وتمثل "عين الصقر" فرصة استراتيجية لسد هذه الفجوة من خلال تقديم حل شامل، مخصص، ومتوافق مع البيئة السعودية.

2.4 مقارنة الحلول المقترحة بحلول المنافسين

2.4.1 حلول دولية قائمة

توجد حاليًا في السوق عدة منصات عالمية تقدم حلولاً ذكية لقطاع الطيران، منها:

- **Skywise Airbus**: منصة لتحليل بيانات الطائرات وتحسين الكفاءة التشغيلية.
- **Honeywell Forge**: نظام سحابي لتحسين الأداء التشغيلي والتحليلات التنبؤية.
- **IBM Maximo Aviation**: لإدارة الصيانة وتحليلات الأصول.

إلا أن هذه الحلول:

- تفتقر للمواءمة مع الأنظمة التنظيمية المحلية.
- تُركز على التشغيل دون دمج أمني عميق.
- تحتاج إلى تخصيص مكلف ومعقد لتطبيقها في بيئة مثل المملكة.

2.4.2 التمايز المقترح لمبادرة "عين الصقر"

تمتاز المبادرة بـ:

- تخصيص محلي كامل يتماشى مع التشريعات السعودية.
- تكامل سلس مع GACA، SDAIA، الهيئة السعودية للأمن السيبراني.
- استهداف المنظومة الأمنية والتشغيلية في آن واحد.
- التصميم بمنظور سعودي/خليجي من حيث الثقافة والبيئة واللغة.

2.5 مقترح القيمة الفريدة (Unique Selling Proposition - USP)

2.5.1 الاستباقية والوقائية

لا تكتفي "عين الصقر" بالرصد، بل تعتمد على نموذج تشغيلي استباقي مبني على التوقع والتحليل قبل حدوث الخطر، وهو ما يُعد تحولاً استراتيجياً في فلسفة الأمن والسلامة الجوية.

2.5.2 التكاملية

في حين أن أغلب الحلول القائمة تركز على جانب محدد (تشغيلي أو أمني)، فإن "عين الصقر" تقدم نموذجاً تكاملياً يجمع بين:

- الذكاء الاصطناعي.
- التوأمة الرقمية.
- إنترنت الأشياء.
- الأمن السيبراني.
- الأنظمة التشغيلية واللوجستية.

2.5.3 التخصيص المحلي

صُممت المبادرة خصيصاً للبيئة السعودية، من حيث:

- الامتثال التنظيمي.
- اللغة والثقافة.
- المتطلبات التشغيلية لمطارات المملكة.
- الجهات الرقابية والشريكة.

2.6 قابلية التوسع الإقليمي والدولي

2.6.1 تصدير الحلول كخدمة (SaaS / GovTech)

تملك "عين الصقر" جميع المقومات التي تؤهلها للتحويل إلى منتج تقني قابل للتصدير، سواء بنموذج SaaS (برمجيات كخدمة)، أو من خلال شراكات GovTech مع حكومات الدول المجاورة.

يمكن تسويق الحل في:

- مطارات الخليج الكبرى (دبي، الدوحة، الكويت).
- مطارات شمال إفريقيا ذات النمو السريع (القاهرة، تونس، الجزائر).
- مطارات في جنوب آسيا والشرق الأوسط ذات البنى المتطورة.

2.6.2 الشراكات الإقليمية

يمكن للمملكة من خلال هذه المبادرة:

- قيادة تحالف إقليمي لإنشاء معايير رقمية للأمن والسلامة الجوية.
- بناء منصات مشتركة مع دول الجوار لتبادل البيانات والتحذيرات.
- دعم استراتيجيات موحدة للأمن السيبراني في الطيران.

خلاصة الجدوى السوقية

تشير كافة المؤشرات إلى أن مبادرة "عين الصقر" تأتي في توقيت مثالي، وتستهدف فجوة سوقية واضحة، وتخطب احتياجاً حقيقياً في قطاع الطيران محلياً وإقليمياً. ومع تميزها بمقترح قيمة فريد (USP) يدمج بين الاستباقية والتكامل والتخصيص المحلي، تتفوق المبادرة على معظم الحلول المستوردة من حيث التطبيق الواقعي والمرونة والتناغم مع السياق السعودي.

بالنظر إلى قابلية التوسع، فإن النموذج التشغيلي القابل للتصدير، والارتباط الوثيق بالأنظمة الوطنية، يفتح المجال أمام "عين الصقر" لتصبح منصة سعودية رائدة في صناعة حلول الطيران الذكي على مستوى المنطقة وربما عالمياً، مما يجعل الجدوى السوقية لهذه المبادرة عالية جداً وتدعم بقوة الانتقال نحو التنفيذ الفعلي.



3. الجدوى المالية (Financial Feasibility)

تُعد الجدوى المالية العمود الفقري لأي مشروع وطني طموح يسعى إلى إحداث تحوّل بنيوي في قطاع حيوي مثل الطيران المدني. وفي حالة مبادرة "عين الصقر"، فإن التقييم المالي يتجاوز حدود التكلفة المباشرة والعائد الظاهر، ليمتد إلى دراسة العوائد غير المباشرة ذات التأثير الاستراتيجي، وتحليل مؤشرات الكفاءة الاقتصادية والاستثمارية، واستكشاف نماذج التمويل القادرة على دعم الاستدامة التنفيذية على المديين المتوسط والبعيد.

3.1 التكاليف

3.1.1 التكاليف الرأسمالية (Capital Expenditures - CapEx)

تمثل التكاليف الرأسمالية الاستثمار المبدئي اللازم لإنشاء البنية التحتية التكنولوجية للمبادرة، ويُتوقع أن تكون مرتفعة نسبياً نظراً لتعقيد النظم المطلوب تركيبها ودمجها، وتشمل العناصر التالية:

● البنية التحتية الرقمية:

- إنشاء أو تحديث مراكز البيانات ذات الاعتمادية العالية (Tier III/IV) لتخزين وتحليل البيانات التشغيلية والأمنية.
- نشر شبكات اتصالات مؤمنة وعالية السرعة بين مواقع المطارات المختلفة.
- إنشاء عقد إنترنت الأشياء (Gateways, Edge Nodes) التي تمكّن التواصل اللحظي بين الأجهزة الميدانية والمنصات التحليلية.

● الأجهزة والمعدات الذكية:

- أنظمة المراقبة والتحكم: كاميرات ذكية، حساسات بيومترية، أجهزة كشف حركة وحرارة.
- بوابات المسافرين البيومترية: لفحص الهوية بالوجه أو البصمة ضمن بيئة غير تلامسية.
- طائرات بدون طيار (Drones) لمهام الرصد الأمني، المسح الحراري، الفحص الوقائي للبنية التحتية.
- وحدات حوسبة طرفية لمعالجة البيانات في الزمن الحقيقي بالموقع.

● تطوير البرمجيات ومنصات التشغيل:

- برمجيات التوأمة الرقمية، وتحليلات الذكاء الاصطناعي، ونظم الدعم القرار.
- منصات المحاكاة المتقدمة لتدريب الموظفين وتحليل سيناريوهات الطوارئ.
- أدوات التكامل مع الأنظمة الحكومية مثل GACA و SDAIA ومنظومات C4i.

● برامج التدريب وبناء القدرات:

- إنشاء مراكز تدريب رقمي متخصصة.
- تطوير مناهج لتأهيل الكفاءات الوطنية في تحليل البيانات والأمن السيبراني والطيران الذكي.
- تنفيذ برامج تدريبية تعتمد على الواقع الافتراضي والمعزز.

3.1.2 التكاليف التشغيلية (Operating Expenditures - OpEx)

تشمل المصروفات المستمرة للحفاظ على كفاءة تشغيل الأنظمة، وضمان التحديث الدوري والأمان المستمر، ومن أبرز مكوناتها:

- **الصيانة الفنية:**
 - صيانة الأجهزة والمستشعرات والتجهيزات الميدانية.
 - عقود صيانة سنوية للأنظمة البرمجية، تشمل الدعم الفني والمراقبة على مدار الساعة.
- **تحديثات البرمجيات والتراخيص:**
 - التحديثات الأمنية والتشغيلية المستمرة.
 - رسوم تراخيص البرمجيات والأنظمة المخصصة، خصوصاً تلك المرتبطة بالذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات.
- **خدمات التشغيل والدعم:**
 - فرق فنية للإشراف على الأداء اليومي.
 - فرق مراقبة وتشغيل داخل غرف القيادة الرقمية.
 - التعاقد مع خبراء متخصصين خلال المراحل الأولى من التشغيل.

3.2 العوائد

3.2.1 العوائد المباشرة (Direct Returns)

تمثل هذه العوائد الوفورات أو الإيرادات التي يمكن قياسها كمًا وماديًا، وتظهر عادة خلال السنوات الثلاث الأولى من التشغيل.

- **خفض التكاليف التشغيلية:**
 - تقليل الاعتماد على العمليات اليدوية بنسبة قد تصل إلى 40%.
 - تحسين توزيع الموارد البشرية وتوجيهها إلى المهام الحرجة.
 - تقليص فترات التوقف وتعطل الأنظمة.
- **تقليل الحوادث والأعطال:**
 - يؤدي التنبؤ بالأعطال قبل وقوعها إلى خفض تكاليف الطوارئ والصيانة التصحيحية.

- تقليل احتمالية خسائر السمعة الناتجة عن الحوادث.
- انخفاض تكاليف التأخير في الرحلات بسبب الأعطال.

● رفع الكفاءة الإنتاجية:

- تحسين دقة الجداول التشغيلية وتقليل وقت التفاعل مع الحوادث.
- زيادة الإنتاجية لكل موظف من خلال دعم القرار والتحليلات اللحظية.
- تسريع إجراءات تفتيش الركاب والحقائب بنسبة قد تصل إلى 50%.

3.2.2 العوائد غير المباشرة (Indirect Returns)

تشمل المكاسب الاستراتيجية التي لا تُقاس ماديًا بشكل مباشر ولكنها تحدث تأثيرًا واضحًا على الصورة المؤسسية والدخل غير المباشر.

● رفع التصنيف الدولي للمطارات السعودية:

- تسهم المبادرة في تحسين الامتثال لمعايير IATA و ICAO.
- رفع تصنيف المطارات في تقارير الجودة والأمان (مثل Skytrax).

● تحسين تجربة المسافرين:

- زيادة رضا المستخدم تؤدي إلى زيادة الولاء وتكرار السفر.
- تعزيز الانطباع العام عن المملكة كوجهة سفر متقدمة.

● تقليل أقساط التأمين:

- انخفاض المخاطر التشغيلية يؤثر مباشرة على تقييم شركات التأمين ويخفض الأقساط السنوية للمرافق الجوية.

● جذب مزيد من الاستثمارات والشراكات:

- كلما ارتفعت موثوقية البيئة التشغيلية، زادت فرص التوسع في الشراكات مع شركات الطيران العالمية.

3.3 تحليل مؤشرات الجدوى المالية

3.3.1 العائد على الاستثمار (Return on Investment - ROI)

يُعد مؤشر ROI أحد أبرز مؤشرات الجدوى المالية، ويحسب كنسبة بين صافي العوائد المكتسبة إلى إجمالي التكاليف. ويمكن تقدير متوسط ROI المتوقع للمبادرة خلال السنوات الخمس الأولى بنحو 15% - 22%، بناءً على:

- الوفورات التشغيلية.
- النمو السنوي في عدد الرحلات والمسافرين.
- الارتفاع المتوقع في تصنيف المطارات وتأثيره في العوائد.

3.3.2 فترة الاسترداد (Payback Period)

تُقدّر فترة استرداد التكاليف الرأسمالية بـ 3 إلى 5 سنوات، وذلك بالنظر إلى:

- نسب الأتمتة المرتفعة.
- خفض التكاليف المتكررة.
- إمكانية التوسع المرحلي للمشروع لتقليل الكلفة الأولية.

3.3.3 نقطة التعادل (Break-even Point)

تشير التقديرات إلى أن نقطة التعادل ستتحقق خلال السنة الرابعة من التشغيل، اعتمادًا على وتيرة التنفيذ المرحلي، وبدء تحقيق وفورات تشغيلية، ودخول العوائد غير المباشرة كعوامل معززة للميزانية التشغيلية.

3.4 نماذج التمويل

3.4.1 الميزانيات الحكومية

يمكن تمويل المبادرة من خلال مخصصات الميزانية العامة ضمن برامج التحول الرقمي الوطني، لا سيما أن المشروع يُحقق أهدافًا استراتيجية لجهات مثل:

- الهيئة العامة للطيران المدني (GACA).
- الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA).
- الهيئة الوطنية للأمن السيبراني.

تُعد هذه الجهات الجهات الطبيعية لتبني المشروع ضمن خططها طويلة المدى، خصوصًا مع توافقه مع مستهدفات الرؤية 2030.

3.4.2 الشراكة بين القطاعين العام والخاص (Public-Private Partnership - PPP)

تُتيح الشراكة بين القطاعين العام والخاص تمويلًا مرناً وذكياً دون تحميل الدولة عبء التكلفة الكامل، ويمكن تنفيذ ذلك من خلال:

- عقود BOT (بناء - تشغيل - تحويل).
- عقود الخدمات التقنية المدفوعة بالنتائج (Outcome-Based Models).
- نماذج تقاسم العوائد بعد التشغيل.

تُعد هذه النماذج شائعة في تمويل حلول GovTech حول العالم، وتفتح المجال أمام شركات محلية ودولية للدخول كشركاء تقنيين.

3.4.3 منح البحث والتطوير (R&D Grants)

يمكن للمبادرة أن تستفيد من:

- برامج دعم الابتكار والذكاء الاصطناعي مثل برنامج "طموح" والمنح المقدمة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (KACST).
- التمويل المشترك من جهات دولية مثل البنك الدولي أو مؤسسات الابتكار الأوروبية (Horizon Europe) في حال اعتماد المبادرة كنموذج إقليمي.

3.4.4 الاستثمار السيادي

تُعد صناديق الاستثمار السيادية مثل صندوق الاستثمارات العامة (PIF) أحد الخيارات الاستراتيجية لتمويل المشاريع الوطنية التحولية. يمكن للمبادرة أن تُدرج ضمن محفظة الابتكار الصناعي والبنية التحتية الرقمية، خصوصاً مع وجود فرص تصدير تقني واعدة.

خلاصة الجدوى المالية

تشير كافة المعطيات المالية إلى أن مبادرة "عين الصقر" تمتلك أسساً مالية صلبة وجدوى استثمارية مقنعة على عدة مستويات:

- عائد مالي مباشر وقابل للقياس خلال السنوات الأولى من التشغيل.
- عوائد استراتيجية غير مباشرة تعزز من التصنيف الدولي والموثوقية التشغيلية.
- مرونة تمويلية عالية من خلال تعدد النماذج الممكنة، بما يقلل المخاطر ويزيد من استدامة التنفيذ.
- فرصة لتحويل المشروع من نفقات تشغيلية إلى أصل تقني منتج للعوائد (Asset-Based Digital Investment).

كما أن نماذج التمويل المختلطة التي تجمع بين الموارد الحكومية والشرابات مع القطاع الخاص تعزز من مرونة المبادرة، وتُقلل من الأعباء المالية المباشرة على الجهات الحكومية، مما يُسهم في تسريع دورة العائد على الاستثمار.

وتُشير التقديرات إلى أن الوفورات التشغيلية الناتجة عن أتمتة العمليات وتقليل الاعتماد على التدخل البشري ستعكس إيجاباً على الميزانية التشغيلية العامة للقطاع.

كذلك، فإن دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية يسهم في تقليل حالات التعطل المفاجئ، وخفض تكاليف الصيانة الطارئة بنسبة ملموسة.

وتُحقق المبادرة عوائد غير مباشرة طويلة الأمد من خلال تحسين تصنيف المملكة في المؤشرات الدولية لسلامة الطيران وكفاءته الرقمية، ما يرفع من جاذبية الاستثمار الأجنبي في القطاع اللوجستي.

كما أن تحسين تجربة المسافرين ينعكس بدوره على زيادة حجم الإقبال على المطارات الوطنية، وبالتالي رفع الإيرادات من الرسوم والخدمات ذات القيمة المضافة.

وتتيح البنية التقنية الذكية فرصاً جديدة لابتكار خدمات مدفوعة قائمة على البيانات والتحليلات، مما يفتح مصادر دخل إضافية للمشغلين والمؤسسات المعنية.

ومع اتساع نطاق التحول الرقمي في القطاع، فإن مبادرة "عين الصقر" يمكن أن تتحول إلى منصة قابلة للتصدير كنموذج أعمال ناجح إقليمياً ودولياً.

ومن شأن هذا التوجه أن يعزز من مكانة المملكة كمصدر للحلول التقنية المتقدمة في مجال أمن وسلامة الطيران، ويُمهّد الطريق لتوطين صناعات رقمية استراتيجية.

وعليه، فإن النجاح المالي للمبادرة لا يُقاس فقط بالمؤشرات الكلاسيكية للعائد، بل بمدى قدرتها على تمكين منظومة اقتصادية رقمية متكاملة في واحد من أهم القطاعات الحيوية.



4. الجدوى التشغيلية (Operational Feasibility)

تشكل الجدوى التشغيلية إحدى الركائز الجوهرية في تقييم صلاحية مبادرة وطنية متقدمة مثل "عين الصقر"، فهي تمثل الترجمة الواقعية لمفاهيم التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي إلى ممارسات تشغيلية مستدامة قابلة للتطبيق اليومي في بيئة تتسم بالتعقيد والديناميكية مثل بيئة الطيران المدني. وتُعنى هذه الجدوى بتحليل مدى ملائمة البنية المؤسسية والموارد البشرية والتقنية الحالية لتبني منظومة جديدة عالية الذكاء، دون التأثير سلباً على استمرارية التشغيل أو جودة الخدمات.

4.1 تقييم القدرات الحالية لدى الجهات المشغلة

4.1.1 الهيئة العامة للطيران المدني (GACA)

تعد الهيئة العامة للطيران المدني الجهة التنظيمية والتشغيلية الأعلى في قطاع الطيران، وتمتلك خبرة تراكمية طويلة في إدارة المطارات والرقابة الجوية والتشريعات. ومع ذلك، فإن التطورات المتسارعة في الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية تتطلب تعزيز قدرات الهيئة في مجالات جديدة مثل:

- إدارة البيانات الضخمة والتحليلات التشغيلية.
- الحوسبة السحابية والأمن السيبراني.
- تكامل الأنظمة عبر المنصات الوطنية.

وبالتالي، فإن GACA تحتاج إلى دعم تكاملي في التحول الرقمي المؤسسي، من خلال إنشاء وحدات متخصصة داخل الهيكل التشغيلي تتولى إدارة المبادرات الذكية، وربطها بالجهات الحكومية التقنية.

4.1.2 الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA)

تُعد SDAIA شريكاً استراتيجياً فائق الأهمية، كونها الجهة الوطنية المخولة بقيادة التحول الرقمي وتطوير حلول الذكاء الاصطناعي في المملكة. وقد قطعت الهيئة شوطاً كبيراً في:

- بناء البنية التحتية الوطنية للبيانات (النفاز الوطني، منصة سدا).
- إطلاق المبادرات الداعمة للتحول الذكي (مثل سحابة "أوكساجن").
- دعم الجهات الحكومية في استكشاف وتوظيف تقنيات تحليل البيانات.

إن إشراك SDAIA في "عين الصقر" ليس خياراً بل ضرورة، فهي الضامن الفني لتكامل البيانات، وجودة النماذج التحليلية، والامتثال للمعايير الوطنية للأمن السيبراني والخصوصية.

4.1.3 مشغلو المطارات

يختلف مستوى النضج الرقمي والجاهزية التشغيلية من مطار إلى آخر، إذ أن بعض المطارات الكبرى (مثل مطار الملك خالد الدولي، ومطار الملك عبدالعزيز) تمتلك:

- بنية تحتية رقمية حديثة.
- فرق تشغيل مدربة على أنظمة متقدمة.
- تجارب أولية مع تقنيات مثل IOT والبوابات الذكية.

بينما مطارات إقليمية أخرى قد تعاني من:

- ضعف البنية التحتية الرقمية.
- نقص الكفاءات في تشغيل الأنظمة الذكية.
- اعتماد كبير على العمليات اليدوية.

ولذا، يجب أن تتضمن الخطة التشغيلية تقييماً ميدانياً تفصيلياً لكل مطار على حدة، لتحديد الأولويات، وتخصيص الموارد، وجدولة التوسع المرحلي بناءً على الجاهزية الفعلية.

4.2 قدرة الأنظمة على التكامل مع بيئة العمليات اليومية

4.2.1 التكامل التقني والوظيفي

لكي تنجح المبادرة، يجب أن تُبنى حلولها على نموذج معياري (Modular Architecture) يُتيح:

- التكامل السلس مع الأنظمة الوطنية مثل C4i وأنظمة التحكم بالمجال الجوي.
- العمل المتوازي مع أنظمة إدارة الموارد الأرضية، إدارة الحركة الجوية، إدارة الطوارئ، وتخطيط الصيانة.
- ضمان استمرارية العمليات اليومية حتى أثناء تنفيذ مراحل الربط والتحديث.

التكامل هنا لا يعني الاستبدال، بل يجب أن يكون تكاملاً تكافلياً، حيث تُضاف قدرات الذكاء الاصطناعي والتحليلات التنبؤية على رأس النظم الحالية، مع الحفاظ على الاستقرار الوظيفي.

4.2.2 التفاعل مع فرق العمل الميداني

نجاح أي تحول تقني مرهون بمدى ملاءمته لبيئة العمل الواقعية، خاصة في مطارات تتعامل مع آلاف العمليات اليومية. لذلك، يجب تصميم الأنظمة والواجهات وفق معايير:

- سهولة الاستخدام (User-Centered Design).
- الاستجابة الفورية في بيئة الضغط التشغيلي.
- إمكانية تخصيص الأدوات لكل فئة مستخدم (الصيانة، الأمن، التشغيل).

يجب أن تكون الأنظمة قادرة على تقديم بيانات لحظية قابلة للتنفيذ، وليس فقط مؤشرات تحليلية، بما يدعم اتخاذ القرار السريع ويزيد من فعالية فرق العمل.

4.3 خطة للتدرج في التطبيق

4.3.1 مراحل التنفيذ

توصي المبادرة باعتماد نهج مرحلي منضبط يتضمن:

- مرحلة تجريبية (Piloting): يتم خلالها تنفيذ النموذج في بيئة محكمة (مثل مطار دولي واحد) لإثبات الجدوى الفعلية.
- مرحلة التوسع المحدود (Controlled Scaling): تشمل مطارات إقليمية مختارة وفق جاهزيتها.
- مرحلة التعميم (National Rollout): بعد تثبيت النموذج، يُعمم تدريجياً وفق جدول زمني مرن.

هذا النهج يُقلل من المخاطر التشغيلية، ويُتيح التكيف المستمر، ويمكن من جمع بيانات الأداء لتغذية مراحل التطوير التالية.

4.3.2 إدارة الدروس المستفادة

يجب تأسيس آلية مؤسسية موحدة لإدارة المعرفة المستخلصة من كل مرحلة، تشمل:

- توثيق ملاحظات الفرق الميدانية.
- تحليل أداء الأنظمة التقنية.
- استخراج مؤشرات الجدوى التشغيلية.
- مواءمة النماذج التقنية مع الظروف الواقعية.

وتُعد هذه الخطوة من أنجح أدوات التحسين المستمر (Continuous Improvement) في المشاريع التقنية الكبرى.

4.4 هيكلة الصيانة والدعم الفني

4.4.1 نموذج الصيانة

الانتقال من نموذج الصيانة التفاعلية إلى نموذج الصيانة الاستباقية (Predictive Maintenance) يُعد نقلة نوعية في بيئة المطارات. حيث يتم:

- استخدام مستشعرات IoT لرصد حالة المعدات.
- تحليل البيانات لتوقع الأعطال قبل وقوعها.
- جدولة الصيانة وفق الحالة (Condition-Based Scheduling) بدلاً من الجداول الزمنية الثابتة.

هذا النموذج يُقلل التكاليف، ويمنع الأعطال المفاجئة، ويُطيل عمر الأصول التقنية.

4.4.2 خدمات الدعم الفني

ينبغي إنشاء مركز عمليات موحد (Operations Command Center) يعمل على مدار الساعة (24/7)، ويوفر:

- استجابة فورية للأعطال أو الانذارات.
- تحديثات دورية للأنظمة.
- دعم ميداني و/أو عن بعد.
- آلية تصعيد ذكية وفق مستوى الخطورة.

ويُنصح بأن يُدار المركز بالتعاون بين الفرق المحلية والشريك التقني العالمي خلال السنوات الأولى لضمان نقل المعرفة الفعّال.

4.5 خطة إدارة التغيير المؤسسي وتدريب الموظفين

4.5.1 إدارة التغيير

التحول الرقمي لا يُقاس فقط بالتقنيات بل بمدى تقبل العاملين للتغيير واستعدادهم للتكيف. ومن هنا تأتي أهمية إعداد استراتيجية محكمة لإدارة التغيير تشمل:

- التواصل الداخلي المستمر حول أهمية التحول وفوائده.
- إشراك الموظفين في مراحل التصميم والتطوير لخلق الإحساس بالملكية.
- مكافأة المبادرات الإيجابية وتبني السلوكيات الجديدة.
- تقليل مقاومة التغيير من خلال التثقيف وتمكين.

4.5.2 تدريب الكوادر البشرية

نجاح المبادرة يعتمد على جاهزية الكوادر التشغيلية والأمنية، لذا يجب تصميم برامج تدريبية تتسم بـ:

- التخصص حسب الدور الوظيفي (مراقبون جويون، رجال أمن، فنيون، مدراء تشغيل).
- الاعتماد على تقنيات الواقع الافتراضي (VR) في محاكاة السيناريوهات النادرة.
- التعلم المستمر من خلال دورات ميدانية ومصغرة (Microlearning).
- شهادات مهنية معتمدة من مراكز تدريب محلية ودولية لضمان التميز المهني.

كما يُوصى ببناء أكاديمية تشغيلية رقمية ترتبط بالمبادرة لتكون منصة وطنية مستدامة لتأهيل الكفاءات.

خلاصة الجدوى التشغيلية

يتضح من التحليل أن مبادرة "عين الصقر" تحظى بجاهزية تشغيلية عالية مدعومة بعدة عوامل:

- وجود بنية مؤسسية وطنية مرنة وقابلة للتكيف، ممثلة في GACA و SDAIA.
- نضج تقني في بعض المطارات الكبرى يشكل أرضية صلبة للانطلاق.
- إمكانية تبني نهج مرحلي للتطبيق يُقلل المخاطر ويوفر تغذية راجعة غنية لتحسين النماذج.
- وجود نموذج صيانة وتشغيل مبتكر قائم على البيانات التنبؤية.
- استعداد واع لبناء ثقافة التغيير وتمكين الكفاءات المحلية.

وبناءً عليه، فإن الجدوى التشغيلية تُعد من أبرز نقاط القوة لمبادرة "عين الصقر"، وتشير إلى أن التنفيذ الواقعي للمشروع ليس فقط ممكناً، بل مرجح له النجاح الكبير، إذا ما استُكملت العوامل التنظيمية والتمويلية والتنفيذية بالتوازي ضمن رؤية تكاملية وطموحة.



5. الجدوى القانونية والتنظيمية (Legal & Regulatory Feasibility)

في عالم متسارع يتجه نحو الرقمنة الكاملة في البنى التحتية الحيوية، تُعد الجدوى القانونية والتنظيمية أحد العوامل الحاسمة لضمان تنفيذ مستدام وشرعي لمبادرة تقنية كبرى مثل "عين الصقر". فبينما قد تحقق المبادرة أعلى مستويات الجاهزية الفنية والتشغيلية، فإن غياب التوافق القانوني والتنظيمي يشكل مخاطرة استراتيجية قد تعرقل التنفيذ أو تحدّ من جدواه على المدى الطويل. ولذلك، تتطلب المبادرة بناء إطار قانوني متكامل يتوافق مع التشريعات المحلية، ويلتزم بالمعايير الدولية المعترف بها، ويحافظ في الوقت ذاته على السيادة الرقمية للمملكة وأمنها السيبراني.

5.1 الامتثال للمعايير الدولية

5.1.1 معايير الطيران والسلامة الجوية (ICAO - IATA)

يخضع قطاع الطيران المدني العالمي إلى منظومة تنظيمية صارمة تفرضها الهيئات الدولية مثل منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) والاتحاد الدولي للنقل الجوي (IATA)، حيث تشمل معايير التشغيل والسلامة:

- متطلبات أمن المطارات (Annex 17 من ICAO).
- نظم إدارة السلامة (SMS - Safety Management Systems).
- معايير التشغيل في حالات الطوارئ (Contingency Planning).
- معايير التصميم والتحكم في الوصول، والتفتيش البيومتری.

يتطلب الالتزام بهذه المعايير أن تُصمّم مبادرة "عين الصقر" بطريقة تُراعي التوافق الوظيفي والتشريعي مع أنظمة التفتيش، والتحكم، والإنذار المبكر، وأن يتم توثيق ذلك في دراسات السلامة التشغيلية عند تقديم طلبات الترخيص والاعتماد لدى GACA و ICAO.

5.1.2 معايير الجودة والصحة والسلامة المهنية (ISO 45001)

نظرًا لطبيعة العمليات التقنية الميدانية في بيئة المطارات، فإن الامتثال لمعيار ISO 45001 أمر لا غنى عنه لحماية الموظفين والفنيين والمقاولين العاملين داخل منظومة "عين الصقر". ويشمل ذلك:

- تقييم المخاطر المهنية المرتبطة بتشغيل الأنظمة الذكية.

- تصميم إجراءات السلامة في مواقع تركيب وصيانة الأجهزة.
- اعتماد بروتوكولات تدريبية خاصة بالتعامل مع المعدات عالية التقنية مثل الطائرات بدون طيار أو بوابات التفتيش البيومتري.

الامتثال لهذا المعيار لا يحسّن بيئة العمل فقط، بل يُسهم أيضًا في تقليل الحوادث، ويزيد من قابلية قبول المبادرة من الجهات التنظيمية.

5.1.3 معايير أمن المعلومات (ISO 27001)

تعتمد مبادرة "عين الصقر" على تدفق كثيف من البيانات الحساسة تشمل:

- بيانات تعريفية شخصية للمسافرين (PII).
- سجلات الرحلات والتحركات الميدانية.
- بيانات تشغيلية عالية الحساسية متعلقة بالأمن والسلامة.

لذلك، يجب أن تلتزم المنظومة بكاملها بمعيار **ISO 27001** لإدارة أمن المعلومات، مع اعتماد هيكل تنظيمي يشمل:

- تقييم المخاطر الأمنية (Risk Assessment).
- تنفيذ سياسات التحكم في الوصول والصلاحيات.
- مراقبة الأنشطة وتسجيل العمليات.
- اختبارات اختراق دورية (Penetration Testing).

ويُوصى بأن تحصل المنصة التقنية لـ "عين الصقر" على شهادة اعتماد **ISO 27001** منذ المراحل الأولى لضمان ثقة الأطراف المعنية.

5.2 الالتزامات القانونية في حماية البيانات والأمن السيبراني

5.2.1 حماية البيانات الشخصية

تمثل حماية الخصوصية تحديًا قانونيًا حساسًا، خاصة أن المبادرة تعتمد على تحليل السلوك البشري والبيانات البيومترية (بصمة الوجه، العين، المشية...)، وهو ما يخضع في السعودية لـ:

- نظام حماية البيانات الشخصية (PDPL) الصادر عن الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA).
- أحكام عامة من نظام الجرائم المعلوماتية ونظام مكافحة إساءة استخدام التقنية.

يتطلب الامتثال الكامل لهذا الإطار:

- تطبيق مبدأ الحد الأدنى من جمع البيانات (Data Minimization).
- الحصول على موافقة مسبقة من أصحاب البيانات عند الاقتضاء.
- تفعيل سياسات إدارة البيانات (Data Retention and Erasure).
- التشفير الكامل للبيانات أثناء النقل والتخزين.

كما يُشترط وجود ضابط خصوصية (DPO) داخل إدارة "عين الصقر" لضمان الامتثال المستمر.

5.2.2 الأمن السيبراني

نظراً لطبيعة المبادرة المرتبطة بالبنية التحتية الحيوية للدولة، فإن الالتزام الكامل بسياسات الهيئة الوطنية للأمن السيبراني (NCA) يمثل أولوية قصوى. ويشمل ذلك:

- الامتثال لإطار الأمن السيبراني للمملكة (NCA ECC).
- تصميم الأنظمة وفق مبدأ "الأمن في التصميم" (Security by Design).
- تطبيق حلول مراقبة التهديدات اللحظية (SIEM) داخل مراكز البيانات.
- اعتماد مركز عمليات أمنية (SOC) لمراقبة الأحداث وتحليلها.

وتوصى المبادرة بالحصول على اعتماد من الهيئة الوطنية للأمن السيبراني قبل الإطلاق الكامل لتقنيات القيادة الذاتية أو الاتصال بالذكاء الاصطناعي.

5.3 الترخيص والاعتماد من الجهات المختصة

5.3.1 تصاريح التشغيل

تتطلب النظم الذكية المضمنة في "عين الصقر" تصاريح تشغيل متعددة من جهات تنظيمية مختلفة حسب نوع التقنية، ومنها:

- الهيئة العامة للطيران المدني (GACA): تراخيص فنية وتشغيلية للأنظمة المرتبطة بالمجال الجوي، التحكم الأرضي، أو عمليات التتبع.
- وزارة الداخلية: تراخيص تشغيل أجهزة التعرف البيومتري، المراقبة الأمنية، وتحليل السلوكيات.
- هيئة الاتصالات والفضاء والتقنية (CST): اعتماد الترددات، تقنيات الاتصال، وأجهزة إنترنت الأشياء ذات الاتصال اللاسلكي.

ويجب إنشاء وحدة خاصة داخل إدارة المشروع تتولى إدارة التراخيص (License Management Unit) لضمان الاتساق الكامل مع متطلبات الجهات المنظمة.

5.3.2 اعتماد البرمجيات والمعدات

تتشرط الجهات الوطنية والدولية أن تخضع الأجهزة والبرمجيات المستخدمة لعمليات تحقق (Validation) واختبار (Verification) تشمل:

- مطابقة الأداء الفني للمعايير العالمية.
- سلامة التصميم من الأعطال أو الثغرات الأمنية.
- توافق البرمجيات مع أنظمة التشغيل الحكومية.

ويُوصى بالتعاون مع مختبرات وطنية (مثل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية) لتنفيذ عمليات الفحص الفني المستقلة (Third-Party Evaluation).

5.4 تنظيم استخدام الطائرات بدون طيار في بيئة المطارات

5.4.1 الأطر التنظيمية لتشغيل الدرونز

تشكل الطائرات بدون طيار (Drones) جزءاً جوهرياً من مبادرة "عين الصقر" في عمليات الرصد والتفتيش والمسح الحراري. إلا أن تشغيلها في بيئة المطارات يخضع لقواعد صارمة، تشمل:

- الحصول على تراخيص خاصة للطيران قرب المنشآت الحساسة.
- تحديد ممرات طيران آمنة ومناطق خالية من التداخل مع حركة الملاحة.
- وضع بروتوكولات تواصل مباشر مع أبراج المراقبة الجوية.

كما يُشترط توفر مشغلي طائرات (Drone Operators) معتمدين من GACA ومدربين على الإجراءات التشغيلية الطارئة.

5.4.2 الربط مع الأنظمة الرقابية

يجب ربط الطائرات بدون طيار مع نظام "عين الصقر" عبر شبكة تحكم مركزية تشمل:

- أنظمة تحديد الهوية التلقائي (ADS-B).
- آليات لإيقاف الطيران في حالات الطوارئ.
- إمكانية المراقبة اللحظية للموقع والمهام عبر غرفة التحكم.

وتُعد هذه الإجراءات ضرورية لمنع أي استخدام غير مصرح به، أو اختراق محتمل، أو تعارض مع العمليات الجوية القائمة.

خلاصة الجدوى القانونية والتنظيمية

تُظهر الدراسة أن تنفيذ مبادرة "عين الصقر" قابل للامتثال القانوني والتنظيمي بشرط مراعاة النقاط التالية:

1. وجود خارطة تشريعية شاملة تغطي كافة الجوانب: الأمن السيبراني، الخصوصية، التشغيل الذكي، الذكاء الاصطناعي.
2. التكامل الوثيق مع الجهات التنظيمية الوطنية منذ مراحل التصميم، وليس فقط التنفيذ.
3. الحصول على الاعتمادات الدولية والمعايير العالمية اللازمة لتشغيل أنظمة الطيران والسلامة والذكاء الاصطناعي.
4. تأسيس وحدة قانونية داخل المشروع تُعنى بتنسيق وتحديث الامتثال، واستباق التحديات القانونية.

وبذلك، فإن الجدوى القانونية والتنظيمية تمثل عنصر تمكين وليس تحدياً لمبادرة "عين الصقر"، شريطة تأسيس بنية تشريعية استباقية، مرنة، وقابلة للتكيف مع التطورات التقنية، بما يُمكن من إطلاق مبادرة وطنية سيادية، آمنة، ومنسجمة مع أعلى معايير الامتثال المؤسسي والتشغيلي في عالم الطيران الرقمي.

كما تبرز أهمية موازنة السياسات الداخلية للمشغلين مع الإطار القانوني الأوسع، لتفادي تضارب الإجراءات أو تعارض الأدوار التنظيمية.

ويُوصى بتحديث دوري للسياسات المنظمة بناءً على التغيرات التقنية المستجدة، بما يضمن استمرار الملاءمة التشريعية دون تعطيل الابتكار.

إضافةً إلى ذلك، فإن إشراك الخبراء القانونيين في مراحل النمذجة والتصميم التقني يحد من المخاطر التنظيمية ويسرّع عمليات الاعتماد والتنفيذ.

وتُعد الشفافية في جمع البيانات البيومترية والسلوكية عنصراً محورياً في تعزيز ثقة المستخدمين وضمان الامتثال للأنظمة الوطنية والدولية ذات الصلة.

وبهذا النهج التكاملي، يمكن للمبادرة أن تحقق التوازن الدقيق بين التحول الرقمي المتسارع ومتطلبات الامتثال القانوني والتنظيمي المتجدد.



6. الجدوى البيئية (Environmental Feasibility)

تحتل الاعتبارات البيئية اليوم مكانة مركزية في تقييم مشاريع البنية التحتية والتقنيات الحديثة، خاصة في قطاعات حيوية مثل الطيران المدني. وفي ظل التحديات المناخية العالمية، والالتزامات البيئية المتنامية للمملكة العربية السعودية ضمن رؤية 2030 ومبادرة السعودية الخضراء، تبرز أهمية "عين الصقر" ليس فقط كمشروع آمن ذكي، بل كنموذج متكامل يدعم **أجندة الطيران المستدام** عبر الحد من الانبعاثات، وتحقيق الكفاءة الطاقية، والتحول نحو بيئة تشغيل رقمية منخفضة الأثر البيئي.

6.1 تقليل الانبعاثات وتحقيق الاستدامة البيئية

6.1.1 خفض الانبعاثات الكربونية الناتجة عن العمليات التشغيلية

من أبرز إسهامات "عين الصقر" في البعد البيئي أنها تتيح استخدام أنظمة ذكية لإدارة حركة الطيران والمركبات الأرضية، مما يساهم بشكل مباشر في:

- تقليل فترات الانتظار للطائرات عند الإقلاع والهبوط.
- تقليص حركة المركبات الداعمة داخل ساحة المطار عبر جدولة ذكية.
- تقليص الحاجة لتشغيل المحركات الأرضية والمولدات لفترات طويلة.

هذه الإجراءات تؤدي إلى **تقليص البصمة الكربونية** الناتجة عن الأنشطة التشغيلية بنسبة قد تتجاوز 20% في بعض المطارات، وفقاً لتجارب عالمية مشابهة.

6.1.2 تقنيات تعتمد على التحليل اللحظي لتقليل الهدر

تمتاز الأنظمة المتكاملة للمبادرة بقدرتها على:

- رصد استهلاك الطاقة الفعلي.
- اكتشاف التسريبات أو الأعطال في الأنظمة (مثل التكييف أو الإضاءة).
- تقديم توصيات تشغيلية لحظية لتقليل الهدر.

هذا النوع من التحكم البيئي المدعوم بالذكاء الاصطناعي يتيح تقليص فاقد الطاقة والمياه، وتحقيق كفاءة تشغيلية طويلة الأمد.

6.2 دعم الطيران الأخضر (Green Aviation)

6.2.1 دعم المبادرات الوطنية والدولية

تتوافق مبادرة "عين الصقر" مع التزامات المملكة تجاه:

- اتفاقية باريس للمناخ.
- أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs).
- مبادرة السعودية الخضراء التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات بـ278 مليون طن سنوياً بحلول 2030.

وتدعم المبادرة التحول نحو طيران أخضر عبر تقنيات مراقبة الانبعاثات اللحظية، ودمج التقارير البيئية ضمن منظومة تشغيل المطارات.

6.2.2 تعزيز العمليات التشغيلية منخفضة الأثر البيئي

تشمل إجراءات المبادرة في هذا المجال:

- تشغيل المركبات الكهربائية أو الهجينة داخل المطارات.
- أنظمة الإضاءة الذكية التي تتكيف مع إشغال الموقع.
- التخلص من النفايات التقنية وفق معايير إعادة التدوير الإلكترونية (e-Waste Management).

هذه التدخلات تتيح تقليل التلوث الضوضائي، وانبعاثات الغازات الدفيئة، واستهلاك الموارد النادرة.

6.3 تقليل الاستهلاك الورقي وخفض البصمة الكربونية

6.3.1 التحول إلى بيئة تشغيل رقمية بالكامل

توفر "عين الصقر" بنية رقمية متكاملة تشمل:

- إجراءات التفتيش والدخول البيومتري بدون أوراق.
- إدارة الرحلات والمخاطر عبر لوحات تحكم رقمية.
- أرشفة تقارير السلامة والأداء بشكل رقمي مؤمن.

هذا التحول يقلل من استهلاك الورق بنسبة تفوق 90% مقارنة بالأنظمة التقليدية، كما يُخفض من انبعاثات سلسلة التوريد المرتبطة بالطباعة والنقل والتخزين.

6.3.2 التخلص من العمليات الورقية في الصيانة والأرشفة

من خلال استخدام:

- منصات إلكترونية لإدارة الأعطال والتقارير الفنية.
- واجهات واقع افتراضي لتدريب الفنيين بدلاً من كتيبات الطباعة.
- أنظمة مسح QR لتوثيق وتتبع المعدات.

كل هذه التقنيات تُحدث نقلة نوعية في الأثر البيئي لمرافق الطيران، وتدفع نحو ما يُعرف بـ"المطار عديم الورق" (Paperless Airport).

6.4 استخدام تقنيات موفرة للطاقة

6.4.1 الاعتماد على الحوسبة الطرفية (Edge Computing)

أحد أبرز مميزات "عين الصقر" البيئية هو نقل المعالجة والتحليل من مراكز البيانات الضخمة إلى وحدات حافة ذكية، ما يؤدي إلى:

- تقليل استهلاك الطاقة المرتبط بنقل البيانات عبر الشبكة.
- تخفيض الحرارة المنبعثة من مراكز البيانات العملاقة.
- رفع كفاءة استهلاك الطاقة على مستوى العقد الطرفية.

وقد أثبتت تجارب دولية أن تطبيقات الحوسبة الطرفية تُقلل الطاقة بنسبة تتراوح بين 15% إلى 40% مقارنة بالمعالجة المركزية.

6.4.2 إدارة الطاقة الذكية

تعمل أنظمة المبادرة على:

- مراقبة استهلاك الطاقة في المنشآت التشغيلية.
- تشغيل الأجهزة وفق نماذج التنبؤ بالطلب الفعلي (Demand Forecasting).
- إيقاف الأنظمة غير الضرورية تلقائياً في أوقات الخمول.

يسهم ذلك في تحسين كفاءة استخدام الطاقة (Energy Efficiency Ratio)، ويقلل من التكاليف والانبعاثات المرتبطة بها.

6.5 تعزيز الثقافة البيئية داخل بيئة العمل

6.5.1 التوعية البيئية للموظفين

تشمل مبادرة "عين الصقر" ضمن خططها التدريبية:

- جلسات تعريفية بمبادئ التشغيل المستدام.
- وحدات تعليمية حول خفض البصمة البيئية الشخصية في العمل.
- آليات إشراك الموظفين في تتبع مؤشرات الأداء البيئي.

هذا يعزز الوعي الجماعي المؤسسي، ويُرسّخ الممارسات البيئية كجزء من الثقافة التشغيلية.

6.5.2 الشفافية في التقارير البيئية

تُمكن المنصة الذكية للمبادرة من:

- تتبع الانبعاثات بشكل لحظي.
- إعداد تقارير استدامة دورية وفق معايير GRI أو ISO 14064.
- مشاركة البيانات البيئية مع الجهات الرقابية والمجتمع المهني.

هذه الممارسات تُسهم في رفع تصنيف المطارات والمرافق السعودية بيئيًا، وتعزز الثقة في التزامها بمبادئ الشفافية والاستدامة.

خلاصة الجدوى البيئية

تشير المؤشرات البيئية إلى أن مبادرة "عين الصقر" ليست فقط مشروعًا تقنيًا لتعزيز أمن الطيران، بل نموذجًا متكاملًا للتحويل نحو طيران مستدام في المملكة والمنطقة، وذلك من خلال:

- تقنيات تقلل الانبعاثات وتدعم إدارة الطاقة الذكية.
- بيئة تشغيل رقمية تقلل الهدر والفاقد والورق.
- التزام مباشر بأجندة الطيران الأخضر والمواثيق البيئية الدولية.
- أدوات تحليل لحظية تعزز القرارات البيئية الفورية.

وبناءً على ما سبق، يمكن اعتبار الجدوى البيئية لمبادرة "عين الصقر" مرتفعة التأثير وقوية التماسك، وتشكل عنصراً داعماً لتنفيذ المبادرة ضمن الإطار الشامل لرؤية المملكة في بيئة مستدامة واقتصاد دائري وتقنية مسؤولة.



7. الجدوى الاجتماعية (Social Feasibility)

تُعتبر الجدوى الاجتماعية أحد المحاور المحورية في تقييم نجاح مبادرة "عين الصقر" على المدى المتوسط والبعيد. فهي لا تقتصر على تقييم القابلية الفنية والتنظيمية للمشروع، بل تمتد إلى قياس مدى اندماجه داخل النسيج الاجتماعي والثقافي، ومدى قبوله من قبل المستفيدين الفعليين: سواء العاملين في قطاع الطيران أو المسافرين والمجتمع عمومًا. فنجاح المبادرة لا يُقاس فقط بكفاءة النظام، بل أيضًا بقدرة المجتمع على التفاعل الإيجابي مع الحلول التقنية وتبنيها بثقة.

7.1 مدى قبول المستخدمين للتقنيات الجديدة

7.1.1 الطيارون وفرق التشغيل

يُشكل الطيارون وفرق المراقبة الجوية والصيانة العمود الفقري للبيئة التشغيلية في قطاع الطيران، وهم أول من سيتفاعل مع منظومة "عين الصقر". وتقبلهم للتقنيات الجديدة يعتمد على:

- **مدى سهولة استخدام الواجهات الذكية:** فإذا كانت الواجهات مصممة بطريقة مراعية لاحتياجات المستخدمين (Human-Centered Design)، فإن معدل القبول يرتفع بشكل ملحوظ.
- **الوثوقية العالية للأنظمة:** إن أي تأخير أو أعطال في التقنيات الذكية خلال العمليات الحرجة قد يؤدي إلى مقاومة من المستخدمين. وبالتالي، يجب التأكد من أن المنظومة الذكية تعمل بسلاسة وتقدم قيمة فورية.
- **الاحتواء التدريجي والتشاركي:** يجب أن يُشرك هؤلاء الموظفون في تصميم وتطوير الحلول لضمان التبني الثقافي وتقليل المقاومة السلوكية.

7.1.2 موظفو الأمن والمطارات

يُعتبر موظفو الأمن والمطارات شريحة شديدة الأهمية، فهم يتعاملون مع أنظمة تحليل السلوك البيومتري، الإنذارات التنبؤية، وأنظمة مراقبة الدخول والخروج الذكية. نجاح هذه الفئة في تبني التقنيات يتطلب:

- **تدريب ميداني مكثف** لرفع كفاءتهم في التفاعل مع واجهات الأنظمة.
- **مشاركة الموظف في التقييم والضبط** لخلق شعور بالملكية والمشاركة.
- **بناء ثقافة "الأمن الذكي"** التي تؤمن بأن التكنولوجيا ليست بديلاً للعنصر البشري، بل أداة دعم وتحسين.

7.1.3 المسافرين

من حيث التأثير الاجتماعي، فإن المسافرين يمثلون الوجه النهائي لتجربة المبادرة. وتقبلهم للتقنيات يتأثر بـ:

- **السهولة والسرعة في الإجراءات:** تقنيات مثل البوابات البيومترية، التنقل بدون لمس، والدفع الذكي تعزز من شعور المسافر بالراحة.
- **الخصوصية وحماية البيانات:** لا بد أن يشعر المسافر أن بياناته البيومترية تُدار بأمان وشفافية.
- **الانطباع العام:** كلما كانت الخدمات الذكية منظمة، احترافية، وتفاعلية، زاد رضا المسافر وتعززت صورته عن المملكة كمركز طيران ذكي وآمن.

7.2 تحسين تجربة المسافر عبر التقنيات الذكية

7.2.1 البوابات البيومترية

تتيح تقنيات البصمة البيومترية والتعرف على الوجه تسجيل الدخول والخروج في ثوانٍ معدودة، ما:

- يقلل من نقاط الازدحام.
- يُسرّع عملية التفيتش.
- يُعزز من الشعور بالخصوصية والسلامة.

وقد أظهرت دراسات IATA أن البوابات البيومترية تُقلل من وقت الانتظار بنسبة 30-50% مقارنة بالطرق التقليدية.

7.2.2 التنقل بدون لمس (Touchless Travel)

في مرحلة ما بعد الجائحة، أصبح المسافر يبحث عن أقل قدر ممكن من نقاط التماس. وتُمكن "عين الصقر" من توفير رحلة خالية من الورق واللمس عبر:

- تسجيل الوصول عبر الجوال.
- المرور الذكي عند البوابات.
- الدفع الرقمي للمشتريات والخدمات.

هذا النموذج يعزز من شعور المسافرين بالأمان والاحترافية، ويرفع من تصنيف المطارات السعودية عالمياً من حيث تجربة السفر.

7.3 بناء ثقافة السلامة والابتكار داخل المطارات

7.3.1 تعزيز السلوكيات الآمنة

التقنيات الذكية لا تحل محل الثقافة، بل تدعمها. فالمبادرة تزرع مفاهيم مثل:

- السلامة الوقائية (Proactive Safety).
- الإبلاغ الذكي عن المخاطر.
- التفاعل اللحظي مع الإنذارات دون الحاجة لأوامر تقليدية.

هذه الثقافة الجديدة تعزز من شعور الموظف بدوره الأمني، وتحوله من منفذ إلى شريك في إدارة المخاطر.

7.3.2 غرس ثقافة الابتكار المؤسسي

بيئة الطيران بطبيعتها معقدة وذات حساسية عالية، لكن إدخال تقنيات "عين الصقر" يُحفّز الموظفين على:

- اقتراح حلول تقنية لتحسين الأداء.
- المشاركة في تصميم سيناريوهات المحاكاة.
- التفاعل الإبداعي مع حالات الطوارئ.

هذا من شأنه أن يحول بيئة العمل من روتينية إلى بيئة مرنة ومفتوحة للتطوير.

7.4 التأثير الاجتماعي الإيجابي لتعزيز الثقة في منظومة الطيران الوطنية

7.4.1 بناء الثقة المجتمعية

حين يلاحظ الجمهور أن المنظومة الأمنية والتشغيلية في الطيران تعمل بكفاءة وشفافية، تُبنى ثقة اجتماعية مستدامة تقوم على:

- الاطمئنان إلى أمان الرحلات.
- الثقة في جاهزية الدولة للاستجابة للطوارئ.
- الفخر بوجود حلول سعودية ذكية تُدار بكوادر وطنية.

تتحول "عين الصقر" بذلك من مشروع تقني إلى قصة نجاح وطنية تُروى عالميًا.

7.4.2 رفع مستوى الوعي العام

أحد التأثيرات الاجتماعية طويلة الأمد هو نشر ثقافة جديدة تشمل:

- أهمية حماية البيانات الشخصية.
- الدور الوقائي للتقنيات الذكية.
- مشاركة المواطن في دعم التحول الرقمي عبر التفاعل الإيجابي.

وتُساهم المبادرة أيضًا في رفع مستوى الثقافة التقنية لدى المسافرين والعاملين، وتحفيز الشباب السعودي على الانخراط في مجالات الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات والأمن السيبراني.

خلاصة الجدوى الاجتماعية

تُظهر التحليلات الاجتماعية المرتبطة بمبادرة "عين الصقر" أن هذه المبادرة تتجاوز الإطار التقني والوظيفي التقليدي، لترتقي إلى كونها رافعة اجتماعية وتحوّلًا ثقافيًا شاملاً يُساهم في إحداث نقلة نوعية في وعي الأفراد، وتعاملهم مع مفاهيم الأمن والسلامة والابتكار داخل منظومة الطيران الوطني. إذ لا يمكن النظر إلى التحول الرقمي في قطاع حيوي كقطاع الطيران بمعزل عن المجتمع، بل يجب فهم الأثر الاجتماعي بوصفه محركًا رئيسيًا للقبول والتمكين والاستدامة.

بدايةً، أثبتت الدراسات الميدانية وتحليل ردود الفعل الأولية أن فئات المستخدمين المستهدفين – من طيارين، وموظفي الأمن، والمشغلين الميدانيين، إلى المسافرين من مختلف الفئات – قد أبدوا استعدادًا متزايدًا لتقبّل مفاهيم التحول الرقمي والأمن الذكي، خاصة في ظل ازدياد الوعي العام بأهمية السرعة، الكفاءة، وتقنيات غير التلامس في بيئات السفر. ويأتي هذا التقبّل مدفوعًا بتجربة المستخدم الفعلية مع حلول مثل البوابات البيومترية، وتطبيقات تتبع الأمتعة الذكية، ومنصات الدفع والتحقق الذاتي، وكلها ساهمت في تحسين انطباع المسافرين عن الخدمات الوطنية ورفع مستوى رضاه وثقته.

من جهة أخرى، تسهم المبادرة في تحسين تجربة المسافر الكلية عبر تيسير الإجراءات، تقليل زمن الانتظار، وتقديم خدمات تعتمد على تحليل البيانات وتخصيص التجربة بما يتوافق مع توقعات المسافرين وسلوكياتهم. هذا التحسين لا يُعد فقط مظهرًا من مظاهر التقدم التقني، بل هو عنصر حيوي في تعزيز جودة الحياة، ورفع مستوى الثقة في مطارات المملكة باعتبارها وجهات عالمية المستوى.

وعلى مستوى الكوادر التشغيلية، تُعد "عين الصقر" حافزًا لبناء ثقافة تشغيلية قائمة على الابتكار، والتحسين المستمر، والسلامة الاستباقية، حيث تعزز هذه المنظومة من التفاعل الإيجابي للموظفين مع التقنيات الجديدة، وتعيد تشكيل العلاقة بين الإنسان والتقنية داخل بيئة العمل، ما يرفع من درجة الالتزام الوظيفي ويزيد من فاعلية الأداء المؤسسي. كما أن اعتماد أدوات تحليل لحظي وحلول دعم القرار الرقمي يخلق بيئة مهنية أكثر ديناميكية، تعتمد على التمكين وليس فقط على التوجيه.

ولعل من أهم إنجازات المبادرة على الصعيد الاجتماعي هو ترسيخ الثقة المجتمعية في منظومة الطيران الوطنية، من خلال تقديم نموذج عملي على قدرة المملكة في تبني حلول سيادية، موثوقة، وقائمة على أعلى معايير الأمن والسلامة. فعندما يلمس المسافر والمواطن جودة النظام، وموثوقيته، وكفاءته، فإن هذا ينعكس

مباشرة على الثقة المجتمعية بالمؤسسات الوطنية، ويعزز الصورة الذهنية الإيجابية عن المملكة كمركز إقليمي متقدم في مجال الطيران.

كذلك، فإن الأثر الاجتماعي يمتد ليشمل **نشر مفاهيم التحول التقني وثقافة الابتكار** داخل المجتمع السعودي بمختلف شرائحه، من خلال ما تولّده المبادرة من وعي عام بأهمية التقنية في حماية الأرواح والمرافق، ودورها في تحسين الخدمات العامة. وهذا بدوره يُمهّد الطريق لجيل جديد من الشباب الطامح للانخراط في قطاعات المستقبل كالذكاء الاصطناعي، والأمن السيبراني، وتحليل البيانات التشغيلية.

ولعل أهم ما يميز الجدوى الاجتماعية لمبادرة "عين الصقر" هو كونها **عامل تمكين وتكامل** مع بقية محاور الجدوى الأخرى، فهي لا تعمل في عزلة، بل ترتبط مباشرة بتحقيق الاستدامة التقنية والتشغيلية والتنظيمية، لأن المجتمع هو المستخدم النهائي، وهو الحكم الأول على نجاح أي مبادرة وطنية.

وعليه، يمكن القول بثقة إن الجدوى الاجتماعية لمبادرة "عين الصقر" تُعد من أقوى عناصر نجاحها، وتشكل أحد المكونات الحيوية التي **تضمن احتضاناً شعبياً ومهنياً واسع النطاق**. فهي لا تكتفي بتقديم حلول تقنية مبتكرة، بل **تدفع نحو تحوّل ثقافي** مستدام يعزز أمن الطيران، ويُعيد تعريف علاقة المجتمع بالتقنية، ويرتقي بجودة الخدمات من منظور إنساني، تشغيلي، وتنافسي في آن واحد.



8. تحليل المخاطر (Risk Analysis)

يُعد تحليل المخاطر أحد أعمدة التخطيط الاستراتيجي الحديث، ورافعة أساسية لضمان نجاح واستدامة مبادرة "عين الصقر"، لا سيما في بيئة تشغيلية معقدة وشديدة الحساسية مثل الطيران المدني. فالمبادرة، على الرغم من كونها تمثل قفزة تقنية متقدمة، إلا أنها تستلزم وعيًا عميقًا بالمخاطر المحيطة بها، سواء كانت تقنية، تشغيلية، تنظيمية، أو اجتماعية. ومن هذا المنطلق، يصبح تحليل المخاطر ليس مجرد عملية تقييمية، بل نظامًا متكاملًا من الرصد، الوقاية، الاستجابة، والتعافي ضمن إطار حوكمي متسق وشفاف.

8.1 تصنيف المخاطر

8.1.1 المخاطر التقنية

تشمل هذه الفئة الأخطار المتعلقة بتكامل واعتمادية الأنظمة الرقمية المستخدمة ضمن "عين الصقر". ومن أبرزها:

- فشل تكامل الذكاء الاصطناعي مع الأنظمة التشغيلية القائمة (مثل C4i أو أنظمة GACA).
- ضعف أداء تقنيات الواقع المعزز/الافتراضي (AR/VR) في البيئات الحساسة كالتحكم الجوي.
- اختناقات في نقل البيانات بسبب ضعف تكامل الحوسبة الطرفية (Edge) مع السحابة المركزية.

وتُعد هذه المخاطر جوهرية لأنها قد تتسبب في شلل مؤقت أو خلل في تشغيل المطارات أو في التنبيهات الأمنية.

8.1.2 المخاطر التشغيلية

تتمثل في المشكلات الناتجة عن ضعف كفاءة الإجراءات التشغيلية المصاحبة للتقنيات الذكية، مثل:

- فشل الصيانة التنبؤية في اكتشاف الأعطال.
- ضعف التفاعل اللحظي مع أنظمة التحليل الذكي.
- تحميل المستخدمين أعباء غير مبرمجة نتيجة تعقيد واجهات الأنظمة.

وتكمن خطورتها في تأثيرها المباشر على استمرارية العمليات اليومية داخل المطار.

8.1.3 المخاطر التنظيمية

تشمل الإخفاق في التكيف مع البيئة التشريعية، مثل:

- التأخر في الحصول على تراخيص تشغيل الأنظمة الذكية.
- تعارض مع الأنظمة الأمنية أو السياسات المؤسسية المعتمدة.
- عدم مواءمة نماذج التشغيل مع متطلبات الجهات المنظمة كـ GACA أو SDAIA.

وقد تُعرّض هذه المخاطر المشروع للتوقف المؤقت أو رفض التنفيذ في بعض المواقع.

8.1.4 المخاطر المالية

تتضمن كافة العوامل التي قد تؤثر سلباً على الميزانية وجدوى المبادرة مالياً، مثل:

- تجاوز التكاليف الفعلية الميزانيات التقديرية.
- تأخر في إطلاق العوائد المتوقعة (ROI) نتيجة تعقيدات التشغيل.
- تعثر في توفير مصادر التمويل أو اعتماد آليات غير مستدامة.

هذه المخاطر قد تقوّض الاستمرارية المالية للمشروع وتعرقل تطويره في المراحل التالية.

8.1.5 المخاطر البيئية

تتعلق بالأثر البيئي غير المرغوب الذي قد تسببه المبادرة، ومن أمثلتها:

- ارتفاع استهلاك الطاقة جراء تشغيل الأنظمة الذكية بشكل دائم دون كفاءة.
- الآثار الضوئية أو الحرارية لتشغيل الطائرات بدون طيار في محيط بيئي حساس.
- استخدام مواد أو أجهزة غير صديقة للبيئة في عمليات الصيانة أو الإحلال.

وتتطلب هذه المخاطر ربطاً مباشراً مع سياسات الاستدامة البيئية الوطنية.

8.1.6 المخاطر الاجتماعية

تنشأ من عدم تقبّل فئات المجتمع أو الموظفين للأنظمة الجديدة، ومن أبرز مسبباتها:

- مقاومة التغيير بسبب ضعف التوعية أو الخوف من الاستبدال.
- عدم ملائمة الواجهات التقنية للمستخدم النهائي.
- تزايد القلق العام حيال الخصوصية البيومترية.

وقد تؤدي هذه المخاطر إلى فشل المشروع في الحصول على التأييد المجتمعي الضروري للتوسع والاستدامة.

8.2 أمثلة على المخاطر المحتملة

8.2.1 فشل في تكامل الأنظمة

تخيل سيناريو تُرسل فيه البوابات البيومترية بيانات دخول غير متزامنة مع أنظمة التحقق الأمني، مما يُعطّل تدفق الركاب في ذروة التشغيل. هذا الخلل، وإن بدا فنياً، قد يؤدي إلى تدافع أو تهديد أمني فعلي.

8.2.2 مقاومة التغيير المؤسسي

في حال رفض إحدى الإدارات استخدام النظام الذكي الجديد، وفُضلت الاعتماد على الإجراءات الورقية القديمة، فإن النتيجة ستكون ازدواجية تشغيلية، وتضارب في النتائج، وانخفاض الفاعلية العامة.

8.2.3 اختراقات سببرانية

تخترق جهة خبيثة نظاماً غير محصّن من "عين الصقر"، وتصل إلى بيانات رحلات حساسة أو بيانات بيومترية لمسافرين. هنا، لا يتمثل الخطر في فقدان البيانات فقط، بل في المساس بالأمن الوطني وصورة المملكة.

8.2.4 فجوات في التدريب والتأهيل

موظف غير مدرب على استخدام نظام تحليل المخاطر، يتجاهل تنبيهاً هاماً ظنه خطأً برمجياً. بعد ساعات، يتحقق التهديد الذي كان بالإمكان منعه. هذا السيناريو يُظهر أهمية التأهيل المستمر والتقييم.

8.3 إعداد خطة إدارة المخاطر

8.3.1 التخفيف (Mitigation)

من خلال:

- إجراء تقييم أثر تشغيلي وفني (Impact Assessment) قبل أي نشر واسع.
- اعتماد نظام اختبار متكرر لتكامل الأنظمة قبل الربط مع الأنظمة السيادية.
- تصميم وحدات النظام بشكل معياري يتيح الاستبدال أو التعديل دون تأثير شامل.

8.3.2 التعامل (Response)

ينبغي إنشاء:

- غرف تحكم للأزمات (Command & Control Rooms).
- مصفوفات تصعيد واضحة حسب نوع التهديد.
- فرق طوارئ متعددة التخصصات (تشغيلية، سيبرانية، تنظيمية).

ويجب أيضاً تحديد حدود الصلاحيات واتخاذ القرار اللحظي في حال الطوارئ.

8.3.3 التعافي (Recovery)

يجب أن تتضمن الخطة:

- منصات نسخ احتياطي لحظي للبيانات.
- جاهزية "نقطة تشغيل بديلة" (Hot Site) لكل مطار رئيسي.
- نماذج محاكاة دورية لتجريب سيناريوهات التعافي وتقييم الفاعلية.

8.3.4 الحوكمة (Governance)

يتطلب الأمر:

- لجنة عليا لإدارة المخاطر مرتبطة مباشرة بصانع القرار.
- مراجعات دورية للمخاطر عبر مؤشرات KPIs محددة.
- توثيق جميع الحوادث التشغيلية، السيبرانية، والاجتماعية لمراجعتها وتحسين خطة الاستجابة.

خلاصة تحليل المخاطر

في ضوء ما سبق، يُظهر تحليل المخاطر أن مبادرة "عين الصقر" – على الرغم من كونها ذات أولوية استراتيجية – لا تخلو من التحديات المرتبطة بالتعقيد التقني، والاندماج المؤسسي، والتأثير الاجتماعي. إلا أن التحسين المسبق عبر نموذج حوكمة متكامل لإدارة المخاطر، يجعل من هذه التحديات فرصاً للتمكين وليس معوقات. فالمبادرة تمثل خطوة متقدمة نحو بناء منظومة وطنية مرنة قادرة على التنبؤ بالمخاطر والتفاعل السريع معها من خلال إجراءات دقيقة مدعومة بأنظمة ذكية و مترابطة.

وتتضح أهمية التحليل الدقيق للمخاطر في أن بيئة الطيران بطبيعتها معقدة ومتعددة المتغيرات، حيث تتداخل فيها اعتبارات السلامة، الأمن، الكفاءة التشغيلية، وأداء المستخدم. وفي مثل هذه البيئات، فإن أي تعطل تقني أو خلل في الاستجابة المؤسسية يمكن أن تكون له تبعات مؤثرة على الأداء العام، والموثوقية، وثقة المجتمع

والمستثمرين. لذا، فإن الرؤية الاستباقية للمخاطر لا تُعد مجرد ممارسة إدارية، بل تمثل حجر الزاوية في نجاح أي مبادرة تقنية كبرى بهذا الحجم والنطاق.

وعبر اعتماد سلسلة من المبادئ المؤسسة على أعلى الممارسات الدولية في إدارة المخاطر، يمكن تعزيز استدامة المبادرة وضمان جاهزيتها لمواجهة كافة السيناريوهات المحتملة، سواء كانت تشغيلية، سيبرانية، تنظيمية، أو حتى اجتماعية. وتتمثل هذه المبادئ في ما يلي:

- **بناء ثقافة مؤسسية تراعي المرونة والجاهزية**، من خلال تدريب الكوادر على الاستجابة الديناميكية، وتعزيز الوعي بمفاهيم إدارة المخاطر عبر مختلف مستويات الهيكل التنظيمي.
- **تحسين تقني متين يعتمد على مبدأ "الأمن بالتصميم" (Security by Design)**، مما يضمن دمج الضوابط الأمنية من المراحل الأولى في تطوير الأنظمة، وليس بعد تشغيلها، ويحد من نقاط الضعف البنوية.
- **شراكة فعالة بين القطاع العام والخاص** لإدارة التهديدات التشغيلية والمالية عبر نماذج مبتكرة مثل مراكز العمليات المشتركة، وتمويل مشترك للمخاطر العالية.
- **إشراك جميع الأطراف المعنية في منظومة تقييم المخاطر**، بما في ذلك الجهات التنظيمية، الشركاء، مزودي التقنية، والمستخدمين النهائيين، لضمان توافق كامل مع الواقع التشغيلي والتوقعات المختلفة.

ومن الجدير بالذكر أن تبني أدوات مثل التحليل اللحظي للمخاطر (Real-Time Risk Analytics)، ومنصات المحاكاة الذكية للسيناريوهات الحرجة، يُمكن الجهات المعنية من اكتساب قدرة غير مسبقة على الاستجابة المدروسة والتعافي السريع في حال حدوث أي انقطاع أو طارئ. هذا النوع من التحليل المعزز بالذكاء الاصطناعي يفتح آفاقاً جديدة لتحويل منظومة المخاطر من عبء تنظيمي إلى محرك فعلي للتميز المؤسسي.

وعليه، يمكن القول إن "عين الصقر" ليست مجرد مبادرة ذكية تعتمد على أحدث التقنيات، بل هي منظومة تكيف استراتيجي متكاملة تضع إدارة المخاطر في صميم عملها، وتحول التحديات إلى محفزات تطوير مستمر، مستندة إلى بنية مؤسسية متينة، وقدرة تشغيلية عالية، وأفق استراتيجي واضح.

وفي هذا السياق، تصبح المبادرة مؤهلة ليس فقط للنجاح، بل لتقديم نموذج وطني يُحتذى به في إدارة مشاريع التحول الرقمي الذكي في قطاع الطيران على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي، خاصة في ظل بيئات عمل تتسم بالتقلب وعدم اليقين (VUCA). ويعزز ذلك قدرة المملكة على بناء نموذج طيران مستدام، آمن، وذكي، قائم على الاستباق وليس رد الفعل.



9. الجدوى الابتكارية والتنافسية (Innovation & Strategic Feasibility)

في عصر التغير المتسارع والتقلبات العالمية المتزايدة، بات الابتكار الاستراتيجي والتميز التنافسي شرطاً أساسياً لنجاح المبادرات الوطنية الكبرى، لا سيما في القطاعات الحيوية مثل الطيران المدني. وتمثل مبادرة "عين الصقر" نموذجاً متكاملًا لطموح المملكة العربية السعودية في ترسيخ ريادتها في منظومة الطيران الذكي، من خلال تبني مقاربات جديدة تركز على الابتكار المحلي، السيادة التقنية، التفاعل الديناميكي مع احتياجات المستخدم، والتعامل المرن مع التغيرات المستقبلية ضمن بيئة معقدة ومتقلبة (VUCA).

9.1 ريادة المملكة إقليمياً في تبني الثورة الصناعية الرابعة في قطاع الطيران

9.1.1 التكامل مع التوجهات الوطنية

تتجلى الجدوى الابتكارية للمبادرة بوضوح في مدى مواءمتها لتوجهات رؤية السعودية 2030، التي تضع الابتكار والتحول الرقمي في قلب مسارها التنموي. فالمبادرة تتكامل مع برامج ومبادرات مثل:

- برنامج التحول الوطني الذي يدعو إلى رفع كفاءة الخدمات الحكومية باستخدام التقنية.
- الاستراتيجية الوطنية للبيانات والذكاء الاصطناعي (NSDAI) التي تقودها SDAIA، والتي تستهدف جعل المملكة من بين أفضل 15 دولة في هذا المجال بحلول 2030.
- الاستراتيجية الوطنية للطيران التي تهدف إلى مضاعفة عدد المسافرين وخدمات الطيران عبر تطوير بنية تحتية حديثة، تركز على التقنيات الذكية والأنظمة التنبؤية.

من خلال "عين الصقر"، تسعى المملكة إلى تطبيق عملي لما تدعو إليه هذه الاستراتيجيات، مما يجعلها نموذجاً تطبيقياً على مستوى الشرق الأوسط في توظيف تقنيات الثورة الصناعية الرابعة في مجال حساس مثل الطيران.

9.1.2 التمرکز الإقليمي كمصدر للحلول الذكية

على مستوى التنافس الإقليمي، تعاني أغلب دول المنطقة من فجوات تقنية، سواء في النمذجة الأمنية أو التكامل بين الأنظمة. هنا، تُتيح المبادرة فرصة لتتحول المملكة من مستهلك للتكنولوجيا إلى منتج ومصدر للحلول الوطنية الذكية، خصوصاً في:

- نظم إدارة المخاطر الجوية المدعومة بالذكاء الاصطناعي.
- منصات مراقبة السلوك وتحليل الأحداث في بيئات المطارات.
- أنظمة التشغيل التنبؤية المعتمدة على البيانات اللحظية.

هذا التحول يعزز من موقع المملكة كمصدر تقني موثوق في الخليج وشمال إفريقيا، بل وحتى في الأسواق الآسيوية النامية.

9.2 إمكانية توطین صناعة الحلول التقنية

9.2.1 تطوير القدرات الوطنية في المجالات المتقدمة

عبر تنفيذ "عين الصقر"، يتم خلق حاجة عملية للمهارات الوطنية في مجالات مثل:

- تصميم الخوارزميات الخاصة بأنظمة الطيران الذكي.
- تطوير بيانات المحاكاة المعتمدة على الواقع الممتد (XR).
- تحليل البيانات الحساسة وتطوير أدوات حماية الخصوصية.
- الروبوتات الأمنية والدرونز التفاعلية في البيئات عالية الحساسية.

وهذا يعني فتح فرص عمل نوعية في وظائف مستقبلية ضمن اقتصاد المعرفة والابتكار.

9.2.2 بناء منظومة ابتكار وطنية

يمتد أثر المبادرة لتغذية منظومة الابتكار الوطني، من خلال:

- شراكات استراتيجية مع الجامعات المحلية (مثل جامعة الملك سعود وجامعة الملك عبد الله KAUST).
- ربط برامج الدراسات العليا مع تحديات واقعية من المبادرة، لتوليد أبحاث تطبيقية ذات أثر فعلي.
- احتضان شركات ناشئة محلية ضمن بيئة المطار الذكي، لتطوير حلول فرعية تدعم النظام الرئيسي.

كل ذلك يعزز من قدرة المملكة على توليد "ابتكار محلي المنشأ"، يُطوّر داخل البلاد ويخدم بيئتها التشغيلية أولاً، قبل أن يُصدر للعالم.

9.3 تطبيق التفكير التصميمي لحلول متركزة حول المستخدم

9.3.1 فهم التحديات التشغيلية من منظور المستخدم

واحدة من أهم الفروقات الجوهرية في تصميم "عين الصقر" هي اعتماد نهج التفكير التصميمي (Design Thinking)، الذي يبدأ من تحليل عميق لتجربة المستخدم، وليس من توفر التقنية فحسب.

فكل نظام يُبنى بناءً على:

- كيف يتفاعل موظف الأمن مع التنبيه؟
- هل يجد مراقب الطيران المعلومات واضحة؟
- هل يشعر المسافر أن النظام يحترم خصوصيته ويُسهّل رحلته؟

هذا التوجه يجعل الحلول أكثر قابلية للاستخدام والاعتماد، ويقلل من مقاومة التغيير داخل المؤسسات، ويزيد معدلات الرضا لدى جميع أصحاب المصلحة.

9.3.2 تطوير حلول قائمة على النماذج التجريبية والتكرار

تعتمد المبادرة على النماذج الأولية التكرارية (Iterative Prototyping)، حيث تُختبر الحلول أولاً في بيئات محدودة، ثم تُحسن بناءً على ردود الفعل، ثم تُوسع.

وهذا يحقق:

- سرعة في التطوير دون المخاطرة.
- تحسين مستمر يعتمد على التغذية الراجعة الحقيقية.
- ملائمة أكبر للحالات المحلية المتغيرة.

9.4 توافق المبادرة مع بيئة VUCA

9.4.1 القدرة على التعامل مع التقلب وعدم اليقين

تعيش صناعة الطيران اليوم في ظل بيئة VUCA، وهي بيئة تتسم بالتقلب (Volatility)، والغموض (Uncertainty)، والتعقيد (Complexity)، والتباس الرؤية (Ambiguity). وهنا تبرز قوة "عين الصقر" في تقديم:

- حلول ذكية قادرة على التنبؤ بالمخاطر وليس فقط الاستجابة لها.
- منصات مرنة تُمكن من تعديل معايير التشغيل بسرعة عند تغير الظروف.
- تحليل لحظي للبيانات مما يعزز سرعة اتخاذ القرار.

بذلك، تُعتبر المبادرة تكيّفاً استراتيجياً مع البيئة المستقبلية للطيران المدني.

9.4.2 المرونة التشغيلية والتأقلم مع التغيرات

توفر المبادرة بنية تشغيلية قابلة للتعديل والتوسع، من خلال:

- وحدات مستقلة (Modular Architecture).
- أنظمة قابلة للدمج (Plug & Play).
- إمكانية تحديث الخوارزميات دون الحاجة لإعادة بناء النظام.

هذا يجعل "عين الصقر" مشروعًا غير جامد، بل ديناميكي يتطور مع الزمن، وقادر على الاستجابة الفورية للتغيرات التنظيمية، التكنولوجية، أو حتى الطارئة مثل الجوائح أو الأزمات الجيوسياسية.

خلاصة الجدوى الابتكارية والتنافسية

تمثل "عين الصقر" أكثر من مجرد نظام ذكي لأمن وسلامة الطيران؛ إنها مبادرة سيادية ترسخ الابتكار كمبدأ حاكم في تطوير القطاعات الحيوية، وتُبرز توجه المملكة نحو الاستقلالية التقنية والقيادة الإقليمية في التكنولوجيا المتقدمة.

من خلال:

- تكاملها مع رؤية 2030.
- قدرتها على توطين الابتكار والتقنية.
- تمحورها حول المستخدم عبر التفكير التصميمي.
- مرونتها في بيئات عالية التغير.

تُظهر "عين الصقر" نضجًا استراتيجيًا فريدًا، وتُبرهن على استعداد المملكة لتكون ليس فقط مستهلكًا للتقنيات العالمية، بل مُنتجًا ومُصدّرًا لحلولها الخاصة، ومرجعية إقليمية في إدارة الطيران الذكي المتقدم.



10. الجدوى المؤسسية والتنظيمية (Institutional & Organizational Feasibility)

تُعَدّ الجدوى المؤسسية والتنظيمية الركيزة الحاسمة في تحويل "عين الصقر" من فكرة تقنية مبتكرة إلى مبادرة استراتيجية قابلة للتطبيق والتوسع والاستدامة. فنجاح أي نظام ذكي لا يتوقف فقط على قدراته التقنية، بل يعتمد بشكل جوهري على مدى استعداد المؤسسة لتبنيه، وتوافر البنية الإدارية والتنظيمية الداعمة له، ومرونة الأطر الحاكمة التي تُنظّم تدفق البيانات، وتنظّم التكامل بين الجهات الفاعلة، وتحفز الابتكار داخل الهيكل المؤسسي. وعليه، يُسلّط هذا المحور الضوء على مستويات الاستعداد المؤسسي المطلوبة، والقدرات التنظيمية التي يجب ترسيخها لضمان فعالية التطبيق وسرعة التجاوب واستمرارية التميز.

10.1 جاهزية البنية المؤسسية لاستيعاب النماذج الذكية

10.1.1 التكيف مع متطلبات التحول الرقمي

تتطلب الأنظمة الذكية مثل تلك المقترحة في "عين الصقر" تبني فكر مؤسسي جديد يتجاوز النماذج التشغيلية التقليدية، ويعتمد على:

- قرارات مدعومة بالبيانات والتحليلات التنبؤية.
- خوارزميات تحليل فوري تفرض تغييرات في أدوار بعض الإدارات.
- إعادة تشكيل السياسات والإجراءات لتتوافق مع بيئة تشغيل تعتمد على الأتمتة والذكاء الاصطناعي.

هذا التكيف يتطلب مراجعة شاملة للسياسات التشغيلية، والأطر الإدارية، ونماذج اتخاذ القرار بما يتناسب مع معمارية رقمية متغيرة باستمرار.

10.1.2 تعزيز كفاءة الهيكل التنظيمي

تطبيق أنظمة ذكية معقدة يستدعي تطوير الهياكل التنظيمية بشكل يُمكن من:

- استحداث إدارات جديدة تُعنى بتحليل البيانات الضخمة.
- فصل واضح للأدوار بين الجهات الرقابية والتنفيذية.
- تمكين إدارات الأمن السيبراني من الحصول على الموارد الكافية والدعم الإداري لاتخاذ إجراءات فورية.

ومن هنا، تظهر الحاجة إلى إعادة هيكلة دقيقة ومدروسة تركز على تمكين الكفاءات، وتوزيع الأدوار بشكل تكاملي.

10.2 إنشاء وحدة داخلية للابتكار وإدارة المشاريع التجريبية (Innovation Lab)

10.2.1 تطوير القدرات الابتكارية المؤسسية

يُعد تأسيس وحدة ابتكار داخلية أمرًا جوهريًا لنجاح الأنظمة الذكية، حيث تُوفّر هذه الوحدة:

- مساحة اختبار مرنة خارج البيروقراطية التشغيلية اليومية.
- إمكانية تنفيذ نماذج تجريبية مصغرة دون التأثير على العمليات الحاسمة.
- بيئة تُحفّز الإبداع، وتسمح بإخفاقات محسوبة تُثري تطوير النماذج النهائية.

الوحدة الابتكارية ليست ترفاً تنظيمياً بل ضرورة استراتيجية لبناء ثقافة الابتكار المؤسسي المستدام.

10.2.2 إدارة الابتكار كمنهجية مستمرة

تُمارس الوحدة دورها من خلال:

- تطبيق منهجيات التفكير التصميمي والتجريب التكراري.
- استكشاف الحلول من مصادر متنوعة: موظفين، موردين، جامعات.
- بناء قاعدة بيانات مرجعية للمشاريع التجريبية السابقة وأثرها التشغيلي.

هذا النهج يرسخ مفهوم "الابتكار كخدمة مؤسسية"، ويضمن ديمومة التجديد والتحسين الذاتي.

10.3 وضع إطار حوكمة مرن

10.3.1 إدارة البيانات والتحليلات

البيانات هي العمود الفقري لمبادرة "عين الصقر"، لذا فإن إرساء إطار حوكمة فعال يشمل:

- توثيق سياسات جمع وتخزين وتحليل البيانات.
- ضمان جودة البيانات ودقتها وشفافيتها.
- تنظيم ملكية البيانات وتحديد المسؤوليات لكل جهة.

كما يجب تطوير بروتوكولات مشاركة البيانات بين الجهات المعنية وفقاً لمعايير الأمان والمشروعية والشفافية.

10.3.2 أمان الشبكات والأنظمة

نظراً لحساسية البيانات والأنظمة المرتبطة بالطيران، يُعد الأمن السيبراني عنصراً لا يُمكن التهاون فيه، ويتطلب:

- تطبيق نظام إدارة هوية شامل (IAM).

- تنفيذ تقنيات تشفير متقدمة لجميع البيانات أثناء النقل والتخزين.
- وضع خطة استجابة فورية ومحدثة لهجمات محتملة، مع تدريب الفرق المختصة بشكل دوري على سيناريوهات الطوارئ.

10.3.3 مؤشرات الأداء KPI

لا يمكن قياس نجاح الأنظمة الذكية دون مؤشرات أداء دقيقة. وعليه، ينبغي:

- تطوير مؤشرات أداء تغطي الكفاءة التشغيلية، سرعة الاستجابة، ورضا المستخدمين.
- بناء لوحات تحكم رقمية تُمكن من المراقبة اللحظية، ومقارنة الأداء بالأهداف الاستراتيجية.
- ربط أداء النظام بالأثر الأمني والاقتصادي والاجتماعي المترتب على المبادرة.

10.3.4 آليات المراقبة والتقييم المستمر

من خلال أدوات رقابة تقنية وتنظيمية، تضمن المبادرة:

- مراجعة دورية لأداء الأنظمة الذكية.
- تدقيق خارجي على فعالية الحوكمة.
- رفع تقارير تحليلية للإدارات العليا لتحديث السياسات أو تعديل النماذج التشغيلية.

وهذا يُعزز الشفافية المؤسسية والحوكمة التكيفية كأدوات دائمة للتحسين.

10.4 تعزيز الشراكات المؤسسية

10.4.1 التكامل مع الجهات الوطنية ذات العلاقة

تعتمد جدوى التطبيق على مدى التكامل مع الجهات الأخرى. وتشمل الشراكات المحورية:

- **SDAIA**: لتوفير أدوات الذكاء الاصطناعي والدعم التحليلي.
- **GACA**: لضمان الامتثال التنظيمي ومعايير الطيران.
- **الهيئة الوطنية للأمن السيبراني**: لحوكمة أمان الأنظمة.
- **وزارة النقل والاتصالات والتقنية**: لتوفير البنية التحتية والتشريعات.

إنشاء مجلس تنسيقي أو وحدة تنسيق متعددة الجهات (Interagency Working Group) يمكن أن يضمن سرعة في اتخاذ القرار وتوحيد الرؤية.

10.4.2 إشراك الجامعات والقطاع الخاص

يُعدّ توظيف الجامعات ومراكز البحث ضروريًا من أجل:

- دعم البحث التطبيقي في مجالات تحليل المخاطر، سلوك المستخدم، الأمن السيبراني، وغيرها.
- تطوير الكوادر البشرية من خلال برامج تعليمية مخصصة للمبادرة.
- تأسيس مراكز تميز بحثي تعزز من الابتكار المستقبلي.

أما القطاع الخاص، فيمكنه المشاركة عبر نماذج PPP في:

- تطوير البرمجيات.
- صيانة وتشغيل الأنظمة الذكية.
- تقديم حلول جديدة بناءً على تحديات واقعية.

خلاصة الجدوى المؤسسية والتنظيمية

تُظهر دراسة الجدوى المؤسسية لمبادرة "عين الصقر" أن بيئة التنفيذ داخل قطاع الطيران السعودي مهيأة بدرجة عالية لاحتضان هذا النوع من المبادرات الاستراتيجية، خاصة في ظل التوجهات الوطنية نحو التحول الرقمي، والابتكار المؤسسي، ورفع كفاءة الأداء التشغيلي. إلا أن النجاح الكامل يتطلب التزامًا مؤسسيًا راسخًا، وتطويرًا متواصلًا للقدرات التنظيمية، وهو ما يُمثل الأساس الانتقالي من مرحلة التجريب إلى مرحلة التمكين الكامل والمستدام.

إن أولى ركائز هذا النجاح تتمثل في إحداث تحوّل إداري وفكري حقيقي نحو ثقافة رقمية مرنة. فالتحدي الأكبر لا يكمن في اعتماد التكنولوجيا، بل في إعادة صياغة العقلية الإدارية، وتعزيز القابلية المؤسسية لتبني نماذج العمل المبنية على البيانات والخوارزميات، وتوسيع قاعدة الفهم التنظيمي لأدوار الأنظمة الذكية في صناعة القرار ودعم السلامة والأمن.

ويُعد تأسيس وحدة ابتكار ديناميكية داخل المؤسسة أحد العوامل الجوهرية لترسيخ بيئة تحتضن التطوير المستمر. هذه الوحدة ليست مجرد كيان إداري، بل مختبر حي لإنتاج الحلول، وتجريب الأفكار الجديدة، وتحويلها إلى نماذج تشغيلية قابلة للتوسعة المؤسسية. وتلعب هذه الوحدة دوراً محورياً في نقل المؤسسة من ردود الفعل التقليدية إلى نهج التطوير الاستباقي المدعوم بالتجريب والبيانات.

كذلك، فإن تفعيل أطر حوكمة شاملة يشكل ضماناً مؤسسية للتوازن بين الابتكار والانضباط التشغيلي. فنجاح "عين الصقر" مرهون بقدرة المؤسسة على وضع سياسات واضحة لإدارة البيانات، الأمن السيبراني، مؤشرات الأداء، وضمان الجودة، ضمن منظومة مرنة قابلة للتعديل والتحديث مع تغير السياق التقني والتشغيلي.

ومن الزاوية الاستراتيجية، توسيع شبكة الشراكات الوطنية يمثل ضرورة مؤسسية كبرى لبناء منظومة تنفيذية متكاملة متعددة الأدوار. إن إشراك جهات ك SDAIA، الهيئة العامة للطيران المدني (GACA)، الهيئة الوطنية للأمن السيبراني، الجامعات، ومراكز الابتكار الوطنية، يخلق بيئة تشاركية قائمة على تبادل المعرفة، وتكامل الأدوار، وتحقيق استثمار أمثل للموارد التقنية والبشرية على المستوى الوطني.

ويُعد الربط بين الرؤية الاستراتيجية للمبادرة وبين الهيكل التنظيمي للجهات المعنية شرطاً جوهرياً لتحقيق التنفيذ المستدام، حيث تُظهر التجارب الدولية أن أي تحول رقمي دون تأصيل مؤسسي وتحديث هيكلي يظل معرضاً للتعثر أو الفشل عند أول تحدٍ تنظيمي أو تقني. من هنا، فإن التفاعل المستمر بين القيادة التنفيذية ووحدة الابتكار، ضمن إطار حوكمة مؤسسية نشطة، هو ما يصنع الفرق بين مبادرة عابرة ومشروع مؤسسي وطني راسخ.

ومع توافر هذه المتطلبات، تكون مبادرة "عين الصقر" مؤهلة للانتقال السلس من مرحلة التجربة والنمذجة إلى مرحلة التمكين المؤسسي الكامل، حيث تُصبح جزءاً من البنية التشغيلية اليومية، وتتجذر في ثقافة العمل المؤسسي، وتدعم اتخاذ القرار، وتسهم في رفع جودة الخدمات، وضمان استدامة الأداء وفق أعلى معايير السلامة الذكية والحوكمة الرقمية.

وفي المحصلة، فإن هذه المبادرة لا تُشكل مجرد تحول تقني، بل تؤسس لمرحلة جديدة من النضج المؤسسي في إدارة الطيران المدني، تركز على الفكر التكاملي بين الأنظمة، والبشر، والتنظيم، بما يعزز من الموقع الريادي للمملكة في محيطها الإقليمي والعالمي، ويضعها في مقدمة الدول التي تتبنى نماذج مؤسسية مرنة وذكية وقابلة للتطور المستمر في مواجهة تعقيدات قطاع الطيران الحديث.

الخاتمة: "عين الصقر"... من رؤية استشرافية إلى واقع استراتيجي

تشير مخرجات الدراسة الشاملة لمبادرة "عين الصقر" إلى أنها ليست مجرد مشروع تقني أو تطويري في قطاع الطيران، بل هي منظومة تحول وطني متكاملة تُعبر عن وعي مؤسسي متقدم بأهمية الرقمنة، واستباق التهديدات، وتعزيز الكفاءة التشغيلية، في أحد أكثر القطاعات حيوية وسيادة. إنها مشروع يتمحور حول تحقيق أمن وسلامة الطيران من خلال الذكاء الاستباقي، ويجمع ما بين الرؤية الاستراتيجية، والابتكار التقني، والحوكمة المؤسسية.

نقطة نوعية في أمن وسلامة الطيران

في ظل التغيرات الديناميكية التي يشهدها قطاع الطيران العالمي، لم تعد مفاهيم الأمن والسلامة تقتصر على البوابات التقليدية أو المعايير التشغيلية الكلاسيكية، بل باتت مؤتمتة، ذكية، وتوقعية. وهنا تأتي "عين الصقر" كحل متكامل يُحدث تغييراً جوهرياً في فلسفة الحماية، من خلال:

- أنظمة استشعار وتحليل لحظي ترتبط بالبنية الميدانية لمرافق الطيران.
- خوارزميات ذكاء اصطناعي تراقب، تتنبأ، وتوصي بالقرارات دون تأخير.
- حوكمة تشغيلية مؤسسية تضمن استمرارية الأداء وتطوره دون الاعتماد على الحلول الخارجية.

استجابة تكاملية لرؤية المملكة 2030

تُجسد المبادرة التفاعل العميق مع مستهدفات رؤية المملكة 2030، خاصة في ما يتعلق بالمحاور التالية:

- التحول الرقمي الحكومي في قطاع الطيران.
- توطين التقنيات السيادية وتعزيز الاقتصاد المعرفي.
- تمكين الكفاءات الوطنية للعمل في بيئات تقنية متقدمة.
- تحقيق قيادة لوجستية إقليمية تُرسّخ موقع المملكة كبوابة جوية عالمية.

ولا يمكن إغفال أن "عين الصقر" ليست استجابة لتحديات حالية فحسب، بل استثمار في المستقبل، وتحضير واعٍ لسيناريوهات أكثر تعقيداً، وتعاطٍ ذكي مع بيئة غير مستقرة (VUCA).

توافق شامل مع البيئة التنظيمية والتشغيلية

ما يميّز هذه المبادرة هو اتساقها العميق مع البيئة المؤسسية السعودية بمختلف أبعادها. إذ أثبتت الدراسة أن هناك:

- تكاملاً مؤسسياً جاهزاً من قبل الهيئات الوطنية ذات العلاقة.
- بيئة قانونية وتنظيمية مرنة وقادرة على احتضان هذه النماذج التقنية المتقدمة.
- استعداداً تشغيلياً وبشرياً لدى الجهات المشغلة لتبني الحلول الذكية متى ما تم تفعيل إدارة التغيير بشكل فعال.

أثر اقتصادي وتشغيلي متعدد الأبعاد

تؤكد تحليلات الجدوى المالية والتشغيلية والاجتماعية أن "عين الصقر":

- تحقق وفورات تشغيلية عالية من خلال أتمتة المهام وتقليل الأخطاء البشرية.
- تُسهم في تحسين التصنيف الدولي للمطارات السعودية، ورفع جاذبيتها التجارية.
- تُعزز ثقة المسافرين والمجتمع في قدرة الدولة على تأمين القطاع بأساليب ذكية ومستدامة.

استدامة الابتكار وسيادة الحلول الوطنية

من الناحية الابتكارية، تُبرز المبادرة قدرة المملكة على:

- تصميم وتوطين حلول سيادية تعتمد على احتياجات واقعية للبيئة السعودية.
- تصدر المشهد التقني في الطيران إقليمياً، لا كمستخدم للحلول فقط، بل كمُنتج ومُصدر لها.
- خلق منظومة ابتكار تشاركي بين القطاع الحكومي، الخاص، والأكاديمي، تدعم تطور المشروع باستمرار.

نموذج يُحتذى به دولياً

في ظل المنافسة الشديدة إقليمياً وعالمياً على تطوير "الطيران الذكي"، تأتي "عين الصقر" كمبادرة تتجاوز الحلم المحلي لتصبح:

- مرجعاً إقليمياً لحلول الأمن الذكي في الطيران.
- فرصة لتصدير نموذج وطني تم تطويره بأيدٍ سعودية، وفق أعلى معايير الجودة والأمان، ليقدم مطارات وأسواقاً دولية مشابهة.
- حالة دراسة مستقبلية تُعرض في المحافل الدولية حول كيفية تحويل الرؤية إلى واقع فعلي ونتائج ملموسة.

إن مبادرة "عين الصقر" تُعدّ حجر الزاوية في بناء منظومة طيران مدني ذكية، محكمة، وقابلة للتوسّع والتصدير. فهي ليست مجرد حل تقني، بل تحوّل وطني تقوده الكفاءات، وتدعمه البيانات، ويحكمه الابتكار. وبدعم القيادات الوطنية، وتفعيل منظومة الحوكمة والشراكات، يُمكن للمملكة أن تُطلق من خلال "عين الصقر" عصرًا جديدًا من أمن وسلامة الطيران يعتمد على:

- الاستباقية بدلاً من الاستجابة.
- الذكاء بدلاً من التكرار.
- الريادة بدلاً من التبعية.

وبذلك، تصبح "عين الصقر" أكثر من مجرد مبادرة، بل معلماً استراتيجياً يُجسّد طموح المملكة في القيادة، الأمان، والتفوق التكنولوجي.

وتكمن قوة "عين الصقر" في قدرتها على تحويل التحديات إلى فرص، وخلق بيئة تشغيلية مرنة تتعلّم وتتكيف لحظياً مع المتغيرات. فالمبادرة تعزز مفهوم الطيران القائم على المعرفة، وتدفع بالقطاع نحو استغلال أقصى الطاقات البشرية والتقنية بشكل متكامل. ومن خلال توطين التقنيات المتقدمة، وتبني معايير الأمن السيبراني الصارمة، تُسهم "عين الصقر" في حماية السيادة المعلوماتية وتعزيز استقلال القرار التشغيلي. كما تفتح آفاقاً رحبة أمام شباب الوطن للمشاركة في صناعة الغد، من خلال تخصصات نوعية وفرص ابتكار غير مسبوقة. وبتكامل الحلول الذكية مع المنظومات الأمنية والتشغيلية، يصبح المطار السعودي مركزاً لنقل المعرفة، وتجسيد التميز، وتصدير النماذج. وبذلك، فإن "عين الصقر" ليست نهاية مشروع، بل بداية لعصر جديد تُصبح فيه المملكة مرجعية إقليمية وعالمية في بناء بيئات طيران ذكية، مرنة، وآمنة.



التوصيات الاستراتيجية والتنفيذية لمبادرة "عين الصقر"

1. الانتقال إلى التنفيذ التدريجي من خلال مشاريع تجريبية موجهة

يُوصى باعتماد نهج "التدرج الواعي" في تنفيذ المبادرة، بدءًا من مشاريع تجريبية (Pilots) داخل بيئات تشغيلية مرنة ومدروسة، كمرحلة أولى للاختبار العملي، ويُراعى في ذلك ما يلي:

- اختيار مواقع استراتيجية للتجربة (مثل مطارات دولية كجدة أو الرياض) نظرًا لتوفر البنية التحتية الجاهزة.
- قياس مؤشرات الأداء بدقة: تشمل مؤشرات الكفاءة التشغيلية، رضا المستخدم، وسرعة الاستجابة الأمنية.
- التغذية الراجعة المستمرة من كافة الفئات المستهدفة (موظفين، مشغلين، مسافرين)، لتطوير وتحسين الأنظمة قبل الانتقال للتوسع الشامل.

2. تأسيس وحدة تشغيل وابتكار متخصصة ضمن الهيكل المؤسسي للطيران المدني

تُعد هذه الوحدة أداة تنفيذية محورية، ومركز قيادة للعمليات التقنية والحوكمة، ويُوصى بأن تتمتع بالصفات التالية:

- استقلالية إدارية نسبية وترابط مباشر مع صُنّاع القرار الوطنيين مثل GACA و SDAIA.
- كفاءات متعددة التخصصات (تقنية، تحليل بيانات، أمن سيبراني، إدارة مشاريع).
- دور مزدوج: إدارة التشغيل الفوري والتخطيط الابتكاري طويل الأمد، بما يشمل التجريب، التقييم، التطوير، ودمج الحلول ضمن البيئة التشغيلية القائمة.

3. إطلاق برامج تدريب وطنية متخصصة في الذكاء الاصطناعي والأمن السيبراني

لضمان التوطين الفعلي لتشغيل المبادرة، يُوصى بتصميم مسارات تدريبية مهنية للكوادر الوطنية، تتضمن:

- شهادات مهنية معترف بها عالميًا في الأمن السيبراني (مثل CEH، CISSP)، وتحليل البيانات والذكاء الاصطناعي (مثل ML Engineer، Data Analyst).
- شراكات مع جامعات ومراكز تدريب عالمية ومحلية مثل كاوست، SDAIA Academy، MIT.
- دمج التدريب العملي والميداني في مطارات مختارة لتأهيل مباشر وفعال.

4. تصميم إطار حوكمة ديناميكي يتماشى مع بيئة الابتكار والتطور التقني

نظراً لطبيعة المبادرة المتغيرة والمتقدمة تقنياً، فإن الحوكمة يجب أن تكون مرنة وتكيفية، وتشمل:

- سياسات واضحة لإدارة البيانات: تشمل الخصوصية، التشفير، وتبادل البيانات بين الجهات.
- معايير أداء تشغيلية وتشريعية تقيس نجاح النظام ومدى التزامه بالقوانين الوطنية والدولية.
- لوائح حوكمة للأمن السيبراني تعتمد على نهج "Zero Trust" ومراقبة لحظية مستمرة (SIEM, SOAR).

5. اعتماد التوسع المرحلي بناءً على نتائج التجريب والتحليل العميق للأثر

التوسع في تنفيذ المبادرة يجب ألا يكون زمنياً فقط، بل قائماً على معايير موضوعية قابلة للقياس، مثل:

- نسبة الجاهزية الرقمية للمواقع المستهدفة.
- نتائج مؤشرات رضا المستخدم وثقة المشغلين.
- تحقيق الأهداف المرحلية للسلامة والكفاءة التشغيلية.

6. إدراج الأمن السيبراني كعنصر جوهري في كل مراحل المبادرة

في بيئة تعتمد على الذكاء الاصطناعي والبيانات الفورية، يجب اعتبار الأمن السيبراني ركيزة لا تابعة. التوصيات تشمل:

- دمج الأمن في التصميم (Security by Design).
- اعتماد نموذج الاستجابة المتكاملة للحوادث (Cybersecurity Incident Response Plan).
- تفعيل مركز عمليات أمنية (SOC) متخصص بقطاع الطيران.

7. إشراك القطاع الخاص من خلال نماذج شراكة فعالة (PPP)

تحقيق الابتكار الحقيقي والاستدامة التمويلية يتطلب إشراك القطاع الخاص بفعالية، عبر:

- عقود شراكة مرنة تشمل التطوير، التشغيل، والصيانة.
- تحفيز الابتكار المحلي عبر حاضنات ومسرّعات أعمال تدعم شركات التقنية الوطنية.
- نقل التكنولوجيا من الموردين الدوليين من خلال إلزامهم بنقل المعرفة وبناء قدرات محلية.

8. مواءمة مؤشرات الأداء الاستراتيجية مع رؤية المملكة 2030

ينبغي أن تُصاغ مؤشرات الأداء الخاصة بالمبادرة بشكل مترابط مع مستهدفات الرؤية الوطنية، بما يعزز:

- رفع ترتيب المملكة في مؤشرات أمن وسلامة الطيران الدولية.
- تحقيق نسب توظيف عالية في الأنظمة والتشغيل والصيانة.
- إسهام مباشر في محاور التحول الرقمي، الاقتصاد المعرفي، والاستدامة البيئية.

تُعد هذه التوصيات بمثابة خريطة طريق استراتيجية وعملية، لا تقتصر على دعم قرار الانتقال إلى التنفيذ، بل تضمن:

- بناء بيئة مؤسسية وتقنية مرنة تستوعب التغيير وتعزز التطوير المستدام.
- حماية أصول الدولة السيادية من المخاطر التقنية والسيبرانية.
- إنتاج أثر ملموس قابل للقياس والتطوير في بيئة تشغيلية معقدة وحيوية.

ومع الالتزام الجاد بهذه التوصيات، تُصبح مبادرة "عين الصقر" مؤهلة لأن تُشكّل نموذجًا وطنيًا ملهمًا للتحول الذكي في القطاعات السيادية، وتُعزز المكانة الاستراتيجية للمملكة كقوة إقليمية رائدة في مجال الطيران الآمن والمستدام والمبني على الابتكار.