



جامعة القاهرة
كلية الآداب
قسم الجغرافيا



**العوامل الجيوبئية المؤثرة في تحديد مواقع المطارات في مصر
دراسة في الجغرافية التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
والاستشعار عن بعد**

**Geo-environmental Factors Affecting the Selection of Aerodromes
Sites in Egypt: A Study in Applied Geography Using GIS and RS**

دراسة مقدمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الدكتوراه في الآداب من قسم الجغرافيا

إعداد

علي محمد محمود المرمح

إشراف

أ.د.م / محمد إبراهيم محمد خطاب

أستاذ مساعد الجغرافيا الطبيعية
كلية الآداب جامعة القاهرة

أ.د / السيد السيد الحسيني

أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب جامعة
القاهرة، ورئيس مجلس إدارة الجمعية الجغرافية
المصرية

القاهرة

٢٠٢١

الإجازة

أسم الطالب على محمد محمود أحمد



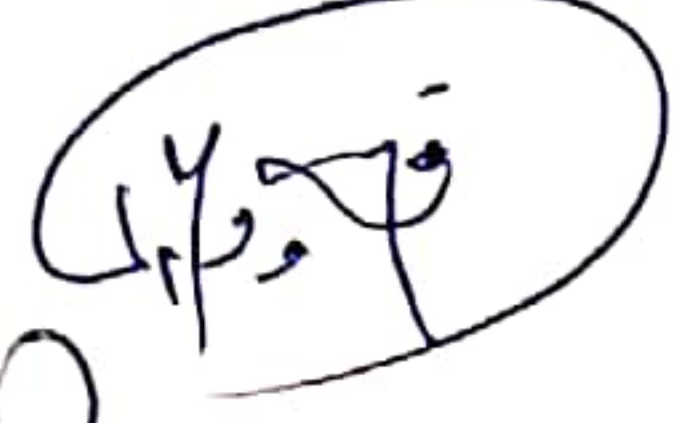
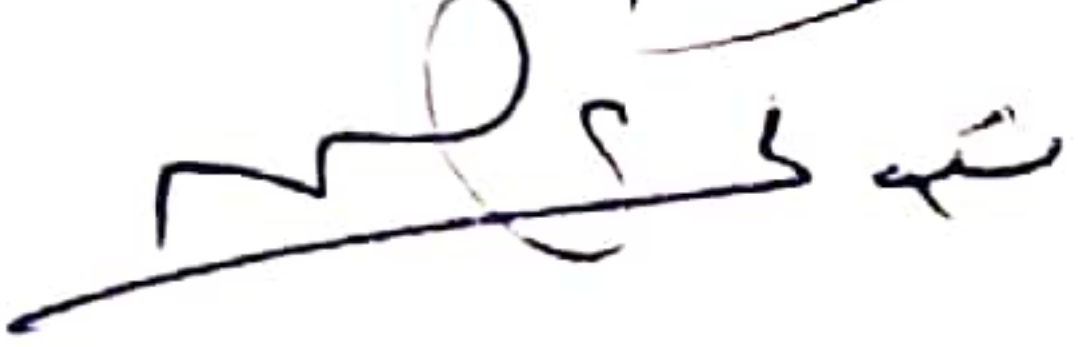
عنوان الرسالة : العوامل الجيو بيئية المؤثرة في تحديد مواقع المطارات في مصر : دراسة في الجغرافية التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

أجازت لجنة المناقشة هذه الرسالة للحصول على درجة دكتوراه في

بتقدير / بمرتبة الشرف الأولى بتاريخ ٢٠١٨ / ٣ / ٢١

بعد استيفاء جميع المتطلبات

اللجنة

الاسم	الدرجة العلمية	التوقيع
(١) د / السيد السيد الحسيني	أستاذ	
(٢) أ.د / محمد ابراهيم خطاب	أستاذ مساعد	
(٣) د / فاروق كامل عز الدين	أستاذ	
(٤) د / متولى عبد الصمد عبد العزيز	أستاذ	

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

هَذَا مِنْ فَضْلِ رَبِّي لِيَبْلُوَنِي ۖ أَشْكُرَ أَمْ أَكْفُرُ ۚ وَمَنْ شَكَرَ فَإِنَّمَا

يَشْكُرُ لِنَفْسِهِ ۖ وَمَنْ كَفَرَ فَإِنَّ رَبِّي غَنِيٌ كَرِيمٌ {٤٠}

الْبَقَرَةُ ٢: سُورَةُ الْبَقَرَةِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آمِنُوا بِاللَّهِ وَرَسُولِهِ وَأَنْفِقُوا مِمَّا جَعَلَكُمْ مُسْتَلَفِينَ فِيهِ

فَالَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَأَنْفَقُوا لَهُمْ أَجْرٌ كَبِيرٌ {١٧}

الْبَقَرَةُ ٢: سُورَةُ الْبَقَرَةِ

الشكر والتقدير

الحمد والشكر لله رب العالمين الذي بفضله تمت هذه الرسالة، والصلاة والسلام على أشرف الخلق أجمعين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، أما بعد....

تعجز الكلمات عن تقديم أسمى آيات الشكر والتقدير والعرفان بالجميل للأب الروحي والعالم الجليل سعادة الأستاذ الدكتور/ السيد السيد الحسيني أستاذ الجغرافيا الطبيعية، على ما قدمه للطالب من نصائح غالية وتوجيهات سديدة من علمه الوفير الذي كان له أبلغ الأثر في إتمام هذا البحث، فضلاً عن تحمل سيادته أعباء الفحص والتدقيق من أجل إتمام هذا البحث. كما تعجز الكلمات أيضاً عن تقديم أسمى آيات الشكر والتقدير والعرفان بالجميل للأخ الفاضل والناصح الأمين الدكتور/ محمد إبراهيم محمد خطاب أستاذ مساعد الجغرافيا الطبيعية، على ما قدمه للطالب من نصائح وتوجيهات سديدة، فضلاً عن تحمله أعباء الفحص والتدقيق من أجل إتمام هذا البحث. فلولاهما بعد الله عز وجل ما خرج هذا البحث بهذه الصورة فلهما مني جزيل الشكر وجزاهما الله عني خير الجزاء، وأطال الله في عمرهما وبارك لهما فيه ليكونا عوناً وسنداً لجميع الجغرافيين.

كما أتقدم بجزيل الشكر لأخي الدكتور/ محمد علي حسانين أستاذ الجغرافيا البشرية الذي تعاون مع علي الطالب بالفحص والتدقيق والمراجعة في كثير من النقاط فجزاه الله خيراً.

وأقدم بجزيل الشكر لأساتذتي الأفاضل المناقشين للرسالة، وهما: الأستاذ الدكتور/ فاروق كامل عز الدين أستاذ الجغرافيا البشرية بكلية الآداب جامعة الزقازيق، والأستاذ الدكتور/ متولي عبد الصمد عبد العزيز أستاذ الجغرافيا الطبيعية، على تحملهما عناء قراءة الرسالة، ومناقشة الطالب، والطالب واثق أنهما سوف يضيفان إلى الرسالة الكثير والكثير، فلهما مني جزيل الشكر ووافر التقدير، وجزاهما الله عني خير الجزاء.

وأسجد لله شاكرًا أن جعل في طريقي عدداً من الأخوة الأفاضل لهم مني كل الاحترام المهندس/ مجدي غنيم بالشركة المصرية للمطارات والذي ساعد الطالب في كثير من الأمور بالإضافة إلى أمداده بكثير من المعلومات فكان نعم الأخ ونعم العون، والمهندس/ محمد سليم والذي أمد الطالب بكثير من المعلومات فكان نعم الأخ ونعم العون، والمهندس/ عمرو جمعة بالشركة المصرية للمطارات والذي ساعد الطالب بكثير من المعلومات الخاصة بالضوضاء وانتشار الغازات الدفينة، كما أمد الطالب بكثير من البيانات.

وتعجز الكلمات عن تقديم أسمى آيات الشكر والتقدير لأخي العزيز أ. مصطفى النوساني الذي ساعد الطالب بكثير من المعلومات فكان نعم الأخ ونعم الصديق فله مني جزيل الشكر. وأتقدم بالشكر والتقدير لأخي العزيز أ. وائل عطية لمساعدة الطالب فكان نعم الأخ ونعم الصديق فله مني جزيل الشكر كما أتوجه بجزيل الشكر لأخي العزيز أ. شادي سعد لمساعدة الطالب، نعم الأخ ونعم الصديق فله مني جزيل الشكر.

والشكر موصول لزملائي فريق رؤى جغرافية للتعاون مع الطالب ومساعدته في كثير من
المواقف نعم الأخوة فلهم مني جزيل الشكر .
وتعجز الكلمات عن تقديم أسمى آيات الشكر والتقدير للسادة الزملاء أخوتي بالإدارة العامة
للخرائط الملاحية والهبوط الآلي بالشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية، لما قدموه من عون فني
في مجال الخرائط ودعم معنوي ما كان له الأثر الأكبر في إنهاء الرسالة.
وأتوجه بجزيل الشكر لجميع العاملين بمكتبة قسم الجغرافيا بآداب القاهرة، ومكتبة الجمعية
الجغرافية المصرية، ولجميع العاملين بقاعة الرسائل بالمكتبة المركزية لجامعة القاهرة. وأتوجه بجزيل
شكري وعرفاني بالجميل إلى جميع أعضاء مجلس قسم الجغرافيا بآداب القاهرة، وكذلك إلى السادة
المدرسين المساعدين والمعيدين بقسم الجغرافيا بآداب القاهرة.
وفي النهاية أتقدم بجزيل شكري لعائلتي وجميع أفراد أسرتي الذين قدموا كل غالٍ
ونفيس وتشجيعهم المستمر لي من أجل إتمام هذا البحث، وتكبدوا معي مشقة إعدادة فبارك
الله فيهم وجزاهم عني خير الجزاء .

والله من وراء القصد

علي محمد تمام

أَقْرَأُ

أَقْصَامُ هَذَا الْبَيْتِ

إِلَهُ أَبِي وَأُمِّي وَإِخْوَتِي

وَزَوْجَتِي وَابْنِي الْغَالِبِ

وَإِلَهُ كُلِّ مَنْ سَاعَدَنِي

اللَّهُمَّ اجْعَلْنِي وَمَا أَسْعَى إِلَيْهِ فِيهِ طَالِبَ الْعِلْمِ فِيهِ

مِيزَانَ حَسَنَاتِ كُلِّ مَنْ سَاعَدَنِي فِيهِ أَنْجِزْ هَذَا الْعَمَلَ

الفهارس

أولاً: فهرس الموضوعات.

ثانياً: فهرس الجداول.

ثالثاً: فهرس الأشكال.

رابعاً: فهرس الملاحق.

أولاً: فهرس الموضوعات

رقم الصفحة	الموضوعات
٩-١	فهرس الموضوعات
١٠	قائمة الاختصارات
٢١-١١	المقدمة: (التطور التاريخي للطيران، تاريخ الطيران في مصر، موقع منطقة الدراسة، أسباب اختيار الموضوع، أهداف الدراسة، تساؤلات الدراسة، مناهج وأساليب الدراسة، مصادر الدراسة، مشكلات الدراسة، محتويات الدراسة)
٦٩-٢٢	الفصل الأول: المطارات المصرية القائمة (الأهداف والسمات العامة والحركة وأهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية)
٢٢	تمهيد
٢٢	أولاً: أهداف الإنشاء.
٥٦-٢٥	ثانياً: السمات العامة للمطارات المصرية.
٣١-٢٥	(أ) مطارات القاهرة الكبرى (القاهرة، أكتوبر، ألماتة).
٣٨-٣٢	(ب) مطارات الوجه البحري والساحل الشمالي الغربي (بورسعيد، الأسكندرية، برج العرب، العلمين، مرسى مطروح).
٤٣-٣٩	(ج) مطارات الوجه القبلي (أسيوط، وسوهاج، والأقصر، وأسوان، وأبو سمبل).
٥٢-٤٣	(د) مطارات إقليم سيناء والبحر الأحمر (الجورة، العريش، طابا، سانت كاترين، الطور، شرم الشيخ، الغردقة، مرسى علم).
٥٦-٥٢	(هـ) مطارات الصحراء الغربية (الداخلية، الخارجية، شرق العوينات).
٦٠-٥٦	ثالثاً: تطور حركتي الركاب والطائرات.
٦٧-٦١	رابعاً: أهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية.
٦٩-٦٧	الخلاصة.

١١٩-٧٠	الفصل الثاني المعايير والخصائص الجيوبئية النموذجية لمواقع المطارات مع التطبيق على بعض المطارات المصرية
٧٠	تمهيد
٧٥-٧١	أولاً: خصائص التربة:
٧١	أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO.
٧٣	ب- خصائص التربة بمطار الغردقة ومطار الأسكندرية.
٨٨-٧٦	ثانياً: الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية:
٨١-٧٦	أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO: ١- أسطح حدود ارتفاعات العوائق. ٢- المدرج. ٣- مواضع المساعدات الملاحية. ٤- تأمين مسارات الطيران.
٨٨-٨٢	ب- الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية بمطاري سانت كاترين وبرج العرب: ١- مطار سانت كاترين. ٢- مطار برج العرب.
٩٥-٨٩	ثالثاً: الأخطار الجيومورفولوجية في بعض المطارات المصرية:
٩٣-٨٩	أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO: ب- المطارات المتأثرة بأخطار السيول: ١- مطار سانت كاترين. ٢- مطار الغردقة.
٩٥-٩٤	ج- المطارات المتأثرة بالأخطار الناجمة عن الأراضي الرطبة (السبخات): - مطار الأسكندرية.
١٠٨-٩٦	رابعاً: بعض الخصائص المناخية:
١٠٠-٩٦	أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO: ١- الرياح.

	٢- الحرارة.
	٣- الضغط الجوي.
	٤- العواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار والجليد.
	ب- تأثير بعض عناصر المناخ على نماذج من المطارات المصرية:
	١- الرياح:
	- مطارات (القاهرة، الغردقة، شرم الشيخ، بورسعيد).
١٠٨-١٠٠	٢- الحرارة والضغط الجوي:
	- مطارا شرم الشيخ والغردقة.
	٣- بعض الظواهر المناخية المؤثرة على التشغيل:
	-الضباب، العواصف الرعدية والترابية، الأمطار.
١١٧-١٠٨	خامسًا: بعض الخصائص البيئية
	أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:
١١١-١٠٨	١- الضوضاء وانبعاثات الغازات الدفيئة.
	٢- الطيور/الحياة البرية:
١١٧-١١١	ب- مطار برج العرب كنموذج لمطار صديق للبيئة ومطار طابا كنموذج للحياة البرية.
١١٩-١١٨	الخلاصة.
	الفصل الثالث
١٦٢-١٢٠	استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم الوضع الجيويئي لمطار مرسى علم (دراسة حالة)
١٢٠	تمهيد
١٢٨-١٢١	أولًا: الخصائص التضاريسية (أسطح حدود ارتفاعات العوائق، المدرج، موضع المساعدات الملاحية).
١٣٣-١٢٨	ثانيًا: التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية والصدوع.
١٣٨-١٣٤	ثالثًا: بعض الخصائص المناخية (الرياح، الحرارة، الضغط الجوي، العواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار).
١٥٣-١٣٩	رابعًا: أخطار السيول.
١٤٧-١٤١	أ) بعض الخصائص المورفومترية للأحواض.

١٤٩-١٤٨	ب) بعض الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف.
١٥٠-١٤٩	ج) بعض الخصائص الهيدرولوجية للأحواض
١٥٢-١٥٠	د) طرق درء خطر السيول المقامة حالياً بمطار مرسى علم
١٦٠-١٥٣	خامساً: بعض الخصائص البيئية (الضوضاء، جودة الهواء، تجمعات ومسارات الطيور المهاجرة).
١٦٢-١٦١	الخلاصة.
٢١٢-١٦٣	<p>الفصل الرابع</p> <p>قاعدة بيانات جغرافية لاقتراح موقع لإنشاء مطار جديد اعتماداً على المعايير والخصائص الجيوبئية في مصر</p>
١٦٣	تمهيد
١٦٣	أولاً- قواعد البيانات الجغرافية.
١٧٩-١٦٥	ثانياً- بناء قاعدة بيانات جغرافية لاختيار أنسب الموقع لإنشاء مطار جديد في مصر.
١٧٦-١٦٧	أ- مدخلات قاعدة البيانات (الأسس والمعايير).
١٧٩-١٧٦	ب- مخرجات (نتيجة) نموذج أنسب المواقع لبناء مطار جديد.
١٨٢-١٧٩	ثالثاً- الموقع الفلكي والجغرافي للمطار المقترح (مطار الجلالة).
٢٠٥-١٨٣	رابعاً- المعايير والخصائص الجيوبئية لمطار الجلالة.
١٨٣	أ) التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية بمطار الجلالة المقترح.
١٨٧-١٨٣	ب) الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية لمطار الجلالة.
١٨٩-١٨٨	ج) أخطار السيول.
١٩٥-١٩٠	د) بعض الخصائص المناخية (الرياح، الحرارة، المطر).
١٩٧-١٩٥	هـ) الوزن السكاني واستخدام الأرض والإمكانات السياحية.
٢٠٥-١٩٨	و) بعض الخصائص البيئية (الضوضاء، انبعاثات الغازات، تجمعات ومسارات هجرة الطيور)
٢١٠-٢٠٦	خامساً- المعوقات الجغرافية التي تواجه تنفيذ المطار المقترح وطرق حلها

٢٠٨-٢٠٦	أ) تهيئة وتسوية سطح أرض المطار المقترح
٢١٠-٢٠٨	ب) ربط المطار بشبكة الطرق
٢١٢-٢٠١١	الخلاصة
٢١٨-٢١٣	الخاتمة والتوصيات.
٢٢١-٢١٩	الملاحق.
٢٢٧-٢٢٢	المراجع والمصادر.
٢٣١-٢٢٨	الملخصان العربي والإنجليزي

ثانياً: فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
١-١	تصنيفات المطارات المصرية بحسب سنة وسبب الإنشاء حتى عام ٢٠١٨	٢٤
٢-١	الوضع التنافسي لشركة مصر للطيران	٦٧
١-٢	عدد أيام حدوث بعض الظواهرات المناخية بمحطة أرصاد مطار القاهرة الدولي (٢٠٠٦ - ٢٠٢٠)	١٠٦
١-٣	فئات درجات انحدار سطح الأرض بمطار مرسى علم	١٢٥
٢-٣	القيم التضاريسية التي تؤثر على مطار مرسى علم	١٢٦
٣-٣	التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية بمنطقة مطار مرسى علم	١٢٩
٤-٣	المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى والصغرى بمطار مرسى علم في الفترة بين عامي (١٩٧٦-٢٠٠٥)	١٣٦
٥-٣	عدد أيام حدوث بعض الظواهرات المناخية بمحطة أرصاد مطار مرسى علم في الفترة بين (٢٠٠٨-٢٠١٩)	١٣٨
٦-٣	فئات درجات انحدار سطح الأرض بحوضي وادي أم جريفات ووادي عنز	١٤٤
٧-٣	أمثلة للمستوى التقريبي للضوضاء والحد الأقصى لمستوى الضوضاء (ديسيبل) طبقاً لقانون البيئة المصري لعام ٢٠٠٩	١٥٤
١-٤	المعدل الشهري لكمية الأمطار بمحطة السويس في الفترة بين عامي ١٩٧٦-٢٠٠٥	١٩٤
٢-٤	أمثلة للمستوى التقريبي للضوضاء والحد الأقصى المقترح لمستوى الضوضاء (ديسيبل)	١٩٨

ثالثا: فهرس الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	رقم الشكل
٣	موقع منطقة الدراسة	١
٢٣	التوزيع الجغرافي للمطارات المصرية بحسب الهدف من الإنشاء	١-١
٢٦	التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم القاهرة الكبرى	٢-١
٢٨	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار القاهرة الدولي في عامي ١٩٤٩ و ٢٠١٩	٣-١
٢٩	شبكة الطرق الجوية داخل إقليم الطيران المصري	٤-١
٣١	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار أكتوبر	٥-١
٣٣	التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم الوجه البحري	٦-١
٣٤	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار بورسعيد	٧-١
٣٨	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار مرسى مطروح	٨-١
٤٠	التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم الوجه القبلي	٩-١
٤٤	التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم البحر الأحمر وسيناء	١٠-١
٤٨	موقع مطار الطور بالنسبة لمجاري الأودية	١١-١ أ
٤٨	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار الطور	١١-١ ب
٥٠	موقع مطار شرم الشيخ	١٢-١ أ
٥٠	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار شرم الشيخ	١٢-١ ب
٥٤	التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم الصحراء الغربية	١٣-١
٥٥	الموقع الفلكي والجغرافي لمطار الداخلة	١٤-١
٥٧	تطور إجمالي حركتي الطائرات والركاب بالمطارات المصرية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥	١٥-١
٥٩	تطور حركتي الطائرات والركاب بمطار القاهرة بين عامي ١٩٤٨ إلى ٢٠١٥	١٦-١
٦٠	شكل (١٧-١) تطور حركتي الطائرات والركاب بمطارات مصر الرئيسية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥	١٧-١
٦٢	التقارب الجغرافي وعائدات قطاع الطيران المدني في مصر وتركيا والإمارات	١٨-١
٦٤	تطور إيرادات قطاع الطيران المدني المصري في الفترة بين عامي ٢٠٠٨ إلى ٢٠٢١	١٩-١
٦٦	تطور إيرادات الشركة القابضة لمصر للطيران في الفترة بين عامي ٢٠٠٦ - ٢٠١٤	٢٠-١
٧٣	العلاقة بين قوة التربة وسمك قطاع الرصف	١-٢
٧٥	قطاع رصف حظيرة الطائرات الجديدة بمطار الغردقة	٢-٢

٧٥	قطاع رصف منطقة دوران الطائرات مدرج ٠٤ بمطار الأسكندرية	٣-٢
٧٧	أسطح حدود ارتفاع العوائق	٤-٢
٧٨	حدود تغطية المساعد الملاحي VOR	٥-٢
٧٩	مواضع تثبيت نظام ILS بالمطار	٦-٢
٨١	مناطق حماية مسارات الطيران عند تصميم الإجراءات	٧-٢
٨٣	حدود أسطح تقييد ارتفاعات العوائق بمطار سانت كاترين	٨-٢
٨٤	اعتراض القمم الجبلية لإشارات المساعد الملاحي VOR بمطار سانت كاترين	٩-٢
٨٦	إجراء هبوط آلي باستخدام ملاحه المنطقة RNP لمطار سانت كاترين	١٠-٢
٨٨	إجراء هبوط آلي باستخدام ملاحه المنطقة RNP لمطار برج العرب	١١-٢
٩٠	أثر الجريان السيلبي على مطار سانت كاترين	١٢-٢
٩٢	موقع مطار الغردقة بالنسبة للقنوات النشطة للسيول	١٣-٢ ب
٩٣	تجهيزات مطار الغردقة لمجابهة خطر السيول	١٤-٢
٩٥	موقع جسات اختبار التربة بمطار الأسكندرية	١٥-٢ أ
٩٥	الطبقات المكونة لتربة حظيرة طائرات شركة خدمات البترول بمطار الأسكندرية حتى عمق ٣٠م	١٥-٢ ب
١٠٢	تطابق محاور اتجاه مدارج مطار القاهرة الدولي مع اتجاه الرياح السائدة	١٦-٢ أ
١٠٣	تطابق محاور اتجاه مدارج مطار الغردقة الدولي مع اتجاه الرياح السائدة	١٦-٢ ب
١٠٤	عدم تطابق محاور اتجاه مدارج مطار شرم الشيخ الدولي مع اتجاه الرياح السائدة	١٧-٢ أ
١٠٥	عدم تطابق محور اتجاه مدرج مطار بورسعيد مع اتجاه الرياح السائدة	١٧-٢ ب
١١٢	انتشار الضوضاء بمطار برج العرب	١٨-٢
١١٤	نمذجة تشتت انبعاثات غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت بمطار برج العرب	١٩-٢
١١٦	مواقع جذب الطيور والحياة البرية والمواقع المقترحة لتثبيت وسائل طرد الطيور والحياة البرية بمطار طابا	٢٠-٢
١١٧	تعارض المسارات الرئيسية للطيور المهاجرة ومسارات حركة الطائرات بمطار طابا	٢١-٢
١٢٢	موقع مطار مرسى علم	١-٣ أ ب
١٢٤	استواء السطح ودرجات الانحدار بمطار مرسى علم	٢-٣ أ ب
١٢٧	أسطح حدود ارتفاع العوائق بمطار مرسى علم	٣-٣
١٣٠	التكوينات الجيولوجية والصدوع بمنطقة مطار مرسى علم	٤-٣
١٣٢	قطاع رصف المدرج بمطار مرسى علم	٥-٣
١٣٥	تتطابق محور اتجاه مدرج مطار مرسى علم الدولي مع اتجاه الرياح السائدة	٦-٣
١٣٩	أحواض الأودية التي تتقاطع مجاريها مع حرم مطار مرسى علم	٧-٣

١٤٥	ارتفاعات التضاريس داخل حدود حوضي منطقة الدراسة	٣-٨ أ
١٤٥	درجات انحدار سطح الأرض بحوضي منطقة الدراسة	٣-٨ ب
١٤٧	المنحنى الهيبسومتري لحوضي وادي أم جريفات ووادي عنز	٣-٩
١٥١	نظام تصريف مياه السيول بحرم مطار مرسى علم	٣-١٠
١٥٦	انتشار الضوضاء بمطار مرسى علم	٣-١١
١٥٨	نمذجة تشتت انبعاثات غازات أول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وثنائي أكسيد الكبريت SO_2 بمطار مرسى علم لسيناريو عام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠	٣-١٢
١٦٠	مسارات الطيور المهاجرة بالنسبة لمطار مرسى علم	٣-١٣
١٦٦	مدخلات قاعد البيانات الجغرافية لاقتراح أنسب المواقع لبناء مطار جديد	٤-١
١٧١	الاستخلاص الآلي للأراضي الزراعية في مصر	٤-٢
١٧٢	تصنيف فئات درجات انحدار سطح الأرض في مصر	٤-٣
١٧٥	مساحات العمران في مصر	٤-٤
١٧٧	نطاقات أنسب المواقع لبناء مطار جديد في مصر طبقاً لدرجة صلاحيتها	٤-٥
١٨١	موقع مطار الجلالة بالنسبة لمدينة ومنتج الجلالة	٤-٦
١٨٢	التغير الذي طرأ على سطح هضبة الجلالة والمروحة الفيضية لوادي أبودرج	٤-٧
١٨٤	التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية لمطار الجلالة	٤-٨
١٨٥	الأقسام التضاريسية لهضبة الجلالة البحرية	٤-٩ أ ب
١٨٧	أسطح حدود ارتفاع العوائق بمطار الجلالة	٤-١٠
١٨٩	أحواض وشبكات التصريف المتقاطعة مع حرم مطار الجلالة المقترح	٤-١١
١٩١	تطابق محور اتجاه مدرج المطار المقترح مع اتجاه الرياح السائدة	٤-١٢
١٩٣	المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة وكمية الأمطار بالموقع المقترح للمطار	٤-١٣
١٩٧	استخدامات الأرض الرئيسية في المنطقة المجاورة للمطار المقترح	٤-١٤
٢٠٠	انتشار الضوضاء بمطار الجلالة	٤-١٥
٢٠٢	نموذج انتشار غاز أول أكسيد الكربون CO ميكروجرام/م ^٣ لعامي ٢٠٢١ و ٢٠٣٠ بمطار الجلالة	٤-١٦
٢٠٥	مسارات ومناطق تجمع الطيور المهاجرة بمحيط الموقع المقترح للمطار	٤-١٧
٢٠٧	القطاع التضاريسي على طول مدرج المطار المقترح (مطار الجلالة)	٤-١٨
٢٠٩	الطرق المقترحة لربط موقع مطار الجلالة	٤-١٩

رابعاً: فهرس الملاحق

رقم الملحق	العنوان	رقم الصفحة
١-١ أ	تطور الحركة الجوية بالمطارات الدولية (الطائرات / الركاب) بين عامي ١٩٤٨-٢٠١٥	١٩٦
١-١ ب	تطور الحركة الجوية بالمطارات المتاحة للطيران الدولي (الطائرات / الركاب) بين عامي ١٩٩٣-٢٠١٥	١٩٧
١-١ ج	تطور الحركة الجوية بالمطارات المحلية (الطائرات / الركاب) بين عامي ١٩٩٣-٢٠١٥	١٩٨

المقدمة

- أولاً: الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة.
- ثانياً: أسباب اختيار موضوع الدراسة.
- ثالثاً: أهداف الدراسة.
- رابعاً: تساؤلات الدراسة.
- خامساً: مناهج وأساليب الدراسة.
- سادساً: مصادر الدراسة.
- سابعاً: مشكلات الدراسة.
- ثامناً: محتويات الدراسة.

قائمة الاختصارات:

الاختصار	المعنى الدال
FIR	Flight Information Region
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument landing system
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
NDB	Non-directional beacon
ICAN	The International Commission for Air Navigation
VOR	VHF omnidirectional range
VFR	Visual Flight Rules

المقدمة:

يمثل الطيران المدني أحد قوائم الاقتصاد في كثير من دول العالم، ويسير تطوره جنبًا إلى جنب والتطور التكنولوجي. كما أن هناك مراكز أبحاث متخصصة في تكنولوجيا الطيران تعمل على رفع كفاءة التشغيل وأمان وراحة المستخدمين. وتمثل المطارات أحد أهم عناصر منظومة الطيران المدني، لذا يتم تقديم الكثير من الدراسات عن أي منطقة يتم اختيارها لإنشاء المطار.

ومن ثم تحاول الدراسة الحالية عمل تكامل بين الدراسات الجغرافية والجيولوجية والبيئية من جانب ودراسات علم الطيران وهندسة الطيران، وذلك عن طريق تطبيق منهجية الدراسات متعددة التخصصات Interdisciplinary Studies، للخروج بدراسة تخدم صناع القرار حال تحديد منطقة ما لإنشاء مطار.

يعد الأصل التاريخي الحقيقي للطيران وتطور فكرته إلى الأخوان رايت وأولى محاولتهما الناجحة عام ١٩٠٣. ثم أخذت كل من فرنسا وألمانيا وإنجلترا وأمريكا وروسيا وإيطاليا على عاتقها إجراء الأبحاث والتجارب العملية حتى اندلاع الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٤ فظهر دور الطيران الذي اقتصر على الاستطلاع وكشف خطوط العدو (www.lavionnaire.fr)، وفي عام ١٩١٩ وكنتيجة لاتفاقية باريس وتسويات ما بعد الحرب تم إنشاء اللجنة الدولية للملاحة الجوية (ICAN)^(١) فكانت بمثابة النواة للمنظمة العالمية للطيران المدني (ICAO)^(٢)، وشهد نفس العام ميلاد الجمعية الدولية للنقل الجوي (IATA)^(٣) عندما اجتمع ممثلو خمس شركات للنقل الجوي هم الدنمارك وألمانيا وبريطانيا العظمى والنرويج والسويد في لاهاي، لتوقيع اتفاق لتشكيل جمعية دولية للملاحة الجوية (www.icao.int).

وعملت الحرب العالمية الثانية على تحفيز صناعات الطيران وما يتعلق بها من تكنولوجيا وواجهت كثير من العقبات حالت دون استخدام الطيران في الأغراض المدنية بشكل واسع فدعت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية لحضور مؤتمر للطيران المدني الدولي في شيكاغو عام ١٩٤٤ عرف فيما بعد باتفاقية شيكاغو (Chicago Convention). عُقدت الاتفاقية تحت مظلة عصبة الأمم وكان هدفها الأساسي "مساعدة الدول على توحيد اللوائح والقواعد والإجراءات وآليات التنظيم الخاصة بالطيران المدني إلى أقصى درجة ممكنة". وشارك في المؤتمر ٥٤ دولة من الدول

¹⁾ The International Commission for Air Navigation

²⁾ International Civil Aviation Organization

³⁾ International Air Transport Association

الـ ٥٥ المدعوة، وبحلول نهايته يوم ٧ يوليو ١٩٤٤ كانت ٥٢ دولة من الدول المشاركة قد وقعت على "اتفاقية الطيران المدني الدولي" الجديدة (www.icao.int). وكانت مصر إحدى الدول الـ ٥٢ وهي بذلك من الأعضاء المؤسسين للمنظمة (نص معاهدة شيكاغو، ١٩٤٤).

تاريخ الطيران في مصر:

أما عن تاريخ أول تحليق في مصر فكان متزامناً مع افتتاح نادي الطيران المصري الذي أنشئ للإشراف على مسابقة أسبوع الطيران (Great Week of Aviation) في الفترة من ٦ إلى ١٣ فبراير ١٩١٠، والتي كانت تحت رعاية نادي الطيران الفرنسي. حيث وصلت أولى الطائرات إلى مصر في ١١ ديسمبر ١٩٠٩ وحلق بها الطيار البارون دي كاتيرس أيام ١٨، ١٩، ٢٠ ديسمبر ١٩٠٩ (أي قبل الحدث بشهر ونصف تقريباً) بهدف إحراز أول تحليق في مصر في منطقة العباسية. في حين تم استغلال مطار هليوبوليس في الحدث الكبير (أسبوع الطيران)، وشارك في الحدث طيارون من بلاد عدة مثل فرنسا وهولندا وألمانيا وأمريكا (Gary, 2010, pp 268-273).

وقد شُيد مطار هليوبوليس -أول المطارات على الأراضي المصرية- عام ١٩٠٩/١٩١٠ من قبل إدارة الاحتلال الإنجليزي لخدمة شركة المواصلات الإمبراطورية (Imperial Airways) وبعض الشركات الأخرى. كما تم استخدامه أثناء وبعد الحرب العالمية الأولى، ورغم صدور القانون رقم (١٩) لعام ١٩٢٠ الذي يقضي باحتكار الحكومة المصرية للمطارات إلا أن الاحتلال الإنجليزي لم يعط للدولة المصرية الفرصة لإدارة المطار الذي أنشأه. ونظراً لأهمية الطيران في السلم والحرب بادرت الحكومة المصرية عام ١٩٣٠ بإنشاء أول مطار مصري خالص وسمي بمطار ألماظة^(١) وتم افتتاحه عام ١٩٣٢ بوصول أول سرب طائرات مصري من لندن. تلي ذلك إنشاء مطار الدخيلة بالإسكندرية (www.eac-airports.com).

وفي عام ١٩٤٢ شيدت القوات الأمريكية والبريطانية مطار باين فيلد^(٢) على بعد ٥ كم شمال شرق مطار ألماظة لاستخدامه في العمليات الحربية في الحرب العالمية الثانية ثم تم تسليمه للسلطات المصرية بعد انتهاء الحرب، وتحول اسمه إلى مطار فاروق الأول عام ١٩٤٦ ثم إلى مطار القاهرة بعد ثورة يوليو ١٩٥٢. وفي عام ١٩٤٧ افتتح مطار إمبابية لغرض التدريب، وفي عام ١٩٤٨ تم اناره ميناء فؤاد الأول (مطار الاسكندرية)، وإنشاء ممرات إضافية لمطار فاروق الأول (مطار القاهرة) فضلاً عن البدء في إنشاء مطارات أسوان، أنشاص، الأقصر، المنيا، وفي عام

^(١) تحول مطار ألماظة إلى قاعدة جوية عسكرية منذ عام ١٩٥٦.

^(٢) سمي المطار نسبة إلى الطيار الأمريكي "جون باين" الذي كان أول طيار قتل في معارك الحرب العالمية الثانية.

١٩٥٦ تحول مطار ألماتة إلى التشغيل العسكري (حسن سيد حسن وآخرون، ص ص ٣٧٩-٣٨٢، ١٩٨٧).

يبلغ عدد المطارات المصرية المدنية ٢٤ مطارًا في عام ٢٠٢٠ (دليل الطيران المصري، ص AD 0.6-1، تعديل ١/١٨ / ١ يناير ٢٠٢٠)، تنقسم إلى ٧ مطارات دولية بنسبة ٢٩% من إجمالي عدد المطارات وهي: القاهرة، وبرج العرب، والغردقة، وشرم الشيخ، ومرسى علم، والأقصر، وأسوان. و ٨ مطارات متاحة للطيران الدولي^(١) بنسبة ٣٣% من إجمالي عدد المطارات وهي: أسبوط، والإسكندرية، والعلمين، ومرسى مطروح، والعريش، وطابا، وألماتة، وسوهاج. و ٩ مطارات محلية بنسبة ٣٧% من إجمالي عدد المطارات وهي: أبوسمبل، وشرق العوينات، والطور، والداخلية، والخارجية، والجورة، وأكتوبر، وبورسعيد، وسانت كاترين، هذا بالإضافة إلى مطارات البترول.

وتختلف ظروف إنشاء المطارات المصرية، فمنها ما تم تشييده لأغراض عسكرية وأصبح مطارًا مدنيًا (مطار القاهرة)، ومنها ما تم تشييده لأغراض مدنية وأصبح مطارًا عسكريًا (مطار ألماتة)، ومنها ما تم تشييده لأغراض مدنية خالصة مثل مطارات مرسى علم والعلمين وسوهاج. وتسعى الدراسة إلى البحث في الجانب المدني فقط حال كان استخدام المطار مدني/عسكري، فهي لن تتطرق إلى أي من المطارات العسكرية، كذلك لن تتطرق لدراسة مطارات البترول.

وسوف يتم في المقدمة دراسة الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة الدراسة، وأسباب اختيار الموضوع، وأهداف الدراسة، وتساؤلات الدراسة، ومناهج وأساليب الدراسة، ومصادر الدراسة، والمشكلات التي واجهت الطالب، يليها محتويات الدراسة على النحو التالي:

أولاً الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة:

تتفق حدود منطقة الدراسة مع حدود اقليم الطيران المصري Cairo FIR^(٢) شكل (١) وهي كما يلي:

- يبدأ **الحد الشمالي** عند نقطة إحداثيات ٠١° ٢٤' شرقًا ٣٤° شمالًا ثم يسير بالاتجاه الجنوبي الشرقي حتى يصل إلى قطاع غزة.
- **الحد الشرقي** يبدأ عند تقاطع خط الحدود السياسية لقطاع غزة مع الحدود السياسية المصرية، ويسير بالاتجاه صوب الجنوب الشرقي متمشيًا مع الحدود المصرية - والأراضي الفلسطينية المحتلة، ثم ينحرف إلى الشرق قليلًا ليصل إلى نقطة إحداثيات ٥٥° ٣٤' شرقًا ٢٩° ٣٠'.

(١) هي مطارات تستخدم للطيران الدولي عند حاجة شركات الطيران On request ويشترط تقديم طلب قبل الاستخدام ب ٢٤ ساعة.
(٢) Cairo Flight Information Region حيث تسمى أقاليم الطيران بأسماء عواصم الدول.

ثانياً: أسباب اختيار موضوع الدراسة:

- ١- قلة الدراسات الجغرافية حول قطاع الطيران المدني.
- ٢- سهولة الحصول على المعلومات من مصادرها كالمقر الإقليمي لمنظمة العالمية للطيران المدني ICAO بالقاهرة، وزارة الطيران المدني، سلطة الطيران المدني، الشركة المصرية للمطارات، شركة ميناء القاهرة الجوي.
- ٣- التطور السريع الذي يشهده مجال الطيران المدني ما يستدعي تجهيز دراسات أكاديمية توثق هذا التطور.
- ٤- أهمية مجال الطيران المدني من الناحية الاقتصادية.
- ٥- يعمل الطالب في قطاع الطيران المدني مما يتيح له فرص التحقق والحصول على المعلومات من مصادرها بسهولة.

ثالثاً: أهداف الدراسة:

- ١- تقديم دراسة تهتم بالجوانب الجغرافية بمجال الطيران المدني.
- ٢- تحليل العوامل الجغرافية والجيولوجية والبيئية المؤثرة في إنشاء المطارات في ظل التحديات وتطور الطيران المدني في مصر والعالم.
- ٣- تقديم نموذج معلومات جغرافي للمطارات المصرية كمحاولة لتطويرها.
- ٤- تطبيق المعايير الجيوبئية لتحديد أنسب المواقع لإنشاء مطار في مصر باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.
- ٥- تصحيح كثير من المفاهيم الخاطئة المتعارف عليها لدى غير المتخصصين عن الطيران المدني.

رابعاً: تساؤلات الدراسة:

- ١- ما أهداف إنشاء المطارات المصرية وكيف تطورت حركتي الركاب والطائرات وما الإضافة الاقتصادية لقطاع الطيران في مصر مقارنة ببعض الدول المجاورة؟
- ٢- ما المعايير الدولية المنصوص عليها من المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO، والتي يجب وضعها في الاعتبار عند اختيار مواضع المطارات؟
- ٣- ما هو الوضع الجيوبئي الراهن للمطارات المصرية؟
- ٤- ما مدى تأثير العوامل الجغرافية والجيولوجية والبيئية في اختيار مواضع ومواقع المطارات في مصر؟

٥- كيف يمكن الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في مجالات الطيران المدني؟

خامساً: مناهج وأساليب الدراسة:

تعتمد الدراسات على العديد من المناهج والأساليب، ويتمثل أهمها فيما يلي:

١. المنهج الأصولي (الموضوعي): وفيه سيتم دراسة ظاهرة محددة تتمثل في المطارات المصرية من خلال دراسة توزيعها مكانياً، وتتبعها تطورها زمنياً.

٢. المنهج متعددة التخصصات Interdisciplinary Approach: وفيه سيتم المزج بين تخصصات أكاديمية مختلفة، حيث تُستمد المعرفة من عدة مجالات مثل فروع علم الجغرافيا، الجيولوجيا، البيئة، الهندسة وهندسة الطيران (Robert J.Naiman et al, 2005).

٣. المنهج التطبيقي: سيتم من خلاله تطبيق النظرية العلمية واستخدام الطريقة أو العملية (النموذج) المدروس لحل المشاكل التي ستواجه الطيران المدني في المستقبل.

٤. المنهج التاريخي: سيتم من خلاله دراسة تطور قطاع الطيران المدني في مصر، ومن ثم الوقوف على التحديات التي ستواجهها الدولة المصرية مستقبلاً، أملين الارتقاء والوصول إلى مستوٍ مرضٍ عالمياً وتحقيق نموًا اقتصاديًا يؤمن مستقبلاً جيداً للأجيال القادمة.

تعتمد الدراسة على عدد من الأساليب التي عن طريقها يتم تحليل المادة العلمية أهمها:

٥. الأسلوب الكمي: سيتم استخدامه في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكة التصريف، كما استخدمت بعض التحليلات الإحصائية الوصفية كالمتوسط والانحراف المعياري ونسبة الاختلاف.

٦. الأسلوب الوصفي التحليلي: سيتم من خلاله وصف وتحليل حركتي الركاب والطائرات بالإضافة إلى الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكة التصريف.

٧. الأسلوب الكارتوجرافي: يستخدم في تحليل الخرائط والأشكال البيانية المنتجة من عدد من البرامج مثل برنامج Arc GIS 10.4 و ENVI 5.3 و Global Mapper 20 و Google Earth و M.S Office pro، وأخيراً حزمة برنامج

سادساً: مصادر الدراسة:

تعتمد الدراسة على عدد من المصادر على النحو التالي:

١- الدراسات السابقة:

يمكن تقسيم الدراسات السابقة التي أجريت على منطقة الدراسة إلى مجموعات من حيث صلتها بموضوع الدراسة، وهي:

الدراسات العربية:

دراسات جغرافية:

- دراسة (فاروق كامل عز الدين، ١٩٧٠): رسالة ماجستير بعنوان: ميناء القاهرة الجوي دراسة في جغرافية النقل والمواصلات. وخلصت إلى أن هناك تأثيراً كبيراً لميناء القاهرة الجوي على النشاط السياحي في مصر، كما أبرزت الدراسة دور العناصر المناخية المؤثرة على النقل الجوي.

- دراسة (حسن سيد حسن، ١٩٧٩): رسالة ماجستير بعنوان: جغرافية النقل الجوي في جمهورية مصر العربية، خلصت الدراسة إلى أن هناك عدد من الظواهر الجوية المؤثرة على الطيران مثل الرياح والحرارة كما أن هناك عوامل تؤثر في اختيار مواقع المطارات وتحديد شبكه الطرق الجوية مثل التضاريس، فضلاً عن دراسة تطور حركة النقل الجوي ومستقبل النقل الجوي في مصر.

- دراسة (حسن سيد حسن، ١٩٩٤): بحث بعنوان: بعض مظاهر التغير في خريطة النقل الجوي في مصر خلال الفترة ١٩٧٦ - ١٩٩٤ حيث خلصت الدراسة إلى أن هناك علاقة بين التوزيع الجغرافي للمطارات وتطور شبكه النقل الجوي.

- دراسة (سامية علي علي مبروك، ٢٠١٥): رسالة ماجستير بعنوان: أثر المناخ على النقل الجوي في مصر، حيث خلصت الدراسة إلى أنه هناك تأثيراً للإشعاع الشمسي والحرارة والرياح والعواصف الترابية والرملية على مواقع المطارات، وأدرجت محاولة لاختيار أنسب المواقع للمطارات الجديدة.

- دراسة (رشا حامد سيد حسن بندق، ٢٠١٨): بحث بعنوان: تأثير ضوضاء الطائرات على المناطق العمرانية المحيطة بمطار القاهرة الدولي - دراسة جغرافية، حيث خلصت الدراسة إلى أن هناك تأثيراً واضحاً لمستويات شدة الضوضاء بمنطقة الدراسة (مطار القاهرة) على العاملين والبيئة المحيطة بالمطار، تم ذلك عن طريق دراسة حالة لعينة من السكان القاطنين في محيط المطار.

- دراسة (صفاء إبراهيم علي محمد، ٢٠١٩): رسالة ماجستير بعنوان: مطارات مصر الدولية دراسة في جغرافية النقل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وخلصت الدراسة إلى أن هناك عوامل طبيعية وبشرية واقتصادية تؤثر على النقل الجوي في مصر، وأوردت دراسة لتطور حركة الركاب والطائرات

والبضائع، وقسمت الدراسة مطارات مصر طبقاً لدرجات تقييم الملائمة المكانية باستخدام GIS وفقاً لعدد من المعايير الجغرافية المختلفة.

دراسات غير جغرافية:

- دراسة (ادور جورج حنا، ١٩٩٢): رسالة ماجستير بعنوان: المتغيرات النفسية والاجتماعية المرتبطة بالتلوث الضوضائي على العاملين بمهابط ميناء القاهرة الجوى. وخلصت الدراسة إلى أن منطقة المهبط من أكثر المناطق تعرضاً لضوضاء وعمليات الطيران، ويبحث الجانب النظري من الدراسة عن المتغيرات التي تحدث للعاملين نتيجة التعرض لضوضاء الطائرات من خلال آراء وتقديرات العاملين بميناء القاهرة الجوى.

- دراسة (مصطفى محمود صابر، ٢٠١٥): رسالة ماجستير بعنوان: تأثير العوامل البيئية والمناخية على تصميم المطارات. وخلصت الدراسة إلى بعض النتائج من الناحية البيئية والتصميمية للمطار؛ حيث يوجد تأثير متبادل بين المطار والبيئة المحيطة كمشكلة الضجيج والتلوث وتحديد ارتفاعات المباني حول المطار، علاوة على ذلك تأثير اتجاهات الرياح والطبوغرافيا على مواصفات بنية المطار. أما من الناحية التصميمية فخلصت الدراسة إلى وجوب اتصال مباشر بين شبكه الطرق العامة وإيجاد تناسب مع الخدمات التي يحويها مبنى الركاب مع نوعيه المسافرين.

الدراسات غير العربية:

- دراسة (Ossama Saleh Ahmed, 2015): رسالة ماجستير بعنوان: تقييم إجراءات تحديد أماكن المدارج المساعدة السريعة للطائرات Evaluation of Rapid Exit Taxiways Locating Procedures، وكان من أهداف الرسالة إيجاد طريقة مناسبة تستخدم في تحديد أماكن ممرات الخروج السريع Rapid Taxiway. حيث تم عمل دراسة تحليلية باستخدام خليط مختلف لأنواع الطائرات الذي يستخدم في أحد مدارج مطار القاهرة الدولي. وتم في نهاية البحث إثبات أن برنامج REDIM هو أنسب برنامج لإيجاد مكان الممرات، نظراً لأنه يأخذ في اعتباره الكثير من العوامل المؤثرة في أماكن ممرات الخروج، بالإضافة إلى دقة النتائج المستنتجة من هذا البرنامج.

من خلال عرض الدراسات السابقة يلاحظ أنها لم تتطرق للمعايير الدولية المنصوص عليها من المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO والتي يجب وضعها في الاعتبار عند اختيار مواضع المطارات، وكذلك حالة الوضع الجيوبئي الراهن للمطارات المصرية، ومدى تأثير العوامل الجغرافية والجيولوجية والبيئية في اختيار مواضع ومواقع المطارات المصرية، بالإضافة إلى أنها لم تتطرق

لإمكانية الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في مجالات الطيران المدني المصري وهو ما سوف تتناوله الدراسة الحالية.

٢: الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية:

أ- الخرائط الطبوغرافية:

ستعتمد الدراسة على مجموعة من الخرائط المختلفة المقاييس وتم توثيق هذه الخرائط بالتفصيل في قائمة المراجع والمصادر، وهي:

١- خرائط مقياس رسم ١ : ٥٠,٠٠٠ و ١ : ٢٥٠,٠٠٠ إنتاج الهيئة المصرية العامة للمساحة، المشروع الفنلندي، سنوات ١٩٨٩ - ١٩٩٧.

٢- خرائط مقياس رسم ١ : ٥٠,٠٠٠ إنتاج إدارة المساحة العسكرية، ١٩٩٢-١٩٨٧.

٣- خرائط مقياس رسم ١ : ١٠٠,٠٠٠ إنتاج إدارة المساحة العسكرية، ١٩٩٤.

٤- خرائط مقياس رسم ١ : ١٠٠,٠٠٠ إنتاج الهيئة المصرية العامة للمساحة، في سنتي ١٩٥١، و ٢٠٠٠.

ب: الخرائط الجيولوجية:

ستعتمد الدراسة على الخرائط الجيولوجية إنتاج شركة كونكو كورال بمقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠. وتم توثيق هذه الخرائط بالتفصيل في قائمة المراجع والمصادر.

ج: المرئيات الفضائية ونماذج الارتفاع الرقمية.

ستعتمد الدراسة على المرئيات الفضائية LandSat 8 لعام ٢٠١٩، وقد بلغ عدد المرئيات التي سيتم معالجتها من خلال برنامج ENVI 5.3 للاستخلاص الآلي للأراضي الزراعية في مصر ١٤ مرئية بدقة مكانية ٣٠م. كما ستستخدم الدراسة بعض الصور عالية الدقة المكانية الموجودة في برنامج Google Earth Pro، أما عن نماذج الارتفاع الرقمية فستعتمد الدراسة على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM بدقة مكانية ٣٠ و ٩٠ م.

د: الدراسات الميدانية:

يعد الميدان الكتاب المفتوح الذي يجب على الجغرافي أن يقرأ سطره ويفهمها فهمًا جيدًا، وقد أضافت الدراسة الميدانية الكثير من المعلومات التي لم تكن مدونة في الكتب، ولذلك قام الطالب بعدد من الدراسات الميدانية على النحو التالي:

- مطار الغردقة يومي ٢٥ يوليو ٢٠١٧ و ٩ مايو ٢٠١٨.
 - مطارات القاهرة في يومي ٣٠-٣١ يوليو ٢٠١٧.
 - مطار مرسى علم في تواريخ ١٦ نوفمبر ٢٠١٧، و ٢٢ مايو ٢٠١٨، و ٢٠ أغسطس ٢٠١٨، و ١٨ مايو ٢٠١٩ و ٧ نوفمبر ٢٠١٩.
 - مطار الإسكندرية ٢٠ يوليو ٢٠١٧، و ٥ أبريل ٢٠١٨.
 - منتجع ومدينة الجلالة في ٢٦ أغسطس ٢٠١٧، و ١ أكتوبر ٢٠١٧،
- هذا بالإضافة إلى العديد من المقابلات الشخصية بالشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية، والشركة المصرية للمطارات.

سابعاً: مشكلات الدراسة:

كان من أهم المشكلات التي واجهت الدراسة هي صعوبة الحصول على بعض البيانات التفصيلية لحركتي الركاب والطائرات وبيانات إيرادات الشركات، كما واجهت الدراسة صعوبة الحصول على تصاريح لزيارة بعض المطارات، لذا قام الطالب باستبدال ذلك بمقابلات مع المهندسين العاملين بهذه المطارات؛ حيث تم توفير كم كبير من البيانات التي استعانت بها الدراسة.

ثامناً: محتويات الدراسة:

تنقسم الدراسة إلى أربعة فصول، ويبدأ كل فصل بتمهيد وينتهي بخلاصة، هذا بالإضافة إلى مقدمة الرسالة وخاتمتها وتوصياتها، كما تشتمل الدراسة على قائمة المراجع العربية والأجنبية والملاحق، ويمكن إيجاز محتويات الدراسة على النحو التالي:

المقدمة وتحتوي على نبذة عن تاريخ الطيران بشكل عام وتاريخ إنشاء الطيران في مصر، ثم تعريف بالموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة ثم أسباب اختيار الموضوع، وأهداف الدراسة، وتساؤلات الدراسة، ومناهج الدراسة وأساليبها، ثم مصادر الدراسة، والمشكلات التي واجهت الدراسة.

يختص الفصل الأول بدراسة المطارات المصرية من حيث (أهداف الإنشاء والسماوات العامة والحركة وأهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية)، وقد تناول الفصل أهداف إنشاء المطارات المصرية وتصنيفها حسب سبب الإنشاء، كما وضحت الدراسة السماوات العامة للمطارات

المصرية، وتضمن الفصل تطور حركتي الركاب والطائرات بالمطارات المصرية، ثم التعرف على القيمة المالية المضافة التي يضيفها قطاع الطيران المصري مقارنة ببعض الدول.

يدرس الفصل الثاني المعايير والخصائص الجيوبئية النموذجية لمواقع المطارات مع التطبيق على بعض المطارات المصرية، وتم فيه دراسة المعايير التي نصت عليها تشريعات المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO، وقد تم التطبيق على بعض المطارات المصرية كنماذج.

يتم في الفصل الثالث استخدام نظام المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد في تقييم الوضع الجيوبئي لمطار مرسى علم كدراسة حالة، حيث تم تطبيق تشريعات منظمة الـ ICAO، وتضمنت عناصر التقييم على الخصائص التضاريسية والعوائق، والتكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية، ثم الخصائص المناخية مثل الرياح والحرارة والضغط الجوي والعواصف الترابية والضبباب والشبورة المائية والأمطار، يليها دراسة الأخطار الجيومورفولوجية كالسيول وكيفية مواجهتها ودور خطرها، وأخيراً دراسة الخصائص البيئية مثل الضوضاء وجودة الهواء وتجمعات ومسارات الطيور المهاجرة.

ويهتم الفصل الرابع بإنشاء قاعدة معلومات جغرافية لاقتراح موقع لإنشاء مطاراً جديداً اعتماداً على معايير منظمة الـ ICAO والخصائص الجيوبئية، وقد تم بناء قاعدة بيانات جغرافية تحتوي على ١٢ طبقة تمت معالجتها لاستخدامها في إعداد نموذج لأنسب المواقع لاختيار مطار، وتم ذلك باستخدام برنامج ArcGIS 10.4، وتم تطبيق المعايير الجيوبئية على الموقع المختار، والتي تتضمن دراسة الخصائص الجيولوجية والتضاريسية والمناخية، فضلاً عن دراسة الوزن السكاني والإمكانات السياحية الداعمة لنجاح الموقع المقترح، وأخيراً دراسة بعض الأبعاد البيئية لمنطقة المطار كتأثير الضوضاء والغازات الناتجة عن التشغيل على البيئة المحيطة بالمطار، وفي المقابل تأثير مسارات الطيور المهاجرة على الملاحة بالمطار.

وقد اختتمت الدراسة بخاتمة تحتوي على مجموعة من النتائج التي توصلت إليها الدراسة، بالإضافة إلى مجموعة من التوصيات، وتحتوي الدراسة على وجود ملخصين أحدهما باللغة العربية والثاني باللغة الإنجليزية.

الفصل الأول

المطارات المصرية القائمة

(الأهداف والسّمات العامة والحركة وأهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية)

تمهيد

أولاً- أهداف الإنشاء

ثانياً- السّمات العامة للمطارات المصرية

**أ) مطارات القاهرة الكبرى
(القاهرة، أكتوبر، الماطة)**

**ب) مطارات الوجه البحري والساحل الشمالي الغربي
(بورسعيد، الإسكندرية، برج العرب، العلمين، مطروح)**

ج) مطارات الوجه القبلي

(أسيوط، وسوهاج، والأقصر، وأسوان، وأبو سمبل)

د) مطارات إقليم سيناء والبحر الأحمر

(الجورة، العريش، طابا، سانت كاترين، الطور، شرم الشيخ، الغردقة، مرسى علم)

هـ) مطارات الصحراء الغربية

(الداخلة، الخارجة، شرق العوينات)

ثالثاً- تطور حركتي الركاب والطائرات

رابعاً- أهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية

الخلاصة

الفصل الأول

المطارات المصرية القائمة

(الأهداف والسمات العامة والحركة وأهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية)

تمهيد :

بدأ الطيران في مصر عام ١٩٠٩، وقد اختلفت أهداف إنشاء المطارات، وبالتالي اختلفت سماتها وطبيعة حركة تشغيلها، فمنها ما تم إنشاؤه لظروف عسكرية، أو دبلوماسية لوجستية، أو لدوافع استثمارية لخدمة السياحة وتصدير الحاصلات الزراعية. ومن ثم يتناول هذا الفصل دراسة وتوثيق ما توفر من معلومات عن المطارات المصرية منذ أول تطبيق في عام ١٩٠٩ وحتى عام ٢٠١٩، وذلك من حيث أهداف الإنشاء، والسمات العامة، وتطور حركتي الركاب والطائرات بالمطارات المصرية، وذلك على النحو التالي:

أولاً: أهداف الإنشاء:

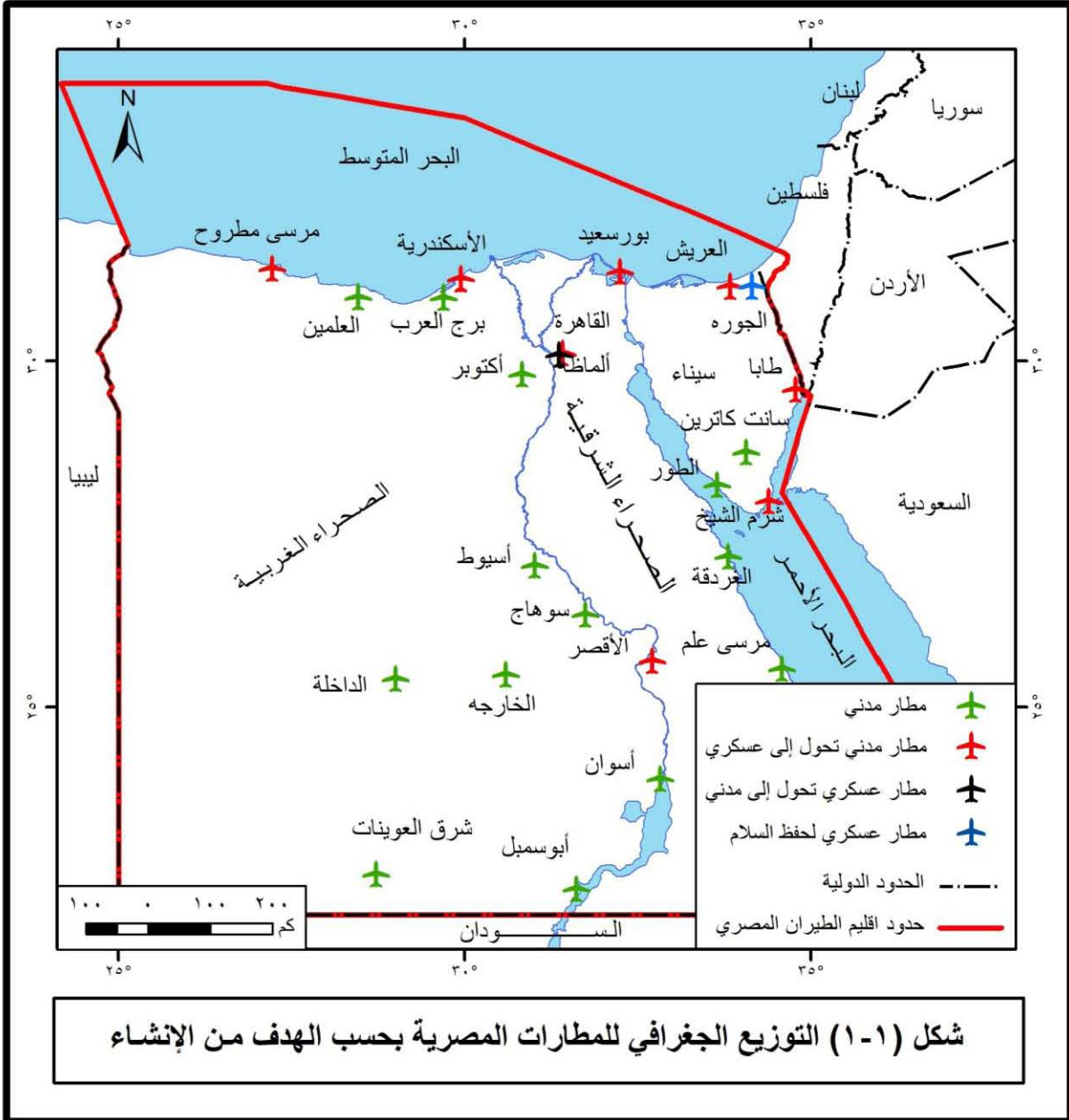
يبلغ عدد المطارات المصرية ٢٤ مطاراً مدنياً حتى نهاية عام ٢٠٢٠^(١)؛ حيث يتضح من خلال قراءة وتحليل شكل (١-١) وجدول (١-١)^(٢) اختلاف أهداف الإنشاء، حيث تم إنشاء نحو ثلث هذه المطارات من قبل القوات الأمريكية أو قوات الاحتلال البريطاني أو قوات الاحتلال الصهيوني لأهداف عسكرية، ومن أمثلة هذه المطارات: القاهرة، العريش، بورسعيد، الإسكندرية، مرسى مطروح، طابا، شرم الشيخ، الأقصر، وقد تحولت هذه المطارات إلى التشغيل المدني، وذلك إما بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية أو بعد انتهاء احتلال سيناء.

كما أن هناك مطارات أخرى أنشأتها الحكومة المصرية لأهداف مدنية؛ وذلك إما للاستثمار في قطاع السياحة مثل مطارات أسوان، أبو سمبل، الغردقة، سانت كاترين، مرسى علم، برج العرب، العلمين أو لأغراض الحج مثل مطار الطور أو لتسهيل حركة القوى العاملة كمطاري أسبوط وسوهاج، أو لتصدير الحاصلات الزراعية للخارج مثل مطارات الداخلة، الخارجة، شرق العوينات، أو للاستثمار في العامل البشري كالتدريب على الطيران المدني لتخريج كوادر مصرية وعربية وأفريقية قادرة على تشغيل مرفق الطيران مثل مطار أكتوبر.

(١) جاري العمل على تجهيز مطارات العاصمة وسفنكس وبرنيس والبردويل (المليز سابقاً) لدخول الخدمة.

(٢) جدير بالذكر أن التشغيل الحالي لكل المطارات الواردة في الجدول هي مطارات مدنية عدا مطار أمانة ومطار الجوره.

ويعد مطار ألماتة أول المطارات التي أنشأتها الحكومة المصرية، وتم إنشائه في عام ١٩٣٢، وهو المطار الوحيد الذي أنشئ للغرض المدني ثم تم تحويله للتشغيل العسكري، بينما أنشئ مطار الجورة لأهداف دبلوماسية لجوسنية لخدمة قوات حفظ السلام.



المصدر: إعداد الطالب إعتقاداً على دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠.

جدول (١-١) تصنيف المطارات المصرية حسب سنة وسبب الإنشاء حتى عام ٢٠٢٠

المطار	سنة الإنشاء	سبب الإنشاء
ألماظة	١٩٣٢	الحكومة المصرية لاستخدامه للأغراض المدنية.
القاهرة	١٩٤٢	لاستخدامه في الحرب العالمية الثانية (الولايات المتحدة الأمريكية).
العريش	١٩٤٤	لاستخدامه في الحرب العالمية الثانية (الإحتلال البريطاني).
الإسكندرية (النزهة)	١٩٤٥	
بورسعيد	١٩٤٥	
مرسى مطروح	١٩٤٥	
الأقصر	١٩٤٦	
الطور	١٩٤٩	الحكومة المصرية لخدمة الحجاج
أسوان	١٩٥٦	الحكومة المصرية لخدمة السياحة
أبوسمبل	١٩٦٤	
الغردقة	١٩٦٦	
سانت كاترين	١٩٨٢	
مرسى علم	٢٠٠١	
العلمين	٢٠٠٥	
الجورة	١٩٧٦	الإحتلال الصهيوني للسيطرة أثناء الإحتلال
شرم الشيخ	١٩٨٢	
طابا	١٩٨٢	
الخارجة	١٩٥٩	الحكومة المصرية لتسهيل الإستصلاح الزراعي ونقل الحاصلات الزراعية.
الداخلة	١٩٩٦	
شرق العوينات	١٩٩٨	
أكتوبر	١٩٩٨	الحكومة المصرية، وبهدف التدريب.
برج العرب	٢٠٠٩	الحكومة المصرية لتخفيف العبء على مطار الإسكندرية
أسيوط	١٩٧١	الحكومة المصرية لتسهيل حركة القوى العاملة
سوهاج	٢٠١٠	

المصدر: إعداد الطالب اعتمادًا على بيانات www.eac-airports.com

ثانيًا: السمات العامة للمطارات المصرية:

تتوزع المطارات المصرية في الأقاليم الجغرافية المصرية الرئيسية، وفيما يلي دراسة السمات العامة للمطارات المصرية تبعًا لأقاليمها الجغرافية، وذلك على النحو التالي:

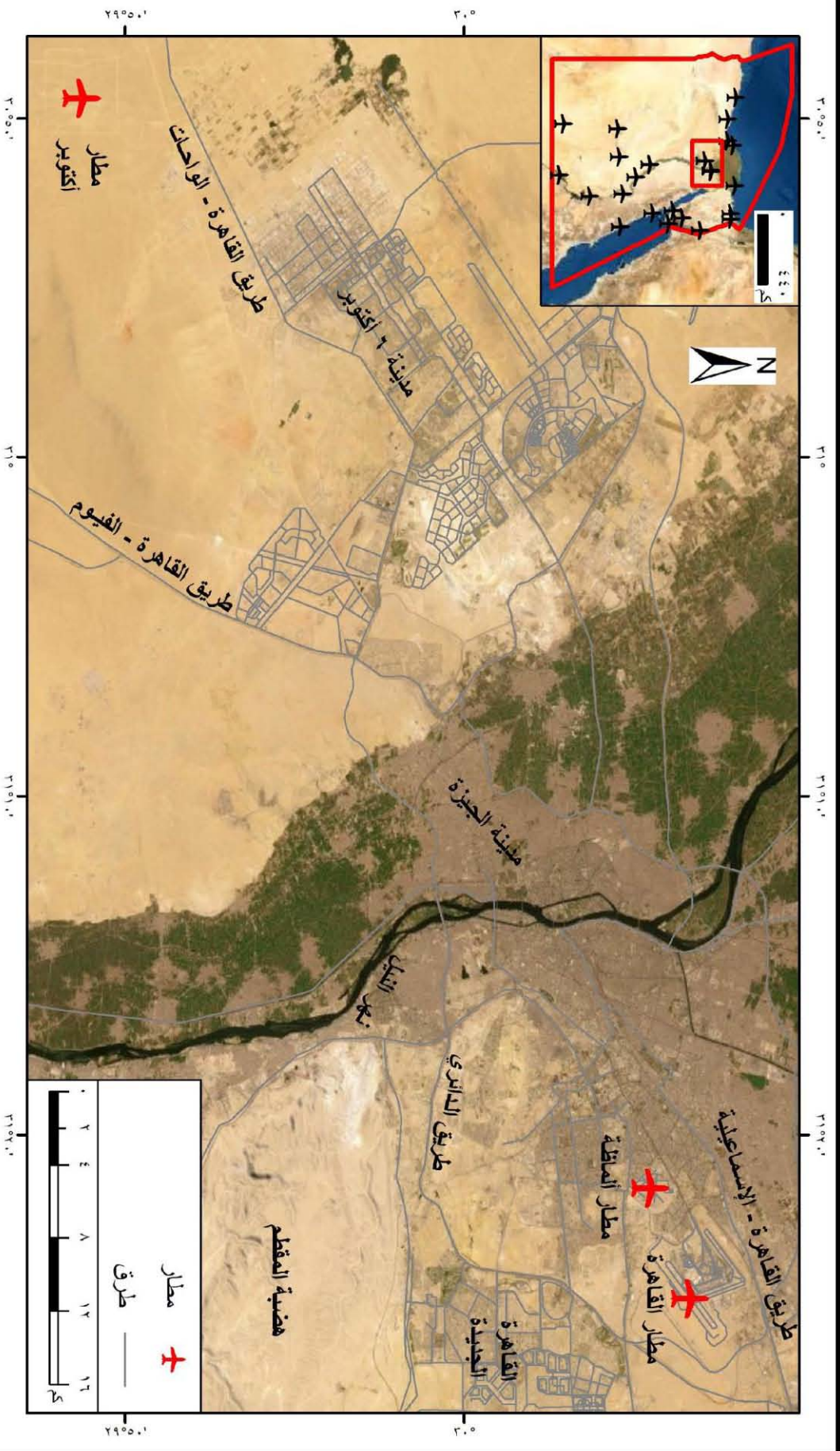
أ) مطارات إقليم القاهرة الكبرى:

يضم إقليم القاهرة الكبرى ثلاثة مطارات هي -بالترتيب من الشرق إلى الغرب- القاهرة وألمظة وأكتوبر شكل (١-٢). ويعد مطار القاهرة أكبرها مساحة وأكثرها تجهيزًا وتشغيلًا، في حين يقتصر تشغيل مطار أكتوبر على التدريب، ويخضع مطار ألمظة للتشغيل العسكري. وتسعى الحكومة المصرية إلى ضم مطارين آخرين أحدهما يخدم العاصمة الإدارية الجديدة، والثاني يخدم منطقة غرب الدلتا. وفيما يلي عرضًا موجزًا للسمات العامة لمطارات هذا الإقليم:

١) مطار القاهرة:

يعد مطار القاهرة من أقدم المطارات المدنية العاملة؛ ويتضح من قراءة وتحليل الخريطة الطبوغرافية شمال هليوبوليس، مقياس رسم ١: ٢٥٠٠٠، عام ١٩٤٩ شكل (١-٣)، أن مطار القاهرة أنشئ في الهامش الصحراوي الشرقي للقاهرة؛ إذ تم إنشائه آنذاك بعيدًا عن الحد الشرقي لعمران مدينة القاهرة بنحو ٦ كم، وكانت مساحته في فترة الإنشاء نحو ٦ كم^٢، وبهذا كان من المطارات كبيرة المساحة بمقاييس عصره. وصُنف مطار القاهرة منذ نشأته كمطار دولي، وقد ذكر (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٨٥) أنه ظل المطار الدولي الوحيد في مصر حتى عام ١٩٨٧.

وقد شهد المطار الكثير من التطوير، فأصبحت مساحته نحو ٣٠ كم^٢ في عام ٢٠١٦؛ حيث ساهمت حركة التشغيل المتزايدة إلى دفع الحكومة بشكل مستمر لتطوير المطار؛ وبلغت حركة الركاب في عام ١٩٤٦ حوالي ٢٠٠ ألف راكب بسعة ٢٠٠ راكب/ساعة، وأدى ارتفاع حركة الركاب في المطار إلى قيام الحكومة في عام ١٩٨٢ بإنشاء المدرج الموازي الثاني ناحية الشرق، واستتبعه في عام ١٩٨٦ إنشاء مبنى الركاب رقم (٢) لخدمة ٣ مليون مسافر سنويًا، ومع استمرار زيادة أعداد الركاب تم إنشاء المدرج الموازي الثالث ومبنى الركاب رقم (٣) في ديسمبر ٢٠٠٨ بطاقة ١١ مليون راكب سنويًا، وبإنشاء هذا المبنى وصلت الطاقة الاستيعابية لمطار القاهرة إلى ٢٢ مليون راكب سنويًا (التقرير الإحصائي السنوي، ٢٠٠٩).



شكل (٢-١) التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم القاهرة الكبرى

وتفادياً للتكدس الكبير الذي يحدث بشكل موسمي في فترات الحج أو فترات عودة العمالة المصرية من الخارج تم افتتاح الصالة الموسمية في عام ٢٠١١، على أن يتم تخصيصها لرحلات جدة والمدينة بعد انتهاء موسم الحج أو فترات عودة العمالة المصرية، كما أنشئت قرية البضائع لإدارة وتسهيل الشحن الجوي (التقرير الإحصائي السنوي، ٢٠١٤).

ويتضح من قراءة صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، وأيضاً بيانات التقرير الإحصائي السنوي لعام ٢٠١٤، ومقارنتها بالخرائط الطبوغرافية لعام ١٩٤٩ شكل (١-٣) أن هناك نمواً عمرانياً كبيراً باتجاه المطار، كما تم مد الكثير من شبكات الطرق، حيث تم في عام ٢٠٠٨ مد طريق جديد للمطار من طريق السويس والطريق الدائري وذلك لتسهيل الحركة المرورية، كما يجري منذ عام ٢٠٠٩ التخطيط لإنشاء المنطقة الاستثمارية لمطار القاهرة الدولي تحت اسم مشروع مدينة المطار Cairo Airport City، والتي يتم فيها استغلال الأراضي الفضاء داخل حدود المطار وطرحها للاستثمار السياحي والتجاري.

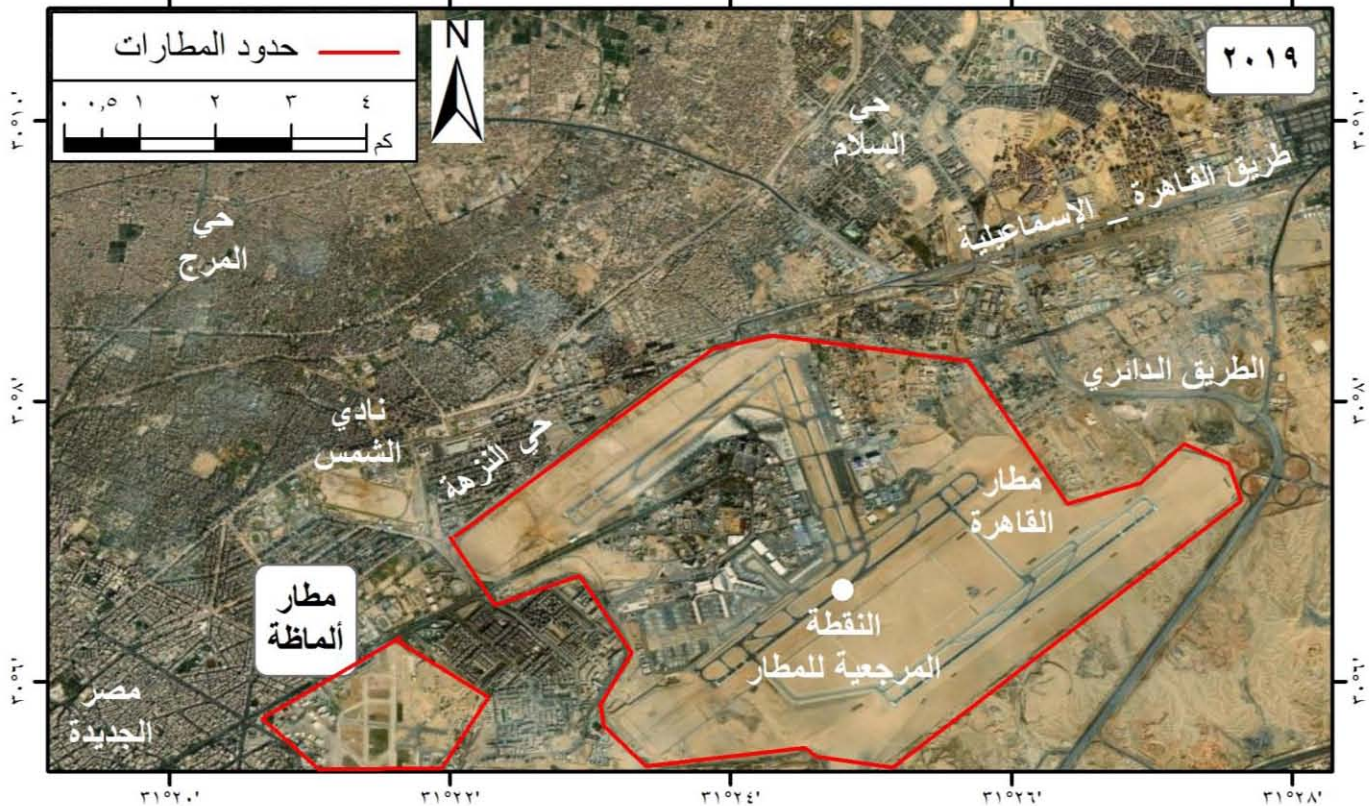
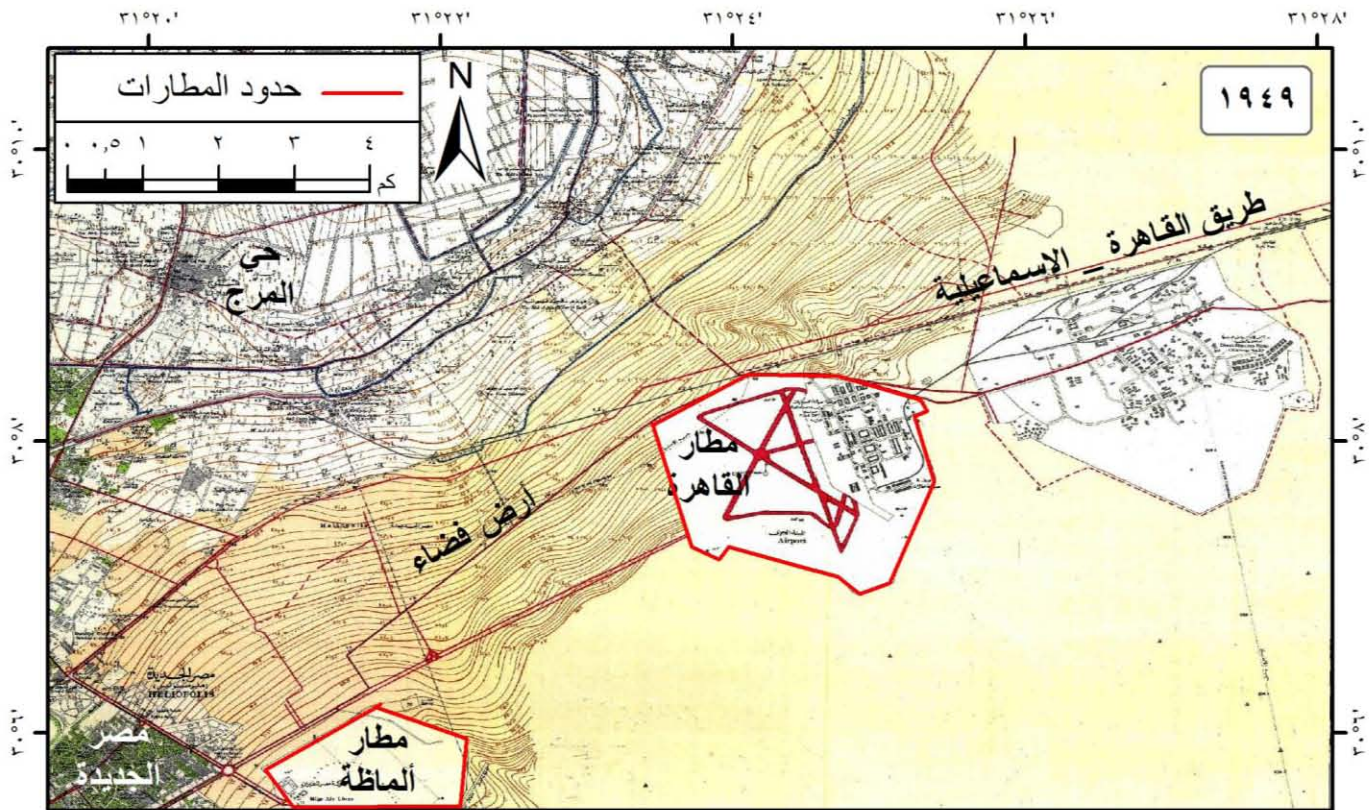
وفيما يخص الطرق الجوية^(١) فلا مناص من ربط أي مطار بما يقربه من هذه الطرق، فمنها وإليها تكون الحركة الجوية؛ حيث يتم تشغيل مطار القاهرة داخل منطقة دائرية مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP^(٢)، ويبلغ نصف قطرها ٦٠ ميلاً بحرياً^(٣) (١١١ كم)، وتتراوح حدودها الرأسية بين ألف قدم إلى ٢٤,٥ ألف قدم، ويطلق عليها اسم "TMA" Terminal Control Area، وترتبط أطراف هذه الدائرة بشكل مباشر بمسارات الطرق الجوية^(٤) المتجهة إلى كل من أوروبا ودول غرب أفريقيا، ودول الخليج العربي والشرق الأقصى ودول جنوب أفريقيا، فضلاً عن عدد كبير من الطرق المحلية شكل (١-٤) (دليل الطيران المصري، ص 2-1.4، ENR 1.4، AIRAC 4/2010).

^(١) الطرق الجوية عبارة عن مسارات مؤمنة مراقبة أو غير مراقبة تطير خلالها الطائرات، لها اتجاهات وأبعاد طولية وعرضية ورأسية، تقدم فيها خدمات الحركة الجوية ويحظر الطيران خارجها (Annex 4, page 1-2, 2009).

^(٢) النقطة المرجعية Aerodrome Reference Point هي نقطة معرفة الإحداثيات تقع داخل المطار، وتنسب إليها جميع الإنشاءات وإجراءات الهبوط الآلي.

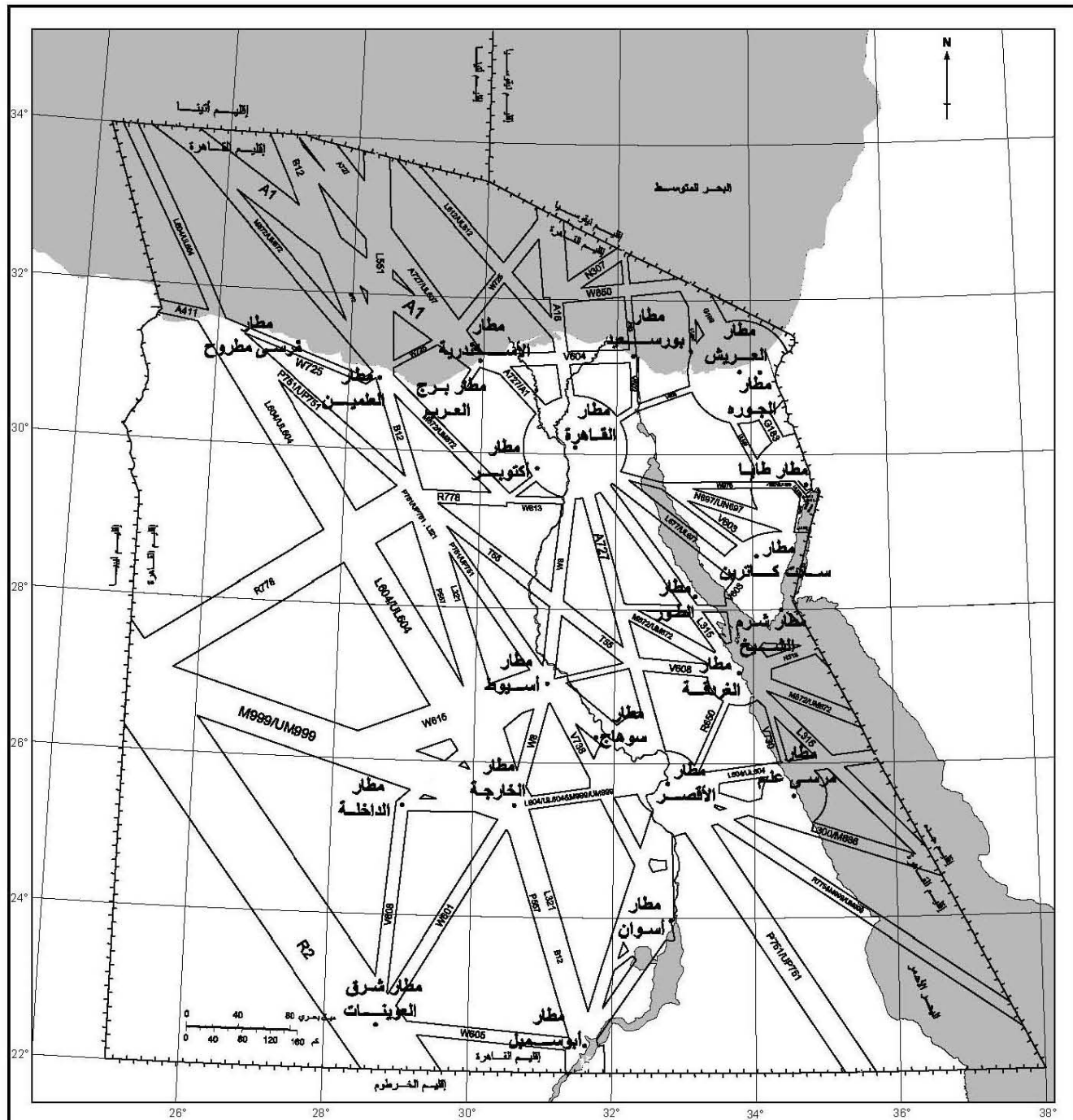
^(٣) يبلغ طول الميل البحري ١٨٥٢ م.

^(٤) تأخذ الطرق الجوية مسميات مثل A16؛ حيث يرمز الحرف إلى الخدمة المقدمة في الطريق، كذلك يدخل الحرف في تعريف الطريق إن كان طريقاً إقليمياً أو محلياً، أما الرقم فهدفه عدم الخلط بين الطرق التي تأخذ نفس الحرف.



شكل (٣-١) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار القاهرة الدولي في عامي ١٩٤٩ و ٢٠١٩

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على الخريطة الطبوغرافية لوحة شمال هليوبوليس لعام ١٩٤٩، صور Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.



شكل (١-٤) شبكة الطرق الجوية داخل إقليم الطيران المصري

المصدر: إنتاج الطالب اعتماداً على خرائط دليل الطيران المصري لعام 2020.

٢) مطار ألماتة^(١):

يقع مطار ألماتة غرب مطار القاهرة بنحو ٢ كم، ويتبين من قراءة شكل (١-٣) أن المطار يقع أيضًا في الهامش الصحراوي الشرقي لمدينة القاهرة، ويحاط المطار حاليًا ومن جميع الجهات بالمباني السكنية. ونظرًا لموقعه القريب جدًا من مطار القاهرة فإن المطاران يتشاركان في كثير من خدمات التشغيل، ويعد مطار ألماتة المطار العسكري الوحيد المدرج بدليل الطيران المدني المصري نظرًا لاستخدامه للتشغيل المدني بشكل محدود (دليل الطيران المصري، AD 2. HEAZ، تعديل AIRAC 4/17).

٣) مطار أكتوبر:

يقع مطار أكتوبر في الهامش الصحراوي الغربي لإقليم القاهرة الكبرى، ويقع جنوب طريق القاهرة - الواحات البحرية، ويبعد عن جهاز مدينة ٦ أكتوبر بنحو ٢٠ كم. وتبلغ مساحته نحو ١٥ كم^٢. ويتضح من قراءة صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ شكل (١-٥) أن موقع المطار يتسم بشبه الإستواء؛ حيث تم بناء المطار فوق منطقة هضبية يدور منسوب سطحها حول ٢٤٥ م. ومن ناحية أخرى يبعد المطار عن الحافة الشمالية لمنخفض الفيوم بنحو ٤ كم؛ حيث عملت هذه الحافة كخط تقسيم مياه لعدد من مجاري الأودية (ليس لها أسماء على الخرائط الطبوغرافية) المتجهة نحو المطار وأخرى نحو المنخفض.

ويعد مطار أكتوبر أحد المطارات محدودة الإمكانيات نظرًا لقلة كثافة الحركة؛ إذ يكاد يقتصر تشغيله على التدريب، ويعمل المطار من السادسة صباحًا حتى الغروب، ويتكون من مدرج رئيسي بأبعاد ٢ كم × ٣٥ م للطول والعرض على التوالي، وتتسع حظيرة الطائرات إلى ٣٠ طائرة تدريب، كما يتضمن المطار مبنى إداري واستراحة بالإضافة إلى برج للمراقبة (دليل الطيران المصري، ص 5-AD-HEBL، تعديل ١١٧).

ويعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٢ ميل بحري (٣,٦ كم) مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ولا يرتبط المطار بأية طرق جوية نظرًا لوقوعه داخل دائرة تشغيل مطار القاهرة Cairo TMA فيتم تشغيل المطار بالتنسيق مع مطار القاهرة (دليل الطيران المصري، ص 1-6-ENR، تعديل AIRAC 4/16).

(١) لا تتوفر أية بيانات عن تجهيزات مطار ألماتة أو حركة الركاب، ولذا لن تطرق الدراسة لهذا الموضوع.



ب) مطارات إقليم الوجه البحري والساحل الشمالي الغربي:

يضم الإقليم ٥ مطارات، وهي -بالترتيب من الشرق إلى الغرب- بورسعيد، والإسكندرية، وبرج العرب، والعلمين، ومرسى مطروح شكل (١-٦). وباستثناء مطار برج العرب تتسم طبيعة تشغيل مطارات هذا الإقليم بقلة كثافة الحركة؛ ويرجع ذلك إلى أن مطارات هذا الإقليم إما محلية كمطار بورسعيد، أو قليلة التشغيل بطبيعتها مثل العلمين ومرسى مطروح، أو مطارات تخضع للتطوير ومنتظر افتتاحها كمطار الإسكندرية، وفيما يلي عرض للسماة العامة لمطارات هذا الإقليم:

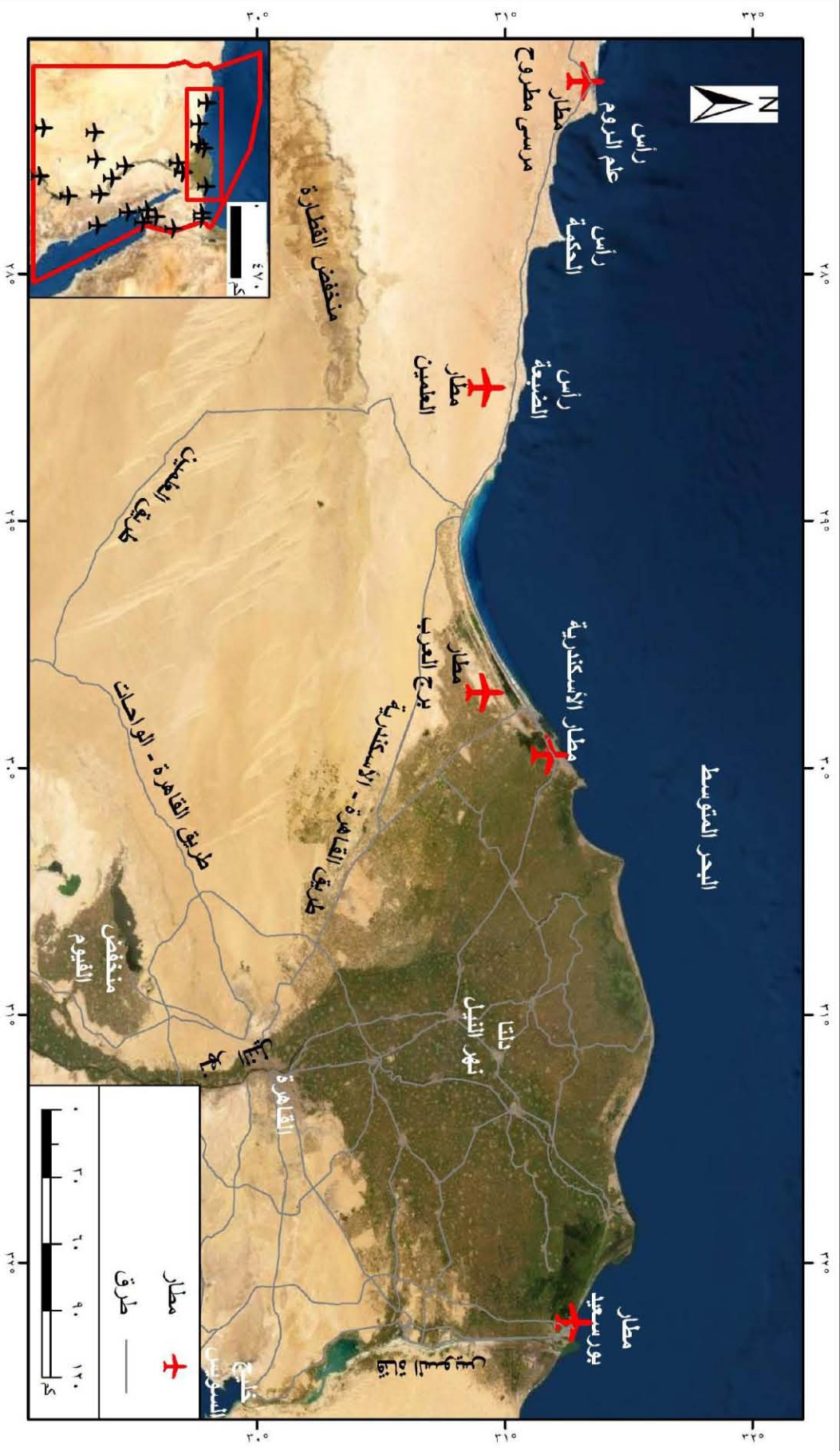
١) مطار بورسعيد (الجميل):

شيد المطار على حازر بحيرة المنزلة بمساحة تقدر بنحو ٢ كم^٢، ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية لوحة القاهرة، مقياس رسم ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ شكل (١-٧) أن المطار يقع بمنطقة معظمها أراضي منخفضة في منسوب سطحها، حيث يبلغ ارتفاعها نحو ٢,٥ م، وتتكون من رمال وسبخات ترجع إلى الزمن الرابع.

واشتمل المطار^(١) في بداية تشغيله على مدرجين أسفلتين فضلاً عن برج للمراقبة. ونظراً لإمكانيات المطار المحدودة كانت تستخدمه الطائرات المروحية والخفيفة (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٣، ٣٩٤). ويتضمن المطار الآن مدرج واحد، فضلاً عن حظيرة تتسع لـ ٤ طائرات، ويتسع مبنى الركاب إلى ٥٠٠ راكب/ساعة (www.civilaviation.gov.eg).

ويعمل المطار بين ساعتي الشروق والغروب أو حسب الطلب داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٥ ميل بحري (٩ كم) مركزها المساعد الملاحي الذي يخدم المطار. ويرتبط مطار بورسعيد مباشرةً بشبكة الطرق الجوية شكل (١-٤) من خلال ٣ طرق أولها إلى مطار القاهرة، والثاني إلى مطار الإسكندرية، بينما يعبره الطريق الثالث إلى المجال الجوي القبرصي NICOSIA FIR (دليل الطيران المصري، ص ٦-١، ENR، تعديل 4/16 AIRAC).

(١) جدير بالذكر أنه على الرغم من إعداد دراسة مبدئية عام ١٩٧٥ من قبل شركة بولين لإنشاء مطار آخر بالمدينة، واستقر الاختيار على موقعين بديلين لبعضهما بتكلفة ٢٩,٧ و ١١,١ مليون جنيه، إلى أن أوصت الخطة الشاملة لمدينة بورسعيد إلى عدم وجود ما يلح لإنشاء مطار آخر بالمدينة نظراً لقلة الاحتمالات بقدم رحلات مباشرة إلى المدينة؛ وذلك نظراً لقرب المدينة من العاصمة بمسافة برية تقدر بنحو ١٧٠ كم (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٤).



شكل (١-٦) التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم الوجه البحري والساحلي الشمالي الغربي



شكل (٧-١) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار بريدة

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

٢) مطار الإسكندرية (النزهة):

يقع مطار الإسكندرية في الجزء الغربي من المدينة، وتم إنشائه في عام ١٩٤٥، وقد ذكر (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٨٩) أن مساحة المطار اقتطعت من بحيرة مريوط بأبعاد منتظمة بلغت ٣ × ٣ كم. وقد استخدم المطار عند إنشائه كقاعدة عسكرية جوية "برمائية"، بحيث سمحت بحيرة مريوط بهبوط الطائرات التي تهبط على الماء، وتكون المطار وقت إنشائه من ٤ مدارج متقاطعة ومتوافقة مع الاتجاهات الأصلية والفرعية لتشبه علم بريطانيا، وتظهر الخريطة الجيولوجية، لوحة الإسكندرية، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٦، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ أن المطار يقع على أرض سبخية يبلغ منسوبها نحو - ٣ م تحت منسوب سطح البحر^(١)، مما أدى لحدوث العديد من المشاكل مثل تشققات التربة، والرشح المستمر للمياه مما أدى إلى ارتفاع تكلفة صيانة المدارج (www.eac-airports.com).

وقد تم عمل الكثير من الدراسات لتطوير المطار منذ عام ١٩٥٠؛ حيث تم تقوية وإطالة بعض المدارج فضلاً عن تقوية حظيرة الطائرات، وبناء ٣ مواقف للطائرات، وتحسين مباني الركاب وإنشاء محطة كهرباء لإنارة المدارج، وبناء خزان مياه، وتمديد شبكة التليفونات، وتجهيز المطار بأجهزة سلكية ولاسلكية (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٨٩). وعلى الصعيد المعاصر فإن مباني الركاب الحالية تشمل صالات سفر ووصول دولية بسعة ٦٠٠ راكب/ساعة، ويتكون المطار في عام ٢٠١٩ من مدرج واحد، بالإضافة إلى عدد كبير من مواقف الطائرات العمودية التي تتبع شركة خدمات البترول.

يعمل المطار على مدار ٢٤ ساعة يوميًا داخل منطقة اقتراب مستطيلة الشكل مركزها ARP، وتمتد في محور شمالي-شرقي جنوبي-غربي بأبعاد طولية وعرضية تبلغ ١٨ و ١٢ ميل بحري على الترتيب شكل (١-٤). ويرتبط المطار بعدد من الطرق الجوية التي تربطه بمطاري القاهرة وبورسعيد ومطارات أوروبا (دليل الطيران المصري، ص ENR_6.1، تعديل AIRAC 4/16).

٣) مطار برج العرب:

أنشئ المطار في عام ٢٠٠٩ على مساحة ٤٣ ألف م^٢، ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة الإسكندرية، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٦، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ أن المطار يقع بأرض هضبية شبه مستوية يبلغ منسوبها نحو ٥٠ م،

(١) سيتم دراسة المشكلات التي ترتبت على وجود السبخات بمطار الإسكندرية تفصيلاً في الفصل الثاني.

تتكون من رواسب رملية ورواسب بحرية شاطئية ترجع إلى الزمن الرابع، وقد استغلت هذه الرواسب في الاستصلاح الزراعي الذي يحيط بالمطار من جميع الجهات.

ويمتد المطار في محور شمالي غربي - جنوبي شرقي. وتُظهر الإحصاءات وجود زيادة مستمرة في حركة الركاب منذ إنشاء المطار، الأمر الذي دفع الحكومة المصرية للتعاون مع مؤسسة التعاون الدولي اليابانية (JICA) Japan International Cooperation Agency في عام ٢٠١٢ بوضع خطة لتوسعة المطار لتصل مساحته إلى ١٨ كم^٢، وإنشاء مبنى جديد للركاب تستخدم في تشغيله الطاقة الشمسية بسعة ٤ مليون راكب/سنة، إلا أنه لم يتم تنفيذ الخطة حتى نهاية عام ٢٠٢٠.

يتكون المطار حتى نهاية عام ٢٠٢٠ من مدرج واحد، ومبنى ركاب بسعة ألف راكب/ساعة بالإضافة إلى حظيرة طائرات تتسع إلى ١١ طائرة، ويستخدم المطار ما يقرب من ٧٠ شركة طيران (التقرير الإحصائي السنوي، ٢٠٠٩-٢٠١٥).

ويعمل المطار على مدار ٢٤ ساعة يوميًا، ولا يتمتع بمنطقة اقتراب الطائرات^(١) نظرًا لموقعه القريب جدًا للمنطقتين المحظورتين^(٢) HE/P18 و HE/P19، ويعتمد تشغيله بشكل كلي على الرادار. ولا يتصل المطار مباشرة بشبكة الطرق الجوية شكل (١-٤) إذ يتم التشغيل راداريًا وتوجيه الطائرات إلى أقرب الطرق ومنه إلى القاهرة أو إلى أوروبا (دليل الطيران المصري، ص 6-ENR 1، تعديل 4/16/AIRAC).

٤) مطار العلمين:

يقع المطار إلى الجنوب من مدينة الضبعة بنحو ١٢ كم، وتبلغ مساحته ٦,٤ كم^٢، ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة الإسكندرية، مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٦، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يقع بمنطقة مرتفعة يبلغ ارتفاعها نحو ٤٥ م، وتتألف من صخور الحجر الجيري البحري الأبيض اللون ويتداخل معه طبقات من المارل، وقد ترسبت في بيئة بحرية ضحلة خلال عصر البليوسين في أواخر الزمن الثالث.

ويتكون المطار من مدرج واحد بالإضافة إلى حظيرة تتسع إلى ٩ طائرات ومبنى لبرج المراقبة وآخر للركاب، ويعد أحد المطارات قليلة التشغيل؛ حيث بلغت حركة الركاب بالمطار عام ٢٠١٥ نحو ٥٠٠ راكبًا، ويعمل المطار بين ساعتَي الشروق والغروب أو عند الطلب، ويعمل

^(١) يتم تشغيل المطارات داخل دوائر تسمى دائرة اقتراب الطائرات بحيث يتم توجيه الطائرات داخلها بحرية. إذ غير مسموح بالطيران خارج مناطق الاقتراب أو الطرق الجوية.

^(٢) هي مناطق محددة الأبعاد يحظر فيها الطيران.

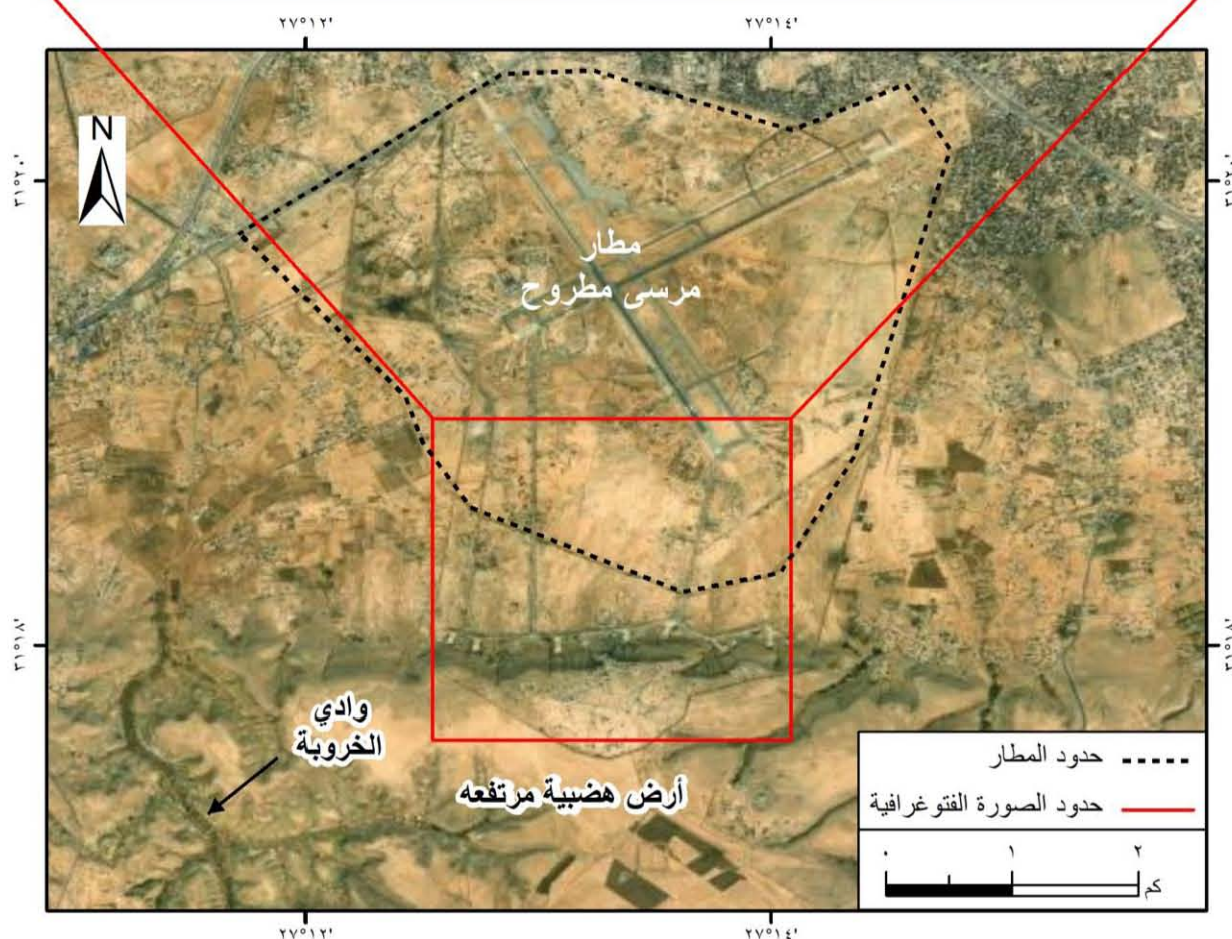
المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ١٠ ميل بحري مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ويقع المطار بالقرب من مفترق ٥ طرق تربطه بأوروبا شكل (١-٤) (دليل الطيران المصري، ص 6-1، ENR 4/16). (AIRAC 4/16، تعديل 6-1).

٥) مطار مرسى مطروح:

يقع مطار مرسى مطروح جنوب المدينة مباشرة، ويحده من الجنوب منطقة هضبية يبلغ ارتفاعها نحو ١٠٠ م شكل (١-٨). ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة الإسكندرية، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٦، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن أرض المطار تتكون من رواسب رملية وحصوية ترجع إلى الزمن الرابع بينما تتكون الأرض الهضبية المرتفعة التي تشرف على المطار من الجنوب من تكوين مارمريكا الذي يتألف من صخور الحجر الجيري غني بالحفريات مع تداخلات قليلة من المارل، وقد ترسبت في بيئة رصيف بحري ضحل، والتي ترجع إلى عصر الميوسين الأوسط في الزمن الثالث.

وتبلغ مساحة المطار ١٦ كم^٢. وتكون المطار عندما استلمته الحكومة المصرية من السلطات البريطانية من مدرجين بالإضافة إلى مبنى من طابقين لمكاتب العاملين، يعلوه برج المراقبة ومبنى آخر للركاب من طابق واحد (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٩). وقد شهد المطار كثير من التطوير، تمثل في إطالة المدرجين، كما تم بناء برج مراقبة جديد وصالة لكبار الزوار، ويحتوي المطار على حظيرة طائرات تتسع لطائرتين.

يتم تشغيل المطار داخل قطاعين من دائرتين نصف قطرها ٨ و ١٥ ميل بحري مركزها المساعد الملاحي لمطار مرسى مطروح شكل (١-٤). ويعد المطار أقرب المطارات إلى المجال الجوي الليبي، ويرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية المتجهة إلى المجال الجوي القبرصي، وإلى المجال الجوي الليبي (دليل الطيران المصري، ص 6-1، ENR 4/16). (AIRAC 4/16، تعديل 6-1).



شكل (٨-١) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار مرسى مطروح

المصدر: إعداد الطالب إعتقاداً على صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

ج) مطارات إقليم الوجه القبلي:

يضم الإقليم ٥ مطارات هي-بالترتيب من الشمال إلى الجنوب- أسيوط، وسوهاج، والأقصر، وأسوان، وأبو سمبل شكل (١-٩). وتخدم هذه المطارات حركة العمالة المصرية بدول الخليج العربي، بالإضافة إلى النشاط السياحي، وفيما يلي عرض للسماة العامة لمطارات هذا الإقليم:

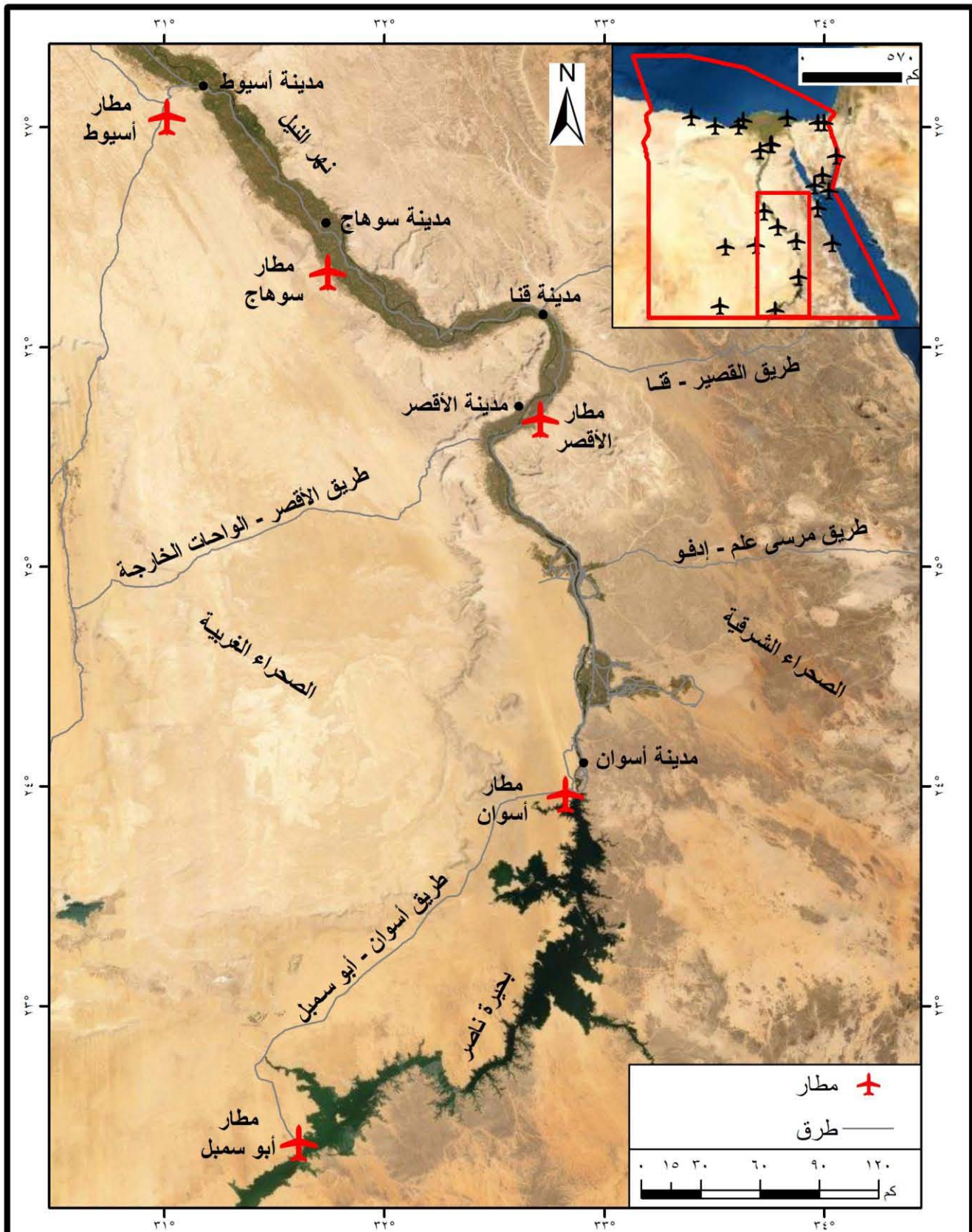
١) مطار أسيوط:

يقع المطار بالهامش الصحراوي إلى الجنوب الغربي من مدينة أسيوط بنحو ٣٥ كم، وتبلغ مساحته نحو ٦ كم^٢ وهناك خطة وضعت عام ٢٠١٦ للتوسعة بمساحة ٢٠ ألف م^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة أسيوط، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ أن المطار يقع بمنطقة هضبية مرتفعة يبلغ منسوبها نحو ٢٥٠ م تتكون من الحجر الجيري الذي يرجع إلى عصر الأيوسين الأسفل في الزمن الثالث.

تكون المطار عند افتتاحه من مدرج واحد بالإضافة إلى مدرج مساعد موازي، وصالة لاستقبال الركاب ومبنى للمراقبة الجوية وآخر لكبار الزوار بالإضافة إلى محطة كهرباء ومبنى لمكافحة الحرائق والإسعاف ومساعد ملاحي واحد (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٧).

وقد أغلق المطار خلال الفترة من ١ يونيو ٢٠١٤ - ١٠ يوليو ٢٠١٥ للتوسعة والإصلاحات؛ حيث تم بناء حظيرة طائرات جديدة تتسع إلى ٣ طائرات لترتفع سعة استقبال الطائرات بالمطار إلى ٧ طائرات. وارتفعت سعة استقبال الركاب إلى ٨٠٠ راكب/ساعة، وتم استبدال المساعد الملاحي بأخر أكثر تطوراً (دليل الطيران المصري، ص ص AD- HEAT-10، AD- HEAT-4، تعديل AIRAC 1/11، AIRAC 4/16).

يعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ١٥ ميل بحري مركزها المساعد الملاحي كما في شكل (١-٤)، ويتضمن فضائه الجوي منطقتين للتدريب نصف قطرهما ٢,٥ ميل بحري وارتفاعهما من ٣٠٠ إلى ٤٥٠٠ قدم فوق متوسط سطح البحر، ويرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية ٥ طرق جوية تربطه بمطارات الخارجة وشرق العوينات والغردقة والداخلية وأسوان (دليل الطيران المصري، ص ENR_6.1، تعديل AIRAC 4/16).



شكل (٩-١) التوزيع الجغرافي لمطارات إقليم الوجه القبلي

٢) مطار سوهاج:

يتضح من قراءة صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ أن المطار يقع جنوب غرب مدينة سوهاج بنحو ٣٥ كم، وتم بنائه بالهامش الصحراوي لوادي النيل فوق منطقة شبه مستوية السطح يبلغ منسوبها نحو ١٠٠ م.

وتبلغ مساحة المطار نحو ١٨ كم^٢، ويتكون من مدرج واحد بالإضافة إلى حظيرة تتسع لـ ٤ طائرات ومبنى للبرج وآخر للركاب بطاقة ٤٠٠ راكب/ساعة (www.eac-airports.com). ويعمل المطار على مدار الساعة داخل دائرة اقتراب نصف قطرها ١٠ ميل بحري مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ولا يرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية مباشرة شكل (١-٤) بينما يعبر مجاله الجوي طريقان، يربط الأول بين مطاري أسيوط والأقصر، والثاني بين مطاري أسيوط وأسوان (دليل الطيران المصري، ص 6.1 ENR، تعديل 4/16 AIRAC).

٣) مطار الأقصر:

يقع المطار بالظهير الصحراوي الشرقي لوادي النيل، وذلك جنوب شرق مدينة الأقصر بنحو ٧ كم، وتبلغ مساحته الحالية نحو ٦ كم^٢ ويتوقع أن تصل مساحته بعد التوسعات إلى نحو ٢٣ كم^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة الأقصر، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يمتد على أرض مستوية يبلغ منسوبها نحو ١٠٠ م وتتألف من تكوينات عصر البليوسين، وهي في معظمها صخور طميية ورملية يتم استغلالها كأراضي للاستصلاح الزراعي حول المطار.

يتكون المطار من مدرجين متقاطعين، بالإضافة إلى مبنى للركاب يعلوه برج مراقبة، ولتسهيل اقتراب الطائرات تم تزويد المطار بمساعدات ملاحية بالإضافة إلى مساعدات تمكنه من العمل ليلاً، وإنشاء مبنى للإسعاف والإطفاء والكهرباء والبدء في تشييد مبنى للركاب ليستوعب ٨٠٠ راكب/ساعة (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٣).

وفي سياق التطوير تم إدخال بعض التعديلات الأخرى مثل إلغاء أحد المدارج، وإزالة مساعد ملاحي وتركيب آخر متطور (جهاز ILS^(١) على كلا العتبتين)، وبناء برج مراقبة جديد وتحديد منطقة تحييد Isolated Area لحجز الطائرات الخطرة عند الطوارئ (دليل الطيران المصري، ص

(^١) Instrument landing system (ILS) جهاز يستخدم في التوجيه الدقيق للطائرات نحو المدرج.

ص 11-، AD -6، AIRAC 4/2016). وتطوير مبنى الركاب ليستوعب ٤٠٠٠ راكب/ساعة وتطوير حظيرة الطائرات لتستوعب ٢٢ طائرة (www.civilaviation.gov.eg).

ويعمل المطار في دائرة تشغيل نصف قطرها ٢٠ ميل بحري (٣٧ كم). ويتصل بشبكة ضخمة من الطرق الجوية شكل (١-٤) تربطه بمطارات سوهاج والقاهرة وأوروبا، ومطار الغردقة ومطار مرسى علم ومنطقة الخليج العربي، ويرتبط أيضًا بمطار أبو سميل والمجال الجوي السوداني ومطار الخارجة والمجال الجوي الليبي (دليل الطيران المصري، ص 6.1، ENR، AIRAC 4/2016).

٤) مطار أسوان:

يقع جنوب غرب مدينة أسوان بنحو ٤٠ كم، وتبلغ مساحته نحو ٣ كم^٢ ومتوقع أن تصل مساحته إلى ١٨ كم^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة السد العالي، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يقع غرب السد العالي بنحو ١١ كم بمنطقة صحراوية مستوية يبلغ منسوبها نحو ٢٠١ م تتألف من رواسب فيضية متقاطعة طبقيًا مع الحجر الرملي، وترجع إلى الكريتاسي الأعلى.

ويتكون المطار منذ إنشائه من مدرج واحد، بالإضافة إلى مبنى ركاب يعلوه برج مراقبة. لم يحتوِ مبنى الركاب على سيور لتسليم الحقائب أو مكاتب هجرة أو شئون صحية أو جوازات، وكان تشغيل المطار يتم نهارًا فقط وذلك لكونه مطارًا محليًا، ونظرًا لأهمية المطار المحلية والدولية قامت الحكومة المصرية بالتخطيط للتطوير المستقبلي للمطار (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٧).

وفي عام ١٩٨٢ تم تجهيز المطار بمساعدات ضوئية للعمل ليلاً فضلاً عن إنشاء صالة دولية، وفي عام ١٩٩٢ تم إنشاء مبنى جديد للركاب بسعة ٣٢٠٠ راكب/ساعة، على مساحة ٢٥٢ ألف م^٢ بتكلفة ٢٥٠ مليون جنيه مصري وتم افتتاحه عام ١٩٩٩، ويستقبل المطار ما يقرب من مليون سائحًا سنويًا. وحاليًا يحتوي المطار على حظيرة طائرات تتسع لـ ٢٨ طائرة (www.ehcaan.com).

ويعمل المطار داخل مستطيل تشغيل بأبعاد ٢٤ و ١٠ ميل بحري لكل من الطول والعرض على الترتيب مركزه نقطة منتصف المدرج، ويرتبط بشبكة الطرق الجوية من خلال عدد من الطرق

شكل (١-٤) مثل الطريق القادم من مطار الأقصر والمتجه إلى مطار أبوسمبل ثم مطار شرق العوينات (دليل الطيران المصري، ص 1-6 ENR، تعديل 4/16 AIRAC).

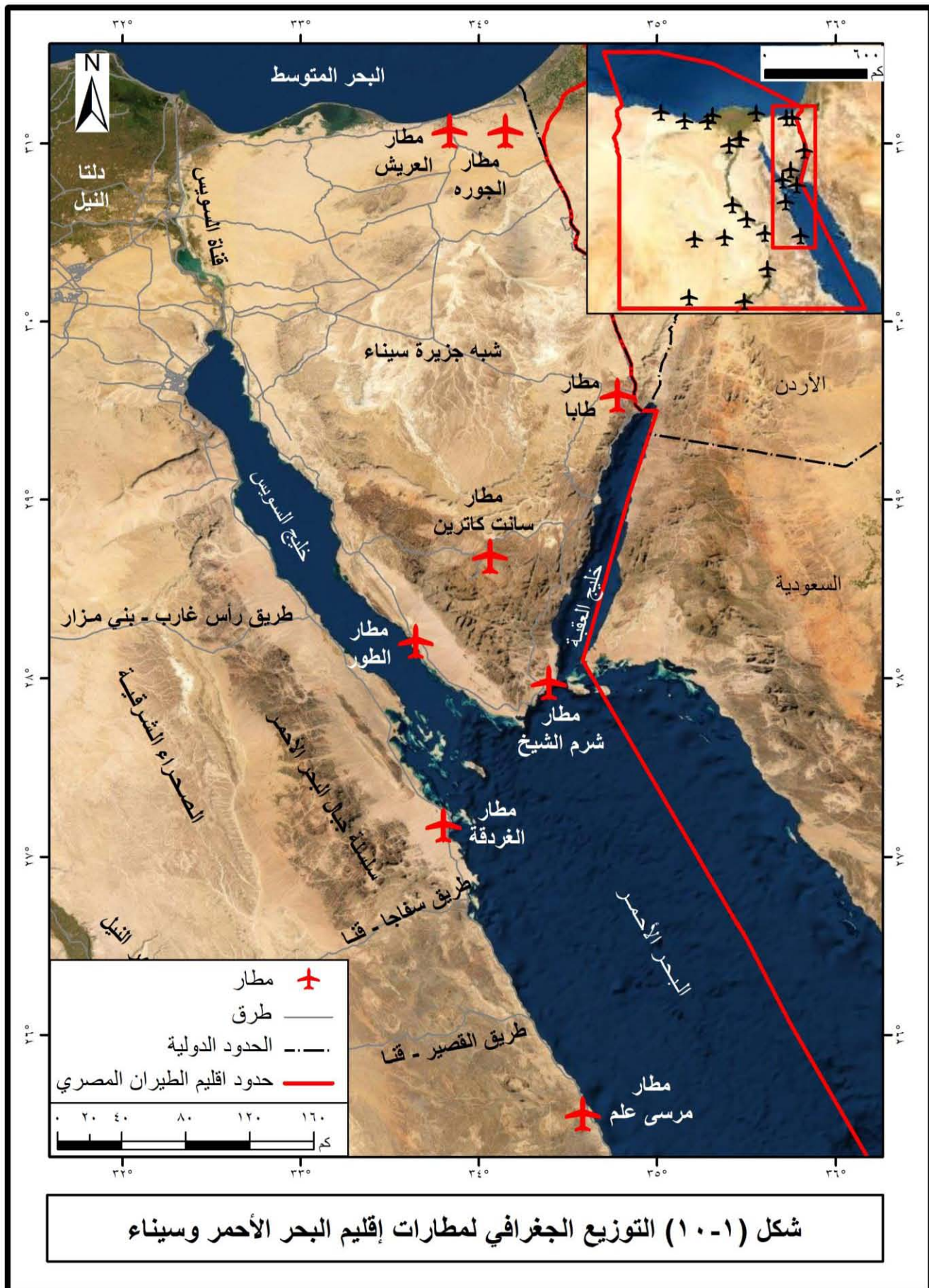
٥) مطار أبو سمبل:

يقع على الجانب الغربي لبحيرة ناصر جنوب شرق مدينة أبو سمبل بنحو ٣ كم، وتبلغ مساحته نحو ٤ كم^٢. ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة السد العالي، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٦، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يمتد على أرض مستوية يبلغ منسوبها نحو ١٨٨ م، وتتألف من تكوين أبو سمبل الذي يرجع إلى الكريتاسي الأسفل، الذي يتألف من تتابع لمفتحات بحرية إلى قارية، معظمها عبارة عن حجر رملي مع تداخلات من الحجر الطيني، ويشتمل الجزء السفلي من أشجار متحجرة.

يتكون المطار من مدرج واحد ومدرج مساعد رئيسي موازي بالإضافة إلى مبنى ركاب يتسع إلى ٥٠٠ راكب/ساعة ويعطوه برج مراقبة. فضلاً عن حظيرة تتسع لـ ٥ طائرات صغيرة و ٥ طائرات متوسطة الحجم. ويعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ١٥ ميل بحري شكل (١-٤)، وهو أقرب المطارات للمجال الجوي السوداني، ويتصل المطار بعدد من الطرق الجوية تربطه بمطار أسوان، والخارجة والأقصر وشرق العوينات (دليل الطيران المصري، ص 1-6 ENR، AIRAC 4/2016).

د) مطارات إقليم سيناء والبحر الأحمر:

يضم الإقليم ٨ مطارات هي -بالترتيب من الشمال إلى الجنوب- العريش، الجورة، طابا، سانت كاترين، الطور، شرم الشيخ، الغردقة، مرسى علم شكل (١-١٠)، وتختلف هذه المطارات فيما بينها في كثافة التشغيل؛ حيث تتربع مطارات شرم الشيخ والغردقة ومرسى علم على قمة الهرم التشغيلي، في حين يأتي مطار طابا في الفئة متوسطة الكثافة، وتأتي باقي مطارات الإقليم في الفئة الأخيرة إذ يقل بها نشاط حركة الركاب لأسباب عدة منها أسباب أمنية كمطار العريش، أو استخدامه من قبل قوات حفظ السلام كمطار الجورة، أو الكساد السياحي كمطار سانت كاترين، أو ندرة التشغيل كمطار الطور. وتسعى الحكومة لإضافة مزيد من المطارات لهذا الإقليم مثل مطار رأس سدر ومطار البردويل (المليز سابقاً) بمحافظة شمال سيناء. وفيما يلي عرض للسّمات العامة لمطارات الإقليم:



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

(١) مطار العريش:

يقع المطار جنوب مدينة العريش بنحو ١٠ كم، وتبلغ مساحته نحو ٤ كم^٢ ويتضح من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، لوحة شمال سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يمتد في الجانب الشرقي بالسهل الفيضي لوادي العريش. وهي منطقة مستوية ذات رواسب فيضية ترجع إلى الزمن الرابع يبلغ منسوبها نحو ٥٠ م؛ حيث تم اختيار الموقع بعيدًا عن الكثبان الرملية التي تنتشر على جانبي وادي العريش.

ويتكون المطار من مدرج واحد وشهد كثير من التطوير حيث تم استطالة المدرج واستبدال المساعد الملاحي بآخر حديث، كما تم تزويد المطار بمحطة رادار، ومبنى ركاب يستوعب ٢٠٠ راكب/ساعة يعلوه برج مراقبة ويتضمن صالة سفر وأخرى للوصول، وجاري بناء برج مراقبة جديد، كما يتضمن المطار حظيرة طائرات تستوعب ٤ طائرات (دليل الطيران المصري، ص AD-HEAR-9، AIRAC 4/2016).

تشغيلًا يعمل المطار على مدار الساعة ويدخل ضمن تشغيله منطقة تدريب، ويعمل المطار داخل دائرة اقتراب نصف قطرها ١٠ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي. ويرتبط بشبكة الطرق الجوية عبر عدد من الطرق التي تربطه بمطار القاهرة، في حين يعبر مجاله الجوي طريقان جويان، الأول قادم من طابا إلى المجال الجوي القبرصي والثاني بين المجال الجوي القبرصي والمجال الجوي الأردني (دليل الطيران المصري، ص ENR 6-1 A، ENR 6-1، تعديل AIRAC 4/2016).

(٢) مطار الجورة:

يقع المطار جنوب غرب مدينة رفح المصرية بنحو ٢٠ كم وتبلغ مساحته ١٥ كم^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة شمال سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يقع بمنطقة سهلية يبلغ منسوبها نحو ٩٠ م وهي منطقة يكثر بها الحشائش والكثبان الرملية التي تتألف من رواسب الرمال والحصى والرواسب الشاطئية الحديثة ترجع إلى الزمن الرابع.

ويعد المطار محدود الإمكانيات؛ ويعمل بين ساعتَي الشروق والغروب، ويتكون من مدرجين، ويتوفر بالمطار حظيرتان للطائرات وبرج مراقبة بينما لا توجد أية مساعدات ملاحية أو أنوار اقتراب (دليل الطيران المصري، ص AD-HEGR-5، ١١٧). ويعمل المطار تشغيلًا

بالتنسيق مع مطار العريش إذ لا توجد له دائرة تشغيل شكل (١-٤) ولا يتصل به أي طريق من شبكة الطرق الجوية (دليل الطيران المصري، ص 1-6 ENR، 4/2016 AIRAC).

٣) مطار طابا (رأس النقب):

يقع المطار شمال غرب مدينة طابا بنحو ٣٧ كم، وتبلغ مساحته نحو ٢٥ كم^٢، حيث يتبين أيضًا من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، لوحة جنوب سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يمتد بمنطقة مستوية تتكون من رواسب الأودية التي ترجع إلى الزمن الرابع بينما تحيط به الجبال من جميع الجهات عدا الجنوبية الغربية، وهي في معظمها صخور جرانيت ترجع إلى ما قبل الكمبري.

يتكون المطار من مدرجين وتم تطوير مبنى الركاب ليستوعب ٦٠٠ راكب/ساعة، فضلاً عن وجود حظيرتين للطائرات تستوعب ١٢ طائرة (دليل الطيران المصري، ص ص AD- HETB- 9-10، ١١٧). ويعمل المطار على مدار الساعة داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ١٢ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي.

ويعد مطار طابا أقرب المطارات للمجال الجوي للأراضي الفلسطينية المحتلة والمجال الجوي الأردني، ويرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية بطريقتين يستخدمان في حركة الطائرات العابرة والقادمة من مطار القاهرة، هذا إلى جانب عدد من الطرق المؤدية إلى المجال الجوي الأردني والمجال الجوي للأراضي الفلسطينية (دليل الطيران المصري، ص ص 1-6 ENR، A، 4/2016 AIRAC). تعديل.

٤) مطار سانت كاترين:

يقع المطار شمال شرق مدينة سانت كاترين بنحو ٢٠ كم وتبلغ مساحته ٢ كم^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة جنوب سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يقع بمنطقة مستوية تتألف من رواسب بطون الأودية وتحيط به الجبال ذات الصخور البركانية التي ترجع إلى ما قبل الكمبري. وطبوغرافيًا يقع المطار على مسار مجاري الأودية الجافة المنحدرة صوب الشرق لتصب في خليج العقبة (سيتم دراسته بالتفصيل في الفصل الثاني).

ويعد مطار سانت كاترين أحد المطارات محدودة الإمكانيات نظرًا لقلة كثافة الحركة إذ يعمل بين ساعتَي الشروق والغروب، ويحتوي على مدرج واحد وحظيرة تتسع لـ ٤ طائرات، ويتضمن المطار

برجًا للمراقبة ومبنى للركاب يتسع لـ ٨٠ راكب/ساعة (دليل الطيران المصري، ص 9-AD-HESC، تعديل ١١٧). ويعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ١٠ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ويرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية من خلال ٣ طرق تربطه بمطارات طابا والطور والغردقة وشرم الشيخ والقاهرة (دليل الطيران المصري، ص 1-6-ENR، AIRAC 4/2016).

٥) مطار الطور:

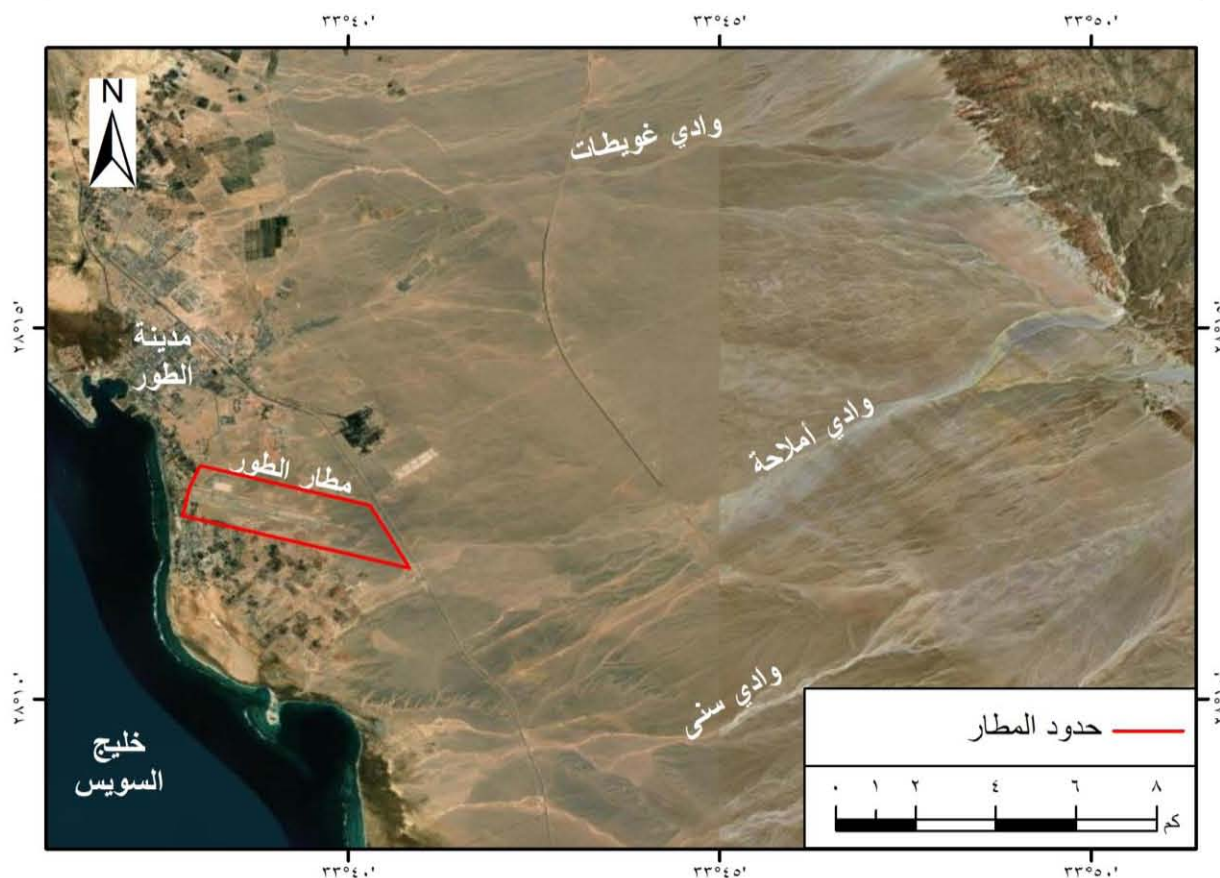
يقع المطار جنوب مدينة الطور بنحو ٣ كم وتبلغ مساحته نحو ٦ كم^٢. ويتبين من قراءة الخرائط الطبوغرافية، لوحة طور سيناء، مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠، ١٩٨٧، والخريطة الجيولوجية، لوحة جنوب سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧ وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ شكل (١-١١ أ) و(١-١١ ب) أن المطار يقع بمنطقة مستوية يبلغ متوسط منسوبها نحو ٢٥ م. وتعد جزء من المروحة الفيضية لوادي أملاحة الذي ينحدر من الجانب الغربي لسلسلة جبال جنوب سيناء مخترقًا سهل القاع ليصب في خليج السويس. كما تكثر حول المطار الأراضي الزراعية إذ تتكون التربة من رواسب الأودية الصالحة للزراعة وهي رواسب حديثة ترجع إلى الزمن الرابع.

ويتكون المطار من مدرج واحد بالإضافة إلى مدرج مساعد رئيسي فضلاً عن حظيرة تتسع لـ ٥ طائرات، ويتضمن المطار برجًا للمراقبة ومبنى ركاب واحد فقط بسعة ٢٠٠ راكب/ساعة. ولا يخدم المطار أية من المساعدات الملاحية (دليل الطيران المصري، ص 7-AD-HETR، تعديل AIRAC 4/2016).

يعمل المطار بين ساعتي الشروق والغروب داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٥ ميل بحري مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ويرتبط بشبكة الطرق الجوية شكل (١-٤) من خلال عدد من الطرق تربطه بمطاري سانت كاترين والغردقة (دليل الطيران المصري، ص 1-6-ENR، تعديل AIRAC 4/2016).



شكل (١-١١) موقع مطار الطور بالنسبة لمجاري الأودية



شكل (١-١١ب) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار الطور

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠. الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ لوحة طور سيناء ١٩٨٧، برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

٦) مطار شرم الشيخ:

يقع المطار شمال شرق مدينة شرم الشيخ بنحو ٢٣ كم، وتبلغ مساحته نحو ٨ كم^٢ وهناك خطة للتوسعة باتجاه الياض لتصل مساحته إلى ٢٥ كم^٢. ويتضح من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، لوحة جنوب سيناء، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يمتد في نطاق السهل الساحلي الذي يتكون من الرواسب الرملية التي ترجع إلى الزمن الرابع شكل (١-١٢ أ) و (١-١٢ ب).

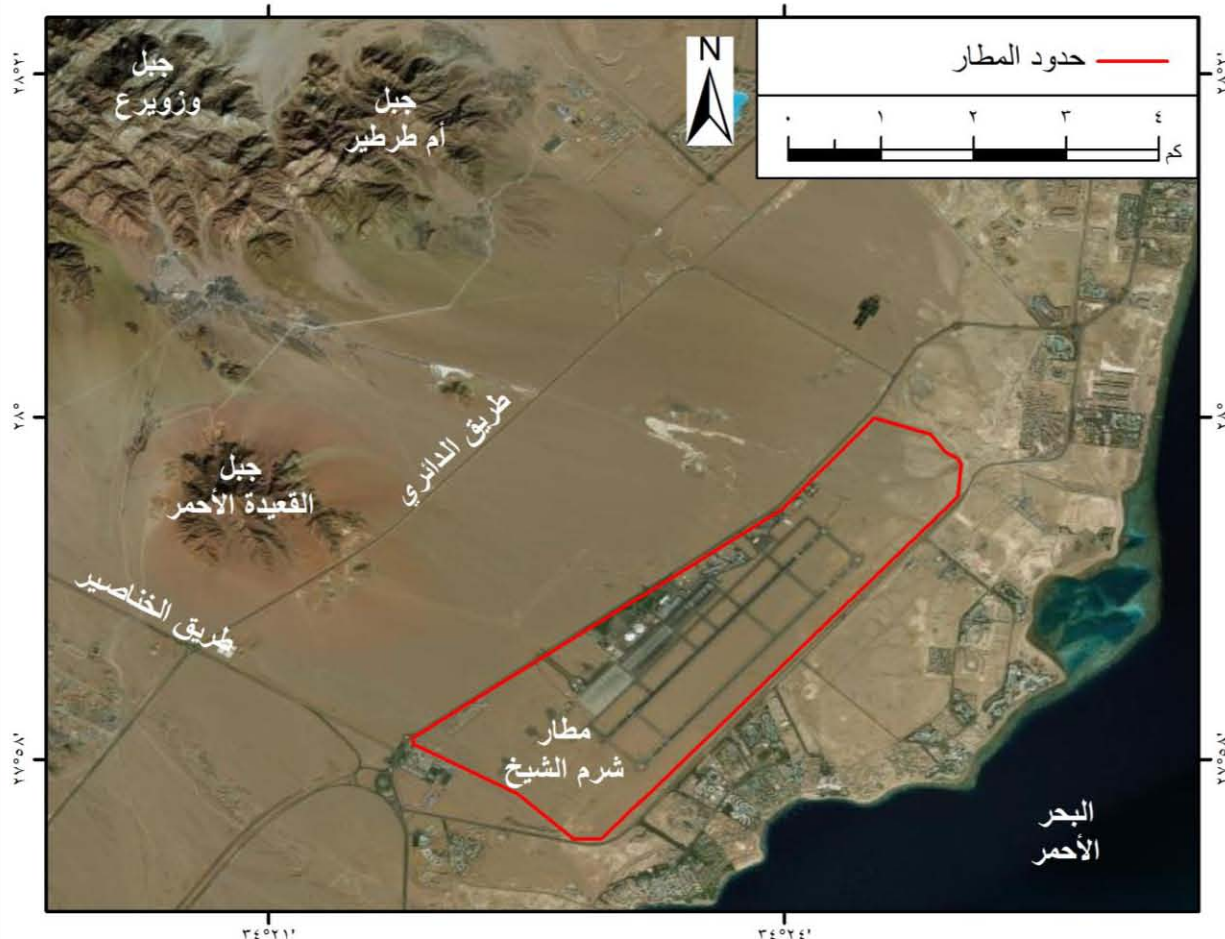
تكون المطار حين تسلمته الحكومة المصرية من الإحتلال الصهيوني من مدرج واحد بالإضافة إلى مدرج مساعد (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٤٠٣). كما كان يحتوي المطار على مساعد ملاحي واحد وحظيرة طائرات تتسع لـ ٤ طائرات متوسطة الحجم ومبنى ركاب بسيط التجهيز مقسم إلى صالة للسفر وأخرى للوصول بطاقة استيعابية ١٥٠ راكب/ساعة (www.eac-airports.com).

ونظرًا لأهمية المطار أدخلت كثير من التحديثات مثل استبدال المساعد الملاحي بآخر حديث، وإطالة المدرج بالإضافة إلى بناء مدرج جديد في الشرق، وإنشاء ٤ حظائر طائرات جديدة تتسع لـ ٤٦ طائرة، وبناء استراحة للرئاسة ومباني ركاب لتصل سعة الاستقبال ٢٥٠٠ راكب/ساعة و ١٨٠٠ راكب/ساعة (دليل الطيران المصري، ص ص ٩-١٠ HESH-AD، ٩-١٠ HESH-AD، تعديل 4/2016 AIRAC).

ويعمل المطار على مدار الساعة داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٥ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي. ويعد مطار شرم الشيخ الأقرب إلى المجال الجوي السعودي. ويرتبط بشبكة الطرق الجوية بـ ٣ طرق، تربطه بالمجال الجوي السعودي والمجال الجوي للأراضي الفلسطينية المحتلة والمجال الجوي الأردني كما تربطه أيضًا بمطاري القاهرة والغردقة (دليل الطيران المصري، ص ١-6 ENR، 4/2016 AIRAC).



شكل (١-٢ أ) موقع مطار شرم الشيخ



شكل (١-٢ ب) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار شرم الشيخ

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠. الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ لوحتي رأس محمد ووادي كيد ١٩٨٧، برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

٧) مطار الغردقة:

يقع المطار جنوب مدينة الغردقة بنحو ٦ كم وتبلغ مساحته ٢١ كم^٢ ويتضح أيضًا من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، لوحة القصير، مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن مدينة الغردقة تقع في قطاع من أكثر قطاعات السهل الساحلي للبحر الأحمر اتساعًا، حيث أدى ذلك إلى عدم وضوح الجوانب المحددة لمجاري أودية (فالق السهل وأم ضلفة) (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠، ص ١٧٣)، كما ساهمت رواسب الزمن الرابع التي تتألف من الرمال والرواسب الشاطئية القديمة إلى سهولة الانتشار الأفقي لل عمران، وإنشاء المطار وتجهيزه بشكل يساعد في حمايته من خطر الجريانات السيلية التي سيتم دراستها تفصيلًا في الفصل الثاني.

وقد شهد المطار منذ نشأته كثير من التطوير، وقد ذكر (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٩٩) أن المطار يتكون من مدرج واحد بالإضافة إلى مدرج مساعد رئيسي موازي، فضلًا عن مساعد ملاحي. وقد ظل هذا الوضع حتى عام ٢٠١٥؛ حيث تم بناء مدرج جديد موازي إلى الغرب بالإضافة إلى مدرج مساعد موازي يخدمه، كما تم توسعة مبنى الركاب الحالي ليستوعب ٦ مليون راكب سنويًا، وإنشاء آخر جديد يستوعب ٧,٥ مليون راكب سنويًا وحظيرة طائرات بسعة استقبال طائرات تصل إلى ٥١ طائرة (دليل الطيران المصري، ص ١٣-AD-HEGN، تعديل AIRAC 4/2016).

ويعمل المطار على مدار الساعة داخل مستطيل بأبعاد ٢٠ × ١٠ ميل بحري شكل (١-٤) مركزه نقطة منتصف المدرج القديم. ويقع المطار عند ملتقى عدة طرق جوية تربطه بمطارات شرم الشيخ والأقصر ومرسى علم، والمجال الجوي السعودي، وبمطار القاهرة ومنه إلى أوروبا.

٨) مطار مرسى علم:

يقع المطار شمال مدينة مرسى علم بنحو ٦٠ كم، وتبلغ مساحته ٥,٤ كم^٢. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة القصير، مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار هو جزء من مشروع بورتو غالب؛ حيث تم اختيار موقع القرى السياحية حول شرم غالب بينما تم اختيار موقع المطار بعناية فوق المروحتين الفيضيتين لوادي أم جريفات وعنز؛ حيث أدى اتساع مساحة المروحتين التي تتألف من رواسب الزمن الرابع إلى سهولة إنشاء المطار، وسوف يتم دراسته بالتفصيل في الفصل الثالث.

ويعمل المطار على مدار الساعة ويتكون من مدرج واحد بالإضافة إلى حظيرة طائرات تتسع لـ ١٦ طائرة ومبنى ركاب على مساحة ٥٠٠٠ م^٢، ويستوعب ٦٠٠ راكب/ساعة ومخطط توسعته ليصل إلى ٢٠ ألف م^٢، ليستوعب ٢٠٠٠ راكب/ساعة. ويعمل المطار داخل دائرة اقتراب نصف قطرها ٢٥ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي، كما يرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية من خلال عدد من الطرق، فهناك طرق للحركة القادمة / المغادرة من الشمال سواء لمطار الغردقة أو للمجال الجوي السعودي، وأخرى للحركة القادمة / المغادرة باتجاه الغرب ليقاطع مع عدد كبير من الطرق المتجهة في شتى الاتجاهات سواء لأوروبا أو لغرب وجنوب أفريقيا (دليل الطيران المصري، ص ١-٦ ENR، تعديل 4/2016 AIRAC).

هـ) مطارات إقليم الصحراء الغربية:

يضم الإقليم ثلاثة مطارات، هي -بالترتيب من الشمال إلى الجنوب- الخارجية والداخلية وشرق العوينات (شكل ١-١٣)، وهي مطارات قليلة في كثافة الحركة، ويستغل المستثمرون هذه المطارات لتصدير الحاصلات الزراعية، ومن المخطط إضافة مطارين آخرين هما: مطار البحرية والفرافرة، وفيما يلي عرض لمطارات هذا الإقليم من حيث السمات العامة.

١) مطار الخارجية (الوادي الجديد):

يقع المطار شمال شرق مدينة الخارجية بنحو ٦ كم وتبلغ مساحته ٣,٥ كم^٢. ويتبين من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، لوحة الأقصر، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يقع فوق تكوين مغاربي الذي يرجع إلى فترة السينوماني (الكريتاسي الأعلى)، ويتألف في الأساس من رواسب طينية سهلية ساحلية، وحجر رملي وحجر طيني، ويتميز موقعه بامتداده في "ظل الواحة" حيث تعمل كحائط صد لحركة الكثبان الرملية القادمة من الغرب؛ بينما يظل المطار عرضة لخطر حركة الكثبان الرملية القادمة من الشمال.

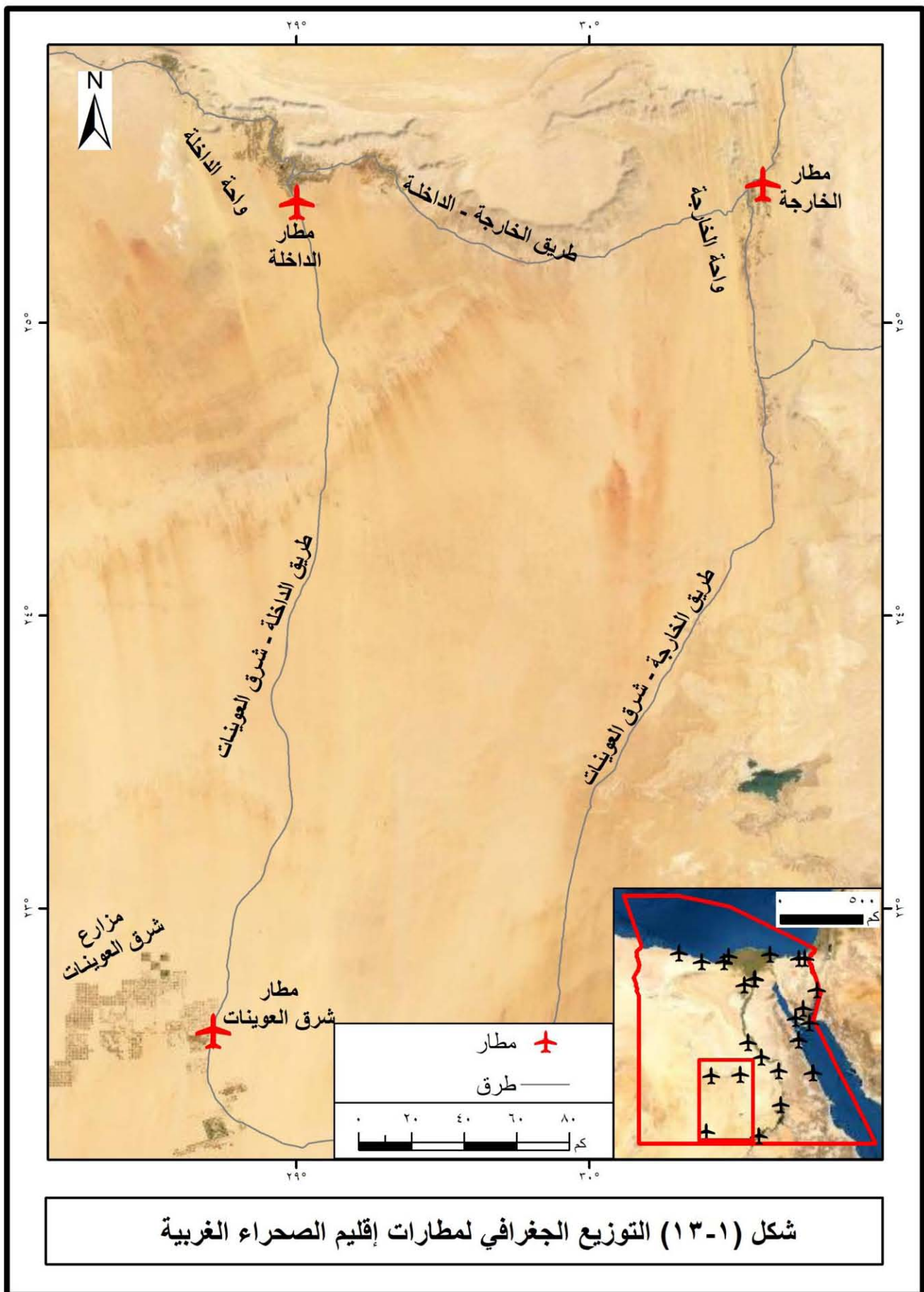
وقد تكون المطار عند افتتاحه من مدرج واحد إلى جانب مدرج مساعد موازي، وشهد المطار شيئاً من التطوير تمثل في إطالة المدرج. ويحتوي المطار على برج مراقبة ومبنى ركاب يتسع لـ ١٠٠ راكب/ساعة بالإضافة إلى حظيرتي طائرات تتسع لـ ٣ طائرات متوسطة و ٣ طائرات صغيرة (دليل الطيران المصري، ص ٢، AD-HEKG-1، 4/2016 AIRAC).

ويعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٥ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي. ويقع عند ملتقى ٦ طرق جوية، تربطه بمطارات القاهرة وأسيوط والداخلية وشرق العوينات والأقصر (دليل الطيران المصري، ص 1-6 ENR، تعديل 4/2016 AIRAC).

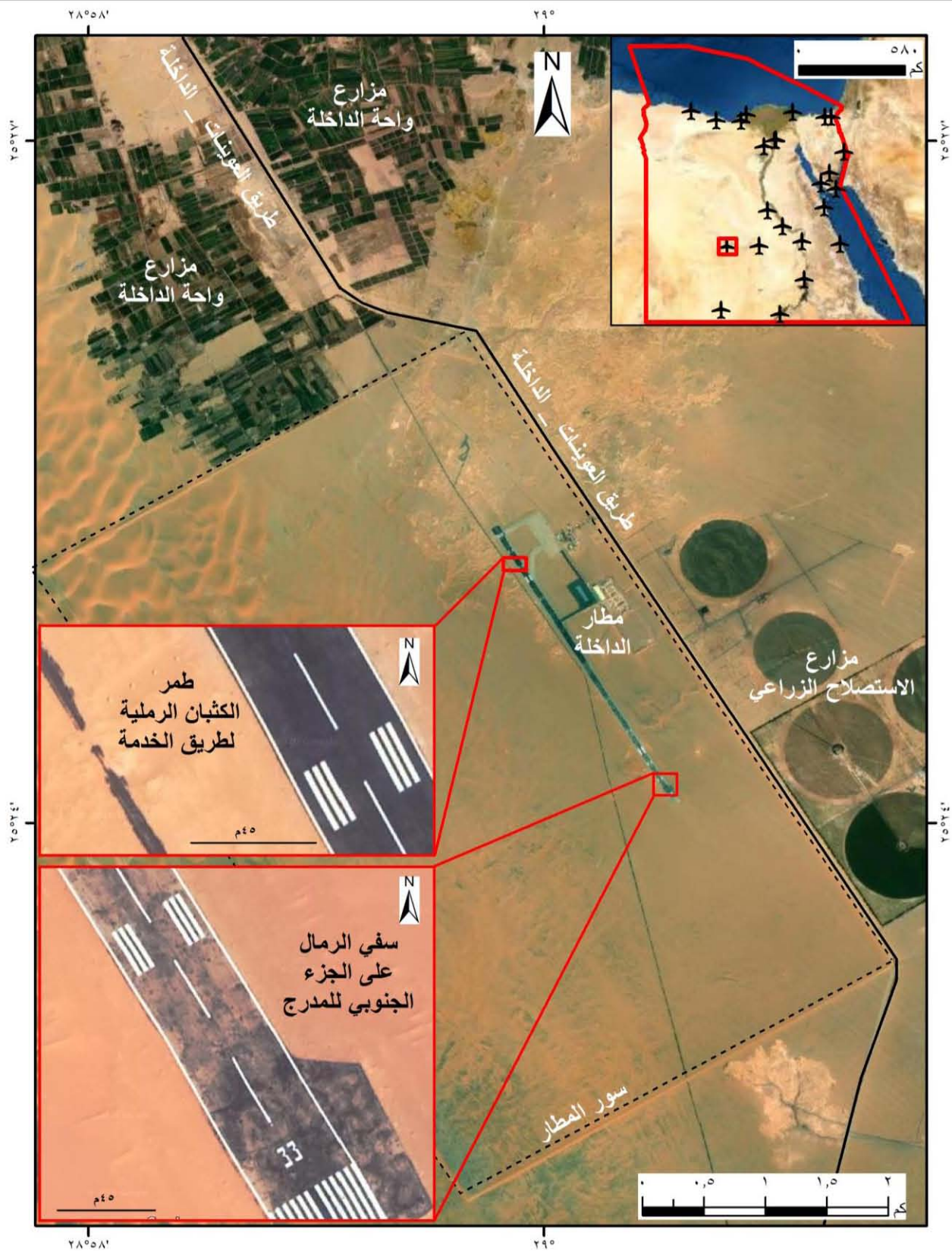
٢) مطار الداخلية:

يقع المطار في الظهير الصحراوي جنوب منخفض الداخلية على الطريق المؤدي إلى شرق العوينات، وتبلغ مساحته ٢٢ كم^٢، ويحده من الشرق مزارع الاستصلاح الزراعي بينما يحده من الغرب الكثبان الرملية. ويتبين من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة الداخلية، مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار عرضة لخطر زحف الكثبان الرملية شكل (١-١٤) حيث أدى زحف الرمال إلى طمر أجزاء من المدرج، كما أدى إلى غلق أجزاء من طريق الخدمة بالمطار.

ويتكون المطار من مدرج واحد وحظيرة تتسع ٥ طائرات بالإضافة إلى برج المراقبة ومبنى ركاب بسعة ١٠٠ راكب/ساعة، ويعمل المطار بين ساعتى الشروق والغروب داخل دائرة اقتراب نصف قطرها ٥ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها المساعد الملاحي، ويرتبط المطار بشبكة الطرق الجوية عبر طريقين فقط هما: الطريق الرابط بين مطارات الغردقة وأسيوط والداخلية وشرق العوينات، والطريق الرابط بين مطارات شرق العوينات مروراً بمطار الخارجة (دليل الطيران المصري، ص 1.6 ENR، 4/2016 AIRAC).



المصدر: إعداد الطالب إعتدأ على دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.



شكل (١-١٤) الموقع الفلكي والجغرافي لمطار الداخلة

٣) مطار شرق العوينات:

يقع المطار شرق مزارع الإستصلاح الزراعي بمنطقة شرق العوينات على الطريق القادم من الواحات الداخلة، ويبعد المطار عن الواحات الداخلة بنحو ٣٥٠ كم. وتبلغ مساحة المطار ٦ كم^٢. ويتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية، لوحة بير مساحة، مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠، عام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، أن المطار يتعرض لخطر سفي الرمال وزحف الكثبان الرملية.

ويتكون المطار من مدرج واحد وحظيرة تتسع ٥ طائرات كبيرة أو ٨ طائرات متوسطة بالإضافة إلى مبنى ركاب بسعة ١٠٠ راكب/ساعة، ونظرًا لقلة كثافة التشغيل يعمل المطار بين ساعتَي الشروق والغروب (دليل الطيران المصري، ص ٩-AD-HESC، تعديل ١١٤).

ويعمل المطار داخل دائرة تشغيل نصف قطرها ٥ ميل بحري شكل (١-٤) مركزها النقطة المرجعية للمطار ARP، ويرتبط بشبكة الطرق الجوية من خلال عدد من الطرق تربطه بمطارات الخارجة وأبوسمبل وأسيوط والغردقة، في حين يعبر مجاله الجوي الطريق الرابط بين المجال الجوي الليبي والمجال الجوي السوداني (دليل الطيران المصري، ص ١-ENR 6، تعديل AIRAC 4/2016).

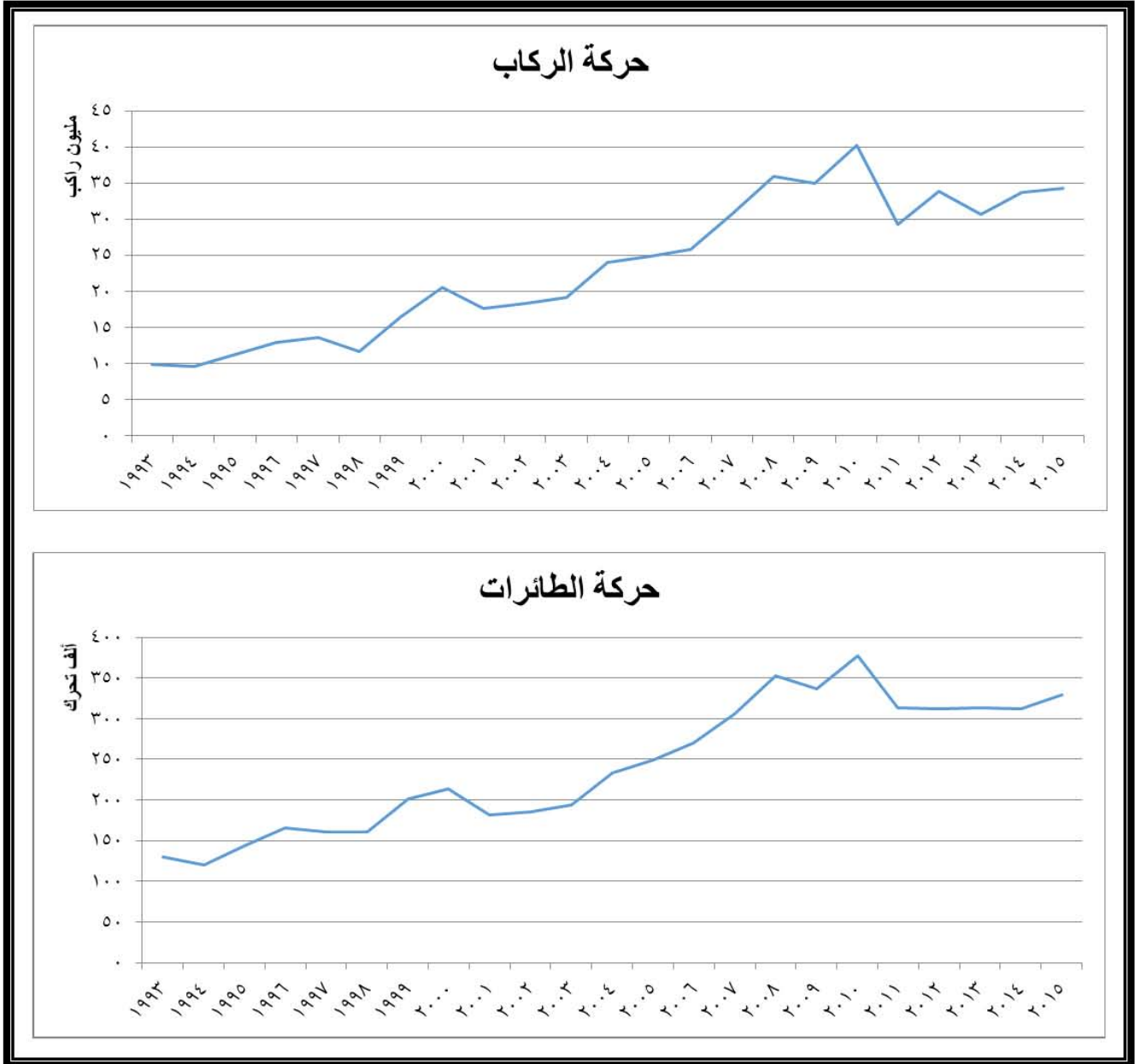
ثالثًا: تطور حركتي الركاب والطائرات:

يعد تحليل حركتي "الركاب والطائرات" بالمطارات من أهم المؤشرات التي تعكس الحالة الاقتصادية ومدى استقرار الدول. فمن خلال قراءة وتحليل الأشكال البيانية (١-١٥)، (١-١٦)، (١-١٧) يمكن معرفة تطور حركتي الركاب والطائرات، وتحديد سنوات الارتفاع والانخفاض، ومحاولة تحليل ذلك ودراسة الأسباب وتقديمها كمعلومات لمتخذي القرار، وبناء عليه يستنتج ما يلي:

ثمة تطابق واضح بين الشكلين البيانيين لإجمالي حركتي الركاب والطائرات بالمطارات المصرية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥ شكل (١-١٥).

ويظهر المنحنى البياني انخفاضًا متأثرًا بفترة عدم الاستقرار الأمني في عقد التسعينيات بسبب الأحداث الإرهابية بين عامي ١٩٩٣ و ١٩٩٤، وأصل بعدها المنحى الصعود التدريجي ليصل إلى ٤٠ مليون راكب و ٣٧٠ ألف تحرك طائرات عام ٢٠١٠.

وفي عام ٢٠١١ أثرت ثورة يناير سلبيًا على حركتي الركاب والطائرات فانخفضت إلى أقل من ٣٠ مليون راكب وما يقرب من ٣٠٠ ألف تحرك، وفي السنة التالية (٢٠١٢) ارتفع عدد الركاب إلى نحو ٣٤ مليون راكب، ثم تأتى ثورة يونيو ٢٠١٣ ليهبط عدد الركاب مرة ثانية إلى ٣٠ مليون راكب.



المصدر: مركز معلومات الشركة القابضة للمطارات والملاحة الجوية.

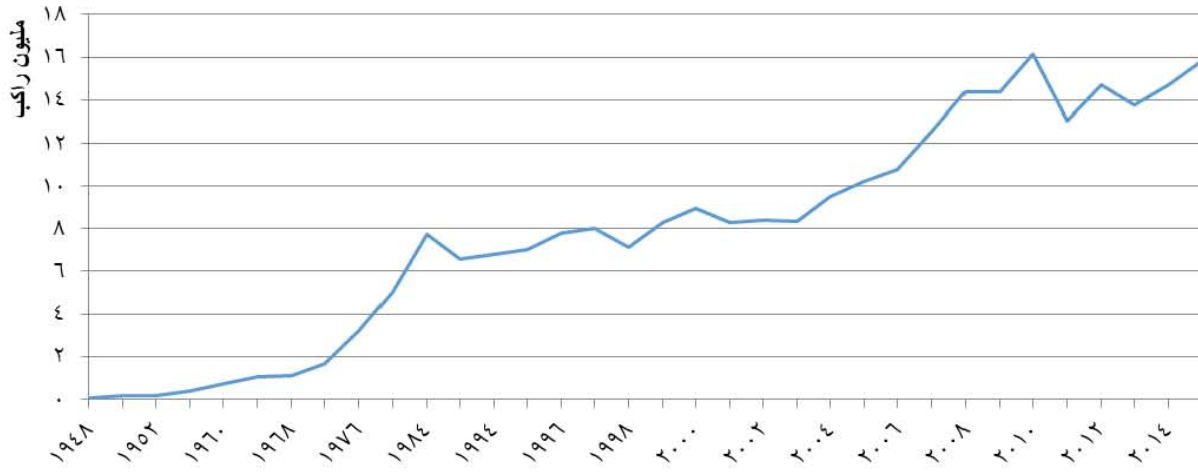
شكل (١-١٥) تطور إجمالي حركتي الطائرات والركاب بالمطارات المصرية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥

وظل مطار القاهرة المطار الدولي الوحيد في البلاد حتى عام ١٩٨٧ (حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٣٨٥) فظل يسجل نموًا في حركتي الركاب والطائرات حتى عام ٢٠١٥، حيث تضاعفت القيم بما يعادل ٢٥٠ و ٣٩ مرة مثلما كانت عليه عام ١٩٤٨، ويتبين من قراءة وتحليل شكل (١-١٦) التالي:

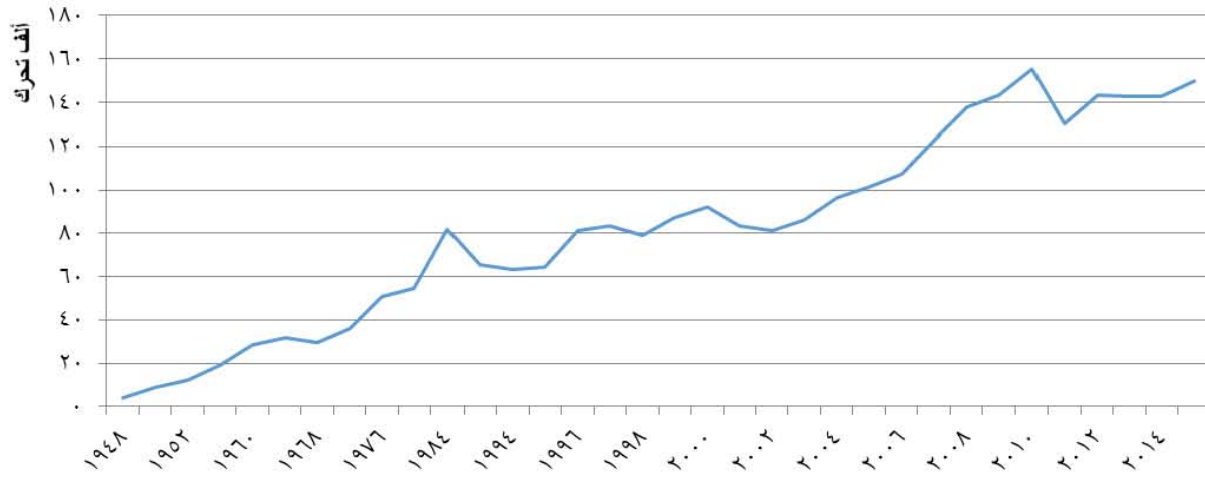
شهد مطار القاهرة أيضًا فترة من النمو المتباطئ في حركتي الركاب والطائرات في الفترة بين عامي ١٩٤٨ وعام ١٩٧٦ وذلك لما شهدته البلاد من عدم استقرار سياسي صاحب قيام ثوره يوليو ١٩٥٢ ثم تأميم القناة فالعدوان الثلاثي ثم حرب ١٩٦٧ وصولاً إلى حرب التحرير عام ١٩٧٣.

وساعد انتهاء فترة الحرب واستقرار الأحوال السياسية بين عامي ١٩٧٦ و ١٩٨٤ إلى حدوث تضاعف ونمو سريع في حركتي الركاب والطائرات بمطار القاهرة عما كانت عليه عام ١٩٧٢، حيث سجلت حركتي الركاب والطائرات عام ١٩٧٢ (١,٦ مليون راكب و ٣٥ ألف تحرك)، في حين سجلت في عام ١٩٨٤ نحو (٧,٧ مليون راكب و ٨١ ألف تحرك) وبذلك فقد تضاعفت حركة الركاب مرتين بينما تضاعفت حركة الطائرات مرة واحد. ويتطابق منحنى الرسم البياني لمطار القاهرة مع منحنى الرسم البياني لإجمالي المطارات من حيث أسباب الارتفاع والانخفاض شكلاً ومضموناً في الفترة بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥.

حركة الركاب



حركة الطائرات

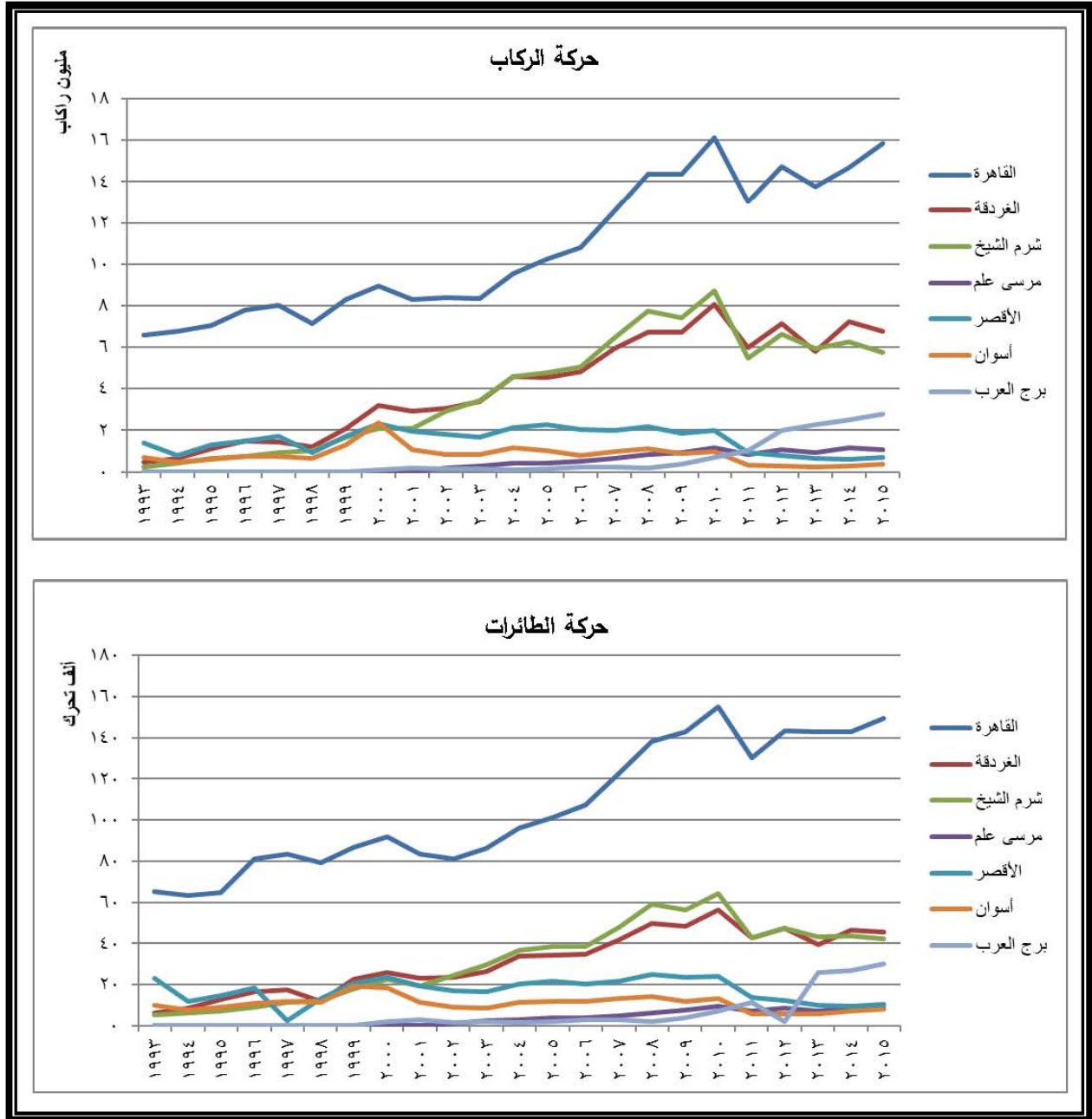


المصدر: حسن سيد حسن وآخرون، ١٩٨٧، ص ٤٣٥. ومركز معلومات الشركة القابضة للمطارات والملاحة الجوية.

شكل (١٦-١) تطور حركتي الطائرات والركاب بمطار القاهرة بين عامي ١٩٤٨ إلى ٢٠١٥

ويعرض شكل (١٧-١) تطور حركتي الركاب والطائرات بمطارات مصر الرئيسية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥؛ حيث شهدت حركتي الركاب والطائرات منذ اندلاع ثورة يناير تدبذباً كبيراً، فالزيادة التي يحققها عام يخسرهما العام الذي يليه، وبالرغم من ذلك فالمنحنى يكافح للصعود إلى أعلى. وبشكل عام ثمة تطابق بين منحنى مطارات القاهرة وشرم الشيخ والغردقة وبرج العرب من حيث التأثير بالأحداث كثورة يناير على سبيل المثال لا للحصر.

وتأثر مطار مرسى علم أيضًا بأحداث ثورة يناير تأثيرًا طفيفًا تمثل في انخفاض قليل نسبيًا في حركتي الركاب والطائرات بما يقارب ٤٠٠ ألف راكب وألفي تحرك وهو المقدار الذي كان يسجله المطار عام ٢٠٠٨ تقريبًا بخلاف ذلك فإن المطار يسجل نموًا منتظمًا منذ نشأته حتى عام ٢٠١٥. وفيما يخص ما تبقى من مطارات " المطارات قليلة كثافة التشغيل"، فإنها تستأثر بمقدار قليل من تشغيل الطيران يقع بمستوى ما دون ٢ مليون راكب والـ ٢٠ ألف تحرك ملحق (١-١).



المصدر: مركز معلومات الشركة القابضة للمطارات والملاحة الجوية.

شكل (١٧-١) تطور حركتي الطائرات والركاب بمطارات مصر الرئيسية بين عامي ١٩٩٣ إلى ٢٠١٥

رابعاً: أهمية قطاع الطيران المدني كأحد الموارد المالية:

يعد قطاع الطيران المدني أحد أهم الموارد المالية التي تعتمد عليه الدول في تغذية خزائنها العامة. وفي مصر، لا يقل قطاع الطيران المدني أهمية "كمورد" عن قناة السويس؛ حيث سجل قطاع الطيران المدني في عام ٢٠١٨ إيرادات بلغت ٧ مليار دولار، وفيما يلي عرض لذلك:

أ- القيمة المضافة في مصر:

يساهم قطاع الطيران المدني في إثراء الخزنة العامة للدول، كما يسهم في خفض البطالة؛ حيث بلغت إجمالي القيمة المالية المباشرة وغير المباشرة التي أضافها في مصر ٧ مليار دولار أمريكي^(١) أي ما نسبته ٢,١% من الناتج المحلي الإجمالي (GDP)^(٢) عام ٢٠١٨، IATA, Egypt, 2020, p1^(٣). وقسمت هذه القيمة إلى ١,٥ مليار دولار إيرادات مباشرة من قطاع الطيران، و٥,٥ مليار دولار قيمة الإيرادات غير المباشرة كإنفاق السائحين، والقطاعات وثيقة الصلة بالطيران المدني^(٤)، وإنفاق العاملين بقطاع الطيران والقطاعات ذات الصلة شكل (١-١٨).

ويساهم قطاع الطيران المدني المصري في خفض البطالة، فعلى سبيل المثال وفر ٦٠٢ ألف فرصة عمل في عام ٢٠١٨؛ حيث بلغت فرص العمل المباشرة في قطاع الطيران ٩٧ ألف فرصة عمل، بينما تراوح عدد فرص العمل غير المباشرة بين ٣٨٣ - ١٢٢ ألف فرصة عمل توزعت على قطاع السياحة والقطاعات ذات الصلة.

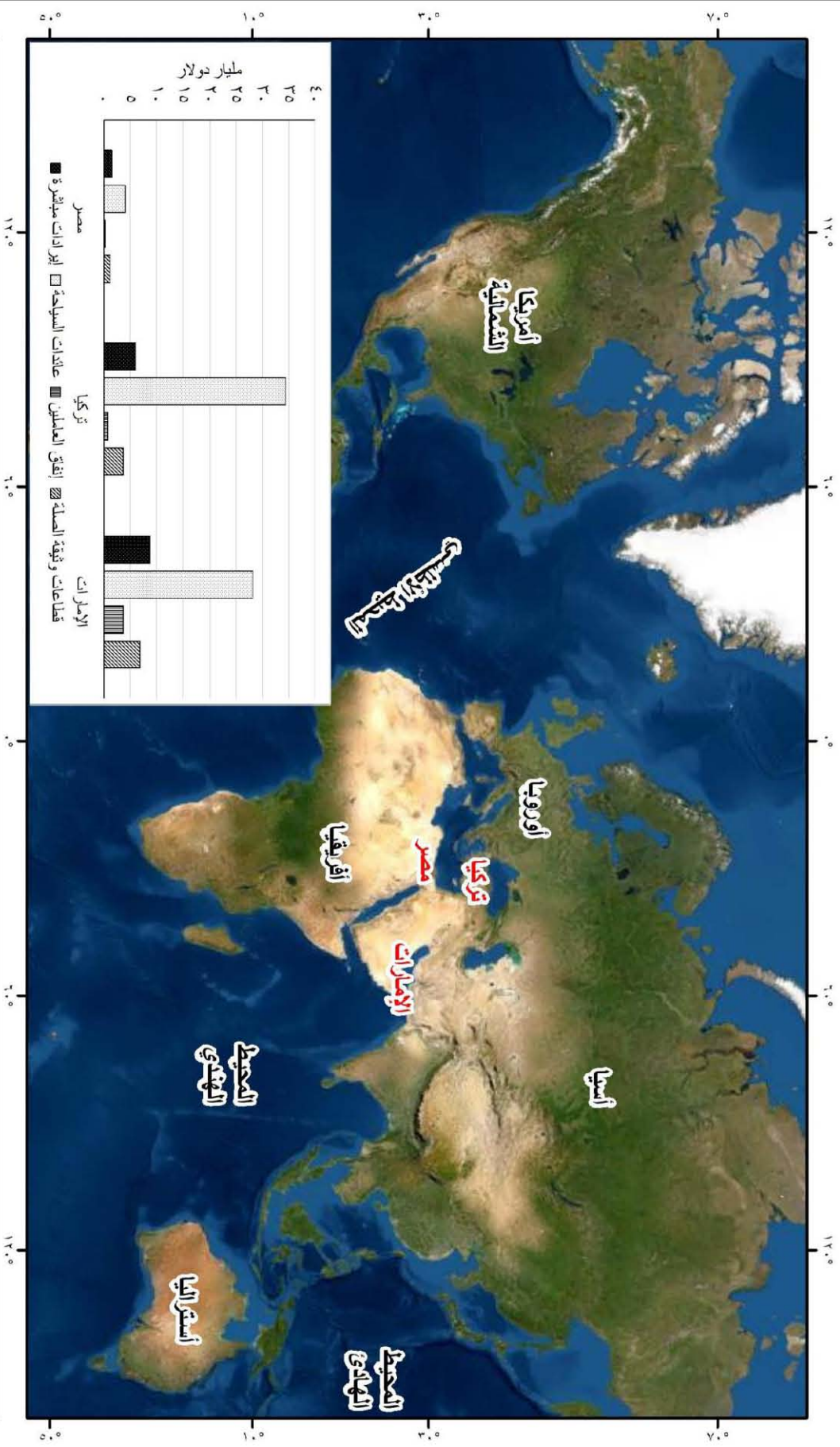
ب- القيمة المضافة في بعض الدول المجاورة:

يخضع قطاع الطيران المدني للمواصفات القياسية لمنظمة الطيران المدني ICAO، ومن ثم يمكن للدراسة عمل مقارنة لحجم المساهمة التي يضيفها في دولتي تركيا والإمارات العربية المتحدة مقارنة بمصر، باعتبار أن هذه الدول هي المنافس الرئيسي لمصر في هذا المجال.

يتضح من قراءة شكل (١-١٨) أن قطاع الطيران التركي يضيف نحو ٤٥ مليار دولار إلى الخزنة العامة أي ما نسبته ٥,٢% من إجمالي الناتج المحلي GDP عام ٢٠١٨، وتنقسم هذه القيمة إلى ٥,٩ مليار دولار إيرادات مباشرة من قطاع الطيران و٣٨,٩ إيرادات غير مباشرة. كما يساهم في توفير مليون فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة (IATA, Turkey, 2020, p1)، بينما يتضح من

(١) بلغ إجمالي إيرادات قناة السويس في السنة المالية ٢٠١٦/٢٠١٧ نحو ٤,٥ مليار دولار أمريكي (هيئة قناة السويس، ٢٠١٩).
(٢) الناتج المحلي الإجمالي (GDP) القيمة الإجمالية لجميع السلع والخدمات النهائية التي تقوم بإنتاجها أي دولة باعتباره أداة شاملة لقياس إنتاج هذه الدولة (البنك التجاري الدولي، ٢٠٢٠).

(٣) International Air Transport Association (IATA) هو الاتحاد الدولي للنقل الجوي
(٤) هي القطاعات التي توجد بينها وبين قطاع الطيران تبادل تجاري وخدمي داخل مصر مثل قطاع البترول.



شكل (١٨-١) التقارب الجغرافي وعائدات قطاع الطيران المدني في مصر وتركيا والإمارات

خلال قراءة البيانات الخاصة بدولة الإمارات أنه ثمة ارتفاع في القيمة التي يضيفها قطاع الطيران المدني للخرزانة العامة بدولة الإمارات والتي بلغت نحو ٤٧ مليار دولار أي ما نسبته ١٣,٣% من إجمالي الناتج المحلي GDP عام ٢٠١٨، وتنقسم هذه القيمة إلى ٨,٦ مليار دولار إيرادات مباشرة من قطاع الطيران و ٣٨,٨ إيرادات غير مباشرة، ويساهم في توفير ٧٧٠ ألف فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة (IATA, UAE, 2020, p1).

من ثم فعلى الرغم من التقارب الجغرافي بين الدول الثلاث، فقد ساهمت تسهيلات الحركة الجوية فضلاً عن اختلاف أعداد الطائرات - سيتم دراستها فيما بعد في الجزء الخاص بشركة مصر للطيران - في ارتفاع القيمة المالية التي يضيفها قطاع الطيران في الخزانة العامة لدولتي تركيا والإمارات وهي قيمة تمثل نحو ٧ أمثال ما يضيفه قطاع الطيران المصري إلى الخزانة العامة ونحو مثلي إجمالي فرص العمل التي تتوفر في مصر.

ج- تطور إيرادات قطاع الطيران المدني المصري:

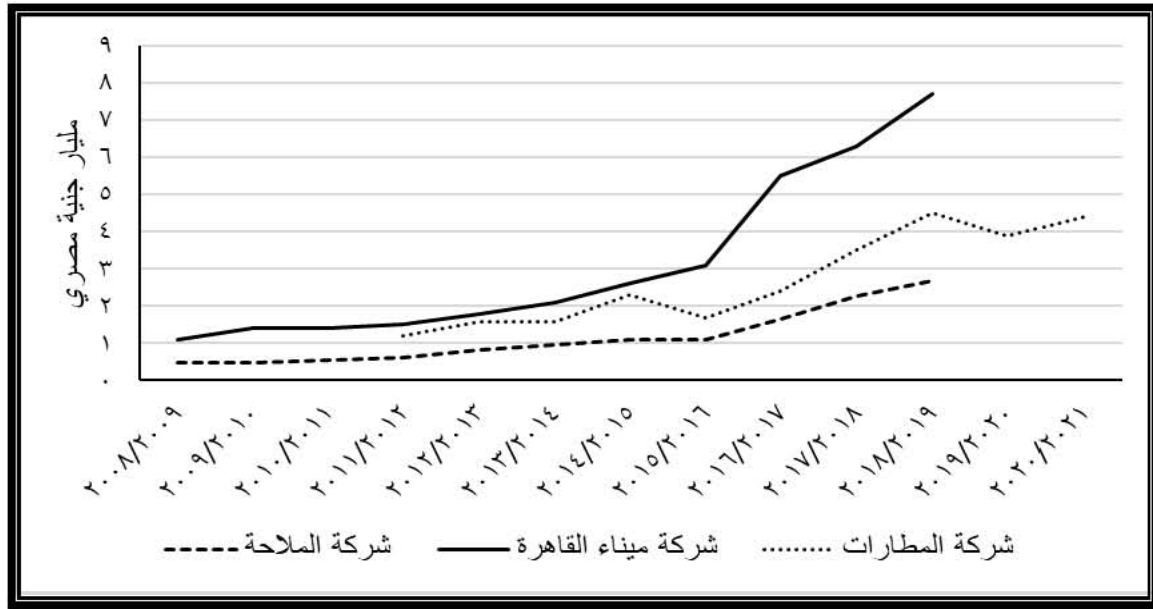
تنقسم مصادر إيرادات قطاع الطيران المدني المصري إلى عدد من الأقسام من أهمها: (خدمات الحركة الملاحية، إدارة المطارات، تشغيل الناقل الوطني "مصر للطيران")^(١). وتقع مسؤولية كل قسم على عاتق شركة بعينها، وفيما يلي عرض لتطور إيرادات الشركات في الفترة بين عامي ٢٠٠٨ إلى ٢٠٢٠.

١ - الشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية:

تقوم الشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية بتقديم الخدمات الملاحية حصرياً داخل حدود إقليم الطيران المدني، وتنقسم هذه الخدمات إلى مراقبة وإرشاد الطائرات العابرة للأجواء المصرية، مراقبة وإرشاد الطائرات في محيط المطارات (داخل دوائر اقتراب المطارات)، مراقبة وإرشاد الطائرات داخل المطارات عن طريق أبراج المراقبة. فضلاً عن تيسير استخدام المساعدات الملاحية، وتقديم المعلومات اللازمة لسلامة الرحلات، وإرسال واستقبال الرسائل الملاحية وبرامج الرحلات.

^(١) أوكلت وزارة الطيران المدني تقديم خدمات الحركة الملاحية وإدارة المطارات وإدارة الناقل الوطني عام ٢٠٠٢ إلى عدد من الشركات التابعة لها والتي تعمل بنظام قطاع الأعمال العام ممثلة في الشركة القابضة للمطارات والملاحة الجوية التي ينخرط منها شركة ميناء القاهرة الجوي والشركة المصرية للمطارات والشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية، بينما أوكلت تشغيل الناقل الوطني إلى الشركة القابضة لمصر للطيران التي ينخرط منها ٨ شركات منها شركة مصر للطيران للخطوط الجوية.

ومن ثم تقوم الشركة بتحصيل الرسوم المقررة نظير الخدمات سائلة الذكر، ويعرض شكل (١٩-١) تطور حجم الإيرادات في الفترة بين العام المالي ٢٠٠٨/٢٠٠٩ إلى العام المالي ٢٠١٨/٢٠١٩ حيث تطور الإيراد من ٤٧٣ مليون جنيه مصري إلى ٢,٦ مليار جنيه مصري، ونظرًا إلى أن معظم إيرادات قطاع الطيران المصري بالدولار يظهر جليًا أثر خطوات التصحيح الاقتصادي (تعويم الجنية مقابل الدولار) في مضاعفة الإيرادات في العام المالي ٢٠١٥/٢٠١٦. (الشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية، ٢٠٢٠، ص ١).



المصدر: الشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية، شركة ميناء القاهرة الجوي، الشركة المصرية للمطارات ٢٠٢٠.

شكل (١٩-١) تطور إيرادات قطاع الطيران المدني المصري في الفترة بين عامي ٢٠٠٨ إلى

٢٠٢١

٢- الشركة المصرية للمطارات:

تقوم الشركة المصرية للمطارات بإدارة المطارات المصرية عدا مطار القاهرة الدولي، وتقوم بتحصيل الرسوم المقررة نظير عدد من الخدمات مثل استخدام المدرج والمدرج المساعدة وحظائر ومواقف الطائرات ومباني الركاب، ويعرض شكل (١٩-١) تطور حجم الإيرادات في الفترة بين العام المالي ٢٠١١/٢٠١٢ إلى العام المالي ٢٠٢٠/٢٠٢١، حيث تطور الإيراد من ١,٢ مليار جنيه إلى ٤,٤ مليار جنيه (الشركة المصرية للمطارات، ٢٠٢٠، ص ١).

٣- شركة ميناء القاهرة الجوي:

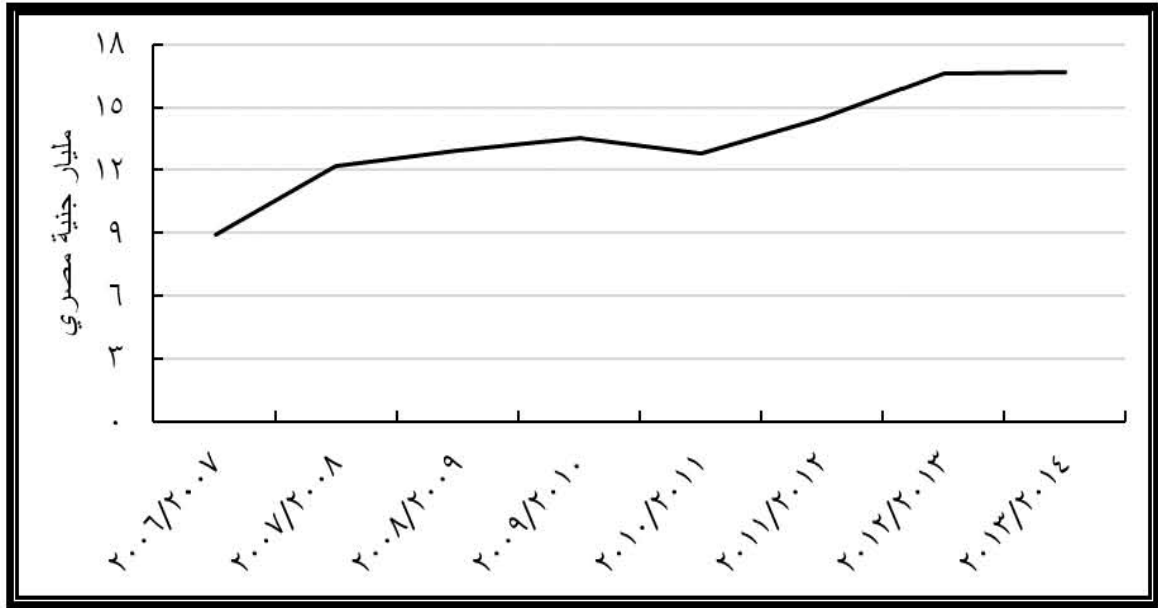
تقوم شركة ميناء القاهرة الجوي بإدارة مطار القاهرة الجوي، وهو أكبر المطارات المصرية، وتقوم بنفس الخدمات التي تقدمها شركة المطارات مثل استخدام المدرج والمدرج المساعدة وحظائر ومواقف الطائرات ومباني الركاب ويتم تحصيل الرسوم المقررة نظير ذلك. ويعرض شكل (١-١٩) تطور حجم الإيرادات في الفترة بين العام المالي ٢٠٠٨/٢٠٠٩ إلى العام المالي ٢٠١٨/٢٠١٩ حيث تطور الإيراد من ١,١ مليار جنيه إلى ٧,٧ مليار جنيه (شركة ميناء القاهرة الجوي، ٢٠١٩، ص ٢)

٤- الشركة القابضة لمصر للطيران:

تقوم الشركة القابضة لمصر للطيران بعدد كبير من الخدمات تم توزيعها على ٨ شركات فرعية، هي مصر للطيران للخطوط الجوية، مصر للطيران للسياحة والسوق الحرة، مصر للطيران للصيانة والأعمال الفنية، مصر للطيران للخدمات الأرضية، مصر للطيران للخدمات الجوية، مصر للطيران للخدمات الطبية، مصر للطيران للصناعات المكملة، وتلعب الشركات الثمانية أدوارًا تكميلية في خدمة صناعة النقل الجوي (مجموعة مصر للطيران، ٢٠٢٠، ص ١)، ويعرض شكل (١-٢٠) تطور حجم إيرادات الشركة القابضة لمصر للطيران في الفترة بين العام المالي ٢٠٠٦/٢٠٠٧ إلى العام المالي ٢٠١٣/٢٠١٤ حيث تطور الإيراد من ٨,٩ مليار جنيه إلى ١٦,٧ مليار جنيه (الشركة القابضة لمصر للطيران، ٢٠١٤، ص ١٩).

واستحوذت شركة مصر للطيران للخطوط الجوية التي تدير طائرات الناقل الوطني "مصر للطيران" على ١٣,١ مليار جنيه من إجمالي إيراد الشركة القابضة لمصر للطيران في العام المالي ٢٠١٣/٢٠١٤، في حين كان نصيب مصر للطيران للصيانة والأعمال الفنية ١,٦ مليار جنيه من إجمالي الإيراد في العام المالي نفسه. من ثم بلغ إجمالي إيراد الشركتين مجتمعين نحو ٨٨% من إجمالي إيراد الشركة القابضة لمصر للطيران في العام المالي ٢٠١٣/٢٠١٤.

ويتسم قطاع الطيران بالحساسية إذ يتأثر بشدة بأي أحداث سياسية أو اقتصادية، إذ كان من المفترض أن تهبط إيرادات قطاع الطيران المصري بعد عام ٢٠١٠ مزمنة باضطراب الأحداث السياسية بمصر والدول المجاورة. إلا أن من أبرز الأسباب التي ساندت قطاع الطيران في مصر هو تعديل مسار عدد كبير من رحلات شركات الطيران إلى الأجواء المصرية بعد حظر الطيران في الأجواء السورية والليبية.



المصدر: الشركة القابضة لمصر للطيران ٢٠٢٠.

شكل (٢٠-١) تطور إيرادات الشركة القابضة لمصر للطيران

في الفترة بين عامي ٢٠٠٦ - ٢٠١٤

د- الوضع التنافسي لشركة مصر للطيران للخطوط الجوية:

تتميز مصر بموقع فريد وسط قارات العالم سمي لاحقًا بالشرق الأوسط، تضم منطقة الشرق الأوسط عدد من الدول -مصر وتركيا والإمارات- تسعى كل منها للاستفادة من موقعها الذي يتوسط العالم شكل (١٨-١) لتصبح حلقة الوصل بين شرق العالم وغربه.

وتتملك كل دولة من الدول سالفة الذكر شركة طيران تعمل لصالح الدولة وتسمى الناقل الوطني، تقوم هذه الشركة باستغلال المطار الرئيسي في دولتها -كمطار القاهرة في مصر، ومطار أسطنبول في تركيا، ومطار دبي في الإمارات- والذي يكاد لا يستقبل إلا طائراتها، متخذة إياه مركزًا محوريًا "Hub" لتجميع وانتشار رحلاتها التي تصل إلى كل حذب وصوب.

جدول (٢-١) الوضع التنافسي لشركة مصر للطيران

شركة الطيران	سنة الإنشاء	عدد الطائرات	الإيراد عام ٢٠١٤ (مليار دولار أمريكي)
مصر للطيران	١٩٣٢	٦٥	٠,٨
الخطوط التركية	١٩٣٣	٣٥٩	١١
طيران الإمارات	١٩٨٥	٢٧٠	١١,٨ (عام ٢٠١٠)

Source: www.egyptair.com, www.turkishairlines.com, www.emirates.com.

ويوضح جدول (٢-١) تاريخ الإنشاء وعدد الطائرات التي تمتلكها كل دولة فضلاً عن حجم الأموال التي تضخها تلك الشركات إلى خزنة دولها. فماذا لو كانت مثل هذه الأموال تضخ إلى الخزنة العامة المصرية؟!..

وكانت خطة تطوير مطار القاهرة -التي تمت دراستها في أول الفصل- تهدف إلى جعل مطار القاهرة مركزاً محورياً "Hub" لينافس مطار إسطنبول ومطار دبي إلا أن هناك بطء في تنفيذ تلك الخطة، والتي إن اكتملت سيصبح لمصر مكانة أخرى تتنوع فيها مصادر الدخل.

من ثم يمكن القول بأن قطاع الطيران يمكنه تزويد الخزنة العامة بمليارات الدولارات سنوياً أسوة بالدول المجاورة إذا تم اتباع خطوات تسويقية جيدة لرحلات الطيران، وعقد الاتفاقات مع الدول لإنشاء مناطق لوجيستية بالمطارات المصرية.

الخلاصة.

- يبلغ عدد المطارات المصرية نحو ٢٤ مطارًا مدنيًا، اختلفت ظروف نشأتهم فنصفهم تقريبًا تم تحويله للتشغيل المدني سواء بعد تسليمه عقب انتهاء الحرب العالمية الثانية أو بعد انتهاء احتلال سيناء، ومنها ما أنشئ لخدمة التشغيل المدني مثل مطار مرسى علم، في حين أن هناك مطارًا وحيدًا (مطار ألباظة) أنشئ للغرض المدني ثم تم تحويله للتشغيل العسكري، كما أن هناك مطارات أخرى أنشئت لأهداف أخرى كخدمة السياحة مثل مطار أسوان أو حركة الحجاج مثل مطار الطور أو لنقل العمالة مثل مطار سوهاج أو لتصدير الحاصلات الزراعية للخارج كمطار شرق العوينات أو لخدمة أغراض السلام مثل مطار الجيزة.
- تتوزع المطارات المصرية في الأقاليم الجغرافية الرئيسية بأعداد مختلفة ترتبط بأهمية الإقليم وعدد السكان؛ حيث يوجد في إقليم سيناء والبحر الأحمر ٨ مطارات، وفي إقليم الوجه البحري ٥ مطارات، وفي إقليم الوجه القبلي ٥ مطارات، في إقليم الصحراء الغربية ٣ مطارات.
- تم تطوير المطارات المصرية تطويرًا يتوافق مع متطلبات التشغيل العالمية سواء بإضافة مساعدات ملاحية أو رادارات أو رفع كفاءة المدارج.
- ترتبط مطارات الجمهورية بشبكة كبيرة من الطرق الجوية التي تعمل على تسهيل الحركة الجوية داخليًا و تربط إقليم الطيران المصري بأقاليم طيران دول الجوار.
- تعمل المطارات داخل دوائر محددة من الفضاء الجوي تسهل عملية الاقتراب والإقلاع والهبوط.
- حدث في عام ٢٠١٥ ارتفاعًا في عدد حركتي الركاب والطائرات في مطار القاهرة الدولي بمعدل ٢٥٠ و ٣٩ مرة على التوالي عن مقدار ما كانا عليه في عام ١٩٤٨، وقد ارتفعت القيم في مطاري الغردقة وشرم الشيخ في عام ٢٠١٥ لتبلغ نحو ١٥ مرة قدر ما كانت عليه في عام ١٩٩٣.
- تأثرت حركتي الركاب والطائرات بكل من ثورة يوليو ١٩٥٢ والعدوان الثلاثي وحرب ١٩٦٧ وحرب أكتوبر ١٩٧٣ وزلزال ١٩٩٢ وفترة عدم الاستقرار الأمني في التسعينيات وثورتي يناير ٢٠١١ ويونيو ٢٠١٣.
- يحتل مطار القاهرة المرتبة الأولى من حيث المساحة وعدد المدارج ومواقف الطائرات وعدد المساعدات الملاحية المستخدمة.

- تختلف مطارات الجمهورية من حيث المساحة ونوع التشغيل وسنة الإنشاء وعدد ما تحتوية من مواقف طائرات. حيث يعد مطار القاهرة أكبرها مساحةً وعدد مواقف الطائرات بينما يعد مطار ألماظة أول المطارات من حيث الإنشاء.
- بلغت إجمالي القيمة المالية المباشرة وغير المباشرة التي أضافها قطاع الطيران المدني في مصر ٧ مليار دولار أمريكي أي ما نسبته ٢,١% من إجمالي الناتج المحلي GDP عام ٢٠١٨.
- يساهم قطاع الطيران المدني المصري في خفض البطالة بتوفير ٦٠٢ ألف فرصة عمل عام ٢٠١٨، حيث بلغت فرص العمل المباشرة في قطاع الطيران ٩٧ ألف فرصة عمل.
- تحتاج المطارات المصرية إلى حسن الإدارة والتسويق لتقترب من مطارات تركيا والإمارات العربية المتحدة.

الفصل الثاني

المعايير والخصائص الجيوببيئية النموذجية لمواقع المطارات مع التطبيق على بعض المطارات المصرية

تمهيد

أولاً: خصائص التربة

ثانياً: الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية

ثالثاً: الأخطار الجيومورفولوجية في بعض المطارات المصرية

رابعاً: بعض الخصائص المناخية

خامساً: بعض الخصائص البيئية

الخاتمة

الفصل الثاني

المعايير والخصائص الجيوبئية النموذجية لمواقع المطارات مع التطبيق على بعض المطارات المصرية

تمهيد:

سعت المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO^(١) منذ إنشائها في عام ١٩٤٥ إلى توحيد معايير^(٢) التشغيل بمجالات الطيران المدني، وذلك بإصدار عددًا كبيرًا من الوثائق والملاحق متضمنة مواصفات لتصميم وإنشاء وتشغيل والمحافظة على المطارات وبينتها، فعلى سبيل المثال لا للحصر وضعت المنظمة:

- معايير لحدود ارتفاعات العوائق حول المطارات.
- معايير لتكوين المساعدات الملاحية.
- معايير للحدود الفاصلة بين مسار الطيران وأقصى ارتفاع للعوائق الطبيعية والبشرية حول المطار.
- معايير لسرعات الرياح وكيفية اختيار الاتجاه المناسب للمدرج.
- حددت قيمة ثابتة للضغط الجوي ليقاس منها مستوى الطيران العابر.
- معايير لضبط وإدارة الضوضاء وانبعاثات الغازات الدفينة.
- معايير لتنظيم وإدارة الحياة البرية في محيط المطارات.

ومن ثم يتعين على دول العالم الملتزمة بقواعد المنظمة عدم مخالفة ما قد اتفق عليه عند إنشاء أي مطار، ولذا يفترض أن يتم دراسة الخصائص الجيوبئية لمواقع المطارات المقترحة قبل الإنشاء، وذلك من خلال وضع سيناريو تشغيلي مبدئي^(٣)، وخطة رئيسية Master Plan طبقاً لمتطلبات منظمة ICAO، وإذا نجح السيناريو يتم بناء المطار وإن فشل فنظرة إلى موقع آخر.

(١) اختصار International Civil Aviation Organization.

(٢) تضمنت الدراسة معايير منظمة ICAO المتعلقة بالجانب الجيوبئي فقط.

(٣) من أمثلة الإجراءات المتبعة لإنشاء المطارات: إصدار القرار الوزاري أو الجمهوري بتخصيص أرض المطار، وتشكيل لجنة لمعاينة الموقع، وتتكون اللجنة من: ممثلي عمليات الملاحة الجوية، ومصممي الإجراءات الملاحية، ومهندسي المساحة، ومهندسي المساعدات الملاحية، وممثلي سلطة الطيران المدني، وممثلي وزارة الدفاع، وممثلي وزارة السياحة. وتقوم اللجنة بالمعاينة وتحديد مواقع المدرج، ثم يتم إجراء سيناريو مبدئي للتشغيل بإنتاج إجراءات هبوط آلي، فإن نجح يتم اكتمال إجراءات الإنشاء، وإن لم تنجح فيتم دراسة أسباب عدم النجاح وتعديلها أو تغيير أبعاد موقع المطار ليوافق ما اتفقت عليه اللجنة.

من ثم سيتناول الفصل المعايير التي وضعتها منظمة ICAO، ودراسة مدى توافقها مع الخصائص الجيوتقنية لنماذج مختارة من المطارات المصرية، ولم يستطع الطالب التطبيق على كل المطارات نظرًا لعدم توفر بعض البيانات المطلوبة للتطبيق، وذلك كما يلي:

أولاً: خصائص التربة:

تتألف التربة في الأصل من تفكك صخر الأساس الذي تكون في ظروف جيولوجية معينة. وترجع جودة التربة لجودة الصخور المنشقة منها. كما تختلف أنواع التربة؛ فمنها محلي النشأة وأخرى منقولة بواسطة أحد عوامل التعرية كالأنهار أو الرياح، وتترسب التربة مكونة الطبقة السطحية للأرض، فإن كانت جيدة يتم البناء عليها وإن لم تكن كذلك يتم علاجها أو استبدالها.

من ثم تهتم الدراسات الهندسية بالطبقة السطحية للأرض التي تقام عليها المنشآت أو تمدها عليها الطرق أو مدارج الطائرات (جودة التركماني، ٢٠٠٥، ص ١٤٦)، والتي يجب أن تتسم بالصلابة التي تتحمل ضغط أحمال مباني الركاب أو تحرك الطائرات (صفاء مجيد المظفر، ٢٠١١، ص ٢٢). وتعد الخصائص الفيزيائية للتربة كالتنافذية وقابليتها للانضغاط^(١) والانبعاج من أهم محددات جودة التربة، فعند استخدام التربة لأغراض هندسية كإنشاء مدرج طائرات أو مد طريق فلا بد أن تتمتع بسمات معينة من حيث الانضغاط والقص^(٢) لمقاومة الأحمال الثابتة والمتحركة للطائرات (فوزي محمد الدومي، ٢٠٠٠، ص ٨٤٧)، وفيما يلي عرض لمعايير ICAO وخصائص تربة حظيرة الطائرات بمطار الغردقة ومنطقة دوران الطائرات للمدرج ٢٢/٠٤ بمطار الأسكندرية.

أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:

افتترضت ICAO أنه من البديهي الابتعاد عن الأراضي السيئة Bad lands والأراضي ذات التربة غير الجيدة، وكذلك افتترضت استخدام طرق هندسية مناسبة لتحقيق الهدف الأهم وهو أمان الركاب. لذا لم تضع معايير أو مواصفات للتربة التي يبنى عليها المدارج ومباني الركاب؛ وخصصت الجزء الثالث من الوثيقة (9157) لمعايير الرصف (ICAO, Doc 9157 — Aerodrome Design Manual, Part 3 Pavement, 2006)، بينما جاءت معايير قوة تحمل رصف المدارج الرئيسية والفرعية وحظائر الطائرات وعلاقتها بالثقل الذي يتحمله من وزن الطائرة في الملحق ١٤ الفقرة ٢,٦ (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Item 2.6, 2016).

(١) قابلية التربة لتغيير بنيتها إلى بنية أكثر دمجاً أو تراصاً على حساب تقليل مسامية التربة.
(٢) الزحزحة أو تفكك التربة.

ومن ثم توجد علاقة قوية بين قوة تحمل الأرض (الرصف) ووزن الطائرة بما يعرف بـ ACN-PCN^(١)، لذا تُلزم ICAO الدول الموقعة على الاتفاقية من خلال ملحق رقم ٤ أن تدرج المعلومات الخاصة بقوة تحمل المدارج الرئيسية والفرعية وحظائر الطائرات بالبند AD 2.8 بدليل الطيران وبخريطة المطار، وخريطة التحركات الأرضية، وخريطة مواقف الطائرات بحيث يتم كتابتها بصيغة معينة مثل PCN 80 / R / B / W / T^(٢).

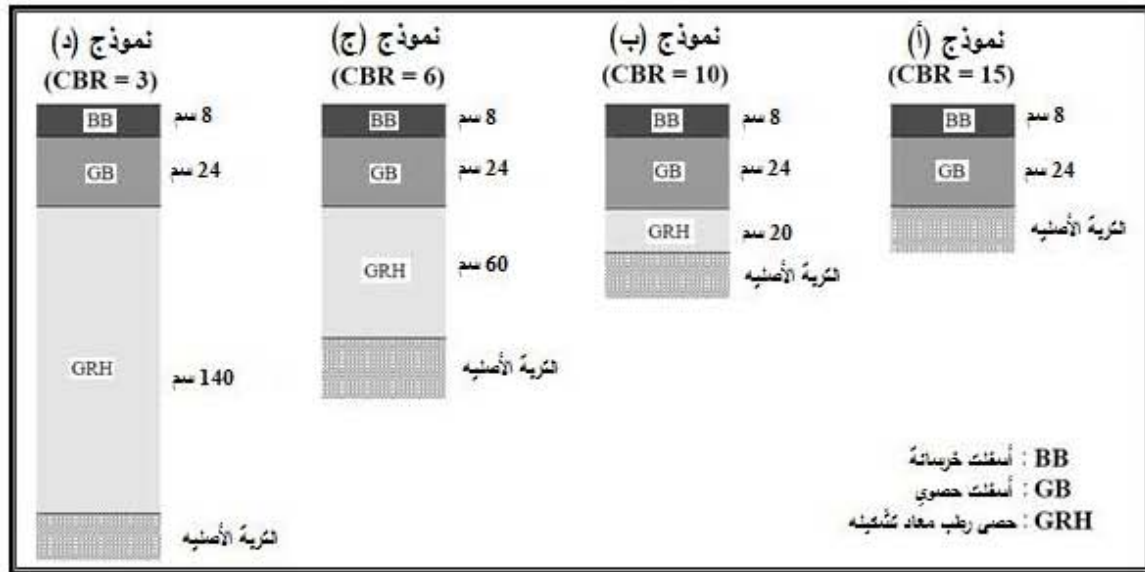
وترجع أهمية دراسة قدرة الأرض على تحمل الوزن الثابت والمتحرك للطائرات إلى الاهتمام بالتزام أقصى درجات الأمان لطائرة يتعدى وزنها ٥٠٠ طن على سبيل المثال، ومن ثم تسعى مصانع الطائرات إلى إجراء كثير من الاختبارات الحقيقية على نوعيات الرصف التي تتوافق مع طائراتها الحديثة. ومثال على ذلك؛ الاختبار الذي أجرته شركة Airbus الفرنسية لاختبار قوة الرصف المناسبة لطائراتها الحديثة Airbus A380 شكل (٢-١)؛ حيث أُجري الاختبار بمطار تولوز بلانياك TLS بمدينة تولوز جنوب فرنسا (A380 Pavement Experimental Programme, 2001, pp 13-19).

ويتضح من قراءة شكل (٢ - ١) لقطاع الرصف الذي أجرته شركة Airbus العلاقة الطردية بين قوة تحمل التربة Subgrade وسمك قطاع الرصف؛ حيث يختلف سمك القطاع باختلاف قوة التربة الأصلية Subgrade التي يتم اختبارها طبقاً لمقياس اختبار نسبة تحميل كاليفورنيا CBR^(٣) ليتحمل الوزن الثابت والمتحرك للطائرات ويعالج ضعف التربة الأصلية.

(١) Pavement Classification Number (PCN) رقم يعبر عن قوة تحمل الرصف لظروف تشغيل غير مفيدة، ويتراوح من ٠ إلى ١٠٠. فكلما زاد الرقم دل على قوة الرصف والعكس صحيح، ويجب كتابة هذا الرقم في كل خرائط المطارات. أما Aircraft Classification Number (ACN) فهو رقم خاص بالطائرة عند التصنيع ويعبر عن علاقة تأثير الطائرة بالرصف طبقاً لمواصفات قياسية معينة لطبقة رصف التربة، ومنه يُعرف القوة التي يجب أن يتصف بها رصف المدارج الذي يستقبل الطائرة.

(٢) تحوي هذه الصيغة معلومات عن قوة التحمل وتقترن برقم له علاقة طردية بقوة التحمل مثل PCN 80، ثم حرف R أو F ليعبر عن الرصف الصلب للأول والرصف المرن للثاني، ثم حرف A أو B أو C أو D ليعبر عن قوة تحمل التربة تحت الرصف Subgrade بحيث يكون حرف A أقواها وحرف D أفلها قوة، ثم حرف W أو X أو Y أو Z ليعبر عن الحد الأقصى المسموح به من ضغط الهواء في إطارات الطائرات بحيث يكون حرف W أعلاها (لا حدود لضغط الإطارات) وحرف Z أدناها ضغطاً (٠,٥٠ MPa) ويعرّف بوحدة الميجاباسكال، وأخيراً حرف T أو U ليعبر عن الطريقة المستخدمة في تقييم الرصف بحيث يكون حرف T للتقييم التقني وحرف U للتقييم باستخدام تجربة الطائرات ملحق (٢-١).

(٣) California Bearing Ratio، وكلما زادت قوة تحمل التربة كلما زادت قيمة CBR، على سبيل المثال ترمز قيمة CBR 4.75 إلى قوة تحميل الطين الرطب، في حين ترمز قيمة CBR 10 إلى تربة الرمل الرطب، بينما تأخذ الصخور المسحوقة عالية الجودة قيمة CBR 80، ويعد المقياس المرجعي لهذا الاختبار هو حجر جيرى كاليفورنيا المسحوق الذي يأخذ قيمة CBR 100 لذا ليس من المنطقي أن تجد قيمة CBR أعلى من ١٠٠.



Source: A380 PAVEMENT EXPERIMENTAL PROGRAMME, P 18, 2001.

شكل (٢-١) العلاقة بين قوة التربة وسمك قطاع الرصف

ب- خصائص التربة بمطاري الغردقة والأسكندرية:

تختلف طبيعة النشأة الجيولوجية لتربة مطاري الغردقة والأسكندرية، فبالرغم من تألفها من رواسب الزمن الرابع إلا أن اختلاف الصخر الأصلي الذي تكونت منه أدى إلى اختلاف خصائصها، علاوة على ذلك أدى جفاف تربة مطار الغردقة إلى رفع كفاءتها بينما أدى تشبع تربة مطار الأسكندرية بالمياه المالحة إلى تغدقها وانخفاض جودتها. ومن ثم اختلف قطاع الرصف لكلا المطارين، وفيما يلي بيان لذلك:

١- مطار الغردقة الدولي:

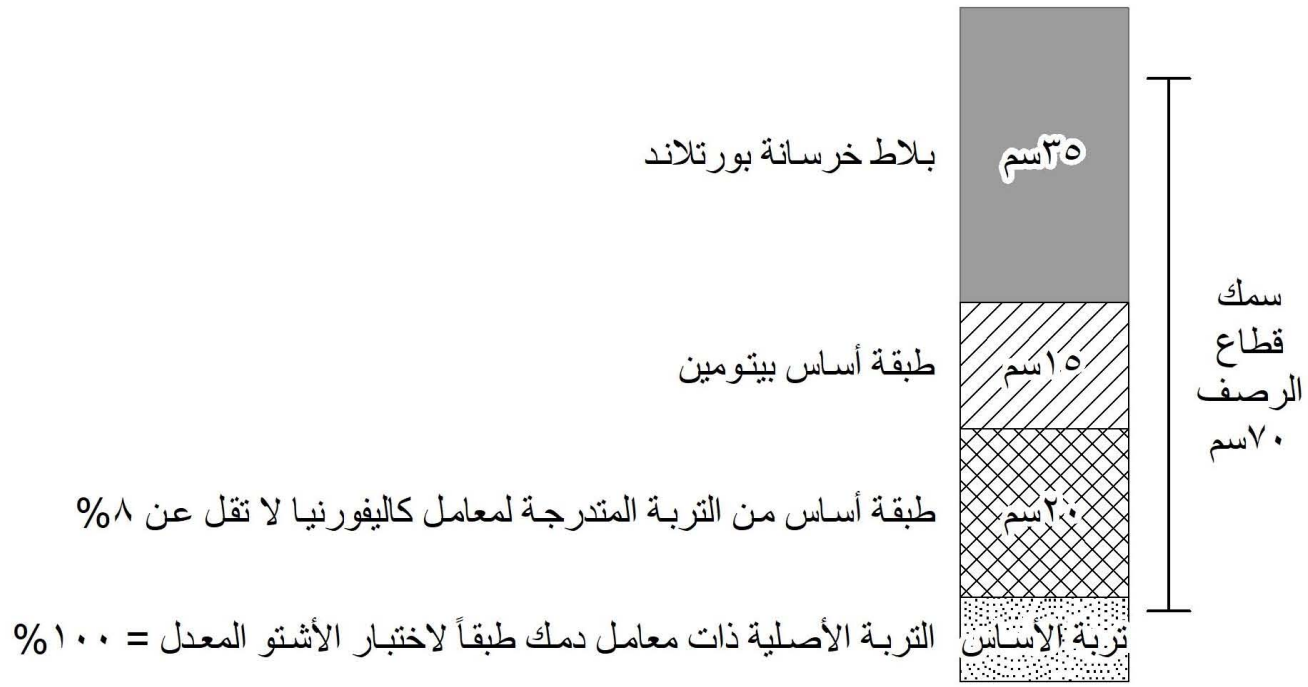
أجريت الاختبارات على تربة المطار وفقاً لمتطلبات ICAO في ملحق ١٤ والوثيقة (Doc 9157) والنشرة الاسترشادية لإدارة الطيران الفدرالية رقم 150/5335-5B. وبإتمام إدخال المتغيرات مثل العمر المفترض للرصف وعدد مرات تردد الطائرات العاملة بالمطار، ثم تحويلها إلى مكافئ لعدد مرات الإقلاع، ومع الأخذ في الاعتبار مواصفات التربة والمصنفة من النوع الجيد والتي تتكون من الرمال والحجر الجيري - الذي ينتمي جيولوجياً إلى رواسب الزمن الرابع - تبين أنها لا تحتاج إلى طبقة رصف لرفع مستوى صلابتها (Egyptian Airports Co., PP 3-5, 2014)؛ حيث

تم إضافة طبقات الرصف على النحو الموضح في شكل (٢-٢)^(١) وبلغت قوة رصف حظيرة الطائرات الجديدة بالمطار قيمة PCN 64/R/A/W/T.

٢- مطار الأسكندرية الدولي (النزهة الدولي):

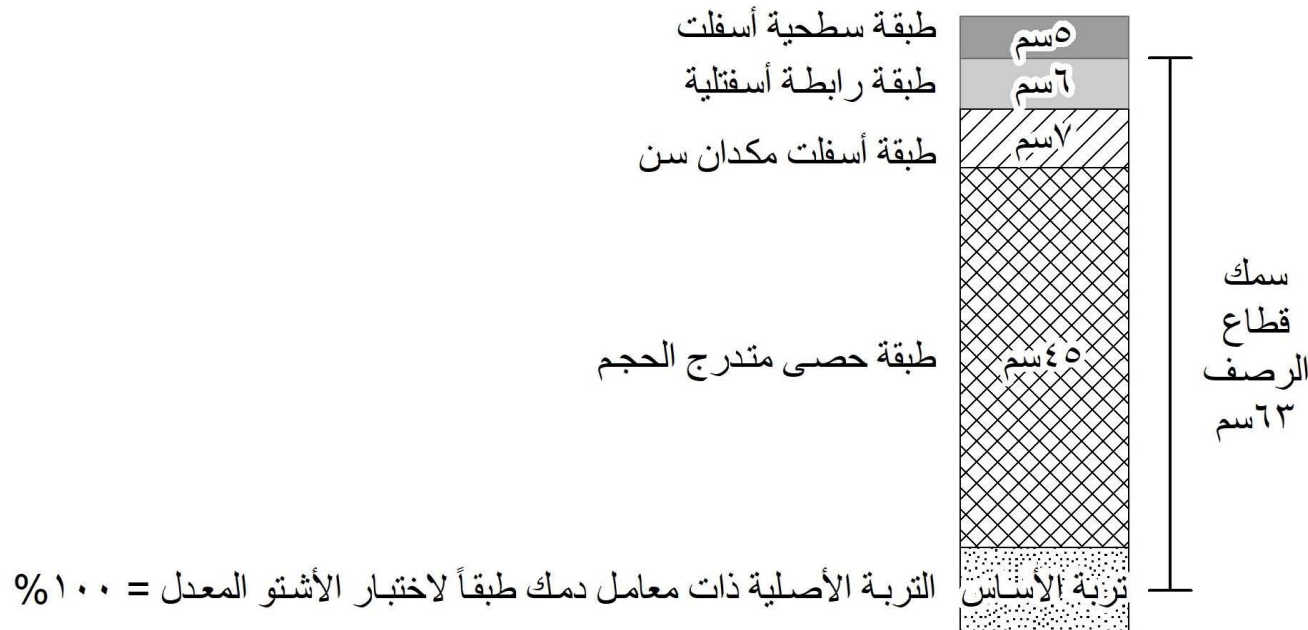
أجرت الشركة المصرية للمطارات دراسة لتربة موقع إنشاء منطقة دوران للطائرات بمطار الأسكندرية الدولي في عام ٢٠١٣، وذلك ضمن مشروع رفع كفاءة وصيانة وإطالة وإنشاء منطقة دوران للطائرات للمدرج ٢٢/٠٤، حيث بينت التقارير أن تربة مطار الأسكندرية "تربة طينية ضعيفة" (Airports Co., 2015, p.7). وتتفق هذه النتيجة مع الخرائط الجيولوجية للأرض المقام عليها المطار (خريطة مصر الجيولوجية لوحة الأسكندرية، ١٩٨٧، مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠)؛ فعلى الرغم من جودة الرواسب الطميية النيلية بوجه عام إلا أن انخفاض منسوب سطح أرض المطار، وارتفاع منسوب المياه تحت السطحية أدى إلى تشبع التربة بالمياه المالحة وتغيير خصائصها الفيزيائية والكيميائية. وعليه فقد تقرر تنفيذ قطاع رصف بسمك ٦٣ سم على النحو الموضح في شكل (٢-٢-٣). فمن خلال دراسة ومقارنة شكلي (٢-٢) و (٢-٣) يمكن ملاحظة أن سمك طبقة الرصف بمطار الأسكندرية أكبر من نظيرتها في مطار الغردقة؛ وذلك لاختلاف طبيعة التربة؛ حيث كان لمعالجة التربة السبخية بمطار الأسكندرية أثر في زيادة سمك الطبقة الثانية التي تتألف من حصى متدرج الحجم بسمك ٤٥ سم شكل (٢-٢-٣)، بينما أدى ارتفاع جودة تربة مطار الغردقة إلى قلة سمك طبقة الرصف الثانية شكل (٢-٢) والتي تتألف من تربة متدرجة في حجم حبيباتها.

(١) أشتو: مواصفات الجمعية الأمريكية لمهندسي الطرق American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).



المصدر: تقرير تربة مطار الغردقة، ص ٢، ٢٠١٤.

شكل (٢-٢) قطاع رصف حظيرة الطائرات الجديدة بمطار الغردقة



المصدر: الشركة المصرية للمطارات، اللوحة التصميمية لمشروع رفع كفاءة وصيانة وإطالة وإنشاء منطقة دوران للطائرات للمدرج ٠٤، ٢٠١٥.

شكل (٣-٢) قطاع رصف منطقة دوران الطائرات مدرج ٠٤ بمطار الاسكندرية

ثانيًا: الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية:

ثمة دورًا مهمًا للخصائص التضاريسية والعوائق البشرية في تحديد مواقع المطارات وبالتالي تشغيلها، حيث تؤثر العوائق الطبيعية (التضاريس) والبشرية (المباني وغيرها) على العمليات الملاحية بالمطارات من ثم كانت الأفضلية للأراضي مستوية المنسوب بعيدًا عن العمران والأراضي الزراعية قدر الإمكان (فاروق كامل عز الدين، ١٩٨١، ص ٦٦٤). وفيما يلي عرض لمعايير ICAO للخصائص التضاريسية والعوائق البشرية بمطاري سانت كاترين وبرج العرب.

أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:

١- أسطح حدود ارتفاعات العوائق:

هي أسطح محددة الأبعاد هندسيًا تحيط بالمطار، وتعد سقفًا للحد الأقصى لارتفاع العوائق حول المطار بحيث يجب ألا تُخترق حفاظًا على سلامة حركة الملاحة، ويتضح من قراءة شكل (٢-٤) أن المطارات لا تتوقف علاقتها بالمساحات الأرضية أمام المدرج فقط بل تتأثر بالعوائق الطبيعية والبشرية المحيطة ضمن مسافة تمتد إلى أكثر من ١٥ كم^(١) حول المطار، وحيث تؤثر هذه المسافة على حركتي الإقلاع والهبوط (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Figure B-1, 2016)،

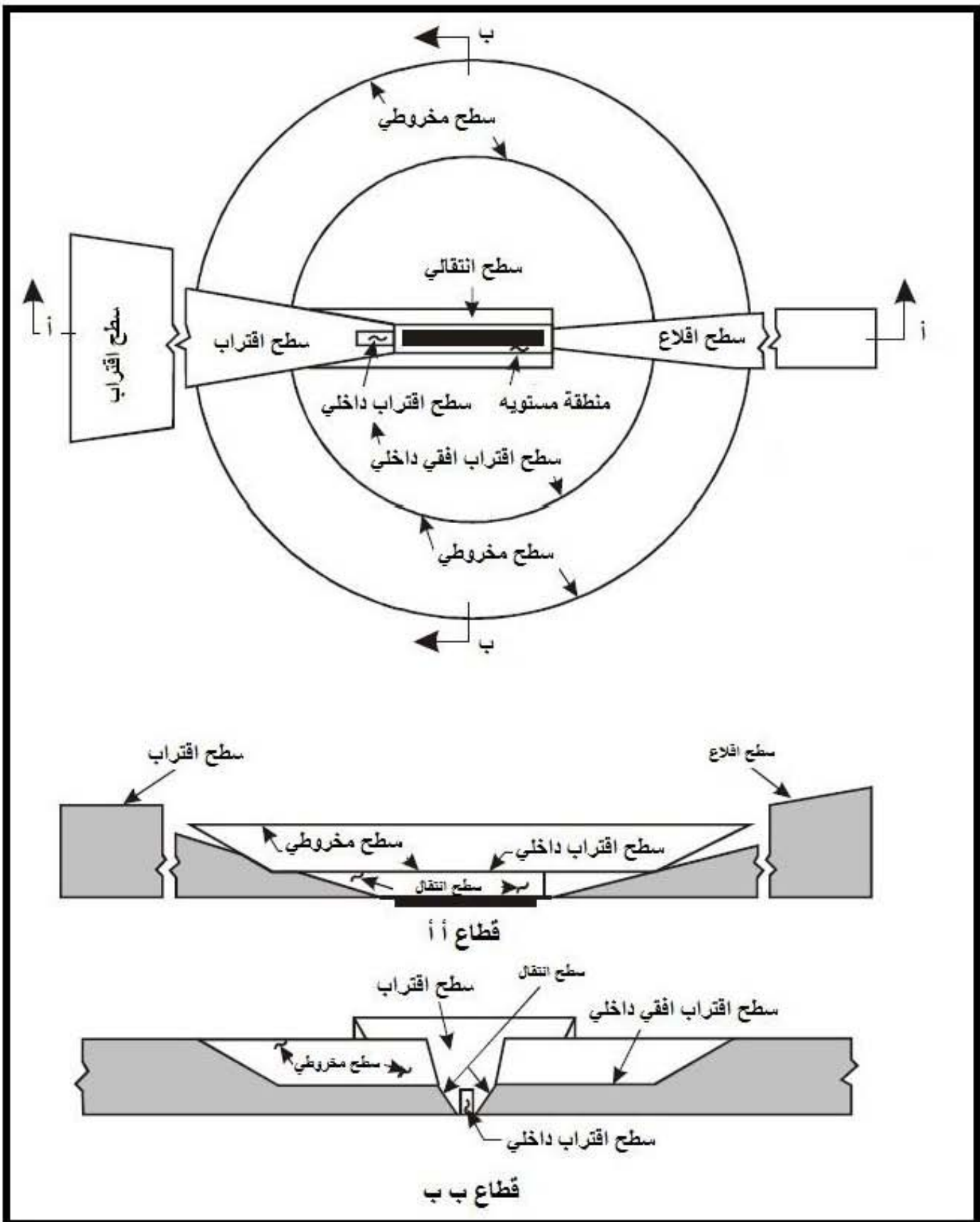
٢- المدرج:

يحدد طول وعرض المدرج بناءً على فئات الطائرات المخطط استقبالها بالمطار (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Page 1-13, 2016) فيما يعرف بالكود المرجعي للمطار^(٢) (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Page 3-3, 2016)؛ ومن ثم يؤثر ارتفاع التضاريس على طول المدرج، فيجب زيادة طوله بنسبة ٧% لكل ٣٠٠ م ارتفاع فوق متوسط منسوب سطح البحر^(٣). وعلى الرغم من أن توجيه المدرج يجب أن يتفق مع اتجاه الرياح إلا أنه يمكن تعديل محوره لتفادي العوائق الطبيعية والبشرية أو المناطق ذات الحساسية البيئية (ICAO, Doc 9157 — Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways, Item 3.5.2, 2006).

(١) يفسر ذلك وجوب استصدار تصاريح "خاصة" تحدد ارتفاعات المباني في محيط المطارات.

(٢) يتألف الكود المرجعي للمطار من "رقم" و"حرف" بحيث يرمز الرقم إلى طول المدرج مثال (رقم ١ لطول مدرج ٨٠٠ م، ورقم ٤ لطول مدرج من ١٨٠٠ م فأكثر). بينما يرمز الحرف إلى عرض الجناحين وعرض مجموعة عجلات الهبوط مثال (كود A عرض جناح أقل من ١٥ م وعرض مجموعة العجلات يصل أقل من ٤,٥ م، وكود F من ٦,٥ م إلى أقل من ٨ م وعرض مجموعة العجلات من ١٤ م إلى أقل من ١٦ م). في حين يجب أن يكون عرض المدرج ١٨ م للمطارات ذات الكود المرجعي 1A أو 1B، و ٦٠ م للمطارات ذات الكود المرجعي 4F. على ألا يقل عرض مدرج الهبوط الدقيق precision approach runway عن ٣٠ م للمدارج ذات الكود الرقمي ١ أو ٢ على سبيل المثال لا للحصر.

(٣) يرجع ذلك للعلاقة بين كثافة الهواء والمسافة الأرضية التي تقطعها الطائرة في الإقلاع والهبوط.



Source: ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Figure 4-1, 2016.

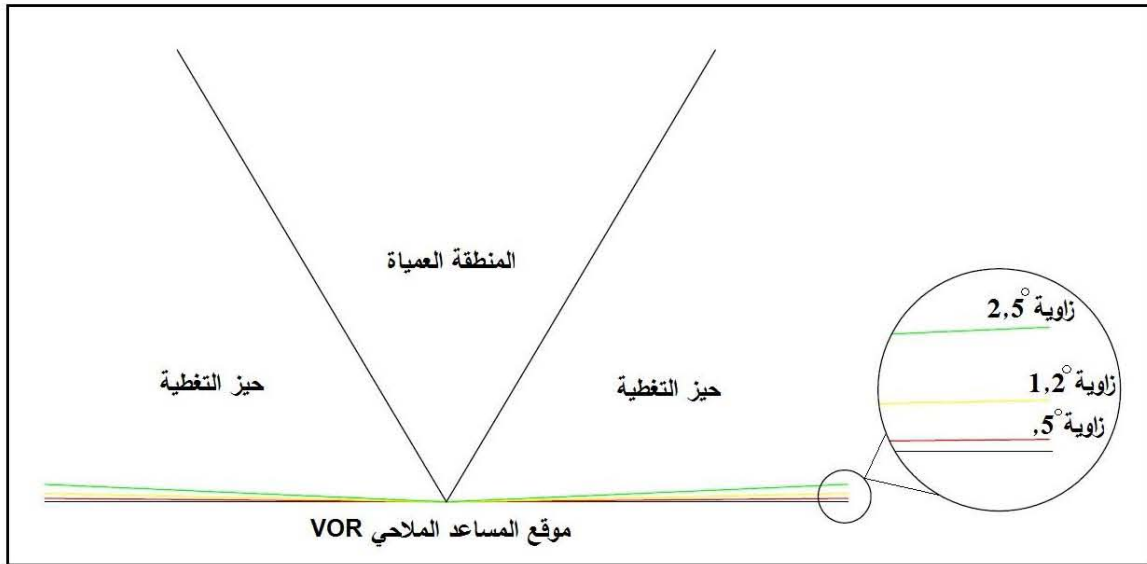
شكل (٢-٤) أسطح حدود ارتفاعات العوائق

٣- مواضع المساعدات الملاحية:

تعد المساعدات الملاحية من أهم الوسائل لتأمين سلامة حركة الطيران، فهي كالفنار بينما تعطي إشارات راديوية تستقبلها الطائرات وتهتدي بها.

• المساعد الملاحي VOR:

يفضل تركيب المساعد الملاحي VHF Omnidirectional Range (VOR)^(١) في أعلى المواضع الأرضية في محيط المطار، وذلك في مركز دائرة خالية من التضاريس والعوائق البشرية يبلغ نصف قطرها ٦٠٠ م، وذلك لتحقيق أفضل تغطية بخط نظر مباشر، كما يفضل أن يكون موضع تثبيت المساعد الملاحي بعيد بقدر الإمكان عن خطوط أبراج الكهرباء والأسوار. بينما إن تم تثبيته بمنطقة وعرة تضاريسيًا فيتم تركيبه بأقرب قمة جبلية سهلة الوصول في مركز دائرة خالية من العوائق نصف قطرها ٤٥ م (ICAO, Annex 10 — Aeronautical telecommunication, (Vol 1, Item 3.2, 2006)، وفيما يخص حيز التغطية فهو ينحصر بين زوايا ٠,٥° و ١,٢° و ٢,٥° لكل من المناطق التي تحتوي على منشآت مكونة من المعادن، والأحجار، والخشب على الترتيب - والحد الخارجي للقمع الأعمى^(٢) شكل (٢-٥).



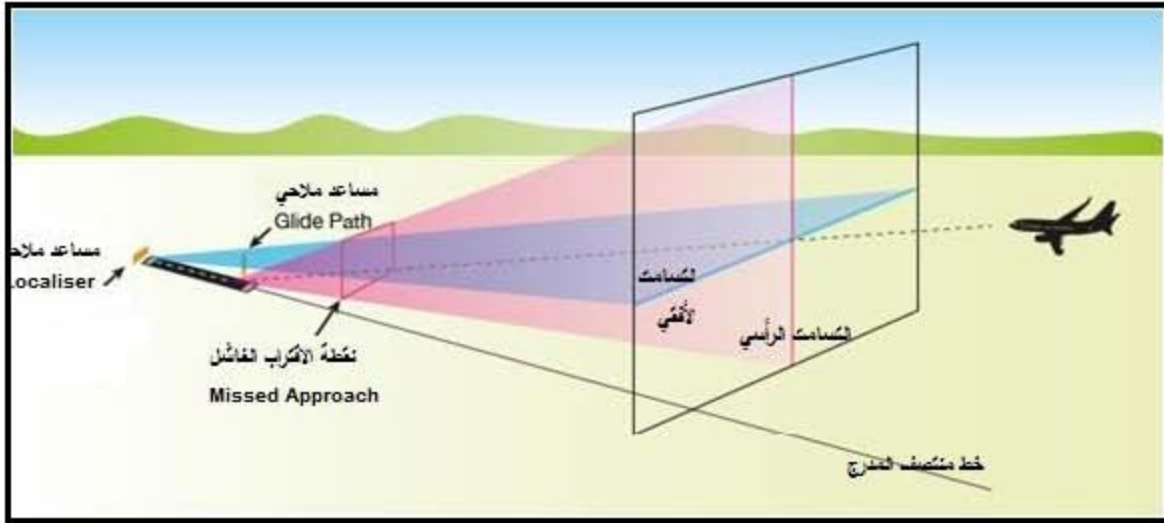
Source: ICAO, Annex 10, 2006, p 3-28.

شكل (٢-٥) حدود تغطية المساعد الملاحي VOR

^(١) VOR جهاز يعطي إشارات راديو اتجاهية بعدد الدرجات الدائرية الـ ٣٦٠ تتبعها الطائرات لمعرفة مكان المطار.
^(٢) يقع هذه القمم أعلى المساعد الملاحي ومركزه المساعد الملاحي ويتسع كلما ارتفعنا لأعلى بمقدار ناتج المعادلة $h * \tan 50$. حيث تعبر H لقيمة الارتفاع وتعبر $\tan 50$ لقيمة الزاوية.

• المساعد الملاحي ILS:

يقصد بالمساعد الملاحي (Instrument Landing System) مجموعة من الأجهزة تضمن هبوط دقيق للطائرات وتتكون من جهاز Localizer، وهو جهاز يضع الطائرة بوضع متسامت مع مسار الهبوط، وجهاز Glide Path وهو جهاز يرسل شعاع بزاوية معينة تتبعها الطائرة عند الهبوط، وجهاز Marker beacons أو جهاز DME (Distance Measurement Equipment) لقياس المسافات، وفي حال تركيب المساعد الملاحي توضع مكونات المساعد الملاحي قرب المدرج شكل (٦-٢)، وينتشر حيز التغطية بزوايا انتشار معينة ومفترض ألا تخترق التضاريس والعوائق البشرية أسطح التغطية. ويجب إبلاغ شركات الطيران العاملة بكل مطار يُخترق فيه جزء من حيز انتشار أسطح تغطية المساعدات الملاحية.



شكل (٦-٢) مواضع تثبيت نظام ILS بالمطار

• المساعد الملاحي NDB:

أوصت المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO في عام نهاية عام ٢٠١٦ برفع المساعد الملاحي (Non-directional beacon (NDB^(١) من الخدمة كلما أمكن (ICAO, MIDANPIRG Meeting, Cairo, Egypt, 1-3 April 2014)؛ حيث أصبح قديم الطراز مع وجود المساعد الملاحي VOR الذي يقوم بنفس الوظيفة وأكثر.

(١) Non-directional beacon (NDB) هو جهاز ملاحي يعطي إشارة تحمل اسم المطار وموقعه تُدبّعه الطائرات للوصول للمطار.

٤- تأمين مسارات الطيران:

يمتد تأثير التضاريس والعوائق البشرية على مراحل اقتراب الطائرات للهبوط ومراحل إقلاعها، ويلتزم مصمموا إجراءات الهبوط الآلي بتعليمات وثيقة (Doc. 8168-Aircraft Operations, Vol. 2) المعنية بتصميم وتأمين مسار الطيران في كل مرحلة من مراحل إجراء الهبوط الآلي^(١)، ومن حيث دراسة العوائق (تضاريس/عوائق بشرية) في حدود مناطق حماية مسار الطائر شكل (٢-٧) وإضافة مسافة رأسية^(٢) أعلى العوائق تقدر بنحو ١٠٠٠ قدمًا لمرحلة الانتظار والاقتراب الابتدائي Holding and Initial Approach، و ٤٩٢ قدمًا لمرحلة الاقتراب المتوسط Intermediate Approach، و ٢٦٤ قدمًا لمرحلة الاقتراب النهائي Final Approach.

(١) تستعد الطائرات للهبوط أولاً بالخروج من الطريق الجوي لتبدأ إجراءات الهبوط وهي ٥ مراحل (الوصول Arrival segment، الاقتراب الابتدائي Initial approach، الاقتراب المتوسط Intermediate approach، الاقتراب النهائي Final approach، وفي حالة التعذر عن الهبوط تقلع الطائرة مرة أخرى كاقتراب فاشل Missed approach)، ويبلغ متوسط طول مسافة مراحل الاقتراب إلى ٢٠ ميل بحري بخلاف أول مرحلة Arrival segment التي قد تبلغ ١٥ ميل بحري بالمتوسط.

(٢) القيم الواردة مجرد أمثلة حقيقية لبعض الحالات؛ حيث تختلف هذه القيم طبقًا لحالات فنية معينة وتتضاعف في المناطق المتضررة.

من خلال العرض السابق للمعايير المتعلقة بالخصائص التضاريسية الواردة عن ICAO يتضح أن المنظمة وضعت متطلبات وحلول لكل العوائق (الطبيعية والبشرية) التي يمكن مواجهتها أثناء اختيار مواقع وتشغيل المطارات، وفيما يلي عرض لواقع بعض المطارات المصرية، وتوضيح تأثير الخصائص التضاريسية على تشغيل المطار.

ب- الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية بمطاري سانت كاترين وبرج العرب.

١- مطار سانت كاترين:

- أسطح حدود ارتفاعات العوائق:

يقع المطار وسط منطقة جبلية وعرة عند إحداثيات 0.7° " 41° ' 28° شمالاً و 45° " 03° ' 34° شرقاً، ويبلغ ارتفاع منسوب سطحه^(١) 1331 م فوق متوسط منسوب سطح البحر؛ حيث اخترقت التضاريس عدد من أسطح تقييد ارتفاعات العوائق، ويتضح من قراءة شكل (٢-٨) تأثير سطح الاقتراب الجنوبي للمدرج ب٦ عوائق تضاريسية بلغت ارتفاعاتهم (1352 ، 1364 ، 1373 ، 1402 ، 1416 ، 1466 م) بينما تأثر سطح الاقتراب الشمالي للمدرج بعائق واحد فقط بلغ ارتفاعه نحو 1366 م، وجدير بالذكر أن العائق الذي يخترق سطح الاقتراب للمدرج من جهة ما يخترق في نفس الوقت سطح الإقلاع للجهة المقابلة لنفس المدرج.

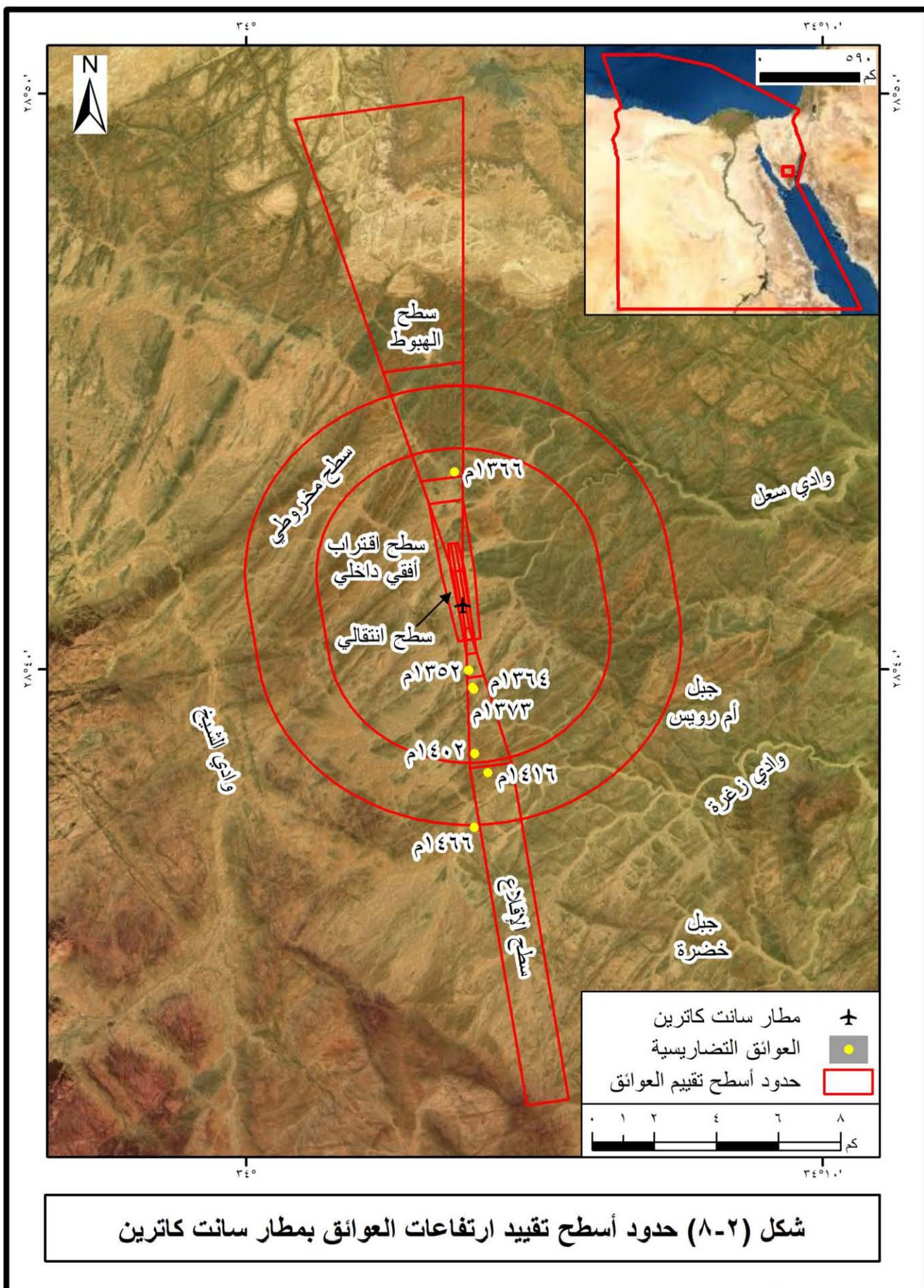
- المدرج:

يبلغ طول المدرج بمطار سانت كاترين نحو 2115 م وعرض 36 م ويستقبل طائرات فئة A & B فقط، وبذلك تتوافق أبعاد المدرج مع فئة الطائرات التي يستقبلها المطار طبقاً لمتطلبات ICAO.

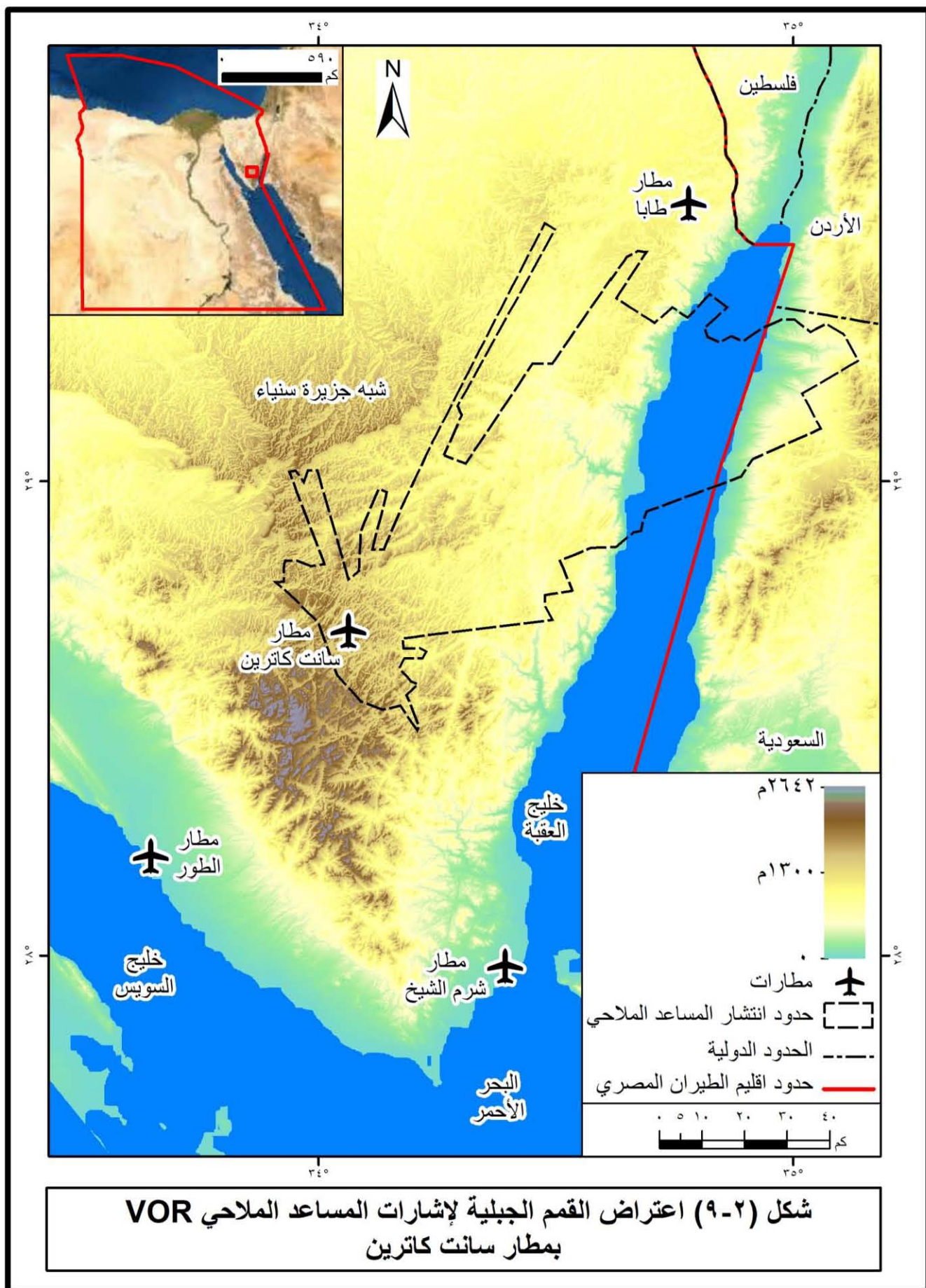
- مواضع المساعدات الملاحية:

يؤدي الاختيار الجيد لموضع تركيب المساعد الملاحي إلى انتشار إشارته في شكل دائرة منتظمة، الأمر الذي لم يتحقق في مطار سانت كاترين حيث أدت القمم الجبلية المرتفعة المحيطة بالمطار إلى إعاقة انتشار إشارة المساعد الملاحي VOR شكل (٢-٩)، ومن ثم لم ينجح تثبيت أي من الأجهزة الملاحية لمساعدته لعملية الهبوط بمطار سانت كاترين.

(١) يُعرف منسوب سطح المطار Aerodrome Elevation بأنه أعلى نقطة من حيث المنسوب في المنطقة التي تهبط بها الطائرات.



شكل (٨-٢) حدود أسطح تقييد ارتفاعات العوائق بمطار سانت كاترين



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات تمثيلية لتثبيت الاجهزة الملاحية، ٢٠٢٠، ونموذج الارتفاع الرقمي SRTM الإصدار الثالث، دقة مكانية ٣٠ م.

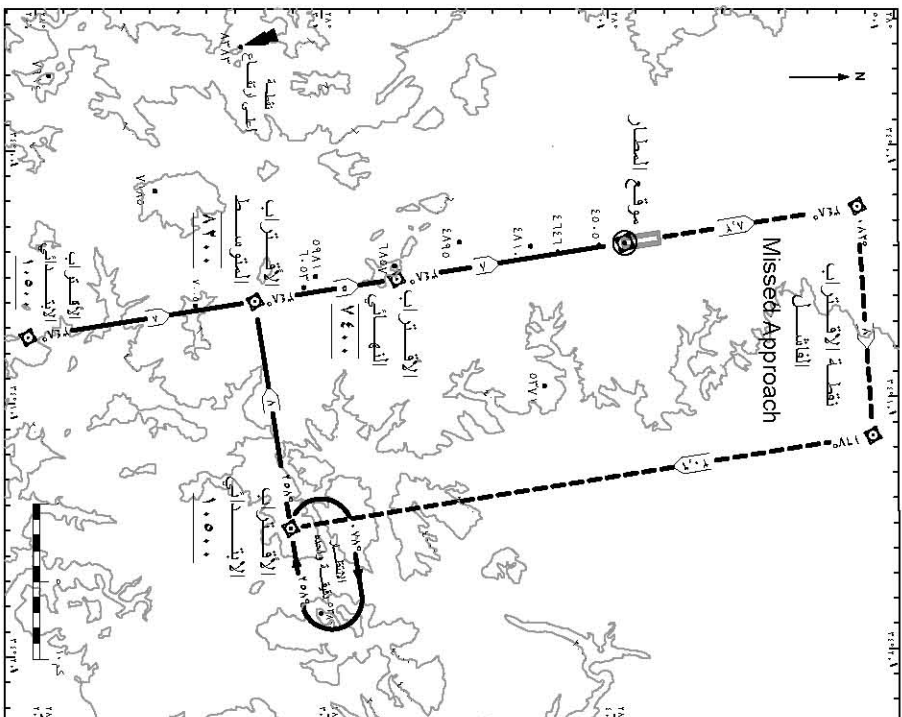
- تأمين مسارات الطيران:

كان إجراء الهبوط الآلي المتبع قبل عام ٢٠١٧ يسمى Circling. ففي ظل تضرس المنطقة وعدم وجود مساعدات ملاحية حديثة كان يقتضي اقتراب الطائرات إلى المطار متبعة إشارات المساعد الملاحي NDB^(١) على ارتفاع ١١ ألف قدم (فوق منسوب سطح البحر) والبدء في الدوران الحلزوني الهابط حتى ارتفاع ٨ آلاف قدم وهو أقل ارتفاع آمن أعلى التضاريس المحيطة بالمطار ومن ثم الهبوط بشرط التأكد من رؤية المطار.

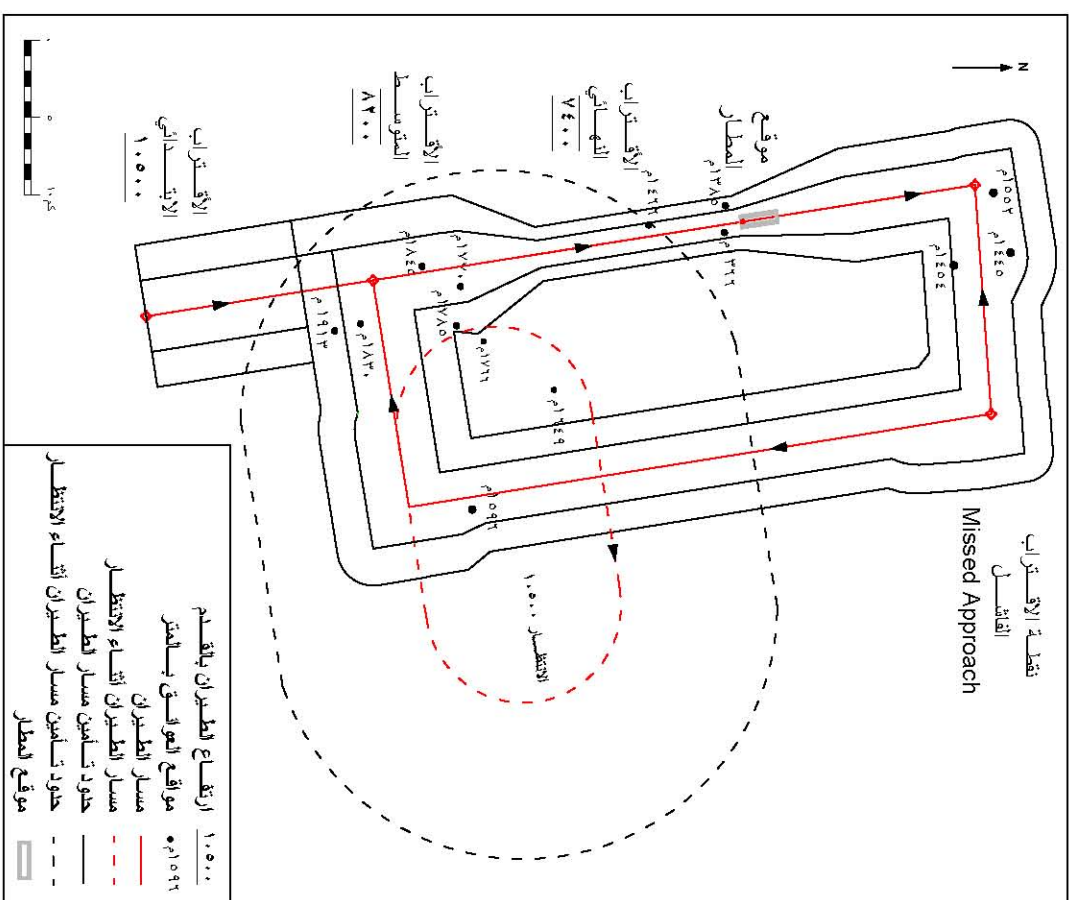
ومع استحالة تجهيز المطار بمساعدات ملاحية مثل VOR أو ILS نظرًا لتضرس المنطقة ومع أخذ بتوصية الـ ICAO تقرر استبدال إجراء الهبوط Circling والذي كان يعتمد على المساعد الملاحي NDB بآخر يعتمد على الأقمار الصناعية (قرار سلطة الطيران المدني المصرية، ٢٠١٦). ومن خلال قراءة شكل (٢-١٠) الذي يعرض إجراء اقتراب هبوط آلي باستخدام الأقمار الصناعية يتضح أن الإجراء يتكون من ٤ مراحل، هي:

- **المرحلة الأولى مرحلة الانتظار:** وهي مرحلة لفقد الارتفاع أو تنظيم الحركة ويتم تأمينها بمسح العوائق الطبيعية والبشرية، وإعطاء أقل ارتفاع آمن وهو ١٠٥٠٠ قدم ثم يبدأ الاقتراب الابتدائي IAF (Initial Approach) والطيران في مسار تتحكم فيه درجة خلوه من التضاريس والعوائق البشرية فقد يطول أو يقصر مع الانحدار بمعدل معين تفاديًا للتضاريس لينتهي عند ارتفاع ٨٢٠٠ قدم.
- **المرحلة الثانية مرحلة الاقتراب المتوسط:** وهي مرحلة لتهيئة الطائرة لبدء الانحدار للهبوط النهائي وتنتهي عند ارتفاع ٧٤٠٠ قدم.
- **المرحلة الثالثة مرحلة الاقتراب النهائي:** وهي مرحلة تتخفص فيها الطائرة بمعدل هبوط ٦,١%^(٢) وهو معدل مرتفع نظرًا لتضرس موقع المطار - المعدل الأمثل للهبوط هو ٥,٢% - وعند وصول مسار الطيران إلى ارتفاع ٥٠٠٠ قدم - وهو أقل ارتفاع آمن أعلى التضاريس المحيطة بالمطار - عندها يقرر قائد الطائرة إن رأى المدرج يكمل الهبوط وإن لم يره يرتفع ليدخل في المرحلة الرابعة.
- **المرحلة الرابعة مرحلة الاقتراب الفاشل:** عندها يرجع قائد الطائرة إلى بداية الإجراء ليعيد المراحل مرة أخرى.

(١) Non-directional beacon (NDB) هو جهاز ملاحى يعطى إشارة تحمل اسم المطار وموقعه تتبعه الطائرات للوصول للمطار.
(٢) أي الهبوط الرأسى بمقدار ٦١ مترًا لكل ١٠٠٠ متر مسافة أفقية.



مسار الطيران بعد التعميم والجاهز للنشر



تأمين مسار الطيران أثناء التعميم

شكل (٢-١) إجراء هبوط آلي باستخدام ملاحية المنطقة RNP لمطار سانت كاترين

٢- مطار برج العرب:

- أسطح حدود ارتفاعات العوائق:

يقع المطار عند إحداثيات ٣٠ ٥٥ ٠٥ شمالاً و ٤٥ ٤١ ٢٩ شرقاً، وتتسم منطقة المطار بأنها منطقة سهلية تكاد تخلو من التضاريس، ويبلغ ارتفاع سطحها ١٧٧ م فوق متوسط سطح البحر. لذا لا يوجد أي اختراقات لأسطح حدود ارتفاعات العوائق.

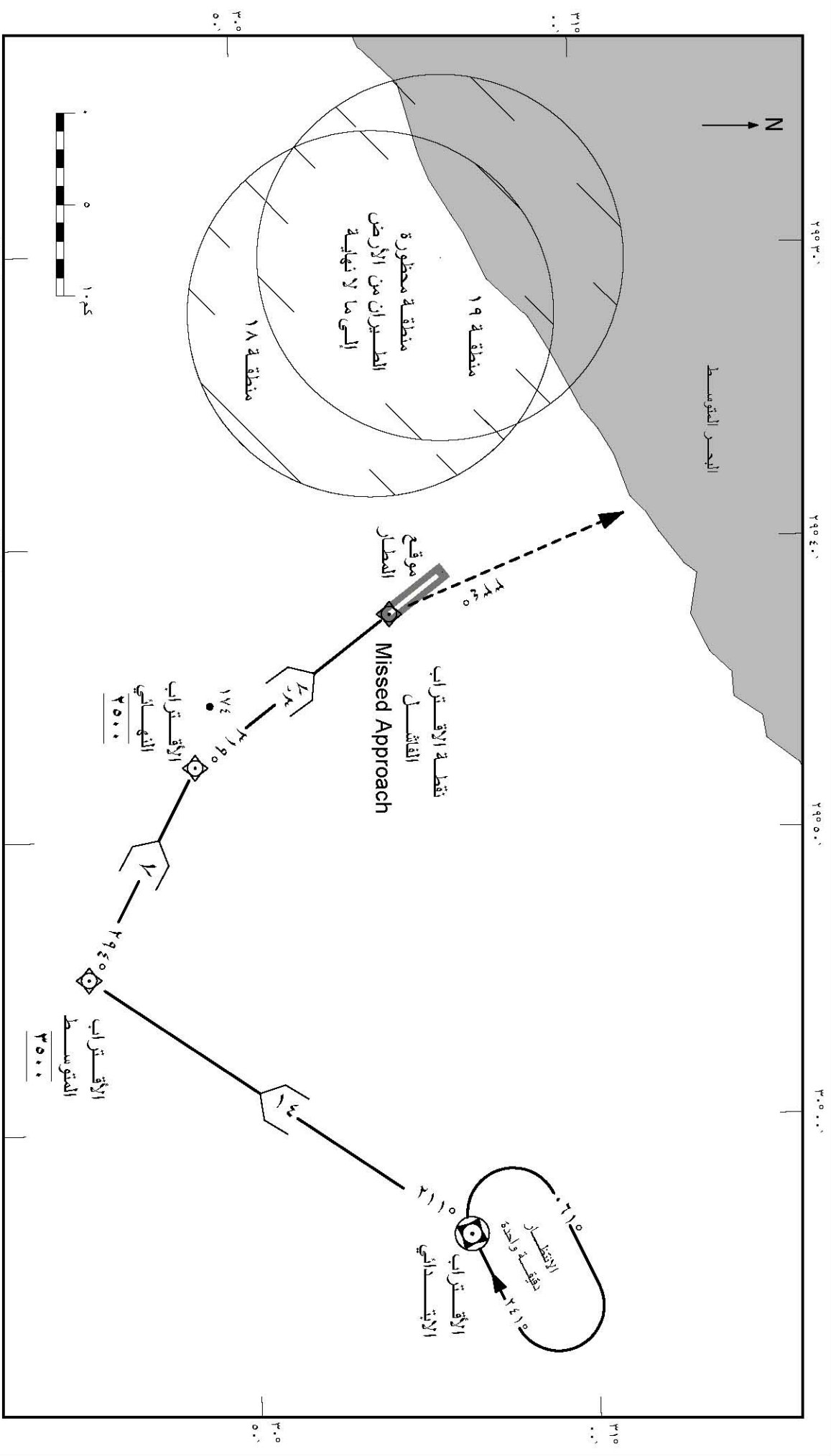
- المدرج:

يتفق طول المدرج وعرضه مع متطلبات ICAO لاستقبال جميع الطائرات فئات A, B, C & D.

- مواضع المساعدات الملاحية:

يتمتع مطار برج العرب بنظام الهبوط الدقيق ILS ومحطة للرادار، ولا يوجد ما يخترق أسطح انتشار إشارات المساعدات الملاحية من عوائق طبيعية أو بشرية مادية. في حين يتضح من قراءة شكل (٢-١١) أن المنطقتان المحظورتان^(١) HE/P18 و HE/P19 يعوقان حرية الملاحة بالمطار إذ أنهما بمثابة حاجز اسطواني غير ملموس مثبت في الأرض وارتفاعه لا نهائي. من ثم فإن كانت الملاحة تصعب بمطار سانت كاترين بسبب التضاريس (العوائق الطبيعية) فإن مطار برج العرب تصعب فيه الملاحة بسبب العوائق البشرية.

(١) هما دائرتان متداخلتان، أبعادهما من الأرض إلى ما لا نهاية، نصف قطر كل منهما ١٠ ميل بحري، ويقع مركز الأولى عند نقطة إحداثي ٣٠ ٥٤ ٠١ شمالاً و ٢٩ ٠٦ ٣٢ شرقاً، ومركز الثانية عند نقطة إحداثي ٣٠ ٥٦ ٠١ شمالاً و ٢٩ ٠٦ ٣٠ شرقاً.



شكل (١١-٢) إجراء هبوط آلي باستخدام الملاحة المنطقة RNP لمطار برج العرب

ثالثاً: الأخطار الجيومورفولوجية في بعض المطارات المصرية:

ثمة دوراً مهماً للأخطار الجيومورفولوجية عند اختيار مواضع المطارات. لا يجب اختيار موقع لا يصلح من الناحية الجيومورفولوجية؛ كأن يقع في قاع وادي ليصبح عرضةً لخطر السيول أو بمناطق رطبة يقترب منسوب سطحها أو يتقاطع مع مستوى منسوب المياه الجوفية فيتعرض لخطر نشع التربة وتكون السبخات. وتقع بعض المطارات المصرية ضمن مجال نفوذ خطر السيول مثل مطاري سانت كاترين والغردقة أو بمناطق تنتشر بها السبخات مثل مطار الأسكندرية، وفيما يلي عرض لمعايير ICAO والأخطار الجيومورفولوجية التي تتعرض لها هذه المطارات وبيان الطرق التي تم اتباعها لمجابهة الخطر.

أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:

تفترض منظمة ICAO أنه ينبغي الابتعاد من الأساس عن مواقع الخطر عند إنشاء المطارات، فهي لم تضع حلولاً لمجابهة خطر يفترض به ألا يكون واقعاً، وإن وقع المطار ضمن مجال الخطر الجيومورفولوجي فيأتي دور الحلول الهندسية للوقاية من الأخطار المحتملة.

ب- المطارات المتأثرة بالأخطار المرتبطة بالسيول:

١- مطار سانت كاترين:

يتضح من قراءة الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ لوحة أم سيالة لعام ١٩٨٧، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ شكل (٢-١٢) أن المطار يقع بمنطقة شبه مستوية السطح داخل حوض وادي دهب، ويمتد المدرج بمحور متعامد تقريباً على محاور امتداد بعض روافد المنابع العليا (سعل، مويلحة) مما أدى إلى تعرضه لتدفق مياه السيل عام ٢٠١٦، والتي سارت بشكل عشوائي تاركة أثراً على المدرج عابرةً نحو مساراتها الطبيعية إلى المصب حيث مدينة دهب على الساحل الغربي لخليج العقبة.

ونظراً لقلة عدد الطائرات العاملة بالمطار فإنه من غير المجدي اقتصادياً إنفاق الملايين لإنشاء نظام لحماية المطار من الجريان السطحي للمياه، إذ اعتادت سلطات المطار بتمشيط أرض المطار عقب كل جريان سطحي للمياه ورصد أي تلفيات إن وجدت مع فحص سطح المدرج وإزالة أي مواد قد تحول دون صلاحية المدرج للملاحة.

٢- مطار الغردقة:

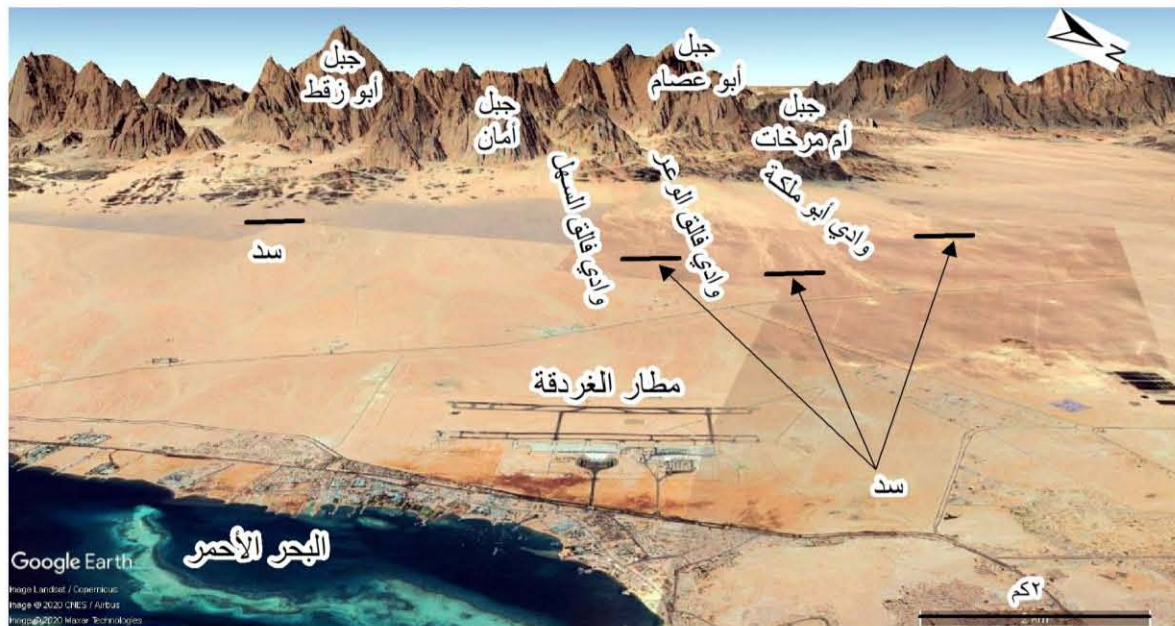
يقع مطار الغردقة في السهل الساحلي للبحر الأحمر جنوب مدينة الغردقة؛ حيث يمتد على القطاع الأدنى لوادي (فالق السهل، أم ضلفة) شكل (٢-١٣)، وشكل (٢-١٣ب) ويتضح من قراءة الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ١٠٠,٠٠٠ لوحة الغردقة لعام ١٩٩٢، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، اتساع السهل الساحلي وعدم وضوح جوانب تحدد مجرى القطاع الأدنى لهذين الواديين وتقع آخر نقطة يتضح فيها الشكل التقليدي للوادي بجوانبه المرتفعة على بعد نحو ٢٠ كم من مصبه في البحر الأحمر (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠، ص ١٧٣).

تأثرت مدينة الغردقة بعدد من السيول من أهمها نوفمبر ١٩٩٦ وأكتوبر ٢٠١٦، وقد أثرا على مطار الغردقة تأثيرًا بالغًا؛ حيث حملت المياه كميات كبيرة من الرواسب إلى المدرج ما أدى إلى غلقه لتنظيفه بمعدات إزالة الرواسب، كما أدى الجريان السطحي للمياه إلى غرق عدد من غرف المعدات ذات المنسوب المنخفض وبعض الغرف بمبنى برج المراقبة، كما تسبب التساقط الغزير للأمطار بإلحاق الضرر بسقف صالة الركاب (الدراسة الميدانية، ٢٠١٧).

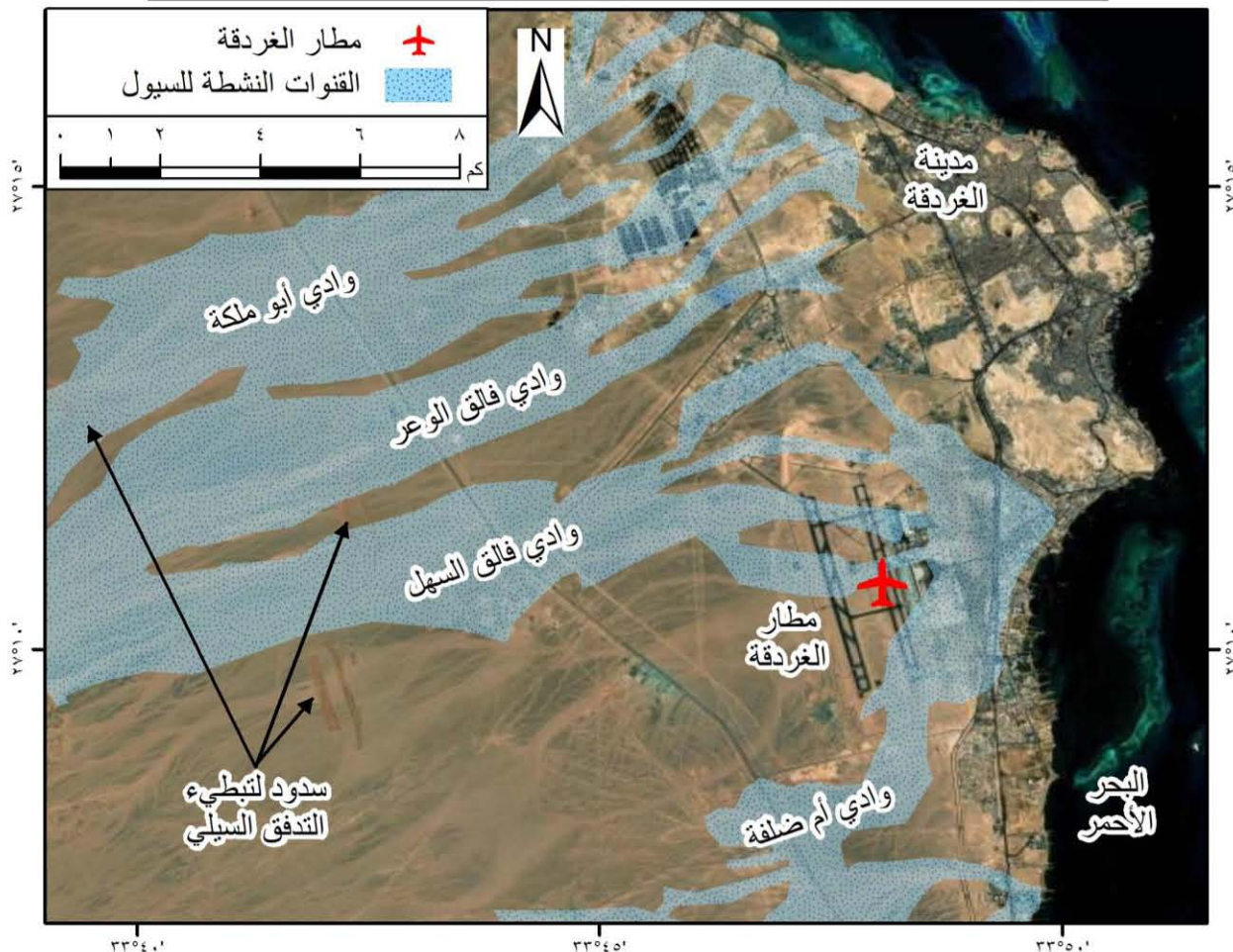
استدراكًا للخطر الذي تعرض له المطار ولحماية الإنشاءات والتوسعات الجديدة وحفاظًا على قيمة ما انفق على المدرج الجديد^(١)، رصد الطالب أثناء الدراسة الميدانية عام ٢٠١٧ ما قامت به الشركة المصرية للمطارات المالكة للمطار بإنشاء ٤ أحواض لتجميع مياه السيول بمساحات تتراوح بين (٦ - ٤٠ ألف م^٢)، بمتوسط عمق ١,٥ م لاستيعاب السيول وتبخير مياهها، فضلًا عن إنشاء سد ركامي تغطية طبقة من الأسمنت بارتفاع ٤ م وطول ٤ كم غرب المدرج الجديد لتوزيع مياه السيول خلال قناة موازية للسد تؤدي إلى نفق عبور (بربخ) أسفل مدرج مساعد شمال المطار، ويتضمن النفق ٥ فتحات بإجمالي عرض ١٠ م وارتفاع ٢ م، وينتهي نظام التصريف بقناة اصطناعية (مخر) يبلغ عرضها ٦٠ م وطولها ٤٠٠ م، وتؤدي هذه القناة إلى أرض فضاء تقع شمال المطار؛ حيث تتجمع المياه وتتبخر أو تتسرب تلقائيًا إلى الأرض^(٢) شكل (٢-١٤).

(١) بلغت تكلفة التوسعات بمطار الغردقة نحو ثلاثة مليارات جنيه مصري وتضمنت بناء مبنى للركاب ومدرج وساحة وقوف، وذلك في عام ٢٠١٤ (الشركة المصرية للمطارات، ٢٠١٧).

(٢) مقابلة شخصية مع المهندس جمال فؤاد مدير عام الهندسة بمطار الغردقة الدولي، الشركة المصرية للمطارات، ٢٠١٩.



شكل (٢-١١٣) موقع مطار الغردقة بالنسبة للقنوات النشطة للسيول



شكل (٢-١٣ب) موقع مطار الغردقة بالنسبة للقنوات النشطة للسيول

ج- المطارات المتأثرة بالأخطار الناجمة عن الأراضي الرطبة (السبخات):

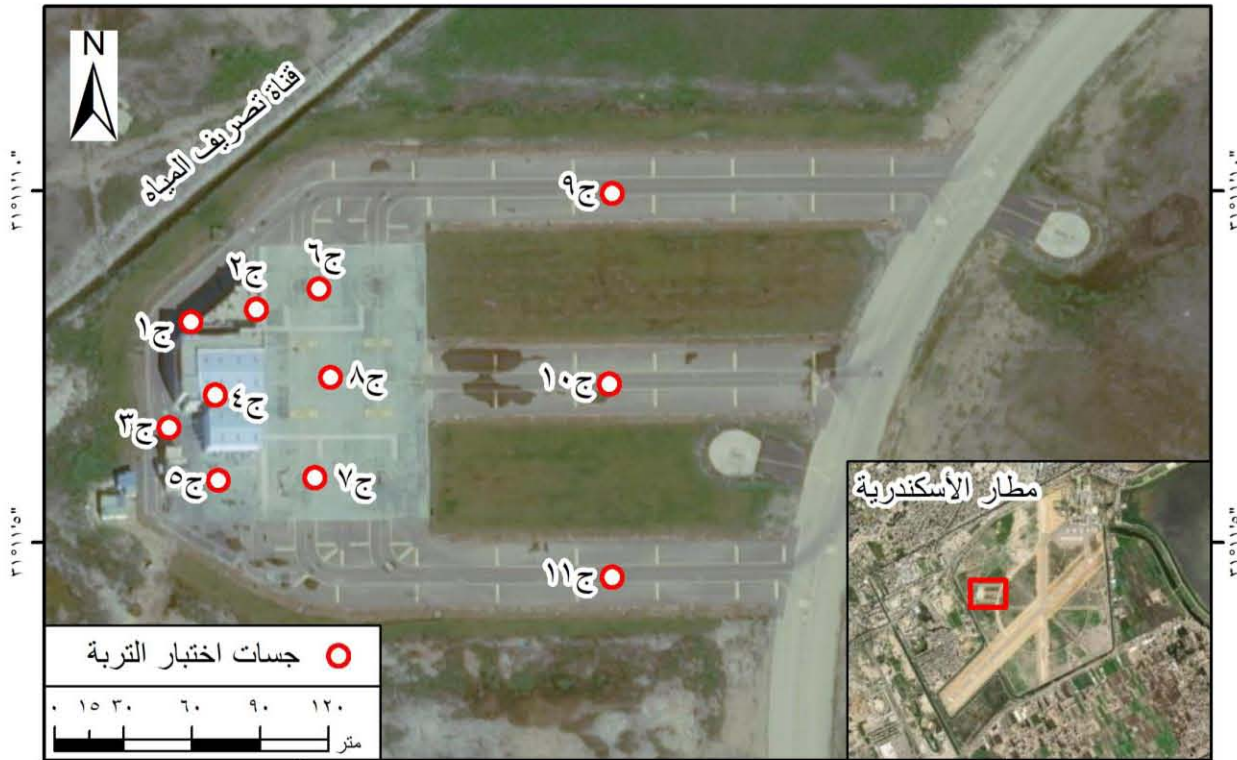
- مطار الأسكندرية:

يقع مطار الأسكندرية على أرضٍ سبخيةٍ شرق بحيرة مريوط، وقد قامت السلطات البريطانية باختيار هذا الموقع بعناية شديدة، إذ كان الهدف أن يستخدم المطار للطائرات التي تهبط على الماء، وكذلك للطائرات التي تهبط على اليابس، ونظرًا لأن التربة الموجودة في هذه المنطقة تربة سبخية، لذا كان لابد من معالجة هذه التربة السبخية؛ لذلك قام المهندسون البريطانيون بإحلال جزء من الطبقة السطحية للتربة وإنشاء نظام للصرف تحت المطار وحوله، وبهذا فإن المطار قد أنشئ آنذاك بتقنيات وبمواصفات جيدة.

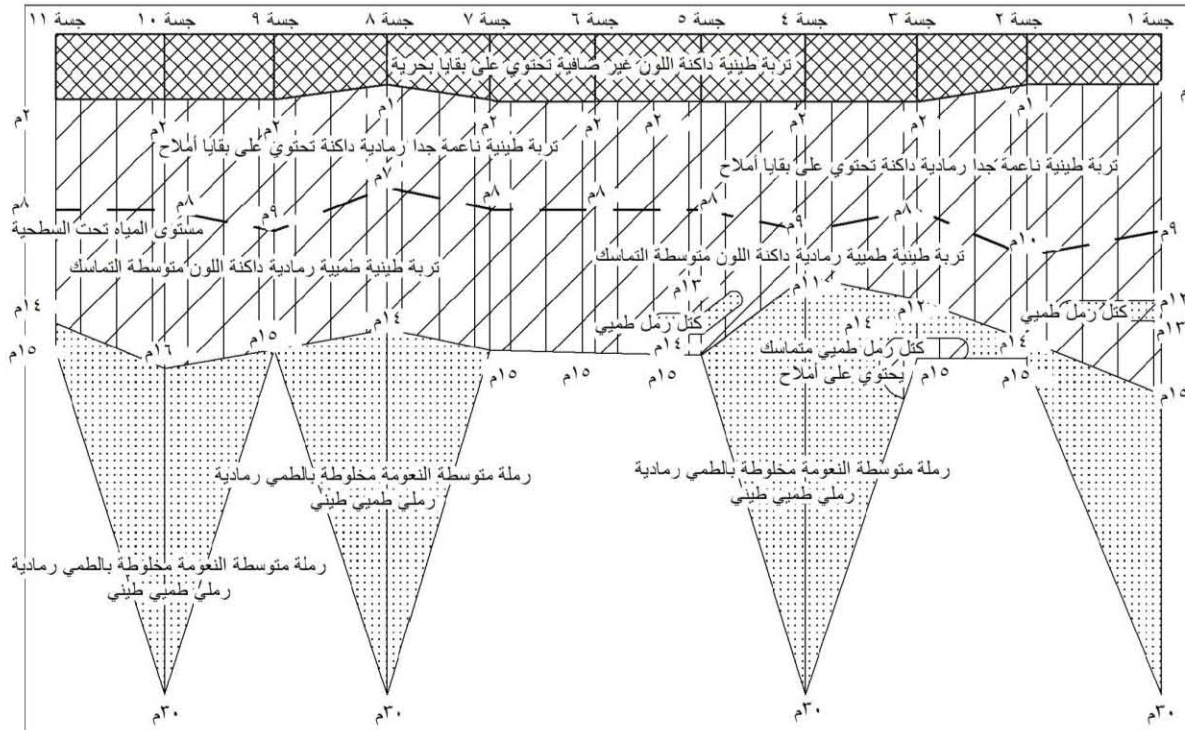
ويتضح من قراءة قطاع تربة حظيرة طائرات شركة خدمات البترول بعمق ٣٠ م شكل (٢-١٥ أ) شكل (٢-١٥ ب) أن تربة مطار الأسكندرية تتكون من ٣ طبقات رئيسية، تتألف أعماقها من الرمال متوسطة النعومة مخلوطة بالطمي، وتأخذ لونًا رماديًا، ويبلغ سمكها نحو ١٥ م، يعلوها طبقة طينية ناعمة جدًا رمادية داكنة تحتوي على بقايا أملاح، ويبلغ سمكها نحو ١٣ م، يعلوها الطبقة السطحية، وتتألف من طين داكن اللون، وتحتوي على بقايا بحرية، ويبلغ سمكها نحو ٢ م، كما يظهر القطاع (شكل ٢ - ١٥ ب) أن مستوى المياه الجوفية يوجد عند عمق ٧ - ١٠ م تقريبًا.

ويتعرض المطار للعديد من المشكلات المرتبطة بطبيعة التربة الموجودة أسفله، لذا حدث تدهور كبير لسطح أرض المطار، كما يحدث نشع مستمر للمياه^(١)، وأدى ذلك إلى قيام الشركة المصرية للمطارات للتعاقد على عدد من مشاريع التطوير مثل رصف المدرج ورفع كفاءتها في عام ٢٠١٣، أعقبه تطوير مباني الركاب في عام ٢٠١٥، ثم تطوير شبكة الصرف تحت سطح الأرض على عمق ٦٠ سم في عام ٢٠١٦؛ وذلك لمنع ارتفاع المياه الأرضية وتصريف مياه الأمطار. كما استخدمت تقنيات هندسية أخرى كالبناء بأساسات عميقة Deep foundation (ترتكز على خوازيق) بدلًا من الأساسات التقليدية السطحية Shallow foundation (الشركة المصرية للمطارات، ٢٠١١، ص ١٦).

(١) مقابلة شخصية مع المهندس مجدي جابر، مدير عام هندسة المطارات بالشركة المصرية للمطارات، ٢٠١٩.



شكل (٢-١١) موقع جسات اختبار التربة بمطار الإسكندرية



شكل (٢-١٥ب) الطبقات المكونة لتربة حظيرة طائرات شركة خدمات البترول بمطار الإسكندرية حتى عمق ٣٠ م

رابعاً: بعض الخصائص المناخية:

تعد عناصر المناخ ثاني أهم الضوابط الجيوبئية المحددة لموقع وتشغيل المطارات. فإذا كانت التضاريس تتحكم في تحديد موقع المطار قبل الإنشاء فإن بعض عناصر المناخ تتحكم فيه قبل وبعد الإنشاء. حيث تمثل اهتمام منظمة ICAO بالمناخ في تخصيص ملحق Annex كامل عن الأرصاد الجوية تحت اسم (Annex 3 — Meteorological Service for International Air Navigation) فضلاً عن الوثيقة Aerodrome Design Manual (Doc 9157) والوثيقة (9184) Airport Planning Manual والتي تناقش في أجزاء منها العوامل المناخية المؤثرة في توجيه وتحديد موقع مدارج الطائرات، وتنقسم نصوص ICAO حول المناخ إلى معايير واجبة التنفيذ قبل إنشاء المطار وأخرى واجبة التنفيذ بعد إنشاء المطار، وفيما يلي عرض لمعايير ICAO ودراسة تأثير بعض عناصر المناخ على نماذج من المطارات المصرية كمثال.

أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:

١- الرياح:

- قبل الإنشاء: تؤثر الرياح بشكل مباشر في توجيه المدرج؛ حيث يجب أن يتفق مع اتجاه الرياح السائدة، أيضاً تؤثر في تحديد العتبة (الاتجاه) المستخدم من المدرج (ICAO, Doc 9157 — Aerodrome Design Manual, Part 1, P 2-2, 2006)، كما يجب قبل بناء المدرج تحديد ما إذا كان سيتم استخدامه في كل الأحوال الجوية^(١) أم في ظروف جوية ذات رؤية جيدة، أيضاً يجب تحديد ساعات تشغيل المدرج سواء كان ٢٤ ساعة أو نهاراً فقط.

يستخدم المدرج في الظروف العادية بنسبة ٩٥% من تحركات الإقلاع والهبوط بالمطار، ويجب ألا تزيد سرعة الرياح المتعامدة cross-wind على المدرج عن ٣٧ كم/ساعة (٢٠ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها نحو ١٥٠٠ م وأكثر، و ٢٤ كم/ساعة (١٣ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها نحو ١٢٠٠ م وأقل من ١٥٠٠ م، و ١٩ كم/ساعة (١٠ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها أقل من ١٢٠٠ م. على أن يتم تجميع بيانات الرياح لمدة لا تقل عن ٥ سنوات بمعدل قياس يومي لا يقل عن ٨ مرات وبفاصل زمني ثابت — (ICAO, Doc 9184, 1987, Part 1, P 1-35, Airport Planning Manual)، وعند الإقرار بوجود رياح متعامدة على المدرج تتجاوز القيم المذكورة، عندها يتم عمل دراسة تُحدد فيها عدد الأيام وسرعات الرياح

(١) تنقسم ظروف تشغيل المدرج إلى (IMC) Instrument Meteorological Condition و (VMC) Visual Meteorological Condition حيث ترتبط الأولى بالطيران الذي يعتمد على المساعدات الملاحية وتكون فيه قيود الرؤية والبعد عن قاعدة السحاب أقل مما يتحدد في الثانية.

ومدى جدوى إنشاء مدرج يتفق مع اتجاه الرياح المتعامدة، إذ يتم وزن تكلفة إنشاء المدرج الجديد مقابل العائد الاقتصادي لتشغيله في الفترة الزمنية التي تهب فيها الرياح المتعامدة، فإن كان هناك جدوى يتم الإنشاء وإن لم يكن يتم غلق المدرج الأساسي في الفترات التي تهب فيها الرياح المتعامدة. وقد تم تحديد القيم سالفة الذكر لسرعات الرياح المتعامدة بناء على الظروف العادية للتشغيل؛ واتفقاً مع قاعدة "عدم ثبات العوامل الأخرى" هناك عدد من العوامل الأخرى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار والتي تؤثر بشكل مباشر على تخفيض هذه القيم منها انتشار وطبيعة هبات الهواء Gusts، انتشار وطبيعة اضطرابات الهواء Turbulence، مدى إتاحة مدرج آخر، عرض المدرج، حالة المدرج وقت الهبوط من حيث تأثره بالمياه أو الثلوج أو الطين أو الجليد — (ICAO, Doc 9157 — Aerodrome Design Manual, Part 1, P 2-2, 2006).

- بعد الإنشاء (التشغيل): تؤثر الرياح على التشغيل بتحديد عتبة المدرج (اتجاه المدرج) المستخدمة لإتمام عملية الهبوط^(١)، ويتم استخدام العتبة المقابلة حال انعكس اتجاه الرياح، وفي حالة هبوب الرياح باتجاه متقاطع مع محور امتداد المدرج cross-wind وزادت عن القيم المذكورة سابقاً يتم استخدام المدرج المتقاطع إن وجد أو يتم إرجاء الهبوط (الانتظار في الجوي) أو تحويل الطائرات إلى مطار آخر (المطار البديل) حتى يعتدل اتجاه الرياح.

وتعطى معلومات اتجاه الرياح وسرعتها لقائدي الطائرات القادمة/المغادرة عبر الموجات اللاسلكية أو عبر خدمة (Automatic terminal information service (ATIS)^(٢) ICAO, Annex 11 — Air traffic service, P 4-2, 2012)، وتتدخل سرعة الرياح كقيمة في كثير من المعادلات الحسابية الخاصة بتصميم إجراءات الهبوط الآلي Instrument approach وإجراءات الوصول القياسي (STAR) Standerd Arrival والمغادرة القياسية (SID) Standerd Departure.

٢- الحرارة:

- قبل الإنشاء: تؤثر درجة الحرارة على تحديد طول المدرج، فيجب زيادة الطول الأساسي Basic Length للمدرج بنسبة ٧% لكل ٣٠٠ م ارتفاع فوق متوسط منسوب سطح البحر، كما يجب إضافة

^(١) تهبط/تقلع الطائرات في اتجاه مواجهه(مقابل) لاتجاه الرياح Into Wind، وذلك للمساعدة في عملية الرفع Lift، بينما يساعد في كبح تقدم الطائرة أثناء الهبوط.

^(٢) هي خدمة مسجلة تبث عبر موجات الراديو مخصصة للطائرات القادمة/المغادرة تحتوي على معلومات مثل اسم المطار، الرياح (سرعة واتجاه)، درجة الحرارة، الضغط الجوي على سبيل المثال لا للحصر، وهي إحدى الوسائل لتخفيف العبء عن المراقب الجوي بتقليل طول فترة الاتصال اللاسلكي بالطائرات.

١% للطول لكل ١ درجة تزيد درجة حرارة المطار عن مستوى درجة الحرارة القياسي^(١) طبقاً لارتفاع المطار، وأدرجت الوثيقة جدول لقيم الحرارة القياسية — (ICAO, Doc 9157 (Aerodrome Design Manual, Part 1, P 3-3, 2006).

- بعد الإنشاء (التشغيل): تؤثر درجة الحرارة أيضاً في تشغيل المطار، فتدخل في كثير من المعادلات الحسابية الخاصة بتصميم إجراءات الهبوط الآلي Instrument approach وإجراءات الوصول والمغادرة، كذلك تؤثر على تفعيل بعض إجراءات الهبوط الآلي المتقدمة مثل إجراء Baro-VNAV^(٢) وفيها تحدد درجة حرارة معينة كقيمة (أقل وأعلى درجة حرارة سجلت بالمطار على مدى ٥ سنوات)، ويتوقف العمل بالإجراء حال انخفضت أو ارتفعت درجة حرارة المطار عن هذه القيمة، وتعد درجة الحرارة من المعلومات المهمة التي يجب توفيرها لقائدي الطائرات عند الهبوط وتبث عبر خدمة ATIS، وتؤثر درجة الحرارة أيضاً في طول المسافة اللازمة التي تقطعها الطائرة عند الإقلاع/الهبوط طبقاً لكثافة الهواء.

٣- الضغط الجوي:

أحد أهم عناصر المناخ المؤثرة في عملية الطيران فبناءً عليه يتم حساب ارتفاع مستوى الطيران ومستوى الطيران "Flight Altitude, Flight Level"، والفرق بين المصطلحين كبير؛ حيث يعبر المصطلح الأول عن ارتفاع مستوى الطيران مقاس من مستوى ضغط جوي قياسي مرجعي ١٠١٣,٢ هيكوبسكال كمستوى أساس، بينما يعبر المصطلح الثاني عن ارتفاع مستوى الطيران منسوب إلى قيمة الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، ومن خلال طرح قيمة الضغط الجوي عند المطار يتم معرفة ارتفاع الطائرة.

أدرجت منظمة ICAO ملحق رقم ٣ باسم Meteorological (ICAO, Annex 3 — Service for International Air Navigation, 2013) يتضمن المعلومات المناخية التي يتم رصدها بواسطة مكتب الأرصاد الجوية بكل مطار مثل VOLMET^(٣) و SIGMET

(١) تتغير قيم درجة الحرارة من مكان لآخر طبقاً لتغير العناصر المناخية الأخرى مثل الضغط والرطوبة، لذا توجب تحديد معيار دولي للغلاف الجوي International Standard Atmosphere مقاساً عند سطح البحر لتصبح قيمة قياسية وهي ١٥ درجة مئوية.

(٢) يعتمد هذا النوع من الإجراءات على القياس البارومتري للمسافات الرأسية (ارتفاع الطائرة عن الأرض)، حيث يتأثر طول عمود الهواء بدرجة الحرارة فينتشوه انضغاطاً عند درجات الحرارة المتدنية مما يعطي مسافات رأسية قريبة من الأرض تقرب الطائرة من العوائق فتصبح في مجال الخطر. أما بالنسبة لتشوه عمود الهواء تمدداً نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ما يعطي مسافات رأسية أعلى فتصبح الطائرة على ارتفاع أعلى من المفترض أن تكون عليه وبالتالي تزيد قيمة زاوية الانحدار للاقتراب النهائي عن الزاوية المسموح بها فتصبح في مجال الخطر.

(٣) معلومات الأرصاد الجوية للطائرات في الجو.

information^(١)، و information AIRMET^(٢)، و GAMET area forecast^(٣)، والسحب العادية والبركانية، والعواصف الرعدية والمدارية والترابية، والضباب، والشبورة المائية، والأمطار والجليد. ويؤثر ارتفاع قاعدة السحاب على الطيران بقواعد الطيران المرئي^(٤) Visual Flight Rules (VFR) وتحدد كل دولة في دليل الطيران الخاص بها شروط الطيران المرئي داخل حدود مجالها الجوي، في حين يحظر الطيران في أجواء السحب البركانية وتنتشر رسائل قصيرة (ASHTAM)^(٥) تتضمن ارتفاع ومناطق انتشار هذه السحب لتسهيل تجنبها، أيضًا يتم إصدار خرائط توضح مناطق انتشار العواصف الرعدية والمدارية.

٤ - العواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار والجليد:

ترتبط هذه العناصر بعلاقة مباشرة مع مستوى الرؤية سواء للطائرات الهابطة أو تقديم خدمة المراقبة الجوية؛ ويعتمد الطيار على الرؤية بالعين المجردة في المرحلة النهائية للهبوط (فاروق كامل عز الدين، ٢٠٠٥، ص ٦٥٨)، من ثم تعلن كل دولة تعليمات فنية محلية تشمل القواعد المتبعة عند تدهور الرؤية عن مستوى أفقي معين كتقليل معدل التشغيل أو غلق المطار، كما أن هناك تعليمات تتبعها كل شركة طيران في نفس الشأن، فعلى سبيل المثال يعلن مشغلو الحركة الجوية بمطار القاهرة أن في حالة تدهور الرؤية عن مسافة ٣٥٠م يتم غلق المدرج المستخدم، في حين تعلن شركة طيران ما أن في حالة تدهور الرؤية عن ٥٠٠م يجب عدم الهبوط وتحويل الوجهة إلى المطار البديل^(٦).

أما بالنسبة للأمطار والجليد فلا تتأثر الطائرات في الجو بكمية المياه الناتجة عن الأمطار كذلك هناك معدات إذابة الجليد حال تكون الجليد على جسم الطائرة، ويتمثل تأثير الجليد أو الأمطار على المطار في قدرة الطائرات على الحركة أو التوقف، وتصدر كل دولة تعليمات فنية خاصة بالتشغيل في هذا الشأن.

^(١) معلومات يصدرها مكتب مراقبة الأرصاد الجوية تتعلق بحدوث/احتمالية حدوث ظواهر جوية معينة تؤثر على سلامة عمليات الطائرات بالطرق الجوية.

^(٢) معلومات يصدرها مكتب مراقبة الأرصاد الجوية تتعلق بحدوث/احتمالية حدوث ظواهر جوية معينة تؤثر على سلامة عمليات الطائرات ذات المستوى المنخفض داخل حدود الطرق الجوية والتي لم تدرج بالفعل في التنبؤات الصادرة للرحلات الجوية منخفضة المستوى داخل حدود إقليم معلومات الطيران أو منطقة فرعية منه.

^(٣) رسالة يعدها مكتب الأرصاد الجوية تتضمن التوقعات المناخية بلغة مختصرة للرحلات الجوية منخفضة المستوى لإقليم معلومات الطيران أو منطقة فرعية منه، ويبادلها مع مكاتب الأرصاد الجوية في أقاليم معلومات الطيران المتاخمة، على النحو المتفق عليه بين سلطات الأرصاد الجوية المعنية.

^(٤) الطيران باستخدام العين المجردة وعدم الاعتماد على أية أجهزة ملاحية.

^(٥) عبارة عن رسالة قصيرة تتضمن معلومات عن موقع وامتداد ومعدل تحرك السحب البركانية والطرق الجوية والارتفاعات المتأثرة، وأقصى مده لصلاحية الرسالة ٢٤ ساعة، ويجب تعديل الرسالة حال تغير الوضع في أي وقت.

^(٦) تعتمد شركات الطيران قيم أكبر من تلك التي أعلنتها الدول أخذة بمدى الحيلة وإعلاء شروط الأمان.

وتعلن كل دولة في القسم الخاص بتنبؤات الأرصاد الجوية بالقسم العام من دليل الطيران قائمة بأسماء محطات الأرصاد لديها، وكذلك بيان بأنواع التقارير التي تصدرها وساعات تشغيلها وغيرها من البيانات المهمة، كما تقوم بنشر قائمة لمواقع محددة الإحداثيات بشبكة الطرق الجوية لاستقبال تقارير الطيارين عن الأرصاد الجوية.

ب- تأثير بعض عناصر المناخ على بعض المطارات المصرية:

١- الرياح:

ينضم إلى الرياح عدد من العوامل مثل الكود المرجعي للمدرج/المطار، وكود الطائرات العاملة، وسرعة الرياح المتقاطعة مع محور امتداد المدرج، وكذلك التضاريس والظروف البيئية، ومن ثم تؤثر هذه العوامل في توجيه المدرج، لذا يلاحظ أن بعض المدرجات ببعض المطارات لا يتطابق محورها مع اتجاه الرياح السائدة، وفيما يلي عرض لمطاري القاهرة والغردقة كمطارات يتطابق امتداد محور مدرجها مع اتجاه الرياح السائدة، شكل (٢-١٦أ) شكل ((٢-١٦ب)). ومطاري شرم الشيخ وبورسعيد مطارات لا يتطابق امتداد محور مدرجها مع اتجاه الرياح السائدة شكل (٢-١٧أ) شكل ((٢-١٧ب)).

- مطارا القاهرة والغردقة:

مطار القاهرة: يتضح من قراءة وتحليل شكل (٢-١٦أ) أن المطار يحتوي على ٣ مدارج متوازية تمتد في محور شمالي - شرقي جنوبي - غربي متوافقة مع الاتجاه السائد للرياح معظم فصول السنة؛ حيث تسود الرياح الشمالية الشرقية في الاعتدالين، بينما تسود الرياح الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية في فصل الشتاء، بينما تكون الرياح متعامدة نسبياً على محور امتداد المدرج في فصل الصيف؛ حيث تهب من اتجاهي الشمال والشمال الشرقي. وقد أدى اختلاف اتجاه هبوب الرياح إلى اختلاف الجهة (عتبة المدرج) المستخدمة لهبوط الطائرات^(١) حيث يتم استخدام الجهة (عتبة المدرج) الجنوبية الغربية في الاعتدالين والصيف، وتستخدم كلتا الجهتين (العتبتين) في الشتاء، ويبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح نحو ٣٧ كم/ساعة (٢٠ عقدة) وهي سرعة معتدلة، في حين تتراوح سرعة الرياح المتعامدة بين ٢٠-٣٠ كم/ساعة (١١-١٦ عقدة) وهي بذلك لا تشكل أي تأثير على حركة التشغيل (محمود عبد الفتاح محمود، ٢٠١٠، ص ص ١٤٩-١٦١).

مطار الغردقة: يتضح من قراءة وتحليل شكل (٢-١٦ب) أن المطار يحتوي على مدرجين متوازيين وممتدين في محور شمالي غربي - جنوبي شرقي، ومتفقين مع اتجاه الرياح الشمالية الغربية السائد

(١) تهبط الطائرات في اتجاه معاكس لاتجاه هبوب الرياح.

طوال العام. الأمر الذي أدى إلى استخدام الجهة (العتبة) الجنوبية الغربية للهبوط والإقلاع معظم شهور السنة. وتعد سرعة الرياح بالمطار سرعة معتدلة حيث بلغ المعدل السنوي نحو ١٨ كم/ساعة (١٠ عقدة) (فاطمة محمد محمود شعبان، ٢٠٠٩، ص ٨٦).

- مطار شرم الشيخ وبورسعيد:

مطار شرم الشيخ: يتضح من قراءة وتحليل شكل (٢-١١٧) أن المطار يحتوي على مدرجين متوازيين وممتدين في محور شمالي شرقي - جنوبي غربي. ويتفق اتجاه المدرج مع اتجاه الرياح السائدة في فصلي الشتاء والخريف، في حين تهب الرياح الشمالية الغربية متعامدة على المدرج في فصلي الربيع والصيف، وتبلغ سرعة الرياح بالمطار نحو ١٣ كم/ساعة (٧ عقدة) ما أدى إلى إتاحة فرصة هبوط/إقلاع الطائرات دون قيد من الاتجاهين. فعلى الرغم من ذلك فإن الأفضلية في التشغيل تكون من نصيب الجهة (العتبة) الجنوبية الغربية لكثير من الأسباب من أهمها أن يكون الهبوط من خلال البحر بعيداً عن العوائق الطبيعية والبشرية.

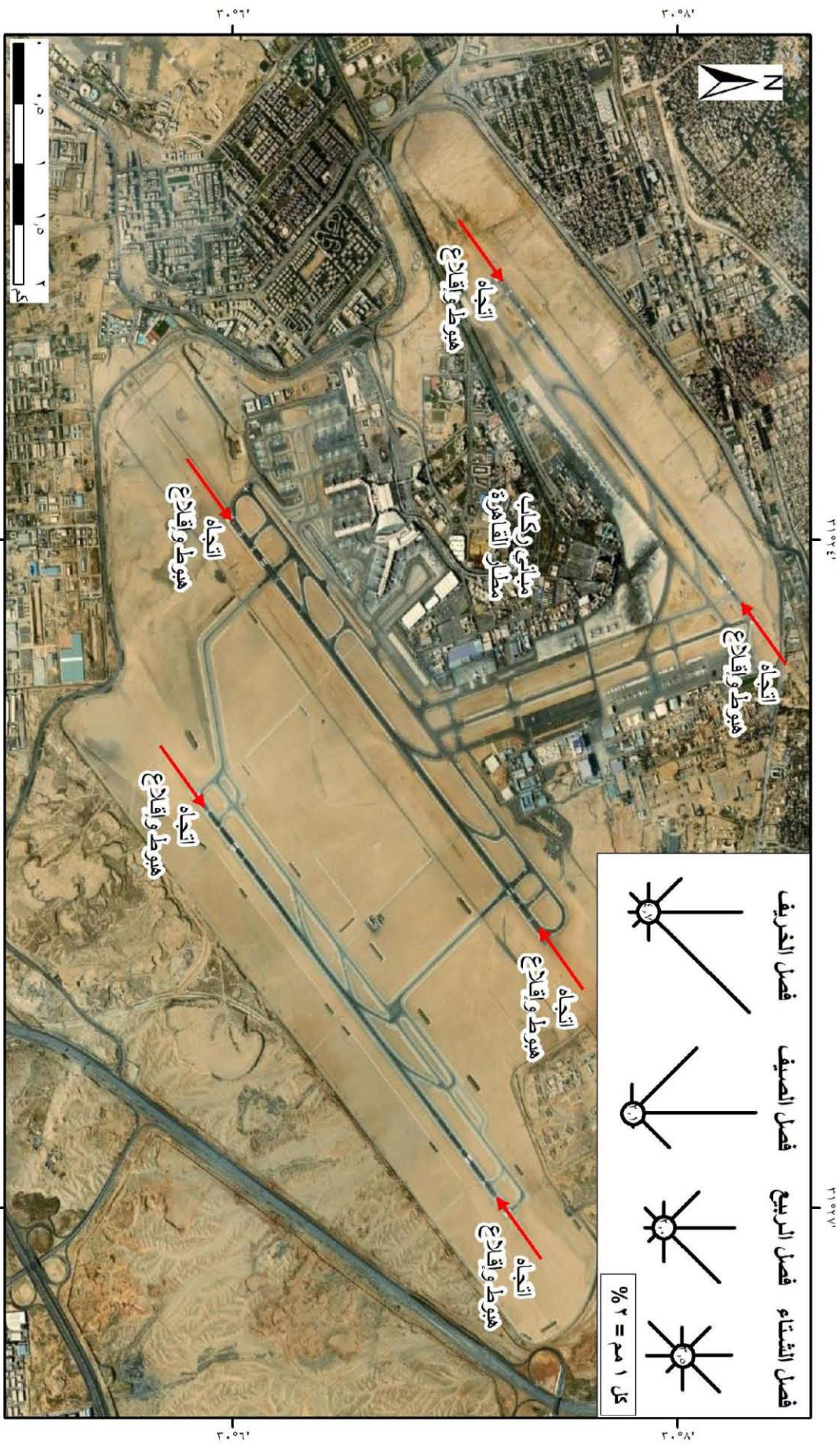
مطار بورسعيد: يتضح من قراءة وتحليل شكل (٢-١٧ب) أن المطار يحتوي على مدرج واحد يمتد تقريباً في محور شرقي - غربي متعامداً على اتجاه الرياح الشمالية الغربية السائدة في الصيف والإعتدالين، في حين تسود الرياح الجنوبية الغربية في الشتاء، وتتراوح سرعة الرياح بشكل عام بين ٢٠ - ٣٠ كم/ساعة (١١ - ١٦ عقدة) وهي رغم تعامدها على المدرج إلا أنها لا تشكل أي تأثير سلبي على حركة التشغيل إذا لم تتخطى القيم التي نصت عليها منظمة ICAO.

- ٢- الحرارة والضغط الجوي:

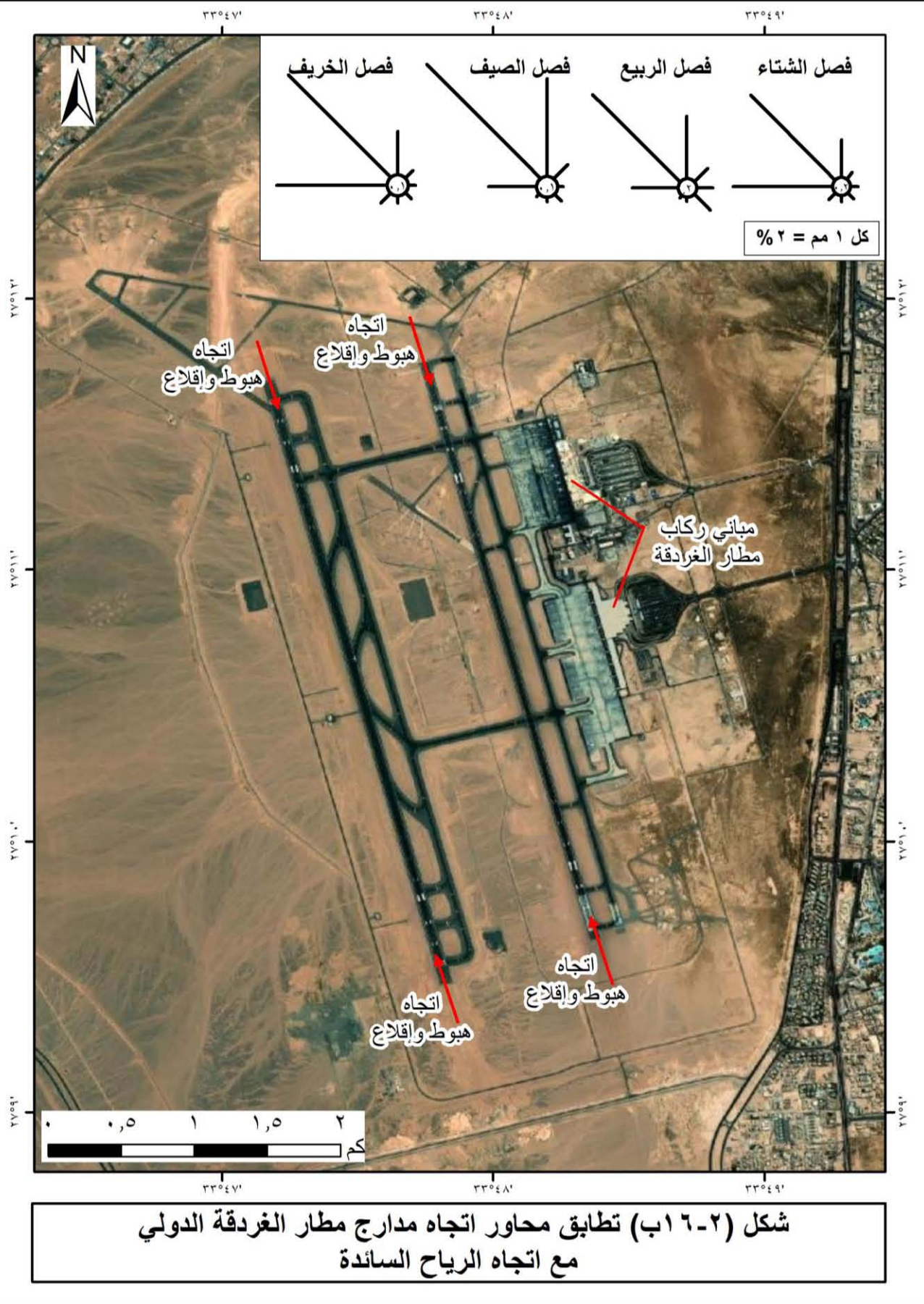
- مطار شرم الشيخ والغردقة:

يتحد عنصرا المناخ (الحرارة والضغط الجوي) ليمثلا أحد ضوابط تشغيل المطارات، حيث يتأثر تشغيل مطاري شرم الشيخ والغردقة حين يتم استخدام أحد إجراءات الهبوط الآلي المسمى Baro-VNAV^(١) والذي يعتمد بدرجة كبيرة على قياس قيم درجة الحرارة والضغط الجوي التي تؤثر بدورها على قراءة قيم ارتفاع الطائرة.

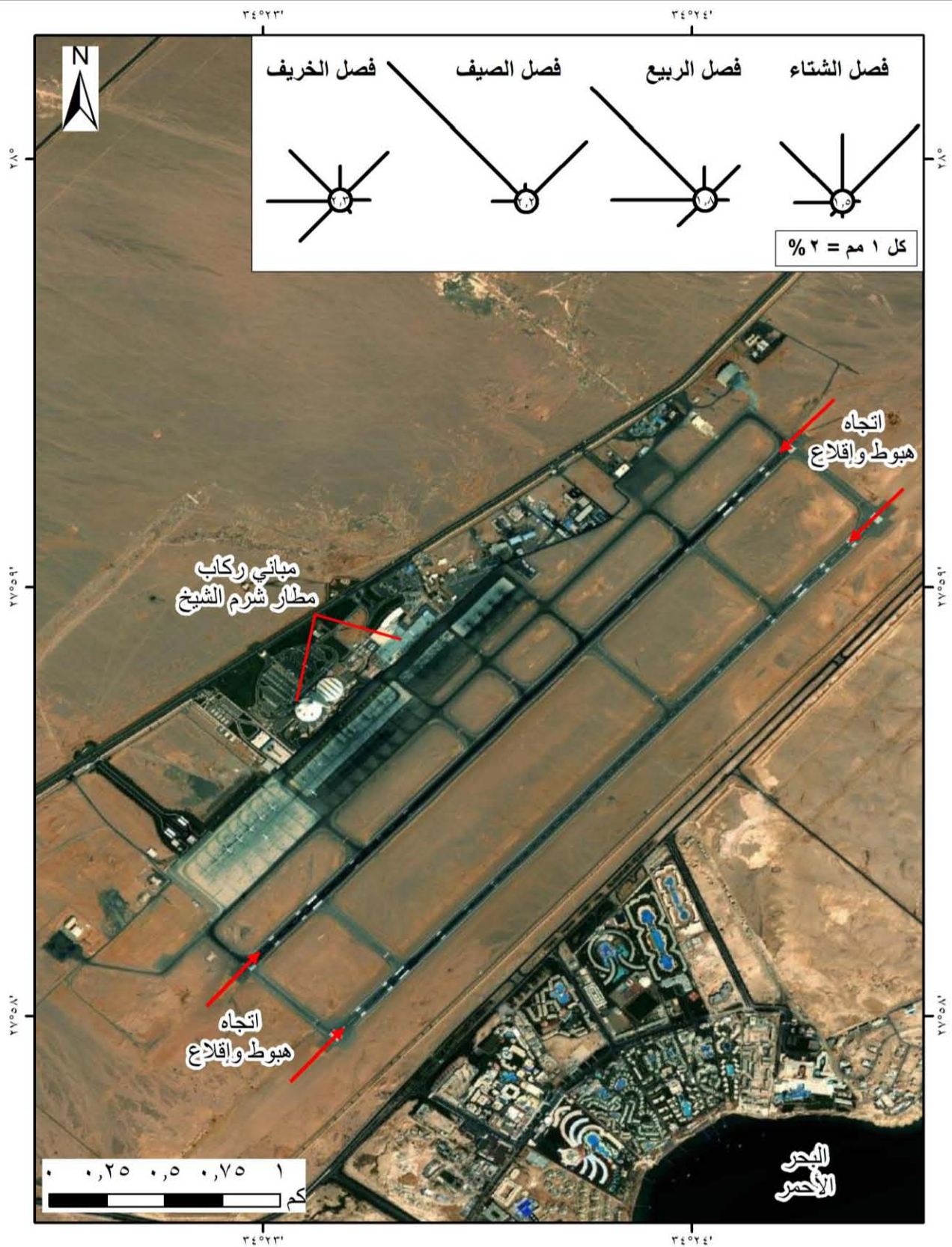
(١) يعتمد هذا النوع من الإجراءات على القياس البارومتري للمسافات الرأسية (ارتفاع الطائرة عن الأرض)، حيث يتأثر طول عمود الهواء بدرجة الحرارة فينتشوه انضغاطاً عند درجات الحرارة المتدنية مما يعطي مسافات رأسية قريبة من الأرض تقرب الطائرة من العوائق فتصبح في مجال الخطر. أما بالنسبة لتشوه عمود الهواء تمدداً نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ما يعطي مسافات رأسية أعلى فتصبح الطائرة على ارتفاع أعلى من المفترض أن تكون عليه وبالتالي تزيد قيمة زاوية الانحدار للاقتراب النهائي عن الزاوية المسموح بها فتصبح في مجال الخطر. وسيتم تصميم هذا النوع من الإجراءات للسبع مطارات المصرية الرئيسية (القاهرة، برج العرب، شرم الشيخ، الغردقة، الأقصر، أسوان، مرسى علم).



شكل (٢-١) تطابق محاور اتجاه مدارج مطار القاهرة الدولي مع اتجاه الرياح السائدة



المصدر: إعداد الطالب إعتدالاً على بيانات المعدلات الفصلية لمحطات منطقة الدراسة بين عامي ١٩٧٤-٢٠٠٣، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.



شكل (٢-١٧) عدم تطابق محاور اتجاه مدارج مطار شرم الشيخ الدولي مع اتجاه الرياح السائدة

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات المعدلات الفصلية لمحطات منطقة الدراسة بين عامي ١٩٧٤-٢٠٠٣، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

٣- بعض الظواهر المناخية المؤثرة على تشغيل المطارات:

هناك عدد من الظواهر المناخية التي تؤثر على تشغيل المطارات مثل الضباب والعواصف الرعدية أو الترابية أو المطر. وفيما يلي قراءة لجدول (٢-١) الذي يعرض عدد الأيام التي سجلت تلك الظواهر بمحطة أرصاد مطار القاهرة على النحو التالي:

جدول (٢-١) عدد أيام حدوث بعض الظواهر المناخية بمحطة أرصاد مطار القاهرة الدولي (٢٠٠٦ - ٢٠٢٠)

السنة	ضباب	عواصف	مطر
٢٠٠٦	١٠	٠	١٧
٢٠٠٧	٧	٣	١٧
٢٠٠٨	٣	١	١٩
٢٠٠٩	١٠	١	١٠
٢٠١٠	١٥	١	١٢
٢٠١١	٥	١	١٢
٢٠١٢	٣	٠	١٠
٢٠١٣	١١	١	١٣
٢٠١٤	١٥	٠	١٣
٢٠١٥	٣	٠	١٧
٢٠١٦	٦	١	١٧
٢٠١٧	٩	١	١١
٢٠١٨	٥	٥	٢١
٢٠١٩	٦	٣	١٥
٢٠٢٠	٨	٤	١٧

المصدر: بيانات محطة أرصاد مطار القاهرة ٢٠٢٠، - <https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html>

- الضباب:

يؤثر حدوث ظاهرة الضباب بشكل مباشر على تدهور الرؤية الأفقية ما يؤدي إلى إعاقة العمليات الملاحية بالمطارات، من ثم حددت وزارة الطيران المدني المصرية حدود دنيا لمدى الرؤية الأفقية بالمطارات المصرية، فعلى سبيل المثال يتراوح الحد الأدنى للرؤية الأفقية بمطار القاهرة بين

٣٠٠م و ٢٧٠٠م، وتحدد هذه القيمة طبقاً لحجم الطائرات ونوع الإجراء الملاحي المستخدم للهبوط (دليل الطيران المصري، ٢٠٢٠، ص مطارات ٢- القاهرة-٩).

ويتضح من خلال قراءة جدول (١-٢) أن متوسط عدد أيام الضباب الذي سجلته محطة أرصاد مطار القاهرة في الفترة بين عامي ٢٠٠٦ إلى عام ٢٠٢٠ نحو ٨ أيام. ويعد عامي ٢٠١٠ و ٢٠١٤ أكثر الأعوام تسجيلاً لأيام الضباب بعدد أيام بلغ ١٥ يوماً. بينما تعد أعوام ٢٠٠٨، ٢٠١٢، ٢٠١٥ أقل الأعوام تسجيلاً لأيام الضباب بعدد أيام بلغ ٣ أيام.

يمثل عام ٢٠١٤ تحديداً في الفترة بين يومي ٥ و ٦ ديسمبر أحد الفترات الزمنية التي سجلت حدوث ظاهرة الضباب، حيث تكون الضباب الكثيف من ساحل الدلتا حتى القاهرة والجيزة ما أدى غلق عدد من المطارات من بينها مطار القاهرة، حيث بلغ متوسط الرؤية الأفقية بالمطار ٦٧١م (سامية علي علي مبروك، ٢٠١٥، ص ٢٦١).

كما سجل عام ٢٠٢٠ تحديداً في الساعات المبكرة ليوم ٣٠ ديسمبر تكون الضباب الكثيف الذي أدى إلى تدهور الرؤية الأفقية إلى مستوى أقل من ٥٠م الأمر الذي أدى إلى تعليق العمليات الملاحية من هبوط وإقلاع بالمطار حتى الساعة ١٢ ظهراً^(١).

- العواصف الرعدية والترابية:

يتضح من جدول (١-٢) أن عدد الأيام العاصفة بمطار القاهرة قليله للغاية حيث سجلت ٢٢ يوماً في الفتره بين عامي ٢٠٠٦ و ٢٠٢٠ أي بمتوسط سنوي بلغ نحو يومان. ويمثل خطر العواصف الترابية في تدنى مستوى الرؤية الأفقية التي تعوق عمليتي الإقلاع والهبوط، ولعل أبرز الأمثلة يتمثل في عاصفة يوم ٢٥ مارس ٢٠١٣، حيث سادت رياح جنوبية غربية أثرت على معظم مطارات مصر وأدت إلى انخفاض الرؤية الأفقية إلى ٢٦٣م، ما أدى إلى غلق المطار وتحويل ٥ رحلات قادمة إلى مطار القاهرة، وبلغت الخسائر نحو نصف مليون جنيه مصري (سامية علي علي مبروك، ٢٠١٥، ص ٢٤٣).

- الأمطار:

تقوم الشركات المصنعة للطائرات باختبار الطائرات في ظروف تحاكي المطر الشديد لذا لا ضرر منه على الطائرات في الجو. ويكمن الخطر عند هبوط الطائرة وهنا يتضح الاختبار الحقيقي لكفاءة نظام التوقف مع مدرج مبتل.

(١) مقابلة مع رئيس نوبة التشغيل ببرج المراقبة بمطار القاهرة عام ٢٠٢٠.

يتضح من جدول (٢-١) أن عام ٢٠١٨ أكثر الأعوام تسجيلًا للأيام المطيرة بعدد أيام بلغ ٢١ يومًا، بينما عامي ٢٠٠٩ و ٢٠١٢ أقل الأعوام تسجيلًا للأيام المطيرة بعدد أيام بلغ ١٠ أيام. فعلى سبيل المثال يتم في مطار القاهرة تقليل معدل استقبال الطائرات من خلال التنسيق بين وحدات الاقتراب وبرج المراقبة والخدمات الأرضية^(١).

خامسًا: بعض الخصائص البيئية:

عقدت منظمة ICAO عدد من الاجتماعات في الفترة من عام ١٩٦٦ - ١٩٧٢ بهدف التقليل من الضوضاء الناتجة عن أنشطة الطيران المدني الأمر الذي يتفاقم خطره بمرور الوقت (ICAO, Annex 16 — Environmental Protection, Vol 1, Pxi, 2014). كما أصدرت المنظمة في عام ١٩٧٧ نشرة رقم ١٣٤ باسم التحكم في انبعاثات محركات الطائرات Control of Aircraft Engine Emissions تضمنت مواد إرشادية في شكل إجراءات لإصدار شهادات مراقبة الوقود المنبعث والدخان وبعض الانبعاثات الغازية للمحركات النفاثة الجديدة والمحركات المروحية المخصصة للدفع بسرعات دون سرعة الصوت (ICAO, Annex 16 — Environmental Protection, Vol 2, Pxi, 2008).

وتمثل حركة الطيور خطرًا كبيرًا على حركة الطيران، ولذا أصدرت منظمة ICAO الوثيقة ٩١٣٧ بهدف تزويد موظفي المطارات بالمعلومات اللازمة لتطوير وتنفيذ منظومة فعالة لمراقبة الطيور/الحياة البرية حول المطار، بالإضافة إلى مواد تتناول أسباب تواجد الطيور/الحياة البرية في المطار، فضلًا عن تنظيم وتشكيل لجنة وطنية لمكافحة المخاطر المحتملة من الطيور/الحياة البرية على عمليات الطيران، والتعديلات التي يتعين إجراؤها في المطار لإزالة مسببات جذب الطيور/الحياة البرية.

أ- معايير المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO:

١- الضوضاء وانبعاثات الغازات الدفيئة:

وضعت منظمة ICAO بعض القواعد الإرشادية لمستوى الضوضاء، كما أعطت للدول الحرية في وضع حدودًا تبعًا لما يتمشى مع ظروفها وقوانينها البيئية. فعلى سبيل المثال:

(١) مقابلة مع رئيس نوبة التشغيل ببرج المراقبة بمطار القاهرة عام ٢٠١٧.

- يجب ألا يزيد مجموع مستوى الضوضاء على ٤ EPNdB^(١)، في حين يجب ألا تزيد عند أي نقطة على ٣ EPNdB (ICAO, Annex 16 — Environmental Protection, Vol 1, Item 2-5, 2014).

- يجب إجراء تقييم بيئي يأخذ في الحسبان المناطق المأهولة والهادئة ومواقع المدارس والمستشفيات والمنتجعات السياحية والترفيهية والمناطق ذات القيمة الإيكولوجية أو التاريخية الخاصة والمناطق الساحلية.

- يجب إجراء تقييم بيئي حال إدراج تعديل على مسارات مغادرة الطائرات أو إعادة تصنيف الفضاء الجوي أو تغيير في البنية التحتية للمطار أو في أوقات تدرج الطائرات في المطار (ICAO, Doc 10031, Item 2.1.4, 2014).

- حددت منظمة ICAO عدد من المعايير البيئية وأساليب التقييم للمؤثرات الناتجة عن التشغيل مثل الضوضاء وجودة الهواء واستهلاك الوقود وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (ICAO, Doc 10031, Item 2.4, 2014).

- دعت منظمة ICAO الدول لعمل خطط للإدارة والتحكم في مقدار التلوث الضوضائي والهوائي في محيط المطارات، بحيث تتضمن هذه الخطط إحصائية بتعداد السكان المتأثرين بالتلوث بنوعيه، وكذلك قيود على استخدام الأرض، وملاحظة أي مؤشرات بيئية سلبية في نطاق محدد حول محيط المطار (ICAO, Doc 9829, Item 3.7, 2014).

- حثت منظمة ICAO الدول لتفعيل دور مخططات المدن Master Plan، والاهتمام بالاستخدام الجيد للأرض من خلال تجنب إنشاء التجمعات السكنية والمدارس والمستشفيات في حدود مجال ضجيج المطار، وكذلك ضرورة وضع مستشعرات بيئية حول المطارات القائمة بالفعل لدراسة مدى تأثيرها على البيئة المحيطة، ودراسة مدى جدوى إعادة تخطيط استخدام الأرض (ICAO, Doc 9829, Item 5.1, 2014).

ومن ثم تبنت الحكومة المصرية تشريعات تخضع لنصوص قانون البيئة المصري ولائحته التنفيذية؛ حيث تتواءم التشريعات البيئية بما ورد بالبواب الثاني من قانون البيئة المصري ولائحته

^(١) مستوى الضوضاء المؤثر بالديسيبل Effective Perceived Noise level in decibels وهو مقياس حدة/ارتفاع/ازعاج الصوت منسوب لحدث المرور الفردي للطائرة. ويقدر بشكل منفصل لكل مرحلة من مراحل الإقلاع والهبوط والهبوط، ويُمثل المجموع المتكامل لعلو الصوت خلال الفترة التي تكون فيها الضوضاء الصادرة عن الطائرة في حدود ١٠ ديسيبل من الضوضاء القصوى (عادة عند نقطة الاقتراب الأقرب) (ICAO, Annex 16 — Environmental Protection, Vol 1, Item 2-5, 2014).

التنفيذية وملحقها أرقام ٥ و ٦ تحت مسمى "حماية البيئة الهوائية من التلوث" (قانون البيئة المصري رقم ٤ لعام ١٩٩٤ وقانون رقم ٩ لعام ٢٠٠٩).

ورد ذكر المنشآت المتعلقة بالنشاط الجوي (الطيران المدني) في نصوص قانون البيئة ولائحته التنفيذية مرة واحدة في الملحق رقم ٢ للمادة ١٠ من الباب الأول بقانون البيئة المصري، والتي تلزم الجهات الإدارية المختصة أو الجهات المانحة للترخيص أن تقوم بتقييم التأثير البيئي للمنشأة المطلوب الترخيص لها، أو المزمع إنشاؤها وفقا للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس والمعايير الاسترشادية للأحمال النوعية للتلوث التي يصدرها جهاز شئون البيئة بالاتفاق مع الجهة الإدارية المختصة، ويجب أن يشمل التقييم على بيان كافة عناصر نظام الرصد الذاتي للمنشأة وأحمال التلوث المطلوب الترخيص بها، وعلي جهاز شئون البيئة مراجعة ذلك كلما لزم الأمر (قانون البيئة رقم ٤ لعام ١٩٩٤).

وترى الدراسة الحالية أن هناك قصورا في القانون إذ تعد منشآت الطيران المدني منشآت ذات طبيعة خاصة ولا يمكن تطبيق ملاحق اللائحة التنفيذية لقانون البيئة أرقام ٥ و ٦ ويجب إدراجها بالاسم في نص القانون واللائحة التنفيذية طبقا للحالة والطبيعة الخاصة التي تمثلها منشآت الطيران المدني.

٢- الطيور/الحياة البرية:

أما ما يتعلق بالحياة البرية خاصة تجمعات ومسارات الطيور المتوطنة منها والمهاجرة فقد أدرجتها ICAO كجزء من الفصل التاسع من الملحق رقم ١٤ تحت مسمى تخفيض خطر الحياة البرية Wildlife strike hazard reduction، على أن يتم وضع إجراءات وطنية لتسجيل هجوم عناصر الحياة البرية على الطائرات، وتجميع هذه البيانات عبر استمارات محددة الهيئة وتحليلها، وترسل كتقارير إلى منظمة ICAO ليتم تخزينها في قاعدة بيانات خاصة بذلك تسمى ICAO Bird Strike Information System (IBIS) database، وتوضح الوثيقة (Doc 9332) المعلومات الخاصة بذلك. كذلك تحت ICAO على اتخاذ إجراءات من شأنها تقليل تقاطع أنشطة الحياة البرية والطائرات ويوضح الجزء الثالث من الوثيقة (Doc 9137) ما يتعلق بهذا الشأن. وأخيرا يجب على السلطات المختصة اتخاذ إجراءات تؤول لمنع إنشاء مقالب القمامة أو أي مصدر آخر يجذب الحياة البرية إلى المطار، وفي الحالات التي لا يمكن فيها إزالة المواقع القائمة يتعين على السلطة المختصة أن تكفل تقييم أي خطر على الطائرات التي تشكلها هذه المواقع وتخفيضه إلى أدنى مستوى ممكن عمليا (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Vol 1, P9-11, 2016).

وتعد تجمعات الطيور من المعلومات المهمة التي يجب تحضيرها لمشغلي الرحلات قبل الرحلة، كذلك يجب الاهتمام باستلام تقارير الطيارين عن تجمعات الطيور بعد الرحلات إن وجدت، فضلاً عن أنه يجب توضيح المناطق ذات الحساسية البيئية ومناطق تجمع الطيور ومسارات هجرتها على خرائط مناسبة تدرج في دليل الطيران في الفقرة رقم ENR 5.6 فضلاً عن إنتاج خرائط خاصة لتجمعات الطيور بمحيط المطارات (ICAO, Annex 15 — AIS, PP 8-1, 8-2, APP 1- (28 and APP 1-39, 2014).

ب- مطار برج العرب كنموذج لمطار صديق للبيئة ومطار طابا كنموذج للحياة البرية:

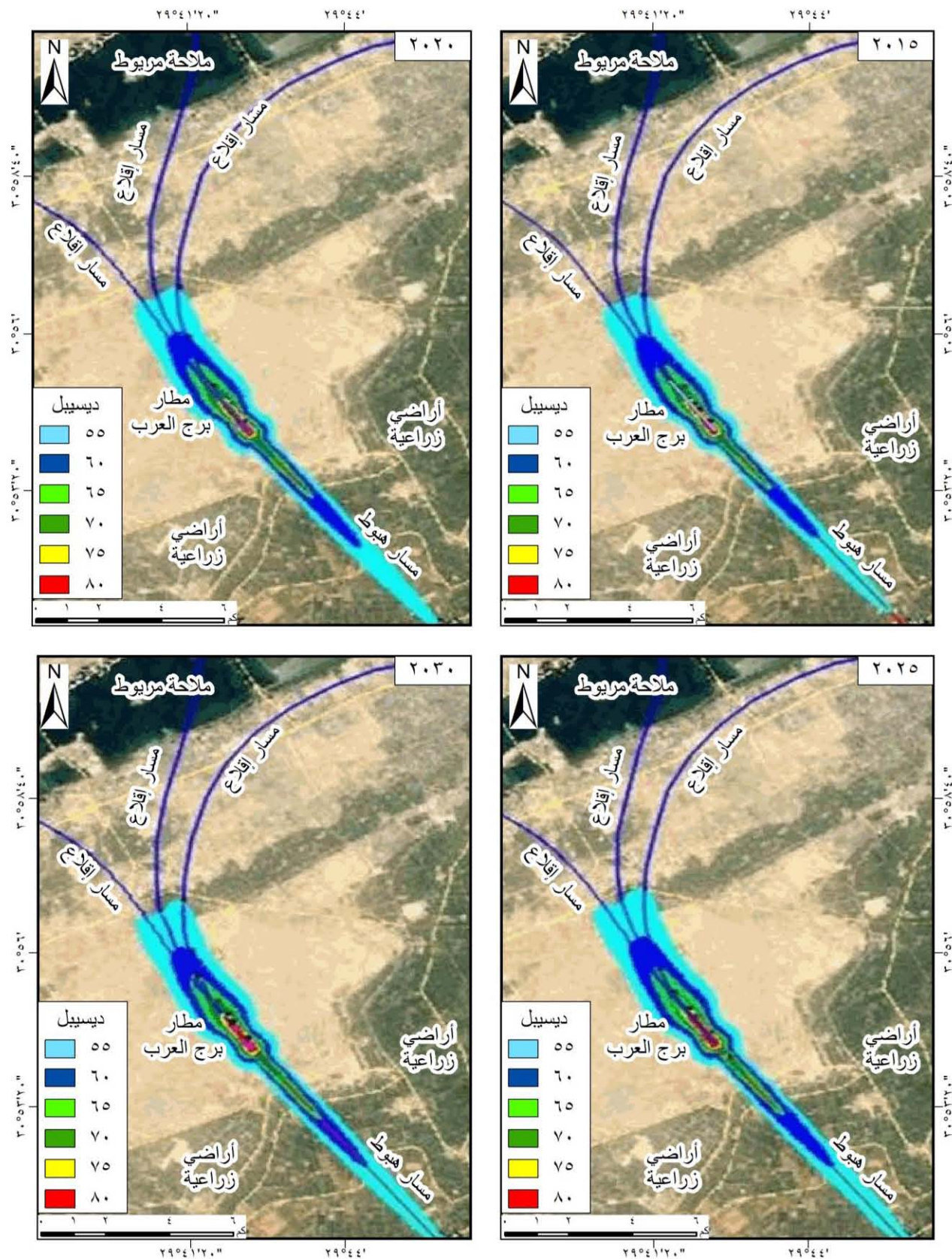
١- مطار برج العرب:

صُمم مبنى الركاب عام ٢٠٠٩ ليستوعب مليون راكب/السنة، ومع ازدياد أعداد الركاب بدأت الحكومة المصرية عام ٢٠١٤ في مشروع تطوير مطار برج العرب الدولي، وبدأ المشروع بتمويل من بنك اليابان للتعاون الدولي (JBIC)، وأشارت الجهة الممولة لضرورة تنفيذ دراسة لتقييم الأثر البيئي والاجتماعي للمشروع قبل البدء في التنفيذ، وتولت وكالة اليابان للتعاون الدولي JICA مهام تنفيذ المشروع، وتمثل الهدف الرئيسي لدراسة تقييم الأثر البيئي للمشروع في اختبار البيئة الحيوية والاجتماعية والثقافية في المنطقة المحيطة بالمطار للتأكد من عدم تضررها من المشروع.

- الضوضاء:

تمت دراسة الضوضاء لقياس وتحديد المناطق المتضررة في المطار، وأجريت قياسات الضوضاء في حوالي ٤٤ نقطة تقع في المناطق المحيطة بمنطقة المشروع. وباستخدام نموذج الضوضاء المتكامل Integrated noise model 6,0، تم استخلاص القيم المتوقعة لسنوات ٢٠١٥ و ٢٠٢٠ و ٢٠٢٥ و ٢٠٣٠.

وأشار التنبؤ بالضوضاء في عام ٢٠١٥ شكل (٢-١٨) - والتي سجلت هذه التنبؤات باستخدام آلية قياس Day/Night Average Noise Level (DNL) و WPCNL - إلى أنه لا توجد آثار سلبية ناجمة عن الضوضاء الناتجة عن تشغيل مبنى ركاب ومدرج جديدين. فضلاً عن أن مستوى الضجيج المتوقع على المناطق المجاورة حول المطار في عام ٢٠١٥ ضمن الحدود المسموح بها للضجيج. وبحلول عام ٢٠٢٥ قد يزداد مستوى الضوضاء في نطاق محدود من المناطق الزراعية المجاورة إلى ٦٠ ديسيبل وهو مستوى مناسب لا يؤدي إلى إزعاج القائمين على النشاط الزراعي حول المطار.



شكل (٢-١٨) انتشار الضوضاء بمطار برج العرب الدولي

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات الشركة المصرية للمطارات، ٢٠١٩

- انبعاثات الغازات الدفيئة:

يتضح من قراءة شكل (٢-١٩) الذي يعرض القيم المتوقعة لتشتت غازات أول أكسيد الكربون CO، وثاني أكسيد النيتروجين NO₂، وثنائي أكسيد الكبريت SO₂ بمطار برج العرب لسنوات ٢٠١٥ و ٢٠٢٠ و ٢٠٢٥ و ٢٠٣٠. أنه أُجري تقييم جودة الهواء وانبعاثات التلوث من المصادر المختلفة في المطار خلال ساعات الذروة، وتم جمع البيانات المتاحة وإعداد قاعدة بيانات، كما تم قياس مستوى تلوث الهواء الناتج عن الطائرات والمعدات الأرضية بالغازات سائلة الذكر وتم تحليل هذه القياسات ومقارنتها بالموصفات المحلية والدولية.

واتضح أن مجموع تلوث الهواء الناتج عن مبنى الركاب بالمطار لن يؤدي إلى أي آثار صحية ضارة، وأن التركيزات ستكون أقل بكثير من الحد المسموح بها في قانون البيئة رقم ٤ ورقم ٩ ومبادئ وتوجيهات منظمة الصحة العالمية. فضلاً عن الانتشار المحدود في محيط المطار وحول المدرج والذي يتراوح أقصى امتداد له بين ٩٠٠م-٢٠٠٠م.

وفيما يخص صداقة البيئة فإن المطار سيستخدم محطات شمسية لتوليد الطاقة اللازمة للتشغيل بالإضافة إلى إنشاء محطة نقل وفرز من المصدر للمخلفات الصلبة لإعادة تدويرها كما لا توجد آثار ضارة على الحياة البرية المحيطة بالمطار. ولن ينتج عن المشروع أي آثار سلبية على الأنواع المهددة أو المعرضة لخطر الانقراض.

٢- مطار طابا:

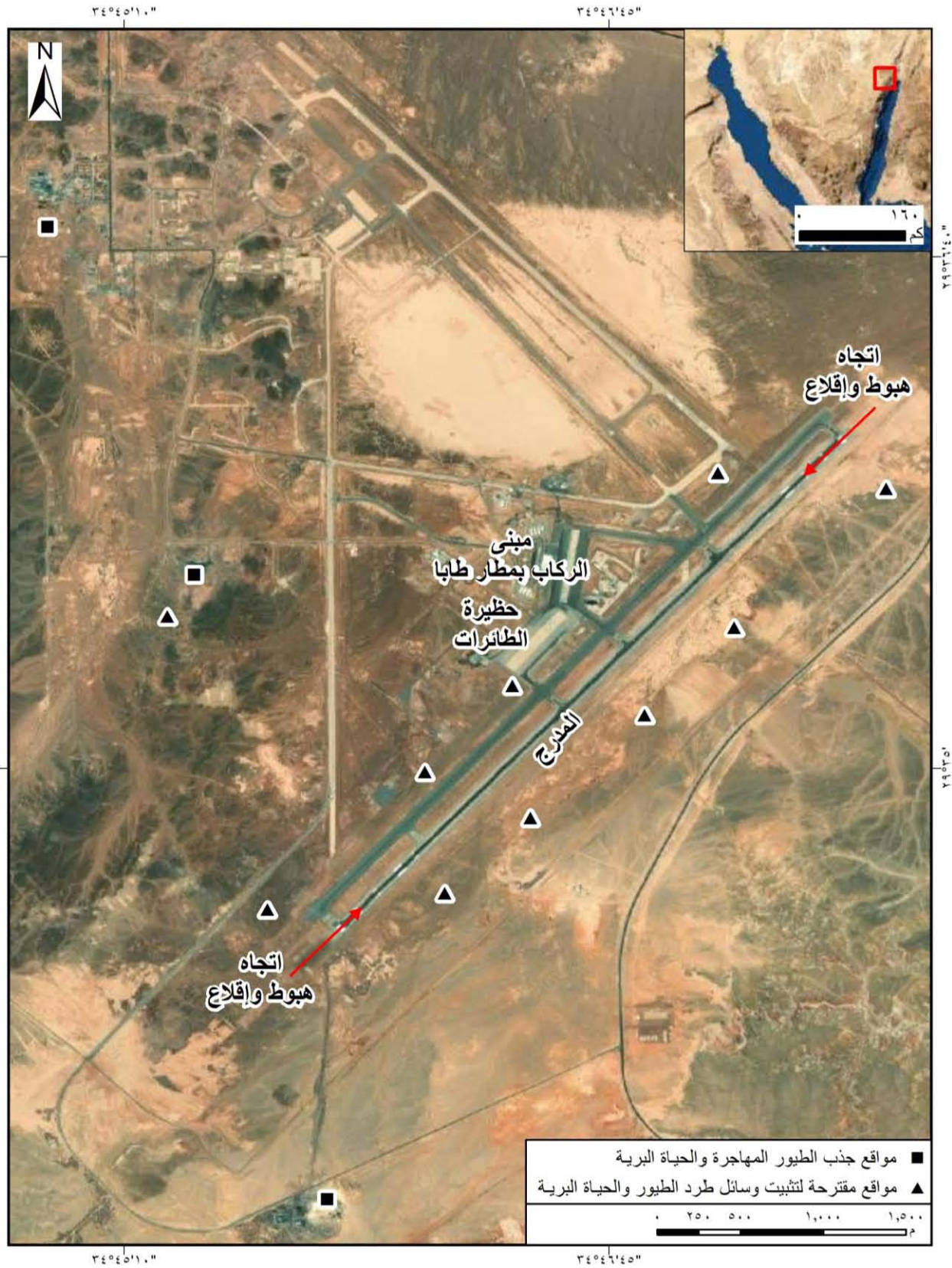
هو أحد المطارات المصرية التي أجريت لها دراسات بيئية خاصة بالحياة البرية^(١). وتنقسم الدراسة إلى عدد من المحاور منها رصد أنواع الطيور، ومواقع تجمعها، ومسارات هجرتها، ووسائل مكافحتها، وأخيرًا أمثله للخطر الذي تمثله حال تقاطع تحركاتها مع أنشطة الطيران المدني. ويعد طائر اللقلق الأبيض أحد أبرز الطيور المترددة بمحيط المطار إلى جانب البجع وبعض الطيور الجارحة مثل النسور والصقور، وتمثل هذه الأنواع خطرًا كبيرًا لتواجدها بأعداد كبيرة تصل إلى مئات الآلاف ووزن يصل إلى ١٠ كيلوجرامات لكل طائر، وتتجمع طيور اللقلق الأبيض بمناطق تجمع المخلفات شكل (٢-٢٠).

تأخذ هذه الأسراب مسارات خلال موسم هجرتها من يوليو إلى أكتوبر قادمة من الشمال حيث أوروبا وتطير بمحاذاة الساحل الشرقي للبحر المتوسط جنوبًا مرورًا بمدينة طابا إلى شرم الشيخ وتعبّر خليج السويس إلى الغردقة ثم بمحاذاة ساحل البحر الأحمر إلى وسط وجنوب أفريقيا. ويعرض شكل (٢-٢١) مسارات الطيور المهاجرة ومدى تعارضها مع الأنشطة الملاحية بالمطار حيث يتمثل خطر تردد مجموعات الطيور بمحيط المطار في تحليقها على نفس ارتفاع مرحلة الاقتراب النهائي للهبوط والمرحلة الأولى الحرجة للإقلاع على ارتفاع ٣ آلاف قدم من سطح المطار وهي مرحلة يستحيل فيها المناورة بالطائرة لتفادي هذه الأسراب.

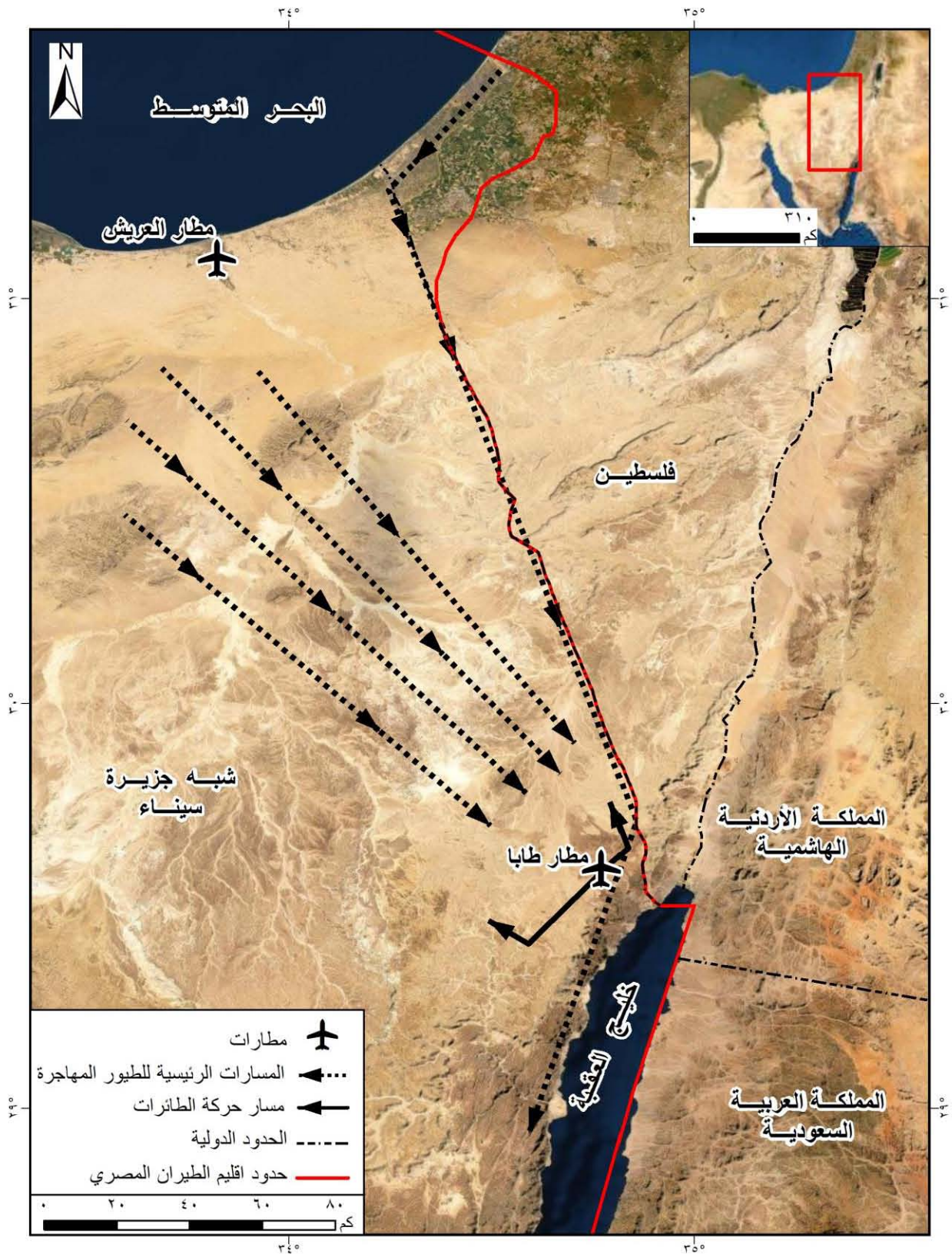
وقد تعددت وسائل مكافحة تجمع أسراب الطيور المهاجرة حول المطارات، فمنها استخدام وسائل تثب موجات فوق الصوتية أو أصوات الأعداء الطبيعيين لهذه الأنواع من الطيور بالإضافة إلى مدافع الصوت التي تصدر ما يشبه صوت الرعد أو مدافع الليزر التي تصدر وميض ضوئي معين يخيف تجمعات الطيور أو الفزاعات التقليدية (خيال المآة) أو الأشرطة العاكسة التي توضع على الأسوار أو البالونات ذات قطر ١٦ بوصة وألوان الأصفر والأبيض.

وتهتم الحكومة المصرية بحماية الحياة البرية من خلال وضعها القانون رقم ١٠٢ لسنة ١٩٨٣ مادة ٢٨، ٨٤ والقانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ مواد ٢، ٣، ٧، ٨. حيث تنظم طرق التعامل مع الحياة البرية والطيور المهاجرة، ويتمثل اهتمام وزارة الطيران المدني المصرية بالحياة البرية في وضع التعليمات الفنية لمراقبي الحركة الجوية تتمثل في التأكد من خلو المدرج ومحيط المطار من أي عوائق قبل إعطاء التصريح بالهبوط أو الإقلاع كذلك الاهتمام بتجميع تقارير وملاحظات الطيارين عن أسراب الطيور.

^(١) من المطارات الأخرى التي أجريت لها دراسات بيئة مطارات: القاهرة، شرم الشيخ، الغردقة، الأقصر، أسوان، برج العرب، طابا.



شكل (٢-٢٠) مواقع جذب الطيور والحياة البرية
والمواقع المقترحة لتثبيت وسائل طرد الطيور والحياة البرية بمطار طابا



شكل (٢-٢١) تعارض المسارات الرئيسية للطيران المهاجرة ومسارات حركة الطائرات بمطار طابا

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات التقارير البيئية بالشركة المصرية للمطارات، ٢٠١٩.

الخلاصة.

- وضعت المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO معايير ومواصفات قياسية لبناء المطارات وطالبت الدول الالتزام بها، ولعل من أهمها حدود ارتفاعات العوائق حول المطارات.
- تؤثر التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية على جودة التربة التي تدخل ضمن اهتمام الدراسات الهندسية عند إنشاء الطرق أو مدارج الطائرات، ما تطلب التدخل بإحلال التربة أحياناً أو استخدام الأساسات العميقة عند بناء مباني الركاب بالمطارات.
- هناك علاقة طردية بين قوة تحمل التربة وسمك قطاع رصف مدارج الطائرات.
- اختلفت طبيعة النشأة الجيولوجية لتربة مطاري الغردقة والأسكندرية، وأدى جفاف تربة مطار الغردقة إلى رفع كفاءتها بينما أدى تشبع تربة مطار الأسكندرية بالمياه المالحة إلى تغدقها وانخفاض جودتها، مما تتطلب العمل على إحلالها بأخرى للتمكن من بناء مدرج الطائرات.
- تؤثر الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية تأثيراً كبيراً في تحديد مواقع المطارات وتشغيلها، ولا تتوقف العلاقة فقط على المساحات الأرضية أمام المدرج ومدى تأثيرها على حركتي الإقلاع والهبوط بل تمتد لمسافات تصل إلى أكثر من ١٥ كم.
- تأثر سطح الاقتراب الجنوبي لمدرج مطار سانت كاترين بـ ٦ عوائق تضاريسية بلغت ارتفاعاتهم (١٣٥٢، ١٣٦٤، ١٣٧٣، ١٤٠٢، ١٤١٦، ١٤٦٦ م) بينما تأثر سطح الاقتراب الشمالي للمدرج بعائق واحد فقط بلغ ارتفاعه نحو ١٣٦٦ م، وجدير بالذكر أن العائق الذي يخترق سطح الاقتراب للمدرج من جهة ما يخترق في نفس الوقت سطح الإقلاع للجهة المقابلة لنفس المدرج.
- يؤثر ارتفاع منسوب سطح الأرض على طول المدرج، فكلما ارتفع سطح المطار ٣٠٠ م عن سطح البحر تطلب زيادة طول المدرج بنسبة ٧% من طوله، كما تدخل التضاريس في معايير اختيار مواضع المساعدات الملاحية.
- أثر ارتفاع سطح الأرض وكثرة الجبال والأودية حول مطار سانت كاترين إلى تعذر تركيب أجهزة ملاحية تخدم المطار.
- أدى وجود المنطقتان المحظورتان HE/P18 و HE/P19 إلى إعاقة حرية الملاحة بمطار برج العرب إذ إنهما بمثابة حاجز اسطواني غير ملموس مثبت في الأرض وارتفاعه لا نهائي.

- يجب عند اختيار أراضي المطارات الابتعاد عن المواقع المعرضة لتأثير الأخطار الجيومورفولوجية.
- يمتد مدرج مطار سانت كاترين بمحور متعامد تقريباً على محاور امتداد بعض روافد المنابع العليا (سعل، مويحة) مما أدى إلى تعرضه لتدفق مياه السيل عام ٢٠١٦، والتي سارت بشكل عشوائي تاركة أثراً على المدرج عابرةً نحو مساراتها الطبيعية إلى المصب حيث مدينة دهب على الساحل الغربي لخليج العقبة.
- أدى تقاطع امتداد مدارج مطار الغردقة مع اتجاه الجريان السيلي في الأودية الجافة إلى تجهيز المطار بعدد من السدود وأحواض تجميع المياه.
- تعد عناصر المناخ من أهم الضوابط التي تحدد موقع وتشغيل المطارات؛ حيث تؤثر على اختيار محور امتداد المدارج وأطوالها، كما تؤثر تشغيلاً على تحديد ارتفاع الطائرات.
- تؤثر الرياح على التشغيل بتحديد عتبة المدرج (اتجاه المدرج) المستخدمة لإتمام عملية الهبوط ومع ذلك هناك مطارات تتفق مدارجها مع الرياح السائدة كمطاري القاهرة والغردقة وأخرى لا تتفق مثل مطاري شرم الشيخ وبورسعيد، إذ أن القيم المسجلة للرياح المتعامدة بهذه المطارات لا تتجاوز القيم الخطره التي نصت عليها ICAO.
- تولي المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO منذ نشأتها اهتماماً كبيراً بالبيئة المحيطة بالمطار إذ وضعت قيم لمستوى الضوضاء وكمية الغازات المنبعثة كذلك أسست قاعدة بيانات لتعقب اعتراض الطيور لمسار الطائرات.
- اتضح أن الضوضاء والغازات الدفيئة في مطار برج العرب كانت في الحدود المسموحة.
- أدى تعارض مسارات هجرة الطيور مع المسارات الملاحية بمطار طابا إلى أخذ عدد من التدابير لحماية الحياة البرية والملاحية الجوية، وكان من ضمنها وسائل تبث موجات فوق الصوتية أو أصوات الأعداء الطبيعيين لهذه الأنواع من الطيور أو مدافع الصوت التي تصدر ما يشبه صوت الرعد أو مدافع الليزر التي تصدر وميض ضوئي معين يخيف تجمعات الطيور أو الفزاعات التقليدية (خيال المآة) أو الأشرطة العاكسة التي توضع على الأسوار أو البالونات ذات قطر ١٦ بوصة وألوان الأصفر والأبيض.

الفصل الثالث

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم الوضع الجيويبيئي لمطار مرسى علم (دراسة حالة)

تمهيد

أولاً: الخصائص التضاريسية (أسطح حدود ارتفاعات العوائق، المدرج، موضع
المساعدات الملاحية)

ثانياً: التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية والصدوع

ثالثاً: بعض الخصائص المناخية (الرياح، الحرارة، الضغط الجوي، العواصف الترابية
والضباب والشبورة المائية والأمطار)

رابعاً: أخطار السيول

خامساً: بعض الخصائص البيئية (الضوضاء، جودة الهواء، تجمعات ومسارات الطيور
المهاجرة)

الخلاصة

الفصل الثالث

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقييم الوضع الجيويئي لمطار

مرسى علم (دراسة حالة)

تمهيد:

دفع الاحتياج إلى طريقة منهجية للتقييم البيئي -للمشاريع الجديدة- في سبعينيات القرن الماضي بالولايات المتحدة الأمريكية إلى ظهور ما يسمى بدراسات تقييم الأثر البيئي، وتهدف هذه الدراسات إلى توقع الآثار المحتملة للأنشطة البشرية على النظام الطبيعي "الماء والتربة والهواء والنظام البيولوجي وصحة الإنسان" (Karin Andersson, 2000, pp. 3,4)، وعلى صعيد آخر ثمة دراسات أخرى لتقييم الوضع البيئي للمشاريع القائمة بالفعل والتي بحاجة إلى توفير الوضع طبقاً لمتطلبات قوانين بيئية معينة. ومن ثم قامت الدراسة الحالية بإدخال بعض التعديلات على آلية التقييم لتشمل بعض الجوانب التضاريسية والجيولوجية والمناخية والجيومورفولوجية والبيئية، وقد تم اختيار مطار مرسى علم كدراسة حالة.

ويعد مطار مرسى علم^(١) أحد المطارات الرئيسية في مصر، ويقع على ساحل البحر الأحمر بين مدينتي القصير ومرسى علم، ويمتد بين دائرتي عرض ١١° ٣٢' ٥٢ و ٣٧° ٣٤' ٥٢ شمالاً وبين خطي طول ١٥° ٣٤' ٥٣ و ٠٦° ٣٦' ٥٣ شرقاً، ويعد هذا المطار جزء من منتجع بورتو غالب السياحي، ويعمل المطار على سهولة الوصول إلى المنتجع بسهولة سواء من داخل مصر أو خارجها، ويعد المطار أحد أهم ركائز التنمية السياحية على ساحل البحر الأحمر.

وسيتم تقييم الوضع الجيويئي للمطار من خلال استخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية؛ وذلك من خلال دراسة خمس موضوعات رئيسية، تبدأ بالخصائص التضاريسية وتأثيرها على المدرج وتأمين مسار الطيران وتحديد موضع المساعدات الملاحية، ثم التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية، ثم دراسة بعض الخصائص المناخية، يليها دراسة الأخطار الجيومورفولوجية، والمتمثلة في السيول، وأخيراً دراسة الخصائص البيئية، وذلك على النحو التالي:

(١) مطار مرسى علم أحد مشروعات مجموعة شركات الخرافي الكويتية، وتديره شركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات بنظام B.O.T (البناء، الإدارة، التسليم) بموجب اتفاق بين الشركة المالكة ووزارة الطيران المدني المصرية.

أولاً: الخصائص التضاريسية:

تم إنشاء مطار مرسى علم في عام ٢٠٠١، وتم اختيار موقعه بعناية شديدة؛ حيث يتضح من قراءة المرئيات الفضائية عالية الدقة المكانية من برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ (شكلي ١-٣ أ، و ١-٣ ب) أن المطار يوجد في موقع متوسط بين خط الساحل الذي يقع على بعد نحو ٥ كم شرق المطار، وجبال البحر الأحمر التي تقع غرب المطار بنحو ٤ كم. ويرجع اختيار موقع المطار في هذا المكان إلى عدة أسباب، من أهمها:

- أن يكون المطار قريباً من منتج بورتو غالب السياحي؛ حيث كان الهدف من إنشاء المطار هو خدمة منتج بورتو غالب السياحي، وتقليص عدد ساعات السفر إليه سواء من خارج مصر أو من داخلها، خاصة وأن أقرب مطار مدني لمنطقة بورتو غالب هو مطار الغردقة، ويبعد عنها بمسافة نحو ٢٢٠ كم.
- شبه استواء سطح منطقة المطار؛ حيث تم بناء المطار فوق سطح المروحة الفيضية لوادي أم جريفات التي يمتد عليها أكثر من ثلثي مساحة المطار.
- صغر أبعاد أحواض التصريف المؤثرة على منطقة المطار؛ حيث يترتب على ذلك قلة كمية مياه الأمطار التي تستقبلها تلك الأحواض، ومن ثم قلة حجم مياه السيول^(١)، مما يساعد على سهولة بناء نظام تصريف جيد لحماية المطار، وتصريف مياه السيول ورواسبها بشكل آمن إلى البحر الأحمر^(٢).
- علاوة على ذلك تم اختيار الموقع بحيث يكون في أرض مستوية وتبعد بمسافة كافية عن سلسلة جبال البحر الأحمر، وما لها من تأثيرات على الملاحة الجوية.

(١) هناك بعض الاستثناءات التي يمكن فيها لمياه الأمطار الهطول بتركيز مسببة سيل عنيف كما حدث في قرية درنكة بمحافظة أسبوط ١٩٩٤.

(٢) سيتم دراسة لاحقا الجزء الخاص بأخطار السيول.

يتضح من قراءة القطاع التضاريسي شكل (٣-٢ أ)، أن المنطقة التي يمتد فوقها القطاع التضاريسي يتراوح ارتفاع سطحها بين مستوى سطح البحر في الشرق وارتفاع ٣٠٠ م عند القمم التالية في الغرب؛ حيث تبدأ سلسلة تلال البحر الأحمر في المنطقة، وبناءً عليه يزداد ارتفاع سطح منطقة المطار والمنطقة المتاخمة لها بالاتجاه غربًا. ويمكن تقسيمها إلى قسمين تضاريسيين، وذلك كما يلي:

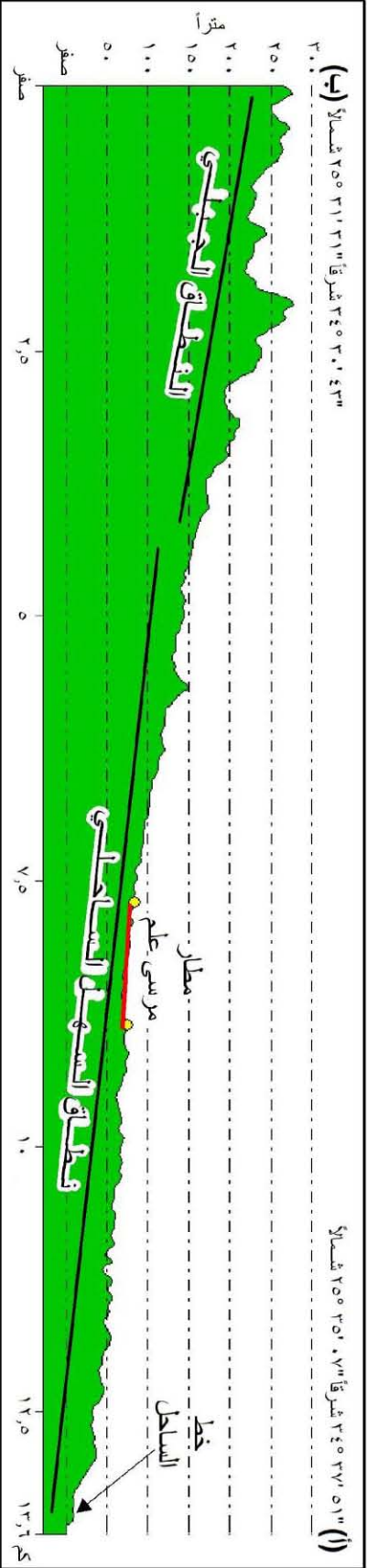
- القسم الأول (السهل الساحلي):

يتمثل في سهل شبه مستوي السطح، تتناثر فوقه عدد من التلال والهضيبات بعضها بنيوية المنشأة، والبعض الآخر متخلف عن نحت الشواطئ المرتفعة (محمد إبراهيم خطاب، ٢٠٠٧، ص ٤٣)، ويتراوح ارتفاعه المحلي بين ٨٠ م و ١٦٠ م، ويقطع سطح السهل الساحلي في منطقة القطاع عدد كبير من الأودية الجافة التي تقع ضمن حوض وادي أم جريفات، وتتراوح رتبها بين الرتبين الثالثة والخامسة تبعًا لتصنيف استريلر، ويوجد في القطاع وبالسهل الساحلي مروحة فيضية لوادي أم جريفات، ويبلغ متوسط اتساع السهل الساحلي في القطاع التضاريسي نحو ٩ كم، ويتدرج من منسوب صفر عند ساحل البحر الأحمر إلى منسوب ١٥٠ م عند أقدام جبال البحر الأحمر، وبهذا يتراوح معدل الانحدار بين (١ : ٦٠) و (٤ : ١) أي بين أي ١° و ١٤°، وبحسب تصنيف ينج يقع القطاع ضمن فئتي الانحدار: الأراضي شبه مستوية السطح وفوق متوسطة الانحدار.

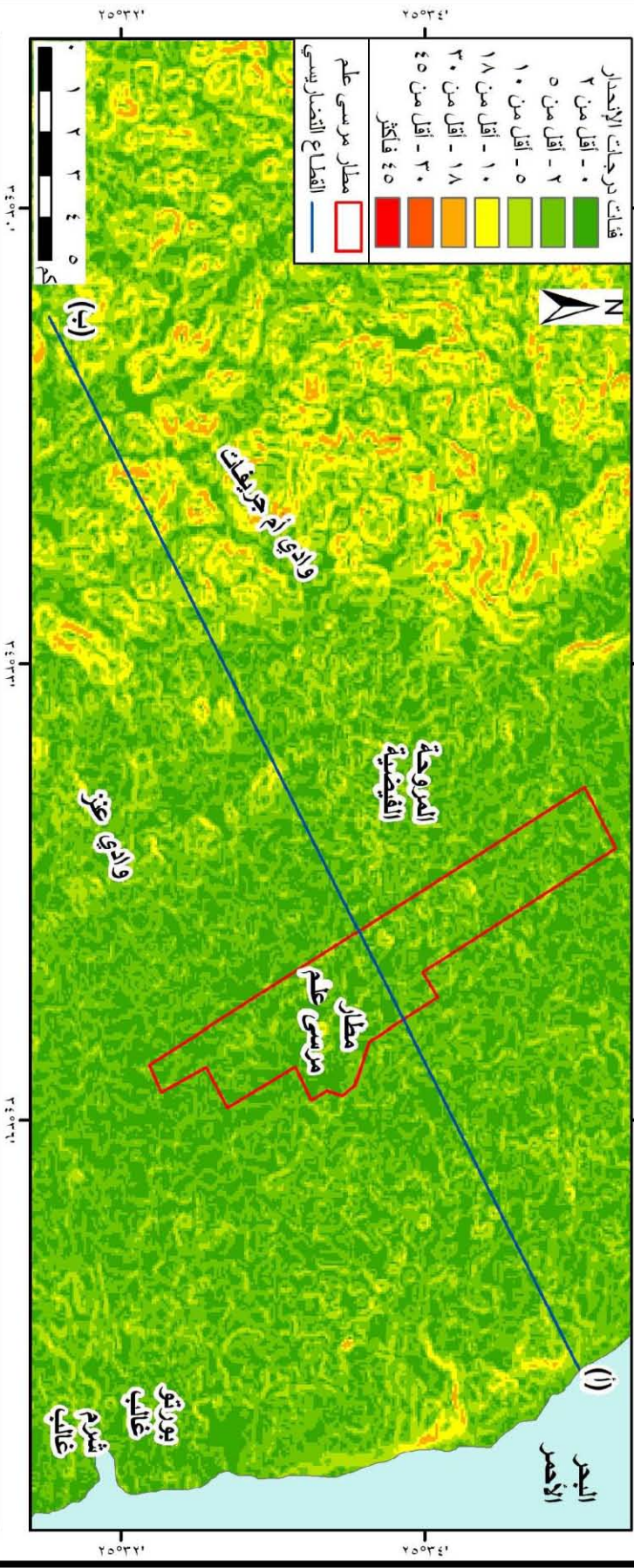
- القسم الثاني (القسم التلي):

يتمثل في التلال التالية للقسم السابق بالاتجاه غربًا؛ ويتراوح ارتفاعه بين ١٥٠-٤٢٣ م، حيث توجد العديد من القمم التالية التي لا تحمل أي أسماء على الخرائط الطبوغرافية مقياس رسم ١: ٥٠,٠٠٠. ويرتفع معدل انحدار هذا القسم إلى (١ : ١,٢)، أي ٤٠°، وبالتالي تقع في فئة الأراضي "شديدة الانحدار جدًا" حسب تصنيف ينج (Young, 1972, PP. 138-139).

ويلاحظ من قراءة خريطة درجات الانحدار شكل (٣-٢ ب)، شبه استواء سطح السهل الساحلي في محيط المطار؛ حيث تسود فئات درجات الانحدار "الأراضي المستوية وهينة الانحدار جدًا" مع انتشار محدود لفئة الانحدار "الأراضي فوق متوسطة الانحدار" - بحسب تصنيف ينج-، في حين يزداد تضرس سطح الأرض بالاتجاه غربًا؛ حيث تتراوح درجات الانحدار بين صفر وأكثر من ٤٥°؛ حيث أدى وجود تلال وجبال البحر الأحمر إلى تسجيل فئات انحدار "أراضي شديدة الانحدار جدًا" وحافات شبه رأسية ورأسية.



شكل (٣-١٢) أستواء السطح بمنطقة مطار مرسى علم



شكل (٣-٢) درجات الإحدار بمطار مرسى علم

جدول (٣-١) فئات درجات انحدار سطح الأرض بمطار مرسى علم

فئة الانحدار بالدرجات	طبيعة الانحدار	المساحة بالكم ^٢	المساحة %
من ٠ - أقل من ٢ °	أراضي مستوية وهينة الانحدار جدًا	٣,٧	٦٧,٠٢ %
من ٢ - أقل من ٥ °	أراضي هينة الانحدار	١,٦	٢٩ %
من ٥ - أقل من ١٠ °	أراضي متوسطة الانحدار	٠,٢	٣,٦٢ %
من ١٠ - أقل من ١٨ °	أراضي فوق المتوسطة الانحدار	٠,٠٢	٠,٣٦ %
من ١٨ - أقل من ٣٠ °	أراضي شديدة الانحدار	٠	٠
من ٣٠ - أقل من ٤٥ °	أراضي شديدة الانحدار جدًا	٠	٠
٤٥ ° فأكثر	الحافات الرأسية وشبه الرأسية	٠	٠
الإجمالي		٥,٥٢	١٠٠ %

المصدر: إعداد الطالب إعمادًا على معالجة بيانات نموذج الارتفاع الرقمة SRTM من خلال برنامج ArcGIS 10.4، وبرنامج Global Mapper 18، وتصنيف درجات الانحدار طبقًا لتصنيف ينج، ١٩٧٢ (Young, 1972, PP. 173-175).

وقد أثر الاستواء العام لسطح الأرض فوق المروحة الفيضية في اختيار موضع المطار، فمن خلال قراءة جدول (٣-١) الذي يعرض فئات درجات الانحدار - طبقًا لتصنيف ينج - يتضح أن فئتي الأراضي المستوية وهينة الانحدار جدًا والأراضي هينة الانحدار (من ٠ - ٥ °) مثلتا معًا نحو ٩٦ % من المساحة الكلية لمنطقة أرض المطار، في حين مثلت فئتي الأراضي متوسطة الانحدار وفوق المتوسطة الانحدار (من ٥ - ١٨ °) نحو ٤ % من المساحة الكلية لأرض المطار، وقد تم تسويتها تمامًا مع إنشاء المطار، وقد اختفت من فوق المروحة الفيضية فئات الأراضي الشديدة والشديدة الانحدار جدًا والحافات الرأسية (أكبر من ١٨ °)؛ ويرجع سبب الاستواء العام لسطح أرض المطار إلى أنها جزء من السهل الساحلي المنبسط، فضلًا عن وجود المروحة الفيضية لوادي أم جريفات التي يمتد عليها نحو ثلثي مساحته^(١).

(١) يبلغ عرض قاعدة المروحة الفيضية لوادي أم جريفات ٣,٧ كم بينما يبلغ طولها ٤,٦ كم؛ حيث سمح استواء سطح قاعدتها إلى سهولة استغلالها في بناء نحو ثلثي طول المدرج ومنطقة تثبيت المساعد الملاحي، بينما أدى طول المروحة الفيضية إلى ميل سطحها من ارتفاع ١٦٠ م عند نقطة اتصالها بمجرى الوادي إلى ٥٠ م عند أقصى امتداد لقاعدتها بمتوسط معدل انحدار ١ : ٧ بينما تبلغ درجة الانحدار بحسب تصنيف ينج ٨ ° أي في فئة "الأراضي متوسطة الانحدار". على الرغم من ذلك فإن مياه السيول المتدفقة عبر سطح المروحة الفيضية أدى إلى ضرورة بناء نظام تصريف مياه السيول.

أ) أسطح حدود ارتفاعات العوائق:

يتضح من قراءة شكل (٣-٣) وجدول (٣-٣) أنه لا توجد عوائق طبيعية (تضاريس) تعوق الملاحة على طول امتداد المدرج سواء من الشمال أو الجنوب حال كان هبوط الطائرات بشكل مستقيم ومباشر، في حين شكلت بعض القمم الجبلية - بدون أسماء على الخرائط الطبوغرافية ١: ٥٠,٠٠٠ - غرب المطار، خطرًا على عمليات الهبوط حال كان الهبوط بشكل دائري Circling^(١) (دليل الطيران المصري، بند HEMA AD 2-10، تعديل ١/١٠٦ / ١ مايو ٢٠١٣).

وفيما يخص العوائق البشرية يتميز محيط المطار بخلوه من المنشآت المرتفعة التي تعوق حركة الملاحة.

ب) المدرج:

يتضح من قراءة وتحليل قاعدة بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM^(٢) أن حظيرة الطائرات وعتبة المدرج بالمطار ترتفعان عن سطح البحر بمقدار ٦٧، ٧٥، ٧١ م على الترتيب؛ حيث أدى انخفاض منسوب سطح المدرج وقربه من منسوب سطح البحر^(٣) إلى عدم تأثيره في تعديل محور امتداد المدرج أو بتعديل طوله.

جدول (٣-٢) القمم التضاريسية التي تؤثر على مطار مرسى علم

م	الارتفاع (من سطح البحر) بالمتر	الإحداثيات
١	٤٢٣	٣١° ٠٥' ٣٤" شرقًا ٣١° ١٠' ٢٥" شمالًا
٢	٢٩٩	٣٠° ٤٨' ٣٠" شرقًا ٣٢° ٣٠' ٢٥" شمالًا
٣	٢٨٣	٣١° ٢٠' ٣٤" شرقًا ٣٣° ١٥' ٢٥" شمالًا
٤	٢٦٠	٣١° ٠٠' ٣٤" شرقًا ٣٣° ٤٠' ٢٥" شمالًا
٥	٢٣٠	٣١° ٥٥' ٣٤" شرقًا ٣٣° ٣٥' ٢٥" شمالًا
٦	١٦٢	٣٣° ٤٠' ٣٤" شرقًا ٣٣° ٠٣' ٢٥" شمالًا

المصدر: إعداد الطالب اعتمادًا على بيانات دليل الطيران المصري، بند HEMA AD 2-10، تعديل ١/١٠٦ / ١ مايو ٢٠١٣.

(١) لا يتم اللجوء إلى مثل هذه الإجراءات إلا في حال تدهور الرؤية وهي نادرة الحدوث في مطار مرسى علم، وفي هذا الإجراء تقترب الطائرة حتى نقطة معينة أعلى المطار ثم تبدأ في الطيران الحزوني الهابط حتى ارتفاع معين فإن تحقق رؤية المدرج يكمل الهبوط وإن لم تتحقق رؤية المدرج لا يتم النزول وتعاد المحاولة.

(٢) الإصدار رقم ٣، دقة مكانية نحو ٣٠ متر.

(٣) سبقت الإشارة في الفصل الثاني إلى أنه يجب زيادة طول المدرج بنسبة ٧% لكل ٣٠٠ م ارتفاع فوق متوسط منسوب سطح البحر.

ج) موضع المساعدات الملاحية:

يخدم مطار مرسى علم المساعد الملاحي DVOR^(١)، والذي يتسم ببعض المواصفات الفنية، من أهمها العمل بكفاءة في المناطق القريبة من الجبال، وبهذا فقد تخطى مطار مرسى علم عقبة تضاريس جبال البحر الأحمر^(٢). كما يصلح موقع المطار لتزويد مساعدات ملاحية أخرى مثل المساعد الملاحي ILS Instrument Landing System.

بناء عليه توجد مجموعة من التأثيرات الإيجابية والسلبية للخصائص التضاريسية على الوضع الجيوبيئي للمطار، وبالنسبة للتأثيرات الإيجابية: فقد أدى بناء المطار على منطقة سهلية خالية من القيم التضاريسية المتطرفة إلى خفض تكاليف التسوية، في حين أدى الانخفاض النسبي لموقع المطار إلى عدم الاكتراث بحسابات أطالة المدرج نتيجة الارتفاع، علاوة على ذلك؛ أدى اتفاق امتداد مدرج المطار مع امتداد شريط السهل الساحلي فضلاً عن بعد المنطقة الخطرة HE/D5 إلى عدم وجود عوائق تضاريسية أو بشرية تؤثر على العمليات الملاحية من الإقلاع والهبوط. وكان لاستخدام المساعد الملاحي DVOR الفضل في سهولة التغلب على عقبة الاقتراب النسبي لجبال البحر الأحمر، كما كان انعكاساً للتقدم التكنولوجي والميسرة المادية. وبالنسبة للتأثيرات السلبية: فقد أدى وجود بعض نقاط المناسيب المرتفعة لجبال البحر الأحمر إلى أنها أصبحت عوائق تؤثر على الهبوط الدائري بالمطار Circling.

ثانياً: التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية والصدوع:

يتضح من قراءة الخريطة الجيولوجية شكل (٣-٤)، وجدول (٣-٣) أن المنطقة المقام عليها مطار مرسى علم والمنطقة المتاخمة لها تتألف من: صخور وتكوينات ورواسب سطحية تتراوح أعمارها من الزمن الأركي إلى الزمن الرابع؛ حيث تتكون جبال البحر الأحمر الواقعة غربي المطار من صخور نارية ومتحولة ترجع إلى الزمن الأركي، وهي في معظمها صخور جرانيتية، بينما تظهر التكوينات الجيولوجية الأحدث بالاتجاه شرقاً.

ويلاحظ من قراءة الخريطة الجيولوجية مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، لوحة جبل حماطة، لعام ١٩٨٧ فضلاً عن تقارير اختبارات التربة التي أجرتها شركة إيماك مرسى علم المالكة للمطار (EMAK Marsa Alam for Management and Operation of Airports, pp. 16, 17. 1998) أن المنطقة الشمالية والغربية من المطار تتألف من رواسب المروحة الفيضية لوادي أم

(١) المساعد الملاحي Doppler VHF omnidirectional range يعمل بمدى ٢٥ ميل بحري.

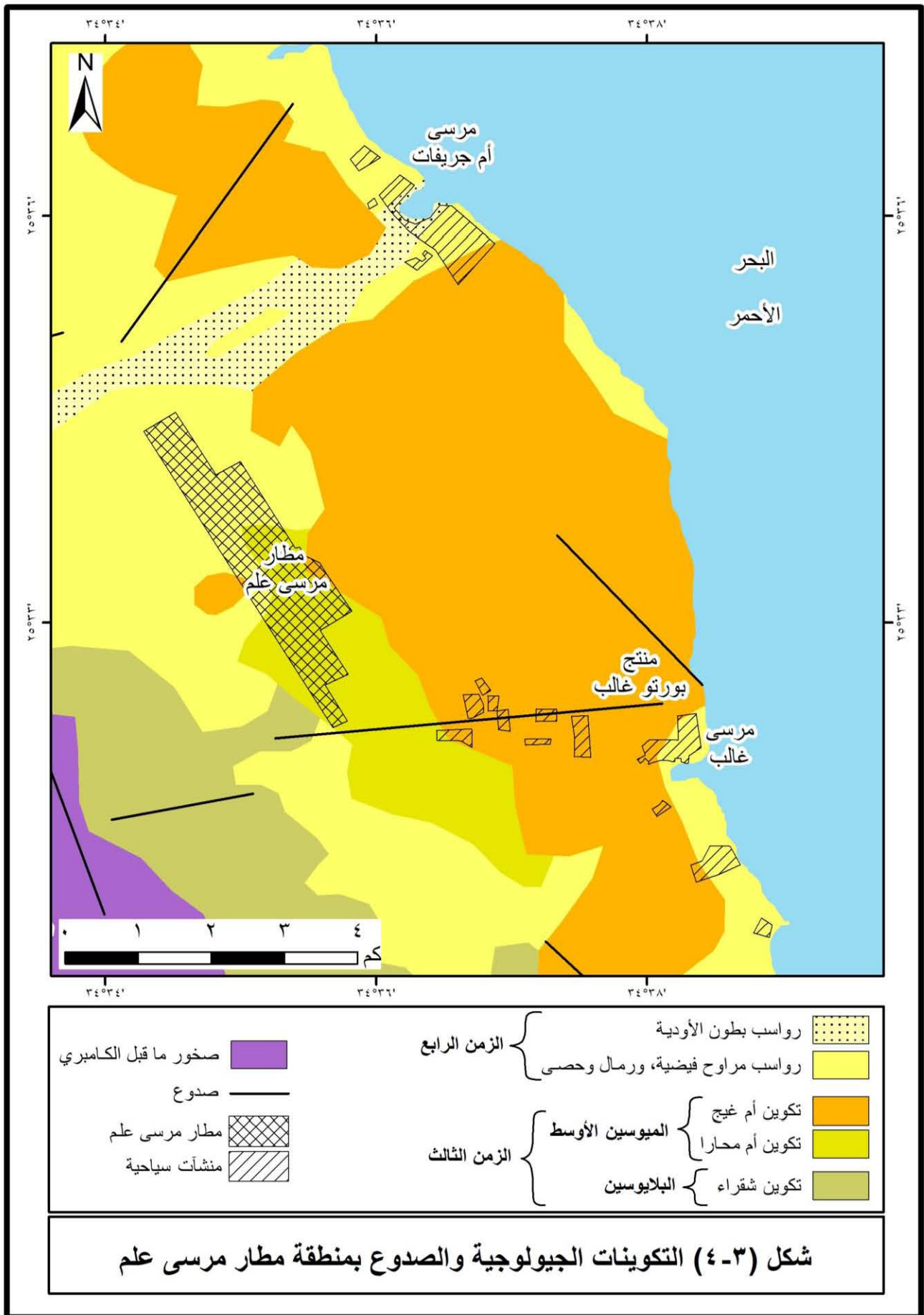
(٢) مقابلة مع مدير إدارة المساعدات الملاحية، الشركة الوطنية لخدمات الملاحة الجوية ٢٠١٨.

جريفات، وهي عبارة عن رواسب رملية وحصوية ترجع إلى الزمن الرابع، وقد جلبتها الجريانات السيلية السابقة، بينما تتألف المنطقة الشرقية من تكوينات عصر البلايوسين الذي يرجع إلى الزمن الثالث، تتألف من الحجر الجيري والرمال والصلصال وتحتوي على حفريات بحرية. وتتكون المنطقة الجنوبية من تكوينات عصر الميوسين الأوسط وتتألف من صخور الحجر الجيري الغني بالمرجان، وصخور الجبس والأنهيدريت، وتعد صخور الجبس والأنهيدريت من أكثر الصخور عداوة للمنشآت؛ حيث تتعرض للتمدد عندما تتأثر بالرطوبة.

جدول (٣-٣) التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية بمنطقة مطار مرسى علم

الزمن	العصر	التكوين
الزمن الرابع	الهولوسين والبلايوسين	رواسب بطون الأودية - رواسب المراوح الفيضية - رمال وحصى
الزمن الثالث	البلايوسين	"تكوين شقراء" صخور بحرية تتألف من الحجر الجيري والرمال والصلصال وتحتوي على حفريات بحرية
	الميوسين الأوسط	"تكوين أم غيج والحجر الذي يتألف من الجيري المرجاني والجبس والأنهيدريت، وتكوين أم محار" الذي يتألف من الحجر الجيري المرجاني غنية بآثار الطحالب والمرجان.
الزمن الأركي	ما قبل الكامبري	صخور جرانيتية قلوية إلى حمضية وصخور فتاتية وبركانية متحولة

المصدر: إعداد الطالب اعتمادًا على الخريطة الجيولوجية إنتاج شركة كونكو كورال مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، لوحة جبل حمادة،
عام ١٩٨٧، وبرنامج ArcGIS 10.4.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على الخريطة الجيولوجية إنتاج شركة كونكو كورال مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، لوحة جبل حماطة، عام ١٩٨٧.

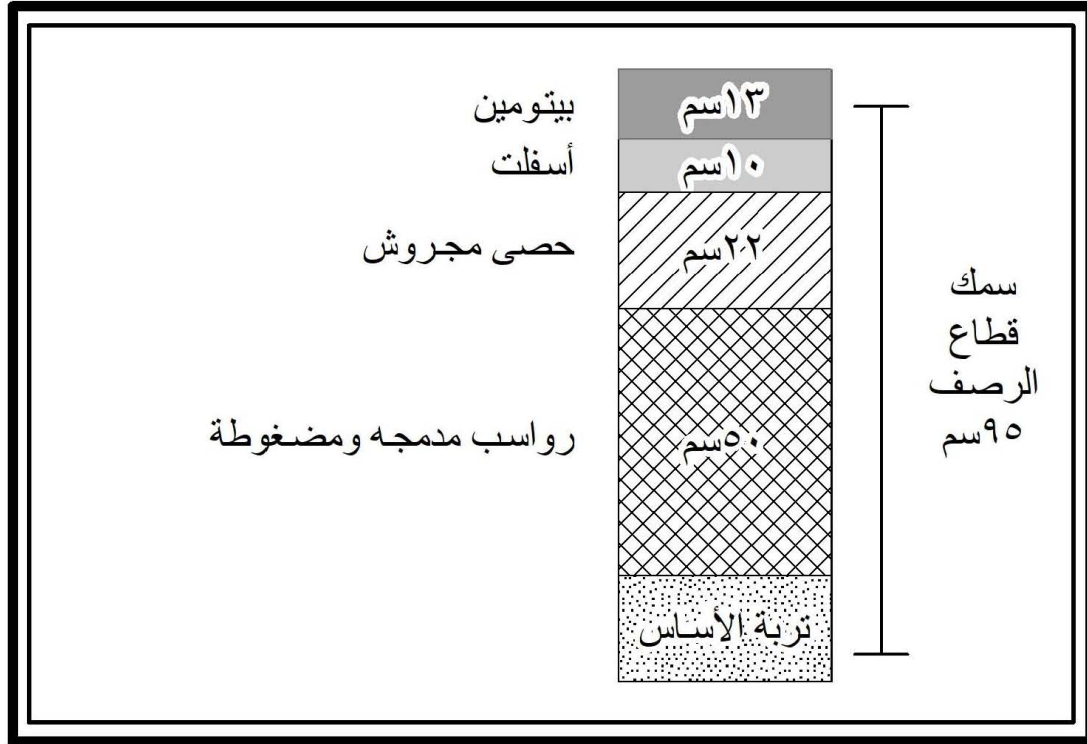
وقد اتضح أثناء الدراسة الميدانية أن هناك عدة حلول هندسية للتربة الهشة^(١) -كالتى تتكون من الجبس والانهيديريت- كإحلال الطبقة السطحية بعمق ١م ثم صب بلاطات خرسانة مسلحة بسمك ٥٠ سم يليها رصف طبقات إسفلتية بمواصفات هندسية معينة لتحمل الضغط الثابت والمتحرك للطائرات^(٢). وقد أثرت الرواسب السطحية في تكوين تربة مطار مرسى علم؛ حيث أجرت شركة إيماك مرسى علم لإدارة تشغيل المطارات عدد من الاختبارات على تربة المطار وفقاً لمتطلبات ICAO في ملحق ١٤ والوثيقة (Doc 9157). وتبين أن التربة بشكل عام تتألف من رواسب رملية وحصوية بالإضافة إلى بعض المواقع الصلبة التى تتكون من الصخور الجيرية، وباستثناء تكوينات الجبس والانهيديريت التى تم استبدالها يمكن تصنيف التربة بأنها من النوع الجيد (EMAK Marsa Alam for Management and Operation of Airports. pp. 16, 17. 1998).

وانعكست مواصفات التربة على سمك قطاع الرصف البالغ ٩٥سم. وبإتمام إدخال المتغيرات مثل العمر المفترض للرصف وعدد مرات تردد الطائرات العاملة بالمطار، ثم تحويلها إلى مكافئ لعدد مرات الإقلاع، ومع الأخذ في الاعتبار مواصفات التربة سائلة الذكر تكون قطاع الرصف من ٤ طبقات شكل (٣-٥) أولها طبقة من الرواسب المدمجة بسمك ٥٠ سم تقوم بدور صخر الأساس في قطاع التربة، ثم طبقة من الحصى المجروش والمضغوط بسمك ٢٢ سم تعمل على دعم الطبقة التى أسفلها، ثم طبقة من الأسفلت بسمك ١٠ سم يعمل كحلقة وصل بين طبقتي الأساس والطبقة التى تليه والتى تتكون من البيتومين بسمك ١٣سم وهى آخر طبقات الرصف وتمثل سطح المدرج. وبلغت قوة الرصف بمدرج المطار قيمة PCN 54/F/A/W/T^(٣) (شركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات، ٢٠٠١).

(١) تهتم الدراسات الهندسية بالطبقة السطحية للأرض -التي تكون في الأصل من تفكك صخر الأساس الذي تكون في ظروف جيولوجية معينة حيث تقام عليها المنشآت أو تمتد عليها الطرق أو مدارج الطائرات (جودة التركمانى، ٢٠٠٥، ص ١٤٦).

(٢) مقابلة شخصية مع المهندس/ ماهر العطار مدير عام الهندسة بشركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات أكتوبر ٢٠١٨.

(٣) تحوي هذه الصيغة معلومات عن قوة التحمل وتقترن برقم له علاقة طردية بقوة التحمل مثل PCN 80، ثم حرف R أو F ليعبر عن الرصف الصلب للأول والرصف المرن للثاني، ثم حرف A أو B أو C أو D ليعبر عن قوة تحمل التربة تحت الرصف Subgrade بحيث يكون حرف A أقواها وحرف D أقلها قوة، ثم حرف W أو X أو Y أو Z ليعبر عن الحد الأقصى المسموح به من ضغط الهواء في إطارات الطائرات بحيث يكون حرف W أعلاها (لا حدود لضغط الإطارات) وحرف Z أدناها ضغطاً (MPa ٠,٥٠) ويعرّف بوحدة الميجاباسكال، وأخيراً حرف T أو U ليعبر عن الطريقة المستخدمة في تقييم الرصف بحيث يكون حرف T للتقييم التقني وحرف U للتقييم باستخدام تجربة الطائرات ملحق (٢-١).



المصدر: اللوحة التصميمية لقطاع رصف مدرج مطار مرسى علم، ٢٠٠١.

شكل (٥-٣) قطاع رصف المدرج بمطار مرسى علم

كما يلاحظ من قراءة شكل (٣-٤) وجود ٦ صدوع في منطقة المطار، يمتد نصفها في محور شمالي غربي - جنوبي شرقي متفقهً مع محور امتداد أخدود البحر الأحمر، ويتخذ النصف الآخر امتداد شمالي شرقي - جنوبي غربي، وقد أرجعت دراسة (Said, R., 1962, PP.33) اختلاف محاور الصدوع إلى أن الصدوع ذات المحور الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي ترجع إلى منتصف الزمن الثالث؛ حيث بلغت الحركات التكتونية التي كونت أخدود البحر الأحمر عنفوانها. بينما من المحتمل أن تكون الصدوع ذات المحور الشمالي الشرقي - الجنوبي الغربي أقدم من صدوع الأخدود الأفريقي أي قبل منتصف الزمن الثالث.

ومن الناحية الهندسية يجب تجنب خطوط الصدوع، وذلك بعدم تقاطع شبكات البنية التحتية الخطية مثل خطوط الأنابيب وخطوط كابلات الكهرباء مع محاور الصدوع، فضلاً على ترجيح تجنب البناء عليها.

بناء عليه توجد مجموعة من التأثيرات الإيجابية والسلبية للخصائص الجيولوجية على الوضع الجيويئي للمطار، وبالنسبة للتأثيرات الإيجابية فقد ساعدت خصائص مكونات التربة بشكل عام - باستثناء بعض مواضع تكوينات صخور الجبس والانهدريت التي تم إحلالها - إلى تقليل سمك

قطاع الصرف، كما أدت سهولة حفر رواسب الزمن الرابع إلى خفض تكاليف إنشاء الأساسات ومد البنية التحتية من قنوات صرف مياه السيول، وساعدت دراسة مواضع الصدوع والتخطيط المسبق من قبل الشركة المصممة إلى تجنب الإنشاء في تلك المواضع. وقد ساعد وجود الصخور الصلبة جنوب حرم المطار إلى خفض تكلفة التغطية والاكتماء فقط بشق قنوات الصرف. وبالنسبة للتأثيرات السلبية فيلاحظ أن وجود تكوينات صخور الجبس والانهدريت إلى وجوب استبدال التربة في هذه المواضع ما أدى إلى الرفع النسبي للتكاليف.

ثالثاً: بعض الخصائص المناخية:

تؤثر بعض عناصر المناخ (الرياح، الحرارة، الضغط الجوي، المطر) وبعض الظواهر المناخية كالعواصف الترابية على العمليات الملاحية بالمطارات كتحديد اتجاه الهبوط أو تحديد ارتفاع الطيران، فيما يلي عرض لذلك اعتماداً على بيانات محطات أرصاد القصير ومرسى علم ورأس بناس في الفترة بين عامي (١٩٨٠ - ٢٠١٩).

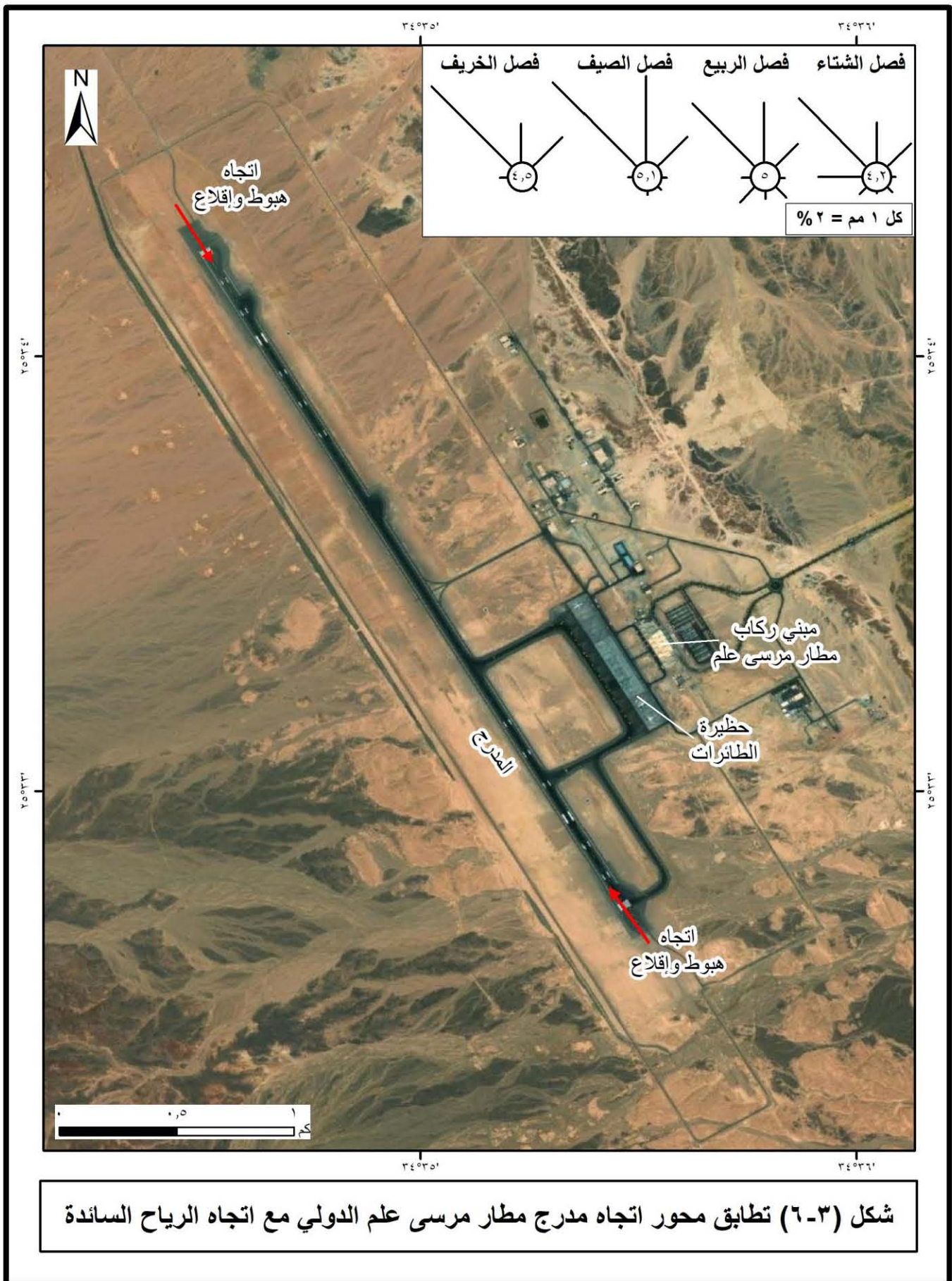
أ) الرياح:

تسود الرياح الشمالية الغربية بموقع مطار مرسى علم، ويبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح بالمطار ١٤,٢ كم/ساعة (٧,٩ عقدة) (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١، ص ص ٢٢٥-٢٢٩)، وهو معدل سرعة خفيف قياساً بالمعدل السنوي لسرعة الرياح في مطار الغردقة ٢٧,٨ كم/ساعة (١٥,٤ عقدة) (طارق زكريا إبراهيم، ١٩٩٣، ص ١٧٦). ويظهر تأثير الرياح في تطابق محور امتداد المدرج مع محور اتجاه الرياح السائدة (الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي).

ويتضح من قراءة وتحليل شكل (٣-٦) سيادة الرياح الشمالية الغربية بنسبة تكرار هبوب تصل إلى ٤١,٧% (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١، ص ص ٢٢٥-٢٢٩) الأمر الذي أدى إلى تفضيل العتبة الجنوبية للمدرج^(١) كاتجاه هبوط رئيسي بالمطار بنسبة تشغيل تصل إلى ٨٠%. ومع ذلك فهناك استثناءات تشغيلية ترتبط باتجاه الاقتراب؛ فأحياناً يفضل بعض الطيارين القادمين من الشمال الهبوط من الجهة الشمالية للمدرج كلما سمحت سرعة الرياح بذلك توفيراً للوقت الذي يُفقد أثناء الالتفاف للهبوط من جهة الجنوب.

ويبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح المتعامدة على مدرج المطار أقل من ١٢ كم/ساعة (٦ عقدة)، بينما بلغت عتبة تأثير الرياح المتعامدة على المدرج ذات الكود المرجعي 4D^(٢) كمدرج مطار مرسى علم ٣٧ كم/ساعة (٢٠ عقدة) فأكثر^(٣) ومن ثم فلا يوجد أية تأثير سلبي للرياح المتعامدة على حركة الملاحة بالمطار (ICAO, Annex 14 — Aerodromes, Page 3-3, 2016).

(١) تهبط الطائرات في اتجاه معاكس لاتجاه هبوب الرياح.
(٢) كود ٤ تعني أن طول المدرج يزيد عن ١٨٨٠م، ويبلغ عرضه نحو ٤٥م. كود D تعني أن عرض جناح الطائرة يبلغ طوله من ٣٦م إلى أقل من ٥٢م وعرض مجموعة العجلات من ٩م إلى أقل من ١٤م ولا يتضمن ١٤م،
(٣) يجب ألا تزيد سرعة الرياح المتعامدة على المدرج على ٣٧ كم/ساعة (٢٠ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها نحو ١٥٠٠م وأكثر، و ٢٤ كم/ساعة (١٣ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها نحو ١٢٠٠م وأقل من ١٥٠٠م، و ١٩ كم/ساعة (١٠ عقدة) للطائرات التي يبلغ كود طول المدرج لها أقل من ١٢٠٠م (ICAO, Doc 9184 — Airport Planning Manual, Part 1, P 1-35, 1987).



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات المعدلات الفصلية لمحطات منطقة الدراسة بين عامي ١٩٨٠ - ٢٠١٢، وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

ب) الحرارة:

يتميز موقع مطار مرسى علم بالاعتدال النسبي في درجات الحرارة حيث سجل المعدل السنوي لدرجات حرارة المطار ٢٥,٣ درجة مئوية. ويتضح من قراءة جدول (٣-٤) أن متوسط درجة الحرارة بمطار مرسى علم تتراوح بين ٣٢ و ١٨ درجة مئوية للعظمى والصغرى على التوالي، وكان شهر يناير أكثر شهور السنة انخفاضاً في درجات الحرارة حيث سجل ٢٣ و ١٠ درجة مئوية للعظمى وللصغرى على التوالي. في حين مثل شهري يوليو وأغسطس أكثر شهور السنة ارتفاعاً في درجات الحرارة حيث سجل ٤٠ و ٢٤ درجة مئوية للعظمى وللصغرى على التوالي. وتتميز درجة الحرارة بعدم تطرفها فلا تتخطى قيمة الـ ٤٠ درجة مئوية إلا لنحو ٢٥ يوماً في السنة، بينما لا تهبط دون قيمة الـ ١٥ درجة مئوية إلا لنحو ١٥ يوماً في السنة.

جدول (٣-٤) المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى والصغرى بمطار مرسى علم في الفترة بين عامي (١٩٧٦-٢٠٠٥)

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
العظمى	٢٣	٢٥	٢٨	٣٢	٣٦	٣٩	٤٠	٤٠	٣٨	٣٤	٢٨	٢٥
الصغرى	١٠	١٠	١٣	١٧	٢١	٢٣	٢٤	٢٤	٢٣	٢٠	١٦	١٢

المصدر: متوسطات محطات القصير ورأس بناس، الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١، ص ٢٢٣ و ٢٢٨.

وتدخل درجة الحرارة في عدد كبير من المعادلات أثناء إنتاج إجراءات الهبوط الآلي، ونظراً لما يتمتع به مطار مرسى علم بمعدلات طبيعية لدرجة الحرارة لم تؤدي إلى إطالة المدرج أو وضع قيود للهبوط أو الإقلاع.

ج) الضغط الجوي:

يتأثر ساحل البحر الأحمر والصحراء الشرقية ومن ثم منطقة الدراسة بمنطقتين رئيسيتين من الضغط الجوي؛ تتمثل المنطقة الأولى في الضغط المرتفع الأزوري الذي تخرج منه الرياح الشمالية والتي يتفاوت تأثيرها بين فصلي الشتاء والصيف؛ حيث يؤدي انتقال مركز الضغط الجوي نحو الجنوب بالقرب من مدار السرطان إلى تولد الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية بينما يؤدي انتقاله شمالاً إلى سيادة الرياح الشمالية. وتتمثل المنطقة الرئيسية الثانية للضغط الجوي في منطقة الضغط الموسمي المتغير على قارة آسيا فيتمركز في فصل الشتاء مولداً ضغطاً مرتفعاً ويمتد غرباً إلى إقليم

البحر الأحمر، وقد يتصل بامتداد الضغط المرتفع الأزوري فيتحد مؤثرين على اتجاه الرياح من الشمال إلى الجنوب (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠، ص ٢٢٨).

ويبلغ المعدل السنوي للضغط الجوي^(١) بمطار مرسى علم ١٠١١,٢ ملليبار (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١، ص ص ٢٢٣-٢٢٨) حيث تستخدم قيم الضغط الجوي بمطار مرسى علم في تحديد ارتفاع الطائرات عند كل هبوط عن طريق أخذ قراءة الضغط الجوي عند سطح المطار وطرحها من القيمة المسجلة بالطائرة لمعرفة الارتفاع الحقيقي عند الهبوط، كما يستخدم في تعيين الحد الفاصل بين منطقة اقتراب الطائرات للهبوط وفضاء الطيران العابر وهي ٩٥٠٠ قدم فوق منسوب سطح البحر.

د) ظاهرات مناخية أخرى مثل العواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار:

تعد العواصف الترابية أحد الظواهر المناخية المألوفة في المناطق الجافة وشبه الجافة (أحمد العمودي، ٢٠٠٢، ص ١٠١٥)، وتعد العواصف الترابية من الظواهر الجوية الهامة التي تحدث في المناطق الساحلية وتعرف بـ"الأذيب"، وتهب من الجنوب والجنوب الغربي وتكون قوية مع تميزها بالبرودة النسبية، ويؤدي هبوبها إلى ضعف الرؤية وأحيانا تصل إلى انعدام الرؤية تمامًا، وعادة ما تكون مشبعة بالرطوبة مما يجعلها قاسية على الإنسان (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠، ص ٢٥٢)، ويمكن خطر تكون الضباب والشبورة في تقليل مدى الرؤية إلى أقل من ألف متر.

وفيما يخص المطر؛ يتميز ساحل البحر الأحمر بالجفاف الشديد باستثناء فصل الخريف وأوائل فصل الشتاء (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١، ص ص ٢٢٣-٢٢٨). وتتعرض منطقة الدراسة إلى سقوط أمطار فجائية غالبًا ما ترتبط بالعواصف الرعدية ما يؤدي إلى حدوث السيول، حيث يتقدم منخفض السودان الموسمي إلى الشمال ساحبًا معه هواء شديد الحرارة من الطبقات السفلى، في حين يسود طبقات الجو العليا هواء شديد البرودة نظرًا لتقدم التيار النفاث العلوي البارد إلى منطقة حوض البحر المتوسط، فيتصاعد الهواء الساخن إلى أعلى وبالتالي تحدث حالات عدم الاستقرار؛ وتحدث العواصف الرعدية خصوصًا عندما يكون الهواء الساخن القادم من الجنوب قد مر على البحر الأحمر وتشبع ببخار الماء (طارق زكريا إبراهيم، ١٩٩٣، ص ٢٣٣).

ويتضح من قراءة جدول (٣-٥) ندرة حدوث الظواهر سائلة الذكر الأمر الذي أدى إلى مرونة في حركة التشغيل، حيث سجلت منطقة الدراسة ٣ أيام عاصفة، و ٣ أيام للضباب، في حين أدى جفاف مناخ المنطقة إلى تسجيل ١٠ أيام مطيرة. وللوهلة الأولى قد يوحي قلة عدد الأيام المطيرة

(١) في الفترة من ١٩٧٦ إلى ٢٠٠٥.

بعدم تأثيرها على الرغم أنها من أكثر الظواهر المناخية تأثيرًا في المنطقة لما ينجم عنها من حدوث سيول مدمرة دفعت الشركة المالكة للمطار بإنشاء نظام تصريف وبعض الإنشاءات الأخرى لمجابهة السيول كما ذكر سابقًا.

جدول (٣-٥) عدد أيام حدوث بعض الظواهر المناخية بمحطة أرصاد مطار مرسى علم في الفترة بين (٢٠٠٨-٢٠١٩)

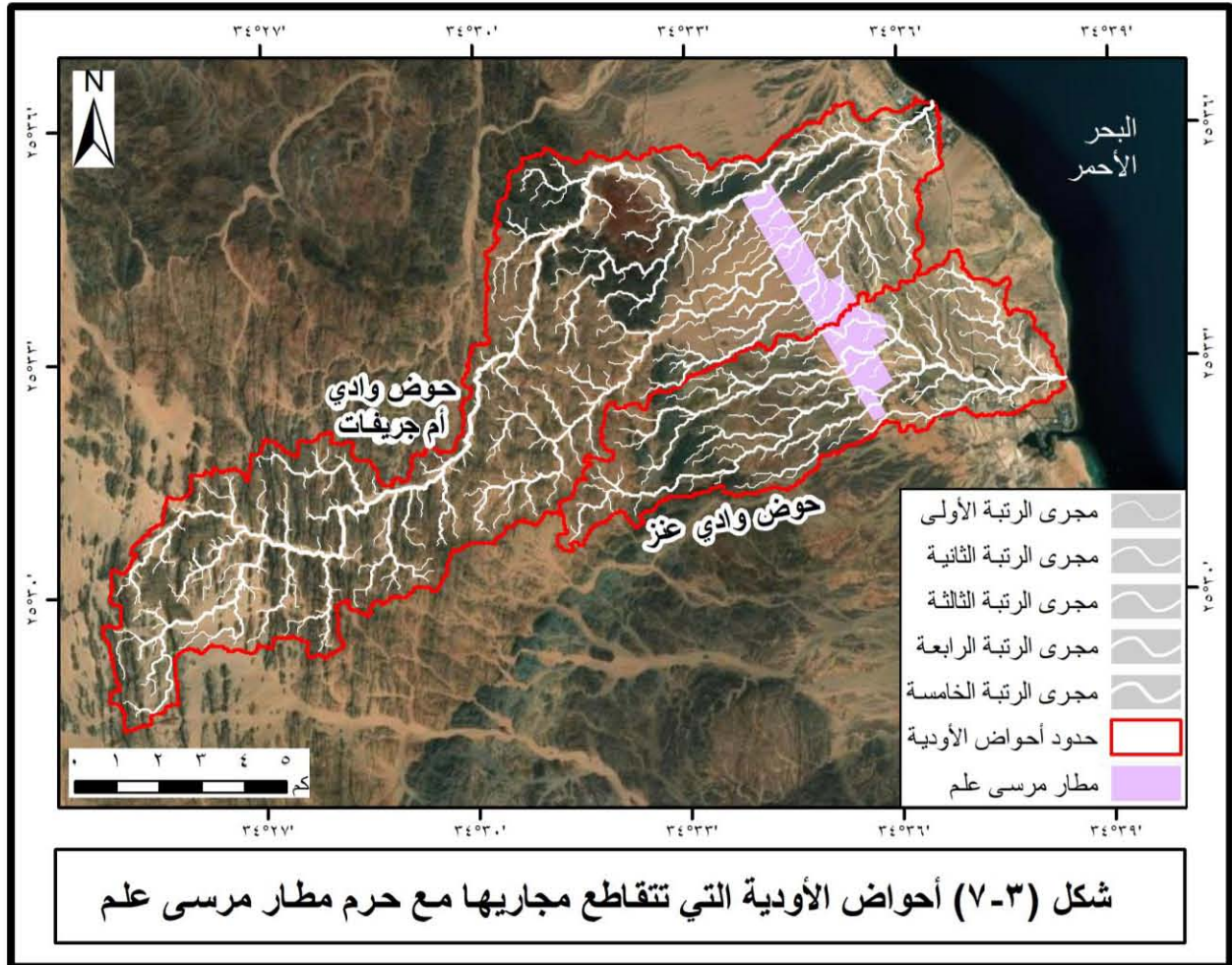
السنة	مطر	عواصف	ضباب
٢٠٠٨	١	٠	٠
٢٠٠٩	٠	٠	٠
٢٠١٠	١	٠	٠
٢٠١١	٠	٠	٠
٢٠١٢	٠	١	٠
٢٠١٣	٠	٠	٠
٢٠١٤	٣	١	٠
٢٠١٥	١	٠	٠
٢٠١٦	١	٠	١
٢٠١٧	١	١	٠
٢٠١٨	١	٠	٠
٢٠١٩	١	٢	٢

المصدر: بيانات محطة أرصاد مطار مرسى علم <https://en.tutiempo.net/climate/ws-623661.html>

وبناء على العرض السابق يلاحظ أن هناك تأثيرات كبيرة للمناخ على الوضع الجيويئي للمطار، وبعضها تأثيرات إيجابية والأخرى سلبية، وبالنسبة للتأثيرات الإيجابية فكان لاتفاق امتداد محور المدرج مع اتجاه الرياح السائدة الأثر الأكبر في سهولة اقتراب الطائرات إلى المطار، كذلك أدى انخفاض سرعة هبوب الرياح المتعامدة Cross wind إلى عدم تأثيرها على العمليات الملاحية، كما أدى الاعتدال النسبي في درجات الحرارة المسجلة بالمطار إلى عدم تعديل حسابات إنشاء المدرج أو حسابات عمليات الإقلاع والهبوط ما أدى استمرارية حركة الطيران. وبالنسبة للتأثيرات السلبية: تؤدي الأمطار الفجائية الغزيرة إلى حدوث الجريان السيلي، ما دفع الشركة المالكة للمطار إلى إنشاء نظام تصريف تم فيه تعديل المسارات الطبيعية لمجاري الأودية الأمر الذي أدى إلى زيادة في تكلفة إنشاء المطار.

رابعاً: أخطار السيول:

تعد الأخطار الجيومورفولوجية لا سيما السيول من أهم التحديات التي تواجه العديد من المشروعات الكبرى في مصر؛ حيث يمتد مطار مرسى علم متقاطعاً مع الجزء الأدنى من أحواض أودية أم جريفات والعنز، وتبلغ رتبة المجرى الرئيسي لهذين الحوضين الرتبة الخامسة تبعاً لتصنيف استريلر شكل (٧-٣). وقد تم الاستخلاص الآلي لحدود الأحواض وكذلك استخراج شبكات التصريف من خلال معالجة بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM الإصدار الثالث بدقة مكانية ٣٠م، باستخدام برنامجي Global Mapper v18 & ArcGIS v10.4، كما تم مضاهاتها بالمرئيات الفضائية عالية الدقة المكانية من برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩ للتأكد من صحتها؛ وكانت خطوات الاستخلاص الآلي لحدود الأحواض وشبكة التصريف من قائمة Hydrology باستخدام برنامج ArcGIS v10.4 على النحو التالي:



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على تحليل بيانات SRTM وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩.

أ- معالجة القيم الشاذة في الارتفاع **Fill Sinks**: تعمل هذه الخطوة على إعطاء قيم متوسطة للخلايا الشاذة من خلال احتساب قيم ارتفاع الخلايا المجاورة، حيث تؤدي القيم الشاذة الكاذبة للخلايا إلى تشويه شبكة التصريف عن طريق خلق مسارات (روافد) غير موجودة على الواقع. وترجع أهمية هذه الخطوة إلى ضرورة وجود سلسلة متتابعة من قيم الخلايا بحيث تؤدي الخلية ذات القيمة الأكبر في الارتفاع عن منسوب سطح البحر إلى الخلية الأقل ارتفاعاً التي تليها وذلك حتى يتسنى للبرنامج تحديد حدود واتجاه الجريان.

ب- تحديد اتجاه الجريان **Flow Direction**: تعتمد هذه الخطوة على التي تسبقها ويتم فيها احتساب اتجاه الجريان عن طريق حساب تسلسل قيم الخلايا، من ثم يتم إعادة ترقيم قيم الخلايا بحيث تأخذ قيم كودية للاتجاهات الأصلية والفرعية (١، ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢، ٦٤، ١٢٨) لكل من الشرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب، شمال غرب، شمال، شمال شرق على الترتيب.

ج- تحديد مناطق تجمع المياه **Flow Accumulation**: تعتمد هذه الخطوة على التي تسبقها ويتم فيها إعادة ترقيم قيم الخلايا بحيث تأخذ كل خلية قيمة هي عدد الخلايا التي تصب فيها. وفي هذه الخطوة يجب عمل Stream Definition عن طريق عمل تصنيف Classify حتى يتسنى للبرنامج إظهار الروافد. (تختلف كمية الروافد بناءً على قيم فئات التصنيف وقد حدد الطالب عتبة قيمة التصنيف ب ١٠٠).

د- إعادة تحديد قيم للخلايا التي تأخذ قيم كاذبة عن طريق عملية **Set Null**: تعتمد هذه الخطوة على التي تسبقها. حيث نجد أن قيم خلايا الملف الناتج عن الخطوة السابقة تأخذ قيمة صفر للخلايا التي تمثل مناطق تجمع المياه بينما تأخذ المناطق الأخرى قيمة ١، من ثم يتم في هذه المرحلة إعطاء قيمة ١ للخلايا التي تمثل مناطق تجمع المياه وقيمة صفر للخلايا الأخرى.

هـ- ربط الروافد **Stream Link**: تعتمد هذه الخطوة على التي تسبقها ويتم فيها تحديد نقاط الاتصال بين الروافد وإعطاء كل نقطة اتصال قيمة منفردة.

و- حساب رتب الروافد **Stream Order**: تعتمد هذه الخطوة على التي تسبقها ويتم فيها حساب رتب الروافد ومعرفة قيم رتب مجاري شبكة تصريف الوادي اعتماداً على طريقة استريلر Strahler. وينتج عن هذه الخطوة ملف Raster تظهر فيه الروافد مصنفة بحسب رتبها. من ثم يتطلب الأمر خطوة إضافية تتمثل في تحويل ملف شبكة التصريف من صيغة Raster إلى صيغة Vector عن طريق أمر Stream to Feature من قائمة Hydrology، وذلك حتى يتسنى دراسة الملامح المورفومترية لشبكات التصريف.

ز- استخراج أحواض التصريف: تعتمد هذه الخطوة على ملف اتجاه الجريان Flow Direction عن طريق أمر Basin من قائمة Hydrology فينتج ملف بصيغة Raster تظهر فيه أحواض التصريف كمساحات لونية، لذا يتم تحويله إلى صيغة Vector عن طريق أمر Raster to Polygon من قائمة Conversion Tools، وذلك حتى يتسنى دراسة الملامح المورفومترية لأحواض التصريف.

وفيما يلي عرض لبعض الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض وشبكة التصريف، فضلاً عن عرض لطرق درء خطر السيول المقامة حالياً، وذلك على النحو التالي:

أ- بعض الخصائص المورفومترية للأحواض:

١- مساحة الأحواض:

تبلغ مساحة حوضي أم جريفات والعنز ٩٧ و ٣٥ كم^٢ على التوالي، وهما بذلك يقعا في فئة الأحواض صغيرة المساحة وصغيرة المساحة جداً، وذلك عند مقارنتها مع أحواض الأودية التي تصب في البحر الأحمر في قطاع القصير - مرسى علم؛ حيث بلغت مساحة حوضي أم غيج ومبارك ٨٥٨ و ٨٢٦ كم^٢، وهما أقرب الأحواض لمنطقة الدراسة، بينما بلغت مساحة وادي العمباجي ١٥٢٦,٤ كم^٢، وهو من الأحواض الكبيرة المساحة والتي تصب في ساحل البحر الأحمر (محمد إبراهيم محمد خطاب، ٢٠٠٧، ص ٩٢).

وقد ربطت بعض الدراسات بين مساحة الحوض وكمية التصريف حيث ذكر (متولي عبد الصمد عبد العزيز، ٢٠٠١، ص ٦١) أن هناك علاقة طردية بين مساحة الحوض والفترة الزمنية للتصرف أي أنه كلما زادت مساحة الحوض قلت شدة التصريف أخذاً في الاعتبار زيادة عملية الفقد بالتبخر والتسرب كلما زادت المساحة. وترى الدراسة الحالية أن هذه العلاقة ترتبط بمتغيرات أهمها نوع الصخر والانحدار، حيث نوع الصخر على كمية الفقد بالتسرب بينما يؤثر الانحدار على زمن التصريف وكمية الفقد بالتبخر.

٢- أبعاد الأحواض:

يبلغ أطوال حوضي أم جريفات وعنز ٢٤ و ١٣ كم على التوالي؛ حيث تم القياس عن طريق القياس الآلي لطول الخط المستقيم الممتد من نقطة المصب إلى أبعد نقطة تقع على خط تقسيم المياه. بينما يبلغ متوسط عرض حوضي أم جريفات وعنز ٤ و ٣ كم على التوالي؛ وقد تم حساب متوسط العرض عن طريق قسمة مساحة الحوض ÷ طوله (Zavoianu, 1978, P. 101)، في حين يبلغ طول محيط حوضي وادي أم جريفات وعنز ٩٦ و ٤٩ كم على التوالي.

٣- شكل الأحواض:

تساعد معاملات الشكل مثل معدل الاستدارة، ومعدل الاستطالة، ومعامل الشكل في التعرف على التطور الجيومورفولوجي لحوض التصريف، وفيما يلي دراسة معاملات الشكل بأحواض منطقة الدراسة (محمود محمد عاشور، وآخرون، ١٩٩١، ص ٣١٥).

- معدل الاستدارة:

تعتبر قيم معدل الاستدارة^(١) عن مدى اقتراب شكل أحواض التصريف إلى الشكل الدائري، فكلما اقتربت القيمة من الواحد الصحيح دل ذلك على اقتراب شكل حوض التصريف من الشكل الدائري والعكس صحيح (محمد صبري محسوب، ٢٠٠٤، ص ١٤٨)، فبعد تطبيق المعادلة بلغ معدل الاستدارة لحوضي أم جريفات وعنز ٠,١٣٠ و ٠,١٨١ على التوالي، وبذلك فإن حوضي منطقة الدراسة يبتعدا عن شكل الدائرة.

- معدل الاستطالة:

تعتبر قيم معدل الاستطالة^(٢) عند مدى اقتراب شكل أحواض التصريف إلى الشكل المستطيل، فكلما اقترب الناتج من الصفر كان شكل الحوض أقرب إلى الاستطالة، بينما إن اقترب الناتج من الواحد الصحيح ابتعد شكل الحوض عن شكل الاستطالة (محمد صبري محسوب، ٢٠٠٤، ص ١٤٨)، فمن خلال تطبيق المعادلة؛ بلغت قيم حوضي أم جريفات وعنز ٠,٤٦٣ و ٠,٥١٣ على التوالي، وبذلك فإن حوضي منطقة الدراسة يقتربا من الشكل المستطيل.

- معامل الشكل:

يوضح معامل الشكل^(٣) العلاقة بين طول وعرض أحواض التصريف؛ حيث تعتبر القيم المنخفضة إلى اقتراب شكل أحواض التصريف من شكل المثلث، بينما تعتبر القيم المرتفعة إلى اقتراب شكل أحواض التصريف من شكل المربع (محمود محمد عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص ٢٩٣). من خلال تطبيق المعادلة بلغت قيم حوضي أم جريفات وعنز ٠,١٦٨ و ٠,٢٠٧ يتضح اقتراب أحواض منطقة الدراسة إلى شكل المثلث.

(١) معدل الاستدارة هو ناتج المعادلة "مساحة الحوض ÷ مساحة دائرة بنفس طول محيط الحوض" (Gregory and Walling, 1979, P.51).

(٢) معدل الاستطالة هو ناتج المعادلة "محيط دائرة بنفس مساحة الحوض ÷ طول الحوض" (Schumm, S.A., 1956, P612).

(٣) معامل الشكل هو ناتج المعادلة "مساحة الحوض ÷ مربع طول الحوض" (Gregory and Walling, 1979, P.51).

٤- تضرس الأحواض:

ترجع أهمية دراسة تضرس الأحواض إلى أهمية الكشف عن المرحلة الجيومورفولوجية التي تمر بها الأنظمة النهرية، وما لذلك من تأثير كبير على العديد من الخصائص الهيدرولوجية مثل سرعة الجريان المائي وزمن التركيز وزمن التباطؤ وغيرها؛ وفيما يلي بيان لذلك:

- التضاريس القصوى:

بلغت قيم التضاريس القصوى^(١) لحوضي أم جريفات وعنز ٦٢٠م، ٢٨٠م على الترتيب، ومن ثم تتضح العلاقة الطردية بين مساحة الحوض والتضاريس القصوى؛ حيث أدت صغر مساحة حوضي الدراسة وقصر أطوالها إلى وقوع منابعتها في السلسلة الساحلية لجبال البحر الأحمر، وهي من أقل جبال البحر الأحمر ارتفاعاً، وبالتالي يعد الحوضان منخفضان في التضاريس القصوى شكل (٣-٨) إذا ما قورنا بأحواض أخرى أكبر مساحة وطولاً مثل حوض وادي أم غيج الذي يقع شمالهما مباشرة، وحوض وادي مبارك الذي يقع جنوبها مباشرة، إذ قامت الدراسة بحساب قيم التضاريس القصوى لهما باستخدام برنامج Arc GIS 10.4 وبيانات SRTM حيث سجلا ٣٤٠م، و ٩٦٠م على الترتيب.

- نسبة التضرس:

تشير نسبة التضرس^(٢) على مدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله كما تشير إلى درجة انحدار سطح الحوض، حيث بلغت قيم نسبة التضرس لحوضي أم جريفات وعنز ٠,٠٢٦ و ٠,٠٢٢، وتدل هذه القيم على أن حوضي الدراسة يمران بمرحلة الشيخوخة. في حين بلغت قيم نسبة التضرس لحوضي أم غيج ومبارك ٠,٠٢٦ و ٠,٠١٨ على التوالي.

وبقراءة وتحليل خريطة درجات انحدار سطح الأرض بحوضي وادي أم جريفات وعنز جدول (٣-٦) وشكل (٣-٨ب) تبين أن هناك علاقة طردية قوية بين تضرس سطح الأرض وقيم درجات الانحدار؛ حيث ترتفع قيم درجات الانحدار بالمنابع العليا بينما تأخذ في الانخفاض بالاتجاه نحو المصب. ومن ناحية أخرى؛ انعكست المرحلة العمرية "مرحلة الشيخوخة" التي يمر بها وادي منطقة الدراسة على قيم درجات انحدار سطح الأرض، حيث بلغت مساحة فئتي انحدار الأراضي المستوية وهينة الانحدار جداً والأراضي هينة الانحدار مجتمعين بحسب تصنيف ينج ١٩٧٢ (Young, 1972, PP. 173-175) نحو ٥٥% و ٨٠%، في حين بلغت مساحة فئة انحدار الأراضي شديد

(١) التضاريس القصوى هي ناتج المعادلة (منسوب أعلى نقطة على محيط الحوض - منسوب أدنى نقطة بالحوض) (Strahler, 1964, P. 66).

(٢) نسبة التضرس هي ناتج المعادلة (قيمة التضاريس القصوى ÷ طول الحوض) (Gregory, K.J. & Walling, D.E., 1979, P.60).

الانحدار ٣,٨% و ٠,٢٩%، من مساحة حوضي وادي أم جريفات وعنز على الترتيب، بينما سجلت الأراضي شديد الانحدار جدًا والحافات الرأسية وشبه الرأسية نسبة شبه معدومة من إجمالي المساحة. من ثم يتضح الاستواء النسبي لسطح حوضي الدراسة، فضلًا عن مرورهما بمرحلة متقدمة في دورة التعرية الأمر الذي أدى إلى انخفاض خطر قدرة السيول على التدمير بسرعة جريانها، بينما يبقى خطر قدرتها على الغمر ما استوجب إنشاء نظام تصريف فعال.

- قيمة الوعورة:

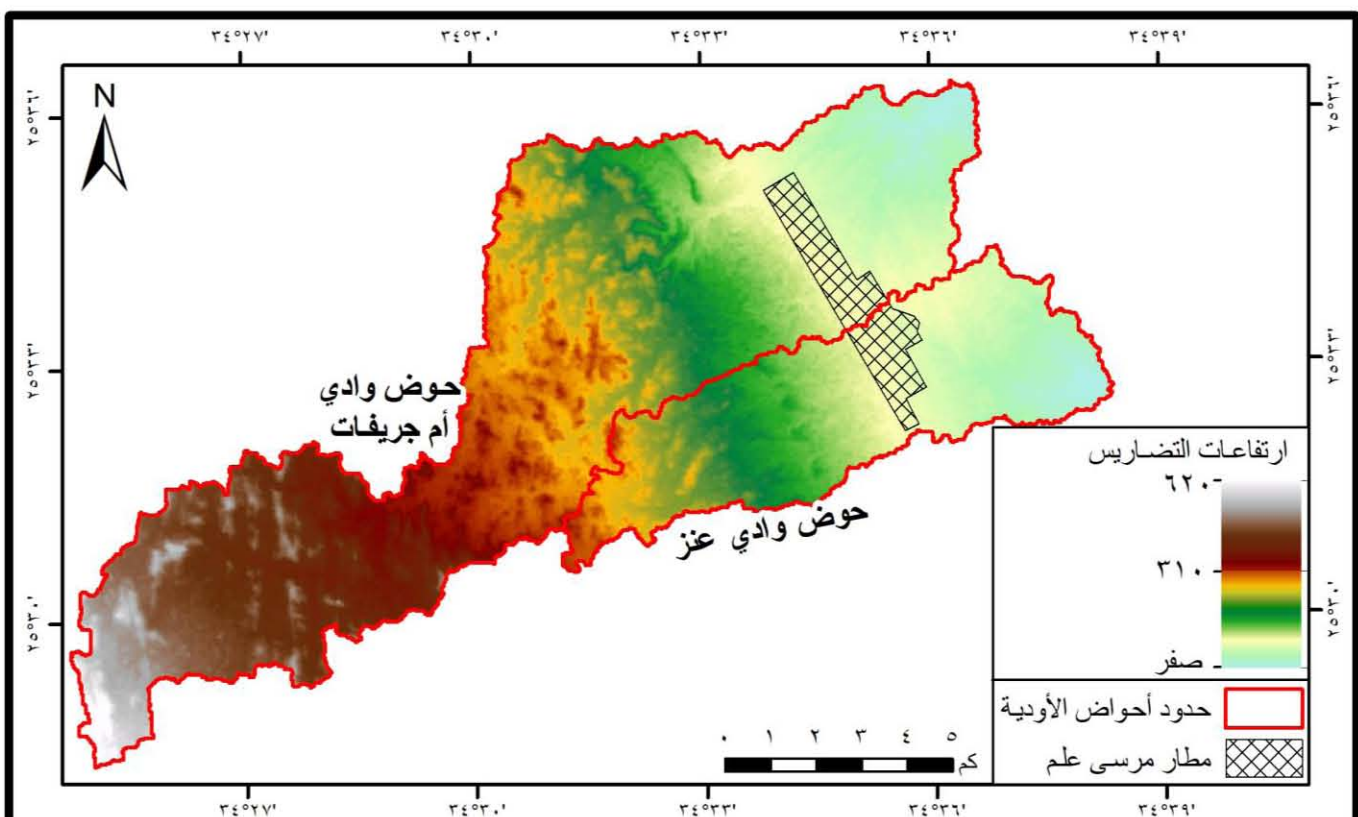
تشير قيمة الوعورة^(١) على مدى تضرر الأحواض فترتفع قيمة الوعورة مع زيادة التضاريس القصوى وزيادة أطوال المجاري على حساب المساحة الحوضية (محمود محمد عاشور وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٢٨). وقد سجل حوضي أم جريفات وعنز قيم ٢,٢٣ و ١,٢٣، وهي قيم تدل على قلة تضرر الأحواض.

جدول (٣-٦) فئات درجات انحدار سطح الأرض بحوضي وادي أم جريفات ووادي عنز

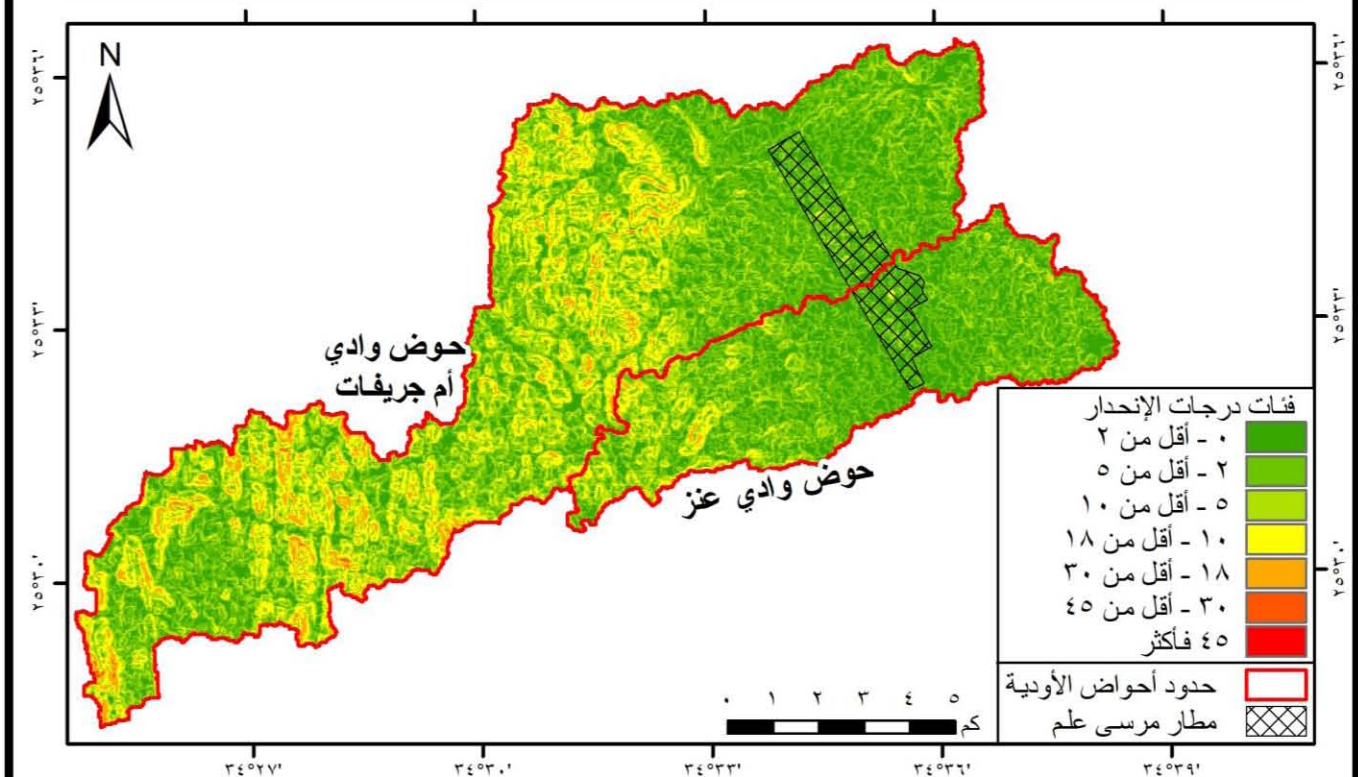
فئة الانحدار بالدرجات	طبيعة الانحدار	وادي أم جريفات المساحة (كم ^٢)	وادي عنز المساحة (كم ^٢)	وادي أم جريفات المساحة %	وادي عنز المساحة %
من ٠ - أقل من ٢ °	أراضي مستوية وهينة الانحدار جدًا	٢١,٣٩	١٢,٣٣	٢٢,٣١%	٣٦,١٢%
من ٢ - أقل من ٥ °	أراضي هينة الانحدار	٣٢,٠٢	١٥,٥٨	٣٣,٤٠%	٤٥,٦٥%
من ٥ - أقل من ١٠ °	أراضي متوسطة الانحدار	٢٤,٩٩	٥,٦٢	٢٦,٠٧%	١٦,٤٧%
من ١٠ - أقل من ١٨ °	أراضي فوق المتوسطة الانحدار	١٤,٩٠	١,٣٨	١٥,٥٥%	٤,٠٤%
من ١٨ - أقل من ٣٠ °	أراضي شديدة الانحدار	٣,٦١	٠,١٠	٣,٧٧%	٠,٢٩%
من ٣٠ - أقل من ٤٥ °	أراضي شديدة الانحدار جدا	٠,٠٨	٠	٠,٠٨%	٠
٤٥ ° فأكثر	الحافات الرأسية وشبه الرأسية	٠	٠	٠	٠
الإجمالي		٩٧	٣٥	١٠٠%	١٠٠%

المصدر: إعداد الطالب اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمة SRTM، و طبقًا لتصنيف ينج، ١٩٧٢ (Young, 1972, PP. 173-175).

(١) قيمة الوعورة هي ناتج المعادلة (قيمة التضاريس القصوى x كثافة التصريف ÷ ١٠٠٠) (محمود محمد خضر، ١٩٩٨، ص ٢٥٣)



شكل (٣-أ) ارتفاعات التضاريس داخل حدود حوضي منطقة الدراسة



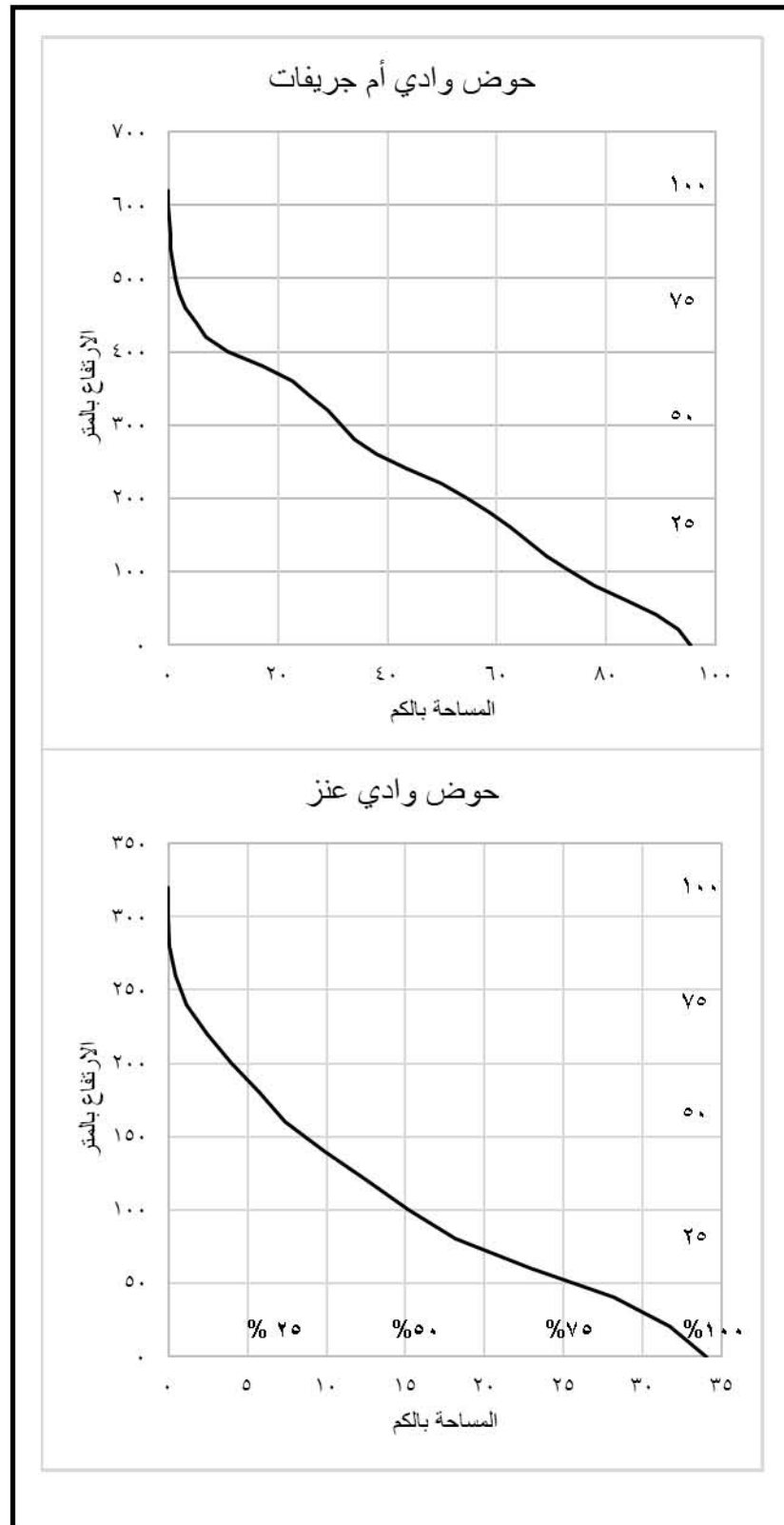
شكل (٣-ب) درجات انحدار سطح الأرض بحوضي منطقة الدراسة

- التكامل الهيسومتري:

تشير قيمة التكامل الهيسومتري^(١) إلى المرحلة العمرية التي تمر بها أحواض التصريف حيث تتناسب قيم التكامل الهيسومتري عكسياً مع الفترة الزمنية التي قطعتها الأحواض من الدورة التحاتية والعكس (محمود محمد عاشور، وآخرون، ١٩٩١أ، ص ٣٢٦)، وقد سجل حوضي أم جريفات وعنز قيمتي ٠,١٥ و ٠,١٢ على التوالي؛ مما يدل على تدني قيم تكاملهما الهيسومترية وبالتالي مرورهما بمرحلة الشيخوخة.

وتأكيداً على المرحلة التحاتية التي يمر بها حوضي واديي أم جريفات وعنز، يتضح من قراءة المنحنى الهيسومتري شكل (٣-٩) اتخاذ المنحنى للشكل المقعر وهذا دليلاً على عبور الدورة التحاتية عمر النصف (مرحلة النضج) ودخلوها مرحلة الشيخوخة.

(١) قيمة التكامل الهيسومتري هي ناتج المعادلة (مساحة الحوض كم^٢ ÷ التضاريس الحوضية (القصوى) متر) (محمود محمد عاشور، وآخرون، ١٩٩١أ، ص ٣٢٦).



المصدر: إعداد الطالب اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM.

شكل (٣-٩) المنحنى الهيسومتري لحوضي وادي أم جريفات ووادي عنز

ب- بعض الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف:

١- أعداد المجاري:

تبلغ إجمالي أعداد المجاري لحوضي منطقة الدراسة ١٠٧٧ مجرى، وبلغ نصيب وادي أم جريفات منها ٨١٠ مجرى، بينما بلغ عدد مجاري وادي عنز ٢٦٧ مجرى. ومن ثم تتضح العلاقة الطردية القوية بين (أعداد المجاري وكلّ من مساحة الأحواض وكمية المياه الجارية أثناء السيل) حيث تؤثر أعداد المجاري تأثيرًا واضحًا في عملية الجريان السيلي (أحمد سالم صالح، ١٩٩٩، ص ٥٣).

٢- أطوال المجاري:

يبلغ إجمالي أطوال المجاري لحوضي منطقة الدراسة ٥٠٣ كم، ويحتل وادي أم جريفات المرتبة الأولى بنصيب ٣٤٨ كم بينما جاء وادي عنز في المرتبة الثانية بنصيب ١٥٥ كم. ويلاحظ أيضًا العلاقة الطردية القوية بين أطوال المجاري وكلّ من أعدادها ومساحة الأحواض. وتؤثر أطوال المجاري في المسافة التي يقطعها الجريان في الروافد حتى يصل إلى المجرى الرئيسي أو في الشبكة كلها حتى يصل إلى المصب (أحمد سالم صالح، ١٩٩٩، ص ٥٤-٥٥).

٣- معدل التشعب:

بلغت نسبة التشعب لوادي أم جريفات ٤ بينما بلغت ٣ لوادي عنز. وتعبر نسبة التشعب عن النسبة بين عدد المجاري في رتبة معينة إلى عدد المجاري في الرتبة الأعلى منها مباشرة (Leopold, M.G., et al., 1964, PP.137, 138). فكلما قلت نسبة التشعب كلما زاد خطر الفيضانات، حيث توجد علاقة عكسية بين نسبة التشعب وكلّ من الزمن والتصريف، (محمود محمد عاشور، وآخرون، ١٩٩١، ص ٣٣٥).

٤- كثافة التصريف:

تؤثر كثافة التصريف في نمط الجريان السطحي Runoff Pattern، حيث أن ارتفاع كثافة التصريف تزيد من سرعة حدوث الجريان، وتقلل من زمن التباطؤ، ومن ثم ترتفع قمة التصريف (Chorley, R.J., 1973, In Chorley, R.J., P.41). وتوضح قيمة كثافة التصريف العلاقة بين أطوال المجاري ومساحة الحوض، عن طريق المعادلة $(D = EL / A)$ (Morrisawa, M, (١) 1985, P.137). وتبين من تطبيق المعادلة على أحواض منطقة الدراسة أن كثافة التصريف في حوضي أم جريفات وعنز ٣,٥ و ٤,٤ كم/كم^٢ على التوالي، ومن ثم فإن وادي أم جريفات وعنز يقعا

(١) المعادلة $(D = EL / A)$ حيث إن: D = كثافة التصريف، EL = الطول الإجمالي للمجاري، A = مساحة الحوض..

في فئة كثافة التصريف المنخفضة بحسب تصنيف موريساوا^(١) (Morrisawa, M, 1985, P.140). ويرجع ذلك إلى أن معظم صخور الحوضين من الصخور النارية والمتحولة، وهي صخور شديدة المقاومة للنحت، كما أنها منخفضة النفاذية.

ج- بعض الخصائص الهيدرولوجية للأحواض:

١- زمن التركيز:

توضح معادلة زمن التركيز^(٢) الفترة الزمنية التي تستغرقها المياه عند تحركها من أبعد نقطة في الحوض إلى المصب؛ ومن ثم بلغ زمن التركيز في حوضي منطقة الدراسة ٨,٨ ساعة لحوض أم جريفات بينما سجل وادي عنز ٤,٦ ساعة. ويدل ذلك على القصر النسبي للفترة الزمنية التي يستغرقها الجريان السطحي للتحرك من أبعد نقطة على محيط الحوض إلى المصب إذا ما تمت المقارنة بين أودية منطقة الدراسة ووادي علم (محمد إبراهيم خطاب، وعمرو محمد صبري، ٢٠٢٠، ص ٤٧).

٢- زمن التباطؤ:

توضح معادلة زمن التباطؤ^(٣) الفترة الزمنية الفاصلة بين بداية هطول الأمطار وبدء الجريان (عواد حامد موسى، ٢٠١٧، ص ٣٣٩)؛ ومن ثم بلغت الفترة الزمنية الفاصلة بين بداية هطول المطر وبدء الجريان في وادي أم جريفات وعنز ٢٧,٦ و ١٨ دقيقة على الترتيب. ويدل ذلك على قصر الفترة الزمنية لتولد الجريان ما يستوجب إنشاء نظام تصريف للسيول فعال لحماية المطار.

٣- سرعة الجريان:

ثمة علاقة طردية بين سرعة الجريان وقدرة المياه على النحت ونقل الرواسب. فمن خلال حساب معادلة سرعة الجريان السطحي^(٤) وبإتمام ادخال بيانات وادي أم جريفات وعنز سجلا ٧,٦ و ١٠,٧ كم/ساعة على الترتيب، ومن ثم تدل القيم على سرعة الجريان السطحي وما يصحبه من ارتفاع

(١) قسمت موريساوا أحواض التصريف تبعا لكثافة التصريف إلى أربع فئات هي: مناطق ذات كثافة تصريف منخفضة (أقل من ٨ كم/كم^٢)، ومناطق ذات كثافة تصريف متوسطة (من ٨ - ٢٠ كم/كم^٢)، ومناطق ذات كثافة تصريف عالية (من ٢٠ - ٤٠ كم/كم^٢)، ومناطق ذات كثافة تصريف عالية جدا (أكثر من ٤٠ كم/كم^٢).

(٢) يتم حساب زمن التركيز عن طريق المعادلة $T_c = 0.06628 L^{0.77} / Y^{0.385}$ ، حيث أن: T_c زمن التركيز بالساعة، و L طول المجرى الرئيسي من المنبع إلى المصب (كم)، و Y معدل الانحدار بين أعلى وأقل ارتفاع في الحوض (متر/كم) (Hingray, et al., 2015, P. 364).

(٣) يتم حساب زمن التركيز عن طريق المعادلة $KL = (مساحة الحوض) \times (انحدار الحوض / كثافة التصريف)$ (Hichock et al, 1959, P 610).

(٤) يتم حساب سرعة الجريان عن طريق المعادلة (طول الحوض ÷ زمن التركيز) (أسامة حسين شعبان، ٢٠٠٥، ص ٣٦).

قدرتها على النحت ونقل الرواسب، ما يستوجب إنشاء نظام فعال لتصريف مياه السيول للحفاظ على الاستثمارات التي تم ضخها في إنشاءات مطار مرسى علم.

٤- متوسط أكبر كمية أمطار سقطت على حوضي منطقة الدراسة:

يمكن حساب كمية المياه المتوقعة سقوطها على حوضي منطقة الدراسة من خلال المعادلة (كمية المياه المتوقعة سقوطها = أكبر كمية مطر سقطت في يوم واحد × مساحة الحوض)، حيث بلغ متوسط كمية الأمطار الساقطة في يوم واحد بمحطتي القصير ورأس بناس ٤٤,٤ مم^(١) في الفترة (١٩٧٦-٢٠٠٥)، وبإتمام تطبيق المعادلة تبين أن كمية المياه التي سقطت على حوض وادي أم جريفات ٤,٣ مليون متر^٣ وحوض وادي عنز ١,٦ مليون متر^٣، ومقارنةً بحوض وادي علم^(٢) يتضح التناسب الطردي بين مساحة الحوض وكمية المياه المستقبلية؛ حيث سجل حوض وادي علم ١٨,٤ مليون متر^٣.

ثمة عدد من المتغيرات على سبيل المثال لا للحصر (نوع الصخر، والانحدار، كمية الفاقد بالبخار والتسرب) التي بشأنها التأثير في حجم التصريف النهائي بالحوض.

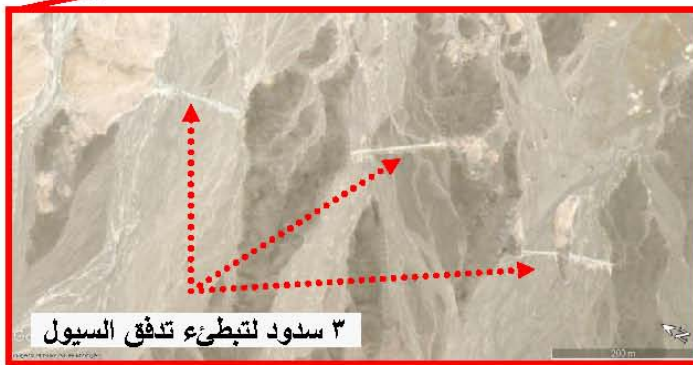
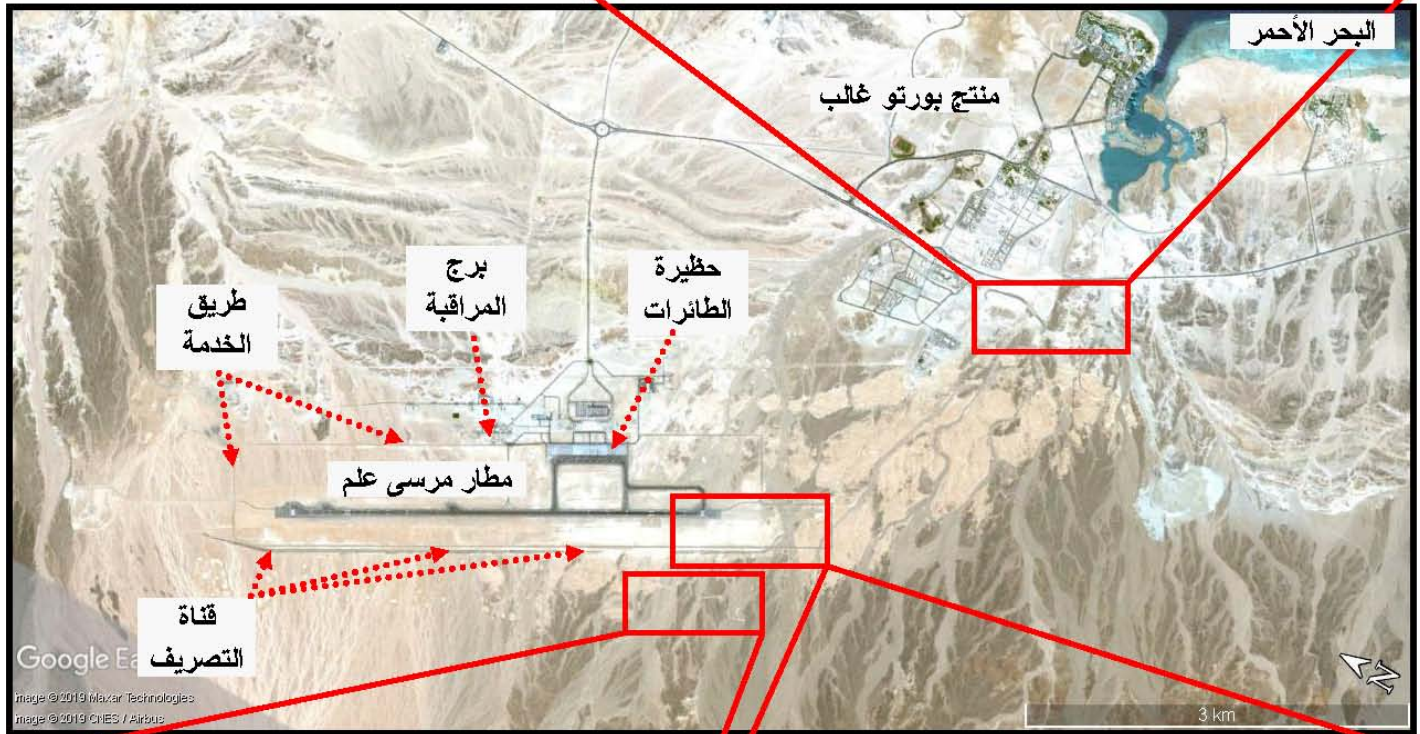
د- طرق درء خطر السيول المقامة حالياً بمطار مرسى علم:

أسندت شركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات المالكة للمطار أمر إنشاء نظام التصريف والحماية من تدفق مياه السيول إلى شركة NACO Netherlands Airport Consultants، فوضعت في تصميمها عددًا من طرق الحماية لموقع المطار المهدد بكثير من مجاري الأودية (شركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات، تقارير غير منشورة، ٢٠١٨)، حيث يتضح من شكل (٣-١٠) وسائل حماية المطار على النحو التالي:

- تم حفر قناة غرب المدرج بطول ٤٦٠٠ م وعمق يصل إلى ٣ م، بحيث تعمل هذه القناة على توزيع مياه السيل متفقة مع الانحدار الطبيعي للأرض المنحدرة شمالاً لتصريف في المجرى الطبيعي لوادي أم جريفات وجنوباً لتصريف في المجرى الطبيعي لوادي عنز وغالب.
- تم بناء ٣ سدود على مجاري الأودية المتقاطعة مع جنوب المدرج بأطوال ١٥٠ م، ٤٠ م، ١١٠ م على الترتيب من الشمال إلى الجنوب، للتحكم في المسار المتوقع لمياه السيل وتوجيهها إلى التحويلات سالفة الذكر.

(١) تم حساب متوسط كمية الأمطار بالاعتماد على القيم المسجلة بأقرب المحطات لمنطقة الدراسة حيث سجلت أكبر كمية أمطار سقطت في يوم واحد بمحطة القصير ٢٠,٦ مم بتاريخ ١٩٧٩-٥-٣، في حين سجلت أكبر كمية أمطار سقطت في يوم واحد بمحطة رأس بناس ٦٨,٢ مم بتاريخ ١٩٧٩-٥-٦.

(٢) تم حساب متوسط كمية الأمطار لوادي علم بنفس المعطيات التي أدخلت في حسابات منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على الدراسة الميدانية، والتحليل البصري لصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩. (شكل ٣-١٠) نظام تصريف مياه السيول بحرم مطار

- تم حفر ٢ قناة بطول ١ كم لكل قناة، وإنشاء ٣ سدود بإجمالي أطوال ٨٠٠ م لتحويل المياه على طول المسار المتوقع للجريان السيلي البالغ ٢ كم لينتهي تعديل المسار إلى البحر عند مارينا اليخوت بمنتجع بورتو غالب.
- عمل انحدارات هندسية معينة للمدرج وحظيرة الطائرات يحول دون استقرار المياه على سطح أرض المدرج أو حظيرة الطائرات.
- هناك أربعة مواضع لأعمال هندسية أخرى لمجابهة الجريان السيلي مثل تخفيض منسوب الأرض للتجميع الطبيعي لمياه السيل ومن ثم سحبها، وتقع هذه المواضع في المنطقة المحصورة بين حظيرة الطائرات والمدرج، وشمال وجنوب حظيرة الطائرات، وعلى طول طريق الخدمة من أمام برج المراقبة ولمسافة ١ كم غرب الطريق باتجاه الشمال، بالإضافة إلى المنطقة الواقعة غرب المدرج.

بناء على ما سبق يلاحظ أن هناك تأثيرات إيجابية وأخرى سلبية على الوضع الجيويئي للمطار، وبالنسبة للتأثيرات الإيجابية فعلى الرغم من تقاطع امتداد مطار مرسى علم مع مجاري وادي أم جريفات وعنز؛ إلا أن صغر حجم الأحواض وقلة تضرسهما وسيادة فئات درجات انحدار الأراضي المستوية وشبه المستوية فضلاً عن مرورهما بمرحلة الشيخوخة أدى إلى قلة تأثير الجريان السطحي لمياه السيول على المطار. أما عن التأثيرات السلبية: فقد أدى الانحدار العام لسطح الأرض إلى تدفق مياه السيول -على الرغم من قلة تأثيرها- صوب المطار بشكل مباشر، الأمر الذي استوجب القيام بأعمال هندسية كعمل انحدارات تحول دون استقرار المياه على سطح أرض المدرج أو حظيرة الطائرات بالإضافة إلى رفع منسوبها عما حولها أو كإنشاء السدود ومد قنوات تصريف مياه السيول، وقد أدت كل هذه العمليات الهندسية إلى رفع قيمة نفقات الإنشاء من أجل حماية منشآت المطار. ومن ثم لم يكن هناك تأثير للجريان السيلي الذي حدث في السنوات القريبة الماضية ٢٠١٦ أو ما قبلها ٢٠١١ و٢٠١٣، حيث عملت قنوات التصريف على تحويل المياه إلى المجاري الطبيعية عبر قناة التفريغ (مخر السيل) إلى البحر.

خامسًا: بعض الخصائص البيئية:

يقع مطار مرسى علم ضمن قائمة مطارات مصر السبعة الرئيسية^(١)، وكان الاهتمام بالنواحي البيئية ظاهرًا للوهلة الأولى منذ إنشاء المطار، حيث اهتمت شركة EMAK بإعداد دراستين لتقييم الأثر البيئي (EIA) Environmental Impact Assessment للمطار، الأولى قبل الإنشاء عام ١٩٩٨ والأخرى عند تطوير المطار في عام ٢٠١١. حيث قامت شركة ENVIRO-PRO / SWRC^(٢) بعمل الدراسة الأولى بينما قامت شركة ECG Engineering Consultants Group بعمل الدراسة الثانية.

وقد تمتع موقع المطار بعدد من المميزات، من أهمها عدم وصول تأثير الضوضاء والغازات الدفينة إلى عتبة الحد غير المسموح وبالتالي قلة تأثيره على عناصر البيئة داخل أو في محيط المطار، وفيما يلي عرض وتحليل لما ورد في هذا الشأن:

أ) الضوضاء:

استخدمت شركة ENVIRO-PRO / SWRC نموذج الضوضاء المتكامل integrated Noise Model (INM) إصدار ٥,٠ الذي طورته الإدارة الفيدرالية للطيران (أمريكا) FAA في توقع مستويات الضجيج/الضوضاء بموقع مطار مرسى علم عام ١٩٩٨.

بعد نمذجة المطار على الحاسب الآلي جاءت مدخلات البرنامج كالتالي:

- استخدام المطار حتى عام ٢٠٤٠ بسعة ركاب تصل إلى ٤ مليون راكب/سنة أي نحو ٢٠ ألف تحرك طائرات، بمتوسط ٢٠٠ راكب/رحلة.
- اعتبار الطائرة Airbus 320 والمحرك V2500 كنموذج للطائرات الهابطة في المطار.
- كمرحلة أولى للتشغيل أعتبر أن هناك ١,٥ مليون راكب، ونحو ٧٥٠٠ تحرك طائرات في السنة، على أن يكون حجم الطائرات مختلف في السعة بدءًا من ٥٠ مقعدًا إلى ٣٥٠ مقعدًا (المتوسط ٢٠٠ راكب).
- العتبة الجنوبية للمدرج هي العتبة المستخدمة باعتبار أن التحرك عكس اتجاه الريح.

(١) تنقسم المطارات المصرية طبقًا لدليل الطيران المدني المصري لعام ٢٠١٨ إلى مطارات رئيسية هي القاهرة، برج العرب، شرم الشيخ، الغردقة، مرسى علم، الأقصر، أسوان. ومطارات متاحة للطيران الدولي (ثانوية) هي العلمين، العريش، أسبوط، الأسكندرية، ألماتا، مرسى مطروح، سوهاج، طابا. ومطارات محلية هي أبوسمبل، الداخلة، الخارجة، أكتوبر، شرق العوينات، بورسعيد، سانت كاترين، الطور. (دليل الطيران المدني، ٢٠١٨، ص ٦-١٠)، قُسمت المطارات بهذا الشكل بناءً على عدد كبير من الأسباب الفنية والإدارية.

2) The Arab International Environmental Services Corporation (ENVIRO-PRO), Egypt in Cooperation with Scott Wilson Resource Consultants (SWRC), UK.

تم تجهيز ٦ سيناريوهات مع اعتبار أن المرحلة الأولى (سيناريو ١) لا يوجد بها طيران أثناء الليل، بينما تم تقسيم التشغيل في عام ٢٠٤٠ والذي قد يتضمن طيران أثناء الليل إلى ٦٠% طيران نهارى، ٣٠% مسائي، ١٠% ليلي شكل (٣-١١). كما تم اعتبار خط تساوي الضجيج (الضوضاء) ٦٥ ديسيبل (طبقاً لقانون البيئة المصري لعام ٢٠٠٩ جدول (٣-٧)) الحد الفاصل بين المستوى المنخفض والمتوسط.

جدول (٣-٧) أمثلة للمستوى التقريبي للضوضاء والحد الأقصى لمستوى الضوضاء (ديسيبل) طبقاً لقانون البيئة المصري لعام ٢٠٠٩.

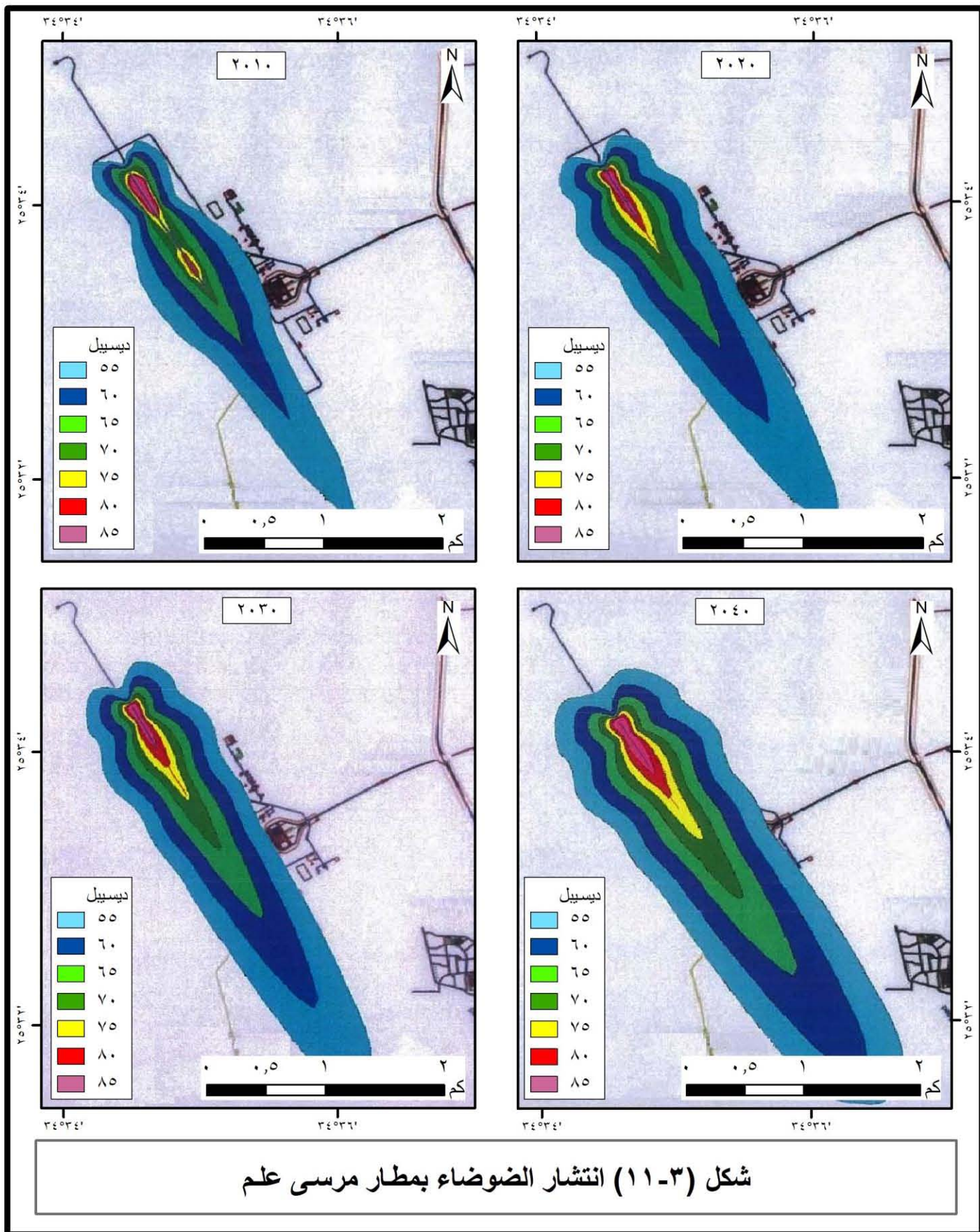
مصدر الصوت	المستوى التقريبي لقياس الصوت (ديسيبل)	الحد الأقصى لمستوى الضوضاء (ديسيبل) طبقاً لقانون البيئة المصري
حفار يعمل بضغط الهواء (على بعد ٧ أمتار)	٩٥	
سيارة نقل ثقيل تسير بسرعة ٤٠ كم/ساعة (على بعد ٧ أمتار)	٨٥	
اقتراب طائرة متوسطة على ارتفاع ١٠٠٠ قدم	٧٠	
حجرة مكتب عادية ذات أصوات مرتفعة (المكاتب الإدارية، حجرات العمل بالحاسب الآلي)	٦٠	٦٥
حجرة مكتب عادية هادئة (ساحات البنوك، حجرات العمل الذي يتطلب التركيز الذهني)	٥٠	٦٠
المكتبات العامة، المتاحف، مكاتب البريد	٣٥	٤٥
المباني السكنية، الفنادق، غرف المعيشة	٣٥	٥٠
حجرة نوم	٣٥	٣٥
عتبة الصوت المسموع	صفر	صفر

المصدر: اللائحة التنفيذية لقانون البيئة المصري لعام ٢٠٠٩، ملحق رقم (٧) جدول رقم (١).
www.nats.aero/environment.

من ثم يتضح من قراءة شكل (٣-١١) والذي يعكس مدى تأثير الضوضاء على بيئة المطار والبيئة المحيطة ما يلي:

- يتضح أن في كل السيناريوهات لم يتعد هذا خط مستوى الضجيج ٦٥ ديسيبل حدود حرم المطار.

- تنحصر المستويات العليا للضجيج والتي تتراوح بين ٧٠ و ٨٥ في مساحات محدودة للغاية عند المدرج حيث المصدر الرئيسي للصوت.
- طبقا لمستويات الضوضاء بقانون البيئة المصري جدول (٣-٧) لن يتأثر المجتمع السياحي المزمع إنشاؤه على طول الشريط الساحلي بضجيج الطائرات إذ أن مستوى الضجيج/الضوضاء سيكون أقل من الحد الأدنى لعتبة الإزعاج الصوتي وهي ٦٥ ديسيبل.
- أما بالنسبة للطيران الليلي فإن خط تساوي الضجيج ٨٥ ديسيبل يمتد لنحو ١,٥ كم خارج حدود حرم المطار على نفس محور امتداد المدرج على مساحة غير معدة لأي استخدامات بشرية تتأثر بالضجيج، ومن ثم فإن الطيران الليلي ليس له أي تأثير سلبي على المجتمع والمخطط العمراني خارج المطار.



شكل (٣-١١) انتشار الضوضاء بمطار مرسى علم

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على تقرير تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لمطار مرسى علم، لشركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات.

ب) جودة الهواء :

يختلف تأثير المطار على جودة الهواء بعض الشيء عن تأثير الضوضاء، حيث أن في الحالة الأولى (الضوضاء) يعتبر ضجيج الطائرات هو المصدر صاحب نصيب الأسد في المعادلة، بينما في حالة جودة الهواء تتقلب الآلية بعض الشيء حيث تمثل الغازات المنبعثة من الطائرات أقل نسبة من مجموع الغازات المنبعثة في بيئة المطار سواء من عوادم السيارات أو وحدات إنتاج الطاقة أو خزانات الوقود.

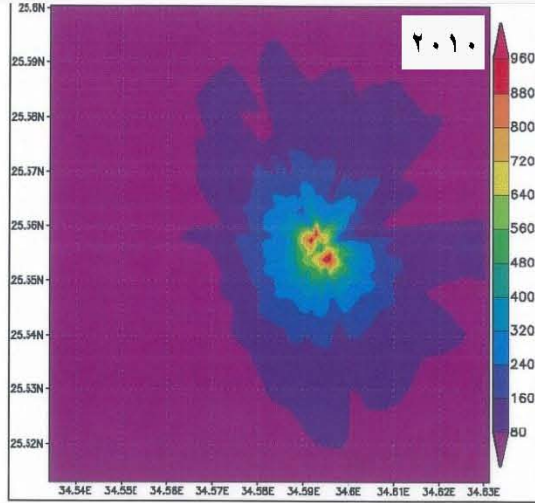
ويكمن خطر الغازات المنبعثة من أنشطة المطار في تركزها بمستويات تضر ببيئة المطار والبيئة المحيطة. من أهم الغازات الخطرة التي تسهم في هذا الشأن مجموعة غازات أكسيد النيتروجين NO_x (NO_2 ، NO)، غاز الأوزون O_3 ، غاز أول أكسيد الكربون CO ، غاز الهيدروكربون HC ، غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 (تقرير تقييم الأثر البيئي والاجتماعي بمطار مرسى علم، ٢٠١١، ص ٢٧٤)

ولم تعتمد الدراسة التي أعدتها شركة ENVIRO-PRO / SWRC عام ١٩٩٨ على نموذج تشتت إذ اعتمدت على بيانات تقريبية لمطارات في نفس حجم مطار مرسى علم. وخلصت الدراسة أن أكثر المناطق تلوثاً بغازات أكاسيد النيتروجين هي التي تقع في حيز مباني الركاب وحظيرة الطائرات وعتبتي المدرج.

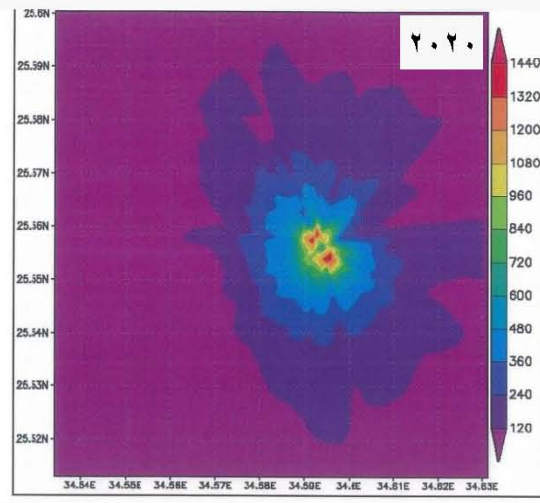
واعتمدت الدراسة التي أعدتها شركه جماعة المهندسين الاستشاريين (ECG) عام ٢٠١١ على نموذج تشتت الغازات المنبعثة من أنشطة المطار حيث تم تغذية الحاسوب بعدد من المدخلات كسرعة واتجاه الرياح ومواقع مصادر التلوث وارتفاعات التضاريس والمباني وتم إنتاج سيناريو لكل من عامي ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ باعتباريات تشغيلية ١٠ طائرات/ساعة و ١٥ طائرة/ساعة لكل سيناريو على الترتيب (تقرير تقييم الأثر البيئي والاجتماعي بمطار مرسى علم، ٢٠١١، ص ٢٩٥).

يعرض شكل (٣-١٢) نمذجة تشتت انبعاثات غازات أول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 وثاني أكسيد الكبريت SO_2 بمطار مرسى علم لسيناريو عام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠. وخلصت الدراسة إلى أن كمية الانبعاثات التي ستصدر عن تشغيل المطار قليلة بالمقارنة بالمقاييس القياسية لجودة الهواء، وأنه في حالة تركيز غازات NO_2 و SO_2 على سبيل المثال ستظل تحت المستوى المسموح به.

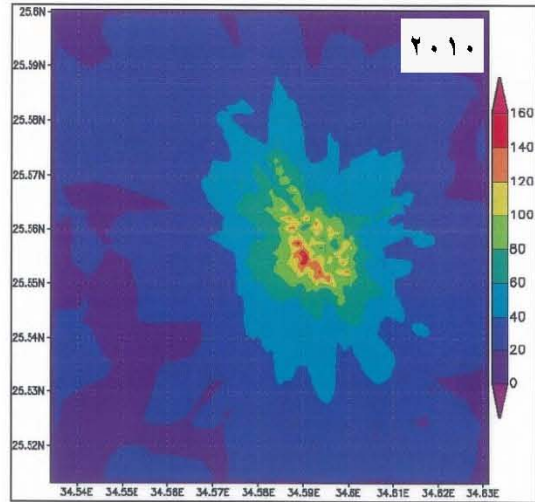
أقصى متوسط تركيز غاز CO بالساعة (ميكروجرام/م³)



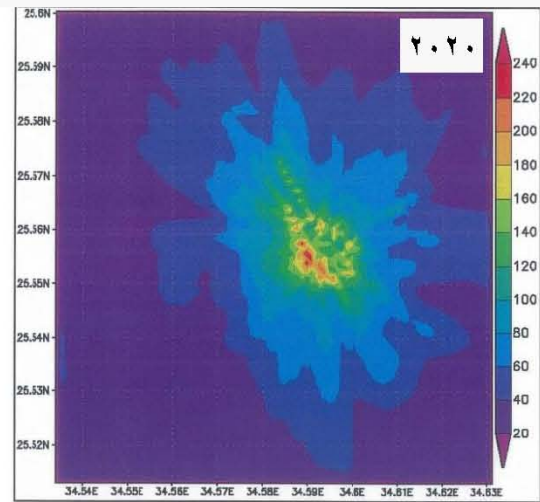
أقصى متوسط تركيز غاز CO بالساعة (ميكروجرام/م³)



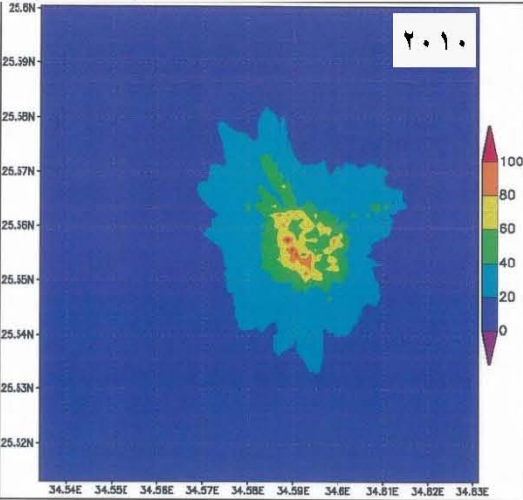
أقصى متوسط تركيز غاز NO₂ بالساعة (ميكروجرام/م³)



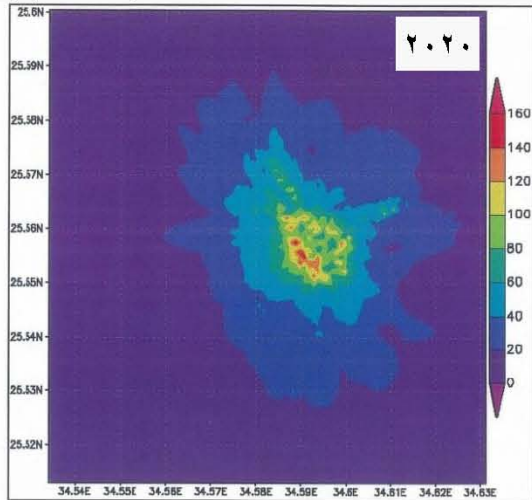
أقصى متوسط تركيز غاز NO₂ بالساعة (ميكروجرام/م³)



أقصى متوسط تركيز غاز SO₂ بالساعة (ميكروجرام/م³)



أقصى متوسط تركيز غاز SO₂ بالساعة (ميكروجرام/م³)



المصدر: تقرير تقييم الأثر البيئي والاجتماعي بمطار مرسى علم، شركة إيماك مرسى علم لإدارة وتشغيل المطارات ص ص ٣٠٧ - ٣٣٦.

شكل (٣-١٢) نمذجة تشتت انبعاثات غازات أول أكسيد الكربون CO وثاني أكسيد النيتروجين NO₂

وثاني أكسيد الكبريت SO₂ بمطار مرسى علم لسيناريو عام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠

ج) الحياة البرية (تجمعات ومسارات الطيور المهاجرة):

تمتع موقع مطار مرسى علم بعدد من الميزات جعلته يكاد لا يتأثر ولا يؤثر على الحياة البرية^(١) لعدد من الأسباب منها:

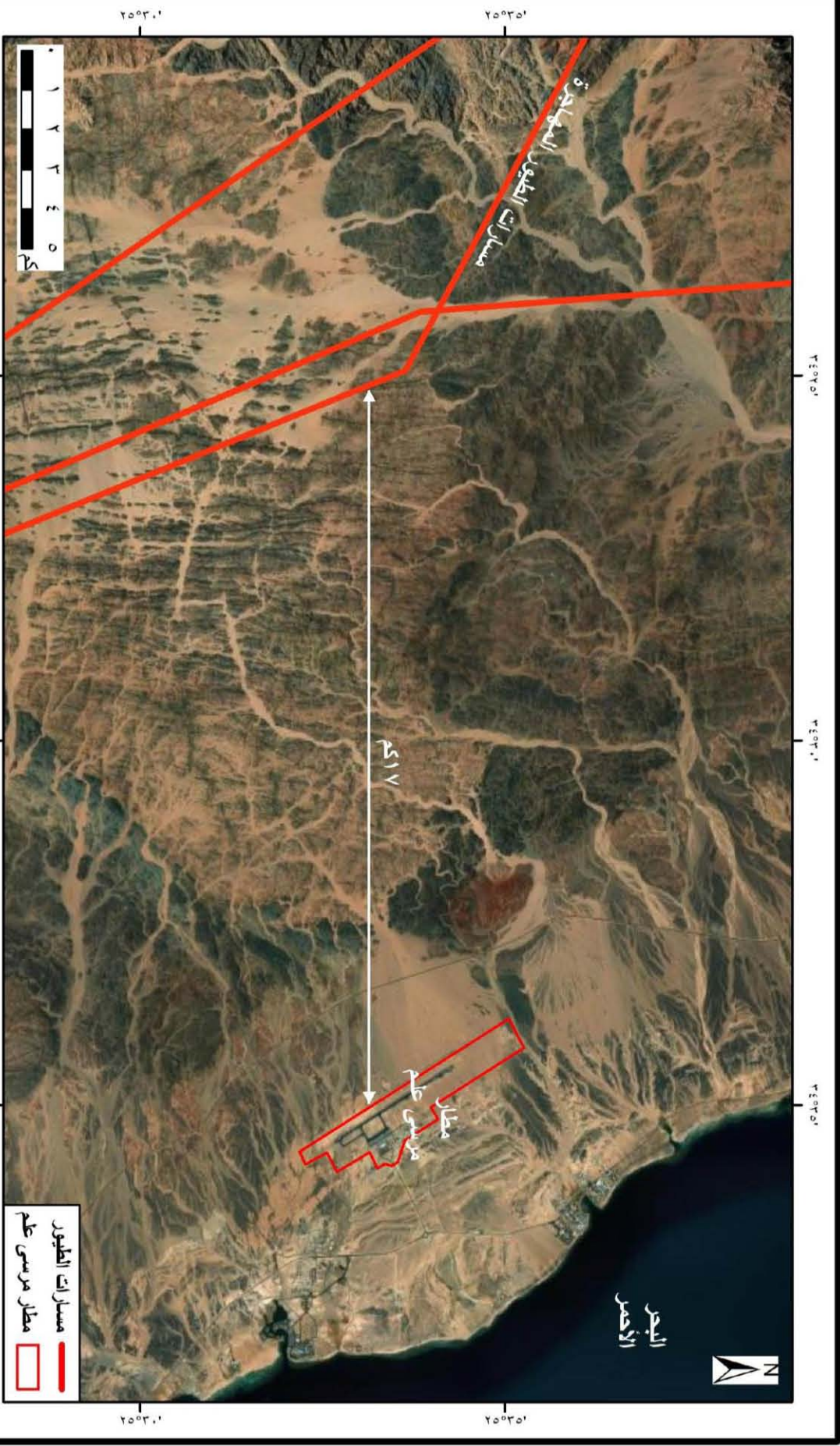
- يقع المطار على بعد ٥ كم من خط الساحل وعلى ارتفاع ٧٧ م فوق منسوب سطح البحر الأمر الذي أدى إلى انعدام فرصه تكون السبخات أو نمو الحشائش التي تمثل بيئة جذب للطيور.
- بعد المطار عن سبخات خط الساحل أدى إلى قلة تأثير الطيور التي قد تتجمع عليها.
- أدى وجود البحر الأحمر إلى تكوين عائقًا طبيعيًا أمام الطيور الحوامة العابرة للمياه.
- خلو محيط المطار من أية مناطق محمية أو وجود أي فصائل مهددة بالانقراض، أدى إلى حرية ممارسة الأنشطة الملاحية.

ويتضح من قراءة وتحليل شكل (٣-١٣) أن المسافة الفاصلة بين أقرب مسار^(٢) للطيور المهاجرة وموقع المطار بلغت نحو ١٧ كم غربًا ومن ثم لم يتم رصد أي شكاوى من/على الحياة البرية أو الطيور المهاجرة القادمة من الشمال (أوروبا) والمتجهة نحو الجنوب (السودان ووسط أفريقيا) والعكس بالمطار أو محيطه (https://maps.birdlife.org/MSBtool, 2018).

وبناء على العرض السابق يلاحظ أن هناك تأثيرات إيجابية وأخرى سلبية للخصائص البيئية على الوضع الجيوبئي للمطار، وبالنسبة للتأثيرات الإيجابية: كان الاهتمام بالمجتمع المدني والسياحي أحد أهم أهداف الدراسة البيئية ومن ثم كانت النتيجة أن التأثير الذي سيحدثه المطار كنشاط سواء على مستوى التلوث السمعي أو انبعاث الغازات الدفيئة يظل أقل من الحد الأدنى لعتبة حد التلوث طبقًا لظروف التشغيل المتوقعة حتى عام ٢٠٤٠. وعلى مستوى الحياة البرية فمن أهم الإيجابيات أن المطار لا يتضمن أية مواقع جاذبة للحياة البرية أو أنواع مهددة بالانقراض حيث يبعد المطار عن خط الساحل شرقًا وعن المسار الإقليمي لهجرة الطيور غربًا نحو ٥ كم و١٧ كم على الترتيب وهي مسافة آمنة لا تضع سبيل للمواجهة بين العمليات الملاحية وأنشطة الطيور. وبالنسبة للتأثيرات السلبية: لم ترصد الدراسة سلبيات في هذا الصدد.

(١) زيارة الميدانية لقطاع حماية الطبيعة بجهاز شؤون البيئة، ٢٠١٨.

(٢) مسارات تسجيلها أجهزة التتبع بعد تثبيتها بالطيور.



شكل (٣-١) مسارات الطيور المهاجرة بالنسبة لمطار مرسى علم

الخلاصة:

- تستخدم دراسات تقييم الوضع البيئي للمشاريع القائمة بالفعل والتي بحاجة إلى توفيق الوضع طبقاً لمتطلبات قوانين بيئية معينة. ومن ثم قامت الدراسة بإدخال بعض التعديلات على آلية التقييم لتشمل الجوانب التضاريسية والجيولوجية والمناخية والجيومورفولوجية والبيئية، وقد تم اختيار مطار مرسى علم كنموذج للتطبيق لأهميته كأحد ركائز التنمية السياحية على السهل الساحلي للبحر الأحمر.
- قامت الدراسة بتقييم الوضع الجيويئي للمطار من خلال استخدام بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية؛ وذلك من خلال دراسة خمس موضوعات رئيسية، تبدأ بالخصائص التضاريسية وتأثيرها على المدرج وتأمين مسار الطيران وتحديد موضع المساعدات الملاحية، ثم التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية، ثم دراسة بعض الخصائص المناخية، يليها دراسة الأخطار الجيومورفولوجية، والمتمثلة في السيول، وأخيراً دراسة الخصائص البيئية.
- تم اختيار موقع المطار بعناية من حيث قرية من منتج بورتو غالب، فضلاً عن صغر حجم أحواض التصريف بهذه المنطقة، علاوة على ذلك تم اختيار الموقع بحيث يكون في أرض مستوية وتبعد بمسافة كافية عن سلسلة جبال البحر الأحمر، وما لها من تأثير على الملاحة الجوية.
- أدى امتداد المطار على منطقة سهلية خالية من القيم التضاريسية المتطرفة إلى خفض تكاليف التسوية، بينما أدى وجود بعض نقاط المناسيب المرتفعة لجبال البحر الأحمر كعوائق تؤثر على الهبوط الدائري بالمطار.
- تبين أن التربة المقام عليها مطار مرسى علم تتألف بشكل عام من رواسب رملية وحصوية بالإضافة إلى بعض المواقع الصلبة التي تتكون من الصخور الجيرية، وباستثناء تكوينات الجبس والانهدريت التي تم استبدالها يمكن تصنيف التربة بأنها من النوع الجيد. ما أدى إلى تقليل سمك قطاع رصف المدرج.
- أثر سيادة الرياح الشمالية الغربية على توجيه مدرج في نفس الاتجاه، بينما لم تصل سرعة الرياح الجانبية إلى حد يعوق العمليات الملاحية.
- أدى الاعتدال النسبي في درجات الحرارة بالمطار إلى عدم تأثيره في حسابات إطالة المدرج.

- على الرغم من تميز ساحل البحر الأحمر بالجفاف الشديد باستثناء فصل الخريف وأوائل فصل الشتاء، إلا أنه يتعرض إلى سقوط أمطار فجائية غالبًا ما ترتبط بالعواصف الرعدية مما يؤدي إلى حدوث السيول ما استوجب إقامة نظام تصريف لدرء خطر التدفق السيلي.
- يمتد مطار مرسى علم متقاطعًا مع الجزء الأدنى من أحواض أودية أم جريفات والعنز، وتبلغ مساحتهما ٩٧ كم^٢، ٣٥ كم^٢ على الترتيب، وهما بذلك يقعان في فئة الأحواض صغيرة المساحة وصغيرة المساحة جدًا.
- بعد دراسة بعض المعاملات المورفومترية تبين صغر حجم الأحواض وقلة تضرسها وسيادة فئات درجات انحدار الأراضي المستوية وشبه المستوية فضلًا عن مرورهما بآخر المراحل التحتاتية (مرحلة الشيوخة) الأمر الذي أدى إلى قلة تأثير الجريان السطحي لمياه السيول على المطار وفاعلية نظام التصريف الاصطناعي الذي تم إنشائه لحماية المطار.
- بيئيًا؛ تمتع موقع المطار بعدد من الميزات أهمها عدم وصول تأثير الضوضاء والغازات الدفينة إلى عتبة الحد غير المسموح وبالتالي قلة تأثيره على عناصر البيئة داخل أو في محيط المطار.
- تبلغ المسافة الفاصلة بين أقرب مسار للطيور المهاجرة وموقع المطار نحو ١٧ كم غربًا ومن ثم لم يتم رصد أي شكاوى من/على الحياة البرية أو الطيور المهاجرة القادمة من الشمال (أوروبا) والمتجهة نحو الجنوب (السودان ووسط أفريقيا) والعكس بالمطار أو محيطه.

الفصل الرابع

قاعدة بيانات جغرافية لاقتراح موقع لإنشاء مطار جديد اعتماداً على المعايير والخصائص الجيوببيئية في مصر

تمهيد

أولاً- قواعد البيانات الجغرافية.

ثانياً- بناء قاعدة بيانات جغرافية لاختيار أنسب الموقع لإنشاء مطار جديد في مصر.

أ- مدخلات قاعدة البيانات (الأسس والمعايير)

ب- مخرجات (نتيجة) نموذج أنسب المواقع لبناء مطار جديد

ثالثاً- الموقع الفلكي والجغرافي للمطار المقترح (مطار الجلالة).

رابعاً- المعايير والخصائص الجيوببيئية لمطار الجلالة.

أ) التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية لمطار الجلالة.

ب) الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية لمطار الجلالة.

ج) أخطار السيول.

د) بعض الخصائص المناخية (الرياح، الحرارة، المطر).

هـ) الوزن السكاني واستخدام الأرض والإمكانات السياحية.

و) بعض الخصائص البيئية (الضوضاء، انبعاثات الغازات، تجمعات ومسارات هجرة الطيور)

خامساً- المعوقات الجغرافية التي تواجه تنفيذ المطار المقترح وطرق حلها

أ) تهيئة وتسوية سطح أرض المطار المقترح

ب) ربط المطار بشبكة الطرق

الخلاصة

الفصل الرابع

قاعدة بيانات جغرافية لاقتراح موقع لإنشاء مطار جديد اعتماداً على المعايير والخصائص الجيوبينية في مصر

تمهيد:

يدرس هذا الفصل إمكانية اقتراح موقع لإنشاء مطار جديد، وذلك اعتماداً على التوزيع الجغرافي الحالي للمطارات في مصر، والمعايير والخصائص الجيوبينية الواجب توفرها في المطار المقترح، فضلاً عن تطبيق الحلول الجيوبينية التي تعلمها الطالب أثناء دراسته لمطار مرسى علم في الفصل الثالث. وبناء عليه ينقسم هذا الفصل إلى قسمين، يتضمن القسم الأول بناء قاعدة بيانات جغرافية تحتوي على اثنتي عشرة طبقة، واستخدام هذه القاعدة في تنفيذ نموذج رقمي لتحديد أنسب المواقع لبناء مطار جديد في مصر، بينما يتضمن القسم الثاني تقييم نتائج النموذج الرقمي، واتباع أسلوب التحليل البصري Visual Interpretation في المفاضلة بين المواقع المستخرجة من النموذج الرقمي، يلي ذلك عرض لبعض المشكلات التي تواجه إنشاء هذا المطار، وكيفية حلها، ثم تطبيق المعايير الجيوبينية على الموقع المختار، والتي تتضمن دراسة الخصائص الجيولوجية والتضاريسية والمناخية، فضلاً عن دراسة الوزن السكاني والإمكانات السياحية الداعمة لنجاح الموقع المقترح، وأخيراً دراسة بعض الأبعاد البيئية لمنطقة المطار كتأثير الضوضاء والغازات الناتجة عن التشغيل على البيئة المحيطة بالمطار، وأيضاً دراسة تأثير مسارات الطيور المهاجرة على حركة الملاحة بالمطار، وذلك على النحو التالي:

أولاً: قواعد البيانات الجغرافية:

تعرف قواعد البيانات بأنها مجموعة منظمة من البيانات تعامل "كوحدة Unit" بغرض تخزين واسترداد المعلومات ذات الصلة، وهيئة استخدامها من خلال تطبيقات قواعد البيانات (D. Lewis, 2016, P 10).

وقد تعددت استخدامات قواعد البيانات الجغرافية لا سيما في مجال معالجة وتحليل البيانات المكانية، وقد تم في الدراسة الحالية استخدام برنامج ArcGIS 10.4، وهو أحد أهم البرامج الذي يتميز بربط الترقيم والتصميم بقاعدة بيانات تمكن من عرض البيانات وتحليلها ثم الخروج بالمعلومات التي تؤدي لاتخاذ القرار الصحيح، ويتم ذلك من خلال الاعتماد على أدوات التحليل المكاني

Spatial Analysis Tools، الموجودة في برنامج ArcGIS 10.4، وذلك لبناء نموذج Site Suitability Analysis لاختيار أنسب المواقع لبناء مشاريع بعينها.

وترجع أهمية استخدام هذا النموذج إلى قدرته على التطبيق في كثير من المجالات باختلاف التخصصات، وذلك بشرط توفر قاعدة البيانات التي من شأنها إخراج نتائج ترتبط دقتها بجودة المدخلات، وعلى الشروط التي تم تحديدها لتنفيذ النموذج، ومن الأهمية بمكان التحقق من دقة نتائج النموذج وذلك من خلال التحليل البصري Visual Interpretation.

وقد قدمت مؤخرًا العديد من الدراسات الجيومورفولوجية التي اهتمت بتطبيق نموذج أنسب المواقع Site Suitability Analysis، بعضها دراسات جيومورفولوجية والبعض الآخر له صلة بالمطارات، ويمكن حصر أهم هذه الدراسات كما يلي:

أ- دراسات جيومورفولوجية:

دراسة (متولي عبد الصمد عبد العزيز، ٢٠٠١، ص ص ٤٧٢-٤٨٣)، تعد من الدراسات الجيومورفولوجية المصرية الرائدة في هذا المكان، حيث قام ببناء قاعدة بيانات لحوض وادي وتير شرقي سيناء، واقترح أنسب المواقع لبناء السدود لدرء خطر الجريان السيلبي بالإضافة إلى تطبيق نموذج Site Suitability Analysis لاقتراح أنسب المواقع للاستصلاح الزراعي، وقد اعتمدت هذه الدراسة على العديد من البرامج منها برنامج Arc View 3.1 وهو الإصدار السابقة لبرنامج Arc GIS.

دراسة (وائل عطية حامد، ٢٠١٨، ص ص ١٨٥-١٩٢)، وهي أيضًا من الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة، وقد تم خلالها بناء قاعدة بيانات جغرافية لاختيار أنسب المواقع لبناء السدود لحماية المواقع الأثرية من أخطار السيول بجنوب سيناء.

ب- دراسات ذات صلة بالمطارات:

دراسة (سامية علي علي مبروك، ٢٠١٥، ص ص ٢٨٤-٣٣١)، وقد تم بها بناء قاعدة بيانات جغرافية لتقييم المطارات القائمة حاليًا اعتمادًا على ١٢ متغيرًا، بالإضافة إلى إنشاء خريطة لتصنيف الأراضي المصرية لمدى ملاءمتها لإنشاء مطارات جديدة، فضلًا عن إنتاج خريطة أنسب المواقع للمطارات الجديد طبقًا لقاعدة البيانات التي كان الغالب عليها المعايير المناخية، واشتملت قاعدة البيانات الجغرافية على: معدل الإشعاع الشمسي، و معدل درجة الحرارة، ومعدل سرعة الرياح، ومعدل العواصف الرملية، ومعدل السحب، ومعدل الضباب، ومعدل الشبورة، ونموذج الارتفاع

الرقمي، والتركيب الجيولوجية ومعدل الانحدار والكثافة السكانية وأخيرًا المسافة الفاصلة بين المطارات القائمة والمطارات المتوقع إنشائها.

دراسة (صفاء إبراهيم علي محمد، ٢٠١٩، ص ١٥٣-١٦٥)، وقد تم بناء قاعدة بيانات جغرافية بهدف التقييم الجغرافي لمواقع مطارات مصر الدولية لتحديد مدى ملاءمتها لمجموعة من المعايير الجغرافية، كما تم أيضًا إنشاء خريطة لاختيار أنسب المواقع لإنشاء مطار دولي جديد وفقًا لمعايير جغرافية محددة تتمثل في: الطرق الرئيسية، والمدن الرئيسية، والكتلة العمرانية، والمطارات القائمة بالفعل، ونموذج الارتفاع الرقمي، والعوامل المناخية.

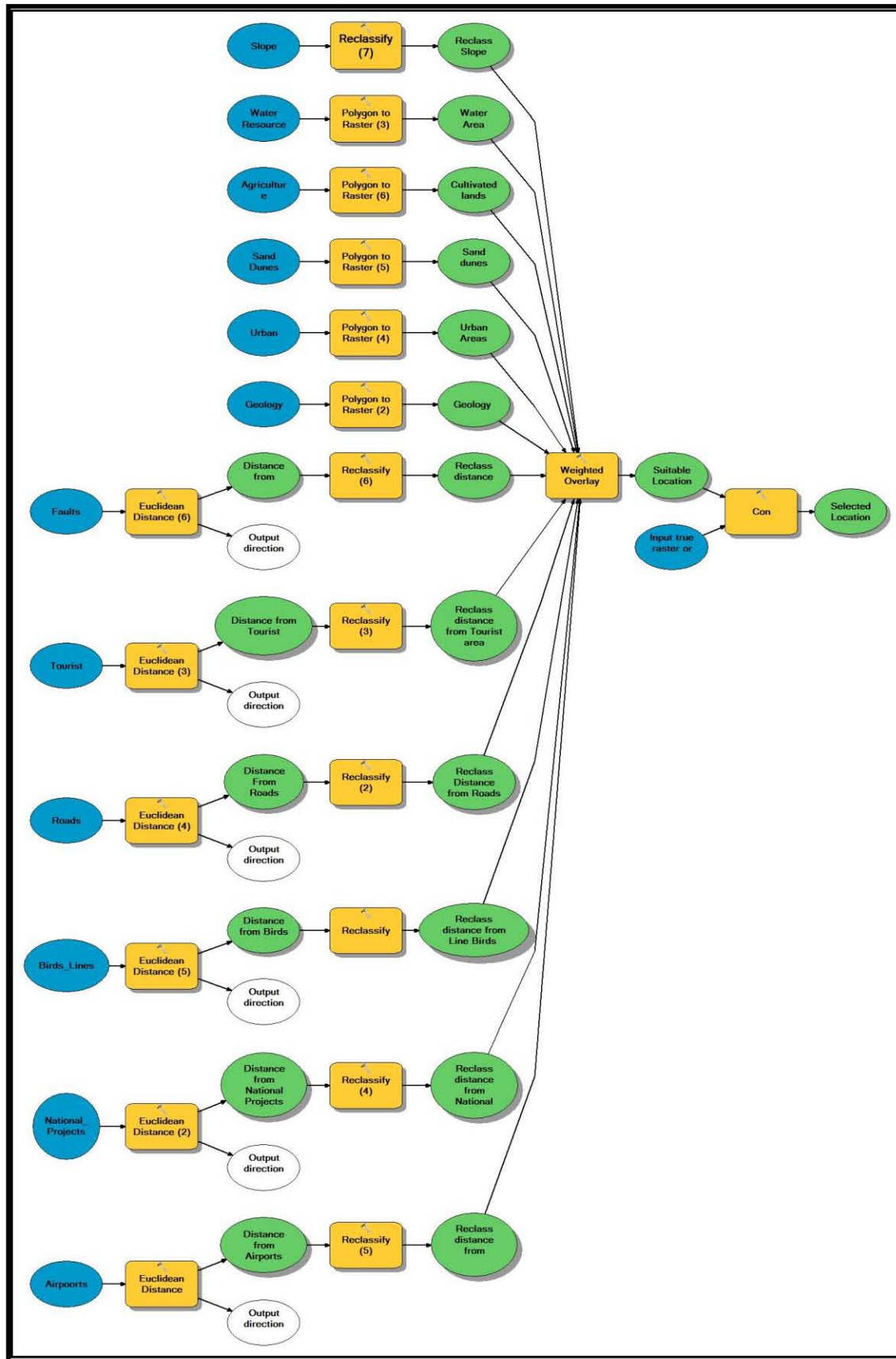
وتجدر الإشارة إلى أن من العوامل المهمة التي يجب إدراجها عند تطبيق نموذج أنسب المواقع عال الهدف من إنشاء المطار وطبيعة تشغيله، وبالتالي حجم الطائرات المستهدف استقبالها (Rajat Rastoi, 2009, P 27)، فعلى سبيل المثال لا للحصر، أثر الهدف الرئيسي من إنشاء مطار مرسى علم والمتمثل في خدمة منتجع بورتو غالب على موقعه الذي يبعد عن المنتجع ١٦ دقيقة بالسيارة، وبذلك وفر وجود المطار نحو ساعتين ونصف في حالة كان الانتقال من مطار الغردقة (أقرب المطارات إلى المنتجع).

وبناءً على ما سبق سوف تراعي الدراسة الحالية عند تطبيق نموذج أنسب المواقع إدخال عدد من المدخلات المهمة مثل طبيعة التشغيل وحجم المطار وحجم الطائرات المتوقع استقبالها، وكذلك ضرورة أن يهدف المطار المقترح المشاريع القومية والسياحة الواعدة في مصر، هذا بالإضافة إلى أن يكون المطار والطائرات من الحجم المتوسط، علاوة على ذلك سوف تدخل الدراسة الحالية البعد البيئي المتمثل في طبقة مسارات هجرة الطيور التي يجب تجنبها، لما تشكله من خطر على العمليات الملاحية. ولم تدرج الدراسة المعايير المناخية باعتبار أن توجيه المدرج المتأثر باتجاه الرياح يأتي بعد اختيار الموقع في حين أن ظاهرات مثل الأمطار الرعدية وهبوب رياح الخماسين والعواصف الرملية والضباب هي ظاهرات وقتية يمكن تجنبها بكثير من الحلول مثل تعطيل الحركة^(١).

ثانيًا: بناء قاعدة بيانات جغرافية لاختيار أنسب المواقع لإنشاء مطار جديد في مصر:

يعد اختيار مواقع المطارات من الأمور غير التقليدية والتي تتطلب بناء قاعدة أو ربما قواعد بيانات متكاملة Integrated databases تتضمن حزمة من الأسس والمعايير التي من شأنها تقديم نتيجة موثوق بها شكل (٤-١)؛ وفيما يلي عرض لمدخلات قاعدة بيانات الدراسة:

^(١) تحتوي شبه جزيرة فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية على ٢٥ مطاراً عاماً (Aeronautical Information Publication – AIP, 2020) وهي تقطع في وسط منطقة تكون أعاصير الهيروكين المدمرة التي تنشط كل عام بأعداد كبيرة. فعلى الرغم من ذلك لم تستبعد الولاية من فكرة إنشاء المطارات بينما تتبع بروتوكولات تشغيل معينة حال مرور أية إعصار.



المصدر: إعداد الطالب باستخدام برنامج Arc GIS 10.4.

شكل (٤-١) مدخلات قاعدة البيانات الجغرافية لاقتراح أنسب المواقع لبناء مطار جديد

أ- مدخلات قاعدة البيانات (الأسس والمعايير):

اعتمدت الدراسة على عدد من المعايير أدخلت في نظام معلومات جغرافي كطبقات، وتتمثل في التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية (التربة)، وخطوط الصدوع، ومناطق توزيع الكثبان الرملية، والمسطحات المائية، والأراضي الزراعية، ودرجات الانحدار، ومواقع المطارات الحالية، ومواقع المشاريع القومية، والكتلة العمرانية، وشبكات الطرق، والمناطق السياحية الرئيسية، ومسارات هجرة الطيور، ويمكن دراسة هذه المعايير على النحو التالي:

١- التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية (التربة):

ترجع أهمية التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية في كونها الجزء العلوي من سطح الأرض الذي يتعامل معه المهندس في البناء أو مد الطرق (جودة التركماني، ٢٠٠٥، ص ١٤٦). ويمكن تقسيم الصخور والتكوينات والرواسب الموجودة في مصر إلى ثلاثة أنواع، الأول الصخور النارية والمتحولة التي ترجع إلى ما قبل الكامبري، والثاني الصخور الرسوبية التي ترجع للأزمنة الجيولوجية من الأول إلى الرابع، هذا بالإضافة إلى النوع الثالث والمتمثل في الرواسب السطحية السائبة التي ترجع إلى الزمن الرابع ومن أهمها الرواسب الفيضية والبحرية والهوائية، وتجدر الإشارة إلى النوع الأول يتسم بصلابه صخوره وصعوبة تشكيلها فضلاً عن شدة تضرسها، بينما تتميز صخور النوعين الثاني والثالث بإمكانية تشكيلها والبناء عليها.

من ثم أدخلت طبقة التكوينات الجيولوجية الرئيسية والتي رسمت من خريطة مصر الجيولوجية مقياس رسم ١ : ٢ مليون، إنتاج هيئة المساحة الجيولوجية المصرية في عام ١٩٨١. وأخذت وزن نسبي Weight بلغ ٨% مع عمل تقييد Restriction لمناطق توزيع الصخور النارية والمتحولة.

٢- خطوط الصدوع (الانكسارات):

تعد الصدوع من المناطق التي يجب الابتعاد عنها عند البناء أو مد الطرق، وخاصة إذا كانت من النوع النشط، وقد تم رسم خطوط الصدوع الرئيسية من خريطة مصر الجيولوجية مقياس رسم ١ : ٢ مليون، إنتاج هيئة المساحة الجيولوجية المصرية في عام ١٩٨١، وقد أدخلت خطوط الصدوع كطبقة ذات وزن نسبي Weight بلغ ٥%، وتم حساب المسافة الإقليدية Euclidean Distance، ثم عمل إعادة تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وكانت الفئة السادسة هي الأفضل بحيث تبعد عن مواقع خطوط الصدوع بمسافة ٥ كم على الأقل.

٣- مناطق توزيع الكثبان الرملية:

يمثل زحف الكثبان الرملية واحدة من الأخطار الجيومورفولوجية التي تهدد الطرق والمباني في المطار؛ حيث يؤدي زحف الكثبان الرملية إلى طمر أجزاء من طريق الخدمة داخل مطار الدخلة فضلاً عن سفي الرمال على الجزء الجنوبي للمدرج شكل (١-١٤)، ونتيجة لذلك كان من الأهمية بمكان ترقيم مناطق توزيع الكثبان الرملية من برنامج Google Earth Pro؛ حيث توجد صور فضائية بتواريخ مختلفة وبدقة مكانية تصل إلى أقل من ٢,٥ م، وتم إدخال هذه الطبقة بوزن نسبي ٥ %، مع عمل تقييد Restriction لمناطق توزيع الكثبان الرملية لعدم صلاحيتها لإنشاء المطارات.

٤- المسطحات المائية:

توجد العديد من المسطحات المائية الداخلية والخارجية في الأراضي المصرية، ومنها بحيرات شمال الدلتا وبحيرة البردويل وبحيرة قارون وبحيرة السد العالي، وقد تم ترقيم هذه البحيرات وكذلك حدود سواحل البحرين الأحمر والمتوسط، وتم إدخالها كطبقة بوزن نسبي ٥ % مع عمل تقييد Restriction نظراً لعدم صلاحية هذه المناطق لإنشاء المطارات.

٥ - الأراضي الزراعية:

تبلغ مساحة الأراضي الزراعية في مصر في عام ٢٠١٧ نحو ٩ مليون فدان (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠٢٠)، وتعد الأراضي الزراعية ثروة مهمة للغاية ولا بد من الحفاظ عليها للأجيال التالية، ومن ثم أدخلت كطبقة بوزن نسبي ٥ % مع عمل تقييد Restriction نظراً لعدم إمكانية استغلال مساحات النشاط الزراعي في مجال البناء، وتم استخلاص مساحات الأراضي الزراعية باستخدام طريقة مؤشر الغطاء النباتي NDVI.

وقد تم هذا الاستخلاص الآلي باستخدام برنامج ENVI 5.3 وبالتطبيق على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat 8 لعام ٢٠١٩، بدقة مكانية نحو ١٥ م. كما تم استخدام مرئيات القمر الصناعي Landsat 8 الذي يتكون من مستشعرين الأول هو مصور الأرض التشغيلي Operational Land Imager، والثاني مستشعر الأشعة الحرارية تحت الحمراء Thermal Infrared Sensor، وتتميز مرئيات هذا المستشعر بعدة خصائص مثل الدقة الراديومترية وهي قابلية المستشعر على التسجيل الدقيق للتغير في الطاقة الإشعاعية على مدى يمثل مستويات اللون الرمادي؛ حيث يساعد على التمييز بين الظواهر المتقاربة في الانعكاس وزيادة شدة التباين بين قيم الانعكاس وقد بلغت دقة هذا القمر الراديومتري ٦٥٥٣٦ بايت.

وبلغت الدقة المكانية للنطاق الأبيض والأسود بمرئيات القمر الصناعي Landsat 8 ١٥ م، وقد تم استخدام هذا النطاق في رفع مستوى الدقة المكانية للمرئية لتصبح ١٥ م بدلاً من ٣٠ م، وذلك عن طريق عملية الدمج Merge Resolution، وكان لذلك تأثيراً إيجابياً على درجة وضوح ودقة تحديد الأبعاد الجغرافية للأراضي الزراعية، وقد بلغ عدد المرئيات التي تمت معالجتها للاستخلاص الآلي للأراضي الزراعية في مصر ١٤ مرئية. وكانت خطوات المعالجة كما يلي:

- **تجميع النطاقات Layer Stacking:** تتكون مرئيات Landsat 8 من ١١ نطاق طيفي (Bands)، من ثم يجب تجميع تلك النطاقات لزيادة القدرة التحليلية للمرئيات ورؤيتها بالمركبات اللونية (Color Composite).

- **التصحيح الراديومتري Radiometric Correction:** أجريت المعالجة باستخدام برنامج ENVI 5.3 وتم فيها تصحيح المرئيات الفضائية من الأخطاء الناجمة عن المستشعر نتيجة اختلاف الزاوية المجسمة المحصورة بين المستشعر والخلية نظراً لوجود خلايا تكون أقرب إلى المستشعر تسمى النظر Nadir وخلايا أخرى تكون بعيدة عن المستشعر، وهو ما يتسبب في صغر مساحة الخلية البعيدة عن النظر، وتم أيضاً تصحيح أخطاء أخرى ناتجة عن المنصة بسبب الخلل في الوضع أو الخلل في توجيه المنصة أثناء الدوران حول الأرض أو الخلل في سرعة المنصة (Campbell J., 2011, p388).

- **التصحيح الجوي Atmospheric Correction:** أجريت المعالجة باستخدام برنامج ENVI 5.3 اعتماداً على نموذج معالجة تأثير الغلاف الجوي Dark Subtraction. وتم فيها تصحيح المرئيات الفضائية من الأخطاء الناجمة عن بعد مستشعر القمر الصناعي عن سطح الأرض، بحيث تكون نتيجة هذه العملية هو الانعكاس الحقيقي من الظاهرة، وللتأكد من صحة الإجراء يجب أن تتراوح البيانات بين قيمة الصفر والواحد (Bowker et al, 1985, p16). علاوة على ذلك؛ تم تصحيح تأثير تغير زاوية سقوط الأشعة الشمسية، إذ أن زاوية سقوط أشعة الشمس على الأرض مقاسة من المستوى الأفقي، بحيث تكون أكبر في فصل الشتاء. ويتم اعتماد الزاوية ٩٠ كزاوية سقوط أشعة الشمس لكل المرئيات بغض النظر عن التاريخ أو الوقت. كما تم معالجة إزالة تأثير تضاريس سطح الأرض على كمية الأشعة الواردة من الشمس، باعتبار أن هناك علاقة طردية بين استواء سطح الأرض وكمية أشعة الشمس المستقبلية، فكلما كان سطح الأرض مستوي إلى شبه مستوي كلما استقبل كم أكبر من أشعة الشمس.

- تحديد مساحات الأراضي الزراعية عن طريق مؤشر الغطاء النباتي **Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**: أجريت المعالجة باستخدام برنامج ENVI 5.3 اعتمادًا على Band 5 (Near-Infrared) و Band 4 (Red) بمرئيات القمر الصناعي Landsat 8، حيث يمتص النبات (الكلوروفيل ٢) الضوء المرئي (من ٠,٤ إلى ٠,٧ ميكرومتر) لاستخدامها في التمثيل الضوئي، بينما يعكس بمقدار يتجاوز ٥٠% من ضوء الأشعة تحت الحمراء القريبة Near-Infrared (من ٠,٧ إلى ١,١ ميكرومتر). لذا يظهر النبات بلون مختلف في الأطوال الموجية المرئية visible wavelengths والأطوال الموجية القريبة من الأشعة تحت الحمراء near-infrared wavelengths.

ويتم حساب مؤشر الغطاء النباتي NDVI عن طريق انعكاس الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة NIR من الغطاء النباتي، على نحو المعادلة التالية:

$$^{(1)}NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

ومن ثم؛ فإذا كان هناك انعكاس للأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القريبة أكثر بكثير من الأطوال الموجية في الطيف المرئي، حيث نجد أن ناتج تطبيق مؤشر الغطاء النباتي يتراوح من (-١) إلى (+١)، حيث أن الأراضي التي بها غطاء نباتي تزيد بها قيم الأشعة تحت الحمراء القريبة عن غيرها وتكون قيمة الخلية أكبر من (٠,٢) -تزيد القيمة عن (٠,٢) بزيادة كثافة الغطاء النباتي- أما الأراضي التي بها مياه تقل قيم الطيف المرئي عن الأشعة تحت الحمراء القريبة بمقدار بسيط فنجد أن قيمها تتراوح من صفر إلى أقل من (٠,٢)، أما غير ذلك (الظواهر الأخرى) فإن قيم الأشعة تحت الحمراء تقل عن قيم الطيف المرئي وبالتالي يكون ناتج المؤشر أقل من الصفر وحتى (-١). ويظهر شكل (٤-٢) نتيجة الاستخلاص الآلي للأراضي الزراعية في مصر.

٦- درجات الانحدار Slope:

تعد طبقة درجات الانحدار من الطبقات المهمة للغاية عند اختيار أنسب المواقع للعديد من المشاريع، وخاصة عند اختيار أنسب المواقع لإنشاء مطار؛ حيث يجب تجنب الأراضي ذات درجات انحدار غير مناسبة سواء للبناء أو مد الطرق. من ثم تمت معالجة بيانات الارتفاع الرقمية SRTM-2 بدقة مكانية نحو ٩٠م في استخراج طبقة درجات الانحدار باستخدام برنامج Arc GIS 10.4.

(١) الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR مطروحة منها الإشعاع المرئي VIS مقسومًا على الأشعة تحت الحمراء القريبة NIR مضافًا إلى الإشعاع المرئي VIS. وتسمى نتيجة هذه الصيغة مؤشر الغطاء النباتي (NDVI).

وأدخلت طبقة درجات الانحدار إلى النموذج بوزن نسبي ٥%. وأُجريت لها عملية إعادة تصنيف إلى ٦ فئات طبقاً لتصنيف ينح لدرجات الانحدار (Young, 1972, PP. 173-175)؛ حيث تم ضم أعلى فئتي انحدار لتوحيد عملية التصنيف Reclassify في جميع طبقات النموذج ب٦ فئات كما هو واضح شكل (٤-٣)، وعلى أن تكون أفضل فئات درجات الانحدار هي الفئة السادسة التي تسجل قيم تتراوح بين ٠ - أقل من ٢ °، وهي الفئة المعروفة بالأراضي المستوية وهينة الانحدار.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً قاعدة بيانات الدراسة.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً قاعدة بيانات الدراسة، فئات الانحدار طبقاً لتصنيف يونج ١٩٧٢، وتم دمج آخر فئتين لتتوافق مع متطلبات الدراسة.

٧- مواقع المطارات الحالية:

يتضح من دراسة توزيع المطارات المصرية -التي تم قياس المسافات بينها باستخدام برنامج الخرائط الملاحية لعام ٢٠٢١, JeppView v3.2, وبرنامج Google Earth Pro- أنه ثمة تباين كبير في المسافات بين المطارات وبعضها؛ حيث تبلغ أقصر مسافة بين مطارين في مصر في المسافة بين مطاري القاهرة وألماطة، وتبلغ نحو ٥ كم، بينما تصل أبعد مسافة بين مطارين داخل

مصر في مطاري الداخلة وشرق العوينات، وتبلغ نحو ٣٠٠ كم، وباستثناء مطار ألماتة تبلغ المسافة بين مطارات القاهرة الكبرى: (القاهرة والعاصمة) و(القاهرة وسفنكس) نحو ٤٠ كم.

وفي دولة الإمارات تبلغ المسافة بين مطاري دبي والشارقة نحو ١٧ كم، بينما تبلغ المسافة بين مطاري العاصمة الألمانية برلين (مطار تيجل، مطار شونفيلد) نحو ٢٥ كم - وكان من المخطط إنشاء مطار ثالث في منتصف المسافة بينهما- في حين تبلغ المسافة الفاصلة بين مطاري العاصمة الفرنسية باريس (مطار شارل ديغول، مطار أورلي) نحو ٣٠ كم (تم قياس المسافات باستخدام البرامج سالفة الذكر).

مما تقدم يتضح أنه لا يوجد مسافة بعينها يفترض أن تفصل بين المطارات وبعضها، في حين يلاحظ ثمة فارق وحيد يتمثل في طبيعة التشغيل؛ حيث يتضح من خلال دراسة الرحلات المتجهة إلى مطاري العاصمة الألمانية ومطاري العاصمة الفرنسية من خلال موقع (www.Flightradar24.com) أنه عادة ما يخصص أحد المطارات لخطوط الطيران الرئيسية بينما يخصص الآخر للطيران العارض (شارتر)، وذكر (رئيس مجلس إدارة الشركة القابضة للمطارات والملاحة الجوية عام ٢٠١٨) أن الحكومة المصرية تسعى لتخصيص مطار القاهرة لخطوط الطيران الرئيسية وشحن البضائع بينما يخصص مطار سفنكس على سبيل المثال للطيران العارض (شارتر).

من ثم أُدخلت مواقع المطارات المصرية -التي رسمت من دليل الطيران المصري بتاريخ ٢٠٢٠- إلى قاعدة البيانات كطبقة بوزن نسبي بلغ ٢٠%، وتم حساب المسافة الإقليدية ومن ثم عمل تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وتعد الفئة السادسة أفضلها، وهي الأبعد من أقرب مطار بمسافة ٥٠ كم على الأقل، ذلك لأن الهدف من إنشاء المطار المقترح في الدراسة الحالية هو خدمة السياحة والمشروعات القومية، وبناء عليه فإن الأفضلية عند تحديد موقعه تكمن في بعده عن المطارات الأخرى والتي يتم تشغيل معظمها لخدمة السياحة.

٨- مواقع المشاريع القومية:

تعد المشاريع القومية أحد الأهداف التي من المخطط أن يخدمها المطار المقترح، وقد قامت الحكومة المصرية في السنوات القليلة الماضية بتنفيذ عدد من المشاريع القومية المهمة، والمتمثلة في مدينة العلمين الجديد، ومحور قناة السويس، ومدينة ومنتجع الجلالة، وتمثل هذه المشاريع بذور استثمارية مهمة للنهوض بالاقتصاد المصري، ومن الأهمية بمكان تحسين وتيسير إمكانية الوصول لمواقع هذه المشروعات القومية، ومن أهم وسائل إمكانية الوصول اقتراح إنشاء مطار يعمل على

اختصار "الوقت"، وسوف يعد هذا المطار من أهم دعائم وأسباب نجاح وتطور هذه المشاريع. ومن ثم تم إدخال طبقة مواقع المشاريع القومية والتي تم توقيعتها اعتمادًا على بيانات المنشورة على الموقع الإلكتروني مشروعات مصر (www.egy-map.com)^(١) كطبقة بوزن نسبي بلغ ٢٥%، وتم حساب المسافة الإقليدية ثم عمل تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وتعد الفئة السادسة أفضلها؛ حيث أنها الأقرب لمواقع المشاريع بمسافة ٥٠ كم على الأكثر.

٩- الكتلة العمرانية:

تعد المساحات المبنية Built up area شكل (٤-٤) من المناطق التي يجب استبعادها عند بناء قاعدة بيانات لاختيار أنسب المواقع لبناء مطار جديد، وذلك لأنه من الممكن أن يقع الاختيار الآلي على منطقة مبنية بالفعل، من ثم تم ترقية مساحات العمران بمصر من صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠، وتم إضافته إلى قاعدة البيانات كطبقة بوزن نسبي ٥% مع عمل تقييد Restriction حتى يستبعد النظام من الاختيار.

١٠- شبكة الطرق:

تعد شبكة الطرق في أي دولة بمثابة الشريان الذي تتدفق من خلاله فرص الاستثمار، ولذا كان من الأهمية بمكان إضافة طبقة شبكة الطرق الرئيسية بمصر كأحدى الطبقات المهمة لتحديد أنسب المواقع، وقد تم ترقيمها من صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠، وتم إضافتها إلى قاعدة البيانات كطبقة بوزن نسبي ٧%، ومن ثم عمل تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وتعد الفئة السادسة أفضلها، حيث أنها الأقرب للطرق الرئيسية بمسافة ٣٥ كم على الأكثر، فكلما اقترب الموقع من شبكة الطرق كانت له أفضلية.

١١- المواقع السياحية:

تعد المناطق السياحية إحدى الأهداف التي من المخطط أن يخدمها المطار المقترح، حيث أن معظم السياحة الخارجية القادمة لمصر وعدد من السياحة الداخلية تتم من خلال المطارات. وقد تم ترقيم المناطق السياحية وإدخالها إلى قاعدة البيانات كطبقة بوزن نسبي ٥%، وتم حساب المسافة الإقليدية ثم عمل تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وتعد الفئة السادسة أفضلها؛ حيث أنها الأقرب إلى المناطق السياحية بمسافة ٩٠ كم على الأكثر.

^(١) تم إعداد الموقع برعاية هيئة قناة السويس، ويضم حصر وتوثيق لجميع المشروعات التي تم تنفيذها أو تطويرها أو مشروعات تم إعادة العمل عليها منذ عام ٢٠١٤، وذلك بهدف جمع المعلومات عن المشروعات التي تقوم بها الدولة في مكان واحد على الإنترنت، للتيسير على المستثمرين في اتخاذ القرارات.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً قاعدة بيانات الدراسة.

١٢- مسارات هجرة الطيور:

تمثل أسراب الطيور خطراً مباشراً على الملاحة الجوية؛ حيث أظهرت تقارير المنظمة العالمية للطيران المدني (ICAO, 2017, Page B4) أنه في الفترة بين عامي ٢٠٠٨-٢٠١٥ كان أكثر مراحل الطيران تأثراً بخطر اصطدام الطيور بالطائرات هي مراحل الإقلاع والاقتراب من المطار والهبوط بواقع ٣١%، ٣٣%، ٢٦% على التوالي، بينما توزعت النسبة الباقية على مراحل مثل التدرج داخل المطار TAXI ومرحلة العبور داخل الطرق الجوية EN ROUTE؛

ولذا تعددت وسائل مكافحة تجمع أسراب الطيور داخل المطارات وفي محيطها، وقد تم عرضها عند دراسة مطار طابا في الفصل الثاني من الرسالة.

وقد تم ترقيم المسارات الرئيسية للطيور المهاجرة في مصر طبقاً لبيانات مشروع الطيور الحوامة المهاجرة (www.migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org)، وتم إدخال هذه الطبقة في قاعدة البيانات بوزن نسبي ٥%، وتم حساب المسافة الإقليدية، ثم عمل تصنيف Reclassify للمسافة إلى ٦ فئات، وتعد الفئة السادسة أفضلها؛ حيث أنها الأبعد من المسارات بمسافة ٩٠ كم على الأقل.

ب- مخرجات نموذج أنسب المواقع لبناء مطار جديد:

بناءً على ما سبق تم بناء قاعدة البيانات الجغرافية المطلوبة لتحديد أنسب المواقع لاقتراح موقع مطار جديد شكل (٤-١)، وتلى ذلك تشغيل أو تنفيذ Run نموذج أنسب المواقع Site Suitability Analysis، ومن ثم يمثل المخرج النهائي في طبقة تحتوي على ٤ فئات طبقاً لدرجة صلاحيتها لإنشاء مطار جديد كما هو واضح في شكل (٤-٥). وفيما يلي قراءة وتحليل هذا الشكل مع اتباع أسلوب التفسير البصري Visual Interpretation في المفاضلة بين المواقع المستنتجة:

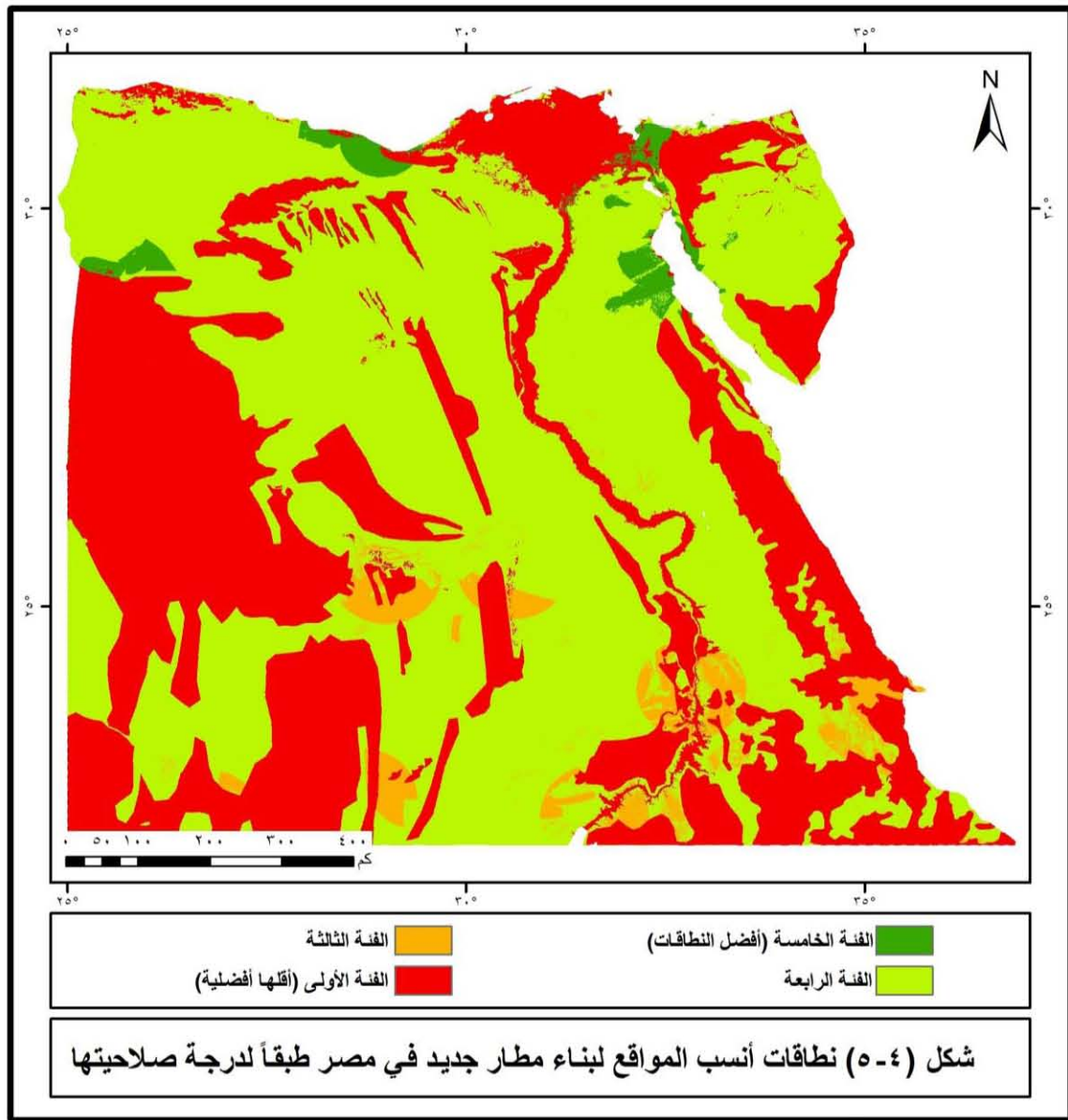
- سجلت الفئات الأربع الناتجة عن النموذج قيم (١، ٣، ٤، ٥)، بينما لم تنطبق الشروط على الفئتين ٢ و ٦، وبالتالي لم تظهر بهما أي نتائج.

- تضم الفئة الأولى (١) المناطق غير الصالحة تماماً لإنشاء المطار، ويلاحظ أنها تتطابق مع التوزيع الجغرافي للصخور الأركية النارية والمتحولة، وأيضاً مناطق الكثبان الرملية، والمناطق العمرانية، والأراضي الزراعية، والمسطحات المائية، وهي المناطق التي تم تقييدها بواسطة الطالب لعدم صلاحيتها لإنشاء المطار، هذا بالإضافة إلى شدة الانحدار والابتعاد عن خطوط الصدوع الرئيسية بمسافة كافية.

- تتوزع مناطق الفئة الثالثة (٣) في بعض المناطق في جنوبي مصر، وقد تأثرت الفئة الثالثة بالوزن النسبي لطبقات درجات الانحدار وخطوط الصدوع والمواقع السياحية؛ وتتفق هذه الفئة مع التوزيع الجغرافي للمواقع السياحية بأسوان وأبو سمبل والصحراء الغربية.

- مناطق الفئة الرابعة (٤)، وتتوزع على معظم الأراضي المصرية، وتحتل نطاقات هذه الفئة المرتبة الثانية من حيث الأفضلية لإنشاء مطار جديد إذا ما توافرت بها بعض الشروط الأخرى مثل الطرق على سبيل المثال لا للحصر.

- تتوزع مناطق الفئة الخامسة (٥)، وهي أنسب المناطق لإنشاء المطار على النحو التالي:
- ❖ منطقة في محيط واحة سيوه، وتتسم هذه المنطقة باستواء السطح فضلاً عن وجود عدد من المواقع السياحية مثل عيون كليوبترا على سبيل المثال لا للحصر.
- ❖ منطقة غربي الإسكندرية ومحيط مدينة العلمين الجديدة، وتتسم هذه المنطقة بوجود نموذج للمشروعات القومية المتمثل في مشروع مدينة العلمين الجديدة كما تتضمن عدد من الطرق الحديثة مثل طريق القاهرة - العلمين الجديد.
- ❖ منطقة جنوبي بورسعيد وغربي قناة السويس حتى شمال طريق القاهرة - الإسماعيلية، وتتسم هذه



المنطقة باستواء السطح فضلاً عن وجود أحد المشروعات القومية مثل مشروع محور قناة السويس، أيضاً هناك عدد من الطرق الجديدة مثل محور ٣٠ يونيو (الذي يمتد جنوب بورسعيد إلى أن يلتحم بطريق الجلالة ثم الطريق الساحلي للبحر الأحمر) بالإضافة إلى الطرق الدائرية حول القاهرة.

❖ منطقة شمال شرق خليج السويس، وتتسم هذه المنطقة بانتشار عدد من القرى السياحية بمنطقة عيون موسى ورأس سدر.

❖ منطقة شمال غرب خليج السويس وتمتد من شمال هضبة الجلالة البحرية شمالاً حتى مدينة رأس غارب جنوباً، وتتسم هذه المنطقة بوجود أحد المشروعات القومية المتمثل في مشروع مدنية ومنتجع الجلالة فضلاً عن القرى السياحية مثل بورتو السخنة، بالإضافة إلى الطرق الجديدة مثل طريق محور ٣٠ يونيو.

ويتضح من العرض السابق تأثير نموذج تحديد أنسب المواقع لبناء مطار بالعدد الكبير لطبقات (مدخلات) قاعدة البيانات الجغرافية سائلة الذكر؛ حيث ضمت -الفئة الخامسة وهي الأفضل- مناطق صالحة لبناء مطاراً جديداً تنتشر على مساحة واسعة من الأراضي المصرية كلها تنطبق عليها شروط الفئة الخامسة للنموذج، من ثم توجب اتباع أسلوب التفسير البصري **Visual Interpretation** للمفاضلة بين هذه المناطق على أساس أن الهدف الرئيسي من إنشاء المطار الجديد هو خدمة المشروعات القومية والمواقع السياحية، وذلك على النحو التالي:

❖ مناطق تم استبعادها:

- تم استبعاد المناطق حول واحة سيوه إذ أنها مناطق سياحية فقط، وليس لها ثقل سكاني، كما أنها قليلة الجذب للسياحة في الوقت الحالي.
- تم استبعاد مناطق غربي الإسكندرية ومحيط مدينة العلمين الجديدة، وكذلك مناطق جنوب بورسعيد وغربي قناة السويس حتى شمال طريق القاهرة-الإسماعيلية، ويرجع ذلك إلى وجود مطار العلمين الذي يخدم مدينة العلمين الجديدة، وكذلك مطار البردويل الذي سيتم إنشاءه لخدمة منطقة محور قناة السويس.
- تم استبعاد منطقة شمال شرق خليج السويس إذ أنها تخدم النشاط السياحي فقط.

❖ مناطق سيتم الإبقاء عليها لتوفر جميع الشروط بها:

منطقة غرب خليج السويس الممتدة من شمال هضبة الجلالة البحرية شمالاً حتى مدينة رأس غارب جنوباً، ويرجع الإبقاء على هذه المنطقة في وجود مشروع قومي المتمثل في مدينة ومنتجع الجلالة، ووجود العديد من المواقع السياحية التي تزيد على ١٠٠ موقع، منها ٧٣ منتجعاً وقرية سياحية تقع في القطاع من العين السخنة إلى الزعفرانية وذلك حتى يونيو ٢٠٢٠ (محمد إبراهيم وجيهان أبو اليزيد، ٢٠٢١، ص ٣٤). ويمكن تقسيم هذه المنطقة إلى قسمين: يقع الأول داخل وادي عربة وهي منطقة يصعب بناء مطار بها، وذلك لوقوعها أسفل هضبة الجلالة البحرية إذ تمثل الهضبة عائقاً لعمليتي الإقلاع والهبوط، فضلاً عن وجود مزرعة الرياح، ويتمثل القسم الثاني في سطح هضبة الجلالة البحرية والذي يتسم بشبه الاستواء، كما يقع بالقرب من مشروع مدينة ومنتجع الجلالة، وهي المنطقة التي يرى الطالب أنها الأنسب لإنشاء المطار.

ثالثاً: الموقع الفلكي والجغرافي للمطار المقترح (مطار الجلالة):

تقع المنطقة أعلى هضبة الجلالة البحرية بمتوسط منسوب ١١٨٥ م فوق سطح البحر، بين دائرتي عرض ٠١° ١٩' ٢٩° و ٢٦° ٢١' ٢٩° شمالاً، وبين خطي طول ٥٢° ١٧' ٣٢° و ٣٠° ١٩' ٣٢° شرقاً. ويرتبط الموقع بمدينة ومنتج الجلالة طريق "مقترح" بطول ١٤ كم. شكل (٤-٦)، وفيما يلي عرض لأسباب اختيار الموقع:

أ) ضرورة وجود مطار يخدم مدينة ومنتج الجلالة الذي تبلغ مساحته^(١) نحو ٧١ كم^٢، وهي من المشروعات القومية التي تولي إليها الحكومة اهتمام كبير للغاية، حيث يتكون مشروع مدينة ومنتج الجلالة من جزأين؛ يقع الجزء الساحلي على المروحة الفيضية لوادي أبو الدرج والظهير الجبلي المتاخم على مساحة ٤,٢ كم^٢ ويتضمن منتجاً سياحياً بطاقة ٣٠٠ غرفة بالإضافة إلى مجموعة من الشاليهات والفيلات ومارينا يخوت تتسع إلى ٢٤٠ يختاً ومدينة للألعاب المائية، ويقع الجزء الجبلي من المشروع على مساحة نحو ٦٦,٨ كم^٢ ويضم عدد من المدارس وجامعة الجلالة والمدينة الطبية، كما يستهدف المشروع بناء ٩ مشروعات سياحية مثل مجمع (المونت جلالة) الذي يضم ٨ آلاف وحدة سكنية فندقية، وحي للمال والأعمال ومركزاً للمؤتمرات، ويتميز المشروع بالاكتماء الذاتي من المياه عن طريق محطة تحلية خاصة بطاقة ١٥٠ ألف م^٣/اليوم، و ٣ محطات معالجة الصرف الصحي، ومجمع للأسمدة الفوسفاتية بطاقة إنتاجية ٣٠٠ ألف طن/السنة ويرتبط الجزء الساحلي بالجزء الجبلي من المشروع بتليفريك خاص بطول ٤,٥ كم (الهيئة العامة للاستثمار، ٢٠٢٠).

(١) تم حساب المساحة بعد إعادة رسمها من المرئيات الفضائية من برنامج Google Earth Pro وبرنامج ArcGIS 10.4.

ب) تحول منطقة العين السخنة؛ تحديداً النطاق الساحلي لهضبة الجلالة البحرية إلى مركزاً سياحياً يدعمه إنشاء مشروع مدينة ومنتجع الجلالة بشقيه الجبلي أعلى الهضبة والساحلي فوق مروحة وادي أبو الدرج على ساحل خليج السويس.

ج) تبين أثناء الزيارة الميدانية لموقع مدينة ومنتجع الجلالة أنه سيتم استبدال الطريق الساحلي للبحر الأحمر الحالي في قطاعه من العين السخنة إلى الزعفرانة^(١)، والذي يمتد فوق السهل الساحلي لخليج السويس أسفل الأقدام الشرقية لهضبة الجلالة البحرية، بطريق الجلالة الجديد الذي يمتد فوق سطح هضبة الجلالة، على أن يتم استخدام الوصلتين العرضيتين لربط الطريق الساحلي - الذي سيتحول إلى طريق يربط بين المنتجعات والقرى السياحية الساحلية بالجزء العلوي (مدينة ومنتجع الجلالة)، وبذلك ستتحول المنطقة إلى مركزاً سياحياً لا يقل أهمية عن مدن شرم الشيخ والغردقة ومرسى علم.

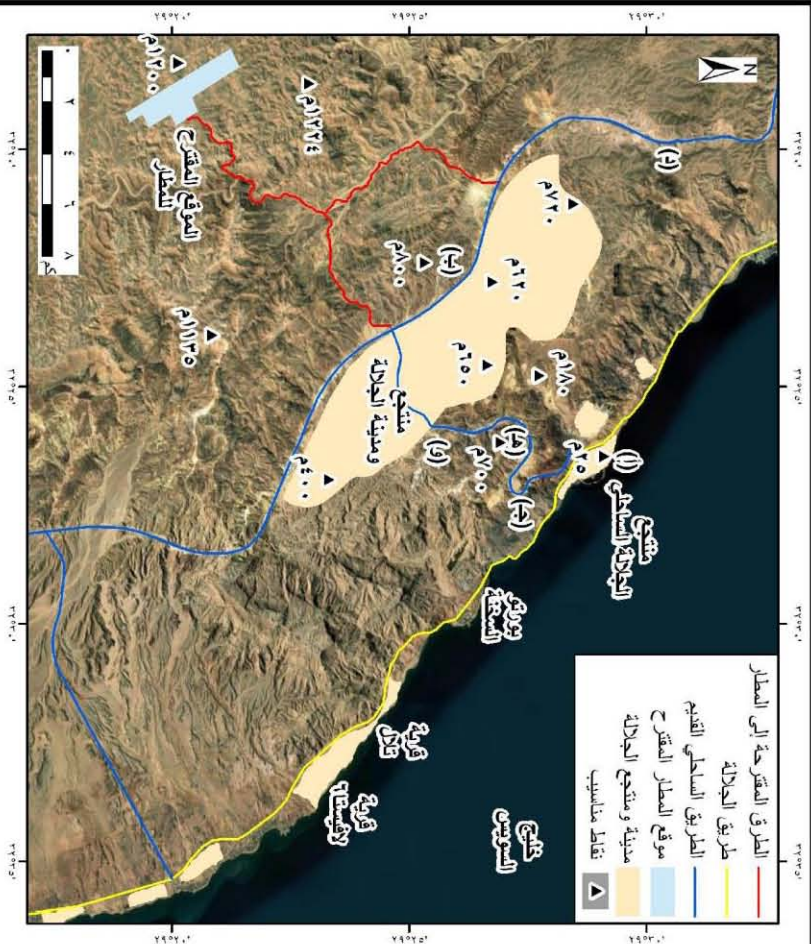
د) يقع المطار المقترح أعلى سطح هضبة الجلالة البحرية عند منسوب ١٨٥ م، في حين يبلغ متوسط منسوب مدينة ومنتجع الجلالة نحو ٦٠٠ م، ولذا من الأهمية ربط المطار بالمدينة من خلال طريقين بطول ١٤ و ١٧ كم^(٢)، كما هو واضح في شكل (٤ - ٦).

هـ) يعتمد الاقتراح على التقدم التكنولوجي، وفكر الإمكان الجغرافي، والذي حول المنطقة من مجرد صحراء وهضبة كان من المستحيل استغلالها إلى منطقة للجذب الاستثماري الضخم متمثل في مدينة منتجع الجلالة (شكل ٤-٧).

و) تخصيص المطار المقترح لخدمة النشاط السياحي ومدينة ومنتجع الجلالة، بينما سيخدم مطار البردويل الذي يقع إلى الشرق من مدينة الإسماعيلية بنحو ٩٠ كم، ويهدف في الأساس الأغراض اللوجستية للتجارة بإقليم محور قناة السويس.

^(١) هذه ليست المرة الأولى لاستبدال الطريق الساحلي بأخر أعلى الجبل، حيث تم استبدال الطريق الساحلي بأخر على ارتفاع ٧٠ م لإتاحة الفرصة لقرى لافستا ٦ وقرية تلأل، أخرى تحت الإنشاء لضم شواطئ بطول ١٠ كم.

^(٢) سوف يتم عرض هذا المقترح في الجزء الخاص بالمعوقات الجغرافية التي تواجه تنفيذ المطار وطرق حلها، وذلك في جزء تال من الفصل.



شكل (٦-٤) موقع مطار الجلالة بالنسبة لمدينة ومنتجع الجلالة

(أ) المروحة الفيضية لوادي أبودرج
٢٥ سبتمبر ٢٠١٠



(ب) المروحة الفيضية لوادي أبودرج
٢٨ يونيو ٢٠٢٠



(د) مدينة ومنتجع الجلالة
٢٩ يونيو ٢٠١٣



(ج) مدينة ومنتجع الجلالة
١٤ سبتمبر ٢٠٢٠



شكل (٧-٤) التغير الذي طرأ
على سطح هضبة الجلالة والمروحة الفيضية لوادي أبودرج

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على الدراسة الميدانية وصور برنامج Google Earth لعام ٢٠٢٠.

رابعاً: المعايير والخصائص الجيوبئية لمطار الجلالة المقترح:

ثمة ستة معايير لدراسة الموقع المقترح للمطار، سيتم تفصيلها على النحو التالي:

أ) التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية لمطار الجلالة المقترح^(١):

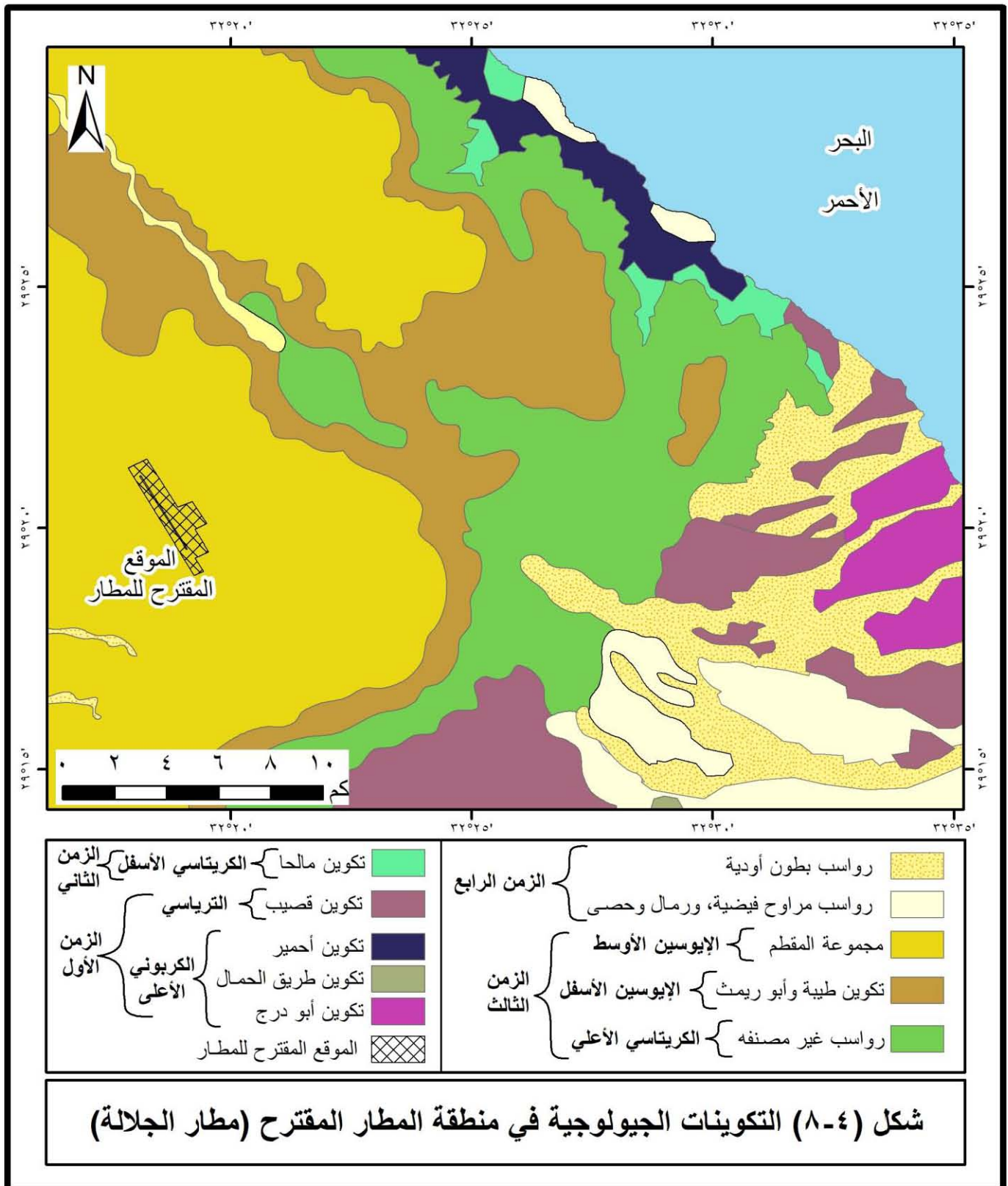
يتضح من قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية شكل (٤-٨) أن الموقع المقترح للمطار يمتد بالكامل على تكوينات عصر الإيوسين الأوسط المتمثلة في مجموعة المقطم، والتي تتألف من صخور الحجر الجيري التي تحتوي على عقد وشرائح من الصوان وبعض الحفريات، وتتميز تكوينات الحجر الجيري عامة بسهولة الحفر أثناء أعمال تسوية وتمهيد أرض المطار؛ كما يمكن استغلال ناتج الحفر لإنتاج الرخام والرخام الصناعي بجمع مصانع الجلالة للرخام والجرانيت أو استغلاله في كثير من الصناعات الأخرى مثل صناعة الأسمنت والجبس والحديد والصلب (خريطة مشروعات مصر، ٢٠١٨).

ب) الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية لمطار الجلالة:

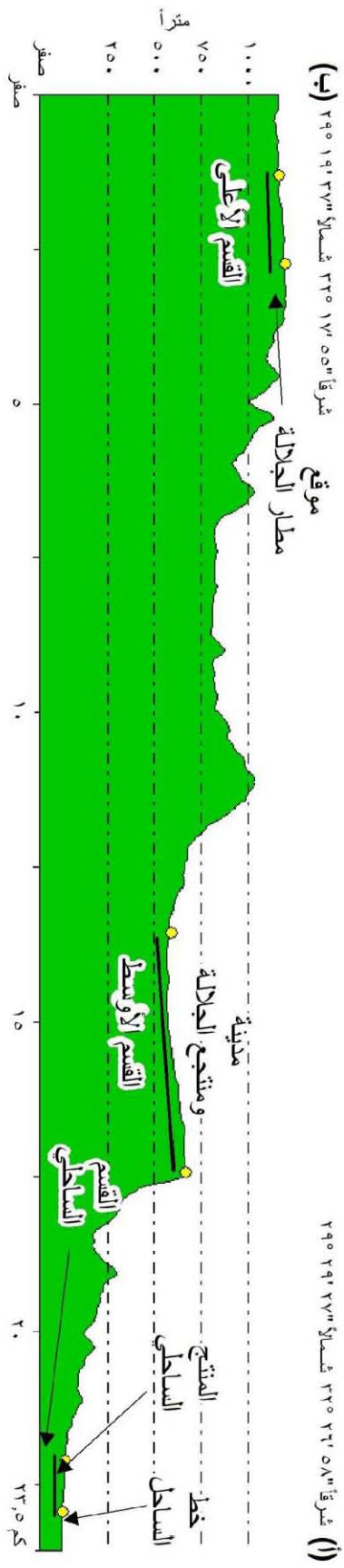
يتضح من قراءة وتحليل المرئيات الفضائية من برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠ وبيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM-3 بدقة مكانية نحو ٣٠ م، فضلاً عن القطاع التضاريسي الذي يبدأ من خط الساحل إلى موقع المطار المقترح، أن هضبة الجلالة البحرية تنقسم تضاريسياً إلى ثلاثة أقسام يوضحها شكلي (٤-٩ أ، ٤-٩ ب). يتمثل القسم الأول في السهل الساحلي "الضيق" لخليج السويس الذي يتراوح عرضه بين عدة أمتار إلى ٧٠٠ م^(٢) (محمد صبري محسوب، ١٩٩٠، ص ٩٦)، في حين يتراوح منسوبه بين الصفر عند خط الساحل و ١٥ م عند أقدم هضبة الجلالة البحرية، وقد تم استغلال السهل الساحلي في هذا الموضع في بناء الجزء الساحلي من منتجع مدينة

^(١) لم يتوفر لدى الدراسة بيانات مجسات للتربة حتى يتسنى دراسة سمك قطاع رصف مدرج المطار، كما لم يتمكن الطالب من عمل زيارة ميدانية للموقع نظراً لعدم وجود طرق ممهدة تصل إلى الموقع المقترح، لذا تم الاكتفاء بقراءة الخريطة الجيولوجية لمعرفة مدى ملائمة التكوينات الجيولوجية لإنشاء المطار...

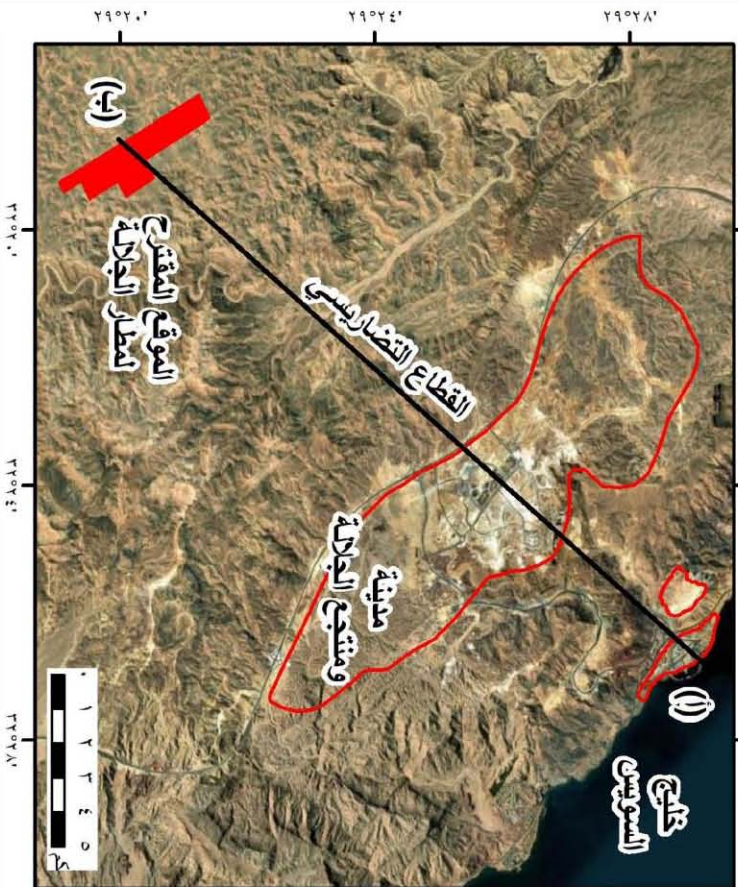
^(٢) هي المسافة التي تمتد بها المروحة الفيضية لوادي أبودرج من قاعدتها.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على الخريطة الجيولوجية انتاج شركة كونكو كورال مقياس ١: ٥٠٠,٠٠٠، لوحة بني سويف، عام ١٩٨٧.



شكل (٤-٩ أ) الأقسام التضاريسية لهضبة الجلالة البحرية



شكل (٤-٩ ب) الأقسام التضاريسية لهضبة الجلالة البحرية

الجلالة، بينما يمثل القسم التضاريسي الثاني في الجزء الأوسط لهضبة الجلالة البحرية وهو سطح شبه مستوي ويبلغ متوسط منسوب سطحه نحو ٦٠٠ م، وهي المنطقة التي تم تمهيدها لبناء الجزء العلوي لمدينة الجلالة. في حين يمثل القسم التضاريسي الثالث وهو أعلى الأقسام ارتفاعاً بهضبة الجلالة البحرية، وتتميز بشبه استواء السطح عند متوسط منسوب ١١٨٥ م وهي المنطقة المقترحة لبناء المطار.

١- أسطح حدود ارتفاعات العوائق:

بتطبيق أسطح حدود ارتفاعات العوائق على المطار المقترح شكل (٤-١٠) يتضح عدم وجود عوائق طبيعية أو بشرية تخترق سطحي الاقتراب أو الإقلاع حال كان الهبوط بشكل مستقيم ومباشر، بينما تم رصد خمسة عوائق تضاريسية - قمم جبلية بدون أسماء على الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠، تعوق الملاحة حال كان الاقتراب بشكل دائري^(١). من ثم يتشابه مطار الجلالة كثيراً مع مطار مرسى علم من حيث الخصائص التضاريسية المتعلقة بأسطح حدود ارتفاعات العوائق ومن حيث اتباع نفس الإجراءات الملاحية حلا تدهور الرؤية.

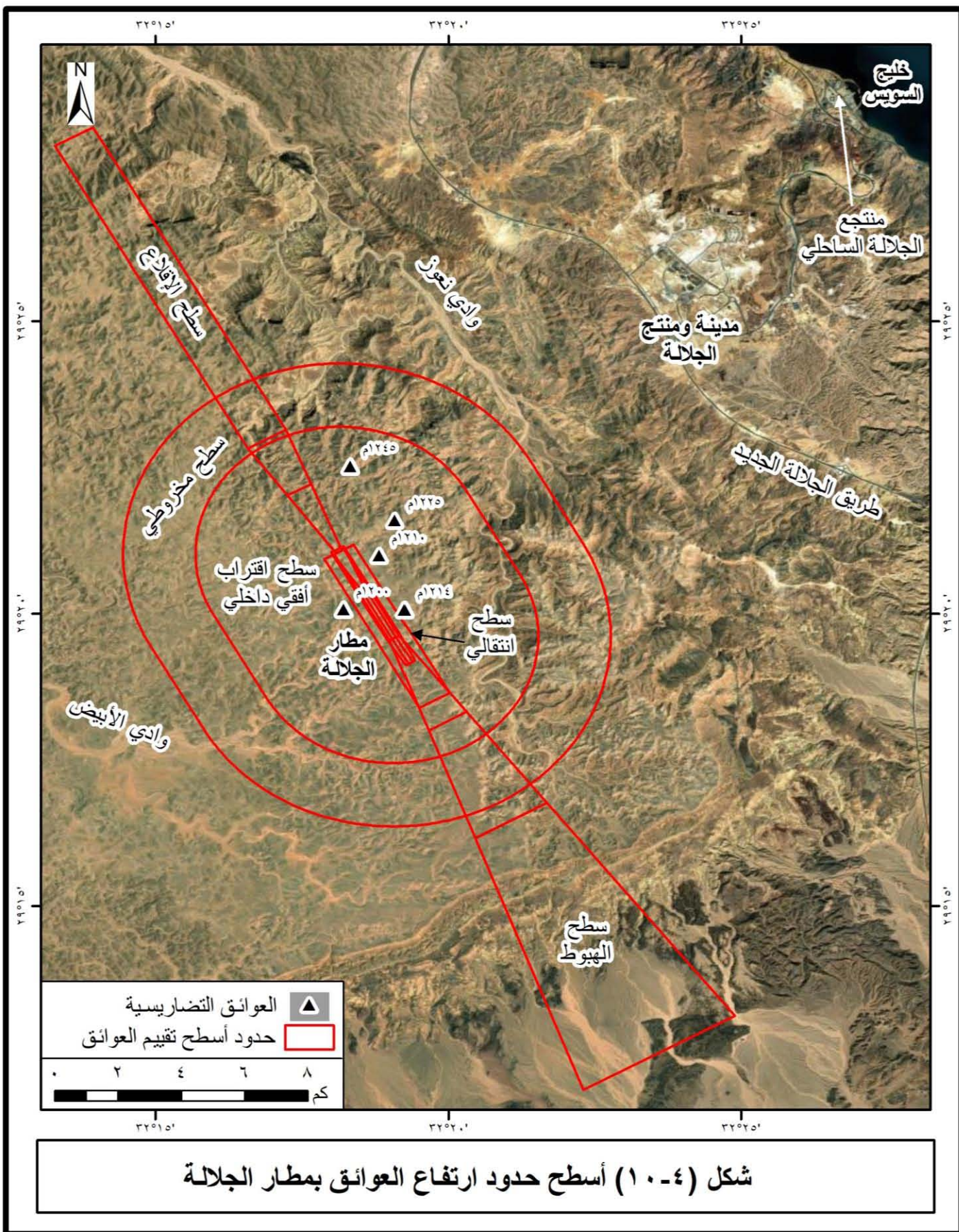
٢- المدرج:

يتضح من دراسة الموضع المقترح لإنشاء المطار أن منسوب الأرض يتراوح بشكل عام بين ١١٧٠ و ١٢٠٠ م، ويتراوح المنسوب على طول المسافة التي سيمتد عليها المدرج بين ١١٧٠ و ١١٨٥ م أي أن الفارق في المنسوب بين عتبي المدرج (طرفي المدرج) يبلغ ١٥ متراً مع طول مدرج يبلغ ٣ كم فإنه يتوافق مع معايير المنظمة العالمية للطيران المدني إذ حددت ألا يتعدى الانحدار على طول المدرج قيمة ١% للمدارج البالغ طولها ١٨٠٠ م فأكثر (ICAO, Doc 915 — Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways, P5-2, 2006). وسوف تحلل الدراسة القطاع التضاريسي الممتد على طول المدرج في الجزء الخاص بالمعوقات الجغرافية التي تواجه تنفيذ المطار المقترح وطرق حلها.

٣- موضع المساعدات الملاحية:

يتميز سطح هضبة الجلالة بشبه الاستواء (باستثناء وجود عدد قليل من الأودية) شكل (٤-١٠)، إذ لا توجد فوقها أي قمم تضاريسية تعوق إشارات المساعدات الملاحية في اتجاهي المدرج، ومن ثم يمكن تثبيت أي من الأجهزة الملاحية المناسبة التي تخدم الحركة الملاحية بالمطار.

(١) لا يتم اللجوء إلى مثل هذه الإجراءات إلا في حال تدهور الرؤية وهي قليلة الحدوث في مصر، وفي هذا الإجراء تقترب الطائرة حتى نقطة معينة أعلى المطار ثم تبدأ في الطيران الحلزوني الهابط حتى ارتفاع معين فإن تحقق رؤية المدرج يكمل الهبوط وإن لم تتحقق رؤية المدرج لا يتم النزول وتعاد المحاولة.



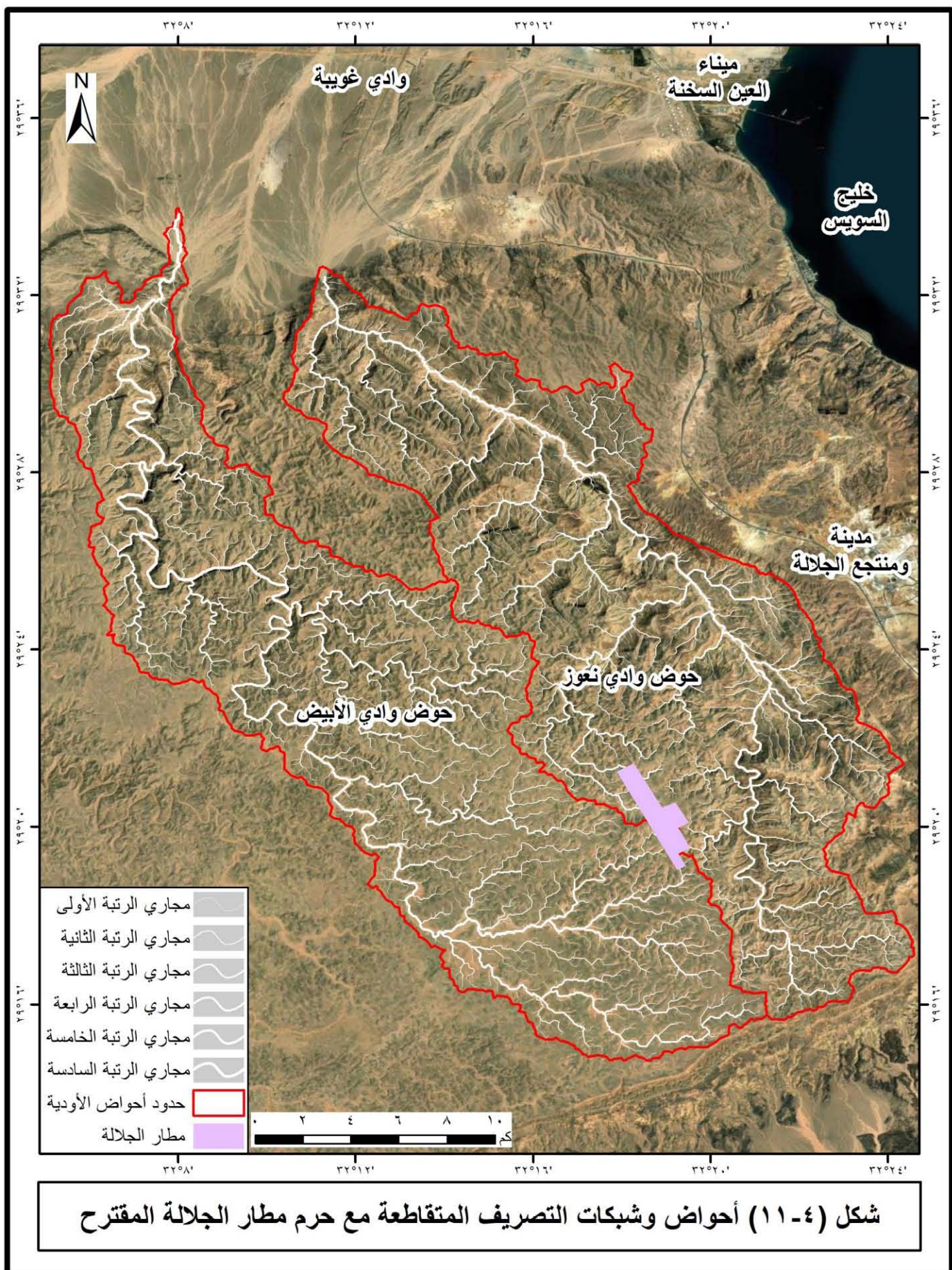
المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM الإصدار الثالث، دقة مكانية ٣٠ م.

ج) أخطار السيول:

يتضح من قراءة وتحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي SRTM-3 بدقة مكانية نحو ٣٠ م، والمرئيات الفضائية عالية الدقة من برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠ أن الانحدار العام لسطح هضبة الجلالة البحرية يتجه اتجاهًا عامًا من الجنوب إلى الشمال الأمر الذي أدى إلى اتجاه العديد من الأودية ناحية الشمال تبعًا للانحدار العام لسطح الأرض، وتمثل أودية منطقة الدراسة جزء من حوض تصريف وادي غويبة؛ حيث تعبر مجاري هذه الأودية الحافة الشمالية لهضبة الجلالة البحرية لتلتحم بالمجرى الرئيسي لوادي غويبة الذي يصب في خليج السويس عند ميناء العين السخنة.

ويمتد المطار المقترح متقاطعًا مع خط تقسيم المياه بالجزء الأعلى لأحواض أودية نعوز والأبيض من روافد وادي غويبة، وتبلغ رتبة المجرى الرئيسي لهذين الحوضين على التوالي الرتبة الخامسة والسادسة تبعًا لتصنيف استريلر، وتبلغ مساحتهما ٢٦٨ كم^٢ و ٢٨٨ كم^٢ على التوالي (شكل ١١-٤). وقد تم الاستخلاص الآلي لأحواض وشبكات التصريف اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي SRTM-3 بدقة مكانية نحو ٣٠ م، وباستخدام برنامجي Global Mapper v18 و ArcGIS v10.4، كما تم مقارنة النتائج مع صور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠ للتأكد من صحتها، ووجد الطالب أن النتائج على درجة عالية من الدقة.

وقد أدى وقوع المطار في أعلى أجزاء الهضبة ارتفاعًا، وذلك على طول خط تقسيم المياه بين الأودية شكل (١١-٤) إلى حماية موقع المطار من خطر تدفق الجريان السيلي، حيث تنتزع المياه الساقطة في حدود أرض المطار إلى الخارج، الأمر الذي سيعمل على توفير أعمال الإنشاءات الوقائية كمناطق تجمع المياه أو بناء سدود وتحويل مسار الجريان.



المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على تحليل بيانات SRTM وصور برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠١٩، تم ترتيب المجاري بطريقة استريل.

د) بعض الخصائص المناخية:

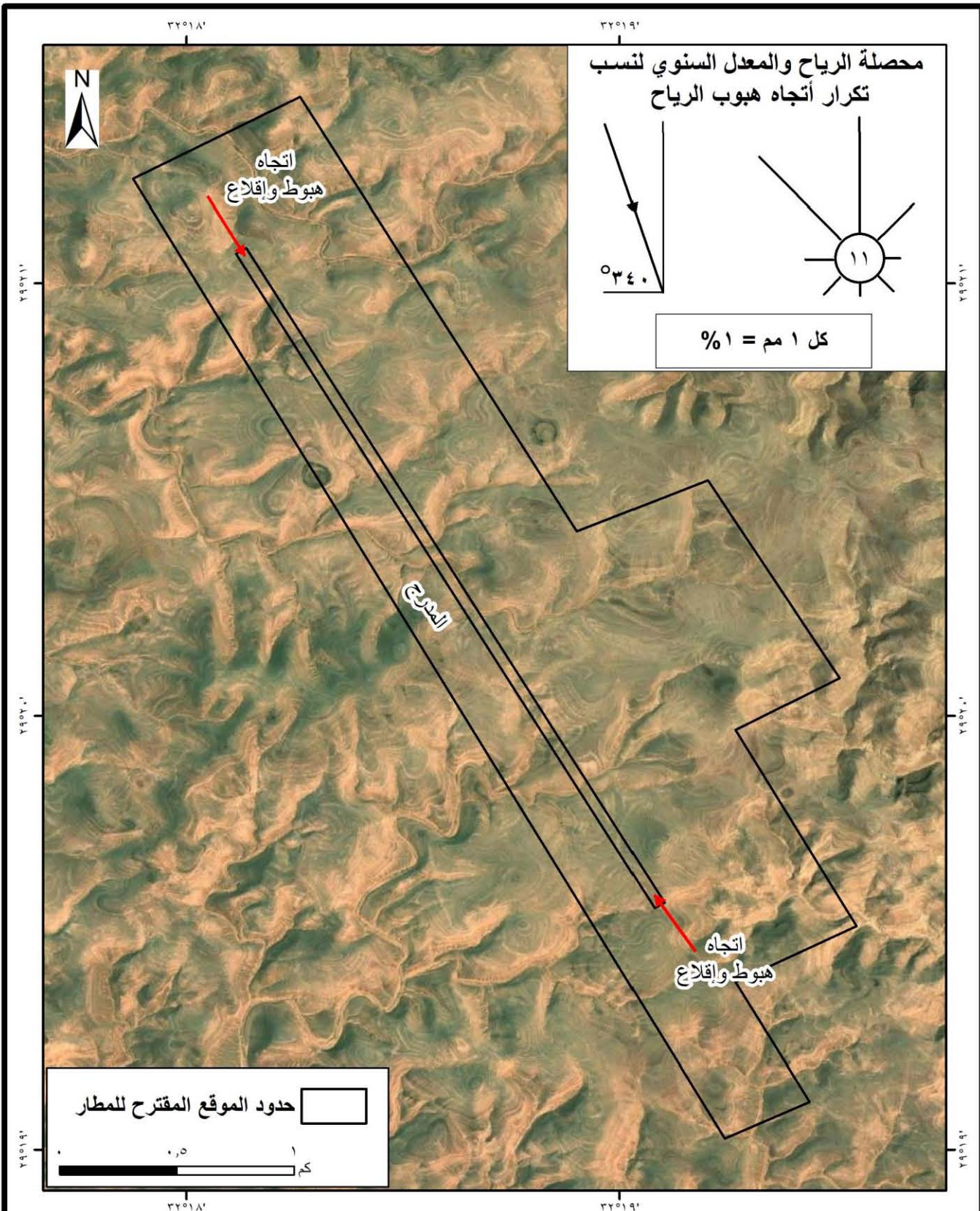
تؤثر بعض العناصر المناخية (الرياح، حرارة، مطر) على موقع المطار المقترح؛ حيث تؤثر الرياح على تحديد اتجاه المدرج، وتدخل درجات الحرارة في العديد من حسابات تصحيح طول المدرج تبعًا لارتفاعه عن سطح البحر، بينما تؤثر الأمطار على بعض العمليات الملاحية مثل التدرج للإقلاع أو الهبوط؛ ونظرًا لعدم وجود محطة بموقع المطار المقترح اعتمدت الدراسة على بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية لأقرب المحطات وهي (السويس، فايد، القطامية) في الفترة بين عامي ١٩٧٦-٢٠٠٥، لدراسة خصائص العناصر المناخية سألقة الذكر بموقع المطار المقترح، على النحو التالي:

١) الرياح:

يتضح من دراسة المتوسط السنوي لنسب تكرار اتجاه وسرعة الرياح في محطات السويس وفايد والقطامية، أن الرياح السائدة على المطار هي الرياح الشمالية والشمالية الغربية، بنسبة تكرار هبوب تصل إلى ٥٢%. بينما بلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح بالموقع نحو ١٥,٩ كم/ساعة (٨,٦ عقدة)^(١) (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١). وفيما يخص سرعة الرياح الجانبية التي تؤثر على صلاحية إتمام عمليات الهبوط فبلغت سرعتها ١٢ كم/ساعة (٦,٥ عقدة)، وهي سرعة قليلة للغاية ولا تؤثر على التشغيل طبقًا للقيم التي نصت عليها ICAO وتم ذكرها في الفصل الثاني.

وفيما يخص توجيه مدرج المطار المقترح: يتضح من دراسة محصلة الرياح التي تم رسمها اعتمادًا على متوسطات بيانات محطات السويس وفايد والقطامية، سيادة الرياح الشمالية الغربية بزاوية هبوب ٣٤٠° ما أدى إلى ضرورة توجيه محور امتداد المدرج مع محور اتجاه الرياح السائدة، وهو المحور الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي كما في شكل (٤-١٢)، ومع الأخذ في الاعتبار أن عمليات الإقلاع والهبوط تتم عكس اتجاه هبوب الرياح، وسيؤدي ذلك إلى تفضيل الهبوط والإقلاع من ناحية الجنوب كسائر المطارات على ساحل البحر الأحمر.

(١) تم حساب سرعة الرياح عن طريق حساب متوسط قيم المعدل السنوي لسرعة الرياح بأقرب المحطات وهي فايد والسويس وأبررديس.



شكل (٤-١٢) تطابق محور اتجاه مدرج المطار المقترح مع اتجاه الرياح السائدة

٢) الحرارة:

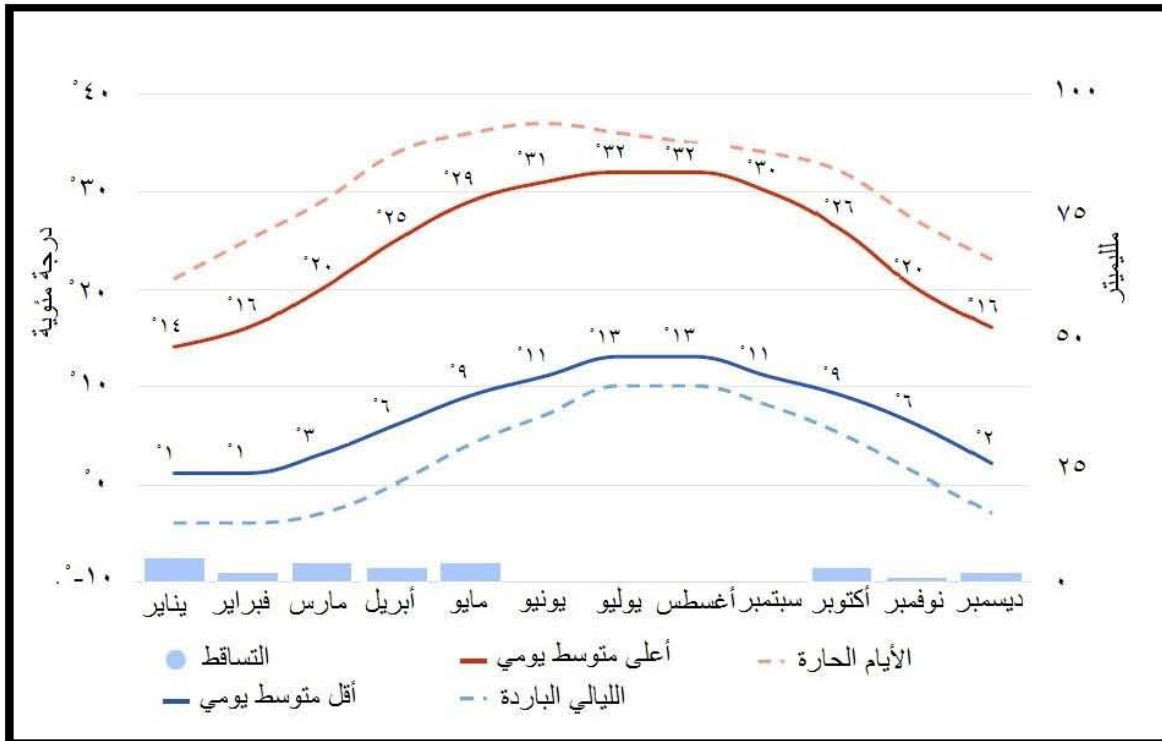
يتضح من قراءة بيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية المصرية لأقرب المحطات وهي محطتي السويس والقطامية خلال الفترة من ١٩٧٦-٢٠٠٥؛ أن المعدل السنوي للمتوسط اليومي لدرجة الحرارة بمنطقة الدراسة يبلغ 23°C و $20,3^{\circ}\text{C}$ س بمحطتي السويس والقطامية على التوالي. ويعد فصل الشتاء أكثر فصول السنة برودة؛ حيث سجلت درجات الحرارة $15,9^{\circ}\text{C}$ و $12,9^{\circ}\text{C}$ س بمحطتي السويس والقطامية على التوالي. بينما يعد فصل الصيف أكثر فصول السنة ارتفاعاً في درجات الحرارة؛ حيث سجلت درجات الحرارة $29,4^{\circ}\text{C}$ و $26,9^{\circ}\text{C}$ س بمحطتي السويس والقطامية على التوالي. في حين تتميز درجات الحرارة في فصلي الربيع والخريف بالاعتدال وتتراوح بين $19-22^{\circ}\text{C}$ س، وفي الخريف بين $24-21^{\circ}\text{C}$ س وذلك في محطتي السويس والقطامية على التوالي.

تتراوح المعدلات الشهرية لمتوسط درجة الحرارة بمحطتي السويس والقطامية بين $13-31^{\circ}\text{C}$ س على التوالي، ويعد شهر يناير أخفض شهور السنة من حيث درجات الحرارة حيث يسجل قيم تتراوح بين $13-16^{\circ}\text{C}$ س على التوالي، كما تسجل في شهر يناير أخفض معدل لدرجات الحرارة الصغرى بقيم تتراوح بين $5-10^{\circ}\text{C}$ س. في حين يعد شهر يوليو أعلى شهور السنة من حيث درجات الحرارة حيث يسجل قيم تتراوح بين $28-31^{\circ}\text{C}$ س في محطتي السويس والقطامية على التوالي، كما تسجل في شهر يوليو أعلى معدل لدرجات الحرارة العظمى بقيم تتراوح بين $35-37^{\circ}\text{C}$ س في محطتي السويس والقطامية على التوالي. ويبلغ المعدل السنوي لمتوسط درجات الحرارة العظمى في محطتي السويس والقطامية $27-28^{\circ}\text{C}$ س على التوالي، في حين يبلغ المعدل السنوي لمتوسط درجات الحرارة الصغرى بمحطتي السويس والقطامية $14-18^{\circ}\text{C}$ س على التوالي.

وتوضح بيانات الموقع الإلكتروني (www.meteoblue.com, 2020)؛ حيث يعمل هذا الموقع على استنتاج Interpolation قيم عناصر المناخ من بيانات المحطات القريبة، ويتضح من قراءة شكل (٤-١٣) أن شهور الصيف تسجل أعلى متوسطات لدرجة الحرارة العظمى والصغرى $32-13^{\circ}\text{C}$ س، بينما تسجل شهور الشتاء أدنى متوسطات لدرجة الحرارة العظمى والصغرى 14°C س، 11°C س على الترتيب، في حين تتراوح متوسطات درجات الحرارة في الإعتدالين بين 20°C و 29°C س للعظمى و 6°C و 11°C س الصغرى. أما ما يتعلق بأعلى وأدنى درجات حرارة مسجلة خلال السنة فقد سجل شهر يونيو 37°C س، وسجل شهر يناير 4°C س.

وبصفة عامة يؤثر ارتفاع سطح الأرض بشكل ملحوظ على تقليل درجات الحرارة بالموقع المقترح للمطار البالغ منسوبه نحو ١٢٠٠ م، حيث نقل القيم المسجلة بالموقع المقترح عن نظيرتها المسجلة عند منسوب سطح البحر بمحطة السويس على سبيل المثال بنحو ٨° س.

من ثم أجرت الدراسة عدد من الحسابات الخاصة بتصحيح طول المدرج والمسافات المطلوبة للإقلاع والهبوط لطرازات الطائرات المرجح استقبالها بالمطار المقترح بعد إدخال قيم درجات الحرارة والانحدار (الفارق بين منسوب عتبي المدرج) (ICAO, Doc 9157 — Aerodrome Design Manual, Part 1 Runways, Item 3.5 2006) تبين أن هناك تأثير لدرجة الحرارة على طول المدرج بالمطار المقترح، حيث زاد طول المدرج بمقدار ٩٠٠ م تقريبًا ليصبح ٣ كم، وهو أطول من طول مدرج مطار سانت كاترين البالغ ٢١١٥ م (أقرب مطارات الجمهورية تشابهًا من حيث الارتفاع ودرجة الحرارة)؛ حيث سيستقبل المطار المقترح طائرات أكبر في الحجم من تلك التي يستقبلها مطار سانت كاترين.



Source: www.meteoblue.com, 2020

(شكل ٤-١٣) المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة وكمية الأمطار بالموقع المقترح للمطار

٣) المطر:

يتسم إقليم البحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء بتناقص كمية الأمطار بالاتجاه جنوباً. حيث تكثر الامطار في شمال شرق سيناء نظراً لمرور كثير من المنخفضات الجوية على البحر المتوسط وتتناقص الأمطار تدريجياً كلما اتجهنا إلى الغرب مروراً بالموقع المقترح للمطار حتى الطور، وتندرج منطقة الدراسة ضمن المناخ الصحراوي قليل المطر (طارق زكريا إبراهيم، ١٩٩٣، ص ٢٣٧).

جدول (٤-١) المعدل الشهري لكمية الأمطار بمحطة السويس في الفترة بين عامي ١٩٧٦-٢٠٠٥

يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
٤,١	٣,٣	٥,٦	٢,٢	١,١	١,٩	٠	٠	٠,٥	٢,٣	٣,٧	٤,٢

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠١١.

ويتضح من خلال قراءة بيانات المعدل الشهري لكمية الأمطار بمحطة السويس -أقرب المحطات لمنطقة الدراسة- خلال الفترة عام ١٩٧٦-٢٠٠٥ جدول (٤-١) وبيانات موقع meteoblue شكل (٤-١٣) أن التساقط بمنطقة المطار المقترح يتميز بأنه قليل للغاية، إذ تقل كمية التساقط بشكل عام إلى أقل من ٥ ملليمتر، بينما يندمج المطر في شهري يوليو وأغسطس، وتسجل شهور الخريف والشتاء أعلى المعدلات الشهرية للأمطار بقيم ٣,٧، ٤,٢، ٤,١، ٣,٣، ٥,٦ ملليمتر في شهور نوفمبر وديسمبر ويناير وفبراير ومارس على التوالي.

وفيما يخص السيول التي تحدث عادة في فصل الخريف وأوائل الشتاء وترتبط بالعواصف الرعدية، فقد ذكر (محمد إبراهيم محمد خطاب، ٢٠١٨، ص ٣٥٢-٣٥٨) أنه اعتماداً على بيانات GPM-IMERG لاستخلاص قيم الأمطار بطريقة IDW باستخدام برنامج Arc GIS 10.3، لتقدير كمية مياه أمطار يومي ٢٧ و ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦، أن كمية المياه الساقطة على حوضي منطقة الدراسة (نعوز، الأبيض) بلغت ٦ مليون م^٣ وهي كمية ليست بالقليلة إذ تزيد على كمية الأمطار الساقطة على وادي حجل ٥,٢ مليون م^٣ في نفس الفترة الزمنية والتي تركت آثار تدميرية تمثلت في قطع طريق السويس - العين السخنة.

وترجع الدراسة الحالية الأسباب وراء الأثر التدميري الذي حدث لطريق السويس - العين السخنة أنه (الطريق) يقع عند القطاع الأدنى لوادي حجل بينما يقع المطار المقترح في أعلى أجزاء هضبة الجلالة البحرية منسوباً على خط تقسيم المياه بين وادي نعوز والأبيض شكل (٤-١١) الأمر

الذي سيؤدي إلى حماية موقعه من خطر تدفق الجريان السطحي للمياه جراء السيول إذ ستتوزع المياه الساقطة في حدود أرض المطار إلى الخارج.

هـ) الوزن السكاني واستخدام الأرض والإمكانات السياحية:

تؤثر المطارات على الخصائص السكانية واستخدام الأرض بالمناطق التي تقع بها إذ تعمل على جذب العاملين بالمطار للسكن بالقرب منه كما تجذب بعض الأنشطة التجارية لا سيما السياحية للعمل على خدمة مستخدمي المطار، ومن ثم تنشأ بيئة المطارات التي تنمو كمدينة سميت لاحقاً بمدن المطارات (Ashford et al, 2011, P. 666)، وتضع الدراسة المطار المقترح في فئة المطارات متوسطة الحجم مثل مطار مرسى علم، على أن يخدم المطار نحو ٦٠٠ راكب/ساعة فيكون من الأسباب الداعمة للطفرة السياحية التي ستشهدتها المنطقة، وذلك على النحو التالي:

١) الوزن السكاني:

يقع المطار المقترح في محافظة السويس وسوف يتبع إداريًا قسم عتاقة، وتبعًا لبيانات النتائج النهائية للتعداد العام للسكان والإسكان والمنشآت (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠١٧) تحتل محافظة السويس المرتبة رقم ٢٠ بين محافظات الجمهورية من حيث عدد السكان؛ حيث بلغ عدد سكانها نحو ٧٢٨ ألف نسمة عام ٢٠١٧، وهو ما يمثل نحو ٠,٧% من إجمالي سكان الجمهورية، وتبلغ الكثافة السكانية العامة بها في عام ٢٠١٧ نحو ٨٠ نسمة/كم^٢، والكثافة الصافية نحو ٣٦ ألف نسمة/كم^٢، وبالتالي فهي محافظة غير مكتظة بالسكان، وتعد من المحافظات الواعدة سياحيًا وصناعيًا. ويحتل قسم عتاقة - بالرغم من أنه أكبر أقسام المحافظة مساحة - المركز الخامس والأخير من حيث عدد السكان بالمحافظة؛ حيث بلغ عدد سكانه نحو ٦٩ ألف نسمة في عام ٢٠١٧. ويعد قسم عتاقة أحد أقسام محافظة السويس التي تسجل نموًا مضطردًا بعدد سكان بلغ ٨٧٥٥ و ٢٦٧٢٣ و ٦٩٩٢٠ نسمة طبقًا لتعدادات ١٩٩٦، ٢٠٠٦، ٢٠١٧ بالترتيب (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ١٩٩٦، ٢٠٠٦، ٢٠١٧).

٢) استخدام الأرض:

يتضح من خلال قراءة الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ لوحات العين السخنة، وجبل الجلالة البحرية، ورأس أبو الدرج لعام ١٩٨٩، وأيضًا الدراسات الميدانية التي قام بها الطالب خلال الفترة بين عامين ٢٠٠٩ حتى عام ٢٠١٧، والمرئيات الفضائية لعام ٢٠٢٠ من برنامج Google Earth pro شكل (٤-١٤) أن قسم عتاقة يضم معظم النشاط السياحي بمحافظة السويس الممتد

على طول ساحل خليج السويس بداية من ميناء الأتكة شمالاً حتى رأس الزعفرانة جنوباً، وقد بلغت مساحة القرى والمنتجعات السياحية في عام ٢٠١٣ نحو ٢٠ كم^٢، ثم ارتفعت إلى ٨١ كم^٢ في عام ٢٠٢٠، وترجع الزيادة الأخيرة إلى تنفيذ مشروع مدينة ومنتجع الجلالة وعدد من المشروعات السياحية الأخرى، وعلى هذا أصبحت مساحة المشروعات السياحية في عام ٢٠٢٠ نحو ٤ مرات قدر مساحتها في عام ٢٠١٣.

ويؤثر نمو النشاط السياحي على طلب مرافق الانتقال مثل الطرق والمطارات الأمر الذي دفع الحكومة في الاسراع للانتهاء من شبكه الطرق - محور ٣٠ يونيو، وطريق الجلالة على سبيل المثال لا للحصر، ومن ثم كان اقتراح الدراسة بإنشاء مطار جديد يخدم المنطقة لما له من أهمية في إنعاش المنطقة سياحياً، وتوفير الوقت للانتقال المباشر من أوروبا والجزيرة العربية للاستجمام أو العلاج أو التعليم.

(٣) الإمكانيات السياحية:

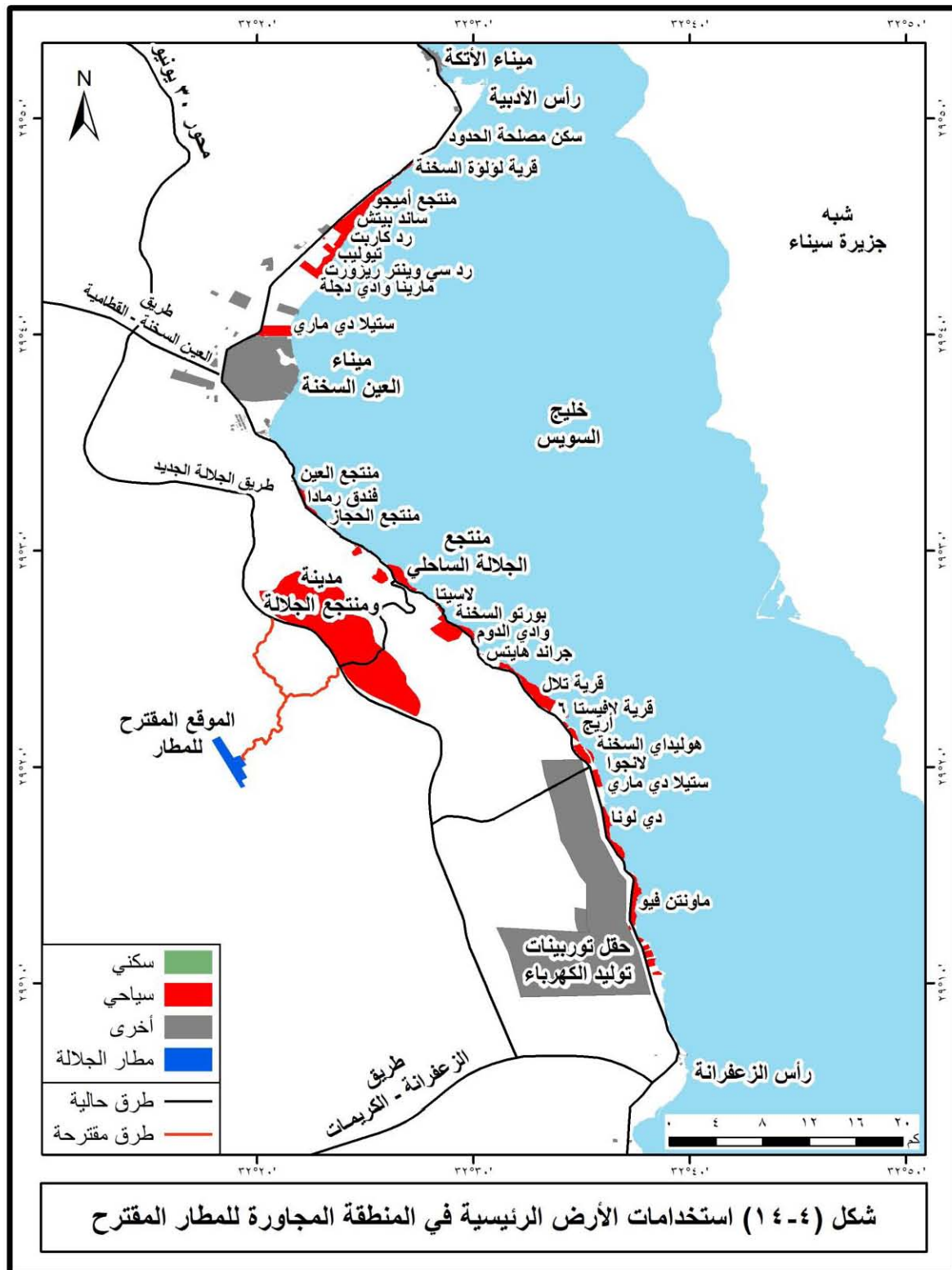
تتميز هضبة الجلالة البحرية بتوفر عدد كبير من عناصر الجذب السياحي التي تعمل جنباً إلى جنب مع المطار المقترح على توفير بيئة سياحية متكاملة. وفيما يلي عرض لبعض هذه الإمكانيات:

- يتضح من قراءة المرئيات الفضائية من برنامج Google Earth pro لعام ٢٠٢٠ أن الواجهة البحرية لهضبة الجلالة البحرية يبلغ طولها نحو ٣٠ كم، وقد تم استغلال نحو ٥٠% منها في بناء المنتجعات والقرى السياحية أو عمل مدرجات لبناء القرى السياحية مثل قرى تلال ولافيستا ٦ شكل (٤-١٤).

- ابتكر المستثمرون في النشاط السياحي المصطلح التسويقي للغرف التي تطل على البحر "See View" والغرف التي تطل على الجبل "Mountain View". وهو المفهوم التسويقي الذي أدر مليارات الجنيهات من خلال بناء مباني القرى السياحية بواجهتين، واجهة تطل على البحر والأخرى على الجبل مثل منتجع بورتو السخنة. ومن ثم فإن هناك نحو ١٥ كم سواحل جاهز لاستقبال مليارات الجنيهات في مشاريع مماثلة.

- يوجد بمنطقة العين السخنة خطين تليفريك، يقع الأول في بورتو السخنة، ويقع الثاني في مدينة ومنتجع الجلالة؛ ويمثل ذلك مصدر جذب سياحي، حيث يساعد على الاستمتاع بمشاهدة بانوراميه للبحر والجبل، وتقترح الدراسة مد خط التليفريك من مدينة ومنتجع الجلالة إلى موقع المطار وبناء عدد من الفنادق للاستمتاع بالمناظر الخلابة.

- تضم المنطقة أيضًا ٢ مارينا يخوت، منها واحدة في فندق وادي الدوم، والثاني في الفندق الساحلي لمشروع مدينة ومنتجع الجلالة.



(و) بعض الخصائص البيئية (الضوضاء ، انبعاثات الغازات الدفيئة، تجمعات ومسارات هجرة الطيور):

ترجع أهمية دراسة الجانب البيئي للمشاريع إلى أهمية التأكيد على التوافق المتبادل بين مدخلات ومخرجات المشروع بشكل لا يؤثر سلباً على البيئة المحيطة. ويتضح من قراءة وتحليل نماذج محاكاة انتشار الضوضاء وانبعاث الغازات الدفيئة بمحيط موقع المطار المقترح (مطار الجلالة) بالإضافة إلى بيانات تجمعات ومسارات هجرة الطيور ما يلي:

(١) الضوضاء:

يتضح من خلال دراسة الجدول (٤-٢) الذي يعرض أمثلة لنماذج مختلفة من مصادر الضوضاء بشكل عام والحد الأقصى المسموح به من وزارة البيئة طبقاً للائحة التنفيذية لقانون البيئة

جدول (٤-٢) أمثلة للمستوى التقريبي للضوضاء والحد الأقصى المقترح لمستوى الضوضاء (ديسيبل)

مصدر الصوت	مستوى التقريبي لقياس الصوت (ديسيبل)	الحد الأقصى لمستوى الضوضاء (ديسيبل) طبقاً لقانون البيئة المصري
حفار يعمل بضغط الهواء (على بعد ٧ أمتار)	٩٥	
سيارة نقل ثقيل تسير بسرعة ٤٠ كم/ساعة (على بعد ٧ أمتار)	٨٥	
اقتراب طائرة متوسطة على ارتفاع ١٠٠٠ قدم	٧٠	
حجرة مكتب عادية ذات أصوات مرتفعة (المكاتب الإدارية، حجرات العمل بالحاسب الآلي)	٦٠	٦٥
حجرة مكتب عادية هادئة (ساحات البنوك، حجرات العمل الذي يتطلب التركيز الذهني)	٥٠	٦٠
المكتبات العامة، المتاحف، مكاتب البريد	٣٥	٤٥
المباني السكنية، الفنادق، غرف المعيشة	٣٥	٥٠
حجرة نوم	٣٥	٣٥
عتبة الصوت المسموع	صفر	صفر

المصدر: اللائحة التنفيذية لقانون البيئة المصري لعام ٢٠٠٩، ملحق رقم (٧) جدول رقم (١).

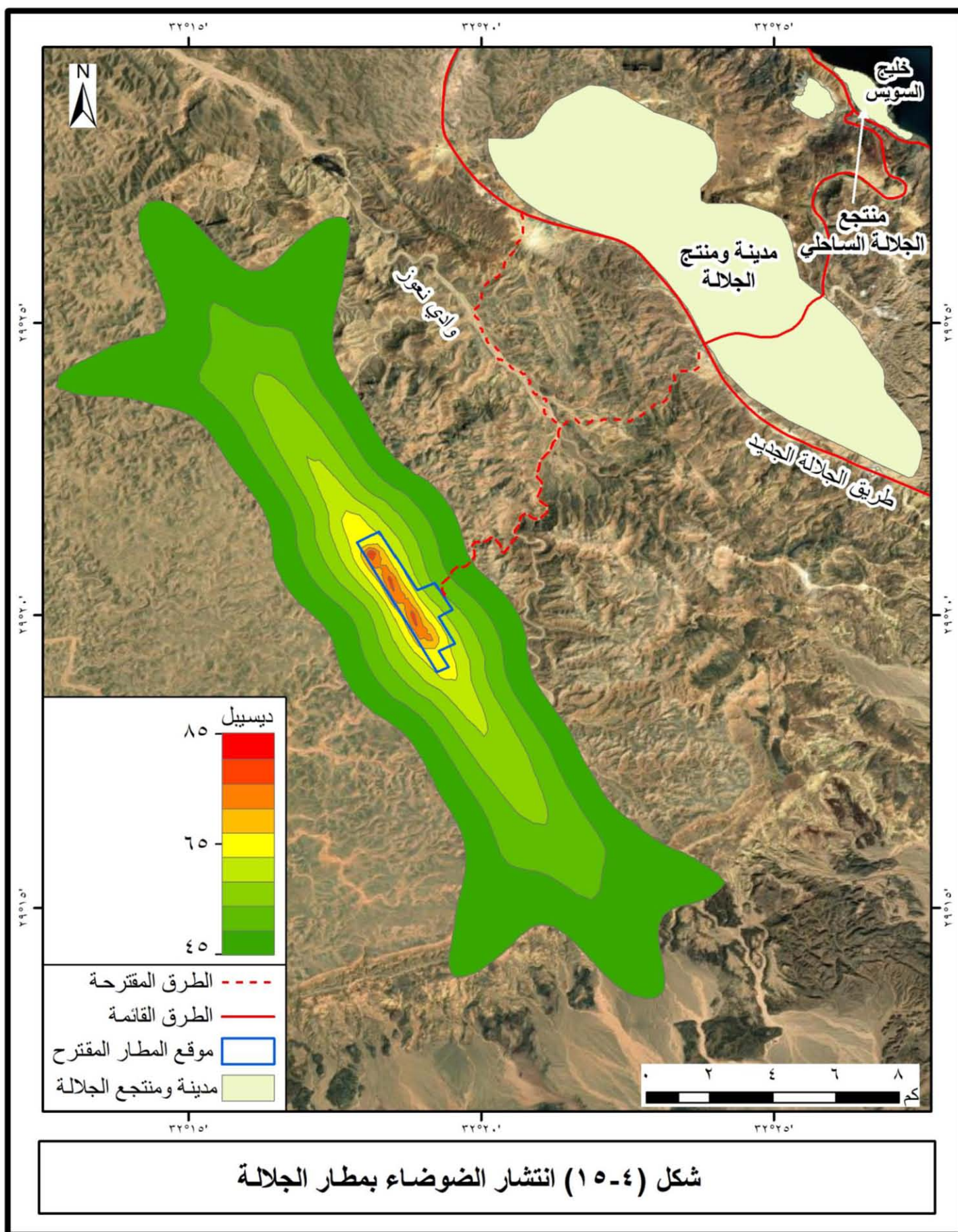
www.nats.aero/environment.

المصري لعام ٢٠٠٩، أن الإنسان العادي يستطيع العيش في مستويات صوتية تصل إلى ٦٥ ديسيبل بالنسبة لأماكن العامل العادية، ومستويات صوت تصل إلى ٩٠ ديسيبل بالنسبة لأماكن عمل مثل الورش والمصانع بشرط ألا تزيد فترة التعرض للصوت على ٨ ساعات (اللائحة التنفيذية لقانون البيئة، ٢٠٠٩). وبصيغة أخرى يمكن الاستنتاج أن الـ ٦٥ ديسيبل هي عتبة الضوضاء بالنسبة للإنسان العادي في البيئة العادية، ومن خلال دراسة وتحليل شكل (٤-١٥) الذي أنتجته الدراسة باستخدام برنامج Aviation Environmental Design Tool (AEDT) لإنشاء نموذج خطوط تساوي مستويات شدة الصوت بموقع المطار، ويحتاج هذا النموذج إلى توفير عدد من المدخلات، تتمثل في:

- بيانات المطار (ارتفاع وإحداثيات المدرج، المساعدات الملاحية، البيانات المحلية للأرصاد).
- طرازات الطائرات العاملة بالمطار مثل الطائرة (Boing 737-800).
- مسارات الإقلاع والهبوط.
- عدد الرحلات المتوقع.

يتضح تدرج مستويات شدة الصوت من ٤٥ إلى ٨٥ ديسيبل بفاصل ٥ ديسيبل، وينقسم انتشاره بشكل عام إلى قسمين رئيسيين يقع أولهما داخل حدود سور المطار ويضم المستويات ٧٠ ديسيبل فأكثر، بينما تنتشر مستويات ٦٥ ديسيبل فأقل خارج سور المطار، وتتركز مستويات شدة الصوت أعلى من ٧٠ ديسيبل حول المدرج وحظيرة الطائرات وهي مستويات طبيعية نتيجة مجاورتها لمصدر الصوت، بينما يتقاطع خطي تساوي مستويات شدة الصوت ٦٥ و ٦٠ ديسيبل مع موقع مبنى الركاب والذي يتكون بطبيعته من جدران عازلة للصوت للحفاظ داخله على مستوى شدة صوت مناسب.

ولا يمثل انتشار خطوط تساوي مستويات شدة الصوت أي تأثير على خريطة استخدام الأرض بمحيط المطار إذ يمتد خط تساوي شدة الصوت ٦٠ ديسيبل عند سور المطار، بينما يمتد خط تساوي شدة الصوت ٤٥ ديسيبل على مسافة تصل إلى ٢,٥ كم خارج سور المطار، وهي مستويات ضوضاء منخفضة تسمح بإنشاء أنشطة خدمية كالفنادق والأسواق الكبيرة لخدمة ركاب الترانزيت.



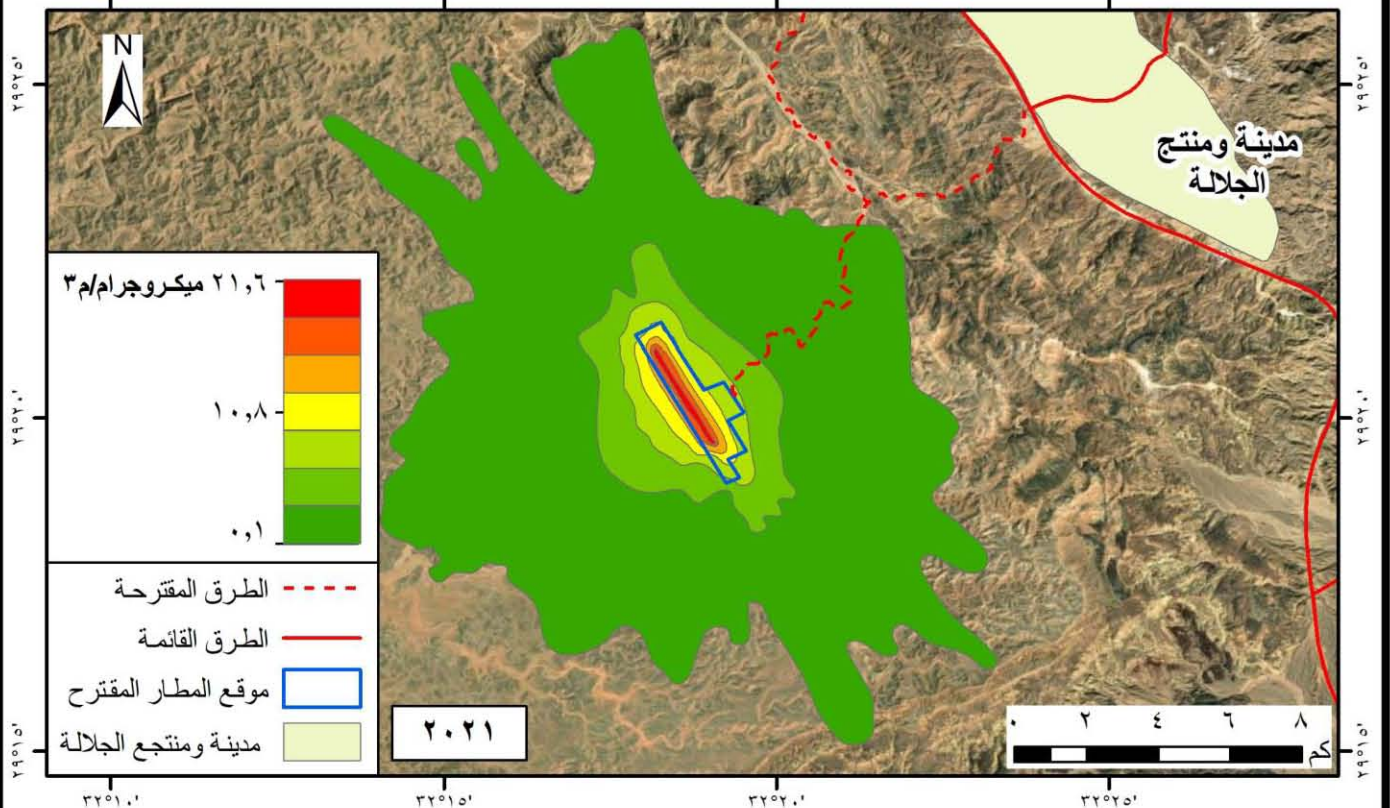
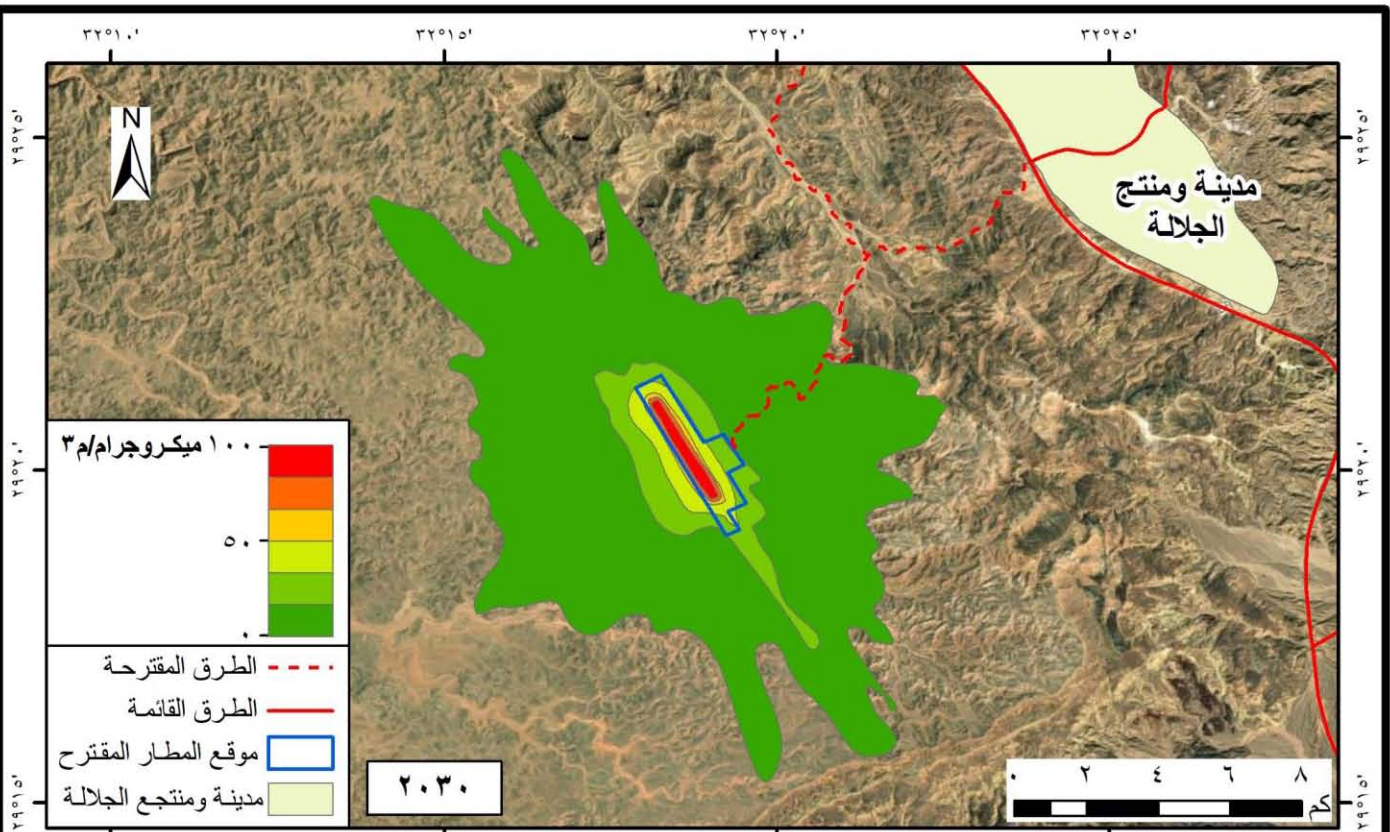
المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على برنامج Aviation Environmental Design Tool (AEDT).

٢) انبعاثات الغازات الدفينة:

تجتمع المركبات وآليات الخدمات الأرضية بالمطارات في إنتاج الغازات الضارة وتشارك الطائرات بالنسبة الأكبر؛ حيث تتكون انبعاثات محركات الطائرات من ٧٠٪ تقريباً من ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وأقل من ٣٠٪ من بخار الماء (H_2O)، وأقل من ١٪ من كل من أكاسيد النيتروجين (NO^x)، وأول أكسيد الكربون (CO)، وأكاسيد الكبريت (SO^x)، والجسيمات والهيدروكربونات غير المحترقة أو المحروقة جزئياً (المعروفة أيضاً باسم المركبات العضوية المتطايرة). ويتم إنتاج ما يقرب من ١٠٪ من جميع انبعاثات الطائرات، باستثناء الهيدروكربونات وأول أكسيد الكربون، أثناء عمليات تحرك الطائرات للهبوط أو الإقلاع بينما يحدث الجزء الأكبر من انبعاثات الطائرات أثناء الطيران على الارتفاعات العليا (Aviation & Emissions—A Primer, 2005, P 1).

تتعدد خطورة بعض الغازات سائلة الذكر على سبيل المثال لا للحصر (ICAO, Doc 9889 (— Airport Air Quality Manual, P xi, 2011).

- غاز أول أكسيد الكربون (CO): عديم اللون والرائحة يسبب التسمم الحاد والموت السريع.
 - غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2): يسبب الاختناق ويسهم في الاحترار العالمي.
 - أكاسيد النيتروجين (NO^x): يسبب اضطرابات الجهاز التنفسي، وضرر واسع النطاق للنباتات.
- يتضح من خلال تحليل شكل (٤-١٦) الذي يعرض نموذج انتشار غاز أول أكسيد الكربون CO لعامي ٢٠٢١ و ٢٠٣٠ (الشركة المصرية للمطارات، ٢٠٢٠، ص ٢٠) أنه وبعد إدخال بيانات المطار والأرصاء ومسار التشغيل ومكافئ عدد الرحلات أن أعلى تركيز للغاز يتكون على المدرج باعتباره موقع مصدر الغاز ويقل التركيز تدريجياً كلما ابتعدنا نحو الخارج. ويتوقع أن يكون تركيز أعلى متوسط يومي حول المدرج في عام ٢٠٢١ نحو ٢١,٦ ميكروجرام/متر^٣، بينما يصل أقل تركيز للمتوسط اليومي لنفس العام نحو ٠,١ ميكروجرام / متر^٣ على بعد ٦ كم من المدرج. في حين يزيد تركيز الغاز بزيادة عدد الطائرات العاملة بالمطار فيصل تركيز أعلى متوسط يومي حول المدرج عام ٢٠٣٠ نحو ١٠٠ ميكروجرام/متر^٣، بينما يصل أقل تركيز للمتوسط اليومي لنفس العام نحو ١ ميكروجرام/متر^٣ على بعد ٦ كم من المدرج.



شكل (٤-١٦) نموذج انتشار غاز أول أكسيد الكربون CO لعامي ٢٠٢١ و ٢٠٣٠ بمطار الجلالة

المصدر: إعداد الطالب اعتماداً على بيانات الشركة المصرية للمطارات، ٢٠٢٠.

٣) تجمعات ومسارات هجرة الطيور:

تعتمد الدول في تحديد مسارات الطيور المهاجرة على الرصد الميداني أو التعقب بتثبيت أجهزة GPS على الطيور، واتضح من خلال قراءة بيانات رصد الطيور أن مطار الجلالة يقع بالقرب من أحد أهم مسارات هجرة الطيور في العالم، وهو مسار البحر الأحمر، ويسلك هذا المسار سنويًا نحو ١,٥ مليون طائر، ممثلة في نحو ٣٧ نوع من الطيور القادمة من غرب آسيا وشرق أوروبا متجهة إلى وسط وجنوب أفريقيا (Migratory Soaring Birds Project, 2019, p1).

ويتضح من قراءة وتحليل شكل (٤-١٧) الذي أنتجته الدراسة اعتمادًا على بيانات الخرائط الطبوغرافية، ودراسة وتحليل خرائط مسارات هجرة الطيور Soaring Birds Sensitivity Mapping Tool أنه بالقرب من الموقع المقترح للمطار تم تسجيل مرور نوعان من الطيور المحلقة هما العقاب المصري والقلق الأبيض، ويبلغ ارتفاع تحليق العقاب المصري نحو ٤,٥ كم بينما يبلغ ارتفاع تحليق القلق الأبيض نحو ٣,٥ كم (https://maps.birdlife.org/MSBtool, 2019)، وهما بذلك كسائر الطيور يؤثران على حركة تشغيل الطائرات في مرحلتي الإقلاع والهبوط، ومن ثم فإنه من الأهمية بمكان أن يتم تجهيز المطار المقترح بأدوات طرد آمنة^(١) مثل وسائل تبث الموجات فوق الصوتية أو أصوات الأعداء الطبيعيين لهذه الأنواع من الطيور أو مدافع الصوت التي تصدر ما يشبه صوت الرعد أو مدافع الليزر التي تصدر وميض ضوئي معين يخيف تجمعات الطيور أو الفزاعات التقليدية (خيال المآتة) أو الأشرطة العاكسة التي توضع على الأسوار أو البالونات العينية ذات قطر ١٦ بوصة وألوان الأصفر والأبيض حتى يتمكن المطار من العمل بشكل.

كما يتضح أيضًا من دراسة تقارير تجمعات الطيور أن هناك منطقتين لتجمع الطيور بمنطقة شمال خليج السويس تغطي الأولى تقريبًا مدينة السويس، بينما تقع الثانية بمنطقة العين السخنة (وهي الأقرب للموقع المقترح للمطار)، ويتراوح منسوبها بين صفر - ٩٠٠ م، وهي بذلك أقل من منسوب سطح المطار بنحو ٣٠٠ م.

^(١) هي عبارة عن عدد من الوسائل المتفق عليها من قبل وزارة البيئة و ICAO وتستخدم لإبعاد الطيور وتقليل خطر التعارض بينها وبين العمليات الملاحية بالمطارات، ويتم استخدام بعضها أو كلها في المطارات المصرية مثل مطارات طابا وأسوان وبرج العرب على سبيل المثال لا للحصر.

- من ثم وبعد دراسة مواقع تجمعات ومسارات هجرة الطيور يمكن الخروج بالنتائج التالية:
- ثمة عدم وجود تأثير متبادل بين مناطق تجمعات الطيور المحلقة والمطار؛ إذ أدى الفارق في المنسوب بينهما إلى عزل كل منهما عن الآخر.
 - أدت موسمية عبور الطيور في الربيع والخريف إلى إتاحة الفرصة للتشغيل الآمن للمطار.
 - يساهم عدم وجود مواقع جذب الطيور (داخل حرم أو في محيط المطار) كالأماكن الرطبة أو مجمعات القمامة أو المناطق الخضراء إلى خفض نسبة تواجد الطيور.
 - إمكانية تجهيز المطار المقترح بأدوات طرد آمنة تمكنه من التشغيل الآمن.

خامسًا: المعوقات الجغرافية التي تواجه تنفيذ المطار المقترح وطرق حلها:

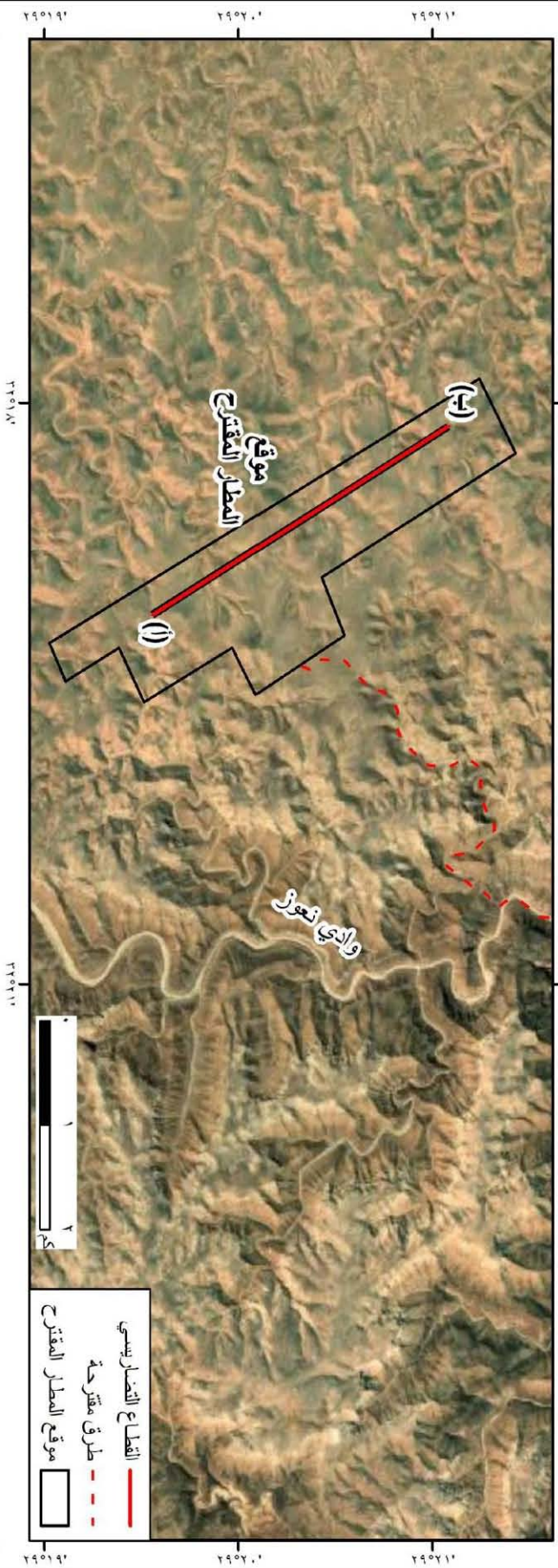
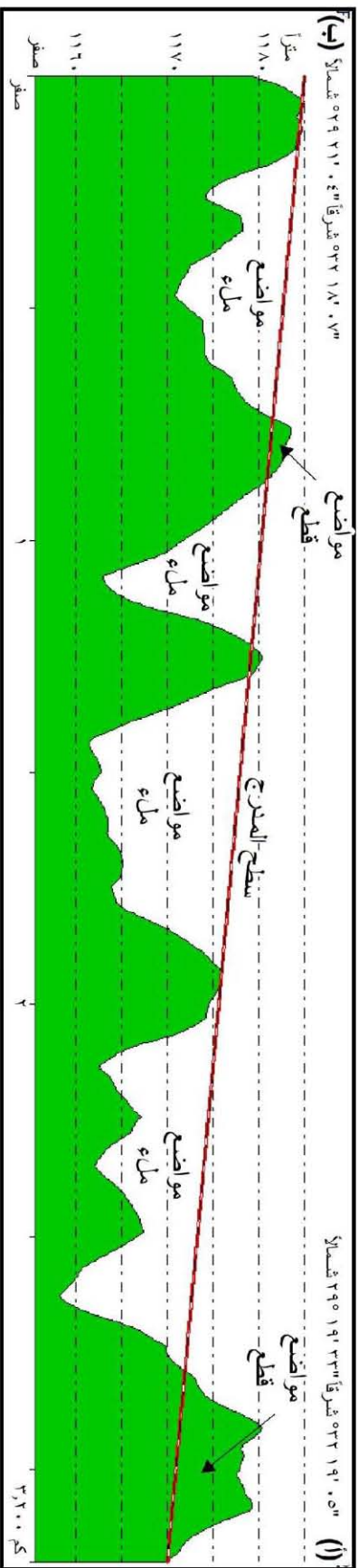
تعد المطارات من الإنشاءات ذات الطبيعة الخاصة من حيث "حجم أعمال الهندسة المدنية". ومن ثم قسمت الدراسة الحالية هذه الأعمال إلى أعمال مباشرة متمثلة في مباني الركاب ومدارج الإقلاع والهبوط والمدارج المساعدة، وأعمال أخرى غير مباشرة ترسخ فكر الإمكان الجغرافي وتندرج تحت مفهوم الجيومورفولوجيا المدنية أو الحضرية مثل تهيئة سطح الأرض لأعمال البناء بالقطع والردم أو مد الطرق المؤدية للمطار.

وتتعدد مشاهدات تعديل سطح الأرض بغرض إنشاء المطارات؛ ففي عام ١٩٣٠ قامت السلطات الأمريكية بتوسعة مطار سان فرانسيسكو على حساب مسطحات المستنقعات الساحلية ومسطحات المد المتاخمة للمطار بمساحة ١,٤ كم^٢ من أجل بناء مدرجان جديان، وفي دولة هندوراس قامت سلطات مطار تونكونتين (Toncontín) بإزالة تل متاخم للمطار بغرض إطالة المدرج، وقدرت كمية المواد المتخلفة من تسوية سطح الأرض بنحو ١٨٠ ألف م^٣ (Piotr Migoń et al, 2018, PP 104, 108)، ولم يتوقف الأمر على ردم المسطحات الضحلة أو تعديل سطح الأرض فقط بل وصل إلى اختلاق جزر جديدة، ولعل أبرز الأمثلة على ذلك مطار كانساي الدولي في خليج أوساكا باليابان، حيث يقع المطار على جزيرة اصطناعية بالكامل، وتبلغ مساحة هذه الجزيرة ١٠,٥٥ كم^٢، وتم إنشاء هذه الجزيرة بواسطة ٤٣٩ مليون م^٣ من مواد الردم على حساب البحر الذي تراوحت عمق مياهه في منطقة البناء بين ١٨ - ٢٠ م (Ian Douglas et al, 2003, P180).

ومن ثم يتضح من دراسة موقع المطار المقترح (مطار الجلالة) أن هناك أعمالاً هندسية لابد من تنفيذها، وتتمثل في تهيئة وتسوية سطح الأرض الذي سيقام عليه المطار، فضلاً عن ضرورة ربط المطار بشبكة الطرق وفيما يلي عرض لذلك:

أ) تهيئة وتسوية سطح أرض المطار المقترح:

يتضح من قراءة وتحليل القطاع التضاريسي الذي تم رسمه اعتماداً على بيانات SRTM-3 بدقة مكانية ٣٠ م من خلال أداة 3D Path Profile باستخدام برنامج Global Mapper v18 شكل (٤-١٨) أن منسوب سطح الأرض التي سيقام عليها المطار يتراوح بين ١١٧٠ م و ١٢٠٠ م فوق منسوب سطح البحر. وتفترض الدراسة أن يبلغ منسوب عتبتى المدرج (طرفي المدرج) ١١٧٠ م للعتبة الجنوبية و ١١٨٥ م للعتبة الشمالية.



شكل (١٨-٤) القطاع التضاريسي على طول مدرج المطار المقترح (مطار الجلالة)

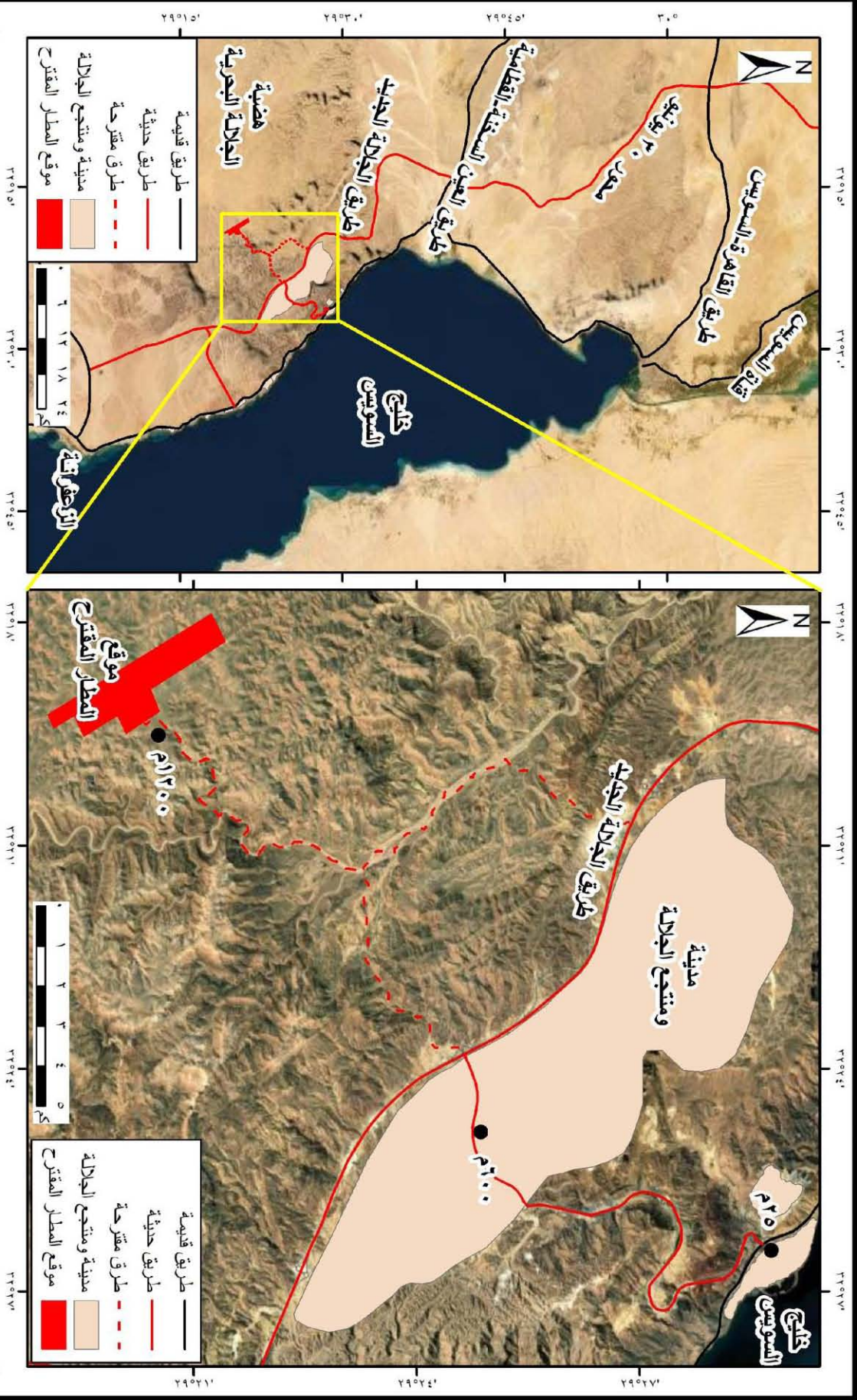
ثمة توصيات لمنظمة ICAO ذكرت في الملحق الرابع عشر — (ICAO, Annex 14 (2016, Aerodromes, Vol 1, P 3-11 أنه يجب تمهيد سطح الأرض حول المدرج لمسافة تصل على الأقل إلى ١٥٠م، بينما لا تحتاج مباني المطار مثل مباني الركاب إلا لتمهيد موضعي للأرض التي سينشأ عليها.

من ثم يمكن حساب كميات الحفر والردم باستخدام أداة Cut-and-Fill Volumes من خلال برنامج Global Mapper v18 اعتمادًا على بيانات SRTM-3 بدقة مكانية ٣٠م. حيث قُدرت كميات الحفر/القطع والردم لإنشاء مدرج الطائرات بالمطار المقترح بنحو ٤٨٥ ألف م^٣ و ٤ مليون م^٣ على الترتيب.

يتضح من دراسة ناتج أعمال الحفر أنها تتكون من الحجر الجيري الذي يرجع إلى عصر الإيوسين الأوسط؛ حيث سيتم استخدامها في أعمال الردم وسيظل الموقع في حاجة إلى كمية ردم تقدر بنحو ٣,٥ مليون م^٣ لاستكمال أعمال تسوية سطح الأرض تمهيدًا لإنشاء مدرج الطائرات.

ب) ربط المطار بشبكة الطرق:

- يتضح من خلال قراءة المراثيات الفضائية من برنامج Google Earth Pro لعام ٢٠٢٠ شكل (٤-١٩) أنه في العقد الماضي عملت الدولة على إنشاء كثير من الطرق مثل:
- إنشاء محور ٣٠ يونيو ليربط بين مدينة بورسعيد وطريق القطامية - العين السخنة بطول ٢٠٠ كم، حيث يبدأ من جنوب مدينة بورسعيد ويسير موازيا لقناة السويس ويبعد عنها مسافة ١٥ كم. ويخدم هذه الطريق مشروعات محور تنمية قناة السويس متقاطعًا مع طرق القاهرة - الإسماعيلية، وطريق القاهرة - السويس، وطريق القطامية - العين السخنة ثم يلتحم مع طريق الجلالة الجديد الذي يرتبط بشكل مباشر بالطريق الساحلي للبحر الأحمر إلى السودان.
 - إنشاء طريق الزعفرانة - بني سويف بطول ١٥٨ كم ليربط بين مدينة الزعفرانة على ساحل خليج السويس شرقًا، ومدينة بني سويف في وادي النيل غربًا، ويتقاطع مع الطريق الصحراوي الشرقي.



شكل (٤-١) الطرق المقترحة لربط موقع مطار الجلالة

- إنشاء طريق الجلالة بطول ٨٢ كم بتكلفة ٥,٤ مليار جنية، ليربط بين طريق القطامية - العين السخنة شمالاً وطريق الزعفرانة - بني سويف جنوباً، بالإضافة إلى وصلتين بطول ١٧ و ١٣ كم ليربط طريق الجلالة بالقرى السياحية على الطريق الساحلي القديم.

يبعد موقع المطار المقترح عن طريق الجلالة الجديد (إلى الشرق) بنحو ١٣ كم، وعلى الرغم من وجود صعوبة في إنشاء طريق بين مدينة ومنتجع الجلالة والموقع المقترح للمطار، نظراً لفارق المنسوب البالغ نحو ٥٨٥ م، إلا أنه من الناحية العملية تم بالفعل مد طريق مماثل يربط بين الجزء الساحلي والجزء الجبلي من مشروع مدينة ومنتجع الجلالة بنفس فارق المنسوب ٥٦٠ م ونفس الطول ١٣ كم ونفس معدل الانحدار تقريباً، وتجدر الإشارة إلى أن متوسط ارتفاعات الحفر والردم بطريق الجلالة بلغت ١٠٠ م، وبناءً عليه عولت الدراسة على الإمكانيات الهندسية التي يمكن تكرار استخدامها لإنشاء طريق يربط بين الموقع المقترح للمطار ومدينة ومنتج الجلالة.

وقد تم استخلاص آلي للطريقين المقترحين من خلال أوامر Least Cost Path باستخدام برنامج ArcGIS 10.4؛ وكانت المدخلات طبقة بها بداية ونهاية الطريق، وطبقة أخرى بها درجات انحدار سطح الأرض التي تم إنتاجها باستخدام بيانات SRTM-3 بدقة مكانية نحو ٣٠ م.

قام الطالب بمراجعة مسار الطريقين منطقياً من خلال دراسة خطوط الكنتور التي تم إنتاجها باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي SRTM-3 بدقة مكانية نحو ٣٠ م عبر برنامج Global Mapper 18 للتأكد من امتداد الطريقين في أماكن تضمن معدل انحدار مناسب، وتبين أن معدل الانحدار للطريقين بلغ ١ : ٢٣ و ١ : ٢٩، وهي قيمة مساوية لمعدل انحدار الطريق المقام بالفعل بين مدينة ومنتجع الجلالة وساحل خليج السويس والذي بلغ ١ : ٢٣ م.

الخلاصة:

- تم إعداد قاعدة بيانات جغرافية تحتوي على ١٢ طبقة، هي: التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية (التربة)، وخطوط الصدوع، ومناطق توزيع الكثبان الرملية، والمسطحات المائية، والأراضي الزراعية، ودرجات الانحدار، ومواقع المطارات الحالية، ومواقع المشاريع القومية، والكتلة العمرانية، وشبكات الطرق، والمناطق السياحية الرئيسية، ومسارات هجرة الطيور، وقد تمت معالجة هذه الطبقات لاستخدامها في تنفيذ نموذج أنسب موقع Site Suitability Analysis لبناء مطار جديد، وذلك باستخدام برنامج ArcGIS 10.4.
- أظهرت نتائج نموذج أنسب المواقع وجود أربع فئات هي: الأولى والثالثة والرابعة والخامسة، بينما لم تنطبق الشروط على الفئتين الثانية والسادسة، وبالتالي لم تظهر بهما أي نتائج.
- تم الاستقرار على أن يكون الموقع المقترح لإنشاء المطار في هضبة الجلالة البحرية، وقد تم ذلك بناء على عدد من الأسس منها ضرورة وجود مطار يخدم مدينة ومنتجع الجلالة؛ حيث ستتحول منطقة العين السخنة إلى مركزاً سياحياً يدعمه إنشاء مشروع مدينة ومنتجع الجلالة بشقيه الجبلي أعلى الهضبة والساحلي، ويعتمد هذا الاقتراح على التقدم التكنولوجي، وفكر الإمكان الجغرافي، هذا بالإضافة إلى وجود عدد كبير من الطرق الحديثة التي تربط بين الأقاليم الجغرافية المصرية وجذب الاستثمار.
- تُحدد طبيعة استخدام المطار بناءً على تحديد خطة تكامله مع خريطة استخدام الأرض للمناطق المجاورة له، وتحديد نوعية المسافرين والبضائع إن وجدت. ومن ثم تقترح الدراسة أن يقتصر تشغيل مطار الجلالة على الرحلات السياحية ليتفق والنمط السائد على خريطة استخدام الأرض حول المطار (النشاط السياحي والسكني والتعليمي).
- يمتد الموقع المقترح للمطار بالكامل على تكوينات عصر الإيوسين الأوسط مجموعة المقطم التي تتألف من الحجر الجيري وتحتوي على عقد وشرائح الصوان وبعض الحفريات، حيث يمكن استغلال ناتج الحفر لإنتاج الرخام بمجمع مصانع الجلالة للرخام والجرانيت المزمع إنشاؤه.
- بتطبيق أسطح حدود ارتفاعات العوائق على المطار المقترح يتضح عدم وجود عوائق طبيعية أو بشرية تخترق سطحي الاقتراب أو الإقلاع حال كان الهبوط بشكل مستقيم ومباشر، بينما تم رصد خمسة عوائق تضاريسية تعوق الملاحة حال كان الاقتراب بشكل دائري.

- اتضح من دراسة الموضع المقترح لإنشاء المطار أن منسوب الأرض يتراوح بشكل عام بين ١١٧٠ و ١٢٠٠م، ويتراوح المنسوب على طول المسافة التي سيمتد عليها المدرج بين ١١٧٠ و ١١٨٥م.
- يتميز سطح هضبة الجلالة بالاستواء إذ لا توجد قمم تضاريسية تعوق إشارات المساعدات الملاحية في كلا اتجاهي المدرج.
- اتضح بعد أن تم الاستخلاص الآلي لحدود الأحواض وشبكة التصريف باستخدام بيانات SRTM-3 بدقة مكانية ٣٠ م، أن المطار يمتد في منطقة خط تقسيم المياه، الأمر الذي أدى إلى حماية موقعة من خطر الجريانات السيلية.
- تسود الرياح الشمالية والشمالية الغربية بالموقع المقترح للمطار بنسبة تكرار هبوب تصل إلى ٣٢%. ومحصلة رياح سجلت ٣٤٠ ° ما أدى إلى ضرورة توجيه محور امتداد المدرج مع محور اتجاه الرياح السائدة (الشمالي الغربي - الجنوبي الشرقي).
- أدى ارتفاع سطح الهضبة إلى تلطيف درجات الحرارة بشكل ملحوظ بالموقع المقترح، حيث تقل القيم المسجلة بالموقع المقترح عن نظيرتها المسجلة عند منسوب سطح البحر بنحو ٨°س.
- تؤثر المطارات على الخصائص السكانية واستخدام الأرض بالمناطق التي تقع بها إذ تعمل على جذب العاملين بالمطار للسكن بالقرب منه كما تجذب بعض الأنشطة التجارية لا سيما السياحية للعمل على خدمة مستخدمي المطار.
- لا يمثل انتشار خطوط تساوي شدة الصوت أي تأثير على خريطة استخدام الأرض بمحيط المطار إذ تمتد خطوط تساوي شدة الصوت ٦٠ ديسيبل عند سور المطار إلى ٤٥ ديسيبل على مسافة تصل إلى ٢,٥ كم خارج سور المطار، وهي مستويات ضوضاء منخفضة تسمح بإنشاء أنشطة خدمية كالفنادق والأسواق الكبيرة لخدمة ركاب الترانزيت.
- اتضح من نموذج انتشار غاز أول أكسيد الكربون CO لعامي ٢٠٢١ و ٢٠٣٠ أن أعلى تركيز للغاز يتكون على المدرج باعتباره موقع مصدر الغاز ويقل التركيز تدريجيًا كلما ابتعدنا نحو الخارج.
- اتضح في محيط الموقع المقترح للمطار وجود مسارين من الطيور المحلقة، وهما: العقاب المصري والقلق الأبيض، ومن ثم فإنه من الأهمية بمكان أن يتم تجهيز المطار المقترح بأدوات طرد آمنة.

الخاتمة

أولا النتائج:

ثانيا التوصيات:

الخاتمة

أولاً: النتائج

١- اختلفت ظروف نشأة المطارات المصرية؛ حيث أن نصفهم تقريباً كانت مطارات عسكرية تم تحويلها للتشغيل المدني سواء عقب انتهاء الحرب العالمية الثانية أو بعد تحرير سيناء، ومنها ما أنشئ لخدمة التشغيل المدني مثل مطار مرسى علم، في حين أن هناك مطاراً وحيداً (مطار ألماتة) أنشئ للغرض المدني ثم تم تحويله للتشغيل العسكري، كما أن هناك مطارات أخرى أنشئت لأهداف أخرى كخدمة السياحة مثل مطار أسوان أو حركة الحجاج مثل مطار الطور أو لنقل العمالة مثل مطار سوهاج أو لتصدير الحاصلات الزراعية للخارج كمطار شرق العوينات أو لخدمة أغراض السلام مثل مطار الجورة.

٢- تنتشر المطارات المصرية انتشاراً يتفق مع أقاليمها الجغرافية؛ حيث يضم إقليم القاهرة الكبرى ثلاثة مطارات ومن المخطط إنشاء مطارين آخرين هما العاصمة وسفنكس، بينما يضم إقليم الوجه البحري وإقليم الوجه القبلي خمسة مطارات لكلٍ منهما، ويضم إقليم سيناء والبحر الأحمر ثمانية مطارات، وأخيراً يضم إقليم الصحراء الغربية ثلاثة مطارات.

٣- تم بناء المطارات المصرية في مناطق مختلفة جغرافياً، فمنها ما تم بنائه فوق سبخات ساحلية مثل مطاري بورسعيد والأسكندرية، ومنها ما تم بنائه في منطقة جبلية مثل مطار سانت كاترين الذي تم بنائه فوق جبال جنوب سيناء في منطقة مكونة من صخور أركية بركانية، ومنها ما تم بنائه في منطقة سهلية كمطار الغردقة فوق السهل الساحلي للبحر الأحمر غربي مدينة الغردقة، ومطار مرسى علم فوق جزء من مروحة فيضية بالسهل الساحلي للبحر الأحمر شمال غرب مدينة مرسى علم، وقد تم مراعاة العديد من المعايير الجيوبئية عند اختيار مواقع هذه المطارات، ولكن بعضها يتعرض لبعض المشكلات والأخطار الجيومورفولوجية.

٤- تم تطوير المطارات المصرية بشكل يتوافق مع متطلبات التشغيل العالمية سواء بإضافة مساعدات ملاحية أو رادارات أو رفع كفاءة المدارج. كما تبين أن المطارات المصرية تعمل داخل دوائر محددة من الفضاء الجوي تسهل عملية الاقتراب والإقلاع والهبوط.

٥- ارتفع حجم حركتي الركاب والطائرات في عام ٢٠١٥ بما يعادل ٢٥٠ و ٣٩ مرة قدر ما كانا عليه في عام ١٩٤٨ على التوالي. بينما سجل مطار الغردقة وشرم الشيخ في عام ٢٠١٥ حجم حركة (الركاب والطائرات) يقترب من نحو ١٥ مرة قدر ما كان عليه في عام ١٩٩٣.

٦- تأثرت حركتي الركاب والطائرات بالأحوال السياسية والعسكرية التي مرت بها البلاد سواء ثورة يوليو ١٩٥٢، والعدوان الثلاثي ١٩٥٦، ونكسة يونيو ١٩٦٧، وحرب أكتوبر ١٩٧٣، وزلزال ١٩٩٢، بالإضافة إلى فترة عدم الاستقرار الأمني في التسعينيات، وثورة يناير ٢٠١١.

٧- بلغ إجمالي القيمة المالية المباشرة وغير المباشرة التي أضافها قطاع الطيران المدني في مصر في عام ٢٠١٨ نحو ٧ مليار دولار أمريكي وهو ما يمثل ٢,١% من إجمالي الناتج المحلي GDP في نفس العام، ووفر قطاع الطيران المدني المصري نحو ٦٠٢ ألف فرصة عمل في عام ٢٠١٨، وبلغت فرص العمل المباشرة في قطاع الطيران ٩٧ ألف فرصة عمل.

٨- عرضت الدراسة المتطلبات المختلفة للمنظمة العالمية للطيران المدني ICAO والتي يجب أن تلتزم بها الدول عند بنائها لأي مطار، وكان من ضمن هذه المتطلبات المعايير الجيوية.

٩- خلصت الدراسة إلى وجود علاقة ارتباط طردية بين قوة تحمل التربة Subgrade وسمك قطاع رصف مدارج الطائرات، فقد أدى جفاف تربة مطار الغردقة إلى رفع كفاءتها، بينما أدى تشبع تربة مطار الأسكندرية بالمياه المالحة إلى تغدقها وانخفاض جودتها، ومن ثم اختلف قطاع الرصف في المطارين.

١٠- أوضحت الدراسة أن مطار الأسكندرية يتعرض للعديد من المشكلات المرتبطة بطبيعة التربة الموجودة أسفله، لذا حدث تدهور كبير لسطح أرض المطار، كما يحدث نشع مستمر للمياه، وأدى ذلك إلى تنفيذ عدد من مشاريع رفع كفاءة شبكة الصرف تحت سطح الأرض على عمق ٦٠ سم في عام ٢٠١٦؛ وذلك لمنع ارتفاع المياه الأرضية وتصريف مياه الأمطار.

١١- رصدت الدراسة أثناء الدراسة الميدانية عام ٢٠١٧ مشاريع مجابهة السيول بمطار الغردقة المتمثلة في إنشاء ٤ أحواض لتجميع مياه السيول بمساحات تتراوح بين (٦ - ٤٠ ألف م^٢)، بمتوسط عمق ١,٥ م لاستيعاب السيول وتبخير مياهها، فضلاً عن إنشاء سد ركامي تغطية طبقة من الأسمنت بارتفاع ٤ م وطول ٤ كم غرب المدرج الجديد لتوزيع مياه السيول خلال قناة موازية للسد تؤدي إلى نفق عبور (بريخ) أسفل مدرج مساعد شمال المطار، ويتضمن النفق ٥ فتحات بإجمالي عرض ١٠ م وارتفاع ٢ م، وينتهي نظام التصريف بقناة اصطناعية (مخر) يبلغ عرضها ٦٠ م وطولها ٤٠٠ م، وتؤدي هذه القناة إلى أرض فضاء تقع شمال المطار؛ حيث تتجمع المياه وتتبخّر أو تتسرب تلقائيًا إلى الأرض.

١٢- أوضحت الدراسة أن اتجاه هبوب الرياح ليس العامل الوحيد الذي يؤثر في توجيه المدرج؛ حيث ينضم إليه عدد من العوامل الأخرى مثل الكود المرجعي للمدرج/المطار، وكود الطائرات العاملة،

وسرعة الرياح المتقاطعة مع محور امتداد المدرج، وكذلك التضاريس والظروف البيئية، لذا يلاحظ أن مدارج بعض المطارات لا يتطابق محورها مع اتجاه الرياح السائدة مثل مطاري شرم الشيخ وبورسعيد، في حين يتطابق محور اتجاه المدارج بمطاري القاهرة والغردقة مع اتجاه الرياح السائدة.

١٣- ثمة دورًا مهمًا للخصائص التضاريسية والعوائق البشرية في تحديد مواقع المطارات، وبالتالي في تشغيلها، والعلاقة لا تتوقف فقط على المساحات الأرضية أمام المدرج ومدى تأثيرها على حركتي الإقلاع والهبوط بل تمتد لمسافات تصل إلى أكثر من ١٥ كم في محيط المطار، ويفسر ذلك ضرورة الحصول على تراخيص لارتفاعات المباني التي تقام بالقرب من المطارات.

١٤- تعد عناصر المناخ من أهم الضوابط الجيوبئية التي تحدد موقع المطارات وتشغيلها؛ حيث أنها تؤثر على اختيار محور امتداد وطول المدارج، كما تؤثر تشغيلًا على تحديد ارتفاع الطائرات.

١٥- خلصت الدراسة إلى وجود تأثيرًا كبيرًا لدرجات الحرارة وارتفاع منسوب سطح الأرض على طول المدرج، كما يوجد تأثير للتضاريس على معايير اختيار مواضع المساعدات الملاحية، ونتيجة لذلك لم ينجح تثبيت أيًا من الأجهزة الملاحية المساعدة بمطار سانت كاترين؛ حيث تعمل القمم الجبلية المرتفعة المحيطة بالمطار إلى إعاقه انتشار إشارة المساعدات الملاحية.

١٦- لوحظ عند دراسة مطار برج العرب أن الضوضاء والغازات الدفينة لم تتعد الحدود المسموح بها، بينما أدى تعارض مسارات هجرة الطيور مع المسارات الملاحية بمطار طابا إلى أخذ عددًا من التدابير لحماية الحياة البرية والملاحة الجوية.

١٧- أدى امتداد مطار مرسى علم على منطقة سهلية خالية من القيم التضاريسية المتطرفة إلى خفض تكاليف التسوية، بينما أدى وجود بعض نقاط المناسيب المرتفعة لجبال البحر الأحمر كعوائق تؤثر على الهبوط الدائري بالمطار Circling.

١٨- تؤثر خصائص التربة تأثيرًا كبيرًا على سمك قطاع الرصف وخصائص المدرج والتكلفة، حيث وجد أن التربة المقام عليها مطار مرسى علم تتألف بشكل عام من رواسب فيضية رملية وحصوية بالإضافة إلى بعض المناطق المكونة من صخور الحجر الجيري، وباستثناء تكوينات الجبس والانهدريت التي تم استبدالها يمكن تصنيف التربة بأنها من النوع الجيد، وقد أدى ذلك إلى تقليل سمك قطاع رصف المدرج بالمطار.

١٩- تبين أيضًا عند دراسة عناصر مناخ مطار مرسى علم أن الرياح الشمالية الغربية هي الرياح السائدة، وقد أثرت على توجيه المدرج في نفس الاتجاه، بينما لم تصل سرعة الرياح الجانبية إلى حد

يعوق العمليات الملاحية. كما أدى الاعتدال النسبي في درجات الحرارة بالمطار إلى عدم تأثيرها في حسابات إطالة المدرج.

٢٠- خلصت دراسة بعض المعاملات المورفومترية لأحواض التصريف المؤثرة على مطار مرسى علم، أن هذه الأحواض صغيرة الأبعاد، وقليلة التضرس، وتسود بها فئات درجات انحدار الأراضي المستوية وشبه المستوية، بالإضافة إلى مرورها بمرحلة الشيخوخة، الأمر الذي أدى إلى قلة تأثير الجريان السطحي لمياه السيول على المطار، وفاعلية نظام التصريف الاصطناعي الذي تم إنشاؤه لحماية المطار.

٢١- يتمتع موقع مطار مرسى علم بعدة مميزات، من أهمها عدم وصول تأثير الضوضاء والغازات الدفينة إلى عتبة الحد غير المسموح، وبالتالي قلة تأثيره على عناصر البيئة داخل المطار وفي محيطه. وفيما يخص مسارات الطيور، بلغت المسافة الفاصلة بين أقرب مسار للطيور المهاجرة وموقع المطار نحو ١٧ كم غربًا، وبالتالي لم يتم رصد أي أضرار على الحياة البرية والطيور المهاجرة القادمة من الشمال (أوروبا) والمتجهة نحو الجنوب (السودان ووسط أفريقيا) والعكس.

٢٢- اتضح أنه بالرغم من أن التوزيع الجغرافي للمطارات المصرية يتسم بالتناسق والتعادل في الأقاليم الجغرافية الرئيسية بمصر، إلا أن هناك مناطق تحتاج إلى مطارات، وذلك لزيادة تعمير هذه المناطق ولجذب الاستثمارات كما هو الحال في الساحل الغربي لخليج السويس.

٢٣- قامت الدراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في تطبيق نموذج Best Location لاختيار أنسب المواقع لبناء مطار جديد، وتم استخدام عدد من المعايير الجيوبئية المهمة، والتي تمثلت في التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية (التربة)، وخطوط الصدوع، ومناطق توزيع الكثبان الرملية، والمسطحات المائية، والأراضي الزراعية، ودرجات الانحدار، ومواقع المطارات الحالية، ومواقع المشاريع القومية، والكتلة العمرانية، وشبكات الطرق، والمناطق السياحية الرئيسية، ومسارات هجرة الطيور.

٢٤- نتج من تطبيق نموذج Best Location لاختيار أنسب المواقع لبناء مطار جديد طبقة تحتوي على ٤ فئات طبقاً لدرجة صلاحيتها لإنشاء مطار جديد. وسجلت الفئات الأربع الناتجة عن النموذج قيم (١، ٣، ٤، ٥)، بينما لم تنطبق المعايير على الفئتين ٢ و ٦، وبالتالي لم تظهر بهما أي نتائج.

٢٥- تطابقت الفئة الأولى (المناطق غير الصالحة تمامًا لإنشاء المطار) مع التوزيع الجغرافي للصخور الأركية النارية والمتحولة، وأيضًا مناطق الكثبان الرملية، والمناطق العمرانية، والأراضي الزراعية، والمسطحات المائية، وهي المناطق التي تم تقييدها بواسطة الطالب لعدم صلاحيتها لإنشاء

المطار. توزعت مناطق الفئة الثالثة في بعض المناطق في جنوبي مصر، واتفقت هذه الفئة مع التوزيع الجغرافي للمواقع السياحية بأسوان وأبو سمبل والصحراء الغربية. وتوزعت مناطق الفئة الرابعة على معظم الأراضي المصرية، وتحتل نطاقات هذه الفئة المرتبة الثانية من حيث الأفضلية لإنشاء مطار جديد إذا ما توفرت بها بعض الشروط الأخرى مثل الطرق على سبيل المثال لا للحصر.

٢٦- توزعت مناطق الفئة الخامسة، وهي أنسب المناطق لإنشاء المطار على منطقة في محيط واحة سيوه، ومنطقة غربي الإسكندرية ومحيط مدينة العلمين الجديدة، ومنطقة جنوبي بورسعيد وغربي قناة السويس حتى شمال طريق القاهرة - الإسماعيلية، ومنطقة شمال شرق خليج السويس، ومنطقة شمال غرب خليج السويس والتي تمتد من شمال هضبة الجلالة البحرية شمالاً حتى مدينة رأس غارب جنوباً.

٢٧- اتبعت الدراسة أسلوب التفسير البصري Visual Interpretation للمفاضلة بين المناطق الصالحة -التابعة للفئة الخامسة- على أساس أن الهدف الرئيسي من إنشاء المطار الجديد هو خدمة المشروعات القومية والمواقع السياحية، واستقرت الدراسة بعد المفاضلة على منطقة غرب خليج السويس غرب مدينة ومنتجع الجلالة.

٢٨- اتضح من تحليل البعد المكاني للمطارات القريبة من مدينة ومنتجع الجلالة أن مطار العاصمة الإدارية هو أقرب المطارات، ويبعد عنها بنحو ١٤٦ كم (أي ساعة ونصف بالأتوبيسات السياحية)، كما يبعد عنها مطار البردويل (تحت الإنشاء) بنحو ٢٣٧ كم (أي ساعتان ونصف بالأتوبيسات السياحية)، ومن ثم من الأهمية إنشاء مطار في هضبة الجلالة البحرية، وقد اتضح تفوق الموقع المقترح مكانياً، حيث يبعد عن مدينة ومنتجع الجلالة بنحو ١٣ كم أي ١٠ دقائق بالأتوبيسات السياحية.

٢٩- يقع الموقع المقترح لمطار الجلالة بالكامل فوق تكوينات مجموعة المقطم التي ترجع إلى عصر الإيوسين الأوسط، وتتألف من صخور الحجر الجيري وتحتوي على الصوان وبعض الحفريات.

٣٠- اتضح من الاستخلاص الآلي لحدود الأحواض وشبكة التصريف باستخدام بيانات SRTM 30m وبدقة مكانية 30m وبرنامج Global Mapper 18 ومضاهاتها بطبقة المرئيات الفضائية في برنامج ArcGIS 10.4 للتأكد من صحتها- أن المطار المقترح يمتد في منطقة المنابع العليا لأودية نعوز والأبيض، وذلك بالقرب من خط تقسيم المياه. الأمر الذي سيؤدي إلى حماية موقعة من خطر السيول، حيث ستتوزع المياه الساقطة في حدود أرض المطار إلى الخارج.

٣١- اتضح من توزيع خطوط تساوي شدة الصوت عدم وجود أي تأثير على خريطة استخدام الأرض بمحيط المطار المقترح، إذ يمتد خط تساوي شدة الصوت ٦٠ ديسيبل عند سور المطار بينما يمتد خط تساوي شدة الصوت ٤٥ ديسيبل على مسافة تصل إلى ٢,٥ كم خارج سور المطار، وهي مستويات ضوضاء منخفضة تسمح بإنشاء أنشطة خدمية كالفنادق والأسواق الكبيرة لخدمة ركاب الترانزيت.

٣٢- تبين من تطبيق نموذج انتشار غاز أول أكسيد الكربون CO لعامي ٢٠٢١ و ٢٠٣٠ أن أعلى تركيز للغاز يوجد على المدرج، باعتباره مصدر الغاز، ويقل التركيز تدريجيًا بالابتعاد نحو الخارج.

٣٣- تبين من خلال دراسة مسارات الطيور في الموقع المقترح للمطار أن هناك نوعان من الطيور المحلقة هما العقاب المصري والقلق الأبيض، ويبلغ ارتفاع تحليق العقاب المصري نحو ٤,٥ كم بينما يبلغ ارتفاع تحليق القلق الأبيض نحو ٣,٥ كم، وهما بذلك كسائر الطيور يؤثران على الحركة الملاحية في مرحلتي الإقلاع والهبوط. ومن ثم فإنه من الأهمية بمكان أن يتم تجهيز المطار المقترح بأدوات طرد آمنة.

ثانيًا: التوصيات

- ١- ضرورة عمل دراسات تقييم الأثر البيئي للمطارات قبل الإنشاء، وتحديد الآثار السلبية لتشغيل المطار على البيئة المحيطة، ومحاولة تقليل هذه الآثار قدر الإمكان.
- ٢- يجب عند اختيار أراضي المطارات الابتعاد عن المواقع المعرضة لتأثير الأخطار الجيومورفولوجية وخاصة السيول والتجوية الملحية وزحف الرمال وغيرها.
- ٣- ضرورة البعد عن مواضع تجمعات الطيور عن إنشاء المطارات، وإن كان هناك بدٌ فيجب استخدام الوسائل المناسبة للحد من تقاطع مسارات تحليق الطيور مع الحركة الملاحية.
- ٤- تفعيل قوانين حماية البيئة، وتفعيل دور جهاز شؤون البيئة لمراقبة التلوث الضوضائي والغازي في محيط المطارات.
- ٥- تجنب البناء في مناطق السبخات، لما له أثر كبير على تآكل أساسات المباني، أو أخذ الحيطة باستخدام مواد بناء مناسبة لملوحة التربة.
- ٦- التوسع في الدراسات الجغرافية والجيومورفولوجية والبيئية المهمة بدراسة العوامل المؤثرة على بعض المطارات المصرية.
- ٧- ضرورة إنشاء مطار في منطقة الجلالة البحرية بما يساعد على خدمة إقليم خليج السويس وخاصة في قطعه الممتد من السويس إلى الزعفرانة، وهو من القطاعات المهمة والواعدة.

الملاحق

ملحق (١-١) تطور الحركة الجوية بالمطارات المتاخمة للطيران الدولي (الطائرات) / الركاب) بين عاصي ١٩٩٣-٢٠١٥

السلطنة		أسيوط		الإسكندرية		مرسى مطروح		سوهاج		طابا		الغربية		المنيا		المنطقة		الإجمالي	
السنة	الطائر	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات	ركاب	مطارات
٢٠١٥	٢٩٣٢	٨٨.٠٢٦	٤٩٣٢	٢٣٦٤٢	٤٠.٦	٢٩٢٤٠	٢٩٢٤٠	٧٠.٠.٦	٧١٥٦٠.٥	٩٤٣	١٣٥٠.٦	٠	٠	١٠.٨	٤٤٩	٠	٠	٠	٠
٢٠١٤	٢٢٨٠	١٧٤٨٩٩	٥٠.١٦	٢٥٣٨٣	٥٣.٠	٥٦٤٩٩	٥٦٤٩٩	٥٩٧١	٥٦٨٦٥١	٨٤١	٤٥٢١.٦	١٠	١٠	١٣٧	٥٦٨٥	١٣٧	٠	٠	٠
٢٠١٣	٥٥٣١	٣٥٩٥٥٦	٦٦.٨	٣١٠.٩١	٥٠.٦	٥٧.٤١	٥٧.٤١	٣٢٤٢	٣٢٢٢٨٩	١٩٩١	١٨٩٥٥٠	٨٦٧٩	٣٣.١٠	١٤٨	٥٧٩٥	١٤٨	١٤٨	١٤٨	١٤٨
٢٠١٢	٤٠٧٨	٢٨٩٣٧٧	٧٣.١	٤٣٩٤٣	٦٨٨	٨٣٧.٠١	٨٣٧.٠١	٣١٤٠	٣١.٠٧١٤	٣٣٧١	٧٨٣٢٧٣	١٣.٥٠	١٨٥٩٣	١٩٨	١٩٥٨	١٩٨	١٩٨	١٩٨	١٩٨
٢٠١١	٣٢١٠	٢٣٥٩٢٧	٣٢١.٠	٦٨٥٨٣٩	١٥٤٨	٩٩٥١٥	١٥٤٨	٣٥٨٦	٢٢١٦٤٦	٣٦٨٩	٣٦٨٨٠	٥٩٩١	١٨٩٢٣	٢٢٩	١٦٦٢٢	٢٢٩	٢٢٩	٢٢٩	٢٢٩
٢٠١٠	٤٠١٤	٣١٤٦٧١	٤٠١٤	١٠٣٩.٢٢	١٧٧٨	١١٥٣٩٧	١٧٧٨	٣٢٦	١٧٨٢٩	٤٧٧٧	٤٤٦٠.١٥	٦٦١	١٠.٩٧٩	٦٤٣	٢٣٨٨٩	٦٤٣	٦٤٣	٦٤٣	٦٤٣
٢٠٠٩	٣٤٣١	٢٥٨٨٥٦	٣٤٣١	١١٤٧٤١٢	٦٩.٦	٧١٧٤٣	٧١٧٤٣	٠	٠	٣٢٢٢	٣٤.٠٢٥	٩١٢	٩٣٣٠	٦١٩	٣١.٩٢	٦١٩	٦١٩	٦١٩	٦١٩
٢٠٠٨	٤٠.٧٦	٣٧٨٧.٨	٤٠.٧٦	١١٦٢٩٨٧	٦٩٨	٤٣٥٠.٩	٦٩٨	٠	٠	٤٥١٣	٤٥٣٧١.٠	١٠.١٤٨	٥.٨	٥٢١	٣٩٢٢٨	٥٢١	٥٢١	٥٢١	٥٢١
٢٠٠٧	٢٠٠.٧	١٣٢٦.٨٨	٢٢٢٤	٧٩٥١٢٨	٦٦٢	٥٠.٧٤	٦٦٢	٠	٠	٣.٤٣	٣.٠.٦٩	١.٠.٦٠	٥٥٤٥	٣٤٤	٧٨٨٠.٠	٣٤٤	٣٤٤	٣٤٤	٣٤٤
٢٠٠٦	١٦٧٤	٩١٩٥٢	١٦٧٤	٦١٩٢٧٩	٦٤٠	٤١٦٣١	٦٤٠	٠	٠	١٩٥٣	٢١٠.٠٢٩	١٦٢.٠.٧	١٥٢٦٦	٢٧٧	١٧٧٢٣	٢٧٧	٢٧٧	٢٧٧	٢٧٧
٢٠٠٥	١٥٧٩	١٥٧٩	١٥٧٩	٥٣٣٥٨٨	٥٨٦	٢.٦٦٥	٥٨٦	٠	٠	١٢٤٠	١٤٩٨٧.٠	٨٤١	٢٣٦١٥	١٠	٢٢٩	١٠	١٠	١٠	١٠
٢٠٠٤	١٤٨٦	١٤٨٦	١٤٨٦	٤٤٧.٦٨	٧٢٢	١٩٧٨٥	٧٢٢	٠	٠	١١.٠.٩	١.٠.٢٨٦٧	٧٣٦	١١٩٤٨	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠٣	١٤٢١	٤٥٦٨٥	١٤٢١	٣٣٧٢.٠١	٥١٤	١٨٩٢١	٥١٤	٠	٠	٧١٦	٦٧٢٧٩	٧٣١	١٤٤٩٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠٢	١٤٨٩	٤٨٨٧١	١٤٨٩	٣٣٤٤٧	٥١٢	٧٨٣٢٧	٥١٢	٠	٠	٧٤٣	٤.٠.٧٦٤	٦١٢٣	١٥١.٠.١	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠١	١١٧١	٣١٦٦٨	١١٧١	٢١٩٤٨٦	٥٥٨	١٦١٨٣	٥٥٨	٠	٠	٤٥٠	١.٠.٨٣١	٨٩٦	٢٤٢١.٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠٠٠	٤٧١٧	٢٥٣١٧	٤٧١٧	٢٣٢٤٩١	٧٦٩	٢٢٣٠٠	٧٦٩	٠	٠	٣٢٣	٢٢٣١	٥٢٤	٢٦٢٨	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٩	٢٧٩٢	٢٦.٨٥	٢٧٩٢	٣٣٥٢.٩	٨٥٤	٢٠.٦١	٨٥٤	٠	٠	٤٩٩	٢٦١.٠	٥٧٦.٠	١١٢.٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٨	٨٤٤	٢٣٨٤١	٨٤٤	٧٨٩٩١٨	٦٤٤	١٣٦٨٥	٦٤٤	٠	٠	٦٤٤	١٣٦٨٥	١٣٢٦٤	١٧٩١٧	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٧	٥٥٦	٥٠٥٤	٥٥٦	٧٨٤٦٨٥	٢٩٠	١٩٢٧	٢٩٠	٠	٠	٢٩٠	١٩٢٧	١٣٩٢٦	١٠.٢٤٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٦	١٩٩٦	٨٧.٠.٢	١٩٩٦	٢١.١٩٤	٣٩٦	١.٥١٤	٣٩٦	٠	٠	٣٩٦	١.٥١٤	١.٥١٤	١١٢٩٩	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٥	١٩٩٥	٧٦.٠.٧	١٩٩٥	٢٥٠.٤٢	٧٩٠	١.٧٧٣	٧٩٠	٠	٠	٣٥٠	٣٤.٠.٨	١٧٩٢٩	٢٠.٣٨	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٤	١٩٩٤	١٧١٤٩	١٧١٤٩	٢٩١.٢٢	٩٥٤	١.٩٥	٩٥٤	٠	٠	٥٤٤	٩١٥٩	٣٨٠.٨	٢٣٥١	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٩٩٣	١٩٩٣	٠	١٩٩٣	٣٦٦٤٤	٨٤٤٤	٨٦٨	٨٦٨	٠	٠	٥٨٣	١٤٤٥٨	٥٢٣٨	٣٠.١٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠

ملحق (١-١) تطور الحركة الجوية بالمطارات المحلية (الطائرات / الركاب) بين عامي ١٩٩٣-٢٠١٥

السنة	الوسيط		مشرق الموانئ		البرصية		منازل كاترين		الطور		الناظرة		المطارية		الاجمالي	
	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب	طائرات	ركاب
٢٠١٥	٥٤٠	٢٣٤١٨	٢٣٣٦١	٧٥٢٢	٣٦٤٠٩	١١٢	١١٢	٨٨٩٣	٠	١٢	٠	٠	٥٦٤	٦٢٧١	٠	٠
٢٠١٤	٢٧٤	١٠٩٢٣	١٣٤	٩٠٧٥	٥١٥٤٨	١٢٤	١٢٤	١٩٤٣	٠	٤	٠	٠	٤١٤	٧٤٧٢	٠	٠
٢٠١٣	٨٤٨	٣٥٧٧٤	٥٣٧	٢٢٨٠٤	٤١٤٩٩	٩٢	٩٢	٢٢٣	٠	٦	٠	٠	٦٥٠	٧٦٥١	٠	٠
٢٠١٢	١٥٤٨	١٥١٨٨	٢٤٢	١٠١٩٠	٣٥١١١	٨٩	٨٩	٣٣٦	٠	٦	٠	٠	٣٤٨	٧٢٥٩	٠	٠
٢٠١١	١٥٨٨	١١٩٣٦٦	٣٦٤	١٠١٤٩	٣٦٩٦٢	٥٢	٥٢	٢٩٢	٠	٤	٠	٠	٢٩٨	٣٦٦٣	٠	٠
٢٠١٠	٥٦٨٣	٤٩٠٠١٠	٦٦١٣	٩٥٣٧	٣٩١٠٨	١٢٣	١٢٣	١٤٦	٠	٣٦	٣٦	٠	٢٩٠	٦٢٥٩	٠	٠
٢٠٠٩	٤٨٨١	٤٤٩١٥٧	٣٤٩	٨٠٠٤	٥١٨٠٦	١١٤	١١٤	١٤٠	٠	٣١	٣١	٠	٢١٦	٤٣٠٦	٠	٠
٢٠٠٨	٦٥٠٧	٦٣٤٢٣٥	٣٧٦	٨١٦٣	٤٢٧٤٦	١٠٧	١١٤	١٢٨	٠	٢٢	٢٢	٠	٢٣٤	٤٤٤١٨	٠	٠
٢٠٠٧	٥٦٨٠	٥٣٧٩٤٢	٢٧٦	٨٣٦٦	٥١١٤٤	١٤٣	١٣٢	١١٨	٠	١٤	١٤	٠	٢٩٠	٣٤٣١	٠	٠
٢٠٠٦	٦٠٥٧	٦٥٠٦٤٢	٢٦٨	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠٥	٦٦٤٩	٧٥٩٦٩٢	٢٦٨	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠٤	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠٣	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠٢	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠١	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
٢٠٠٠	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٩	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٨	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٧	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٦	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٥	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٤	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠
١٩٩٣	٤٩١٢	٨٧٨١٣١	٢١٢	٢٢٨	٦٥٠٦٤٢	١٢٨	١٢٨	٥٩٨	٠	٦	٦	٠	١٣٦	١٧٧٧	٠	٠

المراجع والمصادر

قائمة المراجع العربية:

١. أحمد خالد علام، (١٩٩٨): تخطيط المدن، مكتبة الأنجلو المصرية.
٢. أحمد سالم صالح، (١٩٩٩)، السيول في الصحاري نظرياً وعملياً، دار الكتاب الحديث، القاهرة.
٣. أحمد علي إسماعيل، (١٩٨٨): دراسات في جغرافية المدن، دار الثقافة والنشر والتوزيع، ط٤، القاهرة.
٤. أحمد محمود عبد اللا، (٢٠٠٣): الطيران المدني والبيئة، مجلة الأرصاد الجوية، السنة الثامنة، العدد ٢٦، يناير.
٥. إدور جورج حنا، (١٩٩٢): المتغيرات النفسية والاجتماعية المرتبطة بالتلوث الضوضائي على العاملين بمهابط ميناء القاهرة الجوي، رسالة ماجستير غير منشورة، معهد الدراسات والبحوث البيئية، قسم الدراسات الإنسانية، جامعة عين شمس.
٦. جودة فتحي التركماني، (٢٠٠٥): أسس الجغرافيا الحيوية والتربة، الدار السعودية للنشر والتوزيع، ط١، جدة.
٧. حسن سيد حسن، (١٩٧٩): جغرافية النقل الجوي في جمهورية مصر العربية، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية البنات، جامعه عين شمس.
٨. -----، (١٩٩٥): بعض مظاهر التغير في خريطة النقل الجوي في مصر خلال الفترة بين عامي ١٩٧٦ - ١٩٩٤، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد التاسع والعشرون، جزء أول.
٩. حسن عبد التواب أبو طالب، (٢٠٠٢): الاضطراب الجوي وحوادث الطيران، مجلة الأرصاد الجوية، السنة السابعة، العدد ٢٤ يوليو.
١٠. زهير عبد الله حسين مكي، (١٩٩٩): النقل بالسكك الحديدية في المملكة العربية السعودية دراسة في جغرافية النقل، دورية علمية محكمة، العدد ٢٢٨، الجمعية الجغرافية الكويتية.
١١. سامية علي علي مبروك، (٢٠١٥): أثر المناخ على النقل الجوي في مصر، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه دمياط.
١٢. سعيد أحمد عبده، (١٩٨٨): تطور النقل الجوي في دولة الإمارات العربية المتحدة، مجلة كلية الآداب جامعه الإمارات العربية المتحدة، العدد ٤.
١٣. سعيد عبده، (٢٠٠٧): جغرافية النقل الحضري، مفاهيمها، ميدانها، ومناهجها، دورية علمية محكمة، العدد ٣٢١، الجمعية الجغرافية الكويتية.
١٤. سميح أحمد محمود عودة، (٢٠٠٥): أساسيات نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها في رؤية جغرافية، دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة، الأردن.

١٥. صفاء إبراهيم علي، (٢٠١٩): مطارات مصر الدولية دراسة في جغرافية النقل الجوي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعه عين شمس.
١٦. صفاء مجيد المظفر، (٢٠١١) جغرافية التربة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه الكوفة، العراق.
١٧. صلاح فتحي حامد، (٢٠٠٩): أسس قواعد البيانات الجغرافية وبيئة برامج نظم المعلومات الجغرافية، دار الكتاب الحديث.
١٨. طارق زكريا إبراهيم سالم، (١٩٩٣): "مناخ سيناء وساحل مصر الشرقى"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الزقازيق.
١٩. عصام محمد إبراهيم، (٢٠٠٣): النقل البري في محافظة سوهاج، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه جنوب الوادي.
٢٠. عواد حامد موسى، (٢٠١٧): تقدير الجريان السطحي في حوض وادي الجرافي الأعلى باستخدام نموذج سنايدر دراسة جيومورفولوجية، ص ص ٣١٧-٣٦٦.
٢١. فاروق كامل عز الدين، (١٩٧٠): ميناء القاهرة الجوي دراسة في جغرافية النقل والمواصلات، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه القاهرة.
٢٢. -----، (١٩٨١): جغرافية النقل أسس ومناهج وتطبيقات، الأنجلو المصرية، القاهرة.
٢٣. -----، (٢٠٠٥): النقل أسس ومناهج وتطبيقات، الأنجلو المصرية، القاهرة.
٢٤. فاطمة محمد محمود شعبان، (٢٠٠٩): المناخ وأثره على البيئة في محافظة البحر الأحمر بجمهورية مصر العربية (دراسة في جغرافية المناخ التطبيقي)، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه طنطا.
٢٥. فوزي محمد الدومي، (٢٠٠٠): علم التربة أساسيات وتطبيقات، جامعه عمر المختار، البيضاء.
٢٦. متولي عبد الصمد عبد العزيز، (٢٠٠١): حوض وادي وتير شرق سيناء: دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه القاهرة.
٢٧. محمد إبراهيم محمد خطاب، (٢٠٠٧): جيومورفولوجية السهل الساحلي للبحر الأحمر بين القصير ومرسى علم وأثرها على السياحة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه القاهرة.
٢٨. محمد إبراهيم محمد خطاب، (٢٠١٨): قياس وتقدير الأمطار لدراسة السيول في الأودية الجافة بالتطبيق على سيول شمالي الصحراء الشرقية وسيناء (٢٧ و ٢٨ أكتوبر ٢٠١٦، مجلة كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعه قناة السويس، العدد السابع والعشرون، ص ٣١٦-٣٩٢.

٢٩. محمد إبراهيم خطاب، عمرو محمد صبري محسوب، (٢٠٢٠): التحليل الهيدروجيوميورفولوجي لحوض وادي علم وأثره على السيول، حولية كلية الآداب، جامعة بني سويف، عدد خاص.
٣٠. محمد خميس الزوكة، (١٩٩١): التخطيط الإقليمي وأبعاد الجغرافية، الطبعة الثالثة، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.
٣١. محمد خميس الزوكة، (٢٠٠٠): جغرافية النقل، الطبعة الثانية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية.
٣٢. محمد صفي الدين أبو العز، (١٩٩٩): مورفولوجية الأراضي المصرية، درا غريب للطباعة والنشر والتوزيع، القاهرة.
٣٣. محمود محمد خضر، (١٩٩٨): الأخطار الجيومورفولوجية الرئيسية في مصر مع التركيز على السيول في بعض مناطق وادي النيل، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه عين شمس.
٣٤. محمود محمد عاشور، ومحمد مجدي تراب، (١٩٩١): التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي في: جودة، حسنين جودة وآخرون محررون وسائل التحليل الجيومورفولوجي.
٣٥. محمود عبد الفتاح محمود عبد اللطيف عنبر، (٢٠١٠): مناخ شرقي دلتا النيل وآثاره البيئية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعه القاهرة.
٣٦. مصطفى محمد صابر، (٢٠١٥): تأثير العوامل البيئية والمناخية على تصميم المطارات (دراسة تحليلية لمطار أكتوبر)، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم عمارة، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.
٣٧. وائل عطية حامد، (٢٠١٨): رصد المخاطر الطبيعية على الآثار في جنوب سيناء باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد دراسة في الجغرافيا الطبيعية التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعه بنها.

قائمة المراجع الأجنبية:

- 1- Athanasios Ballis, (2003): Airport Site Selection Based on Multicriteria Analysis: the Case Study of the Island of Samothraki, Enixetpq61ctrw) "Epeovct/ Operational Research, An International Journal. Vol.3, No.3, pp.261-279
- 2- Bowker, D., Davis, R., R., Myrick, D., Stacy, K., & Jones, W., (1985): Spectral reflectance of natural targets for use in remote sensing studies. National Administration for Space and Aeronautics (NASA).
- 3- Campbell J., (2011): Introduction to Remote Sensing, 5th Eddtion, New York: The Guildford Press.
- 4- D. Lewis (2016): Database systems, D. Lewis, Department of Computing, Goldsmiths, University of London.
- 5- Edyta Pijet-Migoń, Piotr Migoń, (2018): Landform Change Due to Airport Building, Urban Geomorphology, Elsevier Inc.
- 6- EL-Gamily, H., Ali, R., and Gad, A., (2004): Use of Aster And Landsat Data Mapping Land Use/Land Cover and Soil Condition in The Eastern Nile

Delta, Egypt, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. VII.

- 7- Gregory, K.J., & Walling, D.E. (1979). Drainage Basin: Form and Process a geomorphological Approach. London: Edward.
- 8- Hingray, B., Picouet, C., & Musy, A. (2015). Hydrology: A Science for Engineers (1st ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- 9- HUANG Bangju and et al, (2013): Airport Site Selection Under Complex Airspace Based on GIS, ICTE 2013 © ASCE 2013
- 10- Ian Douglas, Nigel Lawson, (2003): Airport construction: materials use andgeomorphic change, Journal of Air Transport Management 9, P(177–185), Elsevier Inc.
- 11- JIANG Bo, WANG Yifei. (2014): The Evaluation of Airport Site Selection Based on The Multilayer Fuzzy Reasoning Model, ICLEM 2014: System Planning, Supply Chain Management and Safety © ASCE 2014.
- 12- Karin Andersson, (2000): Environmental Impact Assessment, CHALMERS.
- 13- Landrum, Brown, (2008): Friedman Memorial Replacement Airport Environmental Impact Statement.
- 14- Leopold, L.B., Wolman, M.G., & Miller, J.P. (1964). Fluvial Processes in Geomorphology. London: Freeman & CO.
- 15- M. A. Alanbari et al. (2014): GIS and Multicriteria Decision Analysis for Landfill Site Selection in Al-Hashimiyah Qadaa, Natural Science, 6, 282-304.
- 16- Mohamed Hassan Mohamed, (2010): Airfield Operational Life Prediction and Pavment Factor Due to Pavement Performance A Master Thesis Submitted to the Faculty of Engineering at Cairo University.
- 17- Norman J. Ashford, et al, (2011): Airport Engineering Planning, Design, and Development of 21st Century Airports, JOHN WILEY & SONS, INC, Fourth Edition.
- 18- Ossama Saleh Ahmed Bughdady, (2015): Evaluation of Rapid Exit Taxiways Locating Procedures, A Master Thesis Submitted to the Faculty of Engineering at Cairo University.
- 19- Rajat Rastogi, (2009): Aircraft Controls, Airport Site and Size selection, Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology - Roorkee, Transportation Engineering - II.
- 20- Raqim Nahid Zehawy, (2012): Development of Iraqi Airport System Plan, A PhD Thesis Submitted to the Faculty of Engineering at Cairo University.
- 21- Richard de Neufville, Amedeo R. Odoni, (2003): Airport Systems: Planning, Design, and Management, The McGraw-Hill Companies, Inc.
- 22- Robert Horonjeff et al. (2010): Planning and Design of Airports, The McGraw-Hill Companies, Inc. Fifth Edition.
- 23- Robert J.Naiman et al, (2005): Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities, Pages 269-290, Riparia.
- 24- RSH Team, (2004): Airport Feasibility & Site Selection Study Technical Advisory Committee Meeting Reynolds, Smith and Hills, Inc.
- 25- SAID, R., (1962): Geology of Egypt, Amsterdam, El Sever.
- 26- SAID, R., (1990): The Geology of Egypt, A.A.Balkema Co., Rotterdam.
- 27- Schumm, S.A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*. Vol. (67). PP.597-646.

- 28- Strahler, A. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, in Chow, V. (ed.), Applied Hydrology "A Compendium of Water-Resources Technology. (PP. 39-76). New York: McGraw-Hill Book Company.
- 29- The LPA group aviation consultations, (2009): Airport Site Selection Study Final Analysis.
- 30- Young, A. (1972). Slopes. Edinbruch: Oliver & Boyed.
- 31- Zavoianu, I. (1978). Morphometry of Drainage Basins. Amsterdam: Elsevier.

المصادر:

- ICAO, Annex 4. Aeronautical Charts.
- ICAO, Annex 14. Aerodromes. Vol. 1 & 2.
- ICAO, Annex 1^٦.environment. Vol. 1 & 2.
- Aeronautical Egyptian Publication (AIP) Amendment 25-Jan-2016.
- ICAO, Document No. 2168, Aircraft Operations. Vol. 1 & 2.
- ICAO, Document No. 8697, Aeronautical Chart Manual.
- ICAO, Document No. 9157, Aerodrome Design Manual, Vol. 1 to 6.
- ICAO, Document No. 9184, Airport Planning Manual, Vol. 1 to 3.
- ICAO, Document No. 9829, Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management.
- https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/modelclimate/marsa-alam-international-airport_egypt_6943888
- <https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html>
- <https://en.tutiempo.net/climate/ws-623661.html>
- <https://maps.birdlife.org/MSBtool>

التقارير:

- Aviation & Emissions—A Primer (2005) , Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy, January 2005.
- ICAO, (2017): 2008 - 2015 WILDLIFE STRIKE ANALYSIS (IBIS).
- ICAO Environmental Report (2007) , produced by the ICAO Environmental Unit in collaboration with FCM Communications, Montreal: 2007.
- Egyptian Airports Co. (2014), Apron PCN Calculation at Hurghada international Airport.
- Egyptian Airports Co., (2015): Identification of PCN Value For Alexandria International Airport, final report.
- EMAK Marsa Alam for Management and Operation of Airports, The Arab International Environmental Services Corporation (ENVIRO-PRO). (1998): Environmental Impact Assessment Final Report.
- Engineering Consultants Group (ECG), (2011): Environmental Impact Assessment Final Report.
- Migratory Soaring Birds Project (2019), WASTE MANAGEMENT: BEST PRACTICES TO CONSERVE MIGRATING SOARING BIRDS (MSBs) IN THE RIFT VALLEY-RED SEA FLYWAY, JMM & Associates.
- الشركة المصرية للمطارات، (٢٠١١): تقرير مشروع إنشاء جمالون معدني لصيانة الطائرات ومبنى إداري - داخل مطار النزهة بالإسكندرية، تقارير غير منشورة.

- الشركة المصرية للمطارات، (٢٠١٧) تقارير غير منشورة.
- الشركة المصرية للمطارات، (٢٠٢٠) تقارير غير منشورة.
- الهيئة العامة للاستعلامات، (٢٠١٨) <http://sis.gov.eg/>
- الهيئة العامة للاستثمار، (٢٠٢٠) www.investinegypt.gov.eg

الملخصات

أولاً: الملخص العربي.

ثانياً: الملخص الإنجليزي.

العوامل الجيوبئية المؤثرة في تحديد مواقع المطارات في مصر

دراسة في الجغرافية التطبيقية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

الملخص العربي

تقع منطقة الدراسة داخل حدود إقليم الطيران المصري، والذي تتطابق حدوده مع الحدود السياسية البرية بينما لا تتطابق مع الحدود البحرية، وقد تم ترسيم هذه الحدود بناءً على اتفاق تقديم خدمات الملاحة الجوية بين الدول المجاورة. وتضم منطقة الدراسة جميع المطارات المصرية التي تديرها وزارة الطيران المدني المصرية، وبذلك فإن المطارات العسكرية ومطارات البترول خارج إطار الدراسة.

وتتكون الدراسة من أربعة فصول، ويبدأ كل فصل بتمهيد يعرض لما سيتناوله وخلاصة تعرض لأهم نتائجه، هذا بالإضافة إلى مقدمة الدراسة والتي تشمل موقعها الجغرافي والفلكي، وأسباب اختيار الموضوع، وأهداف الدراسة، وتساؤلات الدراسة، ومناهج وأساليب الدراسة، ومصادر الدراسة، والمشكلات التي واجهت الطالب أثناء الدراسة، ثم محتويات الدراسة. هذا بالإضافة إلى وجود خاتمة وملخصين باللغتين العربية والإنجليزية.

وقد تناول الفصل الأول المطارات المصرية من حيث (أهداف الإنشاء والسمات العامة والحركة والاقتصاد). حيث درس أهداف إنشاء المطارات المصرية، وتم تصنيفها بحسب سبب الإنشاء، فمنها ما تم إنشاؤه لظروف عسكرية، أو دبلوماسية لوجوستية، أو لدوافع استثمارية لخدمة السياحة وتصدير الحاصلات الزراعية، كما درس الفصل السمات العامة للمطارات المصرية، حيث تم تقسيم المطارات داخل الأقاليم الجغرافية الرئيسية، وهي: مطارات القاهرة الكبرى، مطارات الوجه البحري والساحلي الشمالي الغربي، مطارات الوجه القبلي، مطارات سيناء والبحر الأحمر، مطارات الصحراء الغربية، وأخيرًا تضمن الفصل دراسة تطور حركتي الركاب والطائرات بالمطارات المصرية حيث اتضح انعكاس الحالة الاقتصادية والأمنية داخل البلاد على حركتي الركاب والطائرات، كما بينت الدراسة أهمية قطاع الطيران المدني كأحد أهم القطاعات المغذية لخزانة الدولة.

وتناول الفصل الثاني المعايير والخصائص الجيوبئية النموذجية لمواقع المطارات مع التطبيق على بعض المطارات المصرية، حيث تم دراسة المعايير التي نصت عليها تشريعات المنظمة الدولية للطيران المدني ICAO، وتم التطبيق على عدد من المطارات كدراسة حالة؛ حيث تم دراسة تشريعات منظمة ICAO فيما يخص التربة مع التطبيق على مطاري الأسكندرية والغردقة، ثم دراسة تشريعات منظمة ICAO فيما يخص التضاريس والعوائق البشرية والتطبيق بالتطبيق على مطاري سانت كاترين وبرج العرب. ثم دراسة تشريعات منظمة ICAO فيما يخص الأخطار الجيومورفولوجية مثل السيول بالتطبيق على مطاري سانت كاترين والغردقة، في حين تمت دراسة السبخات بالتطبيق على مطار الأسكندرية، أما

ما يخص العناصر المناخية فتم دراسة الرياح والحرارة والضغط الجوي والعواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار، وتم التطبيق على مطارات القاهرة والغردقة وشرم الشيخ وبورسعيد. وتلى ذلك دراسة تشريعات منظمة ICAO فيما يخص بعض الخصائص البيئية كالضوضاء وانبعاثات الغازات الدفيئة مع التطبيق على مطار برج العرب، وكذلك دراسة الطيور والحياة البرية بالتطبيق على مطار طابا.

وتناول الفصل الثالث استخدام نظام المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد في تقييم الوضع الجيويبيئي لمطار مرسى علم كدراسة حالة؛ حيث تم تطبيق تشريعات منظمة ICAO وتضمنت عناصر التقييم على دراسة التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية، ثم الخصائص التضاريسية، يليها دراسة الأخطار الجيومورفولوجية المتمثلة في السيول وكيفية مواجهتها ودرء خطرها، ثم دراسة الخصائص المناخية والتي اشتملت على دراسة عناصر الرياح والحرارة والضغط الجوي والعواصف الترابية والضباب والشبورة المائية والأمطار، وأخيرًا تم دراسة الخصائص البيئية كالضوضاء وجودة الهواء وتجمعات ومسارات الطيور المهاجرة.

واختص الفصل الرابع بإنشاء قاعدة معلومات جغرافية لاقتراح موقع لإنشاء مطارًا جديدًا في مصر اعتمادًا على ١٢ طبقة تمت معالجتها، واستخدامها لإعداد نموذج أنسب المواقع Site Suitability Analysis لبناء مطار، وذلك باستخدام برنامج ArcGIS 10.4، وباستخدام معايير منظمة ICAO والخصائص الجيويبيئية. وقد تم اقتراح الموقع أعلى هضبة الجلالة البحرية وتم تسميته بمطار الجلالة، وتم دراسة التكوينات الجيولوجية والرواسب السطحية بموقع المطار، ثم دراسة الخصائص التضاريسية والعوائق البشرية التي قد تعوق الملاحة في محيط المطار، كما تطرق الفصل إلى دراسة مدى تعرض المطار للسيول، ثم دراسة بعض الخصائص المناخية كالرياح والحرارة والمطر. وتضمن الفصل دراسة الوزن السكاني واستخدام الأرض والإمكانات السياحية، وأخيرًا دراسة البعد البيئي كالضوضاء وانبعاثات الغازات وتجمعات ومسارات هجرة الطيور.

وتناولت الخاتمة عرضًا لأهم نتائج الدراسة، وأهم التوصيات التي خلصت إليها.

Geo-environmental Factors Affecting the Selection of Aerodromes Sites in Egypt: A Study in Applied Geography Using GIS and RS

The English summary

The study area is located within the borders of the Egyptian Flight Information Region FIR, whose borders coincide with the in-land political borders while not coinciding with the maritime borders, as it was demarcated based on an agreement to provide air navigation services between neighboring countries. The study area includes all Egyptian aerodromes run by the Egyptian Ministry of Civil Aviation, and thus the military and oil aerodromes are outside the scope of the study.

The study consists of four chapters, each chapter begins with an introduction to what will be covered and a summary showing its most important results, in addition to the introduction to the study, which includes its location, the reasons for choosing the topic, the objectives of the study, the questions of the study, the curricula and methods of the study, the sources of the study, and the problems faced by the student While studying, then the contents of the study. This is in addition to a conclusion and two summaries in Arabic and English.

The study begins with a brief that includes the historical development of civil aviation and then sheds light on the history of the establishment of aerodromes in Egypt.

The first chapter: Egyptian aerodromes in terms of (construction objectives, general features, movement, economy). Where the chapter deals with the statement of the objectives of the construction of the Egyptian aerodromes that was classified according to the reason for construction, some of which were established for military, diplomatic or logistical conditions, or for investment motives to serve tourism and export agricultural crops.

The study also clarifies the general features of Egyptian aerodromes, as aerodromes within Egypt were divided as follows: Greater Cairo aerodromes, Lower and Northwest coast Egypt aerodromes, Upper Egypt aerodromes, Sinai and the Red Sea aerodromes, and Western Desert aerodromes.

Finally; The study includes the development of passenger and aircraft movements in Egyptian aerodromes, as the reflection of the economic and security situation inside the country on the movement of passengers and airplanes became clear. The study also demonstrated the importance of the civil aviation sector as one of the most important sectors feeding the state treasury.

The second chapter: Typical geo-environmental standards and characteristics of aerodrome sites with application to some Egyptian aerodromes, where the standards stipulated in the legislations of the International Civil Aviation

Organization (ICAO) were studied, and then an aerodrome was studied as an example as follows:

Study the ICAO legislations regarding soil with application to Alexandria and Hurghada aerodromes. Then study the ICAO legislations regarding terrain/human obstacles, and application to Saint Catherine and Borg Al Arab aerodromes. Then the ICAO legislations were studied with regard to geomorphological hazards such as flash floods and application to Saint Catherine and Hurghada aerodromes, while marshes were studied and the application came to Alexandria aerodrome.

Also studying the ICAO legislations with regard to some climate elements such as wind, temperature, air pressure, dust storms, fog, mist, rain and snow, and then applying it to Cairo, Hurghada, Sharm El Sheikh and Port Said aerodromes. Then study the ICAO legislations regarding some environmental characteristics such as noise and greenhouse gas emissions with application to Borg Al Arab aerodrome, and study birds and wildlife with application to Taba aerodrome.

The third chapter: The use of geographic information system and remote sensing data in assessing the Geo-environmental situation of Marsa Alam Aerodrome as a case study. Where the ICAO legislations and assessment elements were applied, which included 1- geological formations and surface sediments, 2- topographic characteristics, 3- geomorphological hazards such as flash floods, 4- climatic characteristics such as wind, temperature, air pressure, dust storms, fog, mist and rain, 5- Environmental characteristics such as noise and Air quality and migratory bird populations and paths.

The fourth Chapter: Creates a geographic information Database to suggest a site for the establishment of a new aerodrome, based on twelve layers that have been treated as a Site Suitability Analysis model using ArcGIS 10.4 including, ICAO standards and Geo-environmental characteristics. Where a site was proposed at the top of the Galala Bahariye Plateau and it was called Galala Aerodrome. the geological formations and surface sediments at the aerodrome site, the study of the terrain characteristics and human obstacles that may hinder navigation in the vicinity of the aerodrome were studied. The chapter also touched upon the study of the extent of the aerodrome's exposure to flash floods, and then some climatic characteristics such as wind, temperature and rain were studied. The chapter included a study of population weight, land use, tourism potentials, and finally a study of the environmental dimension such as noise, gas emissions, and bird migrations and pathways.

Finally, The Conclusion presentation deals with the most important findings of the study, and the most important recommendations of the study.



Faculty of Arts

**Cairo University
Faculty of Arts
Geography Department**



**Geo-environmental Factors Affecting the Selection of
Aerodromes Sites in Egypt: A Study in Applied
Geography Using GIS and RS**

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirement for the Award of the Degree of PhD of
Arts in Geography - Geography Department, Faculty of Arts, Cairo University

submitted by

Ali Mohammed Mahmoud Ahmed Tammam

Supervised By

**Prof. El-Sayed El-Sayed
El-Husseini**

Professor of Physical Geography
Department of Geography – Faculty of
Arts – Cairo University

**Assoc. prof. Mohammed Ibrahim
Mohammed Khattab**

Associated Professor of Physical Geography
Department of Geography – Faculty of Arts –
Cairo University

**Cairo
2021**