

تقييمات دقة تصنيفات المرئيات الفضائية في الفترة

١٩٩٠-٢٠٢٠، بالتطبيق على منطقة الساحل

الشمال الغربي لمصر

الباحث/ أحمد فتحي عبد اللطيف أحمد

مدرس مساعد بقسم الجغرافيا

كلية الآداب، جامعة بني سويف

أ.د/ إسلام حمزة أبو المجد

أستاذ الاستشعار من البعد والبيئة

الهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء

د/ تامر يوسف عمرون مسلوب

مدرس الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية

كلية الآداب، جامعة بني سويف

DOI: 10.21608/QARTS.2023.190496.1606

تقييمات دقة تصنيفات المرئيات الفضائية في الفترة ١٩٩٠-٢٠٢٠ بالتطبيق على منطقة الساحل الشمال الغربي لمصر

الملخص:

تناول هذا البحث تطبيق طرق تقييم التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية، لرصد تغيرات الغطاء الأرضي بمنطقة الساحل الشمالي الغربي لمصر خلال الفترة (1990-2020)، وذلك عن طريق إنشاء مجموعة من النقاط المرجعية العشوائية للفئات الأرضية المتوفرة بمنطقة الدراسة، ثم استخدامها في إنشاء (مصفوفة الخطأ) من أجل تحليل (التقييم الكلي) بواسطة الدقة الكلية ومعامل كابا، ثم إجراء تحليل (التقييم الجزئي) بواسطة دقة (المستخدم) ودقة (المنتج)، بغرض معرفة دقة التصنيف بشكل عام، ومدى إمكانية الاعتماد عليه، وكذلك أيضًا معرفة درجة توافق فئات الغطاء الأرضي الموجودة في الطبيعة مع الفئات التي اندرجت ضمنها في نواتج الصور التي تم تصنيفها باستخدام كلاً من أدوات برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من البعد.

الكلمات المفتاحية: الغطاء الأرضي، تقييم الدقة، مصفوفة الخطأ، التقييم الكلي، التقييم الجزئي، معامل كابا، دقة المستخدم، دقة المنتج، الساحل الشمالي الغربي لمصر.

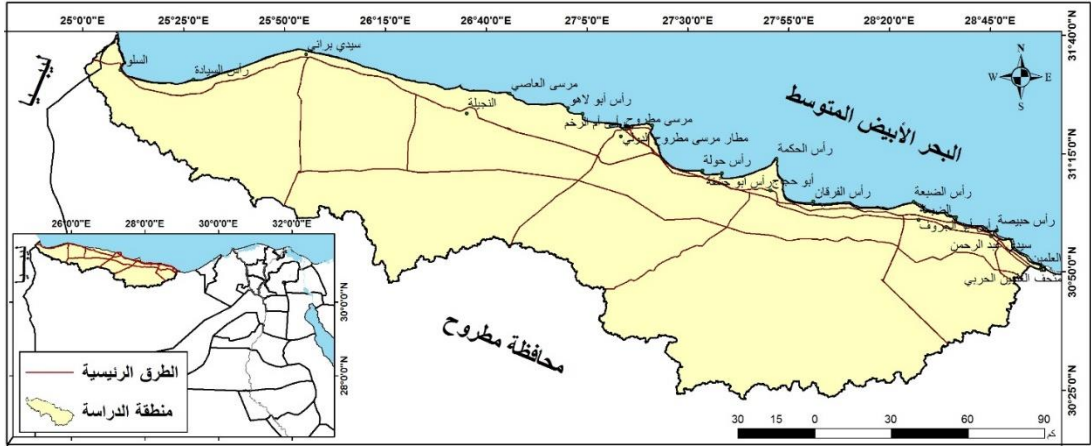
تمهيد:

إن الهدف الأساسي من عملية التصنيف هو تحويل المرئية الفضائية ذات القيم الرقمية الانعكاسية الملتقطة بالمسح الكامل لكل مساحة المرئية، إلى خرائط موضوعية - لظاهرة واحدة أو أكثر - ذات وحدات وفئات مُصنفة حسب مقدار التشابه والاختلاف فيما بين ظاهرات موضوع الدراسة، وبالتالي يمكن استخدام محتويات هذه الخرائط كمدخلات لعمليات التحليل والمقارنة وبناء النماذج في بيئة نظم المعلومات الجغرافية؛ ومن الجدير بالذكر هنا أن هذه الخرائط لا تمثل الواقع تمثيلاً مثاليًا، فلا بد من وجود أخطاء في مثل هذه الخرائط، فلذلك نحتاج إلى معرفة مدى دقة هذه الخرائط حتى نتمكن من تقييم فائدتها في تحقيق الأهداف التي أنشئت من أجلها (Bogoliubova & Tymkow, 2014, pp. 5-6)، وبناءً على ما سبق فقد تم عمل تقييمات لدقة التصنيف Accuracy Assessment الرقمي للمرئيات الفضائية لخرائط تم إنتاجها للغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في منطقة الدراسة، وذلك في الأعوام ١٩٩٠، ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢٠.

أولاً: موقع ومساحة منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن محافظة مطروح (الشكل ١)، وتمتد فلكيًا ما بين خطي طول $28^{\circ}50'$ ، 25° شرقًا، وبين دائرتي عرض $30^{\circ}25'$ ، $31^{\circ}40'$ شمالًا، وتبلغ مساحتها حوالي 21900 كم^٢ ، ويحدها شمالًا ساحل البحر الأبيض المتوسط، وجنوبًا خط تقسيم المياه لأحواض التصريف المائي التي تصب في البحر المتوسط وشرقًا من مدينة العلمين غرب الإسكندرية وحتى الحدود المصرية الليبية غربًا.

(شكل ١) الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة.



المصدر: مُنتج اعتمادًا على مرئيات Sentinel2 ونموذج الارتفاع الرقمي DEM

ثانيًا: أدوات ومنهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على مرئيات القمر الصناعي Landsat 5, 7, 8 للأعوام 1990, 2000, 2010, 2020 بالإضافة إلى نموذج الارتفاع الرقمي DEM والخرائط الطبوغرافية مقياس 1:25000 ومرئيات Google Earth Pro، وتمت معالجة هذه المرئيات وتصنيفها ورصد التغيرات بها باستخدام برنامج ENVI 5.3، Arc Map 10.3، Microsoft Excel عن طريق المنهج التطبيقي ومنهج التحليل المكاني والمنهج السببي، كذلك تم تحليل المعلومات المستخرجة منها عن طريق الأسلوب الوصفي والكارتوجرافي والكمي التحليلي.

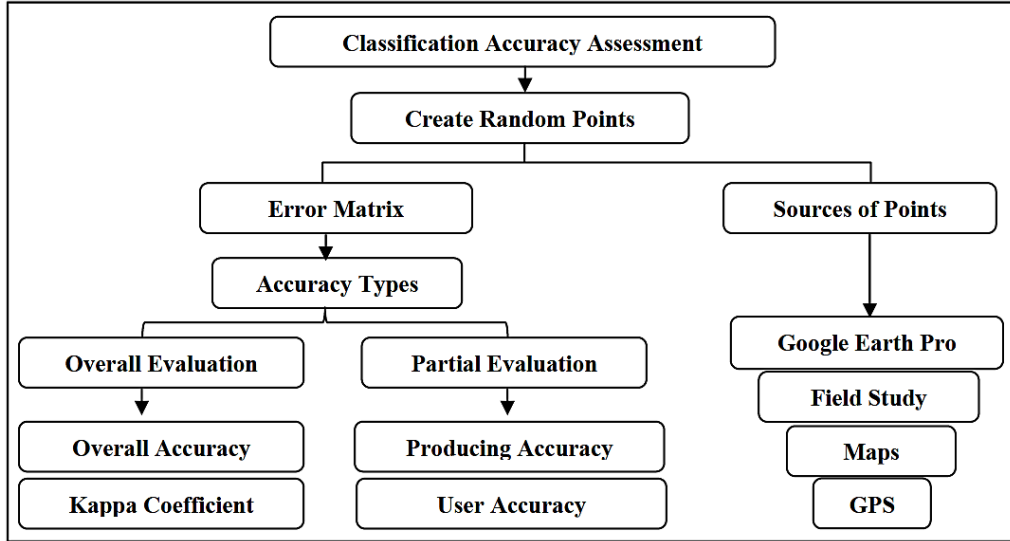
ثالثًا: إجراءات التصنيف الموجه:

تعرف عملية تقييم دقة تصنيف المرئيات الفضائية بأنها عبارة عن مقارنة نتائج التصنيف بالبيانات الجغرافية الصحيحة الموجودة على سطح الأرض من أجل تحديد دقة عملية التصنيف (Paliwal & Katiyar, 2015, p. 1431)، وتعد هذه العملية من أهم الخطوات النهائية في عملية التصنيف، والتي تهدف إلى التقييم الكمي لمدى فاعلية أخذ عينات التدريب في فئات الغطاء الأرضي الصحيحة (Rwanga & Ndambuki, 2017, p. 617)، كما تهدف أيضًا إلى معرفة درجة توافق فئات الغطاء الأرضي في الطبيعة مع الفئات التي اندرجت تحتها في الصورة المصنفة (Foody, 2002, p. 186).

وتتطلب عملية تقييم الدقة مقارنة نتائج التصنيف بمصدر خارجي يمثل الظروف الحقيقية لسطح الأرض وقت الحصول على الصورة (Chuvieco & Huete, 2015, p. 343)، والعوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار أثناء عملية التقييم مثل معرفة المستخدم وجمع البيانات الأرضية والتأكد منها والتقنيات المستخدمة والتي يمكن أن تحد من القدرة على استخدام بيانات الاستشعار من البعد (Congalton, 1991, p. 35).

وهناك عدة طرق لتقييم الدقة لعل من أهمها مصفوفة الخطأ **Error Matrix** التي تعطي تقييم نسبي بدلاً من الدقة الحقيقية للتصنيف (Liu & Mason, 2009, p. 102)، والتي تعد نقطة البداية لسلسلة من التحليلات الإحصائية المستخدمة في تحديد دقة التصنيف، كما يتضح من (الشكل ٢).

(شكل ٢) المنهجية المستخدمة لتقييم دقة تصنيف المرئيات الفضائية بمنطقة الدراسة.



١ - إنشاء النقاط المرجعية العشوائية **Create Random Points**:

هي عبارة عن اختيار عدد من وحدات الصورة المصنفة بطريقة عشوائية {عشوائية من حيث كثافتها وتوزيعها} ومقارنتها مع معلومات عن منطقة الدراسة عن طريق إنشاء مصفوفة الخطأ **Error Matrix**، ويتم الحصول على هذه المعلومات من خلال الخرائط والصور الجوية **Google Earth** والدراسة الميدانية **Field Study** لمعرفة ما تمثله وحدات الصورة المصنفة، وتعد

بمثابة قاعدة البيانات الأرضية **Reference Data** لهذه المنطقة، ثم يتم مقارنة هذه البيانات الميدانية مع نتائج التصنيف، فإذا تطابقت وحدات الصورة المصنفة مع ما تمثله في الطبيعة حسب المعلومات التي تم الحصول عليها كان تصنيف هذه الوحدات صحيحًا (الحسن، ٢٠٠٧، ص ١٣٢).

تتأثر دقة التصنيف بعدد النقاط المرجعية المستخدمة، فكلما زاد عدد النقاط كلما زادت الدقة (عبد الفتاح، ٢٠١٧، ص ٨٨)، كما تتأثر أيضًا بدقة مصدر البيانات المرجعية سواء كانت خزائن أو صور جوية أو مرئيات فضائية لذلك يجب أن تكون هذه المصادر ذات دقة مكانية وإشعاعية أعلى من تلك المستخدمة في عملية التصنيف، وفي حالة استخدام مصدر واحد فقط لكلاً من عملية التصنيف واختيار النقاط المرجعية فيجب أن يكون الحصول علي البيانات المرجعية أكثر دقة من عملية تصنيف الخريطة الجاري تقييم دقتها (Olofsson, et al., 2014, p. 47).

تم إنشاء ملف النقاط المرجعية عن طريق تحديدها وتوقيعها بدقة كما يتضح من (الشكل ٤)، وذلك اعتمادًا على الخزائن الطبوغرافية والدراسة الميدانية التي تمت خلال شهر مارس 2022، والتي ساهمت في معرفة الوضع الحالي للغطاء الأرضي بالمنطقة ومعرفة ماهية بعض الفئات الأرضية، وبواسطة استخدام جهاز **Global Positioning System (GPS)** تم تحديد مواقع هذه النقاط ومن ثم استخدامها في تقييم دقة التصنيف للمرئية الحديثة **Landsat 8**، وتم الاعتماد أيضًا على صور **Google Earth Pro** التي تتميز بدقة مكانية كبيرة يمكن من خلالها التمييز بين غطاءات الأرض المختلفة بالمنطقة، كما تتوفر بالبرنامج خاصية عرض الصور التاريخية التي تساعد في تغطية منطقة الدراسة ومعرفة غطاءات الأرض بها في الفترات الزمنية القديمة مما يفيد في تقييم دقة تصنيف المرئيات **Landsat 5 & 7** المستخدمة في الدراسة بالرجوع إلى الوقت الذي ألتقطت فيه هذه المرئيات والتي ترجع إلى الأعوام (1990، 2000، 2010).

يتضح من (الشكل ٣) أنه قد تم تحديد 2427 نقطة مرجعية بمنطقة الدراسة (صور ١) مع مراعاة التوزيع الجغرافي المناسب لهذه النقاط على المرئيات المستخدمة، منها 747 نقطة

للمرئية عام 1990، 588 نقطة للمرئية عام 2000، 481 نقطة للمرئية عام 2010، 611 نقطة للمرئية عام 2020، ويمكن تحليل توزيع هذه النقاط من خلال (الجدول ١) و(الشكل ٣) و(الشكل ٤) على النحو التالي:

- نلاحظ أن توزيع النقاط المرجعية قد تأثر بمساحة الغطاءات الأرضية المختلفة، لذلك نجد أن الغطاء الصحراوي (صور ٢) قد استحوذ على أكبر عدد من النقاط بإجمالي 797 نقطة وبنسبة 32.8% من مجموع النقاط في كل فترات الدراسة نظراً لطبيعة المنطقة الصحراوية والتي تقل بها الاستخدامات الأخرى.

- تحتل الأودية (صور ٣) المركز الثاني من حيث كثافة التوزيع بعدد نقاط 695 وبنسبة بلغت 28.6% من مجموع النقاط، وهي تشكل مع الغطاء الصحراوي ما يقرب من ثلثي مساحة المنطقة بنسبة 61.4% من إجمالي الاستخدامات في المنطقة.

- تحتل الفئات (الحجر الجيري، العمران، الأراضي الرطبة، الكثبان الرملية، المياه، الزراعة) (صور ٤) المركز (الثالث، الرابع، الخامس، السادس، السابع، الأخير) على الترتيب بنسبة 38.6% من إجمالي الاستخدامات.

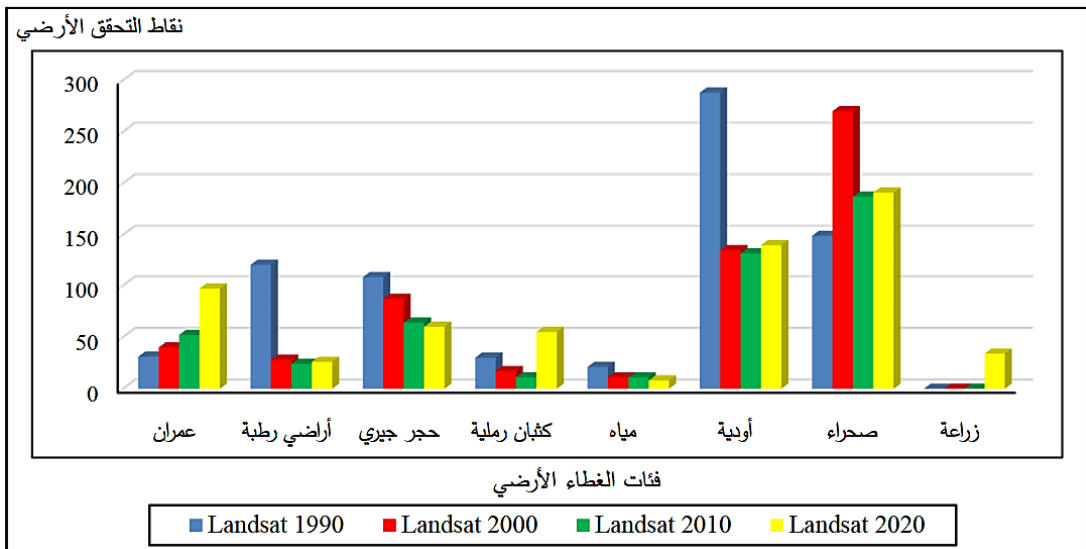
- هناك تقارب كبير في عدد نقاط التحقق الأرضي لكل فئة خلال فترات الدراسة فيما عدا فئة العمران التي تزايدت عدد نقاطها في كل فترة عن الفترة السابقة لها نظراً للتوسع العمراني بالمنطقة، بالإضافة إلى ظهور الغطاء الزراعي في عام 2020 وعدم تواجده في الفترات السابقة الأمر الذي يتوافق مع الرؤية المستقبلية للوطن في التنمية الزراعية والعمرانية بالساحل الشمالي الغربي لمصر.

(جدول ١) التحليل الإحصائي لتوزيع نقاط التحقق الأرضي.

Landsat 2020		Landsat 2010		Landsat 2000		Landsat 1990		المرئية الفئة
%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	
15.9	97	10.8	52	6.8	40	4.2	31	عمران
4.3	26	5	24	4.8	28	16	120	أراضي رطبة
9.8	60	13.3	64	14.8	87	14.5	108	حجر جيري
9	55	2.3	11	2.9	17	4	30	كتبان رملية
1.3	8	2.3	11	1.9	11	2.8	21	مياه
22.9	140	27.4	132	22.9	135	38.6	288	أودية
31.3	191	38.9	187	45.9	270	19.9	149	صحراء
5.5	34	-	-	-	-	-	-	زراعة
%100	611	%100	481	%100	588	%100	747	المجموع

المصدر: مُنتج من تحديد النقاط المُستخرجة من المرئيات المستخدمة في الدراسة ومرئيات Sentinel2^(١)

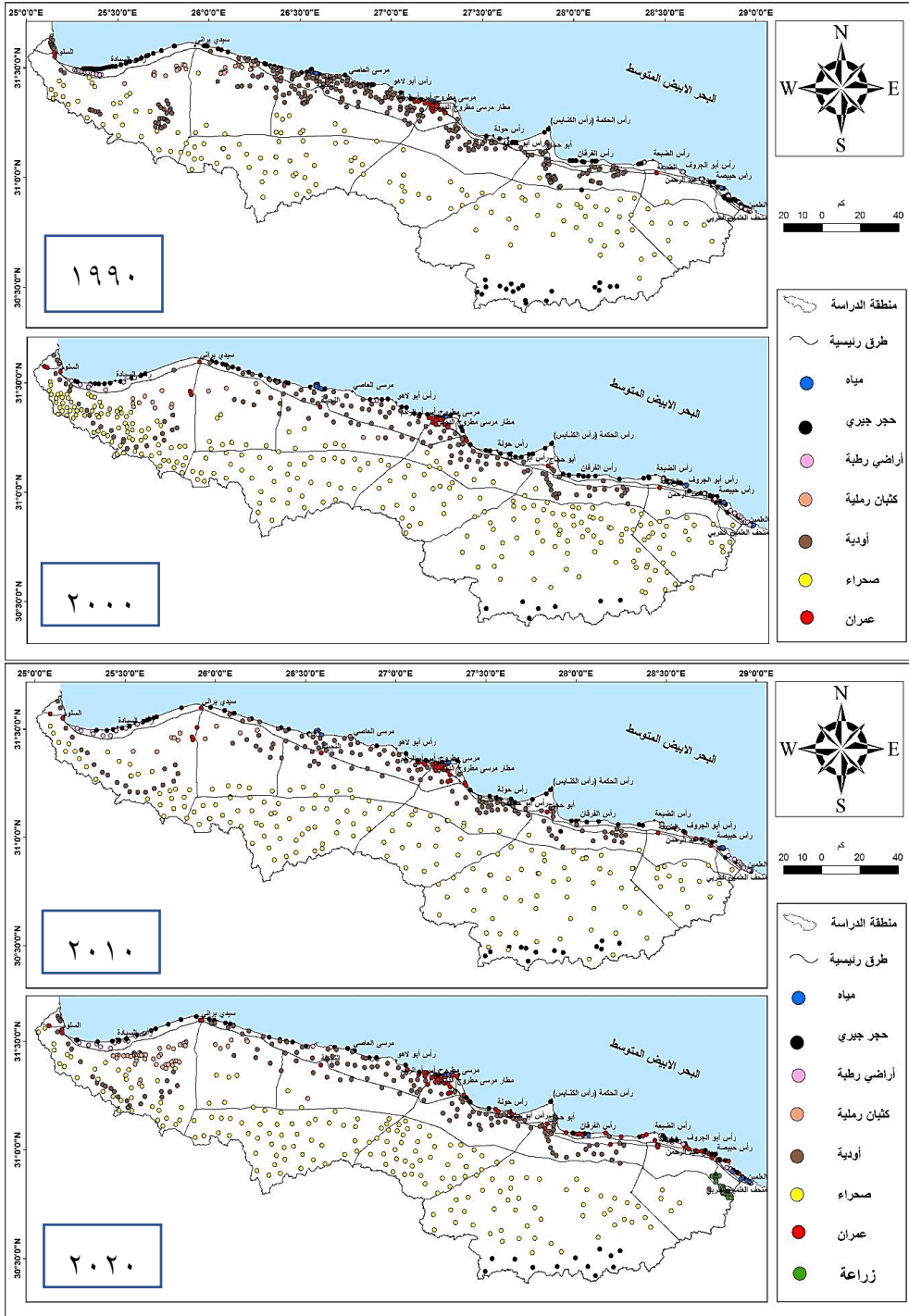
(شكل ٣) التحليل الإحصائي لتوزيع نقاط التحقق الأرضي.



المصدر: مُنتج اعتمادًا على بيانات (جدول ١)

(١) تم ذلك عن طريق عمل ملفات ROI وأخذ النقاط ثم تصديرها بصيغة Shape File إلى برنامج ARC Map ثم تحويلها إلى صيغة KML للعمل عليها في برنامج Google Earth.

(شكل ٤) التوزيع الجغرافي لمحتويات نقاط التحقق الأرضي.



المصدر: منتج اعتمادًا على أداة ROI داخل برنامج ENVI 5.3، من خلال الدراسة الميدانية، ومريثات الأقمار الصناعية.

٢- مصفوفة الخطأ Error Matrix:

هي واحدة من أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً في تقييم تصنيف المرئيات لاستخدامات الأراضي، وتعتمد هذه المصفوفة على مقارنة مجموعة من الخلايا لكل غطاء أرضي في المرئية المصنفة مع معلومات عن الخلايا نفسها والتي تم الحصول عليها في مرحلة إنشاء النقاط المرجعية العشوائية، ومن ثم معرفة عدد الخلايا التي تم تصنيفها بشكل صحيح والأخرى التي صُنفت خطأً، وهذه المصفوفة لا تحدد فقط الأخطاء الكلية في تصنيف كل فئة، ولكنها تحدد أخطاء التصنيف بين المجموعات أيضاً نتيجة لتشابه الخصائص الانعكاسية لبعض مكونات الأرض المختلفة في طبيعتها لذلك يطلق عليها أيضاً مصفوفة الشك Confusion Matrix (الغامدي، ٢٠٠٦، ص٤٨).

هذه المصفوفة عبارة عن مجموعة من الصفوف Rows التي تشير إلى فئات الغطاء الأرضي داخل المرئية المصنفة، ومجموعة من الأعمدة Columns التي تشير إلى البيانات المرجعية، والتي تتقاطع مع بعضها البعض لتكوّن شبكة من المربعات، تمثل القيم القطرية Diagonal Values فيها عدد الخلايا التي تم تصنيفها بشكل صحيح وتتوافق فيها البيانات المرجعية مع الغطاء الأرضي في الصورة المصنفة، بينما تعبر باقي البيانات خارج الخلايا القطرية على عدم وجود توافق مكاني بين الصورة المصنفة والبيانات المرجعية (Agyemang, et al, 2011, p89)، نتيجة لوجود أخطاء في البيانات المرجعية، أو نتيجة لقواعد بيان التصنيف التي غالباً ما تفترض حدوداً منفصلةً على طول سلسلة متصلة في الطبيعة، أو نتيجة لعدم ملائمة المرئيات المستخدمة في رسم خرائط الغطاء الأرضي (Congalton & Green, 2008, p. 121).

• يتضح من خلال (الجدول من ٢ إلى ٥) التي تبين مصفوفة الخطأ للتصنيف الناتج من هذه الدراسة أن التمييز بين الفئات الأرضية المختلفة بالمنطقة كان على درجة عالية من الصحة والدقة، وترجع نسبة الخطأ الموجودة في التصنيف إلى تشابه الخصائص الانعكاسية لمجموعة من الخلايا التي تنتمي لبعض الفئات مثل الأودية بنوعها الجاف والرطب.

جدول ٢) مصفوفة الخطأ لتقييم دقة التصنيف الموجه لأنواع الغطاء الأرضي عام 1990.

الغفة	النقاط المرجعية العشوائية									المجموع	دقة المستخدم %	خطأ الإضافة %
	كثبان رملية	أودية	صحراء	عمران	مياه	حجر جيري	أراضي رطبة					
ك-رملية	28	0	1	0	0	0	0	0	0	29	96.6	3.4
أودية	2	272	2	1	0	0	0	0	0	277	98.2	1.8
صحراء	0	6	146	0	0	0	0	0	0	152	96.1	3.9
عمران	0	0	0	29	0	0	0	0	0	29	100	0
مياه	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	100	0
ح-جيري	0	0	0	0	4	1	0	0	1	114	94.7	5.3
أ-رطبة	0	10	0	0	1	0	0	0	119	130	91.5	8.5
المجموع	30	288	149	31	21	108	120	747				
دقة المنتج %	93.3	94.4	98	93.6	76.2	100	99.2					
خطأ الحذف	6.7	5.6	2	6.4	23.8	0	0.8					
الدقة الكلية	بنسبة 96.1% (717/747)		معامل كابتا	0.9491								

جدول ٣) مصفوفة الخطأ لتقييم دقة التصنيف الموجه لأنواع الغطاء الأرضي عام 2000.

الغفة	النقاط المرجعية العشوائية									المجموع	دقة المستخدم %	خطأ الإضافة %
	كثبان رملية	أودية	صحراء	عمران	مياه	حجر جيري	أراضي رطبة					
ك-رملية	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	100	0
أودية	1	122	0	6	0	0	6	0	0	135	90.4	9.6
صحراء	0	8	241	0	0	0	0	0	0	249	96.8	3.2
عمران	0	0	0	34	1	0	0	0	0	35	97.1	2.9
مياه	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	100	0
ح-جيري	0	0	0	0	0	87	0	0	0	87	100	0
أ-رطبة	0	5	0	0	0	0	0	22	0	27	81.5	18.5
المجموع	17	135	241	0	11	87	28	559				
دقة المنتج %	94.1	90.4	100	85	90.9	100	78.6					
خطأ الحذف	5.9	9.6	0	15	9.1	0	21.4					
الدقة الكلية	بنسبة 95.2% (532/559)		معامل كابتا	0.9327								

المصدر: (الجدول ٢ و ٣) مُنتج اعتمادًا على أداة Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs داخل برنامج ENVI 5.3.

(جدول ٤) مصفوفة الخطأ لتقييم دقة التصنيف الموجه لأنواع الغطاء الأرضي عام 2010.

النقاط المرجعية العشوائية										
خطأ	دقة	المجموع	أراضي	حجر	مياه	عمران	صحراء	أودية	كثبان	الفئة
الإضافة %	المستخدم %		رطبة	جيري					رملية	
0	100	8	0	0	0	0	0	0	8	ك-رملية
4.4	95.6	136	1	0	0	2	0	130	3	أودية
4.6	95.4	196	0	9	0	0	187	0	0	صحراء
4	96	50	0	0	1	48	0	1	0	عمران
0	100	6	0	0	6	0	0	0	0	مياه
8.3	91.7	60	0	55	3	2	0	0	0	ح-جيري
8	92	25	23	0	1	0	0	1	0	أ-رطبة
		481	24	64	11	52	187	132	11	المجموع
			95.8	85.9	54.6	92.3	100	98.5	72.7	دقة المنتج %
			4.2	14.1	45.4	7.7	0	1.5	27.3	خطأ الحذف
			0.9319		معامل كابا		بنسبة 95% (457/481)		الدقة الكلية	

(جدول ٥) مصفوفة الخطأ لتقييم دقة التصنيف الموجه لأنواع الغطاء الأرضي عام 2020.

النقاط المرجعية العشوائية											
خطأ	دقة	المجموع	الزراعة	أراضي	حجر	مياه	عمران	صحراء	أودية	كثبان	الفئة
الإضافة %	المستخدم %		رطبة	جيري						رملية	
1.8	98.2	55	0	0	0	0	0	1	0	54	ك-رملية
13.8	86.2	152	4	3	0	0	13	0	131	1	أودية
4.5	95.5	199	0	0	0	0	0	190	9	0	صحراء
0	100	81	0	0	0	0	81	0	0	0	عمران
11.1	88.9	9	0	0	0	8	1	0	0	0	مياه
3.2	96.8	62	0	0	60	0	2	0	0	0	ح-جيري
0	100	20	0	20	0	0	0	0	0	0	أ-رطبة
9.1	90.9	33	30	3	0	0	0	0	0	0	الزراعة
		611	34	26	60	8	97	191	140	55	المجموع
			88.2	76.9	100	100	83.5	99.5	93.6	98.2	دقة المنتج %
			11.8	23.1	0	0	16.5	0.5	6.4	1.8	خطأ الحذف
			0.9241		معامل كابا		بنسبة 93.9% (574/611)		الدقة الكلية		

المصدر: (الجدول ٤ و ٥) مُنتج اعتمادًا على أداة Confusion Matrix Using Ground Truth ROIs داخل برنامج ENVI 5.3.

تتشابه بعض خلايا الأودية الجافة في انعكاساتها مع بعض الخلايا المنتمية إلى الغطاء الصحراوي، بينما تتشابه بعض خلايا الأودية الرطبة في انعكاساتها مع بعض خلايا الأراضي الرطبة المنتشرة على طول امتداد الساحل، كما ترجع نسبة الخطأ أيضاً إلى تداخل بعض الفئات مع بعضها البعض مثل العمران والأراضي الرطبة والأودية، بالإضافة إلى تناثر فئة العمران في بعض المناطق من الغطاء الصحراوي، الأمر الذي يؤثر على خصائصها الانعكاسية نتيجة اختلافها عما حولها.

٣- طرق تقييم الدقة (التحليلات الإحصائية المستخلصة من مصفوفة الخطأ):

يقصد بها التمثيل الإحصائي لتقييم دقة التصنيف، حيث ينتج عن مصفوفة الخطأ مجموعة من التقييمات الإحصائية المختلفة، منها ما هو كلي على مستوى الخريطة بأكملها ومنها ما هو جزئي على مستوى الصنف الواحد، وفيما يلي عرض لهذه الأنواع من التحليلات:

أ- التقييم الكلي لدقة التصنيف الموجه Overall Evaluation:

يعبر التقييم الكلي عن مدى مطابقة الخريطة الموضوعية للواقع الأرضي ونسبة الخطأ فيها، ويعبر عن هذا التقييم بطريقتين هما الدقة الكلية ومعامل كبا.

أ-١ الدقة الكلية Overall Accuracy:

تعد الدقة الكلية من أهم المؤشرات الدالة على دقة التصنيف. وتحسب عن طريق المعادلة التالية {حاصل قسمة قيمة الخلايا التي تطابقت مع البيانات المرجعية (الخلايا القطرية) / إجمالي الخلايا التي تم فحصها} $\times 100$ (Sreelekha & Reddy, 2019, p. 62)، ويرى (عبد، ٢٠١٣، ص ٣٩٢) أن عملية التصنيف تعد جيدة إذا تجاوزت الدقة 90% وقد يحتاج المحلل في بعض التطبيقات مثل دراسة رصد التغيرات إلى دقة أكبر من ذلك من أجل إتمام دراسته، بينما يرى (Bhatta, 2010, p. 127) أن الدقة 85% كافية بشكل عام للمنتج المستخرج من بيانات الاستشعار عن بعد، ولكن مما لا شك فيه أنه كلما ارتفعت الدقة نحو 100% كلما كان التصنيف أدق ويعتمد عليه في التطبيقات المختلفة.

أ-٢ معامل كايا Kappa Coefficient:

هو عبارة عن مقياس منفصل متعدد المتغيرات يستخدم في قياس دقة التصنيف (Jensen, 2015, p. 570)، ويأخذ في اعتباره إمكانية حدوث الصدفة في دقة النتائج عند المقارنة بين التصنيف والحقائق الأرضية في برمجيات الاستشعار من البعد، وفقاً لقانون الاحتمالية Probability، وذلك على العكس من الدقة الكلية التي تقع ضمن الإحصاء الوصفي، وبالتالي لا تأخذ في اعتبارها إمكانية حدوث الصدفة في دقة النتائج (*) (القصاب، ٢٠٢١، ص ٨٣). ويعبر هذا المقياس عن مدى الاتفاق والاختلاف بين التصنيف والحقائق الأرضية، وفيه يتم استخدام جميع عناصر المصفوفة وليس العناصر القطرية فقط (Rosenfield & Fitzpatrick, 1986, p. 224، ويمكن حسابه عن طريق هذه المعادلة (Congalton, 1991, p. 40):

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}$$

حيث أن (r) تمثل عدد الصفوف Rows، و (xii) تمثل عدد المشاهدات في الصف (i) والعمود (i)، بينما تعبر (xi+) و (x+i) عن الإجماليات الهامشية Marginal Totals للصف (i) والعمود (i) على التوالي، في حين تعبر (N) عن إجمالي عدد المشاهدات (**). تتراوح قيمة معامل كايا ما بين (0) الذي يشير إلى عدم الاتفاق بين التصنيف والحقائق الأرضية، وبين (1) الذي يشير إلى الاتفاق التام والمثالي بينهما، ولقد ميز بعض العلماء نطاقات مختلفة من الدقة بناءً على درجة الاتفاق، فمثلاً تشير القيم المحصورة بين (1-0.75) إلى توافق جيد جداً إلى ممتاز، بينما تشير القيم بين (0.75-0.4) إلى توافق جيد، في

* لمزيد من التفاصيل راجع (Warrens, 2015, pp. 1-4)

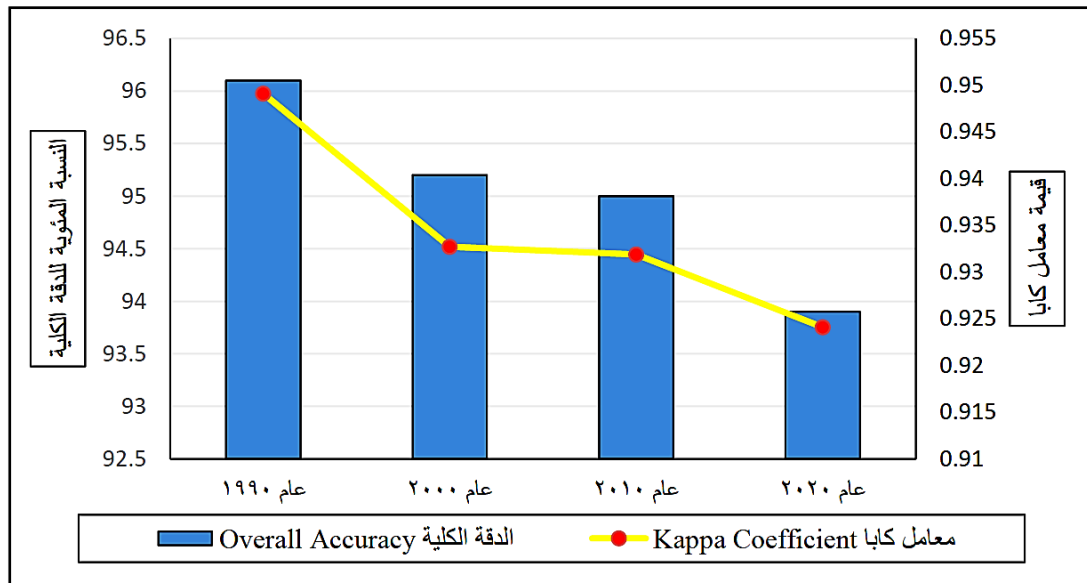
** لمزيد من التفاصيل راجع (Hudson, 1987, pp. 421-422)

حين تعبر القيم بين (0.4-0) إلي توافق ضعيف وبالتالي لا يمكن الاعتماد على نتائج التصنيف (Monserud & Leemans, 1992, p. 285).

ومن خلال تحليل مصفوفة الخطأ (بالجداول من ٢ إلى ٥) (والشكل ٥) يتضح لنا أن نتائج عملية التصنيف للغطاءات الأرضية بمنطقة الدراسة كان على درجة عالية من الدقة في مختلف فترات الدراسة وبالتالي يمكن الاعتماد عليها، حيث بلغت الدقة الكلية لعملية التصنيف عام 1990 حوالي 96.1% من إجمالي عدد البيانات المرجعية، في حين بلغت قيمة معامل كابا 0.9491، ولا يختلف الأمر كثيراً بالنسبة للمرئيات عام 2000 حيث بلغت الدقة الكلية 95.2% بينما بلغت قيمة معامل كابا 0.9327، وكذلك الأمر للمرئيات عام 2010 حيث بلغت قيم الدقة الكلية ومعامل كابا حوالي 95%، 0.9319 على الترتيب، بينما بلغت القيمة للمرئيات عام 2020 حوالي 93.9% بالنسبة للدقة الكلية، و 0.9241 بالنسبة لمعامل كابا.

يرجع انخفاض الدقة الكلية للتصنيف عام 2020 عن باقي فترات الدراسة إلي الاعتماد في تحديد النقاط المرجعية على الدراسة الميدانية ومرئيات القمر الصناعي Sentinel 2 التي تتميز بدقة مكانية عالية تصل إلى 10 متر للنطاق المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة (Band 2,3,4,8) (ESA, 2015, p. 51)، وهذا يؤدي إلى صغر حجم الخلية في هذه المرئيات. وكلما صغرت مساحة الخلية كلما أدى ذلك إلى زيادة التناثر والتباين بين مجموعة الخلايا التي تمثل فئة معينة، ومن ثم فقدان بعضاً من هذه الخلايا لصالح فئات الغطاء الأرضي الأخرى، حيث أن بيانات الأقمار الصناعية التي تتصف بدقة مكانية عالية تؤدي إلى ضعف التمييز على المستوى التفصيلي لاستخدامات الأرض، بينما تؤدي المرئيات ذات الدقة المكانية المنخفضة إلى تحقيق درجة عالية من الصحة ولكن لمستويات تصنيف منخفضة وينتج عن ذلك فقدان بعض التفاصيل في استخدامات الأراضي على مستوى تصنيف أعلى (الغامدي، ٢٠٠٦، ص ٥٠).

(شكل ٥) التحليل الإحصائي للتقييم الكلي لدقة التصنيف الموجه بمنطقة الدراسة.



المصدر: مُنتج اعتمادًا على بيانات مصفوفة الخطأ بـ (الجدول من ١٢ إلى ١٥).

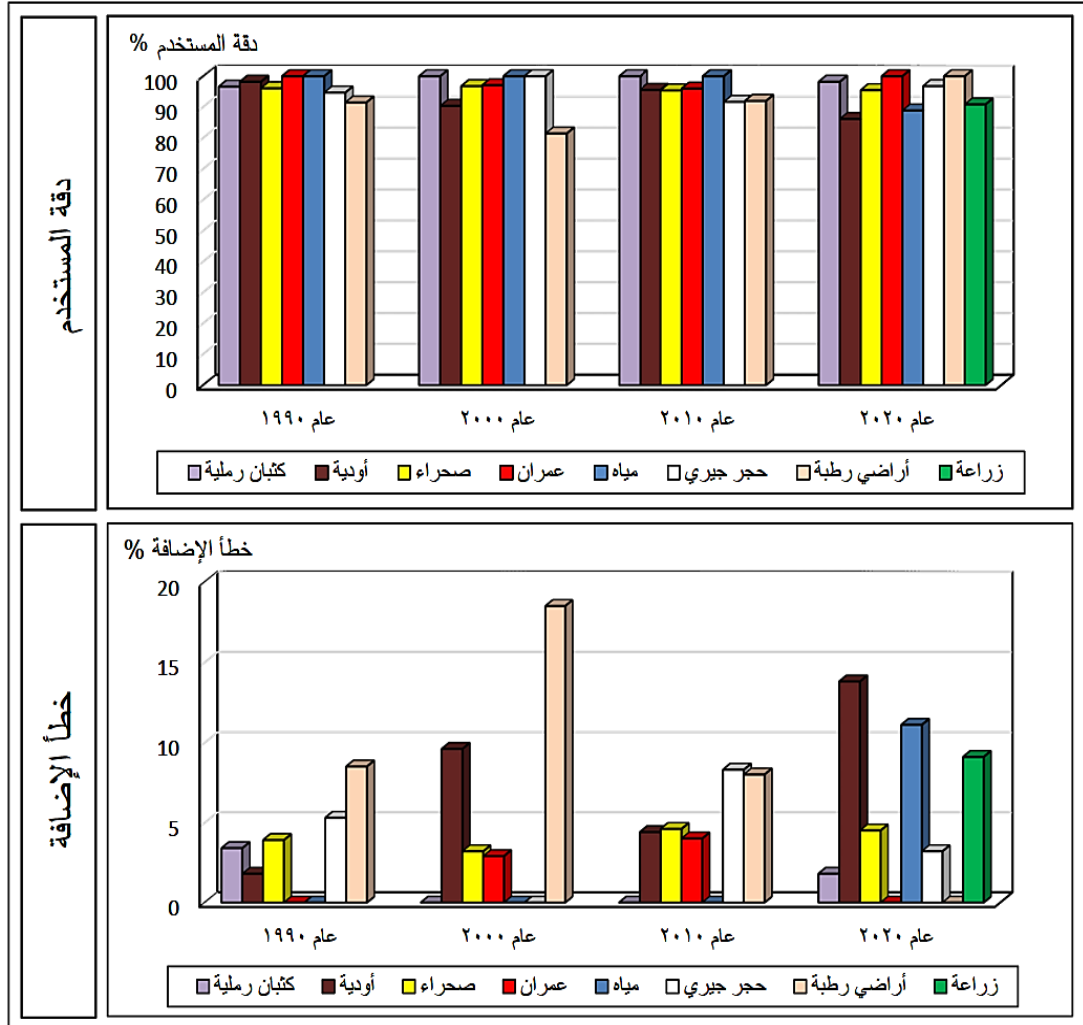
ب- التقييم الجزئي لدقة التصنيف الموجه Partial Evaluation:

يتم خلاله تقييم دقة تصنيف كل فئة من فئات الغطاء الأرضي في الصورة المصنفة بشكل منفرد إلى جانب التقييم الكلي لها، ويتم ذلك باستخدام طريقتين هما دقة المستخدم ودقة المنتج (Hasmadi, Pakhriazad, & Shahrin, 2009).

ب-١ دقة المستخدم User Accuracy:

هي عبارة عن نسبة مئوية تشير إلى احتمالية تمثيل البيكسل في الصورة المصنفة لنفس الفئة على الأرض طبقًا للبيانات المرجعية، ويمكن حساب هذه الدقة عن طريق قسمة عدد النقاط المصنفة بشكل صحيح في كل فئة (القيمة القطرية) على إجمالي عدد النقاط المصنفة في هذه الفئة أو (الصف Row) (Langley, et al, 2001, pp. 405-406)، وسُميت هذه الدقة بهذا الاسم نظرًا لاهتمام المستخدم بنسبة الخلايا التي تم تصنيفها بشكل صحيح (Khorrarn, et al, 2012, p. 56)، وتشير دقة المستخدم إلى خطأ الإضافة Commission Error الذي يعبر عن عدد البكسلات التي تم تصنيفها ووضعها بالخطأ ضمن فئة أخرى، ويُحسب خطأ الإضافة باستخدام هذه الصيغة (100% - دقة المستخدم) (الحسن، ٢٠٠٧، ص ١٣٣).

(شكل ٦) التحليل الإحصائي (لدقة المستخدم) و(خطأ الإضافة) بمنطقة الدراسة.



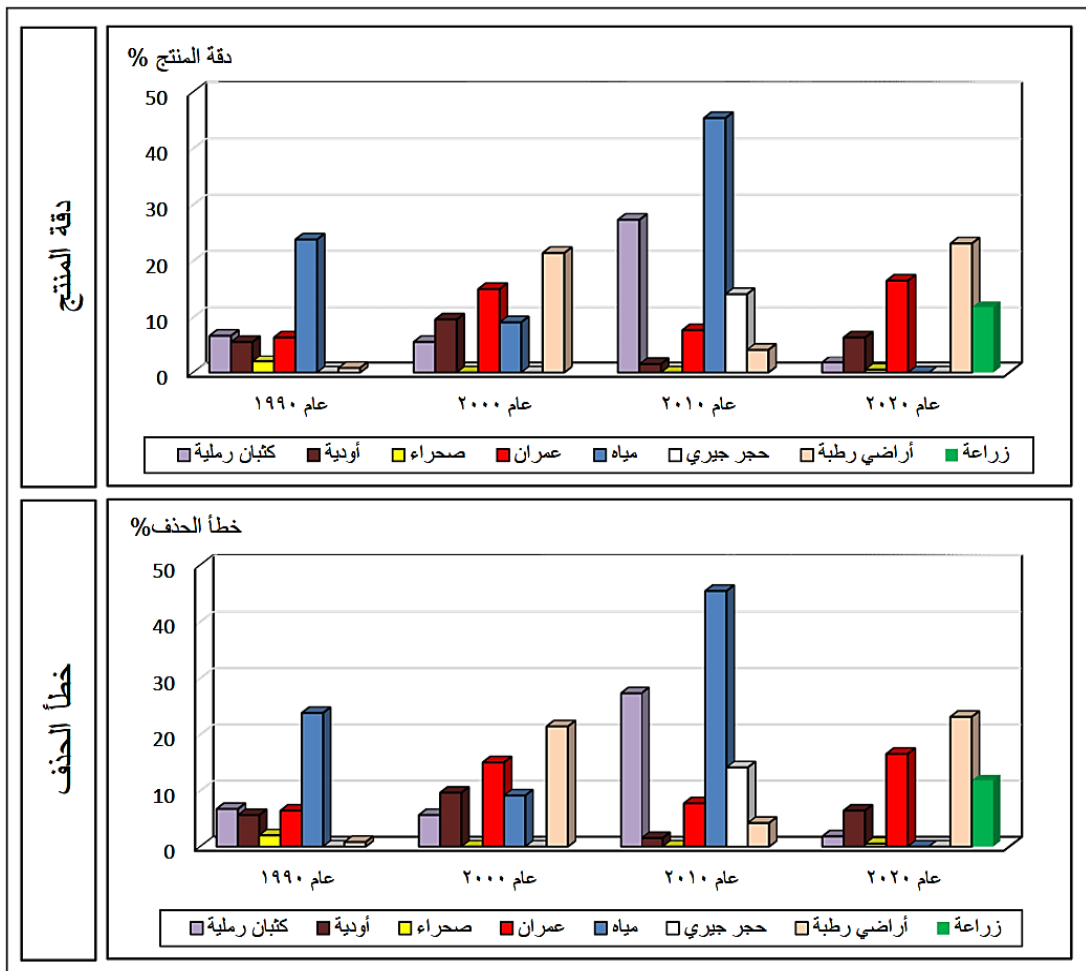
المصدر: مُنتج اعتمادًا على بيانات مصفوفة الخطأ بـ (الجدول من ١٢ إلى ١٥).

ب- دقة المنتج Product Accuracy:

هي عبارة عن نسبة مئوية تشير إلى مدى دقة تصنيف المرئية مقارنةً بالبيانات المرجعية، وتحسب بقسمة عدد الخلايا التي تم تصنيفها بشكل صحيح (الخلايا القطرية) على إجمالي عدد النقاط المرجعية في نفس العمود (Langley, et al, 2001, pp. 405-406)، وسُميت هذه الدقة بهذا الاسم نظرًا لاهتمام المنتج بدقة تصنيف البيانات المرجعية (Khorram, et al, 2012, p56)، وتحتوي هذه الدقة على خطأ الحذف Omission Error الذي يشير إلى نسبة

المعالم المرصودة على الأرض (البيانات المرجعية) والتي لم يتم تصنيفها في الخريطة بشكل صحيح ووضعت في فئات أخرى (Banko, 1998, p. 12)، ويُحسب خطأ الحذف باستخدام هذه الصيغة (100% - دقة المنتج).

(شكل ٧) التحليل الإحصائي (لدقة المنتج) و(خطأ الحذف) بمنطقة الدراسة.



المصدر: مُنتج اعتمادًا على بيانات مصفوفة الخطأ بـ (الجدول من ١٢ إلى ١٥).

نتائج الدراسة:

خلاصة لما سبق فقد تم إجراء تقييمات لدقة التصنيف الرقمي للغطاء الأرضي لمنطقة الساحل الشمال الغربي لمصر، من خلال المرئيات الفضائية التي تغطي الفترة ١٩٩٠-

٢٠٢٠، التي استخرج منها مصفوفات خطأ الحذف والإضافة، والتي من خلال تحليل مصفوفتها الموضحة ب(الجدول من ٢ إلى ٥) و(الأشكال ٦ و ٧) يتضح لنا ما يلي:

- **بالنسبة للتصنيف عام 1990:** نلاحظ ارتفاع دقة المستخدم إلى أعلى قيمة لها في فئتي العمران والمياه حيث بلغت 100%، وبالتالي لم يكن هناك خطأ إضافة في تلك الفئات وهذا يدل على أن جميع البكسلات تم تصنيفها بشكل صحيح ضمن الغطاء الأرضي المتوقع لها تبعاً للنقاط المرجعية، وإذا نظرنا إلى تفصيل الفئات نجد انخفاض في دقة المستخدم عن الفئتين السابقتين حتى بلغت 91.5% في فئة الأراضي الرطبة نتيجة وقوع بعض الخلايا المتوقع انتمائها إلى هذه الفئة في فئات أخرى، ووقعت معظم الخلايا المصنفة خطأ ضمن فئة الأودية نتيجة تشابه الخصائص الانعكاسية بين فئتي الأراضي الرطبة وبعض الأودية الرطبة، بينما وقعت النقاط المرجعية الخطأ بفئة الصحراء ضمن فئة الأودية، وهكذا.

بينما نجد أن فئة الحجر الجيري تحتوي على أعلى دقة منتج بنسبة 100%، تليها فئة الأراضي الرطبة، الصحراء، الأودية، العمران، الكثبان الرملية، وأخيراً فئة المياه على الترتيب، ويرجع انخفاض دقة المنتج لفئة المياه نتيجة تصنيف بعض الخلايا التي تخص فئة المياه بالخطأ في فئتي الحجر الجيري والأراضي الرطبة، وهذا ما يعكسه خطأ الحذف والإضافة حيث تمتلك فئة المياه خطأ حذف بقيمة 23.8% بينما تمتلك فئة الحجر الجيري خطأ إضافة بمقدار 5.3%.

- **بالنسبة للتصنيف عام 2000:** جاءت الفئات (الكثبان الرملية، المياه، الحجر الجيري)

في المقدمة من حيث ارتفاع دقة المستخدم نتيجة اختلاف الخصائص الانعكاسية لهما، بينما سجلت باقي الفئات دقة مستخدم أقل، كما هو الحال في فئة الأراضي الرطبة التي تقع بعضاً من خلاياها ضمن فئة الأودية والعكس، وكذلك أيضاً تقع بعضاً من الخلايا المتوقع انتمائها إلى فئة الصحراء ضمن فئة الأودية أيضاً نتيجة تشابه الخصائص الطيفية بينهما، بينما وقعت بعضاً من خلايا فئة الأودية داخل فئة العمران، بينما جاءت فئتي الصحراء والحجر الجيري في المقدمة من حيث ارتفاع دقة المنتج بنسبة 100% لكلاً منهما، بينما سجلت باقي الفئات دقة منتج أقل، كما

هو الحال في فئة الأراضي الرطبة التي سجلت أقل دقة منتج بنسبة 78.6% نتيجة تصنيف بعضًا من خلاياها ضمن فئة الأودية والعكس، وكذلك أيضًا تقع بعضًا من الخلايا المتوقع انتمائها إلى فئة الكثبان الرملية ضمن فئة الأودية أيضًا نتيجة تشابه الخصائص الطيفية بينهما، بينما وقعت بعضًا من خلايا فئة الأودية داخل فئة الصحراء والأراضي الرطبة.

- **بالنسبة للتصنيف عام 2010:** لا يختلف الأمر كثيرًا عن عام 2000 حيث جاءت فئتي المياه والكثبان الرملية في المقدمة، بينما سجلت باقي الفئات دقة مستخدم أقل حتى وصلت إلى 91.7% لفئة الحجر الجيري نتيجة وضع بعضًا من خلاياها بالخطأ في فئتي العمران والمياه، في حين ذهبت بعض الخلايا المتوقع لها أن تكون ضمن فئة الأودية إلى فئة الأراضي الرطبة والعمران والكثبان الرملية، وهكذا، بينما نجد أن فئة الأراضي الصحراوية تحتوي على أعلى دقة منتج بنسبة 100%، تليها فئة أراضي الأودية، الأراضي الرطبة، ، الأراضي العمرانية، أراضي الحجر الجيري، أراضي الكثبان الرملية، وأخيرًا فئة المسطحات المائية على الترتيب، ويرجع انخفاض دقة المنتج لفئة المياه نتيجة تصنيف بعض الخلايا التي تنتمي إليها بالخطأ في فئتي الحجر الجيري والأراضي الرطبة، والعمران، وهذا ما يعكسه خطأ الحذف والإضافة حيث تمتلك فئة المياه خطأ حذف بقيمة 45.4% بينما تمتلك الفئات (الحجر الجيري، العمران، الأراضي الرطبة) خطأ إضافة بمقدار 8.3%، 4%، 8% على الترتيب.

- **بالنسبة للتصنيف عام 2020:** نلاحظ أن فئتي العمران والأراضي الرطبة قد احتلت المراكز الأولى من حيث دقة المستخدم بنسبة 100% نتيجة وقوع جميع الخلايا المتوقعة لهما بداخل هذه الفئات، وبالتالي احتلت هذه الفئات المراكز الأخيرة من حيث خطأ الإضافة، بينما تحتل فئة الأودية المركز الأول من حيث خطأ الإضافة بنسبة 13.8%، والمركز الأخير من حيث دقة المستخدم بنسبة 86.2%، نتيجة وضع بعض الخلايا المتوقعة لها ضمن فئات العمران، الكثبان الرملية، الزراعة، والأراضي الرطبة، وكذلك الحال بالنسبة لفئتي الزراعة

والمياه، تقل بهما دقة المستخدم نتيجة ذهاب بعضًا من الخلايا المتوقعة لها إلى فئتي الأراضي الرطبة والعمران على الترتيب نظرًا للتداخل بين هذه الفئات، بينما جاءت فئتي المسطحات المائية والحجر الجيري في المقدمة من حيث ارتفاع دقة المنتج بنسبة 100% لكلاً منهما، بينما سجلت باقي الفئات دقة منتج أقل، كما هو الحال في فئة الأراضي الرطبة التي سجلت أقل دقة منتج بنسبة 76.9% نتيجة تصنيف بعضًا من خلاياها ضمن فئتي أراضي الأودية والأراضي الزراعية التي حققت دقة منتج بمقدار 93.6%، وخطأ حذف بمقدار 6.4%، وخطأ حذف بمقدار 11.9% على الترتيب، وكذلك تقع بعضًا من الخلايا المتوقعة انتمائها إلى فئة الزراعة ضمن فئة الأودية أيضًا ، بينما وقعت بعضًا من خلايا فئة الأودية داخل فئة الأراضي الصحراوية التي حققت دقة منتج بمقدار 99.5%، وخطأ حذف بلغ 0.5%.

المراجع:

- ١) الغامدي، سعد أبو راس. (٢٠٠٦). تصنيف استخدامات الأراضي في مدينة مكة المكرمة. المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، الجزء الأول، العدد ٤٧.
- ٢) عبد الفتاح، عبد الفتاح السيد. (٢٠١٧). تقييم طرق تصنيف المرئيات الفضائية لدراسة التغير العمراني بمحافظة البحيرة "نماذج تطبيقية لبناء نظام معلومات جغرافي". القاهرة: رسالة دكتوراة، غير منشورة، كلية الآداب .
- ٣) الحسن، عصمت محمد. (٢٠٠٧). معالجة الصور الرقمية في الاستشعار عن بعد. المملكة العربية السعودية: مركز البحوث، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود.
- ٤) القصاب، عمر عبد الله إسماعيل. (٢٠٢١). تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الأرض قضاء سهل اربيل أنموذجاً. رسالة دكتوراة، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل، العراق.
- ٥) عبده، وسام الدين محمد. (٢٠١٣). مقدمة إلى الاستشعار عن بعد وتطبيقاته (الطبعة الأولى). الدمام: مكتبة المتنبى.
- 6) Agyemang, T. K., Heblinski, J., Schmieder, K., Sajadyan, H., & Vardanyan, L. (2011). Accuracy Assessment of Supervised Classification of Submersed Macrophytes: the Case of the Gavaraget Region of Lake Sevan, Armenia. *Hydrobiologia*, 2011, 661: 85-96, Springer.
- 7) Banko, G. (1998). A Review of Assessing the Accuracy of Classification of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory. International Institute for Applied Systems Analysis, A-1261 Laxenburg, Austria.
- 8) Bhatta, B. (2010). Analysis of Urban Growth and Sprawl From Remote Sensing Data, *Advances in Geographic Information Science*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 9) Bogoliubova, A., & Tymkow, P. (2014). Accuracy Assessment of Automatic Image Processing For Land Cover Classification Of St. Petersburg Protected Area. *Acta Sci. Pol. Geod.Descr. Terr.*, 13 (1-2), 5-22.
- 10) Chuvieco, E., & Huete, A. (2015). *Fundamentals of Satellite Remote Sensing*. CRC Press, Taylor&Francis Group.
- 11) Congalton, R. G. (1991). A Review of Assessing the Accuracy of Classification of Remotely Sensed Data. *Remote Sens, Environ.* 37, pp35-46.
- 12) Congalton, R. G., & Green, K. (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices (Vol. Second Edition)*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New york.
- 13) ESA, E. (2015). *SENTINEL 2 User HandBook, Issue. 1, Rev.2*, pp. 1-64.

- 14) Foody, G. M. (2002). Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment. *Remote Sensing of Environment* 80, Elsevier, pp 185-201.
- 15) Hasmadi, M., Pakhriazad, H. Z., & Shahrin, M. F. (2009). Evaluating Supervised and Unsupervised Techniques for Land Cover Mapping Using Remote Sensing Data. *Journal of Society and Space*, Issue. 1, No. 5, pp. 1-10.
- 16) Hudson, W. D. (1987). Correct Formulation of the Kappa Coefficient of Agreement. *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 53, No. 4, pp. 421-422.
- 17) Jensen, J. R. (2015). *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*. Pearson Series in Geographic Information Science, 4th Edition.
- 18) Khorram, S., Koch, F. H., Van Der Wiele, C. F., & Nelson, S. A. (2012). *Remote Sensing*. Springer, New york.
- 19) Langley, S. K., Cheshire, H. M., & Humes, K. S. (2001). A Comparison of Single Date and Multitemporal Satellite Image Classification in a Semi-arid Grassland. *Journal of Arid Environments*, Issue. 49, pp. 401-411.
- 20) Liu, J. G., & Mason, P. J. (2009). *Essential Image Processing and GIS For Remote Sensing*. London: John Wiley & Sons Ltd, First Impression.
- 21) Monserud, R. A., & Leemans, R. (1992). Comparing Global Vegetation Maps with the Kappa Statistic. *Ecological Modelling*, Vol. 62, pp.275-293, Elsevier.
- 22) Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Wulder, M. A. (2014). Good Practices for Estimating Area and Assessing Accuracy of Land Change. *Remote Sensing of Environment* 148, pp 42-57, ELSEVIER.
- 23) Paliwal, M. C., & Katiyar, S. K. (2015). Accuracy Assessment of Land Cover / Land Use Mapping Using Medium Resolution Satellite Imagery. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 7 , July, pp 1428-1432.
- 24) Rosenfield, G. H., & Fitzpatrick, K. (1986). A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy. *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 52, No.2, pp. 223-227.
- 25) Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy Assessment of Land Use/ Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 8, 611-622.
- 26) Sreelekha, M., & Reddy, S. N. (2019). Accuracy Assessment of Supervised and Unsupervised Classification Using NOAA Data in Andhra Pradesh Region. *International Journal of Engineering Research and Technology(IJERT)*, Vol 8, Issue12 .
- 27) Warrens, M. J. (2015). Five Ways to Look at Cohen's Kappa. *Journal of Psychology & Psychotherapy*, Vol. 5, No. 4, p.p. 1- 4.

الصور الفوتوغرافية للدراسة الميدانية:

(صور ١) نماذج لعملية توقيع النقاط المرجعية ميدانيًا.



(صور ٢) مناطق صحراوية.



(صور ٣) مناطق الأودية.



(صور ٤) مناطق فئات المراكز متأخرة بمنطقة الدراسة.

نماذج لبعض تكوينات الحجر الجيري بمنطقة الدراسة



نماذج لبعض الأراضي الرطبة والمبللة بمنطقة الدراسة.



قرية الدربالي

علم الروم

نماذج لبعض المحاصيل الزراعية بمنطقة الدراسة.



محصول الشعير بالمثاني البحرية

أشجار الزيتون بسيدي براني

Evaluations of the accuracy of Satellite Images Classifications in the period 1990-2020, applied to the Northwest Coastal region of Egypt

Mr. Ahmed Fathy Abdelatif

Demonstrator, Department of Geography and Geographic Information
Systems, Faculty of Arts, Beni Suf University

Prof. Islam Abou El-Magd

Professor of Remote Sensing and the Environment – Vice-President of the
National Authority for Remote Sensing and Space Sciences

Dr. Tamer Youssef Amron

Lecturer of Physical Geography and GIS of Department of Geography
and Geographical Information Systems, Faculty of Arts, Beni Suf University

Abstract:

This study manipulates applying methods of evaluating the oriented classification of satellite visuals to track changes in land cover along the northwestern coast of Egypt between 1990 and 2020. This is done through selecting a set of random reference points for the available land categories in the study area, using it to create an (error matrix) to analyses the results by total accuracy and Kappa coefficient. Then, by using (partial evaluation) by the (user) accuracy and the (product) accuracy to determine the accuracy of the classification in general and its reliability, as well as to determine the degree of compatibility between the land cover categories found in nature and those included in the classified image outputs classified by using both GIS and remote sensing software tools.

Keywords: Land Cover, Accuracy Evaluation, Error Matrix, Overall Rating, Partial Evaluation, Kappa Coefficient, User Accuracy, Product Accuracy, Northwestern Coast of Egypt.