



مجلة التربية للعلوم الإنسانية

مجلة علمية فصلية محكمة، تصدر عن كلية التربية للعلوم الإنسانية / جامعة الموصل



تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي في قضاء دهوك باستخدام صور LandSat

و خوارزمية MLC دراسة زمنية متقاربة

عمر محمود احمد ³id

صباح حسين علي ²id

حسين علي رشيد ¹id

جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الإنسانية / قسم الجغرافية / الموصل - العراق ^{1,3}

جامعة الموصل / مركز التحسس النائي / الموصل - العراق ²

الملخص

معلومات الارشفة

تناولت الدراسة ديناميكية التغيرات في الغطاء الأرضي في عامين مختلفتين (2000 و2025) لقضاء دهوك الواقع شمال العراق، بالاعتماد على الأقمار الصناعية Landsat 7 - 9، باستخدام تقانات RS & GIS. وتم استخدام خوارزمية التصنيف بالاحتمالية العظمى (MLC) لتصنيف الغطاء الأرضي. أظهرت نتائج الدراسة تغيرات واضحة في منطقة الدراسة، إذ تبين ان هنالك انخفاضاً كبيراً في مساحات الأراضي الجرداء بمقدار (98.69 كم²) ما يمثل نسبة (-13.29%)، قابلتها زيادة في المراعي (73.67 كم²، +32.69%)، والمناطق الحضرية (17.45 كم²، +76.56%)، والأراضي الزراعية (6.76 كم²، +35.64%).

تم التحقق من دقة نتائج التصنيف أيضا باستخدام مصفوفة الخطأ التي اعتمدت على (116) عينة تدريبية و(116) عينة حقيقية للسنتين، وبلغت الدقة الكلية 89.11% لعام 2000 و95.69% لعام 2025، مع قيم معامل كابا بلغت 0.8582 و0.9421 على التوالي. وتدل قيم معامل كابا التي توصل اليها الباحثون الى وجود تطابق وتوافق قوي جدا بين كل من التصنيف الفعلي والتصنيف الناتج باستخدام النموذج، مما يدل على موثوقية خوارزمية XGBoost في تحليل الغطاء الأرضي.

تاريخ الاستلام : 2025/8/5
تاريخ المراجعة : 2025/9/1
تاريخ القبول : 2025/9/14
تاريخ النشر : 2026/1/1

الكلمات المفتاحية :

الغطاء الأرضي، استخدامات الأرض، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، قضاء دهوك

معلومات الاتصال

حسين علي رشيد

Hussein.alzoury@uomosul.edu.iq

DOI: *****, ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Analysis of Land Cover Dynamics in Duhok District Using LandSat Images and the MLC Algorithm: A Temporal Comparative Study

Hussein Ali Rasheed  ¹ **Sabah Hussein Ali**  ² **Amer Mahmoud Ahmed**  ³
University of Mosul – Collage of Education Human Sciences - Geography / Mosul - Iraq ^{1,3}
Remote Sensing Center, University of Mosul / Mosul - Iraq ²

Article information

Received : 5/8/2025
Revised 1/9/2025
Accepted : 14/9/2025
Published 1/1/2026

Keywords:

Land Cover, Land Use,
Remote Sensing,
Geographic Information
Systems (GIS), Duhok
Distric

Correspondence:

Hussein Ali Rasheed
Hussein.alzoury@uomosul.edu.iq

Abstract

The study examined the dynamics of land cover changes in Duhok District, northern Iraq, for two different years (2000 and 2025). The research relied on Landsat 7 and 9 satellite imagery, utilizing Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques. The Maximum Likelihood Classification (MLC) algorithm was employed for land cover classification. The results revealed significant changes in the study area, showing a substantial decrease in barren land by (98.69 \$km²\$), representing a rate of (-13.29%). In contrast, there was an increase in rangelands (73.67 \$km²\$, +32.69%), urban areas (17.45 \$km²\$, +76.56%), and agricultural lands (6.76 \$km²\$, +35.64%). Classification accuracy was verified using a confusion matrix based on (217) training samples and (217) ground truth samples for both years. The overall accuracy reached 89.11% for the year 2000 and 95.69% for 2025, with Kappa coefficient values of 0.8582 and 0.9421, respectively. These Kappa values indicate a very strong agreement between the actual land cover and the classification results produced by the model, confirming the reliability of the MLC algorithm in land cover analysis.

DOI: ***** , ©Authors, 2025, College of Education for Humanities University of Mosul.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

المقدمة:

تعد التغيرات في الغطاء الأرضي (Land Cover) من أبرز الظواهر الجغرافية التي تشهدها البيئات الطبيعية التي تنتج من التفاعلات المستمرة بين العوامل الطبيعية والأنشطة البشرية، ومع التوسع العمراني الكبير الذي نشهده في هذه الفترة فإن مثل هذه المواضيع تكتسب أهمية متزايدة، خصوصاً مع التغيرات المناخية وتدهور الأراضي ما يستدعي دراسة هذه التحولات بدقة وموضوعية من أجل اتخاذ القرارات الإدارية الفعالة والمستدامة.

وقبل الدخول في تفاصيل هذا البحث، لابد من التفريق بين مصطلحين هما الغطاء الأرضي (Land Cover) واستخدامات الأرض (Land Use)، إذ يعرف الغطاء الأرضي بأنه الحالة الفيزيائية لسطح الأرض كما هي، أي كما تظهر في الصور الفضائية متمثلة بالمساحات المزروعة والمناطق المبنية والترب الجرداء والمياه وغيرها من المظاهر الطبيعية والاصطناعية (Bununu, Bello, & Ahmed, 2023)، أما استخدامات الأرض (Land Use) فهي توضح الطريقة التي يستغل بها الغطاء الأرضي نفسه من قبل الإنسان وكيفية استخدامه لها، سواء كان لأغراض زراعية أو صناعية أو سكنية أو ترفيهية.... الخ (Alam, Bhat, & Maheen, 2020)، و يعد الفصل بين المفهومين أمراً بالغ الأهمية عند إجراء التحليل الجغرافي الدقيق، لاسيما عند الاعتماد على تقنيات مثل الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems – GIS).

لقد شهدت العقود الأخيرة تطوراً هائلاً في تقنيات رصد الأرض وتحليل صور الأقمار الصناعية، مما أتاح للباحثين والمهتمين بالجغرافيا والبيئة إمكانية دراسة التغيرات المكانية والزمانية بدقة عالية وبتكاليف أقل. وتعد تقنيات GIS و RS من الأدوات الرئيسية الحديثة التي ساعدت على إنتاج خرائط رقمية وتحليلات كمية للتغيرات التي تطرأ على الغطاء الأرضي، بما يساهم في دعم خطط التنمية الحضرية، والحفاظ على الموارد الطبيعية، والتقليل من المخاطر البيئية.

وفي السياق المحلي، يُعد قضاء دهوك واحداً من أهم المناطق الحيوية في إقليم كردستان العراق، لما يتميز به من تنوع طبيعي وتضاريسي، فضلاً عن تعرضه في السنوات الأخيرة لجملة من التغيرات السريعة الناتجة عن التوسع العمراني والنمو السكاني والنشاطات الاقتصادية نتيجة للزيادة السكانية وانتقال السكان من الريف ومن المحافظات الأخرى إلى قضاء دهوك وغيرها من الأسباب. وقد انعكست هذه التغيرات بشكل مباشر على أنماط الغطاء الأرضي، مما يُحتم دراسة هذه التغيرات وتوثيقها بدقة. ومن هنا برزت أهمية هذه الدراسة التي تسعى إلى تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي لقضاء دهوك لعامي (2000 – 2025) باستخدام صور الأقمار الصناعية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية.

هدف الدراسة :

تهدف الدراسة الى تصنيف علمي للتغيرات التي طرأت على الغطاء الأرضي في قضاء دهوك خلال المدة الزمنية المخصصة للدراسة، مع ابراز اهم العوامل التي ساعدت على حدوث هذه التغيرات، فضلا عن رسم خرائط وتحديد كمي لتغيرات الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة وخلال عامين مختلفتين (2000 و2025) باستخدام بيانات الأقمار الصناعية المتوفرة. وتقديم توصيات عملية قد تسهم في تحسين إدارة الموارد البيئية في المنطقة.

مشكلة البحث:

ما هي طبيعة التغيرات التي طرأت على الغطاء الأرضي في قضاء دهوك وما هي اتجاهاتها؟ وهل تتمكن تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في رصد وتفسير وتصنيف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة؟ وللتوصل لإجابات مشكلة البحث افترض الباحثون ان هنالك تغيرات واسعة في الغطاء الأرضي لقضاء دهوك وان غالبية التغير تتوجه نحو التوسع العمراني على حساب الأراضي الجرداء في المنطقة، كما يفترض الباحثون ان للتقنيات الجغرافية دورا كبيرا في رصد وتفسير الغطاءات الأرضية باستخدام تقانات Arc GIS Pro V:3.4 لتحديد الرؤية البصرية للخرائط المنتجة، وللعمل بالمعالجة الرقمية للبيانات التي تم توفيرها من الأقمار الصناعية، من اجل الوصول الى أصناف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة.

الدراسات السابقة:

1- في دراسة العزاوي (2019) حول بحيرة حميرين، استُخدم تصنيف الاحتمالية العظمى ومؤشر NDWI لرصد تغيرات الغطاء الأرضي، توصلت الدراسة الى دقة مكانية 97.44% ومعامل كابتا 0.97. وكشفت النتائج عن هيمنة الأراضي الجرداء، تليها الزراعية ثم المياه، مع تذبذب في مساحة البحيرة بفعل عوامل مناخية وبشرية.

2- أجرى (Norovsuren et al. (2019) دراسة في وادي خاندغايت بمنغوليا لرصد تغيرات الغطاء الأرضي بين 2000 و2019 باستخدام صور Landsat وتصنيف الاحتمالية العظمى، وبلغت دقة التصنيف 86.5% و89%. أظهرت النتائج سيادة الغطاء الغابي وتدهورا بنسبة 5%، وأوصت الدراسة بتحسين إدارة الغابات ومراقبتها بمشاركة المجتمع المحلي.

3- تناول (Alam et al. (2020) دراسة في وادي كشمير لتقييم تغيرات الغطاء الأرضي بين 1992 و2015 باستخدام صور Landsat وتصنيف MLC، وكشفت عن تراجع الأراضي الزراعية والمياه مقابل ازدياد المناطق المبنية بفعل التوسع الحضري، وبلغت دقة التصنيف أكثر من 87%. أوصت الدراسة بسياسات مستدامة لإدارة الأراضي.

4- قام خالد (2023) بدراسة لرصد التصحر في محافظة القادسية بين 2013 و2020 باستخدام مؤشر NDVI و CI من صور لاندسات. أظهرت النتائج انخفاض الغطاء النباتي من 32.3% إلى 17.43%، مع تصاعد واضح للتصحر، خاصة في أفضية عفك والديوانية.

5- أجريت دراسة في منطقة كوماسي الكبرى بغانا لتحليل تغيرات استخدامات الأراضي بين 1986 و2023 باستخدام صور Landsat وتصنيف احتمالية عظمى (Koranteng et al., 2023). أظهرت النتائج زيادة المناطق الحضرية من 8% إلى 41% مقابل تراجع في الغطاء الغابي. بلغت دقة التصنيف 89.16% ومعامل كابا 0.8487. أوصت الدراسة بتبني سياسات حضرية مستدامة للحد من التوسع العمراني العشوائي.

6- أجرى Kılıncarslan et al. (2024) دراسة في بحيرة أولوبات (موقع رامسار) باستخدام صور Landsat 7 و9 و GIS بين عامي 2002 و2022، وكشفت عن انخفاض مساحة البحيرة بنسبة 15.88% وزيادة في الأراضي الرطبة والمناطق الحضرية. بلغت دقة التصنيف 91.02% ومعامل كابا 0.818، مؤكدة فعالية دمج الاستشعار عن بعد و GIS لرصد التغيرات البيئية.

هناك جوانب عدة تميز هذا البحث عما سبق ذكره في الدراسات السابقة والتي تعكس اصالته وجدته، أهمها تركيز البحث في الدراسة على قضاء دهوك والذي لم يحظ بهكذا دراسة تفصيلية مماثلة معتمدة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وخلال فترة زمنية طويلة تمتد ل 25 عامًا (2000-2025).

كما أن الجمع بين صور Landsat 7 و Landsat 9 أتاح تغطية زمنية متسقة ودقة مكانية عالية، ساعدت على رصد ديناميكيات التغير البيئي بدقة. علاوةً على ذلك، فقد تم إجراء تقييم شامل لدقة التصنيف من خلال بناء مصفوفة خطأ يدويًا واستخراج الدقة الكلية (96.4%) ومعامل كابا (0.954) بشكل تفصيلي، وتوضيحها خطوة بخطوة مع ذكر المعادلات الخاصة بها، وهو ما يندر تقديمه بهذه الصورة التحليلية في الأدبيات السابقة. وبذلك، يوفر هذا البحث إضافة علمية واضحة ويسد فجوة بحثية في الجغرافيا التطبيقية لرصد التغيرات البيئية في شمال العراق.

أسلوب العمل ومنهجية الدراسة :

أولاً : منطقة الدراسة:

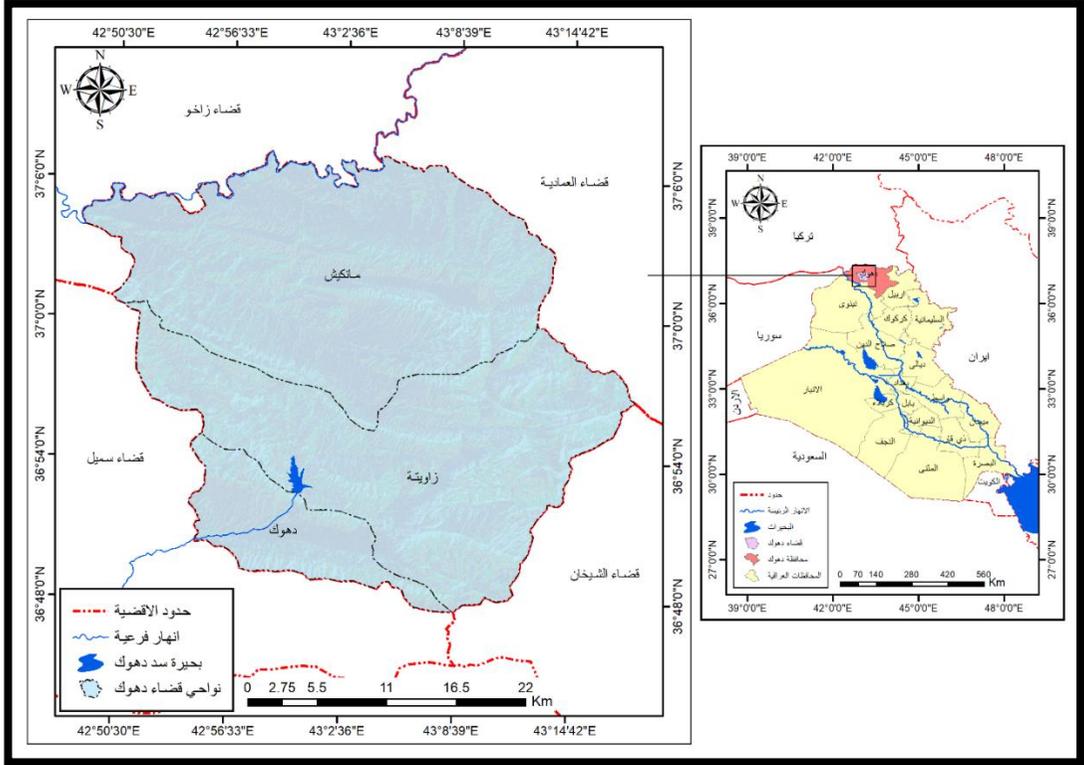
تقع منطقة الدراسة والمتمثلة بقضاء دهوك في شمال العراق تحديداً في محافظة دهوك، وتبلغ مساحتها (1010.64) كم²، وتتكون من ثلاث نواحي هي ناحية دهوك (103.11) كم² وناحية زاويته (420.29) كم² وناحية مانكيش (487.24) كم². تقع منطقة الدراسة في وسط محافظة دهوك تقريبا ويحدها من الشمال الغربي قضاء زاخو ومن الشمال الشرقي والشرق قضاء العمادية، أما من الجنوب والجنوب الشرقي فيحدها قضاء الشخان في يحين يحدها من الجزء الجنوب والجنوب الغربي والغرب قضاء سميل (الخريطة 1).

تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي في قضاء دهوك باستخدام صور LandSat ... (حسين علي وصباح حسين وعامر محمود)

اما فلكيا فتقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض ($36^{\circ} 47' 14'' - 37^{\circ} 07' 42''$) درجة شمالا وبين خطي طول ($42^{\circ} 47' 44'' - 43^{\circ} 19' 05''$) درجة شرقا.

تم تحديد الإطار الزمني لهذه الدراسة بسنتين تفصل بينهما مدة زمنية قدرها 25 سنة، وهما عام 2000 وعام 2025، وذلك بهدف تحقيق أفضل دقة ممكنة في تصنيف وتقييم الغطاء الأرضي.

الخريطة 1 : موقع منطقة الدراسة



المصدر : - حكومة إقليم كردستان العراق، وزارة التخطيط، مديرية التخطيط العمراني في محافظة دهوك، شعبة GIS
- جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، شعبة GIS، خريطة العراق الإدارية لسنة 2012
- برنامج Arc GIS Pro V:3.4

ثانيا : البيانات المستخدمة :

تم الاعتماد في هذه الدراسة على صور الأقمار الصناعية الصادرة من كل من القمر الصناعي Landsat 7 و القمر الصناعي Landsat 9، التي أطلقتها وكالة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS بالتعاون مع وكالة الفضاء الأمريكية NASA. إذ تعد بيانات لاندسات مصدرا فريدا لا غنى عنه للعاملين في كثير من

الدراسات مثل الجيولوجيا والزراعة والغابات والتخطيط الإقليمي ورسم الخرائط وابحاث التغير العالمي وغيرها من الدراسات.

يعد القمر Landsat 7 احد اهم المحطات العلمية في تاريخ رصد الأرض واطلق عام 1999م من قاعدة فاندنبرغ الجوية في الولايات المتحدة الامريكية ، القمر مزود بمستشعر مطور يعرف باسم Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)، و هو نسخة مطورة من مستشعرات Thematic Mapper التي كانت مستخدمة في Landsat 4 - 5 ، ويتم تسلمي منتجاتها كصور 8-بت تحتوي على 256 درجة رمادية ، يتيح هذا المستشعر إمكانية التصوير عبر ثمانية نطاقات طيفية ، من ضمنها الحراري ، والنطاق البنكروماتي (panchromatic) بدقة مكانية تبلغ 15 مترا ، ومعايرة اشعاعية مطلقة بنسبة 5% ، (الجدول 1)، يدور حول الأرض على ارتفاع 705 كم في مدار يتزامن مع الشمس وقريب من القطبي ويتم دورة كاملة حول الأرض كل 99 دقيقة بمقدار دورة تكرر مدتها 16 يوما ، وتم إيقاف مهام القمر Landsat 7 نهائيا في حزيران 2025 (U.S. Geological Survey, n.d.)

الجدول 1 : النطاقات الطيفية للقمر الصناعي Landsat 7

رقم النطاق	اسم النطاق	الطول الموجي (ميكرومتر)	الدقة المكانية (متر)
Band 1	Blue	0.45 - 0.52	30
Band 2	Green	0.52 - 0.60	30
Band 3	Red	0.63 - 0.69	30
Band 4	Near-Infrared (NIR)	0.77 - 0.90	30
Band 5	Short-wave Infrared	1.55 - 1.75	30
Band 6	Thermal Infrared	10.40 - 12.50	60
Band 7	Mid-Infrared	2.08 - 2.35	30
Band 8	Panchromatic (PAN)	0.52 - 0.90	15

المصدر: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>

اما القمر Landsat 9 فيعد ثمرة شراكة بين هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء NASA ، تم اطلاق القمر في سبتمبر 2021 من قاعدة فاندنبرغ التابعة لقوة الفضاء في كاليفورنيا ، يحمل على متنه جهازين الأول هو جهاز التصوير التشغيلي للأرض (OLI) والذي يقوم بالنقاط مشاهد لسطح الأرض ضمن نطاقات الضوء المرئي، وتحت الأحمر القريب، وتحت الأحمر القصير الموجة، ويوفر تسعة نطاقات طيفية مع دقة مكانية تبلغ 30مترا لمعظم النطاقات باستثناء النطاق البنكروماتي الذي تبلغ

تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي في قضاء دهوك باستخدام صور LandSat ... (حسين علي وصباح حسين وعامر محمود)

دقته 15 متراً (الجدول 2) ، والثاني هو جهاز الاستشعار الحراري بالأشعة تحت الحمراء (TIRS) الذي يقيس لإشعاع الحراري (الحرارة) المنبعث من سطح الأرض ، يستطيع القمر الصناعي Landsat 9 جمع ما يصل إلى 750 مشهداً يومياً ، ويتم تسليم منتجات القمر كصور 14-بت والتي تحتوي على 16384 درجة من كل طول موجي فضلاً عن قدرته على تقليل التشويش الضوئي (Stray Light)، مما يُحسّن التصحيح الجوي ودقة قياس درجة حرارة سطح الأرض (U.S. Geological Survey, 2025)

الجدول 2 النطاقات الطيفية للقمر الصناعي Landsat 9

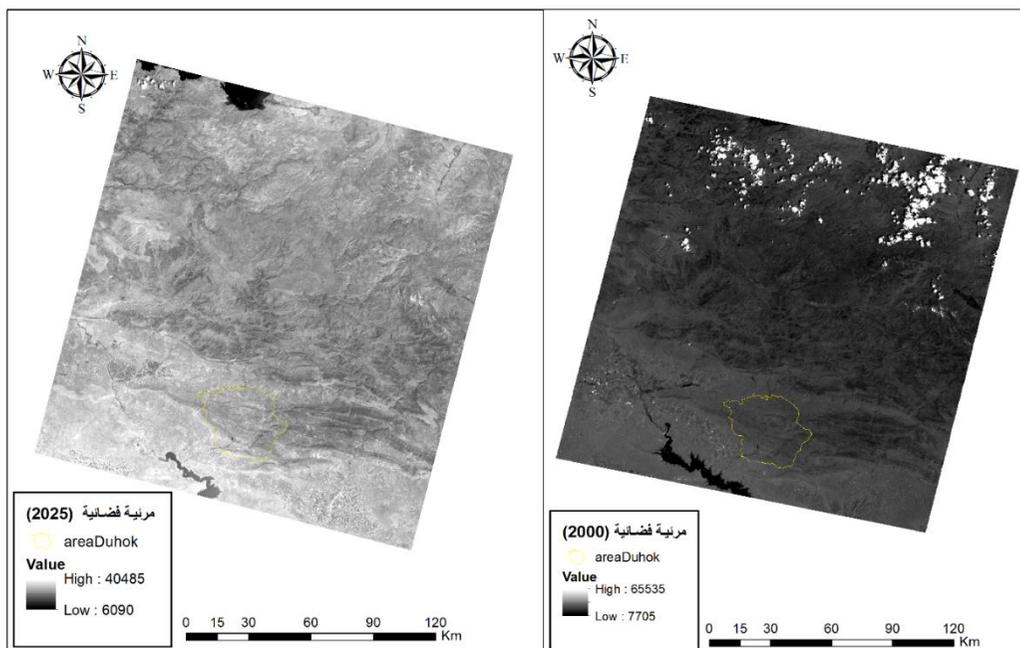
رقم النطاق	اسم النطاق	الطول الموجي (ميكرومتر)	الدقة المكانية (متر)
Band 1	Aerosol	0.43 - 0.45	30 متر
Band 2	Blue	0.450 - 0.51	30 متر
Band 3	Green	0.53 - 0.59	30 متر
Band 4	Red	0.64 - 0.67	30 متر
Band 5	Near-Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30 متر
Band 6	SWIR 1	1.57 - 1.65	30 متر
Band 7	SWIR 2	2.11 - 2.29	30 متر
Band 8	PAN Panchromatic	0.50 - 0.68	15 متر
Band 9	Cirrus	1.36 - 1.38	30 متر

المصدر : <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>

ثالثاً : المنهجية (Methodology) :

اتبع الباحثون في هذه الدراسة على المنهج الوصفي لوصف تصنيف الغطاء الأرضي فضلاً عن التحليل الكمي باستخدام التقانات الحديثة للوقوف على أصناف الغطاء الأرضي في قضاء دهوك وللمدة بين عامين (2000 و2025). و لمراقبة تغيرات الغطاء الأرضي من الضروري امتلاك بيانات لفترتين زمنيتين على الأقل لإجراء المقارنة ، تعتمد منهجية الاستشعار عن بعد عادة على استخدام صور الأقمار الصناعية بتاريخين أو أكثر لتقدير تغيرات الغطاء الأرضي في منطقة معينة (Alam, Bhat, & Maheen, 2020) وعليه فقد اعتمد الباحثون في الدراسة على صور الأقمار الصناعية من موقع هيئة المسح الجيولوجي الأمريكي USGS ، إذ تم اختيار مرئية فضائية من القمر الصناعي Landsat 7 بتاريخ (2000/6/26) و مرئية فضائية من القمر الصناعي Landsat 9 بتاريخ (2025/7/17) (الخريطة 2 ، الجدول 3) .

الخريطة 2 : المرئيات المستخدمة في الدراسة



بالاعتماد على برنامج Arc GIS Pro V:3.4

الجدول 3: خصائص المرئيات المستخدمة في الدراسة

نظام الإحداثيات	الدقة المكانية	Path	Row	التاريخ	المستشعر	القمر الصناعي
WGS84 UTM Zone 38N	30م	170	34	17/7/2025	OLI/TIRS	Landsat 9
WGS84 UTM Zone 38N	30م	170	34	26/6/2000	ETM+	Landsat 7

المصدر : الميتا داتا الخاصة بالمرئيات (2000 و 2025) والمحملة من الرابط الاتي:

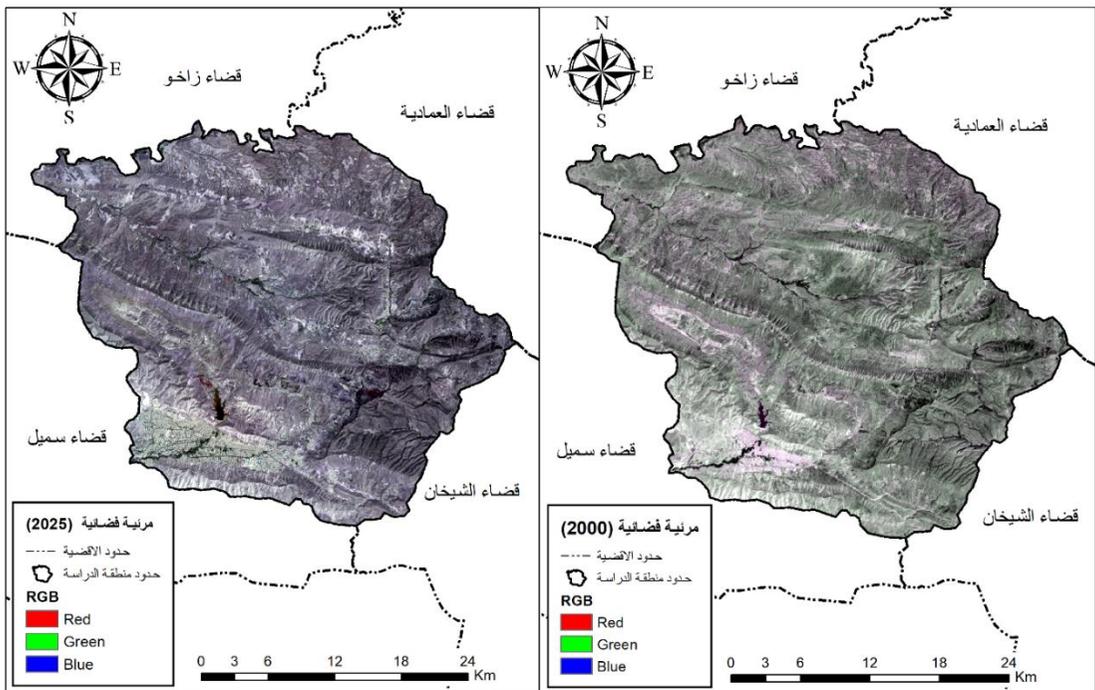
<https://earthexplorer.usgs.gov/>

تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي في قضاء دهوك باستخدام صور LandSat ... (حسين علي وصباح حسين وعامر محمود)

هناك العديد من تقانات نظم المعلومات الجغرافية المتخصصة في تصنيف الصور الفضائية منها ArcGIS و ENVI و ERDAS وغيرها من البرامج التي تتمتع بالدقة العالية والكفاءة في التصنيف ، تم الاعتماد على برنامج Arc GIS Pro V:3.4 في اعداد خرائط وتصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة باستخدام أداة التصنيف الاحتمالي الأقصى (Maximum Likelihood Classification -MLC) لتصنيف مشاهد المرئيتين الى فئات رئيسة للغطاء الأرضي ، وتهدف هذه المنهجية الى انتاج الخرائط الرقمية الدقيقة التي تعكس اهم التغيرات التي طرأت خلال المدة الزمنية المحددة على أنماط الغطاء الأرضي ، وتقديم تقييم وتفسير مكاني وزماني لاهم التغيرات الحاصلة فيها .

بعد اختيار الأرقام المراد تنزيل المرئيات منها، وتحديد التواريخ المطلوبة لإجراء الدراسة، يتم اختيار المشهد الأفضل، والذي يُفضّل أن يكون خاليًا من الغيوم لتفادي أي خطأ أثناء تنفيذ عملية التصنيف. تُدرج المرئيات في بيئة برنامج Arc GIS Pro V:3.4، ثم يتم اختيار الباندات (Bands) المناسبة للعمل. بعد ذلك، تُنفذ عملية الدمج (Composite Bands tool) للنطاقات الطيفية، تليها عملية الاستقطاع لمنطقة الدراسة باستخدام أداة Clip، بهدف تقليص الصور المدمجة لتشمل فقط منطقة الدراسة (الخريطة 3).

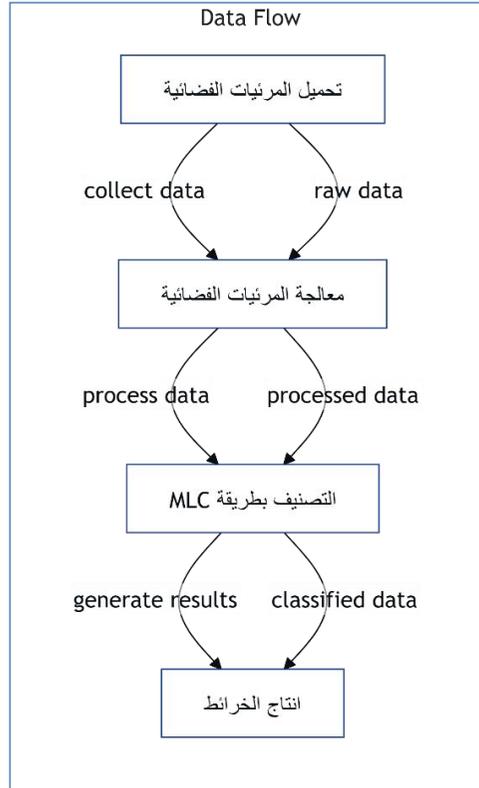
الخريطة 3 : مرئيات فضائية



بالاعتماد على برنامج Arc GIS Pro V:3.4 ومرئيتين فضائية بتاريخ (2000 و 2025)

وبعد تجهيز بيئة العمل بالكامل وفق الخطوات السابقة، يتم تصنيف المرئية باستخدام خوارزمية MLC (Maximum Likelihood Classification)، إذ تُقسّم الصورة على فئات عدة وفقاً لنمط الغطاء الأرضي السائد في منطقة الدراسة (الشكل 1).

الشكل 1 : مخطط خطوات الدراسة



التصنيف باستخدام الاحتمالية العظمى (Maximum Likelihood Classification – MLC)

يعتبر التصنيف الموجه (Supervised Classification) هو أسلوب يعتمد على تدخل المستخدم، إذ يتم اختيار مواقع تدريبية كمراجع للتصنيف (Campbell, WYNNE, 1996) وهناك العديد من الطرق التي تُستخدم في التصنيف الموجه مثل:

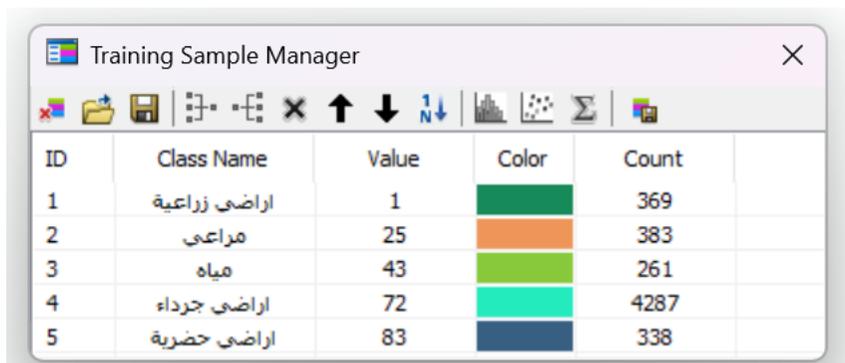
- تصنيف متوازي السطوح (Parallelepiped)
- أقرب جار (K-Nearest Neighbor)
- تصنيف المسافة الدنيا (Minimum Distance) ، وغيرها

في هذه الدراسة، تم اعتماد خوارزمية الاحتمال الأعظمي (Maximum Likelihood Classifier) ، وهي من أكثر الطرق استخداماً لتصنيف الغطاء الأرضي وواحدة من أهم الأساليب الإحصائية التي تستند الى أساس نظري متين، إذ ان من السهل انشاء دالة التمييز للفئات بالاعتماد على التوزيع الطبيعي، تقوم فكرة التصنيف باستخدام الاحتمالية العظمى على أساس الجمع بين المتوسط والتباين والتغاير لكل فئة ضمن كل حزمة طيفية. في هذا التصنيف يتم استخراج المتوسط والتباين للفئات المراد العمل عليها من خلال تحليل المشهد من المرئية الفضائية، ثم يتم تكوين دالة تصنيف، لتقارن بعدها القيم الناتجة لكل بكسل في الصورة المصنفة مع الدوال، وتسدن البكسلات الى الفئة التي تحقق اعلى قيمة. (Liang, Cheng, Zhang, 2020)، ويمكن تلخيص مراحل التصنيف الأساسية الى الاتي:

- 1- تحديد منطقة الدراسة المراد تصنيفها او الخصائص الطيفية المستخدمة.
- 2- اختيار منطقة تدريبية (عينات) مناسبة بناءً على خصائص السطح الظاهر في المشهد من المرئية الفضائية
- 3- حساب المعلمات اللازمة، مثل الاحتمالات القبلية باستخدام بيانات منطقة التدريب (العينة)
- 4- تنفيذ عملية التصنيف من خلال ادخال بيانات كل بكسل في دوال التصنيف المختلفة ومقارنة النتائج
- 5- انتاج خريطة تصنيفية تمثل كل فئة بقيمة رقمية محددة وازافة ألوان لتمييزها بصرياً.
- 6- عند وجود أخطاء في عملية التصنيف، تتم إعادة اختيار العينات وتكرار الخطوات السابقة الى الوصول الى نتيجة مرضية.
- 7- يمكن بناء مصفوفة الخطأ بعد الانتهاء من الخطوات السابقة لمعرفة دقة النتائج التي يتم استنتاجها من التصنيف

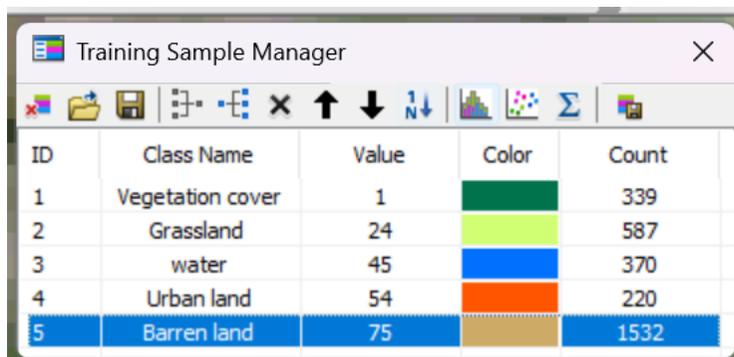
تم تطبيق أسلوب التصنيف الاشرافي الخاضع باستخدام الأداة MLC على صور الأقمار الصناعية التي تم تحميلها من موقع هيئة المسح الجيولوجي باستخدام برنامج Arc GIS Pro V:3.4، وتم اختيار خمس بصمات طيفية رئيسية كما ذكرنا سابقاً (المناطق الحضرية، الأراضي الزراعية، الأراضي الجرداء، المسطحات المائية، المراعي والاعشاب القصيرة)، وتم اختيار (217) عينة تدريبية للفئات المذكورة انفا (الشكل 2 - 3) و(الخريطة رقم 4) توضح الغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة بعد تطبيق طريقة التصنيف الاحتمالي الاعظمي.

الشكل 2 : عينات التدريب لسنة 2000



ID	Class Name	Value	Color	Count
1	اراضي زراعية	1	Green	369
2	مراعي	25	Orange	383
3	مياه	43	Light Green	261
4	اراضي جرداء	72	Cyan	4287
5	اراضي حضرية	83	Dark Blue	338

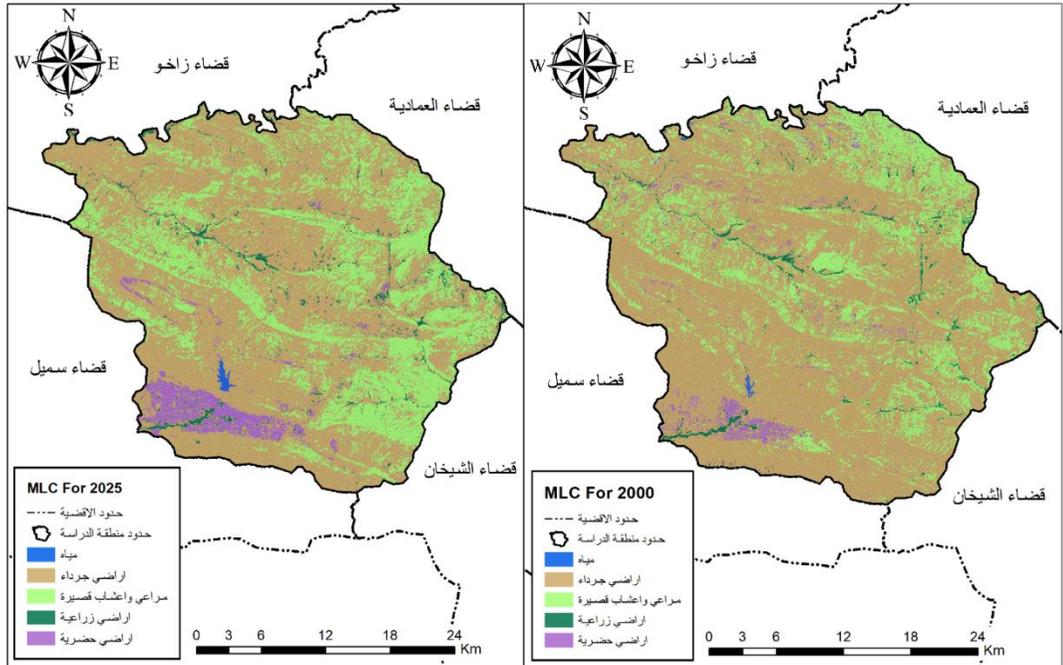
الشكل 3 : عينات التدريب لسنة 2025



ID	Class Name	Value	Color	Count
1	Vegetation cover	1	Green	339
2	Grassland	24	Light Green	587
3	water	45	Blue	370
4	Urban land	54	Orange	220
5	Barren land	75	Brown	1532

بالاعتماد على برنامج Arc GIS Pro V:3.4

الخريطة 4: تصنيف الغطاء الأرضي للسنوات 2000 و2025 لمنطقة الدراسة



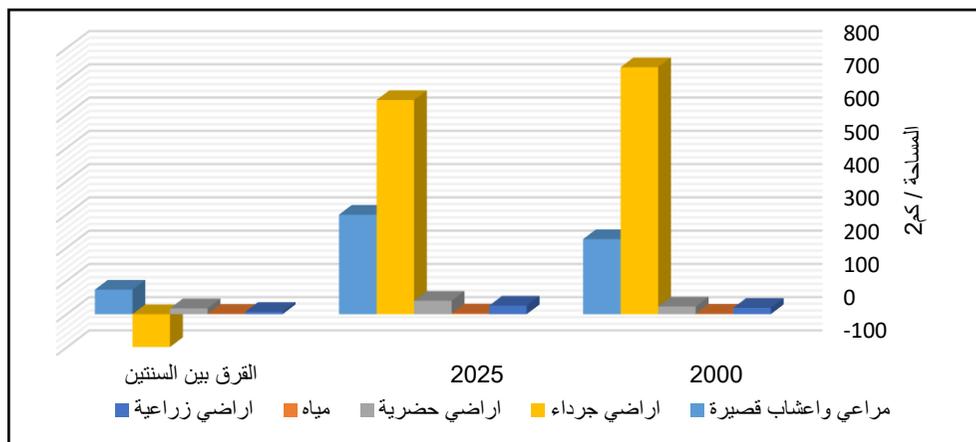
بالاعتماد على برنامج Arc GIS Pro V:3.4 و مرئيتين فضائية بتاريخ (2000 و 2025)

الجدول 4. التغيرات في المساحة والنسبة المئوية لفئات الغطاء الأرضي بين عامي 2000 و2025

الفرق / %	الفرق / كم ²	2025		2000		الغطاء الأرضي
		نسبة %	كم ²	نسبة %	كم ²	
35.64	6.76	2.54	25.71	1.88	18.96	أراضي زراعية
72.57	0.82	0.19	1.95	0.11	1.13	مياه
76.56	17.45	3.98	40.24	2.25	22.79	أراضي حضرية
13.29-	-98.70	63.69	643.69	73.46	742.39	أراضي جرداء
32.69	73.67	29.59	299.04	22.30	225.37	مراعي وأعشاب قصيرة
		100	1010.64	100	1010.64	المجموع

بالاعتماد على الخريطة رقم 4

الشكل 4 : التغيرات في المساحة لسنوات الدراسة والفرق بينهما



بالاعتماد على الجدول رقم 4

بعد الانتهاء من التصنيف بشكل كامل وإنتاج الخرائط النهائية تم عمل مصفوفة الخطأ (Confusion Matrix) للسنوات (2000 و 2025) (الجدول 5+6) لتقييم دقة التصنيف، إذ تقارن هذه المصفوفة بنتائج التصنيف مع بيانات التحقق أو العينات الحقيقية أو نقاط الإسناد المرجعية. إذ تحسب من خلالها الدقة الكلية ودقة المستخدم ودقة المنتج ومعامل كابا، وتهدف هذه الخطوة إلى تقييم مدى موثوقية كل طريقة تصنيف في تمثيل فئات الغطاء الأرضي بدقة (Aroonsri , 2025).

الجدول 5: مصفوفة الخطأ لتقييم الغطاء الأرضي لعام 2000

مجموع عينات التدريب	أراضي جرداء	أراضي حضرية	مراعي واعشاب	أراضي زراعية	مياه	نوع الغطاء
7	0	0	0	0	7	مياه
30	0	1	1	28	0	أراضي زراعية
25	2	0	22	1	0	مراعي واعشاب
22	0	22	0	0	0	أراضي حضرية
26	25	1	0	0	0	أراضي جرداء
116	27	24	23	29	7	مجموع عينات الحقيقة

الجدول 6: مصفوفة الخطأ لقيم الغطاء الأرضي لعام 2025

مجموع عينات التدريب	أراضي جرداء	أراضي حضرية	مراعي واعشاب	أراضي زراعية	مياه	نوع الغطاء الارضي
10	0	1	0	0	9	مياه
23	0	0	0	23	0	اراضي زراعية
16	0	0	16	0	0	اراضي واعشاب
19	0	19	0	0	0	اراضي حضرية
48	44	0	4	0	0	اراضي جرداء
116	44	20	20	23	9	مجموع عينات الحقيقة

ولحساب الدقة الكلية، (Overall Accuracy) والتي يمكن تعريفها على انها درجة التطابق بين الملاحظة والواقع وغالبا ما تعبر عنها كنسبة مئوية (Thien & Phuong, 2024) تم استخدام المعادلة الآتية:

$$\text{الدقة الكلية} = \frac{\text{مجموع القيم القطرية}}{\text{مجموع العينات الكلي}} * 100$$

بلغ عدد العينات المصنفة بشكل صحيح 111 عينة من اصل 116 عينة لعام 2025 ، اما عدد العينات المصنفة لعام 2000 فقد بلغت 104 عينة صحيحة من اصل 116 عينة ، وتطبيق المعادلة أعلاه بلغت قيمة الدقة الكلية (89.65%) لعام 2000 يقابلها (95.69%) لعام 2025 (الجدول 7)، اما قيمة الاتفاق المتوقع (Expected Agreement – Pe) فبلغت (23.17%) في عام 2000 وقابلها (25.50%) لعام 2025 ، وبعد معرفة المعطيات أعلاه يمكن التنبؤ بقيمة معامل كابا (Kappa Coefficient) والذي يتم استخدامه لمعرفة وتقدير قوة الاتفاق بين التصنيف الفعلي والمصنف مع الاخذ بنظر الاعتبار التوقع العشوائي (Thien & Phuong, 2024) ، ويتم حسابه بالمعادلة الآتية :

$$\text{معامل كابا} = \frac{\text{Pe} - \text{oP}}{\text{Pe} - 1}$$

اذ ان: $\text{Po} = \text{الدقة الكلية}$

$\text{Pe} = \text{الاتفاق المتوقع الناتج عن الصدفة ويحسب من خلال:}$

$$\text{الاتفاق المتوقع} = \frac{\sum(\text{R} * \text{C})}{\text{N}^2}$$

اذ ان: $\text{R} = \text{مجموع صف الفئة} - \text{C} = \text{مجموع عمود الفئة} - \text{N} = \text{العدد الكلي للعينات}$

وبعد تطبيق المعادلات أعلاه توصل الباحثون الى ان معامل كبا قد بلغ (0.8582) لعام 2000، اما في عام 2025 فقد بلغ معامل كبا (0.9421)، وهذا يشير الى اتفاق قوي جدا بين التصنيف الفعلي (الحقيقي) وبين التصنيف الناتج باعتماد أسلوب MLC لكلا العامين، تبين هذه النتيجة كفاءة النموذج في التمييز بين الفئات المختلفة للغطاء الأرضي بدقة عالية.

الجدول 7: دقة النتائج لعينات التدريب (المستخدم) وعينات التدريب الحقيقية (المنتج) لسنوات الدراسة

نوع العينة (الفئة)	دقة عينات التدريب (2000)	دقة العينات الحقيقية (2000)	دقة عينات التدريب (2025)	دقة العينات الحقيقية (2025)
مياه	100%	100%	90.00%	100%
أراضي زراعية	93.33%	96.55%	100%	100%
مراعي وأعشاب	88.00%	95.65%	100%	80.00%
أراضي حضرية	100%	91.67%	100%	95.00%
أراضي جرداء	96.15%	92.59%	91.67%	100%

النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

من الخريطة (4) و (الجدول 4) و(الشكل 4) نجد ان النتائج تشير الى تحولات مكانية واضحة في الغطاء الأرضي في قضاء دهوك ، اذ يبين الجدول انخفاضا حادا في مساحة الأراضي الجرداء اذ بلغت نسبتها (73.46%) من المساحة الكلية في عام 2000 اما في عام 2025 فنجد انها انخفضت الى 63.69% أي انخفضت حوالي 98.70 كم² بنسبة 13.29- % ، ويعد هذا الانخفاض المصدر الرئيس الإيجابي للتحولات المسجلة في الفئات الأخرى ، في المقابل شهدت المراعي والاعشاب القصيرة الزيادة الأكبر في المساحة ما بين عامي الدراسة اذ ارتفعت من 225.37 كم² الى 299.04 كم² بنسبة 32.69% ، يعكس هذا النمو تحسنا في الغطاء النباتي الطبيعي ، اما في ما يخص الأراضي الحضرية فقد سجلت زيادة في مساحتها أيضا حيث زادت من 22.79 كم² في عام 2000 الى 40.24 كم² ممثلا بما نسبته 76.56% في عام 2025 ، وهذا مؤشر واضح على التوسع العمراني نتيجة التزايد السكاني والهجرة من المحافظات الأخرى إليها ، فيما يتعلق بالأراضي

تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي في قضاء دهوك باستخدام صور LandSat ... (حسين علي وصباح حسين وعامر محمود)

الزراعية فقد شهدت هي الأخرى نموًا من 18.96 كم² إلى 25.71 كم² بنسبة 35.64% ، أما المسطحات المائية فلا يمكننا الجزم بأرقام واضحة كونها تتأثر بالظروف المناخية الموسمية والسنوية وعند المقارنة بين السنتين نجد أن هنالك زيادة في المسطحات المائية بلغت (0.82 كم²) بنسبة 72.57% ويعد هذا تحسناً قد يرتبط بإعادة تأهيل بعض المجاري المائية أو السدود المحلية أو ربما بتأثيرات مناخية موسمية .

الخلاصة والاستنتاجات:

تم تنفيذ هذه الدراسة في قضاء دهوك شمال العراق، واستخدمت فيها صور الأقمار الصناعية Landsat 9 - 7، واعتمدت في التصنيف والمعالجة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS لرصد التغيرات الحاصلة في الغطاء الأرضي بين عامي 2000 و 2025 باستخدام خوارزمية التصنيف الاحتمالي الاعظمي MLC، تم تصنيف الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة إلى خمسة أنواع رئيسية وهي الأراضي الزراعية والمناطق الحضرية والمياه والأراضي الجرداء والمراعي والأعشاب القصيرة.

أظهرت النتائج في هذه الدراسة تغيرات بارزة خلال عامي الدراسة، إذ زادت مساحة المناطق الحضرية بمقدار (17.45 كم²)، والأراضي الزراعية بمقدار (6.76 كم²)، والمراعي بمقدار (73.67 كم²)، بينما انخفضت مساحة الأراضي الجرداء بشكل ملحوظ بمقدار (98.70 كم²).

أما فيما يخص دقة التصنيف فقد بلغت الدقة الكلية للتصنيف (89.11%) لعام 2000 يقابلها (95.69%) لعام 2025، أما قيمة الاتفاق فبلغت (23.17%) في عام 2000 وقابلها (25.50%) لعام 2025، توصل الباحثون أيضاً إلى قيمة معامل كابتا والتي بلغت (0.8582) لعام 2000، أما في عام 2025 فقد بلغ معامل كابتا (0.9421)، وهذه القيم تشير إلى درجة عالية من الاتفاق بين نتائج التصنيف باعتماد طريقة MLC وبين البيانات الحقيقية، وهذا يعكس درجة عالية من الموثوقية في الخوارزمية المستخدمة. إن ارتفاع قيمة معامل كابتا يعد من المؤشرات الإحصائية المهمة في تقويم جودة التصنيف المستخرج، إذ كلما يساعد في التقليل من تأثير التصنيف العشوائي، ويعطي ثقة أكبر في استخدام النتائج لدعم قرارات التخطيط البيئي والإقليمي.

References

- ❖ Aroonsri, I. (2025). Comparative analysis of land use classification accuracy using maximum likelihood classification (MLC) and spectral angle mapping (SAM) methods. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 16(1), 21. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v16i1.7163>
- ❖ Thien, B. B., & Phuong, V. T. (2024). Multi-temporal analysis of land use and land cover change detection in Binh Duong province, Vietnam using geospatial techniques. *Advances in Geodesy and Geoinformation*, 73(2), Article e54. <https://doi.org/10.24425/agg.2024.150683>
- ❖ Kılınçarslan, E., Gencal, B., & Taş, İ. (2024). Assessing Two Decades of Land Use/Land Cover Changes in the Uluabat Lake Ramsar Site using Multi-Temporal Satellite Imagery. *European Journal of Forest Engineering*, 10(2), 100-111. <https://doi.org/10.33904/ejfe.1318353>
- ❖ Bununu, Y.A., Bello, A. & Ahmed, A. Land cover, land use, climate change and food security. *Sustain Earth Reviews* 6, 16 (2023). <https://doi.org/10.1186/s42055-023-00065-4>
- ❖ Koranteng, A., Adu-Poku, I., Frimpong, B. F., Asamoah, J. N., Agyei, J., & Zawila-Niedźwiecki, T. (2023). Urbanization and other land use land cover change assessment in the Greater Kumasi Area of Ghana. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11(5), 363–383. <https://doi.org/10.4236/gep.2023.115022>
- ❖ Liang, S., Cheng, J., & Zhang, J. (2020). Maximum Likelihood Classification of Soil Remote Sensing Image Based on Deep Learning. *Earth Sciences Research Journal*, Vol. 24, No. 3 (September, 2020). <https://doi.org/10.15446/esrj.v24n3.89750>
- ❖ Alam, A., Bhat, M. S., & Maheen, M. (2020). Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. *GeoJournal*, 85(6), 1529–1543. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10037-x>
- ❖ Alam, A., Bhat, M.S. & Maheen, M. Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. *GeoJournal* 85, 1529–1543 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10037-xn>
- ❖ Al-Azzawi, T. M. F. (2019). Integration approach of remote sensing and GIS to detect land use / land cover change dynamics in Himreen Lake and surrounding area. *Al-Adab Journal*, (130), 111–128. <https://doi.org/10.31973/aj.v1i130.646>

- ❖ Norovsuren, B., Tseveen, B., Batomunkuev, V., Renchin, T., Natsagdorj, E., Yangiv, A., & Mart, Z. (2019). Land cover classification using maximum likelihood method (2000 and 2019) at Khandgait valley in Mongolia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 381(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012054>
- ❖ Campbell, J. B ; RANDOLPH H. WYNNE . (1996). Introduction to remote sensing (2nd ed.). London: Taylor and Francis.
- ❖ U.S. Geological Survey. (2025). Landsat 9. U.S. Department of the Interior. Retrieved August 2, from <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-9>
- ❖ U.S. Geological Survey. (n.d.). Landsat 7. U.S. Department of the Interior. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>