Journal of Education for Humanities

A peer-reviewed quarterly scientific journal issued by College of Education for Humanities / University of Mosul

Comparison of Traditional Mathematical Methods and Artificial Intelligence in Land Cover Classification from Satellite Imagery: Mosul District as a Case Study

Abdi Hassan Abdi Saif Eldin[1] **Omar Abdullah Ismaeel** [2]

University of Mosul / College of Education For Humanities / Department of Geography / Mosul / Iraq [1, 2]

Article information

Received : 15/12/2024

Accepted : 15/2/2025

Published 10/7/2025

Keywords

Supervised Classification, Artificial Intelligence, Land Cover, Satellite Imagery, Remote Sensing

Correspondence:

Omar Abdullah Ismaeel

omar.a.ismaeel@uomosul.edu.iq

Abstract

The study addresses the issue of varying results in supervised land cover classification methods due to the diversity of statistical techniques employed. It aims to compare these methods to identify the optimal approach for land cover classification in the Mosul district. The research utilized satellite imagery from Landsat 8, with its spectral properties enhanced using ENVI 5.3 software, and applied the Anderson classification system for satellite imagery due to its compatibility.

Pre- and post-processing steps were performed on the imagery, including radiometric and atmospheric corrections and contrast enhancement. A GPS device was used to determine the locations of field training samples, leading to the identification of five land cover classes.

The study compared traditional classification methods with artificial intelligence techniques, including artificial neural networks and support vector machines (SVM). Results were analyzed using ENVI 5.3 and ArcGIS Desktop 10.8 software.

The findings revealed that the support vector machine method achieved the highest accuracy in classifying Landsat 8 imagery, outperforming the maximum likelihood method, which ranked second. Although artificial neural networks, a form of artificial intelligence, were employed, they ranked third in performance.

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/).

مقارنة الطرائق الرياضية التقليدية بالذكاء الاصطناعي في تصنيف الغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية: قضاء الموصل انموذجا

عبدي حسن عبدي سيف الدين[١] **عمر عبدالله اسماعيل** [٢]

جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم الانسانية / قسم الجغرافيا / الموصل / العراق [١، ٢]

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام : ٢٠٢٤/١٢/١٥

تاريخ القبول : ٢٠٢٥/٢/١٥

تاريخ النشر : ٢٠٢٥/٧/١٠

الكلمات المفتاحية :

التصنيف الموجه، الذكاء الاصطناعي، الغطاء الارضي، المرئيات الفضائية، الاستشعار عن بعد

معلومات الاتصال

عمر عبدالله اسماعيل

omar.a.ismaeel@uomosul.edu.iq

الملخص

تناول البحث مشكلة اختلاف نتائج طرائق التصنيف الموجه للغطاء الأرضي نتيجة لتعدد الطرائق الإحصائية المستخدمة. وهدف إلى مقارنة هذه الطرائق لتحديد الأسلوب الأمثل لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل. استخدم البحث مرئية فضائية من القمر الصناعي Landsat 8 ، وتم تحسين خصائصها الطيفية باستخدام برمجية ENVI 5.3 ، مع تطبيق نظام أندرسون في تصنيف المرئيات الفضائية لتوافقه معها.

تم إجراء المعالجات الأولية واللاحقة على المرئية، بما في ذلك التصحيح الإشعاعي والجوي وتحسين التباين، إلى جانب استخدام جهاز GPS لتحديد مواقع عينات التدريب الميدانية، مما أسفر عن تحديد خمسة أصناف من الغطاء الأرضي.

شمل البحث مقارنة بين طرائق التصنيف التقليدية والذكاء الاصطناعي، بما في ذلك الشبكات العصبية الاصطناعية وآلة المتجهات الداعمة (SVM) ، مع تحليل النتائج باستخدام برمجيتي ENVI 5.3 و ArcGIS desktop 10.8.

أظهرت النتائج أن طريقة آلة المتجهات الداعمة هي الأكثر دقة في تصنيف مرئيةLandsat 8 ، متفوقة على طريقة الاحتمالية العظمى التي جاءت في المرتبة الثانية. أما طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية، ورغم كونها من تقنيات الذكاء الاصطناعي، فقد جاءت في المرتبة الثالثة .

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 نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد من التقنيات الجغرافية المعاصرة التي استعملت في تصنيف الغطاء الأرضي، ونجد أن الجغرافيا لم تعد مجرد علم المكان بل إعادة تنظيم المكان من خلال تصنيف الظاهرات وتحليل البنية المكانية ومعرفة النظام الذي حكمها، إذ أدى التقدم التكنولوجي في مجال مراقبة الأرض واستعمال بيانات الأقمار الاصطناعية وتطور برمجيات الحاسوب إلى ظهور مفهوم يركز على التصنيف الرقمي والذي بدوره يركز على المزج في التحليل الجغرافي بين الاحصاءات ودمجها بالصور الفضائية لغرض توثيق المتغيرات الجغرافية من حيث الجانب الإحصائي والمكاني .

تعد طرائق التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية بمثابة حجر الزاوية للكثير من الدراسات الجغرافية، لذلك فإن عملية المقارنة بين تلك الطرائق سوف تتيح للباحث الجغرافي اختيار طريقة التصنيف المناسبة بالاعتماد على نوع الدراسة التي يتم تطبيقها.

تكمن مشكلة البحث في تعدد طرائق التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية التي يمكن أن يعُتمد عليها في مجال الابحاث الجغرافية، لذلك تنطلق المشكلة من التساؤل الاتي-:

(ماهي أفضل طريقة تصنيف موجه يمكن الاعتماد عليها في تقديم وثيقة مكانية على هيئة خريطة للغطاء الأرضي في قضاء الموصل؟)

تنطلق فرضية البحث من إمكانية الوصول الى أفضل تصنيف للغطاء الأرضي ذات موثوقية إحصائية عالية، اعتمادا على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

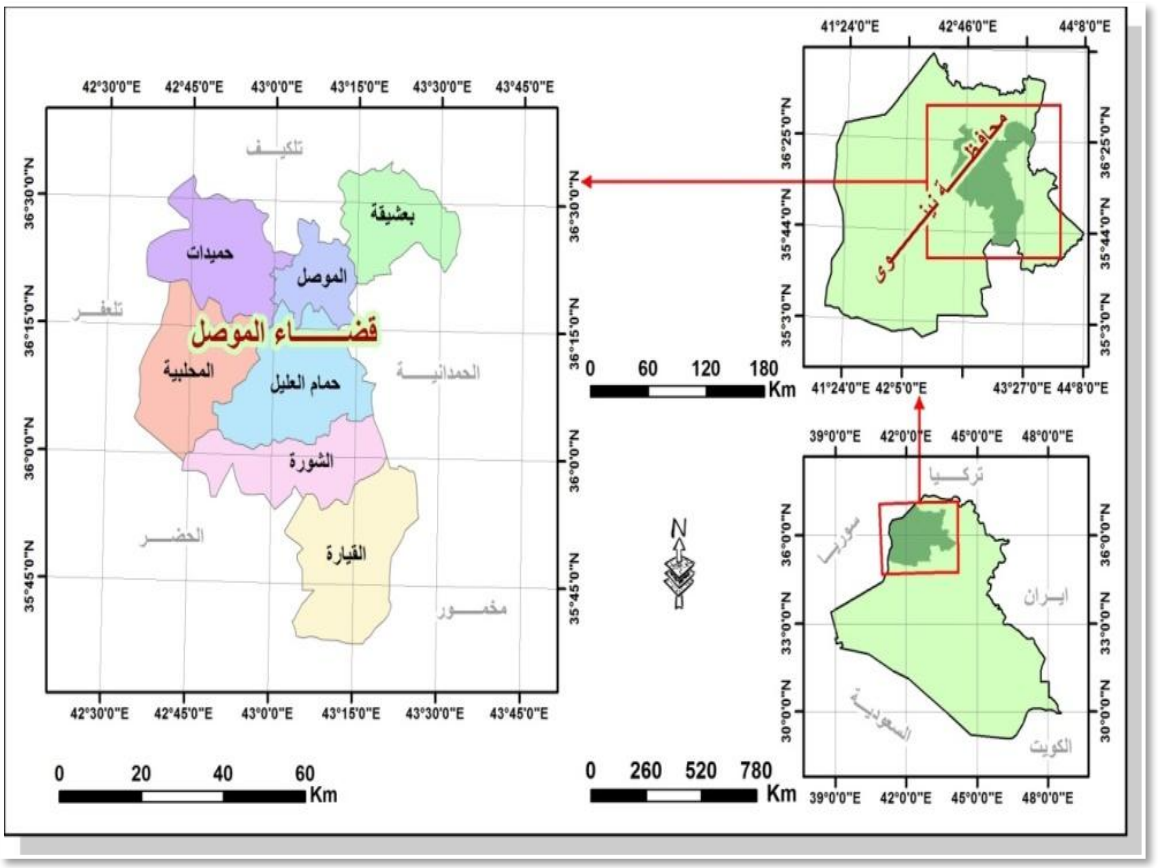
وبذلك ينصب هدف البحث نحو مقارنة طرائق احصائية في التصنيف الموجه من أجل الوصول الى أفضل تصنيف للغطاء الأرضي في قضاء الموصل، محكوم على موثوقيته احصائيا.

اعتمد البحث على المنهج العلمي التجريبي ابتداءً من اعداد المرئيات ورصد عينات التدريب من الزيارة الميدانية، مرورا بمعالجة المرئية الفضائية المستخدمة من الاخطاء للشروع بعملية التصنيف الموجه وانتهاءً بتقييم دقة تصنيف الغطاء الأرضي على وفق الطرائق المعتمدة للخروج بأفضل خريطة لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل.

١- منطقة الدراسة

يقع قضاء الموصل التابع لمحافظة نينوى في وسط المحافظة باتجاه الشرق، إذ يمتد القضاء بين دائرتي عرض (ˊ56 ˚37 ˚35 وˊ24 ˚34 ˚36) شمالاً، وخطي طول (ˊ39 ˚34 ˚42 وˊ51 ˚33 ˚43) شرقاً، يحده من الغرب قضائي تلعفر والحضر ومن جهة الشرق قضاء الحمدانية ومن جهة الشمال قضاء تلكيف ومن الجنوب قضاء مخمور(علي عبد عباس وعمر عبدالله القصاب، ٢٠١٣، ٣٦٤)، تبلغ مساحة قضاء الموصل حوالي٤٧٣٣.٩٤ كم٢.

الخريطة (١) موقع قضاء الموصل من محافظة نينوى



المصدر: علي عبد عباس العزاوي وعمر عبدالله القصاب، التوافق المكاني بين ملائمة العوامل الطبيعية للزراعة واستعمالات الأرض الزراعية في قضاء الموصل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS،مجلة التربية والعلم، المجلد ٢٠، العدد٢، ٢٠١٣، ص٣٦٤.

١- مصادر البيانات

تعد المرئيات الفضائية واحدة من أهم مصادر البيانات المكانية وهي نتاج التصوير الفضائي بواسطة الأقمار الاصطناعية، إذ يتم قياس الاشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة من سطح الأرض وتسجيلها في النطاقات الطيفية المتعددة (عقيل حسن ياسر النجم، ٢٠٢٠، ٦)، وبذلك اعتمد البحث على المرئية الفضائية للقمر الاصطناعي (landsat8) بتاريخ 2022/9/19، وسبب التقاط المرئية في هذه المدة لأنها كانت اثناء كتابة البحث وقريبة من الزيارة الميدانية ، والجدول (١) يوضح المواصفات الفنية للمرئيات الفضائية.

الجدول (١) مواصفات المرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة للقمر الاصطناعي Landsat8 .

رقم النطاق	المدى الطيفي (مايكرومتر)	نوع الأشعة	مجال الاستخدام	دقة التمييز المكاني بالمتر
١	٠،٤٣٥-٠،٤٥١	أزرق خفيف الهباء الجوي الساحلية Utra-Blue (Coastal/aerosol)	لدراسة المياه الساحلية ورصد وتتبع الجسيمات الدقيقة كالغبار والدخان والرذاذ. (السواحل والغلاف والجوي)	٣٠
٢	٠،٤٥٢-٠،٥١٢	أزرق مرئي Blue	صممت لاختراق الكتل المائية وهذا يجعله مفيد في رسم الخرائط البحرية فضلاً عن اهميته في تصنيف الترب والغطاء النباتي وتصنيف الغابات. تمييز التربة من المياه والغطاء النباتي من النباتات الصنوبرية	٣٠
٣	٠،٥٣٣-٠،٥٩٠	أخضر مرئي Green	صمم لقياس ذروة انعكاسية اللون الأخضر للغطاء النباتي وتقدير نشاطه ويفيد في التعرف على المعالم الحضرية واستعمالات الأرض	٣٠
٤	٠،٦٣٦-٠،٦٧٣	أحمر مرئي RED	صمم للاستشعار في منطقة امتصاص اليخضور لذا أنه يساعد في التمييز بين الأنواع النباتية ويفيد أيضا في التعرف على المعالم الحضرية واستعمالات الأرض. (تمييز منحدرات الغطاء النباتي)	٣٠
٥	٠،٨٥١-٠،٨٧٩	تحت الحمراء القريب Near infrared (NIR)	يفيد في تحديد أنواع الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض ونشاطه وتحديد الكتل المائية وتمييز رطوبة التربة (الكتل الحيوية والشواطئ)	٣٠
٦	٠،١٥٦٦-١،٦٥١	تحت الحمراء القصيرة الأولى Shortwave Infrared (SWIR)1	يميز محتوى التربة من الماء ويفيد في التمييز بين الثلج والغيوم	٣٠

٧	-٢،١٠٧ ٢،٢٩٤	تحت الحمراء القصيرة الثانية Shortwave Infrared (SWIR)2	يفيد في تمييز الظواهر ذات التفاصيل النباتي وفي تمييز السحب الرقيقة	٣٠
٨	-٠،٥٠٣ ٠٦٧٦	بانكروماتك Panchromatic	يفيد في تمييز الظواهر ذات التفاصيل الدقيقة، وهي باللون الأسود والأبيض	١٥
٩	-١،٣٦٣ ١،٣٨٤	تحت الحمراء Cirrus	مصمم للكشف عن المناطق التي تغطيها الغيوم السمحاقية (الرقية) (السحب الحامضية)	٣٠
١٠	-١٠،٦٠ ١١،١٩	تحت الحمراء الحرارية الأولى Themal Infrared (TIRS)1	رسم الخرائط الحرارية وقياس رطوبة التربة	٣٠(١٠٠)*
١١	-١١،٥٠ ١٢،٥١	تحت الحمراء الحرارية الثانية Themal Infrared (TIRS)2	رسم الخرائط الحرارية المحسنة وقياس رطوبة التربة	٣٠(١٠٠)

المصدر : https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/landsat-8/.

٢- المنهجية

٤-١ المعالجات الاولية للمرئية الفضائية Preprocessing of Satellite Imagery

يقصد بها عمليات ترميم المرئيات الفضائية وتصحيحها على الصعيد الهندسي والاشعاعي، وفي هذه البحث استخدمت العمليات على النحو الاتي:-

٤-١-١ التصحيح الجوي Atmospheric Correction

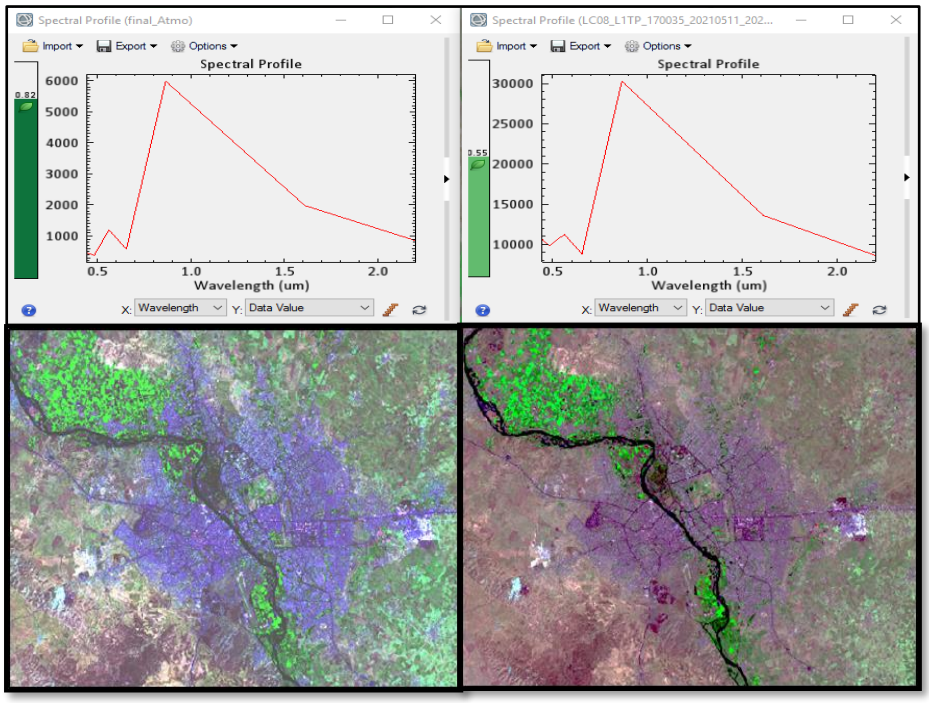
أثناء انتقال الموجة الكهرومغناطيسية من الشمس إلى المعالم، ومن المعالم إلى المستشعر عبر الغلاف الجوي، تحدث أنواع مختلفة من الامتصاص والتشتت، لا تتلقى المعالم الإضاءة الشمسية المباشرة فحسب، بل تستقبل أيضا الإشعاع المتناثر من الغلاف الجوي والمعالم المجاورة، وبالمثل يتلقى المستشعر انعكاسا أو إشعاعاً من الهدف ، والأجسام المجاورة له، والإشعاع المتناثر من الغلاف الجوي (K N Tiwarim, et al., 2020, 73).

ومن أجل الحصول على انعكاس حقيقي، يجب تصحيح التشوهات في الإشعاع الراديومتري Radiometric للمرئية الفضائية، لذلك يعد التصحيح الجوي من الطرائق المستخدمة لتحويل الإشعاع الذي

تم قياسه عند القمر الاصطناعي إلى إشعاع نقي كما لو تم قياسه على الأرض(عمر عبدالله القصاب، ٢٠٢١، ٦٠).

تم اجراء عملية التصحيح الجوي للمرئية الفضائية المستخدمة من خلال مرحلتين: تضمنت المرحلة الاولى المعايرة الاشعاعية Radiometric Calibration في حين تضمنت المرحلة الثانية التصحيح الفلاشي Fast line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes. ومن أجل اختبار صحة تطبيق التصحيح الجوي، فقد تم اختيار معلم لغطاء نباتي من المرئية الفضائية المصححة، وأخذت البصمة الطيفية منه وتمت مقارنتها مع الموقع نفسه لهذا المعلم أو المكان فظهرت الانعكاسية للنبات صحيحه في المرئية المصححة على عكس الانعكاسية في المرئية غير المصححة، وهذا ينطبق على المعالم جميعها، ينظر الشكل (١).

الشكل (1) أنموذج من انعكاسية النبات في مرئية Landsat 8 لقضاء الموصل قبل وبعد عملية التصحيح الجوي في برمجية ENVI 5.3.



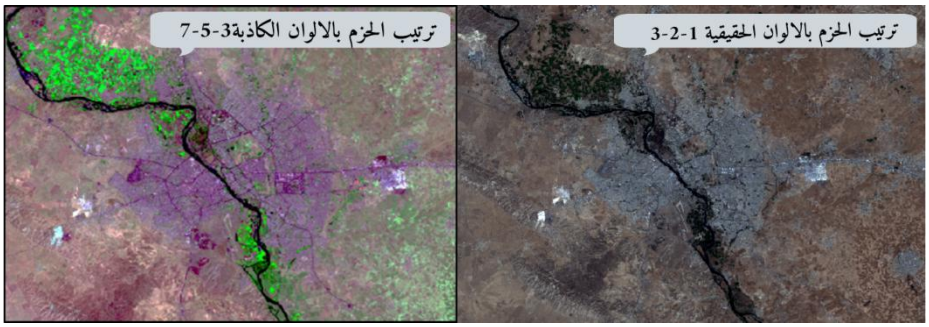
٤-٢ المعالجات اللاحقة Post Processing

بعد إجراء عمليات التصحيح للمرئية من معايرة اشعاعية، وكذلك التصحيح الفلاشي فإن المرئية لم تجهز بعد لعملية التفسير البصري إذ انها تحتاج الى عمليات التحسين لكي تجهز بشكل جيد لعمليات التفسير والتصنيف.

٤-٢-١ دمج الحزم Bands Composition

تم دمج الحزم ٧-٥-٣ ذلك لأن الحزمة ٣ ذات طول موجي يتراوح بين 0.53-0.61 وهذا الجزء من الطيف يجسد الانعكاسات الخضراء الصادرة عن الأغطية النباتية في حين أن الحزمة ٥ ذات طول موجي يتراوح 0.78-0.90 هذا الجزء يساعد في تجسيد كثافة النباتات وتوزيعها، فضلا عن التفريق بين المزروعات، بيد أن الحزمة ٧ ذات الطول الموجي 2.09-2.35 يعتمد عليها في التفريق بين أنواع الترب والصخور (عمر عبدالله القصاب، ٢٠٢١، ٥٨) ، وظهرت المرئية بألوان كاذبة مما سهل ظهورها بشكل مجسم إذ ساعد ذلك في عملية التصنيف، ينظر الشكل (٢).

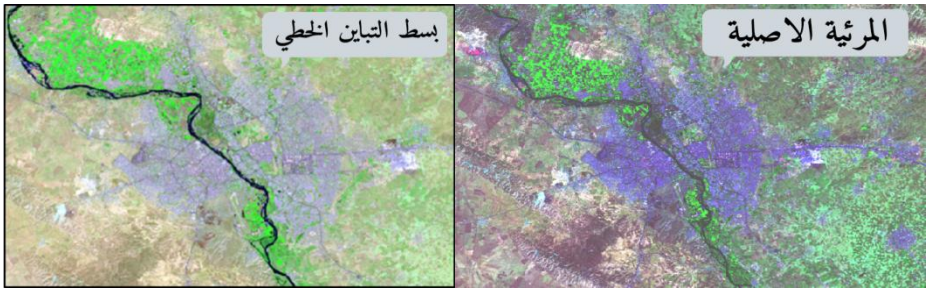
الشكل (٢) دمج الحزم وتركيب الالوان الحقيقية و الكإذبة على المرئية الفضائية المستخدمة في الدراسة.



٤-٢-٢ بسط التباين الخطي Linear stretch

تم تنفيذ بسط التباين الخطي على المرئية الفضائية الخاصة بقضاء الموصل من أجل الحصول على أفضل مشهد يجسد صورة الغطاء الأرضي، إذ تم من خلاله التفريق بين المناطق الجرداء والمستوطنات البشرية من جانب فضلا عن الأراضي الزراعية من جانب أخر، ينظر الشكل (٣).

الشكل (٣) أنموذج من بسط التباين الخطي على مرئية قضاء الموصل.



٣-٤ تصنيف المرئيات الفضائية Satellite Images Classification

إن الهدف من عملية التصنيف هو ابراز المناطق التي لها قيمة الانعكاس نفسها، وتكون في مجموعة واحدة ومن ثم تقسيم المرئية الفضائية على عدد من الفئات او اصناف ويمثل كل صنف ظاهرة معينة (Lu. & Q. Weng, A, 2007, 826).

تم اجراء عملية التصنيف الموجه للمرئية المستخدمة في البحث، ذلك بالاعتماد على الزيارة الميدانية في رصد عينات التدريب Training Sites، وكانت الزيارة الميدانية لعدد من اجزاء قضاء الموصل في تاريخ ٢٠٢٢-١٠-٧ ، وقد اخذت ثلاث عينات تدريب لكل صنف من اصناف الغطاء الأرضي للحصول على دقة عالية عند تصنيف الغطاء الأرضي، ذلك باستخدام جهاز GPS من نوع GRAMIN 76 CSX مع استخدام خريطة الطوبوغرافية التي ساعدت بدورها على الحركة داخل قضاء الموصل في تحديد مواقع العينات والنقاط المرجعية والتي تم تحديد موقع كل نقطة منها باحداثيات Y،X (خط طول ودائرة عرض)، ينظر الجدول (١).

الجدول (١) مواقع عينات التدريب المأخوذة بجهاز الـ GPS لأصناف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل بنظام احداثيات جغرافية.

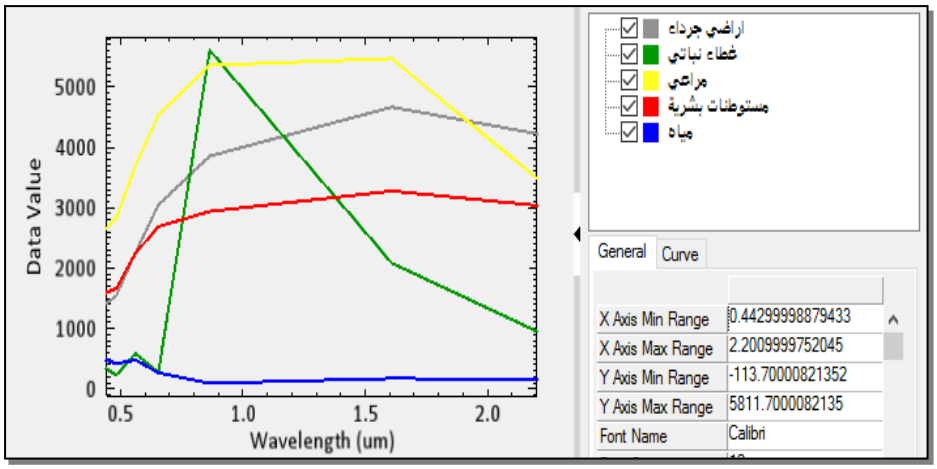
ت	الصنف	خط طول (X)	دائرة عرض (Y)
١	مستوطنات بشرية	43.2032	36.3746
٢	مستوطنات بشرية	43.2212	36.34
٣	مستوطنات بشرية	43.0926	36.4058
٤	اراضي زراعية	43.2813	36.4671
٥	اراضي زراعية	43.294	36.4935
٦	اراضي زراعية	43.2411	36.4856
٧	مراعي	43.3954	36.4447

٨	مراعي	43.3754	36.4477
٩	مراعي	43.4079	36.4432
١٠	اراضي جرداء	43.2355	36.3681
١١	اراضي جرداء	43.2692	36.3881
١٢	اراضي جرداء	43.3027	36.3962
١٣	مياه	43.1083	36.39.55
١٤	مياه	43.1086	36.3715
١٥	مياه	43.1302	36.3509

المصدر: من عمل الباحثان اعتمادا على الزيارة الميدانية لأجزاء من قضاء الموصل بتاريخ ٢٠٢٢-١٠-٧

استخدمت عينات التدريب التي تم رصدها خلال الزيارة الميدانية في انشاء مايسمى باقليم الاهتمام Region of interest (ROI) في برنامج ENVI 5.3، وذلك للحصول على الانعكاسية الطيفية لكل صنف من أصناف الغطاء الأرضي من جانب، فضلا عن ان الانعكاسية الطيفية سوف تساعد لاحقا في تفسير دقة التصنيف عند مراحل بحثية لاحقة، ينظر الشكل (٤) .

الشكل (٤) الانعكاسية الطيفية لأصناف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل.



٤-٤ طرائق التصنيف الموجه المعتمدة

Supervised Classification Methods Adopted

تم الاعتماد على نوعين من طرائق التصنيف الموجه، الا وهي طرائق التصنيف الموجه التقليدية وطرائق التصنيف الموجه الخاصة بالذكاء الاصطناعي. ان الغاية نت استخدام طرائق عدة هو لإجراء المقارنات بين تلك الطرائق وبيان اي الطرائق التي تحقق اعلى دقة احصائية في عملية التصنيف.

٤-٤-١ الطرائق التقليدية في التصنيف الموجه

Traditional Methods of Supervised Classification

تم الاعتماد على ثلاث من الطرائق التقليدية الرئيسة المستخدمة على نطاق واسع في تصنيف المرئيات الفضائية، الا وهي : طريقة الاحتمالية العظمى Maximum likelihood ، طريقة اقرب مسافة عن المتوسط الحسابي Minimum Distance to Mean و طريقة مسافة ماهالانوبيس Mahalanobis Distance.

تُبنى طريقة الاحتمالية العظمى على احتمال أن الإحصاءات لكل فئة في كل نطاق توزع طبيعياً، وان أن كل وحدة صورية تنتمي إلى فئة معينة إلا إذا تم تحديد عتبة احتمال ، بحيث يتم تعيين كل وحدة صورية إلى الفئة التي لديها أعلى احتمال، ويتم ذلك باستخدام المعادلة (١) (عبدالفتاح السيد عبد الفتاح، ٢٠١٧، ٦٧).

$$gi\,(x) = 1n\rho(\omega_i) - 1/2\ \ 1n\ \ \sum_I \Big| \ -\frac{1}{2}\ (x-m_i)^T \sum_i^{-1}(x - mi) \ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ ان :

(i) = الصف، و(x) = بيانات الابعاد، إذ ان (n) =عدد الحزم، و$\rho(\omega_i)$ = احتمالية ان تحدث الفئة (ω_i) في الصورة ويفترض أنها نفسها لجميع الفئات، ($\sum_I$) = محدد مصفوفة التباين للبيانات في الصف ω_i، ($-1\ \sum_I$) = معكوس المصفوفة، (Mi) = متوسط التصنيف.

كما يتم حاسب طريقة التصنيف المعنية باقصر مسافة عن الوسط الحسابي Minimum Distance to Mean اعتماداً على معادلة المسافة الاقليدية Euclidean ، إذ يتم تصنيف كل وحدة صورية إلى الفئة الأقرب، ما لم يتم تحديد الانحراف أو العتبة، في هذه الحالة بعض الوحدات الصورية قد تكون غير مصنفة إذا كانت لا تتوافق مع المعايير المحددة ويتم تطبيق أسلوب أقصر مسافة عن الوسط الحسابي باستخدام المعادلة (٢) (مهند رياض الحمداني، ٢٠٢٠، ٧٣).

Di (x) = $\sqrt{(x-m_i)^T + (x-m_i)}$ .... (2)

إذ ان:

(D) = المسافة الاقليدية، (i) = الفئة، (x) = بيانات الابعاد (اذ ان n هو عدد النطاقات)، و (mi) = متوسط متجه الفئة .

اما طريقة مسافة ماهالانوبيس Mahalanobis Distance فهي شبيهة بالطريقة السابقة، الا انها تأخذ تباين الطبقات بعين الاعتبار، ويمكن أن تكون أكثر فائدة من طريقة أقصر مسافة عن الوسط الحسابي في الحالات التي يجب أن تؤخذ المعايير الإحصائية في الاعتبار، ولكن عوامل الترجيح المتوفرة مع خيار احتمال الحد الأقصى غير ضرورية، ومع ذلك فإن هذا الأسلوب يميل إلى تصنيف أكثر البصمات مع الأعداد الكبيرة نسبياً في مصفوفة التباين (Al–ahmadi. F. S. And. Hames a. S., 2009, 174)

ينتج عن استخدام مصفوفة التباين المشترك Convariance Matrix في المعادلة أن التجمعات شديدة الاختلاف فيما بينها، ستقود إلى صفوف شديدة الاختلاف بشكل مشابه والعكس بالعكس، ويتم تطبيق التصنيف بأسلوب مسافة ماهالانوبيس طبقا للمعادلة (٣) (عبدالفتاح السيد عبدالفتاح ، ٢٠١٧، ٧١):-

D_i (x) = $\sqrt{(x-m_i)^T \sum_i^{-1}(x-m_i)}$ ....(3)

إذ ان:

D = مسافة ماهالانوبيس، i = الفئة، X = بيانات الابعاد، $\sum_i^{-1}$ = معكوس المصفوفة ، mi = متوسط للفئة.

٤-٤-٢ الطرائق الذكية في التصنيف الموجه

Intelligent Methods in Supervised Classification

تم الاعتماد على طريقتين ذكيتين في تصنيف المرئيات الفضائية الا وهي طريقة وطريقة آلة المتجهات الداعمة التي تعود الى تقنية التعلم الآلي في الذكاء الاصطناعي و طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Network (ANN) التي تعود الى تقنيات التعلم العميق Deep Learning في الذكاء الاصطناعي.

تُعدّ الشبكات العصبية الاصطناعية من أهم التقنيات الحديثة المستخدمة في التصنيف الموجه للمرئيات الفضائية، إذ تعتمد على تقليد الشبكات العصبية البيولوجية لتعلم الأنماط والتصنيفات المعقدة. تستخدم هذه الطريقة في تحليل المرئية الفضائية بهدف تصنيف الوحدات الصورية Pixels بناءً على خصائصها الطيفية، ويتم ذلك طبقا لسلسلة من المعادلات على النحو الاتي (Jensen, J. R., 2005, 124):-

$$z\_i = \sum(w\_ij * x\_j) + b\_i \quad \text{.....(4)}$$

إذ إن:

z_i = القيمة المدخلة للعقدة i ، w_ij = الوزن بين العقدتين ij ، x_j = قيمة الوزن للعقدة j ، b_i = معامل الازاحة.

وتطبق وظيفة التنشيط وفقا للمعادلة (٥) على النحو الاتي:-

$$a\_i = f(z\_i) \text{ .....(5)}$$

إذ إن:

a_i = القيمة الناتجة من العقدة بعد التنشيط، $f(z\_i)$ = وظيفة التنشيط.

ويتم حساب الخطأ في التصنيف وفقا للمعادلة (6):-

$$E = 1/2 \sum(y\_k - \bar{y}\_k)\text{^}2 \text{ .....(6)}$$

إذ إن:

E = الخطأ الكلي، y_k = القيمة الحقيقية، $\bar{y}\_k$ القيمة المتوقعة.

اما الطريقة الثانية فمعنية بآلة المتجهات الداعمة التي تعتمد على إيجاد أفضل حد فاصل (Hyperplane) يفصل بين الفئات المختلفة في الفضاء متعدد الأبعاد. يتم تحديد هذا الحد بناءً على تعظيم المسافة بين أقرب نقاط في كل فئة إلى الحد الفاصل، مما يقلل من خطر الخطأ في التصنيف (Jensen, J. R., 2005, 124). ويمكن التعبير رياضيا عن طريقة آلة المتجهات الداعمة كما في المعادلة (٧) (عمر صابر قاسم و محمد علي الوزان، ٢٠١٨، ٥٣):-

$$WTxi + b \geq +1 \quad for \quad di = +1 \text{ ، } \qquad i = 1,2 \ldots . N$$

$$WTxi + b \leq -1 \quad for \quad di = -1 \text{ ، } \qquad i = 1,2 \ldots . N \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

إذ إن:

W = متجه الاوزان، xi = متجه الادخال، b = قيمة التحيز bias، di = قيمة الاخراج.

٣- النتائج والمناقشة

تم تطبيق طرائق التصنيف الموجه على مرئية قضاء الموصل باستخدام عينات التدريب التي تم الحصول عليها من الزيارة الميدانية، وقد تمخض عن جميع طرائق التصنيف الاصناف الاتية:-

٥-١ اصناف الغطاء الارضي

أ- الأراضي الزراعية Agricultural Land :

هذا الصنف يشمل الأراضي الزراعية التي توجد في قضاء الموصل، والتي تتكون من المحاصيل الزراعية الصيفية إذ انها تتركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من المنطقة، وأيضا توجد في الاجزاء القريبة من نهر دجلة وعلى امتداده أيضا، فضلا عن بعض المناطق الوسطى والغربية إذ إنها سوف تظهر على الخريطة باللون الاخضر.

ب- الأراضي الجرداء Barren :

يظهر صنف الأراضي الجرداء في المناطق التي توجد في الاجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من قضاء الموصل وأيضا أنها تتواجد في مساحات منتشرة في داخل حيز القضاء، وتظهر باللون الرمادي على الخريطة وتتمثل في الأراضي التي تكون عارية من الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية.

ج- المستوطنات البشرية Builtup:

يشير هذا الصنف الى الأراضي الحضرية فضلا عن الأراضي التي تشغلها مراكز القرى، إذ أنها تتركز في وسط القضاء وأيضا في عدد من الاماكن على امتداد نهر دجلة عند المناطق الجنوبية إذ تظهر باللون الاحمر على الخريطة.

د- المراعي Rangeland:

يشمل هذا الصنف من الأراضي الحشائش والادغال إذ تتوطن على نحو عام في وسط القضاء، نحو جانبه الغربي فضلا عن بعض لمناطق الجنوبية إذ ستظهر باللون الاصفر على الخريطة.

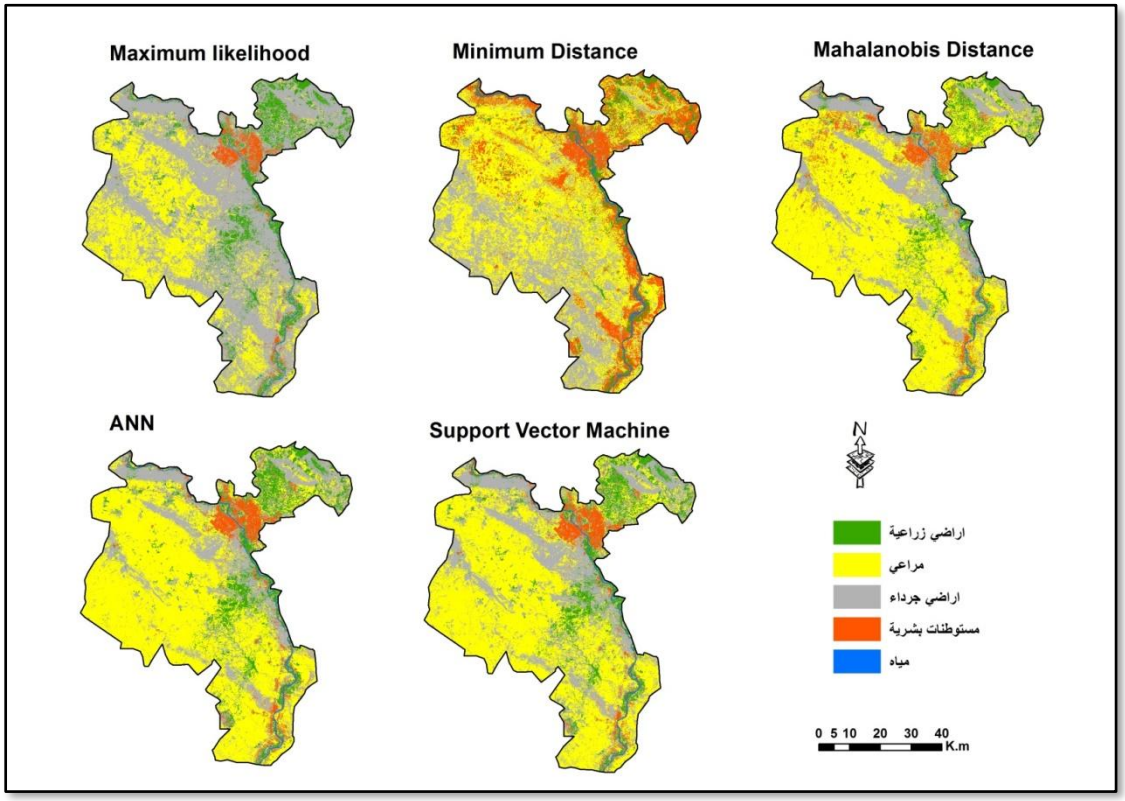
هـ- المياه Water:

هذا الصنف يشمل الاجزاء المائية الموجودة في قضاء الموصل إذ انها تتمثل في نهر دجلة الممتد داخل قضاء الموصل من شماله الغربي نحو جنوبه الشرقي، وسوف يظهر على الخريطة باللون الازرق ينظر الشكل (٥).

الشكل (٥) نماذج من اصناف الغطاء الارضي في قضاء الموصل لعام ٢٠٢٢

الا ان اختلاف طريقة التصنيف تمخض عن الاصناف خرائط ومساحات مختلفة كما في الخريطة (٢) والجدول (٢) والشكل (٥).

الخريطة (٢) طرائق التصنيف الموجه للغطاء الارضي في قضاء الموصل لعام ٢٠٢٢



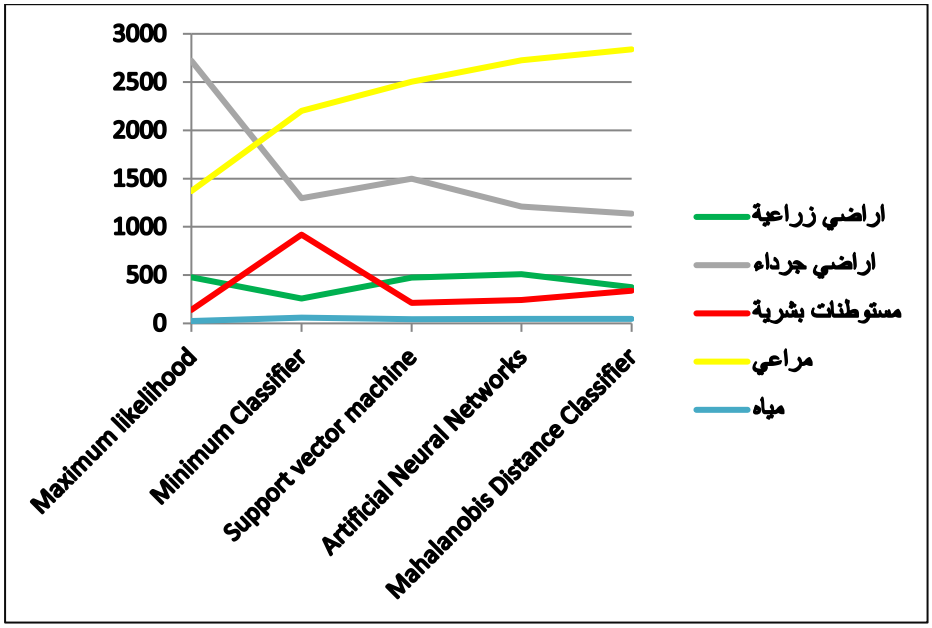
الجدول (٢) مساحة اصناف الغطاء الارضي في قضاء الموصل حسب الطرائق المعتمدة لعام ٢٠٢٢

%	Mahalanobis Distance Classifier	%	Artificial Neural Networks	%	Support Vector machine	%	Minimum Classifier	%	Maximum likelihood	
٨٪	374.40	١١٪	509.65	١٠٪	473.07	٥٪	257.47	١٠٪	477.96	اراضي زراعية
٢٤٪	1136.74	٢٦٪	1210.24	٣٢٪	1500.14	٢٧٪	1296.70	٥٧٪	2721.48	اراضي جرداء
٧٪	336.80	٥٪	242.97	٤٪	212.02	١٩٪	919.49	٣٪	139.57	مستوطنات بشرية

مراعي	1370.44	٪٢٩	2200.67	٪٢٦	2505.24	٪٥٣	2725.49	٪٥٨	2838.97	٪٦٠
ميـاه	24.49	٪١	59.61	٪١	43.48	٪١	45.60	٪١	47.03	٪١
المجموع الكلي	4733.94	٪١٠٠	4733.94	٪١٠٠	4733.94	٪١٠٠	4733.94	٪١٠٠	4733.94	٪١٠٠

المصدر : اعتمادا على الخريطة (٢)

الشكل (٥): اختلاف مساحات اصناف الغطاء الارضي حسب الطرائق المستخدمة



ومن الجدير بالذكر، انه يلاحظ بأن اختلاف طرائق التصنيف نتج عنها اختلاف في مساحة . لذلك يبقى هناك سؤالا يفرض نفسه على المسرح المفاهيمي والتقني في هذه الدراسة الا وهو (ماهي أفضل طريقة في التصنيف من بين الطرائق المعتمدة ؟)، ان الاجابة عن هذا السؤال سوف يعطي بالنتيجة القرار الذي يمكن من خلاله اعتماد مساحة أصناف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل لطريقة التصنيف الأفضل، ولتحقيق ذلك لابدَّ من أجراء عمليات التقييم الاحصائي لدقة التصنيف في الطرائق المعتمدة.

٥-٢ تقييم دقة التصنيف

تم تقييم دقة تصنيف المرئية الفضائية بالطرائق المختلفة، واتضح أن طريقة آلة المتجهات الداعمة من أفضل طرائق التصنيف التي استخدمت في هذه الدراسة، إذ بلغت الدقة الكلية٩٩.٧٥ % وشكل معامل كابا ٠.٩٩

%، وهذا يدل على اتفاق جيد جدا بحسب تفسير قيمة معامل كابا أي أنه مقترب من الواحد، اي ان هناك اتساق بين بيانات المرئية المصنفة مع البيانات المرجعية إذ تم انشاء (مصفوفة الخطأ– Error Matrix) ومن خلال تحليل تلك المصفوفة تبين ان النتائج عالية سواء من ناحية الدقة الكلية او الدقة الجزئية، إذ تكونت عينة التدريب من ١٦٥٥ وحدة صورية وصنفت من خلالهما ١٦٥١ وحدة صورية تصنيفا صحيحا .

وعلى المستوى الجزئي حصل كل من صنف الأراضي الزراعية، والمستوطنات البشرية والمياه على دقة كاملة اي ١٠٠٪ وعلى الجهة الأخرى حدث تداخل بين صنفي الأراضي الجرداء والمراعي ويعود السبب في ذلك الى التشابه في الانعكاسية الطيفية بين الصنفين إذ حصل صنف المراعي على دقة منتج ٩٩.٤٢ % ودقة مستخدم ٩٩.٨٠ % وذلك بسبب ذهاب ثلاث وحدات صورية الى صنف الأراضي الجرداء، أما الأراضي الجرداء فقد حصلت على دقة منتج ٩٩.٧٧ % ودقة مستخدم ٩٩.٣٢ % ويعزى ذلك الى ذهاب وحدة صورية الى صنف المراعي ، ينظر الجدول (٣).

الجدول (٣) مصفوفة الخطا المجدولة لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل باستخدام طريقة آلة المتجهات الداعمة.

الاصناف	الوصف	AgriLand	Barren	Buitup	Rangeland	Water	العدد الكلي	دقة المستخدم(%)
AgriLand	أراضي زراعية	300	0	0	0	0	300	100
Barren	أراضي جرداء	0	444	0	3	0	447	99.32
Buitup	مستوطنات بشرية	0	0	180	0	0	180	100
Rangeland	مراعي	0	1	0	520	0	521	99.80
Water	ميـاه	0	0	0	0	207	207	100
العدد الكلي		300	445	180	523	207	1655	
دقة المنتج (%)		100	99.77	100	99.42	100	الدقة الكلية= 99.75	

أما فيما يخص التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى فقد اثبتت أنها من الطرائق الجيدة التي اعطت نتائج عالية في التصنيف أذ بلغ التقييم الكلي لدقة التصنيف للمرئية المستخدمة في قضاء الموصل الى نسبة ٩٩.٦٣٪ وشكل معامل كابا ٠.٩٩ ، وذلك استخلاصا من جميع الوحدات الصورية في منطقة الدراسة، الذي أخذ بالحسبان حدوث الصدف في التصنيف من خلال مراجعة الحقائق الأرضية التي تمَّ جمعها من الزيارة الميدانية، وهذا يدل

على اتفاق جيد جدا حسب تفسير قيمة معامل كابا أي أنه مقترب من الواحد، اي ان هناك اتساق بين بيانات المرئية المصنفة مع البيانات المرجعية، تمَّ استخلاص ذلك من خلال عمل (مصفوفة الخطأ– Error Matrix) التي تبين من خلالها انه كانت النتائج ذات دقة عالية في هذه الطريقة من الناحية الكلية والجزئية، ويعزى ذلك انه تم تقسيم الغطاء الأرضي الى خمسة اصناف رئيسية، والمعروف انه كلما قلت عدد الاصناف زادت الدقة الكلية لعملية التصنيف وأيضا مراعاة نقاء الصنف عند اختيار مناطق التدريب، وقد احتوت عينة التدريب ١٦٥٥ وحدة صورية وصنفت من خلالها ١٦٥١ وحدة صورية تصنيفا صحيحا، اما على المستوى الجزئي حصل كل من صنف المياه والأراضي الزراعية والمستوطنات البشرية على نسبة ١٠٠٪ من الدقة في حين ان الأراضي الجرداء 98.89 % حصلت على دقة منتج ودقة مستخدم شكلت نسبة 99.77 % والسبب ذهاب خمس وحدات صورية الى صنف المراعي، وذلك بسبب التشابه في الانعكاسية الطيفية بين صنف المراعي والأراضي الجرداء، وكذلك من جانب أخر حصل صنف المراعي على دقة تصل الى ٩٩.٨٠٪ دقة منتج و99.04 % دقة مستخدم إذ ذهبت وحدة صورية الى صنف الأراضي الجرداء وذلك للتشابه في الانعكاسية الطيفية. ينظر الجدول (٤).

جدول(٤) مصفوفة الخطأ المجدولة لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل باستخدام طريقة الاحتمالية العظمى.

الاصناف	الوصف	AgriLand	Barren	Buitup	Rangeland	Water	العدد الكلي	دقة المستخدم(%)
AgriLand	اراضي زراعي	٣٠٠	٠	٠	٠	٠	٣٠٠	100
Barren	اراضي جرداء	٠	٤٤٦	٠	١	٠	٤٤٧	99.77
Buitup	مستوطنات بشرية	٠	٠	١٨٠	٠	٠	١٨٠	100
Rangeland	مراعي	٠	٥	٠	٥١٦	٠	٥٢١	99.04
Water	مياه	٠	٠	٠	٠	٢٠٧	٢٠٧	100
العدد الكلي		٣٠٠	٤٥١	١٨٠	٥١٧	٢٠٧	١٦٥٥	
دقة المنتج (%)		100	98.89	100	99.80	100	الدقة الكلية= 99.63	

وجاءت طريقة تصنيف الشبكات العصبية الاصطناعية**Artificial Neural Networks** في المرتبة الثالثة من حيث دقة التصنيف إذ انها على غرار طريقة الاحتمالية العظمى وطريقة آلة المتجهات الداعمة كانت نتائجها عالية على المستوى الكلي والجزئي، بلغت الدقة الكلية للتصنيف ٩٨.٩١ % وبلغت قيمت معامل كابا الذي يأخذ بنظر الاعتبار حدوث الصدفة التي تتغاضاها الدقة لكلية ٠.٩٨، هذا يدل على اتفاق جيد جدا بحسب تفسير قيمة معامل كابا، وهذا يعبر عن اتساق بين بيانات المرئية المصنفة مع البيانات المرجعية، وأيضا تمَّ انشاء (مصفوفة الخطأ– Error Matrix) التي كانت من خلالها النتائج عالية جدا من الناحية الكلية والجزئية، إذ كان عدد عينات التدريب في الدراسة ١٦٥٥ إذ صنفت ١٦٥١ وحدة صورية تصنيفا صحيحا، وعلى المستوى الجزئي سجلت كل من اصناف الأراضي الزراعية والمياه والمستوطنات البشرية على دقة ١٠٠٪ (دقة منتج ودقة مستخدم) وكذلك بالنسبة لصنف الأراضي الجرداء حصل على دقة منتج ١٠٠٪ ولكن كانت دقة المستخدم ٩٥.٩٧ % ، وذلك بسبب التداخل بينه وبين صنف المراعي، اما بالنسبة لصنف المراعي فقد كانت دقته على مستوى دقة المنتج ٩٦.٦٦ % ودقة مستخدم بقيمة ١٠٠٪ إذ يلاحظ من الجدول حدوث تشابك وتداخل بين صنفي المراعي والأراضي الجرداء، ويعزى ذلك الى التشابه في الانعكاسية الطيفية بين الصنفين، وذلك بذهاب ١٨ وحدة صورية من صنف المراعي الى صنف الأراضي الجرداء ، ينظر الجدول (٥).

جدول (٥) مصفوفة الخطأ المجدولة لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل بطريقة الشبكات العصبية الاصطناعية .

الاصناف	الوصف	AgriLand	Barren	Buitup	Rangeland	Water	العدد الكلي	دقة المستخدم(%)
AgriLand	أراضي زراعية	٣٠٠	٠	٠	٠	٠	٣٠٠	١٠٠
Barren	أراضي جرداء	٠	٤٢٩	٠	١٨	٠	٤٤٧	95.97
Buitup	مستوطنات بشرية	٠	٠	١٨٠	٠	٠	١٨٠	100
Rangeland	مراعي	٠	٠	٠	٥٢١	٠	٥٢١	100
Water	مياه	٠	٠	٠	٠	٢٠٧	٢٠٧	100
العدد الكلي		٣٠٠	٤٢٩	١٨٠	٥٣٩	٢٠٧	١٦٥٥	
دقة المنتج (%)		100	100	100	96.66	100	الدقة الكلية=98.91	

في حين ان طريقة التصنيف مسافة ماهانالابويس في المرتبة الرابعة من حيث الدقة إذ كانت دقة التصنيف الكلي للمرئية، قد بلغت ٩٤.٥٠ % وكان معامل كابا قد سجل نسبة ٠.٩٢، تم انشاء (مصفوفة الخطأ– Error Matrix) ولوحظ من خلالها ان النتائج كانت جيدا جدا و ذات دقة عالية من الناحية الكلية والجزئية اذ كانت عينات التدريب التي استخدمت في الدراسة عددها ١٦٥٥، صنفت من خلالها ١٥٦٤ وحدة صورية تصنيفا صحيحا .

أما من الناحية الجزئية ، فان الأراضي الزراعية والمياه كانت دقتهما كاملة اي ١٠٠٪ من دقة منتج وكذلك دقة المستخدم، في حين ان المستوطنات البشرية والأراضي الجرداء والمراعي حدث بينهما تداخل وتشابك في عملية التصنيف، بلغت دقة المنتج للمستوطنات البشرية ٦٨.٥٤ % هي دقة قليلة وضعيفة وأيضا بلغت دقة المستخدم في الصنف نفسه ٩٤.٤٤ وهي دقة جيدة مقارنة بدقة المنتج، اما الأرضي الجرداء فقد حصلت على دقة منتج ومستخدم (٩٩.٧٥٪–٩٢.٨٤٪) على التوالي، في حين ان صنف المراعي كانت دقته الجزئية على مستوى دقة المنتج تبلغ ٩٧.٥٢ % ودقة مستخدم بلغت ٩٠.٥٩٪ ، ينظر الجدول(٦).

جدول (٦) مصفوفة الخطأ المجدولة لتصنيف الغطاء الأرضي في قضاء الموصل باستخدام طريقة ماهالانوبيس.

الاصناف	الوصف	AgriLand	Barren	Buitup	Rangeland	Water	العدد الكلي	دقة المستخدم(%)
AgriLand	أراضي زراعية	٣٠٠	٠	٠	٠	٠	٣٠٠	١٠٠
Barren	أراضي جرداء	٠	٤١٥	٢٩	٣	٠	٤٤٧	92.84
Buitup	مستوطنات بشرية	٠	١	١٧٠	٩	٠	١٨٠	94.44
Rangeland	مراعي	٠	٠	٤٩	٤٧٢	٠	٥٢١	90.59
Water	ميـاه	٠	٠	٠	٠	٢٠٧	٢٠٧	١٠٠
العدد الكلي		٣٠٠	٤١٦	٢٤٨	٤٨٤	٢٠٧	١٦٥٥	
دقة المنتج (%)		١٠٠	99.75	68.54	97.52	١٠٠	الدقة الكلية=94.50	

واخيرا حصلت طريقة التصنيف بأسلوب أقصر مسافة عن الوسط الحسابي على المرتبة الاخيرة من حيث دقة التصنيف إذ اثبتت أنها اضعف الطرائق التي استخدمت في التصنيف إذ بلغت دقتها الكلية ٤٩.٥٤ % ومعامل كابا الذي بلغت نسبته ٠.٣٦ تم استخدام مصفوفة الخطأ في هذه الطريقة أيضا، وتبين من خلالها ان الدقة كانت واطئة من الناحية الكلية والجزئية إذ احتوت عينات التدريب في هذه الدراسة على ١٦٥٥ صنفت من خلالها ٨٢٠ وحدة صورية تصنيفا صحيحا .

اما من الناحية الجزئية إذ ان الاصناف جميعها اصبح بينهما تداخل وتشابك عدا صنف المياه الذي بقيت نسبته كاملة وهي ١٠٠٪ على التوالي، إذ بلغ دقة صنف الأراضي الزراعية دقة منتج وكذلك دقة مستخدم (١٠٠٪-٥٠.٦٦٪) على التوالي، أما صنف المستوطنات البشرية فقد بلغت دقة المنتج والمستخدم فيه (٣٦-١٠٠٪) فيما يخص صنف المراعي بلغت دقة المنتج والمستخدم (٤٩.٤٩٪-٢٨.٤٠٪) على التوالي اما صنف الأراضي الجرداء إذ بلغت دقة المنتج والمستخدم فيه (٢٦.٧٦٪-٢٩.٧٥٪) على التوالي، ينظر الجدول (٧).

جدول (٧) مصفوفة الخطأ المجدولة لتصنيف الغطاء الأرضي لقضاء الموصل باستخدام طريقة التصنيف بأسلوب أقصر مسافة عن الوسط الحسابي.

الاصناف	الوصف	AgriLand	Barren	Buitup	Rangeland	Water	العدد الكلي	دقة المستخدم(%)
AgriLand	اراضي زراعي	152	146	1	1	0	300	50.66
Barren	اراضي جرداء	0	133	164	150	0	447	29.75
Buitup	مستوطنات بشرية	0	0	180	0	0	180	100
Rangeland	مراعي	0	218	155	148	0	521	28.40
Water	مياه	0	0	0	0	207	207	100
العدد الكلي		152	497	500	299	207	1655	
دقة المنتج (%)		100	26.76	36	49.49	100	الدقة الكلية=49.54	

- الاستنتاجات:

أ- تعد طريقة آلة المتجهات الداعمة من أفضل طرائق التصنيف الموجه المنفذة على مرئية Landsat 8 التابعة لقضاء الموصل في البحث الحالي، إذ انها سجلت اعلى دقة كلية وجزئية مقارنة مع طرائق التصنيف الأخرى، ولكن في الوقت نفسه لا تخلو من السلبيات ومن سلبياتها انها لا تصلح للبيانات الكبيرة إذ ان المدة اللازمة لتدريبها عالية وتعد أقل فعالية مع البيانات الاكثر تشوشا وتداخلا بين الاصناف.

ب- لم تعد طريقة الاحتمالية العظمى من أفضل طرائق التصنيف الموجه، كما هو شائع لدى الباحثين، إذ أثبتت الدراسة أن هذه الطريقة جاءت في المرتبة الثانية من حيث الدقة مقارنة بطريقة آلة المتجهات الداعمة.

ج- على الرغم من أن طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية للتصنيف الموجه تعود الى تقنيات التعلم العميق، والتي يفترض ان تسجل أعلى دقة تصنيف إلا أنها جاءت في المرتبة الثالثة من حيث الدقة مقارنة بطريقة آلة المتجهات الداعمة وطريقة الاحتمالية العظمى.

د- جاءت طريقة أقصر مسافة عن الوسط الحسابي في المرتبة الاخيرة من حيث دقة التصنيف، وبذلك تعد من أضعف الطرائق، وبذلك اثبتت أنها غير حساسة لدرجة التباين في الاستجابة الطيفية، لذلك يفضل عدم استخدام هذه الطريقة في المناطق التي تتشابه فيها الاصناف من الناحية الانعكاسية الطيفية على نحو عام.

هـ- تعد طريقة ماهالانوبيس من الطرائق الجيدة والتي اعطت نتائج عالية ايضا من خلال استخدامها في مرئية قضاء الموصل، اذ حصلت على دقة ٩٤.٥٠ وجاءت في المرتبة الرابعة .

و- إن أحد أسباب الحصول على دقة تصنيف عالية في أربع طرائق تصنيف مختلفة وبدقة كلية تتراوح بين ٩٤.٥ – ٩٩.٧٥ % يعود الى اجراء عمليات التصحيح الجوي المعني بالمعايرة الاشعاعية والتصحيح الفلاشي، فضلا عن دقة تحديد عينات التدريب التي أدت الى أن تعمل خوارزميات التصنيف بشكل جيد.

ز- أن اختلاف طرائق التصنيف قد ادى بالنتيجة الى اختلاف مساحة الاصناف، لذلك يمكن الاعتماد على مساحة الاصناف التابعة لطريقة آلة المتجهات الداعمة في كونها حصلت على دقة كلية قريبة من المثالية بواقع ٩٩.٧٥٪.

ح- تسود الصفة الزراعية قضاء الموصل إذ لم يشكل المستوطنات البشرية المكونة من مدينة الموصل فضلا عن مراكز الاقضية والنواحي سوى نسبة قدرها ٤.٥ % من مساحة القضاء.

ط- احتل صنف المراعي حوالي نصف مساحة قضاء الموصل بواقع ٥٣ % تلاه صنف الأراضي الجرداء، إذ احتل حوالي ثلث مساحة القضاء بواقع ٣١.٥ %، في حين جاءت الأراضي الزراعية بمساحة ضئيلة شكلت ٥.٥ % من المساحة الكلية للقضاء، إذ يعود السبب في ذلك الى الاعتماد على مرئية فضائية تم التقاطها في نهاية فصل الصيف.

قائمة المراجع

- علي عبد عباس العزاوي وعمر عبدالله القصاب، التوافق المكاني بين ملائمة العوامل الطبيعية للزراعة واستعمالات الأرض الزراعية في قضاء الموصل باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS، مجلة التربية والعلم، المجلد ٢٠، العدد٢، ٢٠١٣.
- عقيل حسن ياسر النجم، التصنيف الرقمي لتغيير استعمالات الرض الزراعية في قضاء الكوفة باستعمال الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسآلة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القادسية، ٢٠٢٠.
- عمر عبدالله اسماعيل القصاب، تكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في النمذجة الخرائطية لاستعمالات الارض قضاء سهل اربيل انموذجا، اطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة الموصل، كلية التربية للعلوم الانسانية، ٢٠٢١.
- عبد الفتاح السيد عبدالفتاح، تقييم طرائق تصنيف المرئيات الفضائية لدراسة التغير العمراني في محافظة البحيرة، اطروحة دكتوراه، غير منشورة، كلية الآداب، جامعة القاهرة،٢٠١٧.
- مهند رياض سليمان الحمداني، استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في قضاء الكوفة، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة ذي قار، ٢٠٢٠.
- عمر صابر قاسم ومحمد علي محمد الوزان، تحسين اداء تصنيف تقانة آلة المتجه الداعم باستخدام خوارزمية الجينية، مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات، المجلد ١٢، العدد ٢، ٢٠١٨.
- Dr. K N Tiwarim, et al., Remote Sensing & GIS Applications2020.
- Lu. & Q. Weng, A survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance, International Journal of Remote Sensing, Vol 28, No 5, 2007.
- Al-ahmadi. F. S. And. Hames a. S, Comparison of four Classification Methods to Extract land use and land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid areas, kingdom of Saudi Arabia, Jkau; Earth sci., 2009.
- Jensen, J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson, 2005.

Bibliography of Arabic References (Translated to English)

- Al-Azzawi, A. A. A., & Al-Qassab, O. A. (2013). Spatial compatibility between the suitability of natural factors for agriculture and agricultural land use in Mosul District using remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS). Journal of Education and Science, 20(2).
- K N Tiwarim, et al., Remote Sensing & GIS Applications2020.
- Al-Qassab, O. A. I. (2021). Integration of geographic information systems and remote sensing in cartographic modeling of land use: A case study of Erbil Plain District (Unpublished doctoral dissertation). University of Mosul, College of Education for Humanities.
- Al-Najm, A. H. Y. (2020). Digital classification of land use change in Al-Kufa District using remote sensing and geographic information systems (Unpublished doctoral dissertation). College of Arts, University of Al-Qadisiyah.
- Lu. & Q. Weng, A survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance, International Journal of Remote Sensing, Vol 28, No 5, 2007.
- Abdel-Fattah, A. S. (2017). Evaluation of satellite imagery classification methods for studying urban change in Al-Behira Governorate (Unpublished doctoral dissertation). College of Arts, Cairo University.
- Al-Hamdani, M. R. S. (2020). Using remote sensing techniques in land cover and land use classification in Al-Kufa District (Unpublished doctoral dissertation). College of Arts, University of Thi-Qar.
- Al-ahmadi. F. S. And. Hames a. S, Comparison of four Classification Methods to Extract land use and land Cover from Raw Satellite Images for Some Remote Arid areas, kingdom of Saudi Arabia, Jkau; Earth sci., 2009.
- Jensen, J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson, 2005.
- Qasim, O. S., & Al-Wazzan, M. A. M. (2018). Enhancing the performance of support vector machine classification using the genetic algorithm. Rafidain Journal of Computer Sciences and Mathematics, 12(2).