# تحسين التّصنيف الآلي المُراقب للصور الفضائيّة المُتأثرة بالضباب

آلاء محمد جبري.[1] إشراف: أ.م.د: أسماء الفوّال.[2]

جامعة دمشق– كلية الآداب والعلوم الإنسانيّة– د.م. محمّد علاء شعلان.[3] قسم الجغرافية.

**ملخص**

تؤثر الظروف الجويّة السّائدة أثناء التقاط الصور الفضائيّة كوجود الغيوم والضباب على جودة الصور الفضائيّة ووضوحها، مما ينعكس على دقّة نتائج التّصنيف الآلي لهذه الصور. حيث أن الغيوم تؤدي لطمس معالم الصورة وتحول دون امكانية تفسيرها. كما أن الغيوم الرقيقة والضّباب يُسبب تشويشاً في الصورة ويقلل من وضوحها.

يتناول هذا البحث الأثر السّلبي للضّباب على تصنيف المشاهد الفضائيّة من خلال مثال تطبيقي على صورة فضائيّة لمنطقة الدراسة الواقعة في جنوب شرق دمشق مُلتقطة بتاريخ 2020/1/31م، بواسطة التّابع الصّناعي Sentinel–2. تظهر في المشهد المستخدم بعض الغيوم والضباب مما يقلل من وضوح المشهد.

تمَّ تصنيف المشهد تصنيفا مراقبا وتم حساب دقة التصنيف حيث لم تكن النتيجة مرضية تماما. لذا تم تطبيق عملية تقليل الضّباب (Haze Reduction)، وإعادة التصنيف. من خلال مقارنة نتائج التصنيف قبل إجراء عملية تقليل الضباب وبعدها ليتبيّن التحسّن الملحوظ بدقّة التّصنيف المُراقب.

**الكلمات المفتاحية:** المشاهد الفضائية– التصنيف المُراقب– تقليل الضباب.

[1] : طالبة دكتوراه في الخرائط ونظم المعلومات الجغرافية- قسم الجغرافية- كليّة الآداب والعلوم الانسانيّة- جامعة دمشق.

[2] : أستاذة مساعدة في قسم الجغرافية- كليّة الآداب والعلوم الانسانيّة- جامعة دمشق.

[3] : باحث في الدّراسات العمرانيّة لدى الهيئة العامّة للاستشعار عن بُعد- الصبّورة- ريف دمشق.

# Improve Automatic Supervised Classification of Fog-Affected Sattelite Images

Prepared by: Alaa Muhammad Jabri.[1]
[2]Under the supervision of Prof. Asmaa El Fawal.[2]
Dr.Eng. Muhammad Alaa shalan.[3]

**Abstract**

The weather conditions prevailing during the capture of satellite images, such as cloudiness and fog, affect the quality and clarity of these images. Thus, the accuracy of automatic classification of these images will be reduced, especially within areas blurred by clouds. These will cause distortion in the image radiometric values and reduce its clarity and ability for interpretation.

This research presents the negative effect of thin clouds and fogs on satellite image's classification for an area in the neighborhood of southeastern Damascus. A supervised classification was conducted on Sentinel-2 image. The obtained accuracy was not satisfactory due to presence of some thin clouds and haze affecting the image's clarity.

The same image was pre-processed by applying a haze reduction operation and then reclassified and its classification's accuracy was recalculated. The result shows a clear improvement in the classification's accuracy of satellite's image.

**Key words:** Satellite images − Haze reduction− Supervised classification.

1: PhD student in Maps and Geographic Information Systems - Department of Geography - College of Arts and Human Sciences - University of Damascus.
2: Assistant Professor in the Department of Geography - Faculty of Arts and Humanities - Damascus University.
3: Researcher in urban studies at the General Authority for Remote Sensing, Al-Sabboura, Damascus Countryside.

**المقدمة:**

تزايدت في الآونة الأخيرة التقانات والتّطبيقات المتعددة في معالجة البيانات الفضائيّة ودراسة خصائصها في مختلف مجالات الاستشعار عن بُعد وتطبيقاته كدراسة استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي والتطبيقات الجيولوجية والجيومرفولوجية والمورفولوجيا وغيرها من التّطبيقات التي باتت تعتمد بشكل أساسي على معطيات الاستشعار عن بُعد المتنوّعة. حيث تُعدّ المشاهد الفضائيّة أفضل مصدر للبيانات لتمكين المهتمين بتنفيذ دراساتهم المتنوعة في تطبيقات الاستشعار عن بُعد. تتميّز المشاهد الفضائية بتنوّع كبير من حيث النّوع (طيفي–راداري...) ومن حيث قدرات التمييز المكانيّة والطّيفيّة. كما أن طرق المعالجة الرّقميّة وتقاناتها المتعدّدة أعطت إمكانيّة كبيرة لاستخلاص وتفسير معلومات المشاهد وفقاً للهدف المطلوب[1] PP.193-208، كتقنيّة تصنيف الغطاء الأرضي التي تُعدّ أحد أهم التطبيقات لمعطيات الاستشعار عن بُعد[2] ص: 472، والتي تتم من خلال تحويل عناصر المشهد (Pixels) لأصناف من غطاء الأرض بشكل آلي اعتماداً على التّركيبات المختلفة للقيم الرّقميّة(Numbers Digital) في المشهد الطيفي. حيث تختلف هذه القيم وفقاً لخصائص السمات الأرضيّة المتنوعة التي تمثّلها وانعكاسيتها الطّيفيّة الخاصّة بها والتي تدعى البصمة الطيفية (Spectral Signature).

تتأثر عمليّة التصنيف الآلي للغطاء الأرضي بشكل كبير بمدى وضوح الصّورة وتأثرها بالظروف الجويّة السائدة أثناء التقاط الصّورة كتواجد الغيوم أو الضباب، لذلك يتم إجراء سلسلة من عمليات المعالجة الرقميّة على الصّورة لإزالة أو تقليل الأثر السلبي لها على الصّورة الملتقطة، للحصول على تصنيف آلي أكثر دقّة للصّورة الفضائيّة.

**مشكلة البحث وأهميّته:**

قد يضطر الباحث أحياناً لاستخدام صورة فضائيّة بتاريخ محدد لدراسة أو مراقبة ظاهرة معيّنة من الظواهر الجغرافيّة، في فترة زمنية محددة وقد يصحب هذه الفترة الزمنية أجواءً غائمة أو ضبابيّة تؤثر بشكل سلبي على وضوح الصورة الفضائية المُلتقطة في تلك الأثناء، حيث يؤثر الضباب على خصائص بيانات الاستشعار عن بعد ويمكن أن

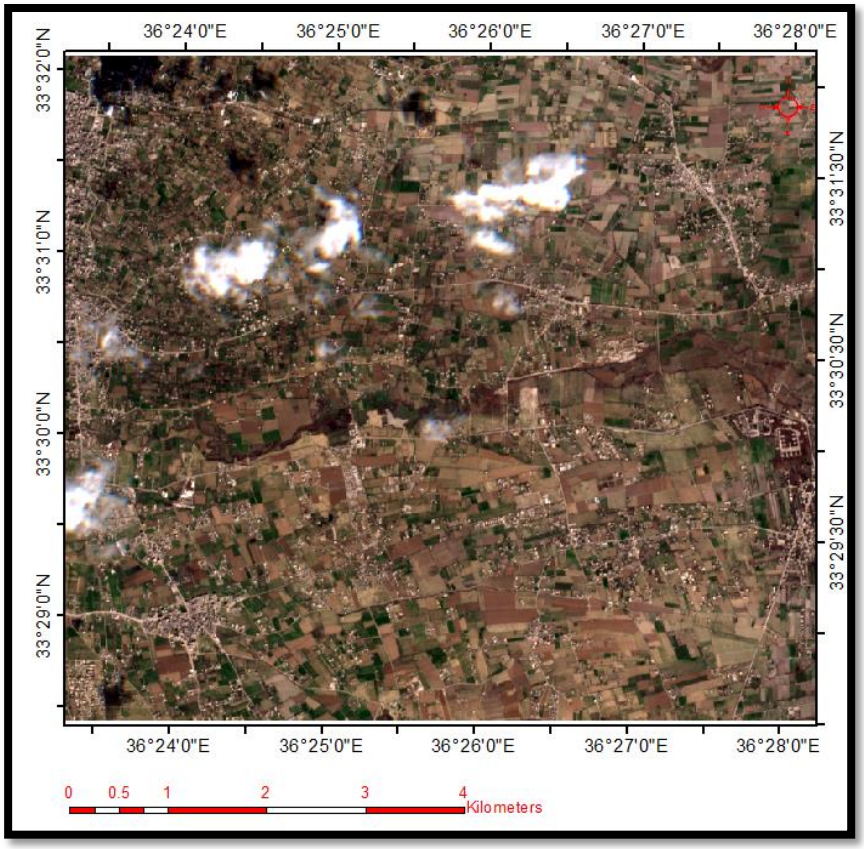
يتسبب بانخفاض كبير في دقة نتائج مراحل المعالجة (مثل التصنيف) [3] و[4] و[5]، من هُنا جاءت فكرة البحث وأهميّته في اقتراح منهجيّة من عدة خطوات تُساعد على تحسين الصّورة والتقليل من أثر الضّباب على نتائج تصنيف المشاهد الفضائية المتأثرة بهذه الظاهرة الجوية.

**فرضيّات البحث:**

تُساعد عمليّات معالجة الغلاف الجوي وتقليل الضّباب (Haze Reduction) المطبقّة على الصّور الفضائيّة في تحسين دقّة نتائج التّصنيف الآلي المُراقب.

**حدود البحث الزمانيّة والمكانيّة:**

طُبّق البحث على صورة فضائيّة مُلتقطة بواسطة التابع الصُّنعي (Sentinel-2) وبقدرة تمييز مكانية (10) متر، تعود لتاريخ 2020/1/31م، لمنطقة واقعة جنوب شرقي مدينة دمشق، تمتد إحداثياتها الجغرافية بين خطي طول ً36,22,00َ و ً36,28,00َ شرق غرينتش، ودائرتي عرض ً33,28,00َ و ً33,32,00َ شمال خط الاستواء.




**الصّورة (1): صورة فضائيّة مُلتقطة بواسطة التابع الصّنعي (Sentinel-2) لمنطقة جنوب شرق دمشق،**

**بتاريخ 2020/1/31م (قبل إجراء عمليّة تقليل الضّباب).**

## مصطلحات البحث وتعريفاته الإجرائيّة:

**الضباب (Haze):** *تعليق لقطرات من الماء صغيرة جدا، وتكون عادةً مجهرية، في الهواء مما يقلل من مدى الرؤية على سطح الأرض [6].*

**التصنيف المراقب Supervised classification:** يعتمد التّصنيف المراقب على معلومات عن الخصائص الطيفيّة لغطاء الأرض في المنطقة يتم جمعها مسبقاً من خلال الزيارات الميدانيّة والخرائط، حيث يقوم مُصنّف الصورة الطيفية باختيار مناطق عيّنات تّدريب (Training area) وذلك لكلّ ظاهرة أو صنف من أصناف غطاء الأرض المتمايزة في منطقة الدراسة بحيث تكون هذه العينات ممثلة للأهداف المراد تصنيفها

وذلك بهدف وضع دليل تفسير رقمي يصف الخصائص الطيفيّة لها[7]، ثم يتم حساب معاملات إحصائيّة من بيانات مناطق التّدريب ومقارنة مجموعة قيم الأعداد الرّقمية الطيفية لكل عنصر من الصورة مع هذه المعاملات الإحصائيّة فإذا وافقت الخصائص الطيفية لأحد غطاءات الأرض يتمُ نسب عنصر الصورة المدروس لهذا الغطاء، وبذلك يتم تصنيف كافة بيكسلات الصورة تصنيفاً مُراقباً.

**الإطار النظري للبحث:**

يُعرّف الاستشعار عن بُعد بأنه مجموعة من الوسائل والطرق العلميّة التي يمكن بواسطتها الحصول على المعلومات عن أهداف محددة من مسافات بعيدة دون الاتصال المباشر مع هذه الأهداف، وتعتمد هذه التقانة على أجهزة تسمى مستشعرات تتحسس أطوال أمواج معينة من الأشعة الكهرومغناطيسية، وتكون هذه المستشعرات محمولة على متن الأقمار الصنعيّة بحيث تقوم بقياس الطاقة الكهرومغناطيسية المُنبعثة من الأهداف الأرضية وتخزينها ثم إرسالها لمحطات الاستقبال الأرضية على شكل مشاهد فضائية بهدف رصد المظاهر والأنشطة الطبيعية والاصطناعية بشكل دوري على سطح الأرض.
وتختلف صور التّوابع الصّنعيّة من حيث دقّة التمييز المكانية (أبعاد عنصر الصّورة) Pixel وهي مساوية لأبعاد أصغر هدف يمكن تمييزه على الصّورة الفضائيّة. في هذا البحث تم استخدام صورة فضائية بقدرة تمييز مكاني متوسطة تصل إلى (10متر) مُلتقطة بواسطة التابع الصّنعي Sentinel-2.

هذا وتحتاج البيانات الأولية (الخام) للمستشعرات لإجراء عدة عمليات تصحيحية للبيانات الأولية يطلق عليها المعالجة الأولية للبيانات (Preprocessing) قبل الشروع في تحسين البيانات واستخلاص المعلومات منها، وذلك للتخلص من التشوهات الناتجة عن عوامل عديدة كالغلاف الجوي وتأثيره على الأشعة المستقبلة بواسطة المستشعر، وحركة الجهاز المستشعر والمنصة الحاملة له أثناء عملية المسح لالتقاط المشهد، كما تحتاج الصور متعددة الأطياف لتجميع المجالات الطيفية في ملف واحد واقتطاع المنطقة المُراد دراستها للتقليل من حجم البيانات المطلوب مُعالَجتها.

**الدراسات السابقة:**

تزايد في الآونة الأخيرة اهتمام الباحثين في سبُل تطوير التّصنيف الآلي للصور الفضائيّة وأساليب الذكاء الاصطناعي، من خلال التطرّق لعمليات المعالجة المكانية والطّيفية بعد أن كانت تقتصر معظم الدّراسات الاستشعارية على استخدام التّفسير البصري في تصنيف الصّور الفضائيّة، وقد أُجريت عدّة دراسات حاول من خلالها الباحثون إجراء تحسينات على التّصنيف الآلي للصور الفضائيّة باستخدام عمليات معالجة رقميّة مُختلفة، نذكر من هذه الدّراسات:

**أ- الدّراسات العربيّة:**

- دراسة (منّاع أحمد عيسى، 2017، سورية)، بعنوان "**تطوير طريقة لزيادة دقة التصنيف الآلي لاستعمالات الأراضي باستخدام (RS- GIS) مركز ناحية السويداء أنموذجاً**" حيث قام الباحث خلالها بإنشاء مكتبات طيفيّة تستند إلى القياسات الراديومتريّة لمعظم الأهداف الموجودة، ثمَّ تطبيق هذه القياسات مع القرائن الطيفيّة المشتقّة منها في منهجيّة إحصائيّة للعتبات الحديّة ضمن شجرة قرار في تصنيف استعمالات الأراضي من الصورة الفضائيّة في منطقة البحث، وقد اقترح الباحث إمكانيّة تعميمها على أراضي الجمهوريّة العربيّة السّوريّة لإعداد خرائط استعمالات الأراضي وتحديثها بشكل دوري.

- دراسة (أنس الفحّام، عيد العبّود، مجد الدين العلي، 2017، سورية)، بعنوان "**تحسين تطبيق خوارزميات التّصنيف غير المراقب على صور الاستشعار عن بُعد باستخدام تقنية تحليل المركبات الأساسيّة**" لجأ فيها الباحثون إلى تشكيل المكعبات الطّيفية التي تعتمد على إنتاج صور ثلاثية الأبعاد ببعدين مكانيين (جغرافيين) وبُعد ثالث يُمثّل الأطوال الموجيّة المُختلفة لحلّ مشكلة التشابه في ألوان وأشكال المشاهد المصوّرة عند تحليل مكونات الصّورة وتسهيل عملية تصنيف محتويات الصور وتمييز العناصر المتشابهة فيها وحساب نسبتها في الصورة باستخدام أقل عدد من الحزم الطيفيّة، وقد استخدم الباحثون خوارزميّة التّصنيف غير المراقب (K-means) لإجراء التّصنيف الكمّي والنّوعي لمحتويات الصّور الطيفيّة وذلك بعد تخفيض أبعاد المكعّب الطيفي باستخدام تحليل المركبات الأساسيّة (PCA)، وكانت النتيجة أنه من الممكن تخفيض

أبعاد المكعّب الطيفي دون التّأثير على المعلومات الأساسيّة للصّورة وبالتّالي التّخفيض من التّعقيد الحسابي والبرمجي بالإضافة إلى إمكانيّة التّعرّف على محتويات الصور وتصنيفها نوعاً وكمّاً بأقل عدد من الحزم.

– دراسة (فاتن عزيز مصطفى، تور كان أحمد خليل، الماس أحمد خليل، 2008، العراق)، بعنوان "**تمييز المظاهر الأرضيّة باستخدام التّحويل المويجي**" والتي تضمنّت دراسة تقنية التحويل المويجي وتطبيقه في إبراز معلومات حزم البيان الفضائي لمنطقة سد الموصل واستخراج المظاهر الأرضية لهذه المنطقة بتطبيق خوارزمية التّصنيف المراقب (Mahalanobis Distance) على الحزم النّاتجة، حيث أظهرت نتائج التّصنيف للصور النّاتجة من مرحلة التّحويل المويجي دقّة عالية للصورة مقارنة بنتائج التّصنيف للصور الأصلية غير المحسّنة باستخدام التّحويل المويجي.

**ب– الدراسات باللغة الأجنبيّة:**

– دراسة **لبّان، وعبد اللطيف وآخرون. Laban, Abdel latif, and other. (2018)**

**بعنوان: "Performance Enhancement of Satellite Image Classification Using a Convolutional Neural Network"**

تحسين أداء تصنيف صور الأقمار الصّناعيّة باستخدام الشبكان العصبيّة التلافيفية (CNNs).

وقد تناولت هذه الدّراسة تقييم التأثير الناتج عن تخفيض العيّنات حسب مقياس الصورة على عملية التمييز باستخدام خوارزميات الشبكة العصبية CNNs لتصنيف المشهد الفضائي بدون التأثير بشكل مباشر على دقّة التصنيف، وقد أُجريت التجارب على صور مختلفة المقاييس ومجموعة بينات استشعاريّة مُختلفة، ونجحت الطريقة المقترحة في تحسين نتائج التّصنيف دون الحاجة لاستخدام المقاييس الأصلية بشكل مُباشر.

– دراسة **العبّادي ومهدي ورستم، El Abbadi, Mahdi, Rustum(2017)**، العراق.

بعنوان **"Single Image Haze Removal via Accurate Atmosphere Light"**

اقترحت هذه الدّراسة صيغة جديدة لتعزيز التباين المحلي للصورة، حيث تم تطبيق الطريقة المقترحة على أكثر من 3000 صورة ضبابية، وقياس جودة الصور باستخدام العديد من معايير الجودة (الجودة المرجعية والجودة العمياء)، وقد نتج عن الطريقة المقترحة نتائج جيدة مقارنة بالطرق الأخرى.

– دراسة (**Alesheikh ،1992م**) جامعة الطوسي للتكنولوجيا.

بعنوان:

"**Improving Maximum Likelihood Classification Accuracy Using A–priori probability**"

"تحسين التصنيف بأسلوب الاحتمالية العظمى باستخدام الاحتمالية المسبقة "

استخدم الباحث التفسير البصري وطرق التصنيف الآلي المختلفة للصور الفضائية وتوصل إلى أنّ التصنيف الآلي اعتمادا فقط على الانعكاس الطيفي لعناصر الصورة لا يعتبر كافياً في بعض المناطق حيث استخدام طريقة تصنيف الاحتمال الأعظمي (MLC) بهدف تحسين دقّة التصنيف الأراضي الزراعية في شمال غرب إيران.

**منهج البحث وإجراءاته:**

اعتمد البحث عدّة طرق ومناهج لوصف وتحليل ومعالجة مشكلة البحث وعرضها ومن ثم تحليل ومقارنة النتائج وهي:

– **الطرق الاستشعاريّة (Sensing Ways)**: يعمل البحث على تحليل مشهد فضائي لمنطقة واقعة جنوب شرقي دمشق متأثرة بالضّباب ومُلتقطة بواسطة التابع الصُّنعي (Sentinel–2) وبدقّة تمييز مكانية تصل إلى (10) متر، ومعالجتها من خلال

الاعتماد على برامج تحليل الصور الفضائيّة (Image Processing Programs) ومن ثم تصنيفها من خلال تطبيق خوارزمية (Maximum likelihood) تصنيفاً مُراقباً، وإجراء عمليّة اختبار الدّقّة (Accuracy Assessment) قبل معالجة الصورة من الضّباب. تم بعد ذلك تطبيق عمليّة تقليل الضّباب (Haze reduction) وإعادة عمليّة التّصنيف واختبار دّقة التصنيف، والمقارنة بين نتائج التّصنيفين لتقدير مدى التّحسّن في دقة التّصنيف بعد معالجة المشهد للتقليل من أثر الضّباب.

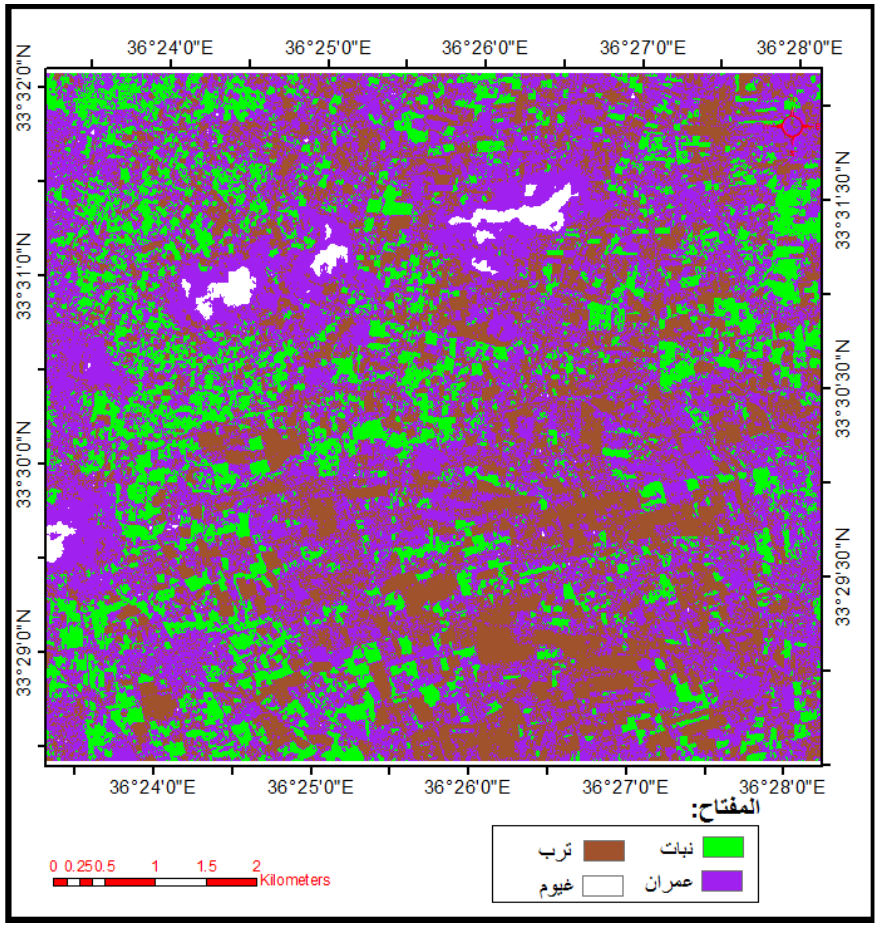
- **منهج البحث الكارتوغرافي (Cartographic Method):** يعتمد البحث على المنهج الكارتوغرافي بشكل أساسي لعرض نتائج تصنيف الصّورة الفضائية قبل وبعد معالجتها من الضّباب، من خلال إخراجها على شكل خرائط لتوضيح هذه النتائج والحصول على المعلومات الممكن استنباطها من المشهد، والمساعدة على تكوين تصوّرات كاملة عن موضوع البحث ومراحله وتحليلاته ونتائجه، وللتمكّن من إجراء المقارنة بين نتائج التصنيف بدون أو مع إجراء معالجة المشهد لتقليل أثر الضباب.

- **منهج البحث المُقارن (Comparative Research Methodology):** تم من خلال البحث إجراء مقارنة بين نتائج التّصنيف المُراقب للصورة الفضائيّة قبل إجراء عملية تقليل الضّباب وبعدها، لمعرفة وتقدير مدى التحسّن في نتائج تصنيف المشهد الفضائيّ في حال تطبيق عمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction) على المشهد.

**عرض البحث والمناقشة والتحليل:**

بعد الحصول على الصورة الفضائية الخام من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية المُلتقطة بواسطة التابع الصُّنعي (Sentinel-2) لدمشق ومحيطها تم اقتطاع منطقة الدراسة من الصورة لتسهيل عمليات المعالجة فيما بعد، ثم جُمّعت القنوات الطيفية للصورة متعددة الأطياف بإجراء عملية (Layer stack)، وتصحيح الصورة راديومترياً لإزالة تشويش الغلاف الجوي وتحويل القيم الرّقميّة لخلايا الصّورة إلى قيم انعكاسيّة باستخدام برنامج (Quantum GIS 3.10.1) لمعالجة وتحليل قواعد البيانات الجغرافيّة ومعطيات الاستشعار عن بُعد.

ثم تمّ تصنيف الصّورة الفضائيّة باستخدام برنامج (Erdas Imagine2014) تصنيفاً مُراقباً معتمداً على خوارزميّة تقدير الاحتمال الأعظمي (Maximum likelihood) لأنّها أثبتت كفاءة أفضل في نتائج عمليّة التّصنيف مقارنةً بالطّرق الأخرى، وقدّ تمَّ تدريب هذه الخوارزمية على عيّنات لاستخدامها في عمليّة التّصنيف وذلك من خلال تسجيل البصمات الطيفية لكل فئة من فئات التّصنيف باستخدام أداة (Signature editor)، حيث تم اعتماد أربعة أصناف رئيسية تمثل: 1-النبات، 2-الترب (وتضم المساحات الجرداء أو المناطق الغير مزروعة)، 3-العمران، 4-الغيوم.

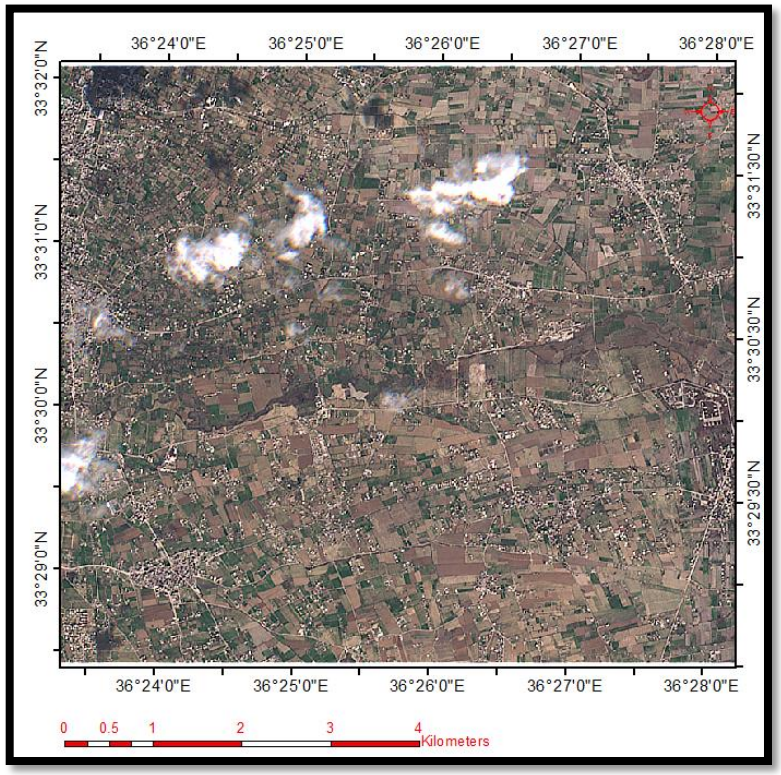



**الخارطة(1): التّصنيف المُراقب للصّورة الفضائيّة المُتأثرة بالضباب**

**قبل إجراء عمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction).**

بعد إجراء عمليّة التّصنيف المُراقب للصورة الفضائيّة المُتأثّرة بالضّباب تمّ تقييم دقّة التّصنيف (Accuracy Assessment)، وذلك من خلال إضافة (50) نقطة لإجراء التحقق الحقلي موزّعة بشكل عشوائي على كامل المنطقة المدروسة، وإجراء مُقارنة بين نتائج التّصنيف الآلي والغطاء المرجعي للمناطق التي تمثلها كل نقطة من هذه النقاط، وتم حساب الدقّة الإجمالية (Overall Accuracy) لنتيجة التّصنيف الآلي لهذا المشهد الفضائي قبل إجراء عمليّة تقليل الضّباب، حيث بلغت نسبة الدّقة الإجمالية للتّصنيف (54%) فقط مما يؤكّد الأثر السّلبي للضباب على نتائج التّصنيف الآلي للصورة.

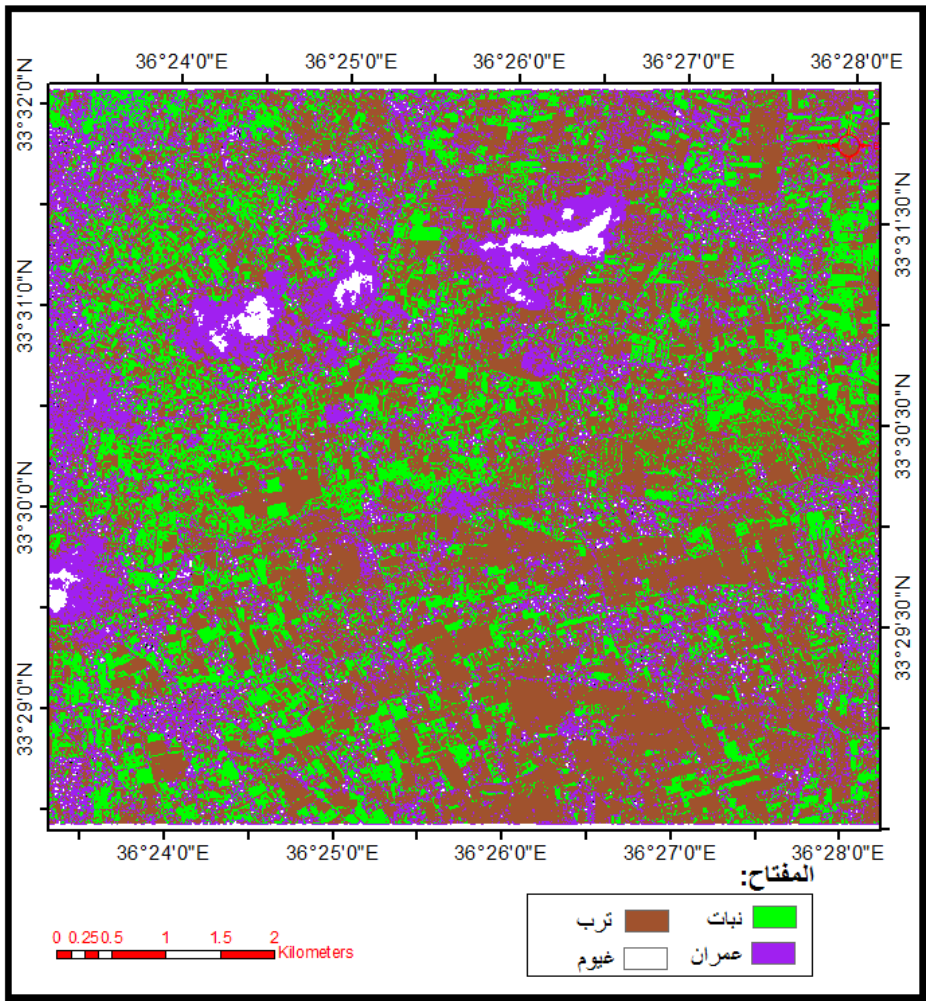
بعد ذلك تمَّ تطبيق عمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction) على الصّورة المُتأثرة بالضّباب باستخدام برنامج مُعالجة الصّور الفضائيّة (Erdas Imagine).




**الصّورة (2): صورة فضائيّة مُلتقطة بواسطة التابع الصّنعي (Sentinel-2) لمنطقة جنوب شرق دمشق**

بتاريخ 2020/1/31م (بعد إجراء عمليّة تقليل الضّباب).

وإعادة تصنيف الصورة تصنيفاً آليّاً مُراقباً باستخدام خوارزمية التّصنيف المُستخدمة سابقاً وهي خوارزمية تقدير الاحتمال الأعظمي (Maximum likelihood) وتدريبها مُجدداً على نفس مناطق عينات التدريب المستخدمة سابقا ولكن باعتماد البصمات الطّيفية الجديدة لأصناف غطاء الأرض في المشهد الفضائي بعد مُعالجتها من الضباب.




الخارطة(2): التّصنيف المُراقب للصّورة الفضائيّة المُتأثرة بالضباب

بعد إجراء عمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction).

تم تقييم دقّة نتيجة التّصنيف الآلي الجديد بعد مُعالجة الصّورة من تأثير الضّباب باستخدام نقاط التحقّق الحقلي الخمسون الموّزعة سابقاً على أرجاء الصّورة. وتبين أن دقة التصنيف قد ارتفعت بشكل ملحوظ حيث بلغت دقّة التّصنيف الآلي المُراقب للصّورة الفضائيّة المعالجة نسبة (92%).

**خاتمة البحث ونتائجه:**

ختاماً فقد تبيّن من خلال البحث أنَّ عمليات المعالجة الرّقميّة للصور الفضائيّة بشكل عام وعمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction) بشكل خاص، تُساهم في زيادة نسبة دقّة التّصنيف الآلي للصور الفضائية بشكل ملحوظ، مما يؤكد أهميّة وكفاءة هذه العمليّة في تحسين نتائج تصنيف الصّور الفضائيّة المُتأثّرة بالضباب، وخلص البحث لعدة نتائج أهمها:

1 – تُساهم عمليّات المُعالجة الأوليّة للصّور الخّام قبل الشروع في تحسين البيانات واستخلاص المعلومات منها، في التخلّص من التشوهات الناتجة عن عوامل عديدة كالغلاف الجوي وتأثيره على الأشعة المستقبلة بواسطة المستشعر، وحركة الجهاز المستشعر والمنصة الحاملة أثناء التقاط المشهد، وتساهم عملية تحويل القيم الرقمية لعناصر الصّورة إلى قيم الانعكاسيّة عند سطح الأرض بتحسين المشهد وبالتّالي الحصول على نتائج تصنيف أكثر دقّة.

2– أظهرت خوارزمية التصنيف بطريقة الاحتمال الأعظمي (Maximum Likelihood) كفاءة عاليّة في تصنيف الصّورة الفضائيّة المُستخدمة وكانت نتائجها الأفضل مقارنة بنتائج خوارزميات التّصنيف الأخرى.

3– ساعدت عمليّة تقليل الضّباب (Haze Reduction) في تحسين نسبة دقّة تصنيف الصّورة المُتأثرة بالضّباب بشكل كبير حيث ارتفعت من (54%) قبل إجراء عمليّة تقليل الضّباب إلى (92%) بعدها، أيّ أنها حسّنت من التّصنيف الآلي للصورة الفضائيّة بنسبة (38%)، الأمر الذي يؤكدّ ضرورة تطبيقها قبل الشروع في تصنيف الصّور الفضائيّة المُتأثرة بالضباب للحصول على نتائج أفضل.

**المصادر والمراجع:**

[1] RICARDS, A. and JIA,X.,2006. -Remote Sensing Digital Image Analysis, An introduction. Springer-Verlay,4th edition. Berlin Heidelberg،431p .

[2] ALDAGHSTANY. N, 2004.-The Remote sensing -basics and applications. Dar Almanaheg, 474p.(In Arabic).

[3] AHMAD.A, and QUEGAN.S, 2013.Comparative analysis of supervised and unsupervised classification on multispectral data, Applied Mathematical Sciences, 7(74) (2013), 3681 – 3694.

[4] AHMAD.A, and QUEGAN.S, 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data, Applied Mathematical Sciences, vol.6 . 6425 –6436.

[5] AHMAD.A,2012. Analysis of Landsat 5 TM data of Malaysian land covers using ISODATA clustering technique, IEEE Asia Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE) , vol.7. 92 – 97.

[6]International Cloud Atlas, World Meteorological Organization, Weather- Climate- water, *Technical Regulations (WMO-No. 49*), 2017 Edition.

[7]LILLESAND.T, and KIEFER.W, 1994.-Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 750p.