

تقييم خوارزميات انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته اعتماداً على صور الاستشعار عن بعد

د.م. أيمن عبد المنعم دالاتي *

الملخص

يهدف البحث المقدم الى تسليط الضوء على أهمية الاستشعار عن بعد كتقنية سهلة، سريعة ومنخفضة التكلفة في انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته وتحويل كم كبير من البيانات الى معلومات واتاحتها وجعلها قابلة للاستخدام بطريقة مفيدة لصانعي القرار وخصوصاً في مجال إدارة الأراضي و استخداماتها المختلفة.

يركز البحث المقدم على أهم طرق التصنيف لصور الاستشعار عن بعد والمستخدمة في إنشاء خرائط الغطاء الأرضي وتقييم فعاليتها وكفاءتها، كما يدرس أهم الخوارزميات المطبقة لكشف التغيرات الحاصلة مع مرور الزمن .

تم اختيار منطقة الدراسة مدينة طرطوس، حيث تم تجميع وتحميل البيانات اللازمة للدراسة من صور فضائية وغيرها من البيانات، وقد تم الاعتماد على بيانات القمر الصناعي لاندسات Landsat 5,7,8 .

تم مقارنة ثلاث طرق مختلفة من خوارزميات التصنيف وتقييم دقتها: طرق التصنيف القائم على البيكسل ومنها طريقة التصنيف غير المراقب (k means) (اذ تعتبر من أشهر خوارزميات التجمعات العنقودية إضافة الى أدائها الأفضل من الخوارزميات الاخرى في معالجة قواعد البيانات الضخمة)، طريقة التصنيف المراقب بالاحتمالية العظمى، وطرق التصنيف القائم على الكائن.

تم اختبار عدة خوارزميات للكشف عن التغيرات الحاصلة مع مرور الزمن، كطريقة Matrix union وأيضاً خوارزميات الدلتا كيو DeltaCue المدمجة ضمن برنامج إيرداس إيماجين والمعتمدة على طريقة فروق الصور، تبين النتائج أهمية وفعالية وأفضلية طرق التصنيف المعتمدة على الكائن في انشاء خرائط الغطاء الأرضي، وتبين ميزات كل طريقة من طرق كشف التغيرات.

* Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering, AlBaath University, Homs, Syria.

Evaluation of algorithms for land cover maps creation and change detection based on remote sensing images

Dr.Eng. Ayman Adbdel-Monaem Dalati*

Abstract

The presented research aims to clarify the importance of remote sensing as an easy, fast and low-cost technique in land cover map creation and in changes detection, converting a large amount of data into information, making it available and making it usable in a useful way for decision makers, especially in the field of land management and its various uses.

The presented research focuses on the most important classification methods for remote sensing images used in creating land cover maps and evaluating their effectiveness and efficiency. It also studies the most important applied algorithms to detect changes over time.

The study area was chosen in the city of Tartous, where the necessary data for the study were collected and downloaded as satellite images and other data.

Three different methods of classification algorithms were compared and their accuracy evaluated: pixel-based classification methods including unsupervised classification method **k means**, (It is considered one of the most famous clustering algorithms, in addition to its better performance than other algorithms in processing huge databases), supervised classification method by maximum likelihood, and object-based classification methods.

Several algorithms were tested to detect changes over time, such as the Matrix union method, as well as the DeltaCue algorithms integrated within the Erdas Imagine program and based on the image differences method. The results show the importance, effectiveness and preference of object-based classification methods in creating land cover maps, and show the advantages of each change detection method.

Key Words: Remote sensing, Change detection, classification algorithms.

1. مقدمة

تعتبر دراسة تغيرات الغطاء الأرضي من الدراسات الهامة جداً، وخصوصاً في ظل التغيرات البيئية الكبيرة الناتجة عن التغيرات المناخية والاحتباس الحراري والكوارث الطبيعية بالإضافة للتغيرات الناتجة عن أنشطة الإنسان غير السليمة.

إن الاعتماد على تقنيات حديثة في انشاء خرائط الغطاء الأرضي كتقنية الاستشعار عن بعد يساعد على توفير بيانات حديثة يمكن من خلالها دراسة الغطاء الأرضي، وانشاء خرائط تساعد صناع القرار والمخططين على اقتراح استخدام أنماط جديدة للأراضي، كما تساهم في معالجة المشاكل أو تحسين الوضع الحالي لأنماط استخدامات الأراضي والارتقاء به.

يستخدم الاستشعار عن بعد في مراقبة الأرض ورصد مدى التغير البيئي والتغير في الغطاء الأرضي من خلال العديد من الأقمار الصناعية التي تدور لمراقبة الأرض عن بعد، وتحتوي على مستشعرات حساسة تقيس مقدار أشعة الشمس المنعكسة عن سطح الأرض من خلال مجموعة من الحزم الضوئية التي تشكل أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي و التي تستطيع اجتياز الغلاف الجوي والوصول إلى سطح الأرض ومن ثم الانعكاس والتقاطها بواسطة مجسات الأقمار الصناعية: سواء الأشعة المرئية أو الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة المكونية [1].

في هذه الدراسة سوف نعمل على الاستفادة من التقنيات المتقدمة للاستشعار عن بعد في دراسة تغيرات الغطاء الأرضي الحاصلة على منطقة الدراسة والتي تشمل مدينة طرطوس، وذلك خلال الأعوام 1987 ، 2000 حتى سنة 2017، أي خلال 30 عاماً. سوف نعتمد على الصور الفضائية لاندسات المأخوذة خلال هذه الأعوام ومن مجسات مختلفة مثل :

Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus(ETM+),
Operational Land Imager (OLI)

ستتم معالجة صور الأقمار الصناعية لاندسات وانشاء خرائط الغطاء الأرضي ضمن برنامج معالجة صور الاستشعار عن بعد إيرداس إيماجين 2014 وبرنامج eCognition، وسيتم تصدير النتائج وعرضها ضمن برنامج ArcGIS وهو أحد أهم برامج أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS).

2. هدف البحث وأهميته

الهدف الرئيسي من هذه الورقة البحثية هو اختبار أهم طرق انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته عن طريق صور الاستشعار عن بعد، حيث تمثل هذه الصور مصدراً شاملاً وزهيد الثمن للبيانات على شكل صور للأرض. من هنا لا بد من البحث في الخوارزميات المختلفة للتصنيف وخوارزميات كشف التغيرات ومقارنة دقتها واختيار أفضلها، مما يسهل الاستفادة من هذه البيانات في مجالات مختلفة.

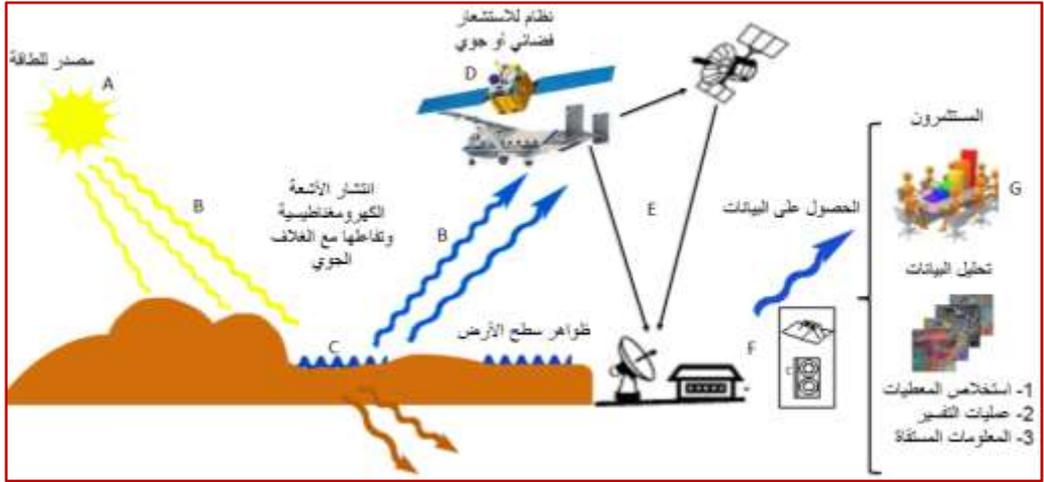
أهمية خاصة للبحث تكمن في تقديم دليلاً علمياً هاماً لاختيار أفضل الطرق في مراقبة تغييرات الغطاء الأرضي وبالتالي مساعدة صناع القرار والمخططين في العديد من المجالات.

3. مواد وطرائق البحث

1.3 الاستشعار عن بعد

الاستشعار عن بعد " Remote Sensing " من العلوم الحديثة نسبياً والتي تطورت بسرعة فائقة، وقد ساهم الكم الهائل من البيانات المرسله من الأقمار الصناعية والطائرات، بالإضافة للدقة العالية لهذه المعلومات في التقدم الكبير في هذا المجال، وجعلته يصبح من العلوم الأساسية المستخدمة في حل ودراسة الكثير من القضايا والمشاكل المتعلقة بالأرض والمناخ والموارد الطبيعية، وذلك من خلال المعالجة الرقمية لهذه المعلومات.

يقصد بالاستشعار عن بعد مجموع العمليات التي تسمح بالحصول على معلومات عن شيء ما دون أن يكون هناك اتصال مباشر بينه وبين جهاز التقاط هذه المعلومات. ويعرف الاستشعار عن بعد هو ذلك العلم الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الأشياء الأرضية أو من الجو أو من مياه البحر والمحيطات في التعرف عليها. كما يمكن النظر للاستشعار عن بعد على أنه مجموعة الوسائل، من الطائرات، أو أقمار صناعية أو بالونات، و أجهزة التقاط البيانات، و محطات الاستقبال، و مجموعة برامج معالجة البيانات المستقبلية التي تسمح بفهم المواد والظواهر عن طريق خواصها الطيفية. ويبين (الشكل 1) تسلسل عمليات الاستشعار عن بُعد. حيث تعتمد الفكرة الأساسية لجمع وتفسير البيانات حول سطح الأرض على تفاعل فيزيائي يحدث بين أشعة الشمس أو الأشعة الصادرة من القمر الصناعي الفعال والساقطة على مظاهر سطح الأرض وهذه المظاهر ذاتها [1].



الشكل 1: صورة ذهنية مبسطة عن علم الاستشعار عن بعد توضح مكوناته الأساسية

يعد الهدف الأول للاستشعار عن بعد هو تمكين الهيئات المسؤولة عن التخطيط في دولة ما من إدارة مواردها الطبيعية و استخدامها بشكل فعال، فهي وسيلة أسرع وأدق وأقل تكلفة من الأساليب التقليدية المعتمدة حالياً، فالاستشعار عن بعد يمكن من جمع المعلومات وتحليلها وتصنيفها وتقديم الخدمات لمستخدم هذه المعلومات، بما في ذلك إعداد ملفات للصور كصور الأقمار الصناعية المختلفة.

2.3 خوارزميات تصنيف صور الاستشعار عن بعد

لتحليل صور الاستشعار عن بعد واستخراج عناصر الغطاء الأرضي منها يتم عادةً استخدام توابع وخوارزميات محددة تدعى خوارزميات التصنيف CLASSIFICATION، وهي عملية يتم من خلالها ترتيب خلايا الصورة في مجموعات من الأصناف أو الفئات المحددة حسب معايير تصنيف معينة.

تم تطوير عدد كبير من طرق وخوارزميات التصنيف من قبل الباحثين، وتقسم هذه الطرق بشكل أساسي إلى تقنيات تعتمد على البيكسل كوحدة تحليل أساسية Pixel-based Classification، وتقنيات تعتمد على الكائن كوحدة تحليل Object-based Classification ويتفرع ضمن هذه التقنيات خوارزميات عديدة ومنوعة.

استخدمت تقنيات التصنيف بالاعتماد على البيكسل بشكل واسع في العديد من الأبحاث [2]، وهي تناسب الصور ذات الطبيعة غير المعقدة والتي تمتلك دقة مكانية متوسطة. لكن مع التطور التقني للمستشعرات وازدياد الدقة المكانية لصور الاستشعار عن بعد أصبحت نتائج هذه الخوارزميات غير كافية، وتوجه الباحثون إلى تطوير خوارزميات جديدة مبنية على مبادئ تحليل الصور بالاعتماد على الكائن ضمن برامج الرؤية الحاسوبية computer vision والتي تجمع بين المعلومات الطيفية، الشكل، القياس، النسيج والموقع المكاني والجغرافي لاستخلاص العناصر والكائنات المختلفة من صور الاستشعار عن بعد [3].

3.3 البرامج المستخدمة :

ضمن إطار دراستنا استخدمنا برنامج الـ Erdas Imagine 2014 وهو من أهم برامج معالجة صور الاستشعار عن بعد، حيث تمت معظم مراحل معالجة الصور فيه من تشكيل الصور الملونة وقصها وفق منطقة الدراسة، والتحسين الطيفي والمكاني والراديومترى، بالإضافة لتطبيق عمليات التصنيف المختلفة للصور ودراسة وكشف التغييرات.

كما استخدمنا برنامج eCognition لتنفيذ التصنيف القائم على الكائن وهو برنامج مختص بتحليل الصور اعتماداً على الكائن (Object based classification)، تم تطويره من قبل الباحث جيرد بينينغ Gerd Binnig الحائز على جائزة نوبل مع مجموعة من الباحثين في شركة Definiens AG عام 2000 م في مدينة ميونخ في ألمانيا. يقوم باستخراج الفئات من الصور من خلال تسلسل هرمي محدد واعتماداً على عناصر الصورة من خصائص اللون، الشكل، النسيج، والحجم للعناصر بالإضافة إلى الخصائص الطيفية وحالة العنصر وعلاقته مع العناصر المجاورة من أجل الحصول على نتائج دقيقة تحاكي التحليل البشري .

واستخدمنا أيضاً النسخة العاشرة من برنامج ArcGIS، حيث تم استيراد كافة الصور الفضائية المعالجة، وتم استخدامه في تشكيل تركيبات لونية مختلفة لكل صورة من الصور، وإنجاز الخرائط المختلفة وعرضها بطريقة احترافية.

4. معالجة الصور وتصنيفها وتطبيق طرق كشف التغيرات المختلفة 1.4 منطقة الدراسة وتشكيل الصور الملونة

تم اختيار مدينة طرطوس كمنطقة للدراسة نظراً للتغيرات التي طرأت عليها خلال الـ 30 عام الأخيرة (الشكل 2).



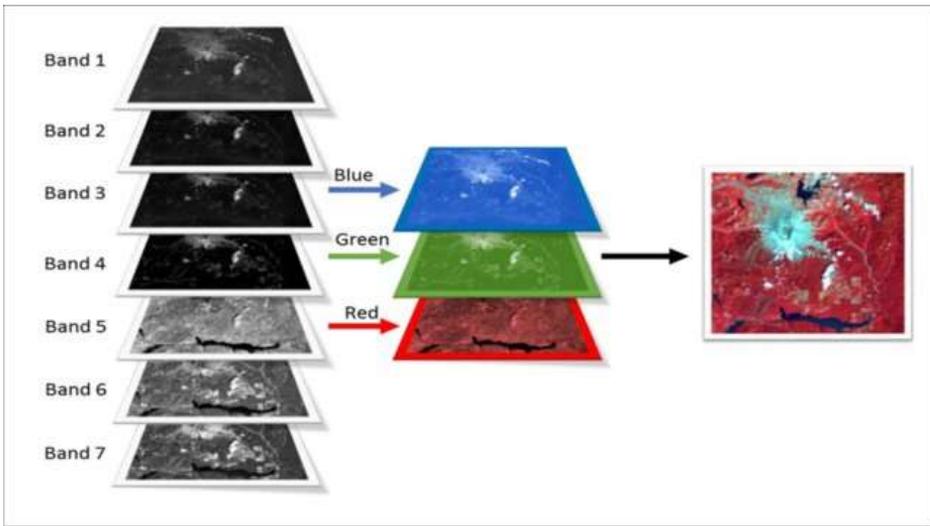
الشكل 2 : محافظة طرطوس

من بين أهم خصائص صور الأقمار الصناعية أنها تمكننا من مشاهدة كافة الظواهر الأرضية بألوان مختلفة حسب النطاقات المستعملة في التركيبة اللونية، وعند تغيير أي نطاق تتغير ألوان

الأجسام على الصورة، وذلك تبعاً لاختلاف درجة الإشعاع والانعكاس بكل نطاق حسب القوانين الفيزيائية للمادة.

تتميز مرئيات الأقمار الصناعية بأنها عديدة النطاقات، النطاق الواحد يظهر بتدرج رمادي اللون، ويمكن اعتماداً على التعددية الطيفية تحضير الصور الفضائية الملونة، فالصورة الواحدة هي تمثيل لمختلف الشدات اللونية، وبتخصيص الألوان الرئيسية (أحمر . أخضر . أزرق) للنطاقات الطيفية يمكن الحصول على صور بالألوان الطبيعية ،

ويمكن تحضير تراكيب مختلفة من مختلف النطاقات الطيفية، فتشكل كل ثلاثة نطاقات تركيبة معينة وتعطى ألواناً مختلفة يمكن اعتماداً عليها تحليل الصورة الفضائية وتفسيرها (الشكل 3). تدعى باقي الصور الملونة المركبة من الألوان غير الطبيعية بالصور الزائفة (false-color composite Fcc).



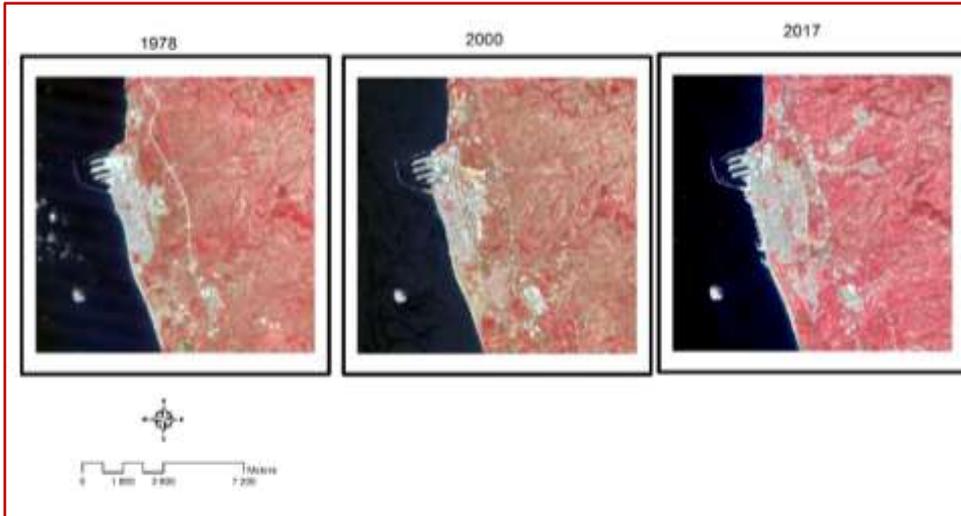
الشكل 3 : تركيب الصور الملونة من نطاقات صور الاستشعار عن بعد

في هذا البحث تم تشكيل صور ملونة لمدينة طرطوس (الشكل 4) في الأعوام 1987، 2000 و 2017 ، صورة طرطوس في العام 1987 من القمر الصناعي لاندسات 5 Landsat (TM) 5 بدقة مكانية 30 م وسبعة نطاقات طيفية [النطاق الأول الأزرق (0.45 - 0.52 μm)، المجال الأخضر (0.52 - 0.60 μm)، المجال الأحمر (0.63 - 0.69 μm)، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.76 - 0.90 μm) ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة

(1.55 - 1.75 μm) والنطاق الحراري (10.40 - 12.50 μm) ، والنطاق السابع للأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال (2.08 - 2.35 μm).]

كما تم تشكيل صورة لمدينة طرطوس في العام 2000 من القمر الصناعي لاندسات 7 (ETM+) بدقة مكانية 15 م وثمانية نطاقات طيفية [النطاق الأول الأزرق (0.45 - 0.52 μm)، المجال الأخضر (0.52 - 0.60 μm)، المجال الأحمر (0.63 - 0.69 μm)، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.76 - 0.90 μm) ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (1.55 - 1.75 μm) والنطاق الحراري (10.40 - 12.50 μm)، ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال (2.08 - 2.35 μm)، والنطاق البانكروماتي (0.52 - 0.90 μm).

وتم أخيراً تشكيل صورة ملونة لمدينة طرطوس في العام 2017 بدقة مكانية 15 م ومكونة من تسع نطاقات من نطاقات القمر الصناعي Landsat 8 (OLI): [النطاق الأول (0.43-0.45 μm)، المجال الأزرق (0.45 - 0.51 μm)، المجال الأخضر (0.53 - 0.59 μm)، المجال الأحمر (0.64 - 0.67 μm)، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.85 - 0.88 μm) والنطاقين السادس (1.57 - 1.65 μm) والسابع (2.11 - 2.29 μm) للأشعة تحت الحمراء المتوسطة، النطاق البانكروماتي (0.5 - 0.68 μm) والنطاق التاسع (1.36-1.38 μm).]



الشكل 4 : منطقة الدراسة والبيانات (صور مركبة ملونة من نوع لاندسات 5 و 7 و 8 لمدينة طرطوس معروضة بالتركيبة اللونية التالية: 2:3:4 R G B = للصور لاندسات 5 و 7 و بالتركيبة 3:4:5 R G B = لصورة لاندسات 8)

- تم اعتماد نظام إحداثيات ميركاتور المستعرض العالمي (UTM) (WGS 1984) (World Mercator coordinate system) والمستند إلى الإهليلج (WGS 1984). كونه نظام موحد لمعظم الاقمار الصناعية.

2.4 تصنيف الصور الفضائية اعتماداً على البيكسل

يعرف تصنيف الصورة Image Classification في الاستشعار عن بعد بأنه عملية آلية لتحويل صورة الاستشعار عن بعد الرقمية إلى خريطة موضوعية تبين استخدام الأراضي والغطاء الأرضي land use & land cover وذلك بناء على تجانس أطراف الظواهر الجغرافية في الصورة.

يوجد بشكل عام طريقتان رئيسيتان للتصنيف المعتمد على البيكسل للصور الرقمية المتعددة الأطراف التي تتكون من نطاقين أو أكثر، هما التصنيف المراقب supervised classification والتصنيف غير المراقب unsupervised classification.

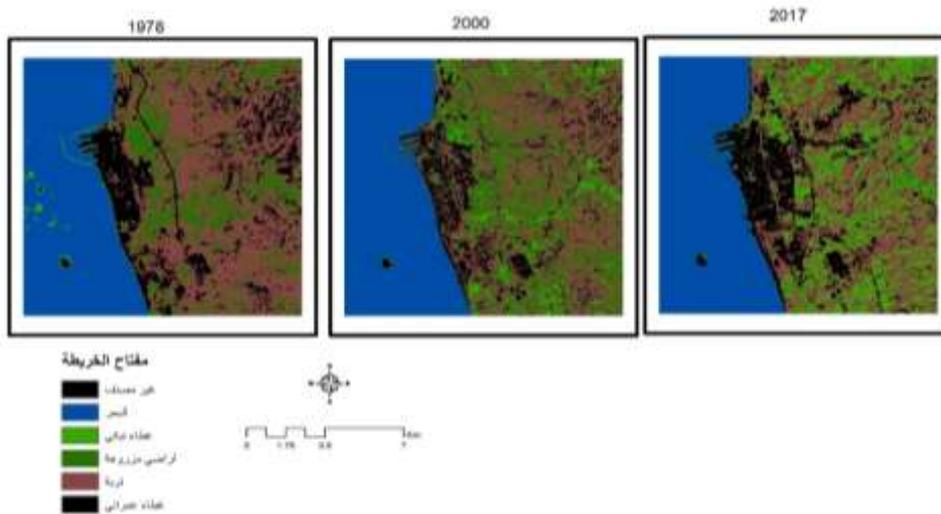
الفرق الرئيسي بين الطريقتين هي أن التصنيف المراقب يبنى على معلومات حقيقية عن الظواهر الجغرافية تعطى للحاسب عن طريق مايسمى عينات تدريب، في حين أن التصنيف غير المراقب يتم وفقاً لمعادلات رياضية تحدد التجمعات clusters وفئات التصنيف وذلك وفقاً للعلاقة بين القيم الرقمية لنطاقات الصورة.

1.2.4 التصنيف غير المراقب

يستخدم التصنيف غير المراقب عندما لا تتوفر بيانات مسبقة عن منطقة الدراسة، وفي هذا التصنيف تكون عملية التعرف إلى الأشكال الموجودة ضمن الصورة مؤتمتة من قبل الحاسوب، ويسمح البرنامج للمستخدم بتحديد بعض الخصائص الأولية التي يستخدمها لكشف الأشكال الاحصائية في البيانات كعدد الفئات، تحديد العتبة .. إلخ. يقوم التصنيف على تجميع البيكسلات المتشابهة في الصفات الطيفية ضمن تجمعات، وتعرف عملية التجميع clustering بأنها عملية تنظيم البيانات غير المعرفة ضمن مجموعات متماثلة تسمى بالتجمعات.

حالياً يتم استخدام العديد من خوارزميات التصنيف غير المراقب المختلفة في مجال الاستشعار عن بعد، لكن تعد كل من خوارزميتي التجميع k means و ISODATA الأكثر استخداماً وانتشاراً، والتي يقدمهما برنامج Erdas كتابع جاهزة للاستخدام ضمن خيار التصنيف غير المراقب. كل من هاتين الخوارزمتين هي عملية تكرارية. تتطلب خوارزمية K means فقط إدخال عدد الفئات، وهذا هو الفرق الرئيسي بين الخوارزمتين حيث تسمح خوارزمية ISODATA للبرنامج باختيار عدد فئات التصنيف ضمن مجال محدد بينما تفترض خوارزمية K means أن عدد الفئات معروف مسبقاً.

تم الاعتماد على خوارزمية K means لتصنيف صور مدينة طرطوس في العام 1987 و 2000 و 2017، حيث سيقوم الحاسب بتقسيم القيم الرقمية للخلايا إلى فئات على افتراض أن الظواهر الطبيعية المتشابهة تعطي قيم انعكاسية متشابهة ويقوم المستخدم بعد ذلك بتحديد نمط الظاهرة التي تمثلها كل فئة، فالمستخدم يحدد هنا عدد الفئات ولكن لا يتحكم بالقيمة الممثلة لطول الفئة ثم يقوم الحاسب بوضع القيم الرقمية المتشابهة في فئة واحدة لتمثل ظاهرة معينة، وهنا تم اختيار عدد الفئات 5 والتي تمثل الأنماط الرئيسية للغطاء الأرضي وكلما ازداد عدد الفئات كان التصنيف أكثر دقة لأن ذلك يقلل التداخل بين الفئات. ويوضح الشكل 5 نتائج تطبيق التصنيف غير المراقب على صور مدينة طرطوس للأعوام الثلاثة ويمكن من خلال المقارنة البصرية ملاحظة التوسع العمراني الكبير الذي طرأ على مركز مدينة طرطوس، وسناقش فيما بعد آلية دراسة التغييرات بعد اجراء عملية التصنيف غير المراقب.



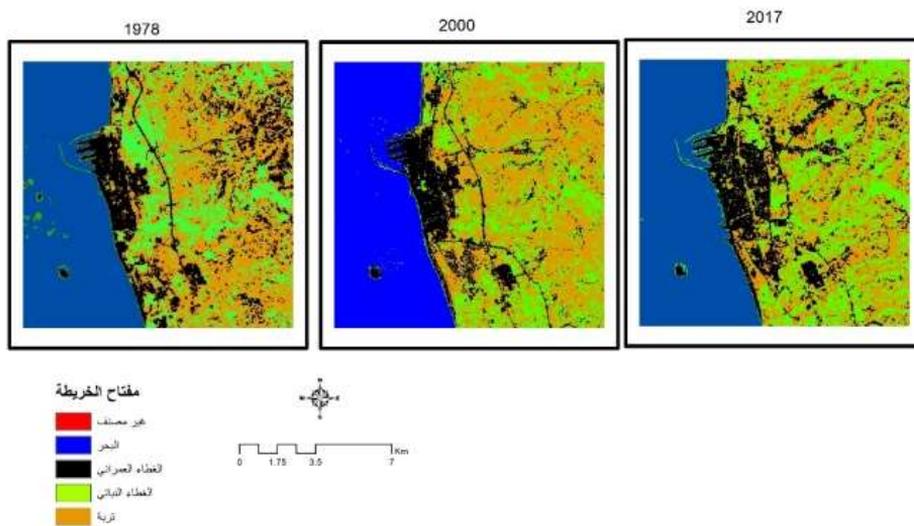
الشكل 5 : صور مصنفة لمدينة طرطوس في الاعوام 1987، 2000 و 2017 بطريقة التصنيف غير المراقب

2.2.4 التصنيف المراقب

في التصنيف المراقب يتم توجيه البرنامج من قبل المستخدم على أساس مجموعة من البيانات المعبرة عن فئات التصنيف المختلفة يطلق عليها عينات التدريب يتم إدخالها للبرنامج مسبقاً ويمكنه من خلالها التعرف على الفئات المختلفة داخل الصورة [4].

هناك العديد من المناهج التي يتم اتباعها عند التصنيف المراقب منها الطرق الإحصائية وهي الأكثر استخداماً، الطرق غير الإحصائية والطرق الهندسية التي تعمل على الفصل بين الفئات التصنيفية بسطوح هندسية. يعتبر التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى (Maximum Likelihood Classification) من أكثر التصنيفات شيوعاً، وهو عبارة عن تصنيف إحصائي تعتمد خوارزميته على منحنيات التوزيع التكرارية (Histogram) للنطاقات ذات التوزيع الطبيعي وعلى قاعدة قرار الاحتمال الأعظمي المستندة على مبدأ الاحتمالات أو ما يسمى بتصنيف بايز Bayes Classification [5].

تمت عملية التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى لصور مدينة طرطوس ضمن برنامج Erdas Imagine، حيث اخترنا أربعة فئات أساسية من أنماط للغطاء الأرضي (البحر - الغطاء العمراني - الغطاء النباتي - التربة)، ومن ثم الاعتماد على مجموعة من عينات التدريب والتأكد منها وتقييمها قبل البدء بعملية التصنيف.



الشكل 6 : صور مصنفة لمدينة طرطوس في الاعوام 1987، 2000 و 2017 بطريقة التصنيف المراقب بخوارزمية الاحتمالية العظمى

3.4 التصنيف القائم على الكائن

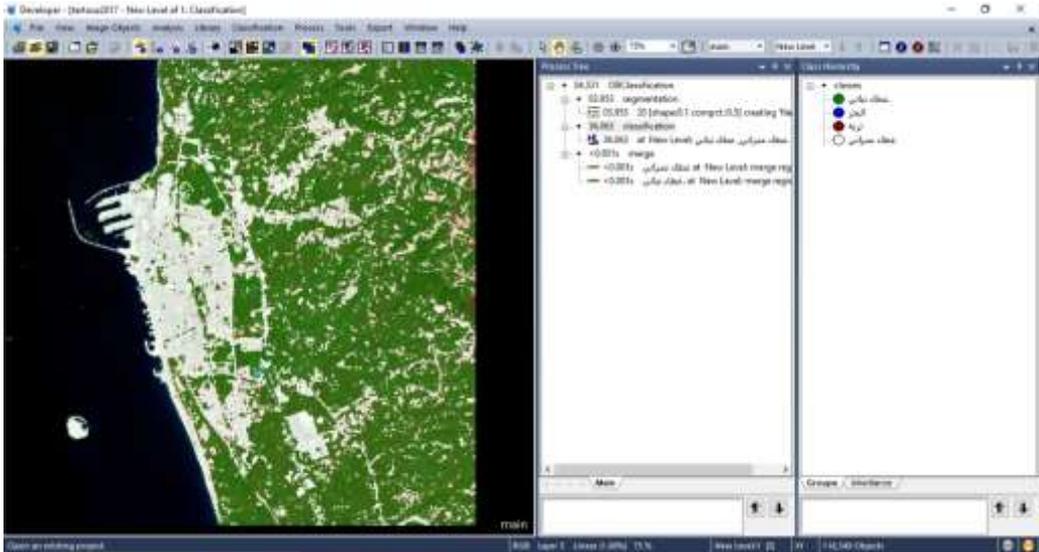
تم تطبيق التصنيف اعتماداً على الكائن على صورة مدينة طرطوس عام 2017 ضمن برنامج eCognition Developer. يعتمد مبدأ العمل على إنشاء تسلسل محدد لتنفيذ التصنيف من خلال (process tree) وهو عبارة عن برنامج نصي يتحكم في العمليات (الخوارزميات) التي يتم تشغيلها وترتيب تنفيذها.

يعتبر التقسيم أو التجزئة (Segmentation) الخطوة الأولى في عملية التصنيف اعتماداً على الكائن، وهو يقوم بإنشاء كائنات أو عناصر الصورة التي سيتم تنفيذ عملية التصنيف بناءً عليها. يتمثل الجزء المهم في عملية التجزئة في تحديد الكائنات التي تمثل السمات التي نرغب في تصنيفها والتي تكون مميزة حسب خصائص محددة مثل القيم الطيفية والشكل والنسيج. تم استخدام التقسيم مختلف الدقة (Multiresolution segmentation) مع تحديد معامل المقياس (Scale Parameter) بـ 20 للحصول على عناصر متوسطة الحجم، حيث يتحكم هذا المعامل في مقدار التباين الطيفي داخل الكائنات وبالتالي حجمها الناتج وكلما كانت قيمته أكبر كلما كان حجم العناصر أكبر والعكس صحيح، وقد اعتمد الكثير من الباحثين وفي العديد من الدراسات

التطبيقية على نهج التجربة والخطأ لاختيار معامل المقياس المناسب لعملية التصنيف واستخراج كائنات الصورة [6] [7].

تم اختيار قيمة معامل الشكل (Shape) مساوية لـ 0.1 ويمثل هذا المعامل توزيع بين شكل الكائنات ولونها الطيفي، حيث إذا كانت قيمته = 0، يتم أخذ اللون بالاعتبار فقط بينما إذا كانت قيمته أكبر من 0 يتم أخذ شكل الكائنات بعين الاعتبار مع اللون وكلما زادت القيمة زادت أهمية أخذ الشكل بالاعتبار، وتم تعيين قيمة معامل الاكتزاز (Compactness) بـ 0.5 وهو عبارة عن معامل توزيع لتمثيل انضغاط الأشياء المتكونة أثناء التجزئة.

تم فيما بعد وكمرحلة أساسية ثانية تنفيذ التصنيف بطريقة الجار الأقرب (Nearest neighbour classification) على الصورة المجزأة وبالاعتماد على متوسط القيم الرقمية للبيكسلات لكافة النطاقات، ويوضح (الشكل 7) آلية العمل ضمن برنامج eCognition من خلال ثلاث نوافذ، الأولى توضح فئات التصنيف المطلوبة والمتمثلة بأربع فئات أساسية، وتبين النافذة الثانية شجرة المعالجة وترتيب العمليات والخوارزميات المختلفة ابتداءً من عملية التقسيم، ومن ثم التصنيف وانتهاءً بعملية دمج الكائنات الناتجة، وتظهر النافذة الثالثة النتيجة النهائية لعملية التصنيف .



الشكل 7: التصنيف القائم على الكائن في برنامج eCognition

4.4 تقييم دقة التصنيف القائم على البيكسل (غير المراقب والمراقب) والقائم على الكائن

تقييم الدقة هو الجزء الأهم في التصنيف، حيث تقوم من خلاله بمقارنة الصورة المصنفة بمصدر بيانات آخر يعتبر بيانات دقيقة [8]. تتمثل الطريقة الأكثر استخداماً لتقييم دقة الخريطة المصنفة بإنشاء مجموعة من النقاط من بيانات صحيحة وواقعية ومقارنتها بالبيانات المصنفة، حيث يتم بناء "مصنوفة الخطأ" (الجدول 1)، وهي مصنوفة مربعة تمثل فيها الصفوف فئات الغطاء الأرضي من الصورة المصنفة والأعمدة فئات الغطاء الأرضي من الصورة المرجعية، ومن خلالها يتم حساب معايير الدقة المختلفة كدقة التصنيف الكلية (overall accuracy) (المعادلة 1) ومعامل كابا (Kappa) (المعادلة 2).

الجدول 1: مصنوفة الخطأ

		Reference				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Total
Map	Class 1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P _{1.}
	Class 2	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P _{2.}
	Class 3	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	P ₃₄	P _{3.}
	Class 4	P ₄₁	P ₄₂	P ₄₃	P ₄₄	P _{4.}
	Total	P _{.1}	P _{.2}	P _{.3}	P _{.4}	1

$$(1) A = \sum_{j=1}^q p_{jj}$$

$$kappa = \frac{n \sum_{i=1}^q p_{ii} - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}}{n^2 - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}} \quad (2)$$

تم تقييم الدقة وبناء مصنوفة الخطأ للطرق الثلاثة المستخدمة حيث اعتمد على 200 نقطة من البيانات الحقلية، ويظهر الجدول 2 النتائج وقيمة الدقة للطرق الثلاث.

الجدول 2: تقييم الدقة بالطرق الثلاث

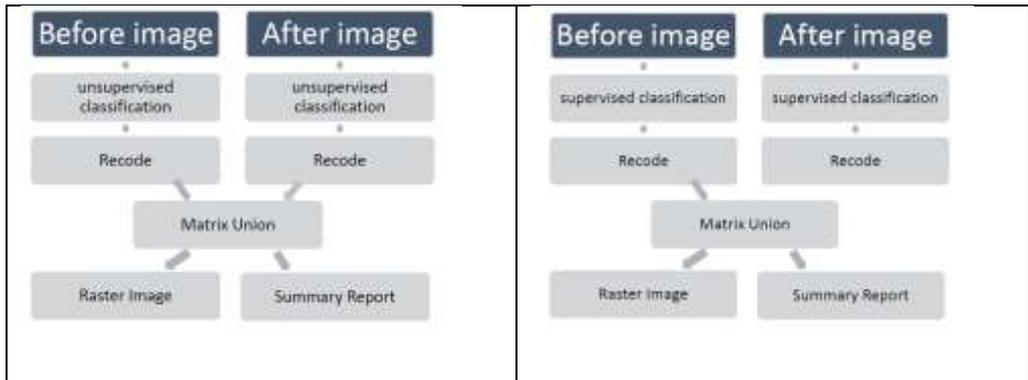
الطريقة	الدقة الكلية	معامل كابا
---------	--------------	------------

0.71	0.86	التصنيف غير المراقب بطريقة k means
0.83	0.91	التصنيف المراقب بطريقة الاحتمالية العظمى
0.88	0.94	التصنيف القائم على الكائن

بمقارنة قيم الدقة في الجدول يظهر تفوق طريقة التصنيف القائم على الكائن بدقة كلية أكبر من 94% ، ومعامل كبا 0.88، تليها طريقة التصنيف بخوارزمية الاحتمالية العظمى مساوية بدقة كلية مساوية لـ 91% ومعامل كبا 0.83، بينما كانت نتائج تقييم الدقة للتصنيف غير المراقب بطريقة k means مساوية لـ 86% ومعامل كبا 0.71.

5.4 كشف التغيرات باستخدام MATRIX UNION

يتم تحديد التغيرات بعدة طرق ومن أهمها استخدام الأداة Matrix Union بين صورتين قبل وبعد التغير سواء باستخدام التصنيف غير المراقب أو المراقب ويمكن تلخيص آلية عملها بالمخططين المبينين بالشكل 8:



الشكل 8 : مراحل تحديد التغيرات باستخدام التصنيف غير المراقب والمراقب

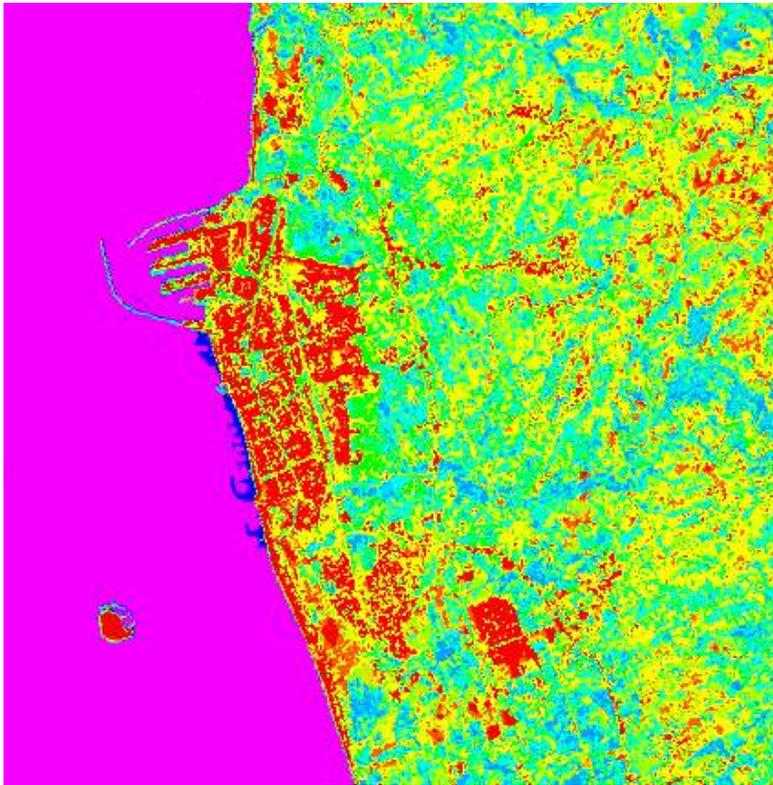
يتم تحديد التغيرات باستخدام Matrix Union حيث يقوم هذا التابع بتحليل صورتين مصنفتين وترتيب قيم البيكسلات الناتجة عن تصنيف كلا الصورتين ضمن مصفوفة أعمدها هي قيم

الصورة الأولى المدخلة وصفوفها هي قيم الصورة الثانية المدخلة. يمكننا باستخدام هذه المصفوفة تحديد النقاط المشتركة بين الصورتين، تحديد المساحة المشتركة الناتجة عن اجتماع الصورتين أو المساحة الناتجة عن تقاطعهما وغيرها من التراكيب المنطقية التي تشير إلى التغيرات التي حدثت لكل فئة. عند اختيار التركيبة المناسبة

للحالة المدروسة نحصل على ملف جديد يحوي النتائج التي تعرض عن طريق صورة raster باستخدام خصائصها نستطيع تحديد التغير المطلوب في كل فئة.

ويوضح الشكل 9 التغييرات التي طرأت على الفئات المختلفة في مدينة طرطوس بين العام 2000 والعام 2017.

من ميزات هذه الطريقة سهولة الحصول على النتائج بسرعة عن طريق التصنيف غير المراقب وبالتالي يمكن إجراء كشف التغيرات حتى في حال عدم وجود عينات للتدريب ودون الحاجة الى معرفة مسبقة عن منطقة الدراسة. أما في حال وجود عينات تدريب فمن الممكن أولاً إجراء التصنيف المراقب ومن ثم حساب مصفوفة التغير عن طريق الاداة Matrix Union.



الشكل 9 : تحديد التغيرات باستخدام التصنيف غير المراقب و Matrix Union

6.4 كشف التغيرات باستخدام خوارزميات الـ DELTA CUE

قمنا بالاعتماد على خوارزميات دلتاكيو للكشف عن التغيرات الحاصلة على مدينة طرطوس بين العام 1987 والعام 2000 وذلك اعتماداً على الامتداد Delta cue المدمج ضمن برنامج ايرداس ايماجين. حيث يوفر هذا الامتداد سلسلة من الخوارزميات والإجراءات وخطوات المعالجة الآلية المركزية لكشف التغيير بطريقة سهلة.

الميزة الأساسية في الامتداد Delta cue هو المنهج المعتمد لإيجاد الفائدة من التغييرات بالنسبة لنا، حيث يحاول التمييز بين تغيير كبير عن تغيير غير هام ومن ثم يساعد في تحديد التغييرات التي هي ذات أهمية خاصة للمشروع أوالتطبيق الخاص بنا، فمثلاً التغيير الكبير هو أي تغيير حقيقي في الغطاء الأرضي موجود في تاريخين في الصور وعلى سبيل المثال، يعتبر طريق أو مبنى جديد أو تغيير في ظروف التربة تغيير كبير، على الرغم من أنها قد لا تكون ذات فائدة لنا، والتغيير غير الهام هو التغيير بسبب ضوضاء أجهزة الاستشعار، والاختلافات في الغلاف

Flow	Histogram	صورة عام 2000	صورة عام 2017	Color	Opacity
0	0	0	0	0	1
1	242321	1	1	1	1
2	14	1	1	2	1
3	1540	1	1	3	1
4	112	1	1	4	1
5	1692	1	1	5	1
6	371	2	2	6	1
7	21545	2	2	7	1
8	5439	2	2	8	1
9	10626	2	2	9	1
10	2945	2	2	10	1
11	462	3	3	11	1
12	68716	3	3	12	1
13	7696	3	3	13	1
14	62118	3	3	14	1
15	18265	3	3	15	1
16	341	4	4	16	1
17	53336	4	4	17	1
18	3724	4	4	18	1
19	122682	4	4	19	1
20	43265	4	4	20	1
21	156	5	5	21	1
22	4829	5	5	22	1
23	1999	5	5	23	1
24	26702	5	5	24	1
25	49997	5	5	25	1

الجوي، أو سوء تسجيل الصورة .

تقوم خوارزميات الكشف عن التغيير Delta Cue أولاً بتطبيق تحويل على بيانات الصورة قبل تنفيذ عملية الاختلاف. وتهدف هذه التحولات إلى تحسين تلك الأنواع من مواد الغطاء الأرضي

التي نهتم بها على سبيل المثال، فإذا كننا مهتمين بتغييرات الغطاء النباتي، فإنه يتم استخلاص الغطاء الأخضر حسب مؤشر الغطاء النباتي، وبالتالي يتم تسليط الضوء على التغييرات في الغطاء النباتي في الفرق بالخضار بين التواريخ.

أما خوارزميات الألوان الأساسية هي الأنسب للكشف عن الكائنات التي من صنع الإنسان التي تظهر بالأحمر والأخضر، أو الأزرق، وبالتالي، اختيار خوارزمية الكشف عن تغيير محدد يلغي التغييرات التي ليست ذات فائدة لنا.

وتشمل الآلية الثانية لتحديد الفائدة من التغييرات تحديد مرشحات التغيير، التي تقوم بالقضاء على التغييرات الغير المواتية على أساس الخصائص الطيفية والمكانية للمناطق.

يوفر Delta Cue سلسلة من الخوارزميات والمرشحات وخطوات المعالجة الآلية التي يمكن للمستخدم المتقدم اختبارها بسهولة وضبطها لتحقيق النتائج المثلى لسيناريو كشف التغيير المعين.

الأسلوب الأكثر استخداماً هو طرح بكسل صورة واحدة من بكسل المقابلة في الصورة الأخرى. نظرياً إذا لم يحدث أي تغيير يكون الفرق بين الاثنين هو صفر .

وعلى افتراض الطرح من الوقت 1 من الوقت 2 فإن البكسل الذي حصل على إضاءة أكثر سيكون له قيم إيجابية

والبكسل الذي حصل على قتامة أكثر سيكون له قيم سلبية وتبين مسافة تلك القيمة من الصفر درجة التغيير التي حدثت.

و يستخدم برنامج Delta cue صيغة الفرق النسبي المتماثل لقياس التغيير، كما في العلاقة التالية:

$$\frac{T_2 - T_1}{|T_1|} + \frac{T_2 - T_1}{|T_2|}$$

تقسيم الفرق حسب قيمة بكسل في الوقت 1 والوقت 2 يسمح باشتقاق صورة التغيير التي تقيس نسبة التغيير في البكسل، بغض النظر عن الصورة التي تم اختيارها لتكون الصورة الأولية. فمثلاً بكسل سيكون له قيمة 20 في وقت 1 وقيمة 80 في الوقت 2 سيكون لها فرق مطلق من 60، وقيمة تغيير النسبة المئوية في صورة التغيير من 375%:

$$[(80 - 20) / 20 + (80-20)/80] * 100 = 375\%$$

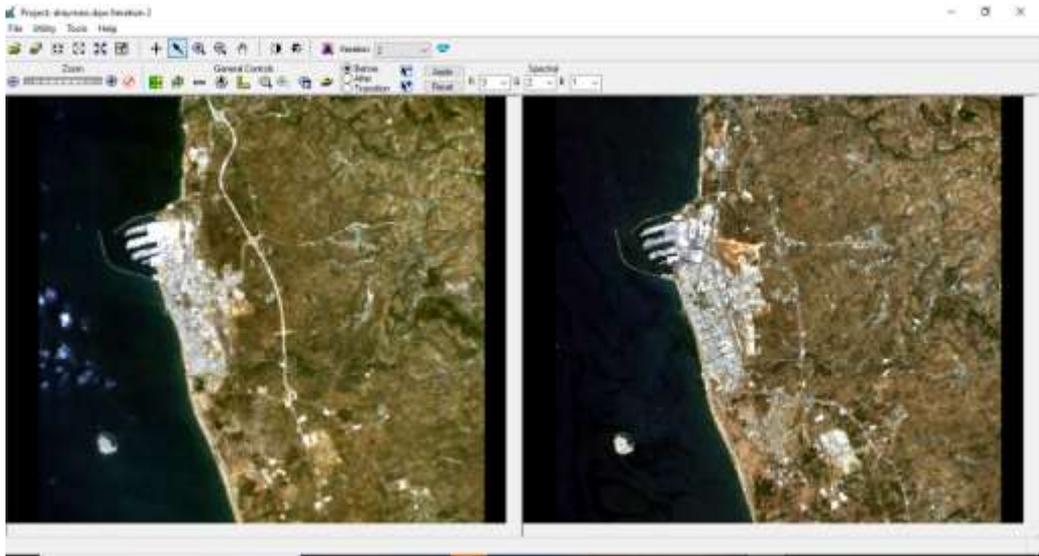
بكسل آخر مع قيمة 140 في الوقت 1 و 200 في الوقت 2 سيكون له أيضاً اختلاف مطلق بقيمة 60، ولكن نسبة التغيير سيكون فقط 72.86%:

$$[(200 - 140) / 140 + (200-140)/200] * 100 = 72.86\%$$

في معظم الحالات يمكن افتراض أن النسبة المئوية للتغيير من قيمة سطوع بكسل هو أكثر دلالة على التغيير الفعلي في الصورة من مجرد الفرق المطلق .

قمنا بإدخال صورة لاندسات 5 في العام 1987 وصورة لاندسات 7 في العام 2000 (الشكل 10) ويجب الانتباه الى انه يجب أن تمتلك الصورتان نفس الدقة المكانية، لذلك قمنا بإعادة توحيد حجم البكسل للصورتين إلى 15 م عن طريق استخدام خوارزميات Resample الموجودة في برنامج Erdas Imagine، كما يجب أن يتساوى عدد النطاقات الطيفية في الصورتين لذلك اعتمدنا على تركيبتين لونييتين طبيعيتين للصور في العامين (1R G B =3 2 1).

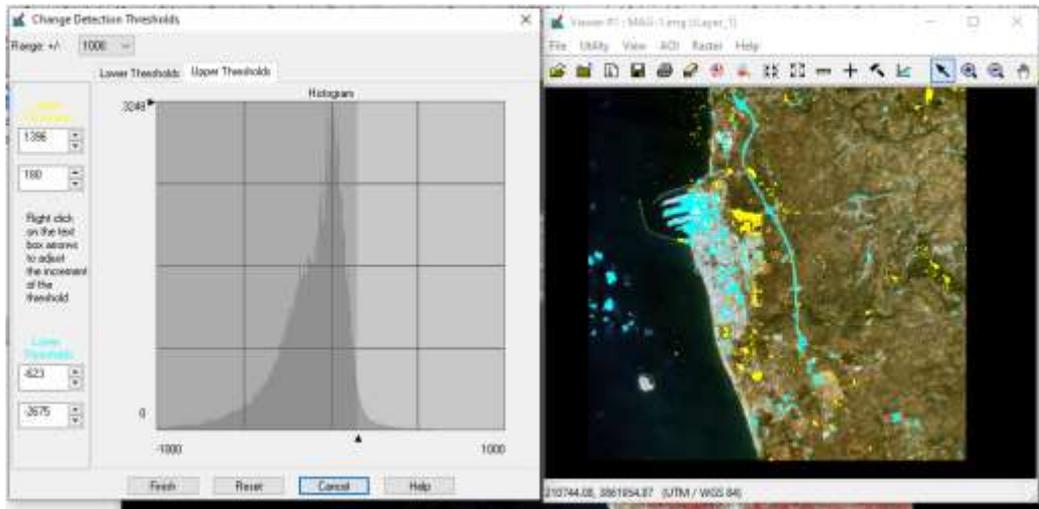
ينبغي تقييس قيم الصورة وما إذا كان أي صورة لديها غيوم. عموماً، يجب علينا دائماً تقييس قيم الصورة الصور. الغيوم ممكن أن تحرف عملية الكشف لذلك فمن المهم تحديد فيما إذا كان أي من الصور تمتلك غيوم مرئية.



الشكل 10 : صورة لاندسات 5 في العام 1987 وصورة لاندسات 7 في العام 2000

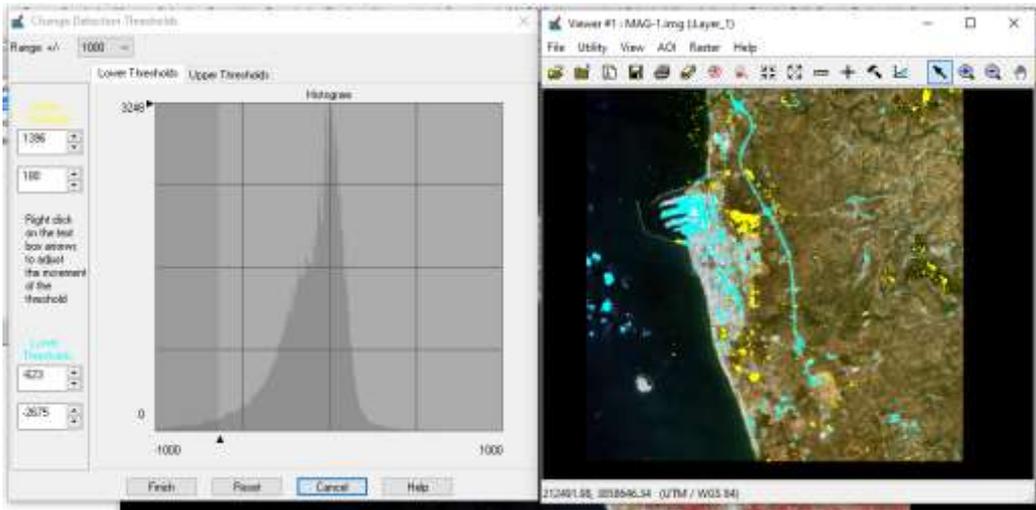
قمنا بتحديد خوارزمية التغيير لاستخدامها وذلك حسب الهدف من دراسة التغييرات، فإذا كنا نبحث عن نشاط البناء فإن أفضل خوارزمية لكشف تغييرات البناء هي Magnitude Difference. ثم نعمل الخيار Interactive Thresholds لتفعيل عتبة التغيير.

عند تنفيذ الخوارزمية يتم فتح رسم بياني للتغيير جنباً إلى جنب مع صورة الوقت 1 في العارض (الشكل 11)، ويظهر على الرسم البياني عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى، حيث تتحكم العتبات الدنيا في التراكم السماوي والعتبات العليا تتحكم في التراكم الأصفر. يمكن ضبط قيم العتبة عن طريق سحب عناصر التحكم الممثلة على شكل مثلث صغير. ولا يتم الاحتفاظ إلا بقيم التغيير هذه بين مجموعتي العتبات. يمكننا تغيير المقياس الأفقي لمخطط الرسم البياني باستخدام القائمة المسندة وقيم التغيير في الرسم البياني والتي هي قيم الفرق النسبي (الكسور) التي تم قياسها بعامل 1000.



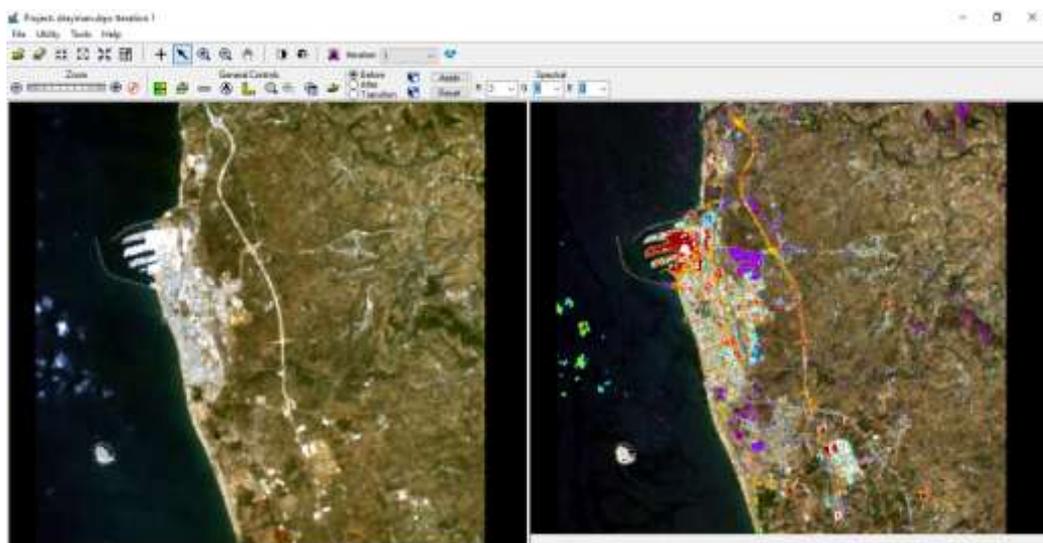
الشكل 11 : نتائج تطبيق الدلتاكيو رسم بياني للتغيير مع عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى مع صورة الوقت 1

يتم عرض النتيجة (الشكل 12) على الصورة الأولى ويتم تمثيلها بألوان مختلفة لتعبر عن التغيرات الحاصلة ونلاحظ أنه يوجد عدد من التغيرات. يوضح الشكل 12 التغيرات على أطراف مدينة طرطوس وزيادة التوسع العمراني، حيث قمنا هنا بتسليط الضوء على مركز المدينة، حيث نلاحظ بشكل واضح التغيرات الحاصلة وخصوصاً منطقة مرفأ طرطوس بالإضافة الى تغيرات أخرى في المنطقة تعود لتزايد أو تناقص الغطاء النباتي أو مجموعة من التغيرات في الأراضي



التي من الممكن أن تعود إلى تحول من أراضي جرداء إلى مناطق عمرانية، أو طرقات جديدة، أو مجموعة من الأراضي المزروعة.

كما يظهر الشكل 12 الغيوم التي تختلف من حين لآخر لذا فهي من التغيرات الواضحة الحاصلة بين التاريخين المدروسين.



الشكل 12 : نتائج تطبيق الدلتاكيو رسم بياني للتغيير مع عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى مع صورة الوقت 1

5. الاستنتاجات والتوصيات:

في البحث المقدم تم اختبار ثلاث تقنيات مختلفة لإنشاء خرائط الغطاء الأرضي، وقد أظهرت النتائج بأن التصنيف القائم على الكائن هو الأكثر دقة ولكنه يتطلب معرفة ومستوى عال من الخبرة. يليه التصنيف بطريقة الاحتمالة العظمى والذي يوفر نتائج مقبولة وجيدة، كما بين البحث بأنه لا يمكن اعتماد نتائج التصنيف غير المراقب نظراً للتداخل الكبير بين الفئات، ولكن يمكن الاعتماد عليه لأخذ فكرة أولية عن الأصناف المختلفة الموجودة في المنطقة. أما بالنسبة لدراسة تغيرات الغطاء الأرضي فقد تم اختبار عدة تقنيات، من أهمها استخدام Matrix union والتي تعطي تقريراً مفصلاً عن تغيير الأصناف ومن أي إلى أي فئة بالإضافة إلى حساب مساحات التغيير، ولكن استخدام هذه الأداة يحتاج إلى إجراء عملية التصنيف قبل استخدامها حتى يتمكن من تنفيذها سواء التصنيف غير المراقب، المراقب أو القائم على الكائن، كما أوضح البحث بأنه من الممكن استخدام خوارزميات الدلتاكيو لكشف تغيرات الغطاء الأرضي

والتي لا تتطلب اجراء عملية التصنيف لاستخدامها ويكتفى بإدخال صورة قبل وبعد التغير ولكن يجب أن تكون هذه الصور بنفس الدقة المكانية ونفس عدد النطاقات الطيفية. نوصي بضرورة استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في توفير قاعدة بيانات وتحديثها بصورة مستمرة للغطاء الأرضي لأنه يوفر معلومات دقيقة شاملة عن المناطق المراد دراستها، ويوفر التحليل وحساب المساحات وإنتاج خرائط دقيقة عوضاً عن الأساليب التقليدية القديمة. كما نوصي باستكمال الدراسة الحالية باستخدام صور أكثر دقة، ومقارنة النتائج تمهيداً لانجاز خرائط الغطاء الأرضي لكامل الجمهورية العربية السورية.

6. المراجع

- [1] د. حنان كامل درويش، د. عدنان أحمد محمد كتاب نظم المعلومات الجغرافية، منشورات جامعة البعث (2017).
- [2] Bruzzone, Lorenzo, and Diego Fernández Prieto. "Unsupervised retraining of a maximum likelihood classifier for the analysis of multitemporal remote sensing images." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 39.2 (2001): 456-460.
- [3] Gupta, Neha, and H. S. Bhadauria. "Object based information extraction from high resolution satellite imagery using eCognition." International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 11.3 (2014): 139.
- [4] د. م. حنان درويش، د. م عدنان أحمد محمد، و د. م. فادي عز الدين شعبان. "تطوير نموذج للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية لاستخراج المناطق العمرانية من صور الاستشعار عن بعد - منطقة الدراسة: حمص- طرطوس."مجلة جامعة البعث، سلسلة العلوم للهندسة المدنية والمعمارية 43.7 (2021): 43-66.
- [5] Richards, John A., and J. A. Richards. Remote sensing digital image analysis. Vol. 3. Berlin: Springer, 1999.
- [6] Ma, Lei, et al. "A review of supervised object-based land-cover image classification." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 130 (2017): 277-293.

