استخدام التّصنيف الآلي المُراقب لمشهد فضائي مُختار للريف الشمالي الغربي لدمشق

في دراسة التوسع العمراني بين عاميّ (1999-2019م)

آلاء محمد جبري.[1] إشراف: أ.م.د: أسماء الفوّال.[2] د.م. محمّد علاء شعلان.[3]

ملخص

شهدت أرياف المحافظات السّورية القريبة من المدن بشكل عام والأرياف القريبة من العاصمة دمشق بشكل خاصّ تغيراً كبيراً في استخدام الأرض خلال العقدين الأخيرين، ونظراً للتضخم العمراني الذي شهدته مدينة دمشق ما بين ستينيات القرن الماضي وتسعينياته نتيجة الهجرة من المحافظات والأرياف إليها، تم اللجوء لإنشاء الضواحي حولها وبمختلف الاتجاهات مما أدّى إلى توسّع المساحات العمرانية على حساب أصناف استخدامات الأراضي الأخرى كالأراضي الزراعية والترب الجرداء وغيرها، وكان للمنطقة الشماليّة الغربية من الريف الدّمشقي نصيباً وافراً من هذا التّوسع شمل مناطق(قدسيا وضاحيتها، الهامة، جمرايا، جديدة الوادي، أشرفية الوادي).

وقد تمّ توظيف تقانات الاستشعار عن بُعد (Remote sensing) ونظم المعلومات الجغرافيّة (Geographic Information System) لدراسة التّوسع العمراني في الريف الشمالي الغربي لدمشق ما بين عامي 1999م و2019م، باستخدام مشهد فضائي مُلتقط بواسطة التّابع الصّنعي (Landsat-7) يعود للعام 1999م، وآخر مُلتقط بواسطة التّابع الصُّنعي (Landsat-8) يعود للعام 2019م، ومعالجتهما وتحليلهما ونمذجتهما، لإنتاج خرائط استعمالات الأرض والغطاء الأرضي للعامين 1999م و 2019م، لإجراء عمليات دمج قواعد البيانات واستنتاج مناطق التوسّع العمراني بين عاميّ التقاط المشهدين، وحصر التغيرات وحساب المساحات التي شهدت تغيّراً في استخدامات الأرض.

[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.

حيث لوحظ أن الزحف العمراني كان بالدرجة الأولى على حساب مناطق الأراضي الجرداء والمُهملة تليها الطرق فالتكشفات الصّخرية تليها مناطق الأراضي الزراعية لتأتي مناطق الأحراج في المرتبة الأخيرة لأصناف استخدامات الأراضي التي شهدت تحوّلاً إلى مناطق معمورة خلال الفترة الزمنية المدروسة، وقد بلغ مجموع مساحات مناطق التوسّع العمراني حوالي (18,693,225) مقدراً بالمتر المربع.

كلمات مفتاحية: استشعار عن بُعد– التصنيف المُراقب– مشهد فضائي– نظم المعلومات الجغرافيّة – توسّع عمراني.

Using Automatic Supervised Classification of a Selected Space Scene in the Northwestern Damascus Countryside In the study of urban expansion between the years (1999-2019)

Abstract

he countryside of the Syrian governorates close to cities in general, and the countryside near the capital, Damascus in particular, have witnessed a major change in the land use during the last two decades, and due to the urban inflation that Damascus witnessed between the sixties and nineties of the last century as a result of migration from the governorates and the countryside to it, resorting to the establishment of suburbs around and in various Trends, which led to the expansion of urban areas at the expense of other types of land cover such as agricultural lands and bare soils and others, and the northwestern region of the Damascus countryside had a large share of this expansion, including areas (Qudsaya and its suburb, Al-Hama, Jamraya, Jadidat Al-Wadi, Ashrafiyyah Al-Wadi). Remote sensing technologies and Geographic Information System have been employed to study urban expansion in the northwestern countryside of Damascus between 1999 and 2019, using a space scene captured by the (Landsat-7) satellite dating back to 1999 AD, and another Captured by the industrial satellite (Landsat-8) back to the year 2019 AD, and processed, analyzed and modeled, to produce maps of land use and land cover for the years 1999 and 2019 AD, to carry out the processes of integrating databases and inferring urban expansion areas between the two dates of capturing the two scenes, counting the changes and calculating Areas that witnessed a change in land use.

here it was noted that the urban expansion was primarily at the expense of the areas of barren and neglected lands, followed by roads, rocky excavations, followed by areas of agricultural lands. (18,693,225) in square metres

Key words: remote sensing- supervised classification- space scene- geographic information system-urban expansion**.**

المقدمة:

تزايد في الآونة الأخيرة الاهتمام بمجال الدراسات العمرانية في ظل حركة التوسّع العمراني المُتسارعة، ولم تعد الأساليب التقليدية لإجراء مثل هذه الدّراسات مُجدية من حيث الدّقة والتكلفة والمدّة الزّمنية التي تستغرقها، لذلك كان لابُد من اللجوء للأساليب الحديثة والمتطورة كتقانات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية لوضع المُخططات وقواعد البيانات الحديثة لخدمة عمليات التخطيط والتطوير العمراني. 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 استخدامات الأراضي التي تُعدّ أحد أهم التطبيقات لمعطيات الاستشعار عن بُعد[2] ص: 472، والتي تتم من خلال تحويل عناصر المشهد (Pixels) لأصناف من استخدام الأرض بشكل آلي اعتماداً على التّركيبات المختلفة للقيم الرّقميّة(Numbers Digital) في المشهد الطيفي، بناءً على مناطق تدريب (Training area) يستخدمها المُصنف كعيّنة لكل صنف من أصناف استخدامات الأراضي لحساب البصمة الطّيفيّة (Spectral Signature) لكل منها ليتم تصنيف الأهداف ضمن المشهد الفضائي آليّاً وفقاً لها.

يُقدم البحث منهجية للتفسير والتّصنيف الآلي المُراقب للمشاهد الفضائية بهدف نمذجة الاستخدام الأرضي وكشف التغيرات الطارئة عليه ومناطق التوسّع العمراني واستنتاج مساحاتها، من خلال تصنيف مشهدين فضائيين لمنطقة مُختارة من الريف الشمالي الغربي لدمشق.

أهمية البحث:

تُعدّ المخططات الرقمية ركيزة أساسية لدراسات التخطيط والتطوير العمراني، كما تتطلب دراسة التوسّع العمراني تعديل المُخططات الرقمية بشكل دوري نتيجة تغيّر استخدامات الأراضي بشكل مستمر، وتسارع حركة التّوسع العمراني.

مشكلة البحث:

تتطلب دراسات التخطيط والتّطوير ورصد التّوسع العمراني باستخدام الترقيم اليدوي من المشاهد الفضائية العائدة لبداية ونهاية الفترة الزمنية المُراد دراستها الكثير من الوقت والجهد، لذلك فإن اتباع طرق التّصنيف الآلية أكثر جدوى وأسرع من الترقيم التقليدي، وقد شهدت منطقة الدّراسة في الآونة الأخيرة حركة توسّع عمراني كبيرة نتيجة التزايد السّكاني في المنطقة ونظراً لأهميّة موقعها وقربها من العاصمة دمشق.

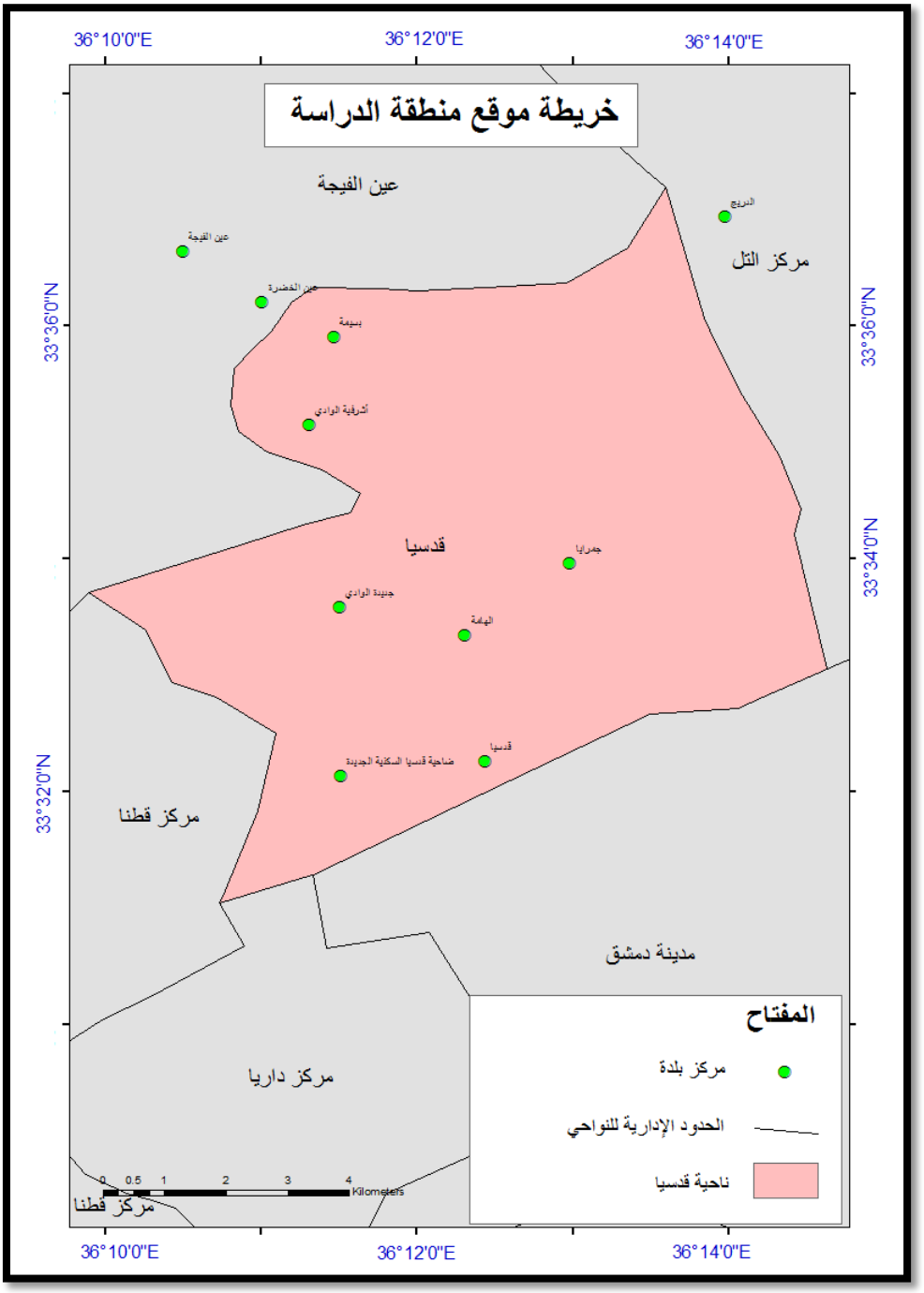
فرضيات البحث:

– شهدت الفترة الزمنية المُمتدة ما بين عاميّ (1999م) و (2019م) توسّعاً عمرانياً ملحوظاً في الريف الشمالي الغربي لدمشق بشكل عام وناحية قدسيا بشكل خاص.

– تُساعد عملية التّصنيف الآلي المُراقب للمشهدين الفضائيين المُختارين في بداية ونهاية الفترة المدروسة والمُقارنة بينهما على كشف التغيّرات وحساب مساحة التوسّع العمراني على حساب أصناف استخدامات الأراضي الأخرى في المنطقة.

حدود البحث الزّمانيّة والمكانيّة:

يتناول البحث دراسة التوسّع العمراني في الفترة المُمتدة ما بين عاميّ (1999م) و(2019م)، في المنطقة المُمتدة ما بين خطي طول ("36°10',00 و "36°14',00) شرق غرينتش، ودائرتيّ عرض ("33°31',00 و "33°36',00) شمال خط الاستواء، ويشمل المشهد الفضائي المُختار كل من (مدينة قدسيا وضاحيتها، الهامة، جمرايا، جديدة الوادي، أشرفية الوادي، بسيمة)، وهذه التجمعات السّكانية تتبع إدارياً لناحية قدسيّا، كما هو موّضح في الخريطة (1).



الخريطة (1): موقع منطقة الدّراسة بين نواحي ريف دمشق.[4]

مصطلحات البحث وتعريفاته الإجرائية:

[4] : الخريطة من عمل الباحثة اعتماداً على مُخطط التقسيمات الإداريّة، وزارة البيئة والإدارة المحلية، دمشق، سوريّة (2014م).

المعالجة الأوليّة للمشاهد الفضائيّة (Image preprocessing): تحتاج البيانات الأولية (الخام) للمستشعرات لإجراء عمليات تصحيحية للبيانات الأولية يطلق عليها المعالجة الأولية للبيانات (Preprocessing) قبل الشروع في تحسين البيانات واستخلاص المعلومات منها، للتخلص من التشويه الناتج عن عوامل عديدة كالغلاف الجوي وتأثيره على الأشعة المستقبلة بواسطة المستشعر، وحركة الجهاز المستشعر والحامل أثناء المسح، كما تحتاج الصور متعددة الأطياف لتجميع المجالات الطيفية في ملف واحد من خلال عملية (Layer Stack) واقتطاع المنطقة المُراد دراستها (Subset)، للتقليل من حجم البيانات المُعالَج، كما تُطّبق على المشاهد الفضائية ضمن عمليات المُعالجة الأولية عملية دمج الدّقة (Merge Resolution) مع المجال البانكروماتي ذو قدرة التمييز المكانية الأعلى عادة من المجالات الأخرى لرفع قدرة التمييز المكانية للمشهد الفضائي مُتعدد الأطياف (Multi Spectral Image).

التصنيف المراقب Supervised classification: يعتمد التّصنيف المراقب على معلومات عن الخصائص الطيفيّة لاستخدام 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 استخدام الأرض المتمايزة في منطقة الدراسة بحيث تكون هذه العينات ممثلة للأهداف المراد تصنيفها وذلك بهدف وضع دليل تفسير رقمي يصف الخصائص الطيفيّة لها[3]، 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 استخدامات الأرض يتمُ نسب عنصر الصورة المدروس لهذا الاستخدام، وبذلك يتم تصنيف كافة بيكسلات الصورة تصنيفاً مُراقباً.

الإطار النظري:

تتغير أنماط استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي بشكل مُستمر ومُتسارع على مرّ الوقت نتيجة اعتبارات مُختلفة سكانية أو اقتصادية على سبيل المثال، وتُعدّ تقانات الاستشعار عن بُعد هو الوسيلة المُثلى لمراقبة هذه التغيّرات، و 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.

هذا وتحتاج البيانات الأولية للمستشعرات لإجراء عدة عمليات تصحيحية للبيانات الأولية يطلق عليها المعالجة الأولية للبيانات (Preprocessing) قبل الشروع في تحسين البيانات واستخلاص المعلومات منها، 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.

ولدراسة تمدد المدن ومعرفة اتجاه التوسّع العمراني فيها باستخدام مشهدين فضائيين عائدين لبداية ونهاية الفترة الزمنية المُراد دراسة التوسّع العمراني خلالها، وتصنيفهما وإجراء المُقارنة بينهما لمعرفة وحصر المناطق التي شهدت تغيّراً في استخدامات الأراضي وتوسّعاً عمرانيّا على حساب أصناف الاستخدامات الأخرى.

الدراسات السابقة:

تزايدت في الآونة الأخيرة الأبحاث المُهتمّة باستخدام تقانات الاستشعار عن بُعد لأهداف مُختلفة، وقد تطرق الباحثون لاستخدام كلاً من التفسير البصري والتفسير الآلي لتصنيف المشاهد الفضائيّة ودراسة استخدامات الأراضي وتغيراتها واتجاهات التوسّع العمراني وغيرها، نذكر من هذه الدراسات:

- دراسة (سماح محمد صوّان،2017، سورية)، بعنوان "**استخدام معطيات استشعاريّة في تصنيف مناطق عمرانيّة مُختارة من مدينة دمشق**" تم من خلال الدّراسة إعداد منهجية للتفسير والتصنيف الآلي للمناطق العمرانية في دمشق وتحويل الصّور الرقمية المُصنّفة إلى بيانات مُتّجهة تجنباً لعمليات الترقيم اليدوية والتّفسير البصري، باستخدام معطيات فضائية تُغطي منطقة البحث بقدرات تمييز مكانية وطيفية مُختلفة من مصادر مُتعددة، وقد توصّل البحث لمنهجية مُقترحة لتصنيف المناطق العمرانية المُختارة من منطقة الدّراسة وتمّ اقتراح استخدامها لأهداف إعادة الإعمار والتّنظيم والتّخطيط المستقبلي.
- دراسة (سعد الله جبور، سورية)، بعنوان " المُجريات العمرانية بدمشق والمُخطط التنظيمي العام للفترة (1965-1985)"، رصد من خلالها التطور العمراني واتجاهاته ضمن فترة الدّراسة، آخذاً بالاعتبار ظاهرة العمران العشوائي.

- دراسة (طارق اسماعيل اسماعيل، 2015، سورية)، بعنوان "**استخلاص السمات الجغرافيّة ذات الطبيعة الخاصّة من الصّور الفضائيّة بطريقة التّجزئة**"، ركّز الباحث في هذه الدراسة على العمليات المورفولوجية الأفقية والعمودية، ووضّح من خلال التجربة أن استخدام فلتر سوبل هو أفضل طريقة لكشف النقاط وأن عمليّة كشف الحواف هي الطريقة الأكثر شيوعاً لكشف الانقطاعات في السويّات الرّماديّة وفي حال تعذر تحديد الحواف على أساس الانقطاعات في السّويات الرمادية تكون تقنية التّجزئة باستخدام التعتيب والتجزئة الموجّهة أكثر كفاءة من عمليّة كشف الحواف، وقد اقترح الباحث التّوقف عن التّجزئة عندما يتمّ عزل الأهداف والسّمات المطلوبة ليتم تمثيل الصّورة بشكل مفيد وأسهل للتحليل.
- دراسة (فيصل بن سليمان المجلي، علي بن معاضة الغامدي، 2015، السّعوديّة)، بعنوان "" **التّصنيف الهدفي لاستخلاص الأراضي الفضاء من صور الأقمار الصّناعيّة عالية الوضوح: دراسة تطبيقيّة على مدينة الرّياض**"، استخدم من خلالها الباحثون أداة التّصنيف الهدفي (Objective Classification) في برنامج تحليل الصّور الفضائيّة (ERDAS)، لتصنيف واستخلاص الأراضي الفضاء في مدينة الرّياض، وذلك من خلال اتّباع منهجيّة تضمنّت معالجة البيانات وتهيئتها، ثم تحليل البيانات واستخلاص الأراضي الفضاء واختبار صحة التّصنيف، وقد نتج من ذلك خريطة موضوعيّة توضّح توزيع الأراضي الفضاء في منطقة الدراسة، وعدد من النّسب والاحصائيات التي توضّح مساحة الأراضي الفضاء في منطقة الدراسة.
- دراسة (سحر سعيد قاسم الطائي، فاتن عزيز مصطفى العاني، 2015، العراق)، بعنوان "**استخدام برمجيّات GIS في تمييز معلومات المرئيات الفضائيّة**"، وتضمّنت الدراسة مراقبة التغيرات الّتي طرأت على الغطاء الأرضي للفترة ما بين عاميّ (2001، 2003)، للمنطقة الواقعة ما بين قضاء تلكيف وتلعفر الواقعة في شمال غرب مدينة الموصل وباستخدام مرئيات فضائية ملتقطة بواسطة القمر الصناعي(Landsat ETM+)، كما تمّت الاستعانة بالخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة لتحديد المناطق التي حدث فيها التغير سواء كان تغيّر عمراني أو تغيّر في طبيعة الأراضي، وقد استخدم الباحثون تقنية التصنيف من نوع (Maximumliklhood) بالاستعانة ببرنامج ايرداس، بالإضافة لاستخدام تقنية كشف التغيّرات (Change Detection) لملاحظة مناطق الزيادة والنّقصان في مساحة الأراضي في منطقة الدّراسة.

- دراسة (أسماء الفوّال، 2005، سورية)، بعنوان "**استخدام تقانات الاستشعار عن بُعد في دراسة تغيّرات استعمالات الأراضي في ناحية صيدنايا**"، والتي قامت من خلالها بتصنيف استعمالات الأراضي ودراسة تغيرات استعمالات الأراضي بالإضافة لربط هذه التّغيرات بالعوامل الجغرافيّة المؤثرة عليها، والمقارنة بين طرق مُختلفة للتّصنيف الآلي، ودعمها بالتحليل والتّفسير البصري للمرئيات المُستخدمة في البحث.

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 مشهدين فضائيين مُختارين لمنطقة واقعة في الرّيف الشمالي الغربي لدمشق مشهد عائد للعام (1999م) مُلتقط بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-7) والآخر للعام (2019م) مُلتقط بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-8) ، وبدقّة تمييز مكانية وصلت إلى (15) متر بعد عمليات دمج الدّقة (Merge Resolution)، ومعالجتها باستخدام برامج تحليل الصور الفضائيّة (Image Processing Programs) ومن ثم تصنيفها تصنيفاً آليّاً مُراقباً، والمقارنة بين نتائج التّصنيفين للمشهدين المُختارين لكشف التغيّرات الطّارئة على استخدامات الأراضي وحساب مساحات التوسّع العمراني خلال الفترة المدروسة.

– **المنهج الجيومعلوماتي (Geomatic Method)**: يعتمد البحث على المنهج الجيومعلوماتي بشكل أساسي لإدخال ومُعالجة وتحليل البيانات وعرض نتائج تصنيف المشاهد الفضائية المُختارة، من خلال إخراجها على شكل خرائط لتوضيح هذه النتائج والحصول على المعلومات الممكن استنباطها من المشاهد، والمساعدة على تكوين تصوّرات كاملة عن استخدامات الأراضي وتوزع المناطق العمرانية بداية ونهاية الفترة الزمنية المدروسة، للتمكّن من إجراء المقارنة بين نتائج تصنيف المشهدين المُختارين ونمذجة التوسّع العمراني الحاصل خلال هذه الفترة.

– **منهج البحث المُقارن (Comparative Research Methodology)**: تم من خلال البحث إجراء مقارنة بين نتائج التّصنيف الآلي المُراقب للمشهد الفضائيّ المُلتقط بداية الفترة الزمنية المدروسة عام (1999م) والمشهد المُلتقط نهايتها عام (2019م)، واستنتاج التغيرات الطارئة ومساحات واتجاهات التوسّع العمراني.

البرمجيات المُستخدمة في البحث:

- ARC GIS 10.2: هو نظام معلومات جغرافي متكامل أصدره معهد بحوث أنظمة البيئة.
- Erdas Imagine 2014: برنامج لمعالجة الصّور الفضائيّة.
- برنامج (Quantum GIS 3.10.1) لمعالجة وتحليل قواعد البيانات الجغرافيّة ومعطيات الاستشعار عن بُعد.
- برنامج (Google Earth).

عرض البحث والمناقشة والتحليل:

بعد الحصول على المشاهد الفضائية الخام من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية المُلتقطة بواسطة التابعين الصُّنعيين (Landsat-7) و (Landsat-8) لدمشق ومحيطها في بداية الفترة الزمنية المدروسة ونهايتها، تم اقتطاع منطقة الدراسة من المشاهد لتسهيل عمليات المعالجة فيما بعد، ثم جُمّعت القنوات الطيفية للمشاهد بإجراء عملية (Layer stack)، كما تم إجراء عملية دمج الدّقة لمجالات المشاهد الفضائية المُختارة مع المجال البانكروماتي لزيادة قدرة التمييز المكانية للمشهدين متعددي الأطياف لتصل إلى (15متر)، كما تمَّ تصحيح 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 وبيانات الاستشعار عن بُعد.

بعد الانتهاء من عمليات المُعالجة الأوليّة للمشاهد الفضائية تمّ تصنيف المشهدين الفضائيّين تصنيفاً آليّاً مُراقباً باستخدام برنامج (Erdas Imagine2014)، وذلك بعد أخذ عينات التّدريب (Training Area) حقليّاً وتحديد احداثياتها لأصناف استخدامات الأراضي لكل من المشهدين وتسجيل البصمات الطّيفيّة (Spectral Signature) لكل صنف من أصناف استخدامات الأراضي باستخدام أداة (Signature editor).

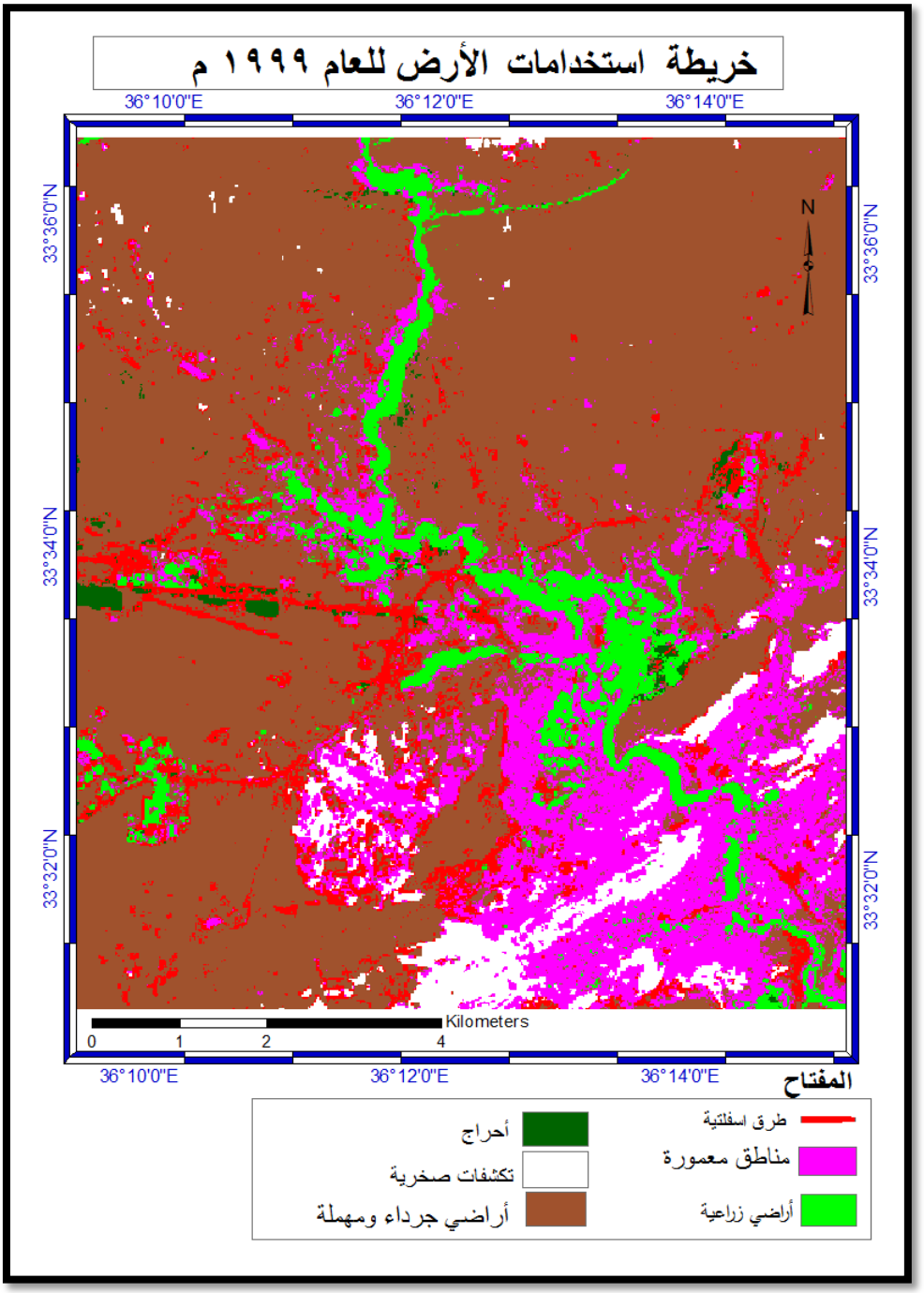
حيث اشتمل المشهدين الفضائيين على ستة أصناف رئيسيّة من أصناف استخدامات الأراضي وهي:

1- المناطق المعمورة، 2- الطّرق الاسفلتية، 3- الأراضي الزراعية، 4- الأحراج، 5- التكشفات الصّخرية، 6- الأراضي الجرداء والمُهملة.

و أُخرجت بعد ذلك خريطتي استخدامات الأراضي للعامين (1999م) و (2019) النّاتجتين عن تصنيف المشهدين الفضائيين المُختارين، (الخريطتين (2) و (3)) باستخدام برنامج (Arc gis 10,2,2).

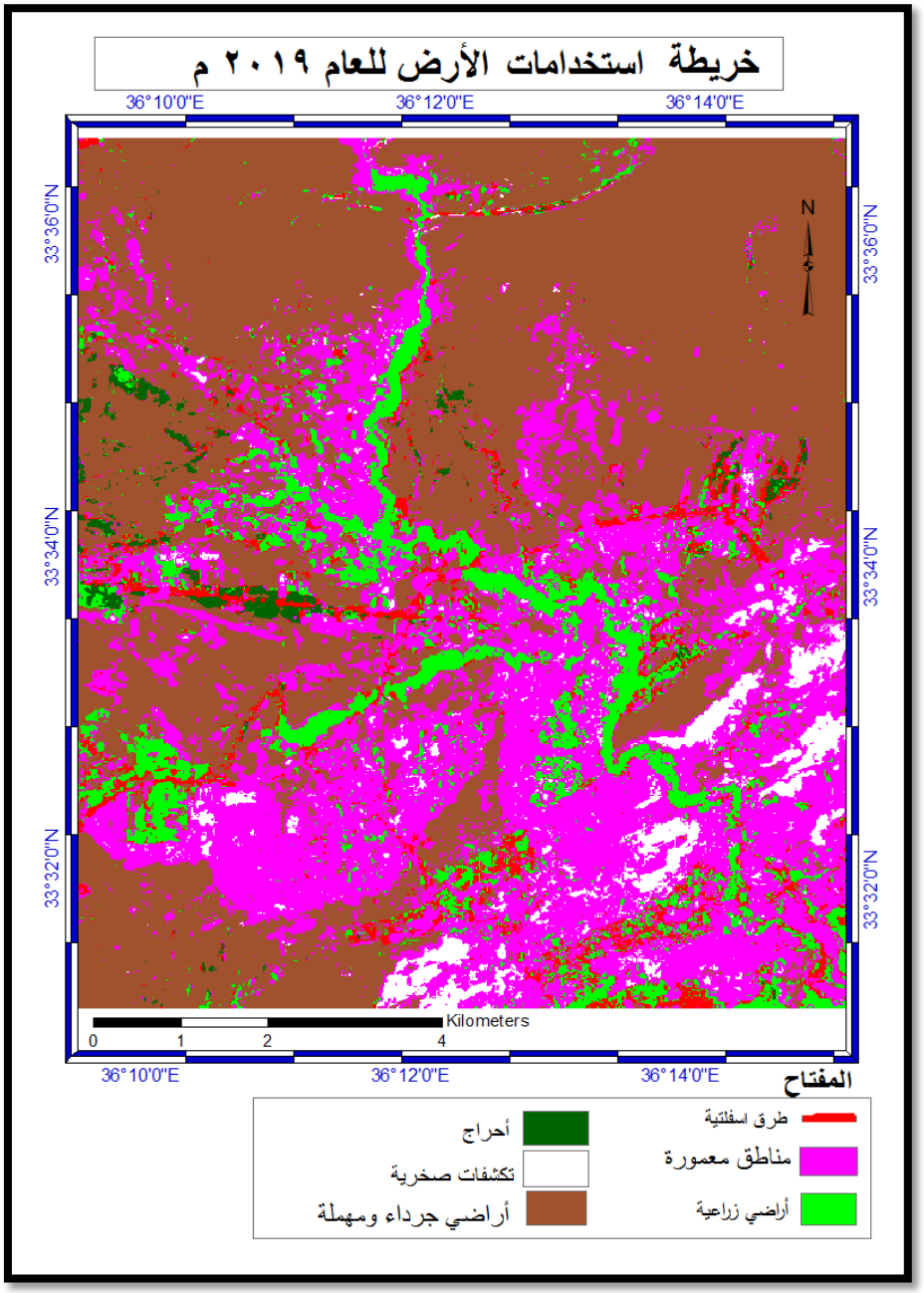
ويُلاحظ في الخريطة (2)، خريطة استخدامات الأرض للمنطقة المدروسة العائدة للعام (1999م)، تركّز العمران في مدينة قدسيا دوناً عن ضاحيتها والتي لم تكن معظم أراضيها معمورة، كما نُلاحظ أنّ العمران كان يقتصر على المناطق القريبة من الأراضي الزراعية على أطراف مجرى نهر بردى في قرى (الهامة، جديدة الشيباني، أشرفية الوادي، و بسّيمة) ويقلّ بالابتعاد عنه.

أمّا في الخريطة (3)، خريطة استخدامات الأرض للمنطقة المدروسة العائدة للعام (2019م)، فنُلاحظ ازدياد الرقعة المعمورة من ضاحية قدسيّا في الجنوب الغربي من الخريطة، كما نُلاحظ زيادة واضحة للأراضي المعمورة في بلدات الهامة وجمرايا، وجديدة الشيباني وأشرفية الوادي وبسيمة في الشمال الغربي من الخريطة، كما لوحظ زحف العمران باتجاه مناطق التّكشفات الصخرية في الجبال الواقعة في المنطقة الجنوبية من ناحية قدسيّا.



الخريطة (2): خريطة استخدامات الأرض لناحية قدسيّا عام 1999م.[5]

[5] : الخريطة من عمل الباحثة اعتماداً على نتائج التّصنيف المُراقب للمشهد الفضائي المُلتقط لمنطقة الدّراسة بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-7)، 1999م.

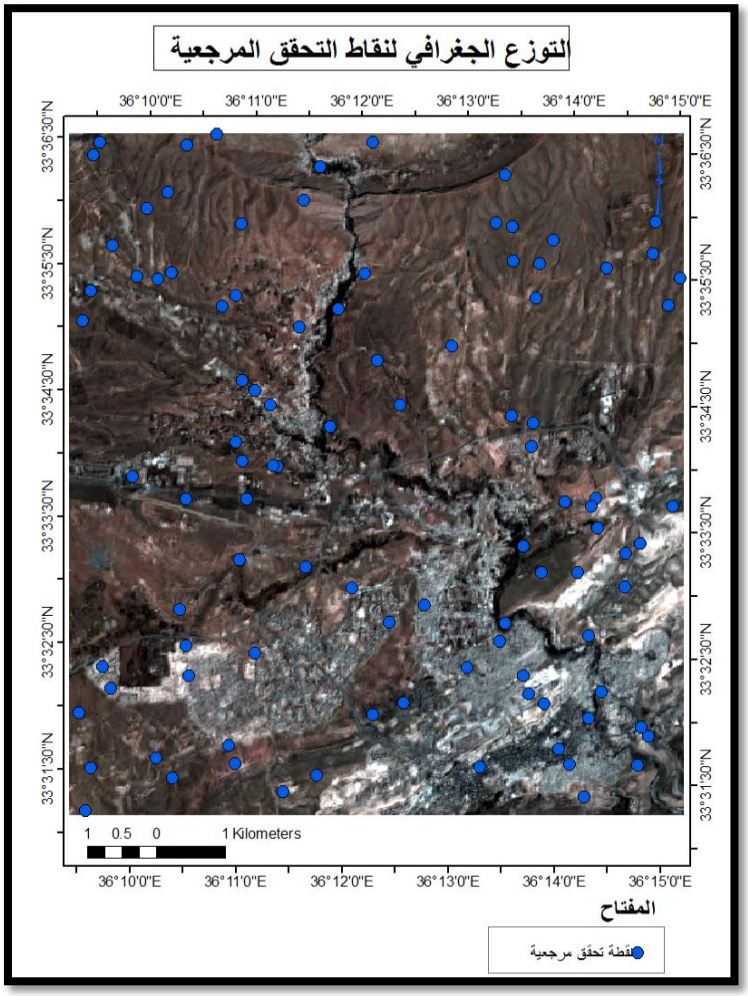


الخريطة (3): خريطة استخدامات الأرض لناحية قدسيّا عام 2019م.[6]

وللتحقق من دقّة نتائج تصنيف المشهد العائد للعام (2019) لضمان نتائج ذات موثوقية عاليّة، تم توزيع نقاط مرجعية للتحقق لاستخدامها كعيّنة طبقيّة عشوائية (Stratified Random samples)

[6] : الخريطة من عمل الباحثة اعتماداً على نتائج التّصنيف المُراقب للمشهد الفضائي المُلتقط لمنطقة الدّراسة بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-8)، 2019م.

وهي نوع من العينات الذي يستعمل في الحالات التي يحوي المجتمع فيها اختلافات منتظمة، وفي هذا النوع من العينات، يضع الباحث شروطاً معينة لاختيار أفراد العينة بحيث تُمثل العينة جميع فئات المجتمع المدروس(أصناف استخدامات الأرض)، وبنفس نسبة وجودها، وبعد تقسيم المجتمع إلى فئاته المختلفة، يعتمد الباحث الطريقة المتبعة في اختيار العينة العشوائية ضمن فئات طبقات المجتمع المدروس، ولكي يتم الاختيار يحدد الباحث الفئات المختلفة في المجتمع الأصلي بناء على خاصية معينة وبطريقة تناسبه، أي أن الباحث يختار لكل طبقة وبطريقة عشوائية عددا من المفردات، يتناسب مع حجمها الحقيقي في المجتمع الأصلي[4]، وفقاً لذلك تم توزيع نقاط التحقق المرجعية وبلغ عددها (100) نقطة موزّعة على كامل المساحة المدروسة، مع الأخذ بالحسبان أن تشمل كافّة الفئات التّصنيفية لاستخدامات الأراضي المتواجدة ضمن منطقة الدراسة، كما هو موضّح في الخريطة (4)، وتوثيق التصنيف الصحيح لاستخدام الأرض عند تلك النقاط (باستخدام صور عاليّة الدّقة من برنامج "Google Earth" تعود للعام نفسه.



الخريطة (4): التّوزّع الجغرافي لنقاط التحقق المرجعيّة.[7]

وقد تمت عملية اختبار الدّقة للمشهد الفضائي باستخدام نقاط التحقق المرجعية التي تمّ توزيعها على المشهد المُلتقط بتاريخ (2019م) بعد توثيق مرجعيّة هذه النقاط. وحساب الدّقة الكليّة (Overall Accuracy) لتقييم التّصنيف الآلي المُراقب الكُلي لهذا المشهد وقد بلغت (87%)، وهي نسبة جيدة وتعني أن (87) نقطة من نقاط العينة المئة صُنّفت بشكل صحيح، والتي تمَّ حسابها وفقاً للمعادلة التّالية [5]:

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{k=1}^{q} nkk}{n} \times 100$$

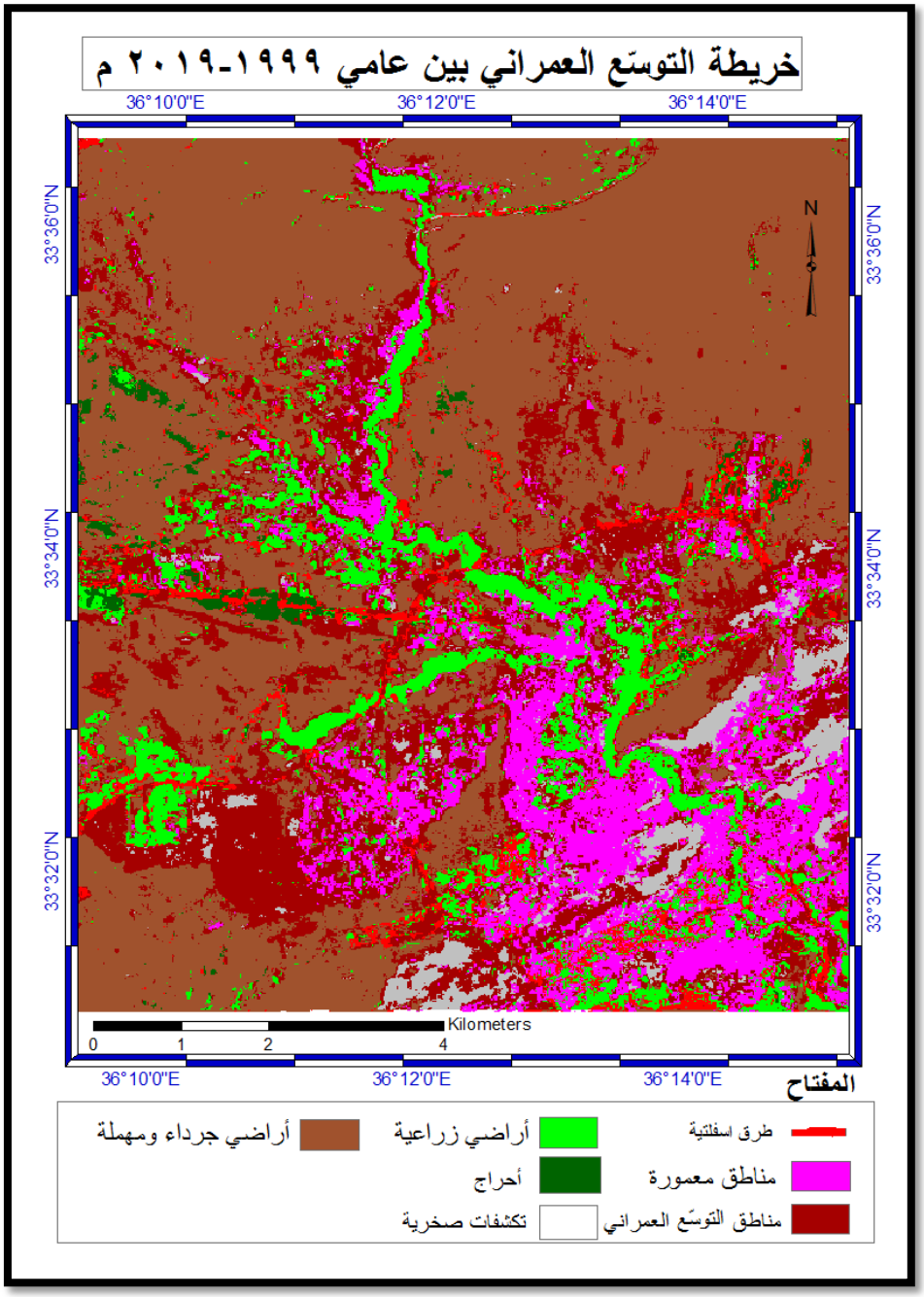
[7] : الخريطة من عمل الباحثة اعتماداً على الاحداثيات الجغرافية لنقاط التحقق الحقلي وباستخدام برنامج (Arc gis 10.2.2).

حيث:

n : العدد الكلي للنقاط.

$\sum_{k=1}^{q} nkk$: مجموع النقاط التي صُنفَتْ بشكل صحيح.

لاستنتاج مناطق التوسّع العمراني تمّ دمج قاعدتي البيانات النّاتجة عن تصنيف المشهدين الفضائيين المُختارين، للكشف عن التغيّرات التي طرأت على استخدامات الأراضي بشكل عام وعن الأراضي التي تحوّلت من مُختلف أصناف استخدامات الأراضي إلى أراضي معمورة، وذلك باستخدام أداة دمج المصفوفات (Matrix Union) في برنامج مُعالجة الصّور الفضائيّة (Erdas Imagine 2014)، لتنتج لدينا قاعدة بيانات واحدة تضم التصنيفين النّاتجين للمشهدين الفضائيين المُختارين لمنطقة الدراسة، ليتم تمثيل الأراضي التي تحوّلت من مُختلف أصناف استخدامات الأراضي إلى أراضي معمورة على أنها مناطق التوسّع العمراني الحاصل في الفترة المُمتدة ما بين عاميّ (1999م) و (2019م)، وإخراج خريطة التوسّع العمراني لهذه الفترة الزمنية (الخريطة (5))، ويُلاحظ فيها أن مناطق التوسّع العمراني في الفترة المدروسة شملت منطقة توسّع ضاحية قدسيّا (مشروع السكن الشبابي) في الجنوب الغربي من الخريطة، مع ازدياد المناطق المعمورة في منطقتي الهامة وجمرايا، كما لوحظ الزحف العمراني باتجاه الغرب على امتداد الأراضي الزراعية الواقعة إلى الغرب من مجرى نهر بردى (والذي لم يسمح مقياس الخريطة المُنتجة ودّقة التمييز المكانية للمشاهد المُستخدمة بظهوره كمجرى مائي نظراً لضيق مجراه، لكن يمكننا الاستدلال على مساره من خلال الأراضي الزراعية المُمتدة حول مجراه) في قرى جديدة الشيباني وأشرفية الوادي وبسيمة في الشمال الغربي من الخريطة.



الخريطة (5): خريطة التوسّع العمراني لناحية قدسيّا ما بين عاميّ (1999م– 2019م).[8]

[8]: الخريطة من عمل الباحثة اعتماداً على دمج قواعد البيانات لنتائج التّصنيف المُراقب للمشهدين الفضائيين المُختارين لمنطقة الدّراسة.

استُخدمت قاعدة البيانات الموحدة الناتجة عن دمج قواعد بيانات تصنيف المشهدين الفضائيين لحساب مساحات التوسّع العمراني، والممثلة في عنصورات الصّورة التي تحوّل تصنيفها من مُختلف أصناف استخدامات الأراضي في تصنيف المشهد الفضائي العائد للعام (1999م) إلى مناطق معمورة في تصنيف المشهد الفضائي العائد للعام (2019م)، وذلك من خلال ضرب عدد عنصورات الصّورة التي شهدت تغيّراً من كل صنف إلى صنف المناطق المعمورة بالعدد(225) وهو مساحة البيكسل الواحد مُقدراً بالمتر، باعتبار طول ضلع البيكسل الواحد للمشهد الفضائي يساوي قدرة التمييز المكانية للمشهد أي (15متر)، وكانت النتائج كما هو موضّح في الجدول (1).

الجدول (1): حساب مساحات التوسّع العمراني على حساب أصناف استخدامات الأراضي المُختلفة في الفترة الزمنية ما بين عاميّ (1999م– 2019):

الصّنف السابق لمناطق التوسّع العمراني	عدد عنصورات الصّورة	المساحة ($م^2$)
أراضي جرداء ومهملة	53906	12128850
تكشفات صخريّة	9389	2112525
أحراج	388	87300
طرق اسفلتية	13172	2963700
أراضي زراعية	6226	1400850
المجموع	83081	18693225

المصدر: الجدول من عمل الباحثة اعتماداً على قاعدة البيانات النّاتجة عن دمج قاعدتي بيانات تصنيف المشهدين الفضائيين المُختارين.

حيث لوحظ أن الزحف العمراني كان بالدرجة الأولى على حساب مناطق الأراضي الجرداء والمُهملة تليها الطرق فالتكشفات الصّخرية تليها مناطق الأراضي الزراعية لتأتي مناطق الأحراج في المرتبة الأخيرة لأصناف استخدامات الأراضي التي شهدت تحوّلاً إلى مناطق معمورة خلال الفترة الزمنية المدروسة، وقد بلغ مجموع مساحات مناطق التوسّع العمراني حوالي (18,693,225) مقدراً بالمتر المربع.

خاتمة البحث ونتائجه:

ختاماً فقد تبيّن من خلال البحث أهميّة البيانات والأساليب الاستشعاريّة في دراسة التغيرات الطّارئة على الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض خلال فترة زمنية مُعيّنة، باستخدام مشاهد فضائية مُلتقطة بتواريخ مُختلفة والعمل على مُعالجتها وتحليلها وتصنيفها والمقارنة بينها لاستنتاج التغيّرات الطارئة على استخدامات الأرضي ومناطق واتجاهات التوسّع العمراني، وخلص البحث لنتائج عدة أهمها:

1- تُساهم عمليات المُعالجة الأوليّة للمشاهد الفضائيّة قبل الشروع في تحليل البيانات واستخلاص المعلومات منها، في التخلص من التّشوهات الناتجة عن عوامل عدّة طبيعية وتقنية، وزيادة قدرة التمييز المكانيّة للمشهد الفضائي مُتعدد الأطياف من خلال عملية دمج الدّقة وبالتالي الحصول على نتائج أفضل وأكثر موثوقية.
2- شهدت القرى والبلدات التّابعة لناحية قدسيّا توسّعاً عمرانيّاً يُقدّر بـ (18,693,225) م^2، في الفترة الزمنية المُمتدة ما بين عامي (1999-2019م).
3- تحوّل ما يُقدر بـ (12128850) م^2، من أراضي جرداء ومُهملة إلى مناطق معمورة، خلال الفترة الزمنية المدروسة.
4- تحول حوالي (2112525) م^2، من مناطق التكشفات الصّخرية إلى مناطق معمورة، بينما زحف العمران على ما يُقدر بـ (1400850) م^2 من الأراضي الزراعية خلال الفترة الزّمنية الفاصلة ما بين تاريخي المشهدين الفضائيين المُختارين للدراسة.

مقترحات البحث:

1- الاستفادة من منهجية البحث في الدراسات المُهتمّة بالتخطيط والتطوير والتّوسع العمراني.
2- ضرورة التكامل بين التفسيرين البصري والآلي في الدّراسات الاستشعارية، حيث يُعدّ كلّاً من التّصنيف البصري والتصنيف الآلي طرق استشعارية متكاملة، لا يُغني أحدهما عن الآخر.
3- ضرورة الاعتماد على تقانات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافيّة، ومواكبة آخر مستجداتهما من الأبحاث والدراسات والبرامج والتي تتطور بشكل مُتسارع وتتزايد فيها الخيارات المُتاحة لمُعالجة مُختلف البيانات الاستشعارية.

المصادر والمراجع:

أولاً: الكتب والأبحاث والمقالات المنشورة:

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

[4] Dwiedry.R, 2000. Scientific research, its theoretical basics and practical practice. First Edition, Contemporary Thought Publishing House., Beirut,Lebanon,311p.(In Arabic).

[5] Foody, G.M. Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment 80 (2002) 185– 201.

ثانياً: الصّور الفضائيّة والمُخططات:

- صورة فضائية مُتعددة الأطياف مُلتقطة بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-7) بقدرة تمييز مكانية (30*30م) و (15*15م) للمجال البانكروماتي، تعود للعام (1999) م.
- صورة فضائية مُتعددة الأطياف مُلتقطة بواسطة التّابع الصُنعي (Landsat-8) بقدرة تمييز مكانية (30*30م) و (15*15م) للمجال البانكروماتي، تعود للعام (2019) م.
- صور فضائية غير طيفية عاليّة الدّقة المكانيّة، من برنامج "Google Earth".
- مخطط التّقسيمات الإدارية للنواحي الصّادر عن وزارة الإدارة المحليّة، دمشق، سوريّة، (2014)م.