

## دقة الطريقة المثلثاتية في رقمنة العقارات الصغيرة: دراسة الانحرافات في المساحة وتأثير مقياس الرسم (1:500 نموذجًا)

حسن الإبراهيم، د. عباس الحاج علي عباس، د.م. رامي بدوي

كلية الهندسة المدنية، جامعة إدلب

### الملخص:

في إطار التحول الرقمي وإعادة بناء البنية العقارية في سوريا بعد عام 2025، تسعى هذه الدراسة إلى تقييم دقة طريقة المثلثات في رقمنة العقارات الصغيرة وذلك انطلاقاً من أهمية هذه الفئة من العقارات في توثيق الملكيات وحل النزاعات المجتمعية. اعتمد البحث على دراسة تطبيقية على ثلاثة مخططات مساحية من مناطق عقارية مختلفة من محافظة إدلب ، إذ اختيرت عينة من المخططات الورقية القديمة ورقمتها بواسطة برنامج AutoCAD Raster Design وطبقت تقنية الإسناد الجغرافي بواسطة نقاط تحكم أرضية(GCPs)، وحسبت مؤشرات الدقة (الخطأ التربيعي المتوسط والانحراف المعياري) لتقدير الانحرافات المساحية بين السجلات الورقية والنتائج الرقمية. أظهرت النتائج أن الانحرافات لم تتجاوز 2% في العقارات الصغيرة، ما يثبت فعالية برنامج AutoCAD Raster بواسطة طريقة المثلثات في معالجة التشوهات الورقية والحفاظ على الشكل الهندسي للأراضي. كما تؤكد هذه النتائج أن اعتماد طريقة المثلثات في رقمنة العقارات الصغيرة يُعد أدلة علمية دقيقة يمكن تعزيزها على القرى السورية المماثلة، بما يعزز من جودة السجلات العقارية الرقمية.

**الكلمات المفتاحية:** رقمنة العقارات، طريقة المثلثات، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، دقة المساحات، الانحراف المعياري SD ، RMSE

# The Accuracy of the Triangular Method in Digitizing Small Cadastral Parcels: A Study of Area Deviations and the Impact of Scale (1:500 as a Case Study)

Eng. Hasan Al-Ibrahim, Dr. Rami Badaw

University of Idlib, Faculty of Civil Engineering

## Abstract:

Within the framework of digital transformation and the reconstruction of Syria's cadastral infrastructure after 2025, this study aims to evaluate the accuracy of the Triangulation Method in digitizing small cadastral parcels, in recognition of the importance of this property category in documenting ownership and resolving community disputes. The research is based on an applied study conducted on three cadastral maps from different cadastral areas within Idlib Governorate. A sample of old paper maps was selected and digitized using AutoCAD Raster Design software. The georeferencing process was performed using Ground Control Points (GCPs), and accuracy indicators—including the Root Mean Square Error (RMSE) and Standard Deviation (SD)—were computed to estimate spatial deviations between paper records and digital outputs.

The results indicated that deviations did not exceed 2% in small parcels, confirming the effectiveness of AutoCAD Raster Design, when employing the Triangulation Method, in correcting paper distortions and preserving the geometric integrity of land parcels. These findings affirm that adopting the Triangulation Method for the digitization of small cadastral parcels constitutes a precise and reliable scientific approach that can be generalized to similar Syrian villages, thereby enhancing the overall quality of digital cadastral records.

**Keywords:** cadastral digitization, Triangulation Method, Geographic Information Systems (GIS), area accuracy, Standard Deviation (SD), Root Mean Square Error (RMSE).

**مقدمة:**

في ظل التحول الرقمي المتتسارع الذي يشهده قطاع إدارة الأراضي، أصبحت رقمنة السجلات العقارية ضرورة لا خياراً، لما لها من دور محوري في تحسين كفاءة التخطيط العمراني، وتسهيل فض النزاعات العقارية، وتعزيز الشفافية في إدارة الملكيات. وعلى الرغم من التقدم الكبير في مجال الرقمنة وبرمجيات التحليل المكاني، لا تزال العديد من السجلات العقارية تعتمد على خرائط ورقية قديمة تعاني من التلف الفيزيائي، وسوء الإسناد، وترابك الأخطاء الناتجة عن التحديث اليدوي أو نقص المعايير الموحدة. ويمثل هذا الوضع عائقاً جوهرياً أمام تحقيق تكامل البيانات بين الجهات المختلفة، كما يؤدي إلى فجوات مكانية ملحوظة بين البيانات الورقية والواقع الميداني.

تسعى هذه الورقة البحثية إلى تقديم تحليل كمي منهجي للفروقات بين المساحات الورقية والمساحات الناتجة عن الرقمنة، عبر اعتماد مقاربات هندسية دقيقة تعتمد على الإسناد الجغرافي، ومعادلات التحويل الرياضي.

تعتمد هذه الدراسة منهجية طريقة المثلثات في الرقمنة والإسناد، والتي اختيرت لأنها تعمل على الحفاظ على الشكل الهندسي للعقارات الصغيرة، مقارنة بالطرق الأخرى مثل طريقة كثیرات الحدود (Polynomial Method)، تُعرف طريقة المثلثات بدقتها في التعامل مع الانزياحات الموضعية الناتجة عن الانكماش أو التمدد في الخرائط الورقية، ما يجعلها مناسبة للرقمنة الدقيقة التي تراعي فيها التفاصيل المحلية لكل نقطة حدوية.

ولإضفاء الطابع العملي على هذه الدراسة، اختيرت عينة من المخططات العقارية ذات مقياس 1:500، إذ رُقمنت يدوياً ببرامج متخصصة، ثم حُسب الخطأ التربيري المتوسط بين المساحات الأصلية والرقمية، وتحليل البيانات الناتجة وفق مؤشرات إحصائية دقيقة. ومن خلال هذا النهج، تهدف الدراسة إلى تقديم أداة علمية موثوقة يمكن للمهندسين الطبوغرافيين، وخبراء نظم المعلومات الجغرافية الاعتماد

عليها لنقدير مدى دقة السجلات الرقمية، وتحديد الحالات التي تستوجب مراجعة ميدانية أو إعادة الإسناد.

إن القيمة العلمية لهذا البحث لا تقتصر على دقة الأرقام، بل تتجاوز ذلك إلى دعم اتخاذ القرار في مجالات التخطيط العمراني، والتحول الرقمي للمؤسسات العقارية، وفض النزاعات القانونية على الملكيات. كما يمثل العمل دعوة للباحثين والمهندسين في مجال المساحة ونظم المعلومات الجغرافية إلى التركيز على العقارات الصغيرة كأداة اختبار فعالة لتقدير كفاءة عمليات الرقمنة، ووضع معايير قانونية لجودة البيانات العقارية الرقمية.

### الدراسات المرجعية:

شهدت السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً من الأوساط البحثية حول العالم بموضوع رقمنة السجلات العقارية وتقييم فجوات الدقة الناتجة عن التحول من الوثائق الورقية إلى النظم الرقمية. ويعزى هذا الاهتمام إلى تصاعد الحاجة إلى قواعد بيانات مكانية موحدة وموثقة، يمكن الاعتماد عليها في تخطيط التنمية، فضلاً عن تسوية النزاعات العقارية وتعزيز الحوكمة الشفافة للأراضي.

إن الاعتماد المطلق على الخرائط الورقية التقليدية يؤدي إلى فروقات جوهيرية بين المساحات القانونية والمسجلة من جهة، والواقع الجغرافي الميداني من جهة أخرى . وقد شكلت الدراسات السورية إسهاماً مهماً في تطوير تقنيات الرقمنة والإسناد الجغرافي وأجرى (الحلاق، 2018). دراسة في جامعة دمشق حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الأراضي وركزت على معالجة التشوهات في الخرائط الورقية القديمة بواسطة تقنيات الإسناد الجغرافي المتقدمة. كما قدمت (الهيئة العامة للمساحة، 2015). في دليلها الفني للأعمال المساحية إطاراً منهجاً معيارياً لعمليات الرقمنة في سوريا وشمل معايير دقة نقاط التحكم الأرضية وطرق معالجة التشوهات الورقية.

في سياق متصل تناولت دراسة (قاسم، 2010). في جامعة تشرين استعمال تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الأملاك العقارية، وأكملت على أهمية الدقة

المساحية في الرقمنة خاصةً للعقارات الصغيرة. بينما اهتمت دراسة (العلي، 2015). في جامعة البعث بدقة الرقمنة في التحويل من الخرائط الورقية إلى النظم الرقمية وحللت العوامل المؤثرة في دقة العمليات المساحية بمختلف مقاييس الرسم.

أوضحت دراسة للباحثين (تونغ، ليو، وونغ، 2001). أن التباينات في المساحة بين النسخ الورقية والرقمية غالباً ما تنشأ نتيجة تراكم الأخطاء في مراحل المسح والإسناد أو الرقمنة اليدوية، وأوصوا بتطبيق نماذج ضبط هندسي إحصائي للحد من تلك الفروقات وتحسين التماسك بين العلاقات المكانية أو المجاورة بين العناصر أو ما يعرف بطبولوجيا (Topology) البيانات.

كما قدمت دراسة (لبونورا، 2009). إطاراً عملياً لرقمنة الخرائط العقارية ذات الأحجام الكبيرة والتاريخية بمساحات عالية الدقة وبرمجيات GIS مفتوحة المصدر، وتمكنـت من تقليل فجوة الدقة باستخدام تنسیقات ضوئية محسنة مثل 2000 JPEG ، وربط النتائج بمنصات WebGIS لإتاحة الوصول العام للبيانات.

وفي السياق ذاته، قامت دراسة أجريت في الهند (كومار وآخرون، 2013). بمقارنة دقـيـقة بين المساحات القانونية والرقمية باستعمال نقاط تحكم أرضية وصور فضائية، لـلـطـبـق لاحقاً أـسـالـيـب ضـبـط مـثـل Rubber Sheet Adjustment ، إذ أـظـهـرـتـ النـتـائـج فـرـوقـاتـ وـاضـحـةـ فـيـ المسـاحـاتـ الصـغـيرـةـ (ـتـجاـوزـتـ 16ـ%ـ)ـ مـقـارـنـةـ بـالـمـسـاحـاتـ الـكـبـيرـةـ (ـأـقـلـ مـنـ 2ـ%)ـ ،ـ ماـ يـبـرـزـ أـهـمـيـةـ دـقـةـ الرـقـمـنـةـ فـيـ الـمـنـاطـقـ مـتـنـاهـيـةـ الصـغـرـىـ .ـ

على مستوى الحلول التقنية الحديثة، استعملت أبحاث (سابكوتا، بهاتا، 2014) أدوات استشعار ضوئية دقيقة، ونماذج تحليل طبوـلـوـجيـ تعـتمـدـ عـلـىـ برـامـجـ CADـ وـGISـ ،ـ ماـ سـاعـدـ فـيـ تـطـويـرـ رـقـمـنـةـ موـحـدـ وـخـفـضـ التـنـاقـضـاتـ فـيـ الـبـيـانـاتـ.ـ بينما اتجـهـ باـحـثـونـ مـثـلـ (ـلـأـشـنـاـ وـآـخـرـونـ،ـ 2024ـ)ـ إـلـىـ إـدـمـاجـ خـوـارـزمـيـاتـ الذـكـاءـ الـاصـطـنـاعـيـ مـثـلـ الشـبـكـاتـ الـعـصـبـيـةـ الـتـلـافـيـفـيـةـ CNNsـ (ـ)ـ Networksـ فـيـ عـمـلـيـاتـ استـخـرـاجـ الـحـدـودـ وـالـسـمـاتـ الـعـقـارـيـةـ مـنـ الـخـرـائـطـ الـوـرـقـيـةـ،ـ ماـ مـكـنـ مـنـ تـحـقـيقـ دـقـةـ رـقـمـيـةـ قـابـلـةـ لـلـتـحـديثـ الـلـاحـظـيـ وـتـقـلـيـصـ التـخـلـلـ الـيـدـوـيـ.ـ

أما فيما يتعلق بقياس الفروقات الكمية بين الرقمنة والواقع، فقد أظهرت دراسة (تيكافيش وآخرون، 2023) أن مؤشر الدقة (RMSE Root Mean Square Error) بين الإحداثيات الورقية والميدانية بلغ نحو (48-56) سم في بعض المناطق الأوروبية (تحديداً في سلوفينيا وشمال مقدونيا)، بينما بلغ RMSE للمساحات نحو 0.88%， وعلى الرغم من أن النسبة المئوية للخطأ تبدو صغيرة (أقل من 2%)، إلا أن الدراسة تؤكد أن هذه الفروق تخلق تحديات عملية وقانونية تستدعي التدخل الإحصائي والهندسي لتحسين الدقة.

هذه الدراسات مجتمعةً تشكل أساساً علمياً محلياً للبحث الحالي، وتؤكد على أهمية توطين التقنيات الرقمية في البيئة السورية، مع مراعاة الخصائص المحلية للخرائط العقارية السورية والبنية التحتية المساحية المتاحة.

وفي هذه المعطيات، يتبيّن أن الرقمنة الدقيقة، عندما تُنفذ وفق أسس هندسية وعلمية صحيحة، تُعدّ أداة فعالة لتقليص الفجوات بين البيانات الورقية والواقع الميداني. إلا أن ذلك لا يمكن تحقيقه دون معالجة منهجية للعوامل المؤثرة في الدقة مثل جودة الخرائط الأصلية و أدوات الرقمنة و تقنيات الإسناد والتكامل مع البيانات الميدانية. وتأسياً على ذلك، تُسهم هذه الورقة في استكمال مسار البحث من خلال تحليل كمي دقيق للفجوات بين السجلات الورقية والواقع ضمن نموذج تطبيقي محلي وتقديم مؤشرات عملية قابلة للقياس لإثبات أثر الرقمنة في توحيد وإصلاح السجلات العقارية.

### المشكلة وموضوع البحث:

رغم ما شهده العالم من تطور ملحوظ في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وأدوات التحليل المكاني، لا تزال المخططات العقارية الورقية تمثل المصدر الأساسي للبيانات العقارية في العديد من الدول، لا سيما في سوريا. ومع أن هذه الوثائق تؤدي مهمةً رئيسيةً في حفظ الحقوق العقارية، إلا أنها تعاني من مشكلات جوهرية على المستويين الهندسي والقانوني، خاصةً عندما يتعلق الأمر بالعقارات الصغيرة ذات مقياس الرسم (1:500) والتي تتطلب أعلى درجات الدقة في التمثيل المكاني والمساحي.

تتمثل أبرز المشكلات الفنية في أن المخطوطات الورقية القديمة غالباً ما تتعرض لتشوهات فيزيائية مع مرور الزمن، مثل التمزق والانكماس وهذه عوامل تؤدي إلى انحرافات في خطوط الحدود الأصلية الذي يصعب عملية الرقمنة الدقيقة. يضاف إلى ذلك اعتماد عمليات التحديث السابقة على أساليب قياس يدوية تقترن إلى الضوابط الموحدة، مما نتج عنه أخطاء تراكمية في تسجيل الأطوال والزوايا والمساحات، خاصةً في المقاسات العقارية ذات الأبعاد الصغيرة التي تتأثر بأبسط الانزياحات.

في هذا السياق، تبرز الحاجة إلى تطوير منهجية علمية دقيقة لرقمنة هذه المخطوطات، لا تعالج فقط الشكل الهندسي العام بل تضمن أيضاً التمثيل العددي الدقيق للمساحات وذلك مع تصحيح الأخطاء الناتجة عن التشوه الورقي أو القياس اليدوي. وهنا يأتي موضوع هذا البحث الذي يسعى إلى دراسة فعالية طريقة المثلثات (Triangular Method) في معالجة الانحرافات الموضعية أثناء تحويل الخرائط الورقية إلى نسخ رقمية دقيقة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم دقة هذه الطريقة في رقمنة العقارات الصغيرة باستخدام مقياس (1:500) وذلك من خلال تطبيقها على مجموعة مختارة من المخطوطات ومقارنة النتائج الرقمية الناتجة مع السجلات الرسمية المعتمدة. ويتم هذا التقييم بمؤشرات إحصائية موثوقة تعطي صورة كمية واضحة عن مدى اقتراب الرقمنة من الواقع الفعلي.

يركّز البحث كذلك على تحديد مدى تأثير العوامل الفيزيائية للمخطط (التمزق والانكماس) على النتائج الرقمية. كما يستعرض إمكانيات تصحيح هذه الانحرافات ويتبيّن اعتماد هذه المنهجية إمكانية تعميمها كأداة معيارية لتحديث السجلات العقارية في المناطق التي ما تزال تعتمد النظم الورقية.

## منطقة العمل والبحث:

اختيرت مخططات من ثلاث مناطق عقارية هي منطقة إدلب الثالثة والرابعة ومنطقة معرزيتا الواقعة في ريف محافظة إدلب مجالاً تطبيقياً لهذه الدراسة، لاختبار دقة الرقمنة في العقارات الصغيرة، التي تتأثر بشكل ملحوظ بالتشوهات الورقية والانحرافات، ما يعزّز من قابلية تعميم نتائج الدراسة لاحقاً على نطاق أوسع.

## الأدوات والمواد المستخدمة:

لتحقيق أهداف هذا البحث وتنفيذ عملية الرقمنة بدقة عالية، استُعملت مجموعة متكاملة من الأدوات التقنية والهندسية التي تُمكّن من معالجة المخططات الورقية وتحويلها إلى صيغ رقمية قابلة للتحليل المكاني. اختيرت هذه الأدوات بعناية لتوفير توازن بين الكفاءة والدقة، مع ضمان توافقها مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

**الماسح الضوئي** :Epson Expression 12000XL

اعتمد على ماسح ضوئي احترافي من طراز Epson Expression 12000XL، والذي يُعد من الأجهزة المخصصة لمسح الوثائق كبيرة الحجم والخريطة بدقة عالية. وصُبِطَ الجهاز للعمل بدقة 600 نقطة في البوصة (dpi)، وهي دقة تضمن الحفاظ على أدق التفاصيل الهندسية في المخططات الورقية، مثل رؤوس الزوايا، والحدود، والكتابات الصغيرة. تسمح هذه الدقة باستخراج صور نقطية واضحة يمكن استعمالها لاحقاً في الرقمنة والتحليل دون فقدان المعلومات البصرية أو التعرض لأنحرافات بصرية ناتجة عن انخفاض جودة الصورة. وتُعد هذه المرحلة ضرورية لقليل نسبة الانحرافات الناتجة عن المسح الرقمي، وهي تمهد أساسياً لنجاح خطوات الإسناد الجغرافي اللاحقة.

## برنامج AutoCAD Raster Design 2016

بعد الانتهاء من المسح الضوئي، تُستورد الصور النقاطية للمخططات الورقية إلى بيئة AutoCAD Raster Design 2016، الذي يوفر إمكانيات متقدمة في التعامل مع الخرائط النقاطية ضمن واجهة أوتوكاد الهندسية. ويتتيح هذا البرنامج أدوات دقيقة ل تتبع الحدود يدوياً، وتحويل الخطوط النقاطية إلى عناصر خطية (Vector)، مع إمكانية تطبيق التحويلات الهندسية اللازمة لتصويم الانحرافات في الصور.

### المخططات الورقية ذات مقياس رسم 1:500

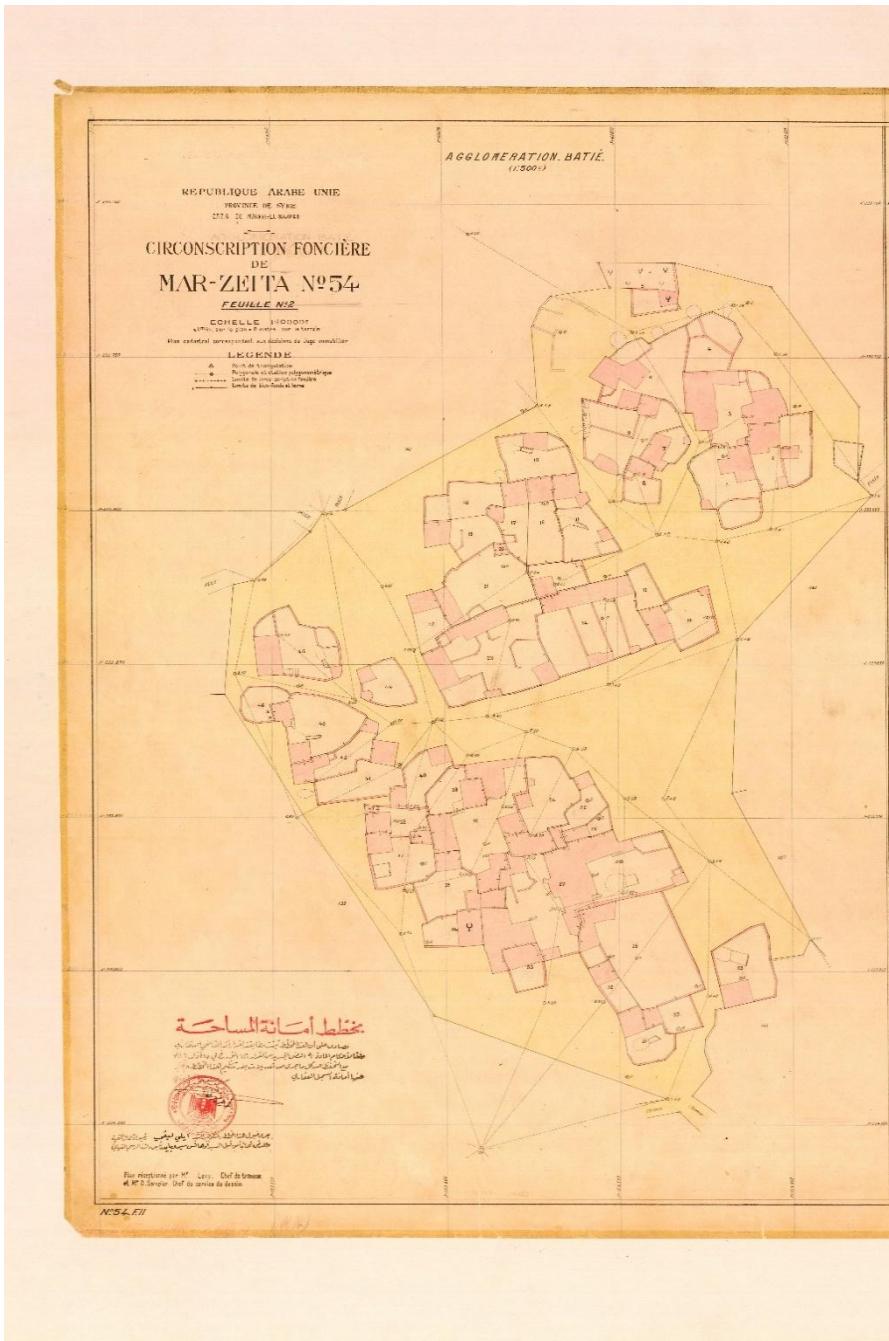
تمثل المادة الأساسية للدراسة ثلاثة مخططات مساحية حالتها الفيزيائية مختلفة إذ اختيار مخطط بحالة سيئة وتعرض لتأكل في بعض أجزائه كما في المخطط رقم (1) من المنطقة العقارية إدلب الرابعة كما يبين الشكل (1)

و اختيار مخطط تعرض لبعض التشوهات نتيجة سوء الحفظ وهو المخطط رقم (2) من المنطقة العقارية إدلب الثالثة كما يظهر في الشكل (2) و اختيار مخطط حالة فيزيائية جيدة وهو المخطط رقم (2) من المنطقة العقارية معززتنا الشكل (3) وهذه المخططات جميعها مرسومة بمقاييس (1:500)، وهو المقياس المعتمد في توثيق العقارات الصغيرة و اختيار هذا المقياس تحديداً نظراً لكون الانحرافات التي قد تمر دون ملاحظة في المقاييس الأكبر (مثل 1:2000) تصبح ملموسة ومؤثرة في هذا النوع من المخططات. يتطلب هذا المقياس دقة عالية في التمثيل، ومن ثم فإنَّ بيئة اختبار مثالية لتقنيات الرقمنة الدقيقة .





الشكل (2) المخطط رقم 2 من المنطقة العقارية إدلب الثالثة رقم 30



الشكل (3) المخطط رقم 2 منطقة عقارية معززتنا رقم 54

## طريقة البحث:

تبدأ عملية الرقمنة بمسح المخطط بدقة لا تقل عن 600 dpi وبصيغة متوافقة مع AutoCAD مثل TIFF أو JPEG بعد ذلك تُدرج الصورة في بيئة AutoCAD عبر الأمر Raster (Raster Image Reference) → INSERT → (Raster Image Reference) ويتم ضبط الوحدات المستعملة وهي (Meter, Grad) وضبط طريقة إدخال الإحداثيات (Cartesian Format) ثم تُنقل الصورة بالامر Match إلى مكانها على شبكة الإحداثيات السورية ويعُد هذا النقل مرحلة أولية قبل الإسناد الجغرافي الدقيق.

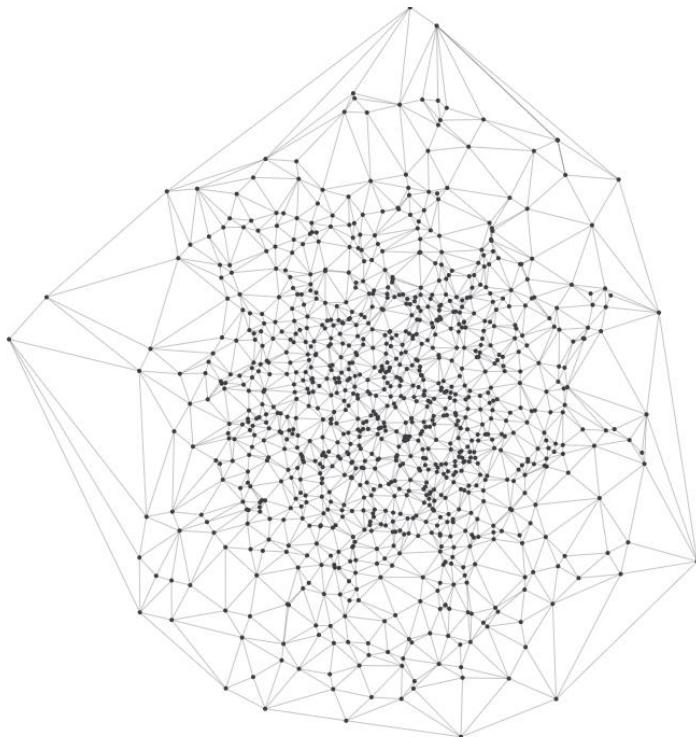
في الخطوة التالية، تُتَّفَّذ عملية تحديد نقاط التحكم الأرضية داخل الصورة وهي عبارة عن مراصد مساحية معلومة بالإحداثيات والمسجلة في دفاتر الأرصاد في دائرة المساحة ويراعى عند اختيار نقاط التحكم أن تكون موزعة بشكل متوازن حول العقارات المدرosaة لتقليل التشوه الهندسي الناتج عن عمليات التحويل. بعد اختيار النقاط تُدخل إحداثياتها الحقيقية بأداة Rubbersheet ضمن قائمة Raster Tools .→ Georeference

ضمن خيارات مربع الحوار Rubbersheet يوجد طريقتان لمعالجة الصورة وهما (Triangular, Polynomial)

سُتعتمد طريقة المثلثات (Triangular Method) إذ تُقسّم الصورة إلى شبكة من المثلثات الصغيرة المستندة إلى نقاط التحكم، ما يقلل من التشوهات المحلية ويوفر دقة أعلى في المناطق غير المتاجنة هندسياً.

و تستند هذه الطريقة إلى مبدأ مثلثات ديلوني (Delaunay Triangulation) وبعد تحديد مجموعة من نقاط التحكم المشتركة بين الصورة الممسوحة والإحداثيات الحقيقية، تُشَّأِّ شبَّكة مثلثات تربط بين هذه النقاط. كل مثلث يُعد وحدة مستقلة يجري عليها تحويل هندسي محلي لتصحيح موقع النقاط الداخلية ضمن المثلث وعندما تُطبَّق هذه التحويلات على كامل الصورة، نحصل على

نتيجة دقيقة تسمح بتصحيح التشوّهات الموضعية الصغيرة ويبين الشكل (4) شبكة مثلثات Delaunay.



الشكل (4) شبكة مثلثات Delaunay تقع نقاط التحكم عند رؤوس المثلثات.

ويمكن استعمال نوعين من نقاط التحكم داخل بيئة AutoCAD Raster

Grid Points : وهي نقاط تقاطع شبكة الإحداثيات المطبوعة على المخطط الورقي، وتستعمل عندما تكون الشبكة واضحة وغير مشوهة.

Add Points : وهي نقاط مراصد مساحية معلومة الإحداثيات مسجلة في دائرة المساحة و تُضاف يدوياً عند غياب أو تشوّه شبكة الإحداثيات الأصلية بسبب تقادم أو سوء حفظ المخطط.

يُختار النوع الأنسب بحسب الحالة الفيزيائية للمخطط الورقي، إذ إنه في بعض الحالات تكون شبكة الإحداثيات واضحة ومكتملة ما يسمح بالاعتماد على

Grid Points، بينما في حالات أخرى تكون الشبكة قد تضررت جزئياً أو كلياً لاستعمال Add Points لتحقيق الإسناد المكاني الصحيح.

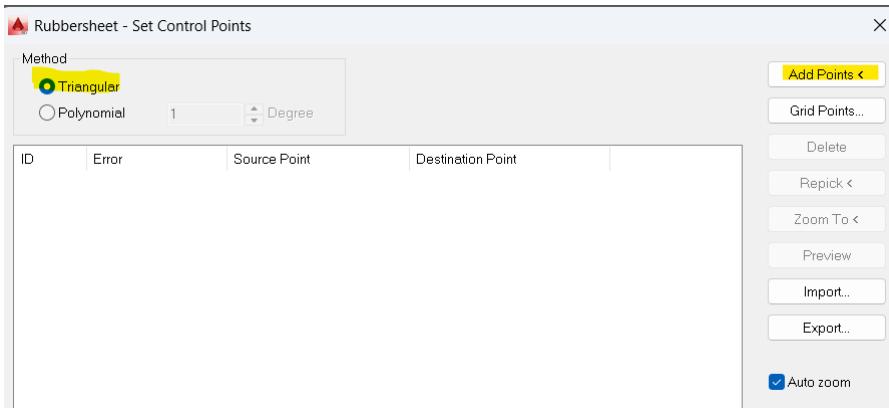
### دراسة المخطط رقم (1) من المنطقة العقارية إدلب الرابعة رقم 31 :

بعد مسح المخطط الشكل رقم (2) بدقة لا تقل عن 600 dpi يُدرج الصورة في بيئة AutoCAD Raster عبر الأمر INSERT → Raster Image ونقوم بنقل الصورة بشكل مبدئي باستخدام الأمر Match إلى مكانها على شبكة الإحداثيات ثم تُحدد نقاط التحكم الأرضية وهي مراصد مساحية معلومة الإحداثيات مسجلة في دفاتر الأرصاد في دائرة المساحة كما يبين في الشكل (5) توزع نقاط التحكم بشكل متوازن حول المنطقة المدروسة.



الشكل (5) توزع نقاط التحكم على مخطط رقم 1 المنطقة العقارية إدلب الرابعة

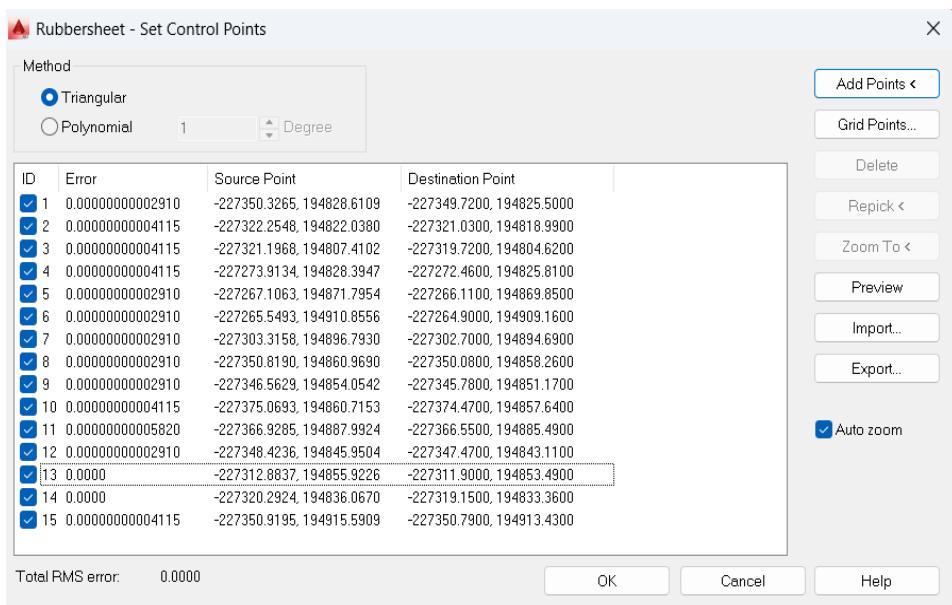
ضمن خيارات مربع الحوار Rubbersheet المبينة في الشكل (6) نختار الطريقة . Triangular



الشكل (6) خيارات مربع الحوار Rubbersheet

ونضغط على Add Points لتحديد نقاط التحكم على نقاط المراصد المبنية في الشكل (5) وتم الاعتماد على نقاط المراصد لأن الحالة الفيزيائية للمخطط المدروس سيئة وقد تشوّهت أجزاء منه وتمددت كما هو مبين سابقاً في الشكل (1) وكانت شبكة الإحداثيات غير واضحة.

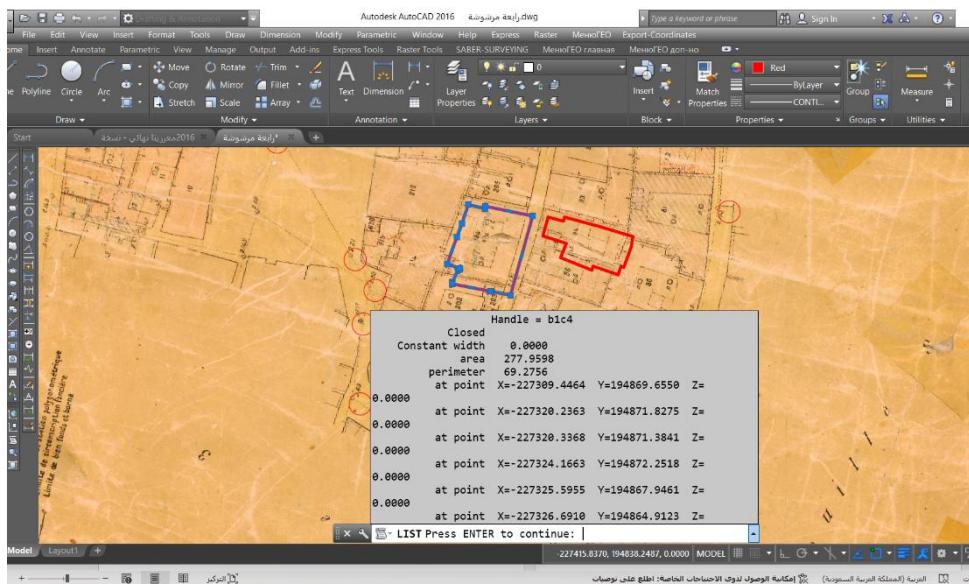
بعد تحديد نقاط التحكم يظهر مربع الحوار المبين في الشكل (7) ويبيّن إحداثيات النقاط قبل وبعد التعديل كما يبيّن الخطأ الذي يعبر عن دقة التحويل الرياضي و مدى نجاح النموذج الرياضي في مطابقة النقاط وتصحيح المخطط.



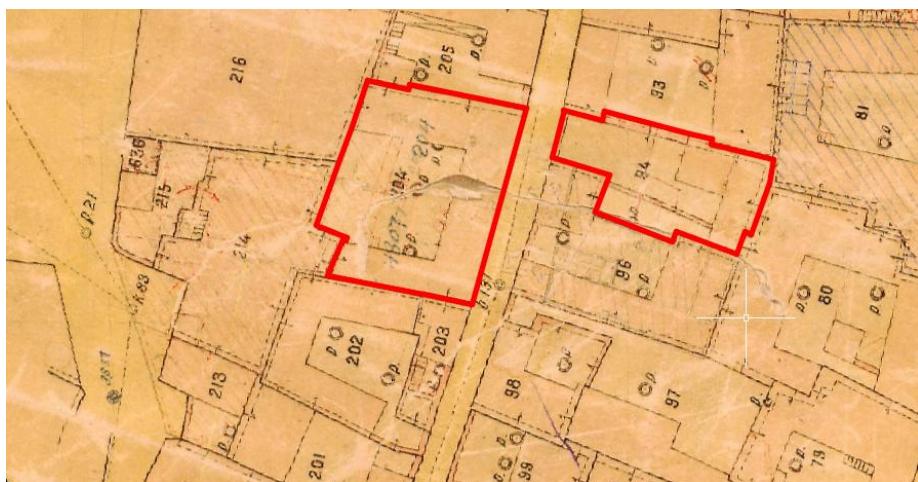
**الشكل (7) مربع حوار قيم الأخطاء لمخطط رقم 1 المنطقه العقارية إدلب  
الرابعة**

بعد معالجة المخطط تمت رقمنة العقارات المدروسة و رسم خطوط على حدود العقارات والمقاسم كما يظهر في الشكل (8) وحسبت مساحة هذه العقارات كما يبين الشكل (9) مساحة العقار رقم 204 منطقه عقارية إدلب رابعة.

**الشكل (8) حدود العقارات (204-94) منطقه عقارية إدلب رابعة بعد الرقمنة**

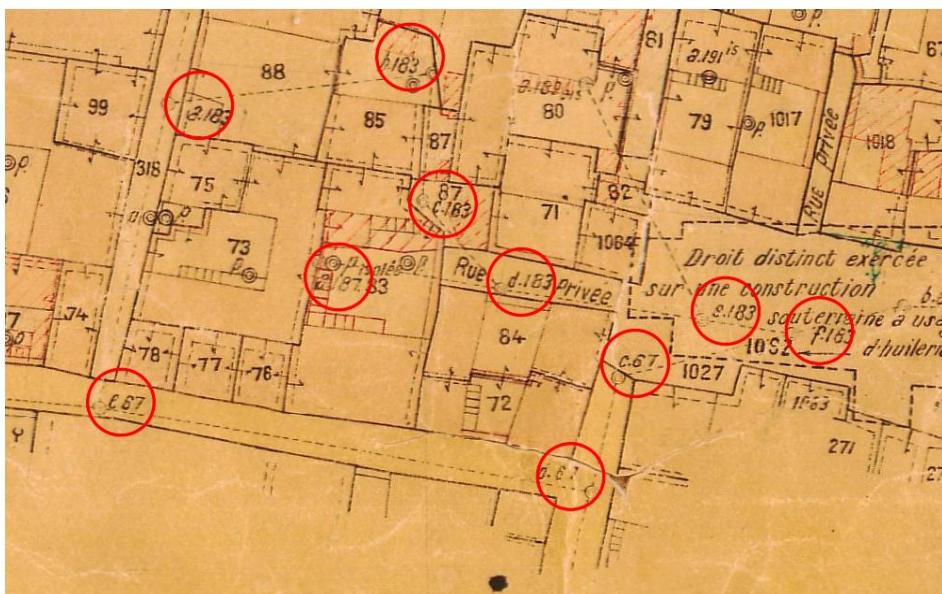


**الشكل (9) مساحة العقار رقم 204 منطقه عقارية إدلب رابعة بعد الرقمنة**

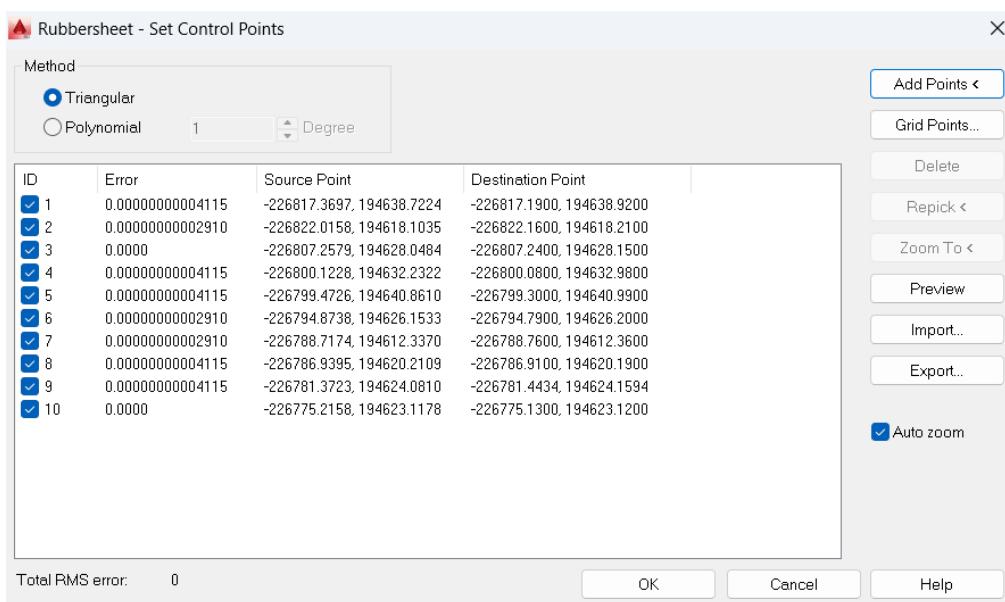


دراسة المخطط رقم 2 من المنطقة العقارية إدلب الثالثة رقم 30:

بعد مسح المخطط المبين في الشكل رقم (2) و إدراجه في بيئة AutoCAD تحدد نقاط التحكم الأرضية داخل الصورة وهي كذلك مراصد مساحية معلومة الإحداثيات مسجلة في دفاتر الأرصاد في دائرة المساحة بسبب عدم وضوح شبكة الإحداثيات .

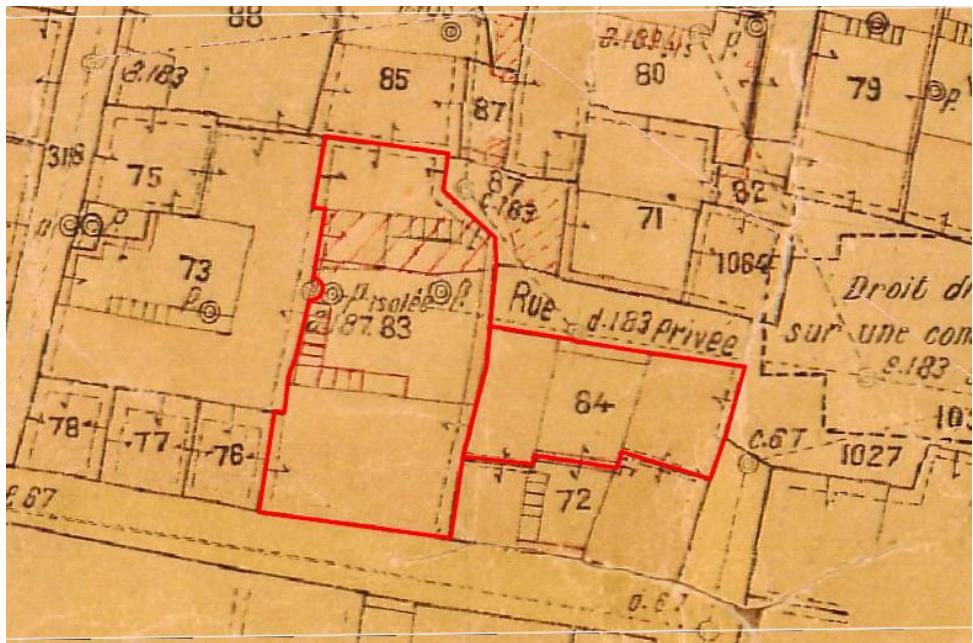


الشكل (10) توزع نقاط التحكم على مخطط رقم 2 المنطقة العقارية إدلب ثلاثة



### الشكل (11) مربع حوار لقيم الأخطاء لمخطط

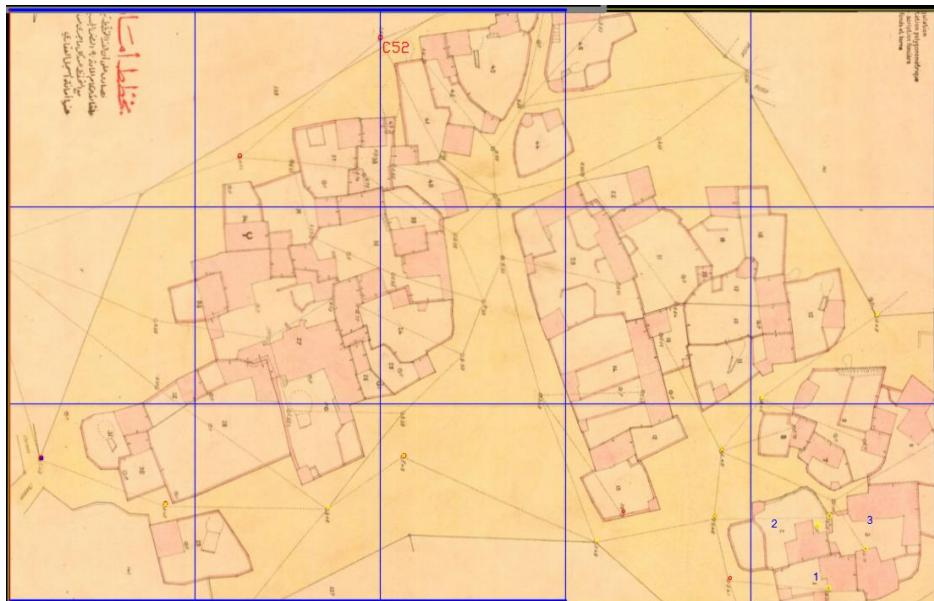
بعد معالجة المخطط تتم رقمنة ورسم خطوط على حدود العقارات كما يظهر في الشكل (12) ثم تُحسب مساحة هذا العقارات بعد عملية الرقمنة.



الشكل (12) حدود العقارات (84-83) منطقة عقارية إدلب ثالثة بعد الرقمنة

### دراسة المخطط رقم 2 منطقة عقارية معززتا رقم 54

نقوم بالخطوات السابقة وفي حالة هذا المخطط سنستعمل نقاط تقاطع شبكة الإحداثيات كنقاط تحكم وذلك بسبب أن الحالة الفيزيائية للمخطط جيدة وواضحة كما هو مبين في الشكل (13).



الشكل (13) توزع نقاط التحكم على مخطط رقم 2 المنطقه العقارية معززيتا

بعد تحديد نقاط التحكم يظهر مربع الحوار المبين في الشكل (14) ويبيّن إحداثيات النقاط قبل وبعد التعديل

**Rubbersheet - Set Control Points**

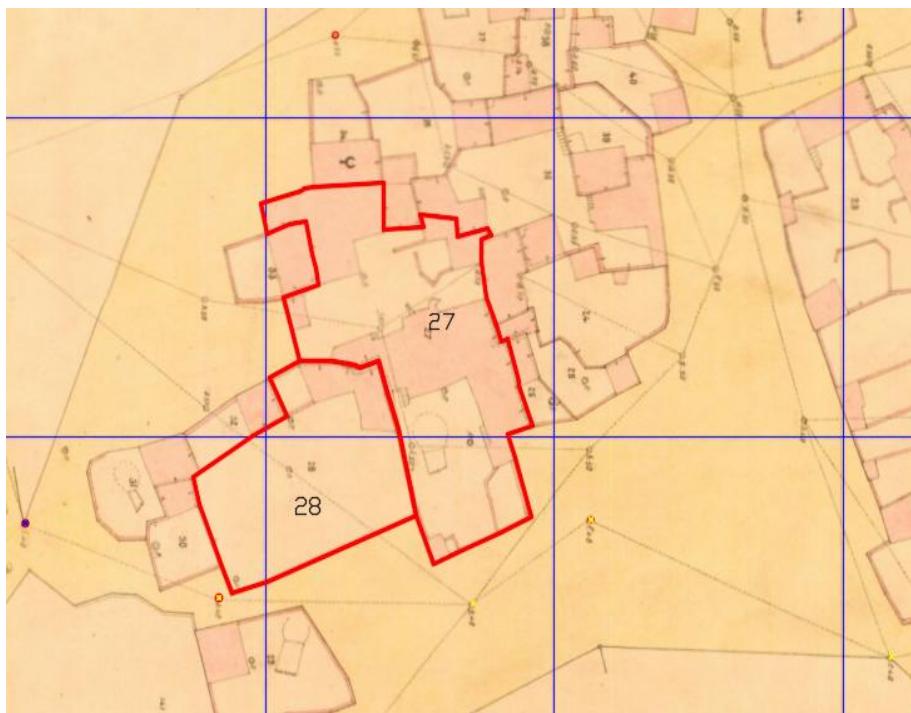
Method					
<input checked="" type="radio"/> Triangular	<input type="radio"/> Polynomial	1	Degree	Add Points <	X
ID	Error	Source Point	Destination Point		
✓ 1 (0, 0)	0.000000000006507	-234000.2766, 153500.1315	-234000.0000, 153500.0000		
✓ 2 (0, 1)	0.00000000002910	-233950.2310, 153500.2851	-233950.0000, 153500.0000		
✓ 3 (0, 2)	0.00000000002910	-233900.2012, 153500.3877	-233900.0000, 153500.0000		
✓ 4 (0, 3)	0.00000000002910	-233850.2820, 153500.4782	-233850.0000, 153500.0000		
✓ 5 (0, 4)	0.00000000002910	-233800.2913, 153500.5168	-233800.0000, 153500.0000		
✓ 6 (0, 5)	0.00000000002910	-233750.2471, 153500.5717	-233750.0000, 153500.0000		
✓ 7 (1, 0)	0.000000000006507	-234000.0416, 153549.6962	-234000.0000, 153550.0000		
✓ 8 (1, 1)	0.000000000006507	-233949.9698, 153549.8937	-233950.0000, 153550.0000		
✓ 9 (1, 2)	0.000000000005820	-233899.9867, 153550.0217	-233900.0000, 153550.0000		
✓ 10 (1, 3)	0.00000000002910	-233850.0806, 153550.0978	-233850.0000, 153550.0000		
✓ 11 (1, 4)	0.000000000006507	-233800.0831, 153550.2213	-233800.0000, 153550.0000		
✓ 12 (1, 5)	0.000000000006507	-233750.0395, 153550.3218	-233750.0000, 153550.0000		
✓ 13 (2, 0)	0.000000000005820	-233999.8505, 153599.3136	-234000.0000, 153600.0000		
✓ 14 (2, 1)	0.000000000005820	-233949.7705, 153599.4862	-233950.0000, 153600.0000		
✓ 15 (2, 2)	0.00000000002910	-233899.8073, 153599.6019	-233900.0000, 153600.0000		
✓ 16 (2, 3)	0.00000000004115	-233849.8855, 153599.7391	-233850.0000, 153600.0000		

Total RMS error: 0

OK Cancel Help

الشكل (14) مربع حوار لقيم الأخطاء لمخطط رقم 2 منطقه معززيتا

بعد معالجة المخطط رقمنة ورسمت خطوط على حدود العقارات كما يظهر في الشكل (15) وحسبت مساحة العقارات بعد عملية الرقمنة .



الشكل (15) حدود العقارات (27-28 ) منطقة عقارية معرزيتا بعد الرقمنة

ويبيين الجدول (1) نتائج مساحات العقارات بعد عملية الرقمنة والمساحات المسجلة لدى السجل العقاري .

**الجدول (1): مساحات العقارات حسب السجل العقاري وبعد الرقمنة**

رقم العقار	مساحة العقار في السجل العقاري ( $m^2$ )	مساحة العقار بعد الرقمنة ( $m^2$ )
ر4 94	159	161
ر4 204	278	274
ث3 83	141	145
ث3 84	65	64
م27 معرزيتا	1414	1414
م28 معرزيتا	883	882

**المعادلات الإحصائية المستخدمة في التحليل:**

1. الإزاحة : Displacement

$$Desp = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad \text{معادلة (1)}$$

2. المتوسط الحسابي للإزاحة :  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{\sum Desp}{n} \quad \text{معادلة (2)}$$

3. الانحراف المعياري  $\sigma$  :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{معادلة (3)}$$

4. الخطأ التربيعي المتوسط RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{(\sum Desp)^2}{n}} \quad \text{معادلة (4)}$$

5. معامل التباين CV

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad \text{معادلة (5)}$$

### المعاملات الإحصائية لنتائج رقمنة المخطط رقم (1) إدلب الرابعة

الجدول (2): يبيّن قيم الإزاحة لنقاط التحكم قبل وبعد التعديل

PointID	Source_X	Source_Y	Dest_X	Dest_Y	Displacement(m)
1	-227319.9574	194804.9164	-227319.7877	194804.6526	0.295
2	-227321.2798	194818.8933	-227321.03	194819.0195	0.259
3	-227349.9011	194825.381	-227349.6675	194825.5597	0.261
4	-227345.6787	194851.0252	-227345.7532	194851.2083	0.186
5	-227347.8319	194843.4291	-227347.5641	194843.2725	0.276
6	-227311.9355	194853.7137	-227311.9	194853.49	0.224
7	-227319.3367	194833.5828	-227319.15	194833.36	0.241
8	-227272.8006	194825.739	-227272.5217	194825.8466	0.281
9	-227374.2523	194857.6396	-227374.47	194857.64	0.218
10	-227366.348	194885.1909	-227366.552	194885.45	0.274

نحسب أولاً المتوسط العام للإزاحة من المعادلة (2) نجد:

$$\bar{x} = \frac{2.515}{10} = 0.252 \text{ m}$$

الانحراف المعياري من المعادلة (3) نجد:

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.011}{10}} = \sqrt{0.0011} = 0.033 \text{ m}$$

الخطأ التربيعي المتوسط(RMSE) من المعادلة (4) نجد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{0.644}{10}} = \sqrt{0.0644} = 0.254 \text{ m}$$

معامل التباين من المعادلة (5) نجد:

$$CV = \frac{0.033}{0.252} \times 100 = 13.10\%$$

### المعاملات الإحصائية لنتائج رقمنة المخطط رقم (2) إدلب ثلاثة

جدول (3) يبيّن قيم الإزاحة لنقاط التحكم قبل وبعد التعديل

PointID	Source_X	Source_Y	Dest_X	Dest_Y	Displacement(m)
1	-226817.3697	194638.7224	-226817.19	194638.92	0.226
2	-226822.0158	194618.1035	-226822.16	194618.21	0.153
3	-226807.2579	194628.0484	-226807.24	194628.15	0.102
5	-226799.4726	194640.861	-226799.3	194640.99	0.191
6	-226794.8738	194626.1533	-226794.79	194626.2	0.085
7	-226798.7174	194612.337	-226798.76	194612.36	0.044
8	-226786.9395	194620.2109	-226786.91	194620.19	0.032
9	-226781.3723	194624.081	-226781.4434	194624.1594	0.082
10	-226775.2158	194623.1178	-226775.13	194623.12	0.086

: (Mean) المتوسط الحسابي 1

$$\bar{x} = \frac{1.001}{9} = 0.111 \text{ m}$$

: (Standard Deviation) الانحراف المعياري 2

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{0.027}{9}} = \sqrt{0.003} = 0.055 \text{ m}$$

: (RMSE) الخطأ التربيعي المتوسط 3

$$RMSE = \sqrt{\frac{0.128}{9}} = \sqrt{0.0142} = 0.119 \text{ m}$$

: (Coefficient of Variation) معامل التباين 4

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 = \frac{0.055}{0.111} \times 100\% = 49.55\%$$

### المعاملات الإحصائية لنتائج رقمنة المخطط رقم (2) معزيتا

**الجدول (4):** يبيّن قيم الإزاحة لنقاط التحكم قبل وبعد التعديل

PointID	Source_X	Source_Y	Dest_X	Dest_Y	Displacement(m)
1	-234000.2766	153500.1315	-234000	153500	0.306
2	-234000.0416	153549.6962	-234000	153550	0.307
3	-233949.9698	153549.8937	-233950	153550	0.11
4	-233899.9867	153550.0217	-233900	153550	0.025
5	-233850.0806	153550.0978	-233850	153550	0.127
6	-233800.0831	153550.2213	-233800	153550	0.236
7	-233750.0395	153550.3218	-233750	153550	0.324
8	-233849.8655	153599.7391	-233850	153600	0.293

1. المتوسط الحسابي للإزاحة:

$$\bar{x} = \frac{1.728}{8} = 0.216 \text{ m}$$

2. الانحراف المعياري:

$$\sigma = \sqrt{\frac{0.080}{8}} = \sqrt{0.0100} = 0.100 \text{ m}$$

3. الخطأ التربيعي المتوسط (RMSE):

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{0.488}{8}} = \sqrt{0.0610} = 0.247 \text{ m}$$

4. معامل التباين:

$$CV = \frac{0.100}{0.216} \times 100 = 46.30\%$$

لتحليل دقة الرقمنة الناتجة وتحديد مدى انحرافها عن القيم المرجعية، اعتمدت معادلة

الانحراف المعياري (Standard Deviation) لحساب تشتت المساحات الرقمية حول

المتوسط، كما يأتي:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} \quad \text{معادلة (6)}$$

حيث:

$A_i$  = المساحة الرقمية للعقار رقم  $i$

$\bar{A}$  = المتوسط الحسابي للمساحات الورقية الأصلية

$n$  = عدد العقارات التي شملها التحليل

$\sigma$  = الانحراف المعياري

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} = \sqrt{6.166} = 2.48 \text{ m}^2$$

كما حُسبت الانحراف النسبي (Relative Deviation) لكل عقار من خلال

المعادلة التالية:

$$\text{معادلة (7)} \quad \text{انحراف (\%)} = \frac{\text{المساحة الرقمية - المساحة في السجل}}{\text{المساحة في السجل}} \times 100$$

ويبين الجدول (5) نتائج وقيم الانحراف النسبي لكل عقار.

الجدول (5): مقارنة بين المساحة المسجلة في السجل العقاري والمساحة بعد الرقمنة

رقم العقار	المساحة في السجل العقاري ( $\text{m}^2$ )	المساحة بعد الرقمنة ( $\text{m}^2$ )	الانحراف (%)
رابة 94	159	161	1.89%
رابة 204	278	274	1.44%
ثالثة 83	141	145	1.42%
ثالثة 84	65	64	1.54 %
معززتنا 27	1414	1414	0%
معززتنا 28	883	882	0.11%

أما الجدول (6) يبين الانحراف الاقصى المسجل للعقارات.

### الجدول (6) : الانحراف الأقصى المسجل ومعيار التوافق

متافق مع المعيار؟	الانحراف الأقصى المسجل	المساحة (م <sup>2</sup> )	العقار
نعم	1.89%	161	رابة 94
نعم	1.54%	-	أكبر انحراف بين باقي العقارات

### التقييم والنتائج:

بعد الانتهاء من مراحل الرقمنة والإسناد الجغرافي للمخططات العقارية الصغيرة بطريقة المثلثات، حلت النتائج الناتجة ومقارنتها بالسجلات الورقية الرسمية، بغية تحديد مدى دقة المطابقة بين النسخ الرقمية والبيانات الأصلية. وقد أظهرت النتائج نسب الخطا النسيبي بين 0% (العقار 27 معرفيتا) و 1.89% (العقار 94 رابعة)، إذ لم يتجاوز الانحراف الأقصى لأي عقار من العقارات حاجز الـ2%， وهو المعيار المقبول في التطبيقات العقارية والدولية.

وبلغ متوسط الانحراف النسيبي في المساحات الرقمية حوالي 1.07%， هذا يعني أن المساحات الرقمية بقيت قريبة جداً من المساحات المسجلة في السجل العقاري وضمن الحد المقبول ، خاصة عند التعامل مع مخططات بمقاييس(1:500). ما يعكس مستوى عالي من الاستقرار في النتائج وفعالية الطريقة المتتبعة في الحفاظ على التنساق الجغرافي للمساحات العقارية.

كما تشير القيم الإحصائية المحسوبة (المتوسط الحسابي للإزاحة، الانحراف المعياري، RMSE، ومعامل التباين) إلى أن عملية الرقمنة بطريقة المثلثات قد حافظت على الواقع الجغرافية التقريبية للعقارات الممسوحة. فصغر قيم RMSE والانحراف المعياري يعكس استقرار موقع النقاط وعدم حدوث أي إزاحة مكانية ذات دلالة إحصائية. كما أن انخفاض معامل التباين يؤكد أن الانحرافات كانت متجانسة عبر كامل المخططات المدروسة، ما يثبت أن الرقمنة لم تحدث انتقالاً مكانياً للعقارات،

بل حافظت على موقعها الأصلية ضمن حدود دقة الإسناد الجغرافي المسموح بها عند مقياس 1:500.

تعزى هذه النتائج الإيجابية إلى عوامل عدّة، أبرزها استعمال أدوات رقمية دقيقة، وتطبيق منهجية رقمنة منضبطة تضمن تتبع الحدود بدقة، ومعالجة التشوّهات الورقية بالإسناد الجغرافي المعتمد على نقاط تحكم مرجعية. إلا أنه من المهم ذكر وجود بعض مصادر الخطأ، التي على الرغم من محدوديتها، فإنها تمثل جزءاً من التحديات التقنية في أي عملية رقمنة خرائطية.

#### مصادر الخطأ المحتملة:

1. أخطاء بشرية في تتبع الحدود : بالرغم من اعتماد الرقمنة اليدوية على أدوات دقيقة CAD ، إلا أن بعض الإنزيادات الطفيفة قد تحدث أثناء تتبع زوايا العقارات أو الزوايا المنحنية، خاصة عند تقاطع خطوط متعددة أو تداخل الرموز مع الحدود.

2. تشوّهات ورقية موضوعية : نتيجة لتقادم الوثائق الورقية، فقد تظهر بعض علامات التمدد أو الانكماش غير المتجانس في أجزاء معينة من المخطط، ما يؤدي إلى تغيرات موضوعية يصعب كشفها مباشرة خلال المسح الضوئي أو الإسناد.

3. دقة الإسناد الجغرافي المحدودة في بعض الحالات : رغم استعمال نقاط تحكم عالية الجودة، إلا أن وجود انحرافات صغيرة جداً في توزيع هذه النقاط قد ينعكس على دقة الإسناد في الزوايا القصوى للمخطط.

ومع ذلك، فإن أثر هذه العوامل على النتائج النهائية بقي محدوداً، ولم يؤثر جوهرياً على الصورة العامة للدقة التي تتحققها طريقة المثلثات. ويُعزى ذلك إلى قوة النموذج الرياضي المستعمل، الذي يعمل على تقليل أثر الانحرافات الموضوعية من خلال توزيع الخطأ على مساحة العقار الكلية.

في هذه النتائج، يمكن القول إن الرقمنة الدقيقة بطريقة المثلثات تمثل خياراً موثقاً وفعالاً عند التعامل مع العقارات الصغيرة، وخاصة في حال توفر خرائط بمقاييس 1:500، وبيئة عمل تُمكّن من ضبط التشوهات بطريقة علمية. كما أن الانحرافات الناتجة عن هذه الطريقة بقيت ضمن المستوى المقبول قانونياً وهندسياً، ما يؤهل هذه المنهجية لأن تستعمل على نطاق أوسع في تحديث السجلات العقارية وتحسين جودة قواعد البيانات الجغرافية .

### **الوصيات:**

بناءً على نتائج الدراسة وتحليل الانحرافات المساحية بين النسخ الورقية والرقمية للعقارات الصغيرة، يمكن تقديم مجموعة من التوصيات العلمية والمنهجية التي من شأنها تحسين دقة الرقمنة وتوسيع نطاق الاستفادة من المنهجية المعتمدة، وذلك على النحو التالي:

1. زيادة عدد نقاط التحكم الجغرافي (GCPs) يُوصى في الدراسات اللاحقة بعدد أكبر من نقاط التحكم لتوزيع الخطأ بتوازن أكثر، خصوصاً في المخطوطات التي تحتوي على مساحات غير منتظمة أو ممتدة أفقياً. وقد يكون توزيع النقاط بطريقة تعطي زوايا المنتصف مفيداً في تقليل التشوهات.
2. استعمال تقنية المساحة التصويرية بالطائرات دون طيار (الدرونات) : فيمكن دمج الصور الجوية في عمليات الرقمنة والمقارنة، ما يوفر مرجعية ميدانية دقيقة ويعزز من مستوى الثقة في نتائج التحليل.
3. تكرار الدراسة على مقاييس رسم مختلفة بمخطوطات عدّة : من المفيد اختبار فعالية طريقة المثلثات على مقاييس أكبر (1:1000 ، 1:2000).

### المراجع:

1. الحلاق، خالد. (2018). "تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في إدارة الأراضي". مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.
2. الهيئة العامة للمساحة. (2015). "الدليل الفني للأعمال المساحية في سوريا". دمشق.
3. قاسم، محمد. (2010). "استخدام تقنيات GIS في إدارة الأملاك العقارية". مجلة جامعة تشرين.
4. العلي، أنس. (2015). "دقة الرقمنة في التحويل من الخرائط الورقية إلى النظم الرقمية". مجلة جامعة البعث.
5. Tong, X., Liu, D., & Peng, M. (2001). The Principle and Methodology to Process Digital Cadastral Areas in GIS. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 26(2), 105–107.
6. Buonora, P. (2009). Digitization, online utilization and preservation of cadastral very large format cartography. e-Perimetron,
7. Kumar, V. V. G., Reddy, K. V., & Pratap, D. (2013). Updation of Cadastral Maps Using High Resolution Remotely Sensed Data. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), 2(4), 50–54.
8. Sapkota, R. K., & Bhatta, G. P. (2014). Technical Aspects of Digitization of Cadastral Maps. Nepalese Journal on Geoinformatics, \*13\*, 42–50.
9. Fetai, B., Tekavec, J., Fras, M. K., & Lisec, A. (2023). Inconsistencies in Cadastral Boundary Data—Digitisation and Maintenance. Land, \*11\*(12), 2318.
10. AL-Hamedawi, A., Mohammed, S. J., & Thamer, I. (2017). Updating Cadastral Maps Using GIS Techniques. Engineering and Technology Journal, 35(3), 246–253.