



جامعة النجاح الوطنية  
كلية الدراسات العليا

استخدام طائرات الدرونز في مشاريع التسوية الفلسطينية  
لترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في المناطق المكتظة بالمباني  
(البلدة القديمة في قرية تل - فلسطين - كحالة دراسية)

إعداد

أمل مصباح يوسف نجار

إشراف

د. أحمد طه

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في جيوماتيكس،  
من كلية الدراسات العليا، في جامعة النجاح الوطنية، نابلس - فلسطين.

استخدام طائرات الدرونز في مشاريع التسوية الفلسطينية  
لترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في المناطق المكتظة بالمباني  
(البلدة القديمة في قرية تل - فلسطين - كحالة دراسية)

أمل مصباح يوسف نجار

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2025/11/30م، وأجيزت:



التوقيع

د. أحمد طه

المشرف الرئيسي



التوقيع

د. جمال نعمان

الممتحن الخارجي



التوقيع

د. علي عبد الحميد

الممتحن الداخلي

## الإهداء

﴿وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ ﴿٧٦﴾﴾ [يوسف:76]

بسم الله الوهاب المنان، الذي بفضلته أشرقت أنوار التمام، والصلاة والسلام على سيدنا محمد، وعلى آله وصحبه، ومن سار على نهجه إلى يوم الدين. سلاماً على فلسطين، على أرضها وأهلها، على بحرها وسمائها، على ترابها المجبول بالصبر، وجراحها التي أنبتت كرامة.

سلاماً على غزة هاشم، قلب الأمة النابض، و سلاماً على الشهداء الأبرار، الذين رووا بدمائهم الطاهرة تراب الوطن، وعلى الأسرى الذين صبروا فصاروا أيقونات الحرية، وعلى الجرحى الذين نزفوا ألماً ليزرعوا الأمل، وعلى كل من قاوم وصد في وجه الظلم والاحتلال... إليكم جميعاً، أهدي ثمرة جهدي، ونتاج أيامي وسهري.

إلى والدي الحبيب، الحاضر دوماً بصوته، بدعائه، بثباته، بعبثائه الذي لا يُقاس، كنت لي الجدار الذي أتكى عليه كلما أعييتني الطريق... جزاك الله عني خيراً. و إلى أمي، نبع الحنان، وصوت الدعاء الصادق، إلى من علمتني أول الحروف، وإلى من علمتني أن أمسك القلم وبقيت تصفّق لي في كل إنجاز أدامك الله نعمة في حياتي لا تزول.

إلى إخوتي الأعمام، الذين كانوا دوماً ظهري وسندي، إلى من وقفوا بجانبني دون تردد، وشاركوا لحظاتي في صمت ورضا، أدام الله محبتكم ورفع قدركم في الدنيا والآخرة. إلى أختي، النور الذي يضيء زوايا روحي، من تذكّرني دوماً بقوتي، من تشبهني وتشاركني تفاصيل الحياة، من كانت أقرب إلى قلبي من نفسي... أحبك بحجم الامتتان الذي لا يُوصف.

إلى الأستاذة والموجهة ياسمين أبو حجلة، التي خففت عني عبء الرحلة، وساعدتني بكلماتها وتوجيهها ودعمها اللامحدود، لك مني كل التقدير والامتتان.

لأساتذتي الذين نهلت من فيض علمهم كلا باسمه بارك اللهم مسعاًكم وزادكم من فضله وكتب أجوركم

بحق كل حرف تعلمته.

## الشكر والتقدير

﴿وَقَالَ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأُدْخِلْنِي

بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ ﴿١٩﴾ [النمل:19]

أحمد الله عز وجل الذي وفقني لإتمام هذه الدراسة، ومنحني القوة والصبر والعزيمة، وسخر لي من الأسباب والظروف ما أعانني على الوصول إلى هذه اللحظة. ولا يتم شكر الله تعالى إلا بشكر عباده، الذين مدّوا لي يد العون والدعم في مراحل هذا الإنجاز.

أتوجه بخالص الشكر وعظيم الامتنان للدكتور الفاضل أحمد طه، مشرفي على هذه الدراسة، لما قدمه لي من دعم وتوجيه علمي، ولسعة صدره ومتابعته الحثيثة التي كان لها الأثر الكبير في إخراج هذه الدراسة بهذه الصورة.

كما أرفع كلمات الشكر والتقدير لأساتذتي الكرام في جامعة النجاح الوطنية عامة، وفي كلية الدراسات العليا خاصة، الذين كان لهم الفضل في إثرائي بالعلم والمعرفة على مدار سنوات الدراسة.

ولا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والتقدير لعائلتي الكريمة، وعلى رأسهم والديّ العزيزين، الذين كانوا سندي الأول في هذه المسيرة، فبدعائهم وتشجيعهم وتضحياتهم وصلت إلى ما أنا عليه اليوم.

كما لا أنسى أن أوجه أسمى آيات الامتنان لأصدقائي وأحبّتي الذين ساندوني معنوياً خلال مراحل هذا البحث، فلکم مني جميعاً كل التقدير والعرفان.

قَدْ كَانَ حِلْمٌ لَا نَظْنَ دَنُوهُ وَلَكِنْ فَضَلَ اللَّهُ كَانَ عَظِيمًا.

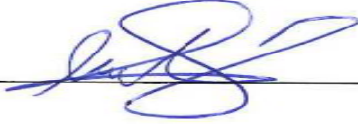
## الإقرار

أنا الموقعة أدناه مقدمة الرسالة التي تحمل عنوان:

### استخدام طائرات الدرونز في مشاريع التسوية الفلسطينية لترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في المناطق المكتظة بالمباني (البلدة القديمة في قرية تل - فلسطين - كحالة دراسية)

أقر بأن ما اشتملت عليه هذه الرسالة هي نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه  
حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل لنيل أية درجة أو لقب علمي  
أو بحثي لدى أية مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى.

اسم الطالبة: أمل محمد يوسف زحار

التوقيع: 

التاريخ: 30/11/2025

## فهرس المحتويات

ج	الإهداء
د	الشكر والتقدير
هـ	الإقرار
و	فهرس المحتويات
ي	فهرس الجداول
ك	فهرس الأشكال
ل	فهرس المخططات
ن	فهرس الملاحق
س	الملخص
1	<b>الفصل الأول: الإطار العام للدراسة والدراسات السابقة</b>
1	1.1 مقدمة الدراسة
3	1.2 مشكلة الدراسة
3	1.3 أسئلة الدراسة
4	1.4 أهمية الدراسة
4	1.5 أهداف الدراسة
5	1.6 منطقة الدراسة
6	1.7 حدود الدراسة
6	1.8 منهج الدراسة
7	1.9 أدوات الدراسة
7	1.10 الدراسات السابقة
10	1.11 التعقيب على الدراسات السابقة
11	1.12 مصطلحات الدراسة

## 13.....الفصل الثاني: تسوية الأراضي في فلسطين

13..... 2.1 المراحل التاريخية للأراضي في فلسطين

15..... 2.2 تقسيم الأراضي في فلسطين في العهد العثماني

16..... 2.2.1 القوانين المتعلقة بالأراضي العثمانية

17..... 2.2.2 مراحل تسوية الأراضي في العهد العثماني

18..... 2.2.3 نتائج المسح والتسجيل

18..... 2.3 تسوية الأراضي في فلسطين في العهد الإنجليزي:

20..... 2.3.1 طريقة المساحة المتبعة في العهد الإنجليزي

21..... 2.4 تسوية الأراضي في فلسطين في عهد الحكم الأردني والادارة المصرية:

23..... 2.4.1 طريقة المساحة المتبعة في عهد الحكم الأردني

24..... 2.5 تسوية الأراضي في فلسطين في ظل الاحتلال الإسرائيلي

25..... 2.6 تسوية الأراضي في فلسطين في عهد السلطة الفلسطينية

25..... 2.6.1 طريقة المساحة المتبعة في عهد السلطة الفلسطينية

27..... 2.7 الأجهزة المستخدمة في أعمال التسوية

27..... 2.8 مراحل أعمال التسوية

## 31.....الفصل الثالث: المساحة التصويرية الرقمية والطائرات بدون طيار

31..... 3.1 المساحة التصويرية الرقمية والطائرات بدون طيار

32..... 3.2 المساحة التصويرية (Photogrammetry)

33..... 3.3 تطور المساحة التصويرية

34..... 3.4 أدوات المساحة التصويرية الجوية

34..... 3.4.1 الكاميرا الرقمية

35..... 3.4.2 الصورة الرقمية

35..... 3.5 الطائرات الدرون (Drones)

36	3.5.1 تعريف الطائرات الدرون وظهورها وتطورها
37	3.5.2 أنواع طائرات الدرون
38	3.6 استخدام طائرات الدرون في الأعمال المساحية
39	3.7 طائرة فانتوم (Phantom DJI RTK)
40	3.7.1 مكونات طائرات الفانتوم وملحقاتها
42	7.3.2 معايرة الكاميرا (Camera Calibration)
43	7.3.3 طرق معايرة الكاميرا
44	3.8 تخطيط رحلة الطيران
44	3.8.1 تخطيط رحلات الطيران لطائرات الدرون
46	3.8.2 نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points - GCPs)
46	3.8.3 أنواع نقاط الضبط الأرضي
47	3.8.4 متطلبات قبل اختيار نقاط الضبط الأرضي في الصورة
47	3.8.5 طرق الحصول على نقاط الضبط الأرضي
47	3.8.6 شروط اختيار نقاط الضبط الأرضي
48	3.8.7 أمثلة على نقاط الضبط الأرضي
48	3.9 العلامات الاصطناعية
48	3.9.1 عيوب العلامات الصناعية
49	3.9.2 خصائص العلامات الصناعية
50	<b>الفصل الرابع: جمع البيانات الميدانية ومعالجتها</b>
51	4.1 الأعمال التحضيرية
51	4.1.1 تحديد منطقة الدراسة
51	4.1.2 تحديد أماكن نقاط الضبط الأرضي (GCPs)
52	4.1.3 عمل خطة الطيران

54.....	4.2 الأعمال الميدانية.....
54.....	4.2.1 توزيع وقياس نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points - GCPs).....
55.....	4.2.2 تنفيذ رحلة الطيران.....
56.....	3.4 الأعمال المكتبية.....
64.....	4.4 الترسيم.....
65.....	4.4.1 الترسيم باستخدام برنامج Agisoft Metashape.....
76.....	4.4.2 دقة التمثيل الهندسي في السحابة النقطية المسقطة نماذج تطبيقية من برنامج 3D Survey.....
79.....	4.5 التحليل والمناقشة.....
82.....	4.5.1 مقارنة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع ترسيم الغيمة النقطية.....
83.....	4.5.1.1 عرض تفصيلي لحالات الترسيم المختلفة.....
91.....	4.5.2 تطابق ترسيم الغيمة النقطية المسقطة مع ترسيم التسوية.....
97.....	4.5.3 مقارنة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع ترسيم التسوية.....
100.....	5.4 تطابق النقاط المأخوذة من جهاز GPS مع مواقعها على نموذج الغيمة النقطية.....
<b>103.....</b>	<b>الفصل الخامس: النتائج والتوصيات.....</b>
103.....	5.1 النتائج.....
104.....	5.2 مناقشة النتائج في ضوء الدراسات السابقة.....
105.....	5.3 النتائج في ضوء أهداف الدراسة وأهميتها.....
106.....	5.4 التوصيات.....
<b>110.....</b>	<b>المراجع العلمية.....</b>
<b>114.....</b>	<b>الملاحق.....</b>
<b>b.....</b>	<b>Abstract.....</b>

## فهرس الجداول

- جدول (1): بعض الخصائص الأساسية لطائرة (Phantom4,2016)..... 40
- جدول (2): مجموعة الأخطاء في 3 نقاط ضبط أرضي Control Points RMSE..... 59
- جدول (3): مجموعة الخطأ في 7 نقاط من نقاط التحقق Check point RMSE..... 59
- جدول (4): مجموعة الأخطاء في 5 نقاط ضبط أرضي Control Points RMSE..... 60
- جدول (5): مجموعة الأخطاء في 5 نقاط من نقاط التحقق Check point RMSE..... 60
- جدول (6): مجموعة الأخطاء في 9 نقاط ضبط أرضي Control Points RMSE..... 61
- جدول (7): مجموعة الأخطاء في نقطتان من نقاط التحقق Check point RMSE..... 61
- جدول (8): مجموعة الأخطاء في 10 نقاط ضبط أرضي Control Points RMSE..... 62
- جدول (9): الخطأ التفصيلي في (3) نقاط ضبط أرضي..... 119
- جدول (10): الخطأ التفصيلي في (7) من نقاط التحقق Check point..... 119
- جدول (11): الخطأ التفصيلي في (5) نقاط ضبط أرضي..... 120
- جدول (12): الخطأ التفصيلي في (5) من نقاط التحقق Check point..... 120
- جدول (13): نسبة التطابق والخطا الكلي الناتج من مطابقة ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية..... 121
- جدول (14): نسبة التطابق والخطا الكلي الناتج من مطابقة ترسيم الغيمة المسقطة مع ترسيم التسوية..... 121
- جدول (15): نسبة التطابق والخطا الكلي الناتج من مطابقة الصورة العمودية مع ترسيم التسوية..... 122
- جدول (16): الاحداثيات التي تم استخدامها في نسبة التطابق والخطا الكلي..... 122
- جدول (17): الاحداثيات التي تم استخدامها في نسبة التطابق والخطا الكلي..... 124

## فهرس الأشكال

- شکل (1): منطقة الدراسة..... 5
- شکل (2): المراحل التي مرت بها طائرات دون طيار الدرون..... 37
- شکل (3): مخطط توضيح آلية جمع البيانات الميدانية ومعالجتها..... 50
- شکل (4): رسم صحيح (الرسم على الصورة المنفردة) مكان خاطئ للنقطة A (الرسم على الصورة العمودية)..... 66
- شکل (5): خاصية الالتقاط التلقائي (Snapping) الرسم على الصورة المنفردة..... 67
- شکل (6): تشوهات من المسقط الجانبي المسقط الرأسي..... 69
- شکل (7): صورة مصححة تصحيحا حقيقيا خاصية التحقق من نموذج الارتفاع الرقمي DEM..... 70
- شکل (8): الغيمة النقطية المسقطة..... 125
- شکل (9): سمك الخطوط وسمك الحافة الناتجة من اسقاط الغيمة النقطية..... 74
- شکل (10): السور المخفي تحت الغطاء الشجري، السور من الصورة العمودية تحت الغطاء الشجري..... 75
- شکل (11): سيارة مغطاة تحت المظلة (الجزء الايمن). D3 للسيارة المغطاة السيارة من الغيمة النقطية (الجزء الايسر)..... 76
- شکل (12): نظرة شاملة من الأعلى نحو منطقة عمرانية مكتظة..... 126
- شکل (13): تفاصيل أكثر تعقيدًا مثل الجدران العمودية والعناصر النباتية..... 126

## فهرس المخططات

- مخطط (1): الترسيم من الصور المصححة تصحيحا حقيقي.....71
- مخطط (2): الترسيم من الغيمة النقطية المسقطة.....73
- مخطط (3): المناطق التي تم اختيارها من اجل عملية التقييم.....80
- مخطط (4): تطابق ترسيم الغيمة النقطية المسقطة مع الترسيم الصورة العمودية.....83
- مخطط (5): المنطقة رقم 1، تطابق ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية.....84
- مخطط (6): المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية.....85
- مخطط (7): المنطقة رقم 3 تطابق ترسيم الغيمة مع ترسيم الصورة العمودية.....87
- مخطط (8): المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....88
- مخطط (9): المنطقة رقم 5 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....127
- مخطط (10): المنطقة رقم 6 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....128
- مخطط (11): المنطقة رقم 7 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....129
- مخطط (12): المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....130
- مخطط (13): المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....131
- مخطط (14): المنطقة رقم 10 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية.....132
- مخطط (15): المخطط العام للمنطقة المدروسة، والذي يبين مدى التطابق بين خطوط الترسيم الناتجة عن الغيمة النقطية وتلك الواردة في خرائط التسوية.....91
- مخطط (16): المنطقة رقم 1 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم التسوية.....133
- مخطط (17): المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الغيمة النقطية.....134
- مخطط (18): المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الغيمة النقطية المسقطة.....135
- مخطط (19): منطقة رقم 6 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الغيمة النقطية المسقطة.....136
- مخطط (20): المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الغيمة النقطية المسقطة.....137
- مخطط (21): المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الغيمة النقطية المسقطة.....138

- مخطط (22): تطابق ترسيم الصورة العمودية مع ترسيم التسوية.....98
- مخطط (23): المنطقة رقم 1 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....139
- مخطط (24): المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....140
- مخطط (25): المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....141
- مخطط (26): المنطقة رقم 6 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....142
- مخطط (27): المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....143
- مخطط (28): المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية.....144
- مخطط (29): تطابق النقاط المأخوذة من جهاز GPS مع مواقعها.....145

## فهرس الملاحق

- 114..... ملحق (أ): أمر التسوية في قرية تل
- 115..... ملحق (ب): توزيع 3 نقاط ضبط ارضي
- 117..... ملحق (ج): الخطأ التفصيلي في (3) نقاط من نقاط التحقق Check Points
- 119..... ملحق (د): الجداول
- 125..... ملحق (هـ): الأشكال
- 127..... ملحق (و): المخططات

# استخدام طائرات الدرونز في مشاريع التسوية الفلسطينية لترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في المناطق المكتظة بالمباني (البلدة القديمة في قرية تل - فلسطين - كحالة دراسية)

إعداد

أمل مصباح يوسف نجار

إشراف

د. أحمد طه

## الملخص

خلفية الدراسة وأهدافها: هدفت هذه الدراسة إلى فحص إمكانية استخدام الطائرات المسيّرة (الدرون) في ترسيم المباني داخل المناطق الحضرية المكتظة بالبناء، لإنتاج خرائط دقيقة تُستخدم في مشاريع التسوية كبديل عن أساليب المسح التقليدية. كما سعت إلى تطوير آلية ترسيم جديدة تعتمد على الغيمة النقطية المسقطة لتحسين دقة تمثيل المباني، خاصة المعالم غير الظاهرة في الصور الجوية العمودية مثل المناطق الواقعة تحت الأشجار أو البروزات المعمارية، وتحليل دقة مخرجات هذه التقنية ومقارنتها بالطرق التقليدية، وصولاً إلى إطار عملي يعزز كفاءة توظيف الدرون في مشاريع التسوية في فلسطين.

المنهجية: اعتمدت الدراسة المنهج التطبيقي التحليلي من خلال تنفيذ أعمال ميدانية ومكتبية باستخدام الطائرات المسيّرة. شملت الأعمال الميدانية التصوير الجوي عالي الدقة وتوزيع نقاط ضبط أرضي (GCPs) في البلدة القديمة من قرية تل بمساحة تقارب 60 دونماً لضمان دقة مكانية عالية. تمت معالجة الصور الجوية باستخدام برنامج Agisoft Metashape لإنتاج الصور المصححة رأسياً، والنموذج ثلاثي الأبعاد، والغيمة النقطية المسقطة. وبسبب التحديات التي تواجه الترسيم في المناطق المكتظة، طوّرت الدراسة آلية مبتكرة تعتمد على إسقاط الغيمة النقطية وتوظيفها مباشرة في عمليات الترسيم، مما أتاح تمثيل زوايا المباني وحدودها بدقة عالية والكشف عن التفاصيل المخفية التي لا تظهر بوضوح في الصور العمودية.

النتائج: أظهرت النتائج أن استخدام الدرون أكثر كفاءة من الطرق التقليدية المعتمدة على أجهزة GPS من حيث الوقت والجهد والتكلفة. كما بينت التجربة أن الترسيم المباشر من النماذج ثلاثية الأبعاد والصور الجوية المنفردة والغيمة النقطية يواجه تحديات تقنية تؤثر على دقة تحديد الزوايا. في المقابل، حقق الترسيم باستخدام الصور المصححة رأسياً دقة بلغت 0.03 م، إلا أنه لم يُظهر المعالم المخفية. ولحل هذه المشكلة، تم تطبيق تقنية الغيمة النقطية المسقطة التي حققت دقة وصلت إلى 0.01 م. وعند مقارنة نتائج الترسيم مع خرائط التسوية الرسمية، ظهر تطابق مرتفع بلغ 99.7%، وبمعدل خطأ تراوح بين 0.01-0.06 م، مما يؤكد موثوقية المنهجية المطوّرة في ترسيم المباني داخل المناطق المكتنّزة.

التوصيات: أوصت الدراسة بضرورة تعزيز استخدام طائرات الدرون وتقنية الغيمة النقطية في مشاريع التسوية، خاصة في المناطق المكتنّزة. كما دعت إلى تدريب الطواقم المساحية والفنية على هذه التقنيات، ودمجها في الأنظمة المؤسسية ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). وتوصي الدراسة أيضاً بتبني هذه المنهجية من قبل هيئة تسوية الأراضي والمياه الفلسطينية، لتسريع عملية التسوية ورفع جودة المخرجات.

**الكلمات المفتاحية:** الدرون، الغيمة النقطية، الترسيم، التسوية، التصوير الجوي، قرية تل، فلسطين.

## الفصل الأول

### الإطار العام للدراسة والدراسات السابقة

#### 1.1 مقدمة الدراسة

إنَّ تسوية الأراضي موضوع وطني استراتيجي له أهميَّة كبيرة في الحفاظ على حقوق المواطنين وتوثيق ملكيَّتهم للأراضي والمنشآت القائمة عليها، لذلك لا بد لأعمال التَّسوية أن تكون بدقَّة عالية لإنتاج الخرائط والمخطَّطات المساحيَّة الدَّقيقة لتكون مرجعًا للمساحين والمهندسين، فغياب الدقَّة في أعمال التَّسوية يخلق عددًا من الخلافات والمشاكل بين المجاورين على حدود الأراضي وغيرها.

حاليًا تتمُّ أعمال التَّسوية باستخدام أجهزة تحديد المواقع العالميَّة (GPS) (Global Positioning Systems) لما أثبتته هذه الأجهزة من كفاءة عالية في تحديد المواقع حيث قد تصل دقَّتها إلى سنتيمترات، لكنَّ استخدام هذه الأجهزة في المناطق المكتنَّزة يتسبَّب في العديد من الأخطاء أهمُّها خطأ تعدُّد المسارات الذي يقلُّ من دقَّة تحديد الموقع لتصل إلى 10 سم أو أكثر، لحلُّ هذه المشكلة يقوم المساحين في بعض الحالات باستخدام أجهزة المحطَّة الشَّاملة (Total Station) والتي تتميز بالدقَّة في قياس المسافات والزوايا الأفقيَّة والرَّاسية، لكن من أهمِّ سلبيات استخدام هذه الأجهزة أنَّها تحتاج إلى مساحين اثنين لإنجاز العمل، وكذلك طبيعة العمل في هذه الأجهزة يحتاج إلى نقل الجهاز عدَّة مرَّات ممَّا قد يؤدي إلى أخطاء تراكميَّة، ونتيجة لذلك يحتاج المساح لوقت أطول في إنجاز العمل في مثل هذه المناطق (حمدان، 2023).

لذلك تمَّ التَّوجُّه لاستخدام تقنيَّة الطَّائرة دون طيار الدرون كبديل للطُّرق التَّقليديَّة، علمًا أنَّ طائرات الدرون أثبتت فعَّاليَّتها في الأعمال المساحيَّة نظرًا لقدرتها على تحقيق دقَّة عالية جدًّا في البيانات التي تنتجها، وأهمُّ منتجات هذه التقنيَّة هي السَّحابة النقطيَّة (Points Cloud) والصُّور العموديَّة الحقيقيَّة

(True Orthophots) ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) والنماذج ثلاثية الأبعاد (3D Tile) .model

تمّ وضع خطة عمل لجمع البيانات الميدانية المختلفة من صور جوية ملتقطة بطائرة الدرون ونقاط ضبط أرضي، وغيرها، حيث تم إعداد خطة طيران لتصوير منطقة الدراسة في قرية تلّ بطريقة خاصة للحصول على تغطية كاملة لمثل هذه المنطقة، كما تم توزيع عدد كافٍ من نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points) ونقاط التحقّق، ورصدها بدقة عالية في أماكن محددة مثل فوق أسطح المباني لضمان عدم وجود خطأ في تعدد المسارات. بعد ذلك، جرت معالجة جميع البيانات الميدانية بالاعتماد على عدّة برامج متخصصة، مثل برنامج Agi soft Meta shape وغيرها، وتم تحديد أيّها أكثر كفاءة في التعامل مع هذه البيانات ويحقّق أعلى دقة في مخرجاته.

كما تم لاحقاً استخدام الصور العمودية لترسيم الأبنية والمعالم المختلفة الأخرى في المناطق المكتظة، وفي بعض المناطق التي يصعب فيها تمييز حواف المباني والمعالم الأخرى، خاصة عند وجود عوائق تُغطّي هذه المعالم كالأشجار، تم تحويل السحابة النقطية إلى نقاط شفافة (Transparent Points) واستخدامها للمساعدة في الترسيم. وفي النهاية، جرى تحليل دقة هذا الترسيم من خلال رصد عدد من المعالم المختلفة في منطقة الدراسة.

استناداً إلى ذلك، تنطلق هذه الدراسة من فرضية مفادها أنّ استخدام طائرات الدرون في المناطق ذات الكثافة البنائية العالية يمكن أن يُشكّل بديلاً فعّالاً لأجهزة القياس التقليدية في أعمال الترسيم ضمن مشاريع التسوية. ولذلك، سيتم تطبيق تقنية التصوير الجوي بواسطة الدرون في البلدة القديمة في قرية تلّ كنموذج عملي، بهدف تقييم مدى دقتها وكفاءتها مقارنة بالطرق التقليدية، وقياس مدى ملاءمتها لاستخدامها ضمن منظومة التسوية الفلسطينية الرسمية.

## 1.2 مشكلة الدراسة

إنَّ الطُّرُق التَّقْلِيدِيَّةَ فِي أَعْمَالِ الْمَسَاحَةِ دَاخِلِ الْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ فِي الْأَبْنِيَةِ وَالْإِنشَاءَاتِ الْأُخْرَى فِي مَشَارِيعِ التَّسْوِيَةِ تَتَسَبَّبُ فِي أخطاءٍ مُخْتَلَفَةٍ: بَعْضُ الْأَجْهَزَةِ التَّقْلِيدِيَّةِ لَا تَسْتَطِيعُ تَحْقِيقَ الدَّقَّةِ الْمَطْلُوبَةِ مِثْلَ أَجْهَزَةِ تَحْدِيدِ الْمَوَاقِعِ الْعَالَمِيِّ (GPS) وَالتِّي يَصْعَبُ اسْتِخْدَامُهَا فِي بَعْضِ الْأَحْيَانِ فِي هَذِهِ الْمَنَاطِقِ بِسَبَبِ اكْتِنَاطِ الْأَبْنِيَةِ، كَمَا وَيُمْكِنُ أَنْ تَتَسَبَّبَ بِأخطاءٍ فِي تَحْدِيدِ الْمَوْقِعِ قَدْ تَصَلَّ إِلَى أَكْثَرِ مِنْ 10 سَمِّ بِسَبَبِ أخطاءٍ مُخْتَلَفَةٍ مِنْهَا عَلَى سَبِيلِ الْمِثَالِ: خَطَأُ تَعَدُّدِ الْمَسَارَاتِ وَبَعْضُ الْأَخْرَ مِنْ الْأَجْهَزَةِ التَّقْلِيدِيَّةِ مِثْلَ جِهَازِ الْمَحْطَّةِ الشَّامِلَةِ الَّذِي تَحْتَاجُ إِلَى وَقْتٍ طَوِيلٍ لِإِنجَازِ الْأَعْمَالِ الْمَسَاحِيَّةِ دَاخِلِ الْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ مَا يُمْكِنُ اعْتِبَارُهُ بِأَنَّهُ جِهَازٌ ذُو فَعَالِيَّةٍ مُحَدُودَةٍ نَتِيجَةً لِأخطاءِ التَّرَاكُمِيَّةِ التِّي قَدْ تَنْتِجُ مِنَ الْحَاجَةِ إِلَى نَقْلِ الْجِهَازِ عِدَّةَ مَرَّاتٍ لِتَغْطِيَةِ مَنطِقَةِ الْعَمَلِ. وَبِالتَّالِي، فَإِنَّ الطُّرُقَ التَّقْلِيدِيَّةَ لَا تَضْمَنُ دَقَّةً عَالِيَةً فِي تَحْدِيدِ الْمَوَاقِعِ فِي الْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ، وَنَتِيجَةً لِذَلِكَ لَا يَفْضَلُ اسْتِخْدَامُهَا لِإِنتَاجِ خَرَائِطٍ دَقِيقَةٍ لِأَعْمَالِ التَّسْوِيَةِ فِي مِثْلِ هَذِهِ الْمَنَاطِقِ.

إنَّ الدَّقَّةَ الْعَالِيَةَ لِمَنْتِجَاتِ طَائِرَاتِ الدُّونزِ أَصْبَحَ يَشْجَعُ عَلَى اسْتِخْدَامِهَا فِي الْأَعْمَالِ الْمَسَاحِيَّةِ فِي مَنَاطِقٍ عَدِيدَةٍ، لَكِنَ عِنْدَ اسْتِخْدَامِهَا لِتَرْسِيمِ الْأَبْنِيَةِ وَالْمَعَالِمِ الْمُخْتَلَفَةِ فِي الْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ، يَكُونُ التَّحْدِي فِي تَحْدِيدِ زَوَايَا الْأَبْنِيَةِ وَالْمَعَالِمِ الْأُخْرَى بِشَكْلِ دَقِيقٍ، وَعَلَيْهِ فَمِ فِي تَحْتَاجِ إِلَى طَرِيقَةٍ مُحَدَّدَةٍ لِلْعَمَلِ الْمِيدَانِيِّ وَكَذَلِكَ لِلْمَعَالِجَةِ الْحَاسُوبِيَّةِ وَتَحْدِيدِ الْمَنْتِجَاتِ التِّي سَيَتَمُّ اسْتِخْدَامُهَا لِمِثْلِ هَذَا الْهَدَفِ.

## 1.3 أسئلة الدراسة

1. ما هي الطُّرُق الْحَالِيَّةُ الْمَتَّبَعَةُ فِي الْمَسَاحَةِ فِي الْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ فِي أَعْمَالِ التَّسْوِيَةِ؟
2. ما هي طَرِيقَةُ التَّصْوِيرِ التِّي سَيَتَمُّ اتِّبَاعُهَا لِلْحَصُولِ عَلَى تَغْطِيَةِ كَامِلَةٍ لِلْمَنَاطِقِ الْمَكْتَنَّةِ؟
3. ما هي أَفْضَلُ الْبَرَامِجِ التِّي يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا لِمَعَالِجَةِ صُورِ الدُّونزِ لِمِثْلِ هَذِهِ الْحَالَاتِ؟
4. هل هُنَاكَ حَاجَةٌ لِانْتِقَاطِ صُورٍ أَرْضِيَّةٍ إِضَافِيَّةٍ؟ وَكَيْفَ سَتَتَمُّ مَعَالِجَتُهَا مَعَ صُورِ الدُّونزِ؟

5. ما هو العدد الأمثل لنقاط الضبط الأرضي؟ وما مدى تأثيره على دقة المنتجات؟
6. كيف يتم تحويل السحابة النقطية إلى النقاط الشفافة (Transparent Points)؟
7. ما هي الدقة التي يمكن الوصول إليها عند ترسيم الأبنية والمعالم المختلفة بالاعتماد على النقاط الشفافة؟

#### 1.4 أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في تطوير آلية جديدة وحديثة لجمع البيانات الميدانية من صور بطائرات الدونز وصور أرضية وغيرها، وتحديد أفضل البرامج الحاسوبية التي يمكن استخدامها لمعالجة هذه البيانات للحصول على منتجات بدقة عالية مثل الصور العمودية الحقيقية (True Orthophotos) والسحابة النقطية وتحويلها إلى نقاط شفافة (Transparent Points)، لتستخدم معاً في ترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في المناطق المكتظة في مشاريع التسوية بدلاً من الطرق التقليدية.

#### 1.5 أهداف الدراسة

تتلخص أهداف هذه الدراسة في:

1. تحديد الدقة المطلوبة في أعمال التسوية.
2. استخدام طائرة Drones في تصوير البلدة القديمة في قرية تلّ.
3. توزيع نقاط ضبط أرضي في المناطق المختارة وتحديد عددها وأماكنها.
4. معالجة الصور باستخدام البرامج المختلفة للحصول على السحابة النقطية.
5. تحويل السحابة النقطية إلى النقاط الشفافة (Transparent Points).
6. ترسيم البلدة القديمة بالاعتماد على الصور العمودية الحقيقية والنقاط الشفافة.
7. تقييم دقة الخرائط الناتجة من الترسيم.

## 1.6 منطقة الدراسة

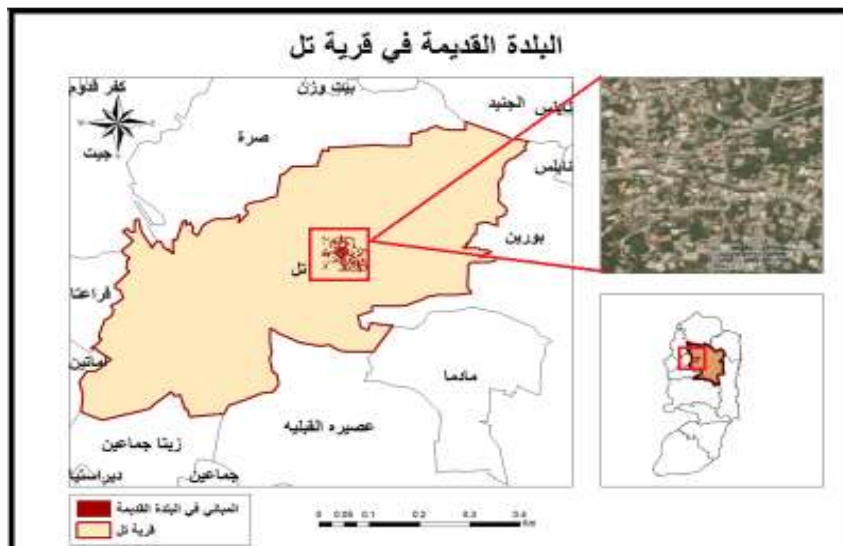
منطقة الدراسة هي البلدة القديمة في قرية تلّ والتي تبلغ مساحتها 60 دونماً تقريباً وتقع في وسط أراضي قرية تلّ علماً بأنّ إجماليّ مساحة قرية تلّ يبلغ 14000 دونم تقريباً وهي من ضمن محافظة نابلس في الضفّة الغربيّة، وتقع ضمن إحداثيّات 32 12 ' 03 " شمال خطّ الاستواء و 35 12 ' 44 " شرق خطّ غرينتش (هيئة تسوية الأراضي والمياه- تلّ).

بلغ عدد سكّان القرية عام 2017 حوالي 5117 نسمة، حسب التعداد العامّ للجهاز المركزيّ الفلسطينيّ لعام 2017، تعتبر زراعة التين، والزيتون، وتربية المواشي من أهمّ اقتصاديّات القرية (الجهاز المركزيّ للإحصاء الفلسطينيّ، 2021).

يحيط بقرية تلّ أراضي قرى رفيديا، صرّة، عراق بورين، بورين، مادما، عصيرة القبليّة، وزيتّا، وفرّعتا، جيت، واماتين. أصل كلمة تلّ في الأغلب أنّه من السريانيّة والذي يعني الارتفاع، وهي تقع في الجنوب الغربيّ لمدينة نابلس على مسافة 14 كمّ منها، ترتفع عن سطح البحر 625 متراً (أريج، 2012).

### شكل (1)

منطقة الدراسة



## 1.7 حدود الدراسة

**الحدود المكانية:** اقتصرَت هذه الدراسة على البلدة القديمة في قرية تل بمحافظة نابلس، نظرًا لطبيعتها العمرانية المعقدة والمزدحمة بالمباني، مما يجعلها بيئة مناسبة لاختبار فعالية الدرون في أعمال التسوية.

**الحدود الزمانية:** تم تنفيذ الدراسة خلال العام الدراسي 2025/2024، وتحديدًا في الفصلين الأول والثاني، حيث جُمعت البيانات وجرى تحليلها ضمن هذا الإطار الزمني.

**الحدود الموضوعية:** تركّزت الدراسة على مقارنة نتائج طائرات الدرون مع الأدوات التقليدية في مجال ترسيم الأبنية والمعالم فقط، دون التطرّق إلى استخدامات الدرون الأخرى في المجالات الزراعية أو الأمنية أو العسكرية.

## 1.8 منهج الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفيّ التّطبيقيّ، من خلال وصف طريقة استخدام طائرات الدرون في مشاريع التسوية الفلسطينية للمناطق المكتنّزة وإيجاد طريقة جديدة وحديثة في ترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في منطقة الدّراسة بالاعتماد على الصُّور العموديّة الحقيقيّة والنّقاط الشّفافّة.

كما وتمّ توظيف المنهج الوصفيّ التّحليليّ فيما يتعلّق بمعالجة صور طائرات الدرون مع الصُّور الأرضيّة ونقاط الضّبط الأرضيّ باستخدام البرامج المختلفة للحصول على المنتجات الدّقيقة من صور عموديّة حقيقيّة والسّحابة النّقطيّة ومن ثمّ تحويلها إلى النّقاط الشّفافّة (Transparent Points).

إضافة إلى ذلك، تمّ استخدام المنهج المقارن وذلك لمقارنة دقّة النّماذج والخرائط الناتجة من التّرسيم.

## 1.9 أدوات الدراسة

1. طائرات الدرون (Drone): تم استخدامها من أجل التقاط صور جوية لمنطقة الدراسة.
2. جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS): تم استخدامه لرصد نقاط الضبط الأرضي ومعالجة وربط الصور الجوية لمنطقة الدراسة.
3. برنامج المعالجة التصويرية للصور الرقمية (Agisoft Metashape): حيث يعد البرنامج الأساسي في هذه الدراسة وتم الاعتماد عليه من أجل عملية المعالجة والترسيم.
4. برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc map10.8): تم استخدامه من أجل عمل منطقة الدراسة.
5. برنامج (Global Mapper): حيث يعد متكامل مع برنامج (Cloud compare) ويعد كمكمل لبرامج (Arc map10.8) و (Civil 3D).
6. برنامج (3D Survey): حيث تم استخدامه في استيراد السحابة النقطية واستخراجها إلى (Civil 3D).
7. برنامج (Civil 3D): تم استخدامه في الترسيم النهائي.
8. مصادر ثانوية: كتب، مجلات، مراجع خرائطية، وأبحاث منشورة ذات علاقة بموضوع الدراسة.

## 1.10 الدراسات السابقة

تُعدّ هذه الدراسة من أوائل الدراسات التي تتناول استخدام الطائرات المُسيّرة (الدرون) في مشاريع تسوية الأراضي الفلسطينية، خاصةً في المناطق الحضرية المكتظة، بهدف ترسيم الأبنية والمعالم المختلفة. وعلى الرغم من ندرة الدراسات المباشرة في هذا المجال، إلا أن هناك عددًا من الدراسات التي تناولت مواضيع ذات صلة، يمكن الاستفادة منها في إثراء هذا البحث.

في إطار مشروع (Naksha) في الهند، قدم (Chandigarh Naksha Project, 2025) مشروعاً الذي يهدف إلى رقمنة وتحديث سجلات الأراضي الحضرية باستخدام تقنيات التصوير الجوي والمسح الميداني ونظم المعلومات الجغرافية، تم اختيار منطقة شانديغار لتنفيذ المرحلة التجريبية.

استعرض Kang (2024)، في دراسته بعنوان "Research on the Application of Total Stations and Drones in Urban Building Surveying"، كيفية دمج محطات القياس الكلاسيكية والطائرات المُسيّرة في مسح المباني الحضرية، مما يعزز من دقة وكفاءة عمليات المسح في البيئات الحضرية المعقدة.

ناقش Loera-Ponce et al. (2024) في دراستهم بعنوان "Risk Assessment for Autonomous Landing in Urban Environments using Semantic Segmentation"، استخدام الشبكات العصبية العميقة لتقييم المخاطر المرتبطة بالهبوط الذاتي للطائرات المُسيّرة في البيئات الحضرية المعقدة، مما يساهم في تحسين أمان العمليات الجوية في المناطق الحضرية.

تناولت حامد (2023) في دراستها بعنوان "رصد الاعتداءات على أملاك الدولة في فلسطين بواسطة طائرات الدرون"، كيفية رصد الاعتداءات على أراضي أملاك الدولة ذات المساحات الواسعة باستخدام تقنيات حديثة، تحديداً طائرات الدرون، بهدف إنتاج بيانات وصفية ومكانية دقيقة وصور حديثة للمنطقة يمكن تحديثها باستمرار. توصلت الدراسة إلى وجود اختلاف في الدقة بين الصور المتوفرة لدى الحكم المحلي والصور المعالجة عبر طائرات الدرون، وأن دقة الصور الجوية الناتجة من معالجة طائرات الدرون مناسبة لعمليات المراقبة العامة للاعتداءات على أراضي أملاك الدولة.

ناقش حن (2019) في دراسته بعنوان "قراءة في الآثار المالية والاقتصادية المتوقعة والتحديات المصاحبة لتسوية الأراضي وتسجيلها في الضفة الغربية"، الباحث نقل صلاحيات تسوية الأراضي الفلسطينية بسرعة، وهدف إلى التعرف على الآثار الاقتصادية المتوقعة لمشروع تسوية الأراضي، واستكشاف التحديات المرتبطة بتسجيل الأراضي، واقتراح سياسات لتسريع عملية التسجيل وتحقيق الفائدة المرجوة منها.

عرض الباحثان الخليل وفحصة (2015) في دراستهما بعنوان مقارنة طرائق معايرة آلات التصوير الرقمية في المساحة التصويرية والرؤية بمعونة الحاسب، طريقة المعايرة الذاتية لآلات التصوير الرقمية المطبقة بشكل واسع في برامج المسح التصويري، من خلال تنفيذ عملية معايرة باستخدام برنامج Photo Modeler، وتنفيذ خوارزميات قائمة على طريقة الخطوتين المطورة في مجال الرؤية بمعونة الحاسب لتحديد معاملات التوجيه الداخلي لآلة التصوير.

في كتاب سليمان (2015) بعنوان الأراضي: قوانين وإجراءات، تناولت المحامية الأمور المهمة والتفصيلية المتعلقة بالأراضي الفلسطينية، وطرحت حلولاً مقترحة للحفاظ على الأراضي وتثبيت ملكيتها، كما تناولت الحقب التي مرت بها تسوية الأراضي خلال الأنظمة القانونية المختلفة لكل حقبة.

ناقش الخليل وعلي (2014) في دراستهما تحت عنوان النمذجة ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية باستخدام برامج المساحة التصويرية القريبة ونظم المعلومات الجغرافية، طريقة إنتاج نموذج ثلاثي الأبعاد للمناطق الحضرية من الصور الجوية، باستخدام برنامج (Photo Modeler) لتنفيذ التوجيه المزدوج التجسيمي للصور الجوية.

ناقشت سليمان (2014) في دراستها بعنوان النظام القانوني لتسوية الأراضي في فلسطين، الإشكاليات والصعوبات التي تعيق الحفاظ على الأراضي الفلسطينية من منظور قانوني، وطرحت حلولاً قد تساهم في الحفاظ على الأرض وتثبيت ملكيتها لأصحابها الحقيقيين.

استعرض ديب والخليل (2012) في دراستهما بعنوان توثيق المنشآت الأثرية باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد متعددة الصور، طريقة تقييم الأسلوب متعدد الصور في النمذجة ثلاثية الأبعاد للمنشآت الأثرية لأغراض التوثيق، باستخدام كاميرا رقمية منخفضة التكلفة، مما أتاح تقييم كفاءة هذا النوع من الكاميرات. وقدّمت الدراسة مقترحات وتوصيات تتعلق بقواعد النقاط الصور المتعددة المستخدمة في إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد للمباني الأثرية.

ركزت دراسة عجوة (2011) بعنوان آلية انتقال الملكية في الأراضي غير المسجلة في فلسطين، على قرارات المحاكم المتعلقة بتنفيذ انتقال الملكية، والإشكاليات المصاحبة لها، وتناول التسجيل في الأراضي غير المسجلة في دائرة الأراضي من الناحية التطبيقية

هدفت دراسة Taha (2005) بعنوان Aerial Triangulation Using Small Format Digital Images، إلى استكشاف إمكانية استخدام الصور الرقمية صغيرة الحجم في رسم الخرائط وجمع البيانات، وتقييم استخدام عدة صور لإجراء معايرة الكاميرا وتحديد النوع الأمثل لأهداف المعايرة. توصلت الدراسة إلى أن نجاح التثليث الجوي باستخدام الصور الرقمية ذات التنسيق الصغير يقلل من التكاليف في المسح التصويري ويمهّد الطريق لاستخدام التقنيات الحديثة مثل الدرون في الحصول على البيانات.

### 1.11 التعقيب على الدراسات السابقة

يتضح من استعراض الدراسات السابقة وجود تقاطع واضح بين الدراسة الحالية وتلك الدراسات في اعتمادها على التقنيات الجيومكانية الحديثة، ولا سيما المسح التصويري الجوي والطائرات المسيّرة ونظم المعلومات الجغرافية، بوصفها أدوات فعّالة في جمع البيانات المكانية عالية الدقة، خاصة في البيئات الحضرية المعقدة. كما تتشابه الدراسة الحالية مع بعض الدراسات، مثل دراسة Kang (2024) ودراسة Taha (2005) في التركيز على تحسين دقة أعمال المسح وتقليل الكلفة والجهد مقارنة بالأساليب التقليدية، إضافة إلى تقاطعها مع دراسة حامد (2023) في توظيف الطائرات المسيّرة للحصول على صور حديثة تدعم اتخاذ القرار المكاني.

في المقابل، تختلف الدراسة الحالية عن معظم الدراسات السابقة من حيث الهدف التطبيقي المباشر؛ إذ ركزت غالبية الدراسات الأجنبية على الجوانب التقنية البحتة، مثل دمج أدوات المسح، أو النمذجة ثلاثية الأبعاد، أو أمان تشغيل الطائرات المسيّرة في البيئات الحضرية، دون ربط ذلك بشكل مباشر بإجراءات تسوية الأراضي وتحديث السجلات العقارية. كما أن الدراسات القانونية والاقتصادية الفلسطينية السابقة

تناولت موضوع تسوية الأراضي من منظور تشريعي أو اقتصادي، دون دمج فعلي للتقنيات الحديثة، وبخاصة الطائرات المُسيّرة، في إجراءات الترسيم العقاري الميداني.

وتتمثل أوجه القصور في الدراسات السابقة في محدودية الدراسات التي جمعت بين البعد التقني الجيومكاني والبعد التطبيقي في مشاريع تسوية الأراضي، لا سيما في السياق الفلسطيني، إضافة إلى ندرة الدراسات التي تناولت استخدام الطائرات المُسيّرة في المناطق الحضرية المكتنّزة لأغراض ترسيم الأبنية والمعالم ضمن إطار تسوية عقارية متكاملة. كما أن بعض الدراسات ركزت على إنتاج نماذج أو خرائط دون التحقق من قابليتها للاستخدام العملي في أعمال التسوية الرسمية أو ربطها بالسجلات القانونية.

وانطلاقاً من ذلك، تسعى الدراسة الحالية إلى سد هذه الفجوة البحثية من خلال توظيف الطائرات المُسيّرة في مشاريع تسوية الأراضي الفلسطينية، مع التركيز على المناطق الحضرية ذات الكثافة العمرانية العالية، وربط مخرجات المسح الجوي والنمذجة المكانية بإجراءات الترسيم العقاري ومتطلبات التسوية الرسمية. وبذلك، تقدم الدراسة إضافة علمية وتطبيقية تتمثل في دمج التقنيات الحديثة مع الواقع القانوني والإداري لتسوية الأراضي، بما يسهم في تحسين دقة الترسيم، ودعم تحديث السجلات العقارية، وتوفير نموذج يمكن الاستفادة منه في مشاريع تسوية مستقبلية داخل السياق الفلسطيني

## 1.12 مصطلحات الدراسة

**الدرون (Drone):** تُشير في هذه الدراسة إلى الطائرات الصغيرة بدون طيار التي تُستخدم في التصوير الجوي، والمزودة بكاميرات دقيقة (Sabou, 2025).

**الترسيم:** يُقصد به عملية تحديد حدود الأبنية والمعالم المختلفة في الواقع، وتحويلها إلى خرائط باستخدام الوسائل المساحية المختلفة (حلايمة، 2023).

البلدة القديمة: تُشير إلى الجزء التاريخي من قرية تل، الذي يتميز بكثافة المباني وضيق الأزقة وتعدد الطوابق، ما يجعل من الصعب استخدام المعدات التقليدية فيه (Agnieszka , 2021).

خرائط التسوية: خرائط رسمية تعد ضمن مشروع تسوية الاراضي والمياه، وتهدف الى تثبيت وتحديد ملكية الاراضي بشكل دقيق ورسمي وتبين حدود كل قطعة ومالكها والحقوق العينية المرتبطة بها (Sabou, 2025).

مخططات التسوية: هي خرائط هندسية تظهر تفاصيل الاراضي بعد اجراء اعمال المسح والتسوية عليها (Sabou, 2025).

الصورة المنفردة: صورة تُظهر مساحة جزيئة من المنطقة المراد دراستها، لكنها تمتاز بدقة عالية ووضوح ملحوظ، وخاصة عند تحديد زوايا المباني والمعالم العمرانية ( Zeng, Karaoglu, & Gevers, 2018).

نموذج ثلاثي الابعاد: هو تمثيل رقمي مجسم لاي جسم او معلم في الواقع يظهر الطول والعرض والارتفاع بحيث يمكن رؤيته من زوايا مختلفة كما في الحقيقة (الخليل و علي، 2014).

الصورة المصححة تصحيحا حقيقيا: وهي صور مصححة تصحيحا حقيقيا خاليا من التشوهات وواجهات المباني الناتجة من ميلان آلة التصوير وتشوه العدسة والإزاحة الناتجة عن التضاريس ( Zeng, Karaoglu, & Gevers, 2018).

الغيمة النقطية المسقطة: مجموعة كثيفة من النقاط ثلاثية الابعاد ناتجة عن عملية مسح باستخدام طائرات الدرون، يتم اسقاطها ومعالجتها لتصبح غيمة نقطية مسقطة على مستوى ثنائي الابعاد، بحيث تظهر تمثيلا دقيقا لتفاصيل الاسطح والمعالم من الاعلى ( موسوعة ويكيبيديا العربية، 2018).

## الفصل الثاني

### تسوية الأراضي في فلسطين

بعد أن تناول الفصل الأول الخلفية النظرية والإطار العام، يأتي هذا الفصل ليتناول موضوع تسوية الأراضي في فلسطين عبر مراحلها المختلفة تبعاً للحقب التاريخي التي مرت بها فلسطين، حيث يتضمن شرحاً عاماً عن تاريخ الأراضي الفلسطينية، حيث يتناول مراحل تقسيم الأراضي في فلسطين في العهد العثماني والقوانين المتعلقة بالأراضي الصادرة عن الحكومة العثمانية مروراً في تسوية الأراضي في العهد الإنجليزي والحكم الأردني والإدارة المصرية وطرق المسح المتبعة في كل عهد وحكم وصولاً إلى تسوية الأراضي في عهد السلطة الفلسطينية حيث تمّ التركيز على الأجهزة المستخدمة في أعمال التسوية والمراحل التي تمرُّ بها التسوية.

#### 2.1 المراحل التاريخية للأراضي في فلسطين

إن تسوية الأراضي الفلسطينية بصورتها الحالية لم تكن وليدة مرحلة واحدة، بل جاءت نتيجة تراكم تاريخي طويل عبر أنظمة قانونية وإدارية متعددة تعاقبت على حكم فلسطين. كانت أولى هذه المراحل مع الإصلاحات التي أقرتها الدولة العثمانية في القرن التاسع عشر، والتي بدأت بإصدار عدد من القوانين الخاصة بالأراضي، وقد ساهمت هذه القوانين في إنشاء دوائر متخصصة بتنظيم شؤون الأراضي، كجباية الضرائب وتنظيم المعاملات العقارية، وقد تم التأسيس لما عُرف لاحقاً باسم الطابو، وهو سجل رسمي لتوثيق الملكية (الهيئة الفلسطينية المستقلة لحقوق المواطن، 2003).

ومع دخول الحرب العالمية الأولى عام 1914، عانت فلسطين، كما هو حال العديد من مناطق العالم العربي، من حالة اضطراب سياسي واقتصادي، تقامت مع دخول الدولة العثمانية الحرب إلى جانب المحور ضد الحلفاء، وفرض حصار على السواحل العربية، ثم تخلّى الحلفاء عن وعودهم للعرب بتحقيق الاستقلال، وتوقيع اتفاقية (سايكس - بيكو) التي قسمت بلاد الشام والعراق إلى مناطق نفوذ.

عند انتهاء الحرب عام 1918، فُرض الانتداب البريطاني على فلسطين بقرار من عصبة الأمم، وتم تشكيل إدارة عسكرية بعد احتلال البلاد، بدأت رسمياً في 9 تشرين الثاني من نفس العام. وقُسمت فلسطين بين عامي 1917-1920 إلى عدة أُلوية، ترأس كل منها حاكم عسكري بريطاني، يتبع بدوره للحاكم العام في القدس، والمرتبط بالقيادة العامة البريطانية في القاهرة. وفي عام 1922، أعيد تقسيم فلسطين إلى ثلاث مناطق: اللواء الشمالي، واللواء الجنوبي، ومقاطعة القدس.

اتخذت الإدارة العسكرية البريطانية عدة إجراءات منها إيقاف جميع معاملات ملكية الأراضي الأميرية والخاصة، كما أغلقت دوائر تسجيل الأراضي (الطابو). ولاحقاً، بدأت حكومة الانتداب بإجراء عمليات مسح شاملة لمعرفة الأراضي التي يملكها اليهود تنفيذاً لوعده بلفور، مما مهّد الطريق لتوسيع الاستيطان اليهودي. وقد أنشئت إدارة خاصة بالتسوية تهدف إلى تحديد ملكية الأراضي بدقة، وتحويل أوصافها من العقود العثمانية العامة إلى قطع وأرقام محددة على خرائط رسمية. إلا أن هذه المهمة لم تشمل كل مناطق فلسطين.

وفي أعقاب نكبة عام 1948، وقعت غالبية الأراضي الفلسطينية تحت سيطرة الاحتلال الإسرائيلي، باستثناء الضفة الغربية التي خضعت للحكم الأردني، وقطاع غزة الذي وُضع تحت الإدارة المصرية حتى عام 1967. وخلال هذه الفترة، واصل الحكم الأردني بعض أعمال التسوية، لكن ما أنجز منها كان محدوداً. أما بعد حرب حزيران 1967، فقد سيطرت إسرائيل على الضفة وغزة، وأوقفت عمليات التسوية بموجب الأمر العسكري رقم (291) (أبو هنطش، 2010).

تبلغ مساحة فلسطين نحو 26,990 كيلومتراً مربعاً، بينما تبلغ المساحة التي أُقيمت عليها دولة الاحتلال الإسرائيلي 18,643 كيلومتراً مربعاً، أي نحو 92% من مساحة إسرائيل بما في ذلك أراضي الفلسطينيين الذين بقوا فيها. وعند تقدير مساحة الأرض الفلسطينية المتبقية، فإن الطريقة الأدق تعتمد على طرح مساحة الأراضي التي اشتراها اليهود من مجموع مساحة فلسطين، خاصة وأن الشركات

الاستيطانية اليهودية كانت توثق عمليات الشراء بدقة، ففي عام 1948، بلغت مساحة الأراضي التي امتلكها اليهود نحو 1,682 كيلومترًا مربعًا، منها 181 كم<sup>2</sup> جاءت كامتيازات من حكومة الانتداب، إلى جانب حصص في أراضٍ مشاع، لذا فإن المساحة المسجلة قانونيًا أقل من ذلك بكثير (دليل اجراءات املاك الدولة، 2023)..

بناء على ذلك، فإن مجمل الأراضي المسجلة باسم اليهود قبيل نكبة 1948 كانت أقل بكثير من الأراضي التي سيطروا عليها لاحقًا وادّعوا ملكيتها الخاصة، أما ما تبقى من أراضي فلسطين، فكانت ملكًا خاصًا أو عامًا لأصحابها الفلسطينيين، حسب القانون العثماني ونظام الطابو، وكانوا يفلحون الأرض ويدفعون عنها الضرائب بانتظام (أبو هنطش، 2010).

## 2.2 تقسيم الاراضي في فلسطين في العهد العثماني

اعتمدت الدولة العثمانية في نظام ملكية الأراضي على قواعد مستمدة من الشريعة الإسلامية، حيث كان يُشترط دفع الخراج من قبل أصحاب الأرض الأصليين. وفي إطار إصلاحات القرن التاسع عشر، أصدرت الدولة قانون الأراضي سنة 1858، أعقبه عدد من التعليمات والأنظمة، مثل تعليمات سندات الطابو لعام 1859، وقانون الطابو عام 1861، وملحقاته عام 1867، بالإضافة إلى قانون تملك الأجانب عام 1869. ووفق هذه القوانين، قُسمت أراضي الدولة إلى خمسة أنواع رئيسية (سليمان، 2015):

**الأراضي المملوكة:** وهي الأراضي التي يمتلكها الأفراد ملكية خاصة، يحق لهم التصرف بها بيعًا أو رهنًا أو توريثًا، ولا تعود إلى بيت المال إلا إذا لم يكن هناك ورثة شرعيون.

**الأراضي الأميرية:** تعود ملكية هذا النوع من الأراضي للدولة، وتشمل الأراضي الزراعية والمراعي والغابات. كان التصرف بها يتم أولًا بإذن من أصحاب الزعامة، ثم لاحقًا بإذن مباشر من مأمور الدولة. وقد حرص القانون على تنظيم آلية التصرف بالأراضي الأميرية بشكل يمنع احتكارها أو إهمالها، إذ

يُعطى لكل متصرف سند طابو خاص به يحدد كيفية الاستخدام، ويُمنع من زراعتها بأشجار مثمرة أو وقفها دون موافقة الدولة، كما يُسحب حقه في التصرف بالأرض إذا لم يَقم بفلاحتها أو دفع الضرائب لمدة ثلاث سنوات متتالية.

**الأراضي الموقوفة:** معظم أراضي الوقف في العهد العثماني كانت في الأصل أراضي أميرية تم وقفها خلال فترة حكم السلطان سليمان القانوني، كما أوقف بعض الأغنياء والفلاحين أراضي أخرى بعد صدور قوانين التنظيمات، إما بدوافع دينية أو للتهرب من الضرائب.

**الأراضي المتروكة:** وهي أراضٍ تُترك حق الانتفاع بها لعامة الناس أو لسكان قرية أو عدد من القرى، حيث لا يسمح للأفراد بالبناء أو الزراعة فيها. وقد قُسمت إلى قسمين:

- متروكة لعامة الناس، وتشمل الطرق والأسواق.

- متروكة لأهالي قرى معينة، مثل المراعي والمحتطبات.

**الأراضي الموات:** وهي أراضٍ خالية وبعيدة عن العمران، لم تُخصص لأحد، وتقع على مسافة ميل ونصف تقريباً من أقرب منطقة مأهولة. سمح القانون بإحيائها شريطة موافقة الدولة، على أن يتم الاستصلاح خلال ثلاث سنوات، وإلا تُسحب وتُمنح لغيره، بشرط دفع بدل الطابو.

### 2.2.1 القوانين المتعلقة بالأراضي العثمانية

- **قانون الأراضي العثماني لعام 1858**

كان الغرض من إصدار هذا القانون تنظيم ملكية الأرض، وتعزيز سلطة الدولة عليها. وقد قُسمت الأراضي كما سبق، ووضعت لكل نوع منها أحكام قانونية محددة. لكن عملياً، لم يُحقق القانون هدفه بالكامل، فقد تهرب الكثير من الفلاحين من تسجيل أراضيهم خوفاً من الضرائب أو التجنيد الإجباري، ما أدى إلى تركيز مساحات شاسعة بأيدي عدد قليل من كبار الملاكين (سليمان، 2015).

## • قانون الطابو لعام 1861

ساهم هذا القانون في ظهور طبقة من الملاك الكبار، خصوصاً أن بعض العائلات استغلت تردد الفلاحين في التسجيل، فحصلت على أراضٍ واسعة. ورغم محاولات الدولة الحد من هذه الظاهرة، فإنها فشلت عملياً في ذلك، خاصة بعد تعديلات عام 1913 التي سمحت بتمليك الأراضي الأميرية وفق شروط، وتمكين الشركات من تملك الأراضي، مما سهّل على كبار الملاكين الاستحواذ على مساحات واسعة وتحويلها إلى ملكية خاصة (الهيئة الفلسطينية المستقلة لحقوق المواطن، 2003).

## • قانون تملك الأجانب لعام 1869

قبل هذا القانون، كان يُسمح للأجانب فقط بالامتيازات التجارية، ولكن مع صدوره بات بإمكانهم تملك الأراضي داخل المدن وخارجها، سواء أفراداً أو مؤسسات. وقد أدى ذلك إلى تزايد تملك الأجانب، لا سيما الأوروبيين، للأراضي الفلسطينية، ورفع أسعار العقارات، خاصة في القدس ويافا وحيفا (أبو هنطش، 2010).

## 2.2.2 مراحل تسوية الأراضي في العهد العثماني

**الطابو:** بدأت أعمال تسجيل الأراضي من خلال فتح دائرة الطابو في القدس، وكان يديرها موظف يُعرف بمأمور الطابو، بمساعدة كتبة ومهندسين. ومع توسع العمل، زادت أعداد السجلات والمخططات.

**المسح:** تركز عمل المسح على المناطق الحضرية والأراضي غير المبنية داخل المدن. وكان يُستخدم في ذلك الذراع والمتر والدونم، مع رسم الخرائط وتحديد القطع بعلامات دائمة. شملت مراحل المسح ثلاث خطوات:

- التعرف على أسماء القطع المحلية.

- تحديد الحدود باستخدام معالم طبيعية.
- تدقيق أسماء المنصرفين في الأراضي.

**التسجيل:** تزامن التسجيل مع المسح، حيث سُجّلت تفاصيل الأراضي من حيث النوع والمساحة والحالة الزراعية، إلى جانب تحديد قيم التخمين ورسوم التسجيل وأجور إصدار سندات الطابو.

### 2.2.3 نتائج المسح والتسجيل

مكنت عمليات المسح والتسجيل الدولة العثمانية من فرض سيطرتها على الأراضي، والحد من الفوضى الناتجة عن الإقطاع والنزاعات القبلية. كما أتاحت لها عرض بعض الأراضي المهملة في المزاد العلني للاستثمار، إلا أن هذه الإجراءات لم تخلُ من العوائق، مثل ضعف الكفاءة الإدارية، وانتشار الرشوة، ودور المخاتير وشيوخ القرى في تسجيل مساحات واسعة بأسمائهم دون وجه حق. أضف إلى ذلك رفض الفلاحين تسجيل أراضيهم بسبب فقرهم وخوفهم من التجنيد، ما دفع بعضهم إلى تسجيلها باسم الأوقاف للتهرب من التكاليف، مما أدى إلى ازدياد أملاك الوقف في فلسطين (سلطة الأراضي الفلسطينية، 2023).

### 2.3 تسوية الأراضي في فلسطين في العهد الانجليزي:

مع انتهاء الحكم العثماني وبدء الانتداب البريطاني على فلسطين، اتخذت السلطات البريطانية خطوات تنظيمية جديدة فيما يتعلق بملكية الأراضي. ففي 8 أيار 1918، أصدر الجنرال (موني) أمراً بوقف جميع معاملات تسجيل الأراضي الأميرية والخاصة، كما تم إغلاق دوائر الطابو، وذلك بسبب قيام العثمانيين بنقل دفاتر التسجيل معهم إلى دمشق أثناء انسحابهم. وفي شباط عام 1919، تمكنت السلطات البريطانية، بمساعدة الفرنسيين في سوريا، من استرجاع جزء من هذه السجلات، وخصوصاً تلك المتعلقة بمناطق مثل نابلس وغزة، بينما فقدت سجلات القدس، في حين وُجِدَت سجلات حيفا وعكا والخليل وجنين وصفد وطبريا وطولكرم بحالة سليمة لكنها غير مكتملة.

كانت أغلب الأراضي في أواخر العهد العثماني تُدار وفق نظام المشاع، إلى جانب وجود ملكيات خاصة مسجلة رسمياً. ومع مرور الوقت، أخذت الملكية الخاصة في التراجع، حتى أصبحت تمثل ما نسبته 23% من مجمل أراضي فلسطين بحلول عام 1923، حيث شكّلت الحكومة البريطانية لجنة لبحث أوضاع الأراضي المشاع، فتوصلت إلى أن الفلاحين يفضلون هذا النوع من الملكية الجماعية لما يمثله من تعاون اجتماعي وتنظيم تقليدي مألوف (سليمان، 2015).

ومع ذلك، مثّل هذا النظام تحدياً كبيراً للمخططات الاستيطانية اليهودية، حيث إن شراء الأراضي كان يتطلب موافقة جميع الشركاء في قطعة الأرض الواحدة، الأمر الذي كان يصعب تنفيذه. ولهذا السبب، أصدرت الحكومة البريطانية في 30 أيار 1928 قانوناً خاصاً بعنوان قانون تسوية حقوق ملكية الأراضي، بهدف تنظيم الملكية الفردية وإنهاء العمل بنظام المشاع.

وينص هذا القانون على تسجيل جميع الأراضي الزراعية باسم المالكين الفعليين، من خلال إنشاء سجل رسمي وتثبيت الحقوق، وفحص القيود، وشطب ما لا يستند إلى ملكية قانونية. كما كان الغرض من القانون تنظيم الضرائب العقارية وتحصيلها بطريقة منتظمة (سمبسون).

حدّد القانون أن الوحدة المعتمدة في أعمال المسح والتسجيل هي القطعة أو البلوك، وهي جزء من الأرض يضم قسيمة واحدة أو أكثر، تمتد ملكيتها لشخص واحد أو مجموعة، وتشمل جميع الحقوق العقارية، سواء أكانت أبنية أم زراعات أو أي إضافات دائمة. وبموجب المادة الثالثة من القانون، يحق للمندوب السامي إصدار "أمر تسوية" لأي منطقة، ويعلن ذلك في الجريدة الرسمية، محدداً حدود المنطقة التي تشملها التسوية.

بعد الإعلان، يتم تعيين مأمور تسوية ومساعد له، ويبدأ العمل بإصدار إعلان تمهيدي يُرسل إلى محكمة الأراضي ومدير دائرة الأراضي. وبموجب القانون، لا تُقبل أي دعوى بخصوص تلك الأراضي بعد بدء التسوية إلا إذا كانت مقامة قبل تاريخ الإعلان. كما يتم تعيين قاضٍ شرعي بالتنسيق مع المجلس

الإسلامي الأعلى، مهمته النظر في مسائل الإرث والأحوال الشخصية ذات الصلة، فضلاً عن تشكيل لجنة محلية من أهالي القرية لمتابعة حقوق الغائبين والفاصرين وفاقدي الأهلية (عجوة س.، 2011).

سمح القانون لمأمور التسوية بإفراز الأراضي إذا اقتضت المصلحة العامة، كما أقر بتسجيل الأراضي الأميرية والملكية الخاصة. إلا أن ارتفاع رسوم التسجيل كان سبباً في تقليل الإقبال على هذه التسوية. وتشير الإحصائيات إلى أنه ما بين عامي 1928 و1948، تمت تسوية ما يقارب خمسة ملايين دونم، كان منها 4.5 ملايين دونم في منطقة الجليل. وأدى ذلك إلى تراجع نسبة الأراضي المشاع من 56% عام 1923 إلى 46% في عام 1929، ثم إلى 40% بحلول عام 1940 (سمبسون، تقرير دار الهجرة، ص 231-239).

### 2.3.1 طريقة المساحة المتبعة في العهد الإنجليزي

اتبعت سلطات الانتداب البريطاني منهجاً دقيقاً في أعمال المسح، بدأ بإنشاء شبكة من المثلثات من الدرجة الأولى، ثم تم تكثيفها إلى درجات ثانية وثالثة ورابعة، لضمان التغطية الجغرافية الدقيقة. لاحقاً، جرى العمل باستخدام نظام المضلعات، حيث كانت الزوايا تُقاس باستخدام جهاز الثيودولايت، بينما كانت المسافات تُحسب بواسطة الجنزير المعدني، وهو أداة تتكون من حلقات متصلة بطول إجمالي يبلغ 20 إلى 35 متراً، والعقلة الواحدة بطول 20 سم (عبد القادر وآخرون، 2017).

من مزايا الجنزير أنه يُستخدم بسهولة في الأراضي الوعرة ويمكن إصلاحه بسرعة، لكنه يعاني من عيوب مثل ثقله وصعوبة شده بشكل أفقي، وهو ما يؤثر أحياناً على دقة القياس نتيجة انثناء العقول أو توسع الحلقات. كانت النتائج تُسجل يدوياً في دفاتر مخصصة تُعرف بدفاتر الميدان (زكارنة، 2020).

#### 2.4 تسوية الاراضي في فلسطين في عهد الحكم الاردني والادارة المصرية:

بعد انتهاء الانتداب البريطاني وبداية الحكم الأردني في الضفة الغربية، أُلغيت أحكام قانون تسوية الأراضي لعام 1928، وأقرّ قانون جديد يحمل رقم (40) لسنة 1952، عُرف باسم قانون تسوية الأراضي والمياه. جاء هذا القانون لمعالجة حقوق التصرف والتمليك في الأراضي والمياه، وتنظيم الحقوق القابلة للتسجيل رسميًا. هدفت الإدارة الأردنية من هذا القانون إلى استكمال أعمال التسوية التي بدأها الانتداب البريطاني، والتي لم تشمل سوى نسبة بسيطة من أراضي المواطنين، بينما كانت النسبة الأكبر قد وقعت تحت سيطرة الاحتلال الإسرائيلي بعد عام 1948 (سلطة الأراضي الفلسطينية، 2023).

شملت التسوية الأردنية نحو 30% من أراضي الضفة الغربية، بينما بقي 70% دون تسوية. وتجدر الإشارة إلى أن هناك مناطق أُعلن فيها بدء التسوية قبل عام 1967، وقد أُنجزت فيها مراحل مهمة كتخصير جداول الادعاءات والحقوق، إلا أن الاحتلال حال دون استكمال هذه الإجراءات. وكانت عملية التسوية خلال تلك الفترة تسير بوتيرة بطيئة، منذ صدور القانون وحتى احتلال إسرائيل للضفة الغربية وقطاع غزة عام 1967 (سليمان، 2015).

أما في قطاع غزة، فقد تميزت الإدارة المصرية بسياسات مختلفة عن تلك التي انتهجها الانتداب البريطاني. حيث ركزت على حماية الأراضي وتشجيع السكان على استثمارها وتطويرها، دون نية لتفتيت الملكيات أو تمهيد الطريق للاستيلاء الاستيطاني. وحرصت الإدارة المصرية على احترام الموروث التشريعي من العهد العثماني والبريطاني، ولم تُطبّق القوانين المصرية العامة على أراضي القطاع، باستثناء بعض التشريعات المحددة، مثل القانون رقم 5 لسنة 1960، الذي منع اكتساب أملاك الدولة بالتقادم، وكذلك قانون خاص بتطبيق الشريعة الإسلامية في توزيع الإرث على الأراضي الأميرية (عجوة س.، 2011).

وفي مجال تسوية الأراضي، سعت الإدارة المصرية لتحقيق ثلاث أهداف رئيسية (سلطة الأراضي الفلسطينية، 2023):

أولاً: تمكين المواطنين من الانتفاع بالأراضي الحكومية، ومنع تركها دون استغلال، وذلك لقطع الطريق على أطماع الاحتلال الإسرائيلي. وقد قامت بتوزيع بعض هذه الأراضي على موظفين حكوميين ضمن مساحات صغيرة في مناطق مختلفة.

ثانياً: توسيع مشاريع الإسكان الحكومي كوسيلة لحماية الأراضي من الاعتداء، ومن أبرز تلك المشاريع مشروع عامر ومشروع ناصر عام 1964، اللذان أُقيما على مساحات واسعة بهدف تعميمها وتثبيت الوجود الفلسطيني عليها.

ثالثاً: إصدار قرارات وإعلانات تهدف إلى توفيق أوضاع واضعي اليد على الأراضي غير المسجلة. ومن أبرز هذه الإجراءات الأمر رقم (575) لسنة 1958، الذي نُشر في الوقائع الرسمية، وتضمن خطوات عملية لإعادة تسجيل الأراضي التي فقدت سجلاتها خلال عدوان 1956. وتمّ تنفيذ هذه الإجراءات من خلال فتح باب الادعاءات، التحقق من الوثائق، ونقل النزاعات إلى محكمة الأراضي، ضمن إجراءات تشبه إلى حد كبير آليات قانون التسوية البريطاني لعام 1928. كما نصّت المادة (13) من الأمر على بدء أعمال التسوية للأراضي التي لم تشملها التسوية الرسمية، بمجرد الانتهاء من إعداد السجلات المفقودة، فيما منحت المادة (23) من نفس الأمر القيد الجديد حجية قانونية تعادل التسجيل الرسمي المجدد.

وفي عام 1960، أصدر الحاكم الإداري المصري القرار رقم (27) الذي أقرّ تملك أراضي رفح الحكومية للمواطنين الذين قاموا باستصلاحها وزراعتها، وشكّلت لجنة مختصة لفحص الطلبات وفق جداول الحقوق المعتمدة، تمهيداً لإبرام عقود بيع طويلة الأمد.

وفي عام 1965، صدر إعلان من الحاكم الإداري المصري لإجراء مسح شامل للأراضي العشائرية غير المسوّاة، ودُعي المواطنون للتعاون مع فرق المساحة لوضع علامات دائمة على حدود أراضيهم، وتم التحذير من العرقلة أو الاعتراض لما قد يترتب عليه من مسؤوليات قانونية.

كما صدر عام 1966 القرار رقم (4) الذي تضمن حصر الأراضي الحكومية وتقدير قيمتها، تلاه القرار رقم (5) الخاص بتشكيل لجنة لتمليك هذه الأراضي لسكان رفح. ونص القرار على بيع الأراضي الحكومية للمنتفعين بنظام الأقساط، يبدأ سريانه من شباط 1952، لتسوية أوضاعهم وتمليكهم رسمياً.

#### 2.4.1 طريقة المساحة المتبعة في عهد الحكم الأردني

واصلت الإدارة الأردنية الاعتماد على الشبكة المساحية التي أسسها البريطانيون، حيث استخدمت نقاط المثلثات البريطانية كأساس للأعمال الجديدة. وجرى تكثيف هذه النقاط باستخدام جهاز الثيودولايت لرصد الزوايا، وتم استخدام جهاز اللوحة المستوية في مسح قطع الأراضي. وتتميز هذه الطريقة بسرعتها وبساطتها، حيث تُرسم الخريطة في الميدان مباشرة أثناء عملية الرصد دون الحاجة لحسابات معقدة، ما يجعل النتائج بيانية وليست رياضية.

تُثبت اللوحة على لوح خشبي محمول على قاعدة ثلاثية قابلة للتوجيه، وتستخدم هذه التقنية بشكل فعال في المناطق المنبسطة، بينما تنخفض دقتها في المناطق الجبلية أو المكنظة، حيث تصل الأخطاء إلى عدة أمتار. ولهذا السبب، استُثنت بعض القرى مثل بزاريا من التسوية. يُضاف إلى ذلك أن الأدوات المستخدمة في تلك الفترة كانت تقليدية وقديمة، ما جعل عمليات المسح تتطلب جهداً ووقتاً كبيراً (سليمان، 2015)

## 2.5 تسوية الأراضي في فلسطين في ظل الاحتلال الإسرائيلي

مع بداية الاحتلال الإسرائيلي للضفة الغربية في حزيران عام 1967، لم تكن نسبة الأراضي التي خضعت للتسوية تتجاوز 30%، وذلك وفقاً لقانون تسوية الأراضي والمياه رقم 40 لسنة 1952. عمل الاحتلال فوراً على وقف جميع أعمال التسوية في الضفة الغربية وقطاع غزة، بموجب الأمر العسكري رقم 291، ولم يتوقف عند ذلك، بل بدأ باستخدام القوانين القديمة كأساس للسيطرة على المزيد من الأراضي الفلسطينية، إلى جانب إصدار أوامر عسكرية جديدة تهدف لنزع ملكية الأراضي، ومن أبرزها الأمر رقم 59، الذي استند إلى تعريف موسع لمفهوم أملاك الدولة، وبدأ العمل به فعلياً عام 1979 (عجوة، 2011).

اعتمدت سلطات الاحتلال على تصنيف العديد من أراضي الضفة الغربية باعتبارها أراضي دولة، وكان معيار هذا التصنيف يستند إلى ما إذا كانت الأرض وعرة أو مراعى، بناءً على المادة 103 من قانون الأراضي العثماني لعام 1858، والتي تتعلق بالأراضي الموات. وبما أن 70% من أراضي الضفة لم تُسوّ سابقاً، فقد أصبحت مرشحة لنزع الملكية بحجة أنها أراضي موات. حتى نهاية عام 1985، تم الإعلان عن نحو 1.7 مليون دونم كأراضي دولة، من أصل 2.15 مليون دونم كانت موضوعة ضمن خطة الاستيلاء الإسرائيلي، وهو ما يعادل 39% من مساحة الضفة الغربية المقدّرة بـ 5.5 مليون دونم (Abdulhadi, 1990).

كما أجرت سلطات الاحتلال عمليات مسح شاملة لجميع أراضي الضفة الغربية، وخلصت إلى أن أغلب هذه الأراضي غير مسجلة رسمياً، وتقع ضمن فئات الأميري والمتروك والموات، مما أتاح المجال لتصنيفها كأموال حكومية (فقها، 2012). وبذلك، تكرّست سياسة الاحتلال القائمة على مصادرة الأراضي وتوسيع الاستيطان، من خلال تعطيل عمليات التسجيل الرسمي للملكية، وضمّ جميع الأراضي غير المسجلة ضمن إطار السيطرة الرسمية.

## 2.6 تسوية الاراضي في فلسطين في عهد السلطة الفلسطينية

في 5 حزيران 2002، صدر المرسوم الرئاسي رقم 10 لسنة 2002، الذي قضى بإنشاء سلطة الأراضي الفلسطينية كهيئة ذات استقلالية قانونية ومالية، تتبع مجلس الوزراء، وتتولى تنظيم جميع شؤون الأراضي العامة والخاصة. ورغم إنشاء السلطة منذ 2002، فإن أول مشروع فعلي للتسوية بدأ عام 2006، بدعم من الحكومة الفنلندية، كخطوة تجريبية اعتمدت على كوادر فلسطينية محلية، وبدأت في قرى قرارة بني زيد وبيتونيا وبيير نبالا، ثم انتقلت إلى محافظة بيت لحم ومدينة دورا في محافظة الخليل (وكالة الأنباء والمعلومات الفلسطينية- وفا، 2023).

وفي قطاع غزة، اتبعت سلطة الأراضي سياسة التسويات الفردية في المناطق التي تعرف بأراضي المندوب، بالتعاون مع العائلات المستفيدة، حيث تفاوتت نسبة الأراضي التي سُجّلت لصالحهم ما بين 25% إلى 50%، بينما استردت الدولة المساحة المتبقية. وقد استندت عمليات التسوية في الضفة وغزة إلى قانون تسوية الأراضي والمياه رقم 40 لسنة 1952، وما تبعه من أنظمة وتعديلات حتى عام 1976، ولا تزال هذه الأعمال مستمرة حتى اليوم، باعتبار أن التسوية الشاملة هي الوسيلة الأهم لحماية الأراضي وتثبيت الحقوق عليها (زكارنة، 2020).

### 2.6.1 طريقة المساحة المتبعة في عهد السلطة الفلسطينية

أدخلت السلطة الفلسطينية أجهزة وتقنيات حديثة في أعمال المساحة، وعلى رأسها نظام تحديد المواقع العالمي (GPS)، الذي يعتمد على الأقمار الصناعية لتحديد الإحداثيات بدقة وسرعة. ويستخدم النظام العالمي لتحديد المواقع (GNSS) أنظمة متنوعة مثل (GPS الأمريكي)، و(Glonass الروسي)، و(Galileo الأوروبي)، و(BeiDou الصيني)، مما يساهم في تحسين الدقة وتقليل الخطأ (خضر، 2022).

غير أن هذه الأجهزة تواجه بعض التحديات، خاصة في المناطق المكتظة أو ذات التغطية الضعيفة مثل الأبنية العالية، أو بالقرب من أبراج الاتصالات والكهرباء، مما قد يؤثر على دقة الإحداثيات.

يستخدم نظام الرصد المطلق في التطبيقات الملاحية ونظم المعلومات الجغرافية، لكنه لا يناسب الأعمال المساحية الدقيقة. أما الرصد النسبي، فيعتمد على جهاز قاعدة (Base) ثابت على نقطة معلومة، وجهاز متحرك (Rover) يقوم برصد النقاط المجهولة. ويمكن تنفيذ هذا النوع من الرصد بأربع طرق، (عكوب، 2022):

- الرصد الثابت التقليدي: يتطلب جهازين ثابتين، ويستخدم لرصد دقيق يمتد إلى نصف ساعة أو أكثر، ويستفاد منه في بناء الشبكات الجيوديسية.
  - الرصد الثابت السريع: يُستخدم لمسافات قصيرة، ونكفي دقائق قليلة لرصد كل نقطة، ويصلح لتكثيف نقاط التحكم الأرضي.
  - الرصد المتحرك PPK: تُجمع البيانات في الميدان وتُعالج لاحقاً في المكتب، وتستخدم هذه الطريقة في حالة ضعف الاتصال المباشر.
  - الرصد المتحرك RTK: تُرسل التصحيحات من جهاز القاعدة مباشرة إلى الجهاز المتحرك باستخدام موجات راديو أو الإنترنت، وتوفّر دقة عالية في الزمن الحقيقي.
- ومن الأساليب الحديثة أيضاً نظام المحطة الافتراضية (VRS)، والذي يعتمد على شبكة من المحطات المرجعية المرتبطة بخادم مركزي. وعند قيام المستخدم بالرصد، تُرسل له تصحيحات لحظية بدقة عالية دون الحاجة لوجود محطة حقيقية بجواره، وتغطي مسافات تصل حتى 70 كم.

## 2.7 الأجهزة المستخدمة في أعمال التسوية

تستخدم الطواقم المساحية التابعة للسلطة الفلسطينية مجموعة متطورة من الأجهزة، أهمها (Sabou, 2025):

- جهاز (GPS): يُستخدم لتحديد الإحداثيات بدقة عالية، ويعتمد على الأقمار الصناعية كما سبق توضيحه.
- جهاز المحطة الشاملة (Total Station): يجمع بين وظائف قياس المسافات والزوايا، ويتميز بوجود شاشة رقمية وذاكرة كبيرة لتخزين النقاط، ويُستخدم بكفاءة في المناطق المعرّرة والمكتظة التي يصعب استخدام نظام (GPS) فيها.
- البرامج الحاسوبية: تُستخدم لإنتاج المخططات الهندسية والخرائط المساحية، ومن أبرز هذه البرامج: (AutoCAD)، (ArcMap)، و(Civil 3D)، لما تتمتع به من دقة وسرعة وسهولة في الاستخدام.

## 2.8 مراحل أعمال التسوية

تهدف أعمال التسوية بشكل أساسي إلى تثبيت حقوق الملكية، وتعريف أصحاب الأراضي بإجراءات التسجيل القانوني، وحل النزاعات القائمة، وتوثيق الملكيات في سجلات دائرة الأراضي. تمر أعمال التسوية بعدة مراحل أساسية كما يلي:

### أولاً: إجراءات ما قبل البدء بأعمال التسوية

- تحديد منطقة التسوية: يتم تحديد المنطقة المستهدفة، إما عبر تعيين مسار حدودها وإحداثياتها وفقاً للمرفقات الخاصة بأمر التسوية، أو بناءً على الحوض الطبيعي للمنطقة، وذلك بعد إعداد تقرير فني يتضمن تقسيمها إلى أحواض وأحياء متعارف عليها من قبل سكانها، وبالتعاون مع الهيئات المحلية. تُستخدم المعالم الطبيعية مثل الشوارع والأودية والطرق كحدود لتلك الأحواض (الأسمرى، 2019).

- إصدار أمر التسوية: يُنشر أمر التسوية في الجريدة الرسمية بناءً على المادة (5) من قانون تسوية الأراضي والمياه، ويتضمن تحديد المنطقة التي ستجري فيها التسوية. بعدها يتم إصدار كتب رسمية إلى مجلس القضاء الأعلى لتعيين قاضٍ مختص، وتحويل جميع القضايا المنظورة إلى هيئة التسوية، بالإضافة إلى إحالة سجلات وخرائط الأراضي من سلطة الأراضي إلى الهيئة، بما في ذلك جداول التسوية غير المكتملة في العهد الأردني ملحق (أ).
- إعلان التسوية: بعد تجهيز مكتب التسوية والفرق الميدانية، يُعلن عن التسوية في القرية أو البلدة المعنية، ويتم تحديد موعد بدء العمل ومكانه. يشمل الإعلان دعوة جميع الأشخاص والجهات الذين يملكون حقوقاً في الأرض أو المياه أو أي منافع ذات صلة لتقديم طلباتهم. تُعلق نسخة من الإعلان في أماكن عامة، مثل مداخل المساجد أو البلديات.
- إبلاغ الجهات الرسمية: تُرسل كتب إلى وزارات مثل التربية والتعليم، والأوقاف، والزراعة لتقديم بياناتهم حول الأراضي التابعة لهم. كما يُخطر وزارة الخارجية لتعميم الأمر على السفارات، كما في ملحق (أ). تُوقف سلطة الأراضي مؤقتاً جميع معاملات التسجيل في المنطقة المستهدفة إلى حين انتهاء التسوية.

#### ثانياً: الأعمال الميدانية في التسوية

تبدأ الأعمال الميدانية بإجراء عمليات المسح، وتحديد الحدود بين القطع، ووضع علامات حديدية أو صخرية لتوضيح الفواصل بين الأراضي. تُرسم القطع على مخططات أولية، ويبدأ في الوقت نفسه تسجيل أسماء أصحاب الأراضي وحصصهم. إذا كانت الأرض مشاعاً، يُنظم جدول ادعاءات مبدئي، ثم يُنقل لاحقاً إلى جدول الحقوق، مع تحديد المساحات والقيم.

تشمل الأعمال الميدانية أيضًا التعرف على النقاط المرجعية، سواء القديمة (من العهدين الإنجليزي أو الأردني) أو المستحدثة التي تُوضع على حدود الأراضي، ويُحدد فريق العمل والمدة الزمنية اللازمة لإنجاز المهام، حيث يتكوّن الفريق من، (حريبات، 2022):

- مأمور التسوية: هو المسؤول عن إدارة المشروع، والإشراف على جميع مراحلها، من إعداد المخططات وحتى المصادقة على المعاملات.
- المساح: وتنقسم مهامه إلى:
- مساعد المساح: يحدد العلامات ويكتشف النقاط المرجعية.
- المساح الفني: ينفذ القياسات وعمليات الحساب دون صلاحيات قانونية.
- المساح المرخص: يمتلك صلاحية التوقيع والمصادقة القانونية بعد اجتياز اختبارات الترخيص.
- لجنة المعرّفين: تتكوّن من سكان محليين يعرفون الملكيات وحدودها، وتتمتع بمصادقية واحترام.

#### ثالثًا: الأعمال المكتبية في التسوية

بعد الانتهاء من الأعمال الميدانية، تبدأ مرحلة العمل المكتبي، وتُعرف بالمرحلة الكدسترائية، حيث تُستخدم برامج حاسوبية لتحويل النقاط المساحية إلى خرائط ومخططات تفصيلية. يُعاد تدقيق الحدود ومطابقتها مع الإحداثيات، ثم يُؤخذ توقيع المجاورين، وتُثبت الحدود بشكل نهائي، بعد ذلك تُعد جداول التسوية، وتشمل:

- جدول الادعاءات: يحتوي على أسماء المتصرّفين وأرقام القطع.
  - جدول الحقوق: يشمل البيانات المضافة مثل المساحة والقيمة ونوع الأرض.
- تُنظم هذه الجداول في سبع نسخ، تُوزع على الجهات الرسمية وتُعلق نسخة منها في الأماكن العامة في البلدة المعنية، مصحوبة بمخطط الحوض الذي تم تسويته.

## رابعاً: تسجيل الأراضي بأسماء المالكين

تتنوّع أنواع السجلات في فلسطين تبعاً لاختلاف الفترات السياسية التي حكمت البلاد:

- شهادة التسجيل العثمانية: تفتقر إلى مخططات دقيقة ولا تُظهر حدود القطع أو المجاورين.
- شهادة التسجيل الأردنية والفلسطينية: أكثر دقة ووضوحاً، تشمل جميع بيانات القطعة وتُعدّ أساساً قانونياً في التسجيل.

يُنشئ المدير بعد ذلك جدول التسجيل، ويُفتح سجل خاص لكل قطعة، يُسجل فيه المالك أو المالكون، وتُعتمد شهادة التسجيل كوثيقة نهائية لا يُقبل الطعن عليها بعد صدورها، كونها صادرة عن جهة رسمية مختصة.

يتضح مما سبق، أن تسوية الأراضي في فلسطين كانت ولا تزال مسألة مركزية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالسيادة والهوية والحقوق. فقد مرّ نظام الأراضي بمراحل مختلفة تأثر كل منها بالسياق السياسي والإداري الذي كان قائماً في حينه، بدءاً من العهد العثماني الذي وضع أولى البنى القانونية لملكية الأرض، ثم الانتداب البريطاني الذي أوجد أنظمة جديدة لخدمة أهدافه، يليه الحكم الأردني والإدارة المصرية اللذان سعيا لاستكمال ما بدأ سابقاً ضمن حدود الإمكانيات المتاحة.

أما الاحتلال الإسرائيلي فقد أوقف هذا المسار واستغل الثغرات القانونية لمصادرة مساحات واسعة من الأراضي الفلسطينية، بينما حاولت السلطة الوطنية الفلسطينية إعادة إحياء مشروع التسوية بوسائل تقنية وقانونية حديثة رغم التحديات. كل ذلك يؤكد أن قضية تسوية الأراضي ليست مجرد عملية إجرائية، بل هي مشروع وطني يسهم في تثبيت حقوق المواطنين الفلسطينيين، والحفاظ على الأرض من الاستيلاء والتفتيت (خضر، 2022).

## الفصل الثالث

### المساحة التصويرية الرقمية والطائرات بدون طيار

تناول الفصل الثاني تطوّر عمليات تسوية الأراضي في فلسطين عبر الحقب المختلفة، بدءًا من العهد العثماني مرورًا بالحكمين البريطاني والأردني، وصولًا إلى حقبة السلطة الفلسطينية، مع تسليط الضوء على الأساليب التقليدية المستخدمة في المساحة من حيث أدوات القياس، والإجراءات القانونية، ونُظم تسجيل الحقوق.

وفي ضوء التطورات التقنية المتسارعة، يأتي هذا الفصل الثالث ليبرز التحوّلات النوعية التي طرأت على أعمال التسوية من خلال توظيف تقنيات المساحة التصويرية الرقمية واستخدام الطائرات بدون طيار، والتي باتت تُعدّ من الوسائل الحديثة والفعالة في جمع البيانات المكانية بدقة عالية، وخاصة في البيئات العمرانية المكتظة. وتبرز أهمية هذا التوجّه في قدرته على تجاوز العديد من التحديات الميدانية المرتبطة بصعوبة الوصول، أو ضيق المساحات، أو غياب السجلات الدقيقة.

وعليه، يُعالج هذا الفصل البُعد التطبيقي للمساحة التصويرية الرقمية، من حيث المفاهيم والأسس العلمية، واستعراض الأدوات والتقنيات المستخدمة فيه، لا سيما الطائرات بدون طيار، وصولًا إلى تخطيط الرحلات الجوية ومعايرة الكاميرا، وإعداد النماذج ثلاثية الأبعاد. ويأتي هذا التناول في سياق توظيف هذه التقنيات في ترسيم الأبنية والمعالم المختلفة في البلدة القديمة من قرية تلّ، باعتبارها منطقة ذات كثافة بنائية عالية، وتتطلب دقة ومرونة لا تتوفر في الأدوات التقليدية.

#### 3.1 المساحة التصويرية الرقمية والطائرات بدون طيار

مرّت المساحة التصويرية منذ نشأتها وحتى وقتنا الحاضر بعدّة مراحل وطرائق مختلفة، كان التركيز فيها جميعًا على كيفية الحصول على الصورة والتعامل معها. فقد صمّم العالم الفرنسي لوسيدات أول كاميرا خاصة بالتصوير المساحي عام 1864 (الأسمرى ع.، 2019). ويرى عبد الهادي (1990) أن

النقطة النوعية جاءت مع اختراع الأخوين رايت للطائرة عام 1903، مما ساعد في تطور علم المساحة التصويرية بشكل كبير. وفي الفترة الواقعة بين الحربين العالميتين، شهد هذا العلم تطورات متسارعة في المجالات المدنية والعسكرية.

ومع دخول الحواسيب الإلكترونية في عقد الستينيات، حصل تقدّم كبير في نوعية الأجهزة وطرق إنتاج الخرائط، مما ساعد على ظهور تقنيات المساحة التصويرية الرقمية. كما سهلت الكاميرات الرقمية إنتاج نماذج الارتفاعات الرقمية والخرائط الطبوغرافية بدقة عالية وفعالية كبيرة، ووفرت صوراً عمودية دقيقة يمكن الاعتماد عليها في الأعمال المساحية. ومع التقدّم التكنولوجي المستمر، تطورت استخدامات طائرات الدرون في التصوير الجوي، لتحدث نقلة نوعية في هذا المجال، وتجعل منه أحد أهم فروع علم المساحة في الوقت الراهن (فياض، 2023).

### 3.2 المساحة التصويرية (Photogrammetry)

تُعرف المساحة التصويرية من قبل الجمعية الأمريكية للمساحة التصويرية (The American Society of Photogrammetry) بأنها العلم والفن والتقنية التي تهدف إلى الحصول على معلومات دقيقة عن المعالم الطبيعية والصناعية على سطح الأرض، من خلال تسجيل وقياس وتحليل الصور الملتقطة لهذه المعالم (الهدى، وآخرون، 2010). وتنقسم المساحة التصويرية إلى ثلاثة أنواع رئيسية، هي: المساحة التصويرية الأرضية، والمساحة التصويرية الجوية، والمساحة التصويرية الفضائية، ويُحدد هذا التصنيف بحسب المسافة بين آلة التصوير والجسم المراد تصويره.

وقد أصبحت المساحة التصويرية الجوية هي الأكثر استخداماً وانتشاراً في العصر الحديث، حيث حلت محل التصوير الأرضي في كثير من الأغراض المساحية، وذلك بفضل التطور الكبير في تقنيات الطيران وأجهزة التصوير الحديثة. كما شهد هذا المجال نقلة نوعية كبيرة مع تطوّر التكنولوجيا وظهور الحاسوب، الأمر الذي ساعد على تحويل المساحة التصويرية إلى نظم رقمية دقيقة.

في البداية، كانت هناك المساحة التصويرية التقليدية (Analogue Photogrammetry) التي اعتمدت بشكل كبير على العامل البشري في تكوين النماذج المجسّمة من صورتين جويتين، وإجراء القياسات يدويًا. لاحقًا، ظهرت المساحة التصويرية التحليلية (Analytical Photogrammetry)، والتي استُخدم فيها الحاسوب جزئيًا للقيام ببعض المهام، بينما ظل التوجيه والقياس المجسّم يتم يدويًا. ومع التقدّم المستمر، ظهرت المساحة التصويرية الرقمية (Digital Photogrammetry)، حيث أصبحت الصور المستخدمة تُعرض رقميًا بالكامل، ويتولّى الحاسوب تكوين النموذج المجسّم بصورة آلية، إلى جانب تنفيذ جميع مراحل إنتاج الخرائط باستخدام أدوات وتقنيات رقمية دقيقة وسريعة (فواز، 2019).

### 3.3 تطور المساحة التصويرية

شهدت المساحة التصويرية الرقمية مراحل متتابعة من التطور، يمكن تلخيص أبرز هذه المراحل فيما يلي، (الأسمرى ع.، 2019):

بدأت المرحلة الأولى عام 1959 عندما تمكّن العالم هوبروف من تطوير طريقة لإزالة البراكس أوتوماتيكيًا، مما ساعد في تحسين دقة النماذج التصويرية.

المرحلة الثانية جاءت خلال الستينيات والسبعينيات، وشهدت اختراعات مهمة، من أبرزها الراسمة التحليلية التي اخترعها هيلانا سنة 1975، إلى جانب إدخال الحاسوب للمساعدة في إنتاج صور الأورثو فوتو (Orthophoto)، وهي صور جوية معدّلة تُستخدم في إنتاج الخرائط بدقة عالية.

لاحقًا، ومع توفر أجهزة رقمية متطورة قادرة على جمع وتخزين البيانات، أصبح بالإمكان التعامل مع البيانات بشكل رقمي كامل. كما ساعد ظهور أنظمة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) التي تعتمد على الخرائط الرقمية، في تعزيز دور المساحة التصويرية الرقمية وتسريع وتيرة إنتاجها.

وأخيراً، ساهم وجود الأقمار الصناعية مثل القمر الفرنسي (SPOT) في دعم المساحة التصويرية الرقمية؛ لما توفره هذه الأقمار من صور عالية الوضوح، وإمكانية التصوير المجسم، مما زاد من كفاءة إنتاج الخرائط وتحديد المعالم الأرضية بدقة متناهية.

### 3.4 أدوات المساحة التصويرية الجوية

تُعد أدوات المساحة التصويرية الرقمية الجوية من العناصر الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر على دقة وجودة المنتج النهائي. وتنقسم هذه الأدوات إلى: بيانات، تقنيات، وبرمجيات، وسنوضح فيما يلي أبرز هذه الأدوات (Mohamad, 2023):

#### 3.4.1 الكاميرا الرقمية

تُعتبر الكاميرا من أهم العناصر المستخدمة في المساحة التصويرية الجوية، حيث ترتبط جودة الخرائط الناتجة مباشرة بجودة الصورة الجوية، وكل تطور في تكنولوجيا الكاميرات ينعكس إيجابياً على دقة النتائج. ويُفرّق هنا بين الكاميرات التقليدية التي تعتمد على الأفلام كوسيط للتخزين، وبين الكاميرات الرقمية الحديثة التي تقوم بتسجيل الأشعة المنعكسة من سطح الأرض بصورة رقمية عالية الدقة.

يرى الخليل وعلي (2014) أن أهم خصائص الكاميرا الرقمية حجم المستشعر sensor size حيث إنّ التصوير يعتمد على كمّ الضوئ الداخل إلى الكاميرا، وحجم المستشعر وهو الذي يحدّد كمّ الضوئ الداخل للكاميرا لالتقاط صورة، أمّا الدقّة الناجمة عن عدد البيكسل فتلعب دوراً مهماً في التفاصيل، لذلك كلما كان المستشعر أكبر كلما تمكّن من التقاط ضوء أكثر من المستشعر ذا الحجم الصّغير، وكلّما زاد كمّ الضوئ الداخل للكاميرا كلما تحسّن جودة الكاميرا، في حين أنّ عدد البيكسل يحدّد جودة الصّورة فمثلاً كاميرا ال 20 ميغا بكسل تلتقط صورةً مكوّنةً من 20 مليون جزء أو كما يطلق بيكسل (1 ميغا بيكسل = 1000,000 بيكسل). بالإضافة لما سبق يوجد العديد من العوامل الأخرى المؤثّرة في جودة الصّورة منها ال (ISO) حساسية المجسّ للضوئ وحجم فتحة العدسة (Aperture) وسرعة إغلاق عين الكاميرا

(Shutter Speed) ويمكن التَّحْكُمُ بهذه العناصر حسب ظروف التَّصْوِير من الضَّوِّء أو الظِّلِّ والنَّتِي لها الأثر الكبير في جودة الصُّورة.

### 3.4.2 الصورة الرقمية

تُعرف الصورة الرقمية بأنها مصفوفة ثنائية الأبعاد صفوف وأعمدة، مكوَّنة من وحدات صغيرة تُسمَّى بكسلات (Pixels)، وهي أصغر عنصر مكوَّن للصورة. تمثل كل بكسله موقعًا في الصورة مرتبطًا بإحداثيات مكانية  $(X, Y)$ ، في حين تعبّر قيمتها عن شدّة الإضاءة في هذا الموضع (فواز، 2019).

ويُستخدم في الصور الرقمية نظام إحداثيات خاص بالبكسلات، بحيث تكون نقطة الأصل في الزاوية العلوية اليسرى من الصورة، ويُعبّر المحور الأفقي عن الصفوف، والمحور العمودي عن الأعمدة. أما في النظام الكلاسيكي للإحداثيات، فتكون نقطة الأصل في منتصف الصورة.

لكن يجدر التنويه بأن نظام إحداثيات الصورة لا يمثّل الإحداثيات الأرضية الحقيقية، لذلك لا بد من تحويل الإحداثيات الرقمية  $(X, Y)$  إلى إحداثيات أرضية حقيقية  $(E, N)$  من خلال ما يُعرف بالتوجيه المطلق.

يجب الإشارة هنا أن نظام إحداثيات الصورة لا يمثّل الإحداثيات الأرضية لذلك للحصول على إحداثيات صحيحة مطابقة للواقع يتم تحويل نظام إحداثيات الصورة  $(Y, X)$  إلى إحداثيات أرضية  $(N, E)$  ويتم ذلك في التوجيه المطلق.

### 3.5 الطائرات الدرون (Drones)

شهدت السنوات الأخيرة تطورًا متسارعًا في تقنيات الاستشعار عن بُعد، وكان من أبرز هذه التطورات إدماج الطائرات الدرون في الأعمال المساحية والمجالات الهندسية المختلفة، لما تتمتاز به من قدرة على الوصول إلى المناطق الوعرة والمكتظة، وسرعة في جمع البيانات بدقة عالية وكفاءة زمنية ومادية. وقد

ساهم هذا التقدم في تجاوز العديد من التحديات التي فرضتها الطرق التقليدية، حيث باتت الطائرات الدرون أداة أساسية في إنتاج البيانات الجغرافية الدقيقة، وتصميم الخرائط الرقمية، وتحليل النماذج الطبوغرافية، معتمدةً على تقنيات تصوير ومعالجة متقدمة عززت من دورها في دعم القرارات الهندسية والتخطيطية المعاصرة (محمد، 2019).

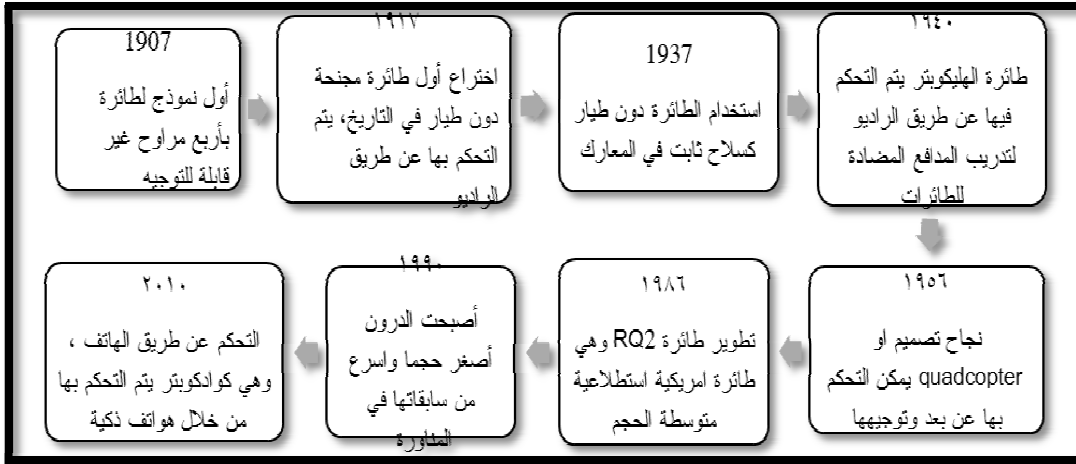
### 3.5.1 تعريف الطائرات الدرون وظهورها وتطورها

عرفت الطائرات بدون طيار، أو ما يُعرف اختصارًا بـ الدرون (Drones)، هي مركبات جوية غير مأهولة تستطيع التحليق في الجو اعتمادًا على تأثير ردود فعل الهواء على جسمها. يتم التحكم بها عن بُعد من خلال جهاز تحكم يدوي يديره شخص على الأرض، دون الحاجة لوجود طيار داخل الطائرة. وقد تنوعت التسميات لهذه التقنية الجوية المتقدمة حسب الخلفية التقنية أو الاستخدام أو الجهة التي تتعامل معها، إلا أن مصطلح درون يُعتبر الأكثر شيوعًا، خاصة في الاستخدامات المدنية (Canada, 2023).

تطور هذا النوع من الطائرات بشكل ملحوظ خلال العقود الأخيرة، حيث بدأت استخدامها في المجالات العسكرية، ثم انتقل استخدامها إلى القطاعات المدنية مثل التصوير الجوي، الزراعة، الخرائط، إدارة الكوارث، والمراقبة، وذلك بفضل سهولة استخدامها وانخفاض تكلفتها مقارنة بالوسائل التقليدية، وفيما يلي مخطط توضيحي الشكل (2) يمكننا التعرف على التسلسل الزمني لاهم المراحل التي مرت بها طائرات دون طيار الدرون

## شكل (2)

المراحل التي مرت بها طائرات دون طيار الدرون



### 3.5.2 أنواع طائرات الدرون

نظراً لتعدد استخدامات الدرون وتنوع الأغراض التي تُوظف فيها، أصبح من الصعب اعتماد تصنيف موحد يشمل جميع أنواع هذه الطائرات، ومع ذلك يمكن تصنيف الدرون إلى الأنواع التالية، (الأسمرى ع،، 2019):

1. الطائرات متعددة المراوح (Multi-rotor): وهي الأكثر استخداماً في التصوير الجوي، وتمتاز بسهولة تشغيلها وانخفاض تكلفتها. ومع ذلك، فإنها تعاني من محدودية مدة الطيران التي لا تتجاوز عادة 30 دقيقة.
2. الطائرات ذات الأجنحة الثابتة (Fixed-wing): تعمل عادة بمحركات تعتمد على الوقود، وتتميز بقدرتها على الطيران لفترات طويلة تصل إلى 16 ساعة. لكن يُؤخذ عليها حاجتها لمدج إقلاع وهبوط خاص وسعرها المرتفع.
3. الطائرات المروحية (Helicopter-type): وهي قادرة على حمل أوزان ثقيلة والطيران لفترات طويلة، إلا أنها تتطلب صيانة دقيقة نظراً لتعقيد تصميمها الميكانيكي.

4. الطائرات الهجينة (Hybrid drones): تدمج بين خصائص الطائرات متعددة المراوح والأجنحة الثابتة، حيث يمكن تشغيلها بمحركات كهربائية وغازية، ولها القدرة على الهبوط في أماكن متنوعة بما فيها المسطحات المائية.

5. الطائرات متغيرة الشكل (Morphing drones): تتميز بقدرتها على تغيير شكلها أثناء الطيران، مما يسمح لها بالوصول إلى أماكن ضيقة لا يمكن للطائرات العادية اختراقها، وهي محدودة التوفر في الأسواق.

### 3.6 استخدام طائرات الدرون في الأعمال المساحية

أصبحت طائرات الدرون أداة فعالة وأساسية في تنفيذ العديد من الأعمال المساحية، لما توفره من دقة وسرعة وكفاءة في جمع البيانات وتحليلها. ومن أبرز هذه الاستخدامات ما يلي (Mohamad, 2023):

1. مسح الأراضي ورسم الخرائط: توفر الدرون صوراً جوية مصححة عالية الدقة، بالإضافة إلى نماذج ثلاثية الأبعاد مفصلة للمناطق التي تفتقر إلى بيانات حديثة أو دقيقة، أو تلك التي لا تتوفر لها معلومات أصلاً. وهذا يمكن المختصين من إنتاج خرائط مساحية دقيقة وسريعة، حتى في البيئات الصعبة أو التي يصعب الوصول إليها. كما تتيح الصور الملتقطة استخراج معلومات هندسية مهمة مثل حدود الطرق، والمعالم الطبوغرافية، وأعمدة الإنارة، والمجاري، والمسطحات الخضراء، وغيرها من التفاصيل الدقيقة.

2. إدارة الأراضي وتنميتها: تساهم الصور التي تلتقطها طائرات الدرون في تسريع عمليات المسح الطبوغرافي لتخطيط الأراضي وتنميتها، ابتداءً من استكشاف المواقع، ومروراً بمرحلة التصميم والتنفيذ، وصولاً إلى مرحلة إنشاء الطرق والمباني والبنية التحتية. كما تمثل هذه الصور أساساً قوياً لبناء نماذج طبوغرافية دقيقة، تُستخدم لاحقاً في الدراسات الهندسية ما قبل البناء.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تحويل هذه البيانات إلى نماذج ثلاثية الأبعاد باستخدام برنامج التصميم الهندسي مثل (CAD)، مما يتيح للمهندسين والمعماريين المباشرة في أعمال التصميم والتحليل بشكل فوري. ونظراً لإمكانية تكرار التصوير الجوي بسهولة وبتكاليف منخفضة، يمكن نتج مراحل تطوُّر المشاريع بشكل دوري من خلال الصور المتتالية لمقارنة التنفيذ بالمخططات الأصلية (Mohamad, 2023).

3. حساب الكميات والحجوم: من خلال برامج تحليل الخرائط ثلاثية الأبعاد، يمكن لطائرات الدرون المساعدة في الحصول على قياسات حجمية دقيقة من الصور الملتقطة. وتعدّ هذه الطريقة فعّالة من حيث الوقت والتكلفة، خاصة في أعمال المحاجر والمناجم التي تتطلب تقدير الكميات لأغراض الجرد أو الرقابة المستمرة. كما تساهم الدرون في تعزيز السلامة من خلال تقليل الحاجة لنزول المسّاحين إلى مواقع قد تكون خطيرة.

4. التخطيط العمراني: تُسهّم طائرات الدرون بشكل كبير في دعم جهود التخطيط العمراني، لا سيما في المناطق الحضرية ذات الكثافة العالية والتعقيد البنائي. حيث تساعد على جمع بيانات حديثة وشاملة في وقت قصير، باستخدام عدد أقلّ من الأفراد مقارنة بالطرق التقليدية. كما تتيح للمخططين العمرانيين فحص الواقع الجغرافي والبيئي للمناطق المستهدفة بالتطوير، واختبار آثار تطبيق سيناريوهات تخطيطية مختلفة على النسيج العمراني والبيئي.

### 3.7 طائرة فانتوم (Phantom DJI RTK)

اعتمدت هذه الدراسة على استخدام طائرة الدرون من نوع Phantom DJI RTK، وهي واحدة من أبرز الطائرات المسيّرة من الجيل الرابع في سلسلة Phantom التي تنتجها شركة DJI الصينية الرائدة في صناعة الطائرات بدون طيار. وتعدّ هذه الطائرة من النماذج المتقدّمة التي أثبتت كفاءتها العالية في الاستخدامات المساحية والخرائطية، لما تمتاز به من خصائص قوية ودقة متناهية وسهولة في التشغيل والتحكّم، وقدرتها على التكيف مع العديد من المهام الميدانية (فياض، 2023).

## جدول (1)

بعض الخصائص الأساسية لطائرة (Phantom4,2016)

Phantom DJI RTK	
النوع	
مدة الطيران	m31
السرعة	45 h/miles
النطاق	5 miles
الكاميرا	دقة الصورة 20 MP دقة الفيديو K4
الحجم	13.8 in(350mm)
السعر	1729\$

تتميز طائرة Phantom DJI RTK بتكامل مجموعة من الأنظمة والأجزاء التي تعمل بتناغم لتعزيز كفاءة الطيران ودقة النتائج المساحية. فإلى جانب بنيتها الديناميكية والانسحابية، تعتمد هذه الطائرة على منظومة تقنية متطورة تشمل وحدات تصوير عالية الجودة، ومجسات ذكية متعددة الاتجاهات، ونظام تحكم متقدم يدعم وظائف الملاحة والتوجيه والتخطيط للطيران. وتعدّ هذه العناصر مجتمعة الركيزة الأساسية في ضمان جودة البيانات الناتجة، ودقة الترسيم، وسلامة تنفيذ المهام الجوية في البيئات المتنوعة. وفيما يلي استعراض لأهم هذه المكونات ودورها في تحقيق أهداف العمل المساحي باستخدام طائرة (Phantom DJI RTK).

### 3.7.1 مكونات طائرات الفاتوم وملحقاتها

تعدّ طائرة DJI Phantom 4 RTK من الطائرات بدون طيار المتخصصة في أعمال المساحة التصويرية ورسم الخرائط الطبوغرافية، حيث تتميز بدمجها نظام RTK لتحديد المواقع بدقة سنتمترية مباشرة أثناء الطيران، مما يسهم في تحسين دقة الإحداثيات المكانية وتقليل الاعتماد على عدد كبير من

نقاط التحكم الأرضية. وتُستخدم هذه الطائرة على نطاق واسع في مشاريع المسح الهندسي والكادستري، لما توفره من قدرة عالية على التقاط صور جوية ذات جودة مرتفعة، تُستخدم لاحقاً في إنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد، والصور المصححة تصحيحاً حقيقياً، وخرائط التسوية بدقة عالية، خاصة في المناطق الحضرية والمعقد، ومن أبرز ملحقاتها ما يلي، (Taddia, Stecchi, & Pellegrini, 2019):

1. الكاميرا: تحتوي الطائرة على كاميرا متطورة مزودة بمستشعر بأبعاد 1 إنش، بدقة 20 ميغا بيكسل، وتُتيح تصوير مقاطع فيديو بجودة K4 وبمعدل 60 إطاراً في الثانية. الكاميرا مزودة بآلية ميكانيكية للغالق (Shutter) تساهم في تقليل اهتزاز الصورة، خصوصاً في المشاهد التي تتطلب حركة سريعة أو أثناء تتبع الأجسام المتحركة، وهو ما يمنحها ميزة كبيرة مقارنة بكاميرات الدرون الأخرى. كما ان الكاميرا مزودة ب (Gimbal) وهو يعتبر عنصراً أساسياً لضمان ثبات الصورة أثناء تحليق الطائرة، إذ يقوم بتثبيت الكاميرا بزوايا محددة للتقليل من تأثير اهتزاز الطائرة الناتج عن حركة الهواء.

2. مجسات الرؤية ونفاذي العقبات: تم تزويد الطائرة Phantom DJI RTK بمنظومة استشعار دقيقة لرصد العقبات من أربع اتجاهات (أمامي، خلفي، جانبي، سفلي)، وتُتيح هذه الميزة للطائرة الطيران بأمان في بيئات معقدة دون الاصطدام بالعوائق. وتستخدم المجسات الجانبية الأشعة تحت الحمراء بزوايا كشف تصل إلى 70° للأسفل و20° للأعلى، ويبلغ مدى استشعارها 7 أمتار، بينما يمتد مدى المجسات الأمامية والخلفية حتى 30 متراً، مما يمنح الطيار الراحة في المناورة. كما يمكن تفعيل وضع الاستشعار الضيق، لتعطيل تجنب العوائق مؤقتاً، ما يسمح بالاقتراب من أهداف معينة للحصول على صور دقيقة من مسافات قريبة.

3. وحدة التحكم: تتميز وحدة التحكم الخاصة بهذه الطائرة بوجود شاشة مدمجة لا تحتاج إلى الاتصال بهاتف ذكي كما في النسخ السابقة، وهي شاشة عالية السطوع توفر وضوحاً ممتازاً في ضوء الشمس. ويُستخدم تطبيق DJI GO 4 لإدارة كافة إعدادات الطائرة مثل تعديل مسار الطيران

وتحديد نقطة الانطلاق والعودة. كما تتيح خاصية الطيار الآلي رسم مسار على الشاشة، وتتبع الطائرة لهذا المسار تلقائيًا أثناء الرحلة، كما يمكنها العودة إلى نقطة الإقلاع تلقائيًا في حال فقدان الاتصال، بفضل ميزة (Return to Home).

4. البرمجيات المصاحبة: والتي تتيح عمل معايرة تفصيلية بناءً على متطلبات المهمة المساحية، مثل تحديد الارتفاع المطلوب ونسبة التداخل بين خطوط الطيران. كما يمكن من خلال البرنامج ضبط إعدادات الكاميرا بشكل دقيق (ISO، فتحة العدسة، سرعة الغالق) حسب ظروف الإضاءة والمكان.

### 7.3.2 معايرة الكاميرا (Camera Calibration)

تُعدّ معايرة الكاميرا خطوة أساسية في تطبيقات المساحة التصويرية، خاصّةً في المشاريع التي تتطلّب دقة عالية في البيانات والقياسات. والهدف من المعايرة هو تحديد الخصائص الهندسية الداخلية للكاميرا، والتي تُعرف باسم عناصر التوجيه الداخلي (Interior Orientation Parameters)، وذلك بهدف تحويل إحداثيات الصورة الرقمية إلى إحداثيات صحيحة ومعايرة هندسيًا على أرض الواقع، وتشمل عناصر المعايرة الأساسية ما يلي (Afroosheh & Askari, 2024):

1. البعد البؤري المعايير (Calibrated Focal Length - F): وهو المسافة بين مركز العدسة ومستوى الصورة.

2. إزاحة نقطة الأصل (Principal Point Offset – XP, YP): وهي مقدار انزياح مركز الصورة عن نقطة الأصل الحقيقية.

3. تشوهات العدسات: ويشمل

• التشوه الشعاعي (Radial Distortion): يؤثر على خطوط الأشعة نتيجة انكسار الضوء، ويُعبّر عنه بمعاملات (K1, K2, K3).

- التشوه المماسي (Tangential Distortion): ناتج عن ميل العدسة، ويُعبّر عنه بمعاملات ( P1, P2).

4. أبعاد المجس (Sensor Size): والتي تشمل حجم الخلية أو البيكسل، وتُعدّ ضرورية لحساب الإحداثيات بدقة.

تُستخدم هذه العناصر جميعها داخل برامج المعالجة الخاصة بالتصوير الجوي لإجراء عملية التوجيه الداخلي، وهي المرحلة التي يتم فيها تصحيح الصورة ومعالجة إحداثيات الخلايا الضوئية (Pixels) لتصبح متوافقة مع الواقع.

### 7.3.3 طرق معايرة الكاميرا

تتم معايرة الكاميرا بعدة طرق، تتشابه جميعها في المبدأ العام وهو تصوير أهداف معروفة الإحداثيات ثم استخدام الصور الناتجة لاستخلاص عناصر التوجيه الداخلي، وتشمل أبرز الطرق ( Zeng, Karaoglu, & Gevers, 2018):

1. المعايرة المختبرية (Laboratory Calibration): تُستخدم غالبًا للكاميرات المترية الاحترافية، وتُجرى داخل مختبرات متخصصة باستخدام أجهزة مثل Multi-Collimator أو

Goniometer، وتوفّر دقة عالية في تحديد الخصائص الهندسية للكاميرا (Taha, 2005).

2. المعايرة الحقلية (Field Calibration): تُجرى في موقع العمل، وتشمل عدة طرق منها:

- تصوير أهداف معلومة الإحداثيات باستخدام جهاز الثيودولايت أو المحطة الشاملة.
- استخدام أهداف ثنائية أو ثلاثية الأبعاد.
- استخدام أهداف مشفرة (Coded Targets).
- استخدام لوحة شطرنج أو هدف مطبوع على واجهة.

3. المعايرة أثناء الطيران (In-Flight Calibration): تُعدّ الطريقة الأكثر شيوعًا حاليًا في مشاريع التصوير الجوي باستخدام الدرون، حيث تتم معايرة الكاميرا خلال رحلة الطيران نفسها من خلال تنفيذ مسارات طيران باتجاهات وارتفاعات مختلفة، مما يسمح بحساب البعد البؤري والإزاحة في نقطة الأصل بدقة.

### 3.8 تخطيط رحلة الطيران

تُعدّ دقّة البيانات الناتجة عن المسح الجويّ بالدرون من العوامل الحاسمة في جودة المنتجات النهائية مثل الخرائط الرقمية والنماذج الثلاثية الأبعاد. وترتبط هذه الدقّة بعدة عوامل رئيسية أهمّها طريقة التصوير الجوي، وعدد الصور الملتقطة، ونسب التداخل بينها، حيث إن زيادة التداخل الرأسيّ والأفقيّ تسهم في تقليل التشوّهات وتحسين دقّة الإخراج. كما أن ارتباط هذه البيانات بواقع الأرض يعتمد على عدد ونوعية نقاط الضبط الأرضي المستخدمة في المعايرة وربط الصور بالإحداثيات الحقيقية (Loera, Ponce, Gómez-Gutiérrez, & Ramírez, 2024). في هذا الجزء، سيتمّ استعراض خطوات تخطيط رحلة الطيران باستخدام الدرون وكيفية ضبط إعدادات الكاميرا لزيادة كفاءة ودقّة العمل الميداني.

#### 3.8.1 تخطيط رحلات الطيران لطائرات الدرون

لضمان نجاح مهمة التصوير الجوي وجمع البيانات الميدانية بدقة وكفاءة، يتطلّب الأمر قدرًا عاليًا من التخطيط المسبق قبل التنفيذ الميداني. ويتمّ إعداد خطة الرحلة عادةً في المكتب باستخدام برامج متخصصة قبل الذهاب إلى موقع الدراسة. ويشمل تخطيط الرحلة النقاط التالية، (Taha, 2005):

1. تحديد الهدف من المهمة: وتُعدّ الخطوة الأولى في التخطيط، إذ تحدد نوع البيانات المطلوبة ودقّة المنتج النهائي.

2. تقييم الظروف الجوية: حيث يؤثر الطقس بشكل مباشر على جودة الصور وسلامة الطائرة، لذلك يجب التحقق من سرعة واتجاه الرياح، ودرجة الحرارة، والرطوبة، واحتمال هطول الأمطار.
3. اختيار نوع الطائرة المناسبة: يتم اختيار الدرون حسب طبيعة المهمة، ونوع الكاميرا، ومدى الحاجة إلى الدقة والارتفاع.
4. تحديد مسار الطيران: ويُراعى في ذلك العوائق الطبيعية والبشرية، ونطاق المجال الجوي، والمخاطر المحتملة.
5. فحص الطائرة قبل الإقلاع: للتأكد من كفاءة الأجهزة وسلامة الأنظمة والبطاريات والكاميرا.
6. مراقبة أداء الطائرة أثناء الرحلة: للتأكد من التزامها بالمسار المحدد وضمان جودة التصوير وعدم فقد الاتصال.
7. تحضير خطة الطيران رقمياً: باستخدام برامج متخصصة مثل (DJI GS RTK) التي تتيح إعداد مسار الطيران بدقة.

في هذه الدراسة، تمّ تحديد منطقة البحث وهي الحوض الشمالي من البلدة القديمة، المكتنّز بالمباني، حيث تمّ رسم حدود منطقة الدراسة على شكل مضلع (Polygon) باستخدام برنامج Arc Map، ومن ثمّ تحويله إلى ملف بصيغة KML ليتمّ إدراجه في تطبيق الطيران الخاصّ بالطائرة.

وقد وفّرت الطائرة خيارات متعددة لأنماط الطيران الآلي مثل: (Grid)، (Terrain Following)، (Linear (Doable Grid)، وقد تمّ اختيار نمط (Double Grid) لتوفير تغطية مكانية متجانسة وجودة صور عالية. يقوم البرنامج تلقائياً بحساب خطوط الطيران، وتقدير الوقت اللازم للمهمة، وعدد البطاريات المطلوبة، وكذلك ضبط إعدادات التداخل بين الصور بنسبة 80% رأسياً و70% أفقياً، وهي نسب مثالية تضمن الحصول على صور دقيقة يمكن تحليلها بسهولة.

### 3.8.2 نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points - GCPs)

نقاط الضبط الأرضي هي نقاط معروفة الإحداثيات (أفقية أو رأسية أو كليهما) وتُستخدم كمرجع لضبط وتوجيه الصور الجوية، ولربط النماذج المجسّمة الناتجة بواقع الأرض. تساهم هذه النقاط في تحسين دقة التوجيه المطلق، حيث تُستخدم لمطابقة النماذج مع المعالم الأرضية الحقيقية (Afroosheh & Askari, 2024).

### 3.8.3 أنواع نقاط الضبط الأرضي

تُعد نقاط الضبط الأرضي عنصرًا أساسيًا في عمليات المسح الجوي التصويري، حيث تمثل المرجع المكاني الذي يُعتمد عليه لربط الصور الجوية بالإحداثيات الحقيقية على سطح الأرض. وتُستخدم هذه النقاط لضمان دقة التحويل بين النظام الصوري (الصورة) والنظام الجغرافي (الواقع)، مما يُسهّل عملية إنتاج الخرائط الدقيقة والنماذج المجسّمة. وقد صنّف (الخليل و علي، 2014) نقاط الضبط الأرضي إلى نوعين رئيسيين حسب نوع الإحداثيات المتوفرة: نقاط الضبط الأفقية ونقاط الضبط الرأسية.

فنقاط الضبط الأفقية ( $X, Y$ ) تُستخدم لضبط الاتجاهات وتحديد مقياس الصور، وغالبًا ما يُفضّل إنشاؤها في مناطق مستوية وواضحة المعالم لتقليل فرص التشويه أو الخطأ في عملية التوقيع. أما نقاط الضبط الرأسية ( $Z$ )، فوظيفتها ضبط المناسيب والارتفاعات، وتتطلب دقة عالية في تحديد المستوى الرأسي. ويمكن أيضًا تحديد إحداثيات أفقية ورأسية لنفس النقطة بهدف الحصول على مرجع ثلاثي الأبعاد، يُستخدم في توليد نماذج طبوغرافية دقيقة.

يتم إنشاء نقاط الضبط الأرضي من خلال شبكات تحكم مساحي، سواء باستخدام الطرق التقليدية (مثل المسح بالمثلثات والمضلعات)، أو عبر تقنيات أكثر تطورًا مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GNSS). كما يمكن الحصول على بعض النقاط من خرائط سابقة موثوقة، أو تكثيفها عبر تقنية التثليث الجوي.

بعد إنشائها، تُوقَّع هذه النقاط على الصور الجوية وتُستخدم كنقاط مرجعية لربط النماذج بالموقع الحقيقي.

#### 3.8.4 متطلبات قبل اختيار نقاط الضبط الأرضي في الصورة

1. دراسة متقنة للصور للتأكد من رؤيا واضحة.
2. توقيعهما في المكتب ولكن لا بد من رصدهم بعد ذلك في الموقع
3. اختيار نقاط الضبط الأفقية والراسية.

#### 3.8.5 طرق الحصول على نقاط الضبط الأرضي

1. من شبكات المثلاثات والمضلعات بطرق المسح الأرضي.
2. الرصد باستخدام جهاز ال GPS.
3. القياس من خرائط سابقة.
4. تكثيف النقاط عن طريق التثليث الجوي.

#### 3.8.6 شروط اختيار نقاط الضبط الأرضي

لضمان دقة النموذج المجسّم الناتج، يجب أن تتوفر مجموعة من الشروط في نقاط الضبط الأرضي منها، (ديب و الخليل، 2012):

1. التوزيع المناسب والمتوازن على كامل مساحة النموذج.
2. الوضوح وسهولة التعرف على النقطة في الصورة.
3. أن تكون في مواقع لا تتسبب في أخطاء مثل زوايا المباني أو المناطق المرتفعة جدًا.
4. يُفضّل أن تُختار النقاط بحيث تظهر في أكثر من صورة، لتستخدم بشكل متكرر في عمليات الربط والتحليل.

### 3.8.7 أمثلة على نقاط الضبط الأرضي

أي هدف ثابت يصلح أن يكون نقطة ضبط فيمكن تقسيم نقاط الضبط حسب طبيعة النقطة التي، (Pu, Lin, & Zhao, 2024):

- المعالم الطبيعية (Natural Features) مثل الصخور المنعزلة، والمعالم الأرضية المميزة.
- المعالم الاصطناعية (Premark's) مثل تقاطع الطرق، وأركان المباني، وأعمدة الإنارة أو علامات معدنية مثبتة في الأرض بعناية، بحيث توضع قبل التصوير.

### 3.9 العلامات الاصطناعية

هي عبارة عن علامات بأشكال هندسية مختلفة يتم تثبيتها قبل القيام بعملية التصوير ويتم تحديد إحداثياتها ويمكن أن تصنع هذه العلامات من الخشب أو الخرسانة، أو علامات يتم رسمها وتتميز هذه العلامات بسهولة التعرف عليها بسبب شكلها الهندسي المميز والتحكم في موقعها، بالإضافة إلى أنها قليلة التكلفة بالإضافة أنه يتم استخدامها للوصول للدقة القصوى الممكنة في أعمال المساحة التصويرية في حالة وجود نقاط طبيعية من عدمه (Zeng, Karaoglu, & Gevers, 2018).

#### 3.9.1 عيوب العلامات الصناعية

1. اعمال ونفقات زائدة.
  2. احتمالية فقدها او تحريكها مما يسبب في حدوث خطأ في عملية ضبط النموذج.
  3. يمكن ان تظهر في اماكن غير ملائم على الصورة.
- حيث يمكن التغلب على العقبة 2 من خلال القيام بعملية التصوير في أقرب وقت ممكن بعد وضع الاهداف مباشرة، كما ويمكن التغلب على العقبة 3 من خلال التخطيط لمواقع التصوير فيما يتعلق بالمواقع المستهدفة للأهداف.

## 3.9.2 خصائص العلامات الصناعية

1. تباين الالوان جيد
2. حجم الاهداف يعطي صورة مرضية على الصور الناتجة
3. يجب توسيط ال Panel المركزي للهدف فوق نقطة التحكم
4. من الافضل الحصول على التباين باستخدام اهداف ملونة فاتحة على خلفية داكنة.
5. يتم تصميم حجم الاهداف الصناعي على اساس مقياس الصورة (scale).

لقد شكّل إدماج تقنيات المساحة التصويرية الرقمية، والطائرات بدون طيار، نقلة نوعية في منهجيات المسح والقياس في البيئات العمرانية المعقدة، وخصوصاً في المناطق التي تعاني من كثافة سكانية وتشابك في الحدود والمعالم، كما هو الحال في البلدة القديمة منطقة الدراسة. فقد مكّنت هذه التقنيات من تجاوز المعوقات التقليدية المرتبطة بإجراءات الترسيم اليدوي، من خلال إنتاج بيانات طبوغرافية دقيقة، وصور جوية عالية الجودة، ونماذج ثلاثية الأبعاد يمكن الاعتماد عليها في توثيق الملكيات وتخطيط الاستخدامات المستقبلية (الخليل و فحصة، مقارنة طرائق معايرة آلات التصوير الرقمية في المساحة التصويرية والرؤية بمعونة الحاسب..، 2015).

أثبتت هذه الأدوات فعاليتها من حيث الكفاءة والسرعة والدقة، خاصة في مرحلة جمع البيانات، كما أن استخدامها يُعزّز من شفافية أعمال التسوية ويوفّر مرجعية موثوقة للجهات المختصة، ما يفتح المجال أمام تحسين منظومات تسجيل الأراضي.

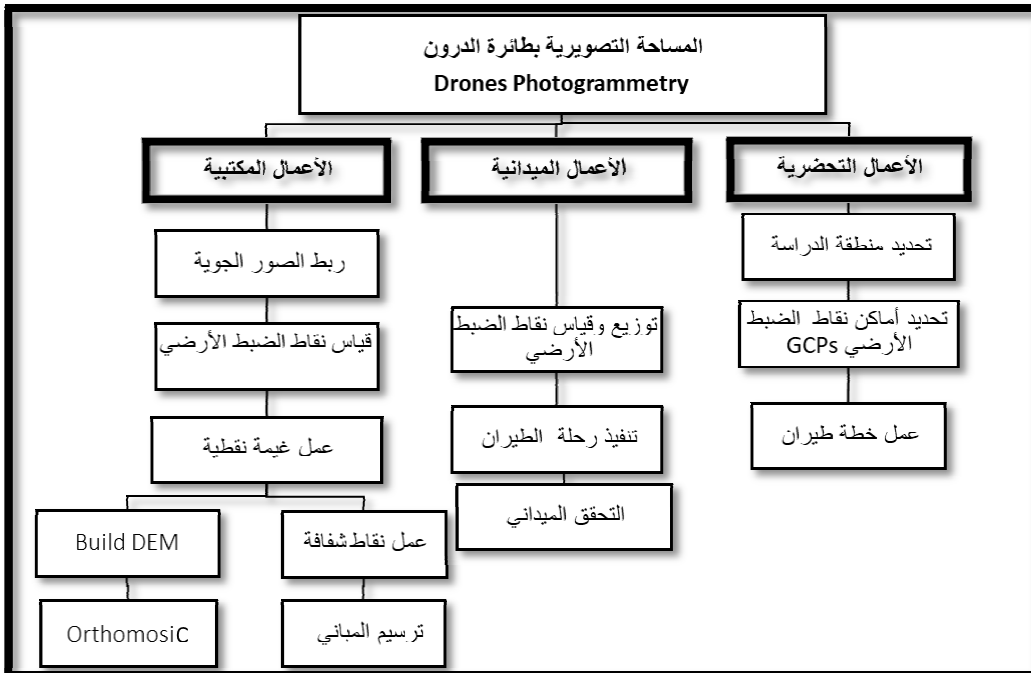
## الفصل الرابع

### جمع البيانات الميدانية ومعالجتها

تمثل البيانات المساحية الأساس العملي في أي مشروع يهدف إلى دراسة الواقع المكاني وتحليله بدقة. وبعد تناول البنية القانونية والتاريخية للأراضي الفلسطينية، والوقوف على التحولات المتعاقبة التي أثرت في نظم التملك والتسوية، ثم استعراض الأسس التقنية للمساحة التصويرية واستخدام الطائرات بدون طيار، بات من الضروري الانتقال إلى الجانب التطبيقي الذي يشكّل الامتداد الطبيعي لتلك المعارف النظرية. ففي هذا السياق، يُركّز هذا الفصل على مراحل جمع البيانات الميدانية المرتبطة بأعمال المسح والتصوير الجوي باستخدام تقنية متقدمة، وأساليب معالجتها وتحليلها بهدف إنتاج نماذج مكانية دقيقة، تُسهم في ترسيم المعالم والبنى المختلفة، خاصة في المناطق المكتظة في المباني، وفيما يلي مخطط توضيح آلية جمع البيانات الميدانية ومعالجتها موضحا الأعمال الأساسية المتبعة في كل خطوة:

### شكل (3)

مخطط توضيح آلية جمع البيانات الميدانية ومعالجتها



## 4.1 الأعمال التحضيرية

تُعدّ الأعمال التحضيرية من المراحل الحيوية لضمان نجاح عملية التصوير الجوي باستخدام الطائرات الدرون، لما لها من دور أساسي في تحقيق الدقة المطلوبة وكفاءة جمع البيانات المكانية. إذ تهدف هذه المرحلة إلى إعداد خطة شاملة لتغطية المنطقة المستهدفة تغطيةً دقيقةً وكاملة، بدءًا من تحديد منطقة الدراسة وحتى وضع خطة الطيران، وفق متطلبات المشروع ومعايير التصوير الجوي.

### 4.1.1 تحديد منطقة الدراسة

حددت منطقة الدراسة، وهي الجزء المكتظ بالمباني في قرية تل بمساحة 60 دونم، لأن هذا الجزء يتميز بكثافة البناء. حصلت على صورة جوية حديثة من (الجيومولج) واستخدمتها لتحديد المنطقة الأكثر اكتظاظًا. بعد ذلك، استوردت الصورة إلى برنامج Arc Map 10.8، وأنشأت مضلعًا (Polygon) لتحديد منطقة الدراسة. من الأفضل تحويل هذا المضلع إلى ملف بصيغة Keyhole Markup Language (KML) لأنه يسهل استيراده إلى برامج التصوير الجوي والبرامج الأخرى. اخترت خاصية التصوير Doable Grid للحفاظ على دقة عالية ووضوح متجانس في جميع أنحاء المنطقة.

### 4.1.2 تحديد أماكن نقاط الضبط الأرضي (GCPs)

تم تحديد مواقع نقاط الضبط الأرضي في منطقة الدراسة قبل التصوير الجوي، بناءً على الصور الجوية المختارة. ووزعت النقاط بشكل متساوٍ لتغطي المنطقة كاملة، مستخدمة برنامج Arc Map 10.8 لاقتراح توزيع 20 نقطة ضبط أرضي. استخدمت جزءًا منها كنقاط ضبط أرضي والباقي كنقاط تحقق أرضية. اخترت علامات صناعية واضحة وضعتها بعيدًا عن الأشجار الكثيفة، مع التأكد من أن كل نقطة تظهر بوضوح في عدة صور.

### 4.1.3 عمل خطة الطيران

تخطيط رحلة الطيران مهم جدًا لجمع البيانات بسهولة في الميدان. حيث تم التخطيط للرحلة في المكتب قبل الذهاب إلى الموقع، لأن منطقة الدراسة كانت محددة مسبقاً في المكتب. للحصول على خطة طيران ناجحة لا بد من التخطيط بشكل متكامل، حيث تم اتباع الخطوات التالية:

1. تم تحديد منطقة الدراسة - المنطقة المكتظة في قرية نل- بمضلع (Polygon) باستخدام برنامج (Arc Map)، ثم حولتها إلى ملف (KML).
2. تم استخدام برنامج (Global Mapper) لإدراج طبقة KML وإنشاء نموذج التضاريس الرقمي (DSM)، الذي زودت به الطائرة لتتبع التضاريس (Terrain Following) أثناء التصوير. هذا يساعد في الحفاظ على دقة وضوح متجانس في المنطقة.
3. تم نسخ ملفي (KML) لحدود المنطقة و (DSM) لارتفاع التضاريس إلى ذاكرة الطائرة، ثم تم استوردتهما إلى برنامج الطائرة لحساب خطة الطيران باستخدام خاصية تتبع التضاريس. هذه الخاصية تسمح للطائرة بالصعود أو النزول حسب التضاريس مع الحفاظ على مسافة ثابتة، مما يضمن صوراً دقيقة وواضحة دون مخاطر اصطدام.
4. تم عمل تخطيط للطيران باختيار خاصية تتبع التضاريس، ويتم تحديد خطوط الطيران باتجاه شرق-غرب، ثم أضفت خطة أخرى باتجاه شمال-جنوب لضمان تغطية كاملة للمعالم من جميع الزوايا.
5. تمت المحافظة على إعدادات الشركة الموصي بها، مثل نسبة التداخل الأفقي (70%) والرأسي (80%)، ووضعت زاوية الكاميرا (Gimbal) عند 90 درجة.
6. تم اختيار ارتفاع التصوير الجوي بمقدار 50 متراً فوق سطح الأرض، وهذا يعطي دقة مكانية (Spatial Resolution) حتى نحصل على تغطية لكل صورة على الواقع ويتم حسابها بمعادلات رياضية وهي كما يلي:

## المعطيات

Image size (pixel) Width (5472), Height (3648), Focal Length (8.8 mm).

Sensor size X = (0.00241228mm), Y = (0.00241228mm), Height (50 m).

## حساب حجم البيكسل pixel size

$$Pz w = 0.00241228 * 50 / 8.8 = 13.7 \text{mm}$$

$$Pz h = 0.00241228 * 50 / 8.8 = 13.7 \text{mm}$$

## حساب مقياس الرسم Scale

$$S = 50000 / 8.8 = 5681.81 \text{m}$$

## حساب الدقة المكانية Spatial Resolution

$$SR w = 13.7 * 5681.81 / 1000000 = 0.078 \text{m}$$

$$SR h = 13.7 * 5681.81 / 1000000 = 0.078 \text{m}$$

## حساب التغطية Ground Coverage

$$W = 5472 * 0.078 = 426.8 \text{m}$$

$$h = 3648 * 0.078 = 284.5 \text{m}$$

تشير هذه النتائج إلى أن حساب الدقة المكانية كانت (0.078m)، وعليه تكون الدقة كافية جداً لكل

التفاصيل المختلفة من أسوار وأعمدة وأبنية بشكل واضح ودقيق. بينما الصورة الجوية الواحدة تغطي

مساحة قدرها تقريباً 426.8 متراً × 284.5 متراً، وهي مساحة كافية لتحقيق التغطية المتجانسة والدقيقة

للمنطقة المستهدفة.

## 4.2 الأعمال الميدانية

تمثل الأعمال الميدانية إحدى الركائز الأساسية في ضمان دقة وكفاءة عملية المساحة التصويرية بطائرة الدرون، لما لها من دور محوري في ضمان جمع البيانات الدقيقة. وتعكس هذه المرحلة التطبيق العملي للتخطيط النظري الذي جرى مسبقاً، حيث تُنفَّذ في بيئة الدراسة الحقيقية ضمن شروط فنية وجوية مدروسة مسبقاً. وتسهم الأعمال الميدانية في تعزيز موثوقية نتائج المعالجة والتحليل، عبر إجراءات دقيقة تشمل تحديد مواقع نقاط الضبط الأرضي، وتنفيذ رحلات الطيران، وضبط معدات الرصد والمسح وفق معايير هندسية وتقنية معتمدة.

إنّ نجاح المشروع ككل يعتمد على دقة تنفيذ هذه المرحلة، بما يتضمنه من التزام بشروط التوزيع الهندسي للنقاط، وضبط ظروف التصوير، ومعايرة الأدوات المستخدمة، وهو ما يجعل الأعمال الميدانية حجر الأساس في إنتاج نماذج رقمية وخرائط طبوغرافية موثوقة تمثل الواقع بدقة عالية. وتضمن الأعمال الميدانية ما يلي:

### 4.2.1 توزيع وقياس نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points - GCPs)

يُعدّ توزيع وقياس نقاط الضبط الأرضي (GCPs) من الخطوات الحيوية في تحقيق أعلى درجات الدقة عند معالجة الصور الجوية، إذ تُمثل هذه النقاط مرجعاً حقيقياً لربط الصور بمواقعها الفعلية على الأرض.

وقد تمّ تثبيت نقاط الضبط الأرضي في المواقع التي جرى اختيارها مسبقاً، كما تمّت الإشارة إليها سابقاً، حيث وُضعت هذه النقاط قبل عملية التصوير لتظهر بوضوح في الصور الجوية.

ولضمان ظهور النقاط بشكل واضح من ارتفاع التصوير المعتمد (50 متراً)، تم اختيار علامات صناعية باللون الأحمر على شكل (+) بأبعاد (60 × 60 سم)، كما هو موضح في ملحق (ب) وملحق (ت).

وبعد تثبيت جميع النقاط في مواقعها المحددة، جرى رصدها ميدانيًا باستخدام جهاز STONEX S990A، حيث تراوحت مدة الرصد لكل نقطة بين (3 - 5 ثوانٍ).

ويُعتبر هذا الجهاز من الأجهزة المتقدمة، إذ يدعم أنظمة الملاحة المتعددة مثل ( GPS, GLONASS, ) (BEIDOU, GALILEO) ويعمل على الترددات ومنها (L1C/A, L2C, B1,B2,E1,E5a,L5) مما يتيح له استقبال إشارات الأقمار الصناعية بكفاءة عالية. كما يتميز الجهاز بخاصية الاستمرار في تحديد المواقع بدقة حتى في حال انقطاع الاتصال المؤقت بالمحطة المرجعية ( Reference Stations)، ما يضمن استقرار البيانات واستمرار إنتاجية العمل.

علاوةً على ذلك، يدعم الجهاز نظام IMU (وحدة القياس بالقصور الذاتي)، والذي يُعد من أحدث تقنيات الرصد وأكثرها دقة في تحديد المواقع والاتجاهات.

#### 4.2.2 تنفيذ رحلة الطيران

بعد الانتهاء من إعداد خطة الطيران، تمّ تنفيذ المهمة الميدانية بالتعاون مع مكتب طه الهندسي. وقد تمّ التأكد من ملائمة الظروف الجوية قبل الإقلاع، حيث كانت الأجواء صافية وخالية من الغيوم، ما ساعد على تنفيذ التصوير في ظروف مثالية.

جرى اختيار موقع الإقلاع بعناية ليكون منطقة مستوية وآمنة، خالية من العوائق كالأشجار أو الأسلاك، كما تمّ اختيار موقع مرتفع نسبيًا لضمان بقاء الاتصال المستمر بين الطائرة ووحدة التحكم الأرضية.

بعد تشغيل الطائرة ووحدة التحكم، تمّ الانتظار لبضع دقائق حتى تُحدد الطائرة موقع الإقلاع بدقة وتُفعل ميزة العودة التلقائية (Return to Home).

وللحصول على الحل الثابت (Fixed Solution) يُستخدم لضبط المواقع الجغرافية في الصور، تمّ الاعتماد على نظام التموضع النسبي باستخدام المحطة المرجعية الافتراضية VRS.

وقد تم تنفيذ رحلة الطيران على ارتفاع 50 مترًا كما حُطَّ لها، ثم عادت الطائرة تلقائيًا إلى نقطة الإقلاع بعد إتمام المهمة بنجاح، حيث تم اقلاع الطائرة مرتين.

### 3.4 الأعمال المكتبية

تمتثل الأعمال المكتبية امتدادًا تكميليًا للإجراءات التحضيرية والميدانية في مشاريع المساحة التصويرية باستخدام الطائرات بدون طيار، وهي مرحلة حاسمة تتيح تحويل البيانات التي تم جمعها ميدانيًا إلى منتجات دقيقة يمكن تحليلها وتوظيفها في التطبيقات المختلفة. وتُعنى هذه المرحلة بمعالجة الصور الجوية، وربطها، وقياس نقاط الضبط الأرضي، باستخدام برنامج متخصص. وتعدّ دقة الإجراءات المكتبية عاملاً أساسيًا في ضمان موثوقية النتائج النهائية؛ إذ إن أي خطأ في هذه المرحلة قد يؤدي إلى انحرافات تؤثر على النماذج الناتجة، مثل السحابة النقطية والصورة المصححة نموذج الارتفاع الرقمي. ومن هذا المنطلق، فإن جودة الأعمال المكتبية تمتثل معيارًا تقنيًا رئيسيًا في الحكم على نجاح المشروع ككل، لذلك تشمل على ما يلي:

فتح مشروع الصور الجوية: توجد العديد من البرامج التي تُستخدم في ربط الصور الجوية، ومن هذه البرامج: برنامج المعالجة التصويرية (Agisoft Metashape)، وبرنامج (Pix4D)، وبرنامج (3Dsurvey pilot) وهذه البرامج توفر نماذج مختلفة من سحابة نقطية (Dense cloud)، ونموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model - DEM)، والصور العمودية المصححة (Orthomosaic)، لكن تم اختيار برنامج (Agisoft Metashape) بسبب توفره في جامعة النجاح الوطنية وقد تم التدريب على معالجة الصور من قبل هذا البرنامج، وهنا نوضح طريقة معالجة الصور الجوية وهي كما يلي:

1. ربط الصور (Align Photos): بعد الانتهاء من التصوير الجوي، تم تصدير الصور من ذاكرة طائرة الدرون إلى جهاز الحاسوب، وتخزينها في مجلد مخصص. ثم تم إدراج الصور داخل برنامج Agisoft Meta shape، وتعديل نظام الإحداثيات إلى النظام الفلسطيني Palestine TM (EPSG: 28191) / Palestine Grid 1923.

وبعد ذلك، تمت عملية ربط الصور الجوية باستخدام أمر Align Photos، حيث يعتمد البرنامج على تحديد مواقع الربط (Tie Points) في مناطق التداخل بين الصور، استنادًا إلى عناصر الدوران الدقيقة (XO، YO، ZO، Omega، Fay، Kappa)؛ التي تسجلها الطائرة مسبقًا باستخدام تقنية التحديد اللحظي النسبي RTK. وقد تم اختيار إعداد High Accuracy للحصول على أعلى درجة من الدقة. ونتج عن هذه العملية استخراج 152,497 نقطة ربط (Tie Points) غطت منطقة الدراسة بالكامل.

2. قياس نقاط الضبط الأرضي (Measure GCPs): عندما تم الانتهاء من ربط الصور photo Align تمت إضافة نقاط الضبط الأرضي التي تم رصدها في الميدان وتم تحديد مواقع هذه النقاط بدقة عالية على برنامج Agisoft Matashape على عدة صور جوية ويفضل أن لا تقل عن 4 صور علم بأن تحديد مواقع نقاط الضبط الأرضي على 10 صور لكل نقطة ويلاحظ عادة وجود إزاحة لمواقع نقاط الضبط الأرضي على الصورتين حيث تم تحديد موقع هذه النقطة بدقة عالية على بقية الصور الجوي مما يشير إلى دقة البرنامج في ربط الصور الجوية مع بعضها البعض كما تم في الخطوة السابقة وعند قياس نقاط الضبط الأرضي نحتاج عادة إلى 3 نقاط ضبط أرضي على الأقل وعدد كاف من نقاط التحقق Check point في منطقة الدراسة، ونقاط تحقق وكانت على عدة مراحل مختلفة وهي كما يلي:

• معالجة الصور باستخدام 3 نقاط ضبط أرضي، بينما استخدمت النقاط المتبقية كنقاط تحقق (Check Points).

- معالجة الصور باستخدام 5 نقاط ضبط أرضي، مع استخدام الباقي للتحقق.
- معالجة الصور باستخدام 9 نقاط ضبط أرضي لتقديم نموذج عالي الثقة والاعتمادية.
- معالجة الصور باستخدام جميع نقاط الضبط الأرضي

3. معالجة الصور الجوية بالاعتماد على نقاط الضبط الأرضي (GCPs): تُعدّ نقاط الضبط الأرضي (Ground Control Points - GCPs) من أهم العناصر المؤثرة في تحسين دقة النماذج الناتجة عن المعالجة التصويرية للصور الجوية. فهي تُستخدم لضبط التوجيه المكاني للنموذج ثلاثي الأبعاد وتصحيح الانحرافات الممكنة في الإحداثيات الأفقية والرأسية (X, Y, Z)، مما يضمن توافق النموذج الرقمي مع الواقع الجغرافي الفعلي.

وفي هذه الدراسة، تم استخدام برنامج Agisoft Metashape لإجراء عدد من المعالجات بناءً على اختلاف عدد نقاط الضبط الأرضي وتوزيعها الجغرافي، وذلك بهدف تقييم تأثير هذه العوامل على جودة النتائج النهائية.

وتُظهر مراحل المعالجة أهمية اختيار نقاط الضبط بعناية من حيث التوزيع المكاني لتغطية مختلف أجزاء منطقة الدراسة، حيث يُسهم هذا التوزيع في رفع دقة المنتجات النهائية مثل النماذج الرقمية للسطح (DEM) والصور المصححة (Orthomosaics).

سيتم في الفقرات التالية استعراض نتائج التحليل حسب كل سيناريو من سيناريوهات استخدام GCPs، من الأقل إلى الأكثر عددًا، مع عرض الجداول التوضيحية.

### معالجة الصور الجوية باستخدام ثلاث نقاط ضبط أرضي (GCPs)

تم في هذه المرحلة معالجة 301 صورة جوية باستخدام ثلاث نقاط ضبط فقط وهي (1، 3، 11). وقد تم اختيار هذه النقاط بناءً على توزيعها الجغرافي المناسب في منطقة الدراسة، حيث غطت النقطة (1) الغرب، والنقطة (3) الجنوب، والنقطة (11) الشمال كما هو وارد في ملحق (ب).

أُجريت المعالجة عبر برنامج Agisoft Metashape، وأظهر الملحق (ج) القيم الناتجة للأخطاء في هذه النقاط. كما بيّن الجدول (2) أن متوسط الخطأ في 3 نقاط من نقاط الضبط الأرضي في الإحداثيات (X,Y) بلغ نحو 1.013 سم، وفي الاتجاه الرأسي (Z) كان 0.067 سم فقط. بينما يظهر الجدول (3) أن متوسط الخطأ في 7 نقاط من نقاط التحقق في الإحداثيات (X,Y) بلغ نحو 1.857 سم، وفي الاتجاه الرأسي (Z) كان 2.003 سم فقط، والملحق (ح) يعرض القيم الناتجة للأخطاء في هذه النقاط.

### جدول (2)

مجموعة الأخطاء في 3 نقاط ضبط أرضي RMSE Control Points

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
3	0.818	0.623	0.067	1.013

### جدول (3)

مجموعة الخطأ في 7 نقاط من نقاط التحقق RMSE Check point

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
7	1.253	1.370	2.003	1.857

يُلاحظ أن الاعتماد على ثلاث نقاط فقط، رغم التوزيع المكاني الجيد، لا يكفي لتحقيق دقة مثالية، إذ تزداد احتمالية حدوث انحرافات خاصة في صور المناطق الواقعة بين النقاط. كما أن انخفاض الخطأ في (Z) يمكن تفسيره بأن النقاط السبعة كانت تغطي جزءاً من التباين الرأسي، لكن بدون ضبط جانبي كافٍ. ومن ناحية أخرى، فإن نتائج نقاط التحقق الثلاثة كما في الجدول (3) أظهرت أخطاء أعلى في الاتجاه الرأسي (2.00 سم)، ما يعكس ضعف في استقرار النموذج خارج محيط النقاط الثلاث.

### معالجة الصور باستخدام خمس نقاط ضبط أرضي (GCPs)

في هذه المعالجة، تم استخدام خمس نقاط (1، 3، 6، 7، 11) موزعة بشكل أفضل على كامل منطقة الدراسة، حيث غطت الاتجاهات الغربية والجنوبية والشمالية والوسط، وملحق (خ) يوضح ذلك.

ووفقاً للبيانات في الجدول (4)، تحسنت دقة النتائج، إذ بلغ متوسط الخطأ في (X,Y) حوالي 1.519 سم، وفي (Z) حوالي 0.392 سم، ويوضح ملحق (د) مجموعة الأخطاء التفصيلية في 5 نقاط ضبط ارضي. كما يعرض جدول (5) مجموعة الأخطاء في 5 نقاط من نقاط التحقق Check point RMSE، ويوضح ملحق (ذ) مجموعة الأخطاء التفصيلية في 5 نقاط من نقاط تحقق الضبط الارضي.

#### جدول (4)

مجموعة الأخطاء في 5 نقاط ضبط ارضي *Control Points RMSE*

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
5	1.130	0.990	0.392	1.519

#### جدول (5)

مجموعة الأخطاء في 5 نقاط من نقاط التحقق *Check point RMSE*

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
5	0.863	1.180	1.040	1.794

ونلاحظ من خلال الجدول السابق ان متوسط الخطأ في كل من (X,Y) كان (1.46) سم، بينما متوسط الخطأ في (Z) الارتفاع يساوي (1.04) سم.

إن زيادة عدد النقاط وتوسيع التوزيع المكاني أدى إلى تحسين واضح في الدقة، خاصة في الاتجاه الرأسي، مقارنة بالمعالجة السابقة. كما أن تقليل الخطأ في نقاط التحقق الخمسة (الجدول 5) يعزز من موثوقية النموذج، ما يبرهن على أهمية التوازن بين العدد والتوزيع. إلا أن التحسن لم يكن جوهرياً، مما يشير إلى أن بعض أجزاء المنطقة قد تكون ما تزال دون تمثيل كافٍ.

## معالجة الصور باستخدام تسع نقاط ضبط أرضي (GCPs)

في هذه المرحلة، تم توسيع نطاق التغطية الجغرافية من خلال استخدام تسع نقاط GCPs: (1-2-3-4-5-6-7-8-10)، موزعة على الاتجاهات المختلفة في المنطقة. وبحسب الجدول (6)، بلغ متوسط الخطأ في (X,Y) نحو 1.341 سم، وفي (Z) انخفض إلى 0.323 سم.

أما نتائج نقاط التحقق (نقطتان فقط) فقد أظهرت خطأ رأسيًا ملحوظًا بلغ 3.714 سم كما في الجدول (6).

### جدول (6)

مجموعة الأخطاء في 9 نقاط ضبط أرضي *Control Points RMSE*

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
9	0.928	0.969	0.323	1.341

### جدول (7)

مجموعة الأخطاء في نقطتان من نقاط التحقق *Check point RMSE*

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
2	1.316	1.113	3.714	1.723

تظهر أن النتائج الرقمية تظهر تحسناً طفيفاً في دقة الضبط مقارنة بالمعالجة السابقة، و من المحتمل أن نقاط التحقق كانت في مناطق ذات تضاريس أكثر تعقيداً. يُبرز ذلك أهمية اختيار نقاط تحقق موزعة جيداً لتقييم النموذج بشكل شامل.

## معالجة الصور باستخدام جميع نقاط الضبط الأرضي (GCPs)

أُجريت المعالجة باستخدام جميع النقاط المتاحة وعددها 10 نقطة، وتم استخدام برنامج Agisoft Metashape كالعادة. وقد بينت النتائج الواردة في الجدول (8) أن الخطأ في (X,Y) بلغ 1.122 سم، وفي (Z) بلغ فقط 0.195 سم.

## جدول (8)

مجموعة الاخطاء في 10 نقاط ضبط ارضي *Control Points RMSE*.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)
10	0.817	0.769	0.195	1.122

تُعد هذه المعالجة هي الأفضل من حيث النتائج، فقد أظهرت أقل معدلات للخطأ في جميع الاتجاهات، مما يُشير بوضوح إلى أن دمج عدد أكبر من نقاط الضبط الأرضي وتحقيق توزيع منتظم يغطي كامل المنطقة، هو الأسلوب الأمثل للوصول إلى مخرجات دقيقة. ويمكن اعتبار هذه المعالجة مرجعية للخطوات اللاحقة كإنتاج السحابة النقطية وبناء النموذج الرقمي.

استناداً إلى النتائج السابقة التي أظهرت تحسناً تدريجياً في دقة المعالجة مع زيادة عدد نقاط الضبط الأرضي، تم اعتماد النموذج الذي استخدمت فيه جميع النقاط كمرجع نهائي للمراحل التالية. ويُشكل هذا الأساس لانطلاق عملية توليد المخرجات الرقمية، بدءاً من بناء السحابة النقطية الكثيفة (Dense Cloud)، وصولاً إلى إنشاء النموذج الرقمي للارتفاعات (DEM) والصور المصححة (Orthophoto)، ثم تنفيذ عمليات الترسيم الرقمي للأبنية والمعالم في منطقة الدراسة.

### 4. بناء السحابة النقطية الكثيفة (Dense Cloud)

بعد الانتهاء من قياس نقاط الضبط الأرضي تمّ بناء السحابة النقطية الكثيفة وذلك لحساب مواقع دقيقة لنقاط أرضية وبكثافة عالية جداً تصل المسافة بينهما إلى سنتيمترات وهذه الخطوة تتم من خلال أمر Build Dens Cloud المتاح في برنامج Agisoft Matashape حيث تمّ حساب موقع كل نقطة من عدّة صور جوية لتصل 5 إلى 7 صور للوصول إلى دقة عالية جداً وأثناء ربط الصور يعاد تشكيل الحزم الضوئية المشكّلة لكل منها وتنشأ مجموعة من النقاط عند تقاطع كل شعاعين أو أكثر عائدين للنقطة ذاتها في الفراغ، وتسمى هذه النقاط بسحابة كثيفة ولا بدّ من الإشارة هنا إلى أنه عند بناء سحابة نقطية كثيفة يتوافر للمستخدم عدّة خيارات منها:

- عالي الدقة High: والتي تساعد في الحصول على دقة عالية لكنها تحتاج إلى وقت أكثر
- متوسط الدقة Medium: تساعد في الحصول على دقة متوسطة.
- منخفض الدقة Low: تساعد في الحصول على دقة أقل في مدة زمنية قصيرة.

#### 5. بناء النموذج الرقمي السطحي (DEM)

من خلال الاعتماد على السحابة الكثيفة تمّ بناء نموذج الارتفاع الرقمي DEM والذي يمثل طبوغرافية الأرض وما عليها من معالم طبيعية واصطناعية وكلّ عنصر أو خلية في نموذج الارتفاعات الرقميّ يمثلّ الارتفاع عن مستوى سطح البحر.

#### 6. بناء الصورة المصححة (True Orthophoto)

من خلال الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقميّة DEM تمّ بناء صورة رقميّة مصحّحة Ortho mosaic وهي صور مصحّحة تصحيحاً حقيقياً خالياً من التشوهات وواجهات المباني الناتجة من ميلان آلة التصوير وتشوّه العدسة والإزاحة الناتجة عن التضاريس، ويعود ذلك إلى وجود نموذج ارتفاعات رقمي دقيق، مما يمكن من الحصول على صورة متعامدة (مصححة) True Orthophoto،

بعد الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقميّة (DEM) تم بناء صورة العمودية المصححة (True Orthophoto). وتعدّ هذه الصورة نسخة رقميّة هندسية متعامدة، حيث تمّ تصحيحها بشكل كامل من التشوهات البصرية والهندسية الناتجة عن ميلان آلة التصوير، أو تأثير عدسة الكاميرا، أو الإزاحات الأفقية والعمودية الناتجة عن التضاريس وارتفاعات المباني. والفضل في ذلك يعود إلى دقة نموذج الارتفاعات الرقمي المستخدم، والذي مكنّ من تمثيل سطح الأرض والارتفاعات بشكل واقعي ودقيق.

ولتسهيل الاستخدام، جرى تحديد مضلع يغطي المنطقة الخالية من التشوهات، ومن ثمّ تحويل ملف الصورة من صيغة (TIF) التي تتميز بحجمها الكبير إلى صيغة (ECW) الأكثر خفة، وذلك بهدف

تحسين سرعة المعالجة وسهولة الإدراج على البرامج المختلفة مثل Global Mapper. هذه الخطوة أساسية لضمان انسيابية العمل خاصة عند التعامل مع AutoCAD Civil 3D، حيث تُستخدم الصورة كقاعدة دقيقة لعمليات الترسيم الهندسي وتحديد المعالم الميدانية. وتشير الدراسات إلى أن هذا النوع من التحويل يسهم في تقليل حجم البيانات بنسبة قد تصل إلى 90% دون فقدان جوهري في الدقة، مما يعزز من كفاءة الاستخدام في بيئات التحليل المكثف (Aguilar et al., 2008؛ Toutin, 2004).

ويُعتبر إنتاج الصور العمودية المصححة من الطائرات المسيرة خطوة محورية في الأبحاث الجغرافية والهندسية، إذ توفر دقة مكانية تصل إلى بضعة سنتيمترات فقط، وهو ما لم يكن متاحاً بسهولة في الطرق التقليدية (Udin & Ahmad, 2014؛ Nex & Remondino, 2014). كما تسمح هذه التقنية بمتابعة التغيرات المكانية ورصد المعالم العمرانية والطبيعية بشكل أكثر موثوقية، الأمر الذي يجعلها أداة رئيسية في الدراسات الجيومكانية الحديثة.

#### 4.4 الترسيم

تم تنفيذ عملية الترسيم بالاعتماد على سلسلة من البرامج المتخصصة في معالجة الصور الجوية، من أجل مقارنة كل منها وتقييم طريقة عمل هذه البرامج، حيث اعتمدت منهجية العمل في هذه الدراسة على توظيف مجموعة من البرامج المتخصصة في معالجة الصور الجوية، بهدف الوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة في ترسيم المناطق المكتظة. وقد تم اختيار هذه البرامج نظراً لتكامل وظائفها وتنوع قدراتها في مختلف مراحل التحليل، بدءاً من بناء الصورة الرقمية المصححة (Ortho mosaic)، مروراً بإنتاج الغيوم النقطية، ووصولاً إلى عمليات الترسيم.

يُعد فهم آلية عمل كل برنامج، والتعرف على متطلباته وإمكاناته، من العوامل الأساسية لضمان تحقيق أقصى استفادة منه. وبناءً عليه، سيتم في الفقرات التالية استعراض البرامج المستخدمة والنتائج التي تم التوصل إليها. حيث تم استخدام اربع برامج رئيسية في عملية الترسيم، كل منها له خصائص يمتاز بها

عن البرامج الأخرى، وهذا ما يثري تحليل نتائج الترسيم، وفيما يلي خطوات الترسيم باستخدام البرامج المختلفة.

#### 4.4.1 الترسيم باستخدام برنامج Agisoft Metashape

يُعد برنامج Agisoft Metashape من الأدوات المتقدمة في معالجة الصور الجوية، حيث إن هذا البرنامج هو الذي تم استخدامه في هذا المشروع لمعالجة الصور الجوية وإخراج نتائج متعددة مثل النموذج الثلاثي الأبعاد (3D Model)، والصور المصححة راسياً (Ortho mosaic)، والغيمة النقطية (Point Cloud)، وغيرها من المنتجات المكانية الدقيقة التي تُعد مرجعاً أساسياً في التحليل المكاني والهندسي.

يوفر برنامج (Metashape) أربع أدوات رسم رئيسية منها، الرسم على الصورة المنفردة، والرسم على نموذج ثلاثي الأبعاد والرسم على الغيمة النقطية و الرسم على الصورة المصححة. وفيما يلي عرض تفصيلي لهذه الأدوات والية توظيفها في عملية الترسيم، (Kang, 2024):

##### 1. الرسم على الصورة المنفردة

تُشكل الصور الجوية الأساس الأولي لعملية الترسيم، حيث تُظهر كل صورة مساحة جزيئة من منطقة الدراسة، لكنها تمتاز بدقة عالية ووضوح ملحوظ، وخاصة عند تحديد زوايا المباني والمعالم العمرانية. وبعد الانتهاء من عملية ربط الصور الجوية وقياس نقاط الضبط الأرضي (GCPs)، تصبح الصورة الجوية مربوطة جغرافياً، مما يزيد من موثوقيتها ويجعلها أساساً صالحاً للترسيم. حيث تعد أداة مناسبة لاعتمادها في الترسيم الأولي وتثبيت المعالم الرئيسية.

ورغم أن هذه الطريقة تمتاز بالمرونة والسرعة والدقة العالية لتحديد حواف المباني والمعالم المختلفة، إلا أنها قد تواجه بعض التحديات، مثل وجود ظلال المباني التي تؤثر على الأبنية المنخفضة أي الواقعة تحت المعالم (تحت الطائر) و التغطية النباتية الكثيفة التي قد تحجب أجزاء من المعالم وتجعل عملية

الترسيم أكثر صعوبة. كما انه يمكن ان تواجه بعض الازخاء اثناء رسم حواف المباني في هذه الطريقة وذلك لاعتمادها على صورة منفردة والتي يمكن ان لا تكون تامة الدقة، وعليه فانه تم الملاحظة وجود بعض حواف المباني لا تكون في مكانها الصحيح عند الرسم كما هو موضح في الشكل(4).

#### شكل (4)

رسم صحيح (الرسم على الصورة المنفردة) مكان خاطئ للنقطة A (الرسم على الصورة العمودية)



يظهر الشكل اليمين امكانية تحديد حواف المباني بدقة من الصورة الجوية المنفردة والتي تم ربطها جغرافيا بدقة، الا ان الترسيم قد لا يكون دقيق كما يظهر في الشكل اليسار، وذلك بسبب عدم الدقة التامة للصور المنفردة عند ربط الصور الجوية من طائرات الدرون.

وعليه فانه من الجدير بالذكر انه لم يتم ترسيم منطقة الدراسة بالاعتماد على هذه الطريقة وتم الانتقال الى طريقة الترسيم من الغيمة النقطية.

#### 2. الرسم على الغيمة النقطية

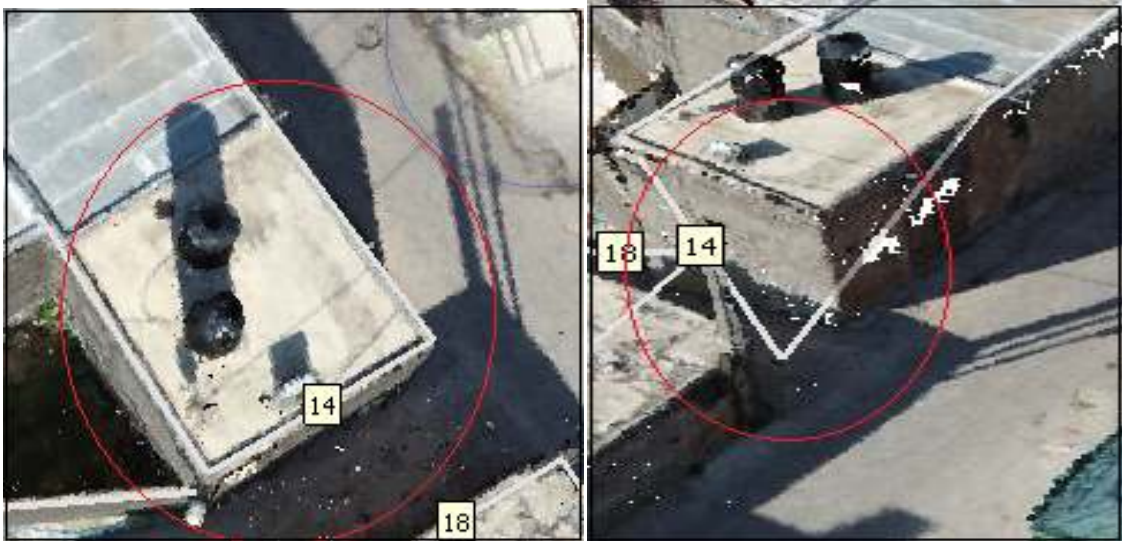
ان عملية الترسيم بالاعتماد على الغيمة النقطية (Point Cloud)، والتي تُعد مصدراً دقيقاً لتمثيل التفاصيل المختلفة في نموذج الصور الجوية، حيث انها تمتاز بإمكانية الترسيم والتفحص الدقيق للعناصر التي تقع تحت المظلات أو تحت الأسطح البارزة مثل الشبائيك أو أي عوائق ظليته. وهذه

الخاصية تعني أنه يمكن رؤية وتحليل التفاصيل المخفية جزئيًا الأجزاء البارزة من المباني (تحت الطائر) والتي قد لا تكون واضحة في الصورة العمودية.

تم البدء برسم المعالم الأساسية في بلدة تل، وأهمها كان المباني، نظرًا لأنها تمثل الجزء الأكبر من المنطقة المكتظة عمرانيًا. وأثناء عملية ترسيم الأبنية، والتي تتم على الزوايا الرئيسية لهذه الأبنية، تمت الملاحظة أنه يصعب تحديد الزوايا بدقة بسبب وجود بعض التشوهات الموضعية في أطراف المباني، خصوصًا في المناطق ذات التفاصيل المعمارية الدقيقة أو الزوايا المتقاربة. ومن بين التحديات التي ظهرت أثناء الترسيم كانت خاصية الالتقاط التلقائي (Snapping) لأقرب نقطة يتم اختيارها، والتي رغم هدفها في تسهيل الالتقاط الدقيق للنقاط، إلا أنها تسببت أحيانًا في النقاط نقاط بعيدة ليست على حافة زاوية المباني كما هو موضح في الشكل (5) ادناه الجزء اليمين، مما يتطلب تدقيق خطوط الترسيم وتعديلها حسب حافة البناء المطلوب كما في الجزء اليسر رسم صحيح.

### شكل (5)

خاصية الالتقاط التلقائي (Snapping) الرسم على الصورة المنفردة



وعليه لم يتم ترسيم المباني في منطقة الدراسة باستخدام هذه الطريقة وتم الانتقال الى الترسيم من النماذج ثلاثية الابعاد. الا انه تم الاقتراح لاستخدام الغيمة النقطية لإنتاج خارطة جديدة مسقطة راسيا والتي تظهر ما تحت الطائر والمعالم المغطاة للاستفادة منها في عملية الترسيم.

### 3. الرسم على النموذج ثلاثي الابعاد

يُعد الترسيم بالاعتماد على النماذج ثلاثية الأبعاد من أكثر الأساليب تقدماً، وذلك بسبب دمج عدد كبير من الصور الجوية المنفردة معا ودمج الغيمة النقطية من أجل تشكيل النموذج الثلاثي الابعاد دقيق للمنطقة، إذ يتيح تمثيل الأبنية والمعالم من زوايا متعددة، مما يساهم في كشف التفاصيل التي قد تكون غير واضحة في الصور الجوية العمودية. وتمتاز هذه الطريقة بقدرتها على التعامل مع الصور المدمجة ضمن شكل ثلاثي الابعاد يعكس التعامل مع الغيمة النقطية، كما توفر هذه الطريقة وضوح كبير في الشكل العام للمباني والمعالم المختلفة خصوصا عند التقريب الكبير Zooming والذي يتم الاعتماد عليه في عملية الترسيم وهو ما يُعتبر من العناصر الأكثر أهمية في البيئات العمرانية المكتظة. كما يوفر النموذج ثلاثي الأبعاد مرونة كبيرة للمستخدم في التفاعل مع المعالم، من خلال تدوير النموذج أو تكبير أجزاء محددة لرصد التفاصيل الدقيقة ويساعد هذا في تقليل الأخطاء الناتجة عن الترسيم ثنائي الأبعاد، خاصة عند التعامل مع المباني ذات الأشكال المعمارية المعقدة. الا انه تم ملاحظة وجود تشوهات في بعض المعالم كما هو مبين في الشكل رقم (6) الجزء الايمن. ومع ذلك، فقد وجدت صعوبة في تحديد زوايا المباني والمعالم الاخرى بشكل دقيق جدا بالاعتماد على هذه الطريقة مقارنة بالصورة المنفردة، كما وظهرت خاصية الالتقاط التلقائي (snapping) لمعالم اخرى كمشكلة اضافية في الترسيم، وعليه لم يتم الاعتماد على هذه الطريقة ايضا في ترسيم المعالم في منطقة الدراسة وتم الترسيم بالاعتماد على الصورة المصححة.

## شكل (6)

تشوهات من المسقط الجانبي المسقط الرأسي



يظهر الشكل اليمين التشوهات في اعلى المبنى، الا ان الترسيم قد كان دقيق كما يظهر في الشكل اليسار من المسقط الراسي وعليه فانه من الجدير بالذكر انه لم يتم ترسيم منطقة الدراسة بالاعتماد على هذه الطريقة وتم الانتقال الى طريقة الترسيم من الصورة المصححة تصحيح حقيقيا

### 4. الرسم على الصورة المصححة تصحيحا حقيقيا

ان الصور المصححة هي تجميع للصور المنفردة والاسقاط العمودي للمعالم المختلفة، كما وتمكن من رؤية المعالم الرأسية ولا يمكن رؤية المعالم اسفل الاماكن البارزة (تحت الطائر). حيث يُعد الترسيم باستخدام الصورة المصححة وخصوصا الناتجة من طائرات الدرون والتي تكون مصححة تصحيحا حقيقيا داخل برنامج Meta shape من أكثر الطرق سهولة، حيث يُمكن إنشاء طبقة متجهة (Shape Layer) من البرنامج تُستخدم في ترسيم المعالم مباشرة على الصورة المصححة. كما و تمتاز هذه الطريقة بإمكانية الاستفادة من كامل دقة الوضوح لعمل تكبير (zoom) (للجزء المراد الرسم عليه، ولكن عند البدء في الترسيم على الصور المصححة، تمت ملاحظة وجود بعض التشوهات في أطراف زوايا المباني، وهنا تكمن تحديات الرسم بالاعتماد على الصورة المصححة عمودياً، والتي يصعب تحديد زوايا المباني والمعالم المختلفة بشكل دقيق كما هو بالصور المنفردة. ولكن تمتاز هذه الطريقة

بثبات المقياس وسهولة التحكم في أدوات الرسم، كما ويمكن التحكم أيضا في مستوى الشفافية والسطوع. ويُعد هذا الأسلوب مناسباً جداً لترسيم المعالم ذات الامتداد الأفقي كالمباني والطرق، نظراً لدقة التفاصيل الظاهرة في الصورة، والترسيم ضمن بيئة البرنامج يوفر خاصية التحقق من الترسيم للمعالم المختلفة من نموذج ثلاثي الابعاد ونموذج الارتفاع الرقمي DEM كما في الشكل (7) الجزء الايسر لتسهيل التعرف على المعالم المختلفة.

### شكل (7)

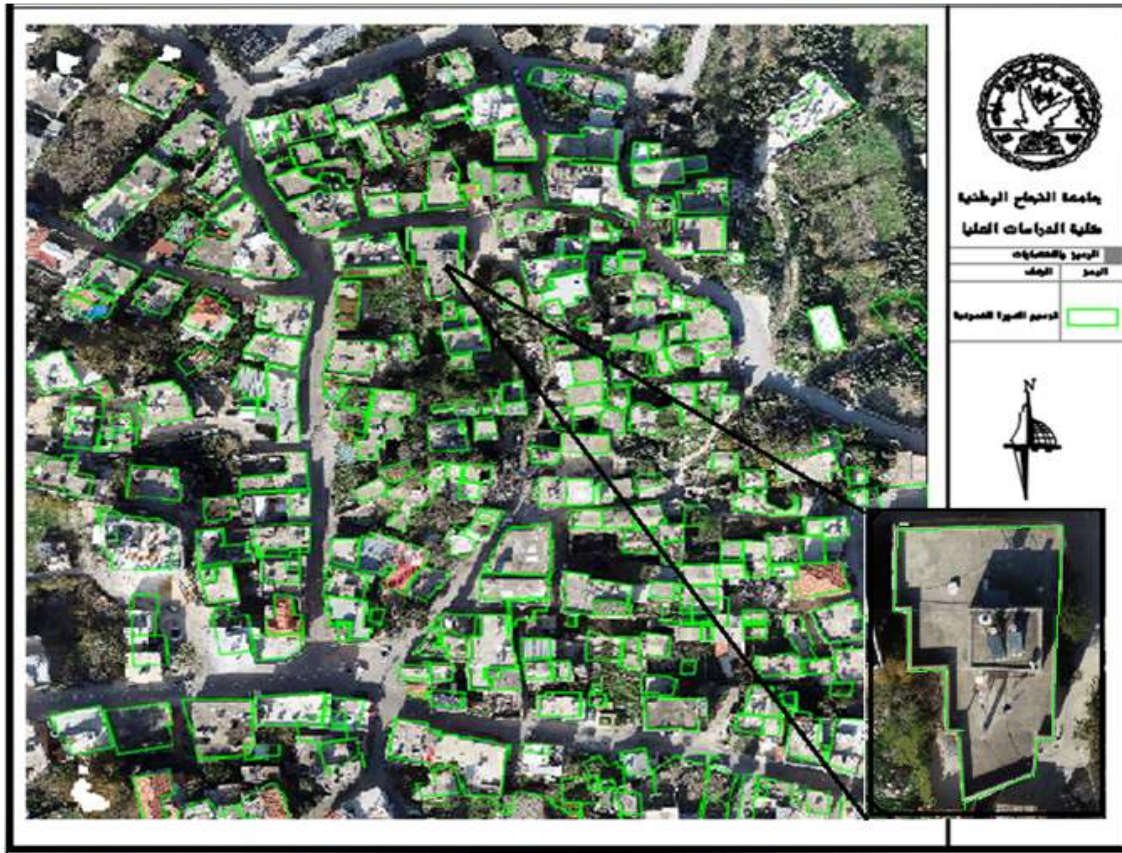
صورة مصححة تصحيحاً حقيقياً خاصة التحقق من نموذج الارتفاع الرقمي DEM



وفي نهاية عملية ترسيم المعالم باستخدام الأدوات المتوفرة في برنامج Metashape لابد من الإشارة الى انه تم الاستنتاج بان الترسيم من الصور المصححة تصحيحاً حقيقياً هي اسهل الأدوات واكثرها فاعلية. وعليه فقد تم اعتماد هذه الطريقة في ترسيم المعالم في منطقة الدراسة وعددها 129 مبنى على الصور المصححة تصحيحاً حقيقياً كما في مخطط (1) التالي:

## مخطط (1)

الترسيم من الصور المصححة تصحيحاً حقيقياً



### 5. الرسم على الصورة المسقطة من الغيمة النقطية

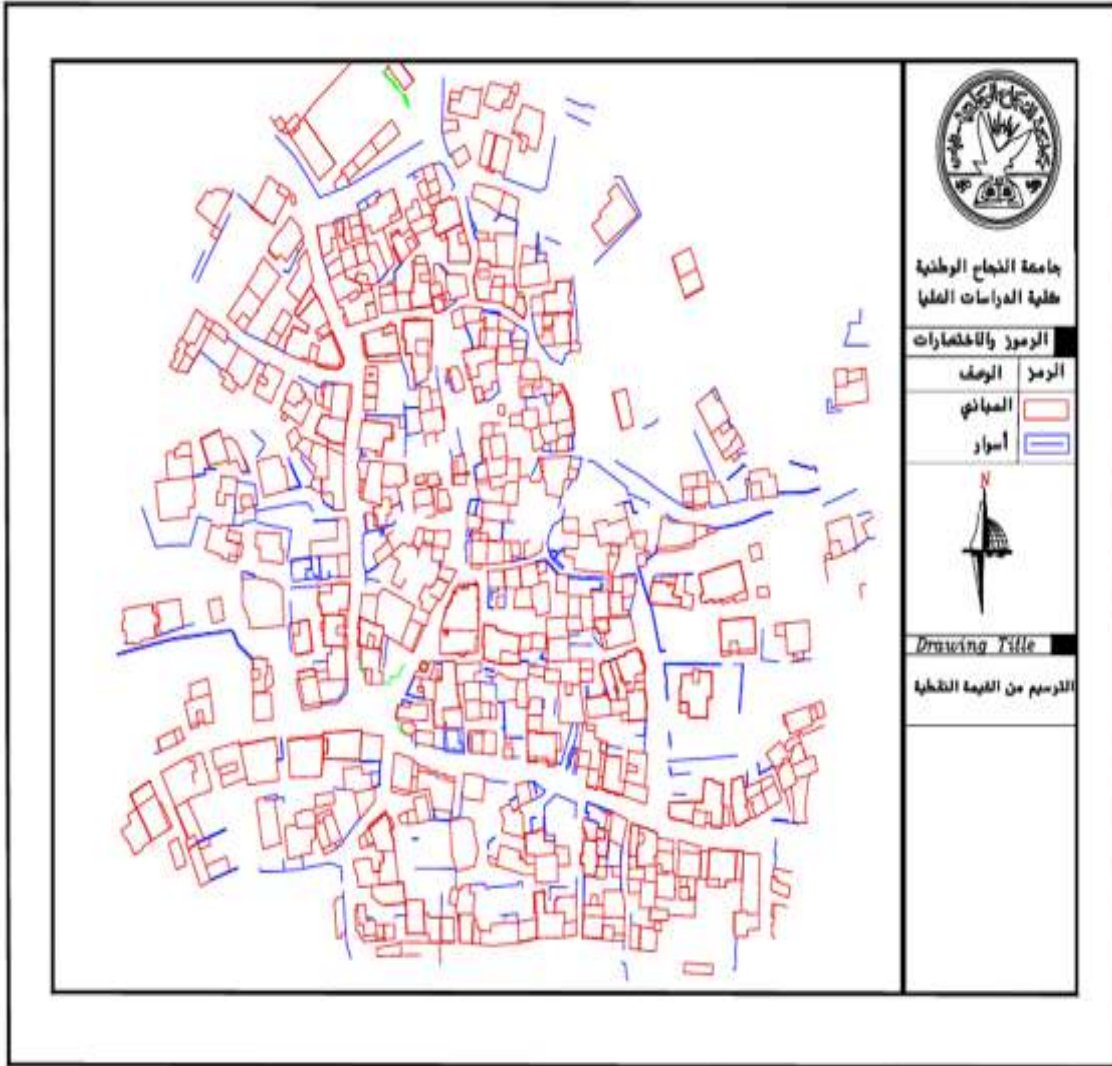
تم تطوير هذه الطريقة من خلال هذا البحث من أجل حل مشكلة ترسيم ما تحت الجزء المخفي من المبنى (تحت الطائر) وذلك للاستفادة من اسقاط الغيمة النقطية للحصول على خارطة مسقطة تظهر فيها ما تحت الطائر ويمكن الرسم عليها، يمثل الرسم على الصورة المسقطة من الغيمة النقطية مرحلة متقدمة ضمن آليات الترسيم، حيث يتيح الانتقال من المعطيات النقطية ثلاثية الأبعاد إلى تمثيل خطي ثنائي الأبعاد يمكن الاستناد إليه في إعداد المخططات. وتكمن أهمية هذه الخطوة في قدرتها على تبسيط المشهد المكاني المعقد وتحويل التكتلات النقطية إلى خطوط منتظمة، مما يسهل عملية التفسير والتحليل. ويُعدّ هذا الأسلوب من أكثر المخرجات دقة، خصوصاً عند التعامل مع البيانات التي تتسم بوجود اكتظاظ بالمباني وعوائق طبيعية مثل الأشجار، إذ يتيح كشف المعالم ورسمها بصورة أكثر وضوحاً وانتظاماً.

وتعتمد هذه ال منهجية على توظيف بيانات الغيمة النقطية لمعالجة التحديات المرتبطة بعمليات الالتقاط التلقائي. حيث جرى إسقاط النقاط ثلاثي الأبعاد إلى المستوى الثنائي الأبعاد، مما مكن من تحويل التراكبات النقطية عالية الكثافة إلى خطوط مرجعية واضحة باستخدام برنامج 3D survey كما هو موضح في الشكل (8) في الملحق (هـ) حيث يُعد برنامج 3Dsurvey من البرامج المتخصصة في معالجة الصور الجوية وإنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد، ويُستخدم على نطاق واسع في مشاريع المسح الجوي، نظرًا لما يتمتع به من أدوات متقدمة لمعالجة الصور وتوليد الغيوم النقطية.

وقد أظهر البرنامج كفاءة عالية في تنفيذ العمليات المطلوبة ضمن الدراسة، حيث تم تصدير الغيمة النقطية من برنامج 3Dsurvey، ومن ثم تم فتحها داخل Civil 3D، حيث يُعد برنامج Civil 3D من البرامج الهندسية المتقدمة التي تُستخدم على نطاق واسع في إعداد الرسومات التنفيذية وتحليل الأعمال المساحية. وقد تم توظيفه في هذه الدراسة في مرحلة الترسيم النهائي، بعد الانتهاء من معالجة الغيوم النقطية في البرامج الأخرى مثل Agisoft Metashape و 3Dsurvey. وقد تم تحويل البيانات إلى تنسيق متوافق مع بيئة البرنامج (مثل DWG)، مما أتاح استيرادها وتنظيمها داخل Civil 3D لبدء الترسيم الدقيق للمعالم. حيث تم استخدام Civil 3D كأداة نهائية لتنفيذ الترسيم بدقة عالية، وإعداد خرائط تفصيلية واضحة تعكس الواقع المكاني لمنطقة الدراسة، وقد تم رسم الخطوط في المستوى الثنائي الأبعاد من منتصف النقاط الناتجة عن الإسقاط بحيث يمر كل خط عبر مركز تجمع النقاط بدقة، الأمر الذي أسهم في تحسين دقة التمثيل ورسم المباني بشكل أكثر وضوحًا وانتظامًا كما في المخطط (2).

## مخطط (2)

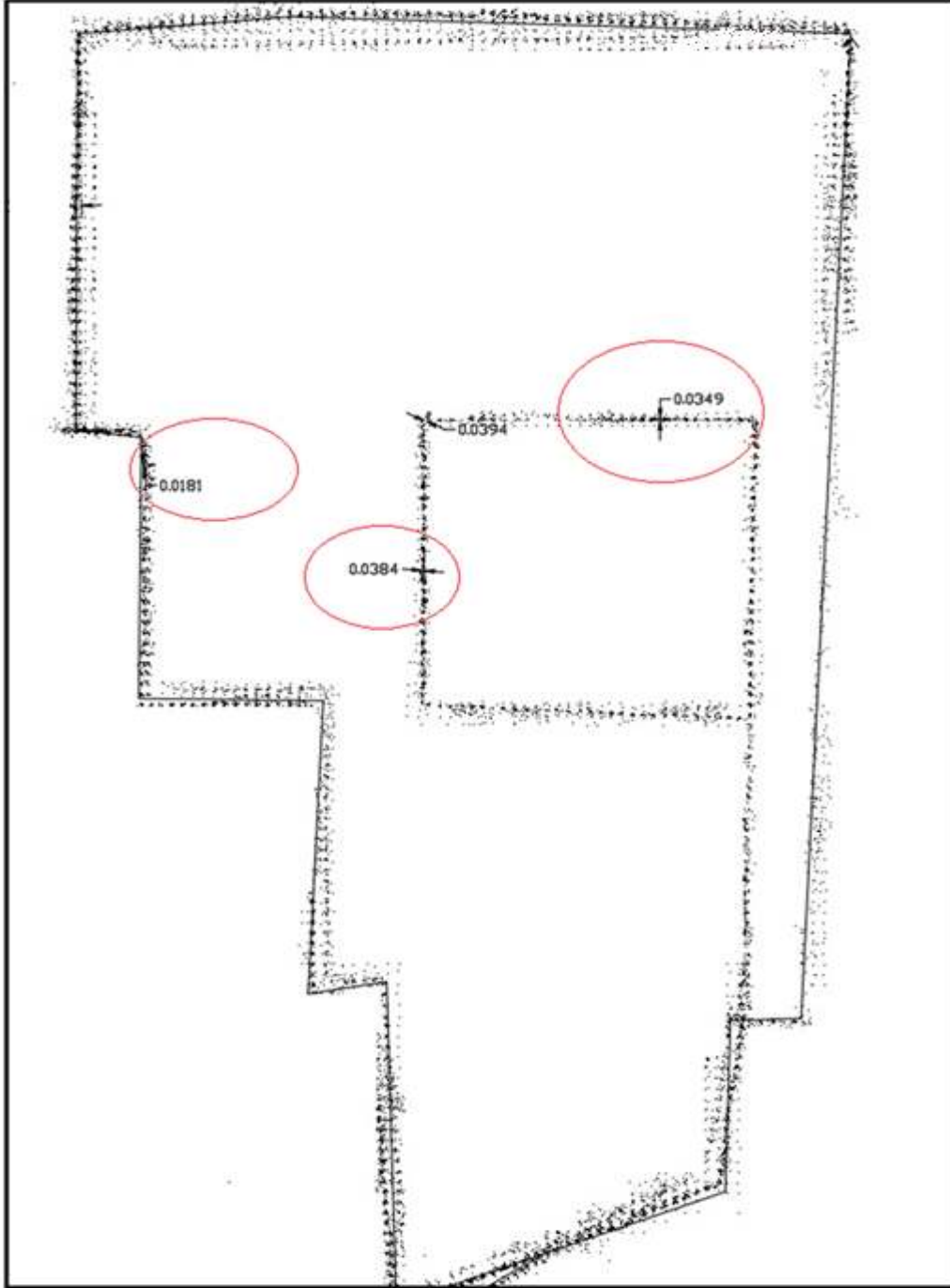
الترسيم من الغيمة النقطية المسقطة



كما أظهرت نتائج الإسقاط أنّ سمك الخطوط الناتجة تراوح بين (0.03-0.12 سم) في المناطق ذات الكثافة العالية بالنقاط، وانخفض إلى أقل من (0.02 سم) في المناطق الأقل كثافة بالنقاط، مع الملاحظة أن المسافة بين النقاط كانت 0.01 كما في الشكل (9).

## شكل (9)

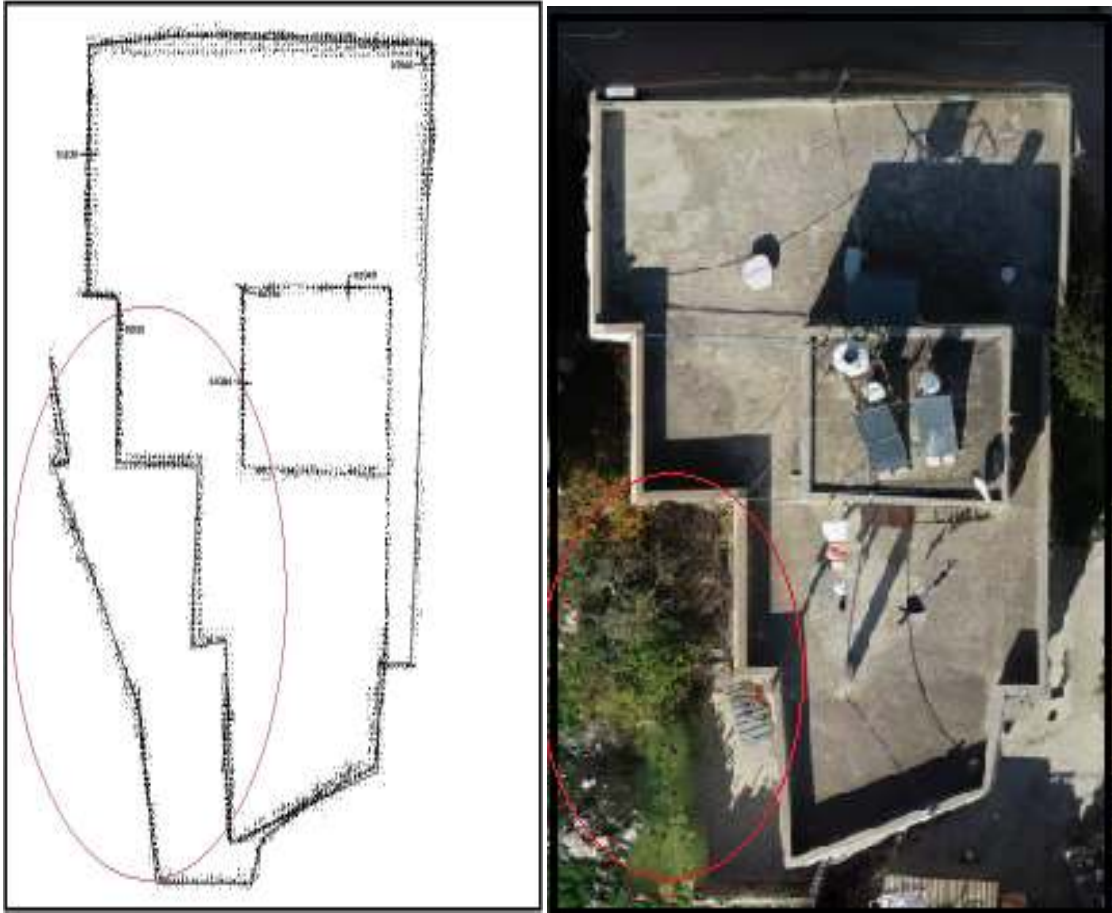
سمك الخطوط وسمك الحافة الناتجة من اسقاط الغيمة النقطية



وقد تطلبت عملية الرسم دقة عالية ووقتاً بلغ نحو ست ساعات لإنجاز منطقة الدراسة، وأسهمت التقنية في الكشف عن الأسوار والمعالم المخفية تحت الغطاء الشجري كما في الشكل (10) مما مكن من توثيقها ورسمها بدقة ضمن المخطط الناتج.

شكل (10)

السور المخفي تحت الغطاء الشجري، السور من الصورة العمودية تحت الغطاء الشجري



ولم تقتصر على الكشف عن المعالم المخفية بل بينت ايضا الاجسام المغطاة تحت المظلات مثل السيارة كما في الشكل (11) الجزء الايمن.

## شكل (11)

سيارة مغطاة تحت المظلة (الجزء اليمين). 3D للسيارة المغطاة السيارة من الغيمة النقطية (الجزء الأيسر)



### 4.4.2 دقة التمثيل الهندسي في السحابة النقطية المسقطة نماذج تطبيقية من برنامج 3D Survey

وفيما يلي مجموعة من المقاطع الناتجة عن معالجة السحابة النقطية باستخدام برنامج 3D Survey، تُبرز دقة التفاصيل المعمارية للموقع المدروس، وتعكس واقعية التمثيل ثلاثي الأبعاد الذي وفرته الغيمة مقارنة بالصور العمودية. تمثل هذه المقاطع أمثلة حيّة على قدرة الغيمة النقطية على التقاط الفروقات الطفيفة والتشوهات الحقيقية في المعالم، كما تُظهر كيفية تمثيل العناصر المغطاة والزوايا المعقدة.

تُظهر بعض اللقطات الواردة في الشكل (12) في الملحق (هـ) نظرة شاملة من الأعلى نحو منطقة عمرانية مكتظة في منطقة الدراسة، تظهر وضوح تام للارتفاعات المختلفة للمباني، وسُمك الأسطح، والتفاصيل المعمارية مثل القباب. تبين هذه الصورة كيف يمكن للغيمة النقطية توثيق البيئات المعمارية المتشابكة بدقة، بما يعزز من جدوى استخدامها في التمثيل الواقعي.

كما تُبرز الصور في الشكل (13) في الملحق (هـ) تفاصيل أكثر تعقيداً مثل الجدران العمودية والعناصر النباتية، إلى جانب وجود عناصر معمارية دقيقة مثل النوافذ والفراغات. كما يظهر تأثير

الغطاء النباتي والعوائق الطبيعية على شكل الغيمة، مما يُثبت قدرة البرنامج على رصد التضاريس بدقة عالية. وتُعد هذه اللقطات من أبرز الأمثلة على دقة السحابة النقطية، حيث تُظهر تفاصيل دقيقة لمبانٍ قديمة وزوايا ضيقة، بالإضافة إلى وجود سيارة داخل ساحة مظلمة تم رصدها رغم كونها غير مرئية من الأعلى في الصور العمودية. هذا المثال يُثبت بوضوح كيف يمكن للغيمة النقطية الكشف عن عناصر معمارية مخفية أو مغطاة، مما يمنحها ميزة كبيرة في التوثيق والتحليل المكاني.

وبذلك تبين من خلال تحليل السحابة النقطية مدى دقتها في تمثيل الواقع، وإمكانية الاعتماد عليها في عمليات الترسيم الهندسي وتحديد حدود العناصر المعمارية بدقة عالية.

وتلخيص لما تم عرضه تعتبر الصورة الجوية المنفردة والمصححة اداة سهلة للترسيم، لكنها تفنقر الى القدرة على اظهار المعالم الواقعة تحت المعالم البارزة(تحت الطاير) في المقابل يوفر كل من النموذج ثلاثي الابعاد والغيمة النقطية المسقطة امكانية رؤية تحت العوائق رغم صعوبة الترسيم عليهما. كما ويعد اسقاط الغيمة النقطية الخيار الاكثر ملاءمة لكونه يجمع بين سهولة الترسيم وامكانية الكشف ورؤية المعالم المخفية.

وبذلك أثبت برنامج 3D survey كفاءته في سرعة المعالجة، وواجهته سهلة الاستخدام التي تتيح للمستخدمين تنفيذ المهام دون تعقيد. كما يوفر مرونة في فحص النتائج وإعدادها للتصدير إلى برامج أخرى مثل Civil 3D. وقد ساهم البرنامج في إنتاج غيوم نقطية عالية الجودة، تُستخدم كمرجع أساسي في الترسيم.

وبشكل عام فإن من أبرز الإيجابيات التي ظهرت أثناء الترسيم باستخدام برنامج Meta shape هي دقة النتائج التي يوفرها البرنامج في عرض التفاصيل للمنطقة المدروسة بعدة طرق. فقد ساعد توفر نموذج ثلاثي الأبعاد دقيق وصورة مصححة جغرافيًا على تعزيز وضوح المعالم، مما سهّل عملية التفسير والترسيم. كما أن تنوع أدوات الترسيم في البرنامج أتاح مرونة في التعامل مع المعالم المختلفة. إضافة

إلى ذلك، فإن التفاعل مع النموذج الثلاثي الأبعاد أتاح إمكانية فحص الأجسام من زوايا متعددة، ما عزز من دقة إدراك الشكل الحقيقي للمباني والمعالم.

وخلصت التجربة إلى أن الدمج بين 3D survey و Civil 3D ، أسهم في إنشاء منظومة تحليلية متكاملة تبدأ بترسيم العناصر، وانتهاءً بالتحقق من دقة النتائج. وقد تبين أن كلا من 3D survey و Civil 3D يُعدان الأكثر كفاءة ودقة في تنفيذ الترسيم، في حين شكّل Agisoft Metashape المحور الأساسي الذي ارتكزت عليه كافة العمليات الأولية، نظرًا لدقته العالية في معالجة الصور الجوية وبناء النماذج.

تُظهر النتائج التي تم التوصل إليها أن الجمع بين الصور الجوية الناتجة عن الطائرات الدرون وتقنية الغيوم النقطية، يوفر أساسًا متينًا لأعمال الترسيم الدقيقة. وقد ساهم التدرج في استخدام البرامج التي تم ذكرها سابقًا، في تعزيز جودة النتائج وكفاءتها. كما تبين أن للبيانات المجسدة (الغيوم النقطية) دورًا محوريًا في توضيح معالم معينة قد تكون غير ظاهرة بوضوح في الصور العمودية، مما يسمح برصد التفاصيل الدقيقة وتدعيم دقة حدود المناطق.

إضافة إلى ذلك، أظهرت هذه المقارنة إمكانيات كبيرة في التحقق من صحة الترسيم وكشف أي انحرافات قد تحدث خلال العملية، مما يسّط الضوء على أهمية الغيمة النقطية في تعزيز موثوقية الترسيم في العمل المساحي.

بناءً على ذلك، تمثل الأعمال الميدانية والمكتبية باستخدام طائرات الدرون في هذا الفصل نقلة نوعية في توظيف التكنولوجيا الحديثة لأعمال المسح في المناطق المكتظة. حيث بدأت العمليات بتحديد منطقة الدراسة وتثبيت نقاط الضبط الأرضي، مرورًا بجمع الصور الجوية عالية الدقة، وصولاً إلى معالجة تلك الصور باستخدام برنامج متخصص مثل Agisoft Metashape. وقد مكن التكامل بين 3D survey و Civil 3D من إنتاج نموذج مكاني دقيق، ولا سيما الغيمة النقطية المسقطة التي أثبتت فاعليتها في تمثيل التفاصيل الدقيقة للمعالم والمباني.

ختاماً، و بعد استعراض إجراءات جمع البيانات الميدانية وطرق معالجتها باستخدام البيانات والادوات المناسبة يشكل ما تم التوصل اليه اساساً للانتقال الى الفصل الخامس المتعلق بالتحليل والمناقشة حيث سيتم تفسير النتائج التي تم الحصول عليها ومقارنتها بهدف توضيح مدى دقة البيانات وفاعلية المنهجية المتبعة في تحقيق اهداف هذه الدراسة.

#### 4.5 التحليل والمناقشة

تم تحليل نتائج ترسيم المعالم ضمن منطقة الدراسة، حيث جرى ترسيم البلدة القديمة كاملة باستخدام أدوات متعددة، شملت الصورة الجوية العمودية والغيمة النقطية المسقطة. وقد شمل هذا الترسيم (129) مبنى ضمن منطقة مكتظة تُعدُّ بيئة عمرانية معقدة تتطلب دقة عالية في التمثيل الهندسي.

وعليه، اعتماد ثلاث طرق رئيسية في عملية التقييم، هي:

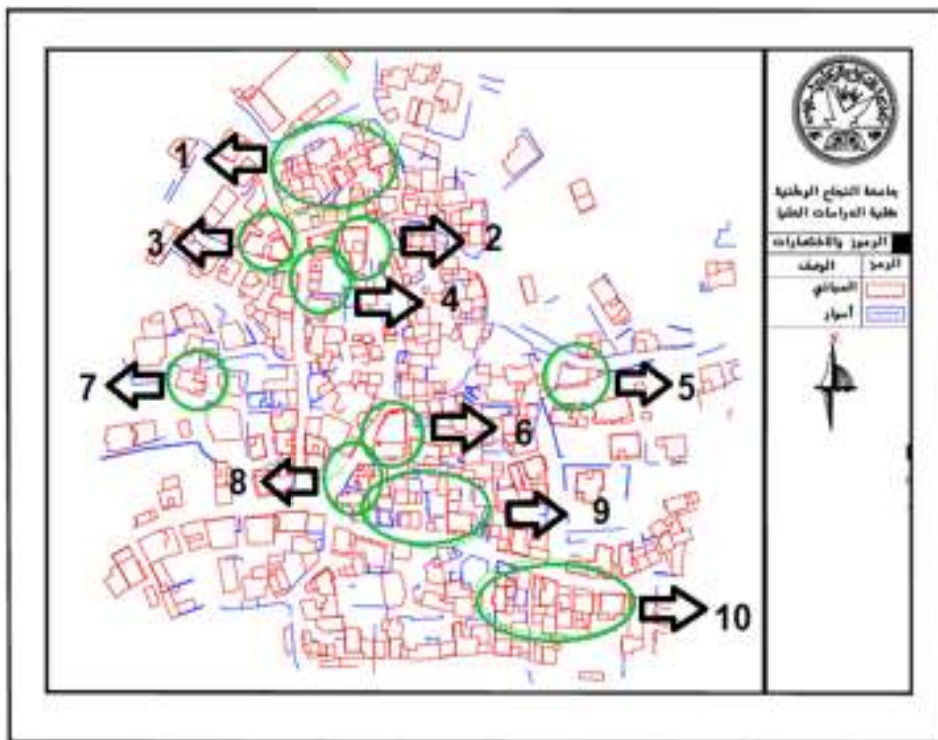
1. مطابقة الترسيم الناتج من الغيمة النقطية المسقطة مع الترسيم الناتج من الصور الجوية العمودية، بهدف تقييم الدقة النسبية.
2. مطابقة الترسيم الناتج من الغيمة النقطية المسقطة مع خرائط هيئة التسوية الأصلية، من أجل الحصول على الدقة المطلقة.
3. مطابقة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع خرائط التسوية، وذلك أيضاً بغرض الحصول على الدقة المطلقة.

يهدف هذا الإطار التحليلي إلى قياس كل من الدقة النسبية والدقة المطلقة، إضافةً إلى رصد الفروقات والتباينات بين نتائج الترسيم المختلفة، بما يوفر تقييماً علمياً دقيقاً لمدى موثوقية المنهجية المتبعة، وقابليتها للتطبيق في الأعمال المساحية والهندسية بكفاءة عالية من حيث الدقة والوقت والجهد. كما يركز التحليل على عناصر رئيسية تشمل وضوح التفاصيل، وسهولة عملية الترسيم، ودقة تمثيل المعالم.

تم اختيار عشر مناطق محددة داخل البلدة القديمة في قرية تلّ لإجراء المطابقة التفصيلية بين نتائج الترسيم باستخدام الطرق الثلاث الرئيسة المذكورة سابقاً. وقد جرى هذا الاختيار بشكل مدروس ليُمثّل تنوّع الحالات المكانية والعمرانية في المنطقة المكنّظة، ويضمن شمولية التقييم من حيث الأشكال والمواقع وطبيعة المعالم، كما هو موضح في مخطط (3).

### مخطط (3)

المناطق التي تم اختيارها من اجل عملية التقييم



**المنطقة الأولى:** تمثل مجموعة من المباني المتلاصقة الواقعة على الشارع الرئيس في شمال التجمع، وقد تم اختيارها كونها نموذجاً واضحاً للمباني المتجاورة ضمن نسيج عمراني كثيف يصعب فيه تحديد الحدود بدقة.

**المنطقة الثانية:** منزل ذو شكل غير منتظم يحتوي على بعض التعرجات، وتم اختياره لتمييز شكله المعماري ووضوح تفاصيله في كل من الصورة العمودية والغيمة النقطية.

**المنطقة الثالثة:** تضم منزلاً ذا تصميم لافت، اختير بهدف دراسة مدى قدرة الغيمة النقطية على تمثيل التفاصيل المعمارية الدقيقة مقارنة بالصور الجوية العمودية.

**المنطقة الرابعة:** شملت مبنى مستطيلاً بسيط الشكل.

**المنطقة الخامسة:** تقع في الجزء الشرقي من المنطقة المكتظة، وتم اختيارها لتمثيل الأطراف العمرانية الأقل تداخلاً.

**المنطقة السادسة:** تقع في منتصف المنطقة المكتظة وتحتوي على بروزات معمارية واضحة، وقد اختيرت لاختبار قدرة الترسيم على تمثيل الأشكال غير المنتظمة بدقة.

**المنطقة السابعة:** تقع في الجهة الغربية من المنطقة المكتظة، وقد تم اختيارها لقياس تأثير الموقع الطرفي في بيئة نقلٍ فيها ظلال الأشجار نسبياً.

**المنطقة الثامنة:** تمثل مسجداً في الجهة الجنوبية من المنطقة المكتظة على الشارع الرئيس، وقد اختير لتميزه المعماري ووضوح حدوده.

**المنطقتان التاسعة والعاشر:** تتكونان من كتلتين من المباني المتلاصقة يفصل بينهما شارع ضيق، وقد اختيرتا لاختبار دقة التمييز بين الحدود المتقاربة للمباني في البيئات العمرانية الكثيفة.

وفي ضوء هذا التوزيع المكاني المتنوع للمناطق العشر، سيتم في الجزء التالي عرض فرع التحليل الأول الذي يتناول مقارنة الترسيم الناتج من الصورة الجوية العمودية مع الترسيم الناتج من الغيمة النقطية المسقطة، وذلك بهدف تقييم الدقة النسبية بين الطريقتين. يهدف هذا التحليل إلى قياس نسبة التطابق والخطأ بين الترسيمين، وتحليل مدى التوافق في الشكل والمساحة لكل مبنى في النموذجين. كما سيتم توضيح القيم الرقمية للفروقات التي ظهرت في كل منطقة على حدة لتحديد نسبة التطابق المئوية ومدى انتظامها في البيئات العمرانية المختلفة.

بناءً على ذلك، سيتم تقديم شرح تفصيلي لكل منطقة من المناطق العشر التي تم اختيارها، يتناول وضوح التفاصيل في كل من الصورة الجوية العمودية والغيمة النقطية، مع تفسير أسباب الفروقات إن وجدت. وبهذا يسعى هذا القسم إلى إبراز كفاءة الغيمة النقطية في تمثيل التفاصيل الدقيقة مقارنة بالصورة الجوية العمودية، ومدى إمكانية اعتمادها كمصدر موثوق في عمليات التصميم الهندسي ضمن البيئات العمرانية المكتظة والمعقدة.

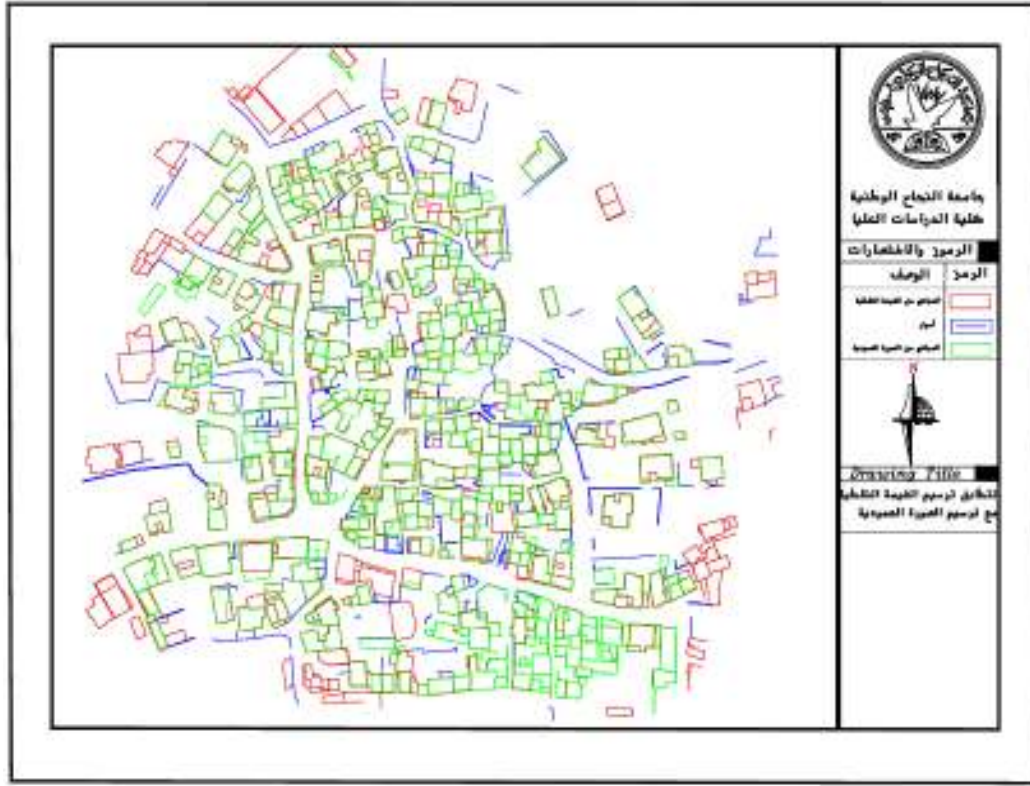
#### 4.5.1 مقارنة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع ترسيم الغيمة النقطية

يتناول هذا الجزء من الدراسة المقارنة بين دقة الترسيم الناتج من الصورة الجوية العمودية والترسيم الناتج عن الغيمة النقطية المسقطة، وذلك بهدف تقييم الدقة النسبية بين الطريقتين. حيث تم إجراء المطابقة بين الترسيمين من أجل تحديد مدى دقة وموثوقية كل مصدر في تمثيل المعالم الهندسية لمنطقة الدراسة بدقة وواقعية.

ولغرض الوصول إلى مقارنة دقيقة وشاملة، تم اختيار عشر مناطق محددة داخل منطقة الدراسة بعد مطابقة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع الغيمة النقطية المسقطة، كما هو موضح في مخطط (4) وقد رُوعي في هذا الاختيار أن تمثل هذه المناطق تنوعاً في الأشكال والتفاصيل والمواقع، بما يتيح إجراء تقييم متكامل لأداء كل من الطريقتين في البيئات العمرانية المختلفة.

#### مخطط (4)

تطابق ترسيم الغيمة النقطية المسقطة مع الترسيم الصورة العمودية



وفيما يلي عرض تفصيلي لحالات الترسيم في المناطق المختارة، مع تحليل الفروقات الملاحظة في حدود المعالم، ودراسة أسباب التباين في دقة التمثيل الهندسي.

#### 4.5.1.1 عرض تفصيلي لحالات الترسيم المختلفة

المنطقة رقم (1) مخطط رقم (5)، والتي تتألف من مجموعة من المباني المتلاصقة والمتراصة بجانب بعضها البعض. وقد تم اختيار ثلاثة مبانٍ من هذه المنطقة بهدف تقييم دقة التطابق بين ترسيم الغيمة النقطية المسقطة وترسيم الصورة الجوية العمودية، وذلك ضمن منطقة مكتظة بالمباني يصعب فيها تمييز الحدود بدقة بسبب التلاصق العمراني وكثافة التفاصيل المكانية.

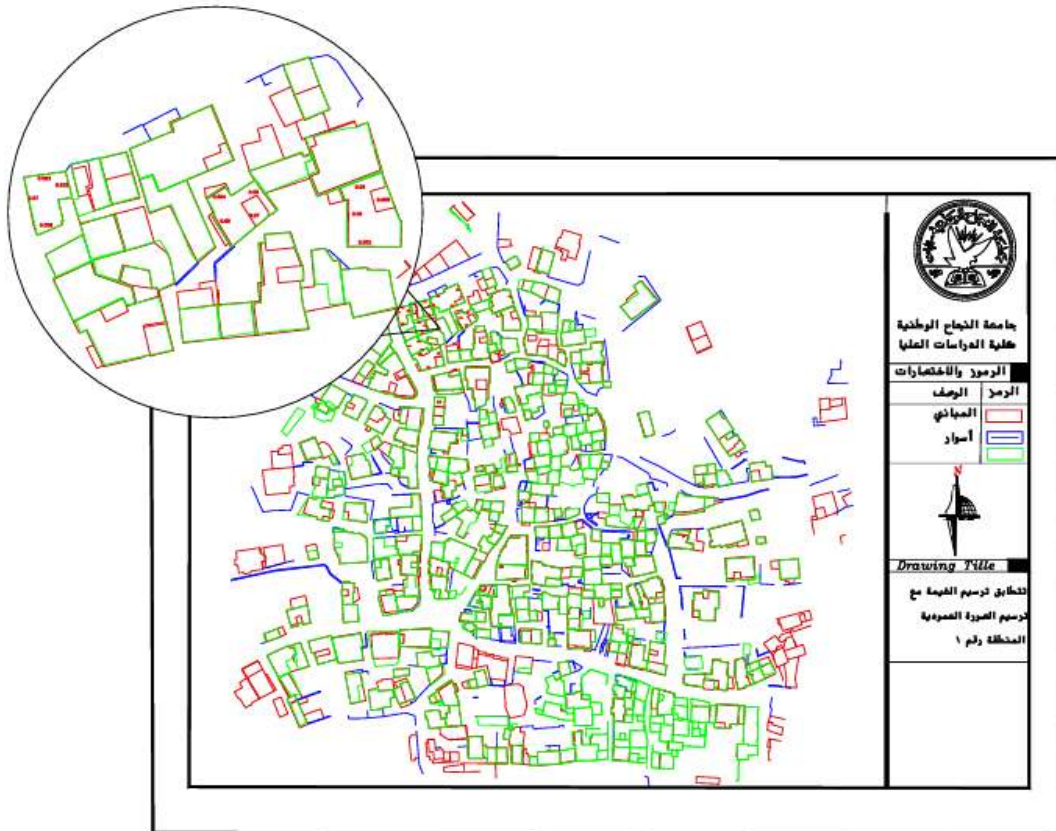
تم اختيار المباني بحيث يكون مبنيان على أطراف التجمعات المتلاصقة، بينما يقع المبنى الثالث في وسطها، لضمان تمثيل واقعي لتأثير التداخل المكاني على جودة الترسيم.

أظهرت نتائج التحليل أن قيمة RMSE الكلي تراوحت ما بين (0.009-0.06 م)، بمتوسط عام مقداره (0.04 م)، مما يشير إلى مستوى دقة عالٍ وتطابق ممتاز بين الترسيمين رغم صعوبة طبيعة المنطقة. كما بلغت نسبة تطابق المساحة 99%، وهو ما يؤكد أن تقنية الغيمة النقطية المسقطة تُظهر أداءً موثوقاً في البيئات العمرانية المكتنزة.

وقد أوضحت النتائج أن الغيمة النقطية المسقطة تمتاز بدقة عالية خاصة عند التعامل مع المباني المتلاصقة، إذ تسمح كثافة النقاط العالية بتمييز الحدود المشتركة والفواصل الضيقة بين المباني بوضوح أكبر، إضافة إلى تمثيل سمك الجدران والحواف الخارجية والتفاصيل السطحية بصورة أكثر واقعية من الصورة الجوية العمودية، وهي عناصر غالباً ما تُبسّط أو تُخفى عند الاعتماد على الصور العمودية فقط.

## مخطط (5)

المنطقة رقم 1، تطابق ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية



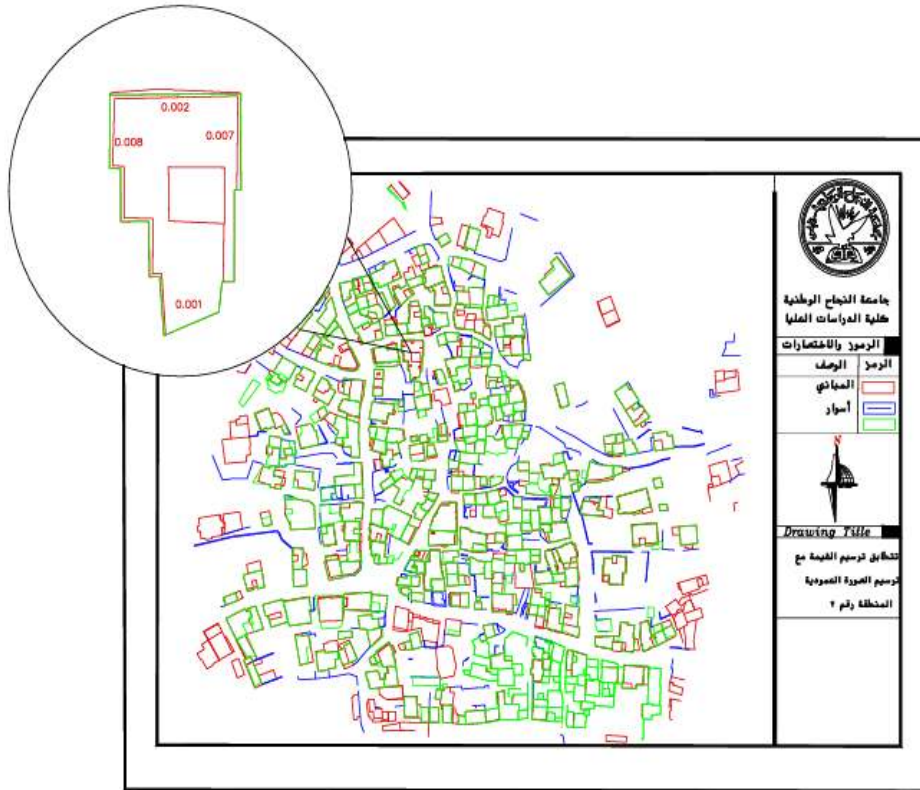
يضم المخطط (6) المنطقة رقم (2)، وهي عبارة عن منزل ذو شكل غير منتظم يحتوي على بعض التعرجات. وقد تم اختياره لتمييز شكله المعماري ووضوح تفاصيله في كل من الصورة العمودية والغيمة النقطية.

أظهرت نتائج المقارنة بين ترسيم المبنى الناتج من الغيمة النقطية المسقطة والترسيم المستخرج من الصورة الجوية العمودية تطابقاً شبه تام في المساحات والأبعاد؛ إذ بلغت مساحة المبنى في ترسيم الغيمة النقطية (242.239 م<sup>2</sup>)، وفي ترسيم الصورة الجوية (242.645 م<sup>2</sup>)، بنسبة تطابق وصلت إلى 99.83%، كما بلغت قيمة RMSE الكلي (0.002 م) فقط.

تُظهر هذه النتائج دقة عالية جداً وتوافقاً واضحاً بين النموذجين، مما يؤكد موثوقية البيانات المشتقة من الغيمة النقطية في تمثيل حدود المباني بدقة تقارب الصورة الجوية العمودية.

## مخطط (6)

المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية.



يضم المخطط (7) المنطقة رقم (3)، حيث ضمت منزلاً ذا شكل مميز اختير بهدف دراسة مدى قدرة الغيمة النقطية على تمثيل التفاصيل المعمارية الفريدة مقارنة بالصور الجوية.

أظهرت نتائج المقارنة بين الترسيمين درجة عالية من التطابق، إذ بلغت قيمة RMSE الكلي (0.02 م) فقط، وهي قيمة منخفضة جداً تدل على دقة عالية في تماثل النتائج.

أما من حيث المساحة، فقد بلغت مساحة المبنى في ترسيم الغيمة النقطية (394.807 م<sup>2</sup>)، مقابل (390.504 م<sup>2</sup>) في ترسيم الصورة الجوية، بنسبة تطابق بلغت حوالي 98.9%، مما يشير إلى أن الفروق هامشية جداً.

وقد أثبتت الغيمة النقطية قدرتها على تمثيل الزوايا الحادة والانكسارات الجانبية بدقة وواقعية، بينما بدت بعض الخطوط في الترسيم المستخرج من الصورة العمودية أكثر استقامة وانتظاماً بسبب خصائص الإسقاط العمودي.

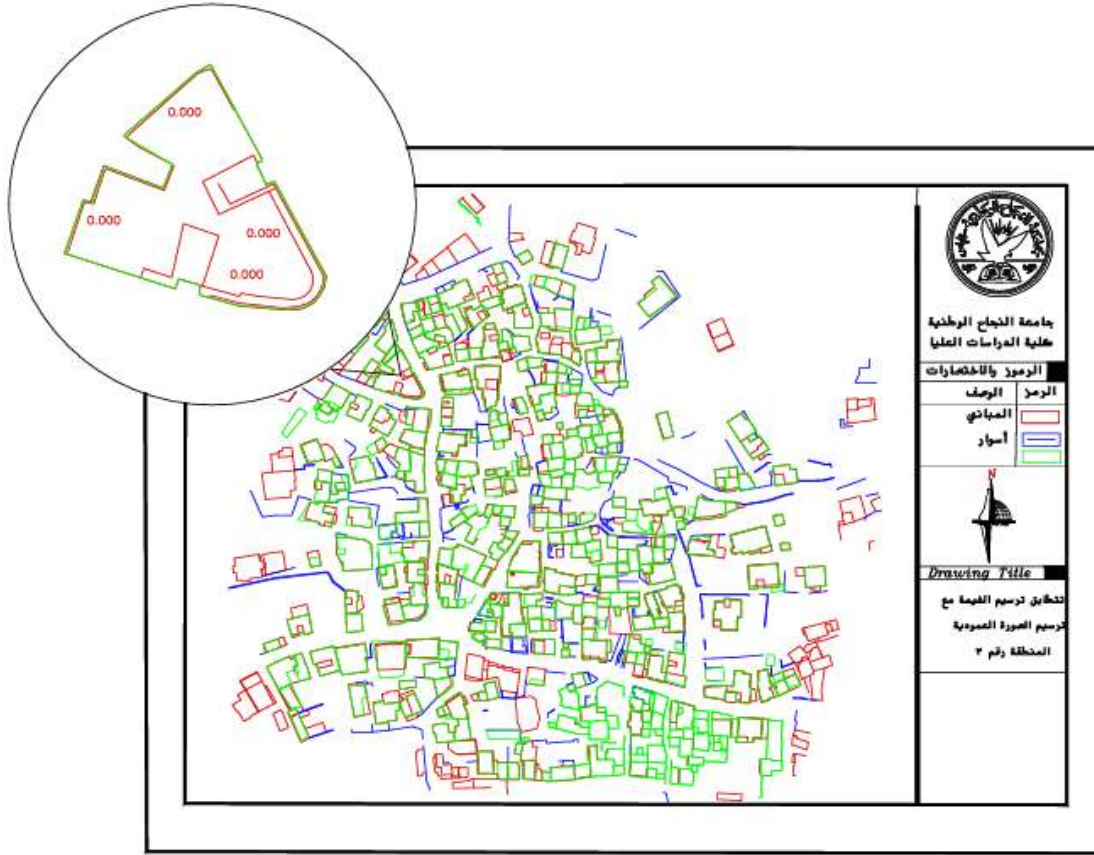
بناءً على ذلك، يُظهر مخطط (7) أن الغيمة النقطية توفر دقة مطلقة ونسبية عالية وقدرة متميزة على تمثيل التفاصيل الهندسية المعقدة، في حين يظل الترسيم الناتج من الصورة العمودية مقبولاً من حيث الدقة العامة لكنه أقل كفاءة في تصوير الاختلافات الواقعية في الشكل الهندسي.

ومع ذلك، تبين أن الغيمة النقطية المسقطة أكثر دقة، إذ استطاعت تمثيل تفاصيل دقيقة لا تظهر بوضوح في الصورة العمودية، مثل التشوه في أعلى المبنى الذي انعكس على الخط الأحمر بشكل أكثر وضوحاً. كما أتاح التمثيل في الغيمة النقطية إمكانية ملاحظة سُمك الحواف والبروزات المعمارية، في حين اقتصر تمثيل الصورة العمودية على حدود ثنائية الأبعاد دون إظهار العمق.

وهذا يؤكد أن الغيمة النقطية تمتاز بقدرتها على التقاط الأبعاد الحقيقية والاختلافات الطفيفة في الشكل الهندسي، خصوصاً في البيئات العمرانية المعقدة والمكتظة.

## مخطط (7)

المنطقة رقم 3 تطابق ترسيم الغيمة مع ترسيم الصورة العمودية.



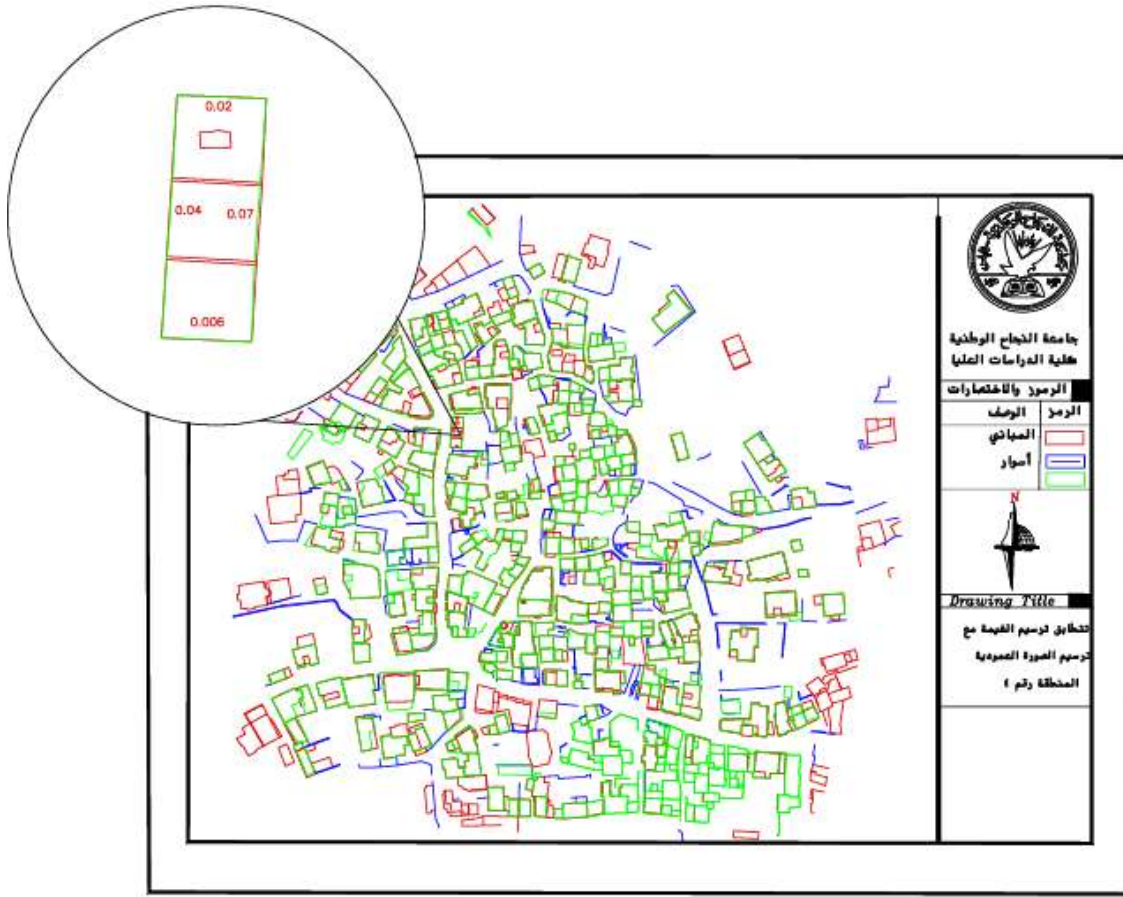
المقارنة بين ترسيم الغيمة النقطية والصورة الجوية العمودية تطابقاً شبه تام، حيث بلغ RMSE الكلي (0.009 م) فقط، وهو مؤشر على دقة عالية. كما بلغت نسبة تطابق المساحة 98.6%، مما يدل على أن أبعاد المبنى ممثلة بدقة متقاربة جداً بين الطريقتين.

الفروقات البسيطة المسجلة ضمن أجزاء السنتيمتر تُعزى غالباً إلى دقة نقاط الرسم اليدوي أو موقع النقاط الطرفية، ولا تؤثر على جودة النتائج العامة.

كما أظهرت الغيمة النقطية قدرة على إبراز التفاصيل الدقيقة المرتبطة بتقسيمات السطح، في حين اكتفت الصورة العمودية بتمثيل الإطار العام فقط، مما يؤكد أن الغيمة النقطية المسقطة أثبتت تفوقها في تمثيل الأبعاد الحقيقية مقارنة بالصورة العمودية ثنائية الأبعاد.

## مخطط (8)

المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



يضم المخطط (9) في الملحق (و) المنطقة رقم (5)، وهي موقع متطرف نسبياً شرق المنطقة المكتظة لتمثيل الأطراف العمرانية الأقل تداخلاً. أظهر تحليل المبنى الخامس درجة عالية من الدقة في التطابق بين الترسيمين، إذ بلغ RMSE الكلي (0.05 م) فقط، ما يدل على دقة في تحديد إحداثيات زوايا المبنى وتطابق شبه تام في المواقع.

كما أظهرت مقارنة المساحات أن نسبة التطابق بلغت 99.74%، مما يؤكد توافق النموذجين بدرجة ممتازة وجودة المعالجة ودقة الإسقاط في كل من الطريقتين.

يضم المخطط (10) في الملحق (و) المنطقة رقم (6)، الواقعة في منتصف المنطقة المكتظة، ويحتوي مبناها على بروزات معمارية واضحة. تهدف هذه المنطقة إلى اختبار قدرة الترسيم على تمثيل الأشكال

غير المنتظمة، وقد أشارت النتائج إلى تطابق مكاني عالٍ جدًا بين الغيمة النقطية والصورة الجوية، حيث بلغ RMSE الكلي (0.02 م) فقط بنسبة تطابق بلغت 97.8%.

وهذا يؤكد أن الغيمة النقطية تعكس واقع المبنى بدقة عالية جدًا، وتُظهر مرونة كبيرة في تمثيل العناصر غير المنتظمة مقارنة بالصور الجوية.

يضم المخطط (11) في الملحق (و) المنطقة رقم (7)، والتي تقع في الجهة الغربية من المنطقة المكتظة وتعكس تأثير الموقع الطرفي في بيئة تقل فيها ظلال الأشجار. أظهرت النتائج أن قيمة RMSE الكلي بلغت (0.02 م) فقط، ونسبة التطابق 98.7%، ما يدل على توافق مكاني مرتفع جدًا بين الترسيمين، ويؤكد اتساق المنهجية وجودة الدقة في جميع المناطق.

يضم المخطط المنطقة رقم (12) في الملحق (و)، وقد بلغت قيمة RMSE الكلي (0.05 م)، وهي من القيم المنخفضة نسبيًا، مما يشير إلى دقة عالية في التطابق المكاني بين الترسيمين. كما بلغت نسبة التطابق في المساحة (99.66%)، وهي من أعلى القيم المسجلة، مما يدل على ثبات الدقة في النتائج واستمرارية الجودة في جميع مناطق الدراسة.

يضم المخطط (13) في الملحق (و) المنطقة رقم (9)، وهي مجموعة ثانية من المباني المتجاورة ضمن منطقة حضرية ذات تداخل عمراني واضح. أظهرت المقارنة بين الترسيمين تطابقًا عالي الدقة، حيث تراوحت قيم RMSE بين (0.01-0.05 م) بمتوسط عام (0.035 م)، وهي قيمة صغيرة جدًا تعكس توافقًا ممتازًا بين الطريقتين.

وقد وفّرت الغيمة النقطية تمثيلًا أكثر واقعية للتفاصيل الدقيقة مثل الفواصل بين المباني والاختلافات الطفيفة في الحواف، وهي عناصر يصعب رصدها في الترسيم من الصور العمودية.

يشير ذلك إلى أن عملية المطابقة كانت دقيقة وموثوقة، ولم تُظهر فروقاً مكانية تُذكر، مما يعزز من موثوقية النموذج الهندسي للقيمة النقطية.

يضم المخطط (14) في الملحق (و) المنطقة رقم (10)، وقد أظهرت نتائج المطابقة للمجموعة الثالثة من المباني أن الفروق بين الإحداثيات المأخوذة من الغيمة النقطية وتلك المستخرجة من الصورة الجوية تكاد تكون معدومة، إذ بلغ متوسط الخطأ الجذري الكلي حوالي 0.02 م فقط.

وهذا يدل على أن عملية الترسيم من الغيمة النقطية دقيقة للغاية وتعكس المواقع الحقيقية بدقة عالية، خاصة مع تسجيل تطابق تام في أحد المباني، وانحرافات طفيفة جداً في المبنيين الآخرين لا تؤثر على النتيجة النهائية.

بناءً على ما سبق، أظهرت نتائج الترسيم باستخدام الصورة الجوية العمودية عدة مزايا، أبرزها وضوح الحدود الخارجية للمعالم وسهولة تتبع خطوط المباني من منظور علوي، مما يسهم في سرعة إنجاز الترسيم، خاصة فيما يتعلق بتحديد الأبعاد الأفقية.

ومع ذلك، فإن هذا النوع من الترسيم يعجز عن إظهار التفاصيل الدقيقة مثل الفواصل بين المباني أو الأسوار المغطاة بالأشجار.

في المقابل، أثبتت الغيمة النقطية المسقطة تفوقها من حيث الشمولية والدقة، إذ كشفت عن تفاصيل معمارية إضافية يصعب أو يستحيل رصدها في الصور العمودية وحدها، مثل الأسوار المحيطة، وحواف الشبايك، والمعالم الواقعة تحت الأشجار. وقد أظهرت جميع المناطق تطابقاً عالياً بين الترسيمين، حيث تراوحت قيم RMSE بين (0.002 و 0.06 م)، بمتوسط عام (0.04 م)، بينما بلغت نسب التطابق في المساحات بين (98-99%).

## 4.5.2 تطابق ترسيم الغيمة النقطية المسقطة مع ترسيم التسوية

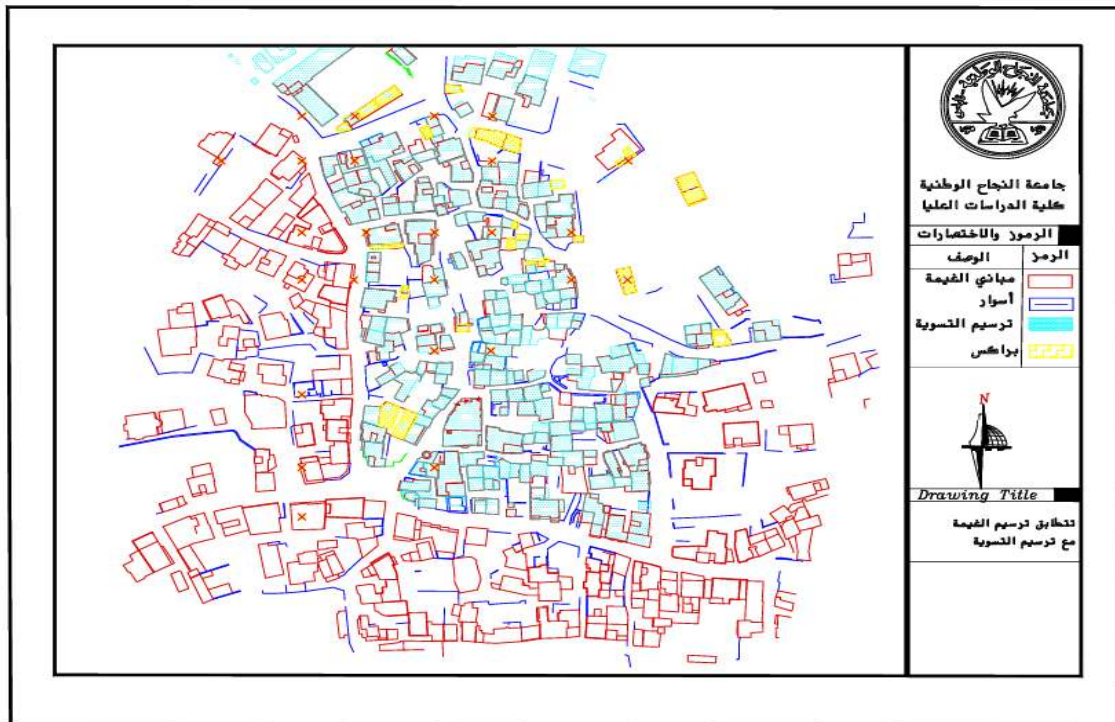
يُعدّ التحقق من مدى تطابق نتائج الترسيم باستخدام الغيمة النقطية المسقطة مع الخرائط والمخططات الرسمية الصادرة عن هيئة تسوية الأراضي والمياه خطوة أساسية في تقييم دقة وكفاءة البيانات الناتجة عن هذه التقنية الحديثة.

وفي هذا السياق، أُجريت مقارنة تحليلية وتفصيلية بين الترسيم المستخلص من الغيمة النقطية المسقطة وبين المخططات الرسمية الصادرة عن هيئة التسوية، بهدف التحقق من مدى الدقة والموثوقية.

ويُرفق في مخطط (15) أدناه المخطط العام للمنطقة المدروسة، والذي يبيّن درجة التطابق العالية بين خطوط الترسيم الناتجة عن الغيمة النقطية وتلك الواردة في خرائط التسوية الرسمية، مما يعزز الثقة في اعتماد الغيمة النقطية كوسيلة دقيقة وحديثة في أعمال الترسيم الهندسي والعقاري.

### مخطط (15)

المخطط العام للمنطقة المدروسة، والذي يبيّن مدى التطابق بين خطوط الترسيم الناتجة عن الغيمة النقطية وتلك الواردة في خرائط التسوية



وفيما يلي عرض تفصيلي للنتائج حسب الملحقات المرفقة، موضحاً أبرز فروقات الدقة وأسبابها، مع تفسيرها في سياق التطبيق العملي لتقنيات الغيمة النقطية في أعمال التسوية والترسيم.

المنطقة رقم (1) مخطط رقم (16) في الملحق (و) مجموعة من المباني المتلاصقة والمتراصة، وقد أظهرت الغيمة النقطية قدرة عالية على تمييز حدود كل مبنى على حدة رغم قربها المكاني، مما يعكس كفاءتها في الفصل الدقيق بين العناصر المتجاورة.

كما أظهرت نتائج المقارنة بين ترسيم الغيمة النقطية المسقطة وترسيم التسوية درجة عالية من التطابق سواء من حيث مواضع المعالم وحدودها أو من حيث الأبعاد والمسافات الفاصلة بينها. وقد بين التحليل أن متوسط الخطأ الجذري الكلي (RMSE) للمجموعة الثانية بلغ (0.02 م)، وهو دليل على تطابق ممتاز ودقة عالية جداً بين الترسيم الناتج من الغيمة النقطية وترسيم التسوية الميدانية.

وتبيّن أن الفروقات المسجلة تراوحت بين (0.001 م) كأقل فرق، و(0.01 م) كأعلى فرق، وهي فروقات صغيرة جداً تقع ضمن هامش الخطأ المسموح به في الأعمال المساحية الدقيقة. هذه القيم المنخفضة تعكس دقة مطلقة ممتازة تشير إلى مدى قرب نتائج الغيمة النقطية من القيم المرجعية في مخططات التسوية، إذ لم تتجاوز الفروقات القصوى سنتيمتراً واحداً فقط. كما تُظهر النتائج دقة نسبية مرتفعة ناتجة عن تجانس النقاط وتماسك النموذج، مما يدل على جودة المعالجة وثبات التمثيل الهندسي للغيمة النقطية.

ويُعزى هذا المستوى العالي من الدقة إلى تكامل مراحل العمل الميداني والمعالجة الرقمية، بدءاً من تحديد وتوزيع نقاط الضبط الأرضي (GCPs) بدقة مناسبة، ووصولاً إلى مرحلة الترسيم والتحليل. كما ساهمت جودة الصور الجوية، وزاوية التصوير، وارتفاع الطيران في تحقيق هذا التطابق المتميز، مما يعكس منهجية دقيقة في تنفيذ المشروع.

بلغ متوسط الفروقات بين الترسيمين نحو (0.005 م)، مما يعكس دقة مطلقة ونسبية استثنائية ضمن حدود المليمترات إلى السنتيمتر الواحد، ويؤكد كفاءة الغيمة النقطية العالية في تمثيل العناصر المتلاصقة بدقة هندسية متناهية.

وبشكل عام، تُثبت هذه النتائج موثوقية الغيمة النقطية في تمثيل المواقع الحقيقية، وتؤكد إمكانية الاعتماد عليها في إنتاج مخططات دقيقة مقارنة بنتائج الترسيم الميداني.

أظهر الترسيم في المنطقة رقم (2) مخطط رقم (17) في الملحق (و) الناتج عن الغيمة النقطية تطابقاً واضحاً مع ترسيم التسوية، حيث تمكّن كلا الترسيمين من تمثيل التشوّه الموجود في أعلى المبنى بدقة متناهية. حيث بلغت قيمة RMSE الكلي (0.01 م) فقط، مما يشير إلى توافق مرتفع جداً بين الطريقتين، كما بلغت نسبة التطابق المساحي 99.74%، مما يؤكد أن ترسيم الغيمة النقطية يعكس حدود المبنى بدقة شبه مطابقة لترسيم التسوية، مع فروقات طفيفة جداً لا تتجاوز بضعة سنتيمترات.

ومن خلال التحليل، تبين أن الفروقات الرقمية تراوحت بين (0.001 م) كأقل فرق مسجّل و(0.06 م) كأكبر فرق، في حين ظهرت فروق متوسطة مثل (0.03 م) و(0.008 م).

تُظهر هذه القيم المنخفضة جداً مستوى عالياً من الدقة المطلقة، إذ تعكس مدى قرب نتائج الغيمة النقطية من القيم الحقيقية في ترسيم التسوية، حيث لم تتجاوز الفروقات القصوى 6.4 سم، وهي قيمة صغيرة جداً هندسياً.

كما تُظهر دقة نسبية مرتفعة نتيجة تجانس عناصر النموذج وتناسق تركز النقاط والأضلاع، ما يدل على انتظام الغيمة النقطية واستقرارها الداخلي.

ويُلاحظ أن الفارق الأكبر (0.06 م) سُجّل عند الحافة العليا للمبنى، وهو محدود نسبياً مقارنة بحجم المبنى وتعقيد حدوده، بينما أظهرت مناطق أخرى فرقاً شبه معدوم بلغ (0.001 م). تؤكد هذه النتائج أن

الغيمة النقطية تحافظ على انسجام داخلي عالٍ بين نقاطها، مما يعزز موثوقيتها في التطبيقات الهندسية والمساحية الدقيقة.

أظهرت المنطقة رقم (4) مخطط رقم (18) في الملحق (و) الترسيم الناتج عن الغيمة النقطية تطابقاً واضحاً مع ترسيم التسوية، حيث بيّنت النتائج اتفاقاً كبيراً في تحديد حدود الموقع وتمثيل عناصره الهندسية. ومن خلال قراءة القيم الرقمية، تبين أن الفروقات تراوحت بين (0.0034 م) كأقل فرق و(0.0272 م) كأعلى فرق، في حين سُجلت فروق متوسطة مثل (0.0116 م) و(0.0100 م).

بلغت قيمة RMSE الكلي (0.06 م)، مما يشير إلى أن الانحرافات المكانية بين النموذجين طفيفة جداً، كما بلغت نسبة التطابق المساحي 99.3%، وهي نسبة ممتازة تدل على دقة عالية في تمثيل حدود المبنى ومطابقتها بين الترسيمين. تُعد هذه القيم منخفضة جداً وتقع ضمن النطاق السنتمتري المقبول هندسياً ومساحياً، مما يعكس دقة مطلقة عالية تشير إلى مدى قرب الغيمة النقطية من الترسيم الحقيقي المعتمد.

كما تُظهر النتائج دقة نسبية مرتفعة من حيث انتظام النقاط وتجانسها داخل الغيمة النقطية، ما يدل على استقرار النموذج وقدرته على تمثيل السطوح والحدود بدقة متناهية.

وإضافة إلى التطابق الممتاز، أظهرت الغيمة النقطية تفاصيل داخلية دقيقة مثل التقسيمات والحدود الثانوية، وهي عناصر لا تظهر عادة في المخططات التقليدية، مما يؤكد قدرتها على إبراز الفروق الدقيقة والتفاصيل الإنشائية ذات الأهمية التحليلية.

أظهرت المنطقة رقم (6) مخطط رقم (19) في الملحق (و) الترسيم الناتج عن الغيمة النقطية تطابقاً واضحاً مع ترسيم التسوية، حيث عكست النتائج انسجاماً كبيراً بين النموذجين في تحديد حدود المبنى ومعامله بدقة عالية. تراوحت الفروقات الرقمية بين (0.003 م) كأقل فرق و(0.02 م) كأعلى فرق، وهي فروقات صغيرة جداً تقع ضمن النطاق السنتمتري المقبول.

بلغ متوسط RMSE (0.06م) وهو ضمن الحدود المقبولة لعمليات الترسيم في المناطق الحضرية، كما بلغت نسبة التطابق المساحي 98.9%، مما يدل على دقة عالية في تمثيل الحدود، مع فروقات طفيفة ناتجة عن اختلاف زاوية الالتقاط أو دقة الإسقاط.

كما يُلاحظ أن الفروقات المسجلة تكاد تكون معدومة في بعض المواضع، الأمر الذي يعزز موثوقية الغيمة النقطية وقدرتها على إعادة إنتاج الترسيم بدقة عالية جدًا. وقد أظهرت بعض الحواف والانكسارات الدقيقة تفاصيل واضحة، مما يدل على حساسية النموذج في التقاط التغيرات الطفيفة في السطح.

بلغ متوسط الفروقات بين الترسيمين نحو (0.01 م)، وهو ما يعكس دقة ممتازة تؤكد أن الغيمة النقطية أداة موثوقة وفعالة في عمليات الترسيم.

أظهرت نتائج المنطقة رقم (8) مخطط رقم (20) في الملحق (و) المقارنة بين ترسيم المبنى من الغيمة النقطية وترسيم التسوية أن قيمة RMSE الكلي بلغت (0.06 م)، وهي قيمة منخفضة تشير إلى دقة مرتفعة في التطابق بين الإحداثيات.

أما من حيث المساحة، فقد بلغت نسبة التطابق 98.78%، وهي نسبة ممتازة. كما أظهرت الغيمة النقطية تفاصيل دقيقة مثل الترسيم الدائري لحدود المئذنة، وهو عنصر معماري لا يظهر عادة بنفس الوضوح في المخططات التقليدية، مما يعكس كفاءتها العالية في تمثيل العناصر السطحية الدقيقة بدقة متناهية.

يظهر الترسيم في المنطقة رقم (9) مخطط رقم (21) في الملحق (و) مجموعة من المباني المتلاصقة، وقد أظهرت الغيمة النقطية قدرة عالية على تمييز حدود كل مبنى بدقة كبيرة رغم قربها المكاني، مما يعكس كفاءتها في الفصل بين العناصر المتجاورة.

أظهرت نتائج المقارنة بين ترسيم الغيمة النقطية وترسيم التسوية درجة عالية من التطابق سواء من حيث الحدود أو الأبعاد، إذ بلغ متوسط RMSE الكلي (0.02 م) فقط. كما تراوحت الفروقات بين (0.001 م) و (0.01 م)، وهي قيم دقيقة جدًا تقع ضمن هامش الخطأ المساحي المسموح به.

من خلال التحليل، تبين أن الفروقات المسجلة تراوحت بين 0.001 م كأقل فرق، و 0.01 م كأعلى فرق، وهي فروقات بالغة الصغر تقع ضمن هامش الخطأ المسموح به في الأعمال المساحية الدقيقة. هذه القيم المنخفضة جدًا تعكس دقة مطلقة ممتازة تشير إلى مدى قرب نتائج الغيمة النقطية من القيم المرجعية للمخططات التسوية، إذ لم تتجاوز الفروقات القصوى سنتيمترًا واحدًا فقط. كما تُظهر دقة نسبية مرتفعة ناتجة عن تجانس النقاط وتماسك النموذج، مما يدل على جودة المعالجة وثبات التمثيل الهندسي للغيمة النقطية.

من خلال المقارنات المتعددة بين الترسيم الصادر عن هيئة التسوية والترسيمات الناتجة عن الغيمة النقطية المسقطة تبين أن هناك تطابق بين كل من الغيمة النقطية مع ترسيم التسوية و أظهرت المقارنات تطابقًا مرتفعًا جدًا. حيث كان متوسط RMSE الكلي تراوح بين 0.005 و 0.02 م حسب المنطقة، مع فروقات لا تتجاوز سنتيمتر واحد في معظم الحالات. و نسبة التطابق المساحي غالبًا تجاوزت 98-99%. بالإضافة إلى أن الغيمة النقطية أظهرت تفاصيل إضافية غير موجودة في التسوية التقليدية، مثل الانكسارات الدقيقة والتقسيمات الداخلية للسطح.

ويرجع هذا المستوى العالي من الدقة إلى تكامل مراحل العمل الميداني والمعالجة الرقمية، بدءًا من تحديد وتوزيع نقاط الضبط الأرضي (GCPs) بدقة مناسبة، ووصولًا إلى مرحلة الترسيم والتحليل. كما ساهمت جودة الصور الجوية، وزاوية التصوير، وارتفاع الطيران في تحقيق هذا التطابق المتميز، مما يعكس منهجية دقيقة في تنفيذ المشروع.

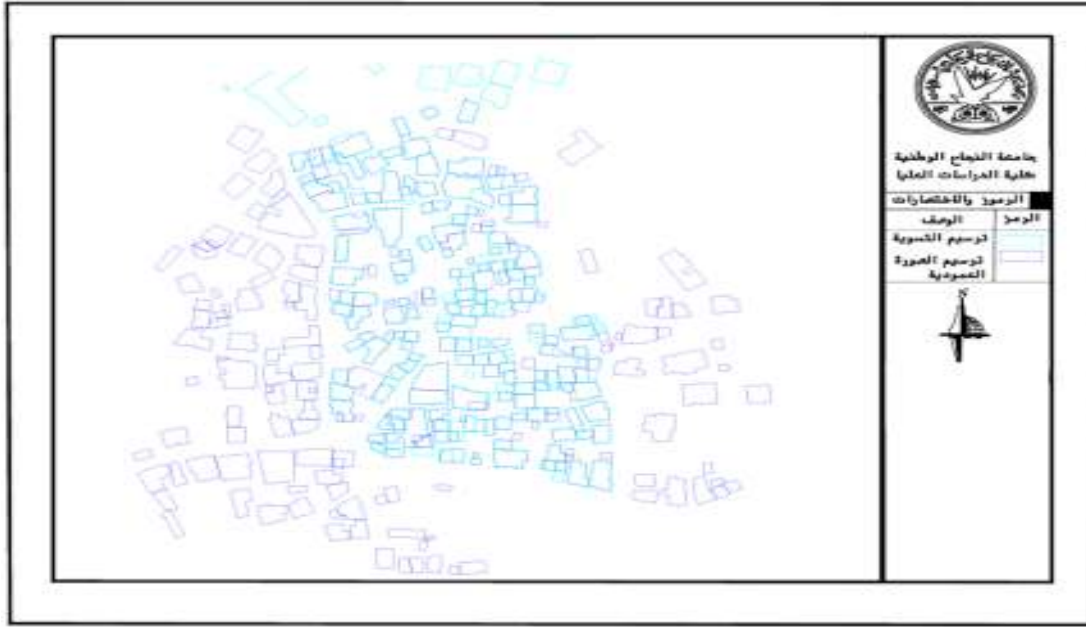
من خلال المقارنات المتعددة بين الترسيم الصادر عن هيئة التسوية والترسيمات الناتجة عن الغيمة النقطية المسقطة، تبين أن الفروقات الرقمية بين المخططات بقيت محدودة جداً، حيث تراوحت بشكل عام ضمن مستوى السنتيمترات القليلة. هذه النتائج تعكس دقة عالية للغيمة النقطية وقدرتها على إنتاج المخططات الرسمية بدرجة ودقة كبيرة، بل وتفوقت عليها في بعض الحالات بإظهار تفاصيل إضافية مثل الانكسارات الدقيقة والتقسيمات الداخلية للعناصر السطحية. إن الفروقات الأكبر المسجلة كانت محدودة نسبياً مقارنة بحجم المواقع المدروسة وتعقيد حدودها، في حين أظهرت معظم الأجزاء فروقاً شبه معدومة، مما يشير إلى قوة التطابق المكاني. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن تقنية الغيمة النقطية تُعد أداة فعالة وعملية يمكن الاعتماد عليها في أعمال الترسيم، لما توفره من دقة ومرونة وسرعة، إلى جانب قدرتها على رصد تفاصيل إضافية.

### 4.5.3 مقارنة ترسيم الصورة الجوية العمودية مع ترسيم التسوية

بعد المقارنات السابقة بين الترسيم الناتج من الغيمة النقطية وبين الصورة الجوية وترسيم التسوية، أصبح من الضروري تقييم مدى تطابق ترسيم الصورة الجوية العمودية مع خرائط التسوية الميدانية، حيث تهدف هذه المقارنة إلى تقييم مدى موثوقية الصور الجوية كأداة دقيقة للترسيم، وتحديد مدى قابليتها للاعتماد في المشاريع المساحية والهندسية، مخطط (22) يوضح ذلك.

## مخطط (22)

تطابق ترسيم الصورة العمودية مع ترسيم التسوية.



وقد أظهرت النتائج في جميع المناطق المختارة تطابقاً جيداً بشكل عام، حيث تراوح متوسط RMSE بين (0.03-0.07 م)، وبلغت نسب التطابق المساحي بين (98-99%)، مما يدل على دقة مرتفعة في التمثيل الأفقي، مع ضعف نسبي في تمثيل التفاصيل الدقيقة مقارنة بالخيمة النقطية.

ويُستنتج من ذلك أن الصور الجوية العمودية فعالة لتحديد المواقع العامة والأبعاد الأفقية، لكنها أقل قدرة على إظهار التفاصيل المعمارية الدقيقة أو الفواصل بين المباني المتلاصقة.

يوفر هذا التحليل رؤية واضحة حول دقة الصورة العمودية كأداة في الترسيم، ويتيح تقييم إمكانية استخدامها كمرجع يعتمد عليه في المشاريع الهندسية والمسح الميداني. وفيما يلي عرض تفصيلي لحالات الترسيم في المناطق المختارة.

منطقة رقم 1 مخطط رقم (23) في الملحق (و)، أظهرت نتائج مقارنة الترسيم بين الصورة الجوية وخرائط التسوية للمجموعة الأولى من المباني وجود تطابق جيد بشكل عام، بلغ متوسط RMSE الكلي

للمجموعة 0.06 م، مما يشير إلى أن الفروقات بين الإحداثيات المستخرجة من الطريقتين محدودة. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن مستوى التطابق بين الطريقتين في هذه المجموعة مرتفع، وأن نتائج الترسيم من الصورة الجوية موثوقة وتعكس الواقع الميداني بدقة مقبولة جدًا.

الترسيم في المنطقة رقم (2) مخطط رقم (24) في الملحق (و)، فقد أظهرت نتائج المقارنة بين إحداثيات ترسيم المبنى من الصورة الجوية والترسيم من التسوية أن قيمة RMSE الكلي بلغت (0.03 م)، وهي قيمة صغيرة تدل على دقة عالية في التطابق المكاني بين النموذجين. كما بلغت نسبة التطابق المساحي 99.74%، مما يشير إلى أن الاختلافات بين الطريقتين طفيفة جدًا ولا تؤثر جوهريًا على الشكل الهندسي أو موقع المبنى. وبالتالي، يمكن اعتبار هذا الترسيم متطابقًا بدرجة ممتازة وذو موثوقية عالية في نتائج التحليل المكاني.

المنطقة رقم (4) مخطط رقم (25) في الملحق (و)، أظهرت نتائج التحليل أن قيم الانحراف بين إحداثيات المبنى المرسوم من الصورة الجوية وإحداثياته في ترسيم التسوية كانت طفيفة جدًا، حيث بلغ RMSE الكلي نحو (0.07 م) فقط، مما يشير إلى دقة عالية في التطابق المكاني بين الترسيمين. كما بلغت نسبة التطابق بين المساحتين حوالي 99.5%، ما يعزز موثوقية النتائج ويؤكد أن الفروقات بين الترسيمين تقع ضمن الحدود المسموح بها للمسوحات الدقيقة.

المنطقة رقم (6) مخطط رقم (26) في الملحق (و)، فقد أظهرت نتائج التحليل أن الترسيمين (من الصورة الجوية ومن خريطة التسوية) متطابقان بدرجة عالية، حيث بلغ RMSE الكلي نحو (0.04 م) وهو ضمن حدود الدقة المقبولة في أعمال الترسيم. كما بلغت نسبة التطابق المساحي 98.1%، مما يعكس توافقًا ممتازًا في تحديد أضلاع المبنى بين الطريقتين، مع اختلاف محدود جدًا في أحد الأركان لا يؤثر على دقة النتائج العامة.

المنطقة رقم (8) مخطط رقم (27) في الملحق (و)، أظهرت نتائج التحليل أن متوسط الجذر التربيعي للخطأ الكلي (RMSE) بلغ (0.06 م)، مما يعكس دقة عالية جدًا في التطابق المكاني بين ترسيم الصورة الجوية وترسيم التسوية. يدل ذلك على ثبات جيد في مواقع النقاط وتتسق في الاتجاهين الأفقي والرأسي. أما من حيث المساحة، فقد بلغت نسبة التطابق بين الترسيمين 98.9%، وهي نسبة مرتفعة تشير إلى توافق ممتاز بين حدود المبنى في كلا الترسيمين، مما يؤكد جودة النتائج ودقة عملية الترسيم.

المنطقة رقم (9) مخطط رقم (28) في الملحق (و)، فقد أظهرت نتائج مقارنة الترسيم بين الصورة الجوية وخرائط التسوية تطابقًا جيدًا بشكل عام، حيث بلغ متوسط RMSE الكلي (0.05 م)، مما يشير إلى أن الفروقات بين الإحداثيات المستخرجة من الطريقتين محدودة جدًا. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن مستوى التطابق بين الطريقتين في هذه المجموعة مرتفع، حيث تراوح متوسط RMSE بين (0.07 و0.03 م) حسب المبنى، في حين بلغت نسبة التطابق المساحي غالبًا بين 98-99%.

من خلال هذه المقارنات المتعددة بين الترسيم الصادر عن هيئة التسوية والترسيمات الناتجة عن الصورة الجوية العمودية، يتضح أن الصور الجوية أداة فعالة لتحديد المواقع العامة والأبعاد الأفقية، إلا أنها أقل قدرة على تمثيل التفاصيل الدقيقة مقارنة بالقيمة النقطية، خاصة في البيئات العمرانية المعقدة.

#### 5.4 تطابق النقاط المأخوذة من جهاز GPS مع مواقعها على نموذج الغيمة النقطية

في هذه المرحلة، تم اختبار دقة النموذج الرقمي من خلال إسقاط النقاط المأخوذة ميدانيًا بواسطة جهاز (GPS) على نموذج الغيمة النقطية. وقد أظهرت النتائج تطابقًا تامًا بين النقاط الميدانية ومواقعها على النموذج دون أي انحراف يُذكر، كما هو موضح في مخطط رقم (29) في الملحق (و).

هذا التوافق بين ما تم رصده فعليًا في الميدان وما أنتجته النماذج الرقمية يُعدّ مؤشرًا حاسمًا في مجال المساحة الدقيقة، ويؤكد أن النظام المستخدم لا يقتصر على توفير مخرجات بصرية، بل يقدم نتائج

هندسية موثوقة يمكن الاعتماد عليها في توثيق الحقوق العقارية وإنتاج خرائط تسوية دقيقة.

ومن خلال ما سبق من فقرات تحليلية، تبين أن تقنيات الغيمة النقطية المسقطة تمتلك قدرة فائقة على تمثيل الواقع بدقة عالية وتوفير تفاصيل هندسية دقيقة، وأن توافق نتائجها مع بيانات التسوية الرسمية ومع النقاط الميدانية المأخوذة بجهاز (GPS) يعزّز من مصداقيتها وكفاءتها. وهذا يُشير بوضوح إلى أن اعتماد تقنيات التصوير الجوي والغيمة النقطية بات خياراً عملياً ومهنياً موثقاً في مشاريع الترسيم الحديثة، خاصة في المناطق ذات الكثافة العمرانية العالية أو الظروف الميدانية الصعبة.

من خلال التحليلات والمقارنات المتعددة التي تناولها هذا الفصل، يتضح أن تقنيات الغيمة النقطية المسقطة باستخدام طائرات الدرونز تمثل تطوراً نوعياً في منهجيات الترسيم والمساحة الحديثة. فقد أثبتت نتائج المقارنة مع كل من الصور الجوية العمودية وخرائط التسوية الرسمية والنقاط الميدانية المأخوذة بجهاز (GPS) أن الغيمة النقطية تمتاز بدقة هندسية عالية وموثوقية كبيرة، سواء من حيث تحديد الأبعاد والمساحات أو في تمثيل التفاصيل المعمارية الدقيقة.

كما بيّنت النتائج أن الغيمة النقطية تتفوق على الصور الجوية العمودية في قدرتها على تمييز الحدود المتقاربة بين المباني، وإظهار الانكسارات والزوايا الدقيقة والاختلافات الطفيفة في الارتفاعات، مما يجعلها أكثر ملاءمة لتطبيقات الترسيم في البيئات العمرانية المكتظة والمعقدة.

وفي المقابل، أثبتت الصور الجوية العمودية أهميتها في توفير منظور علوي شامل وسرعة في إنجاز عمليات الترسيم، وإن كانت محدودة في قدرتها على تمثيل التفاصيل الدقيقة أو السمات الطبوغرافية الدقيقة للمواقع.

بناءً على ذلك، يمكن القول إن الجمع بين الصور الجوية العمودية وتقنية الغيمة النقطية يشكل إطاراً تكاملياً مثاليًا لأعمال التسوية والترسيم، حيث تساهم كل أداة في تعويض محدوديات الأخرى، بما يحقق نتائج دقيقة وموثوقة في زمن قياسي.

ختامًا، أثبتت الدراسة أن استخدام طائرات الدرون وتقنيات الغيمة النقطية في مشاريع الترسيم العقاري ليس فقط بديلًا عن الطرق التقليدية، بل خيارًا استراتيجيًا حديثًا ينسجم مع متطلبات التطوير الهندسي والمساحي في فلسطين، ويدعم منظومة التسوية الوطنية في تحقيق دقة وعدالة وشفافية في توثيق الملكيات والأراضي.

## الفصل الخامس

### النتائج والتوصيات

يسعى هذا الفصل إلى عرض نتائج الدراسة وتحليلها ومقارنتها مع ما ورد في الدراسات السابقة، في ضوء الإطار النظري والتطبيقي الذي تم تناوله في الفصول السابقة. وتركز النتائج على تقييم فعالية استخدام طائرات الدرون والغيمة النقطية في تسوية الأراضي وترسيم الأبنية في المناطق المكتظة، كما تسعى إلى استنتاج دلالات هذه النتائج وأثرها على تحسين أدوات العمل المساحي في السياق الفلسطيني، إلى جانب تقديم توصيات علمية وعملية مستندة إلى هذه النتائج.

#### 5.1 النتائج

توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج المهمة، والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي:

1. إنّ استخدام أجهزة تحديد المواقع العالمية (GPS) التقليدية في أعمال الترسيم والتسوية يتطلب وقتاً وجهداً وتكلفة عالية، مقارنة باستخدام طائرات الدرون التي أثبتت فعاليتها في خفض هذه المتطلبات.
2. أثبتت طائرات الدرون قدرتها على تسريع إنجاز الأعمال المساحية، من خلال تغطية مساحات واسعة وتوفير تفاصيل دقيقة في وقت قياسي.
3. واجهت عملية الترسيم المباشر من النموذج ثلاثي الأبعاد والصور الجوية المنفردة والغيمة النقطية صعوبات بسبب التشوهات الناتجة عن خاصية الالتقاط التلقائي.
4. تم تطوير الية جديد لاسقاط الغيمة النقطية واستخدامها في ترسيم المباني وصلت الى 0.01سم.
5. أثبتت الدراسة أنّ استخدام الغيمة النقطية المسقطة تمثل نقلة نوعية في الأعمال المساحية، خصوصاً في توثيق التفاصيل الدقيقة غير الظاهرة في الصور العمودية، مما يسهم في رفع جودة الترسيم.

6. هناك تطابق كبير جدًا بين نتائج الغيمة النقطية المسقطة ونتائج أعمال التسوية الميدانية الرسمية.
7. ان معدل الخطا الكلي الناتج عن تتطابق الغيمة النقطية واعمال التسوية لم يتجاوز بضع السنتمرات حيث كان اقل خطأ 0.01 و اكبر خطأ 0.06 ونسبة التتطابق كانت 99.7%
8. ساهمت الغيمة النقطية في كشف بعض الأخطاء الناتجة عن عمليات الترسيم ي أو غير الدقيقة، مما يعزز من مصداقية هذه التقنية ويوصى باعتمادها على نطاق أوسع.

## 5.2 مناقشة النتائج في ضوء الدراسات السابقة

- تتفق نتائج هذه الدراسة مع العديد من الدراسات العالمية التي أثبتت فاعلية طائرات الدرون والتقنيات المرتبطة بها في الأعمال المساحية. على سبيل المثال، تؤكد نتائج دراسة Kang (2024) أن الجمع بين محطات القياس الدرون يرفع من دقة وكفاءة عمليات المسح الحضري، وهو ما تم إثباته أيضًا في هذه الدراسة عند مقارنة الدقة الناتجة من استخدام GPS التقليدي بالدرون.
- أما على المستوى الفلسطيني، فقد جاءت نتائج الدراسة الحالية داعمة لما توصلت إليه دراسة حامد (2023)، التي استخدمت طائرات الدرون لمراقبة الاعتداءات على أراضي الدولة، وأشارت إلى تفوق الصور الجوية من الدرون من حيث الجودة والموثوقية. كما تناغمت نتائج الدراسة الحالية مع ما طرحه Taha (2005) من إمكانية استخدام الصور الرقمية صغيرة التنسيق في تقليل تكاليف المسح ورفع الدقة، وهو ما تحقق فعليًا من خلال الدمج بين التقنيات الحديثة التي تم توظيفها في الدراسة.

### 5.3 النتائج في ضوء أهداف الدراسة وأهميتها

تتبع أهمية هذه الدراسة من تركيزها على استخدام طائرات الدرون في مشاريع التسوية خاصة في بيئة عمرانية مكتظة ومعقدة كبلدة القديمة في قرية تلّ، وهو مجال يتطلب دقة عالية وتكلفة منخفضة ومرونة في الوصول إلى المناطق الضيقة.

وقد أثبتت النتائج المحققة أن استخدام طائرة الدرون وتقنية الغيمة النقطية المسقطة يمكن أن يكون بديلاً عملياً ومتكاملاً عن الطرق التقليدية في رفع البيانات المساحية، خاصة في المناطق ذات الطابع التاريخي أو العشوائي. كما ان إدخال الصورة المصححة وأعمال الترسيم إلى نظام التسوية يُعدّ تطوراً نوعياً في تسريع وتحسين إجراءات التوثيق، وإعداد ملفات التسوية وتحديد الملكيات بشكل دقيق.

بالتالي، فإن هذه المنهجية تسهم بشكل فعّال في تحقيق أحد الأهداف الجوهرية للدراسة، وهو تحسين كفاءة عمليات الترسيم والمسح باستخدام أدوات رقمية حديثة قابلة للتطبيق في الواقع الفلسطيني، خاصةً في المناطق غير المنظمة تخطيطياً أو التي تعاني من نزاعات على الملكية او المناطق المكتظة.

في ضوء ما تمّ استعراضه وتحليله من نتائج مراحل المعالجة والمنتجات الرقمية الناتجة عنها، يتضح أن استخدام طائرات الدرون في أعمال التصوير الجوي ومعالجة البيانات قد شكّل نقلة نوعية في التسوية. فقد أظهرت الدراسة أن عدد نقاط الضبط الأرضي وتوزيعها الجغرافي يلعبان دوراً حاسماً في دقة المخرجات، سواء على مستوى الصورة المصححة أو نموذج الارتفاعات أو السحابة النقطية.

وقد مكنّ تسلسل المعالجة بداية من الصور الجوية، ثم بناء السحابة النقطية، وDEM، والصورة المصححة، وصولاً إلى الترسيم، من إنتاج مخرجات متكاملة تخدم أهداف التوثيق العقاري بدقة وكفاءة.

لقد أثبتت النتائج توافقاً مع أهداف الدراسة، وأكدت إمكانية الاعتماد على هذه التقنية كوسيلة بديلة وفعالة في سياق واقع التسوية الفلسطينية، خاصة في المناطق التاريخية المكتظة. ويُعد هذا التوجه داعماً

لتطوير التسوية وتحقيق العدالة المكانية.

## 5.4 التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، والتي أكدت فاعلية استخدام طائرات الدرون وتقنيات السحابة النقطية في أعمال التسوية، خاصة في البيئات العمرانية المكتظة وذات الطابع التاريخي، توصي الدراسة بما يأتي:

1. دعم وتوسيع نطاق الأبحاث التطبيقية في مجال استخدام طائرات الدرون وتقنيات السحابة النقطية في أعمال التسوية والمسح العقاري، بما يسهم في تطوير حلول تقنية تتلاءم مع الخصوصية العمرانية والقانونية في فلسطين.
2. اعتماد تقنيات السحابة النقطية والصور المصححة كأدوات رئيسية في أعمال الترسيم العقاري، لا سيما في المناطق ذات الكثافة العمرانية العالية أو غير المنظمة تخطيطيًا، لما أثبتته من دقة وكفاءة مقارنة بالطرق التقليدية.
3. العمل على إعداد دليل إجرائي ومعياري يوضح آليات استخدام طائرات الدرون في مشاريع التسوية، ويتضمن مراحل العمل، ومعايير التصوير الجوي، وعدد نقاط الضبط الأرضي وتوزيعها، وأساليب معالجة البيانات، بما يضمن توحيد الإجراءات ورفع موثوقية المخرجات.
4. تأهيل وتدريب الطواقم الهندسية والفنية العاملة في دوائر التسوية والتخطيط العمراني على تقنيات التصوير الجوي باستخدام الدرون ومعالجة البيانات الرقمية وتحليلها، بما يعزز من كفاءتهم المهنية وقدرتهم على التطبيق العملي لهذه التقنيات.
5. إدماج تقنيات الدرون والمعالجة الرقمية للبيانات المساحية ضمن الخطط الدراسية لكليات الهندسة والمساحة ونظم المعلومات الجغرافية في الجامعات الفلسطينية، بهدف إعداد كوادر بشرية مؤهلة تواكب التطورات التقنية الحديثة.
6. تنظيم ورش عمل ودورات تدريبية متخصصة تستهدف الجهات الرسمية والخاصة العاملة في مجالات التسوية والتخطيط، للتعريف بإمكانات تقنيات الدرون وفوائدها العملية، بما يسهم في توسيع نطاق استخدامها واعتمادها على المستوى المؤسسي.

7. تعزيز التكامل بين البيانات الميدانية التقليدية والبيانات الرقمية الناتجة عن طائرات الدرون، من خلال الجمع بين القياسات الأرضية ونواتج المعالجة الرقمية، لتحقيق أعلى درجات الدقة وتقليل احتمالية الأخطاء في أعمال الترسيم.
8. العمل على ربط مخرجات طائرات الدرون، بما في ذلك السحابة النقطية والصور المصححة، بمنظومات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بهدف إنشاء قواعد بيانات عقارية دقيقة ومحدثة يمكن الاعتماد عليها في أعمال التسوية والتخطيط واتخاذ القرار.
9. تحديث وتطوير الأطر القانونية والتنظيمية النازمة لأعمال التسوية، بما يسمح بالاعتراف الرسمي بالمخرجات الرقمية الناتجة عن استخدام طائرات الدرون ضمن ملفات التسوية المعتمدة.
10. توسيع تطبيق هذه التقنيات ليشمل مناطق أخرى ذات خصائص عمرانية مختلفة، مثل القرى الريفية أو المناطق الجبلية أو المخيمات، للتحقق من مرونتها وإمكانية تعميمها على نطاق أوسع.
11. إجراء دراسات مقارنة مستقبلية بين تقنيات الدرون والطرق المساحية التقليدية من حيث الدقة والكلفة والوقت، بما يسهم في تعزيز نتائج هذه الدراسة وتدعيمها بأدلة كمية إضافية.
12. تشجيع التعاون المؤسسي بين دوائر التسوية والجامعات والمراكز البحثية، لتبادل الخبرات وتطوير حلول تقنية مبتكرة تسهم في تحسين جودة أعمال التسوية وتطويرها بشكل مستدام.
13. الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي في مراحل لاحقة، لا سيما في عمليات استخراج المعالم آلياً من السحابة النقطية والصور المصححة، بما يسهم في اختصار الوقت والجهد وزيادة كفاءة أعمال الترسيم.
14. إجراء تقييم دوري لدقة وجودة المخرجات الناتجة عن استخدام طائرات الدرون في مشاريع التسوية، من خلال تطبيق معايير ضبط جودة واختبارات ميدانية واضحة، لضمان استدامة الاعتماد على هذه التقنيات وموثوقيتها.

إن النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة تؤكد الدور المحوري الذي يمكن أن تلعبه طائرات الدرون وتقنية الغيمة النقطية في إحداث نقلة نوعية في مشاريع تسوية الأراضي، وخصوصاً في البيئات المكتظة. كما أثبتت الغيمة النقطية جدارتها كأداة موثوقة للترسيم وتحليل البيانات الطبوغرافية بدقة عالية، ما يجعل من توظيف هذه الأدوات ضرورة ملحة في ظل التحديات الميدانية والقانونية التي تواجه عمليات التسوية في فلسطين. وعليه، فإن الانتقال إلى تبني هذه التقنية بشكل رسمي ضمن دوائر التسوية والتخطيط يشكل مساراً عملياً لتطوير الأداء وتحقيق العدالة العقارية.

كما إن هذه الدراسة جاءت لتسلط الضوء على إمكانية استخدام طائرات الدرون وتقنيات الغيمة النقطية كأدوات بديلة وفعالة في مشاريع تسوية الأراضي الفلسطينية، وتحديدًا في المناطق الحضرية المكتظة التي يصعب الوصول إليها بوسائل المسح التقليدية. وقد انطلقت الدراسة من عرض الإطار المفاهيمي والقانوني المرتبط بتسوية الأراضي في فلسطين، متبعة تطور هذه العمليات عبر المراحل العثمانية والانتدابية والأردنية، وانتهاءً بالواقع الحالي الذي يشهد بطناً في الإنجاز وتحديات فنية وميدانية وسياسية.

استعرضت الدراسة في فصلها الثاني أهم الأسس النظرية والتقنية المتعلقة بالتصوير الجوي والمساحة التصويرية، مع التركيز على تقنيات المعايرة، والتخطيط الطيران، ونقاط الضبط الأرضي، وما لهذه العناصر من دور جوهري في تحقيق دقة عالية في النماذج والخرائط المنتجة.

أما الفصل الثالث فقد خصّ لتحليل الخصائص الفنية لطائرات الدرون المستخدمة، وبخاصة طائرة (Phantom DJI RTK)، من حيث الكاميرا، ووحدة التحكم، والمجسات، وخيارات التصوير.

وفي الفصل الرابع، نُفذت الأعمال الميدانية والمكتبية ضمن منطقة الدراسة المختارة (البلدة القديمة في قرية تل)، حيث تم تخطيط الرحلات الجوية، وتوزيع نقاط الضبط الأرضي، ثم معالجة الصور وتحليل

النتائج، وإنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد وصور مصححة جغرافياً، والغيمة النقطية، واختبار دقة المنتجات الناتجة، ومن ثم إجراء عمليات الترسيم باستخدام البرامج المتخصصة.

أما الفصل الخامس، فقد عرض تحليل ومناقشة نتائج الدراسة التي أظهرت دقة عالية لبيانات الصور الجوية الناتجة عن طائرات الدرون وتقنية الغيمة النقطية، وإمكانية الاعتماد عليها في إنتاج مخططات تسوية دقيقة، كما تم تحليل النتائج مقارنة بالدراسات السابقة، وتحليلها في ضوء وأهمية الدراسة وأدرجت توصيات واقعية وقابلة للتطبيق بهدف تطوير أساليب العمل المساحي في فلسطين.

إن هذه الدراسة تُعدّ مساهمة نوعية في حقل تطبيقات الدرون، وتشكل ركيزة علمية لتبني نماذج أكثر كفاءة في أعمال التسوية. وتوصي الدراسة بضرورة دعم هذه التوجّهات عبر الأطر القانونية والمؤسسية بما يُسهم في تسريع وتيرة التسوية، وتعزيز العدالة العقارية، وتحقيق التنمية المستدامة.

## المراجع العلمية

### أولاً: المراجع العربية

أبو هنطش، ابراهيم. (2010). *أراضي الدولة في المناطق الفلسطينية*. رام الله- فلسطين: الإئتلاف من أجل النزاهة والمساءلة (أمان).

الأسمرى، عبد الله. (2019). أدوات المساحة التصويرية الرقمية الجوية وأهمية منتجاتها في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد: دراسة نظرية. *مجلة بحوث كلية الآداب - جامعة المنوفية*، 30 (116)، الصفحات 2679-2724.

الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني. (2021). *عدد السكان المقدر في منتصف العام لمحافظة جنين حسب التجمع 2017-2026*. رام الله، فلسطين.

حريبات، مهران. (19 9، 2022). سلطة الأراضي الفلسطينية. دائرة أملاك الدولة.

حلايمة، مريم. (2023). ترسيم الحدود البحرية للبحر الإقليمي وفقاً لأحكام اتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار لسنة 1982. *Revue des Sciences Humaines*, 34(2)، الصفحات 631-644.

حمدان، فادي. (18 4، 2023). سلطة الاراضي لفلسطينية. مدير أملاك القدس.

خضر، رهف. (20 11، 2022). سلطة الأراضي الفلسطينية. موظف GIS دائرة أملاك الدولة.

الخليل، عمر؛ علي، أحمد. (2014). النمذجة ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية باستخدام برامج المساحة التصويرية القريبة ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية*، 36 (6).

الخليل، م.؛ علي، م. (2014). النمذجة ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية باستخدام برامج المساحة التصويرية القريبة ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الإنسانية)*، 28(6)، الصفحات 1234-1251.

الخليل، م.؛ فحصة، ف. (2015). مقارنة طرائق معايرة آلات التصوير الرقمية في المساحة التصويرية والرؤية بمعونة الحاسب. *المجلة العربية للعلوم الهندسية*، 22(3)، 144-162.، الصفحات 144-166.

دليل إجراءات أملاك الدولة. (2023). تم الاسترداد من

<http://pla.pna.ps/?docs=%D8%AF%D9%84%D9%8A%D9%84-%D8%A5%D8%AC%D8%B1%D8%A7%D8%A1%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B9%D8%A7%D9%85%D9%84%D8%A7%D8%AA-%D9%84%D8%A3%D9%85%D9%84%D8%A7%D9%83-%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%88%D9%84%D8%A9#0-toc-title>

ديب، أ.، الخليل، م. (2012). توثيق المنشآت الأثرية باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد متعددة الصور. الصفحات 1-20.

زكارنة، غادي. (2020). قوانين وتشريعات في المساحة والأفراز، الفصل الثاني "تسجيل الأراضي في فلسطين". فلسطين.

سلطة الأراضي الفلسطينية. (2023). سلطة الأراضي في سطور-لمحة تاريخية عن سلطة الأراضي. تم الاسترداد من [http://pla.pna.ps/?page\\_id=2247](http://pla.pna.ps/?page_id=2247)

سليمان، ن. (2015). الأراضي: قوانين وإجراءات. رام الله: دار الجليل للنشر. رام الله: دار الجليل للنشر.

سمبسون. (بلا تاريخ). تقرير الهجرة والإسكان والعمران، ص 55.

سمبسون. (بلا تاريخ). تقرير دار الهجرة، ص 231-239.

عبد القادر وآخرون. (2017). دليل إجراءات معاملات الأراضي في فلسطين. فلسطين: جامعة بولتكناك فلسطين.

عجوة، سائدة. (2011). آلية انتقال الملكية في الأراضي غير المسجلة في فلسطين "دراسة مقارنة". فلسطين: جامعة النجاح الوطنية.

عكوب، زينب. (27 11، 2022). سلطة الأراضي الفلسطينية. نائب مدير عام أملاك الدولة.

فقها، كمال. (2012). التنظيم القانوني للأراضي الأميرية. فلسطين: جامعة النجاح الوطنية.

فواز، عصام محمد. (2019). المساحة الجيوديسية ونظرية الأخطاء. تم الاسترداد من <https://www.youtube.com/watch?v=Uga6YUGAdmU>

فياض، محمود. (2023). دور الطائرات المسيّرة "الدرونز" في إنتاج الخرائط الرقمية: دراسة تطبيقية على منطقة السالمية بدولة الكويت. مجلة كلية الآداب — جامعة الزقازيق، 48 (106)، الصفحات 1-42.

محمد، ميس. (2019). الطائرات الدرونز مبدأ عملها، مكوناتها، مخاطرها، تطبيقاتها. الجمعية العلمية السورية للمعلوماتية.

معهد الابحاث التطبيقية- أريج. (2012). تم الاسترداد من <http://vprofile.arij.org/jericho/ar/pdfs/vprofile/baldetnwaima.pdf>

موسوعة ويكيبيديا العربية. (2018). غمامة نقطيتين مدخل علمي عام.

الهدى وآخرون. (2010). النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) *Global Positioning System*. جامعة حلب.

الهيئة الفلسطينية المستقلة لحقوق المواطن. (2003). التصرف بأراضي الدولة وإدارتها بين القانون والممارسة. تم الاسترداد من [https://www.ichr.ps/cached\\_uploads/download/ichr-files/files/000000412.pdf](https://www.ichr.ps/cached_uploads/download/ichr-files/files/000000412.pdf)

وكالة الأنباء والمعلومات الفلسطينية- وفا. (2023). نظام ملكية الأراضي في فلسطين. تم الاسترداد من [https://info.wafa.ps/ar\\_page.aspx?id=5160](https://info.wafa.ps/ar_page.aspx?id=5160)

## ثانياً: المراجع الأجنبية

Abdulhadi, R. (1990). Territories., Land Use Planning in the Occupied Palestinian. *Journal of Palestine Studies*, 19(4), pp. 46–63.

Afroosheh, H., & Askari, M. (2024). *Geospatial data fusion: Combining LiDAR, SAR, and optical imagery with AI for enhanced urban mapping. Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 35, 100982.

Agnieszka, O. (2021). Digital Modelling and Accuracy Verification of a Complex Architectural Object Based on Photogrammetric Reconstruction. *Buildings*, 11(5), 206.

Canada. (2023).. Retrieved from DrDrone: <https://drdrone.ca/pages/dji-phantom-4-rtk>

Kang, J. (2024). Research on the application of total stations and drones in urban building surveying. *Journal of Geospatial Science and Technology*, 12(1), 45–59.

Loera-Ponce, C., Gómez-Gutiérrez, D., & Ramírez, J. (2024). *Risk assessment for autonomous landing in urban environments using semantic segmentation. Sensors*, 24(3), 725.

- Mohamad, M. (2023). *DESIGN AND ASSESSMENT OF A LEO GNSS MINI-CONSTELLATION FOR POSITIONING, NAVIGATION, AND TIMING (PNT)*. United Arab Emirates University.
- Pu, Y., Lin, H., & Zhao, Q. (2024). *Drone data analytics for measuring traffic metrics at intersections in high-density areas*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 157, 104015.
- Sabou, C. (2025). *Enhancing Conventional Land Surveying for Cadastral Documentation in Romania with UAV Photogrammetry and SLAM*. *Remote Sensing*.
- Taddia, Y., Stecchi, F., & Pellegrini, A. (2019). *Using DJI Phantom 4 RTK Drone for Topographic Mapping of Coastal Areas*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS Archives)*, Vol. XLII-2/W13.
- Taha, R. (2005). *Aerial triangulation using small format digital images*. Master's thesis, University of Stuttgart, Germany.
- Zeng, W., Karaoglu, S., & Gevers, T. (2018). *Inferring Point Clouds from Single Monocular Images by Depth Intermediation*. *arXiv preprint*.

## الملاحق

### ملحق (أ)

#### أمر التسوية في قرية تل

2017/9/25

الوقائع الفلسطينية

العدد (136)

#### أمر تسوية صادر عن هيئة تسوية الأراضي والمياه

استناداً للصلاحيات المخولة لي بموجب المادة رقم (5) من قانون تسوية الأراضي والمياه رقم (40) لسنة 1952م، والمادة رقم (6) من القرار بقانون رقم (7) لسنة 2016م، بشأن هيئة تسوية الأراضي والمياه،

أقرر:

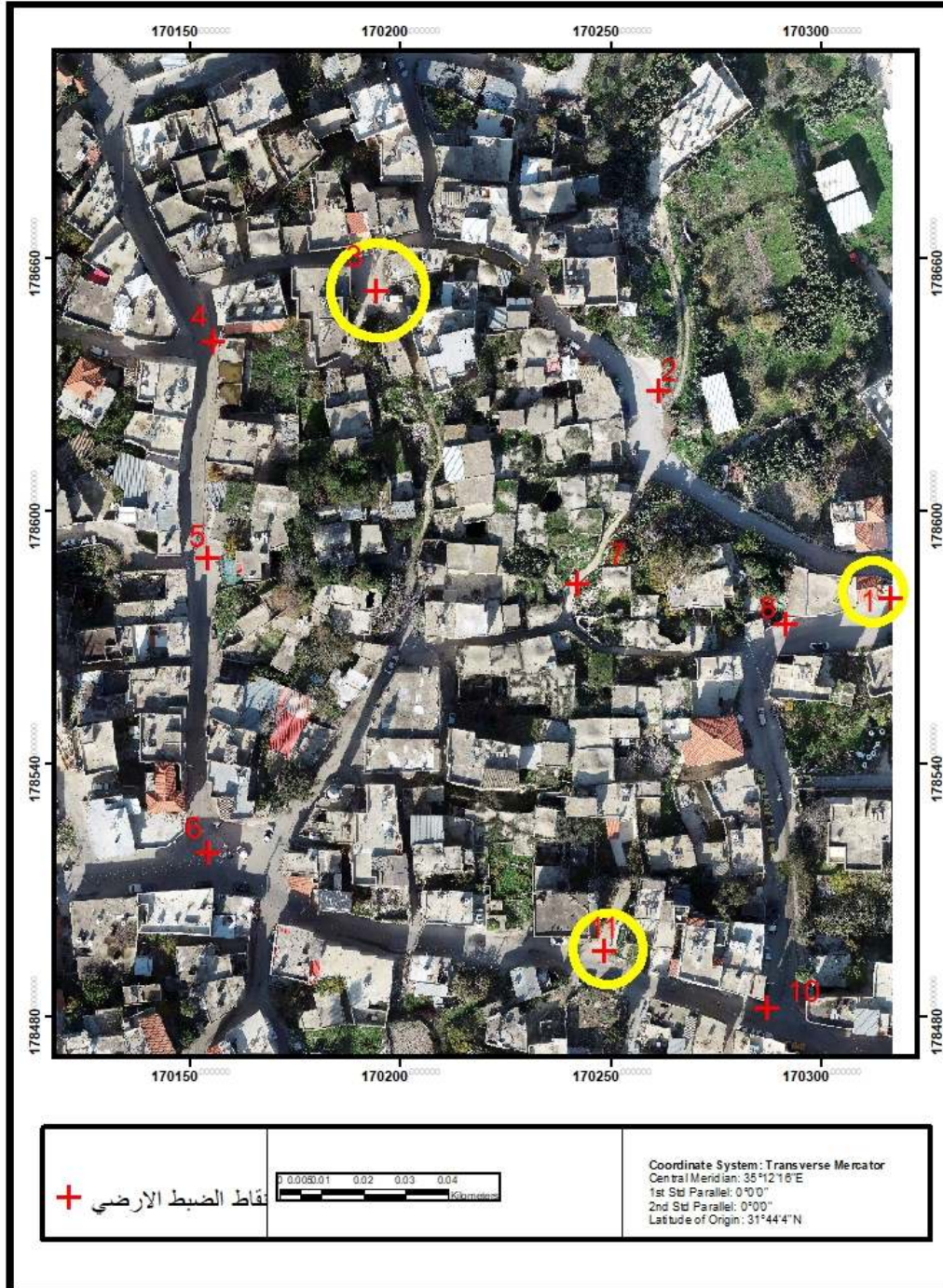
1. اعتبار عموم قرية تل التابعة لمحافظة نابلس منطقة تسوية، وسيعلن عن تاريخ الشروع بأعمال التسوية فيها بموجب إعلان تسوية يصدر فيما بعد.
2. على جميع الأشخاص الذين يدعون بأي حق من حقوق التملك أو التصرف أو المنفعة في هذه المنطقة تقديم ادعاءاتهم والوثائق المؤيدة لها في الزمان والمكان اللذين سيحددان في إعلان التسوية.

القاضي / موسى شكارنة

رئيس هيئة تسوية الأراضي والمياه

## ملحق (ب)

### توزيع 3 نقاط ضبط ارضي

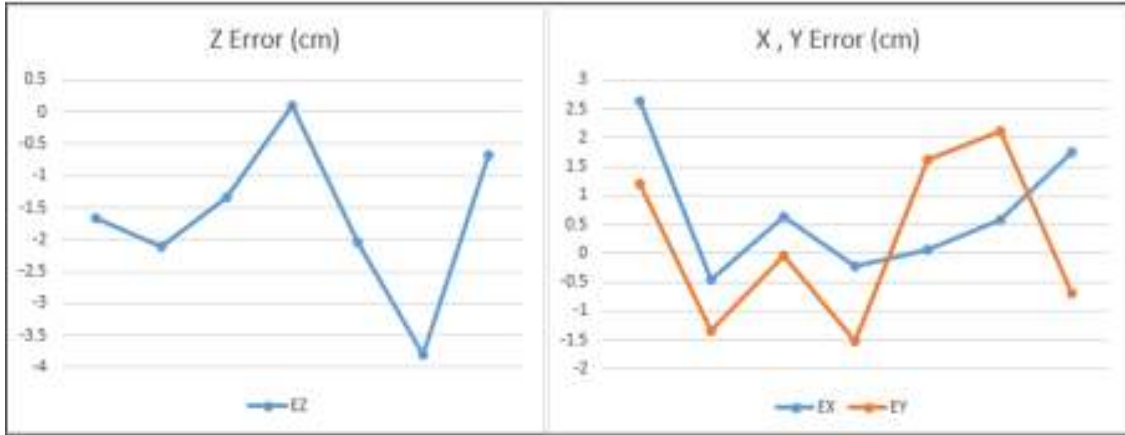


# توزيع 5 نقاط ضبط ارضي

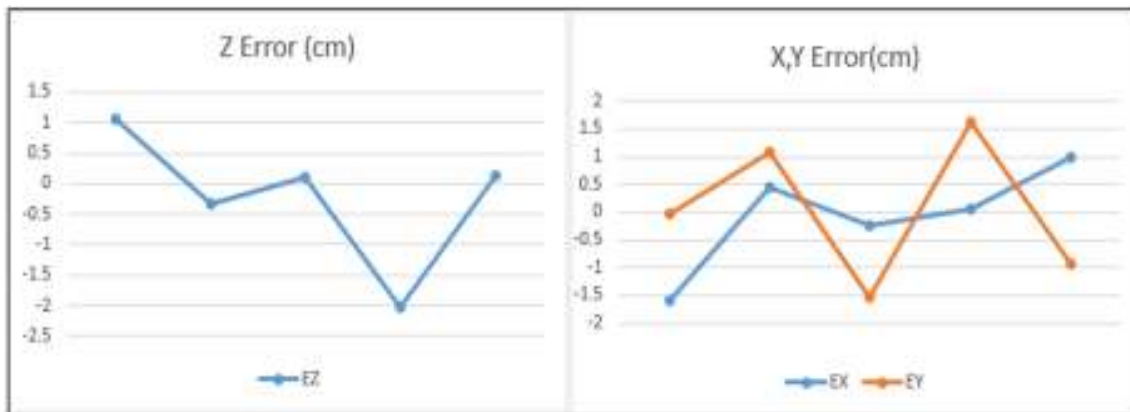


### ملحق (ج)

الخطأ التفصيلي في (3) نقاط من نقاط التحقق Check Points



الخطأ التفصيلي في (5) نقاط من نقاط التحقق Check Points





ملحق (د)

الجداول

جدول (9)

الخطأ التفصيلي في (3) نقاط ضبط ارضي

Label	X error(cm)	Y error (cm)	Z error(cm)
1	-1.101	-0.066	0.079
3	0.331	0.795	-0.085
11	0.770	-0.729	0.005
Total	0.799	0.624	0.067

جدول (10)

الخطأ التفصيلي في (7) من نقاط التحقق Check point

Label	X error(cm)	Y error (cm)	Z error(cm)
2	2.626	1.203	-1.667
4	-0.464	-1.335	-2.109
5	0.627	-0.051	-1.343
6	-0.234	-1.536	0.110
7	0.066	1.615	-2.036
8	0.576	2.110	-3.802
10	1.764	-0.696	2.012
Total	1.254	1.370	2.732

جدول (11)

الخطأ التفصيلي في (5) نقاط ضبط ارضي

Label	X error(cm)	Y error (cm)	Z error(cm)
2	1.950	0.872	-0.243
4	-0.355	-0.984	-0.281
5	0.430	-0.015	-0.168
8	0.488	1.721	-0.726
10	1.425	-0.553	-0.277
Total	1.130	1.000	0.392

جدول (12)

الخطأ التفصيلي في (5) من نقاط التحقق Check point

Label	X error(cm)	Y error (cm)	Z error(cm)
1	-1.583	-0.032	1.058
3	0.446	1.064	-0.338
6	-0.234	-1.536	0.110
7	0.066	1.615	-2.036
11	0.980	-0.924	0.136
Total	0.863	1.179	1.040

جدول (13)

نسبة التطابق والخطأ الكلي الناتج من مطابقة ترسيم الغيمة المسقطة مع الصورة العمودية

رقم المنطقة	المساحة من الصورة العمودية	المساحة من الغيمة النقطية	نسبة التطابق (%)	الخطأ الكلي RMSE
1	312.771	309.643	99%	0.04م
2	242.239	241.758	99.8%	0.002م
3	390.504	386.098	98.8%	0.02م
4	92.960	91.665	98.6%	0.009م
5	188.768	188.201	99.7%	0.05م
6	374.750	366.405	97.8%	0.02م
7	125.410	123.777	98.7%	0.02م
8	40.854	40.692	99.6%	0.05م
9	453.977	449.640	99%	0.03م
10	418.000	411.188	98.6%	0.02م

جدول (14)

نسبة التطابق والخطأ الكلي الناتج من مطابقة ترسيم الغيمة المسقطة مع ترسيم التسوية

رقم المنطقة	المساحة من ترسيم التسوية	المساحة من الغيمة النقطية	نسبة التطابق (%)	الخطأ الكلي RMSE
1	312.77	309.643	99%	0.02م
2	242.48	241.758	99.7%	0.01م
4	92.34	91.665	99.3%	0.06م
6	370.51	366.405	98.9%	0.06م
8	41.19	40.692	98.8%	0.06م
9	415.34	411.188	99%	0.02م

جدول (15)

نسبة التطابق والخطأ الكلي الناتج من مطابقة الصورة العمودية مع ترسيم التسوية

الخطأ الكلي RMSE	نسبة التطابق (%)	المساحة من الصورة العمودية	المساحة من ترسيم التسوية	رقم المنطقة
0.06م	%99	312.771	312.77	1
0.03م	%99.9	242.48	242.239	2
0.07م	99.3%	92.34	92.960	4
0.04م	98.8%	370.51	374.750	6
0.06	99.9%	41.19	40.854	8
0.05م	99%	415.34	453.977	9

جدول (16)

الاحداثيات التي تم استخدامها في نسبة التطابق والخطأ الكلي

الترسيم من الغيمة		الترسيم من الصورة		رقم المنطقة
x	y	x	y	3
170133.933	178665.390	170133.937	178665.382	.1
170118.329	178644.887	170118.350	178644.880	.2
170132.726	178640.393	170132.749	178640.400	.3
170140.751	178652.722	170140.739	178652.688	.4
x	y	x	y	4
170161.800	178639.518	170161.799	178639.517	.1
170155.979	178639.733	170155.979	178039.733	.2
170154.963	178623.981	170154.980	178623.986	.3
170160.845	178623.724	170160.842	178623.742	.4

الترسيم من الغيمة		الترسيم من الصورة		رقم المنطقة
x	y	x	y	5
170207.999	178561.685	170208.012	178561.695	.1
170197.733	178560.314	170197.731	178560.317	.2
170190.203	178536.184	170190.214	178536.203	.3
170208.089	178536.848	170208.068	170208.068	.4
x	y	x	y	6
170207.999	178561.685	170208.012	178561.695	.1
170197.733	178560.314	170197.731	178560.317	.2
170190.203	178536.184	170190.214	178536.203	.3
170208.089	178536.848	170208.068	178536.875	.4
x	y	x	y	7
170085.314	178582.910	170085.312	178582.913	.1
170082.328	178574.041	170082.284	178574.026	.2
170096.524	178569.240	170096.515	178569.269	.3
170097.813	178575.838	170097.813	178575.838	.4
x	y	x	y	8
170188.288	178533.304	170188.280	178533.310	.1
170186.061	178533.471	170186.071	178533.476	.2
170178.671	178529.459	170178.671	178529.459	.3
170185.490	178527.097	170178.283	178528.147	.4

جدول (17)

الاحداثيات التي تم استخدامها في نسبة التطابق والخطا الكلي

الترسيم من التسوية		الترسيم من الغيمة		رقم المنطقة
x	y	x	y	4
170161.828	178639.516	170161.800	178639.518	.1
170155.915	178639.710	170155.979	178639.733	.2
170154.908	178632.980	170154.963	178623.981	.3
170160.786	178623.749	170160.845	178623.724	.4
x	y	x	y	6
170208.040	178561.681	170207.999	178561.685	.1
170197.673	178560.340	170197.733	178560.314	.2
170190.162	178536.116	170190.203	178536.184	.3
170208.009	178536.092	170208.089	178536.848	.4
x	y	x	y	8
170188.004	178533.422	170188.288	178533.304	.1
170186.952	178533.698	170186.061	178533.471	.2
170178.023	178529.426	170178.671	178529.459	.3
170178.280	178528.047	.490781701	178527.097	.4

ملحق (هـ)

الأشكال

شكل (8)

الغيمة النقطية المسقطة



شكل (12)

نظرة شاملة من الأعلى نحو منطقة عمرانية مكتظة



شكل (13)

تفاصيل أكثر تعقيدًا مثل الجدران العمودية والعناصر النباتية

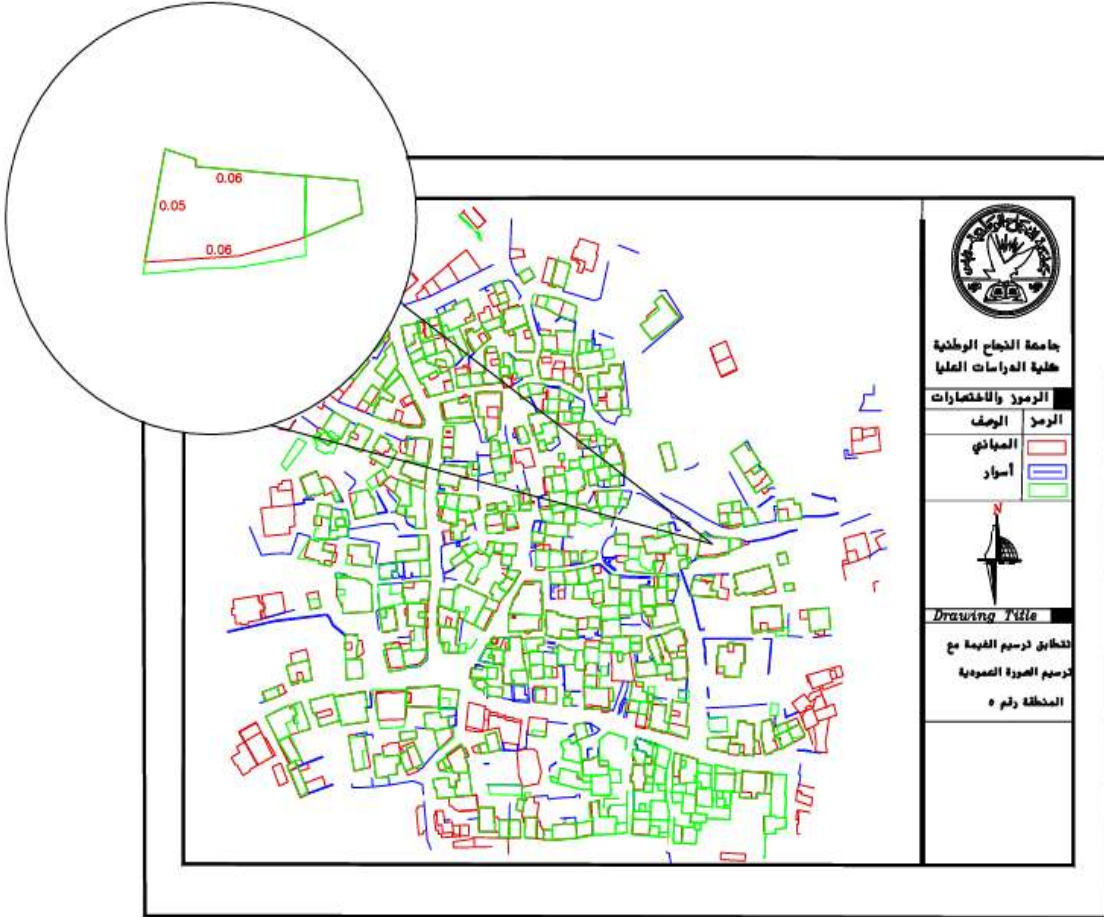


ملحق (و)

المخططات

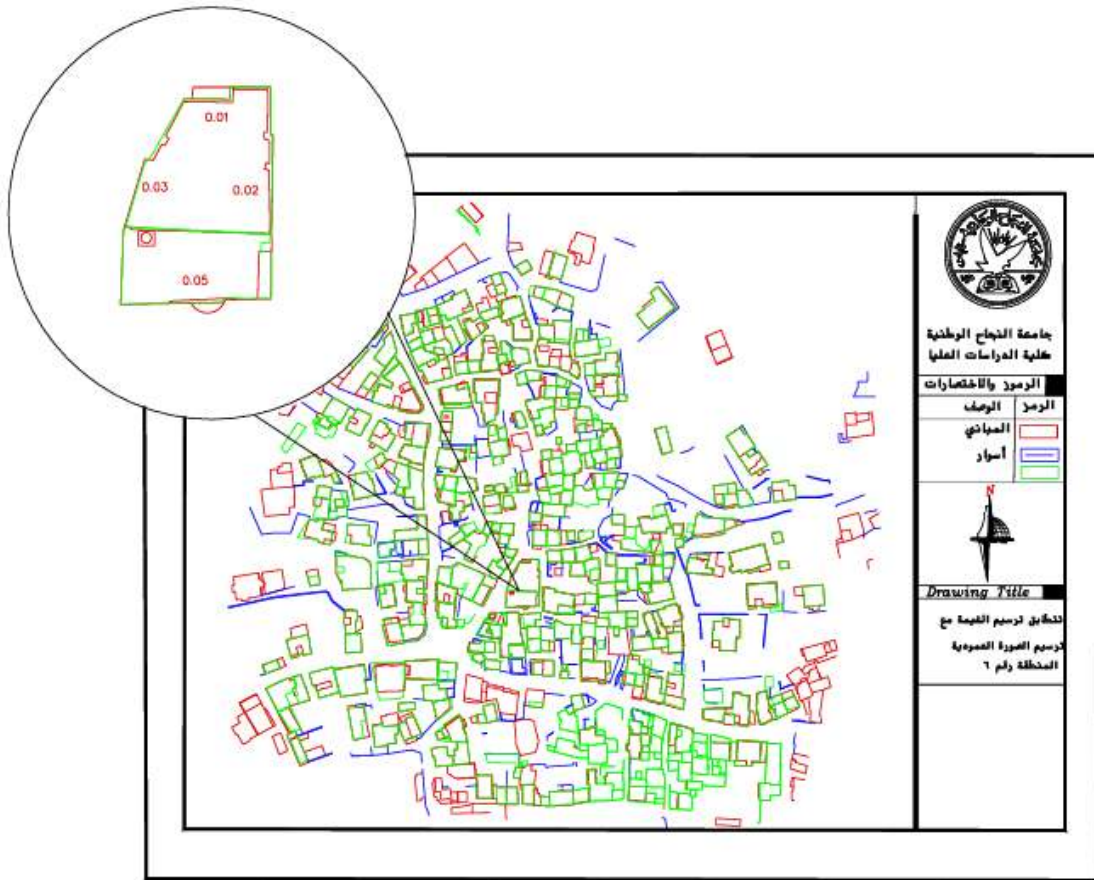
مخطط (9)

المنطقة رقم 5 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



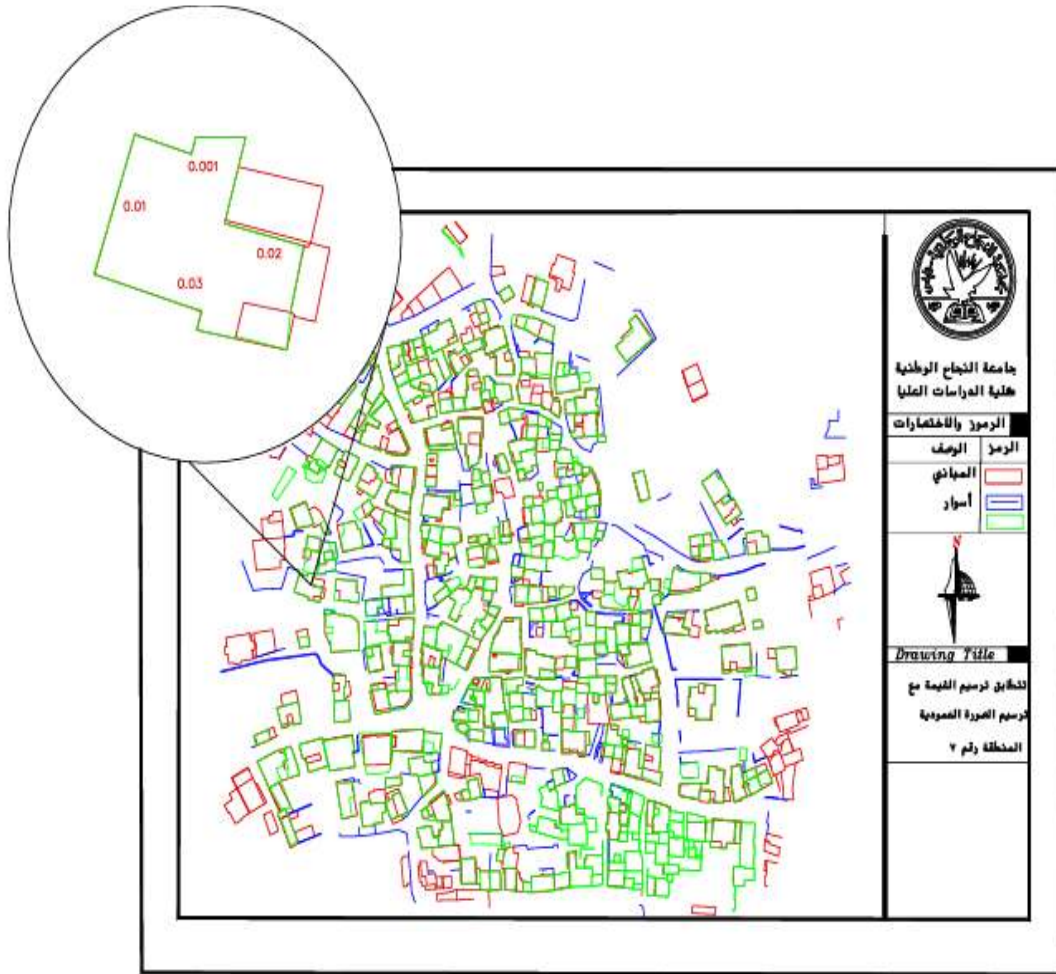
## مخطط (10)

المنطقة رقم 6 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



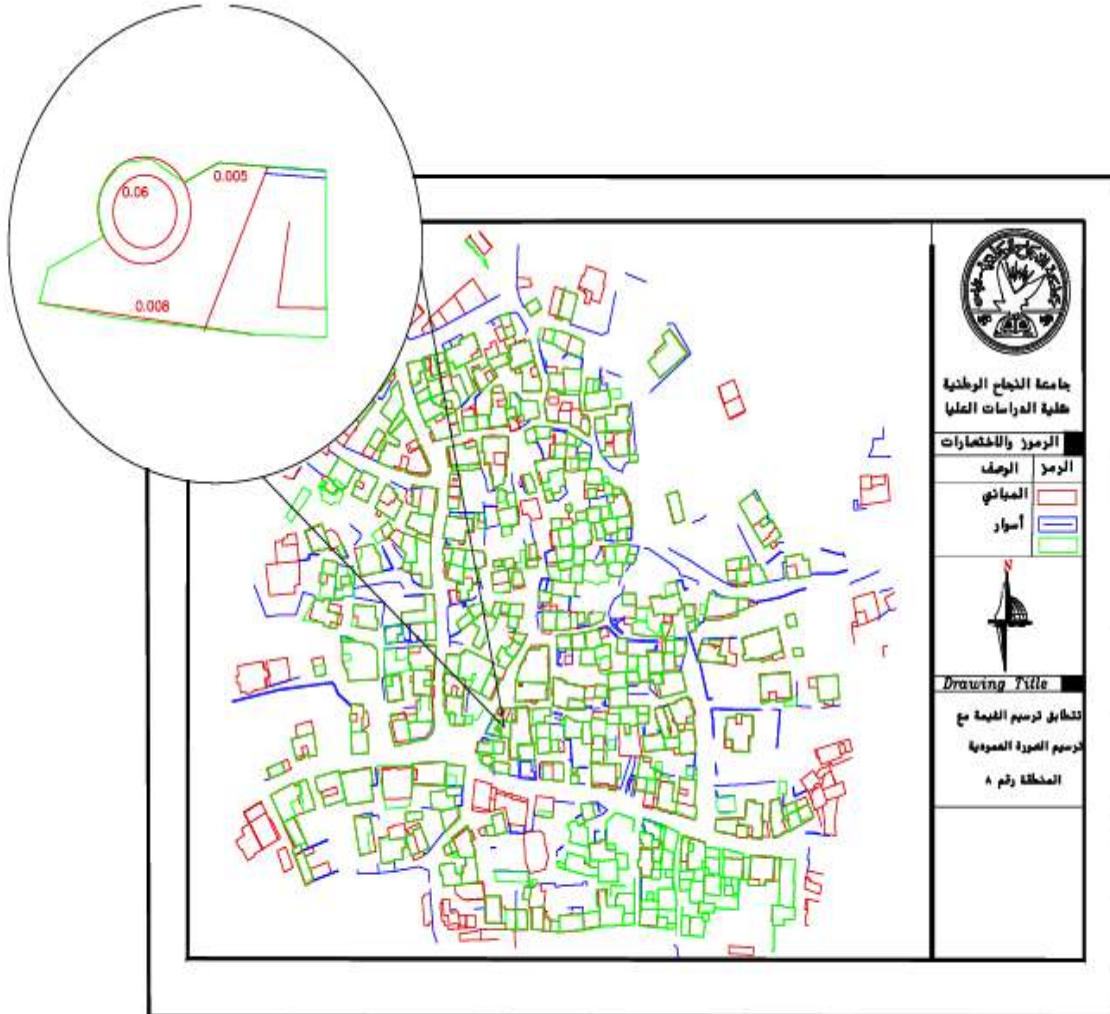
## مخطط (11)

المنطقة رقم 7 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



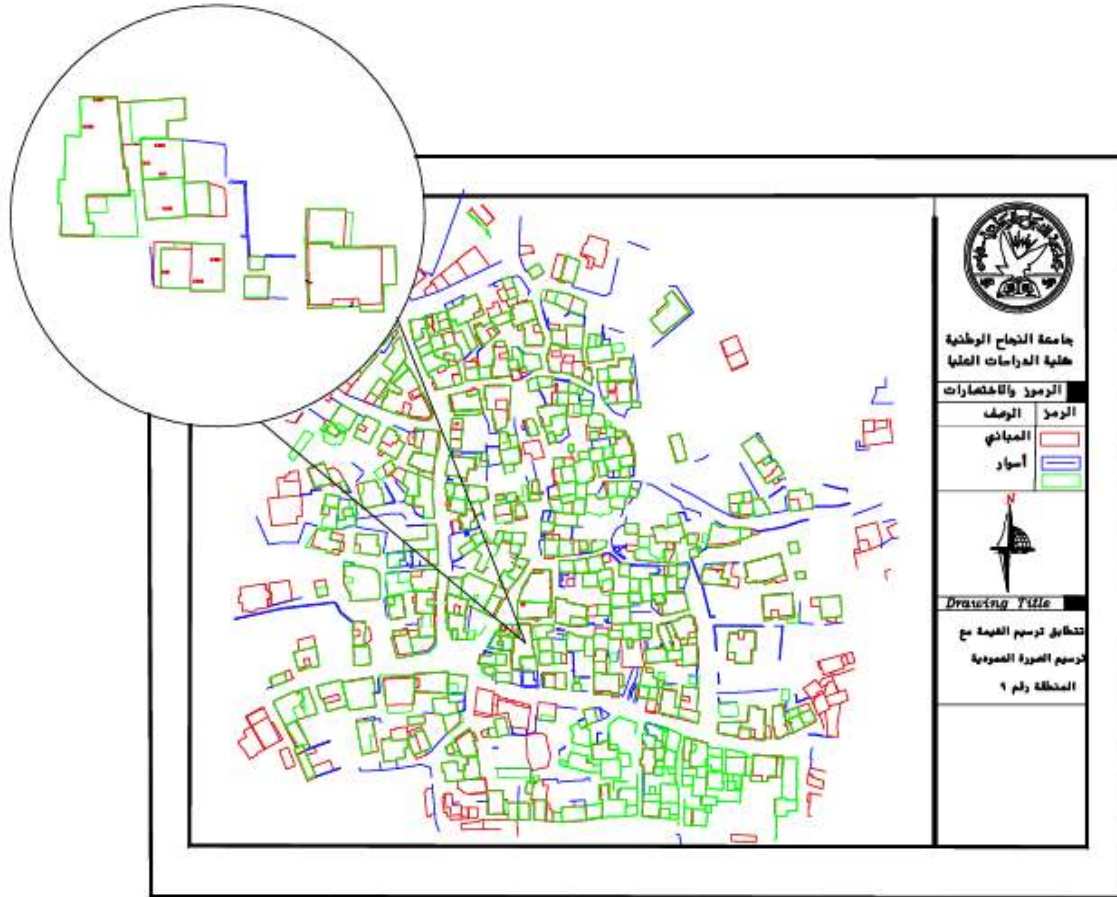
## مخطط (12)

المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم الخيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



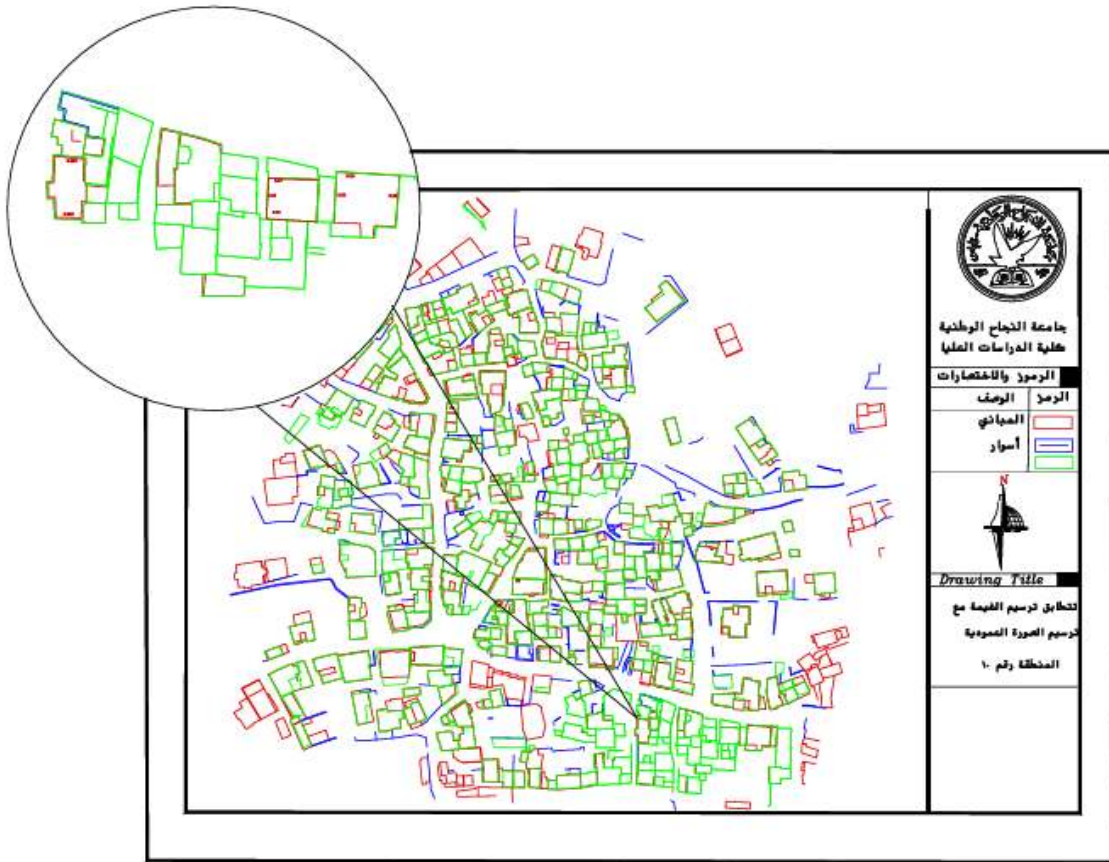
### مخطط (13)

المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم الغيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



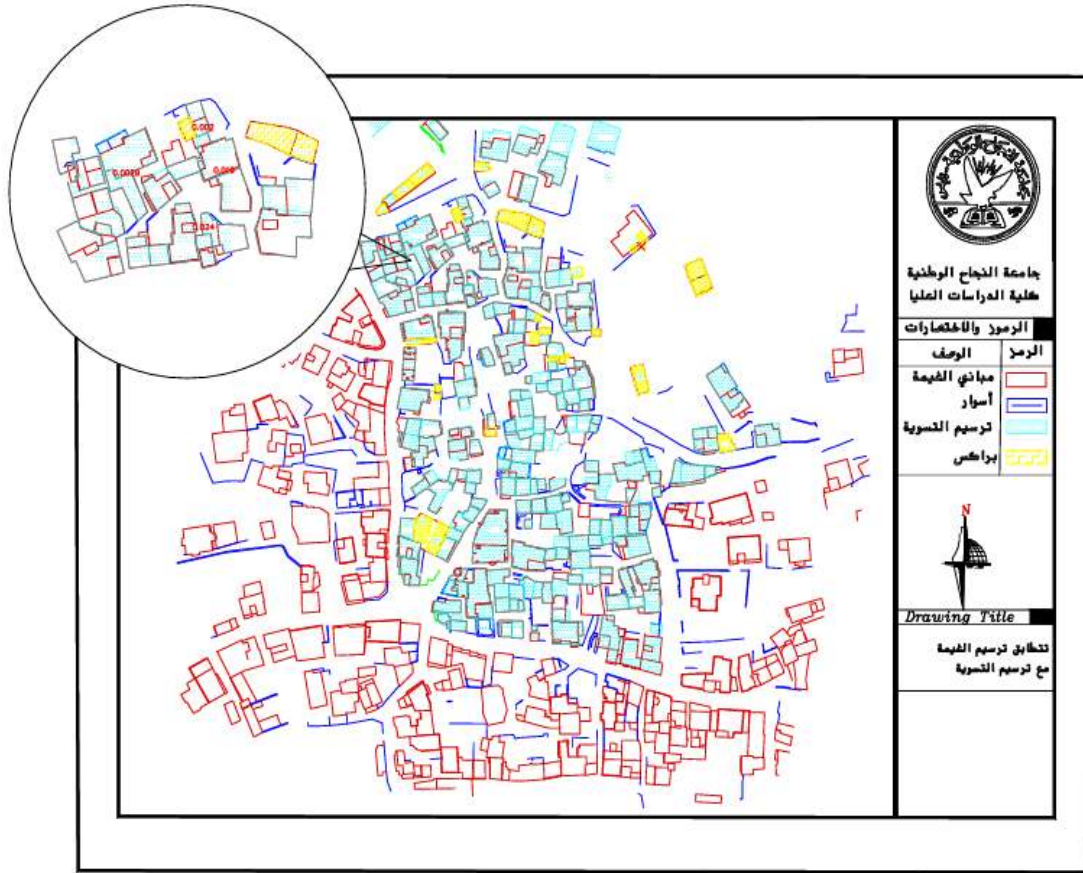
## مخطط (14)

المنطقة رقم 10 تطابق ترسيم الخيمة النقطية مع ترسيم الصورة العمودية



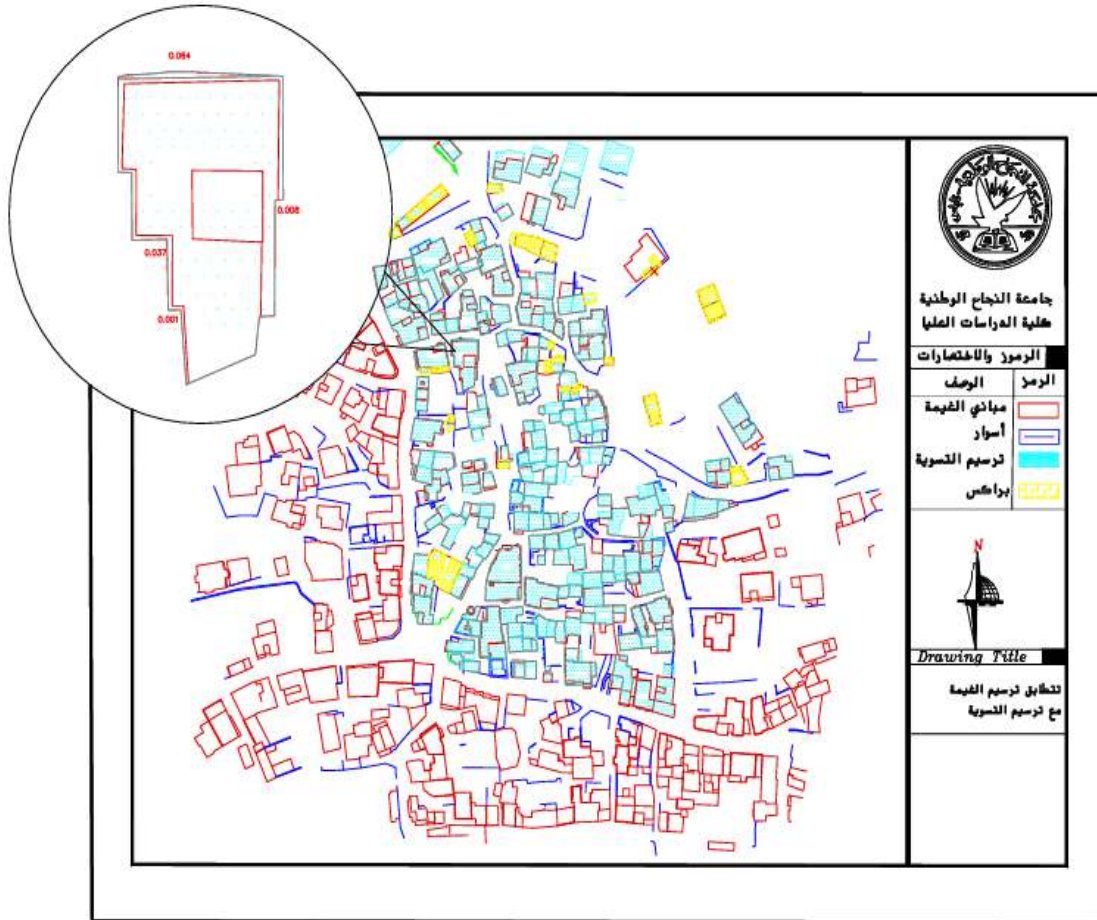
## مخطط (16)

المنطقة رقم 1 تطابق ترسيم الخيمة النقطية مع ترسيم التسوية



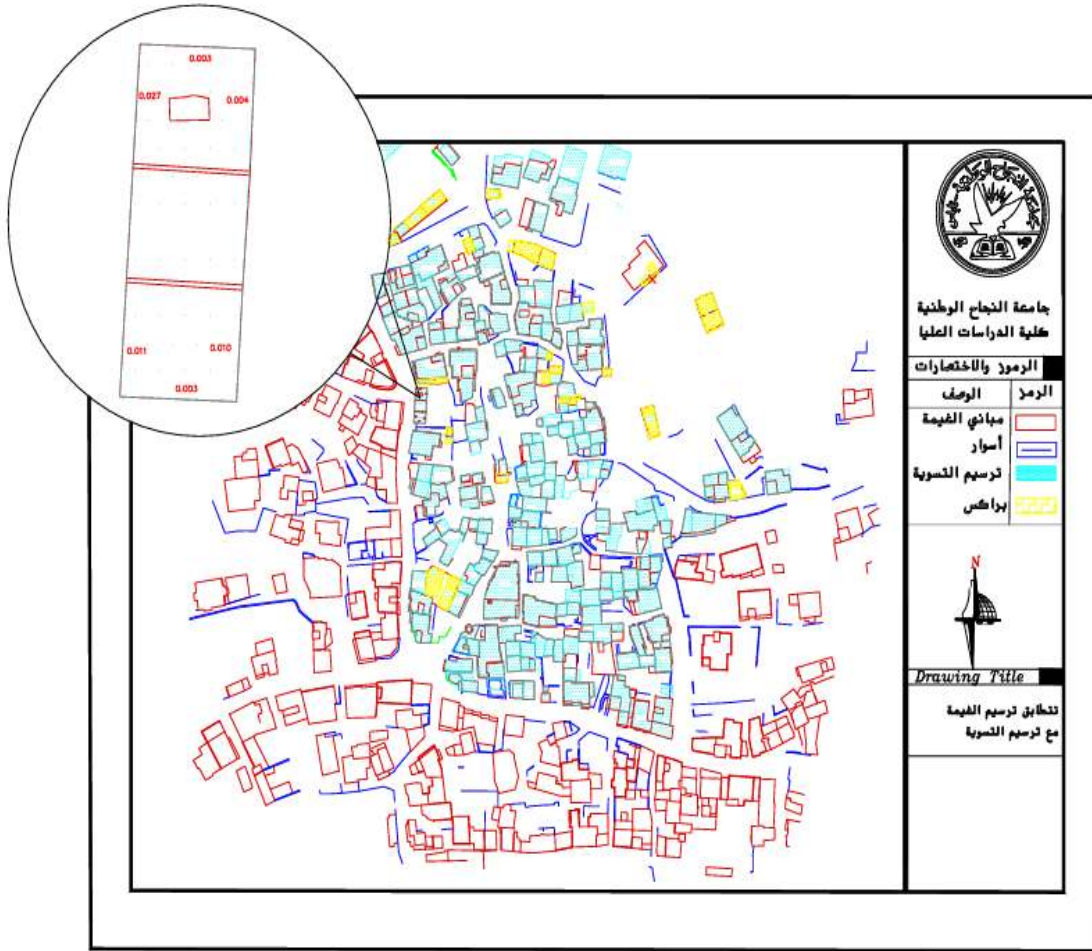
## مخطط (17)

المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الخيمة النقطية



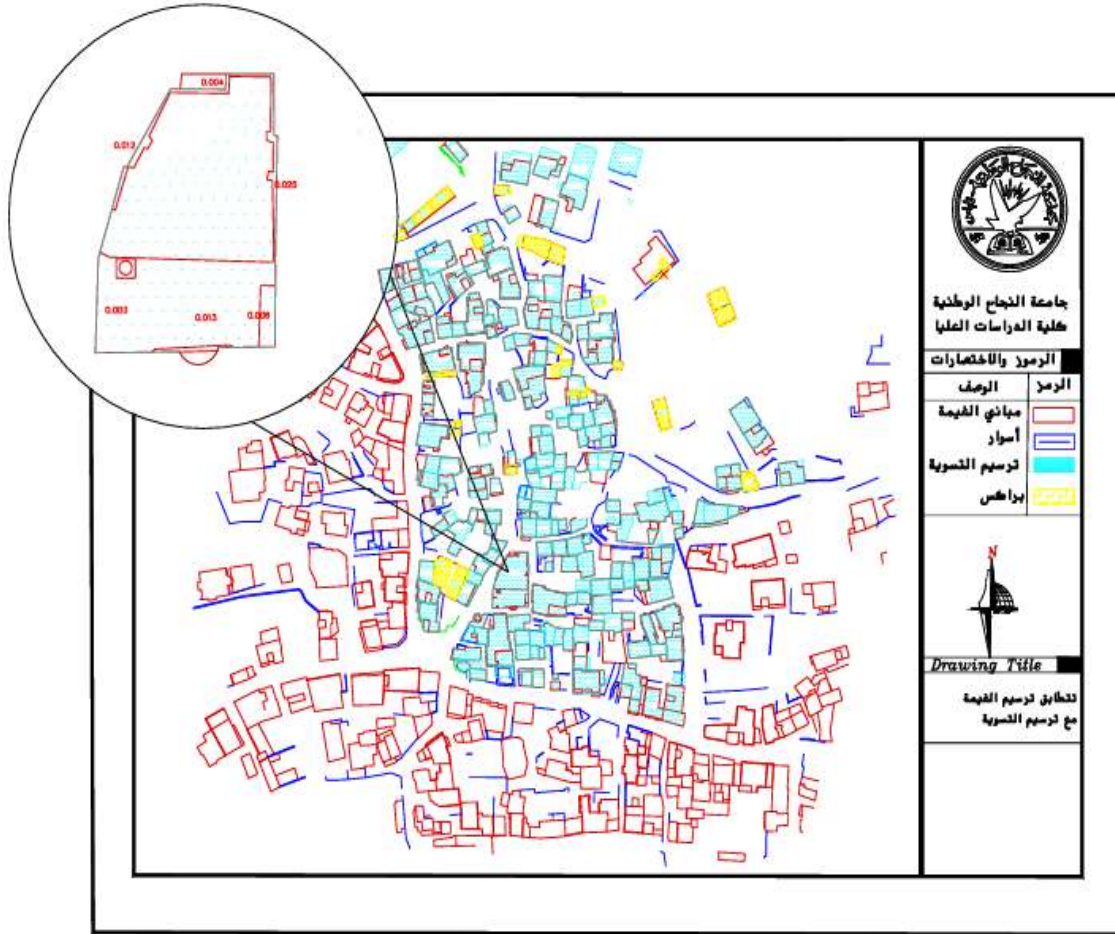
## مخطط (18)

المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الخيمة النقطية المسقطة.



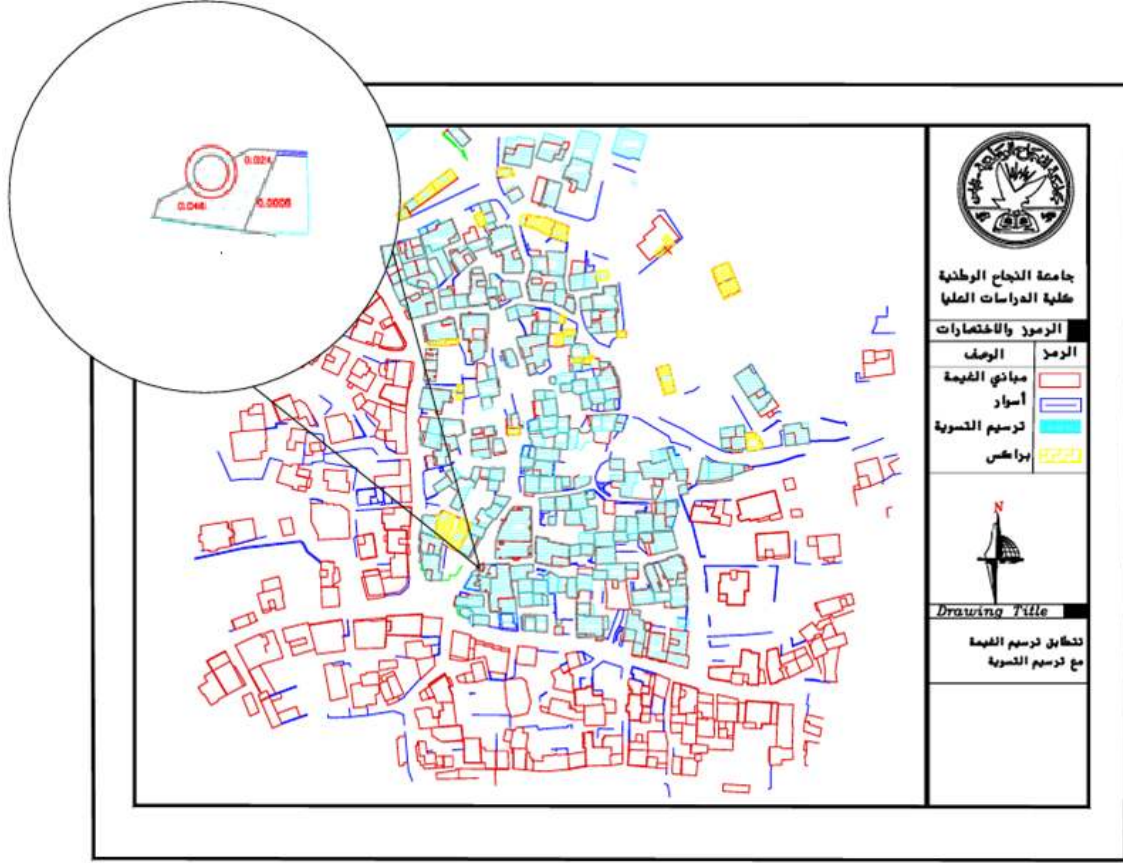
## مخطط (19)

منطقة رقم 6 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الخيمة النقطية المسقطة



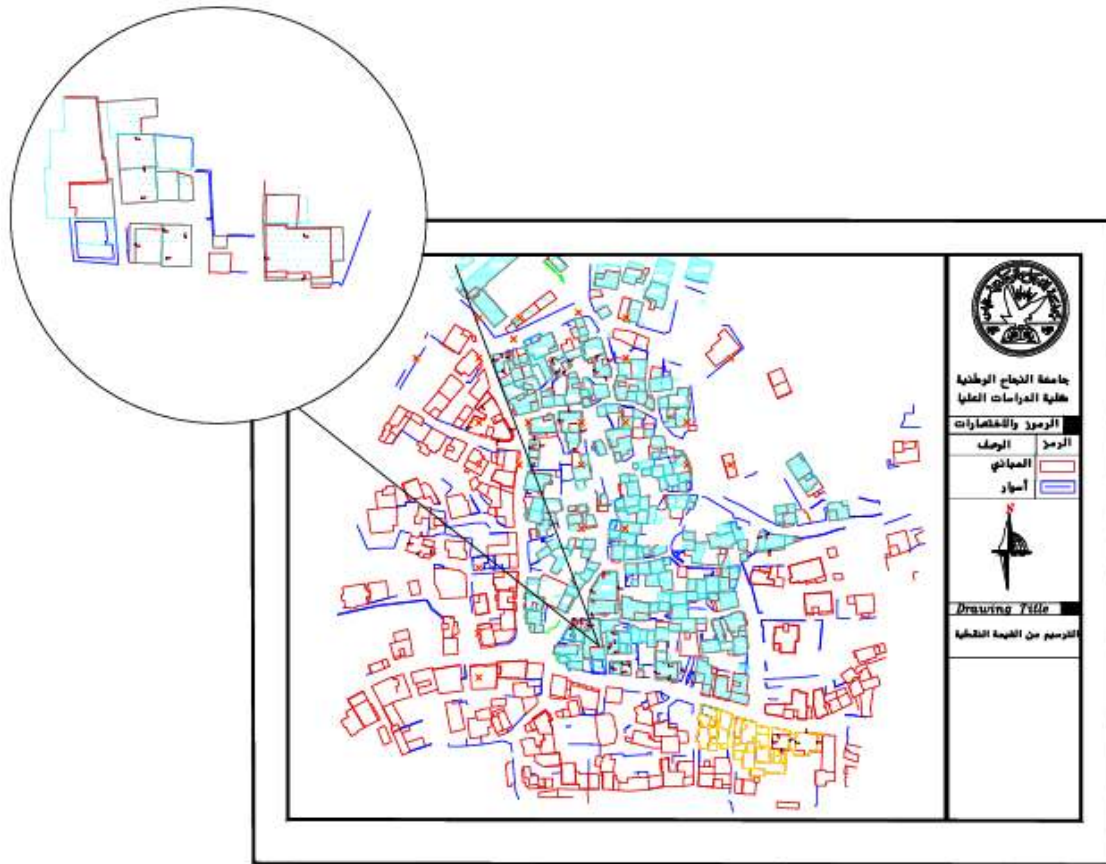
## مخطط (20)

المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم النخبة النقطية المسقطة



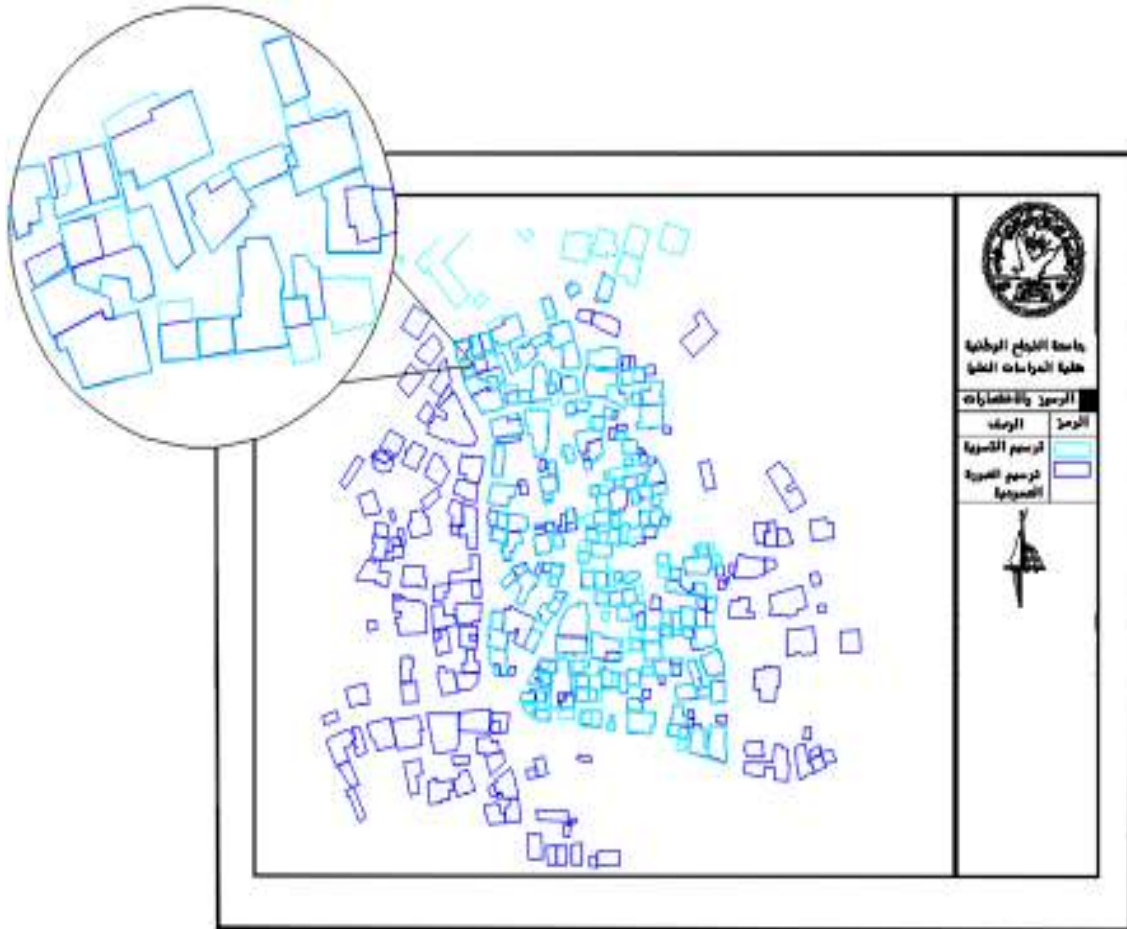
## مخطط (21)

المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الخيمة النقطية المسقطة



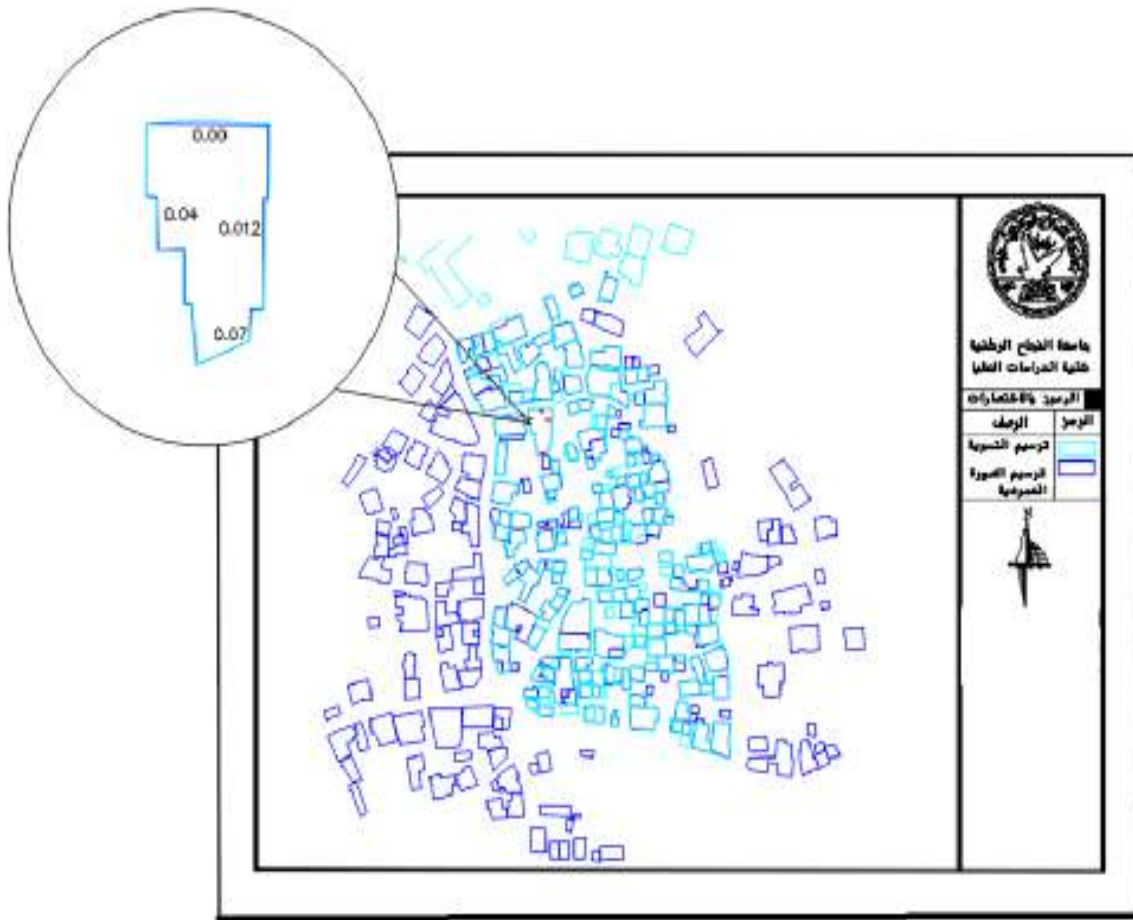
## مخطط (23)

المنطقة رقم 1 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



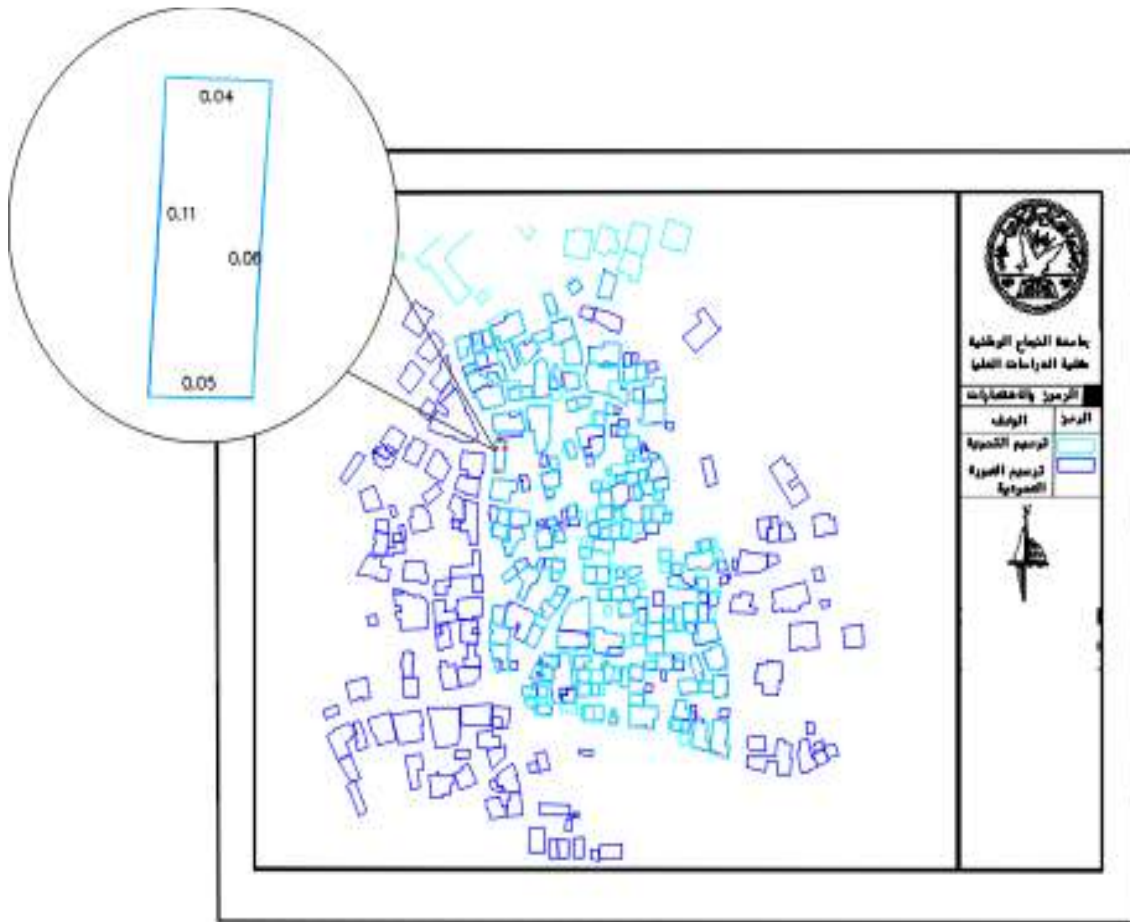
## مخطط (24)

المنطقة رقم 2 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



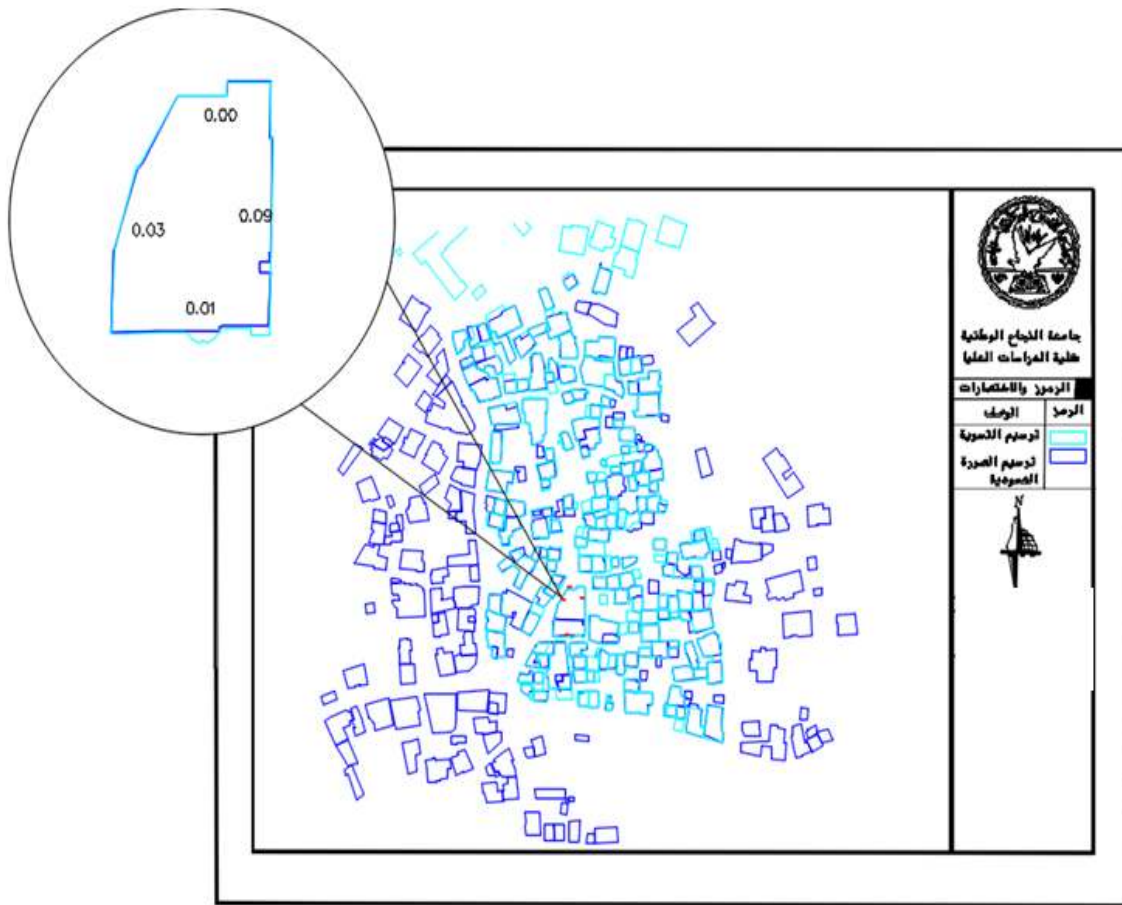
## مخطط (25)

المنطقة رقم 4 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



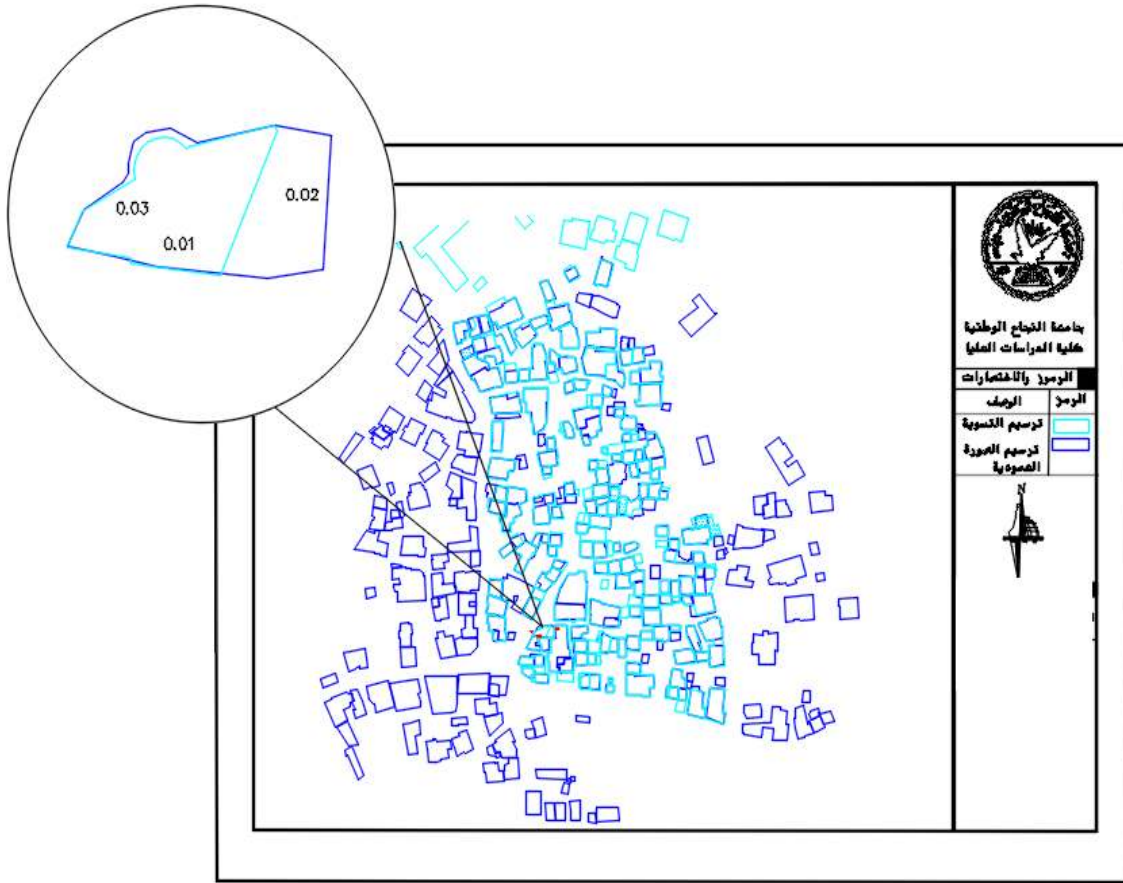
## مخطط (26)

المنطقة رقم 6 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



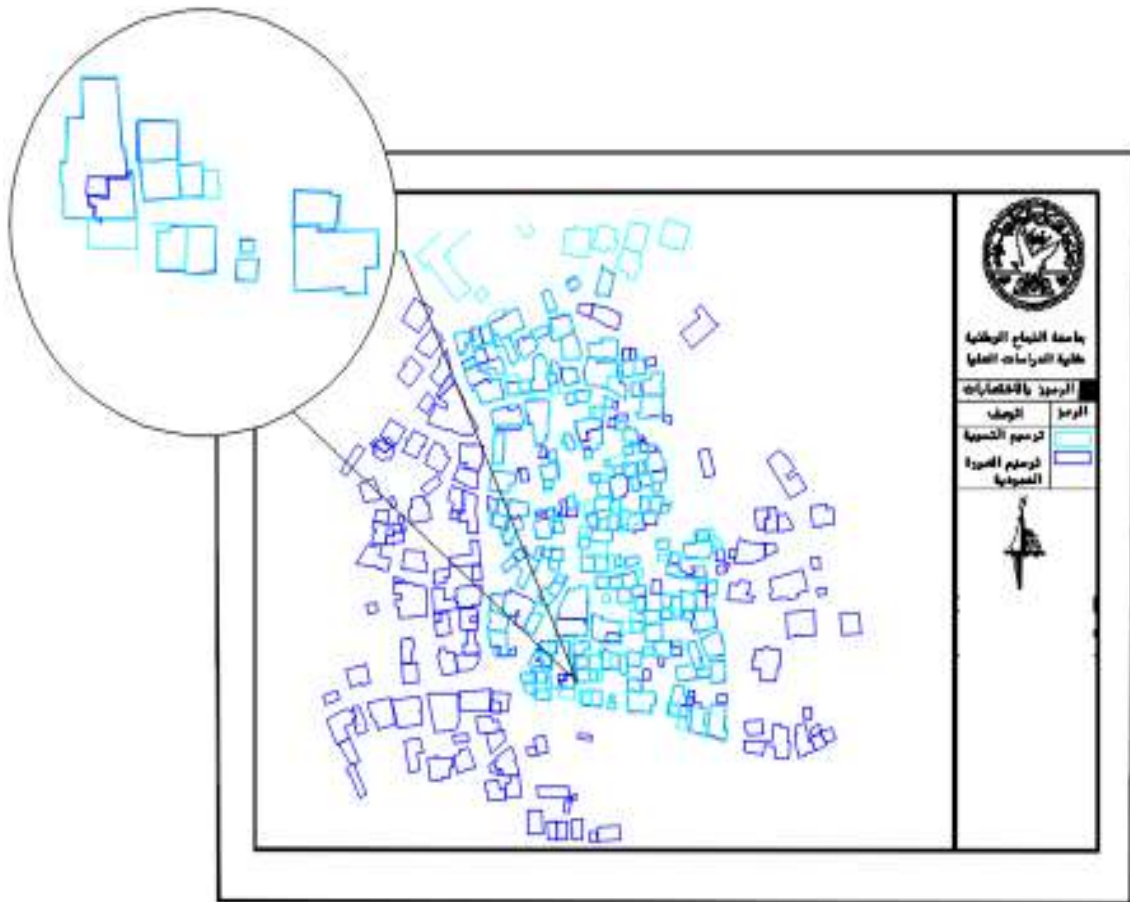
## مخطط (27)

المنطقة رقم 8 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



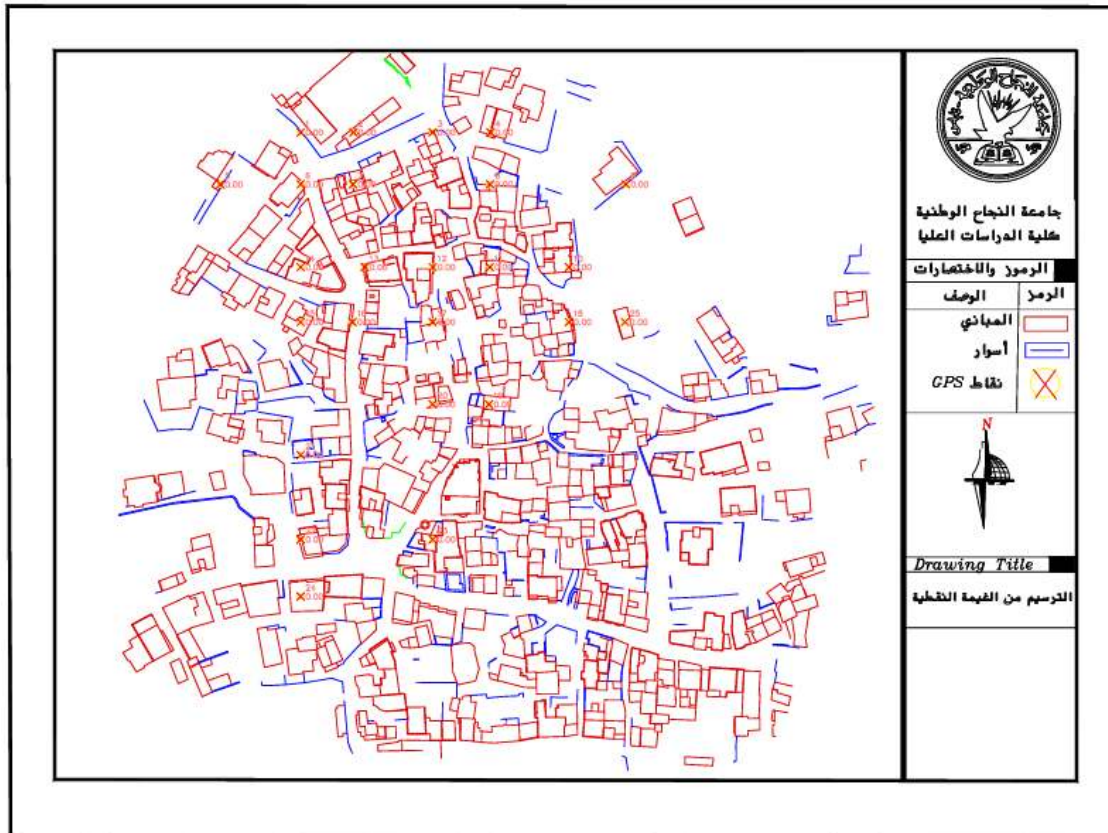
## مخطط (28)

المنطقة رقم 9 تطابق ترسيم التسوية مع ترسيم الصورة العمودية



## مخطط (29)

تطابق النقاط المأخوذة من جهاز GPS مع مواقعها





**An-Najah National University**  
**Faculty of Graduate Studies**

**THE USE OF DRONES IN LAND SETTLEMENT  
PROJECTS FOR MAPPING BUILDING AND  
VARIOUS FEATURS IN DENSELY BUILT UP  
AREAS. (THE OLD TOWN IN THE VILLAGE  
OF TELL – PALESTINE – AS A STUDY CASE)**

**By**  
**Amal Musbah Yousef Najjar**

**Supervisor**  
**Dr. Ahmad Taha**

**This Thesis is Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree  
of Master of Geomatics, Faculty of Graduate Studies, An-Najah National  
University, Nablus, Palestine.**

**2025**

# **THE USE OF DRONES IN LAND SETTLEMENT PROJECTS FOR MAPPING BUILDING AND VARIOUS FEATURS IN DENSELY BUILT UP AREAS. (THE OLD TOWN IN THE VILLAGE OF TELL – PALESTINE – AS A STUDY CASE)**

**By**  
**Amal Musbah Yousef Najjar**  
**Supervisor**  
**Dr. Ahmad Taha**

## **Abstract**

This study aimed to assess the feasibility of employing unmanned aerial vehicles (UAVs) for building delineation in densely constructed urban environments to generate precise maps for land settlement projects, serving as an alternative to conventional surveying techniques. Furthermore, the study sought to develop a novel delineation approach based on projected point cloud data to enhance the accuracy of building representation, particularly for features obscured in vertical aerial imagery, such as areas beneath trees or overhanging structures. Additionally, the research evaluated the accuracy of outputs produced by this method in comparison with traditional approaches, with the objective of establishing a practical framework to improve the efficiency of UAV-based delineation in land settlement initiatives in Palestine.

This study employed an applied analytical approach, integrating both fieldwork and office-based operations utilizing unmanned aerial vehicles (UAVs). The fieldwork involved the acquisition of high-resolution aerial imagery and the establishment of Ground Control Points (GCPs) within the old town of Tell village, encompassing an area of approximately 60 dunums, to ensure high spatial accuracy. The aerial images were processed using Agisoft Metashape software to produce orthorectified images, a three-dimensional model, and a projected point cloud. Given the challenges associated with delineation in densely constructed areas, the study introduced an innovative method that projects the point cloud and applies it directly in the delineation process. This method facilitated precise representation of building corners and boundaries and uncovered details that are not readily discernible in vertical aerial imagery.

The results demonstrated that UAV-based surveying is more efficient than traditional GPS-based methods in terms of time, effort, and cost. The experiment further revealed that direct delineation from 3D models, single aerial images, and raw point clouds

encounters technical challenges that compromise the accuracy of corner identification. Conversely, delineation using orthorectified images achieved an accuracy of 0.03 m but was unable to represent occluded features. To address this limitation, the projected point cloud technique was employed, resulting in an improved accuracy of up to 0.01 m. A comparison between the delineation outcomes and official land settlement maps indicated a high concordance rate of 99.7%, with an error margin ranging from 0.01 to 0.06 m, thereby confirming the reliability of the proposed methodology for building delineation in densely built environments.

The study advocates for the broader application of unmanned aerial vehicles (UAVs) and point cloud technology in land settlement initiatives, especially within densely populated urban environments. It further underscores the importance of providing comprehensive training to technical and surveying personnel on these technologies and incorporating them into Geographic Information Systems (GIS). Additionally, the study recommends that the pertinent land settlement authorities in Palestine implement this methodology to enhance the quality of outcomes and expedite settlement procedures.

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), land settlement, building delineation, point cloud, urban mapping