

# مقارنة بين الطرق الرقمية في تمثيل السطوح الأثرية وإنشاء المقاطع الشاقولية (قلعة الخوابي - طرطوس)

الدكتور عبد الرزاق عجاج \*

الدكتور إياد عباس \*\*

## □ الملخص □

يعتبر التمثيل الثلاثي البعد للمنشآت الهندسية مرحلة مهمة في سياق التعبير الهندسي عن المنشآت والتصميم والإجراءات الهندسية اللاحقة التي ستتخذ. من هذا المنطلق يهدف بحثنا إلى المقارنة بين طرق التمثيل الرقمي الثلاثي البعد للمنشآت المدنية ذات الاستخدامات الخاصة ومنها المنشآت الأثرية من أجل الأعمال اللاحقة (توثيق، ترميم) وسهولة الحصول على المقاطع العرضية. أجريت المقارنة الفنية والاقتصادية بين طرق ثلاث:

1- الطريقة التقليدية باستخدام البرامج الحديثة civil 3d وبرامج التصوير الرقمي باستخدام أجهزة الهاتف المحمول وبرامجه الموافقة.

2- باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS وإمكانياته المختلفة.

3- إمكانية استخدام الماسح الضوئي الليزري Laser scanner.

واعتمد في المفاضلة كميّار حاسم على تحقيق الشروط الفنية والمردود الاقتصادي الأعظمي.

**كلمات مفتاحية:** ثلاثي البعد DTM، تمثيل سطح الأرض، مقاطع طولية، مقاطع عرضية، نظم معلومات جغرافية.

---

\* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية بكلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق، دمشق، سوريا. [ajajar59@yahoo.com](mailto:ajajar59@yahoo.com)

\*\* مدرس في قسم الهندسة الطبوغرافية بكلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا. [iyadabbas@gmail.com](mailto:iyadabbas@gmail.com)

A comparison between ways of the digital representation the ancient structures surfaces  
and create vertical sections (Khawabi-Tartous Castle)

\* Dr. Abdulrazzak Ajaj

\*\* Dr. Iyad Abbas

Abstract

The 3Dimension representation of facilities engineering an important stage in the context of the expression of the engineering facilities and design engineering and subsequent action to be carried out. From this point of our research is designed to compare the methods of digital representation triple dimension to civilian facilities with special uses, including the archaeological monument for subsequent Business (documentation, restoration) and ease of access to cross-sections. Technical and economic comparison was conducted between three ways :

1. The traditional way using modern civil 3d programs and programs of digital photography using mobile phone hardware and software approval.
2. Using the different potential of Geographic Information Systems, GIS software.
3. The possibility of using a Laser scanner

And adopted as a standard in the comparison the method that gives maximum of economy to achieve the technical conditions.

**Keywords:** Three-dimension, DTM, the representation of the earth's surface, cross sections, geographic information systems.

---

\* **Associated Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria. Email: [ajajar59@yahoo.com](mailto:ajajar59@yahoo.com)**

\*\* **Lecturer, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Email: [iyadabas@gmail.com](mailto:iyadabas@gmail.com)**

## 1. مقدمة

يعتبر التمثيل الثلاثي البعد للسطوح الهندسية للمنشآت القائمة القديمة منها والحديثة، [1] بالإضافة إلى سطح الأرض من المواضيع التي تأخذ أهمية تطبيقية كبيرة لما لها من أهمية تبدأ بإعطاء المهتم الاختصاصي فكرة عن المنشأة من جميع النواحي وإمكانية الحصول على المقاطع الطولية والعرضية للمنشأة المدروسة بشكل سريع وبدقة كبيرة. توجد العديد من الطرق والبرامج الحاسوبية للحصول على التمثيل الثلاثي لسطح الأرض والمنشأة المدروسة تشترك كلها بأنها في البداية تحتاج إلى نقاط عديدة من المنشأة معلومة بالإحداثيات الثلاث (X,Y,Z) وتختلف في طريقة ودقة العرض والمعلومات الإضافية التي يمكن الحصول عليها من النموذج المبني الثلاثي البعد.

## 2. أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية البحث في دراسة طرق التمثيل الثلاثي البعد الأكثر استخداماً والمقارنة بينها من حيث كفاءة الأداء والسرعة والكلفة ويمكن تصنيف الطرق والبرامج المستخدمة في التمثيل الثلاثي البعد إلى [2,5,9,10]:

- الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة (Total station) ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج موافقة من Civil cad 3d land development وبرامج تصوير موافقة على الهاتف المحمول

- الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS مع إمكانية استخدام الصور الأرضية كقيم مساعدة إضافية.

- الطريقة الحديثة باستخدام التمثيل الثلاثي البعد باستعمال جهاز Laser scanner.

## 3 — طريقة البحث ومواده

لإنجاز البحث تم إنشاء شبكة أفقية وارتفاعية محيطية بقلعة الخوابي (موضوع البحث) وإجراء القياسات الخطية والزاوية والارتفاعية وتعديل جميع القياسات باستخدام برامج تعديل الشبكات ( ومنها cat & network adjustment) ومن النقاط المحيطة بالقلعة تم إجراء القياسات على جدران القلعة ومنحدرها القاسي باستخدام أدوات البحث التي تكاملت ما بين جهاز محطة متكاملة ( sokkia set530 R ) وأدوات تصوير رقمية محمولة وبرامج معالجة النتائج للحصول على التمثيل الثلاثي البعد ( Civil cad 3D 2015 ) و ( Surfer 7 ) و ( نظم المعلومات الجغرافية GIS arc view )

## 4 — منهجية البحث:

### 1-4 موقع البحث:

يقع المنشأ المدروس ( قلعة الخوابي ) في شرق محافظة طرطوس ضمن طبيعة خلابة، الشكل (1) ، إحداثياتها الوسطية بحسب نظام WGS84 ونظام الإسقاط الستيريوجرافي كما يلي :

نظام الإحداثيات	X OR E	Y OR N
نظام الإسقاط الستيريوجرافي	-287439 m	+90198
نظام WGS84	$\lambda=34^{\circ} 58' 22.45''$	$\varphi=36^{\circ} 00' 08.37''$



الشكل ( 1 ) صورة فضائية لقلعة الخوابي

#### 1-1-4 : مخطط شكل الشبكة الجيوديزية ودراسة الخصائص العديدة ومخطط القياس للشبكة الجيوديزية المقترحة:

لإنجاز الهدف من بحثنا تم إنشاء شبكة جيوديزية على شكل حلقات محيطة بمنطقة العمل وتغطي الهدف من إنشائها، وتستخدم لتمرکز الأجهزة المساحية، الشكل (2)، وبعد إنجاز عمليات القياس الضرورية الخطية والزاوية والارتفاعية وإنجاز المعالجة الرياضية باستعمال برنامج network adjustment & cat [1,4]، تم بالنتيجة الحصول على الإحداثيات المعدلة التالية المبينة في الجدول (1) :

الجدول (1) الإحداثيات المعدلة للشبكة الخاصة بقلعة الخوابي

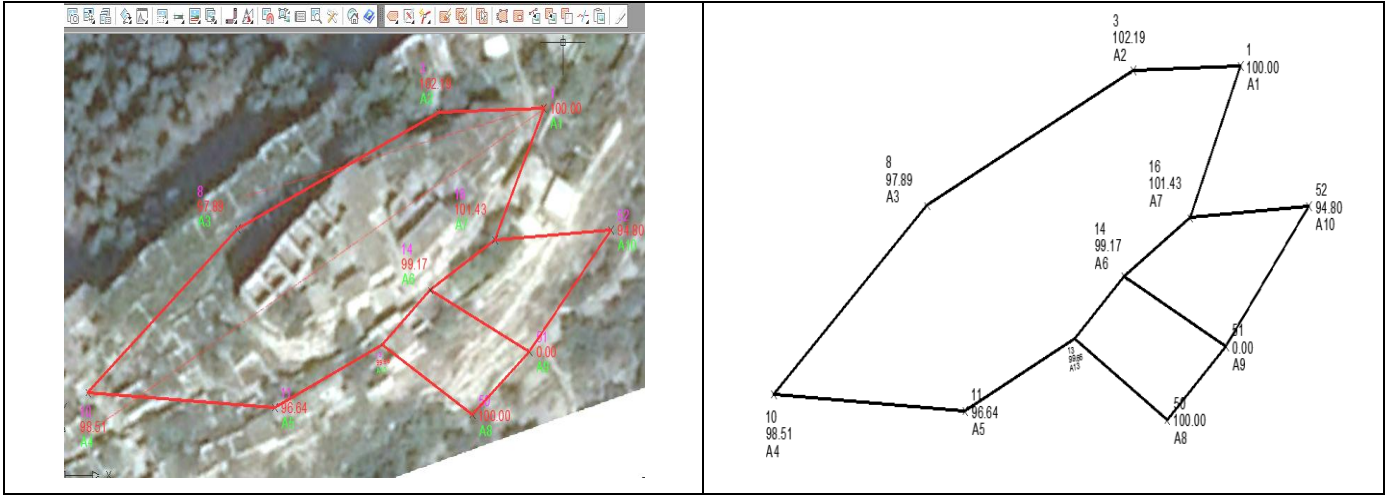
Number	Easting	Northing	Elevation	Des
1	-287397.17	90222.21	100	A1
2	-287424.79	90221.46	102.19	A2
3	-287478.1	90199.67	97.89	A3
4	-287517.68	90169.18	98.51	A4
5	-287468.3	90166.39	96.64	A5
6	-287427.14	90188.3	99.17	A6
7	-287410.14	90197.68	101.43	A7
8	-287416.08	90165.05	100	A8
9	-287400.92	90176.82	95.66	A9
10	-287379.39	90199.52	94.8	A10

وبحساب أمان الشبكة الأفقية المقترحة، نحصل بشكل نهائي على قيم الأمان المحققة لشرط Baarda التالي  

$$: \pi_{ii} \geq 0.5 \quad ( \pi = I - A \cdot (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P ) \quad \text{فنجد أن } [7,8]:$$

$diag(\pi^T) = [0.887 \quad 0.553 \quad 0.606 \quad 0.669 \quad 0.586 \quad 0.579 \quad 0.579 \quad 0.638 \quad 0.688 \quad 0.738 \quad 0.889 \quad 0.877 \quad 0.806 \quad 0.811]$   
من الملاحظ أن الشبكة الأفقية تحقق شرط بناءها واستثمارها شريطة أن تتم القياسات بشكل سلسلة مضاعفة.

**ملاحظة:** في الجدول (1) السابق، الإحداثيات الأفقية بحسب نظام الشبكة العقارية ( الإسقاط الستيريوغرافي ) والشبكة الإرتفاعية محلية.



الشكل ( 2 ) شكل تخطيطي للشبكة الجيوديزية لقلعة الخوابي

استخدمت نقاط المراقبة الرئيسية في الرفع الطبوغرافي للجرف الداخلي في القلعة والذي يحوي في أعلاه على عدد من الأبنية ودرج وصول واحد ( معلّم على الشكل (3) بالمضلع المنقّط المغلق) وجزء من الجرف الخارجي المعلّم بمضلع منقّط من الجهة الجنوبية

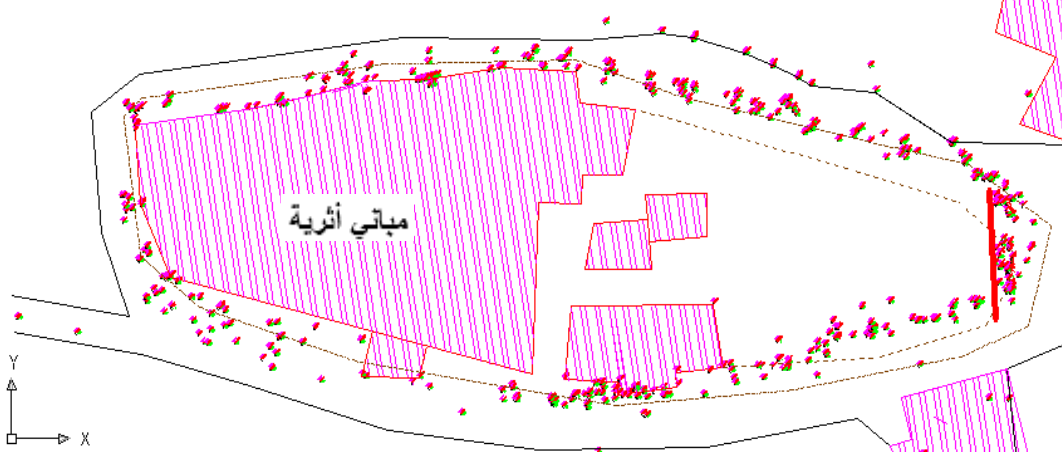


الشكل ( 3 ) المنطقة المدروسة من قلعة الخوابي

#### 2-4 : الأعمال الجيوديزية والنتائج الحقلية :

انطلاقاً من النقاط المرجعية ( A1 , A2 , ..... , A10 ) وباستخدام جهاز المحطة المتكاملة SOKKIA SET 530R وإجراء القياسات الخطية بدون عاكس، نحصل على كمّ كبير من البيانات التي من المفترض أن تمثل حالة المنشأة المدروسة الفعلية، بحيث تسمح باستخدام هذا المنتج للأعمال اللاحقة ( مقاطع

طولية، تحديد الطبقات المكونة للمنطقة المدروسة، تحديد الشقوق ومدى اتساعها وخطورتها، تحميل الحلول المقترحة مباشرة ليتم تنفيذها) ، يبين الشكل (4) المسقط الأفقي للمنطقة المدروسة



الشكل ( 4 ) المسقط الأفقي للمناطق المدروسة في قلعة الخوابي

من الواضح أنه باستخدام المسقط الأفقي للنقاط المرصودة لن يتحقق أي هدف من أهداف الرفع الطبوغرافي والتي يمكن إيجازها بما يلي:

1- تمثيل السطح المدروس بشكل واقعي، من الملاحظ أنّ القسم الداخلي في القلعة على شكل بيضوي أطرافه جرف شاقولي تقريباً، لذا يظهر في المسقط الأفقي نقاط تفصيلية كثيرة في حيزٍ بعدي ضيق لا يتجاوز الـ(5) متر.

2- إنجاز مقاطع طولية بتباعد مناسب تعبر حقيقة عن البعد المغيب (النتوءات والتجاويف في الجرف المحيط بالقلعة) للمسقط الأفقي، والملاحظ هنا أنّ البعد المغيب ليس له محور ثابت ولا إشارة ثابتة (في الجهة الشرقية البعد المغيب هو باتجاه المحور X وموجب الاتجاه ، أمّا من الجهة الغربية فهو عكس ذلك وفي الجهة الشمالية البعد المغيب هو باتجاه المحور Y وموجب الاتجاه وهو من الجهة الجنوبية يكون عكس ذلك).

3- إمكانية إضافة بيانات على النموذج الثلاثي البعد ومقاطعته المختلفة.

لذلك من أجل إيجاد الحلول لكل ما ذكر سوف نقوم بدراسة واختبار الطرق التالية والتي وردت في أهداف البحث:

1- الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج موافقة من Civil cad وبرامج تصوير موافقة على الهاتف المحمول.

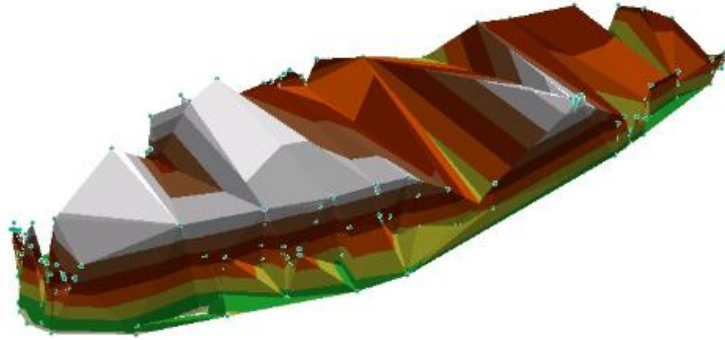
2- الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS مع إمكانية استخدام الصور الأرضية كقيم مساعدة إضافية.

3- الطريقة الحديثة باستخدام التمثيل الثلاثي البعد باستعمال جهاز Laser scanner.

4-2-1: الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج موافقة من civil cad وبرامج تصوير موافقة على الهاتف المحمول:

في هذه الطريقة وكما هو واضح من العنوان فإنّ الحصول على النتائج الأولية للمعطيات هو باستخدام أجهزة المساحة التقليدية (TOTAL STATION)، والتي ترتبها على صيغة ( P E N Z DES ) أي رقم النقطة، الفاصلة، الترتيب، الارتفاع، وصف النقطة وتعريفها) وذلك مهما كانت طريقة تسجيل القياس المستخدمة (أحداثيات، قطبية). بعد ترتيب النقاط التي حصلنا عليها في ملف بامتداد تتعرف عليه البرامج التي سنستخدمها

ولتكن ذات امتداد \*.txt الأكثر استخداماً ونقوم بإنجاز نموذج ثلاثي الأبعاد للمنشأ موضوع البحث، كما في الشكل(5):



الشكل ( 5 ) نموذج ثلاثي الأبعاد في القسم المدروس من قلعة الخوابي

تمّ انجاز النموذج باستخدام برنامجين الأول Surfer7 والثاني Civil 3d land development ولكن في كلا البرنامجين لم نستطع الحصول على الهدف الأساسي من عملنا والمبينة في الفقرة 4-2 والتي نلخصها بعدم تطابق النموذج الناتج مع شكل الأرض الطبيعي الثلاثي البعد الحقيقي، وعدم إمكانية القياس المباشر على النموذج الناتج، ولهذا السبب وبعد إجراء عدد كبير من المحاولات والتصحيحات، نقترح الطريقة التالية والتي أثبتت كفاءتها وسهولة تنفيذها، نشرحها وفق الخطوات التالية:

1- إنجاز الرفع الطبوغرافي من النقاط المرجعية المزروعة حول القسم الداخلي والجزء الخارجي من المنطقة المدروسة، نختار النقاط على الجروف بحيث تغطي كامل السطح ونقاطه المميزة والشقوق، وينبغي تمييز كل نقطة بالوصف الخاص بها وتوثيقها باستخدام تقنيات التصوير الحديث المتوفر على نطاق واسع ضمن برمجيات الهواتف النقّالة (نحجم عن ذكر برنامج تصوير بعينه لوجود الكثير من البرامج التي تقدم هذه التقنية )، مبين على الشكل (6) نماذج من الصور وأرقام النقاط التي تمّ رصدها وبعد ذلك تمّ استخدام الصور السابقة بعد إرجاعها الهندسي كمساعد لرسم المساقط الشاقولية التي سترد في البند (2)

نبين فيما يلي نموذج من نتائج النقاط التي تم الحصول عليها وبعض التوصيف الذي اعتمد عند إنجاز الدراسة:

الجدول )

no	x m	y m	z m	des	des
1	500	500	100	A1	نقطة رئيسية
2	500	528.856	102.192	A2	نقطة رئيسية
3	503.943	506.717	99.728	A3	نقطة رئيسية
1001	495.5887	508.0419	100.5097	KF	حد انهيار حفر في الجدار
1002	496.7355	510.5871	101.443	KF	حد انهيار حفر في الجدار
1010	493.3206	511.9029	108.41	R	ارض طبيعية
1011	500.0001	499.9908	99.9628	R	ارض طبيعية
1012	498.7805	519.1699	100.831	M	نقاط مميزة معلمة على الصورة
1023	491.0568	536.9561	100.9995	M	نقاط مميزة معلمة على الصورة
1024	488.466	542.1697	101.5137	M	نقاط مميزة معلمة على الصورة
1025	499.0701	519.0785	99.9833	RD	طريق
1026	495.2346	526.3829	101.2161	RD	طريق
1027	495.6257	532.1881	101.1514	RD	طريق
1028	494.467	538.5436	100.898	RD	طريق

no	x m	y m	z m	des	des
1029	492.844	543.1032	101.3911	RD	طريق
1030	486.3699	548.1932	101.8741	RD	طريق
1031	492.147	530.1834	106.9198	H	شق في الصخر
1032	492.7255	529.8803	104.9871	H	شق في الصخر
1036	494.4792	526.6269	103.79	H	شق في الصخر
1037	494.899	526.4341	101.6611	H	شق في الصخر
1038	492.7266	531.8704	104.738	RK	نتوء صخري
1039	492.7472	531.7874	103.9991	RK	نتوء صخري
1040	492.8761	532.161	103.5753	RK	نتوء صخري
1041	493.0597	532.3784	102.8583	RK	نتوء صخري
1042	492.7903	533.4103	102.8235	RK	نتوء صخري
1043	493.2453	533.3597	104.1563	RK	نتوء صخري
1201	463.1427	573.6884	101.1535	RD	طريق
1202	466.8677	570.0675	101.2744	RD	طريق
1203	469.8291	568.9429	100.9333	RD	طريق
1204	473.7478	565.2131	101.0306	RD	طريق
1205	476.2832	560.0723	109.7158	KFD	قعر انهيار في الجدار
1206	475.8665	560.4527	109.913	KFD	قعر انهيار في الجدار
1207	475.6403	560.6614	109.8254	KFD	قعر انهيار في الجدار
1208	475.5165	560.759	109.5747	KFD	قعر انهيار في الجدار
1209	475.3862	560.8575	109.2328	KFD	قعر انهيار في الجدار



الشكل (6) بعض الصور المرقمة المستخدمة في قلعة الخوابي

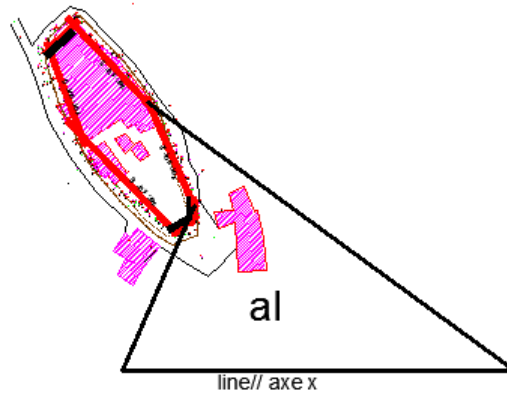


2- تحديد عدة مستويات إسقاط شاقولية موازية لاتجاه الجرف الشاقولي في المنطقة المدروسة، في حالة قلعة الخوابي تمَّ تحديد سبع مستويات شاقولية كما هو مبين على الشكل (7):



الشكل (7) المستويات الشاقولية المقترحة في قلعة الخوابي

3- تحويل كلِّ مستوي شاقولي بالأمر alignment بحيث ينطبق اتجاه الجرف الشاقولي مع المحور x مع الانتباه إلى عدم تغيير المقياس ، وتعبّر الإحداثيات المحوَّلة في هذه الحالة عما يلي : المحور x عن المسافات الأفقية، المحور y عن الارتفاعات و المحور z عن الترتيب، وتفيد هذه العملية في تقليل التشوهات الناتجة عن الإسقاط على مستوي الإسقاط إلى حدِّها الأدنى، الشكل (8).



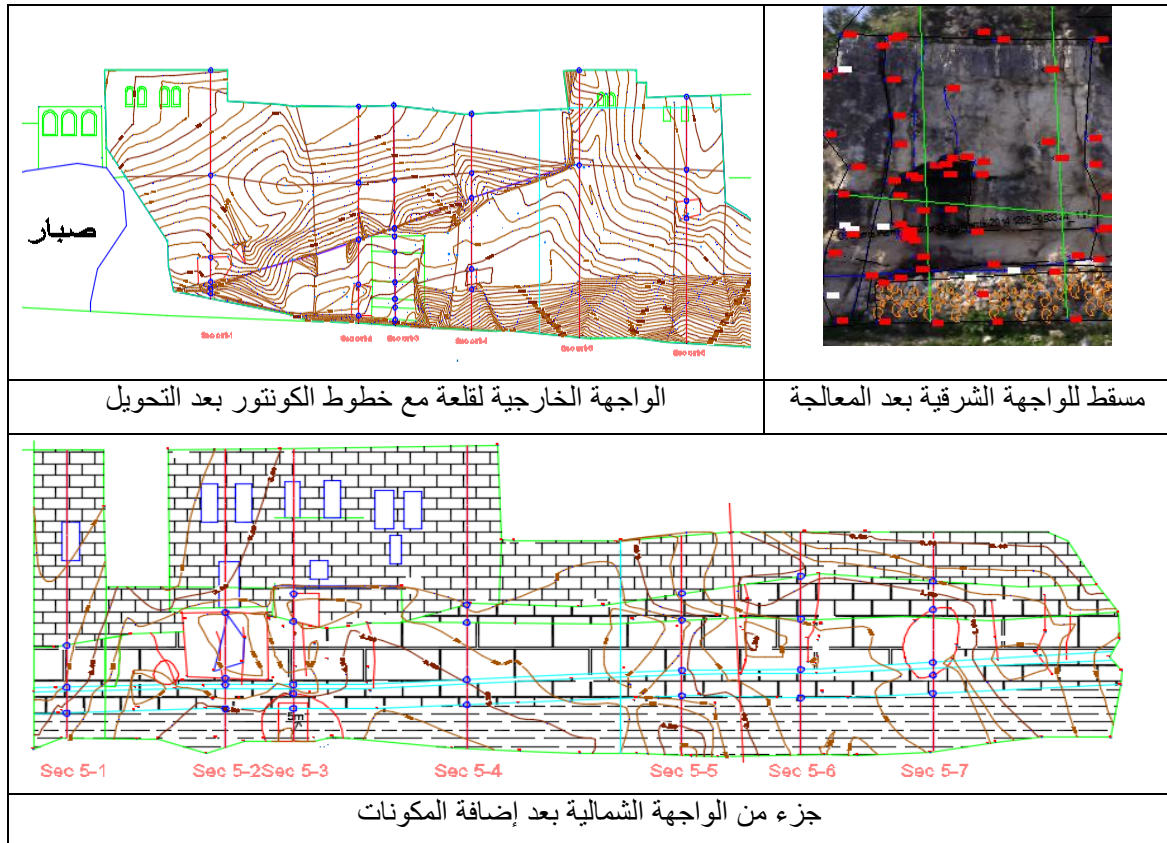
الشكل (8) انجاز عملية التحويل الخطي بدون تغيير المقياس

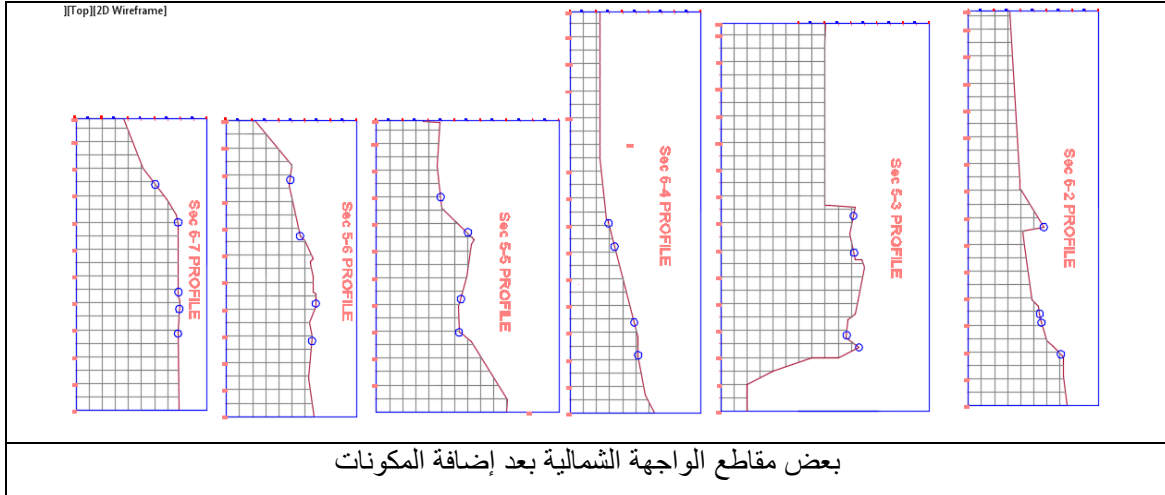
4- إنجاز المقاطع العرضية بعد تصدير احداثيات النقاط، بعد تحويلها وتحويرها ( استخدام alignment ) إلى ملف \*.txt أو ملف بامتداد \*.xls\* ومن ثم تبديل المحاور بحسب ما هو وارد في البند السابق (3)، عمود قيم المحور X يستبدل بـ X، عمود قيم المحور y بالقيم الموجودة في عمود الارتفاعات z وتعبّر عن الترتيب، وقيم العمود z بالقيم الموجودة في العمود y والتي تعبر في هذه الحالة عن الارتفاعات والانخفاضات في وجه الجرف المدروس من محيط القلعة وتفيد هذه العملية في تقليل التشوهات الناتجة عن الإسقاط على مستوي الإسقاط إلى حدها الأدنى ، الشكل (9).



الشكل(9) بعد انجاز عملية التحويل الخطي بدون تغيير المقياس

نبيّن فيما يلي على الشكل (10) بعض نماذج المساقط والمقاطع الناتجة باستعمال الطريقة المقترحة وبعض الإكاملات الهندسية التي أجريت على تلك المقاطع:





بعض مقاطع الواجهة الشمالية بعد إضافة المكونات

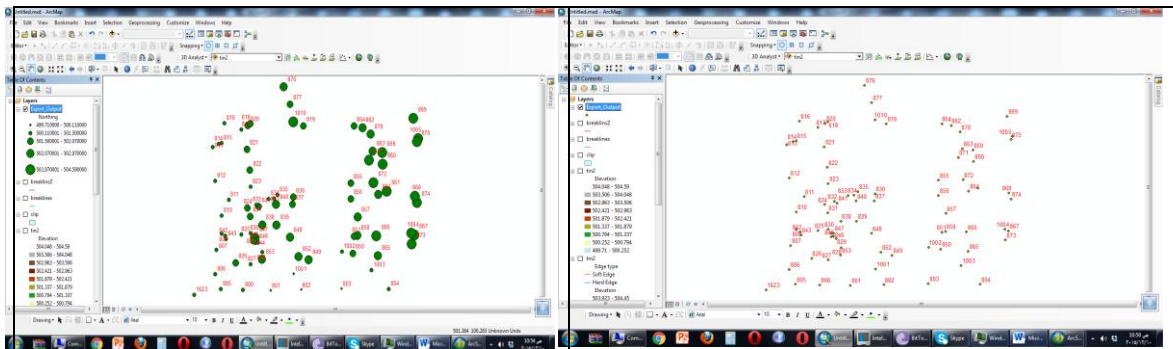
الشكل (10) المقاطع العرضية النهائية المنجزة

2-2-4: الطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS مع إمكانية استخدام الصور الأرضية كقيم مساعدة إضافية.

صمّم التمثيل الثلاثي البعد في نظم المعلومات الجغرافية بشكل رئيسي ليخدم مسائل هندسية وبيئية وبالتالي يعمل بشكل مثالي لتمثيل مساحة كبيرة نسبياً، المسألة التي نحن يصدها هنا هو تمثيل مساحة صغيرة نسبياً معروضة ضمن نمط \*.txt المستخدم أعلاه.

في بيئة نظم المعلومات الجغرافية سيتم تمثيل القلعة بشكل ثلاثي أبعاد باستخدام الطرق التقليدية [3] للتمثيل الثلاثي البعد وهي تبدأ بـ TIN (Triangulation Irregular Network) ومن ثمّ إلباس مجموعة من النقاط معروفة الاحداثيات الثلاثية بسطح ثلاثي أبعاد بطريقة IWD (Invers Weighted Distance) و Spline و kriging بعد تعديل البعد الثالث لتمثيل الفروقات في كل جدار على حدة.

نبيّن على الشكل (11) نقاط الواجهة الشرقية بعد تحويلها إلى نظام الاحداثيات الجديد كما وردت في الطريقة السابقة:



الشكل (11) نقاط الواجهة الشرقية

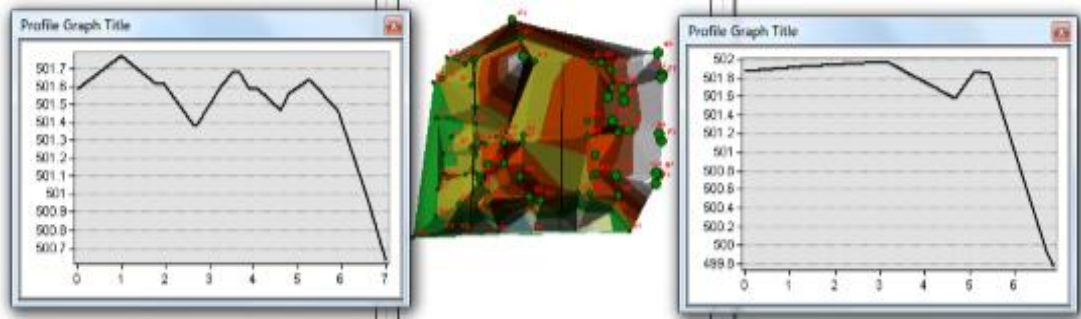
الشكل (12) تمثّل البعد الثالث من خلال حجم النقاط

تمّ استخدام طريقة التمثيل graduate symbol لنوضّح عمق النقاط بالنسبة لبعضها البعض، النقاط البعيدة عن الجهاز (العميقة) تمثّل برمز كبير والقريبة تمثّل برمز صغير، وهذا يعطي فكرة بسيطة عن البعد الثالث ولكنها غير كافية، الشكل (12).

نبيّن على الشكل(13) السطح الثلاثي البعد بطريقة kriging التي تستخدم معادلات احصائية مكانية، لإلباس سطح ثلاثي أبعاد للنقاط الطبوغرافية التي تمّ الحصول عليها، ومن ثمّ نحصل على التمثيل الثلاثي البعد بطريقة الـ TIN ، الشكل (14)



وبإنجاز المقاطع العرضية في عدة مناطق موافقة لما تمّ أنجازه في الطريقة السابقة، بيّن الشكل(15) نموذج من المقاطع السابقة:



الشكل(15) مقاطع طولية في الواجهة الشرقية

تبيّن أنّ المقاطع الناتجة وفق هذه الطريقة لها النواقص التالية:

- 1- أقلّ دقة في تمثيل السطح الطبيعي للواجهة المدروسة في الموقع المختار
- 2- عدم إمكانية تنفيذ الحلول المقترحة على المقطع الناتج لاختلاف صيغة المقطع الناتج عن صيغة الرسومية النظامية.

#### 3-2-4: الطريقة الحديثة باستخدام التمثيل الثلاثي البعد باستعمال جهاز Laser scanner .

الماسح الليزري ثلاثي الأبعاد هو أداة تقوم بتحليل عناصر بنائية أو بيئة عمرانية لأجل تجميع معلومات مكانية وفيزيائية تتعلق بشكلها ومظهرها، تليها عملية استخدام المعلومات المجمّعة لغرض بناء مجسم رقمي ثلاثي الأبعاد كنسخة للأصل يستخدم في مدى واسع من التطبيقات.

إنّ تكوين غيمة نقاط للإحداثيات الهندسية لعناصر سطوح الشكل الموثق من خلال تسليط إشعاع ليزري نحوها بشكل نبضي أو مستمر [6]، هو الطور الرئيسي والنمطي في هذه التقنية، والتي من خلالها يتمّ تشكيل نماذج رقمية للعنصر الأصلي، كما يمكن لألوان مواد الإنهاء الخاصة بالعناصر الموثقة أن تمسح وتنتشأ رقمياً عند استخدام خاصية مسح المعلومات اللونية لكل نقطة أثناء عملية المسح.

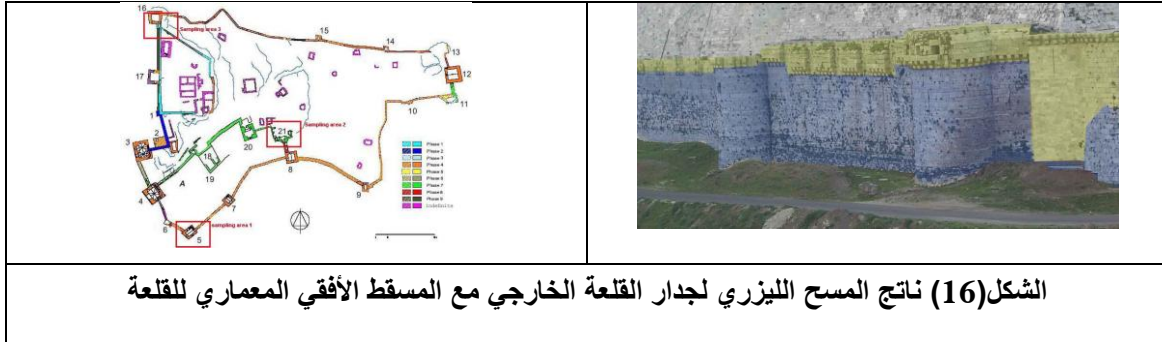
من خلال حقل الرؤية الخاص بها فإنّ هذه التقنية تعطي معلومات بعدية عن تفاصيل السطوح الموثقة ومن ثمّ يتمّ تعيين المواقع المكانية ثلاثية الأبعاد لكل نقطة مسوحة من خلال إحداثيات فضوية كروية شاملة، تبعاً إلى نظام إحداثيات محلي يعود لجهاز المسح.

في هذه الطريقة سنستخدم جهاز laser scanner، والذي من نقاط الشبكة الأساسية السابقة سنقوم بمسح ليزري أي، لكلّ التفاصيل الموجودة في المنطقة المدروسة من القلعة والذي يعطي تفاصيل دقيقة ونموذج ثلاثي الأبعاد

حقيقي وأني ويمكن العمل عليه مباشرة ولكن يتميز بالمساوي الهامة التالية: الكلفة العالية جداً في شراء واستثمار الجهاز السابق وصعوبة إضافة التفاصيل الجديدة والحلول الهندسية المقترحة على النموذج الناتج، وهذان السببان جعل من إمكانية اختباره على نفس شبكة قلعة الخوابي غير ممكنة، ولهذا استعناً بدراسة أجريت مع البعثة الألمانية على قلعة أخرى هي قلعة المهالبة في ريف اللاذقية عام 2004 )

Latitude: 35°30'5.28"N  
Longitude: 36°6'25.61"E

حسب نظام WGS84) والتي دراستها تشابه من حيث الهدف مشروع دراستنا في قلعة المهالبة، الشكل (16).



الشكل (16) ناتج المسح الليزري لجدار القلعة الخارجي مع المسقط الأفقي المعماري للقلعة

#### النتائج والتوصيات:

- 1- إنَّ تمثُّل الجروف بالطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS للحصول على تمثيل ثلاثي البعد للجروف في المنشأة المدروسة والحصول على المقاطع العرضية المطلوبة، لا يحقق متطلبات نجاح العمل، لذلك لا يُنصح باستخدام هذه التقنية لإنجاز التمثيل الثلاثي البعد والحصول على المقاطع العرضية.
- 2- إنَّ تمثُّل الجروف بالطريقة التقليدية باستخدام جهاز المحطة المتكاملة ذو إمكانية القياس بدون عاكس للنقاط التي لا يمكن الوصول إليها وبرامج موافقة من Civil cad وبرامج تصوير موافقة على الهاتف المحمول، أعطى نتائج جيدة وحقق النتائج المرجوة منه، وهي:
  - أ- التمثيل الثلاثي البعد للجروف المدروسة ،
  - ب- تطابق الأبعاد في المواقع المدروسة مع الأبعاد الحقيقية، في المقاطع العرضية التي يمكن الحصول عليها بسهولة.
  - ج - إمكانية التعامل مع النتائج السابقة من أجل توثيق الحالة الراهنة ونوع الطبقات و تنزيل الحلول المقترحة على نفس نتائج التمثيل الثلاثي البعد والمقاطع العرضية المختلفة.
- 3- إنَّ طريقة التمثيل الثلاثي البعد باستخدام جهاز Laser scanner من أفضل الطرق فنياً من حيث الحصول على عدد كبير من النقاط (غيمة من النقاط تتألف من ملايين النقاط المساحية الممتلئة لحالة المنشأة) ولكن أبرز نواقصها:
  - أ-لا يمكن استخدامها في أي نوع من الأعمال الطبوغرافية بسبب كلفة الجهاز العالية، وهذا ما يعيق توسُّع استخدامها بسبب تأثير كلفة اهتلاك الجهاز على كلفة ومردود العمل المساحي المنجز
  - ب- يحتاج إلى برامج خاصة متوفرة بصعوبة، للتعامل مع غمامة النقاط المليونية.
- 4- لا بدَّ من الإشارة إلى وجود حلول برمجية قليلة التكاليف تحاول محاكاة المسح الليزري ثلاثي الأبعاد، تقوم هذه التقنية على استخدام مجموعة من الصور القريبة الموجهة، ثمَّ باستخدام مبادئ الهندسة القطبية Epipolar geometry، يتمُّ توليد عدد هائل من النقاط التي تشكُّل غمامة المسح الليزري الأرضي ، نذكر من هذه البرمجيات Agisoft photoscan والبرنامج photo modeler scanner، يتمُّ بعد ذلك استخدام الغمامة لتوليد النموذج ثلاثي الأبعاد للعنصر المصوَّر، كما يمكن تصدير هذا النموذج إلى برامج CAD وإنجاز مقاطع فيه أو أي عمل آخر يتطلبه المشروع.

- 1-Alexandra Stadler, Thomas H. Kolbe,2010, spatio-semantic coherence in the integration of 3d city models , Institute for Geodesy and Geoinformation Science, Technische Universität Berlin
- 2- Shiode, N., 2010. 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions.GeoJournal 52: 263–269, Kluwer Academic Publishers.
- 3- Ford ،A. ،2004. The visualization of integrated 3D petroleum datasets in ArcGIS. In: Proceedings of 24th ESRI user conference ،San Diego ،pp. 1–11.
- 4-Berberan, Marcelinon, Boavida, Oliveira, Deformation monitoring of earth dams using laser scanners and digital imagery
- 5- Berberan, A., Portela, E.A., Boavida, J., “Assisted visual inspection of dams for structural safety control”, The International Journal on Hydropower and Dams, Volume 14, issue 2, 2007a
- 6-Rietdorf, A., Gielsdorf, F., Gruending, L., “ A concept for the calibration of terrestrial laser scanners”, INGEO2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying, Bratislava ,Slovakia, November, 2004
- 7- - Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, Fourth Edition. C. D. Ghilani and P. R. Wolf © 2006 John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-69728-2 37.
- 8- Бывшев. В. А. ,1985- Обэффективности оценки внутренних деформаций Сетей специального назначения . МИИГАиК ,М .  
( بيفشيف . ف . آ ، 1985- فعالية تقييم دقة التشوهات الداخلية للشبكات ذات الاستخدامات الخاصة )

- المراجع العربية :

- 9- درويش، المصري، حبيب. بناء النماذج الرقمية ثلاثية الأبعاد للمدن بالمقاييس الطبوغرافية الكبيرة في بيئة GIS، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية سوريا، المجلد التاسع والعشرون، العدد الثاني، 2013م، 125-136.
- 10- ديب، الخليل. توثيق المنشآت الأثرية باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد متعددة الصور. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية سوريا، المجلد الثامن والعشرون، العدد الثاني، 2012م، 357-366.