

توثيق المنشآت الأثرية باستخدام النمذجة ثلاثية الأبعاد متعددة الصور

د. فايز ديب*

د. عمر الخليل**

الملخص

في المساحة التصويرية القريبة، يتم الحصول على المعطيات الهندسية اللازمة لتوثيق العنصر المصور انطلاقاً من صورة واحدة أو من مزدوج تجسيمي Stereoscopic pair من الصور. ولكن عند توثيق المنشآت الأثرية الضخمة والممتدة، لا يكفي استخدام المزدوج الصوري التجسيمي لإعادة بناء النموذج ثلاثي الأبعاد لهذه المنشآت. ينتج عن هذا أنه من الضروري استخدام عدد أكبر من الصور لتغطية المنشأة بكاملها. يعرض هذا البحث نمذجة ثلاثية الأبعاد للمنشآت الأثرية باستخدام أسلوب جديد نسبياً وهو الأسلوب متعدد الصور (multi-image) الذي يأخذ الطبيعة الهندسية المعقدة للعنصر المطلوب نمذجته بالحسبان. ويعدّ هذا النوع من النمذجة من أهم تطبيقات المساحة التصويرية القريبة (Close range photogrammetry). عُرِضَتْ في هذا البحث نتائج الأسلوب متعدد الصور من خلال تطبيق عملي يتضمن بناء نموذج ثلاثي الأبعاد لواجهة أثرية في حصن سليمان في منطقة صافيتا. استخدمنا صوراً رقمية تم الحصول عليها باستخدام آلة تصوير رقمية نوع Kodak 8MP وهي آلة تصوير رقمية ذات دقة تمييز Resolution مناسبة لأعمال التوثيق الدقيق. وإنجاز النمذجة، استُعينَ ببرامج مستخدمة على نطاق واسع من قبل المهتمين بالتوثيق الصوري ثلاثي الأبعاد للمنشآت الأثرية.

الكلمات المفتاحية: توثيق، مساحة تصويرية قريبة، نمذجة ثلاثية الأبعاد، أسلوب متعددة الصور.

* قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

المقدمة

فكرة وجوب وقوع كل نقطة مطلوب تحديدها، على تقاطع شعاعين (على الأقل) بزواوية مقبولة. كما أنه من الممكن الحصول على تحديد متجانس لهندسية المنشأ المصور اعتماداً على معرفتنا المسبقة لتوازي خطوط العنصر المصور ولوقوع بعض السطوح في المستوي نفسه ولتعادم بعض التفاصيل في فراغ العنصر، وهذا ما يعرف باسم القيود الهندسية والطوبولوجية Geometric and topologic constraints [3].

جرى التركيز في هذا البحث على أسلوب الصور المتعددة (Multi-images approach) للحصول على الصور اللازمة لنمذجة المباني الأثرية بالأبعاد الثلاثة وعلى آلية بناء هذا النموذج. ثم عرض تطبيق عملي على نمذجة إحدى المنشآت الأثرية باستخدام الصور المتعددة ومعالجتها بواسطة برنامج مستخدم على نطاق واسع في مجال التوثيق الصوري.

أهمية البحث وأهدافه

تعدُّ صناعة السياحة في الوقت الحاضر أحد أعمدة الاقتصاد الوطني في أي بلد. هذا وتتمتع سورية بكثير من موارد السياحة والجذب السياحي وخاصة السياحة الثقافية والتاريخية. تعدُّ السياحة حواراً إنسانياً بين الناس والحضارات يبرز الصورة الحقيقية للدولة ويسهم في حفظ التراث التاريخي والثقافي فيها. تأتي أهمية البحث من الدور الكبير الذي تؤديه المباني الأثرية والتاريخية في الحفاظ على التراث من الناحية التاريخية وفي تطوير السياحة التي تشكل أحد أهم مصادر الدخل الوطني. ومن ثم فإن الحفاظ على الآثار والمباني التاريخية أمر مهم جداً ويجب البحث عن أفضل الطرائق والوسائل التي تستخدم في توثيق هذه الآثار وتسجيلها. وللتدليل على اهتمام دول العالم بالتسويق السياحي لمعالمها الأثرية، نورد التجربة المصرية [6] التي تسعى إلى إنجاز ما يعرف بالخارطة الأثرية Archaeological map المصرية

إن الحفاظ على الآثار أمر مهم جداً نظراً إلى الدور الكبير الذي تؤديه هذه الآثار في الحفاظ على تراث البلد من الناحية التاريخية، وتعدُّ الآثار ثروة حقيقية لما لها من أهمية في المجال الاجتماعي والسياحي والديني وغير ذلك. ومن ثمَّ يجب البحث عن أفضل الطرائق والتقنيات التي تستخدم في توثيق المنشآت الأثرية وترميمها. من أجل الحصول على بيانات التوثيق يمكن استخدام تقنيات المسح التقليدية (أجهزة محطات الرصد المتكاملة، المساحة التصويرية الأرضية والجوية) وتقنيات الرصد الحديثة (المسح الليزري ثلاثي الأبعاد والصور الفضائية ونظام التموضع العالمي GPS). ويتوقف مجال تطبيق كل من هذه التقنيات على الدقة المطلوبة وعلى حجم العنصر الموثق [1] وعلى مستوى تعقيده الهندسي [8]. وقد نلجأ في العديد من مشاريع التوثيق إلى تحقيق نوع من التكامل بين تقنيات رصد متعددة مثل المسح الليزري ثلاثي الأبعاد والمساحة التصويرية وذلك نظراً إلى مستوى التعقيد الهندسي للعنصر المطلوب توثيقه [7].

تعدُّ المساحة التصويرية القريبة من أهم الطرائق المستخدمة وأدقها في توثيق المنشآت الأثرية فهي تمكننا من الحصول المعطيات الهندسية الدقيقة اللازمة لنمذجة المنشأ من خلال صورته المتعددة. فعند التعامل مع المنشآت الأثرية الضخمة والممتدة، لا يكفي استخدام المزدوج التجسيمي Stereoscopic model لإعادة بناء النموذج ثلاثي الأبعاد 3D model لهذه المنشآت. ينتج عن هذا أنه من الضروري استخدام عدد أكبر من الصور لتغطية المنشأ بكامله. ومن أجل الحصول على حل متجانس لكامل المنشأ، فإنه من الضروري توجيه الصور المأخوذة كلها دفعةً واحدةً (يتم ذلك بإدخال قياسات مكملة منفذة على العنصر المصور نفسه).

إن إستراتيجية النقاط الصور المتعددة للمنشأ تقوم على

الطبوغرافي. في الواقع، سيكون من الصعب في حالة المنشآت الأثرية تحقيق مسافة تصوير تجسيمي. ولذلك طُوِّر أسلوب آخر يقوم على التقاط العديد من الصور بحيث تظهر كل نقطة من نقاط العنصر على صورتين على الأقل. هذه المنهجية تسمى بالأسلوب متعددة الصور. في هذه الحالة، تطبق مجموعة من القواعد العامة والبسيطة من أجل التقاط الصور التي تستخدم لاحقاً في عملية النمذجة. نجمل هذه القواعد فيما يأتي [4]:

1. يجب الحصول على زوايا جيدة بين الصور: نحاول أن نجعل الزاوية بين محوري التصوير قريبة من 90 درجة.
2. يجب التقاط ثلاث صور على الأقل: يجب التقاط ثلاث صور على الأقل للمشهد بحيث تظهر النقاط المهمة جميعها على ثلاث صور على الأقل. ومن أجل الحصول على دقة عالية يجب التقاط أربع صور أو أكثر.
3. يجب تأمين فاصل مناسب بين الأفق والشاقول: من أجل الحفاظ على زوايا قريبة من القائمة بين الصور يجب تأمين الفصل الجيد بين محطات جهاز التصوير أفقياً وشاقولياً. أي يجب ألا نجعل المحطات كلها في مستو واحد.
4. يجب تأمين تداخل جيد بين الصور: يجب التأكد من أن نسبة مئوية عالية من النقاط في صورة ما ستظهر على الصور المجاورة أيضاً.
5. يجب التقاط العديد من الصور واستخدام المناسب منها: يمكن التقاط العديد من الصور للعنصر المدروس بحسب ميزانية المشروع. وبعد الحصول على الصور الأساسية يمكن القيام بما يأتي:
- a. الاقتراب من العنصر للحصول على تفاصيل أكبر.

التي تمكن المهتمين من زيارة هذه الآثار عن بعد و هو ما يعرف باسم السياحة الرقمية. هدف بحثنا إلى تقييم الأسلوب متعدد الصور في النمذجة ثلاثية الأبعاد للمنشآت الأثرية لأغراض التوثيق والترميم. إذ سيجري التقاط هذه الصور بآلة تصوير رقمية Digital camera قليلة التكاليف. وهذا سيسمح لنا بتقييم كفاءة هذا النوع من آلات التصوير، وذلك مقارنة بالطرائق التقليدية في النمذجة ثلاثية الأبعاد للمباني الأثرية باستخدام آلات تصوير مترية تخصصية عالية الثمن وباستخدام نظم معقدة ومكلفة لحساب الصور. كما هدف البحث إلى تقديم بعض المقترحات والتوصيات المتعلقة بعرض قواعد التقاط الصور المتعددة المستخدمة في إنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد للمباني الأثرية، وإمكانية استخدام النموذج المشكل داخل نظام التصميم بمساعدة الحاسب؛ وذلك من خلال تطبيق عملي على نمذجة أحد المنشآت الأثرية.

طرائق البحث ومواده

1- توصيات لالتقاط الصور المتعددة اللازمة للتوثيق

يمكن إعادة بناء الشكل الهندسي بالأبعاد الثلاثة لعنصر ما باستخدام المزدوجات التجسيمية من الصور ولكن يجب أن تكون منطقة النمذجة مرئية على صورتين هذا المزدوج، كما يجب أن تكون محاور التسديد متوازية فيما بينها وأن تتحقق علاقة معينة بين طول قاعدة التجسيم (المسافة الفاصلة بين موقعي جهاز التصوير) وبعد الجسم عن جهاز التصوير (تراوح بين 1:5 و 1:15). وذلك لضمان الحصول على الرصد التجسيمي [2].

إن تحقيق الشروط السابقة التي تدعى بشروط الحالة الطبيعية، صعب عموماً في المنشآت الأثرية. وذلك نظراً إلى الطبيعة الهندسية لهذه المنشآت ولخصوصية موقعها

1. صور المشروع (ضرورية).
2. مواصفات الكاميرا المستخدمة (ضرورية).
3. معطيات التحكم: مسافة معلومة ودوران أو نقاط ضبط (اختيارية).

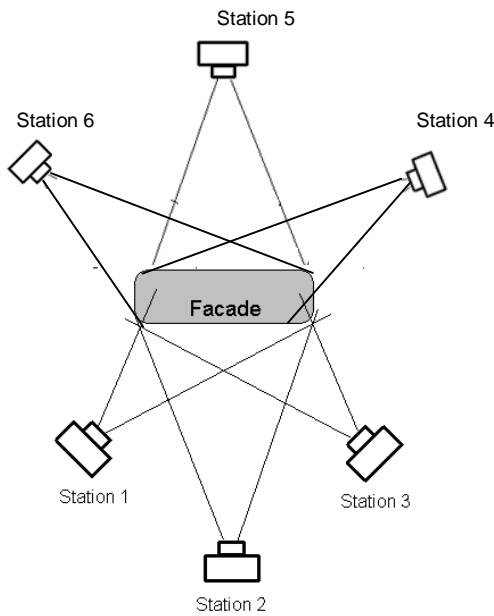
وفيما يخص المعالجة فإن البرنامج يستخدم مفهوم النمذجة متعددة الصور ويظهر نتائج النمذجة ثلاثية بعدة أشكال متوافقة مع نظم التصميم بمعونة الحاسب ومع البرامج ثلاثية الأبعاد الأخرى [5].

النتائج والمناقشة

النمذجة ثلاثية الأبعاد لواجهة أثرية

النقاط الصور المتعددة

استخدام الأسلوب المتعدد الصور في توثيق واجهة أثرية تقع في حصن سليمان في منطقة صافيتا. وتعد هذه الواجهة كبيرة نسبياً إذ تبلغ أبعادها التقريبية $(30 m \times 8.5 m)$. تم الحصول على الصور باستخدام جهاز تصوير رقمي نوع Kodak 8MP. عند التقاط الصور قمنا بتطبيق مجموعة القواعد الخاصة بتصوير واجهة التي يوضحها الشكل (3).



الشكل (3) محطات التقاط الصور للواجهة

- b. الابتعاد كثيراً من أجل تطويق العنصر أو محيطه.
- c. التقاط صور بين المحطات المخطط لها.
- d. التقاط صور أعلى وأسفل المحطات المخطط لها.
- e. تغيير فتحات العدسة وشروط التعريض للضوء.

2- نقاط الضبط المستخدمة

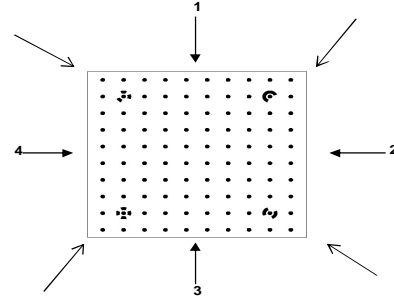
بمساعدة نظام إحداثيات محلي وباستخدام جهاز المحطة المتكاملة (Total station) قيست إحداثيات مجموعة من نقاط الضبط الصناعية المثبتة على الواجهة. وقد كان من الصعب تعريف نقاط ضبط طبيعية على الواجهة، ولذلك استُخدمت نقاط ضبط اصطناعية قبل عملية التصوير. وصُممت هذه النقاط بحيث يسهل تمييزها على الواجهة وإجراء القياس عليها كما في الشكل (1).



الشكل (1) شكل نقطة الضبط المستخدمة

3- برنامج النمذجة والمعايرة

استخدمنا برنامجاً معروفاً يسمح بمعايرة آلة التصوير المستخدمة وبالحصول على نماذج صورية حقيقية ثلاثية الأبعاد انطلاقاً من الصور الملتقطة للعنصر. وللمعايرة آلة التصوير، يحتاج البرنامج إلى صور لشبكة المعايرة ملتقطة بهذه الآلة وبترتيب معين. من أجل إنجاز المعايرة، تُبنت شبكة المعايرة على الأرض ونفذت حالة اللقطات المبينة في الشكل رقم (2).



الشكل (2) مواقع اللقطات المستخدمة في معايرة آلة التصوير

فيما يخص النمذجة يقوم البرنامج على مفهوم المشروع الذي يستخدم معطيات ويقوم بالمعالجة ومن ثم يظهر النتائج. أمّا المعطيات فهي:

المتهدمة من الواجهة وهي عبارة عن أحجار ضخمة سقطت من الواجهة بفعل العوامل الطبيعية والتخريب البشري كما هو مبين في الشكل (5).



الصورة 7



الصورة 8

الشكل (5) صور الأجزاء المهتمة من الواجهة

مواصفات نقاط الضبط

زُرِعَتْ نقاط الضبط على الواجهة بأبعاد $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$. ويبين الشكل (6) توزيع جزء من هذه النقاط على الواجهة مع أرقامها. وقد أُدرِجَت الإحداثيات الثلاثية لهذه النقاط في جملة محلية في الجدول (1). ونشير هنا إلى أنه عند رصد هذه النقاط من أجل تحديد إحداثياتها الأرضية، يُوضَعُ تصالب النظارة في مركز الدائرة السوداء الموجودة في وسط النقطة. وكذلك، فإن قياس هذه النقاط على الصورة يجري بقياس مركز هذه الدائرة بمساعدة مؤشر فأرة الحاسب. وهذا يعني أنّ دقة قياس هذه النقاط على الصورة هي من فئة دقة القياس نفسها لأي نقطة أخرى في الصورة.

يبين الشكل (4) الصور الرئيسية للواجهة التي ستستخدم في النمذجة الأولية.



صورة 1



صورة 3



صورة 4

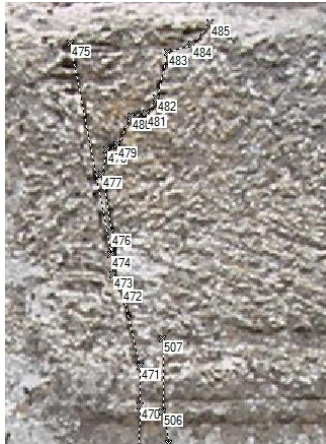


الشكل (4) صور الواجهة المستخدمة في النمذجة

أُضِيْفَتْ صور أخرى، وذلك بهدف إنجاز النمذجة الكاملة للواجهة. واستُخدِمَتْ -في الواقع- 26 صورة لحساب النموذج الكامل. ولما كان الهدف من النموذج هو إظهار الوضع الراهن لهذه الواجهة وذلك لأغراض ترميم ستجري لاحقاً، فقد التُقِّطَتْ صور أخرى لتوثيق الأجزاء

حساب النموذج ثلاثي الأبعاد للواجهة

يُحسَبُ النموذج ثلاثي الأبعاد للواجهة باستخدام البرنامج PhotoModeler 5.1 إذ قمنا بتعريف مشروع نمذجة، ومن ثم أُضيفَت الصور بعد تعريف آلة التصوير التي قمنا بمعايرتها سابقاً. قمنا في البداية باستخدام الصور الست الموضحة في الشكل (3) للحصول على النموذج الأساسي، ومن ثم قمنا بعد ذلك بإضافة صور الأجزاء المتهدمة من الواجهة وهي عبارة عن أحجار ضخمة، وذلك كي يكون التوثيق أدق ما يمكن (انظر الشكل (4)). كما جرى تتبع الشقوق الموجودة في الواجهة وذلك على شكل مستقيمات كي يصار إلى دراستها وتحليلها لاحقاً من قبل المختصين بدراسة الحالة الإنشائية للمنشأ الأثري من أجل ترميمه أو تدعيمه (الشكل (7)).



الشكل (7) توثيق الشقوق في الواجهة

لمناقشة النموذج الناتج من ناحية الدقة يمكننا الاطلاع على تقرير المعالجة الذي يعطيه البرنامج. وهذا التقرير يعطينا تفاصيل عن عملية المعالجة وهي :

1. المشكلات والاقتراحات.
 2. معلومات عن أحدث معالجة.
 3. النوعية التي تخص: الصور، وآلات التصوير، ورواسب القياسات على الصور ودقة النقاط.
- يبين الشكل (8) النموذج الخيطي في حين يوضّح الشكل



الشكل (6) توزيع نقاط الضبط على جزء من الواجهة

الجدول (1) إحداثيات نقاط الضبط

اسم النقطة	X (m)	Y (m)	Z (m)
F01	996.127	1014.495	108.384
F02	1001.266	1013.908	108.353
F03	1001.883	1013.634	108.424
F04	1004.647	1012.474	108.461
F05	1005.417	1012.463	108.441
F06	1008.528	1011.434	108.321
F07	1008.827	1010.981	108.264
F08	1014.229	1009.402	108.321
F09	1022.514	1007.42	106.236
F10	1021.521	1007.634	106.179
F11	1018.593	1008.23	106.269
F12	1017.593	1008.536	106.374
F13	1014.678	1009.348	106.373
F14	1017.687	1008.815	104.785
F15	1014.55	1009.684	104.787
F16	1009.179	1011.233	104.023
F17	1005.037	1012.328	104.115
F18	1001.127	1013.55	104.255
F19	996.827	1014.615	104.152
F20	997.023	1014.37	101.353
F21	1001.79	1013.457	101.302
F22	1005.142	1012.436	102.091
F23	1008.983	1011.421	102.257
F24	1014.621	1010.001	102.686
F25	1031.744	1005.901	109.8
F26	1029.422	1006.5	107.302
F27	1028.513	1006.778	108.357
F28	1024.891	1006.936	106.217
F29	1022.507	1007.418	106.233
F30	1021.518	1007.634	106.176
F31	1022.541	1007.976	104.153
F32	1020.783	1008.345	103.976
F33	1017.362	1009.291	104.402
F34	1016.557	1009.687	102.702

2. بالنسبة لآلة التصوير يبين التقرير أن آلة التصوير معبرة وأن الصور كلها قد التقطت بها.

```

Cameras
├── Camera1: Kodak24
│   ├── Calibration: yes
│   └── Number of photos using camera: 26

```

3. بالنسبة إلى الرواسب على النقاط المقيسة يبين التقرير قيم هذه الرواسب بالبكسلات ويعطي النقطة ذات الراسب الأكبر وذات الراسب الأصغر مع الخطأ المتوسط التربيع الأكبر والأصغر على القياس لنقطة. تعدد القيم مقبولة مقارنة بالأبعاد الكبيرة للعنصر المنمذج، وكذلك بعدد النقاط المقيسة.

```

Point Marking Residuals
├── Overall RMS: 15.545 pixels
├── Maximum: 217.953 pixels
│   └── Point 66 on Photo 5
├── Minimum: 0.002 pixels
│   └── Point 221 on Photo 15
├── Maximum RMS: 144.664 pixels
│   └── Point 400
├── Minimum RMS: 0.002 pixels
│   └── Point 221

```

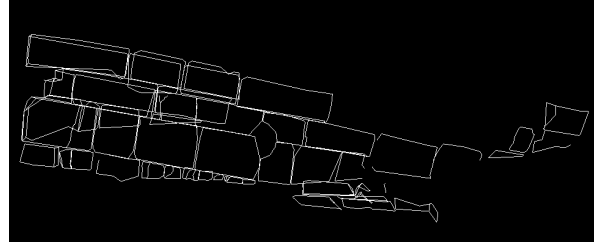
4. بالنسبة إلى دقة النقاط يبين التقرير الخطأ المتوسط التربيع الكلي، وكذلك قيم الرواسب الكبرى والصغرى على الإحداثيات المقيسة. تظهر النتائج الدقة الجيدة للنموذج الناتج.

```

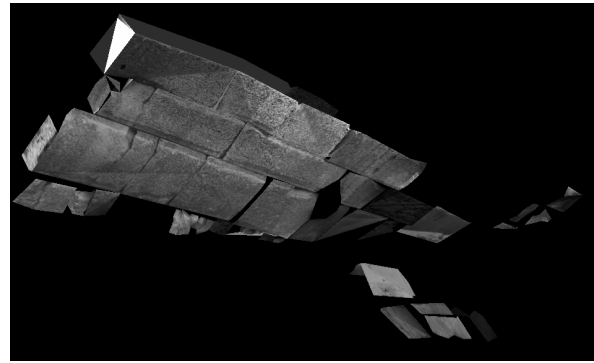
Point Precisions
├── Overall RMS Vector Length: 0.0199 m
├── Maximum Vector Length: 0.0585 m
│   └── Point 810
├── Minimum Vector Length: 1.73e-010 m
│   └── Point 41
├── Maximum X: 0.0569 m
├── Maximum Y: 0.0448 m
├── Maximum Z: 0.019 m
├── Minimum X: 1e-010 m
├── Minimum Y: 1e-010 m
├── Minimum Z: 1e-010 m

```

(9) النموذج الصوري الواقعي.



الشكل (8) النموذج الخيطي



الشكل (9) النموذج الصوري الواقعي

بالنسبة إلى مشروعنا لدينا النتائج الآتية:

1. بالنسبة إلى الصور أعطى التقرير النهائي النتائج الآتية:

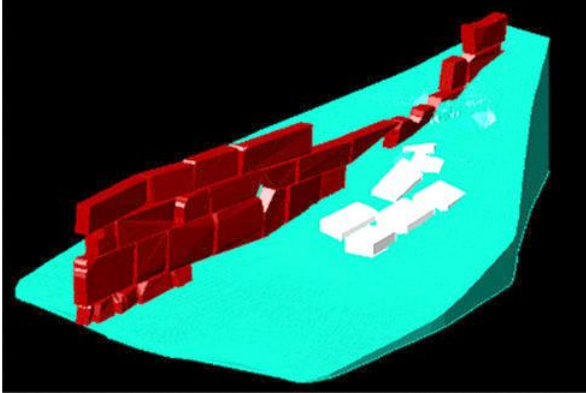
- العدد الكلي للصور المستخدمة: 26 صورة.
- العدد الكلي للصور السيئة: 6 صور.
- العدد الكلي للصور الضعيفة: 1 صورة.
- الصور الجيدة: 19 صورة.
- عدد الصور التي تم توجيهها: 21 صورة.

```

Photographs
├── Total Number: 26
│   ├── Bad Photos: 6
│   ├── Weak Photos: 1
│   └── OK Photos: 19
├── Number Oriented: 21
└── Number with inverse camera flags set: 0

```

تعد هذه النتائج جيدة إذا أخذنا بالحسبان العدد الكبير من الصور التي استطاع البرنامج توجيهها بنجاح.

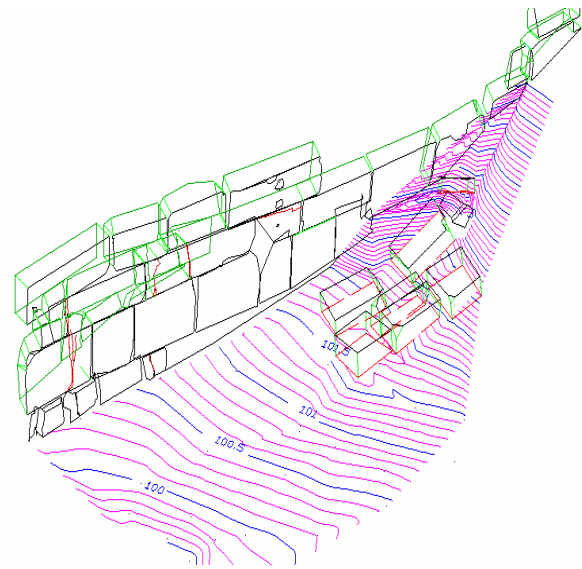


الشكل (10) النموذج ثلاثي الأبعاد بعد عملية الـ Rendering

وتعدُّ هذه النتائج جيدة لأغراض التوثيق التي تحتاج إلى دقة من مرتبة السنتيمتر.

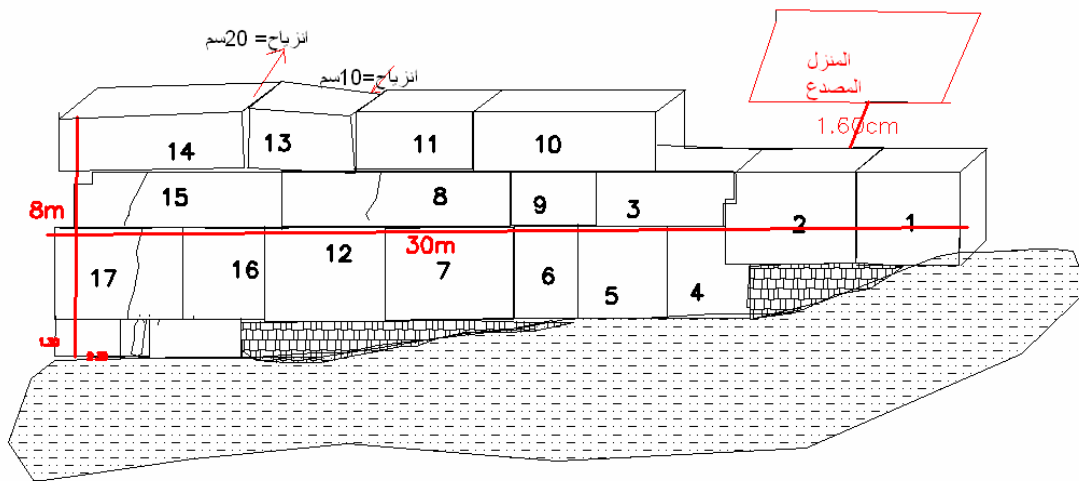
استخدام النموذج في التوثيق

بعد قبول النموذج السابق، من الممكن تصديره إلى نظام تصميم بمعونة الحاسب لإتمام عملية التوثيق. في مشروعنا قمنا بتصدير النموذج إلى AutoDesk Land وتوليد خطوط الكونتور وتوثيق التشققات في الواجهة.



الشكل (9) النموذج بعد التصدير وعمل خطوط الكونتور

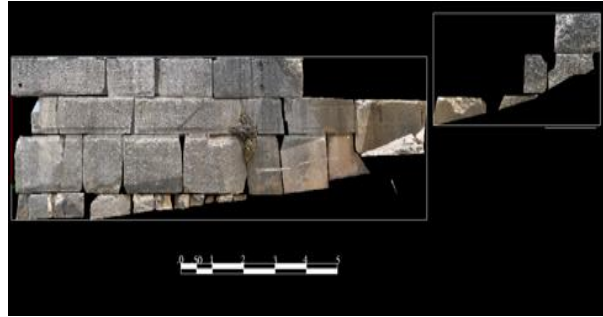
باستخدام النتائج السابقة، يمكننا أن نحصل على مخطط التوثيق الذي نبيّن عليه الوضع الراهن للعنصر الأثري من ناحية الانزياحات، والتهدمات والتشققات وهذا المخطط مفيد جداً عند اتخاذ قرار بالترميم أو دراسة استقرار المنشأة الأثرية من الناحية الإنشائية.



الشكل (11) مخطط التوثيق للواجهة مع الأبعاد والمعطيات الخاصة بالانزياح والتهدمات والتشققات

الحصول على مخططات صورية بمقياس

يمكن في العديد من الحالات الاكتفاء بالمخطط الصوري للعنصر الأثري؛ وذلك من أجل تطبيقات معينة. انطلاقاً من النموذج ثلاثي الأبعاد السابق يمكننا الحصول على الأورتوفوتو (Orthophoto) لوجوه العنصر. والأورتوفوتو هو مخطط صوري على المقياس يمكننا استخدامه كأى مخطط أو خارطة لإنجاز القياسات عليه. باستخدام البرنامج PhotoModeler 5.1، يمكننا أيضاً تصدير الأورتوفوتو (صورة مرجعة على المقياس). قمنا بتوليد الأورتوفوتو وتصديره إلى أوتوكاد فصار لدينا مخطط صوري يمكن القياس عليه.



الشكل (12) أورتوفوتو للجزء الأمامي من الواجهة

الاستنتاجات والتوصيات

بالاستناد إلى الدراسة النظرية المقدمة عن النمذجة ثلاثية الأبعاد باستخدام الصور المتعددة والتطبيق العملي للدراسة، يمكن أن نوجز الاستنتاجات والتوصيات فيما يأتي:

- 1- يمكن تنفيذ نمذجة كاملة هندسياً وصورياً باستخدام برامج تعمل على حواسيب شخصية وأجهزة تصوير رقمية قليلة التكاليف؛ وذلك بفضل التطور الكبير في أجهزة التصوير، وأساليب التقاط الصور وبرمجيات المعالجة.

- 2- يمكن القيام بتطبيقات لحظية وثلاثية الأبعاد كالحركية Animation والتحريك فوق النموذج ثلاثي الأبعاد وأيضاً الزيارة التفاعلية لهذا النموذج. سابقاً كانت هذه التطبيقات تستلزم استخدام محطات عمل عالية الكفاءة والكلفة.
- 3- يتميز البرنامج PhotoModeler بالكفاءة والدقة في الحصول على النموذج الصوري لواجهة أثرية من خلال إمكانياته الذاتية في النمذجة وقدرته على التخاطب مع برامج أخرى على رأسها البرامج CAD. عُرِضَتْ مجموعة من التوصيات الخاصة بالنقاط الصور لمختلف أشكال العناصر اللازمة للنمذجة وميزات أسلوب الصور المتعددة في النمذجة ثلاثية الأبعاد للمباني الأثرية.
- 4- تساعد النمذجة في ترميم المنشآت الأثرية وفي توثيقها ضمن نظام معين.
- 5- مساعدة أصحاب القرار والمختصين في اتخاذ قرارات صائبة تتعلق بالتخديم، والترميم، والتحسين والتدعيم للمواقع الأثرية.

المراجع:

- 1- الخليل، عمر، غروسنميير، بيير. المساحة التصويرية المعمارية. نشرت مع الأوراق العلمية الخاصة بالدورة التدريبية التخصصية حول الترميم والحفاظ على التراث العمراني التي أقامها فرع نقابة المهندسين بحلب- لجنة التراث، 2003، 14.
- 2- GRUSSENMEYER, P., HANKE, K., STREILEIN, A.. *Applications métrologiques de la photogrammétrie numérique*. In *Photogrammétrie numérique*, Paris: LAVOISIER, 2001, pp.317-361.
- 3- COOPER M.A.R., ROBSON S., *Theory of close range photogrammetry*. In *Close range photogrammetry and machine vision*. ed. by K.B.Atkinson. Department of Photogrammetry and Surveying. University College London,1996.
- 4- WALDHÄUSL, P. 1994. *3x3 Rules for simple Photogrammetric documentation of architecture*. <http://www.univie.ac.at/Luftbildarchiv/wgv/3x3.htm>.
- 5- Eos Systems. *User Manuel of PhotoModeler Pro4*. Canada.2002.
- 6- BAHGAT., Reem., *Heritage Documentation in Egypt*. The Centre of Documentation of Cultural and Natural Heritage (CULTNAT), Cairo, Egypt.2007. www.cultnat.org.
- 7- REMONDINO, Fabio., *Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning*. 2011. <http://www.mdpi.com/2072-4292/3/6/1104>
- 8- BARAZZETTI, Luigi., BINDA, Luigia., SCAIONI, Marco., TARANTO, Paolo. *Photogrammetric survey of complex geometries with low-cost software: Application to the 'G1' temple in Myson, Vietnam*. *Journal of Cultural Heritage*, Volume 12, Issue 3, 2011.