مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (6) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (6) 2014

النمذجة ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية باستخدام برامج المساحة التصويرية القريبة ونظم المعلومات الجغرافية

الدكتور عمر محمد الخليل*
الدكتور أحمد سلمان علي**

(تاريخ الإيداع 8 / 7 / 2014. قُبِل للنشر في 19/ 11 / 2014)

□ ملخّص □

إن إنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية انطلاقاً من الصور الجوية يعتبر ذا منفعة كبيرة للشركات والمكاتب الهندسية الصغيرة. والمشكلة الأساسة هي الكلفة الباهظة لمحطات عمل المساحة التصويرية الرقمية التجسيمية Digital Photogrammetry WorkStations (DPWS) التي تستخدم حالياً لإنتاج هذا النوع من النماذج، بالإضافة إلى الخبرة الجيدة المطلوبة للعمل مع هذه المحطات. في هذه الدراسة، نقترح حلاً بديلاً لإنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد للمناطق الحضرية باستخدام مزدوج تجسيمي Stereoscopic pair من الصور الجوية، برنامج للمساحة التصويرية القريبة وتطبيقات النمذجة ثلاثية الأبعاد المتوافرة في بعض برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS). تتميز برامج المساحة التصويرية القريبة بسهولة الاستعمال والكلفة القليلة مقارنةً بالـ DPWS وسنستخدمها في دراستنا للحصول على ارتفاعات العناصر في المنطقة المدروسة. أما نظم المعلومات الجغرافية فإنها ستستخدم لإنتاج الخارطة ثنائية الأبعاد انطلاقاً من الصور الجوية. هذه الخارطة، ستستخدم لاحقاً مع بيانات ارتفاعات العناصر من أجل توليد النموذج ثلاثي الأبعاد للمنطقة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: مساحة تصويرية قريبة، نظم معلومات جغرافية (GIS)، صور جوية، نمذجة ثلاثية الأبعاد.

* أستاذ مساعد – قسم الهندسة الطبوغرافية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين–اللاذقية– سورية
** مدرس – قسم الهندسة الطبوغرافية – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية

3D Modeling of Urban Areas by Close Range Photogrammetry Software & Geographic Information System (GIS)

Dr. Omar al-Khalil*
Dr. Ahmad Ali**

(Received 8 / 7 / 2014. Accepted 19 / 11 / 2014)

□ ABSTRACT □

The production of 3D models of urban areas, using aerial photographs, is of great benefit to companies and small engineering offices. But the major problem is the high cost of Digital Photogrammetry Workstations (DPWS) that are currently used for the production of this kind of models. In addition, the use of these workstations requires long experience and good knowledge in photogrammetry. In this paper, we propose an alternative solution for 3D modeling of urban areas from a stereoscopic pair of aerial photos, a low cost close range photogrammetry software and the applications of 3D modeling available in some Geographic Information System (GIS) platforms. The close range photogrammetry software is a low coast system, compared to DPWS, and it doesn't require any spatial background in photogrammetry. This software is used to extract the heights of elements that exist in the study area. GIS is used to produce the 2D map from the aerial photo. This map and the height data are used later to produce the 3D model of the study area.

Keywords: Close Range Photogrammetry, Geographic Information System (GIS), Aerial Photos, 3D Modeling.

*Associate Professor; Department of Topography; Faculty of Civil Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria.
**Assistant Professor, Department of Topography, Faculty of Civil Engineering, University of Tishreen, Lattakia, Syria.

مقدّمة:

خلال السنوات القليلة الماضية، حلّت المساحة التصويرية الرقمية Digital photogrammetry مكان المساحة التصويرية التقليدية والتي كانت تعتمد على الحلول الميكانيكية والبصرية الميكانيكية Optical–mechanical. والسمة الهامة للمساحة التصويرية الرقمية هي ظهور محطات المسح التصويري الرقمية Digital Photogrammetric Workstation (DPW) المتطورة جداً والتي مكّنت من أتمتة معظم مكونات عملية المسح التصويري (توجيه الصور توجيهاً داخلياً Interior orientation وخارجياً Exterior orientation، التثليث الجوي Aerial triangulation، إنتاج النماذج الرقمية للأرض DTM، ...الخ) ومن إنتاج نماذج ثلاثية الأبعاد 3D models عالية الدقة للمشاهد المصوّرة (**BAILY et al, 2003**). إلا أن المشاكل الأساسة التي تعاني منها هذه المحطات هي الحاجة إلى الخبرة الكبيرة في المساحة التصويرية والكلفة المادية الباهظة والتي لا تستطيع المكاتب أو الشركات الهندسية الصغيرة غير المختصة بإنتاج الخرائط تحمّلها.

من ناحية أخرى، توفر تقنيات المساحة التصويرية القريبة Close Range Photogrammetry إمكانية الحصول على الإحداثيات ثلاثية الأبعاد للنقاط انطلاقاً من الصور بطريقة سريعة، دقيقة واقتصادية (**FRASER, 1993**). وقد تم استخدام هذه التقنيات في النمذجة ثلاثية الأبعاد في المجال الصناعي وفي توثيق المباني والمنشآت الأثرية (**MILLS, and BARBER, 2004**). إن كلفة البرامج التي تقترح هذه التقنيات والطرائق لا تتجاوز 5 % من كلفة محطة العمل الرقمية وهذا ما يشجعنا على استخدامها في مجال إنتاج النماذج ثلاثية الأبعاد لمناطق حضرية محدودة الاتساع انطلاقاً من صور جوية. إن المهمة الأساسة لهذه البرامج في هذا المجال ستكون توجيه الصور الجوية واقتطاع البيانات الرقمية المتعلقة بارتفاعات المباني عن سطح الأرض من الصور الموجهة.

تتوافر في برامج نظم المعلومات الجغرافية GIS كل الأدوات التي تملكها نظم الكارتوغرافيا الرقمية والمستخدمة لإنتاج الخرائط الرقمية. هذا وتعتبر الصور الجوية المرجعة جغرافياً واحدةً من أهم مصادر البيانات الرسومية Graphic data في هذا النوع من النظم (**MILLS, et al, 1996**). ويمكن باستخدامها إنتاج الخرائط ثنائية الأبعاد للمناطق الحضرية كما يملك بعضها تطبيقات لتوليد نماذج ثلاثية الأبعاد انطلاقاً من الخرائط السابقة بفرض توافر البيانات الهندسية الخاصة بارتفاعات الأبنية.

تم في هذا البحث استخدام واحد من أشهر برامج المساحة التصويرية القريبة (وهو البرنامج PhotoModeler) من أجل توجيه مزدوج تجسيمي من الصور الجوية التي مقياسها 1/8000 مع دقة تمييز resolution تساوي 40 ميكرون. كما تم تحديد إحداثيات نقاط الضبط Control Points المستخدمة في توجيه هذا المزدوج بطرائق مساحية تقليدية. لقد ساعدنا هذا البرنامج في الحصول على ارتفاعات الأبنية من الصور الموجهة. كما تم استخدام نظام المعلومات الجغرافية ArcGIS 9.3 في توليد الخارطة الرقمية ثنائية البعد لمنطقة حضرية محدودة انطلاقاً من صورة جوية مرجعة جغرافياً ومن ثم تم استثمار هذه الخارطة مع بيانات ارتفاعات الأبنية في توليد النموذج ثلاثي الأبعاد لهذه المنطقة بمساعدة التطبيق ArcScene 9.3.

أهمية البحث وأهدافه:

تظهر أهمية هذا البحث في أنه:

1. يقترح منهجية لاستخدام نظام للمساحة التصويرية القريبة الرقمية قليل التكاليف، من أجل توجيه الصور الجوية واقتطاع بيانات ارتفاعات الأبنية منها.
2. يمكّن عدد كبير من غير المختصين من الاستفادة من منهجية هذا البحث وذلك لأن استعمال هذا النوع من البرامج لا يتطلب معرفةً خاصة بالمساحة التصويرية.
3. يستخدم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإنتاج الخرائط ثنائية الأبعاد من صور جوية مُرجَعة، ويعتمد هذه الخرائط كأساس للنمذجة ثلاثية الأبعاد.
4. يقترح طريقة موجَّهة للجهات التي لا تستطيع تحمّل نفقات شراء محطات عمل المسح التصويري الرقمي، مثل المكاتب الهندسية والشركات الصغيرة، والتي ترغب بإنتاج الخرائط والنماذج ثلاثية الأبعاد لمناطق محدودة الاتساع.
5. يزودنا بنتائج لها أهمية كبيرة في أعمال التخطيط والتحضير للمشاريع الهندسية، وذلك لأنه ينمذج البيئة الحضرية بالأبعاد الثلاثة.

طرائق البحث ومواده:

1- الصور الجوية

لابد لنا في البداية من الإشارة إلى أنه قد تم الحصول على المواد الخاصة بهذا البحث (الصور جوية ونقاط الضبط) من موقع المعهد العالي الوطني للعلوم التطبيقة في مدينة ستراسبورغ الفرنسية INSA de Strasbourg وهي بيانات متاحة كبيانات تدريب على برامج مساحة تصويرية (مثل البرنامج TIPHON) طورها هذا المعهد. وهي بيانات تعود للعام 1996 من القرن الماضي. هذه الصور تم الحصول عليها من حملة تصوير جوي قام بها المعهد الجغرافي الوطني IGN أو Institut Géographique National بهدف إنتاج خرائط رقمية لمدينة ستراسبورغ.

الصور الجوية المستخدمة في هذا البحث تغطي منطقة مركز مدينة ستراسبورغ الفرنسية. وهي تشكّل مزدوجاً تجسيمياً بنسبة تداخل Overlap طولي تساوي 60 % . أما مقياس الصور الجوية فهو 1/8000 وقد تم التقاطها بواسطة آلة تصوير جوية تقليدية هي الآلة RC20 والتي تملك ثمانية علامات عمق حجيرة تصوير fiducial marks إحداثياتها محددة في تقرير معايرة آلة التصوير المرفق معها. لقد تم مسح هذه الصور ضوئياً Scanning باستخدام ماسح ضوئي خاص بدقة تمييز تساوي 40 ميكرون. وبالرغم من أن المعلومات أو السمات التي يمكن اقتطاعها من أية صورة رقمية تتبع لدقة التمييز وللمقياس، فإنه من الصعب وضع علاقة خطية بين مقياس الخارطة الممكن إنتاجها من الصورة ودقة تمييز هذه الصورة. هذا ويمكن تقدير قيمة دقة التمييز (GRD) اللازمة حسب العلاقة الآتية:

$$GRD = \frac{1}{5} \times 0.25\ mm \times Map\ Scale$$
$$= 5 \times 10^{-5} \times Map\ Scale\ \ (in\ meter)$$

إن دقة التمييز الأرضية Ground Resolution في دراستنا تساوي القيمة GR=0.32 m متراً (وذلك حسب

مقياس الصورة). وفي حال توافر شروط راديومترية جيدة، يمكن توثيق العناصر التي أبعادها أكبر بمرتين أو ثلاث مرات من دقة التمييز الأرضية، وهذا يعني أن دقة تمييز الأرضية المساوية لـ 0.32 متراً ستكون كافية لإنتاج خريطة شعاعية من المقياس 1:20000 وذلك بتطبيق العلاقة السابقة.

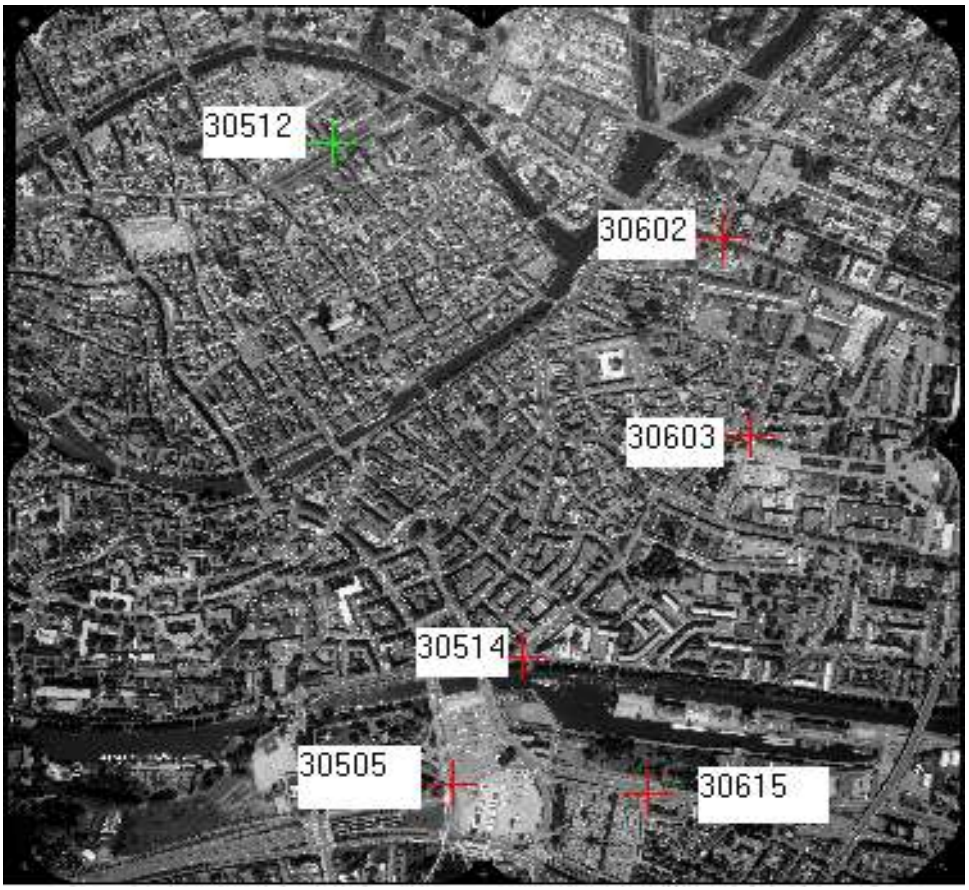
2- نقاط الضبط

تم قياس إحداثيات مجموعة من نقاط الضبط بطرائق مساحية تقليدية بحيث كانت موزعة بشكل متجانس في منطقة تداخل صورتي المزدوج الجوي. الطريقة المتبعة تقوم على حساب إحداثيات نقاط الضبط اعتماداً على أرصاد مساحية تقليدية مثل التقاطع الخلفي والأمامي استناداً إلى نقاط مثلثات معلومة ضمن النظام لامبيرت المعتمد في فرنسا. في الجدول الآتي نبين أرقام وإحداثيات نقاط الضبط:

الجدول (1). إحداثيات نقاط الضبط في جملة الإحداثيات المرجعية

رقم النقطة	X (m)	Y (m)	Z (m)
30505	99454.6	11274.71	141.094
30512	99098.35	12644.74	139.887
30514	99572.32	11563.3	139.478
30602	99895.5	12504.38	139.994
30603	99983.48	12074.95	139.46
30615	99843.75	11286.15	138.723

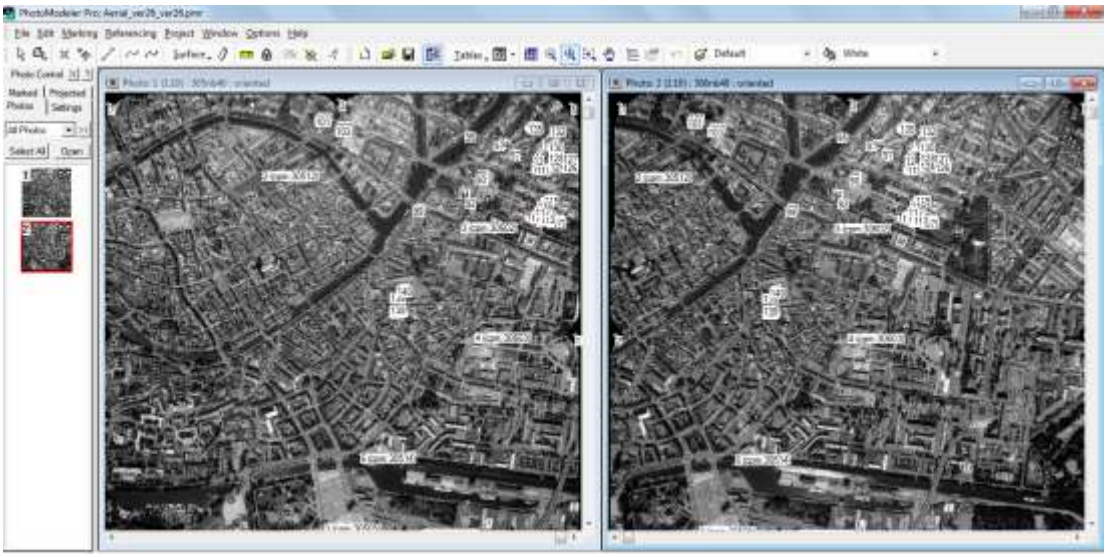
أما الشكل الآتي فهو يوضح توزع هذه النقاط:



الشكل (1). توزع نقاط الضبط على الصورة الجوية.

3- برنامج المساحة التصويرية القريبة

فيما يخص حساب توجيه الصور داخلياً وخارجياً واقتطاع ارتفاعات الأبنية في المشهد المصور، فقد تم باستخدام البرنامج PhotoModeler Pro.5.1. هذا البرنامج مطور من قبل الشركة الكندية EosSystems يعمل تحت Windows. يمكّننا هذا البرنامج من الحصول على معطيات ثلاثية الأبعاد انطلاقاً من صورة واحدة أو من مزدوج تجسيمي أو من عدة صور(**Eos Systems. 2002**). وعند استخدام البرنامج، يتم القياس على الصور المظهرة على الشاشة ويقوم البرنامج بحساب البنية ثلاثية الأبعاد للمشهد المصور. ويمكن تصديرها على شكل ملف نقاط مع إحداثياتها ثلاثية الأبعاد أو على شكل ملف رسومي يمكن التعامل معه ضمن أي نظام تصميم بمعونة الحاسب CAD أو برنامج نظم معلومات جغرافية. كما يمكن توليد نماذج صورية حقيقية للعنصر موضوع النمذجة. ويمكننا البرنامج من قياس النقاط، المستقيمات، السطوح ثلاثية الأبعاد والأسطوانات. لقد تم استخدام هذا البرنامج في دراستنا من أجل توجيه الصور واقتطاع ارتفاعات الأبنية. لقد تم حساب ارتفاعات الأبنية على أنها الفروق بين منسوب الأرض الطبيعية ومنسوب سطح المبنى. في الشكل (2)، نوضح واجهة البرنامج الرئيسة مع القياسات على الصور.



الشكل (2). الواجهة الرئيسة للبرنامج مع القياسات على الصور.

4- البرنامج ArcGIS

لقد تم استخدام البرنامج ArcGIS 9.3 بتطبيقاته الرئيسة الآتية: ArcCatalog،ArcMap، ArcToolBox و ArcScene من أجل:

1. بناء قاعدة البيانات الوصفية لسمات المشهد المصور.
2. إرجاع الصورة الجوية بالاستعانة بنقاط الضبط.
3. استخدام الصورة المرجعة لاقتطاع المباني ثنائية الأبعاد.
4. إضافة ارتفاعات الأبنية إلى قاعدة البيانات الوصفية من أجل استخدامها لاحقاً في النمذجة ثلاثية الأبعاد.
5. بناء النموذج ثلاثي الأبعاد للأبنية.

النتائج والمناقشة:

للوصول إلى النتائج المرجوة من هذا البحث، تم تقسيم العمل إلى عدة مراحل هي:

1. توجيه الصور الجوية باستخدام البرنامج PhotoModeler واقتطاع ارتفاعات الأبنية.
2. بناء قاعدة البيانات والإرجاع الجغرافي للصورة الجوية باستخدام البرنامج ArcGIS وإنشاء الخارطة ثنائية الأبعاد للمشهد المصور.
3. تصدير الخارطة السابقة مع ارتفاعات الأبنية إلى التطبيق ArcScene لإنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد.

- توجيه مزدوج الصور الجوية واقتطاع ارتفاعات الأبنية

البرنامج المستخدم في دراستنا لتوجيه الصور الجوية، مخصص أساساً للتعامل مع التشكيلات متعددة الصور multi-images المناسبة لتطبيقات المساحة التصويرية القريبة (مثل نمذجة العناصر الصناعية بالأبعاد الثلاثة وتوثيق لمنشآت الأثرية). ولكن فكرة الحساب الأساسة في هذا البرنامج تقوم على ضرورة توافر إمكانية قياس نقطة

العنصر في المنطقة المشتركة في صورتين على الأقل وذلك لحساب إحداثياتها ثلاثية الأبعاد. وبما أن هذا محقق في المزدوجات التجسيمية للصور الجوية، فإنه من الممكن استخدامه في توجيه هذه الصور.

يمكّننا هذا البرنامج من القيام بتوجيه الصور داخلياً وذلك بالاستعانة بعلامات عمق حجيرة التصوير Fiducial marks المتوفرة في تقرير معايرة آلة التصوير Camera calibration. كما يمكننا من حساب عناصر التوجيه الخارجي (موقع وتوجيه آلة التصوير لحظة التقاط الصور) لهذه الصور عبر قياس ثلاث نقاط ضبط Control points على الأقل. لقد تم استخدام نقاط الضبط الموضحة في الجدول (1) في التوجيه الخارجي وقد حصلنا على القيم الآتية الموضحة في الجدول (2):

رقم الصورة	زوايا الدوران			إحداثيات مركز الإسقاط		
	Omega (gr)	Phi (gr)	Kappa (gr)	Xc (m)	Yc (m)	Zc (m)
1	−0.1095	0.2305	4.5749	99459.4710	12024.6451	1093.6933
2	−0.2406	0.4238	4.3230	100006.0160	12073.6143	1000.7130

للحكم على دقة التوجيه، قمنا بمقارنة الإحداثيات الأفقية لـ 40 نقطة اختبار check points موزعة على صور المزدوج الموجه باستخدام PhotoModeler (الشكل (3)) مع مقابلاتها المقاسة على أورتوفوتو رقمي Digital orthophoto ملون عالي الدقة تم الحصول عليها من تثليث جوي لبلوك من الصور الجوية بمساعدة محطة عمل متطورة جداً هي المحطة ImageStation SSK Z/I المطورة من قبل Intergraph. كما تم حساب الخطأ المتوسط التربيع على الموقع الأفقي باستخدام العلاقة الآتية:

$$rmse_r = \sqrt{rmse_x^2 + rmse_y^2}$$

حيث :

$$rmse_x = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Xiortho - Xipm)^2}$$

$$rmse_y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Yiortho - Yipm)^2}$$

حيث: n هو عدد نقاط الاختبار، $(Xiortho, Yiortho)$ الإحداثيات المقاسة على الأورتوفوتو (Orthophoto)، $(Xipm, Yipm)$ النقاط المقاسة في البرنامج PhotoModeler. بتطبيق العلاقات السابقة على نقاط الاختبار حصلنا على النتائج الآتية: $rmse_x = 1.092\ m$، $rmse_y = 2.154\ m$ و $rmse_r = 2.415\ m$.

الشكل (3). توزع نقاط الاختبار في الصورة.

إذا تم التخلص من الأخطاء النظامية Systematic errors ، فإن الأخطاء العرضية تكون ذات توزع طبيعي ومن الممكن حساب قيم الدقة (Accuracy) على الموقع الأفقي، بمستوى ثقة يساوي 95% وذلك وفقاً للمعايير الوطنية لدقة البيانات المكانية الأمريكية US National Standard for Spatial Data Accuracy **(FGDC)**، **1998)** كمايلي:

$$\text{Accuracy}_{\text{r}} = 1.7308 \times rmse_r$$

وبتطبيق العلاقة أعلاه، وجدنا: $\text{Accuracy}_{\text{r}} = 4.181\ m$. وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن حد الإدراك البصري Visual perception للعين البشرية هو 0.2 mm، فإن أكبر مقياس scale يمكن استخدامه لتمثيل البيانات المكانية في خارطة يمكن أن يحسب بالعلاقة:

$$\text{Scale} \geq \frac{\text{Accuracy}_{\text{r}}}{0.2}$$

وبتطبيق العلاقة نجد أن أكبر مقياس ممكن للخارطة انطلاقاً من المزدوج التجسيمي الجوي هو تقريباً 1:20000.

فيما يخص ارتفاعات الأبنية فقد قمنا بالحصول عليها بمساعدة البرنامج PhotoModeler حيث اعتبرنا أن

ارتفاع أي مبنى هو الفرق بين الإحداثي Z لنقطة مقاسة على الأرض بالقرب من المبنى والإحداثي Z لنقطة مقاسة أعلى هذا المبنى.

– إنتاج الخارطة ثنائية البعد والنموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

بمساعدة البرنامج ArcGIS 9.3 وباستخدام نقاط الضبط المحددة في الجدول (1)، تم إرجاع إحدى الصور الجوية جغرافياً Georeferencing. ولابد من الإشارة إلى أنه عند اشتقاق صيغة عامة وتطبيقها على نقاط الضبط فإن هذا يُنتج خطأ أو راسباً Residual. وهذا الخطأ هو الفرق بين الموقع الحقيقي للنقاط والموقع الحالي الذي تم تعيينه. يمكن إزالة الروابط (أو إخراج نقطة الضبط المعنية من الحساب) إذا كان هذا الخطأ أكبر من حد التساهل المسموح أو يتم إضافة نقاط ضبط إضافية. في مثالنا تم تقويم الصورة باستخدام تحويل كثير الحدود من الدرجة الأولى فحصلنا على النتائج الآتية:

الجدول (3). انزياحات نقاط الضبط والخطأ المتوسط التربيع للتقويم باستخدام GIS

رقم النقطة	الانزياح في النقطة (متر)	الخطأ متوسط التربيع (متر)
1	0.19206	0.46501
2	0.47054	
3	0.36753	
4	0.715553	
5	0.61518	
6	0.11672	

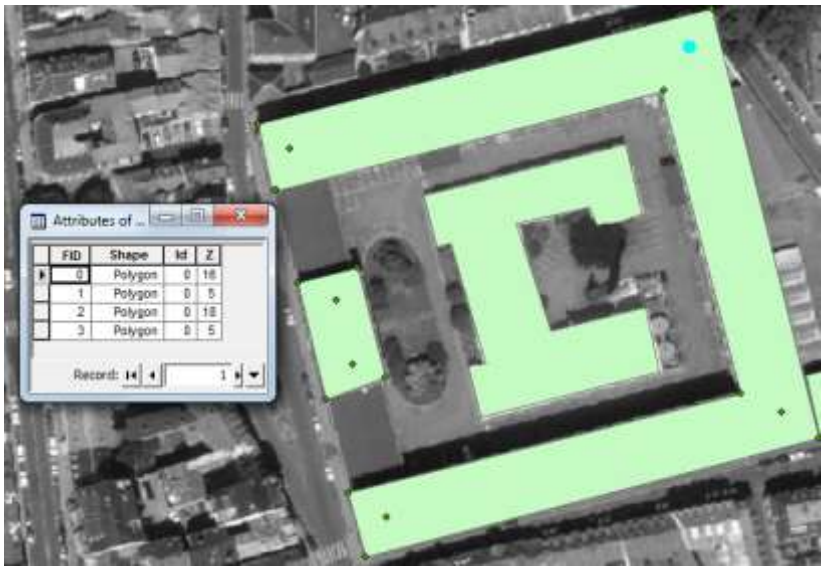
ويبين الشكل (4) الصورة الجوية المُرجعة الناتجة.

الشكل (4). الصورة الجوية المرجعة.

تم لاحقاً تحضير ملف شكل Shapefile لاقتطاع الأبنية في المشهد المصور. لقد تمت إضافة ارتفاعات الأبنية إلى جدول مواصفات هذه الملف. قمنا في هذه الدراسة باقتطاع أحد الأبنية الكبيرة في المشهد لإعطاء مثال عن منهجية العمل المقترحة. الشكل (5) يبين المبنى المدروس وهو ذو هندسية معقدة قليلاً حيث يحوي أسقفاً مائلة إضافةً إلى أسقف مستوية وهذا ما يميز العمارة في مدينة سترازبورغ.

الشكل (5). المبنى المدروس.

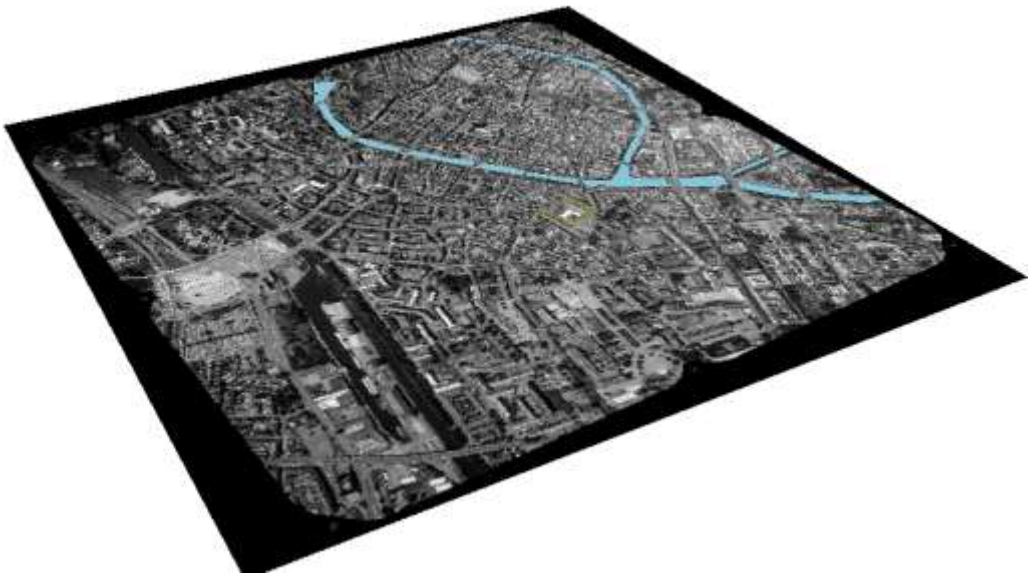
تم في البداية اقتطاع محيط البناء (الشكل (6)) ومن ثم تم اقتطاع ارتفاع هذا الجزء من المبنى من الفرق بين منسوبي نقطة على الأرض ونقطة على هذا المحيط. أما فيما يخص الأسقف المائلة، فقد تم اقتطاع نقاطها المميزة ومن ثمّ تم تحديد ارتفاع هذه الأسقف على أنها الفرق بين منسوب هذه النقاط ومنسوب نقاط مقاسة على المحيط. هذا ويضاف ارتفاع المبنى إلى الجدول الخاص بالأبنية لاستخدامه لاحقاً في عملية النمذجة ثلاثة الأبعاد.



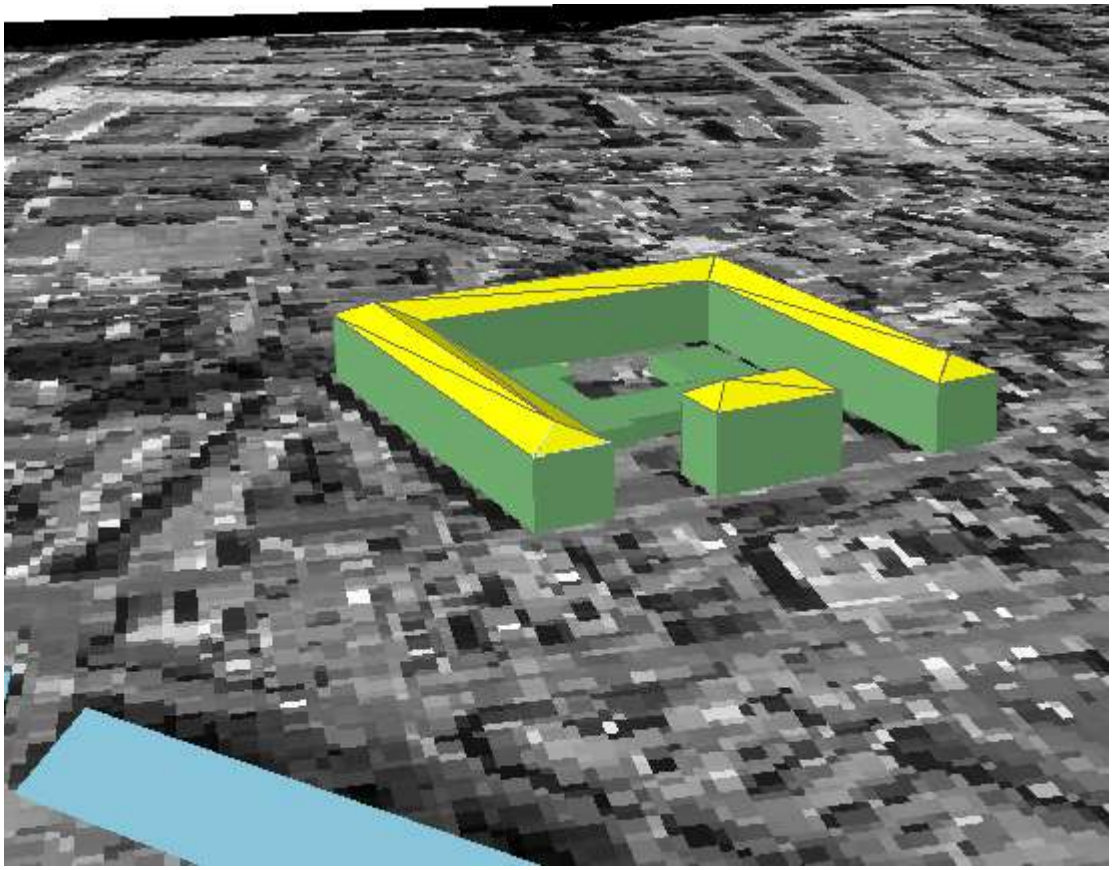
الشكل (6). طريقة (رقمنة) المبنى المدروس و إدخال ارتفاع المبنى إلى قاعدة البيانات.

بعد إنهاء عملية (الرقمنة) للمبنى، قمنا بتصدير طبقة الأبنية إلى التطبيق ArcScene 9.3 وهو المخصص للنمذجة ثلاثية الأبعاد في البرنامج ArcGIS. والفكرة الأساسة للنمذجة في هذا التطبيق تقوم على:

1. تحديد سطح مرجعي للمناسيب أو الارتفاعات والذي قد يكون النموذج الرقمي للأرض (في حال توافره) أو إحدى طبقات المشروع. بالنسبة إلى دراستنا، اعتبرنا الصورة الجوية المرجعة جغرافياً هي الطبقة ذات المنسوب المرجعي (الشكل (7)). قمنا أيضاً برقمنة نهر الراين وذلك لإعطاء بعض الواقعية لبيئة النمذجة.
2. تحديد قيمة النتوء extrusion للمبنى الذي نريد توليد نموذج ثلاثي الأبعاد له. في دراستنا، تم استخدام قيم الارتفاعات الحقيقية لأجزاء المبنى المدروس كقيمة للنتوء (الشكل (8)).



الشكل (7). الصورة الجوية المرجعة كطبقة مرجعية مع نهر الراين.



الشكل (8). النموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى المدروس.

الاستنتاجات والتوصيات:

بالاستناد إلى الدراسة النظرية المقدمة حول النمذجة ثلاثية الأبعاد باستخدام الصور الجوية، برامج المساحة التصويرية القريبة ونظم المعلومات الجغرافية والتطبيق العملي للدراسة، نستنتج:

1. أنه من الممكن إنتاج خرائط ثنائية البعد وتنفيذ نمذجة ثلاثية الأبعاد للأبنية مناسبة لاستعمالات المكاتب الهندسية والشركات الهندسية الصغيرة غير المتخصصة في إنتاج الخرائط وذلك لأغراض العرض والتخطيط العمراني.
2. أن استخدام المنهجية المستخدمة يوفر المال والوقت ولا يتطلب خبرة خاصة بالمساحة التصويرية كما أنه لا يستهلك الكثير من الموارد المادية ويعتبر فعالاً خاصةً في المناطق محدودة الاتساع.
3. أنه من أجل الحصول على خرائط دقيقة لمناطق واسعة من الصور الجوية التجسيمية ونماذج ثلاثية الأبعاد ذات دقة عالية، فإنه لابد من استخدام محطات عمل عالية الكلفة والتي تتطلب خبرة خاصة بالمساحة التصويرية.

تعتبر الأجيال الجديدة من برامج المساحة التصويرية القريبة واعدةً جداً في النمذجة ثلاثية الأبعاد للوسط الحضري Urban area. فهي تملك القدرة على التخاطب مع برامج أخرى على رأسها برامج نظم المعلومات الجغرافية ونظم التصميم بمعونة الحاسب. كما يمكن استخدام هذه البرامج في اقتطاع بيانات هندسية دقيقة هامة لبناء النموذج ثلاثي الأبعاد مثل ارتفاعات العناصر وهو معطى أساسي في النمذجة ثلاثية الأبعاد. لذلك، فإننا نوصي باستخدام هذه البرامج ضمن هذا السياق وإتمامها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية من أجل الحصول على خرائط المناطق قليلة الاتساع وعلى نماذج ثلاثية الأبعاد لها. يمكن استخدام هذا النوع من البرامج في مجالات متعددة مثل:

1. توثيق المواقع والمنشآت الأثرية توثيقاً هندسياً ودلالياً بفضل التكامل بين هذه البرامج.
2. بناء بيئة واقعية ثلاثية الأبعاد تفيد في التخطيط المسبق لمشاريع مثل مشاريع الطرق والشبكات.
3. دراسة التوسع العمراني وتأثيره على تلوث البيئة الحضرية حيث تلعب الأبنية دور العوائق في وجه حركة الهواء في هذا الوسط.

المراجع:

- Baily, B., Collier, P., Farres, P., Inkpen, R. and Pearson, A., 2003. Comparative assessment of analytical and digital photogrammetric methods in the construction of DEMs of geomorphological forms. Earth Surface Processes and Landforms, 28(3): 307–320.
- Eos Systems. 2002. User Manuel of PhotoModeler Pro5.1. Canada.
- FGDC, 1998. Geospatial Positioning Accuracy Standard, Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. Federal Geographic Data Committee, c/o USGS, Reston, Virginia. http://www.fgdc.gov/standards/documents/ standards/accuracy/chapter3.
- Fraser, C. S., 1993. A resume´ of some industrial applications of photogrammetry. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 48(3): 12–23.
- Mills, J. P., Newton, I. and Graham, R. W., 1996. Aerial photography for survey purposes with a high resolution, small format, digital camera. Photogrammetric Record, 15(88): 575–587.