مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

تقييم لبرامج المسح التصويري المجانية واستخدامها في اقتطاع بيانات ثلاثية الأبعاد

الدكتور عمر محمد الخليل *
الدكتور وائل ابراهيم ديوب**

(تاريخ الإيداع 29 / 3 / 2016. قُبِل للنشر في 19/ 6 / 2016)

□ ملخّص □

تعتبر البيانات ثلاثية الأبعاد المقتطعة من الصور التجسيمية المدخل الأساسي في النمذجة الرقمية وإنشاء قواعد بيانات نظم المعلومات الجغرافية. يتم الحصول على هذا النوع من البيانات باستخدام برامج احترافية صعبة الاستخدام لغير المختصين. هذا، وتعتبر خطوة توجيه الصور أساسيةً في هذه المعالجة.

نقترح في هذا البحث استخدام برامج المسح التصويري المجانية المتاحة على شبكة الإنترنيت لإنجاز خطوة التوجيهين الداخلي والخارجي للصور، ولكن قبل القيام بذلك يجب تقييمها. في هذا البحث قمنا باستخدام برنامج تعليمي مجاني مطور من قبل جهة أكاديمية متخصصة في المسح التصويري. تم تطبيق البرنامج لحساب معاملات توجيه مزدوج تجسيمي من الصور الجوية لمنطقة حضرية. تم بعد ذلك تقييم النتائج من خلال مقارنتها مع النتائج التي حصلنا عليها باستخدام برنامج احترافي. تم لاحقاً القيام بمجموعة من التحليلات المجسّمة بالاستعانة بنتائج البرنامج التعليمي. هذه النتائج تم تقييمها أيضاً باستخدام برنامج احترافي.

الكلمات المفتاحية: صور تجسيمية،توجيه داخلي، توجيه خارجي، تحليل تجسيمي.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (38) العدد (3) 2016
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (38) No. (3) 2016

Evaluation of free photogrammetric software and its use in 3D data extraction

Dr. Omar Al Khalil*
Dr. Wael Dayoub**

(Received 29 / 3 / 2016. Accepted 19 / 6 / 2016)

□ ABSTRACT □

3D data, extracted from stereoscopic images, are considered as the main input for digital modeling and GIS database construction. These data are usually collected by using professional software. This kind of tools, is difficult to use by the non-specialists.

In this study, we propose to use the free academic photogrammetric softwares that are available in the internet, to achieve interior and exterior orientations of images. But, before this step, these softwares must be evaluated. In our research, we applied a software developed by an academic photogrammetric society. The software was applied to calculate the orientation parameters of a stereoscopic pair of aerial photos taken for an urban area. After that, the results were evaluated by the help of a professional photogrammetric software. Finally, a group of stereoscopic analysis was done by using the academic software. Again, the results were evaluated by the help of a professional software.

Key words: Stereoscopic images, Interior orientation, Exterior orientation, stereoscopic analysis.

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

مقدّمة:

إن لتجميع البيانات الجغرافية (المكانية والوصفية) من الصور،أهميةً قصوى في إنشاء الخرائط، النماذج الرقمية للعناصر ونظم المعلومات الجغرافية Geographic Information System (GIS)ثلاثية الأبعاد.يجب أن تكون هذه البيانات دقيقة وحديثة وذلك لضمان أن تعكس التحليلات القائمة على هذه البيانات الواقع الحقيقي (Paine, D. P. 1981).

يتوفر العديد من الطرائق المتبعة تقليدياً في تجميع البيانات الجغرافية من الصور نذكر منها :

1. التصحيح الهندسي للصور Geometric correction واستخدامها كأساس لرقمنة السمات المختلفة. إن هذا الأسلوب واسع الانتشار حيث يتم اقتطاع البيانات الوصفية خلال أو بعد اقتطاع البيانات المكانية. ولكنه يعاني من الاستهلاك الكبير للوقت ومن الدقة المنخفضة والكلفة العالية. كما يعاني من عدم القدرة على معالجة المشاهد غير المستوية وهو يزودنا ببيانات ثنائية البعد فقط(L. Zhao., et al.2009).

2. الإرجاع العامودي للصور Orthorectification : يعتبر هذا الأسلوب أدق من الأسلوب السابق وذلك لأنه يمكننا من التخلص من الكثير من التشوهات التي لا يعالجها التصحيح الهندسي وتوليد صورة مكافئة هندسياً للخرائط المستوية(Novak,K., 1992). يتطلب تطبيق هذا الأسلوب توفر نموذج رقمي للأرض Digital Terrain Model (DTM) مع معاملات التوجيه الخارجي للصورة. وبالتالي، فإن دقة الأورتوفوتو الناتج تتبع لدقة الـ DTM إضافةً إلى كلفته العالية وعدم قدرته على تزويدنا ببيانات ثلاثية الأبعاد.

3. محطات عمل المسح التصويري الرقمية Digital Photogrammetry Workstations المتخصصة بالتعامل مع بلوكات من المزدوجات التجسيمية Stereoscopic pair من الصور الجوية. يؤمن هذا النوع من المحطات بيانات ثلاثية الأبعاد عالية الدقة حول المشهد المصور(Wolf, P.R., Dewitt, B.A. 2000) ولكن معظم هذه النظم لا تقتطع إلا البيانات المكانية فقط إضافةً إلى كلفتها العالية وحاجتها إلى متخصصين في المساحة التصويرية.

4. التطبيقات الملحقة بالنظم متعددة الأغراض أو Multipurpose systems مثل البرنامج ERDAS . وهذا النوع من النظم مخصص أصلاً لتطبيقات الاستشعار عن بعد ولكنه يضم بعض التطبيقات التي تمكننا من إنجاز بعض مهام المسح التصويري التقليدية مثل توجيه الصور Image orientation وإنتاج النماذج الرقمية للأرض DTM من هذه الصور. كما تتوفر فيه تطبيقات للقياس على الصور الموجهة وبناء قواعد بيانات وصفية ومكانية ثلاثية الأبعاد. بالرغم من أن هذا النوع من النظم بشقه الخاص بالتعامل مع قواعد البيانات لا يتمتع بنفس القوة والمرونة التي تتمتع بها برامج نظم المعلومات الجغرافية ثنائية البعد التقليدية، ولكنها تمثل حلاً وسطاً لمشكلة بناء وتحديث قواعد البيانات ثلاثية الأبعاد بين كل الحلول السابقة. من ناحية أخرى، تتطلب قاعدة معرفية عميقة في أسس المساحة التصويرية التجسيمية وخاصةً عند استخدام تطبيقات توجيه الصور. إن فكرة هذا البحث تنطلق من هذه النقطة حيث سنحاول استخدام واحد من البرمجيات التعليمية للمسح التصويري في حل هذه المسألة. في الواقع، هذا النوع من البرمجيات تم تطويره من قبل بعض الجامعات ووضعت نسخ تجريبية منها على مواقعها في شبكة الإنترنيت (مثل البرنامج TIPHON المستخدم في هذا البحث) . إن الفائدة الأساسية لهذه البرمجيات هي الحصول على معاملات توجيه آلة التصوير وذلك وفق منهجية مبسّطة يستطيع حتى غير المتخصص في المسح التصويري تطبيقها إضافةً إلى أنها مجانية. نقترح في هذا البحث الاستفادة من هذا النوع من البرمجيات، في توجيه الصور ومن ثم إدخال معاملات

التحويل في البرمجيات المتخصصة في الرقمنة ثلاثية الأبعاد من هذه الصور (مثل البرنامج Stereo Analyst المستخدم في بحثنا) . إن عملية تقييم لدقة معاملات التحويل ستكون ضروريةً وذلك عبر مقارنتها مع تلك المحسوبة باستخدام برامج مسح تصويري احترافية.

أهمية البحث وأهدافه

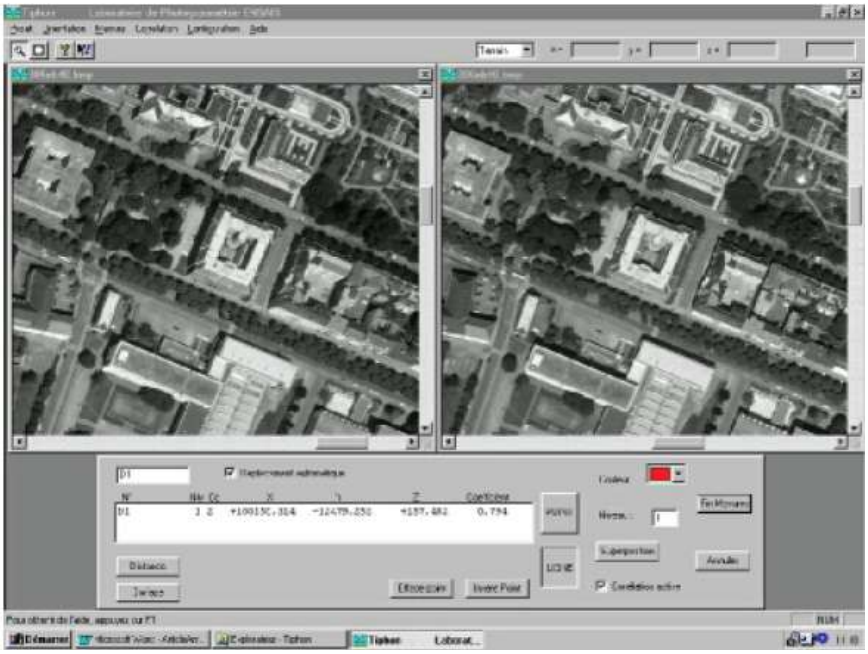
تعتبر مزدوجات الصور التجسيمية المصدر الأهم للبيانات اللازمة للنمذجة ثلاثية الأبعاد للمشاهد المصورة ولبناء قواعد البيانات الخاصة بنظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد.هذا، ويعتبر توجيه هذه الصور هو الخطوة الأساسية قبل البدء بأي عملية اقتطاع للمعطيات المكانية والوصفية منها. وعادةً ما تنجز هذه الخطوة باستخدام برمجيات متخصصة ومكلفة.ومن هنا تظهر أهمية البحث ففيه :

1. اقتراح الاستفادة من البرمجيات المجانية والبسيطة لتوجيه مزدوجات الصور مما يسمح بتخفيض الكلفة المادية والمعرفية.
2. التمكن من تجاوز المرحلة الأصعب من التعامل مع الصور التجسيمية في المحطات متعددة الأغراض، وهي مرحلة توجيه الصور، والمرور مباشرةً إلى مرحلة الرقمنة.
3. اقتراح طريقة للتقييم العملي للبرمجيات المجانية المستخدمة وذلك عبر مقارنة قيم معاملات توجيه الصور التي تعطيها مع تلك التي تعطيها البرمجيات المتخصصة.

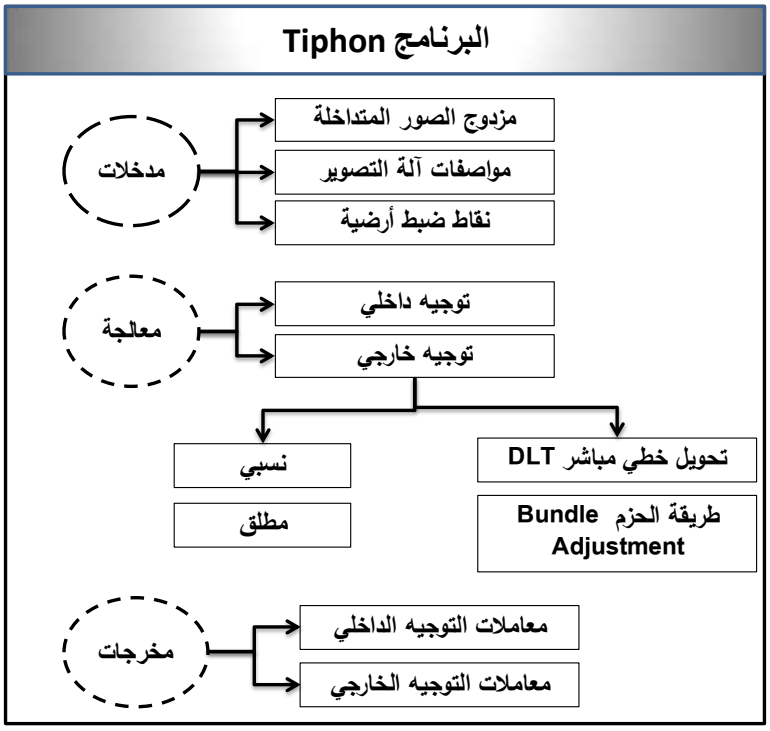
طرائق البحث ومواده

1- البرامج التعليمية المجانية

لابد من الإشارة إلى توفر العديد من برمجيات المسح التصويري على شبكة الإنترنيت، ولكن القليل منها تم تطويره من قبل جهات أكاديمية متخصصة. إن البرمجية التي سنستخدمها في بحثنا (البرنامج TIPHON)، ينتمي إلى هذا النوع من البرامج.هذا البرنامج مخصص لتعليم آلية توجيه مزدوجات الصور الجوية والأرضية التجسيمية (الشكل (1)). لقد بدء تطوير هذا البرنامج منذ العام 1996 من قبل مجموعة الـ Photogrammetry and Geomatics في المعهد العالي للعلوم التطبيقية في مدينة سترازبورغ الفرنسية وذلك لأهداف تعليمية تخص طلاب قسم الطبوغرافيا في هذا المعهد (Grussenmeyer & Koehl, 1998). يمكن تنصيب نسخة مجانية من هذا البرنامج من الموقع http://photogeo.u-strasbg.fr مع أمثلة عن البيانات (صور جوية وملفات معايرة آلات التصوير Camera calibration ونقاط الضبط Control Points). هذا، وقد تم تطوير نسخة منه لتعمل مباشرةً على الإنترنيت وهي النسخة المعروفة باسم ARPENTEUR(http ://www.arpenteur.net).يمكن تلخيص العمل مع هذا البرنامج من خلال المخطط التدفقي الموضح في الشكل (2).



الشكل (1). واجهة البرنامج TIPHON.

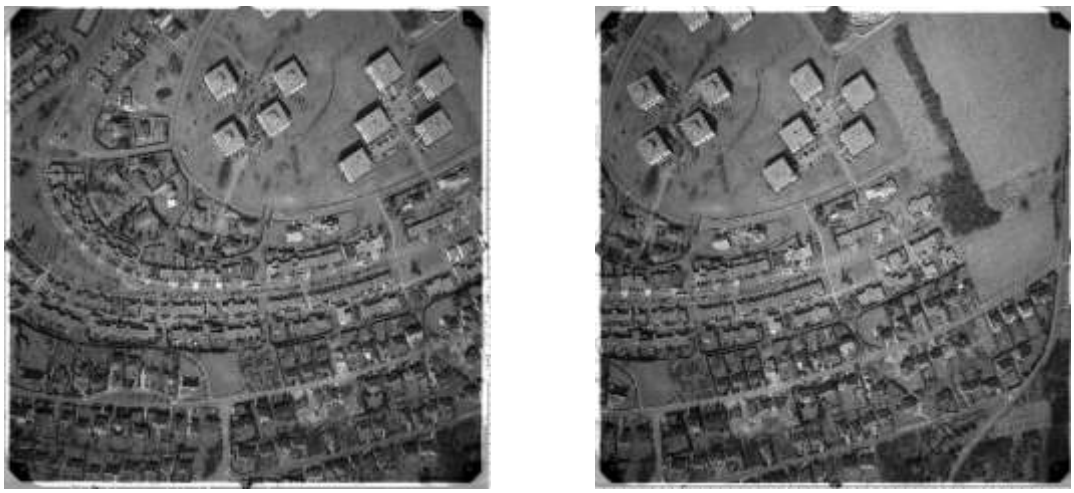


الشكل (2). المخطط التدفقي للعمل مع البرنامج TIPHON.

2- الصور الجوية

تشكّل الصور الجوية المستخدمة في هذا البحث (الشكل (3)) مزدوجاً تجسيمياً بنسبة تداخل Overlap طولي تساوي 60%. أما مقياس الصور الجوية فهو 1/2500 و قد تم التقاطها بواسطة آلة تصوير جوية تقليدية هي الآلة RC20 و التي تملك أربعة علامات عمق حجيرة تصوير Fiducial marks إحداثياتها محددة في تقرير معايرة آلة

التصوير المرفق معها. الصور تغطي مشهداً حضرياً مع تنوع في السمات المسجلة مثل الأبنية، الأشجار، الأرض العارية والحدائق.



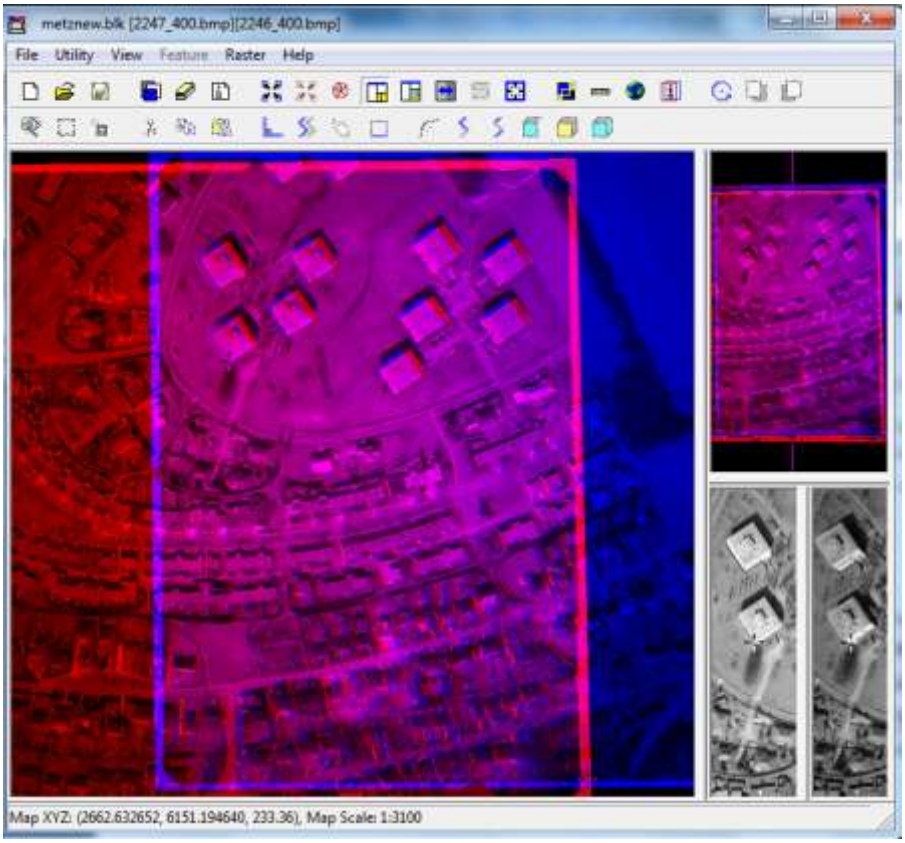
الشكل (3). مزدوج الصور الجوية التجسيمي.

لقد تم تحميل هذه الصور مجاناً مع ملف تعريف آلة التصوير التي التقطتها مع مجموعة من نقاط الضبط اللازمة لتوجيهها من الموقع التالي : http://photogeo.u-strasbg.fr.

3- برنامج التحليل المجسّم

إن برنامج التحليل المجسّم المستخدم في هذا البحث هو البرنامج Stereo Analyst (الشكل (4)) الملحق بالبرنامج متعدد الأغراض ERDAS IMAGINE. وهذا البرنامج يمكننا من تجميع البيانات المكانية ثلاثية الأبعاد عن العالم الحقيقي، تحديد مواصفات السمات ضمن جداول خلال اقتطاع هذه السمات (اقتطاع البيانات الوصفية) وقياس معلومات ثلاثية الأبعاد مثل مواقع النقاط ثلاثية الأبعاد، المسافات، الميل، المساحات، الزوايا والاتجاهات. إن هذه البيانات كافية للقيام بالتحليلات ثلاثية الأبعاد ولإنشاء النماذج ثلاثية الأبعاد للمشاهد المصورة. يعتمد مبدأ الرؤية التجسيمية في هذا البرنامج على استخدام الأناغليف Anaglyph القائم على نظرية الألوان المتكاملة (Leica Geosystems., 2002).

إنّ مشكلة هذا النوع من البرامج هي أنه لا يستطيع العمل دون معرفته لمعاملات التوجيه الداخلي والخارجي لآلة التصوير المستخدمة. وعادةً ما يتم الحصول على هذه القيم من مخرجات برنامج آخر هو البرنامج OrthoBase(الملحق بالبرنامج ERDAS)،وهو برنامج صعب الاستخدام موجه للمتخصصين في المسح التصويري إضافةً إلى كلفته العالية. لذلك نقترح في هذا البحث اللجوء إلى التعامل مع ما يتوفر من برامج مجانية سهلة الاستخدام (مثل البرنامج TIPHON) للحصول على معاملات التوجيهين الداخلي Interior orientation والخارجي Exterior orientation عوضاً عن البرامج المتخصصة عالية التكاليف. ولهذه الخطوة أهمية أخرى، فهي ستمكننا أيضاً من تقييم عمل هذا النوع من البرامج المجانية.



الشكل (4). واجهة البرنامج Stereo Analyst.

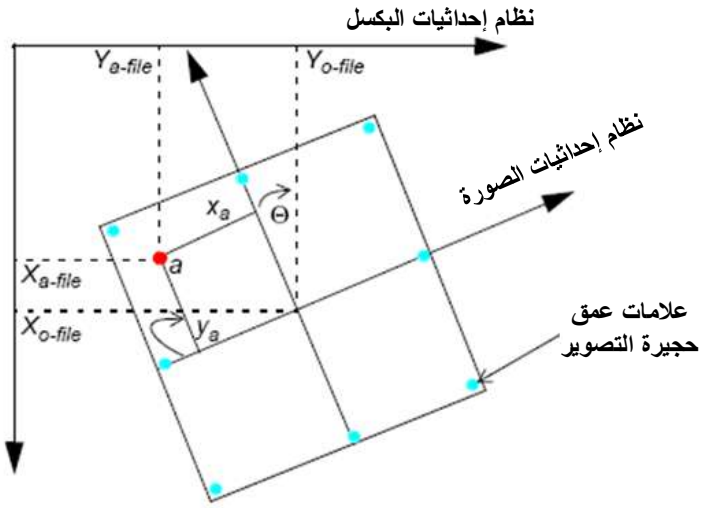
النتائج والمناقشة

1- توجيه المزدوج التجسيمي داخلياً وخارجياً

بالاستعانة بالبرنامج المجاني التعليمي TIPHON، قمنا بتوجيه مزدوج الصور الجوية توجيها داخلياً وخارجيا. فيما يخص التوجيه الداخلي للصور فقد تم تطبيق التحويل المثيل Affine transformation للمرور من نظام إحداثيات البكسل إلى نظام إحداثيات الصورة بالاستعانة بإحداثيات علامات عمق حجيرة التصوير المعروفة في كلا النظامين (الشكل (5)) . (وهذا التحويل هو نفسه المطبق في البرنامج OrthBase). لهذا التحويل الشكل التالي(Yang, Q., et al., 2000) :

$$X = a_0 + a_1 x + a_2 y$$
$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 y \qquad (1)$$

حيث $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ هي وسطاء التحويل. وللحكم على قيم المعاملات المحسوبة، قمنا بمقارنتها مع المعاملات المحسوبة باستخدام برنامج متخصص بالمساحة التصويرية هو البرنامج OrthoBase الملحق بالبرنامجERDAS. هذه المقارنة موضحة في الجدول (1).

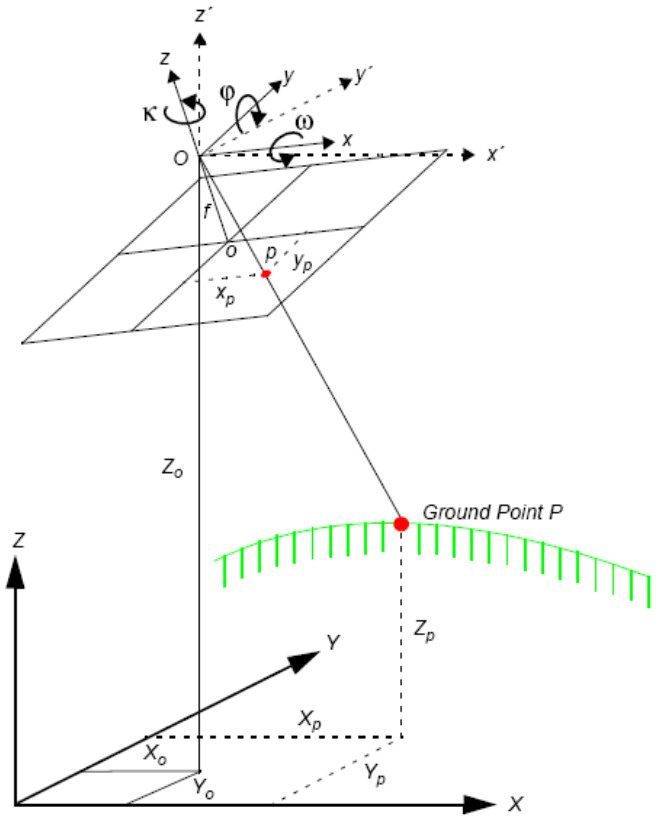


الشكل (5). التوجيه الداخلي.

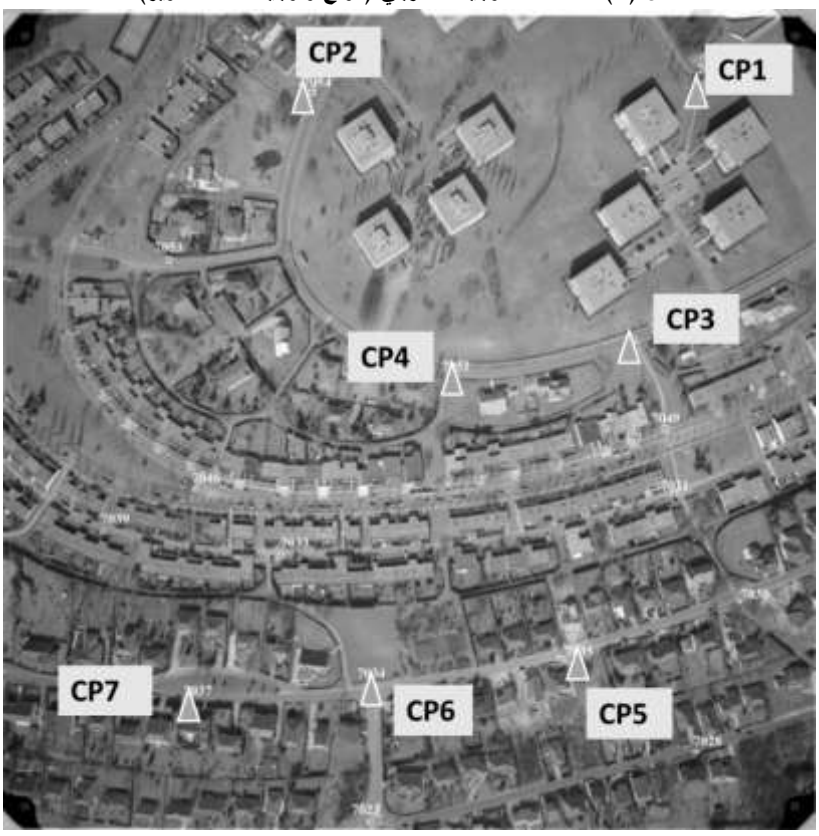
الجدول (1).نتائج التحويل المثيل.

الصورة	وسطاء التحويل المثيلTiphon			وسطاء التحويل المثيل OrthoBase		
اليسرى	a_0 (mm)	a_1	a_2	a_0 (mm)	a_1	a_2
	−115.2227	0.9600	0.000059	−115.18796	0.961	0.000057
	b_0 (mm)	b_1	b_2	b_0 (mm)	b_1	b_2
	115.175977	0.000059	−0.9599	115.1497	0.000061	−0.9601
اليمنى	a_0 (mm)	a_1	a_2	a_0 (mm)	a_1	a_2
	−115.2512	0.2311	0.000015	−115.1899	0.2287	0.000017
	b_0 (mm)	b_1	b_2	b_0 (mm)	b_1	b_2
	115.1794	0.000014	−0.2305	115.1553	0.000017	−0.2299

فيما يخص التوجيه الخارجي (تحديد موقع وزوايا آلة التصوير في نظام إحداثيات العنصر الموضحة في الشكل (6))، فقد تم إنجازه بالاستعانة بسبع نقاط ضبط متوفرة مع المزدوج (الشكل (7)) وباستعمال البرنامج المجاني TIPHON. وللتأكد من دقة المعاملات المحسوبة، قمنا بتوجيه المزدوج بالاستعانة بنفس نقاط الضبط وبالبرنامج OrthoBase. نتائج هذه الحسابات موضحة في الجدول (2).



الشكل (6).معاملات التوجيه الخارجي (موقع وتوجيه آلة التصوير).



الشكل (7).توزع نقاط الضبط.

الجدول (2).معاملات التوجيه الخارجي.

الصورة	معاملات التوجيه الخارجي Tiphon			معاملات التوجيه الخارجي OrthoBase		
اليسرى	Omega (º)	Phi (º)	Kappa (º)	Omega (º)	Phi (º)	Kappa (º)
	−1.5421	−0.99368	11.34022	−1.5217	−0.9733	11.2299
	Xo (m)	Yo (m)	Zo (m)	Xo (m)	Yo (m)	Zo (m)
	2700.4726	6065.6780	609.5542	2700.5544	6065.6167	609.5784
اليمنى	Omega (º)	Phi (º)	Kappa (º)	Omega (º)	Phi (º)	Kappa (º)
	0.0358	−0.3107	11.5468	0.0385	−0.3096	11.7399
	Xo (m)	Yo (m)	Zo (m)	Xo (m)	Yo (m)	Zo (m)
	2888.25	6102.71	609.61	2888.25	6102.66	609.52

وبناءً على النتائج السابقة، نجد مايلي :

أولاً : فيما يخص معاملات التوجيه الداخلي ، نلاحظ من الجدول (3)أن الفروقات بين الحلين ناتجة عن أخطاء تدوير لا أكثر وهي معدومة التأثير على نتائج القياس في نظام إحداثيات الصورة وذلك إذا علمنا أن معاملات هذا التحويل (الانتقالات والدورانات وتغيرات المقياس) متضمنة ضمن الوسطاء المستقلة $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$.

الجدول (3).الفروق بين قيم معاملات التوجيه الداخلي.

الصورة	Δa_2	Δa_1	Δa_0(mm)	Δb_2	Δb_1	Δb_0(mm)
اليسرى	−2E−06	0.001	0.03474	−0.0002	0.000002	−0.02628
اليمنى	0.000002	−0.0024	0.0613	0.0006	0.000003	−0.0241

ثانياً : فيما يخص معاملات التوجيه الخارجي ، يوضح الجدول (4) الفروقات بين قيم معاملات التوجيه الخارجي المحسوبة باستخدام OrthoBase وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المجاني TIPHON. نلاحظ وجود تقارب كبير بين قيم معاملات التوجيه الخارجي المحسوبة من قبل البرنامجين. ولابد من التأكيد من أن نتائج الحساب باستخدام البرنامج OrthoBase أدقلأنها محسوبة بتطبيق المعايرة الذاتية بطريقة الحزم Bundle adjustment والتي هي أدق وأكثر طرق الحساب استقراراً لهذا النوع من المعاملات، في حين أننا لا نطبق المعايرة الذاتية في الخوارزمية المعتمدة في البرنامج المجاني. على كل لن يكون لهذه الفروقات تأثير ذو أهمية على اقتطاع البيانات ثلاثية الأبعاد من الصور الموجهة باستخدام TIPHON.

الجدول (4).الفروق بين قيم معاملات التوجيه الخارجي.

الصورة	omega (º)	Phi (º)	Kappa (º)	X0 (m)	Y0 (m)	Z0 (m)
اليسرى	0.0204	0.02038	−0.11032	0.0818	−0.0613	0.0242
اليمنى	0.0027	0.0011	0.1931	0	−0.05	−0.09

على كل، تعتبر النتائج السابقة مشجعةً جداً مما يدفعنا إلى التعامل مع هذا النوع من البرامج المجانية للحصول على معاملات توجيه المزدوجات التجسيمية من الصور.

2- التحليل التجسيمي انطلاقاً من المزدوج التجسيمي الموجه

إن المقصود بالتحليل التجسيمي هو إمكانية القيام بقياسات على المزدوج التجسيمي الموجه من الصور الجوية للحصول على بيانات مكانية مثل ارتفاعات العناصر، المواقع ثلاثية الأبعاد للنقاط، الأبعاد والأطوال وكذلك المساحات للسمات الفراغية. إن هذا النوع من البيانات هام من أجل بناء النماذج ثلاثية الأبعاد للمشاهد المصورة ولبناء وتحديث قواعد البيانات لنظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد.

يحتاج هذا النوع من التحليل إلى معرفة معاملات توجيه مزدوجات الصور. وكما أشرنا سابقاً، فاستخدامنا للبرامج المجانية في التوجيه سيوفر الوقت والكلفة إضافةً إلى عدم الحاجة إلى متخصصين في المسح التصويري.

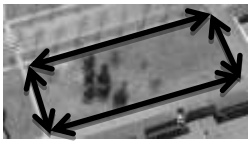
لإنجاز هذا النوع من التحليلات، قمنا باستخدام البرنامج Stereo Analyst ولبيان فعالية التكامل بين هذا البرنامج الاحترافي والبرنامج المجاني، قمنا بإجراء بعض التحليلات التجسيمية وفق المنهجية التالية : اقتطاع بعض القياسات ثلاثية الأبعاد (مواقع نقاط، مستقيمات، مساحات) من المزدوج الموجه باستخدام البرنامج المجاني (الجدول 5) ومقارنتها مع مقابلاتها على المزدوج الموجه باستخدام البرنامج الاحترافي OrthBase (الجدول (6)).

الجدول (5).نتائج التحليلات بمساعدة TIPHON.

وصف السمة	البرنامج المستخدم :TIPHON		
زاوية بناء مرتفع		X=2830.93 (m)	Y= 6170.47 (m)	Z=247.25 (m)
نقطة طريق		X=2898.03 (m)	Y=6177.19 (m)	Z=232.77 (m)

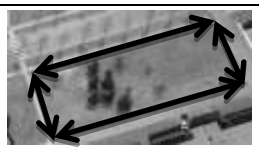
نقطة قمة شجرة		2649.1(m)	6095.22 (m)	Z=234.66 (m)
مستقيم (طول شارع)		42.96 (m)		
مضلع (مساحة حديقة بناء)		738.10 (m^2)		

الجدول (6).نتائج التحليلات بمساعدة OrthoBase.

وصف السمة	البرنامج المستخدم :OrthoBase		
زاوية بناء مرتفع		X=2831.01 (m)	Y=6170.19 (m)	Z=247.19 (m)
نقطة طريق		X=2898.24 (m)	Y=6177.20 (m)	Z=232.95 (m)
نقطة قمة شجرة		X=2649.18 (m)	Y=6095.40 (m)	Z=234.85 (m)
مستقيم (طول سور)		42.84 (m)		
مضلع (مساحة حديقة بناء)		738.15 (m^2)		

من خلال مقارنة النتائج الموضحة في الجدولين (5) و (6)والموضحة في الجدول (7)نلاحظ التقارب الكبير في نتائج التحليلات وهذا عائد إلى التقارب الذي لاحظناه مسبقاً في قيم معاملات التوجيهين الداخلي والخارجي لصور المزدوج التجسيمي.

الجدول (7).الفروق بين قيم الإحداثيات والأطوال والمساحات .

وصف السمة		الفروق بين البرنامجين		
زاوية بناء مرتفع		ΔX=−0.08 (m)	Y= 0.28 (m)	Z=0.06 (m)
نقطة طريق		ΔX=−0.21 (m)	ΔY=−0.01 (m)	ΔZ=−0.18 (m)
نقطة قمة شجرة		ΔX=−0.08 (m)	ΔY=−0.18 (m)	ΔZ=−0.19 (m)
مستقيم (طول شارع)		ΔL=0.12 (m)		
مضلع (مساحة حديقة بناء)		ΔA=−0.05 (m^2)		

الاستنتاجات والتوصيات

اقترحنا في هذه الدراسة فكرة ومنهجية للتقييم وللاستفادة من برامج المسح التصويري التعليمية المجانية في مجال التحليل من الصور المجسّمة. لقد قمنا بتوجيه صور مزدوج تجسيمي جوي لمنطقة حضرية باستخدام هذا النوع من البرامج واستخدام معاملات التوجيه هذه كمدخلات في القياسات ثلاثية الأبعاد لمواقع نقاط ومستقيمات ومضلعات. هذه المعاملات والقياسات تم تنفيذها أيضاً باستخدام برنامج احترافي وذلك بهدف مقارنة النتائج وتقييمها.

في نهاية هذا البحث يمكن أن نعطي الاستنتاجات والتوصيات التالية :

1. في حال الحاجة إلى بيانات ثلاثية الأبعاد حول المشاهد المصور بهدف النمذجة أو بناء قواعد بيانات ثلاثية الأبعاد، فإننا نوصي باستخدام مزدوجات الصور التجسيمية عوضاً عن تصحيح الصور أو الإرجاع العامودي لها.

2. قد تكون البرامج التعليمية المجانية، ومنها البرنامج TIPHON المستخدم في بحثنا، واحدةً من الأدوات الفعالة في الحصول على قيم دقيقة لمعاملات التوجيهين الداخلي والخارجي للصور الجوية والأرضية. إن هذه المعاملات ضرورة لأية عملية قياس على هذه الصور.

3. يجب القيام باختبارات أولية لفعالية برامج المسح التصويري المجانية قبل استخدامها في التطبيقات العملية. وهذه الاختبارات يجب ألا تقتصر على تقييم القدرة الحسابية لهذه البرامج فقط وإنما هنالك أمور أخرى يجب أخذها بعين الاعتبار ومنها سهولة الاستخدام وإمكانيات تفاعل المستخدم مع القياسات والنتائج.

4. يمكن التفكير في تطوير واجهة برمجية تعليمية لإنجاز التحليلات المجسّمة البسيطة التي تهم معظم مستخدمي الصور كمصدر للبيانات.

المراجع

1. GRUSSENMEYER, P., KOEHL, M., *Architectural photogrammetry with the TIPHON software, towards digital documentation in the field*. International archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII, part 5, Hakodate, 1998, pp. 549-556.

2. L. ZHAO, X. CHENG and Z. WU., *Study on image distortion caused by camera incline in multi-format aerial digital camera*. In Proceedings of the 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE), 26 - 28 Dec 2009, pp. 1452 – 1455.

3. Leica Geosystems., *Stereo Analyst user's guide*. U.S.A. 2002.

4. NOVAK, K.. *Rectification of digital imagery*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58, (1992), 339–344.

5. PAINE, D. P., *Aerial photography and image interpretation for resource management.* New York: Wiley.1981.

6. WOLF, P.R., DEWITT, B.A., *Elements of photogrammetry, with applications in GIS*. New York, NY: McGraw Hill, 3rd ed. 2000.

7. YANG, Q., SNYDER, J., TOBLER, W.R. *Map Projection transformation, Principals and applications*. Taylor and Francis, London. ISBN 0-7484-0667-0. 2000.