

تحليل دقة الخرائط المنتجة من صور أقمار صناعية ذات مميز مكاني عالٍ

الدكتور فايز ديب*

الدكتور وائل ديوب**

المهندسة رنا خضرة***

تاريخ الإيداع 18 / 9 / 2011. قُبل للنشر في 1 / 2 / 2012

□ ملخص □

على الرغم من حقيقة أن مجتمع الكارتوغرافيا يبدي حماساً قليلاً حول الخرائط المستخرجة من صور الأقمار الصناعية فإن هذه المنتجات أصبحت أكثر انتشاراً في معظم الدول. إن تقييم دقة الخرائط المنتجة هو سمة من السمات المهمة لكل من منتج الخريطة و مستخدمها. ومما لا شك فيه أن جميع الخرائط تتضمن أخطاء غير أن استخدام طرق وتقنيات جديدة في إنتاج الخرائط الرقمية ومعالجتها قد أدى إلى تحسين دقتها.

تم في هذا البحث إنتاج خريطة رقمية بمقياس 1:5000 من صورة فضائية مأخوذة من القمر الصناعي QuickBird ذي المميز المكاني 61cm وهذا المقياس الذي تم الحصول عليه يتوافق مع معايير الدقة المطلوبة لإنتاج الخرائط. تمت مقارنة إحداثيات نقاط متفرقة من الخريطة الناتجة مع خريطة أساس بمقياس 1:1000. وشملت عملية تقييم دقة الخريطة، التحقق من أن الأخطاء عرضية، وتسلق في تكرارها منحنياً يشبه منحني التوزيع الطبيعي حيث تم التحقق من عامل التناظر، ووجد أنه محقق على كلا المحورين حيث كانت قيمته -0.658 على المحور X و 0.489 على المحور Y. تم أيضاً التحقق من عامل التقلطح ووجد أنه مساوٍ إلى 0.525 على المحور X و 0.4 على المحور Y. أيضاً، تم التحقق من مجالات الثقة للمتوسطة الحسابية بمستوى ثقة 95% فكانت على المحور X بين -0.351 m و 0.191 m وعلى المحور Y بين -0.112 m و 0.512 m.

الكلمات المفتاحية: إنتاج الخرائط- صور الأقمار الصناعية- مميز مكاني عالٍ- دقة- مستوى ثقة.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

** مدرس في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

*** طالبة ماجستير في قسم الهندسة الطبوغرافية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سوريا

Accuracy Analysis of Maps Produced from Satellite Image with High Spatial Resolution

Dr Fayez DEEB^{*}
Dr Wael DAYOUB^{**}
Rana Khadra^{***}

(Received 18 / 9 / 2011. Accepted 1 / 2 / 2012)

□ ABSTRACT □

Despite the fact, that the cartographic community was not very enthusiastic about the satellite image maps, these products became very common in most of countries. There is a clear consensus that accuracy assessment of maps is an important aspect of both maps producer and user. All maps contain errors, but the use of new methods and techniques for production and processing of digital maps has improved the map accuracy.

In this research, some layers were produced from satellite images produced from QuickBird with spatial resolution 0.61m. Then, a comparison between coordinates of several scattered points between the base map of scale 1:1000 and the resulting map from image where performed. Accuracy assessment included, check the errors are random and their frequently curve look like normal distribution. The check was performed for skewness and kurtosis. For skewness, on axis X, the value was -0.658 and on Y axis was 0.489. for kurtosis, on axis X, the value was 0.525 and on axis Y was 0.4. Confidence ranges for mean with 95% level was checked and its value for X axis was between -0.351 m and 0.191 m and for Y axis was between -0.112 m and 0.512 m.

Keywords: Map Production, Satellite Imagery, High Resolution, Accuracy, Confidence Level.

^{*} Assistant Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{**} Lecturer, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***} Post Graduated Student, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة

إن توفر بيانات صور الاستشعار عن بعد، والتي تغطي مناطق واسعة في زمن بسيط قد حلت محل أعمال المسح الأرضي المصنعي والمساحة الجوية. فمنذ إطلاق القمر الصناعي للاستشعار عن بعد (Landsat) وذلك سنة 1972 أصبح بالإمكان إنتاج خرائط بمقاييس صغيرة مختلفة من قبل هيئات مختلفة.

بالأخذ بعين الاعتبار النقص في حداثة الخرائط الموجودة من المقاييس المتوسطة في العديد من المناطق الجغرافية في العالم وكذلك بالأخذ بعين الاعتبار التكلفة والزمن الذي تستغرقه لتحديث هذه الخرائط بالوسائل التقليدية للمساحة فإن صناعة الخرائط من الصور الفضائية تصبح مهمة جداً. يمكن استخدام الصور الفضائية لتحديث الخرائط الطبوغرافية وإنتاجها على الرغم من حقيقة أن الكارتوغرافيين يبدون حماساً قليلاً حول الخرائط المستخرجة من صور الأقمار الصناعية.

تتنوع صور الاستشعار عن بعد عالية المميز المكاني، ويتم الحصول على بعضها من مستشعرات الأقمار الصناعية مثل أقمار (SPOT, Quick Bird). إن القمر الصناعي QuickBird هو من بين الأقمار الصناعية التي تعطي صوراً فضائية بمميزات مكانية عالية، وقد أطلق بنجاح في 18 تشرين عام 2001. وهو ثاني نظام فضائي للتصوير بعد (IKONOS) للتزويد بصور الأقمار الصناعية التي تقارن مع الصور الجوية وتتفلسها في المميز المكاني، حيث إنه يقدم صوراً بمميز مكاني حتى (0.61m) في حالة الصور البانكروماتيكية، و بمميز مكاني حتى (2.44m) في حالة الصور المتعددة الأطياف.

ولاشك في أن تقييم دقة الخرائط المنتجة هو سمة من السمات المهمة لكل من منتج الخريطة و مستخدمها. ومما لاشك فيه أن جميع الخرائط تتضمن أخطاء غير أن استخدام طرق جديدة في إنتاج الخرائط الرقمية ومعالجتها قد أدى إلى تحسين دقتها.

أهمية البحث وأهدافه

تتشر الأمم المتحدة وبشكل دوري مخططات وبيانات للخرائط الطبوغرافية في مختلف أنحاء العالم. في المسح الأخير للأمم المتحدة لتلك الخرائط والذي تم عرضه في أيار سنة 1994 في مؤتمر الكارتوغرافيا العالمي [4]، كان واضحاً أن جزءاً لا بأس به من نسب تغطية العالم بالخرائط بحاجة إلى تحديث لمواكبة التطور والتوسع في مناطق مختلفة. وهكذا يتضح أنه من الضروري زيادة نسبة إنتاج الخرائط و مراجعتها.

يهدف البحث بشكل أساسي إلى تقييم دقة الخريطة الناتجة من صورة فضائية مأخوذة من القمر الصناعي QuickBird ذي المميز المكاني 61cm ، من خلال تحليل سلوك الأخطاء الناتجة ومدى مطابقتها لمنحنيات التوزيع الإحصائي الشهيرة بالاعتماد على حساب معاملات التفلطح والتناظر والارتباط بين الأخطاء على المحورين X, Y وصولاً إلى حساب القيم الحدية لمجالات الثقة للمتوسطة الحسابية والتباين عند مستوى ثقة 95% .

طرائق البحث ومواده

مؤشرات دقة الخريطة المساحية:

تتبع الأخطاء العشوائية في الحالة العامة، التوزيع الطبيعي $N(0, \sigma)$ (قيمة متوسطة صفر وخطأ متوسط تربيعي σ)، ومن ثم من المفيد جداً البحث في أخطاء التقييم، للصورة الفضائية من الشاشة، هل تتبع هذا التوزيع أم

لا، إذ يشير ذلك إلى نجاح عملية الترقيم ويعطي إمكانية استخدام مجالات الثقة لتقدير الدقة. يمكن الحكم على منحني التوزيع من اقتراب شكل مخطط التكرار النسبي من شكل منحني التوزيع الطبيعي. يرتبط الخطأ المتوسط الحسابي مع الخطأ المتوسط التربيعي للتتابع العشوائية، التي تتبع التوزيع الطبيعي بالعلاقة [1]، [2]:

$$AME = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \text{MSE} \approx \frac{4}{5} \text{MSE}$$

حيث: AME: الخطأ المتوسط الحسابي، ويحسب من العلاقة:

$$AME = \frac{\sum |V|}{n}$$

MSE: الخطأ المتوسط التربيعي، ويحسب من العلاقة:

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}}$$

إن اقتراب النسبة بين الخطأ المتوسط التربيعي و الخطأ المتوسط الحسابي من القيمة $\sqrt{\frac{2}{\pi}}$ يعدّ مؤشراً لكون العينة تتبع التوزيع الطبيعي، يعدّ هذا المعيار تقريبياً.

أيضاً يرتبط الخطأ المحتمل r مع الخطأ المتوسط التربيعي للتتابع العشوائية التي تتبع التوزيع الطبيعي بالعلاقة :

$$r = \frac{2}{3} \sigma$$

حيث: r : الخطأ المحتمل، ويحسب من العلاقة:

$$r = |\Delta_i|$$

حيث: Δ_i : قيمة الخطأ الذي يقع في منتصف العينة (بعد ترتيبها تصاعدياً أو تنازلياً)

أي أن اقتراب النسبة بين الخطأ المتوسط التربيعي والخطأ المحتمل من القيمة $\frac{2}{3}$ يعدّ مؤشراً على أن العينة

تتبع التوزيع الطبيعي، يعدّ هذا المعيار تقريبياً.

يستخدم أيضاً معاملا عدم التناظر S_K ، والتقاطح K للحكم على اقتراب التوزيع من التوزيع الطبيعي . ويحسب

معامل عدم التناظر من المعادلة [6] :

$$S_K = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$$

حيث إن:

μ_3 : العزم الابتدائي من المرتبة الثالثة.

وتكون قيمة العزم الابتدائي من المرتبة الثالثة صفراً في التوزيع الطبيعي [2] (نظراً لأنه متناظر) وتشير القيم

الموجبة لهذا المعامل إلى أن التوزيع منحرف إلى اليمين والقيم السالبة إلى أن التوزيع منحرف إلى اليسار، لا يعدّ انحراف S_K متناقضاً مع التوزيع الطبيعي إذا تحققت المتراجحة:

$$S_K \leq 3\sqrt{D_{SK}}$$

حيث [5]:

$$D_{SK} = \frac{6}{n}$$

يعرف معامل التقلطح بالعلاقة :

$$K = \frac{\mu_4}{\sigma^4}$$

وتكون قيمته صفراً بالنسبة إلى التوزيع الطبيعي . وتميز القيم الموجبة لهذا المعامل شكلاً مديباً لمنحني التوزيع ، وتميز القيم السالبة شكلاً مفلطحاً ولا يعدّ انحراف K متناقضاً مع التوزيع الطبيعي إذا تحققت المتراجحة :

$$K \leq 5\sqrt{D_K}$$

حيث:

$$D_K = \frac{24}{n}$$

أخيراً يمكن اللجوء إلى معامل بيرسون لتحقيق فرضية التوزيع الطبيعي بمنهجية رياضية صحيحة وموثوقة. يمكن البرهان على أن القيمة المحسوبة من العلاقة:

$$\sum_{i=1}^N \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}$$

تتبع التوزيع ψ^2 بدرجة حرية قدرها:

$$r = N - t - 1$$

حيث: N: عدد المجالات.

t: عدد الوسطاء المقدر، وهنا هما اثنان (الأمل الرياضي والانحراف المعياري) من ثم تكون درجة الحرية:

$$r = N - 3$$

m_i: عدد الواجهات الفعلي من العينة ضمن المجال.

P_i: احتمال الوقوع في كل مجال على حده وفق التوزيع الطبيعي ويحسب من العلاقة:

$$P_i = F\left(\frac{X_{i+1} - \bar{X}}{\sigma}\right) - F\left(\frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}\right)$$

$$F_0(X) = \int_0^X f(t) dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^X e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

ومن ثم قبول الفرضية الإحصائية على أن العينة من مجتمع يتبع التوزيع الطبيعي بسوية ثقة $\alpha\%$ فيما لو

تحقق:

$$\psi^2 < \psi_{teo}^2$$

حيث: ψ_{teo}^2 : القيمة النظرية لمعامل بيرسون (تؤخذ من الجداول الإحصائية وفق درجة الحرية وسوية الثقة)

[1]، [7].

الارتباط الإحصائي بين الأخطاء وفق المحورين X, Y:

إن وجود ارتباط بين الأخطاء على المحورين X و Y يشير إلى أن عملية التقييم كانت غير ناجحة وأن الأخطاء

قد ارتبطت مع بعضها في الاتجاهين [3].

وتعطى علاقة حساب معامل الارتباط الخطي كما يلي:

$$\hat{r} = \frac{\sum (\bar{X} - X_i)(\bar{Y} - Y_i)}{(n-1)\sigma_X \sigma_Y}$$

حيث يحسب الخطأ المتوسط التربيعي لمعامل الارتباط الخطي بالمعادلة:

$$\hat{\sigma}_r = \frac{(1-r^2)}{\sqrt{n}}$$

ويعدّ معامل الارتباط فاعلاً (أي يوجد ارتباط) إذا تحققت المتراحة:

$$|\hat{r}| > 3 \hat{\sigma}_r$$

الحكم على الدقة:

من أجل الحكم على الدقة، نلجأ عادةً وبالإضافة إلى المؤشرات المحسوبة سابقاً (الخطأ المتوسط التربيعي والخطأ المحتمل و الخطأ المتوسط الحسابي) إلى التقدير بمجالات الثقة، إذ أن المؤشرات السابقة هي مؤشرات نقطية تسمح بتقدير الدقة بقيمة عددية، غير أن مجالات الثقة تعطي فكرة أوضح عن مدى الثقة التي تعطى لمقدار معين، و ذلك بتحديد المجال الذي توجد فيه القيمة المقدرة باحتمال كبير.

1- مجال الثقة للمتوسطة الحسابية:

إن المتوسطة الحسابية لعدد n من القياسات المباشرة المتساوية الدقة تتبع التوزيع الطبيعي:

$$\bar{X} \sim N\left(m, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

ومن ثم تكون مجالات الثقة محصورة بين القيمتين:

$$\left[\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}, \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}} \right]$$

حيث: t : متحول عشوائي يتبع قانون توزيع Student بدرجة حرية $(n-1)$.

2- مجال الثقة للخطأ المتوسط التربيعي:

إن القيمة المحسوبة من العلاقة:

$$\frac{(n-1)\bar{\sigma}^2}{\sigma^2}$$

تتبع التوزيع ψ^2 بدرجة حرية $(n-1)$ ويكون مجال الثقة للتباين $\bar{\sigma}^2$ بسوية ثقة $\alpha\%$ محدداً بالمجال:

$$\left[\frac{n-1}{\psi_2^2} \bar{\sigma}^2, \frac{n-1}{\psi_1^2} \bar{\sigma}^2 \right]$$

حيث:

$$P\{\psi^2 \leq \psi_2^2\} = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$P\{\psi^2 \leq \psi_1^2\} = \frac{\alpha}{2}$$

النتائج والمناقشة

البيانات المتوفرة:

البيانات التي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للاستشعار عن بعد هي صورة فضائية لمدينة اللاذقية من القمر الصناعي QuickBird ذات الدقة 61 cm بثلاثة نطاقات ومميز شعاعي 8 bit وقد اختيرت بوصفها أفضل الصور المتوفرة المعالجة راديويًا في الهيئة وذلك من حيث درجة الوضوح والمميز المكاني العالي، والذي يمكن أن يكون مفيداً في مجال إنتاج الخرائط ذات المقاييس كبيرة لمناطق سكنية. تم تصحيح الصورة عمودياً من قبل شركة دار التقنية الحديثة HI_TECH HOUSE. وقد تم الربط بجملته الإحداثيات الستيريوغرافية السورية في أثناء عملية التصحيح العمودي. من ثم أصبح لدينا صورة مصححة راديويًا وهندسيًا.

أيضاً تم الحصول على خارطة أساس هي عبارة عن خارطة رقمية مرسومة ببرنامج الرسم الهندسي AutoCad بمقياس 1:10000 ، وقد تم إنتاجها من صورة جوية. من المهم جداً وجود خارطة أساس إذ يمكن الاستفادة منها في إجراء مقارنة للتأكد من تفسير محتوى الصورة الفضائية وأيضاً من المفيد معرفة التحديثات التي يمكن أن تتم على خريطة الأساس نتيجة قدمها.

منطقة الدراسة:

تم اختيار المنطقة القريبة من الجامعة والمحيطة بها والقريبة من مدخل مدينة اللاذقية بمساحة تقارب 7.5 Km² امتداد 2200m باتجاه شرق غرب وامتداد 3400 m باتجاه شمال جنوب.

رقمنة الصورة والحصول على الطبقات:

بعد الحصول على الصورة المصححة راديوميًا وهندسيًا (صورة عمودية) K والربط بجملته الإحداثيات المحلية Stereography /Clarke 1880 أجريت عملية رقمنة لها باستخدام برنامج ArcGIS. إذ تم الحصول على طبقة أبنية وطبقة محاور طرق. الشكلان (1, 2) يوضحان طبقتي الأبنية ومحاور الطرق.



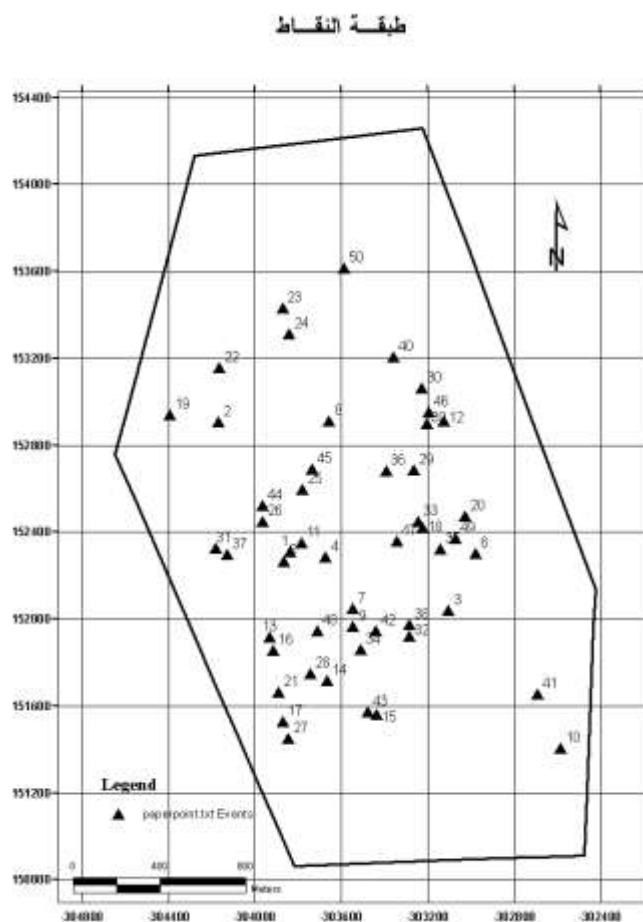
الشكل (1) طبقة محاور الشوارع للمنطقة المدروسة



الشكل (2) طبقة الأبنية للمنطقة المدروسة

تقييم دقة الخريطة:

من أجل إجراء عملية تقييم لدقة الخريطة الناتجة تم الاستعانة بخارطة الأساس K والتي كما سبق وأشار إليها عبارة عن ملف رقمي مرسوم في بيئة AutoCad وبمقياس 1:1000. تم اختيار مجموعة من النقاط العشوائية موزعة على كامل المساحة في كل من الخريطة الناتجة من الصورة الفضائية والخريطة الأساس K وقد كان عددها 50 نقطة. يوضح الشكل (3) توزيع النقاط العشوائية على منطقة الدراسة في الخريطة الناتجة من الصورة الفضائية.



الشكل (3) توزيع النقاط العشوائية على منطقة الدراسة في الخريطة الناتجة من الصورة الفضائية

وقد حسبت الفروق بين إحداثيات الخريطة الناتجة وخريطة الأساس (إحداثيات الصورة-إحداثيات الأساس) ووضعت في الجدول (1).

جدول (1) فروق الإحداثيات للنقاط العشوائية

id	dx	dy	id	dx	dy
1	2.044	2.562	26	0.052	-2.556
2	2.031	0.054	27	0.003	0.505
3	1.112	0.502	28	-0.033	1.822
4	1.091	-1.919	29	-0.102	-0.855
5	0.92	-0.176	30	-0.151	-0.595
6	0.84	-0.285	31	-0.186	-2.212
7	0.794	0.095	32	-0.22	1.655
8	0.72	0.161	33	-0.277	0.133
9	0.684	0.067	34	-0.34	1.79
10	0.669	0.537	35	-0.386	0.184

11	0.634	-0.401	36	-0.424	0.855
12	0.545	0.023	37	-0.444	-0.014
13	0.495	0.928	38	-0.508	0.082
14	0.477	1.69	39	-0.624	0.712
15	0.455	0.366	40	-0.733	0.197
16	0.362	0.692	41	-0.773	-0.364
17	0.345	0.801	42	-0.823	0.631
18	0.301	-0.066	43	-0.942	0.88
19	0.253	-1.355	44	-1.086	0.632
20	0.237	2.791	45	-1.413	0.752
21	0.201	-0.949	46	-1.664	0.026
22	0.154	-0.241	47	-1.802	-0.132
23	0.099	-0.789	48	-1.915	2.063
24	0.076	-0.929	49	-2.117	0.7
25	0.069	-0.156	50	-2.615	-0.89

الاختبارات الإحصائية لتقييم دقة الخريطة:

أولاً: منحنى التوزيع:

تم توزيع الأخطاء وفق المحورين X و Y ، في مجالات متساوية الطول (باستثناء المجال الأول والأخير) وكان عدد هذه المجالات 8 مجالات. حسب عدد المجالات من العلاقة:

$$K = \sqrt{N}$$

حيث: K: عدد المجالات، N: عدد النقاط الكلي.

$$K = \sqrt{50} = 7.07 \approx 8$$

من ثم يكون عدد المجالات مساوياً إلى:

حساب طول جميع المجالات وفق المحور X:

$$\text{rangX} = dx_{\max} - dx_{\min} = 2.044 - (-2.615) = 4.659$$

حساب طول جميع المجالات وفق المحور Y:

$$\text{rangY} = dy_{\max} - dy_{\min} = 2.791 - (-2.556) = 5.347$$

من ثم يكون طول المجال وفق المحور X:

$$\Delta_x = \frac{\text{rangX}}{K} = \frac{4.659}{8} = 0.582375$$

بالتالي يكون طول المجال وفق المحور Y:

$$\Delta_y = \frac{\text{rangY}}{K} = \frac{5.347}{8} = 0.668375$$

وضعت حدود المجالات وعدد النقاط في كل مجال في الجدولين (2) و (3)، كما تم أيضاً حساب التكرار النسبي

في المجالات ورسم مخطط التكرار النسبي. يبين الشكل (4) المخطط التكراري النسبي للأخطاء وفق المحور X، ويبين

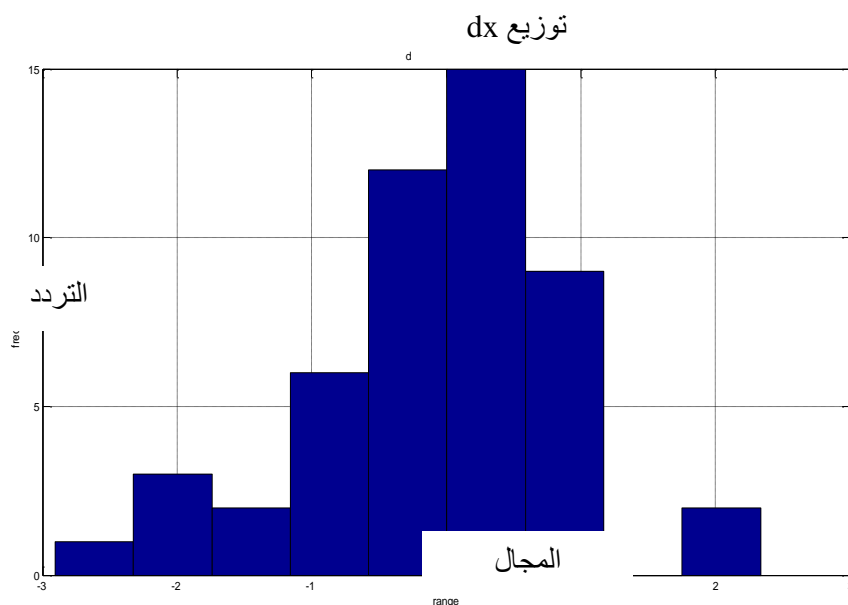
الشكل رقم (5) المخطط التكراري النسبي للأخطاء وفق المحور Y.

جدول (2) قيم الترددات النسبية للأخطاء وفق المحور X

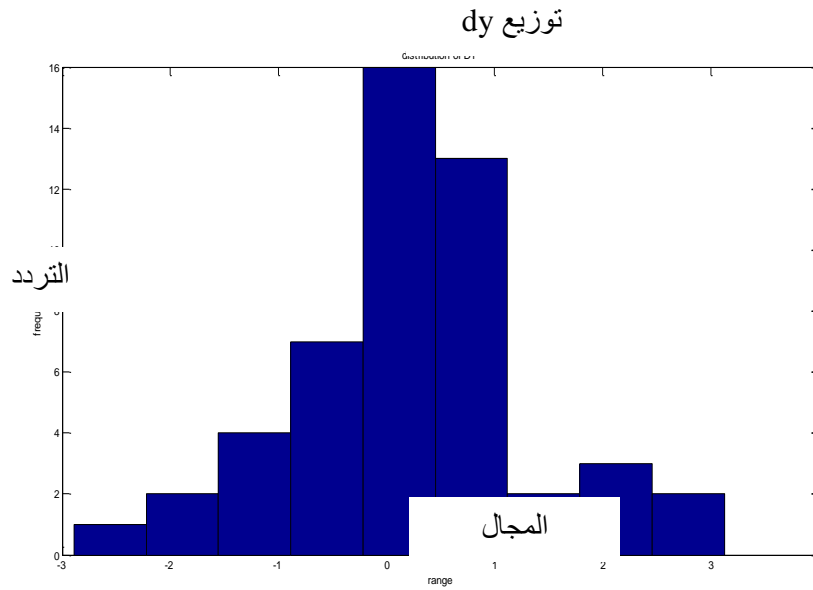
المجال	1	2	3	4	5	6	7	8
حدود المجال	-2.5	-1.91763	-1.33525	-0.75288	-0.1705	0.411875	0.99425	1.576625
عدد النقاط في المجال	2	4	4	9	16	11	2	2
التردد النسبي	0.04	0.08	0.08	0.18	0.32	0.22	0.04	0.04

جدول (3) قيم الترددات النسبية للأخطاء وفق المحور Y

المجال	1	2	3	4	5	6	7	8
حدود المجال	-2.5	-1.83163	-1.16325	-0.49488	0.1735	0.841875	1.51025	2.178625
عدد النقاط في المجال	3	1	6	17	13	3	5	2
التردد النسبي	0.06	0.02	0.12	0.34	0.26	0.06	0.1	0.04



الشكل (4) مخطط التكرار النسبي للأخطاء على المحور X



الشكل (5) مخطط التكرار النسبي للأخطاء على المحور Y

ثانياً: حساب النسبة بين الخطأ المتوسط الحسابي و الخطأ المتوسط التربيعي للفروقات على المحور X و Y:

حساب الخطأ المتوسط الحسابي:

$$AME_x = \frac{\sum |dx|}{50} = \frac{35.41}{50} = 0.704m$$

$$AME_y = \frac{\sum |dy|}{50} = \frac{39.772}{50} = 0.795m$$

حساب الخطأ المتوسط التربيعي:

$$MSE_x = \sqrt{\frac{\sum dx^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{44}{50-1}} = 0.954m$$

$$MSE_y = \sqrt{\frac{\sum dy^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{59.39}{50-1}} = 1.1m$$

وتكون النسبة بين الخطأ المتوسط الحسابي و الخطأ المتوسط التربيعي للفروقات على المحور X و Y:

$$\frac{AME_x}{MSE_x} = \frac{0.704}{0.954} = 0.725$$

$$\frac{AME_y}{MSE_y} = \frac{0.795}{1.1} = 0.728$$

وباعتبار أن تلك النسب يجب أن تكون قريبة من:

$$C = \sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0.798$$

نلاحظ أن كلتا النسبتين قد اقتربتتا من النسبة C، وهذا يدل على عدم وجود تناقض من افتراض أن الأخطاء على المحورين X و Y تتبعان التوزيع الطبيعي.

ثالثاً: حساب معاملي التناظر والتفلطح:

يحسب معامل التناظر S_K للمحور X والمحور Y كما يلي:

$$\mu^3_X = \frac{\sum V^3}{n} = \frac{\sum dx^3}{n} = \frac{-28.52}{50} = -0.57$$

$$S_{KX} = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{-0.57}{0.954^3} = -0.658$$

$$\mu^3_Y = \frac{\sum V^3}{n} = \frac{\sum dy^3}{n} = \frac{32.62018}{50} = 0.652$$

$$S_{KY} = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{0.652}{1.1^3} = 0.489$$

يجب أن يحقق هذا المعامل المتراجحة:

$$S_K \leq 3\sqrt{D_{SK}}$$

$$D_{SK} = \frac{6}{n} = \frac{6}{50} = 0.12$$

ومن ثم

$$3x\sqrt{0.12} = 1.04$$

نلاحظ أن معامل التناظر محقق على كلا المحورين.

التفلطح K للمحور X:

$$\mu^4_X = \frac{\sum V^4}{n} = \frac{\sum dx^4}{n} = \frac{146.2802}{50} = 2.92$$

$$K_X = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 = \frac{2.92}{0.954^4} - 3 = 0.525$$

التفلطح K للمحور Y:

$$\mu^4_Y = \frac{\sum V^4}{n} = \frac{\sum dy^4}{n} = \frac{249.5485}{50} = 4.99$$

$$K_Y = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3 = \frac{4.99}{1.1^4} - 3 = 0.4$$

يجب أن يحقق هذا المعامل المتراجحة:

$$K \leq 5\sqrt{D_K}$$

$$D_K = \frac{24}{n} = 0.48$$

$$5x\sqrt{0.48} = 3.46$$

نلاحظ أن معامل التفلطح قد تحقق على المحور Y و على المحور X.

رابعاً: الارتباط الإحصائي بين الأخطاء وفق المحورين X, Y:

يحسب معامل الارتباط الخطي كما يلي:

$$\hat{r} = \frac{-0.9786}{(50-1)0.954 \times 1.1} = -0.02$$

الخطأ المتوسط التربيعي لمعامل الارتباط الخطي:

$$\hat{\sigma}_r = \frac{(1-0.02^2)}{\sqrt{50}} = 0.14137$$

ويعدّ معامل الارتباط فاعلاً (أي يوجد ارتباط) إذا تحققت المتراجحة:

$$|\hat{r}| > 3 \hat{\sigma}_r$$

$$3 \times \hat{\sigma}_r = 3 \times 0.14137 = 0.424$$

باعتبار أن المتراجحة غير محققة لذا لا يوجد ارتباط بين الأخطاء على المحور X والأخطاء على المحور Y.

خامساً: معامل بيرسون:

أخيراً يمكن اللجوء إلى معامل بيرسون لتحقيق فرضية التوزيع الطبيعي بمنهجية رياضية صحيحة وموثوقة.

بغية تسهيل الحسابات تم ترتيب الحسابات وفق الجدول (4) بالنسبة إلى المحور X والجدول (5) بالنسبة للمحور Y.

جدول (4) معامل بيرسون للأخطاء على المحور X

حدود المجالات a	التواتر m_i	المجال المعايير $\frac{a-\bar{x}}{\sigma} = t_i$	$\frac{1}{2} \Phi(t_i)$	p_i	p_Φ	التواتر النظري النسبي np_i	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
-2.5	\	-2.62055	-0.4955				
-1.91763	1	-2.01009	-0.477	0.0185	0.02	0.925	0.006081
-1.33525	4	-1.39963	-0.419	0.058	0.08	2.9	0.417241
-0.75288	4	-0.78918	-0.288	0.131	0.08	6.55	0.992748
-0.1705	9	-0.17872	-0.0795	0.2085	0.18	10.425	0.194784
0.411875	16	0.431735	0.1555	0.235	0.32	11.75	1.537234
0.99425	11	1.042191	0.3415	0.186	0.22	9.3	0.310753
1.576625	2	1.652647	0.4555	0.114	0.04	5.7	2.401754
2.159	2	2.263103	0.4895	0.034	0.04	1.7	0.052941
Σ	50			1	1	50	5.913537

جدول (5) معامل بيرسون للأخطاء على المحور Y

حدود المجالات a	التواتر m_i	المجال المعايير $\frac{a-\bar{x}}{\sigma} = t_i$	$\frac{1}{2} \Phi(t_i)$	p_i	p_Φ	التواتر النظري النسبي np_i	$\frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$
-2.5	\	-2.27273	-0.4895				
-1.83163	3	-1.66511	-0.4555	0.034	0.06	1.7	0.994118
-1.16325	1	-1.0575	-0.385	0.0705	0.02	3.525	1.808688
-0.49488	6	-0.44989	-0.1915	0.1935	0.12	9.675	1.39593
0.1735	17	0.157727	0.0795	0.271	0.34	13.55	0.878413
0.841875	13	0.765341	0.288	0.2085	0.26	10.425	0.636031
1.51025	3	1.372955	0.403	0.115	0.06	5.75	1.315217
2.178625	5	1.980568	0.4715	0.0685	0.1	3.425	0.72427
2.847	2	2.588182	0.4955	0.024	0.04	1.2	0.533333
Σ	50			1	1	50	8.286001

إن قيمة معامل بيرسون النظرية من الجداول الإحصائية هي 11.1 وذلك من أجل سوية ثقة 5% ودرجة حرية مساوية إلى:

$$r = N - t - 1 = 8 - 2 - 1 = 5$$

نلاحظ أنه على المحور X:

$$5.913537 < 11.1$$

نلاحظ أنه على المحور Y:

$$8.286001 < 11.1$$

أي $\psi^2 < \psi_{teo}^2$ بالتالي يمكن قبول فرضية التوزيع الطبيعي باحتمال كبير مقداره 95% على كلا المحورين.

الحكم على الدقة:

1- مجال الثقة للمتوسطة الحسابية:

بالنسبة للمحور X:

باعتبار أن سوية الثقة $\alpha=5\%$ ودرجة حرية $n-1=50-1=49$ وانحراف معياري قدره (0.954) نجد

مجالات الثقة للمتوسطة الحسابية كما يلي:

من الجداول الإحصائية نجد:

$$t_{0.025,49} = 2.01$$

بالتالي فان:

$$-0.08 - 2.01 \left(\frac{0.954}{\sqrt{50}} \right) \leq \bar{dx} \leq -0.08 + 2.01 \left(\frac{0.954}{\sqrt{50}} \right)$$

$$-0.351 \leq \bar{dx} \leq 0.191$$

نكرر العمل بالنسبة للمحور y باعتبار أن سوية الثقة $\alpha=5\%$ ودرجة حرية $n-1=50-1=49$ وانحراف

معياري قدره (1.1) نجد مجالات الثقة للمتوسطة الحسابية كما يلي:

$$0.2 - 2.01 \left(\frac{1.1}{\sqrt{50}} \right) \leq \bar{dy} \leq 0.2 + 2.01 \left(\frac{1.1}{\sqrt{50}} \right)$$

$$-0.112 \leq \bar{dy} \leq 0.512$$

2- مجال الثقة للخطأ المتوسط التربيعي :

تعطي الجداول الإحصائية من أجل درجة حرية 49 القيم التالية

$$\psi_1^2 = \psi_{\frac{\alpha}{2}}^2 = \psi_{0.025}^2 = 32.36$$

$$\psi_2^2 = \psi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 = \psi_{0.975}^2 = 71.42$$

حساب مجال الثقة للتباين لقيم الفروقات على المحور X:

$$\frac{49(0.954)^2}{\psi_{0.975,49}} \leq \bar{\sigma}_{dx}^2 \leq \frac{49(0.954)^2}{\psi_{0.025,49}}$$

$$0.625 \leq \bar{\sigma}_{dx}^2 \leq 1.38$$

حساب مجال الثقة للتباين لقيم الفروقات على المحور Y:

$$\frac{49(1.1)^2}{\psi_{0.975,49}} \leq \bar{\sigma}_{dy}^2 \leq \frac{49(1.1)^2}{\psi_{0.025,49}}$$

$$0.831 \leq \bar{\sigma}_{dy}^2 \leq 1.834$$

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يمكن من هذا البحث استنتاج ما يلي:

1. الأخطاء الناتجة من عملية ترقيم الصورة الفضائية من الشاشة كانت أخطاء عرضية.
2. لا يوجد ارتباط بين الأخطاء على المحور X والأخطاء على المحور Y.
3. مجال الثقة للمتوسطة الحسابية على كلا المحورين كان كما يأتي:

- بالنسبة إلى قيم الفروقات على المحور X: $-0.351 \leq \bar{dx} \leq 0.191$

- بالنسبة إلى قيم الفروقات على المحور Y: $-0.112 \leq \bar{dy} \leq 0.512$

4. مجال الثقة للتباين على كلا المحورين كان كما يأتي:

- مجال الثقة للتباين لقيم الفروقات على المحور X: $0.625 \leq \bar{\sigma}_{dx}^2 \leq 1.38$

- مجال الثقة للتباين لقيم الفروقات على المحور Y: $0.831 \leq \bar{\sigma}_{dy}^2 \leq 1.834$

5. تم في هذا البحث إنتاج خريطة رقمية بمقياس 1:5000 من صورة فضائية مأخوذة من القمر الصناعي QuickBird ذي المميز المكاني 61cm وهذا المقياس الذي تم الحصول عليه يتوافق مع معايير الدقة المطلوبة لإنتاج الخرائط.

التوصيات:

يوصي البحث بما يلي:

1. تقييم دقة خرائط منتجة من صور أقمار صناعية أخرى عالية المميز المكاني.
2. تقييم دقة خرائط طبوغرافية باستخدام تداخل صورتين من زاويتي رؤية مختلفتين.
3. استخدام معايير إحصائية أخرى في تقييم دقة الخريطة الناتجة.
4. استخدام تقنية GPS للحصول على إحداثيات خريطة الأساس.

المراجع

1. أحمد محسن "الإحصاء والأخطاء (1) " منشورات جامعة تشرين. 1998.
2. جزماتي سامح "الإحصاء والأخطاء (1) " منشورات جامعة حلب. 1992.
3. كوليان أني قره، " اقتراح بنية معلوماتية لأتمتة البيانات العقارية ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية". رسالة ماجستير، جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية، 2009.
4. Konecny G., & Schiewe J., " Mapping from Digital Satellite Image Data with Special Reference to MOMS-02". ISPRS journal of photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 51. 1996.
5. Meng X., Shi W., & Liu D., " Statistical Tests of the Distribution of Errors in Manually Digitized Cartographic Lines" Geographic Information Sciences, Vol. 4, No 1-2, 1998. 52-58.
6. Montgomery D. & Runger G. " Applied Statistics and Probability for Engineers". John Wiley & Sond, 2003. 706.
7. Soong, T. T., "Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers". John Wiley & Sond, 2004. 391.