الفصل السابع

التوجيه المطلق و رسم الخريطة

(٧,١) التوجيه المطلق
Absolute Orientation

لقد ذكرنا من قبل أن الناتج النهائي لعمليات استخدام أجهزة الرسم التجسيمي هو عمل خريطة خطية تمثل شكل الأرض بمقياس رسم معين أو بيانات رقمية تمثل سطح الأرض (النموذج الرقمي لسطح الأرض digital terrain model) . إن تحويل بيانات النموذج المجسم إلى بيانات أو معلومات ذات مقياس معين يمكن الاستفادة منها من باحثين وعاملين في مجالات علمية و تطبيقية مختلفة هي العملية التي تعرف بالتوجيه المطلق .

هنالك نوعان من أنواع التوجيه المطلق : فكما أن هنالك توجيه نسبي تمثيلي يعتمد على تحريك عناصر توجيه الجهاز يدوياً مع المشاهدة من خلال نظامه البصري وتوجيه نسبي تحليلي ورقمي يعتمد على الربط الرياضي بين الصورتين المتداخلتين كذلك هنالك توجيه مطلق تمثيلي يستخدم عناصر التوجيه المطلق للجهاز وتوجيه مطلق تحليلي يستخدم علاقة رياضية تربط بين النموذج المجسم الذي تم تكوينه من خلال التوجيه النسبي وبين الأرض الطبيعية أو الخريطة ذات المقياس المطلوب.

وسنكتفي هنا بوصف طريقة التوجيه المطلق التمثيلي وسيجد المهتمون بالتوجيه المطلق التحليلي أو الرياضي في مراجع المساحة التصويرية التحليلية.

ولعمل خريطة خطية بمقياس رسم معين يتم رسمها من النموذج المجسم المشاهد في جهاز الرسم التجسيمي لا بد من تحضير اللوحة التي سيتم توقيع الخريطة عليها. وأول الاحتياجات لأخذ البيانات من النموذج المجسم وربطه بالخريطة المطلوبة وتوقيع بياناته عليها هو توقيع نقاط ربط أو تحكم أرضي ground control points تربط بين النموذج وبين الخريطة. في الواقع تتم عملية التوجيه المطلق بتحويل بيانات النموذج المجسم من نظام إحداثيات النموذج المجسم أو إحداثيات الجهاز إلى نظام إحداثيات أرضي يكون ممثلاً على اللوحة التي ستوقع عليها الخريطة بمقياس رسم معين . وعملية التحويل من نظام إحداثيات إلى نظام إحداثيات آخر تقتضي كما هو معروف إزاحة نقطة الأصل من النظام الأول إلى نقطة أصل النظام الثاني ثم إدارة المحاور الثلاثة حول نقطة الأصل لتنطبق اتجاهاتها على بعضها البعض وأخيراً يتم تغيير مقياس النموذج المجسم ليوائم مقياس الخريطة.

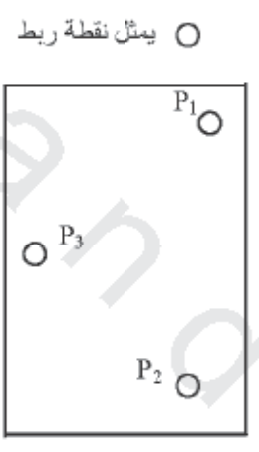
(٧,٢) التوجيه المطلق التمثيلي
Analogue Absolute Orientation

يبدأ عمل التوجيه المطلق التمثيلي بعمل التحضيرات التالية :

١ – التأكد من أن التوجيه النسبي قد تم كاملاً بحيث لا يوجد إزاحة في الاتجاه Z في كل النموذج.

٢ – تحضير لوحة الأساس التي سيتم توقيع الخريطة عليها على أن يتم عمل شبكة إحداثيات عليها بنفس مقياس الرسم الذي سيتم توقيع الخريطة به وتوقيع نقاط الربط الأرضية على هذه اللوحة وبذات المقياس.

٣- يجب على الأقل أن تكون هنالك ثلاث نقاط ربط معلومة الإحداثيات الأرضية في الأبعاد الثلاث التي تشمل الموقع (X,Y) و الارتفاع (Z) . كما يجب أن تكون هذه النقاط ظاهرة (يمكن التعرف عليها بسهولة) في النموذج المجسم وأن تكون موزعة في النموذج توزيعاً مكانياً يساعد على عمل التوجيه بصورة أكثر دقةً. ومن الأفضل أن يكون هذا التوزيع بحيث تشكل نقاط الربط الثلاث مثلثاً كما في الشكل رقم (٧,١). وفي حالة استخدام أربع نقاط ربط أرضية يفضل أن تكون في أركان النموذج الأربعة .



الشكل رقم (٧,١). التوزيع الأمثل لنقاط الربط للتوجيه المطلق باستخدام ثلاث نقاط.

٤- حساب قاعدة الجهاز b_u (المسافة بين مركزي وحدتي الإسقاط في اتجاه المحور X)

ويتم ذلك بقياس قاعدة الصورة b_p على إحدى الصورتين (المسافة بين نقطة أساس الصورة ونظير نقطة أساس الصورة الأخرى عليها) ثم حساب مقياس النموذج (S_m) من العلاقة :

$$S_m = (b/f) * S_p$$

حيث إن:

h = ارتفاع وحدة الإسقاط من مستوى النموذج

f = البعد البؤري لعدسة آلة التصوير

S_p = مقلوب مقياس الصورة

ثم نحسب قاعدة الجهاز من العلاقة التالية:

$$b_m = b_p \ (S_m/S_p)$$

ويستخدم المسمار الخاص بتحريك قاعدة الجهاز لإدخال هذه القيمة.

٥- إيجاد النسبة التي يتم بها تحويل مقياس النموذج المجسم إلى مقياس الخريطة من قائمة مرفقة مع الجهاز تتطلب معلومات عن: مقياس الخريطة المطلوبة ومقياس النموذج المجسم و ارتفاع الطيران والبعد البؤري لعدسة آلة التصوير.

٦- ومن ثم نبدأ الشروع في تنفيذ الخطوات المباشرة لإكمال التوجيه المطلق وذلك على النحو التالي:

اولاً: مرحلة التوجيه: Orientation

توضع لوحة الأساس على طاولة الرسم دون أن تثبت ثم يتم تحريك المنساخ أو ناقل الحركة الذي يحمل قلم الرسم حتى تكون النقطتان العائمتان منطبقتين تماماً على إحدى نقاط الربط (النقطة P_1 مثلاً) ثم تحرك اللوحة حتى تصبح النقطة P_1 الموقعة على اللوحة أسفل قلم الرسم مباشرةً. ومن ثم يتم تحريك الجهاز إلى نقطة الربط الثانية P_2 و يتم تثبيت اللوحة عند نقطة الربط الأولى P_2 وتحريك اللوحة في شكل دائري حول النقطة الأولى حتى يصبح القلم والنقطتين P_1 و P_2 على خط مستقيم واحد.

ثانياً: تضبيط المقياس (الطول الصحيح لقاعدة الجهاز): Scaling

إذا انطبق القلم على نقطة الربط P_2 تكون قاعدة الجهاز في الوضع الصحيح وإلا فإننا نقوم بحساب القيمة الصحيحة لها من العلاقة:

$$b_c = (d_c / d_m) * b_o$$

حيث إن :

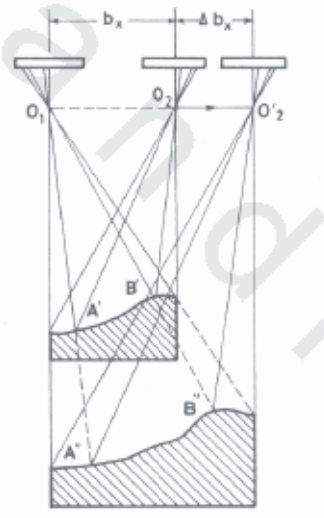
b_c = الطول الصحيح لقاعدة الجهاز .

d_c = المسافة الصحيحة بين نقطتي الربط P_1 و P_2 على اللوحة الأساسية للخريطة .

d_m = المسافة المقاسة بين نقطتي الربط P_1 و P_2 على اللوحة الأساسية للخريطة .

b_o = الطول الأولي لقاعدة الجهاز . .

وبعد تصحيح طول قاعدة الجهاز يمكن استخدام نقطة الربط الثالثة (P_3) للتحقق . ويبين الشكل رقم (٧,٢) تغيير مقياس النموذج المجسم بتغيير قاعدة الجهاز ليطابق مقياس الخريطة مع المحافظة على شكل النموذج المجسم.



الشكل رقم (٧,٢). تحريك قاعدة الجهاز يغير المقياس الأفقي للنموذج.

ثالثا: مرحلة التسوية (ضبط الارتفاعات): Model Leveling

الآن وبعد أن تم تضبيط النموذج ليتماثل أفقياً مع الأرض المصورة بقي توجيهه بربطه مع ارتفاعات سطح الأرض ليتماثل رأسياً مع سطح الأرض وهو ما

يطلق عليه تسوية النموذج model leveling . هذه العملية تقتضي وجود نقاط ربط رأسية أرضية ground vertical control وبما أن العملية ستتم تمثيلياً باستخدام عناصر الجهاز وليس رياضياً فلا بد من أن تكون هذه النقاط نفسها معلومة الموقع وموقعة على اللوحة. وبالطبع يمكن استخدام نقاط الربط الأفقية نفسها التي استخدمت في عملية التوجيه الأفقي وضبط المقياس الأفقي إذا كانت معلومة الارتفاع.

إن عملية التسوية تتم بإدارة النموذج المجسم كوحدة واحدة حول كل من المحور السيني X (بزاوية تصحيح قدرها $\Delta\Omega$) وحول المحور الصادي Y (بزاوية قدرها $\Delta\Phi$). ويتم معرفة أو حساب التصحيح المطلوب على النحو التالي:

حساب التصحيح $\Delta\Omega$: توضع النقطتان العائمتان على النقطة P_1 في النموذج المجسم وعند ذلك يكون القلم على النقطة المقابلة لها تماماً على اللوحة. يتم تحريك مقياس الارتفاعات ويضبط ليقرأ قيمة مساوية لارتفاع هذه النقطة في الطبيعة ثم يتم تحريك الجهاز إلى النقطة P_2 وتقوم بقراءة ارتفاع هذه النقطة في النموذج ومقارنتها بالارتفاع في الطبيعة و يسجل الفرق بينهما Δh_{1-2} ، و يتم حساب التصحيح الزاوي المطلوب كالتالي:

$$\Delta\Omega = \Delta h_{1-2} / DY_{1-2}$$

حيث إن DY_{1-2} هي المسافة بين نقطتي الربط P_1 و P_2 في الاتجاه Y.

حساب التصحيح $\Delta\Phi$: يوضع الجهاز على النقطة P_1 في النموذج المجسم و يتم التأكد من أن مقياس الارتفاعات للجهاز يقرأ ارتفاع هذه النقطة على الطبيعة ثم يحرك الجهاز إلى النقطة P_3 ونقرأ عداد الارتفاعات للجهاز الشكل رقم (٧.٣) و تقارن هذه القراءة مع ارتفاع النقطة P_3 في الطبيعة و يسجل الفرق Δh_{1-3} ، ثم يتم حساب التصحيح $\Delta\Phi$ كالتالي:

$$\Delta\Phi = \Delta h_{1\text{-}3} \,/\, DX_{1\text{-}3}$$

ومن ثم تستخدم مسامير التوجيه المطلق لإدخال كل قيمة تصحيح بالمسمار المناسب. ولا بد من معاودة قراءة الارتفاعات عند النقاط الثلاث للتأكد من أن كل نقطة في النموذج المجسم لها ارتفاع مساو لإرتفاع النقطة المقابلة لها في الطبيعة.

ويكون النموذج بعد هذه الخطوة جاهزاً لنقل بياناته إلى لوحة الأساس لعمل تفاصيل الخريطة و لرسم خطوط الارتفاعات المتساوية أو خطوط الكنتور أو لنقل البيانات عن طريق جهاز النقل الرقمي للبيانات digital encoder.

الشكل رقم (٧,٣). مقياس عداد الارتفاعات لقراءة الارتفاع في النموذج المجسم [16].

مثال (٧,١)

في عملية التوجيه المطلق لنموذج مجسم تم وضع العلامتين العائمتين على نقطة a على النموذج المجسم و ضبطت قراءة عداد الارتفاعات لتقرأ منسوب هذه النقطة في الطبيعة و التي هي مسجلة على الخريطة : 620.0 متراً ، ثم تم تحريك العلامتين إلى النقطة g على النموذج المجسم وتم ضبطهما تماماًعلى سطح النموذج و سجلت قراءة عداد الارتفاعات عند هذه النقطة بقيمة : 635.0 متراً . وقد كانت القيمة الصحيحة

لارتفاع هذه النقطة والمسجلة على اللوحة هي: 637.0 متراً . إذا كانت المسافة الأفقية بين النقطتين A وB في الطبيعة في اتجاه X هي: 1200.0 متراً ، فكم يكون مقدار التحريك المطلوب في عنصر التوجيه المطلق Φ حتى تصبح قراءة العداد مطابقة لارتفاع النقطة B في الطبيعة ؟

الحل

الفرق بين ارتفاع النقطة B في النموذج و ارتفاعها في الطبيعة = 637.0 -635.0 = 2.0 متراً.

التصحيح المطلوب لعنصر التوجيه Φ =

$$2.0 / 1200.0 = 1.67 \times 10^{-3} \text{ راديان}$$

وإذا كان التدريج في العنصر Φ بالقياس الستيني فتحول هذا التصحيح بالضرب في π/180، وإذا كان بالتدريج المئوي يتم الضرب في مقدار التحويل : π / 200 .

(٧,٣) رسم الخريطة
Map Plotting

بعد ربط المجسم النموذجي بالخريطة الأساس عن طريق نقاط الربط و التوجيه المطلق يمكن نقل التفاصيل من النموذج إلى الخريطة وكذلك الارتفاعات عن طريق رسم خطوط تسوية الارتفاعات (الكنتور).

أما التفاصيل فبعد تحديد نوع التفاصيل المطلوبة من ظواهر طبيعية كالأنهار والغابات وغير ذلك وظواهر مدنية من طرق ومبان ومنشآت مختلفة وبعد التعرف عليها في النموذج المجسم يتم وضع قلم الرسم على لوحة الخريطة مع التأكد من أن العلامتين العائمتين تنطبقان تماماً على الظاهرة التي يتم توقيعها و ذلك خلال التحريك المستمر لقرص تغيير الارتفاعات (الشكل رقم ٧,٤).

وفي بعض الأحيان يحتاج من يقوم بعملية رسم الخريطة من النموذج المجسم في الجهاز إلى بعض البيانات التي يستقيها من الصورة الورقية برفقته ويضيفها إلى لوحة الرسم (الشكل رقم ٧.٥).

الشكل رقم (٧,٤). مصاحبة المصاحبين العالمين أثناء رسم القلم على لوحة الرسم [16].

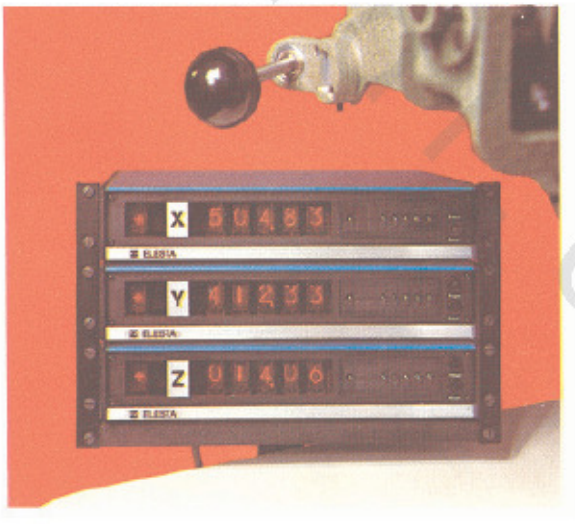
الشكل رقم (٧,٥). إضافة بيانات إلى لوحة الرسم من الصورة الورقية [16].

وأما رسم خطوط الكنتور فبعد تحديد الفترة الكنتورية يبدأ العمل بوضع عداد الارتفاع للجهاز height counter على قراءة الارتفاع المساوية لخط الكنتور الذي يراد توقيعه على اللوحة ثم يتم تحريك طاولة الرسم المرتبطة بالنموذج و قلم الرسم معاً وفي نفس الوقت الذي ينظر فيه المشاهد من خلال نظام المشاهدة متابعاً وضع العلامتين العائمتين وهما منطبقتان على بعضهما على سطح النموذج. وبعد إغلاق خط الكنتور إما على نفسه أو على حدود لوحة الرسم يتم رفع قلم الرسم والانتقال إلى خط الكنتور الذي يليه و ذلك بتحريك عداد الارتفاع ليقرأ العداد الارتفاع المطلوب ومن

ثم يوضع قلم الرسم على لوحة الخريطة ويتم تحريك طاولة الرسم ومتابعة تطابق العلامتين العائمتين على سطح النموذج ليوقع القلم خط الكنتور بنفس الطريقة . ويستمر العمل بهذه الطريقة حتى يكتمل رسم خطوط الكنتور المطلوبة.

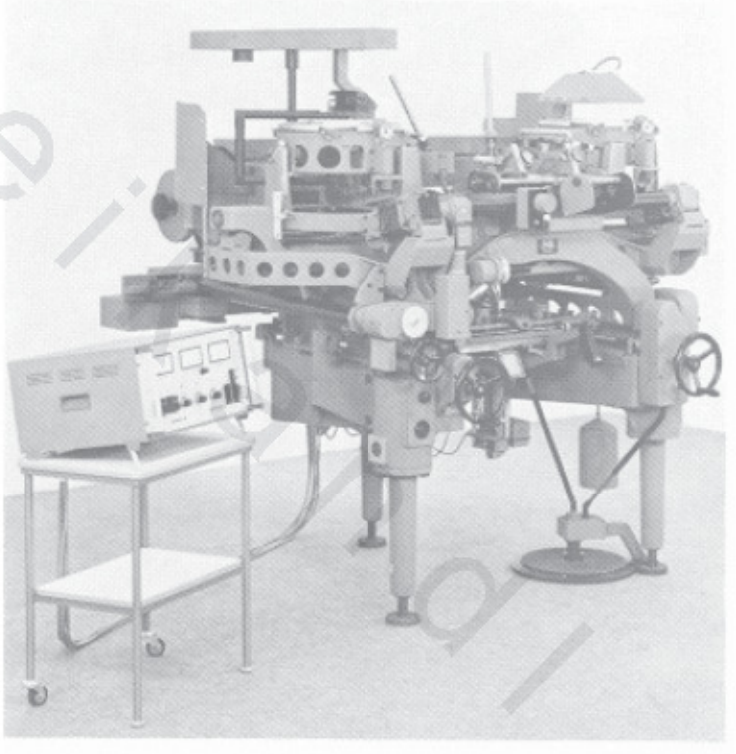
(٧,٤) النموذج الرقمي لسطح الأرض

العملية الأخرى التي يمكن إخراجها بعد التوجيه المطلق هي إنتاج النموذج الرقمي الذي يمثل سطح الأرض. وهو عبارة عن تسجيل رقمي لإحداثيات النقاط في المستوى الأفقي وتسجيل ارتفاعاتها ليتم بناء النموذج المجسم . في هذه الحالة لا بد من أن يتوفر جهاز تسجيل رقمي للإحداثيات كما هو الحال في نظام EK-22 (الشكل رقم ٧,٦) والذي يمكن ربطه بجهاز الرسم التجسيمي لتسجيل إحداثيات النقاط من النموذج المجسم .



الشكل رقم (٧,٦). آلة تسجيل الإحداثيات الرقمية EK-22
لحفظ البيانات المطلوبة لإنتاج النموذج الرقمي [16].

ويوضح الشكل رقم (٧,٧) نظام تسجيل الإحداثيات وقد تم ربطه بجهاز الرسم التجسيمي Wild A8 [16] لتسجيل الإحداثيات و تكوين النموذج الرقمي لسطح الأرض.



الشكل رقم (٧,٧) . وحدة تسجيل الإحداثيات رقمياً مع جهاز الرسم التجسيمي Wild A8 [16].

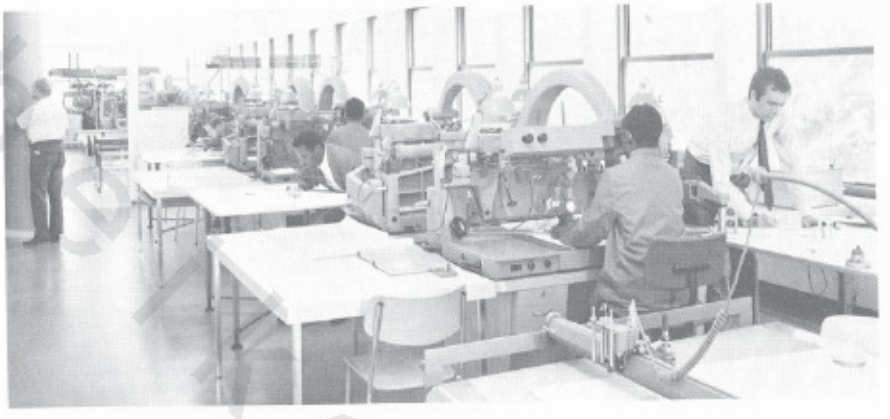
وبالإمكان استخدام طاولة الرسم الأتوماتيكي لرسم الخريطة من البيانات المسجلة رقمياً كما في الشكل رقم (٧,٨).

الشكل رقم (٧,٨). طاولة الرسم الأوتوماتيكي [16].

(٧,٥) خاتـــــــمة

كما ذكرنا من قبل فإن هذا النوع من أجهزة الرسم التجسيمي التمثيلي (analogue plotters) من الصور الجوية قد ظل استخدامه في إنتاج الخرائط في انحسار منذ العقد السابع من القرن العشرين و ذلك بعد تصميم و إنتاج أجهزة الرسم التجسيمي التحليلي ثم الأجهزة الرقمية واستخدامها في هذا المجال إلا أنه مازال هنالك بقية من مؤسسات إنتاج الخرائط الطبوغرافية تمتلك عدداً مقدراً من هذه الأجهزة وربما يكون الاستغناء التام عنها ليس بمجد اقتصادياً و لذلك سارعت بعض هذه الجهات سواء أكانت مؤسسات تجارية خاصة أم تعليمية إلى تطوير هذه الأجهزة بإدخال الروابط الإلكترونية الرقمية digital encoders وربطها بأجهزة الحاسوب لتسهيل عمليات التوجيه المطلق و لرفع كفاءتها و استغلالها في إنتاج الخرائط والنماذج الرقمية لسطح

الأرض. ويوضح الشكل رقم (٧,٩) قاعة رسم تابعة لشركة فيلد السويسرية وقد اكتظت بأجهزة الرسم التجسيمي التمثيلي المطورة [16].



الشكل رقم (٧,٩). استغلال أجهزة الرسم التجسيمي داخل قاعة لإنتاج الخرائط [16].

(٧,٦) تمارين

١- كم عدد نقاط الربط الأرضية المطلوبة لإكمال عملية التوجيه المطلق التمثيلي؟ وضح التوزيع الأمثل لها في النموذج المجسم.

٢- ما هي الخطوات الإعدادية التي تسبق إجراء عملية التوجيه المطلق؟

٣- اشرح بالتفصيل خطوات التوجيه المطلق التمثيلي.

٤- احسب الطول الصحيح لقاعدة جهاز الرسم التمثيلي إذا كان الطول الأولي لقاعدة الجهاز 180 مم والمسافة الصحيحة لنقطتي الربط على لوحة الأساس 208 مم ، والمسافة التي تم قياسها بين نقطتي الربط على لوحة الأساس 200 مم .

٥- احسب قيمة تصحيح عنصر التوجيه المطلق Ω لجهاز الرسم التجسيمي إذا كانت المسافة بين نقطتي التحكم في الاتجاه Y تساوي 2400 متر والفرق بين الارتفاع

المسجل في الجهاز والارتفاع في الطبيعة لإحدى النقطتين بعد ضبط ارتفاع النقطة الأخرى هو 8 متر.

٦- احسب قيمة تصحيح عنصر التوجيه المطلق Φ لجهاز الرسم التجسيمي إذا كانت المسافة بين نقطتي التحكم في الاتجاه X تساوي 1800 متر والفرق بين الارتفاع المسجل في عداد قراءة الارتفاعات والارتفاع الصحيح لإحدى النقطتين بعد ضبط ارتفاع النقطة الأخرى يساوي 5 متر.

٧- عرف النموذج الرقمي و بين كيف يتم تكوينه بواسطة جهاز الرسم التمثيلي.

obeikandl.com