

المحاضرة الثالثة

برنامج القياس والمعالجة العددية للمضلعات

3. برنامج القياسات ضمن المضلعات.

يمكن توضيح تسلسل تنفيذ القياسات الميدانية ضمن المضلعات على حالة مضلع بيتدئ بالربط على زوج من النقاط المعلومة وينتهي بالإغلاق على زوج آخر من النقاط المعلومة الإحداثيات (وهي حالة يمكن تعميمها).

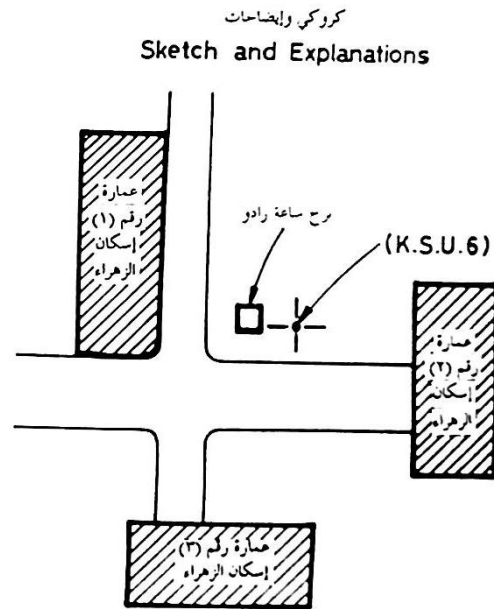
1.3. استطلاع الموقع:

حيث يتم استطلاع موقع العمل المساحي (الطبوغرافي، العقاري، ... الخ) واختيار مواقع رؤوس المضلع أو المضلعات بحيث تحيط بالمعالم والتفاصيل المختلفة.

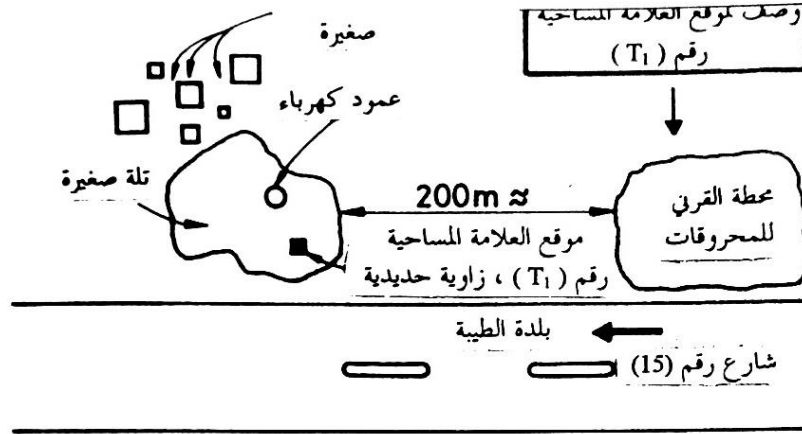
2.3. تثبيت الرؤوس:

من خلال غرس علامات مساحية مناسبة وثابتة في المواقع المختارة لرؤوس المضلعات ثم ترقيمها وإنجاز كروت وصف لكل منها. وذلك بهدف التعرف عليها مستقبلاً وإعادتها إلى مواقعها الدقيقة في حال حصول إزاحة أو اقتلاع [الأشكال (4) و (5) و (6) و (7)].

اسم المؤسسة :	
المرتبة : Order	
التسمية Designation	K.S.U. 6
المقطة Zone	
المكان Place	
سنة الإنشاء Year	
الإحداثي السيني X-Coord	
الإحداثي الصادي Y-Coord	
المنسوب Elevation Z-Coord	
ملاحظات Remarks	

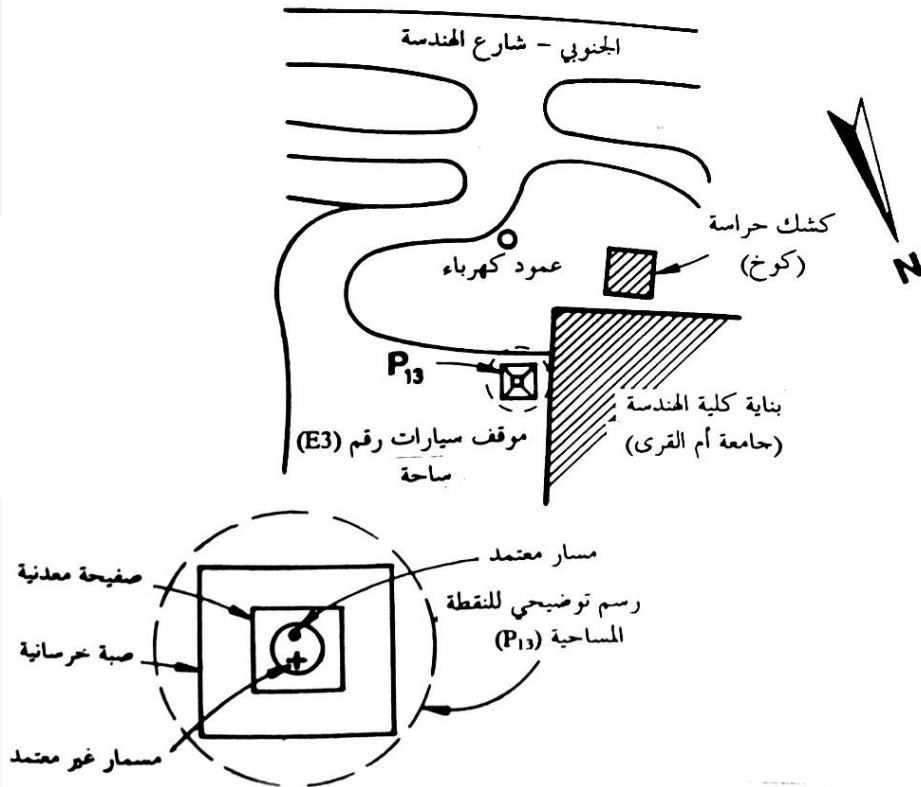


الشكل (4): مثال عن بطاقة الوصف.



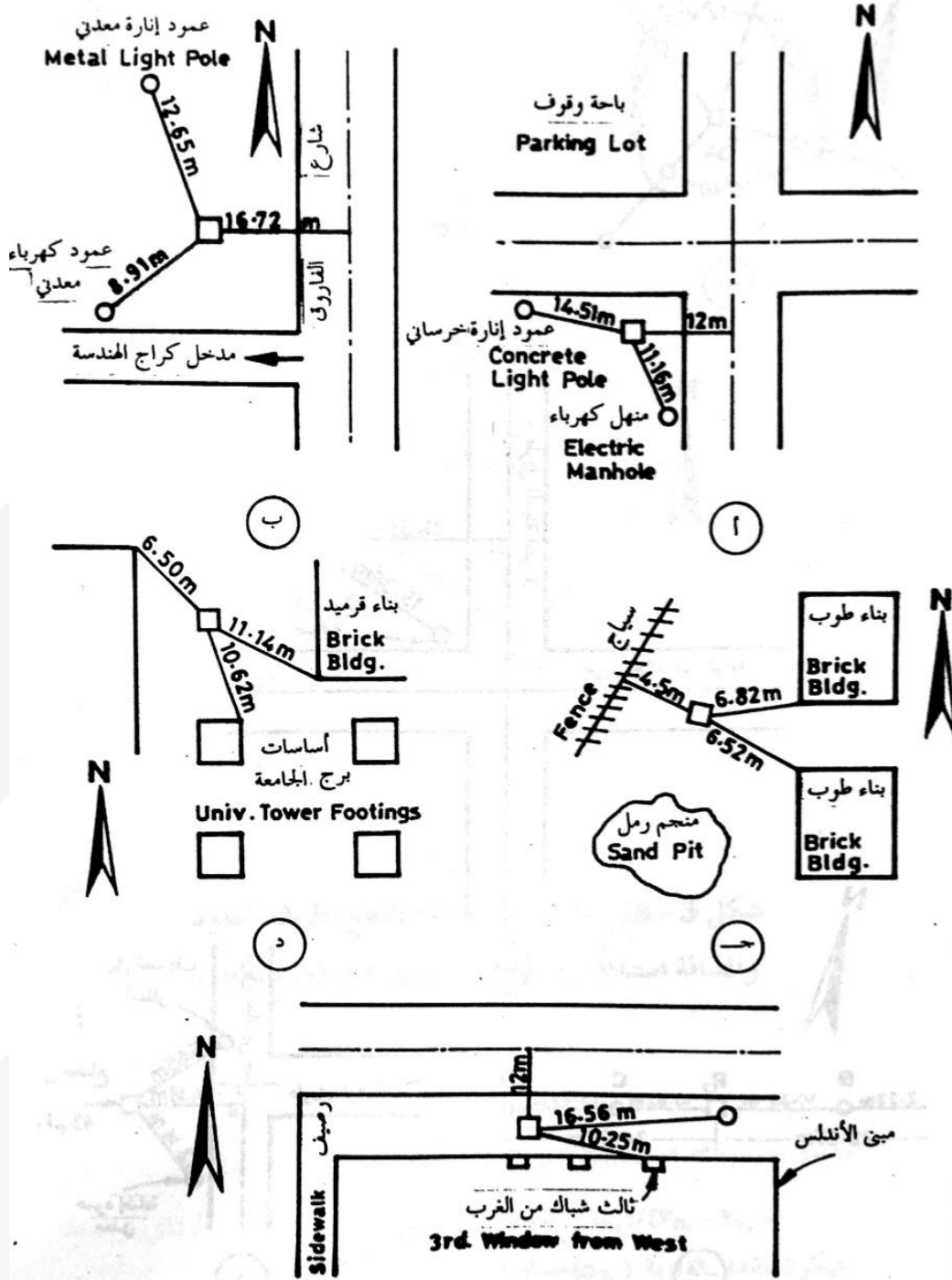
نموذج - أ -

وصف لموقع العلاقة المساحية (P₁₃)

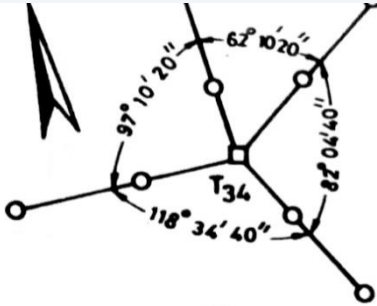


نموذج - ب -

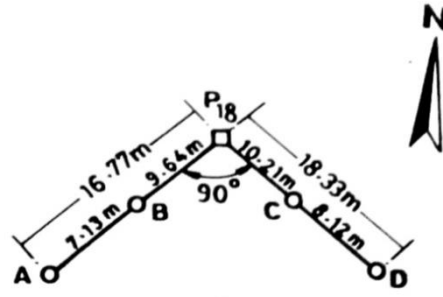
الشكل (5): وصف العلامات الممثلة للنقاط المساحية.



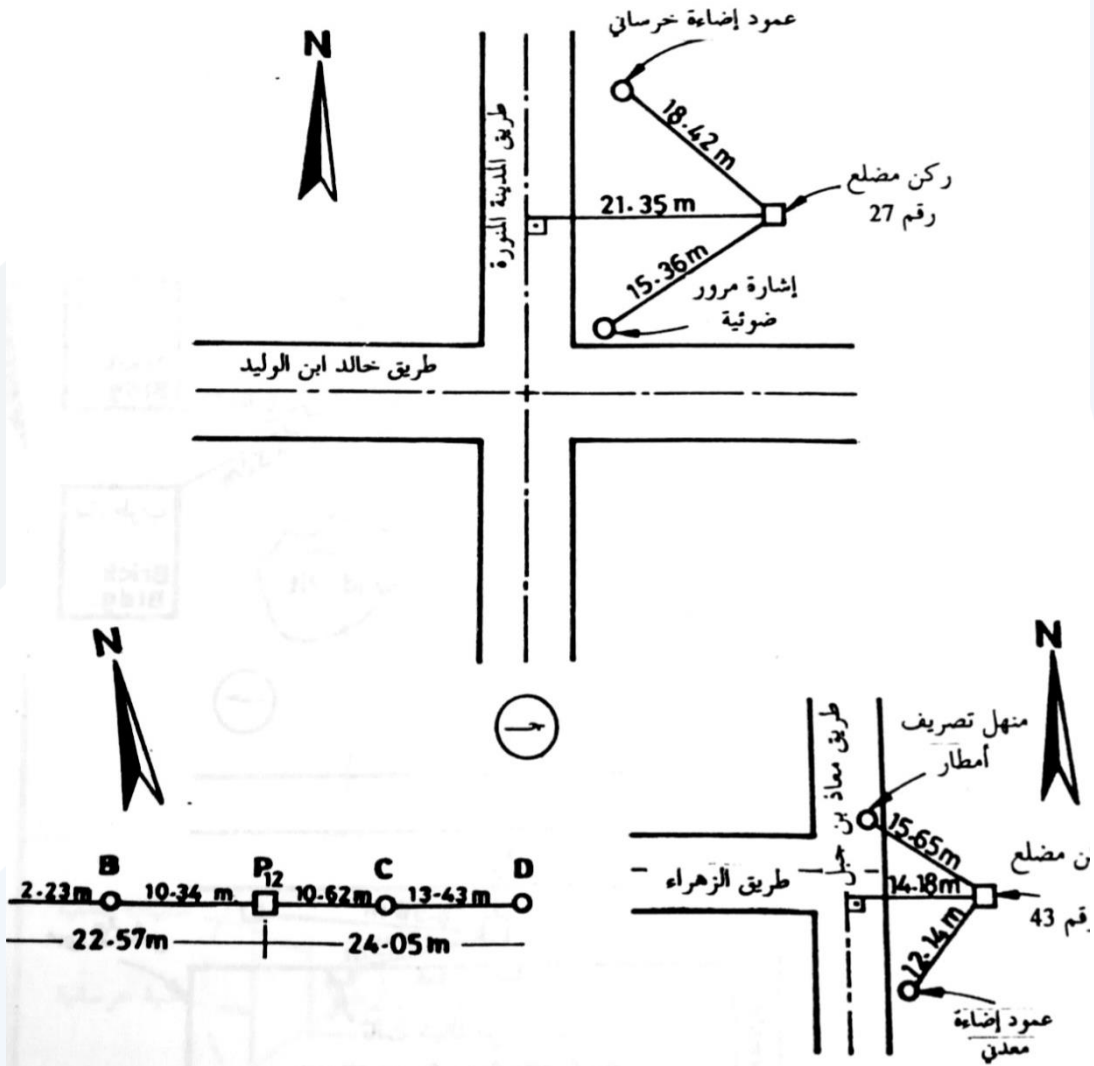
الشكل (6): أمثلة على طرق وصف وإسناد النقاط المساحية.



(أ)



(ب)



الشكل (7): أمثلة على طرق إسناد نقاط المضلعات والنقاط الهامة الأخرى.

3.3. البحث عن أقرب نقطتين معلومتين الإحداثيات لموقع بداية المسح [سواءً كانت نقاط مثلثات (*Triangulation Points*) أو نقاط من مضلعات قديمة (*Traverse Points*)]. وكذلك عن أقرب نقطتين معلومتين الإحداثيات لموقع نهاية المشروع. وفي حالات المناطق الواسعة المساحة التي ستشملها أعمال المسح الطبوغرافي فإنه يجري البحث عن نقاط المثلثات والمضلعات المعلومة في وسط وأطراف هذه المناطق. ويتوجب مراجعة المؤسسات المساحية ذات العلاقة للحصول على المعلومات الدقيقة والكروكيات بهدف التعرف على نقاط المثلثات والمضلعات وتحديد مواقعها الصحيحة.

4.3. قياس جميع الزوايا الأفقية بين أضلاع المضلع المتتالية انطلاقاً من الضلع الواصل بين نقطتي الربط [الزاوية α_{T_1} في الشكل (8)] وانتهاءً بالضلع الذي يصل بين نقطتي الإغلاق [الزاوية α_{T_3} في الشكل (8)]. مع ملاحظة مايلي:

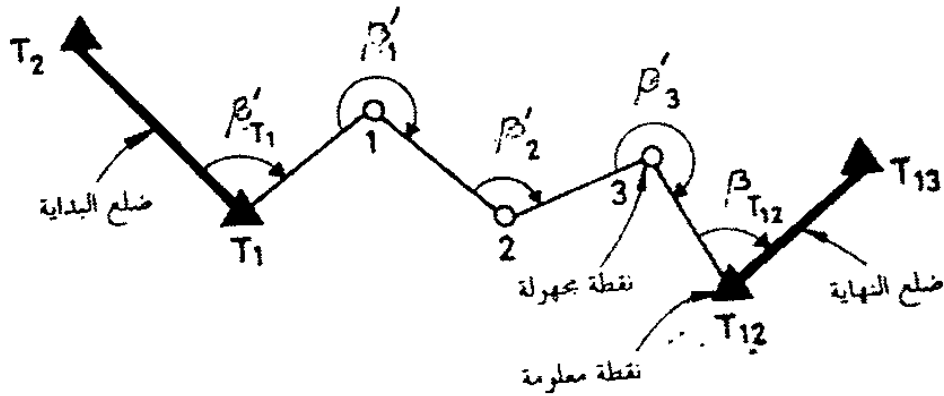
يتم قياس الزاويتين α_{T_1} و α_{T_3} مرتين على الأقل قبل نقل الجهاز إلى المحطة التالية أو الانتهاء من العمل.

. تُقاس الزاوية الأفقية بالتسديد نحو النقطة السابقة أولاً ومن ثم نحو النقطة التالية مع حركة عقارب الساعة. وعليه تكون آخر محطة رصد هي T_3 ، حيث يجري منها التسديد على النقطة (5) والغلق على النقطة الأخيرة (P_1).

5.3. قياس جميع المسافات الأفقية بين نقاط المضلع بدقة (باستثناء المسافات بين النقاط المعلومة من المراتب الأعلى، أي T_1T_2 و T_3P_1 لأنه يمكن حسابها بدلالة الإحداثيات المعطية مسبقاً). ويجري القياس عادةً باستخدام الديستومات (أجهزة قياس المسافات الإلكترونيّة).

4. برنامج المعالجة العددية للمضلعات.

نبين فيما يأتي تسلسل خطوات الحساب لإحداثيات نقاط المضلعات. ونستعين بالمضلع المفتوح المبين بالشكل (8) أدناه:



الشكل (8): المضلع المفتوح.

1.4. تصحيح الزوايا المقاسة:

يتم تصحيح الزوايا المقاسة من خطأ الإغلاق الزاوي الذي سنرمز له بـ ϵ_α (Angular Closure Error) من خلال الخطوات التالية:

1.1.4. حساب سمت ضلع البداية (Beginning Azimuth): يكون هذه الضلع افتراضياً معلوماً أو يمكن حسابه بدلالة الإحداثيات المعطية لنقطتي البداية، ولحساب السمت يمكن العودة إلى الطرق المعطية في مقرر المساحة (1).

2.14. حساب سموت أضلاع المضلع: وذلك استناداً إلى السمات الابتدائي وإلى الزوايا الأفقية المقاسة بين أزواج أضلاع المضلع المتتالية (يتم القياس من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق باتجاه دوران عقارب الساعة)، ويتم حساب سمات كل ضلع من المضلع بالعلاقة الآتية:

$$\alpha_{T2-T1} = \arctan \frac{X_{T1} - X_{T2}}{Y_{T1} - Y_{T2}}$$

$$\alpha'_{T1-1} = \alpha_{T1-T2} - (400 - \beta'_{T1})$$

$$\alpha'_{T1-1} = \alpha_{T2-T1} + 200 - 400 + \beta'_{T1}$$

$$\alpha'_{T1-1} = \alpha_{T2-T1} + \beta'_{T1} - 200$$

$$\alpha'_{1-2} = \alpha'_{1-T1} - (400 - \beta'_1) \quad ()$$

$$\alpha'_{1-2} = \alpha'_{T1-1} + 200 - (400 - \beta'_1)$$

$$\alpha'_{1-2} = \alpha'_{T1-1} + \beta'_1 - 200$$

$$\alpha'_{1-2} = \alpha_{T2-T1} + (\beta'_{T1} + \beta'_1) - 2 \cdot 200$$

.....

.....

$$\alpha'_{T12-T13} = \alpha_{T2-T1} + \sum \beta'_i - (n + 2) \cdot 200_{Gr.}$$

حيث ترمز n إلى عدد النقاط الجديدة ضمن المضلع الأفقي.

وإذا زادت القيمة المحسوبة عن 400 Gr. نطرح 400 Gr. ويكون ناتج الطرح هو السمت المطلوب، علماً أن:

$$\alpha_{1-T1} = \alpha_{T1-1} \pm 200_{Gr.} \quad ()$$

وهكذا تُحسب السموت لكافة الأضلاع (بما في ذلك سمات الضلع الأخير أو سمات الإغلاق (أو سمات ضلع البداية إذا عدنا إليه بسبب عدم توفر خط الإغلاق، أو كما هو حال المضلع المغلق).

3.14. حساب مقدار خطأ الإغلاق الزاوي ε_α : وهو مقدار الفرق بين القيمة المحسوبة لسمة الإغلاق α' (استناداً إلى سمات البداية والزوايا المقاسة) والقيمة الأولية (المحسوبة من الإحداثيات) لسمة البداية α :

$$\varepsilon_\alpha = \alpha' - \alpha$$

ف نجد بالنسبة للمضلع المبين في الشكل (8) أن:

$$\varepsilon_\alpha = \alpha'_{T12-T13} - \alpha_{T12-T13} = \alpha_{T2-T1} - \alpha_{T12-T13} + \sum \beta'_i - (n + 2) \cdot 200_{Gr.}$$

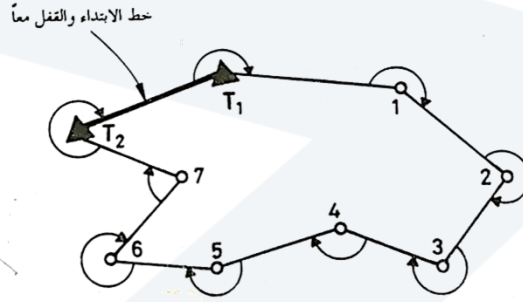
ثم يتم توزيع تصحيح خطأ الإغلاق بالتساوي على الزوايا المقاسة، وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$C_\alpha = -\frac{\varepsilon_\alpha}{n} \quad ()$$

وتمثل n عدد الزوايا المقاسة. أما الإشارة السالبة فهي بسبب أن إشارة التصحيح تعاكس إشارة الخطأ.

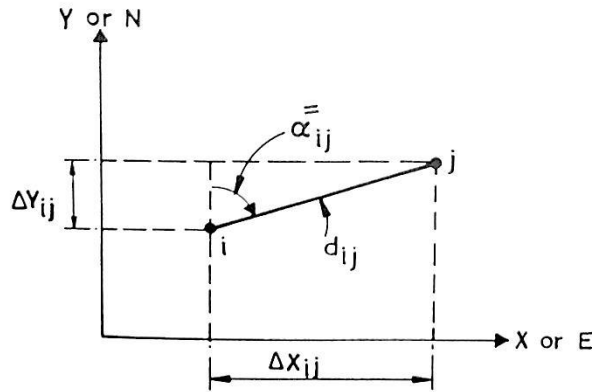
ملاحظة:

إذا كان المضلع مغلقاً كما هو الحال في الشكل (3) فإنه يمكن التدقيق على الزوايا المقاسة أيضاً.



فيكون مجموع الزوايا الخارجية للمضلع مساوياً: $\sum \beta'_i = (n+2) \cdot 200_{Gr}$.
ومجموع الزوايا الداخلية يساوي: $\sum \beta'_i = (n-2) \cdot 200_{Gr}$.

24. حساب الإحداثيات الأولية لنقاط المضلع (Preliminary Coordinates):
بعد الانتهاء من حساب السموت المصححة للأضلاع يتم حساب الإحداثيات الأولية (X ,y) لنقاط المضلع استناداً إلى قيم السموت المصححة وأطوال الأضلاع المقاسة كما يبين الشكل التالي:



الشكل (9): حساب الإحداثيات الأولية لنقاط المضلع.

$$\Delta X_{ij} = d_{ij} \cdot \sin \alpha''_{ij} \quad \dots\dots\dots ()$$

$$\Delta Y_{ij} = d_{ij} \cdot \cos \alpha''_{ij} \quad \dots\dots\dots ()$$

حيث:

$\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}$: زيادة الإحداثيات بين النقطتين.

α''_{ij} : قيمة السموت المصحح للمضلع.

وبالتالي يكون:

$$X'_j = X'_i + \Delta X_{ij} \quad \dots\dots\dots ()$$

$$Y'_j = Y'_i + \Delta Y_{ij} \quad \dots\dots\dots ()$$

نلاحظ أنه يجب اعتبار الإشارة الجبرية لزيادة الإحداثيات، ولأنه تُعتبر القيمة المحسوبة نهائية لأنها ستخضع للتصحيح الناتج عن عدم إغلاق الموقع (Linear Closure Error).

3.4. حساب خطأ الإغلاق في الموقع (Linear Closure Error).

بمعرفة الإحداثيتين X و Y للنقطة الأخيرة من المضلع (نقطة الإغلاق)، وبمقارنتهما مع القيمتين المحسوبتين المقابلتين لهما يمكن حساب خطأ الإغلاق للإحداثيتين X و Y (Closure Error in X & Y Coordinates) باستخدام القانونين التاليين:

$$\varepsilon_x = X' - X \quad \dots\dots\dots ()$$

$$\varepsilon_y = Y' - Y \quad \dots\dots\dots ()$$

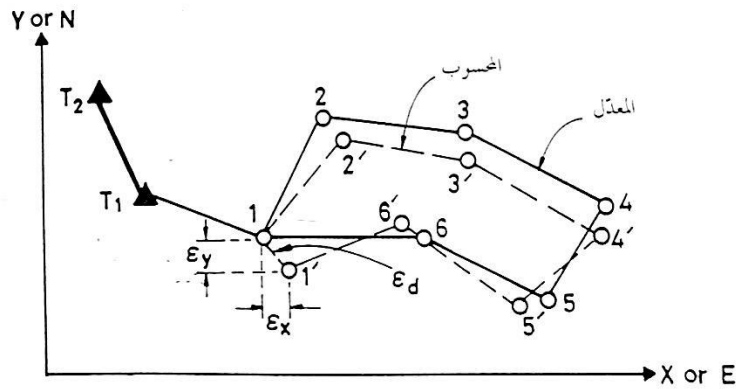
حيث ترمز X' و Y' إلى القيمتين المحسوبتين لإحداثيات نقطة الإغلاق، وترمز X و Y للإحداثيات المعلومة لنقطة الإغلاق.

يمكن الآن حساب خطأ الإغلاق في الموقع (الخطي) باستخدام العلاقة الآتية:

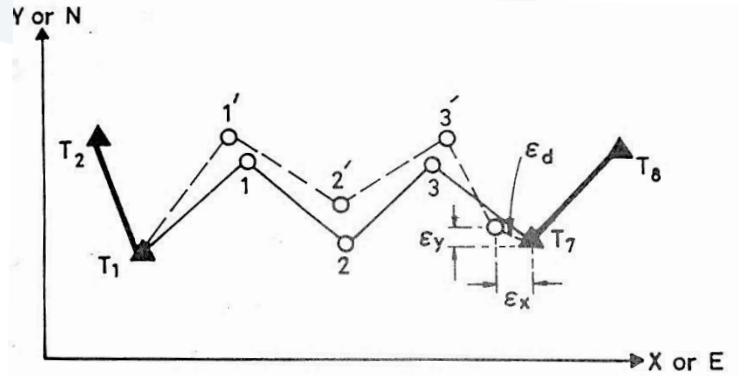
$$\varepsilon_d = \pm \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2} \quad \dots\dots\dots ()$$

نلاحظ:

1. يمثل الخطأ الخطي الخط المستقيم أو المسافة الفاصلة بين الموقع الصحيح والموقع المحسوب لنقطة الإغلاق [انظر الشكلين (10 و 11)].
2. يُعتبر الخطأ الخطي مقياساً لنوعية ودقة قياسات زوايا وأضلاع المضلع.



الشكل (10): خطأ الإغلاق الخطي عند نقطة الإغلاق رقم 1.



الشكل (10): خطأ الإغلاق الخطي عند نقطة الإغلاق رقم T7 .

3. يجري عادةً التعبير عن الخطأ الخطي المسموح كقيمة نسبية، وترتبط قيمته طرداً مع مجموع أطوال المضلع. فكلما كان المجموع أكبر يكون الخطأ المسموح أكبر.
5. تصحيح الإحداثيات الأولية من خطأ الإغلاق الخطي (خطأ إغلاق الموقع).
- يجري الآن حساب مقدار التصحيح لكل من الإحداثيين X و Y لجميع نقاط المضلع، ومن ثم تطبيق هذه التصحيحات لاستنتاج الإحداثيات النهائية. من أجل ذلك نستخدم العلاقات الآتية:

$$C_{Xi} = -\frac{Li}{\Sigma L} \cdot \varepsilon_X \quad ()$$

$$C_{Yi} = -\frac{Li}{\Sigma L} \cdot \varepsilon_Y \quad ()$$

حيث ترمز C_{Xi} و C_{Yi} إلى مقادير التصحيح المطبقين على الإحداثيين X و Y على الترتيب للنقطة (i) من المضلع. وترمز ΣL إلى مجموع أطوال الأضلاع و Li إلى طول الضلع. وعليه فإن الإحداثيات المصححة النهائية لنقطة المضلع تُعطى بالعلاقين الآتيتين:

$$X_i = X'_i + C_{Xi} \quad ()$$

$$Y_i = Y'_i + C_{Yi} \quad ()$$

ملاحظات

1. تُدعى طريقة تصحيح الإحداثيات التقريبية أعلاه بطريقة قانون البوصلة (Compass Rule) ، ويجري استخدامها عندما تكون دقة قياس الزوايا متقاربة مع مستوى دقة قياس أطوال الأضلاع. وهذا محقق حالياً بسبب التطور الحاصل في أجهزة القياس (واستخدام المحطات الشاملة).
2. عندما تكون أطوال الأضلاع متقاربة يتم توزيع تصحيح خطأ الإغلاق الخطي (في الموقع) بالتساوي على الأضلاع، وتأخذ العلاقتان أعلاه الصيغتين الآتيتين:

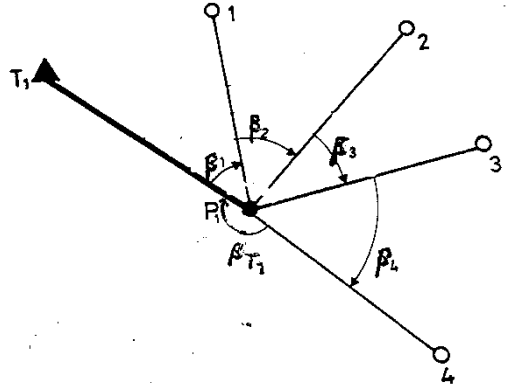
$$C_{Xi} = -\frac{i}{n} \cdot \varepsilon_X \quad ()$$

$$C_{Yi} = -\frac{i}{n} \cdot \varepsilon_Y \quad ()$$

حيث ترمز i إلى رقم الضلع و n إلى عدد الأضلاع (المسافات المُقاسة ضمن المضلع).

مثال

في الشكل الآتي لدينا النقطتان P_1 و T_1 معلومتا الإحداثيات، والنقاط (1 و 2 و 3 و 4) مجهولة الإحداثيات. والمطلوب هو وصف الخطوات اللازمة لتعيين إحداثيات النقاط المجهولة.



خطوات الحل

بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

أولاً:

نحسب سمت الضلع P_1T_1 من خلال الإحداثيات المعلومة:

$$\alpha_{P_1-T_1} = \arctan \frac{X_{T_1} - X_{P_1}}{Y_{T_1} - Y_{P_1}}$$

وذلك مع ملاحظة الربع الذي يقع فيه الضلع من خلال إشارة كل من المركبتين X و Y للنقطتين.

ثانياً:

تُقاسُ الزوايا الأفقية $(\beta'_1, \beta'_2, \beta'_3, \beta'_4)$ ، وبالتالي يمكن حساب سموت الأضلاع (P_1, P_12, P_13, P_14)

باستخدام العلاقات الآتية:

$$\alpha'_{P_1-1} = \alpha_{P_1-T_1} + \beta'_1$$

$$\alpha'_{P_1-2} = \alpha'_{P_1-1} + \beta'_2$$

$$\alpha'_{P_1-3} = \alpha'_{P_1-2} + \beta'_3$$

$$\alpha'_{P_1-4} = \alpha'_{P_1-3} + \beta'_4$$

$$\alpha'_{P_1-T_1} = \alpha'_{P_1-4} + \beta'_{T_1}$$

ثالثاً:

نقيس المسافات الأفقية (P_1, P_2, P_3, P_4) .

رابعاً:

نحسب خطأ الإغلاق الزاوي من العلاقة:

$$\varepsilon_\alpha = \sum_{i=1}^{i=5} \beta'_i - 400_{Gr.}$$

ونصح الزوايا المقاسة من خطأ الإغلاق الزاوي باستخدام العلاقات:

$$\beta_1 = \beta'_1 - 1 \cdot \frac{\varepsilon_\alpha}{5} \quad , \quad \beta_2 = \beta'_2 - 2 \cdot \frac{\varepsilon_\alpha}{5}$$

$$\beta_3 = \beta'_3 - 3 \cdot \frac{\varepsilon_\alpha}{5} \quad , \quad \beta_4 = \beta'_4 - 4 \cdot \frac{\varepsilon_\alpha}{5}$$

$$\beta_{T1} = \beta'_{T1} - 5 \cdot \frac{\varepsilon_\alpha}{5}$$

خامساً:

بمعرفة إحداثيات النقطة P_1 ، والمسافات الأفقية والسموت المصححة للأضلاع التي تصل بين النقطة P_1 والنقاط المجهولة (1 و 2 و 3 و 4) يتم تعيين إحداثيات هذه النقاط باستخدام العلاقات:

$$X_1 = X_{P_1} + d_{P_1-1} \cdot \sin \alpha_{P_1-1} \quad , \quad Y_1 = Y_{P_1} + d_{P_1-1} \cdot \cos \alpha_{P_1-1}$$

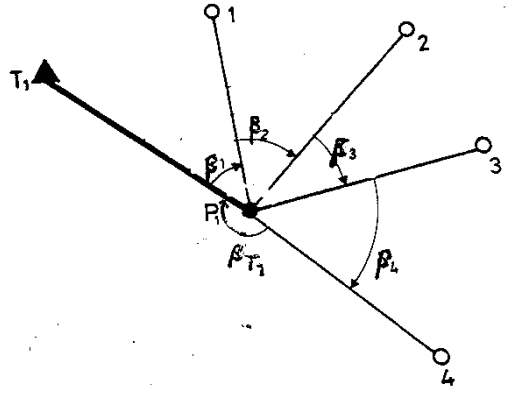
$$X_2 = X_{P_1} + d_{P_1-2} \cdot \sin \alpha_{P_1-2} \quad , \quad Y_2 = Y_{P_1} + d_{P_1-2} \cdot \cos \alpha_{P_1-2}$$

$$X_3 = X_{P_1} + d_{P_1-3} \cdot \sin \alpha_{P_1-3} \quad , \quad Y_3 = Y_{P_1} + d_{P_1-3} \cdot \cos \alpha_{P_1-3}$$

$$X_{41} = X_{P_1} + d_{P_1-4} \cdot \sin \alpha_{P_1-4} \quad , \quad Y_4 = Y_{P_1} + d_{P_1-4} \cdot \cos \alpha_{P_1-4}$$

مثال عددي

في الشكل الآتي لدينا النقطتان P_1 و T_1 معلومتا الإحداثيات، والنقاط (1 و 2 و 3 و 4) مجهولة الإحداثيات. والمطلوب هو وصف الخطوات اللازمة لتحديد إحداثيات النقاط المجهولة.



ويبين الجدول الآتي إحداثيات النقاط المعلومة والقياسات الضرورية المنفذة لحساب إحداثيات النقاط الجديدة.

جدول حساب الإحداثيات النهائية للنقاط الجديدة.

نقطة الوقوف	النقطة	الزاوية المقاسة (Gr.)	الضلع المقاس (m)	التصحيح الزاوي (cc)	الزاوية المصححة (Gr.)	السمت المصحح (Gr.)	الإحداثيات النهائية	
							X (m)	Y (m)
P_1	P_1						-243870.22	190800.67
	T_1					339.3071	-243940.92	190850.87
	1	40.2244	40.18	+8	40.2252	379.5323	-243882.92	190838.79
	2	58.6242	65.23	+16	58.6250	38.1573	-243833.42	190854.53
	3	45.6724	50.12	+24	45.6732	83.8305	-243821.71	190813.26
	4	48.2348	48.14	+32	48.2356	132.0661	-243828.08	190777.43
	T_1	207.2402		+40	207.2410	339.3071	-243940.92	190850.87
	P_1						-243870.22	190800.67