

المحاضرة الثانية المضلعات (TRAVERSES)

١. التعريف والهدف.

عموماً يصعب الاعتماد على نقاط الشبكة المثلثاتية (أو المسح المثلثاتي Triangulation) لإنجاز الأعمال المساحية الخاصة بإنتاج المخططات الطبوغرافية والعقارية والمساحية الأخرى على مستوى الدولة. ويعود السبب الأساسي في ذلك إلى المسافات الطويلة التي تفصل بين نقاط المثلثات، مما يصعب من حيث الوقت والتكلفة ربط الأعمال المساحية المحدودة التي تجري ضمن مساحات صغيرة نسبياً بشبكة المثلثات العامة المحددة للدولة. من أجل ذلك نلجأ إلى تكثيف نقاط شبكة المثلثات (شبكات من مراتب أدنى)، ويفيدنا في ذلك إنشاء المضلعات.

يتكون المضلع من مجموعة خطوط متصلة ببعضها، وتشكل بمجموعها خطأ منكسراً يأخذ أشكالاً مختلفة وبمسميات متعددة (مغلق Closed، مفتوح Opened، رابط Connected، حلقي Loop) وغير ذلك. تتفرع هذه المضلعات من نقاط الشبكة المثلثاتية العامة وتمتد باتجاهات مختلفة للإحاطة بالمباني والطرق والمساحات والحدائق ومختلف المعالم التي تتطلب إنجاز مخططات طبوغرافية أو عقارية.

يتلخص الهدف من أعمال التضليع (إنشاء المسالك أو المضلعات) في تعيين إحداثيات (وبالتالي مواقع) نقاط مساحية جديدة انطلاقاً من نقاط الشبكة المساحية العامة (ذات إحداثيات معروفة ومحددة الدقة). وبهذا تسهم المضلعات في تكثيف الشبكة العامة، وبالتالي تسهيل ربط الأعمال المساحية الجديدة بشبكة الإحداثيات العامة على مستوى الدولة الواحدة.

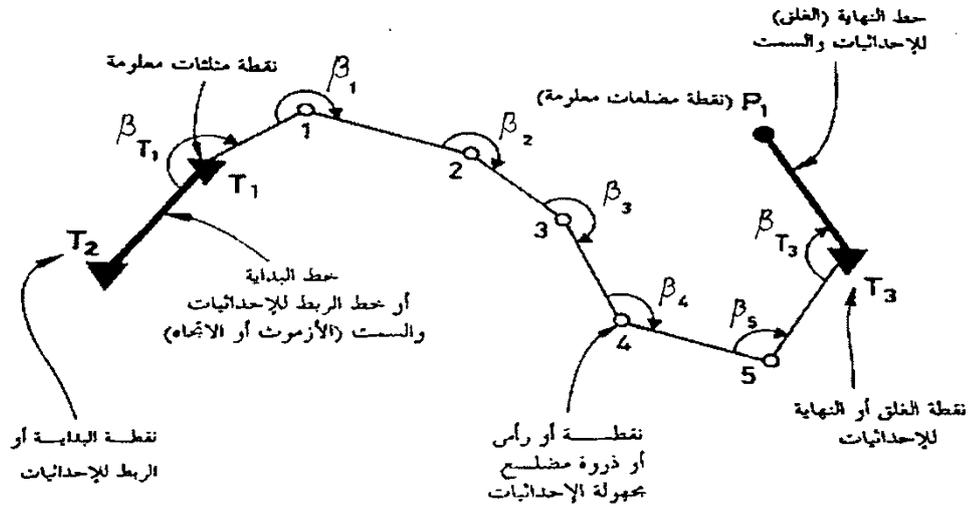
٢. أنواع المضلعات (Types of Traverses).

تختلف المسميات للمضلعات، ونورد أهمها:

١.٢. المضلع المفتوح (Open Traverse):

يُطلق على كل مضلع غير مغلق الشكل (أو الأضلاع)، ويبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات من مرتبة أعلى وينتهي بالغلق على نقطتين معلومتين الإحداثيات [الشكل (١)]. كما يطلق البعض على هذه المضلع اسم المضلع الرابط (Connecting Traverse). ويكثر استخدام المضلعات الرابطة أو المفتوحة في مشاريع الطرق والسارات الخطية التي تمتد لمسافات طويلة.

وستنعمد تسمية المضلعات للحالة الأفقية، وتسمية المسالك للحالة الارتفاعية.

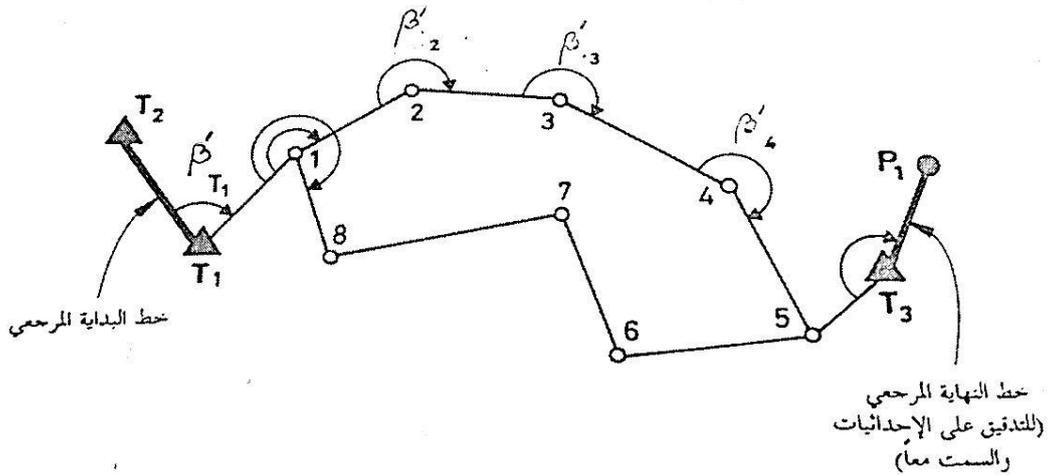


الشكل (١): المضلع المفتوح (Open Traverse)

مضلع مفتوح (غير مغلق من حيث الشكل) يبدأ بربطه بنقطتين معلومتين الإحداثيات (أو نقطة معلومة وسمت معلوم)، وينتهي بالإغلاق على نقطتين معلومتين آخرين.

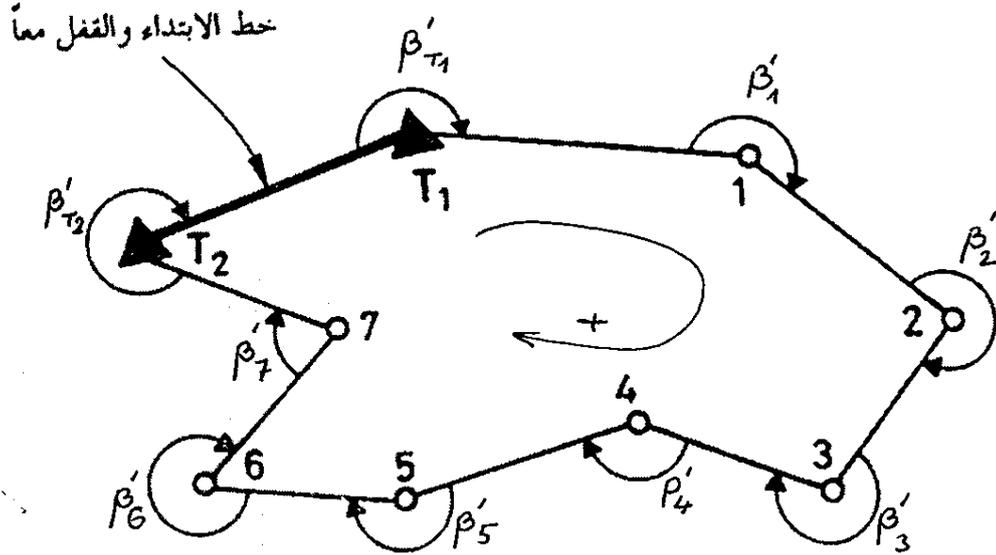
٢.٢. المضلع المغلق (Closed Traverse):

في هذا النوع يكون المضلع مغلقاً من حيث الأضلاع أو الشكل الخارجي، ويبدأ بالربط على نقطتي مضلعات أو نقطتي مثلثات (أو نقطة مضلع ونقطة مثلثات) معلومتين الإحداثيات ثم ينتهي بالغلق على نقطتي مضلعات أو مثلثات آخرين معلومتين الإحداثيات أيضاً [الشكل (٢)].



الشكل (٢): مضلع مغلق (من حيث الشكل) يبدأ بالربط على نقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بالإغلاق على نقطتين آخرين معلومتين الإحداثيات.

وتنطبق هذه التسمية أيضاً على كل مضلع يبتدئ بالربط على نقطتين معلومتين الاحداثيات ويغلق على نفس النقطتين [الشكل (٣)].



الشكل (٣): مضلع مغلق (من حيث الشكل) يبتدئ بالربط على نقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بالإغلاق على ذات النقطتين.

من الواضح أن النوع الأول أدق من النوع الثاني. والسبب يعود إلى نقص الأدلة في النوع الثاني على عدم وجود خطأ مجهول المصدر في الإحداثيات المعطاة لنقطتي الربط أو عدم حدوث إزاحة في أي من النقطتين، أو عدم حصول خطأ في التعرف عليهما. وهنا نلاحظ أن وجود زوج آخر من النقاط المعلومة الإحداثيات يتيح فرصة الكشف والتدقيق والتحقق من عدم وجود الاحتمالات المذكورة. كما يجب أن ننوه إلى إمكانية حدوث خطأ في قياس الزوايا على الرغم من أن مجموع الزوايا المقاسة في المضلع (الداخلية أو الخارجية) يتوافق مع المجموع النظري، إذ قد تصل إزاحة أو انحراف لكامل المضلع دون أن يتأثر مجموع الزوايا. وبعبارة أخرى: إن الإغلاق الظاهري لزوايا المضلع لا يعني تحقيق الدقة أو صحة العمل بالضرورة.

٣. برنامج القياسات ضمن المضلعات.

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

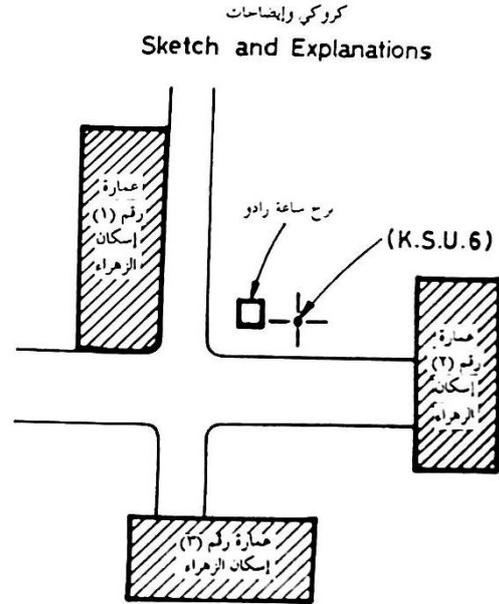
١.٣. استطلاع الموقع:

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

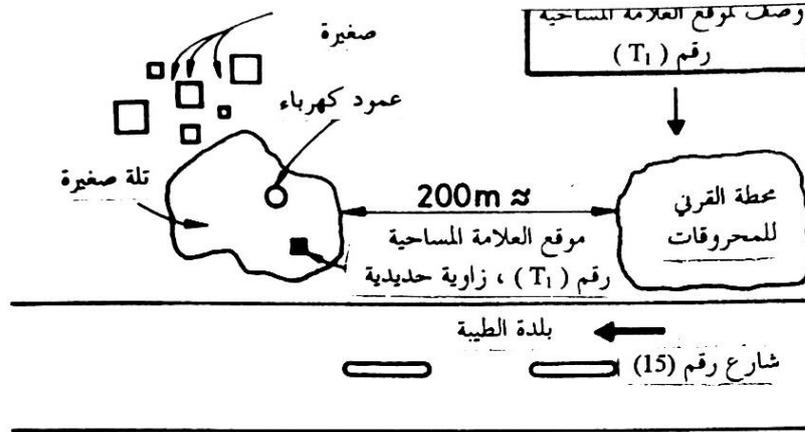
٢.٣. تثبيت الرؤوس:

من خلال غرس علامات مساحية مناسبة وثابتة في المواقع المختارة لرؤوس المضلعات ثم ترقيمها وإنجاز كروت وصف لكلٍ منها. وذلك بهدف التعرف عليها مستقبلاً وإعادتها إلى مواقعها الدقيقة في حال حصول إزاحة أو اقتلاع الأشكال (٤) و (٥ و ٦ و ٧).

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

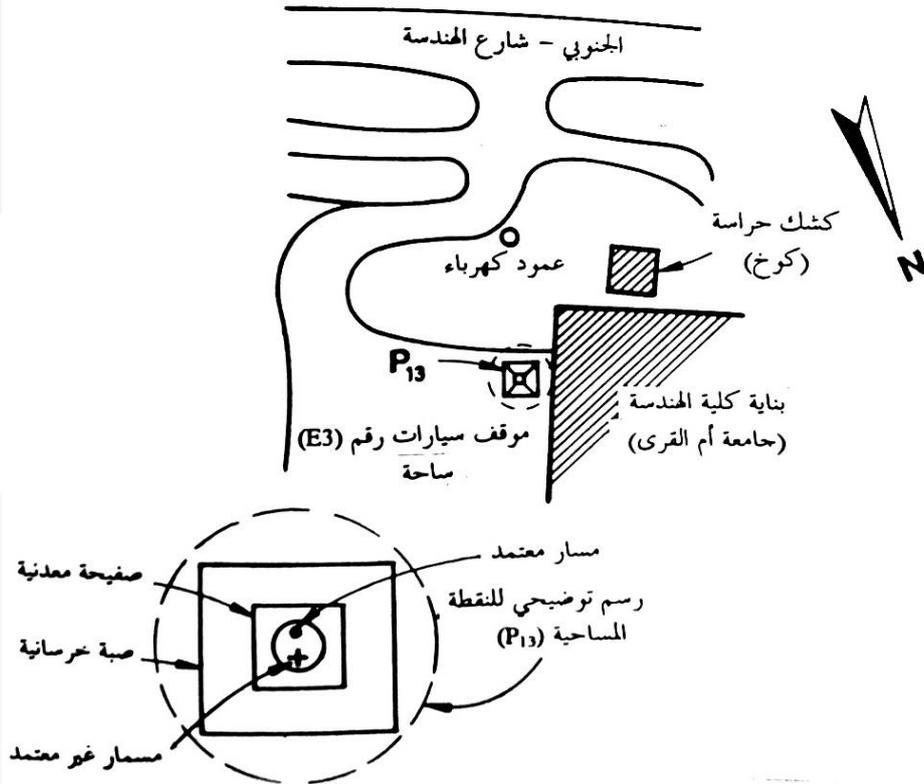


الشكل (٤): مثال عن بطاقة الوصف.



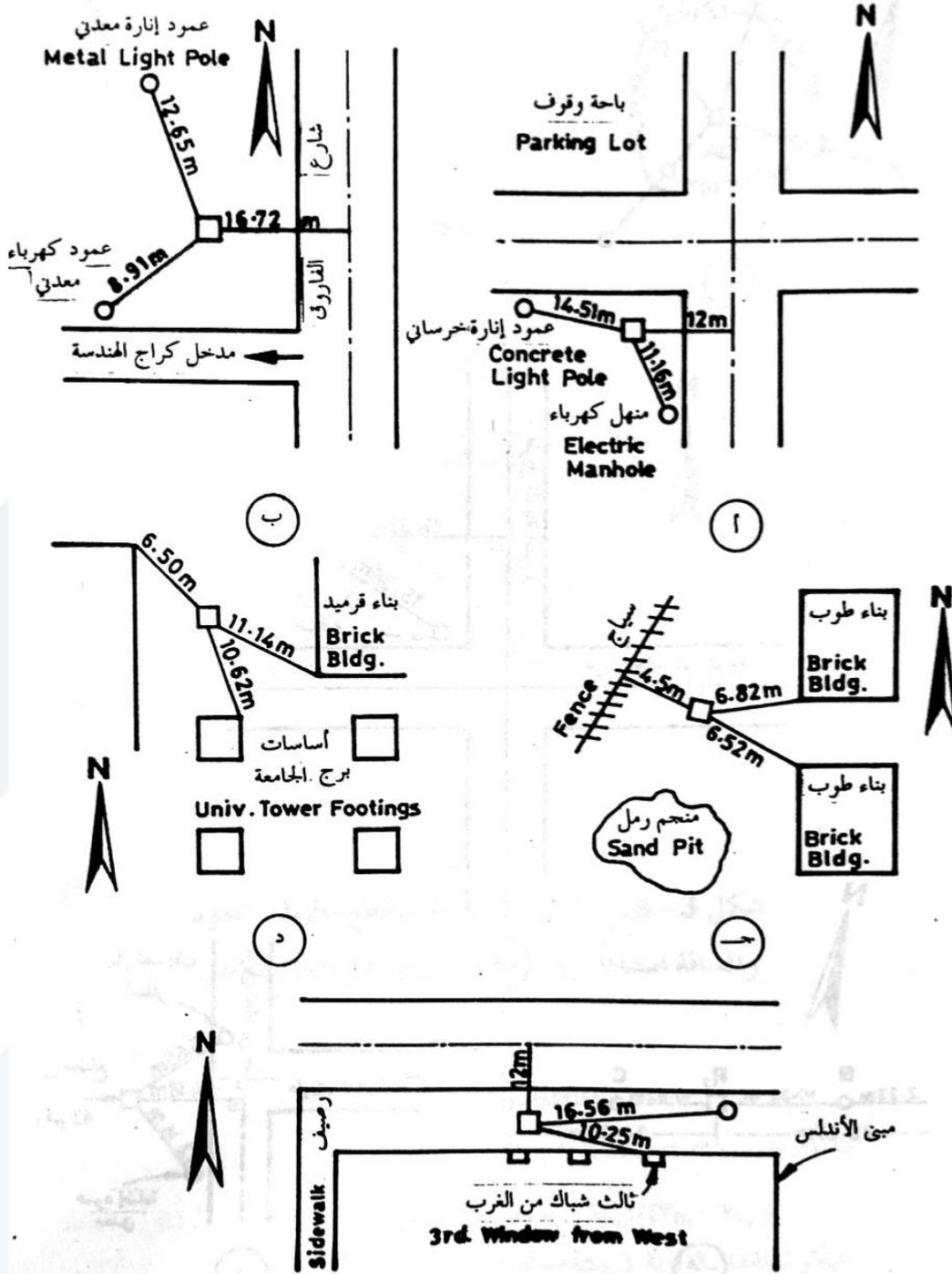
نموذج - أ -

وصف لموقع العلاقة المساحية (P₁₃)

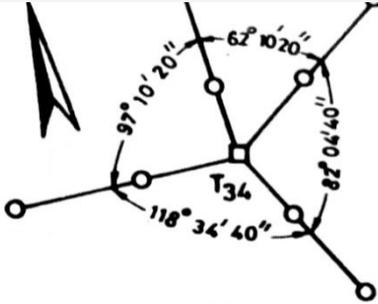


نموذج - ب -

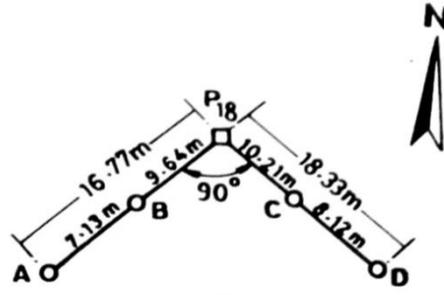
الشكل (5): وصف العلامات الممثلة للنقاط المساحية.



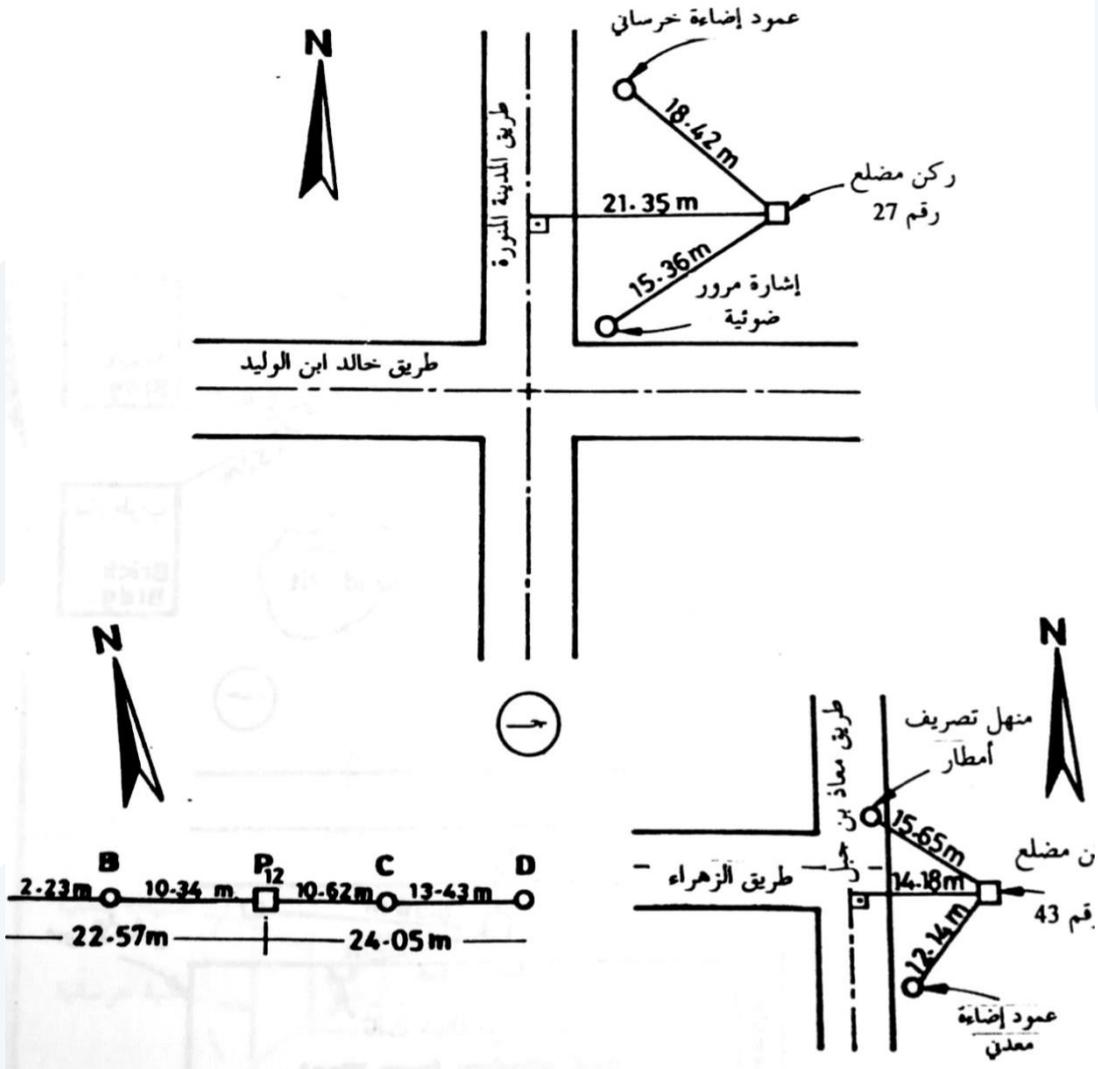
الشكل (٦): أمثلة على طرق وصف وإسناد النقاط المساحية.



(أ)



(ب)



الشكل (٧): أمثلة على طرق إسناد نقاط المضلعات والنقاط الهامة الأخرى.

٣.٣. 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.

٤.٣. قياس جميع الزوايا الأفقية بين أضلاع المضلع المتتالية انطلاقاً من الضلع الواصل بين نقطتي الربط [الزاوية α_{T_1} في الشكل (١)] وانتهاءً بالضلع الذي يصل بين نقطتي الإغلاق [الزاوية α_{T_3} في الشكل (١)]. مع ملاحظة مايلي:

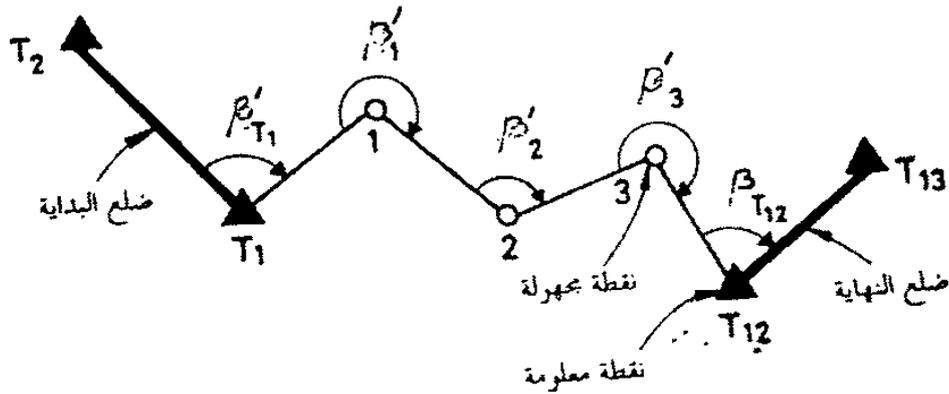
يتم قياس الزاويتين α_{T_1} و α_{T_3} مرتين على الأقل قبل نقل الجهاز إلى المحطة التالية أو الانتهاء من العمل.

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).

٥.٣. 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 الإليكترونية).

٤. برنامج المعالجة العددية للمضلعات.

نبين فيما يأتي تسلسل خطوات الحساب لإحداثيات نقاط المضلعات. ونستعين بالمضلع المفتوح المبين بالشكل (٨) أدناه:



الشكل (٨): المضلع المفتوح.

١.٤. تصحيح الزوايا المقاسة:

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

١.١.٤. 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 (١).

٢.١.٤. 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).

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

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

ف نجد بالنسبة للمضلع المبين في الشكل (٨) أن:

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

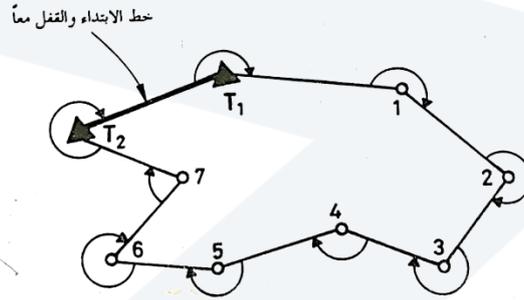
ثم يتم توزيع تصحيح خطأ الإغلاق بالتساوي على الزوايا المقاسة، وذلك باستخدام العلاقة التالية:

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

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

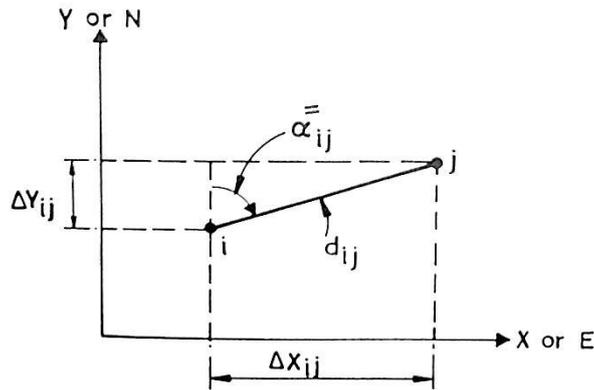
ملاحظة:

إذا كان المضلع مغلقاً كما هو الحال في الشكل (٣) 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: $\sum \beta'_i = (n - 2) \cdot 200_{Gr}$.

٢.٤. 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 (٩): 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 للضلع.

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، ولتعتبر القيمة المحسوبة نهائية لأنها ستخضع للتصحيح الناتج عن عدم إغلاق الموقع (Linear Closure Error).

٣.٤. 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:

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

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

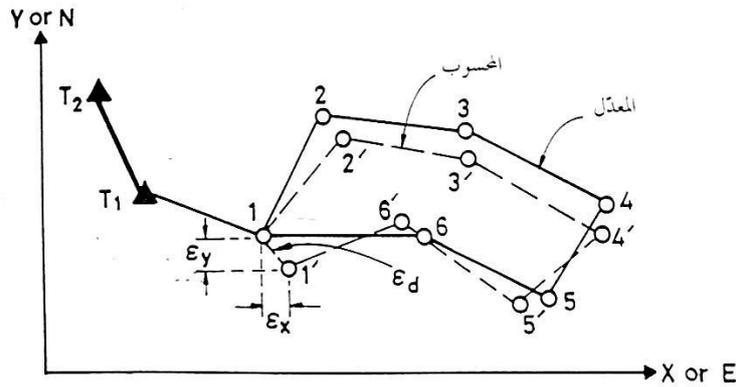
حيث ترمز X' و Y' إلى القيمتين المحسوبتين لإحداثيات نقطة الإغلاق، وترمز X و Y للإحداثيات المعلومة لنقطة الإغلاق.

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

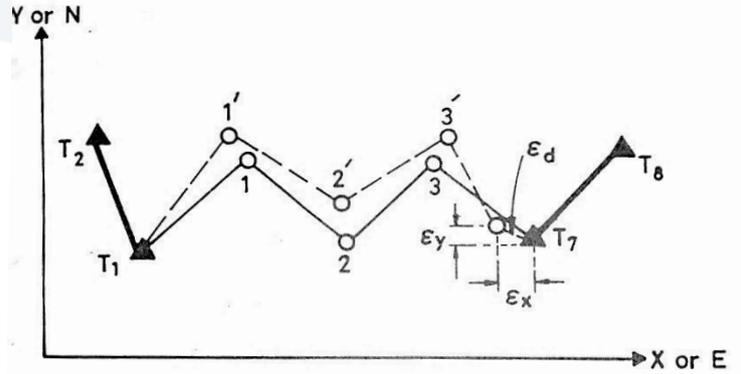
$$\varepsilon_d = \pm \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2} \quad \dots\dots\dots ()$$

نلاحظ:

١. يمثل الخطأ الخطي الخط المستقيم أو المسافة الفاصلة بين الموقع الصحيح والموقع المحسوب لنقطة الإغلاق [انظر الشكلين (١٠ و ١١)].
٢. يُعتبر الخطأ الخطي مقياساً لنوعية ودقة قياسات زوايا وأضلاع المضلع.



الشكل (١٠): خطأ الإغلاق الخطي عند نقطة الإغلاق رقم ١.



الشكل (١٠): خطأ الإغلاق الخطي عند نقطة الإغلاق رقم T7 .

٣. يجري عادةً التعبير عن الخطأ الخطي المسموح كقيمة نسبية، وترتبط قيمته طرداً مع مجموع أطوال المضلع. فكلما كان المجموع أكبر يكون الخطأ المسموح أكبر.
٥. 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

١. 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).
٢. 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 المقاسة ضمن المضلع).