جـــامـــعـــة المـــنـــارة
كلية الهندسة/المدنية
المساحة الهندسية

العام الجامعي
٢٠٢٤-٢٠٢٥
المحاضرة (١)

المضلعات، وأمثلة عن استخداماتها

(TRAVERSES)

أ. د. إياد اسماعيل فحصة

العام الجامعي

٢٠٢٣-٢٠٢٤

المحاضرة (٢)

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

1. ١ـ التعريف والهدف.
2. ٢ـ أنواع المضلعات (Types of Traverses).
3. ٣ـ برنامج القياسات ضمن المضلعات.
4. ٤ـ برنامج المعالجة العددية للمضلعات.
5. ٥ـ تصحيح الإحداثيات الأولية من خطأ الإغلاق الخطي (خطأ إغلاق الموقع).

١ـ 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.

يتلخص الهدف من أعمال التضليع (إنشاء المسالك أو المضلعات) في تعيين إحداثيات (وبالتالي مو اقع) 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).

يتكون المضلع من مجموعة خطوط متصلة ببعضها، وتشكل بمجموعها خطاً 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 والساحات والحدائق ومختلف المعالم التي تتطلب إنجاز مخططات طبوغرافية أو عقارية.

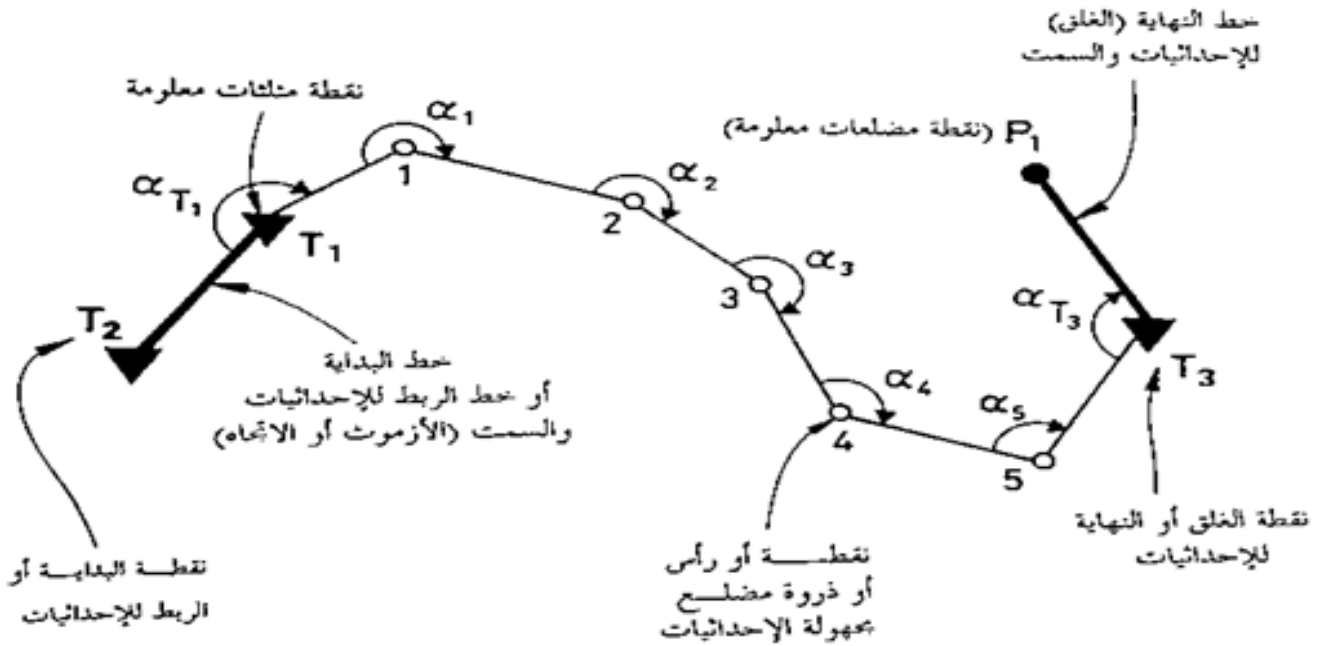
٢. أنواع المضلعات (Types of Traverses).

تختلف المسميات للمضلعات، ونورد أهمها:

١.٢. المضلع المفتوح (Open Traverse):

يُطلقُ على كل مضلع غير مغلق الشكل (أو الأضلاع)، ويبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات من مرتبة أعلى وينتهي بالغلق على نقطتين معلومتي 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.

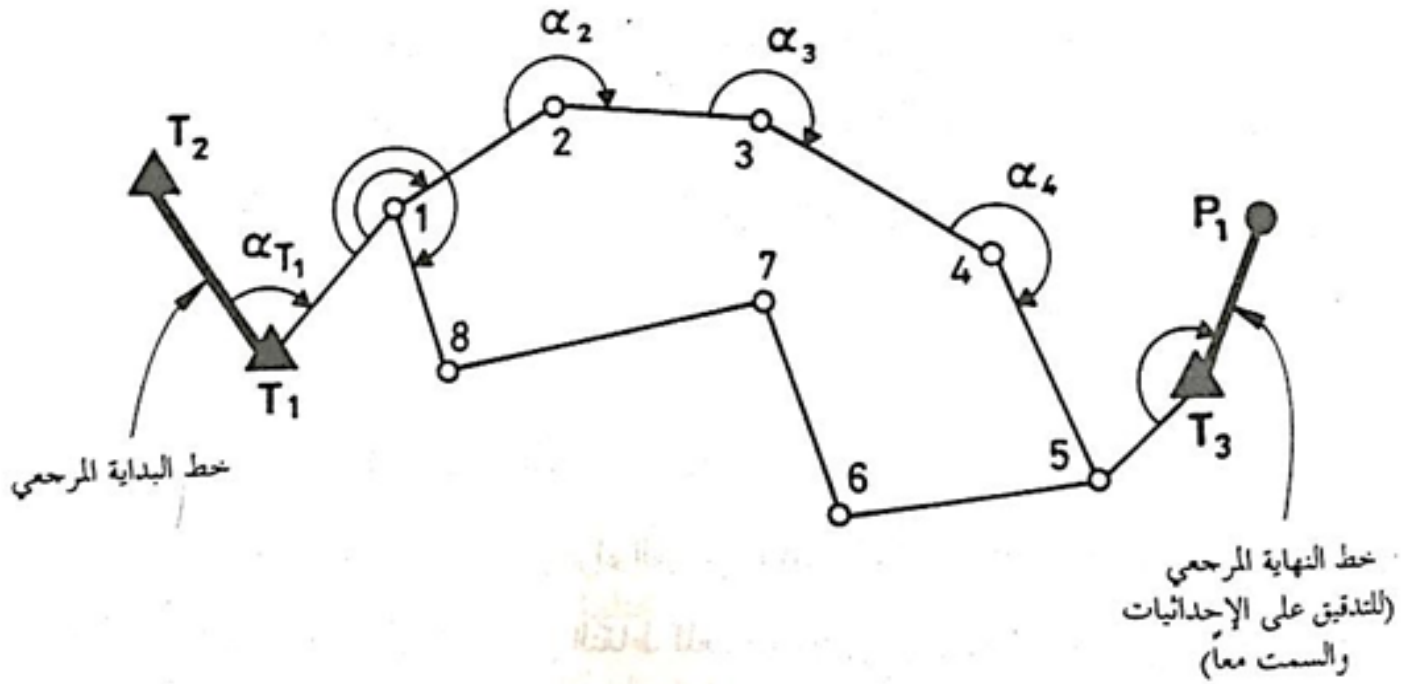
وسنعتمد تسمية المضلعات للحالة الأفقية، وتسمية المسالك للحالة الارتفاعية.



مضلع مفتوح (غير مغلق من حيث الشكل) يبتدئ بربطه بنقطتين معلومتي الإحداثيات (أونقطة معلومة وسمت معلوم)، وينتهي بالإغلاق على نقطتين معلومتين أخريين.

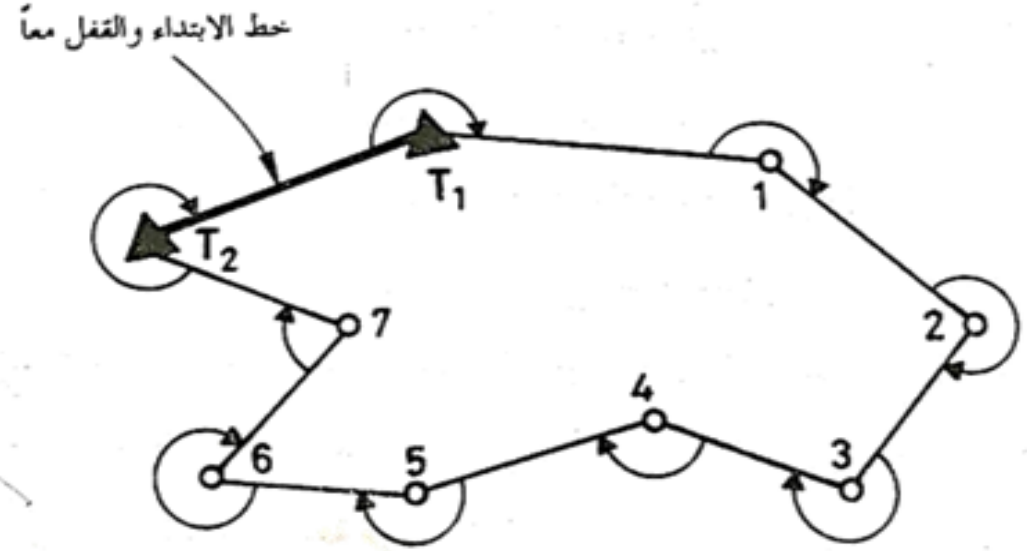
٢.٢. المضلع المغلق (Closed Traverse):

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



الشكل (٢): مضلع مغلق (من حيث الشكل) يبتدئ بالربط على نقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بالإغلاق على نقطتين أخريين معلومتي الإحداثيات.

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

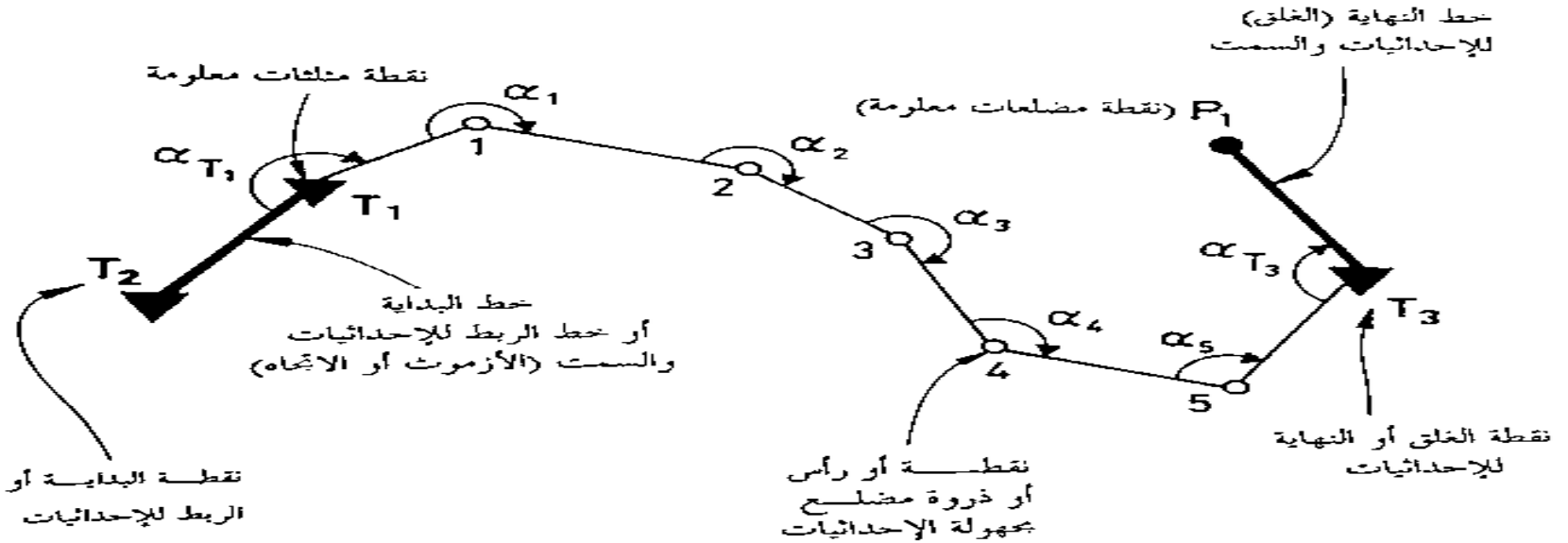


الشكل (٣): مضلع مغلق (من حيث الشكل)
يبتدئ بالربط على نقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بالإغلاق على ذات النقطتين.

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 المُقاسة 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 لايعني 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 حالةٌ يمكن تعميمها).

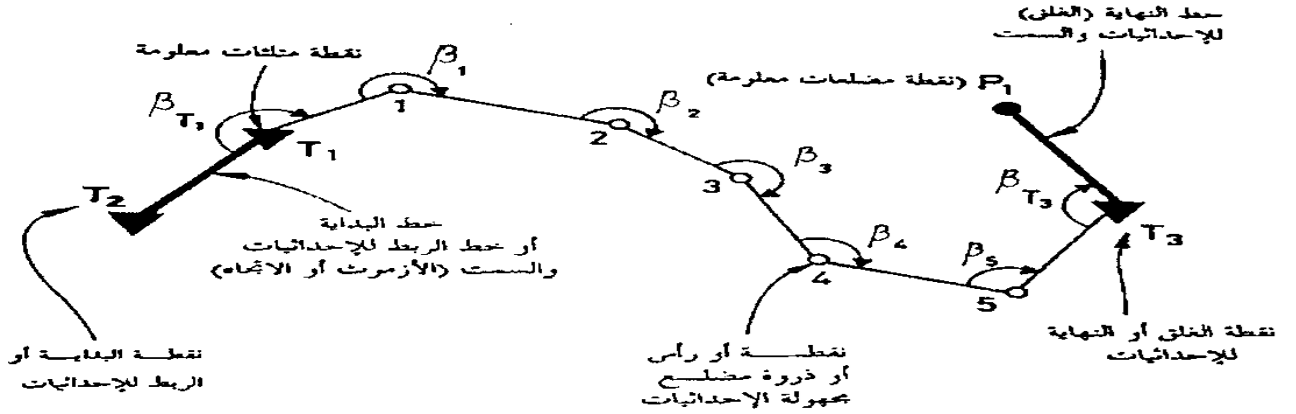


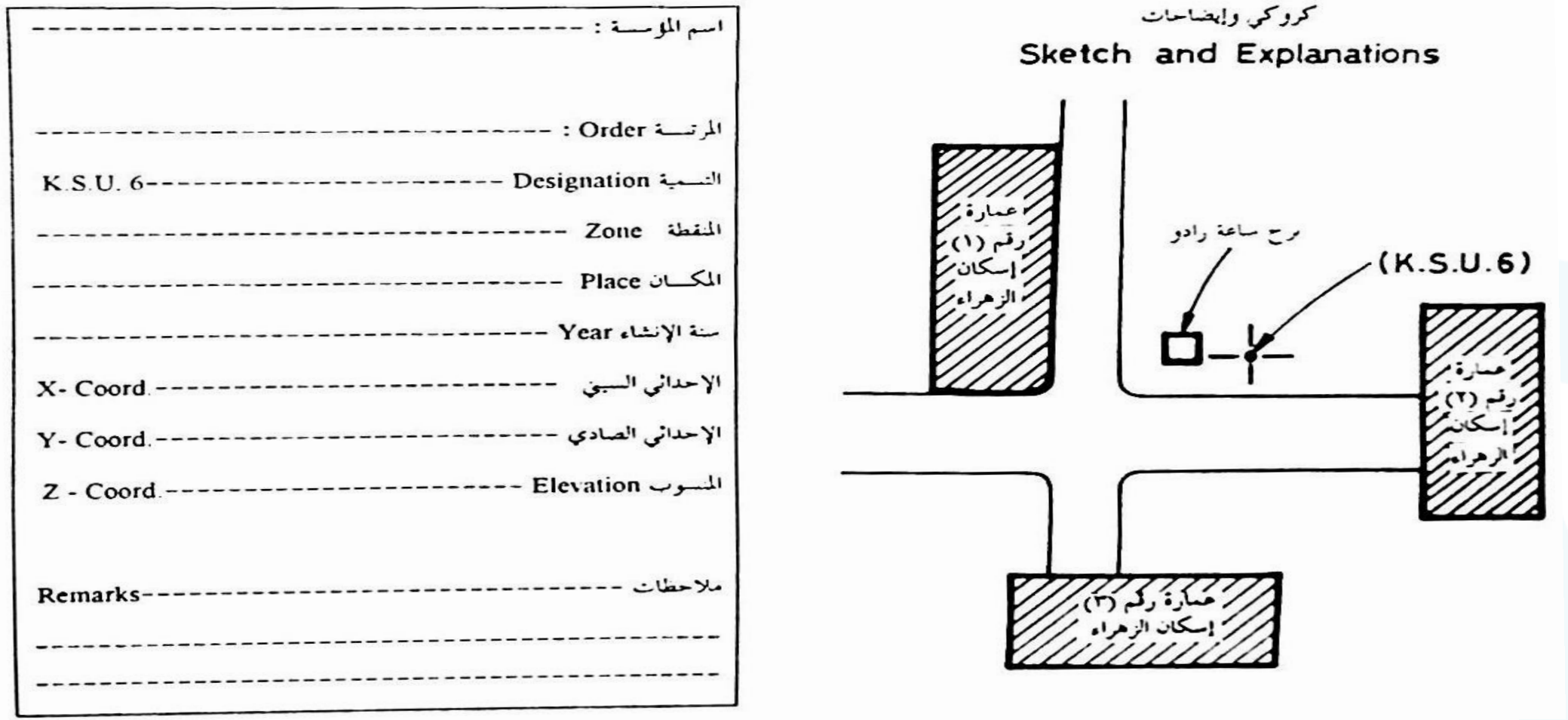
١.٣. استطلاع الموقع:

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

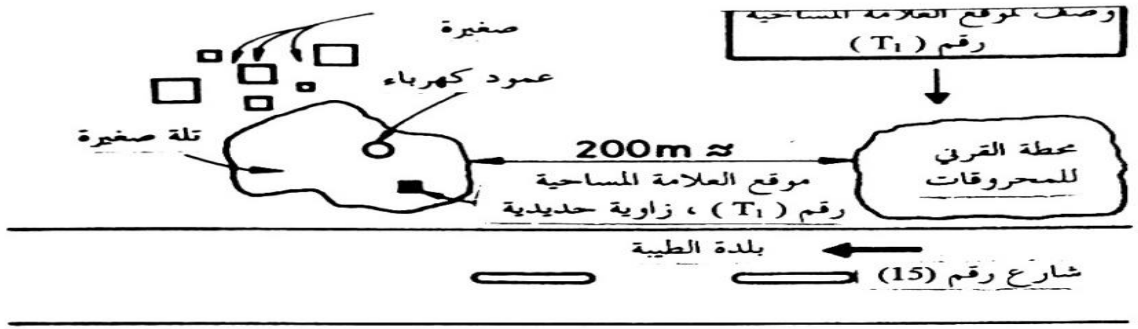
٢.٣ . تثبيت الرؤوس:

من خلال غرس علامات مساحية مناسبة وثابتة في المواقع المُختارة 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)].

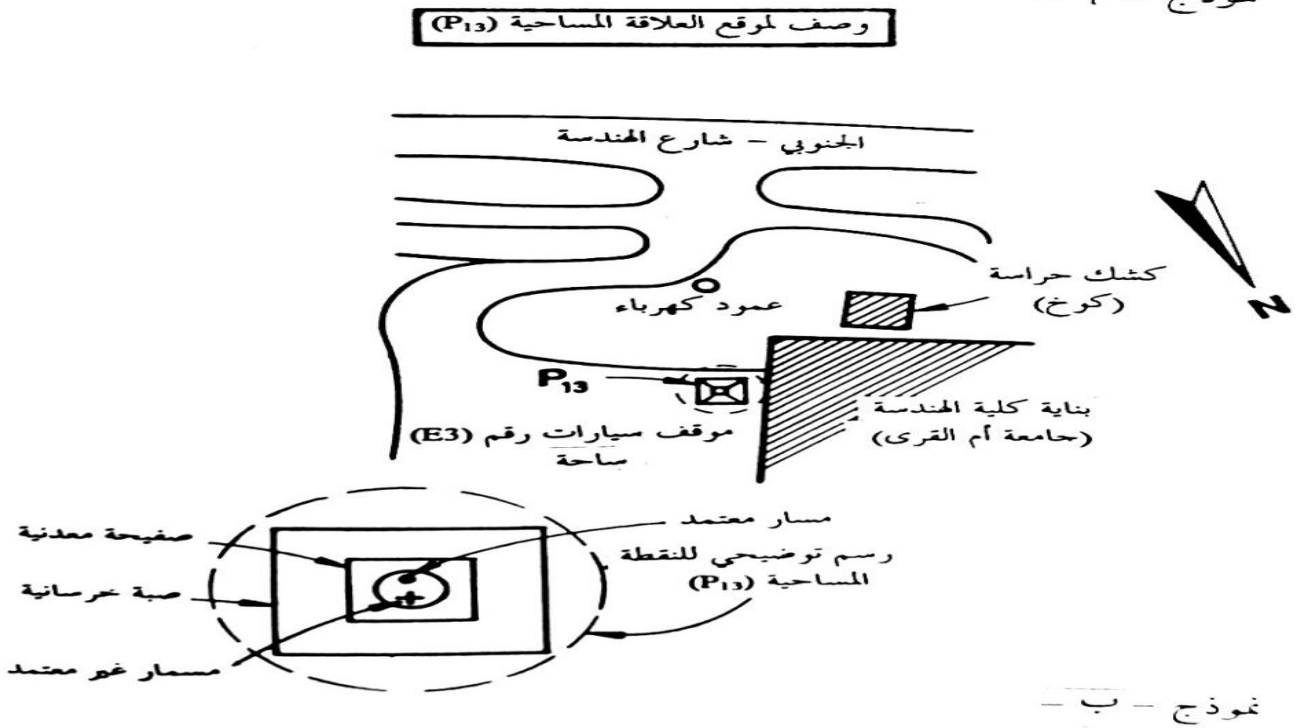




الشكل (٤): مثال عن بطاقة الوصف.

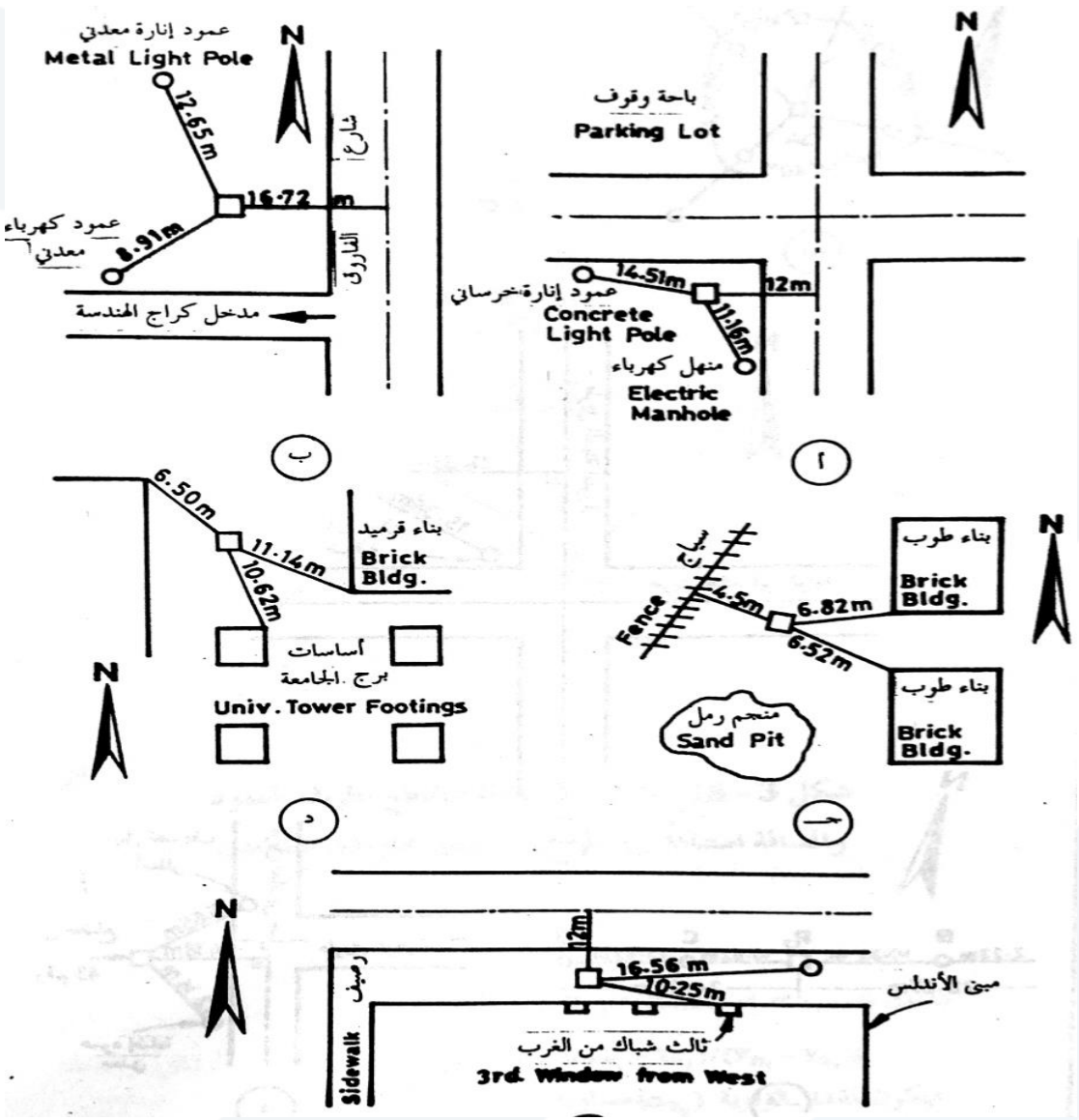


نموذج – أ –

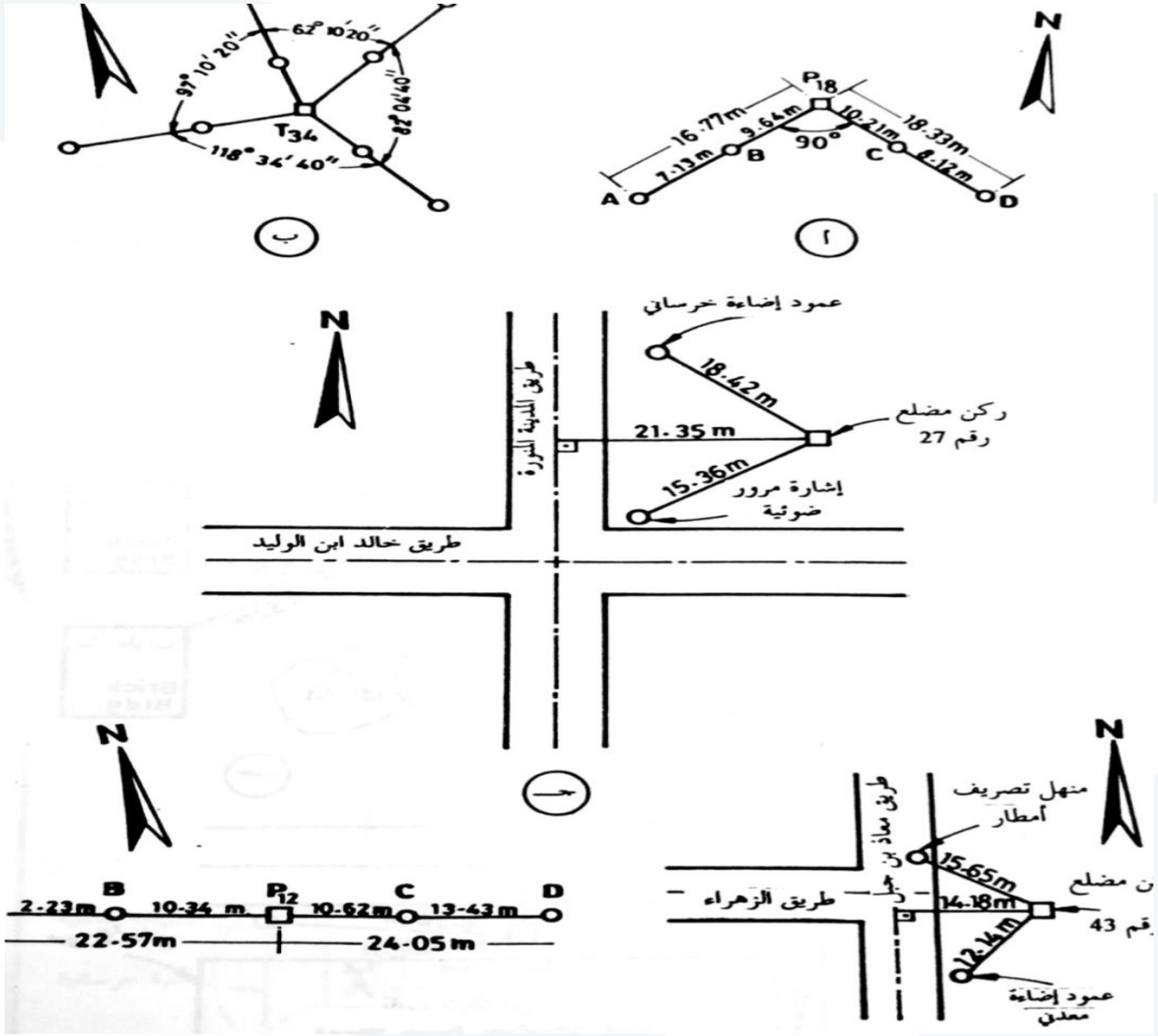


نموذج – ب –

الشكل (٥): وصف العلامات الممثلة للنقاط المساحية.



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

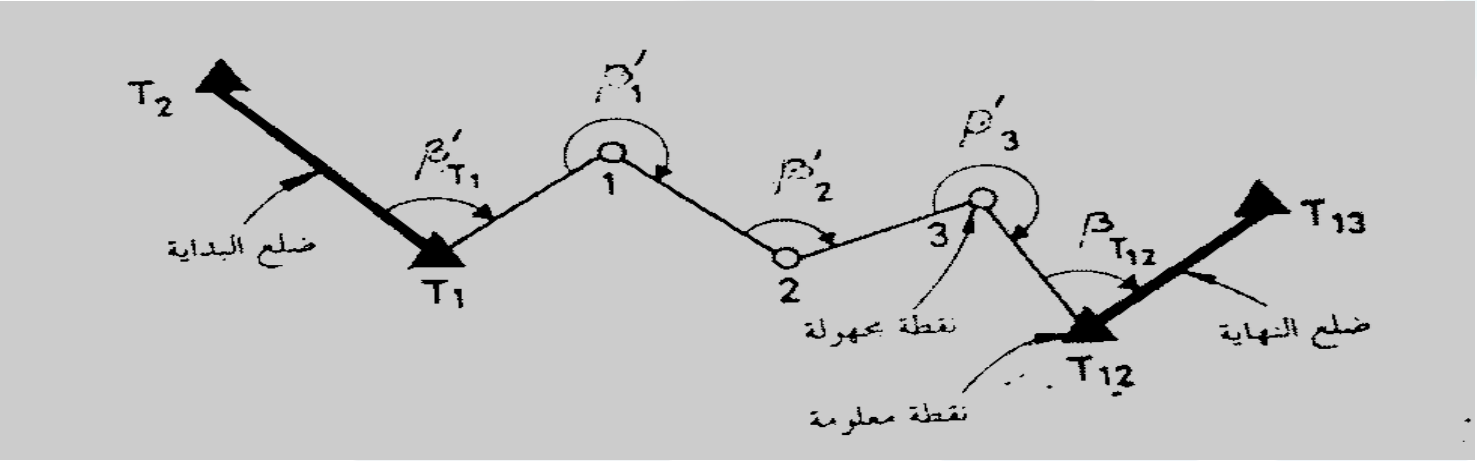


الشكل (٧): أمثلة على طرق إسناد نقاط المضلعات والنقاط الهامة الأخرى.

٤. برنامج المعالجة العددية للمضلعات.

نبين فيما يأتي تسلسل خطوات الحساب لإحداثيات نقاط المضلعات.

ونستعين بالمضلع المفتوح المبين بالشكل (٨) أدناه:



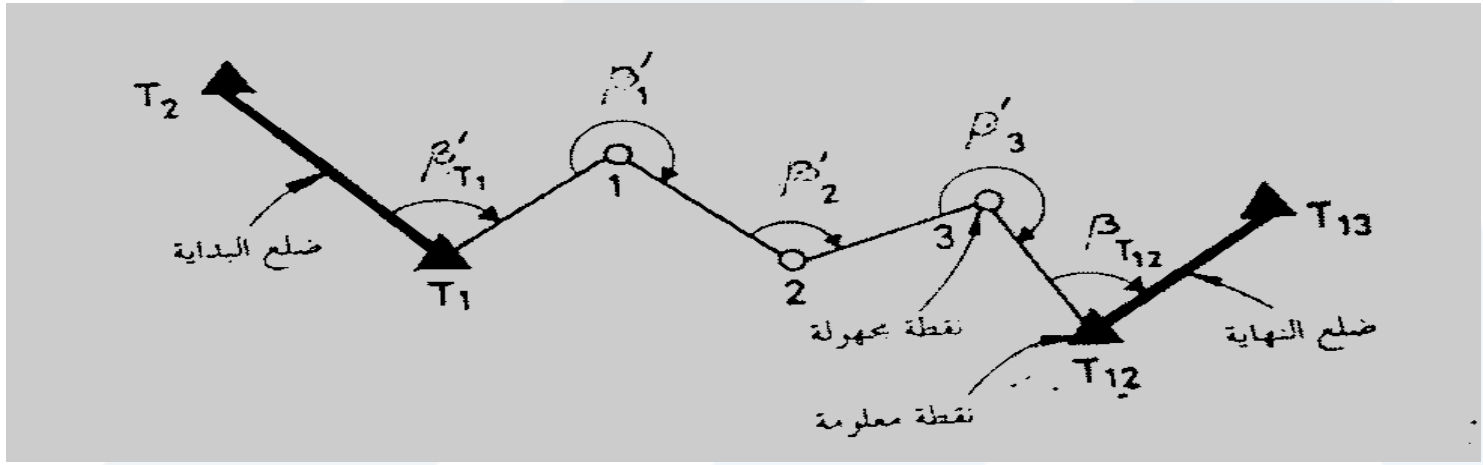
الشكل (٨): المضلع المفتوح.

١.٤. تصحيح الزوايا المقاسة:

يتم تصحيح الزوايا المقاسة من خطأ الإغلاق الزاوي (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).



n
n

إلى عدد النقاط الجديدة ضمن المضلع الأفقي.

٢.١.٤. حساب سموت أضلاع المضلع:

وذلك استناداً إلى السمت الابتدائي وإلى الزوايا الأفقية المُقاسة بين أزواج أضلاع المضلع المتتالية (يتم القياس من الضلع السابق إلى الضلع اللاحق باتجاه دوران عقارب الساعة)، ويتم حساب سمت كل ضلع من المضلع بالعلاقة الآتية:

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

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

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

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

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

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

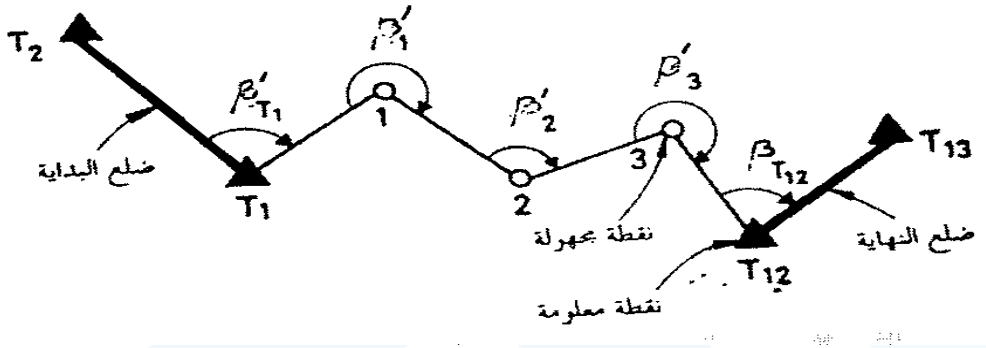
$$\alpha'_{1-2} = \alpha'_{T1-1} + \beta'_1 - 200$$

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

.....

.....

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



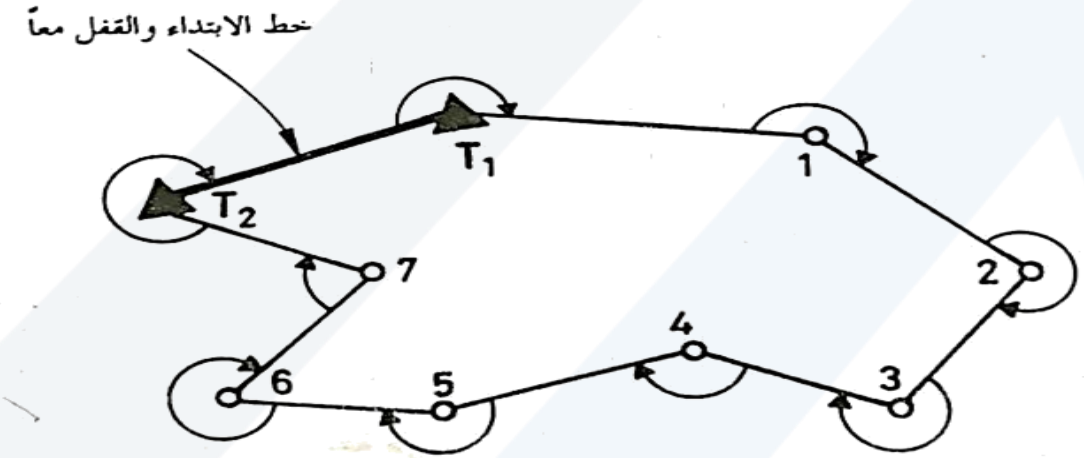
حيث ترمز n إلى عدد النقاط الجديدة ضمن المضلع الأفقي.

٢.١.٤. حساب سموت أضلاع المضلع:

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

$$\alpha_{1-T1} = \alpha_{T1-1} \pm 200\ Gr.$$

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



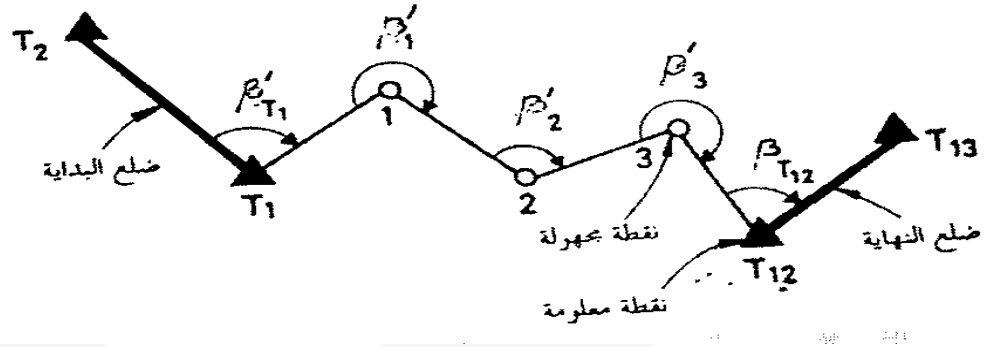
٣.١.٤. حساب مقدار خطأ الإغلاق الزاوي : ε_α

وهو مقدار الفرق بين القيمة المحسوبة لسمت الإغلاق (استناداً إلى سمت البداية والزوايا المقاسة) والقيمة الأولية (المحسوبة من الإحداثيات) لسمت البداية : α

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

فنجد بالنسبة للمضلع المبين في الشكل (٨) أن:

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



٣.١.٤. حساب مقدار خطأ الإغلاق الزاوي : ε_α

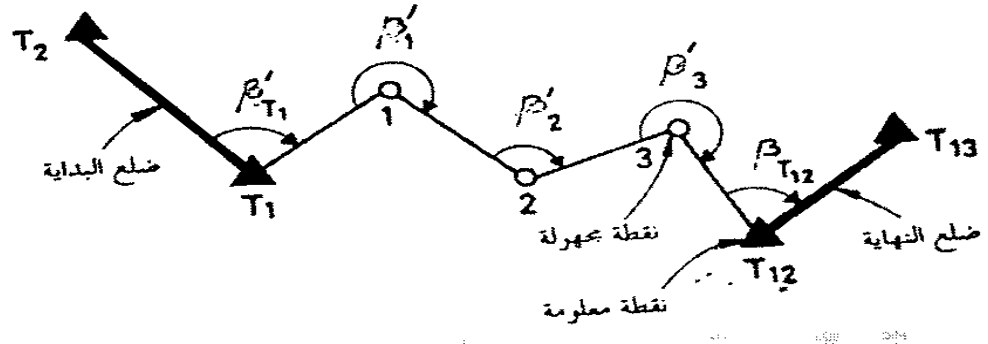
ثم يتم توزيع تصحيح خطأ الإغلاق بالتساوي على الزوايا المقاسة،

وذلك باستخدام العلاقة التالية:

$$C_\alpha = -\frac{\varepsilon_\alpha}{n}$$

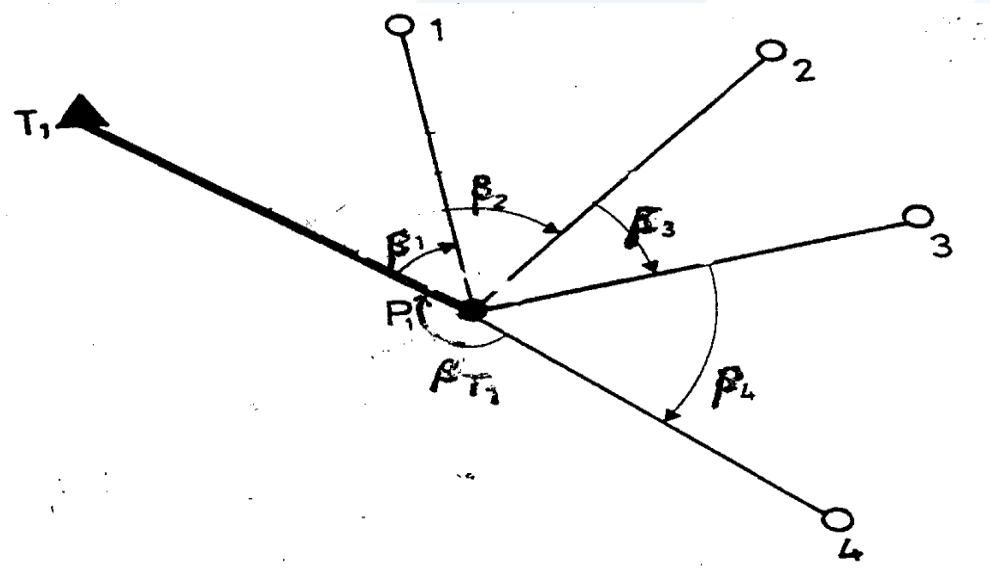
وتمثل n عدد الزوايا المقاسة.

أما الإشارة السالبة فهي بسبب أن إشارة التصحيح تعاكس إشارة الخطأ.



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.

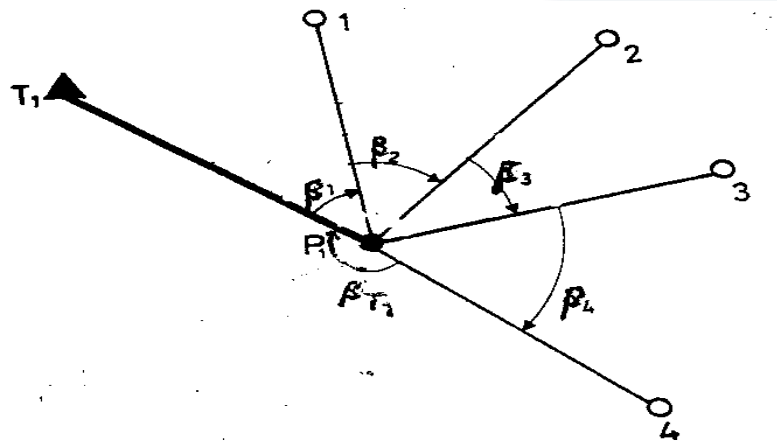


خطوات الحل

بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

أولاً:

نحسب سمت الضلع P_1T_1 من خلال الإحداثيات المعلومة:



$$\alpha_{P1-T1} = \arctan \frac{X_{T1} - X_{P1}}{Y_{T1} - Y_{P1}}$$

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

خطوات الحل

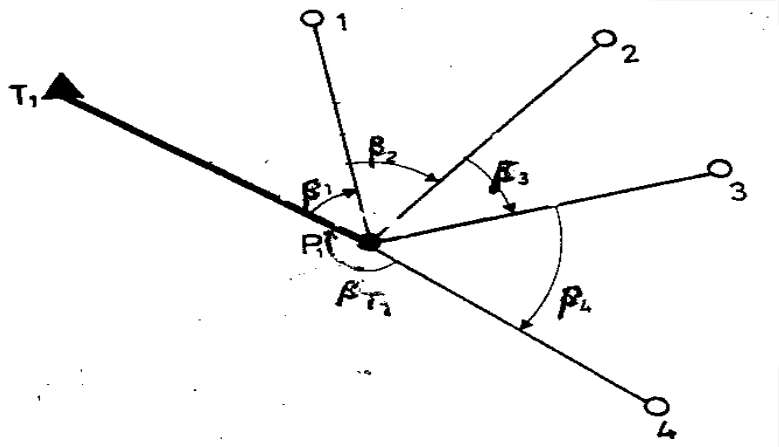
بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

ثانياً:

تُقاسُ الزوايا الأفقية،

وبالتالي يمكن حساب سموت الأضلاع

باستخدام العلاقات الآتية:



$$\alpha'_{P1-1} = \alpha_{P1-T1} + \beta'_1$$

$$\alpha'_{P1-2} = \alpha'_{P1-1} + \beta'_2$$

$$\alpha'_{P1-3} = \alpha'_{P1-2} + \beta'_3$$

$$\alpha'_{P1-4} = \alpha'_{P1-3} + \beta'_4$$

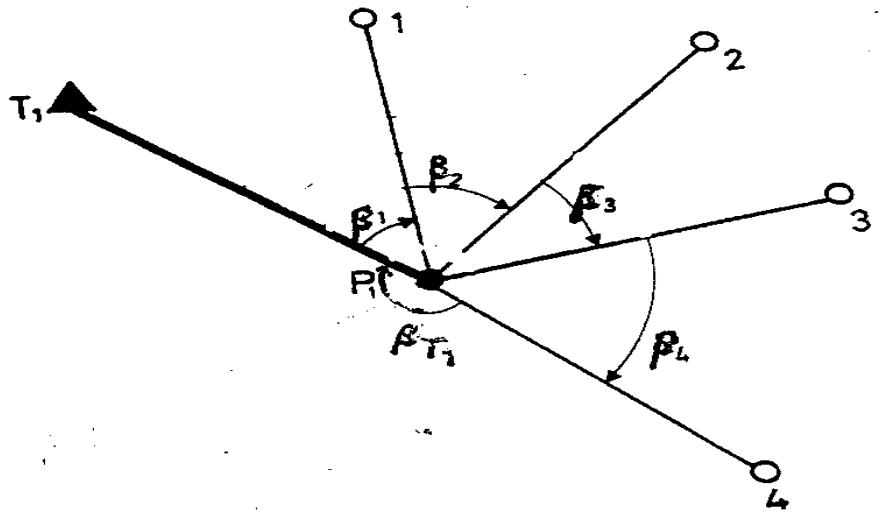
$$\alpha'_{P1-T1} = \alpha'_{P1-4} + \beta'_{T1}$$

خطوات الحل

بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

ثالثاً:

نقيس المسافات الأفقية .



$$(P_1 1 . P_1 2 . P_1 3 . P_1 4)$$

خطوات الحل

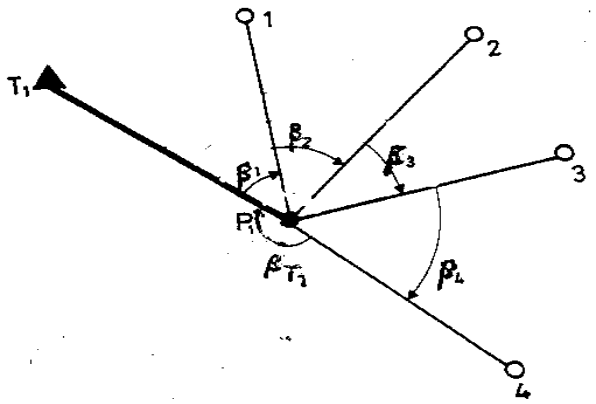
بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

رابعاً:

نحسب خطأ الإغلاق الزاوي من العلاقة:

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

ونصحح الزوايا المقاسة من خطأ الإغلاق الزاوي باستخدام العلاقات:



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

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

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

خطوات الحل

بملاحظة الشكل أعلاه يمكن العمل وفق التسلسل الآتي:

خامساً:

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

$$X_1 = X_{P1} + d_{P1-1} \cdot \sin \alpha_{P1-1} \quad , \quad Y_1 = Y_{P1} + d_{P1-1} \cdot \cos \alpha_{P1-1}$$

$$X_2 = X_{P1} + d_{P1-2} \cdot \sin \alpha_{P1-2} \quad , \quad Y_2 = Y_{P1} + d_{P1-2} \cdot \cos \alpha_{P1-2}$$

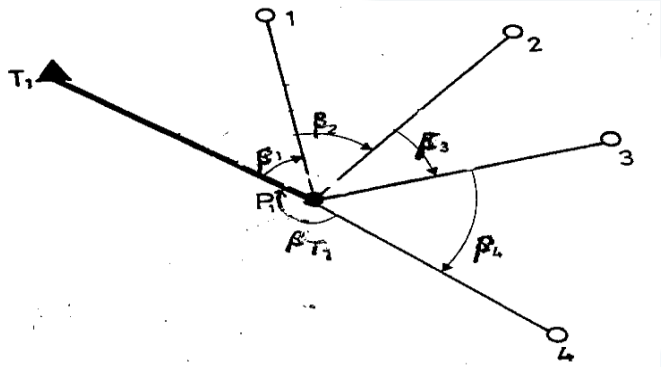
$$X_3 = X_{P1} + d_{P1-3} \cdot \sin \alpha_{P1-3} \quad , \quad Y_3 = Y_{P1} + d_{P1-3} \cdot \cos \alpha_{P1-3}$$

$$X_{41} = X_{P1} + d_{P1-4} \cdot \sin \alpha_{P1-4} \quad , \quad Y_4 = Y_{P1} + d_{P1-4} \cdot \cos \alpha_{P1-4}$$

٥. حساب إحداثيات نقاط جديدة.

مثال عددي

في الشكل الآتي لدينا النقطتان P_1 وT_1 معلومتا الإحداثيات، والنقاط (1 و 2 و 3 و 4) مجهولة الإحداثيات.
والمطلوب هو وصف الخطوات اللازمة لتعيين إحداثيات النقاط المجهولة.



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

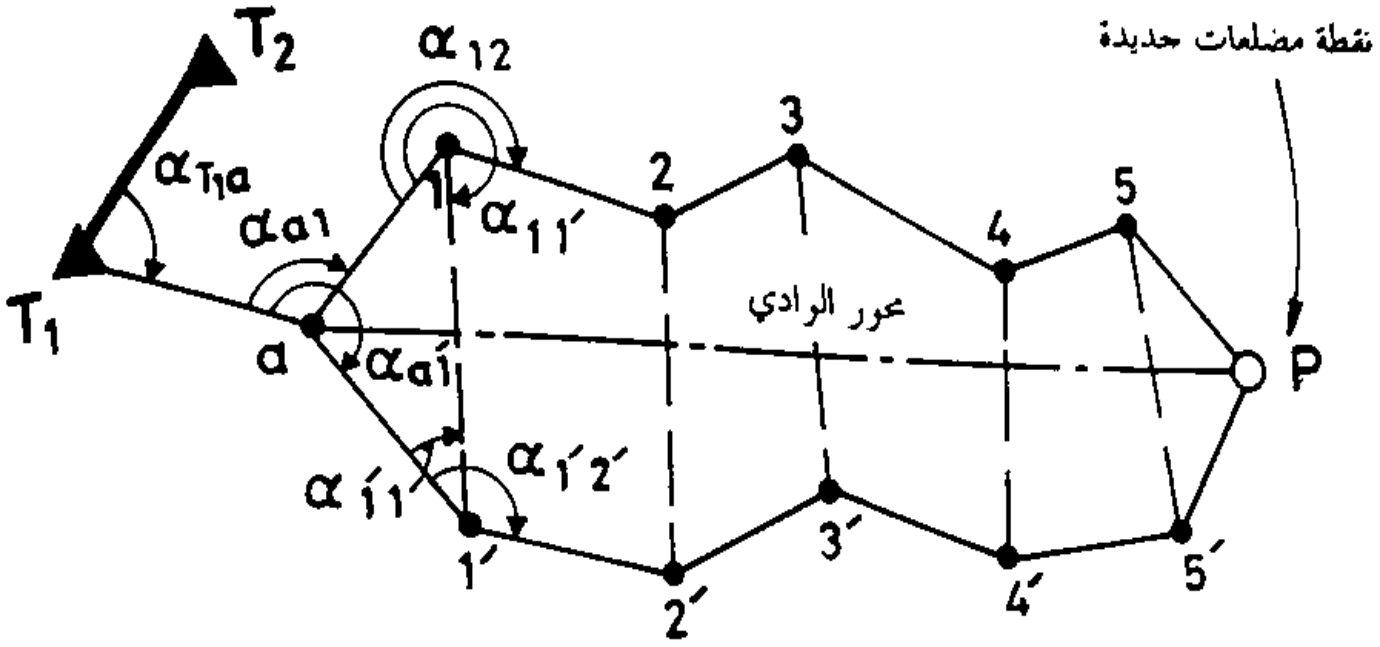
جدول حساب الإحداثيات النهائية للنقاط الجديدة.

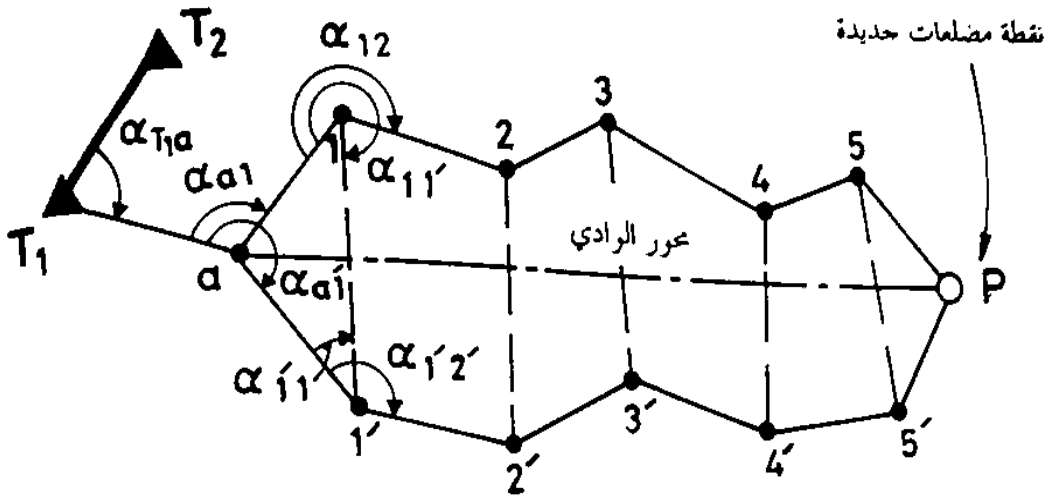
نقطة الوقوف	النقطة	الزاوية المقاسة (Gr.)	الضلع المقاس (m)	التصحيح الزاوي (cc)	الزاوية المصححة (Gr.)	السمت المصحح (Gr.)	الإحداثيات النهائية	
							X (m)	Y (m)
P_1	P_1						-243870.22	190800.67
	T_1					339.3071	-243940.92	190850.87
	1	40.2244	40.18	+8	40.2252	379.5323	-243882.92	190838.79
	2	58.6242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

أمثلة عن بعض استخدامات المضلعات

مثال ٦-٢:

نقطتان معلومتا الإحداثيات (T_1 , T_2) تقعان قرب بداية أو نهاية وادٍ ضيقٍ، ونريد إنشاء نقاط أخرى وتعيين إحداثياتها بدقة. المطلوب توصيف الخطوات الضرورية لإنجاز العمل المطلوب.





الخطوة 1:

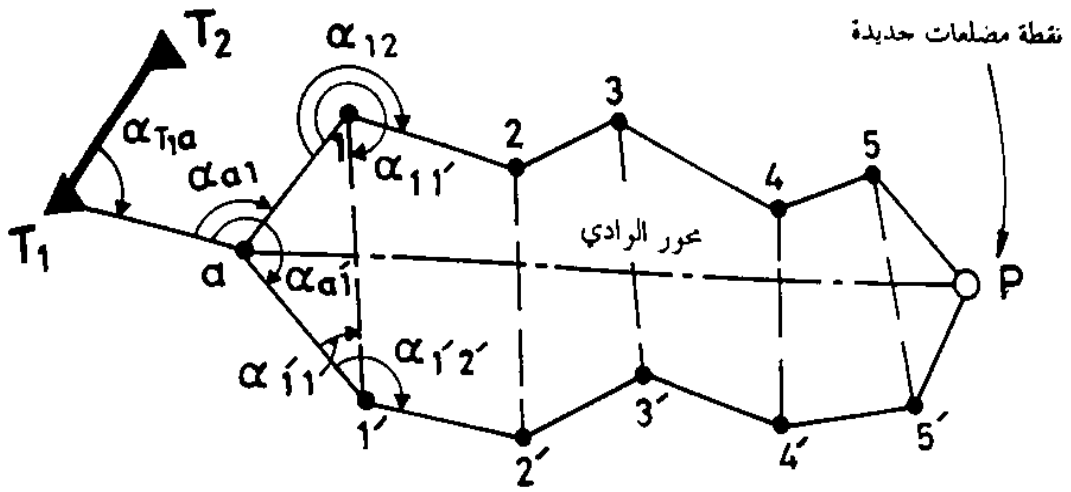
نختار نقاطاً قرب بداية الوادي (لتكن النقطة a) وعلى طرفي الوادي .

الخطوة 2:

نقيس الزاوية $\alpha_{t1,a}$.

الخطوة 3:

نثبت التيودوليت فوق النقطة 1 ونقيس الزاويتين $\alpha_{1,2}$ و $\alpha_{1,1'}$. وكذلك نقيس الزاويتين $\alpha_{1',1}$ و $\alpha_{1',2'}$.



الخطوة 4:

نتابع العمل حتى النقطة P ، وذلك برصد كل نقطة جديدة من الجهتين.

الخطوة 5:

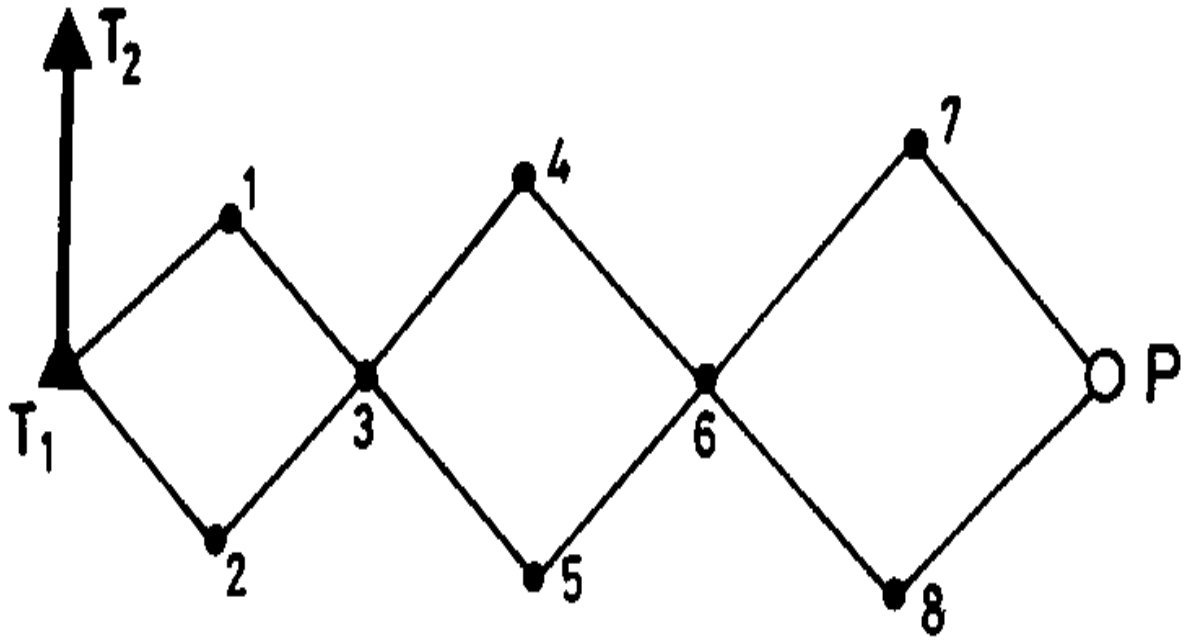
نقيس المسافات الأفقية (T_1-a , a-1 , a-1/ , 1-1/ , 1-2 , 1/-2/ , 2-2/ , 2-3 , 2/-3/ , ... , 5-P , 5/-P) بحيث نقيس مسافتين لكل نقطة.

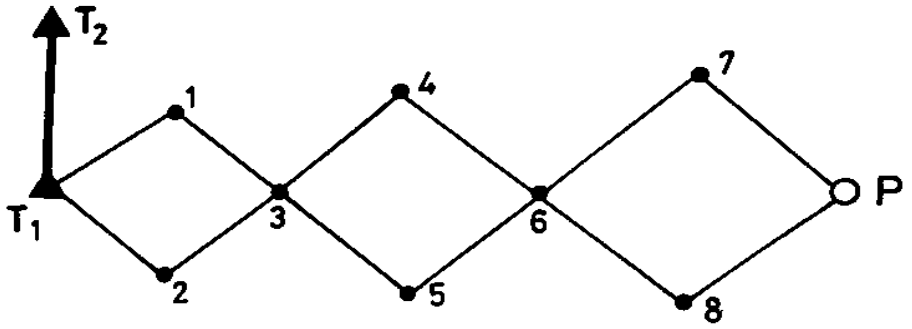
الخطوة 6:

نستطيع الآن من المعطيات والقياسات السابقة حساب الإحداثيات النهائية للنقاط الجديدة. والتحقق من صحة الحسابات.

مثال ٦-٣:

اشرح خطوات تعيين نقاط جديدة في الحالات التي تكون فيها الأرض وعرة، وتكثر فيها عوائق القياس والتوجيه.





الخطوة ١:

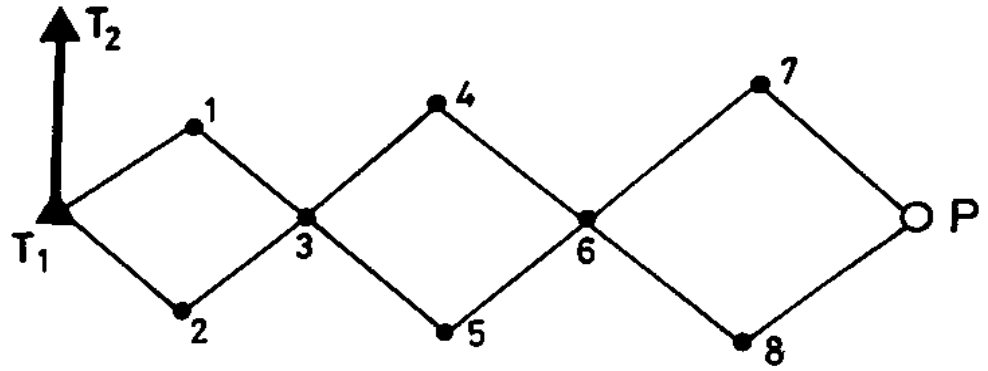
نبدأ بنقطتين معلومتين T_1 و T_2.

الخطوة ٢:

نقيس الزوايا والمسافات وفق مسارين متقاطعين بطريقة متتابعة . وفق المسار الأول : (T1-1-3-5-6-7-P)، ومن ثم المسار الثاني (T1-2-3-4-6-8-P).

الخطوة ٣:

يمكن حساب إحداثيات نقاط التقاطع (3 , 6) وفق المسارين السابقين لحين الوصول إلى النقطة P المطلوب تأسيسها وتعيين إحداثياتها كنقطة مضلعات جديدة.



ملاحظة:

يتم حساب إحداثيات النقطتين 1 و 2 من الإحداثيات المعلومة للنقطتين T_1 و T_2 ومن قياسات الزوايا والمسافات المنفذة. ثم يجري حساب إحداثيات نقطة التقاطع وفق المسارين المحددين أعلاه. وكذلك بالنسبة لنقطة التقاطع 6. ثم نحسب إحداثيات النقطة P انطلاقاً من النقطتين 7 و 8.

انتهت المحاضرة