محاضرات مجمعة فى مادة

المســـاحة التاكومتريـــة والطبوغرافيـــة

الفـرقـــة الثالثـــة

قســـم الجغرافيـــا

شـــعبة المســـاحة

2022 / 2023

اعداد

د/ محمـــد حبيـــب

الباب الاول

الخرائـــــــط

الخرائط

مكن تعريف الخريطة بأنها التمثيل الأقرب إلى الحقيقة لما يحتويه سطح الأرض من معالم, تبين مقدار الارتفاع والانخفاض في سطح الأرض عن مرجع معين ويكون هذا التمثيل (الخريطة) بمقياس رسم محدد.

خرائط المساحة المستوية :

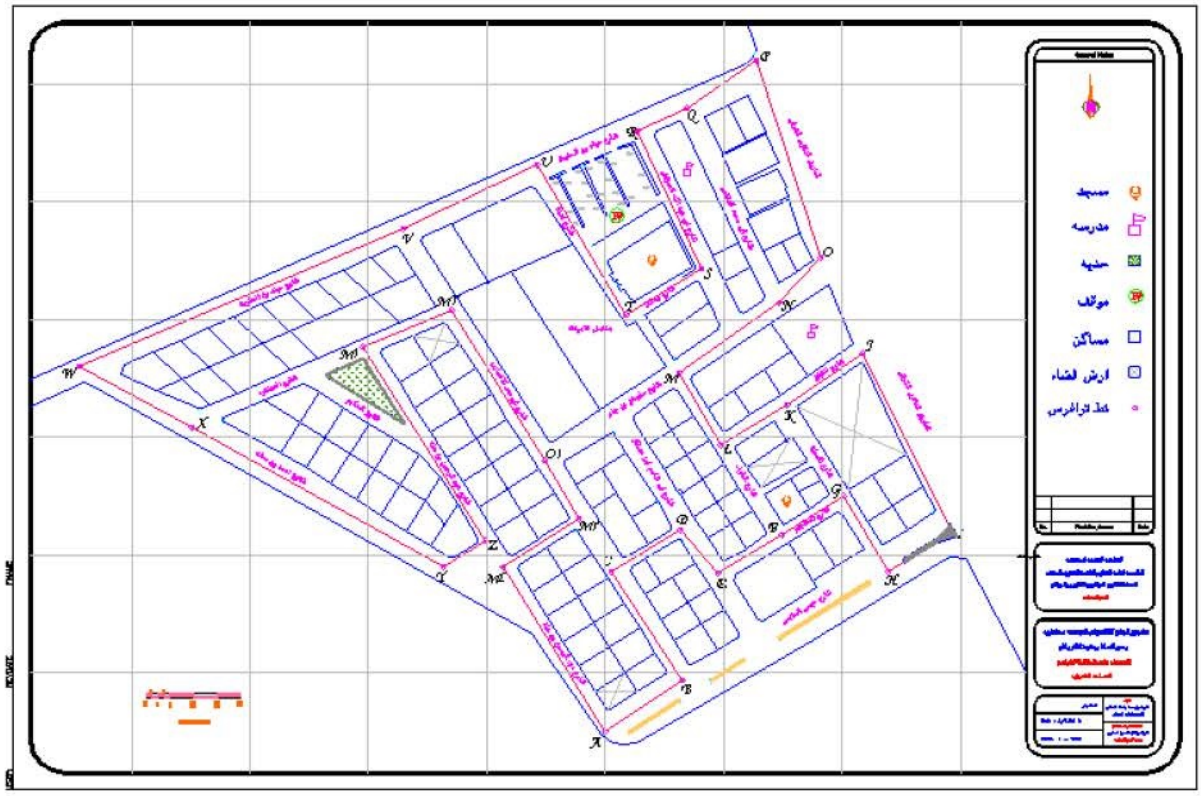
وهي خرائط تمثل سطح الأرض على أنه سطح مستوٍ وتستعمل في رفع المساحات الصغيرة والمتوسطة . وتنقسم خرائط المساحة المستوية إلى قسمين:

1- خرائط المساحة التفصيلية.

2- خرائط المساحة الطبوغرافية.

1 **خرائط المساحة التفصيلية** (Cadastral Maps)

وهي خرائط توضح حدود وتفاصيل الملكيات المختلفة ,وعادة تكون بمقياس رسم كبير مثل 1 : 500 أو 1 : 1000 أو 1 : 2500 وغيرها. ويحدد الغرض من الخريطة مقياس الرسم المطلوب لرسم الخريطة



خريطة تفصيلية:

استعمالات الخرائط التفصيلية :

1- تحديد مساحات الأراضي والعقارات المختلفة.

2- تحديد الملكيات.

3- تستخدم في عمليات تقسيم الأراضي وتعديل الحدود.

4- تستخدم في عمليات نقل أو نزع الملكية.

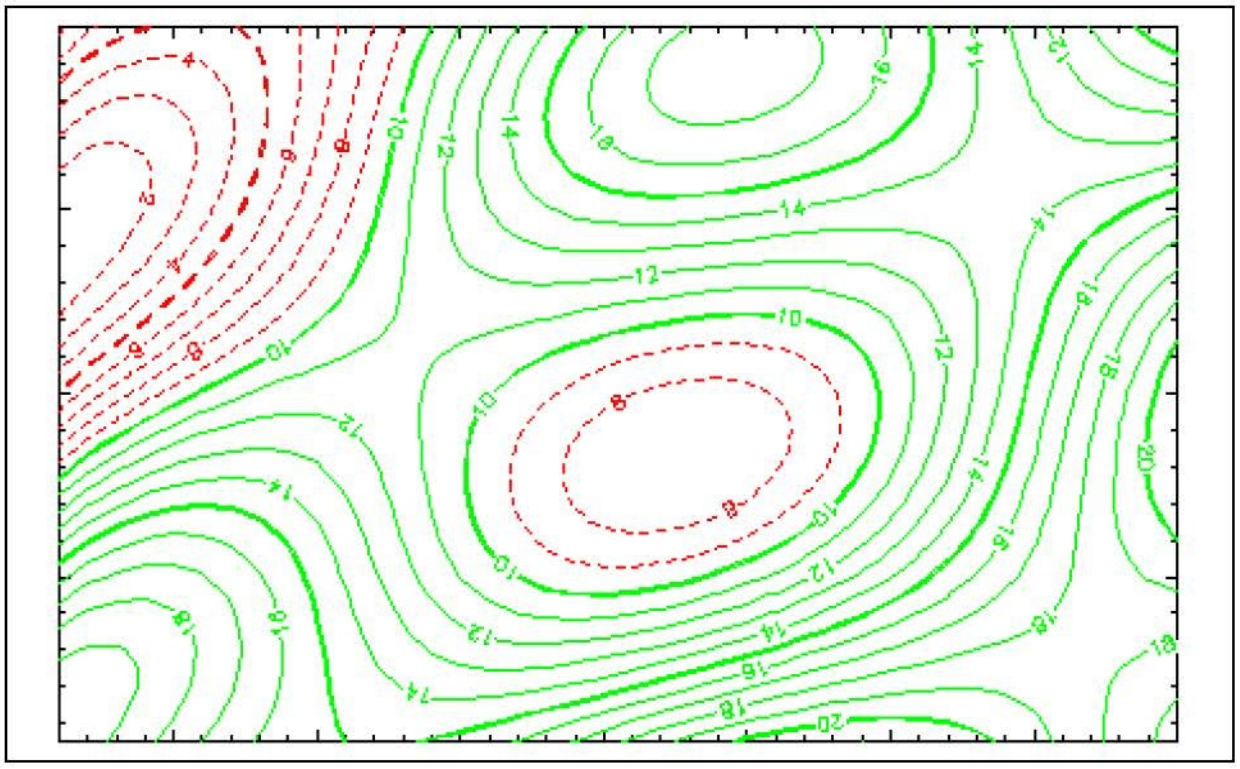
5- تستخدم في عمليات البيع والشراء و المنازعات القضائية.

6- تستخدم في تخطيط وتوقيع المشاريع المختلفة.

2 خرائط المساحة الطبوغرافية : (Topographic Maps)

وهي تبين المعالم الأساسية للمنطقة كما توضح طبوغرافية المنطقة أي طبيعة الأرض من حيث الارتفاع

والانخفاض نسبة إلى المنسوب المرجعي . ويوجد أيضاً لها مقاييس مختلفة للرسم مثل 1 : 5000 وغير ذلك شكل



خريطة طبوغرافية

استعمالات الخرائط الطبوغرافية :

1- معرفة تضاريس سطح الأرض وذلك بقراءة خطوط الكنتور.

2- معرفة شبكة الطرق والسكك الحديدية القائمة أو إجراء دراسات لإنشاء شبكات جديدة.

3- إجراء الدراسات المختلفة للمشاريع الهندسية كما في الري والصرف.

4- تستخدم في الدراسات العسكرية للأغراض الحربية.

5- تستخدم في عمليات التسوية المختلفة.

وبجانب هذه الأنواع من الخرائط المساحية توجد أنواع أخرى من الخرائط وذلك حسب الغرض منها مثل:

- الخرائط الجغرافية.
- الخرائط الملاحية.
- الخرائط الجيولوجية.
- خرائط الطقس.

الباب الثانـى

التيودليـــــت

1-2 التيودليت يعتبر جهاز التيودوليت من أدق الاجهزة المستخدمة في رصد الاتجاهات وقياس وتوقيع الزوايا

في المستويات الافقية والراسية وذلك في جميع فروع المساحة والجيوديسيا ويمكن تلخيص أهم مجالات استخدام التيودوليت في الاتـــي.

1 - الارصاد الفلكية.

2 - عمل الميزانيات المثلثية الجيوديسية.

3 - ارصاد الشبكات المثلثية بدرجاتها المختلفة.

4 - توقيع المنحنيات.

5- توقيع محاور الطرق وأنابيب المياة و الصرف الصحي والسكك الحديدية والكباري وقواعد الماكينات والتركيبات.

6- تخطيط المنشات الهندسية المختلفة.

2-2 وصف وتركيب جهاز التيودوليت:

ظهرت عدة أشكال من أجهزة التيودوليت تم تصنيعها من العديد من الشركات المتخصصة في هذا المجال وقد طرأت العديد من التعديلات علي بعض أجزاء هذا الجهاز

1- الاليداد

وهو الجزء العلوي من الجهاز ويشمل المنظار المساحي الذي يدور حول محور افقي يرتكز علي حاملين مثبتان علي غطاء الدائرة الافقية ويسمحان بدوران المنظار دورة كاملة بحيث تكون الدائره الراسية المتصلة بالمنظار مرة علي يمين الراصد فيقال ان الجهاز متيامن ومرة علي يسار الجهاز فيقال ان الجهاز متياسر ويمكن التحكم في حركة دوران المنظار في المستوي الرأسي بجعلها سريعة أو بطيئة أو تثبيتها حسب الرغبة وذلك باستعمال مسمارين احدهما السريع والاخر للحركة البطيئة.

التيودليت البصرى

و منظار التيودوليت يتكون من انبوبة طولها حوالي 20 سنتيمترا في طرفيها العدسة الشيئية و العدسة العينية. ويتصل بالمنظار ويدور معة حول المحور الافقي الدائرة الراسية المصنوعة من معدن او من مادة شفافة ذات حافة مقسمة الي درجات واجزائها (نفس تدريج الدائرة الافقية) وهي تدور مع المنظار بحيث اذا كان افقيا فان قراءة الدائرة تكون 90 درجة في بعض الاجهزة او 270 في البعض الاخر (وذلك في حالة الاجهزه الميكانيكية).

2- الدائرة الافقية

هي عبارة عن قرص مصنوع من المعدن او من مادة شفافة حافته مقسمة الي درجات واجزائها وتدور الدائرة الافقية حول محور راسي ويختلف قطر الدائرة الافقية باختلاف انواع الاجهزه الا ان اغلبها لايزيد قطره عن يضع بوصات.وغالبا ماتغطي الدائرة الافقية بغطاء معدني متصل بالالبداد. وتتصل الدائرة الافقية مع غطائها هذا بمسمارين احدهما للحركه السريعة والاخر للحركة البطيئة (المجموعة العليا لمسامير الحركة الافقية).

3-القاعدة

هي الجزء الثابت من الجهاز وتتصل بالحامل الثلاثي الذي يركب علي الجهاز بواسطة مسمار ربط. وبالقاعدة ثلاثة مسامير تسوية لجعل المحور الراسي للجهاز راسيا بالضبط وهي ترتبط مع الدائرة الافقية بمسماري للحركة احداهما للحركه السريعة والاخر للحركه البطيئة (المجموعة السفلي لمسامير الحركة الافقية باسفل القاعدة) خطاف لتعليق خيط الشاغول الذي يستعمل لتسامت

الجهاز فوق النقطة المحدده لراس الزاوية. وفي بعض الاجعهزه تكون القاعده مصنوعه بحيث تسمح بحركة الجهاز افقيا حتي يمكن ضبط تسامت الجهاز وذلك بالاضافة الي الحركة الرحويه لراس الحامل.

4- موازين التسوية

يوجد علي غطاء الدائرة الافقية بين الحاملين الراسيين ميزان تسويه طولي او ميزانين طوليين متعامدين و هو مكيزان التسوية الرئيسي للجهاز والذي يستخدم لجعل الراسي للتيودوليت راسيا بالضبط وعادة يثبت بقاعدة الجهاز ميزان تسوية دائري يستعمل للضبط المبدئي للافقيه؛ كما يوجد في بعض اجهزة التيودوليت ميزان تيوية اخر مثبت علي غطاء الدائره الراسية.

3-2 وصف وتركيب جهاز التيودوليت:

1- الحامل اثلاثي

2- الشاغول

وهو عباره عن خيط ينتهي بثقل له سن مدبب ويثبت خيط الشاغول بواسطة خطاف يقع اسفل راس الحامل ويقع علي امتداد المحور الراسي للجهار؛ ويساعد الشاغول في عملية التسامت.

3- البوصلة

بعض اجهزة التيودوليت مجهز ببوصلة مثبته بين الحاملين علي قرص مدرج وبعضها معد بحيث يمكن تثبيت البوصله فية عند الحاجة الي استعمالها.

4- اضاءة داخلية

قد يستعمل التيودوليت ليلا اوفي اوقات يكون الضوء فبها ضعيفا وللك يضاء حامل الشعرات وقراءات الورنيات او الميكروميترات اما اضاءه كهربائيه بواسطة بطاريه ملحقة بحامل الجهاز او تضاء بواسطة مصباح يدوي يثبت في موقع خاص علي احد الحاملين حتي يدخل قليل من الضوء لتوضيح حامل الشعرات بطريقه لا تمنع رؤية الهدف المرصود.

5- تسامت ضوئي

عباره عن منظار صغير مثبت بقاعدة الجهاز ومركب امامة منشور ثلاثي يقع تماما اسفل المحور الراسي للجهاز بحيث يجعل خط النظر ينطبق علي المحور الراسي للجهاز ويعكس المنشور صورة النقطة الممثله لرأس الزاوية ويتم التسامت بتحريك الجهاز لتنطبق شعرات المنظار علي هذه النقطة.

6- صندوق الجهاز

يوضع الجهاز عادة في صندوق من الخشب او البلاستيك المقوي ومعد بحيث يكون الجهاز في وضع ثابت لا يتحرك او يهتز في الصندوق اثناء الانتقال بالجهاز من مكان لاخر. وعند وضع الجهاز في الصندوق نفك جميع مسامير الربط السريعةحتي يستقر الجهاز في الصندوق. ومثبت بصندوق الجهاز من الخارج احزمه تستعمل لحمل الجهاز فوق الظهر او في الكتف عند الانتقال في الاماكن الوعرة.

4-2 استعمال التيودوليت واختباره وضبطة:

في كل مره يستعمل فيها التيودوليت يجب ان تتحقق فيه شروط ثلاث تنتهي بانتهاء العمل به وتسمي شروطا مؤقته، كما ان الجهاز نفسه لكي يعطي النتائج الصحيحة، يجب ان تتحقق في تركيبه شروط تسمي الشروط الدائمه وهذه يتم اختبارها وضبطها عند شراء الجهاز او بصفة دوريه لاحتمال تاثر الجهاز بطول فترة الاستعمال.

2- 4-1 الضبط المؤقت للجهاز عند استعماله

عند البدء في استعمال الجهاز يجب تحقيق ما ياتي:-

1- تسامت الجهاز فوق نقطة الرصد

2- ضبط افقية الجهاز

3- ضبط التطبيق(تصحيح خطا الوضع)

عند توجيه المنظار نحو اي هدف يجب ان تكون صورته واضحة للناظر في العينيه ويتحقق ذلك عندما تنطبق صورة الهدف علي مستوي حامل الشعرات تماما. ويتم ذلك بان نحرك العينيه في بداية العمل الي الامام او الخلف حتي نري الشعرات واضحة تماما ثم نوجه المنظار توجيها خارجيا علي النقطه المطلوب رصدها ثم ننظر من خلال المنظار ونحرك مسمار التطبيق حتي تظهر الصوره واضحة تماما ونتاكد من انها في مستوي الشعرات بان نحرك العين يمينا ويسارا او الي اعلي و الي اسفل ونتاكد من عدم وجود خطا الوضع اي عدم وجود حركة نسبيه بين الصورة والشعرات.

2-4-2 الضبط الدائم لجهاز التيودوليت

يجب ان تحقق اجزاء التيودوليت ومحاوره بعض العلاقات الهندسية الدقيقة فيما بينها يجب اختبار الجهاز والتحقق من هذه العلاقات الهندسية وضبطه اذا وجد به اي خطا وذلك عند شراء الجهاز

او عند القيام بمشروع هام يحتاج الي نتائج دقيقة او عند تعرض الجهاز لسوء استخدام وكذلك بصفة دوريه للتاكد من عدم حدوث اي خلل في الجهاز نتيجة طول فترة الاستخدام.

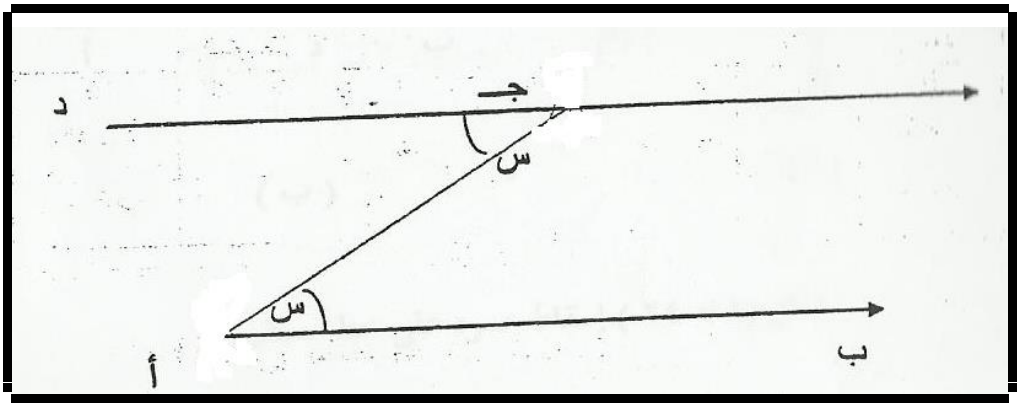
تطبيقات التيودليت

3- قياس الزوايا الراسية

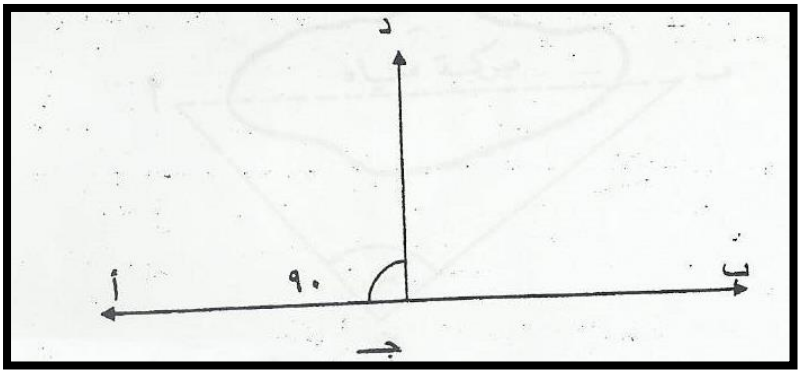
يلاحظ قبل البدء في قياس الزوايا الراسية ان نعين خطأ البداية او الاستدلال فان وجد فنصححة الياً او ندخلة في الحساب عند تقدير قيمة الزاوية الراسية ويلاحظ ان التيامن والتياسر يلاشي هذا الخطأ الا انه في بعض الاحيان حيث يكون الرصد علي هدف متحرك مثل الارصاد الفلكية او الارصاد الجوية يحتاج الامر لقياسات متكررة علي وضع واحد فقط اما متيامن او متياسر. ولذلك يلزم تحديد قيمة خطأ البداية اولاً علي هدف ثابت قبل الرصد ثم ادخال قيمتة في الحساب للحصول علي القيم الصحيحة لزوايا الارتفاع. ويلاحظ انة في الاجهزه الميكانيكية اذا كان خط النظر افقياً فان قراءة الدائرة الراسية تكون 90 درجة في احد الوضعين المتيامن او المتياسر وتكون 270 درجة في الوضع الاخر.

4- تعيين امتداد خط علي استقامتة

5- توقيع خطوط متوازية



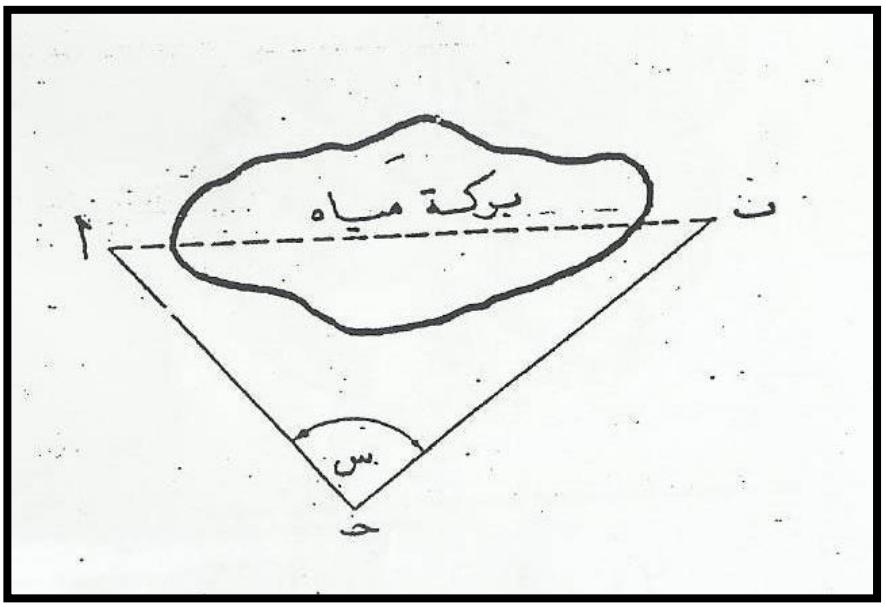
6- اقامة خط عمودي علي خط مستقيم من نقطة واقعة علية



8- ايجاد طول خط يعترض قياسة عقبات

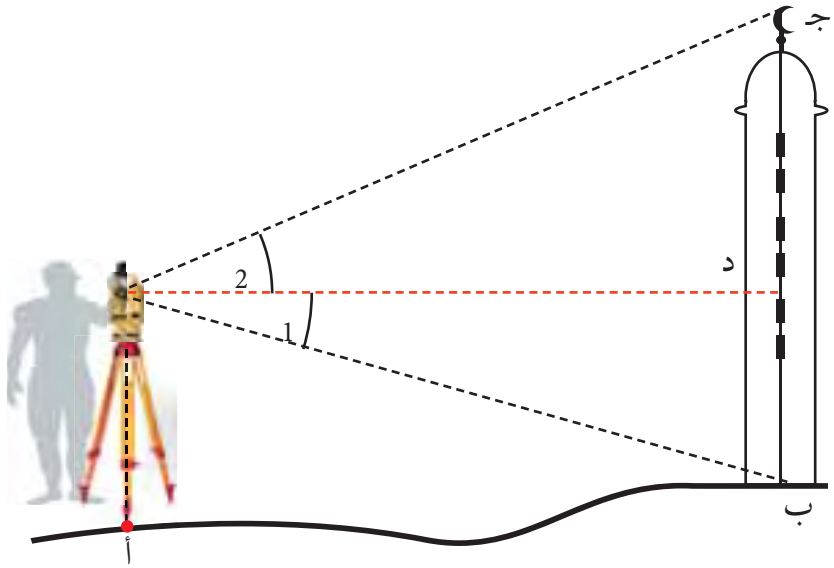
لحساب الطول أ ب الذي يعترض قياسة عقبة نختار نقطة مناسبة مثل ج كما في الشكل ثم نقيس الزاوية أ ج ب ولتكن س وكذا نقيس الطولين أ ج ، ب ج ونحسب الطول أ ب كالاتي:

$(أ\ ب)^2 = (أ\ ج)^2 + (ب\ ج)^2 - 2$ أ ج × ب ج حتا س



9 **إيجاد ارتفاع هدف يمكن الوصول إلى قاعدته ولا يمكن الوصول إلى قمته :**

يمكن استعمال هذه الطريقة لإيجاد ارتفاع مئذنة (ب جـ) كما في الشكل أدناه المجاور .



ولإيجاد الإرتفاع ب جـ نتبع الخطوات الآتية :

أ- يتم ضبط الجهازفوق النقطة (أ) وتقاس الزوايا ١ ، ٢ .

ب- باستخدام الشريط نقيس المسافة الأفقية بين الجهاز والهدف .

يتم حساب الإرتفاع من خلال العلاقة المثلثية :

ظا هْ = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$ ، نلاحظ من الشكل

$$\frac{\text{ب د}}{\text{د أ}} = \text{ظا} \measuredangle ١$$

ب د = د أ x ظا $\measuredangle$ ١

$$\frac{\text{جـ د}}{\text{د أ}} = \text{ظا} \measuredangle ٢$$

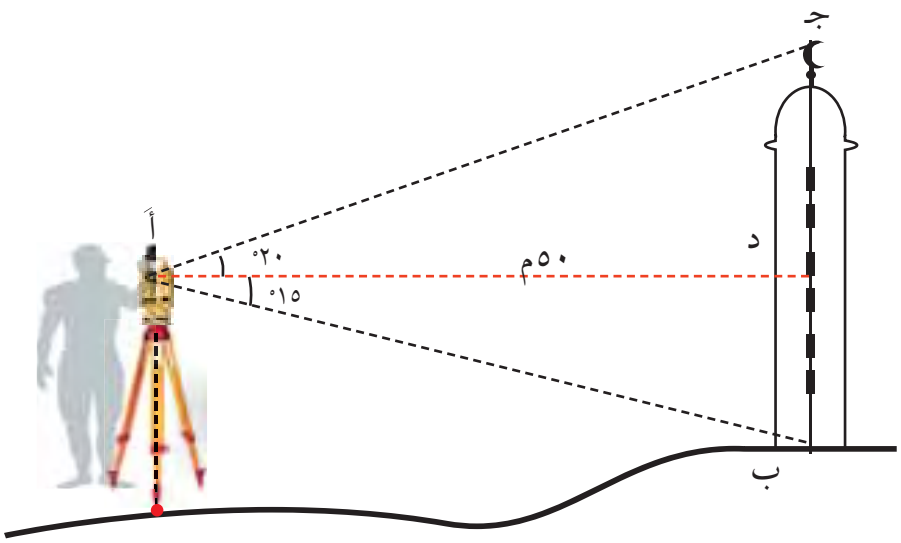
جـ د = أ د x ظا $\measuredangle$ ٢

إذن إرتفاع الهدف جـ ب = جـ د + د ب

مثال

جد ارتفاع المئذنة (ب جـ) الموضحة في الشكل إذا علمت إن : $\measuredangle$ جـ أ د = ٢٠° (زاوية ارتفاع)، $\measuredangle$ د أ ب = ١٥° (زاوية انخفاض)، والمسافة الأفقية بين النقطة أ وأسفل المئذنة = ٥٠ م .

الحل:



من الشكل

$$\frac{\text{جـ د}}{\text{د أ}} = \text{ظا} \measuredangle ٢٠^\circ$$

$$\frac{\text{جـ د}}{٥٠\text{م}} = \text{ظا} \measuredangle ٢٠^\circ$$

$$\text{جـ د} = ١٨,٢٠\ \text{م}$$

$$\frac{\text{ب د}}{\text{د أ}} = \text{ظا} \measuredangle ١٥^\circ$$

$$\frac{\text{ب د}}{٥٠} = \text{ظا} \measuredangle ١٥^\circ$$

$$\text{ب د} = ١٣,٤٠\text{م}$$

$$\text{جـ ب} = ١٨,٢٠\text{م} + ١٣,٤٠\text{م} = ٣١,٦٠\text{م}$$

العوامل التي تؤثر على دقة قياس الزوايا باستخدام جهاز الثيودوليت :

١ بعد أو قرب المسافة بين الهدف المرصود والجهاز .

٢ طبيعة الهدف : هل الهدف ظاهر أو مشار إليه بشاخص .

٣ نوعية جهاز الثيودوليت .

٤ مدى خبرة المساح في تقدير القياسات في بعض الأجهزة .

٥ الحالة الجوية كالرطوبة ، والرياح ، ودرجة الحرارة ، وانكسار الضوء .

٦ عدم ضبط واستخدام الجهاز بشكل سليم .

النسب المثلثية لحل المثلث

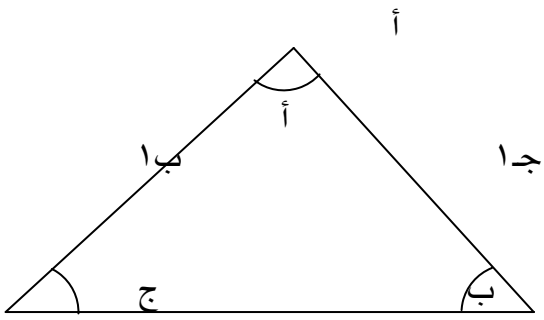
أب ج مثلث فيه :

أ ، ب ، ج ← زوايا رؤوس المثلث

أ١ = الطول ب ج مقابل الزاوية أ

ب١ = الطول أ ج مقابل الزاوية ب

جـ١ = الطول أ ب مقابل الزاوية ج



النسب المثلثية لحل المثلث :-

١- قاعدة الجيب (sine low)

$$\frac{أ١}{جا\ أ} = \frac{ب١}{جا\ ب} = \frac{جـ١}{جا\ جـ}$$

٢- قاعدة جيب التمام (cosine low)

١- $جتا\ أ = \frac{(ب_{١})^{٢} + (ج_{١})^{٢} - (أ_{١})^{٢}}{٢ \times ب_{١} \times ج_{١}}$

٢- $جتا\ ب = \frac{(أ_{١})^{٢} + (ج_{١})^{٢} - (ب_{١})^{٢}}{٢ \times أ_{١} \times ج_{١}}$

٣- $جتا\ ج = \frac{(أ_{١})^{٢} + (ب_{١})^{٢} - (جـ_{١})^{٢}}{٢ \times أ_{١} \times ب_{١}}$

مساحة المثلث بمعلومية أطوال الأضلاع = $\sqrt{ح \times (ح - أ_{١}) \times (ح - ب_{١}) \times (ح - جـ_{١})}$

حيث ح = نصف محيط المثلث = $\frac{أ_{١} + ب_{١} + جـ_{١}}{٢}$

3 – 3 تصنيف أجهزة الثيودوليت :

أولاً : التصنيف حسب طريقة رصد القراءة على الدائرة الأفقية والرأسية :

1. الثيودوليت ذو الورنية وقد قل استعماله الآن.
2. الثيودليت العادي (الحديث أو البصري) وهو مزود بميكرومتر لقراءة الدائرة الأفقية والرأسية وهو موضوع هذه الوحدة.
3. الثيودوليت الرقمي : حيث تظهر القراءة مباشرة على شاشة مزود بها الجهاز.
4. و ثيودوليت الليزر (المحطة الشاملة) والذي يمكن من خلاله من قياس الزوايا الأفقية والراسية وكذلك المسافات الكترونيا .

ثانياً : التصنيف حسب الدقة :

1. أجهزة ثيودوليت ذات دقة عالية : وتستخدم في الأرصاد الفلكية وفي رصد زوايا شبكات المثلثات من الدرجة الأولى والثانية.

2. أجهزة ثيودوليت دقيقة : وهي تستخدم في رصد زوايا شبكات مثلثات الدرجتين الثالثة والرابعة

3 أجهزة ثيودوليت متوسطة وعادية الدقة : وتستخدم في أعمال المضلعات

التيودوليت الرقمي Digital Theodolite

في التيودوليت الرقمي يتم تطبيق نظام الكتروني يمكن بواسطتة اظهار قراءة كل من الدائرة الافقية والرأسية بصورة رقمية علي شاشة من النوع Light Emitting Diodes (LEDs) أو من النوع Liquid Crystal Display (LCD) وهي تشبة الي حد كبير شاشة الالة الحاسبة.

وتعتمد نظرية هذه الاجهزة علي استبدال الدائرة الافقية والرأسية بدوائر خاصة مصنوعة من الزجاج وموقع عليها كود يتم عن طريقة تحديد قراءة الدائرة الكترونياً.

وأجهزة التيودوليت الرقمية عادة تكون مزودة بوسيلة تخزين لقراءة الدائرة الافقية والرأسية وذلك في ذاكرة ملحقة بالجهاز يمكن نقلها فيما بعد الي جهاز الكمبيوتر بدلاً من تسجيلها في دفتر الغيط. كما ان هذه الاجهزه تكون معدة بحيث يمكن ان يرفق بها جهاز اليكتروني لقياس المسافات (EDM) للقيام بقيلس الزوايا و أطوال الاضلاع

تيودوليت رقمى

الثيوردوليت الرقمي (Digital Theodolite):-

5- 1 مزايا الثيودوليت الرقمي:

1- سهولة العمل عليه في قراءة الزوايا.

2- السرعة في إنجاز العمل.

3- يمكن ربطه بالحاسب أو التخزين على بطاقة (كارت).

5 – 2 عيوب الثيودوليت الرقمي:

1- سرعة تلفه مقارنة بالثيودوليت العادي (البصري).

2- يحتاج إلى بطارية لتغذيته بالطاقة وبالتالي قد يتعطل العمل بنفاذ البطارية.

3- يحتاج إلى عناية ورعاية خاصة أكثر من الثيودوليت العادي.

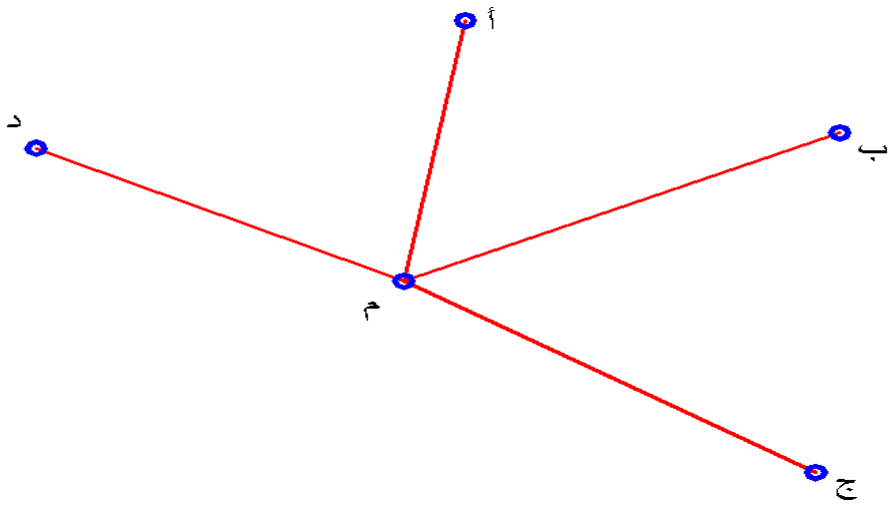
4- أكثر تأثراً بالظروف الجوية.

رصد الزوايا الافقية

- وتسمى هذه الطريقة أيضاً بطريقة قفل الأفق.
- تفضل هذه الطريقة إذا كان عدد الزوايا عند نقطة الرصد كبيراً وتستخدم عادة عند رصد زوايا المثلثات والمضلعات ومن عيوبها أن أي خطأ في رصد أحد الاتجاهات يؤثر على الاتجاه الذي يليه وبالتالي جميع الاتجاهات الموجودة، وذلك إذا رصدت على وضع واحد للجهاز (متياسر أو متيامن).

مثال توضيحي :

إذا كان المطلوب قياس الزوايا الأفقية بين الأهداف (أ,ب,ج,د)من النقطة (م) فيما يلي الخطوات المتبعة للرصد : شكل (3- 14).



شكل(3- 14): الأهداف المرصودة

1. نضع شواخص رأسية تماماً فوق النقط التي سيتم الرصد عليها (أ ، ب، ج، د) على أن يكون سن الشاخص فوق النقطة.
2. نثبت جهاز الثيودوليت فوق نقطة الرصد (م) ونجري عملية الضبط المؤقت (التسامت وضبط الأفقية توضيح الرؤية وحامل الشعرات).
3. نختار اتجاه الرصد – بحيث يكون للنقطة الأكثر وضوحاً للراصد ويفضل أن تكون أبعد النقط المرصودة عن نقطة الرصد (للدقة في تنصيف الهدف) لأنها ترصد مرتين ، وحتى يكون القفل (قفل الأفق) أقل ما يمكن وغير متأثر بعدم وضوح الهدف – وليكن اتجاه النقطة (أ).
4. نوجه منظار الثيودوليت للنقطة (أ) (اتجاه البداية) ونتخلص من البارالاكس – الشروط الثلاث للضبط المؤقت (التسامت – ضبط الأفقية – إزالة خطأ الوضع)، تكون الشعرة الرأسية منصفة تماماً لمركز النقطة (أ) أو الشاخص الرأسي، ذلك والجهاز في الوضع المتياسر.
5. نجعل قراءة الدائرة الأفقية تساوي "30 '00 00 أي نصفر الجهاز ونسجل القراءة '00 00 "30 بالجدول المعد لذلك انظر الجدول رقم (1) مقابل الهدف المرصود(أ) (ووضع الجهاز متياسر (س).

   ونسجل أيضاً الأهداف المرصودة على الترتيب في اتجاه عقارب الساعة بداية من نقطة البداية (أ) في العمود الأول من الجدول فتكون على الترتيب (أ ، ب، ج، د ، أ).

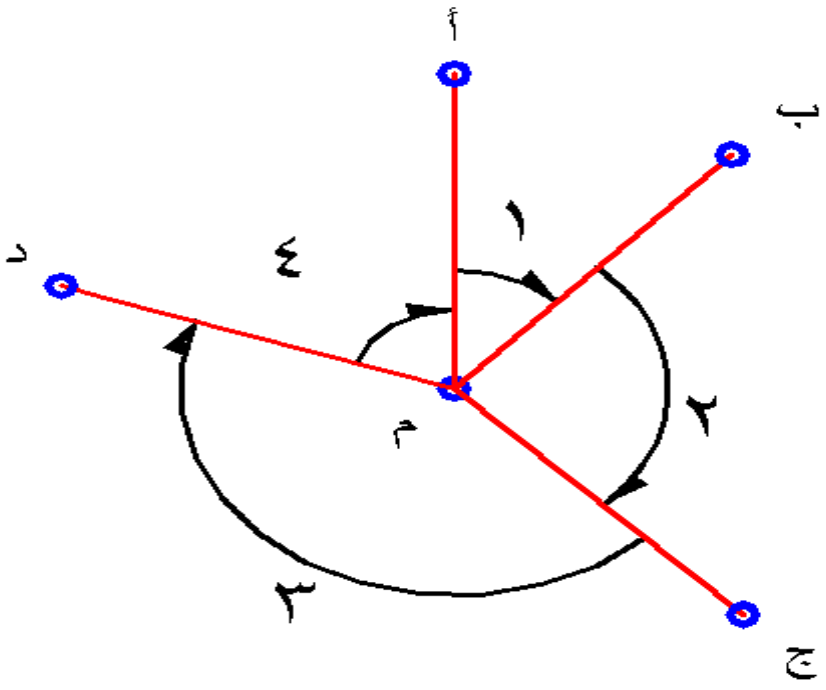
   ونسجل بقية بيانات الجدول مع رسم الكروكي للأهداف المرصودة.

   (كما بالجدول رقم (3- 5).
6. ندير المنظار في اتجاه عقارب الساعة (جهة اليمين) لرصد النقطة (ب) ونتم العمليات التالية على الترتيب (التوجيه الدقيق على الهدف – التطبيق – قراءة الدائرة الأفقية) ولتكن قراءة الدائرة الأفقية "10 '23 40ْ وتسجل بالعمود الثالث من الجدول مقابل الهدف المرصود (ب) ووضع الجهاز (س) متياسر. (كما موضح بالجدول (4- 5).
7. ندير المنظار في اتجاه عقارب الساعة لرصد النقط (أ ، ب، ج) على الترتيب ونتم العمليات السابق ذكرها بالخطوة (6) لكل من الأهداف المرصودة ولتكن قراءة الدائرة الأفقية عند (C) "59 '05 135ْ ، وعند (D) "04 '14 288ْ ، وعند (A) "33 '00 00ْ وتسجل كما بالجدول رقم (3- 5).

8. بعد قفل الأفق على النقطة (أ) في الوضع المتياسر ندير المنظار حول محوره الأفقي 180ْ ثم ندير الأليداد عكس اتجاه عقارب الساعة (جهاز اليسار) 180ْ لنجعل الجهاز في الوضع المتيامن ونرصد النقطة (أ) مرة أخرى ونتم العلميات السابق ذكرها في الخطوة (6) ولتكن قراءة الدائرة الأفقية "00 '35 180ْ ونسجلها بالعمود الثالث من الجدول
أسفل القراءات السابقة مقابل الهدف المرصود (أ) ووضع الجهاز (م)
متيامن.

9. ندير المنظار عكس اتجاه عقارب الساعة لرصد النقط (أ ،ب،ج،د) على الترتيب مع إتمام العمليات السابق ذكرها في الخطوة رقم (6).
ولتكن قراءات الدائرة الأفقية عند (د) "04 '14 108 ، وعند (ج) "01 '06 315 ، وعند (ب)"12 '22 26ْ وعند (أ) 30ً 00 180ْ وتسجل بالعمود الثالث من أسفل لأعلى على الترتيب عند النقط (أ ،ب،ج،د) كما بالجدول رقم (3- 5).

10. بذلك نتم عملية الرصد للزوايا الأفقية بين النقط (أ ، ب، ج، د) من نقطة (م) على قوس واحد بطريقة قفل الافق شكل 2-15



شكل 2-15 : الزوايا المرصودة

حساب الزوايا الأفقية :

لحساب الزوايا الأفقية بين النقط (أ ، ب، ج، د) المرصودة من نقطة (م) والمسجل أرصادها بالجدول رقم (3- 1) نتبع الخطوات التالية:

إيجاد متوسط القراءتين :

في العمود الرابع من الجدول انظر الجدول رقم (3- 5) متوسط القراءتين نوجد متوسط قراءتي الدائرة الأفقية للاتجاه المرصود على كلا وضعي الجهاز المتياسر والمتيامن وذلك باستخدام القانون التالي.

$$\text{المتوسط} = \frac{\text{قراءة الوضع المتياسر} + \text{قراءة الوضع المتيامن}}{2} \pm 180$$

+ إذا كان قراءة الوضع المتياسر أكبر من 180

− إذا كان قراءة الوضع المتياسر أصغر من 180

إيجاد مقدار الزاوية الأفقية:

في العمود الخامس من الجدول مقدار الزاوية نوجد مقدار الزاوية الأفقية المحصورة بين اتجاهين متتاليين وذلك بطرح مقدار أي اتجاه من مقدار الاتجاه التالي له مباشرة كالتالي:

مقدار الزاوية للهدف أ = "10 '11 °40 − "30 ' 00 ° 00 ° = "40 '21 °40

مقدار الزاوية للهدف ب = "00 °135 − "11 ' 33 °40 = "49 ' 43 °94

مقدار الزاوية للهدف ج = "04 °14 °288 − "00 ° 06 °135 = "04 ' 08 °153

مقدار الزاوية للهدف د = (°360 + "34 ' 00 ° 00) − "04 °14 °288 = "30 '46 °71

إيجاد خطأ قفل الأفق:

لإيجاد خطأ قفل الأفق حول نقطة الرصد

نجمع الزوايا الأفقية حول نقطة (م) ونسجل المجموع في آخر خانة من العمود الخامس مقابل خانة المجموعة.

مجموع الزوايا الأفقية حول نقطة (م) =1+2 + 3 + 4 =" 04 ' 00 °360

مجموع الزوايا الأفقية حول أي نقطة = 360ْ.

هناك فرق بين مجموع الزوايا الأفقية المرصودة حول نقطة (م) والمجموع النظري للزوايا الأفقية حول أي نقطة هذا الفرق يسمى بخطأ قفل الأفق.

خطأ قفل الأفق = مجموع الزوايا الأفقية حول نقطة الرصد – 360ْ

خطأ قفل الأفق = 04ً 00ْ 360ْ – 00ً 00ْ 360ْ = + 04ً 00ْ 00ْ

ويسجل هذا الفرق في الخانة السفلى من الجدول.

إيجاد قيمة تصحيح خطأ قفل الأفق بعكس إشارة الخطأ

في العمود السادس من الجدول نوجد قيمة تصحيح خطأ قفل الأفق لكل زاوية مرصودة لتصحيح خطأ قفل الأفق يوزع الخطأ على الزوايا المرصودة بعكس إشارته.

مقدار التصحيح لكل زاوية مرصودة =	خطأ قفل الأفق / عدد الزوايا المرصودة

مقدار تصحيح خطأ قفل الأفق لكل زاوية مرصودة = $\frac{4''}{4}$ = 1ً

ويسجل في العمود السادس مقابل كل زاوية مرصودة.

إيجاد قيمة الزاوية الأفقية المصححة نتيجة لخطأ قفل الأفق:

في العمود السابع من الجدول الزاوية المصححة (نتيجة لخطأ القفل)

ونحصل عليها كالتالي:

مقدار الزاوية المصححة =مقدار الزاوية المرصودة ± قيمة التصحيح

الزاوية ^1 المصححة = 41ً 21ٌ 40ٌ – 01ً 00ٌ 00ٌ = 40ً 21ٌ 40ٌ

الزاوية ^2 المصححة = 49ً 43ٌ 94ٌ– 01ً 00ٌ 00ٌ = 48ً 43ٌ 94ٌ

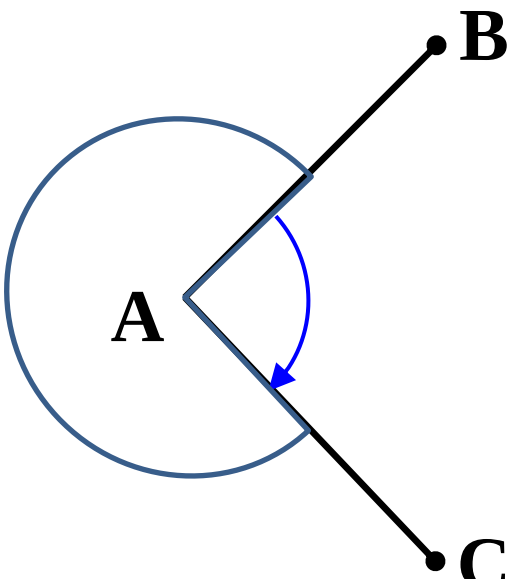
الزاوية ^3 المصححة = 04ً 08ٌ 153ٌ – 01ً 00ٌ 00ٌ = 03ً 08ٌ 153ٌ

الزاوية ^4 المصححة = 30ً 46ٌ 71ٌ – 1ً 00ٌ 00ٌ = 29ً 46ٌ 71ٌ

يجب أن يكون مجموع الزوايا المصححة مساوياً لمجموع الزوايا حول نقطة.

نجمع الزوايا المصححة فنجد أن المجموع = 360ٌ

ونسجل المجموع في الخانة الأخيرة من العمود السابع مقابل خانة المجموع).



مثال لإحدى الزوايا المقاسة بطريقة القياس الفردى وفى الوضعين المتيامن والمتياسر

Inst. Station	Stn. Sighted	Face	Circle reading (° ′ ″)	Mean of faces (° ′ ″)	Angle value (° ′ ″)	Adjusted value
A	B	L	00 00 15			
		R	180 00 25	00 00 20		
	C	L	47 15 30		47 15 15	47 15 10
		R	227 15 40	47 15 35		
	B	L	00 00 25			
		R	180 00 35	00 00 30	312 44 55	312 44 50
					360 00 10	360 00 00

جدول أرصاد الزوايا الأفقية

النقطة المحتلة/ م درجة النقطة/ نوع الثيودليت/ Wild T2 رقم القوس/1

تاريخ الرصد/ وقت الرصد/ دقة الجهاز/ 1ً اسم الراصد/

كروكي الأهداف المرصودة	رقم الزاوية	الزاوية المصححة	قيمة التصحيح	مقدار الزاوية	متوسط القراءتين	قراءة الدائرة الأفقية	وضع الجهاز	الأهداف المرصودة
						00 00 30	س	أ
						180 00 30	م	
						040 22 10	س	ب
						220 22 12	م	
						135 05 59	س	ج
						315 06 01	م	
						288 14 04	س	د
						108 14 04	م	
						000 00 33	س	أ
						180 00 35	م	
	المجموع							
خطأ قفل الأفق =					مسموح = غير مسموح			

البـــاب الثالـــث

جهاز المحطة الشاملة

جهاز قياس المسافات والزوايا إلكترونياً المحطة الشـاملةTotal Station

تمتاز أجهزة قياس المسافات والزوايا إلكترونيا بأنها عبارة عن وحدة واحدة لقياس كلا العنصرين، والمحطة الشاملة من الأجهزة الحديثة التي يعتمد عليها في الأعمال المساحية وهو مزود بوحدة ميكروكومبيوتر لها إمكانيات كبيرة في التعامل مع عدة برامج حقلية وإعطاء نتائجها على شاشة الجهاز أو أي وسيلة لإخراج البيانات بالإضافة إلى وحدات التخزين الكبيرة الموجودة بالجهاز(كرت الذاكرة).

أجزاء جهاز المحطة الشاملة :

تتكون المحطة الشاملة من الأجزاء التالية والتي تعمل بالحقل معاً لإنتاج الخريطة: -

١. جهاز المحطة الشاملة (Total station) لقياس المسافات والزوايا إلكترونياً.
٢. وحدة تخزين البيانات PCM CIA card
٣. جهاز حاسب إلى حقلي لعمل الحسابات المساحية باستخدام برامج جاهزة لهذا الغرض.
٤. وحدة إسقاط ورسم الخرائط إلكترونياً طبقا للبيانات المساحية التي حسبت وضبطت بواسطة الحاسب الآلي.

وهذه الأجهزة جميعا متصلة ببعضها.

وسوف نعرض بعض أنواع أجهزة المحطة الشاملة Total Station المختلفة المستخدمة في الحياة العملية. وسنقوم بشرح إحدى هذه الأجهزة شرحاً مفصلاً ودقيقاً للتعرف على أجزائه وكيفية إعداده للرصد والتدريب على طريقة استخدامه.

بعض أنواع أجهزة المحطة الشاملة Total Station المختلفة المستخدمة في الحياة العملية.

١. أجهزة من إنتاج شركة Sokkia

ومنها أجهزة Power set - Set 2 - Set 3 - Set 4

والشكل رقم (٤–أ) يوضح أحد أنواع هذه الأجهزة وهو Sokkia Set 3110

٢. أجهزة من إنتاج شركة Nikon

ومنها أجهزة DTM 302 – DTM 502

والشكل رقم (٤ - ب) يوضح جهاز Nikon DTM 302

٣. أجهزة من إنتاج شركة Topcon

ومنها أجهزة GTS 213 – GTS 313 – GTS 800

والشكل رقم (٤ – ج) يوضح جهاز Topcon GTS 800

٤. أجهزة من إنتاج شركة Leica

ومنها أجهزة TC 307– TC 700– TC 2000– TC 1105– TPS 1000– TPS 1100

والشكل رقم (٤ – د) يوضح جهاز Leica TC 700

وسوف نقوم بشرح جهاز Leica TPS 1000 ويعتبر هذا الجهاز من أحدث الأجهزة المستخدمة في الوقت الحالي.

sokkia set 3110

Nikon DTM 302

Topcon GT800

Leica TC700

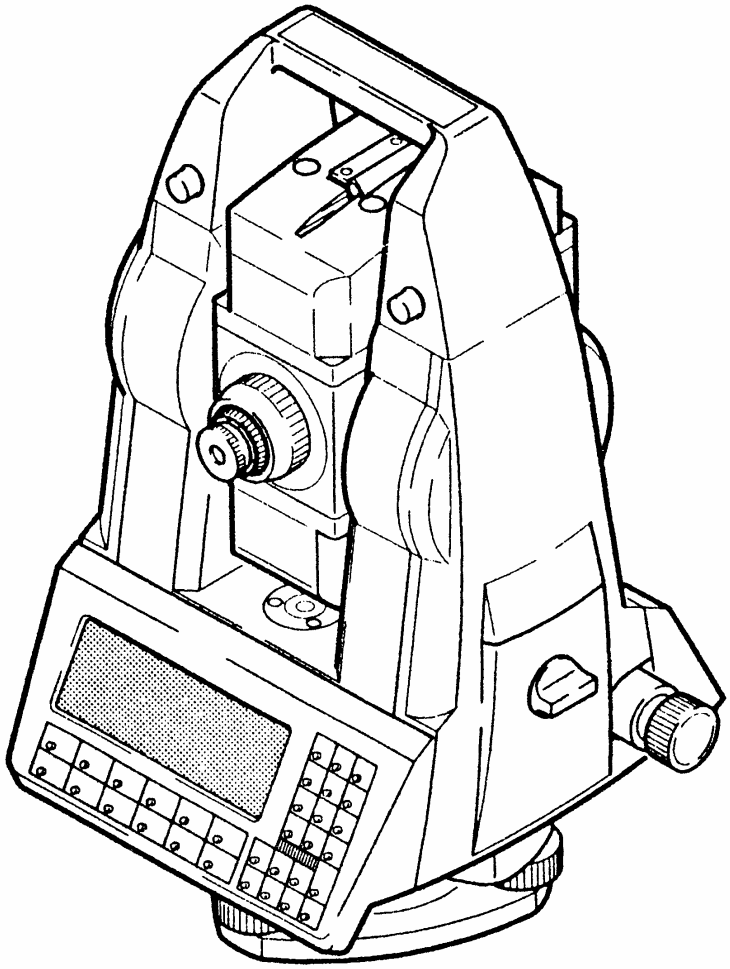
جهاز المحطة الشاملة (Total Station Leica TPS 1100)

يعتبر هذا الجهاز من أحدث أجهزة Total Station المستخدمة حالياً وهو من إنتاج شركة Leica وسوف نقوم بشرح أجزائه وطريقة العناية به وكيفية إعداده للرصد وطريقة استخدامه كمثال على أجهزة المحطة الشاملة المستخدمة حالياً.

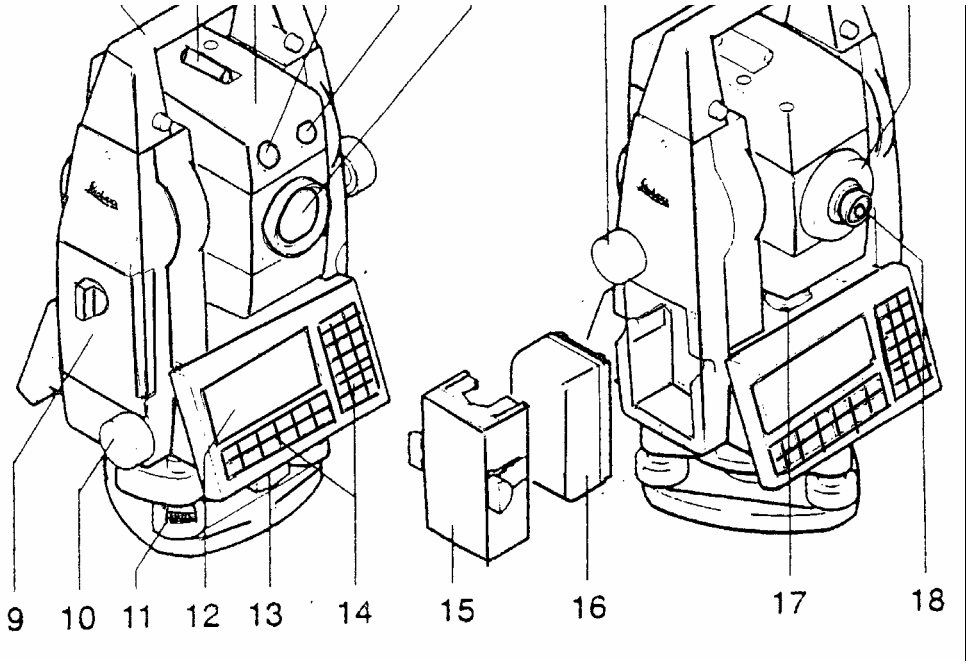
الأجزاء الرئيسية للجهاز:

يوضح الشكل رقم (٥) الشكل العام لجهاز المحطة الشاملة Leica TPS 1100 .

كما يوضح الشكل رقم (٦) الأجزاء الرئيسية لجهاز المحطة الشاملة Leica TPS 1100 .



شكل رقم (٥) يوضح جهاز المحطة الشاملة Leica TPS 1100



شكل رقم (٦) يوضح أجزاء المحطة الشاملة لجهاز Leica TC- TPS 1000

١. اليد الحاملة	١٠.مفتاح الحركة الأفقية
٢. التسديد المبدئي	١١.براغي القاعدة
٣. التلسكوب مع قايس المسافة	١٢.الشاشة
٤. وميض أصفر	١٣.مفتاح تثبيت القاعدة
٥. وميض أحمر	١٤.لوحة المفاتيح
٦. عدسات متحدة المركز لقياس المسافة والزوايا	١٥.حامل البطارية
٧. مفتاح الحركة الرأسية	١٦.البطارية
٨. توضيح الرؤية	١٧.ميزان التسوية
٩. حجرة بطاقة الذاكرة	١٨.عينية يمكن تغيرها

العناية بالجهاز:

أولاً: عند نقل الجهاز في الطبيعة من نقطة إلى أخرى يجب اتباع مايلي:

١. نقل الجهاز بوضعه في الحقيبة
٢. نقل الجهاز المثبت على الأرجل وذلك بمد الأرجل وحملها على الكتف مع المحافظة على الجهاز

ثانياً: التنظيف والتجفيف

١. قبل تنظيف الجهاز يجب نفض الغبار عن العدسات والعاكس ويجب معاملتها بعناية خاصة
٢. يجب عدم لمسها بأصابع اليد، كما يجب استخدام قطعة قماش ناعمة خالية من الوبر للتنظيف، وعند الضرورة يمكن ترطيبها بالكحول الطبية النقية.
٣. إذا تبلل الجهاز فيجب تجفيفه بسرعة.
٤. بعد نقل الجهاز أو تخزينه لمدة طويلة يجب ضبطه ومعايرته.
٥. كروت التخزين وأسلاك التوصيل (Cables, plugs) يجب المحافظة عليها نظيفة وجافة وخالية من الأتربة.

ملحوظة: فصل الأسلاك أو إزالة كارت التخزين أثناء القراءة قد يؤدي إلى فقدان البيانات.
دائما اطفئ الجهاز قبل فصل الأسلاك أو إزالة كارت التخزين.

ثالثاً: تخزين الجهاز

١. عند تخزين الجهاز خاصة في فصل الصيف أو داخل السيارة ويجب مراعاة حدود درجة الحرارة لتخزين الجهاز واتباع المواصفات الفنية.
٢. إذا تبلل الجهاز فيجب تركة يجف خارج الحقيبة، وينظف ويجفف (ليس بحرارة تزيد عن ٤٠ درجة مئوية م) ويجب تجفيف الحقيبة وتنظيفها من إلخارج والداخل وتنظيف ملاحقات الجهاز، ومن ثم يحفظ الجهاز في الحقيبة بعد التأكد من جفافه.

إعداد الجهاز للرصد :

قبل إعداد الجهاز لعملية الرصد يجب أخذ الاحتياطيات الآتية:

١. التأكد من شحن البطارية.

٢. تركيب البطارية في المكان السليم.

٣. تثبيت القاعدة مع الجهاز بشكل سليم.

٤. تثبيت القاعدة جيدا على الأرجل (الحامل).

ثم يتم عمل ضبط مؤقت للجهاز وسوف يتم شرحه في الوحدة الرابعة.

طريقة أستخدم الجهاز:

تدل الألوان الأربعة المميزة للمفاتيح على مايلي:

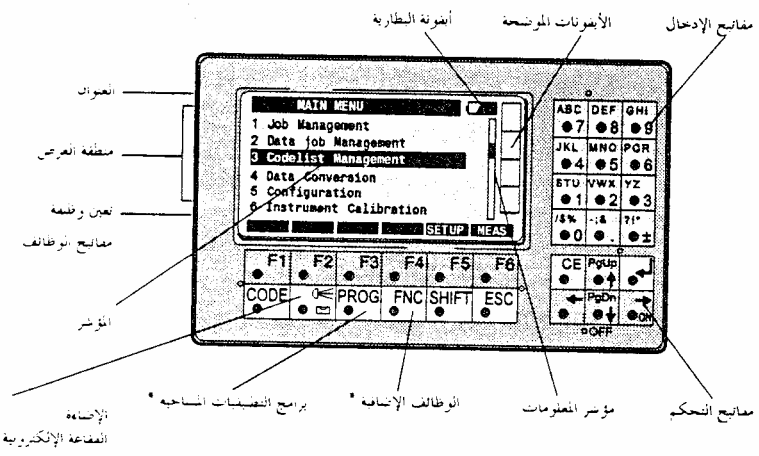
١. الأبيض: مفاتيح ثابتة

٢. البرتقالي: مفاتيح الوظائف

٣. الأخضر: مفاتيح تحكم

٤. الأصفر: مفاتيح الأرقام وإدخال البيانات.

الشاشة / لوحة المفاتيح



شكل موضح الشاشة ولوحة المفاتيح لجهاز المحطة الشاملة Leica1100

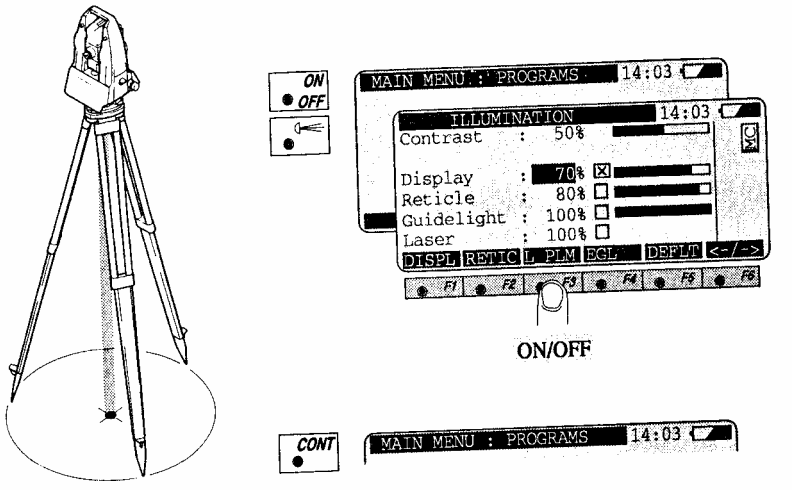
عملية الضبط المؤقت
وهى تشمل ثلاثة شروط

١. **عملية التسامت:**

وهي وضع الجهاز بحيث يكون مركزه أو امتداد محوره الرأسي فوق مركز العلامة المحددة للنقطة المراد الرصد منها تماماً، وفي الوقت نفسه تكون الدائرة الأفقية في وضع أفقي تقريباً بالنظر أو بالاستعانة بفقاعة ميزان التسوية الدائري.

وفي جهاز المحطة الشاملة TPS 1100 يكون التسامت باستخدام شعاع الليزر وباستخدام المفاتيح الموضحة بالشكل رقم (٨).

وإن لم يوجد بالجهاز المستخدم لديك تسامت باستخدام شعاع الليزر فتتم عملية التسامت عن طريق التسامت الضوئي وذلك عن طريق منظار التسامت وحركة أرجل الجهاز حركة رحوية حتى ينطبق تقاطع



شكل موضح عملية التسامت leica TPS 1100

الشعرات الموجود في منظار التسامت مع مركز العلامة الأرضية.

٢. عملية ضبط أفقية الجهاز:

وهو أن يكون الجهاز في وضع أفقي تماماً على الحامل، وذلك عن طريق استخدام مسامير التسوية الثلاثة وتتلخص طريقة ضبط أفقية الجهاز في إلخطوات الآتية:

أ) نفتح مسمار الحركة الأفقية السريعة وندير الجهاز حتى يصير ميزان التسوية الطولي موازياً للخط الواصل بين أي مسمارين من مسامير التسوية، ثم نحرك مسماري التسوية إما للداخل أو للخارج بنفس المقدار حتى تصبح الفقاعة الطولية في منتصف مجراها.

ب)ندير الجهاز ٩٠° بحيث يصبح وضع الجهاز عمودي على الوضع السابق ثم ندير مسمار التسوية الثالث وحده حتى تصبح الفقاعة الطولية في منتصف مجراها.

ج) نكرر الخطوتين السابقتين حتى تستقر الفقاعة الطولية في منتصف مجراها عندما ندير الجهاز في أي اتجاه.

عندما تظل الفقاعة الطولية في منتصف مجراها عند أي وضع للجهاز نكون بذلك قد انتهينا من عملية ضبط الأفقية للجهاز.

وفي جهاز المحطة الشاملة TPS 1100 يتم ضبط أفقية الجهاز بواسطة مسامير التسوية ولكن بظهور الفقاعة على شاشة الجهاز

٣. صحة التطبيق وإزالة البارالاكس:

عند توجيه المنظار نحو الهدف يجب أن تكون صورة الهدف واضحة للناظر وأن تكون صورة الهدف عند مستوى حامل الشعرات تماماً، لذلك يجب ضبط العدسة العينية بحيث تقع بؤرتها على مستوى حامل الشعرات أيضاً. وأي خلل في الحصول على الصورة منطبقة على حامل الشعرات يسمي خطأ البارالاكس. بإتمام هذه العملية تكون عملية الضبط المؤقت قد انتهت ويكون الجهاز معداً للرصد.

ومن العوامل المؤثرة على دقة القياس في أجهزة المحطة المتكاملة :

١- ضعف بطاريات الجهاز وعدم اتصالها تماما بالجهاز ووجود الأوساخ والغبار على عدسات الجهاز.

٢- عدم كفاية عدسات العواكس أو وضعها في مكان أبعد من مدى الجهاز .

٣- وجود عوائق في مسار القياس بين الجهاز والعاكس .

٤- عدم تثبيت الجهاز أو العاكس على النقطة تماما وإهمال قياس ارتفاع كلا منها وإدخالها للجهاز .

٥- عدم اخذ العوامل الجوية والتصحيحات الهندسية لشكل الأرض في الاعتبار .

٦- عدم حماية أجهزة القياس من أشعة الشمس المباشرة أثناء العمل .

٧- القياس بالقرب من خطوط الضغط العالي الكهربائي .

٨- قرب خط النظر من سطح الأرض .

أما أهم مجالات استخدام أجهزة المحطة المتكاملة :

١ أعمال الرفع المساحي (طبوغرافي – وتفصيلي) .

٢ أعمال التوقيع المساحي (توقيع المشاريع الهندسية كالمباني والطرق وخطوط المياه) .

٣ أعمال المساحة الإنشائية

٤ إنشاء المضلعات الأساسية .

١- ٥ مراحل الرفع المساحي

تتم أعمال الرفع المساحي من خلال عدد من الخطوات مرتبة كما يلي :

١- استكشاف المنطقة

٢- رسم كروكي لمنطقة العمل

٣- اختيار وتثبيت النقاط المرجعية الخاصة بالمضلع .

٤- جمع القياسات وإجراء الحسابات الخاصة بالمضلع وضبطه .

٥- رفع التفاصيل والمعالم الموجودة في الموقع.

٦- تسجيل الأرصاد والقياسات .

٧- إدخال الأرصاد إلى الحساب الآلي.

٨- إنتاج الخريطة مستكملة العناصر الفنية .

وسنتناول كلا من الخطوات السابقة بإيجاز :

١- عملية الاستكشاف

وهي جمع المعلومات المطلوبة عن تلك المنطقة المراد رفعها ويكون ذلك بإحدى الطرق الآتية:

أ- الاستعانة بالخرائط الطبوغرافية لتلك المنطقة

ب- الاستعانة بالخرائط التفصيلية القديمة لتلك المنطقة

ت- المرور في تلك المنطقة وتكوين فكرة شاملة عن حالة المنطقة ومواقع التفاصيل داخلها بالنسبة لبعضها البعض وما تحتوي عليه المنطقة من معالم طبيعية كالوديان والأنهار أو معالم صناعية كالمباني والشوارع والكباري أو شبكات المياه والهاتف والصرف الصحي . وتعد عملية الاستكشاف أولى خطوات العمل لما لها من أهمية كبيرة في:

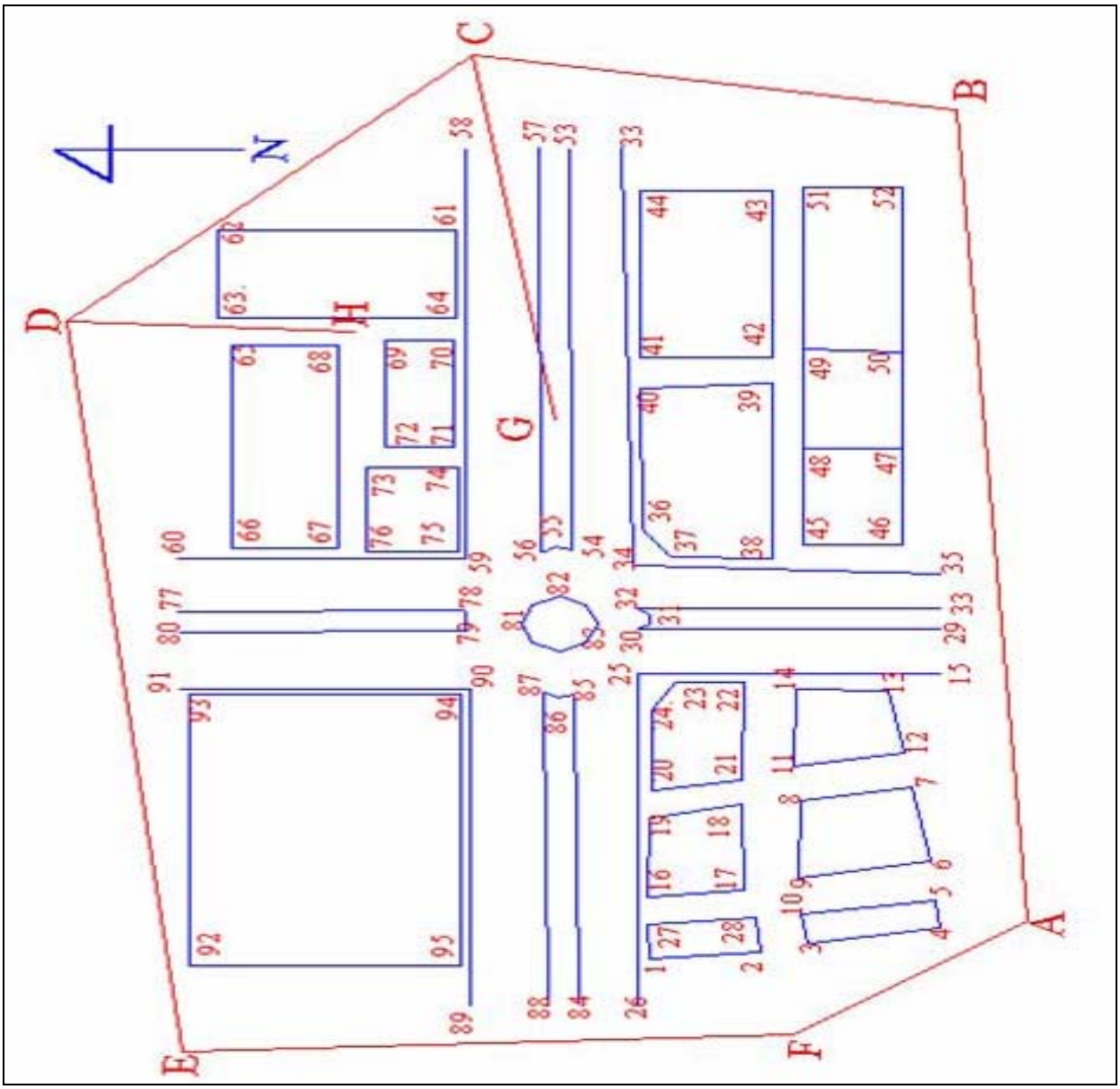
- اختيار نقاط المضلع الأساسية التي سوف نقوم برفع التفاصيل من خلالها وتعتبر هذه أكبر الفوائد المرجوة من عملية الاستكشاف .
- اختيار انسب الطرق لإتمام المشروع .
- تقليل الجهد المبذول في المشروع .
- تقليل الزمن المتوقع للمشروع .
- التعرف على أماكن النقاط المعلومة الإحداثيات والمثبتة من قبل .

٢- رسم كروكي عام لمنطقة العمل

بعد إجراء عملية الاستكشاف للمنطقة يتم المرور فيها مرة أخرى ورسم كروكي لها يبين جميع التفاصيل الصناعية والطبيعية ولا يشترط أن يرسم الكروكي بمقياس رسم معين أو أدوات هندسية بل يكتفي بأن يكون مرسوماً بإتقان وممثلا للطبيعة بقدر الإمكان مع ملاحظة الجهات الأصلية أثناء الرسم وأن يمثل حرف الورقة الجانبي اتجاه الشال ويراعي في رسم الكروكي الآتي:

- أن يكون الرسم بالقلم الرصاص الخفيف لإجراء التعديلات التي قد نحتاج إليها فيما بعد .
- أن يكون الكروكي مظهراً لكل التفاصيل المطلوبة .
- أن يكتب في أحد أركانه (الموقع المرفوع ـ تاريخ الرفع ـ من الذي قام بعملية الرفع) .
- أن يراعي فيه الاتجاهات الأصلية وخاصة اتجاه الشمال مستخدمين في ذلك جهاز البوصلة.
- أن يراعي عند رسم الكروكي ترقيم كل النقاط التي سوف تقوم برفعها وأن ينطبق كل رقم في الكروكي مع نفس الأرقام الموجودة في الكروكيات الأخرى والتي تكون موجودة مع باقي مجموعات الرفع وأن يوضع للمنحنيات ثلاث نقاط على الأقل
- أن لا يكون هناك مبالغة كبيرة في رسم التفاصيل الصغيرة حيث يكون المرجع في ذلك هو مقياس الرسم الذي سوف ترسم به الخريطة فعلى سبيل المثال عند رسم لوحة بمقياس رسم ١ : ١٠٠ تكون التفصيل التي هي أقل من ٠,١ متر غير مأخوذة في الاعتبار وعند رسم الكروكي أو أثناء الرفع وعند أخذ مقياس رسم ١ :٥٠٠ يكون التفاصيل الأقل من ٠,٥ متر مهملة في الكروكي وأثناء الرفع
- أن يراعي عند تكبير جزء معين من الكروكي أن لا يكون ذلك في داخل الرسم بل يكون بعيداً عن التفاصيل وذلك حتى نراعي الشكل العام للكروكي وأن يكون فيه تماثل في نسب الرسم لكل شكل من الأشكال الموجودة في الطبيعة.

مثال : لمنطقة تم عمل كروكي لها مرقم فيه جميع التفاصيل المطلوبة شكل (١- ٢٣)



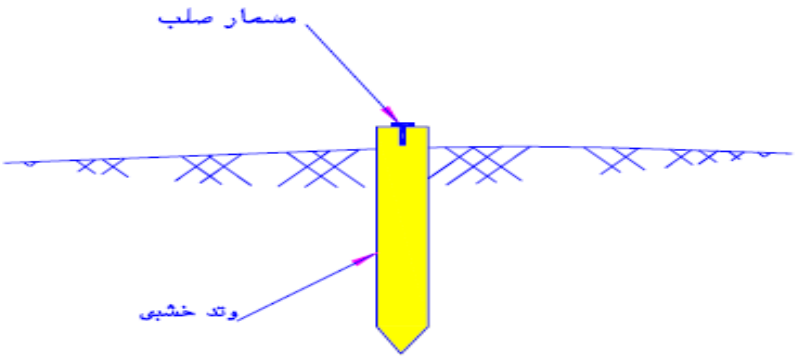
٣- تثبيت النقاط والاتجاهات المرجعية

بعد قيامنا بعمل الاستكشاف ورسم الكروكي للمنطقة أصبح لدينا صورة عامة عن موقع المشروع هذه الصورة المبسطة سوف تساعدنا على اختيار نقاط المضلع في أماكنها الصحيحة لعمل الرفع من خلالها ثم رصد الزوايا بين تلك النقاط وكذلك قياس المسافة بين تلك النقاط ثم نقوم بعد ذلك بعمل التصحيحات اللازمة لتلك الأرصاد وضبطها وذلك حتى نستطيع حساب إحداثيات النقاط الخاصة بالمضلع وقد لا تكون نقاط المضلع كافية لتغطية المنطقة بالكامل لذلك فإننا نقوم بتثبيت نقاط مساعدة والقيام برصدها وتصحيح أرصادها ومن ثم حساب إحداثياتها بالإضافة إلى نقاط المضلع .

نقوم بعملية تثبيت نقاط المضلع الذي سوف يتم من خلاله رفع المنطقة ويفضل ان يكون المضلع مقفل وذلك لما له من ميزة كبيرة في عملية ضبط أرصاده وتصحيحها وأن يكون المضلع مكون من عدد من النقاط لا تقل عن خمس نقاط توزع توزيعا جيدا في المنقطة لتسهيل عملية الرفع وأن يكون معنا أثناء التثبيت بوصلة صغيرة وذلك حتى نستطيع حساب الزوايا الداخلية للمضلع ونقوم بتغيير النقاط التي تعطي زوايا أقل من ٣٠ درجة أو أكبر من ١٢٠ درجة وذلك لأن الخطأ وإن كان بمقدار قليل جدا أثناء الرصد فإنه لا يؤثر على الأرصاد في حالة الزوايا من ٣٠° إلى ١٢٠° درجة أما عندما تقل الزوايا عن ذلك أو تزيد فإنها تعطي نتائج مختلفة تؤثر على الإحداثيات المحسوبة ، ويراعي في اختيار نقاط المضلع

- أن تكون الخطوط الواصلة بين تلك النقاط في الأماكن المستوية وتجنب عقبات الرصد بقدر المستطاع وذلك بالتأكد من أن كل نقطة ترى النقطتين المتجاورتين .
- أن تكون أطوال الخطوط تقريباً متساوية.
- أن تكون الخطوط أقرب ما يمكن من التفاصيل المراد رفعها .
- اختيار النقاط في أماكن يصعب إزالتها وأيضاً يسهل العثور عليها .

وبعد اختيار نقاط المضلع تثبت جيدا بواسطة أوتاد خشبية في الأراضي غير الصلبة تكون عادة بطول من ٢٠ إلى ٣٠ سم وتكون بارزة عن الأرض بمقدار ٢ سم ويثبت في منتصفها مسمار شكل (١- ٢٤) ليكون بمثابة النقطة أما في الأراضي الصلبة أو المرصوفة فيكون التثبيت بواسطة مسامير تكون بمستوى سطح الأرض وبعد الانتهاء من تثبيت النقاط في الطبيعة يتم وضعها على الكروكي بلون مختلف عن باقي الرسم ونقوم بترقيمها ثم نقوم بعمل كروكي منفصل لكل نقطة من نقاط المضلع وكذلك النقاط المساعدة شكل (١- ٢٥) وذلك برسم الجزء المحيط بالمنطقة مكبرا ونختار ثلاثة مواضع ثابتة تقاس الأبعاد بينها وبين نقاط المضلع وذلك حتى يسهل علينا العثور على النقطة والاهتداء إليها مرة أخرى عند استكمال العمل وأفضل الأبعاد هي التي تكون متعامدة مع بعضها البعض.

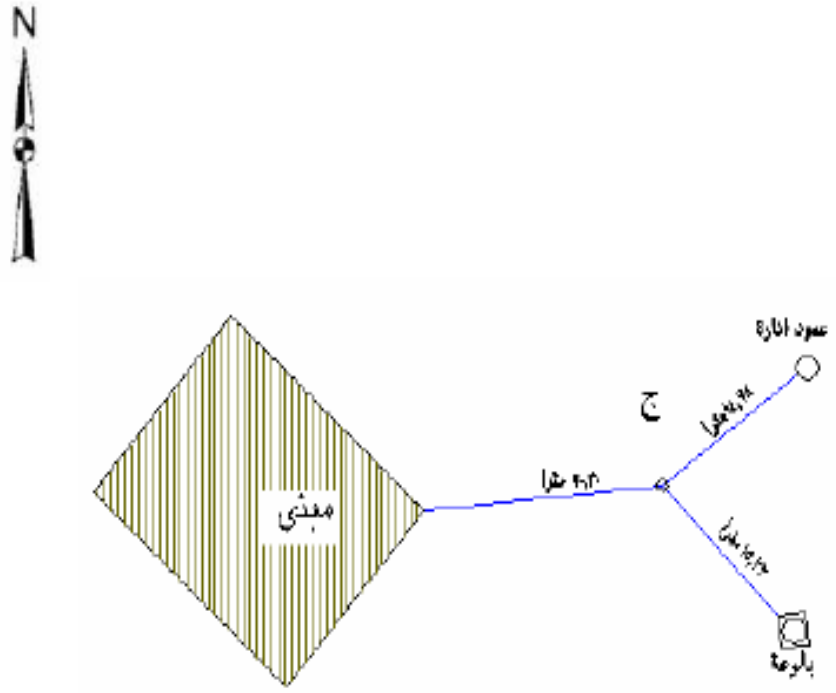


بطاقة وصف لنقطة (ج)

اسم الراصد : تاريخ الرصد :

وصف النقطة:

كروكي ربط النقطة ببعض المعالم



٤- جمع القياسات وإجراء الحسابات الخاصة بالمضلع وضبطه

بعد اختيار النقاط وتثبيتها في أماكنها المحددة وعمل كروكيات النقاط وترقيمها وترقيم الزوايا تبدأ الأعمال الحقلية لجمع الأرصاد اللازمة لحسابات المضلع المغلق وهي كالتالي :

- تثبيت الجهاز على نقطة معلومة الإحداثي والانحراف وإذا لم تتوفر المعلومات السابقة تفرض الإحداثيات ويقاس انحراف الضلع الأول للمضلع .
- أجراء الضبط المؤقت للجهاز (التسامت ، التسوية ، إزالة البرلاكس) وإعداده للرصد .
- قياس الزوايا الداخلية أو الخارجية.
- قياس أطوال الأضلاع ذهابا وإيابا وأخذ المتوسط .
- تسجل القياسات إما في جداول معدة مسبقا يدويا أو تسجيلها في جهاز المحطة الشاملة مباشرة

أما الأعمال المكتبية فهي ضبط حسابات المضلع وتشمل ما يلي:

٥- رفع التفاصيل و المعالم الموجودة في الموقع

الرفع التفصيلي له طرق عديدة ومختلفة في الأسلوب وإن كانت جميعها تدور حول فكرة واحدة هي ربط التفاصيل الموجودة في الطبيعة بالمضلع الذي قمنا بتثبيته وإيجاد علاقة بين كل منهما نستطيع من خلالها أن نقوم برسم التفاصيل في لوحة تفصيلية تحتوي على جميع المعالم المراد رفعها وهذه العلاقة إما أن تكون مسافات فقط أو زوايا فقط أو زوايا وأطوال وتسمى الطريقة الأخيرة بطريقة الإشعاع وهي ما سوف ندرسه بالتفصيل حيث إننا نعتمد في هذه الطريقة على إيجاد زاوية وطول لكل نقطة يراد رفعها وهذا الطول يؤخذ من إحدى نقاط المضلع التي قمنا بحساب إحداثياتها أما الزاوية فتؤخذ من أحد أضلاع المضلع إلى الخط الواصل بين النقطة المراد رفعها وإحدى نقاط المضلع ويجب علينا أن نأخذ بعين الاعتبار عند الرفع كل من الآتي:

- ما شكل التفاصيل المراد رفعها وهل هي مجرد مبان مربعة أو مستطيلة فنقوم برفع أركان تلك المباني فقط أما أن كان من بين تلك المباني ما هو على شكل دائرة فنقوم برفع مركزها وإحدى النقاط عليها وأن كان الوصول إلى المركز صعب فإننا نأخذ ثلاث نقاط على الأقل من هذه الدائرة وإذا كان جزءاً من التفاصيل عبارة عن قوس أو منحنى فإننا يلزم أن نأخذ نقطة على أول المنحنى ونقطة أخرى تكون في منتصفه وثالثه تكون في آخر المنحنى .
- هل اللوحة التفصيلية المطلوبة للإحداثيات الأفقية فقط أم مطلوب ألإحداثي الراسي أيضاً فمن المعلوم أن أغلب اللوح التفصيلية تهتم بالإحداثيات الأفقية أكثر من اهتمامها بالإحداثيات الرأسية التي لا تطلب في معظم الأحيان فإن كانت الإحداثيات الراسية غير مطلوبة فإننا نقوم بعملنا كالمعتاد أما إذا احتجنا الإحداثي الرأسي وذلك كما في لوحات الصرف الصحي حيث تكون المناسيب عامل هام ومؤثر في تصميم شبكات الصرف الصحي حيث يتدخل الميول في تصميم تلك الشبكات فإنه يلزم علينا أن نأخذ في الاعتبار عند الرفع قياس كل من الزوايا الأفقية والزوايا الرأسية والمسافة الأفقية والمسافة الراسية وأن نسجل باستمرار أثناء الرفع ارتفاع الجهاز وكذلك ارتفاع العاكس و لا ننسى ان نربط الرفع الخاص بنا بإحدى الروبيرات الموجودة في المنقطة .

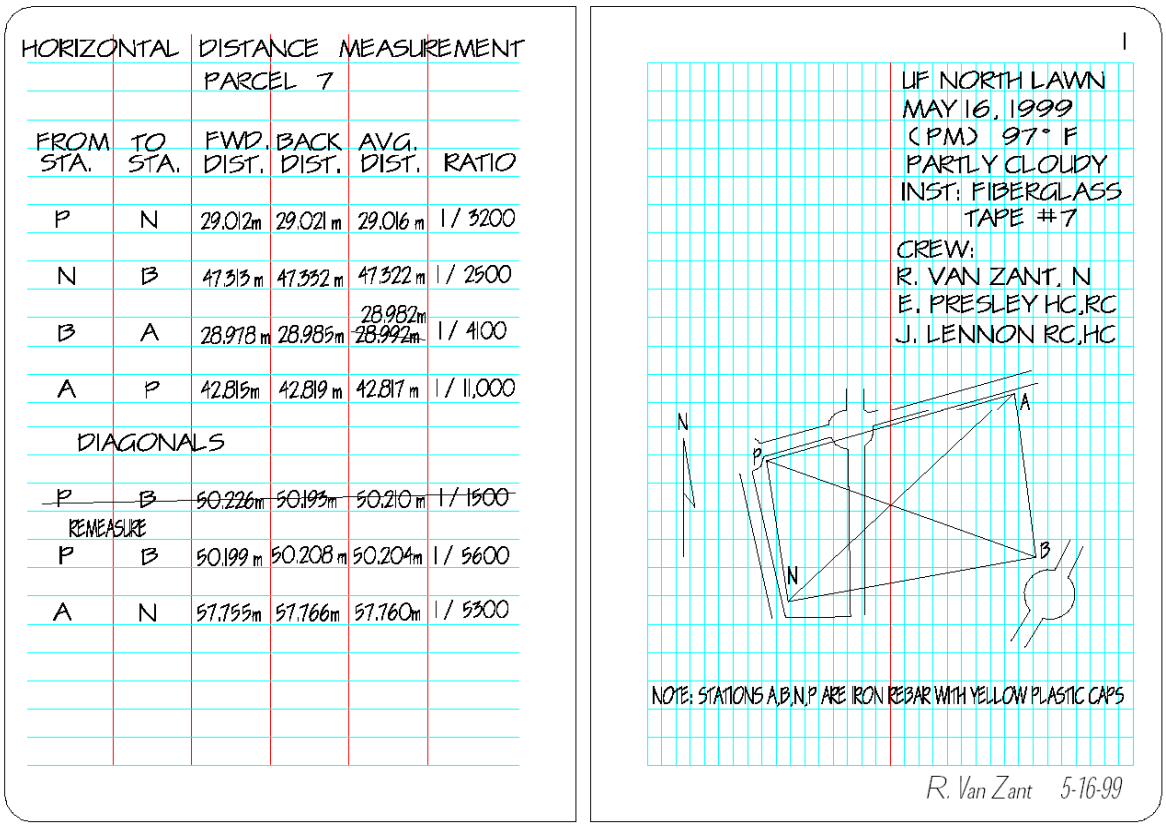
٦- تسجيل الأرصاد والقياسات

الطرق السائدة لتسجيل الأرصاد والقياسات تتم إما بالطرق التقليدية كاستخدام دفاتر الحقل شكل (١- ٢٦) والتي تحتوي على :

أ- جداول واضحة ومحددة الاستخدام

ب - أوراق رسم خاصة بالكروكيات.

ت - الوصف الإنشائى للتفاصيل المرفوعة.



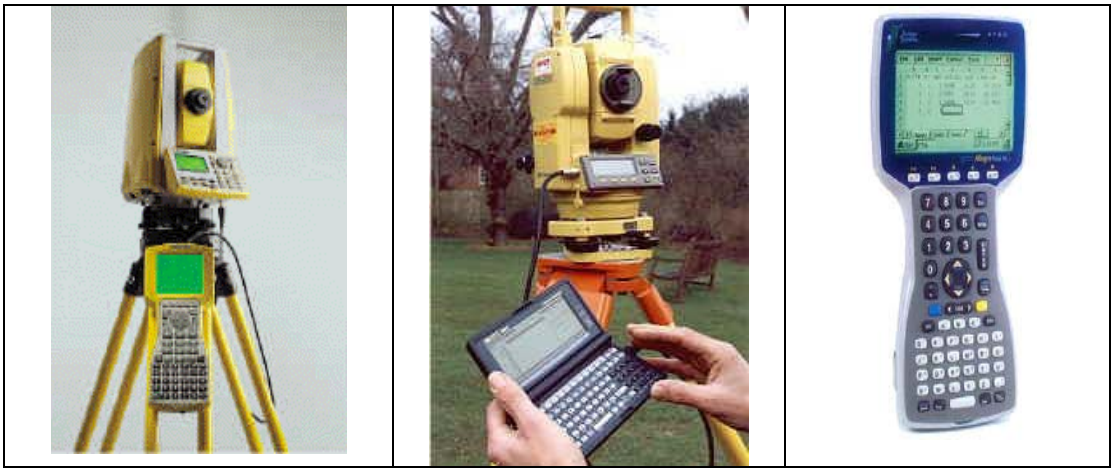
شكل (١- ٢٦)

أما بالنسبة للأجهزة الحديثة والمتطورة كأجهزة المحطة الشاملة فيمكن تسجيل الأرصاد اليكترونيا من خلال :

أ- جامع البيانات (Data Collector) شكل (١- ٢٧)

ب- جهاز المحطة المتكاملة نفسه حيث يكون الجهاز عبارة عن نظام متكامل من حيث الرصد وتسجيل البيانات وضبطها وتصحيحها وتكون هناك ملفات خاصة في الجهاز تستدعى أثناء القياس لتسجيل القياسات عليها من خلال لوحة المفاتيح ويمكن تخزين هذه البيانات في الجهاز مباشرة .

ت- بواسطة كرت تسجيل (Recording Card) خاص بنوع الجهاز المستخدم ومعظم هذه الكروت المستخدمة معرفة على أجهزة الكمبيوتر وإذا كانت غير معرفة يتم استخدام قارئ الكارت (Card Reader) لتعرف عليها . شكل (١- ٢٨)



شكل (١- ٢٧)

شكل (١- ٢٨)

٧- نقل الأرصاد والقياسات من المحطة الشاملة للحاسب الآلي

يتم نقل البيانات والقياسات من أجهزة الرصد إلى جهاز الكمبيوتر في كثير من أجهزة المحطة المتكاملة وفق الخطوات التالية :

أ- إذا كانت القياسات مخزنة في جهاز المحطة الشاملة أوفي جامع البيانات (data collector) يتم توصيل الكيبل(RS-232) شكل (١- ٢٩) وتشغيل الجهاز وتحويل الملفات المخزن عليها البيانات في الجهاز إلى الكمبيوتر .

أما إذا كانت البيانات مخزنة على كرت التسجيل فيتم تشغيل جهاز المحطة وبواسطة لوحة المفاتيح يتم تحويل البيانات إلى الكرت وينقل الكرت إلى الكمبيوتر ويعرف مباشرة أو عن طريق قارئ الكارت

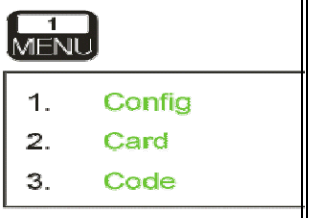
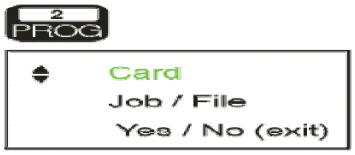
شكل (١- ٢٩)

ب- استدعاء برنامج الإنزال (Download Program) الخاص بنوع جهاز المحطة المستخدم من الكمبيوتر .وإكمال إجراءات تحويل وإنزال البيانات من الجهاز أو من الكارت إلى الكمبيوتر.

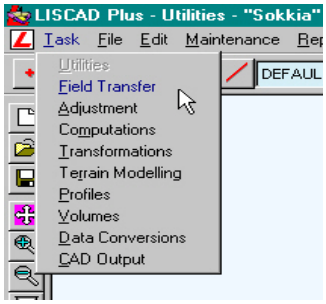
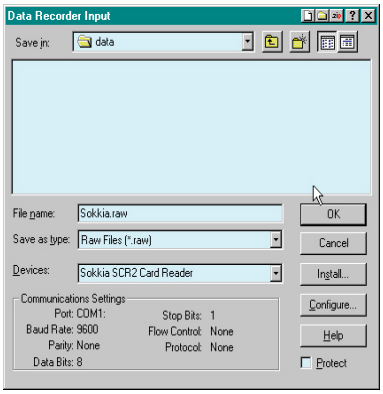
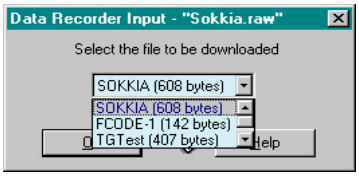
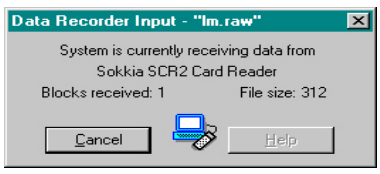
مثال توضيحي

على نقل قياسات مساحية مخزنة في جهاز من نوع سوكيا إلى الكمبيوتر باستخدام برنامج Liscad :

أ- تشغيل جهاز المحطة وإعداده لنقل المعلومات(ON):

اضغط مفتاح القائمة (Menu Mode) ستظهر الخيارات الموجودة في اليسار .	
اختار الكرت (card)	
اضغط مفتاح البرنامج (PROG) ستظهر الخيارات الموجودة في اليسار .	
اختار "Data Output"	
اضغط S-O أو RCL لتشغيل الاتصال (comms)	
اضغط ENT SHFT لجعل الجهاز متصل (الكمبيوتر) ستظهر العلامة التالية CE-CA لتأكيد عملية النقل وللخروج اضغط NO	
في جهاز الكمبيوتر أطلب البرنامج المتوافق مع جهاز المحطة الكاملة وذلك لإنهاء عملية إنزال ونقل البيانات	
اضغط CE-CA CE-CA للرجوع للقائمة الرئيسية أو مفتاح NO مرتين	

ب- إكمال العمليات الخاصة بإنزال ونقل البيانات والقياسات (download) في جهاز الكمبيوتر بواسطة برنامج LISCAD :

يطلب برنامج LISCAD من جهاز الكمبيوتر	
افتح ملف جديد (NEW FILE) واختار Task ومنها اختار (field transfer) .	
اختار Input > Data Recorder	
سيعطيك الصفحة المقابلة ولاختيار اسم الملف يتم اختيار أي اسم للملف لتخزين المعلومات وليكن اسم الملف هو اسم الجهاز ويتم اختيار التخزين (*Save As type*) باسم (Raw Files) يكتب في الخانة الثالثة قارئ الكرت المستخدم (Card Read) إذا كان هناك قارئ كرت أما إذا كان بدون سيعطيك المعلومات اللازمة . اضغط **Configure...** اضغط **OK**	
التالي هو مربع الحوار المقابل ويحتوي على أسماء الملفات التي تم تخزين البيانات عليها والموجودة في الجهاز أو على كارت التسجيل ، يتم اختيار الملف الذي تم التخزين عليه وذلك بتمرير المؤشر ثم اضغط **OK** بعد ذلك سترى مربع الحوار الثاني المقابل الذي يبين أن المعلومات والقياسات بدأت تنتقل من الكارت إلى الكمبيوتر .	 

٨- إنتاج الخريطة مستكملة العناصر الفنية .

بعد الانتهاء من العمل الحقلي وكذلك الحسابات الخاصة بالمضلع وإيجاد الإحداثيات بقي لنا أن ننتج الخريطة المساحية وبذلك نكون قد أنهينا مشروع الرفع المساحي وبإيجاز شديد فإننا سوف نأخذ إحداثيات المضلع والنقط المساعدة وأرصاد الأهداف المرفوعة وندخلها في برنامج هندسي خاص بإنتاج اللوح هذا البرنامج هو برنامج الأوتوكاد (AutoCAD) ولابد ان يكون معنا أثناء العمل على البرنامج الكروكي الخاص بالموقع وكذلك إحداثيات نقاط المضلع وأرصاد الأهداف المرفوعة وذلك حتى نتمكن من رسم اللوحة المطلوبة. ومما لاشك فيه أن العمل المساحي الأكبر قد انتهى وبقي علينا أن نقوم برسم اللوحة المطلوبة وقد كان متبع في الماضي أن نأخذ تلك الأرصاد ونقوم برسمها يدويا على لوحة رسم مما يترتب عليه الكثير من المشقة والتعب بالإضافة إلى الوقت الكثير الذي كان يضيع في الرسم ناهيك عن الدقة الضعيفة المنتجة من الرسم اليدوي هذا كله أثناء إنتاج اللوحة أما بعد ذلك فإن اللوحة معرضة لأن تضيع المعالم والتفاصيل من عليها وأن يتغير مقياس الرسم بها على مدى السنين نتيجة لعوامل التمدد والانكماش أما الآن فإن الأمر قد أصبح أيسر وأسهل بكثير من ذي قبل حيث يمكننا ان نحصل على دقة عالية جدا كما يمكن التعديل على اللوحة بكل يسر وسهولة وأيضاً نستطيع أن نظهر بعض التفاصيل دون غيرها في نفس اللوحة كما أصبح ضياع التفاصيل وتغيير مقياس الرسم أمرا مستبعداً وذلك لأن اللوحة محفوظة على الحاسب الآلي ونستطيع أن نأخذ منها النسخ التي نرغب فيها في أي وقت .
ومما سبق يتضح لنا أهمية الرسم بالحاسب الآلي وخاصة باستخدام برنامج الأوتوكاد وسنأخذ فكرة بسيطة عن البرنامج وكيف يعمل خلال هذه الوحدة وعلى العموم فإن الأوتوكاد برنامج كبير جدا ويستخدم في جميع المجالات الهندسية من مساحة ومدني ومعماري وكهرباء وميكانيكا لذلك فهو برنامج لا غنى عنه لمن يعمل في المجال الهندسي كما يوجد برامج خاصة بعلم المساحة دون غيرها من باقي العلوم الهندسية وتكون تلك البرامج أكثر تخصصا وتعطي نتائج عالية الدقة في علم المساحة وأغلب تلك البرامج وخاصة المشهور منها تقوم بإنتاجه الشركات التي تعمل في حقل المساحة والتي تقوم بإنتاج أجهزة مساحية ومن هذه البرامج (SURFER- SDR- LISCAD-SKI) ولابد للمساح الجيد أن يطلع باستمرار على تلك البرامج وخاصة الإصدار الحديث منها وأن يأخذ فيه الدورات التي يحتاج إليها حتى يستطيع أن يساير التطور السريع في العلوم الهندسية .

الباب الرابع

المضلعات

مقـدمـة:

عند إجراء العمليات المساحية الدقيقة مثل عمليات الرفع والتوقيع نلجأ إلى إنشاء ما يسمي بالمضلع، والمضلع يعتبر المرجع والرابط للأعمال المساحية المحيطة بكل مرصد.

ويعرف المضلع على أنه شكل يتكون من عدة أضلاع مستقيمة متصلة من أطرافها ببعض وتحصر فيما بينها زوايا، وعادة تختار هذه الأضلاع بحيث تمر بحدود المنطقة المطلوبة أو قريبة منها حتى يسهل إجراء العمل المساحي بها.

ويكون شكل المضلع المستخدم حسب طبيعية المنطقة المراد عمل خريطة لها.

أنـواع المضلعـات:

١. المضلع المقفل:

وهو الذي يبدأ من نقطة معلومة الإحداثيات وينتهي إلى نفس نقطة البداية، أي أن نقطة البداية هي نفسها نقطة النهاية. كما يجب أن يبدأ بانحراف خط معلوم أو يمكن حساب انحرافه . .ويستخدم في رفع المناطق المحدودة والمباني والقرى، وهذا النوع يسهل ضبطه والتحقق من أرصاده.

٢ المضلع الموصل:

وهو الذي يبدأ من نقطة معلومة الإحداثيات وينتهي عند نقطة أخرى معلومة الإحداثيات أيضاً، كما يجب أن يربط عند نقطة الابتداء بضلع معلوم انحرافه أو يمكن حساب انحرافه، وكذلك يجب أن يربط عند نقطة الانتهاء بضلع آخر معلوم انحرافه أو يمكن حساب انحرافه.

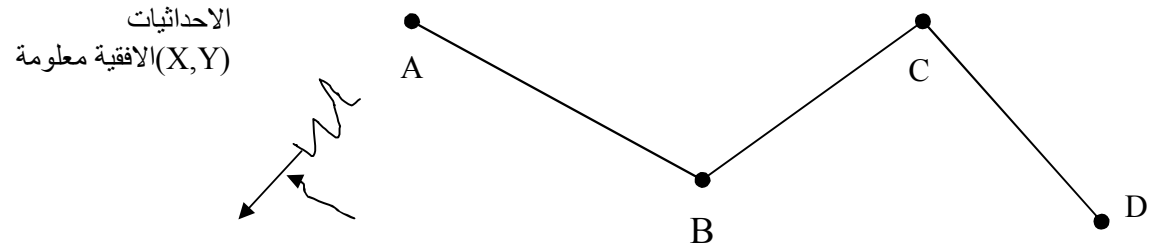
ويستخدم في رفع المناطق الممتدة طولياً مثل المصارف والطرق، كما يستخدم في المناطق التي توجد بها نقط مضلعات قديمة معلومة الإحداثيات.

وهذا النوع من المضلعات يسهل ضبطه أيضاً والتحقق من أرصاده.

٣ المضلع المفتوح:

وهو الذي يبدأ من نقطة معلومة الإحداثيات أو غير معلومة الإحداثيات، وينتهي عند نقطة أخرى غير معلومة الإحداثيات. ويمكن ربط نقطة الابتداء بضلع معلوم انحرافه أما نقطة الانتهاء فلا تربط بضلع معلوم انحرافه.

ويستخدم في رفع المناطق التي لا تحتاج إلى دقة عالية في عملية الرفع.



المضلع المفتوح

عملية الاستكشاف ورسم الكروكي

مقدمة:

بعد التعرف في الوحدة الأولى على المضلعات وأنواعها، وعلى أولى خطوات إنشاء مضلع في الطبيعة وهما عمليتا الاستكشاف ورسم الكروكي العام للمنطقة، كان من الواجب إجراء هاتين الخطوتين في الطبيعة حتى يتدرب المتدرب بنفسه على كيفية إجراء عملية الاستكشاف وتكوين فكرة شاملة عن المنطقة وتحديد المعالم (الطبيعية والصناعية) الموجودة بها. ثم التدريب على كيفية رسم كروكي عام للمنطقة أثناء التواجد بالطبيعة وكيفية توضيح المعالم عليه وأخذ الاتجاهات الأصلية في الاعتبار والتدريب على إتقان رسم الكروكي بحيث يكون مماثلاً للطبيعية قدر الإمكان.

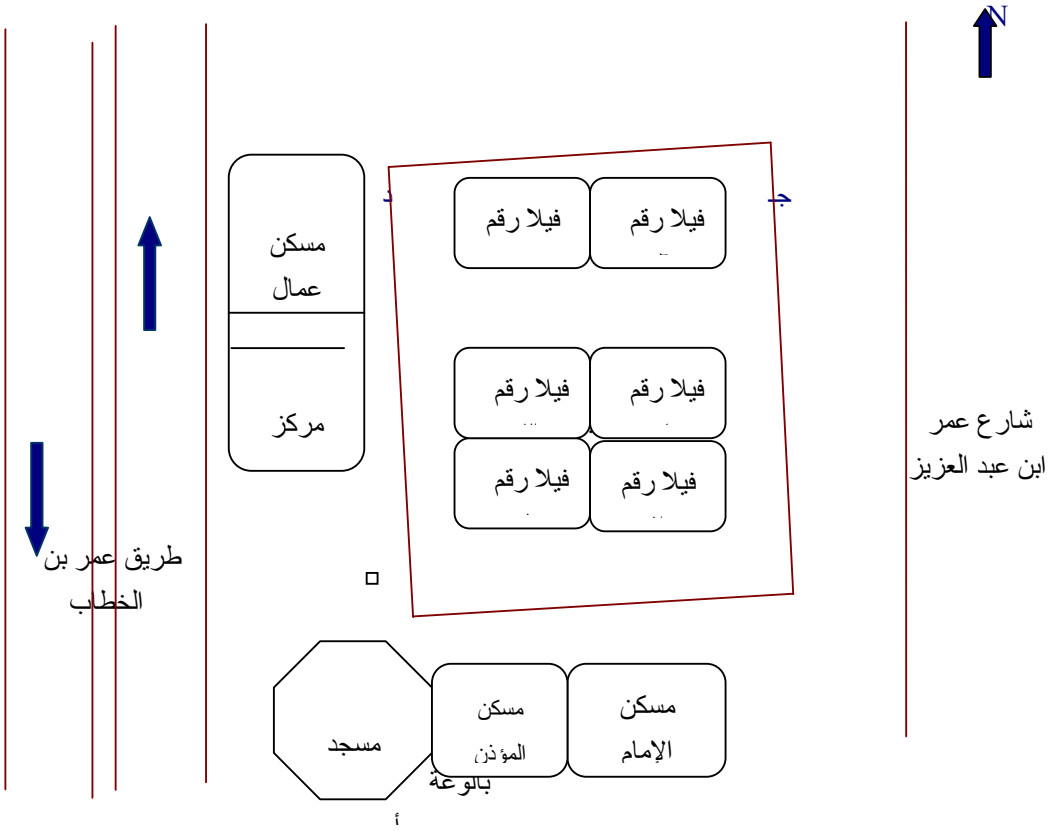
وبعد التدريب على أولى إلخطوات في عملية إنشاء المضلع وهما عمليتي الاستكشاف ورسم الكروكي تجيء إلخطوة الثالثة والرابعة وهما عمليتا اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة.

اختيار نقاط المضلع:

عند اختيار نقاط المضلع لمنطقة ما يراعى أن تُكون هذه النقاط مجموعة من المثلثات المتلاصقة حيث إن المثلث هو الشكل الهندسي الوحيد الذي يمكن رسمه وتوقيعه على لوحة بمعلومية أطوال أضلاعه فقط. وهناك بعض الشروط الواجب مراعتها عند اختيار نقاط المضلع وهو ما سوف نتعرف عليه.

شروط اختيار نقاط المضلع:

١. أن تكون عدد النقاط أقل ما يمكن وقدر الحاجة إليه.
٢. أن تكون النقاط في أماكن مكشوفة قدر الإمكان ويسهل العثور عليها عند الرغبة في البحث عنها لاستعمالها.
٣. أن ترى كل نقطة النقطة السابقة واللاحقة.
٤. أن تكون أطوال خطوط الأضلاع متماثلة تقريباً.
٥. يتم اختيار النقاط بحيث تشكل فيما بينها مثلثات زواياها بين ٣٠°، ١٢٠ ° تقريباً، وذلك لأن



كروكى عام لمنطقة

وموضح عليه مواضع نقاط المضلع أ ب جـ د وشكل المضلع

المثلثات ذات الزوايا الحادة جداً أو المنفرجة جداً يكون رسمها مصحوب بأخطاء دائماً.

٦. يتم اختيار النقاط بحيث تكون الخطوط الواصلة بينها أقرب ما يمكن من التفاصيل ومن حدود المنطقة المرفوعة، بحيث لا تبعد أي نقطة من التفاصيل المأخوذة عن ٣٠ متراً من أي خط من خطوط المضلع.

٧. يتم اختيار النقاط بحيث تكون في مواقع يصعب إزالتها، فلا تكون في أرض رخوة أو تعترض حركة المرور أو عرضة للعبث بها.

بعد اختيار أماكن نقاط المضلع تأتي الخطوة الرابعة في عملية إنشاء مضلع في الطبيعة وهي تثبيت هذة النقاط.

تثبيت نقاط المضلع:

بعد اختيار مواقع نقاط المضلع تثبت هذه النقاط بأوتاد خشبية في الأراضي غير الصلبة وتكون بارزة قليلاً، أما في الأراضي الحجرية أو المرصوفة فتُدق زوايا حديدية أو مسامير تكون رؤوسها في مستوى سطح الأرض.

والأوتاد إلخشبية المستخدمة في تثبيت نقط المضلع تكون عادة بطول (٢٠ -٣٠ سم) تقريباً ومقطعها أما أن تكون مربعاً طول ضلعه (٣ - ٤ سم) أو مستدير بقطر حوالي ٥ سم، أما الزوايا الحديدية فتكون بطول حوالي ٣٠ سم إذا ما ثبتت في الإسفلت أو في أراضي صلبة وبطول حوالي (٥٠ -٦٠ سم) إذا ما استخدمت في أرض قليلة الصلابة ومقطع الزاوية المستخدمة ٣ سم × ٣ سم × ١ سم وحتى ٥ سم × ٥ سم × ١ سم.

الشكل رقم (٣) يوضح بعض أشكال الأوتاد المستخدمة في تثبيت نقاط المضلع.

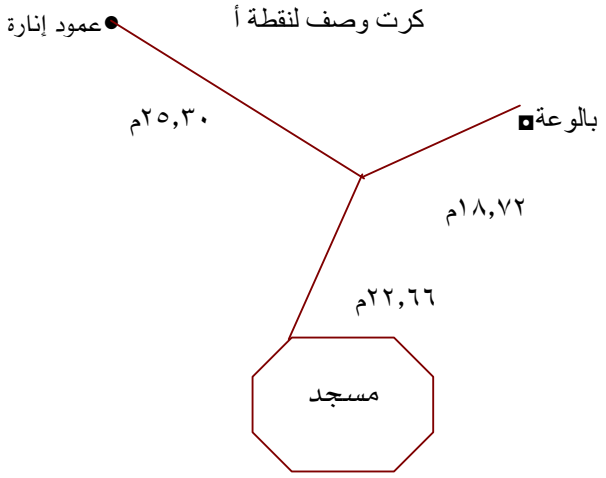
وبعد الانتهاء من اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة توقع مواضعها على الكروكي العام بالتقريب، ويتم التوصيل بينها على الكروكي بلون مخالف للون الذي رسم به الكروكي وذلك للحصول على شكل المضلع المستخدم، وترقم نقط المضلع بالأرقام أو بالحروف.

الشكل رقم (١) يوضح مواضع نقاط المضلع (أ ب جـ د).

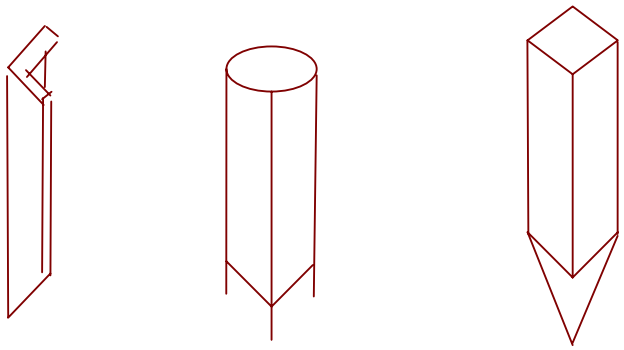
وبعد اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة تأتي إلخطوة إلخامسة لعملية إنشاء مضلع وهي:

عمل كرت وصف لنقاط المضلع:

يتم عمل كرت وصف لكل نقطة من نقاط المضلع على حدة في صفحة منفصلة، حيث يتم رسم الجزء المحيط بالنقطة مكبراً ونختار موضعين ثابتين (الأفضل ثلاثة) من المواضع الثابتة، ثم تقاس الأبعاد بين المواضع الثابتة ونقطة المضلع المراد عمل كرت وصف لها، وتسجل الأبعاد على كرت الوصف حتى إذا أزيلت النقطة أو لم يستدل عليها فيما بعد يمكن تحديد موقعها مرة أخرى، ومن الأفضل أن تكون الأبعاد في اتجاهات متعامدة مع بعضها تقريباً، والشكل رقم (٢) يوضح كرت وصف لإحدى نقاط مضلع.



كروت وصف للنقطة أ



بعض اشكال الأوتاد المستخدمة فى تثبيت نقاط المضلع

عملية رصد المضلع المغلق :

عند القيام بالأعمال المساحية الدقيقة نحتاج إلى إنشاء ما يسمى بالمضلع، والمضلع هو الهيكل الرئيسي لإعمال الرفع أو التوقيع ويفضل استخدام المضلعات المقفلة في رفع المباني والمدن وفي رفع المستنقعات وغير ذلك من المناطق المقفلة التي يمكن إحاطتها بمضلع.

خطوات إنشاء مضلع مغلق في الطبيعة :

١. عملية الاستكشاف وعمل كروكي عام للمنطقة.
٢. اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة.
٣. عمل كارت وصف لكل نقطة من نقاط المضلع.
٤. قياس الزوايا الداخلية أو إلخارجية للمضلع.
٥. قياس أطوال الأضلاع.
٦. تعين انحراف أحد أضلاع المضلع.

إلخطوات من ١، ٢، ٣ تم شرحها في الوحدات السابقة.

أما بالنسبة لقياس زوايا المضلع فإنه يمكن قياس الزوايا الداخلية أو إلخارجية، ويفضل غالباً قياس الزوايا الداخلية للمضلع، وبالنسبة لأطوال الأضلاع فإنه يتم قياسها مرتين على الأقل (ذهاباً وإياباً)، أما بالنسبة لتعين انحراف أحد أضلاع المضلع فيتم قياسه بالبوصلة أو حسابه من نقط مضلعات سابقة أو افتراضه.

حساب المضلع المغلق :

هناك عدة خطوات تتبع لحساب المضلع المغلق وهي: -

١. حساب قيم الزوايا الأفقية المرصودة لكل نقطة من نقاط المضلع (مرفق صورة من جدول الأرصاد).

خطوات الحساب:

أ) يتم حساب متوسط الاتجاه المرصود في الوضعيين المتياسر والمتيامن للقوس الواحد.

متوسط الاتجاه= ½ (قراءة الوضع المتياسر + (قراءة الوضع المتيامن ±١٨٠°))

ب) يتم حساب قيم الزوايا المرصودة للقوس الواحد.

قيمة الزاوية المرصودة= متوسط الاتجاه اللاحق - متوسط الاتجاه السابق

ج) نحسب خطا القفل للزاوية المرصودة لكل قوس ونقارنها بمقدار ٣٦٠^{o}.

خطأ القفل للأفق = مجموع الزوايا حول النقطة - ٣٦٠^{o}

د) يتم حساب التصحيح لكل زاوية.

مقدار التصحيح = مقدار خطأ قفل الأفق ÷ عدد الزوايا حول نقطة الرصد

علي أن تكون إشارة التصحيح عكس إشارة إلخطأ.

ه) يتم إضافة قيمة التصحيح لكل زاوية جبرياً فنحصل على قيم الزوايا المصححة.

و) يتم التأكد بجمع الزوايا التي تقفل الأفق المفروض أن تساوي ٣٦٠^{o}.

٢. حساب الزوايا المصححة للمضلع (مرفق صورة من الجدول).

أي مضلع مغلق يجب أن يكون:

المجموع النظري لزوايا الشكل الهندسي للمضلع = (ن ± ٢) × ١٨٠^{o}

حيث (ن) = عدد زوايا المضلع المغلق.

(+) إذا كانت الزوايا المقاسة خارجية.

(-) إذا كانت الزوايا المقاسة داخلية.

ثم يتم حساب مقدار إلخطأ بين مجموع الزوايا المرصودة فعلياً والمجموع النظري لزوايا الشكل الهندسي للمضلع، ومقدار هذا إلخطأ يعرف بـ (خطأ القفل الزاوي).

خطأ القفل الزاوي = مجموع الزوايا المرصودة – المجموع النظري لزوايا المضلع

ويجب أن نتحقق هل خطأ القفل في حدود المسموح به أم لا وإذا كان مسموحاً به أم لا. إذا كان خطأ القفل غير مسموح بها فيجب إعادة الأرصاد مرة أخرى أو رصد الزوايا المشكوك في صحتها.

خطأ القفل المسموح = $\pm ٧٠'' \sqrt{\text{ن}}$

أما إذا كان خطأ القفل في حدود المسموح به فيتم توزيعه على زوايا المضلع باستخدام القانون الآتي.

مقدار التصحيح لكل زاوية = (خطأ القفل ÷ عدد الزوايا)

ويكون التصحيح بعكس إشارة خطأ القفل وبعد تصحيح الزوايا نتأكد من أن مجموعها يساوي المجموع النظري للشكل الهندسي للمضلع.

٣. حساب الانحرافات الدائرية (مرفق صورة من الجدول).

بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع المرصود بالبوصلة نحسب انحرافات باقي الأضلاع.

انحراف الضلع المجهول = انحراف الضلع المعلوم ± ١٨٠± الزاوية المصححة من الضلع المعلوم إلي الضلع المجهول

+180 اذا كان الانحراف المعلوم اقل من 180

-180 اذا كان الانحراف المعلوم اكبر من180

+ الزاوية اذا كانت الزوايا مقاسة فى اتجاه عكس عقارب الساعة

- الزاوية اذا كانت الزوايا مقاسة فى اتجاه عقارب الساعة

نحسب انحرافات أضلاع المضلع ابتداء من الضلع المعلوم انحرافه وحتى نصل إلى نفس الضلع مرة أخرى فنحصل على انحراف ضلع البداية محسوباً ونقارنه بالانحراف المعلوم مسبقاً فإن تساوي دل ذلك على صحة العمل الحسابي لحساب الانحرافات الدائرية وإذا لم يتساوى نراجع الخطوات مرة أخري.

٤. حساب متوسط أطوال أضلاع المضلع.

أما تحقيق القياسات الطولية لخطوط المضلع فيكون بقياس طول كل ضلع مرتين في اتجاهين متضادين ومقارنة النتائج مع بعضها وملاحظة أن الفرق بينهما يكون في حدود المسموح به ثم نأخذ متوسط القياسين.

٥. حساب المركبات المصححة لأضلاع المضلع.

أ) تحسب المركبات الأفقية للأضلاع مع مراعاة إشارة المركبات.

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا زاوية الانحراف الدائري للضلع

ب) تحسب المركبات الرأسية للأضلاع مع مراعاة إشارة المركبات.

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا زاوية الانحراف الدائري للضلع

٦. حساب خطأ القفل في المركبات وتصحيحها.

$$\text{خطأ القفل للمركبات } (\Delta) = \sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$$

حيث :

المجموع الجبري للمركبات الأفقية = Δ س

المجموع الجبري للمركبات الرأسية = Δ ص

مقدار خطأ القفل الضلعي (Δ)

نسبة خطأ القفل للمركبات = ــ

مجموع أطوال الأضلاع

إلخطأ المسموح به

١

في المدن = ــــــــــــ من طول المضلع

٢٠٠٠

قيمة خطأ القفل للمركبات الأفقية

قيمة تصحيح المركبة الأفقية للخط = ــ × المركبة الأفقية للخط

المجموع العددي للمركبات الأفقية

٧. تصحيح إلخطأ في المركبات.

قيمة خطأ القفل للمركبات الرأسية

قيمة تصحيح المركبة الرأسية للخط = ــ × المركبة الرأسية للخط

المجموع العددي للمركبات الرأسية

حساب المركبات الأفقية والراسية المصححة.

بعد حساب طول المركبات ومقدار التصحيح لها، نحسب المركبة المصححة كالآتي:

المركبة الأفقية المصححة للخط =

المركبة الأفقية لهذا الخط + مقدار تصحيح المركبة الأفقية لهذا الخط

المركبة الرأسية المصححة للخط =

المركبة الرأسية لهذا الخط + مقدار تصحيح المركبة الرأسية لهذا الخط

بعد حساب المركبات الأفقية المصححة والرأسية المصححة يجب أن يتحقق الشرطان الآتيان:

المجموع الجبري للمركبات الأفقية المصححة = صفر

المجموع الجبري للمركبات الرأسية المصححة = صفر

احداثيات نقاط المضلع

لكي نستطيع حساب إحداثيات نقاط المضلع نحتاج إلى الآتي:

أ) نقطة معلومة الإحداثيات.

ب) المركبة الأفقية المصححة والرأسية المصححة للخط الواصل لكل ضلع من أضلاع المضلع.

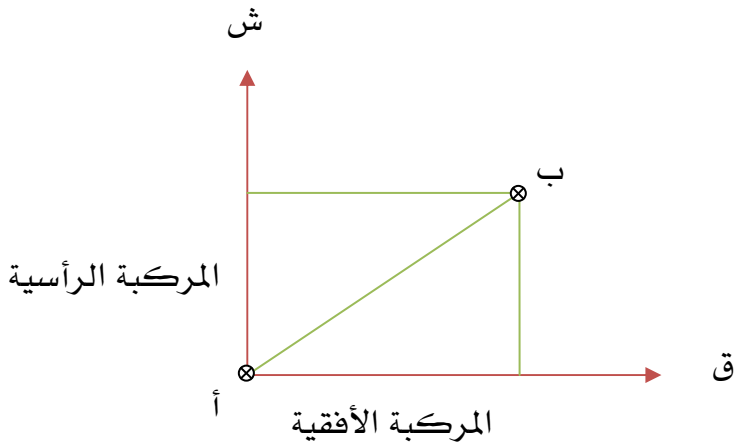
الإحداثي الأفقي للنقطة = الإحداثي الأفقي لنقطة السابقة ± المركبة الأفقية المصححة للضلع

الإحداثي الرأسي للنقطة=الإحداثي الرأسي للنقطة السابقة±المركبة الرأسية المصححة للضلع

ونكرر العمل كما سبق إلى أن نحصل على إحداثيات أول نقطة مرة أخرى للتحقق من أن الإحداثيات المحسوبة للنقطة هي نفسها الإحداثيات المعلومة.

حساب المركبات الافقية والرأسية للأضلاع

المركبة لأى خط هى مسقط هذا الخط على اتجاه الشمال والاتجاه العمودى عليى فاذا كان المسقط على اتجاه الشمال سميت المركبة رأسية واذا كان المسقط على الاتجاه العمودى على الشمال سميت المركبة افقية كما هو موضح بالشكل



المركبات الأفقية والرأسية للضلع ا ب

ويمكن حساب المركبات الأفقية والرأسية من القاعدتين التاليتين :

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا (زاوية انحراف الضلع)

المركبة الراسية للضلع = طول الضلع × جتا (زاوية انحراف الضلع)

ـد تصحيح أخطاء القفل في المركبات الأفقية والراسية:

إذا حدث أثناء القياس خطأ في قياس أطوال أضلاع المضلع فإنه عند توقيع هذا المضلع على الخريطة نجد أن نقطة الانتهاء فيه لا تنطبق على نقطة الابتداء والمسافة التي تفصل بينهما تسمى خطا القفل.

الشروط الواجب توافرها فى المضلع المغلق

المجموع الجبري للمركبات الأفقية لخطوط المضلع = صفر

المجموع الجبري للمركبات الرأسية لخطوط المضلع = صفر

فإذا لم يتوفر أحد الشرطين أو كلاهما فإنه يجب توزيع الخطأ إذا كان في حدود المسموح به وبذلك يصبح المضلع مقفل كما في حالته الطبيعية حيث:

- المجموع الجبري للمركبات الأفقيـة = Δ س
- المجموع الجبري للمركبات الراسية = Δ ص

خطا القفل في المضلع = $\sqrt{\Delta \text{ س}^2 + \Delta \text{ ص}^2}$

$$\text{نسبة خطا القفل في المضلع} = \frac{\text{مقدار خطا القفل في المضلع}}{\text{مجموع أطوال أضلاع المضلع}}$$

ويجب أن تكون هذه النسبة في حدود المسموح به فإذا كانت اكبر منه يجب إعادة العمل المساحي وإذا كانت أصغر منه فإننا نوزع خطا القفل على الأضلاع.

خطا القفل المسموح به :

- في المدن 1 : 2000
- في القرى والأراضي الزراعية 1 : 1000

توزيع خطا القفل بنسبة أطوال المركبات

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = \frac{\text{مركبة الخطأ الأفقية } (\Delta \text{ س})}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية}} \times \text{طول المركبة الأفقية}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للضلع} = \frac{\text{مركبة الخطأ الأفقية } (\Delta \text{ ص})}{\text{المجموع العددي للمركبات الرأسية}} \times \text{طول المركبة الرأسية}$$

ملحوظة هامة :

لابد من ملاحظة الإشارة أثناء التصحيح .

مثال (1) تطبيقي لشرح خطوات حساب المضلع المغلق :

مضلع ا ب ج د رصدت اطوال اضلاعه وزواياه فكانت كالتالى

الضلع	الطول بالمتر
أب	68.351
ب ج	140.289
ج د	66.653
د ا	122.181

انحراف ا ب = 00 32 323
انحراف ب ج = 00 30 226
انحراف ج د = 56 01 128
انحراف د ا = 25 22 47

المطلوب حساب المركبات الأفقية والرأسية المصححة

ج حساب المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع :

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا (زاوية انحراف الضلع) .

المركبة الأفقية للضلع (أ ب) = 68.351 × جا 00 '' 32 ' 323 ° = - 40.62476 م

المركبة الأفقية للضلع (ب ج) = 140.289 × جا 00 '' 30 ' 226 ° = - 101.76205 م

المركبة الأفقية للضلع (ج د) = 66.653 × جا 56 '' 01 ' 128 ° = + 52.50019 م

المركبة الأفقية للضلع (د أ) = 122.181 × جا 25 '' 22 ' 47 ° = + 89.89898 م

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا (زاوية انحراف الضلع) .

المركبة الرأسية للضلع (أ ب) = 68.351 × جتا 00‘‘ 32‘ 323° = + 54.96806 م

المركبة الرأسية للضلع (ب ج) = 140.289 × جتا 00‘‘ 30‘ 226° = - 96.56858 م

المركبة الرأسية للضلع (ج د) = 66.653 × جتا 56‘‘ 01‘ 128° = - 41.06522 م

المركبة الرأسية للضلع (د أ) = 122.181 × جتا 25‘‘ 22‘ 47° = + 82.74280 م

د- تصحيح أخطاء القفل في المركبات الأفقية والراسية :

المجموع الجبري للمركبات الأفقية (Δ س) = +0.012368 م

المجموع الجبري للمركبات الراسية (Δ ص) = + 0.077069 م

خطا القفل في المضلع = $\sqrt{\Delta \text{س}^{2} + \Delta \text{ص}^{2}}$

خطا القفل في المضلع = $\sqrt{(0.12368)^{2}+(0.077069)^{2}}$

خطا القفل في المضلع = 0.078 مترا

$$\text{نسبة خطا القفل في المضلع} = \frac{\text{مقدار خطا القفل في المضلع}}{\text{مجموع أطوال أضلاع المضلع}}$$

$$\text{نسبة خطا القفل في المضلع} = \frac{0.078}{397.474} = 1 : 5096$$

بما أن الخطأ (1 : 5096) لم يتجاوز الخطأ المسموح به في المدن 1 : 2000

إذاً يتم توزيع الخطأ بطريقة نسبة المركبات كما يلي:

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = \frac{\text{مركبة الخطأ الأفقية (} \Delta \text{ س)}}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية}} \times \text{طول المركبة الأفقية}$$

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (أ ب) = $\frac{0.012368}{284.78598}$ × 40.62476 = - 0 00176

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (ب ج) = 0.000043 × 101.76205 = - 0.00442

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (ج د) = 0.000043 × 52.50019 = - 0.00228

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (د أ) = 89.89898 × 0.000043 = -
0.00390

تصحيح المركبة الرأسية للضلع = $\frac{\text{مركبة الخطأ الرأسية } (\Delta \text{ ص})}{\text{المجموع العددي للمركبات الرأسية}} \times$ طول المركبة الرأسية

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (أ ب) = $\frac{0.077069}{275.34465}$ × 54.96806 = -
0 015385

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (ب ج) = 96.56585 × 0.0002799 = - 0.027029

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (ج د) = 41.06522 × 0.0002799 = - 0.011494

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (د أ) = 82.74280 × 0.0002799 = - 0.023159

ملحوظة :

إذا كانت إشارة (Δ س) موجبة فيكون تصحيح المركبات بالسالب، والعكس صحيح.

إذا كانت إشارة (Δ ص) موجبة فيكون تصحيح المركبات بالسالب، والعكس صحيح.

أي أن تصحيح المركبات يكون عكس إشارة المجموع الجبري.

المركبة الأفقية المصححة للضلع =المركبة الأفقية لهذا الضلع ± مقدار تصحيح المركبة الأفقية للضلع

المركبة الأفقية المصححة للضلع أ ب = - 40.62476 - 0.00176 = - 40.62652

المركبة الأفقية المصححة للضلع ب ج = - 101.76205 - 0.00442 = -
101.76646

المركبة الأفقية المصححة للضلع ج د = + 52.50019 - 0.00228 = + 52.49791

المركبة الأفقية المصححة للضلع د أ = + 89.89898 - 0.00390 = + 89.89507

المركبة الراسية المصححة للضلع =المركبة الراسية لهذا الضلع±مقدار تصحيح المركبة الراسية للضلع

المركبة الراسية المصححة للضلع أ ب = + 54.96806 - 0.01538 5 = +54.95268

المركبة الراسية المصححة للضلع ب ج = - 96.56858 - 0.027029 = - 96.5956

المركبة الراسية المصححة للضلع ج د = - 1.06522 - 0.011494 = -
41.07671

المركبة الراسية المصححة للضلع د أ = + 82.74280 - 0.023159 = + 82.71964

مثال (2) تطبيقي لشرح خطوات حساب المضلع المغلق :

مضلع ا ب ج د هـ رصدت اطواله وانحرافاته بجهاز المحطة الشاملة كما فى الجدول

الضلع	الطول بالمتر
أب	210.95
ب ج	346.60
ج د	271.30
د هـ	356.62
هـ أ	408.43

انحراف ا ب = 00 00 60

انحراف ب ج = 36 02 35

انحراف ج د = 08 00 195

انحراف د هـ = 52 32 275

انحراف هـ ا = 56 01 6

ـج. حساب المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع :

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا (زاوية انحراف الضلع) .

المركبة الأفقية للضلع (أ ب) = 210.95 × جا 00 " 00 ´ 60 ° = + 182.688 م

المركبة الأفقية للضلع (ب ج) = 346.60 × جا 36 " 02 ´ 35 ° = + 199.016 م

المركبة الأفقية للضلع (ج د) = 271.30 × جا 08" 00 ´ 195 ° = - 70.228 م

المركبة الأفقية للضلع (د هـ) = 356.62 × جا 52" 32 ´ 275 ° = - 354.950 م

المركبة الأفقية للضلع (هـ أ) = 408.43 × جا 56" 01 ´ 006 ° = + 42.921 م

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا (زاوية انحراف الضلع) .

المركبة الراسية للضلع (أ ب) = 210.95 × جتا 00 " 00 ´ 60 ° = + 105.475 م

المركبة الراسية للضلع (ب ج) = 346.60 × جتا 36 " 02 ´ 35 ° = - 283.768 م

المركبة الراسية للضلع (ج د) = 271.30 × جتا 08" 00 ´ 195 ° = - 262.053 م

المركبة الراسية للضلع (د هـ) = 356.62 × جتا 52" 32 ´ 275 ° = + 34.477 م

المركبة الراسية للضلع (هـ أ) = 408.43 × جتا 56" 01 ´ 006 ° = + 406.169 م

ـ تصحيح أخطاء القفل في المركبات الأفقية والراسية :

المجموع الجبري للمركبات الأفقية (Δ س) = - 0.553 م

المجموع الجبري للمركبات الراسية (Δ ص) = + 0.300 م

خطا القفل في المضلع = $\sqrt{\Delta \text{ س}^{2} + \Delta \text{ ص}^{2}}$

خطا القفل في المضلع = $\sqrt{(0.553)^{2} + (0.300)^{2}}$

خطا القفل في المضلع = 0.629 م

$$\text{نسبة خطا القفل في المضلع} = \frac{\text{مقدار خطا القفل في المضلع}}{\text{مجموع أطوال أضلاع المضلع}}$$

$$\text{نسبة خطا القفل في المضلع} = \frac{0.629}{1593.90} = 1 : 2534$$

بما أن الخطأ (1 : 2534) لم يتجاوز الخطأ المسموح به في المدن 1 : 2000

إذاً يتم توزيع الخطأ بطريقة نسبة المركبات كما يلي:

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = \frac{\text{مركبة الخطأ الأفقية (} \Delta \text{ س)}}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية}} \times \text{طول المركبة الأفقية}$$

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (أ ب) = $\frac{0.533}{849.803} \times 182.688$ = 0.119

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (ب ج) = 0.000651 × 199.016 = + 0.130

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (ج د) = 0.000651 × 70.228 = + 0.046

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (د هـ) = 0.000651 × 354.950 = + 0.231

تصحيح المركبة الأفقية للضلع (هـ أ) = 0.000651 × 42.921 = + 0.027

تصحيح المركبة الرأسية للضلع = $\frac{\text{مركبة الخطأ الرأسية } (\Delta \text{ ص})}{\text{المجموع العددي للمركبات الرأسية}}$ × طول المركبة الرأسية

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (أ ب) = $\frac{0.300}{1091.942}$ × 105.475 = - 0.029

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (ب ج) = 0.000275 × 283.768 = - 0.078

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (ج د) = 0.000275 × 262.053 = - 0.072

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (د هـ) = 0.000275 × 34.477 = - 0.009

تصحيح المركبة الرأسية للضلع (هـ أ) = 0.000275 × 406.169 = - 0.112

ملحوظة :

إذا كانت إشارة (Δ س) موجبة فيكون تصحيح المركبات بالسالب، والعكس صحيح.

إذا كانت إشارة (Δ ص) موجبة فيكون تصحيح المركبات بالسالب، والعكس صحيح.

أي أن تصحيح المركبات يكون عكس إشارة المجموع الجبري.

المركبة الأفقية المصححة للضلع =المركبة الأفقية للضلع ± مقدار تصحيح المركبة الأفقية للضلع

المركبة الأفقية المصححة للضلع (أ ب) = + 182.688 + 0.119 = + 182.807 م

المركبة الأفقية المصححة للضلع (ب ج) = + 199.016 + 0.130 = + 199.146 م

المركبة الأفقية المصححة للضلع (ج د) = - 70.228 + 0.046 = - 70.182 م

المركبة الأفقية المصححة للضلع (د هـ) = - 354.95 + 0.231 = - 354.719 م

المركبة الأفقية المصححة للضلع (هـ أ) = + 42.921 + 0.027 = + 42.948 م

المركبة الرأسية المصححة للضلع =المركبة الرأسية للضلع ± مقدار تصحيح المركبة الرأسية للضلع

المركبة الرأسية المصححة للضلع (أ ب) = + 105.475 - 0.029 = + 105.446 م

المركبة الرأسية المصححة للضلع (ب 283.768 - 0.078 = - 283.846 م

المركبة الرأسية المصححة للضلع (ج د) = - 262.053 - 0.072 = - 262.125 م

المركبة الرأسية المصححة للضلع (د هـ) = + 34.447 - 0.009 = + 34.468 م

المركبة الرأسية المصححة للضلع (هـ أ) = + 406.169 - 0.112 = + 406.057 م

حساب المضلع المغلق

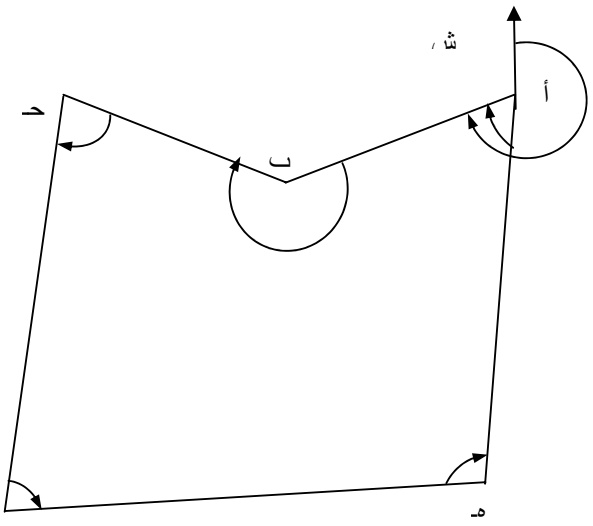
تم شرح خطوات حساب المضلع المغلق في الوحدة السابقة وسوف نعطي مثالاً تطبيقياً للمضلع المغلق.

مثال:

لرفع تفاصيل منطقة سكنية داخل إحدى المدن استلزم ذلك عمل المضلع المغلق (أ ب جـ د هـ) الموضح بالشكل رقم (١٣) وتم قياس الزوايا الأفقية بجهاز المحطة الشاملة اليتودوليت والذي دقته في قراءة الزوايا الأفقية ١″ وقياس أطوال الأضلاع بجهاز الديستومات كانت الأرصاد كما هو موضح بالجداول.

النقطة	الزوايا المرصودة		
	″	′	°
أ	٣٠	٥٣	٦٤
ب	١٥	٣٥	٢٠٦
جـ	١٥	٢١	٦٤
د	٤٥	٣٣	١٠٧
هـ	٤٥	٣٨	٩٦

الضلع	الطول بالمتر
أ ب	٦٩٠,٨٨
ب جـ	٦١٦,٠٥
جـ د	٦٧٧,٩٧
د هـ	٩٧١,٢٦
هـ أ	٧٨٣,٣٢



مضلع مغلق أ ب جـ د ه

بمعلومية انحراف الضلع أب ٠٠″ ٤٩′٢٥٩°

و بمعلومية احداثي نقطة أ (٣٥٠٠، ٤٥٠٠)

المطلوب:

١. حساب الزوايا المصححة للمضلع.
٢. حساب مقدار ونسبة خطأ القفل الزاوي في المضلع وهل في حدود المسموح ام لا.
٣. حساب الانحرافات الدائرية.
٤. حساب المركبات الأفقية والرأسية للإضلاع.
٥. حساب خطأ القفل في المركبات.
٦. تصحيح إلخطأ في المركبات.
٧. حساب المركبات المصححة
٨. إحداثيات نقاط المضلع.

ملحوظة : الزوايا المقاسة عكس عقارب الساعة

الحل:

١. حساب الزوايا المصححة للمضلع

يتم حساب الزوايا المصححة حسب إلخطوات التالية:

أ) **يحسب مجموع الزوايا (الداخلية أو إلخارجية) المقاسة للمضلع المغلق.**

ب) **يحسب المجموع النظري للزوايا (الداخلية أو إلخارجية) للشكل الهندسي للمضلع المغلق.**

المجموع النظري لزوايا الشكل الهندسي للمضلع = (ن ± ٢) × ١٨٠°

حيث (ن) = عدد زوايا المضلع المغلق.

(+) إذا كانت الزوايا المقاسة خارجية.

(-) إذا كانت الزوايا المقاسة داخلية.

وفي المثال:

المجموع النظري لزوايا المضلع = (٥ – ٢) × ١٨٠° = ٥٤٠°

ومجموع زوايا المضلع المرصودة =٣٠″ ٢ ′٥٤٠°

٢. حساب مقدار خطأ القفل الزاوي في المضلع وهل في حدود المسموح ام لا.

يحسب خطأ القفل الزاوي.

خطأ القفل الزاوي = مجموع الزوايا المرصودة – المجموع النظري لزوايا المضلع

خطأ القفل الزاوي = ٣٠″ ٢ ′٥٤٠° – ٥٤٠° = ٣٠″ ٢ ′

حساب قيمة إلخطأ المسموح به.

خطأ القفل المسموح = ±٧٠″ $\sqrt{ن}$

خطأ القفل المسموح = ± ٧٠″ $\sqrt{٥}$ = ± ١٥٦,٥٢″

ومقدار خطأ القفل = ٣٠″ ٢ ′ = ١٥٠″

إذا كان خطأ القفل غير مسموح به فيجب إعادة الأرصاد مرة أخرى، أما إذا كان الخطأ في حدود المسموح به كما في المثال فيتم توزيعه على زوايا المضلع باستخدام القانون الآتي.

مقدار التصحيح لكل زاوية = (خطأ القفل ÷ عدد الزوايا)

مقدار التصحيح لكل زاوية = (٣٠″ ٢′ ÷ ٥) = ٣٠″

ويكون التصحيح بعكس إشارة خطأ القفل وبعد تصحيح الزوايا نتأكد من أن مجموعها يساوي المجموع النظري للشكل الهندسي للمضلع.

وحيث إن أشارة خطأ القفل موجبة (+) فيكون التصحيح بإشارة سالبة (–)، وعلى ذلك يكون التصحيح لكل زاوية = – ٣٠″ فتكون الزوايا المصححة كما هو موضح بالجدول.

النقطة	الزوايا المصححة		
	″	′	°
أ	٠٠	٥٣	٦٤
ب	٤٥	٣٤	٢٠٦
جـ	٤٥	٢٠	٦٤
د	١٥	٣٣	١٠٧
هـ	١٥	٣٨	٩٦

٣. حساب الانحرافات الدائرية.

بمعلومية انحراف أحد أضلاع المضلع المرصود بالبوصلة نحسب انحرافات باقي الأضلاع.

انحراف الضلع المجهول = انحراف الضلع المعلوم ± ١٨٠± الزاوية المصححة من الضلع المعلوم إلى الضلع المجهول

حيث: + ١٨٠ : إذا كان الانحراف المعلوم أقل من ١٨٠°

-180 اذا كان الانحراف المعلوم اكبر من 180

+ الزاوية اذا كانت الزوايا مقاسة فى اتجاه عكس عقارب الساعة

- الزاوية اذا كانت الزوايا مقاسة فى اتجاه عقارب الساعة

وعلي ذلك يكون انحرافات الأضلاع كما يلي

انحراف الضلع العلوم أب = ٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩°

انحراف الضلع ب جـ =٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩° —١٨٠° + ٤٥″ ٣٤ ′ ٢٠٦° = ٤٥″ ٢٣ ′ ٢٨٦°

انحراف الضلع جـ د = ٤٥″ ٢٣ ′ ٢٨٦° —١٨٠° + ٤٥″ ٢٠ ′ ٦٤° = ٣٠″ ٤٤ ′ ١٧٠°

انحراف الضلع د هـ =٣٠″ ٤٤ ′ ١٧٠° + ١٨٠° + ١٥″ ٣٣ ′ ١٠٧°= ٤٥″ ١٧ ′ ٤٥٨°

ملحوظة:

إذا كان قيمة انحراف الضلع أكبر من ٣٦٠° يطرح من ٣٦٠°، وإذا كان الناتج بإشارة سالب يضاف اليه ٣٦٠° .

انحراف الضلع د هـ = ٤٥″ ١٧ ′ ٤٥٨° — ٣٦٠° = ٤٥″ ١٧ ′ ٩٨°

انحراف الضلع هـ أ = ٤٥″ ١٧ ′ ٩٨°+ ١٨٠° + ١٥″ ٣٨ ′ ٩٦° = ٠٠″ ٥٦ ′ ٣٧٤°

انحراف الضلع هـ أ = ٠٠″ ٥٦ ′ ٣٧٤° — ٣٦٠° = ٠٠″ ٥٦ ′ ١٤°

انحراف الضلع أ ب = ٠٠″ ٥٦ ′ ١٤°+ ١٨٠° + ٠٠″ ٥٣ ′ ٦٤° = ٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩°

مما سبق نجد أن الانحراف المحسوب للضلع أ ب يساوي الانحراف المعطى = ٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩° وهذا يدل على صحة العمل الحسابي.

٤. حساب المركبات الأفقية والرأسية للإضلاع.

أ) تحسب المركبات الأفقية للإضلاع مع مراعاة إشارة المركبات.

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا زاوية الانحراف الدائري للضلع

تحسب المركبات الرأسية للإضلاع مع مراعاة إشارة المركبات.

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا زاوية الانحراف الدائري للضلع

وتكون المركبات لأضلاع المضلع (أ ب جـ د هـ) كما يلي:

المركبة الأفقية للضلع أ ب = ٦٩٠,٨٨ × جا ٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩° = - ٦٧٩,٩٩٧ م

المركبة الرأسية للضلع أ ب = ٦٩٠,٨٨ × جتا ٠٠″ ٤٩ ′ ٢٥٩° = -١٢٢,١٤٧ م

المركبة الأفقية للضلع ب جـ = ٦١٦,٠٥ × جا ٤٥″ ٢٣ ′ ٢٨٦°= - ٥٩٠,٩٩٨ م

المركبة الرأسية للضلع ب جـ = ٦١٦,٠٥ × جتا ٤٥″ ٢٣ ′ ٢٨٦°= + ١٧٣,٨٩٣ م

المركبة الأفقية للضلع جـ د = ٦٧٧,٩٧ × جا ٣٠″ ٤٤ ′ ١٧٠° = - ١٠٩,٠٧٦ م

المركبات الرأسية للضلع جـ د = ٦٧٧,٩٧ × جتا ٣٠″ ٤٤ ′ ١٧٠° = - ٦٦٩,١٣٨ م

المركبة الأفقية للضلع د هـ = ٩٧١,٢٦ × جا ٤٥″ ١٧ ′ ٩٨° = + ٩٦١,٠٩٧ م

المركبات الرأسية للضلع د هـ = ٩٧١,٢٦ × جتا ٤٥″ ١٧ ′ ٩٨° = - ١٤٠,١٣٨ م

المركبات الأفقية للضلع هـ أ = ٧٨٣,٣٢ × جا ٠٠″ ٥٦ ′ ١٤° = + ٢٠١,٨٥٨ م

المركبات الرأسية للضلع هـ أ = ٧٨٣,٣٢× جتا ٠٠″ ٥٦ ′ ١٤° = + ٧٥٦,٨٦٤ م

حساب خطأ القفل في المركبات وتصحيحها.

$$\text{خطأ القفل للمركبات } (\Delta) = \sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$$

حيث :

المجموع الجبري للمركبات الأفقية = Δ س

المجموع الجبري للمركبات الرأسية = Δ ص

مقدار خطأ القفل الضلعي (Δ)

نسبة خطأ القفل للمركبات = ــ

مجموع أطوال الأضلاع

في المثال:

المجموع الجبري للمركبات الأفقية =

- ٦٧٩,٩٩٧+ (- ٥٩٠,٩٩٨) + ١٠٩,٩٩٨+ ٩٦١,٠٩٧+ ٢٠١,٨٥٨ = ١,٠٣٦ م

المجموع الجبري للمركبات الرأسية =

- ١٢٢,١٤٧+ ١٧٣,٨٩٣+ (- ٦٦٩,١٣٨) + (- ١٤٠,١٣٨) + ٧٥٦,٨٦٤= - ٠,٦٦٦م

خطأ القفل للمركبات (Δ) = $\sqrt{(١,٠٣٦)٢ + (- ٠,٦٦٦)٢}$ = ١,٢٣٢ م

نسبة خطأ القفل للمركبات = $\frac{١,٢٣٢}{٣٧٣٩,٤٨}$ = $\frac{١}{٣٠٣٥,٢٩٢}$

وحيث إن نسبة خطأ القفل المسموح في المدن = $\frac{١}{٢٠٠٠}$ من طول المضلع

أي أن نسبة إلخطأ في المثال مسموح بها وتصحح كما يلي:

٥. تصحيح إلخطأ في المركبات.

قيمة تصحيح المركبة الأفقية للخط = $\frac{\text{قيمة خطأ القفل للمركبات الأفقية}}{\text{المجموع العددي للمركبات الأفقية}}$ × المركبة الأفقية للخط

قيمة خطأ القفل للمركبات الرأسية

قيمة تصحيح المركبة الرأسية للخط = ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ × المركبة الرأسية للخط

المجموع العددي للمركبات الرأسية

الضلع	التصحيح في المركبة الأفقية	التصحيح في المركبة الرأسية
أ ب	١,٠٣٦ ٦٧٩,٩٩٧ × ـــــ = - ٠,٢٧٧ ٢٥٤٣,٠٢٦	٠,٦٦٦ ١٢٢,١٤٧ × ـــــ = +٠,٠٤٤ ١٨٦٢,١٨
ب جـ	١,٠٣٦ ٥٩٠,٩٩٨ × ـــــ = - ٠,٢٤١ ٢٥٤٣,٠٢٦	٠,٦٦٦ ١٧٣,٨٩٣ × ـــــ = + ٠,٠٦٢ ١٨٦٢,١٨
جـ د	١,٠٣٦ ١٠٩٠,٠٦٧ × ـــــ = -٠,٠٤٤ ٢٥٤٣,٠٢٦	٠,٦٦٦ ٦٦٩,١٣٨ × ـــــ = +٠,٢٣٩ ١٨٦٢,١٨
د هـ	١,٠٣٦ ٩٦١,٠٩٧ × ـــــ = - ٠,٣٩٢ ٢٥٤٣,٠٢٦	٠,٦٦٦ ١٤٠,١٣٨ × ـــــ = +٠,٠٥٠ ١٨٦٢,١٨
هـ أ	١,٠٣٦ ٢٠١,٨٥٨ ×ـــــ= - ٠,٠,٠٨٢ ٢٥٤٣,٠٢٦	٠,٦٦٦ ٧٥٦,٨٦٤ × ـــــ = +٠,٢٧١ ١٨٦٢,١٨
	مجموع التصحيحات = -١,٠٣٦	مجموع التصحيحات = +٠,٦٦٦

٦. حساب المركبات الأفقية والراسية المصححة.

بعد حساب طول المركبات ومقدار التصحيح لها ، نحسب المركبة المصححة كالآتي:

المركبة الأفقية المصححة للخط =

المركبة الأفقية لهذا الخط + مقدار تصحيح المركبة الأفقية

المركبة الرأسية المصححة للخط =

المركبة الرأسية لهذا الخط + مقدار تصحيح المركبة الرأسية لهذا

بعد حساب المركبات الأفقية المصححة والرأسية المصححة يجب أن يتحقق الشرطان الآتيان:

المجموع الجبري للمركبات الأفقية المصححة = صفر

المجموع الجبري للمركبات الرأسية المصححة = صفر

المركبات المصححة موضحة بالجدول.

الضلع	المركبة الأفقية المحسوبة	المركبة الرأسية المحسوبة	التصحيح في المركبة		المركبة الأفقيةالمصصحه	المركبة الرأسيةالمصححة
			الأفقية (-)	الرأسية (+)		
أ ب	٦٧٩,٩٩٧-	١٢٢,١٤٧-	٠,٢٧٧	٠,٠٤٤	٦٨٠,٢٧٤-	١٢٢,١٠٣-
ب جـ	٥٩٠,٩٩٨-	١٧٣,٨٩٣+	٠,٢٤١	٠,٠٦٢	٥٩١,٢٣٩-	١٧٣,٩٥٥+
جـ د	١٠٩,٠٧٦+	٦٦٩,١٣٨-	٠,٠٤٤	٠,٢٣٩	١٠٩,٠٣٢+	٦٦٨,٨٩٩-
د هـ	٩٦١,٠٩٧+	١٤٠,١٣٨-	٠,٣٩٢	٠,٠٥٠	٩٦٠,٧٠٥+	١٤٠,٠٨٨-
هـ أ	٢٠١,٨٥٨	٧٥٦,٨٦٤	٠,٠٨٢	٠,٢٧١	٢٠١,٧٧٦	٧٥٧,١٣٥
م. جبري	١,٠٣٦	٠,٦٦٦-			٠,٠٠٠	٠,٠٠٠٠
م. عددي	٢٥٤٣,٠٢٦	١٨٦٢,١٨				

٧. حساب إحداثيات نقاط المضلع.

لكي نستطيع حساب إحداثيات نقاط المضلع نحتاج إلى الآتي:

ج) نقطة معلومة الإحداثيات.

د) المركبة الأفقية المصححة والرأسية المصححة للخط الواصل لكل ضلع من أضلاع المضلع.

وفي المثال:

إحداثيات نقطة (أ) معلومة وهي (٣٥٠٠، ٤٥٠٠)، وحسبت المركبات الأفقية والرأسية المصححة للمضلع المقفل أ ب جـ د وبالتالي نستطيع حساب الإحداثيات لنقاط المضلع.

الإحداثي الأفقي لنقطة ب = ٣٥٠٠+(- ٦٨٠,٢٧٤) = ٢٨١٩,٧٢٦

الإحداثي الرأسي لنقطة ب = ٤٥٠٠+(- ١٢٢,١٠٣) = ٤٣٧٧,٨٩٧

الإحداثي الأفقي لنقطة جـ = ٢٨١٩,٧٢٦ + (- ٥٩١,٢٣٩) = ٢٢٢٨,٤٨٧

الإحداثي الرأسي لنقطة جـ = ٤٣٧٧,٨٩٧ + (١٧٣,٩٥٥) = ٤٥٥١,٨٥٢

الإحداثي الأفقي لنقطة د = ٢٢٢٨,٤٨٧+ (١٠٩,٠٣٢) = ٢٣٣٧,٥١٩

الإحداثي الرأسي لنقطة د = ٤٥٥١,٨٥٢ + (- ٦٦٨,٨٩٩) = ٣٨٨٢,٩٥٣

الإحداثي الأفقي لنقطة هـ = ٢٣٣٧,٥١٩+ (٩٦٠,٧٠٥) = ٣٢٩٨,٢٢٤

الإحداثي الرأسي لنقطة هـ = ٣٨٨٢,٩٥٣+ (- ١٤٠,٠٨٨) = ٣٧٤٢,٨٦٥

الآن أصبح جميع إحداثيات المضلع (أ ب جـ د هـ) معلومة إلا أننا سنعتبر إحداثيات (أ) مجهولة وبواسطة إحداثيات نقطة(هـ) التي أصبحت معلومة يمكن حساب إحداثيات النقطة (أ).

الإحداثي الأفقي لنقطة أ = ٣٢٩٨,٢٢٤+ (٢٠١,٧٧٦) = ٣٥٠٠

الإحداثي الرأسي لنقطة أ = ٣٧٤٢,٨٦٥+ (٧٥٧,١٣٥) = ٤٥٠٠

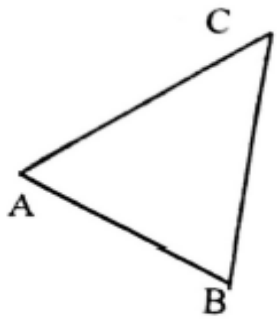
بعد حساب الإحداثيات نجد أن إحداثيات نقطة (أ) الناتجة حسابيا = إحداثيات نقطة (أ) المعلومة.

ويمكن حساب الإحداثيات من خلال الجدول الآتي بعد فهم طريقة الحساب.

الضلع	المركبات المصححة		النقطة	الإحداثيات	
	الأفقية	الرأسية		الإحداثي الأفقي	الإحداثي الرأسي
أ ب	-٦٨٠,٢٧٤	-١٢٢,١٠٣	أ	٣٥٠٠	٤٥٠٠
ب جـ	-٥٩١,٢٣٩	+١٧٣,٩٥٥	ب	٢٨١٩,٧٢٦	٤٣٧٧,٨٩٧
جـ د	+١٠٩,٠٣٢	-٦٦٨,٨٩٩	جـ	٢٢٢٨,٤٨٧	٤٥٥١,٨٥٢
د أ	+٩٦٠,٧٠٥	-١٤٠,٠٨٨	د	٢٣٣٧,٥١٩	٣٨٨٢,٩٥٣
هـ أ	+٢٠١,٧٧٦	٧٥٧,١٣٥	هـ	٣٢٩٨,٢٢٤	٣٧٤٢,٨٦٥
			أ	٣٥٠٠٠	٤٥٠٠

مثال:

تم رصد زوايا المثلث ABC بجهاز التيودوليت وقياس أطوال أضلاعه بالشريط وكانت النتائج كما بالجدول فإذا علم أن انحراف الخط AB هو 120° وإحداثيات النقطة A هى (1000 N, 1000E). فاحسب الإحداثيات الصحيحة لباقى نقط المثلث.



Point	Side	Length (m)	Angle
A			60° 12′ 10″
	AB	110.5	
B			60 31 44
	BC	111.7	
C			59 16 15
	CA	112.3	
A			

الحل :الجدول التالى يوضح خطوات الحل:

Point	Side	Length	Measured Angle	Corr-ection	Corrected Angle	Back Bearing	Fore Bearing
A			60 12 10	-3	60 12 7		
	AB	110.5				300 00 00	120 00 00
B			60 31 44	-3	60 31 41		
	BC	111.7				180 31 41	00 31 41
C			59 16 15	-3	59 16 12		
	CA	112.3				59 47 53	239 47 53
A			180 00 09		180 00 00		

Point	Side	Length	Bearing	Components		Corrections		Corr. Components		Coordinates	
		m	° ′ ″	Δy	Δx	Δy	Δx	Δy	Δx	Y	X
A										1000	1000
	AB	110.5	120 00 00	-55.25	95.70	+0.01	+0.16	-55.24	95.86		
B										944.76	1095.86
	BC	111.7	00 31 41	111.7	1.03	+0.02	+0.00	111.72	1.03		
C										1056.48	1096.89
	CA	112.3	239 47 53	-56.49	-97.06	+0.01	+0.17	-56.48	-96.89		
A										1000	1000
		333.5	Σ	-0.04	-0.33	+0.04	+0.33	00.00	00.00		
			Σ	223.44	193.79						

Closing error= $[(0.33)^2 + (0.04)^2]^{1/2}$ = 0.33m Rate of Closing Error = 0.33/333.5 ≅ 1/10000

تمرين (١):

المضلع (أ ب جـ د هـ و م) رصدت زواياه بالمحطة الشاملة وذلك لعمل خريطة كنتورية وكانت الأرصاد كما هو موضح بالجدول، وتم قياس أطوال الأضلاع ذهابا وإيابا وكان متوسط هذة الأطوال كما هو مبين بالجدول، وكان انحراف الضلع الأول (أ ب) = ٠٠″ ٣٣′ ٢٢٤°.

النقطة	مقدار الزاوية			الضلع	الطول بالمتر
	″	′	°		
أ	١٥	٣٤	١٢٠	أ ب	٨٣,٦١١
ب	٢٢	٠٣	١٠١	ب جـ	١١٨,٨٢
جـ	٥٨	٤٤	١٦٦	جـ د	١٥٧,٨٢
د	٠٨	٢٠	١٢٧	د هـ	٤٧,٥٤٢
هـ	٠٣	٢٧	٢٤٤	هـ و	١٩٧,٥٨
و	٠٣	٢١	٠٥٥	و م	٣٣٥,٣٢
م	٥٠	٢٨	٠٨٤	م أ	٤١١,٧١

ملحوظة: احداثيات النقطة أ (1000 , 1000

الزوايا المقاسة عكس عقارب الساعة

المطلوب:

١. حساب الزوايا المصححة للمضلع.
٢. حساب مقدار ونسبة خطأ القفل الزاوي في المضلع وهل في حدود المسموح ام لا.
٣. حساب الانحرافات الدائرية.
٤. حساب المركبات الأفقية والرأسية للأضلاع.
٥. حساب خطأ القفل في المركبات.
٦. تصحيح إلخطأ في المركبات.
٧. حساب المركبات المصححة
٨. إحداثيات نقاط المضلع.

تمرين (٢):

لعمل خريطة تفصيلية لأحدي المناطق السكنية تم عمل المضلع المغلق (أ ب جـ د هـ) ورصدت زواياه بالمحطة الشاملة وكانت الأرصاد كما في الجدول التالي وتم قياس أطوال الأضلاع وحسب متوسط هذه وسجلت بالجدول كما هو موضح بالجدول.

النقطة	الزوايا المرصودة			الضلع	الطول بالمتر
	″	′	°		
أ	٢٠	٠٢	٩٥	أ ب	٣٤٦,٦٠
ب	٠٠	٥٧	١٢٩	ب جـ	٢٧١,٣٠
جـ	٠٠	٢٧	٩٩	جـ د	٣٥٦,٦٢
د	٤٠	٣٠	٨٩	د هـ	٤٠٨,٤٣
هـ	٤٠	٠١	١٢٦	هـ أ	٢١٠,٩٥

وبمعلومية انحراف الضلع (أ ب) = ٢٤″ ٥٧′ ١٤٤° وإحداثيات نقطة (أ) هي (٦٥٠٠، ٤٢٠٠)

ملحوظة: **الزوايا المقاسة مع عقارب الساعة**

والمطلوب: -

١. حساب الزوايا المصححة للمضلع.
٢. حساب مقدار ونسبة خطأ القفل الزاوي في المضلع وهل في حدود المسموح ام لا.
٣. حساب الانحرافات الدائرية.
٤. حساب المركبات الأفقية والرأسية للاضلاع.
٥. حساب خطأ القفل في المركبات.
٦. تصحيح إلخطأ في المركبات.
٧. حساب المركبات المصححة
٨. إحداثيات نقاط المضلع.

الأرصاد الناقصة

(Omitted Measurements)

في اي مضلع مقفل ، اذا علمت الاطوال للاضلاع ل$_1$،ل$_2$ ،ل$_3$، .....

والانحرافات هـ$_1$ ، هـ$_2$ ، هـ$_3$ .....فان هناك شرطين يجب ان يتحققا:

ل$_1$ جتاهـ$_1$ + ل$_2$ جتاهـ$_2$ + ل$_3$ جتاهـ$_3$ + ...= مجموع المركبات الراسية = صفر

ل$_1$ جاهـ$_1$ + ل$_2$ جاهـ$_2$ + ل$_3$ جاهـ$_3$ + ...= مجموع المركبات الافقية = صفر

ومن هاتين المعادلتين يمكن تعيين اي مجهولين في المعادلات ، سواء اكانت طول او انحراف.

وكثيرا ما يحدث في الناحية العملية او يتعذر قياس طول خط أو أنحراف خط آخر..... ويمكن من هاتين المعادلتين أن نعين المجهول أو المجهولين ، ولكن العيب هو عدم اكتشاف اذا ما كانت هناك ارصاد خاطئة ام لا، اذ ان الحل ليس له تحقيق لان كل الاخطاء الممكن والمحتمل حدوثها تلقي عبئا علي المجاهيل لذلك لا نلجأ لها إلا للضرورة ، ولذا يراعي الدقة في رصد الكميات الممكنة كما يجب تحقيق العمل كلما تسني ذلك

وهناك ست حالات للمجاهيل في حالة الارصاد الناقصة:

اولا المجهول طول ضلع واحد

المجموع الجبري للمركبات الراسية للأضلاع المعلومة = ص

المجموع الجبري للمركبات الأفقية للأضلاع المعلومة = س

وبذا فان المركبة الراسية للضلع المجهول = - ص

والمركبة الأفقية للضلع المجهول = - **س**

طول الضلع المطلوب = $\sqrt{\text{س}^2 + \text{ص}^2}$

ويجب ان يتحقق ان الانحراف المرصود لهذا الضلع يكون مساويا للأنحراف المحسوب من واقع الأرصاد الناقصة او الفرق في حدود المسموح به

الأنحراف المرصود = ظا$^{-1}$ $\frac{-\text{س}}{-\text{ص}}$

ثانيا ـ المجهول انحراف ضلع واحد

كما في الحالة السابقة فيكون :

ظا الانحراف المختصر للضلع المجهول = $\frac{-س}{-ص}$

ومن الإشارة الجبرية للمركبتين للضلع المجهول يمكن تعيين ربع الدائرة الذي يقع فيه الخط ثم الانحراف الدائري ، والحالتين الاولي والثانية مجتمعة مبينة في الحالة الثالثة

ثالثا – المجهول طول ضلع وانحرافه

نقابل هذه الحالة كثيرا في الناحية العملية لإيجاد طول وإنحراف خط يتعذر قياسه وقياس انحرافه بالطريق المباشر ، فيشكل ترافرس يبتدئ من احدي النقطتين وينتهي عند الاخري وتقاس الزوايا عند كل النقط ما عدا هاتين النقطتين. بذلك يمكن ايجاد إنحرافات كل الخطوط ما عدا الخط الواصل بين هاتين النقطتين ثم تقاس أطوال الخطوط في هذا الترافرس عدا الخط الواصل بين النقطتين فالمجهول الان طول وانحراف الخط بين النقطتين.

مثال:

ا ب حـ د مضلع قيست أطوال أضلاعه ا ب ، ب حـ ، حـ د وحسبت انحرافاته فكانت كما بالجدول التالي والمطلوب حساب طول وانحراف د ا

الخط	الطول	الأنحراف الدائري
ا ب	42.50	159º 37.5′
ب حـ	38.15	221 52
حـ د	35.00	356 35
د ا	**؟**	**هـ**

الحل

نحسب الانحرافات المختصرة بالطريقة العادية ثم نحسب مركبات الاضلاع ونجمعها جبريا .

مركبات د ا طبقا للمعادلة السابقة تساوي مجموع مركبات كل الاضلاع بعكس الإشارة

الخط	الطول	الأنحراف الدائري	الأنحراف المختصر	المركبة الأفقية	المركبة الراسية
ا ب	42.50	159º 37.5′	ج 22.5 20 ق	14.797+	39.841-
ب ح	38.15	221 52	ج 52 41 غ	25.461-	28.410-
ح د	35.00	356 35	ش 25 03 غ	2.086-	34.937+
د ا	**؟**	**هـ**	**هـ**	**س** د ا	**ص** د ا
			المجموع	12.750 -	33.314 -
			مركبات د ا	12.750 +	33.314 +

ظا الانحراف المختصر للضلع د ا $= \frac{12.750+}{33.314+} = 0.382722$

∴ الضلع في الربع الاول لأن إشارة كل من س ، ص موجبة

الانحراف المختصر = ش $20^{\circ}\ 56'\ 34.6''$ ق

∴ الانحراف الدائري = $20^{\circ}\ 56'\ 34.6''$

∴ طول الخط = $\sqrt{(12.750)^2 + (33.314)^2}$ = 35.67 متر

رابعا – المجهول طول ضلع وانحراف ضلع آخر

أخذت الارصاد التالية لمضلع مقفل ا ب ح د حيث تعذر قياس طول الضلع ا د وانحراف ج د .

احسب هذه القيم علما بأن طول الضلع ا د يزيد عن 50 متر

الخط	الطول	الأنحراف المختصر
ا ب	42.50	ج ″30 ′22 20 ق
ب حـ	38.15	ج 00 52 41 غ
حـ د	35.00	هـ
د ا	ل	ش 40.8 31 37 ق

الحل

نرتب الجدول مع وضع المجاهيل ونجمع المركبات الافقية والراسية كل علي حدة فتتكون معادلتان آنيتان في المجهولين كما هو مبين فيما يلي:

الخط	الطول	الأنحراف المختصر	المركبة الأفقية	المركبة الراسية
ا ب	42.50	ج ″30 ′22 º20 ق	14.797+	39.84 -
ب حـ	38.15	ج 00 52 41 غ	25.46 -	28.41-
حـ د	35.00	هـ	35 حا هـ	35 جتا هـ
د ا	ل	ش 40.8 31 37 ق	+ 0.6092 ل	+ 0.7931 ل

المعادلتان

٣٥ جا هـ + ٠,٦٠٩ ل -١٠,٦٦٤ = صفر (١)

٣٥ جتا هـ + ٠,٧٩٣ ل – ٦٨,٢٥١ = صفر (٢)

بالتربيع ثم الجمع

١٢٢٥ جا^{٢} هـ + ٠,٣٧١ ل^{٢} = ١١٣,٧٢١ (٣)

١٢٢٥ جتا^{٢} هـ + ٠,٦٢٩ ل^{٢} = ٤٦٥٨,١٩٩ (٤)

١٢٢٥ (جا^{٢} هـ + جتا^{٢} هـ) + ل^{٢} = ٤٧٧١,٩٢

ل^{٢} = ٤٧٧١,٩٢ – ١٢٢٥ = ٣٥٤٦,٠٢

ومنها ل = ٥٩,٥٦ متر

بالتعويض فى المعادلة ١

٣٥ جا هـ + ٠,٦٠٩ × ٥٩,٥٦ -١٠,٦٦٤ = صفر

٣٥ جا هـ = - ٢٥,٦٠٨

ومنها هـ = - ٣٢ ″ ١ ′ ٤٧ °

بالتعويض فى المعادلة ٢

٣٥ جتا هـ + ٠,٧٩٣ × ٥٩,٥٦ – ٦٨,٢٥١ = صفر

٣٥ جتا هـ = ٢١,٠٢

ومنها هـ = ٢١ ″ ٥ ′ ٥٣ °

خامسا:-

المجهول طولا ضلعين ل1 ، ل2

عند رفع المضلع ا ب حـ د **هـ** لم يتمكن الراصد من قياس طولي الضلعين د **هـ** ، **هـ** ا وكانت القياسات كما بالجدول . اوجد طولي هذين الضلعين.

الضلع	الطول	الانحراف
اب	403.18	24º 00′ 00″
ب حـ	316.25	78 43 20
حـ د	370.11	128 43 00
د **هـ**	**ل1**	198 22 50
هـ ا	**ل2**	287 44 41

الحل

نحسب المركبات الافقية والراسية كما بالجدول التالي

الخط	الطول	الانحراف الدائري	المركبة الأفقية	المركبة الراسية
ا ب	403.18	24º 00′ 00″	163.988	+ 368.32
ب حـ	316.25	78 43 20	310.143	+ 61.848
حـ د	370.11	128 43 00	288.778	- 231.483
د هـ	**ل1**	198 22 50	- 0.315 ل 1	- 0.949 ل1
هـ ا	**ل2**	287 44 41	- 0.952 ل2	+ 0.305 ل2

المعادلتان

x 0.315 (1) $198.678 - 0.949\ ل_1 + 0.305\ ل_2 = صفر$

x 0.949 (2) $762.909 - 0.315\ ل_1 - 0.952\ ل_2 = صفر$

(3) $62.583- 0.300\ ل_1 + 0.096\ ل_2 = صفر$

(4) $724.00 - 0.300\ ل_1 - 0.903\ ل_2 = صفر$

بطرح 4 - 3

$661.417 - 0.999\ ل_2 = صفر$

$ل_2 =$ **662.08 متر** $ل_1 =$ **421.89 متر**

البـاب الخامـــــس

القياس الالكترونى للمسافات والقياس التاكيومترى

لقد شــهدت صــناعة الاجهزة المســاحية العديد من الطفرات كان من نتيجتها إدخال أجزاء الكترونية علي الاجهزة المساحية التقليدية التيودليت الرقمي(الالكتروني) كما تم دمج أجهزة كمبيوتر متخصصة مع الاجهزة المساحية مما كان له الاثر الواضح في سهولة وسرعة ودقة انجاز الاعمال المساحية المختلفة

الاجهزة الالكترونية لقياس المسافات (EDMs)

أن اســتخدام أدوات القياس الطولية يعتبر الطريقة المباشــرة لتحديد المســافات بين النقط ولكن من أهم عيوب هذه الطريقة هو طول الوقت اللازم لاتمام عملية القياس وتعد العقبات التي تعترض اتمام العمل خاصــة عندما يكون المطلوب هو الحصــول علي دقة عالية. وتوجد عدة اساليب لتحديد المسافات بطرق غير مباشرة عن طريق وسائل المساحة التاكيومترية وهي كما ذكر سابقا تعتمد علي استخدام وسائل بصرية وميكانيكية تزود بها اجهزة التيودليت التقليدية لهذا الغرض وعادة تكون النتائج غير عالية الدقة والمســافات المقاســة محدودة . وقد اســتخدمت طرق الكترونية للقياس حيث امكن استخدام الاجهزة الالكترونية لقياس المسافات وبدقة عالية جدا. والجيل الاول من هذه الاجهزة ظهر في الخمســينات حيث كان منها ما يســتخدم موجات الضــوء العادي وكانت محدودة الاســتخدام ومنها ما يســتخدم موجات الرادار او موجات الراديو حيث كان يثبت عند طرفي الخط المراد قياس طوله جهازين أحدهما المحطة الرئيســية لارســال موجات القياس والاخر يســتقبل هذه الموجات ويعيد ارســالها لتســتقبلها المحطة الرئيسية وتبني نظرية هذه الاجهزة علي تحديد الوقت الذي تستغرقه الموجة في رحلتي الذهاب والاياب وبمعلومية سرعة انتشار الضوء أو الموجات الالكترومغناطيســية بالاضــافة الي مقارنة طور الموجة المرســلة مع طور الموجة المستقبلة يمكن حساب المسافة. ورغم أن هذه الاجهزة يمكنها قياس مســافات قد تصــل الي 30 ميل وبدقة قد تصــل الي 1: 500000 الا انه من اهم عيوبها هو ثقل وزنها وارتفاع سعرها.

وقد ظهر في منتصف السبعينات من القرن الماضي اجهزة اصغر حجما واقل سعرا مما ساعد علي انتشارها ويمكن الحصول منها علي دقة عالية جدا. وتعتمد نظرية هذه الاجهزة علي الدقة في تخليق شعاع ضوئي ذي تردد محدد وبطول موجي معين وينبعث من الجهاز عبر نظام توجيه دقيق ليصل الي الطرف الاخر من الخط المراد تحديد طوله حيث يوضع عاكس فيرتد الشعاع ويستقبله الجهاز حيث يتم تطبيق نظام اليكتروني لتحديد المسافة.

وتستعمل الاجهزة الحديثة الموجات تحت الحمراء وموجات الليزر كموجات حاملة كما أن هذه الاجهزة مزودة باجهزة تخليق الترددات لتخليق الترددات المطلوبة ثم تحميلها علي الموجات الحاملة وينتج عن ذلك شعاع بطول موجي يتناسب مع التردد المخلق حيث يمكن تحديد الطول الموجي λ كالتالي:

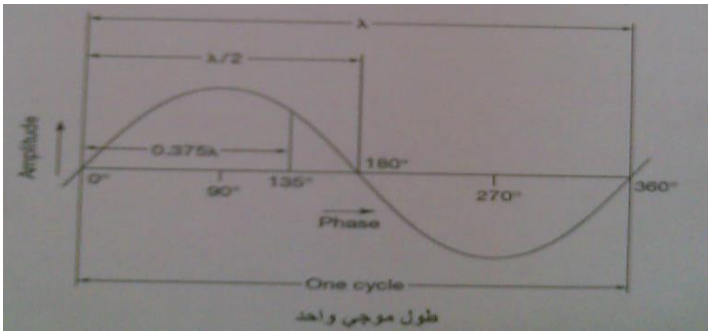
$$\lambda = v/f$$

حيث (v) هي سرعة الضوء في الهواء الجوي بالمتر \الثانية

(f) هي التردد بوحدات الهيرتز (Hertz = Cycle Per Second)

مع ملاحظة أن سرعة الضوء في الهواء الجوي تتاثر بدرجة حرارة الجو ومقدار الضغط الجوي ونسبة الرطوبة اثناء الرصد.

من المعروف ان كثافة الموجات الضوئية يمكن تقديرها بقاعدة الجيب الموضحة بالشكل حيث تكون كثافة الضوء صفر عندما يكون الطور صفر درجة وتصل لاقصي قيمة لها عند 90 ثم تصل الي الصفر عند 180 ثم القيمة القصوي الثانية عند 270 ثم تعود الي الصفر عند 360 كما هو موضح بالشكل.



طول موجي واحد

عند القياس يقوم الجهاز بارسال الموجات الضوئية ذات التردد المحدد في اتجاه العاكس عند الطرف الاخر من الخط حيث يتركب العاكس من مجموعة من المنشورات التي تتميز بقدرتها علي عكس الضوء في نفس اتجاه سقوطه فينعكس الضوء ويعود ليستقبله الجهاز الذي يقوم بتحويله الي اشارة كهربية حتي يمكن مقارنة طور الموجة المنعكسة بطور الموجة المنبعثة حيث يمكن تحويل الفرق بين طور كل منهما الي مسافة بدقة عالية تصل الي مليمترات وذلك بوسائل الكترونية.

دقة أجهزة القياس الاليكتروني للمسافات

مما سبق يتضح أن نظرية القياس الاليكتروني للمسافات تعتمد اساسا علي طبيعة انتشار الموجات الضوئية في الهواء الجوي ومن المعروف ان سرعة انتشار الموجات الضوئية في الهواء الجوي تتاثر بكل من درجة حرارة الجو ومقدار الضغط الجوي ونسبة الرطوبة اثناء الرصد لذلك يجب اخذ هذه العوامل في الاعتبار عند استخدام مثل هذه الاجهزة. وقد صممت هذه الاجهزة بحيث يمكن ادخال القيم الفعلية لكل من هذه المقادير اثناء الرصد كما ان دقة القياس الاليكتروني للمسافات تعتمد علي مدي دقة تحديد مركز الوحدة الاليكترونية للجهاز وكذلك دقة تحديد مركز العاكس. لهذه الاسباب نجد ان دقة الاجهزة الاليكترونية يتم تقديرها بمقدارين كأن نقول ان دقة الجهاز [(2mm +3ppm) ±] حيث ان القيمة الاولي هي مقدار ثابت بينما القيمة الثانية فتعتمد علي مقدار المسافة الكلية المقاسة.

القياس الاليكتروني للمسافات بدون استخدام عواكس

قامت بعض الشركات المتخصصة في صناعة اجهزة EDM بصناعة اجهزة يمكن استخدامها لقياس المسافات القصيرة دون الحاجة الي عواكس حيث يقوم الهدف نفسه مقام العاكس بان تنعكس الاشعة الصادرة من الجهاز علي الهدف (حائط مثلا) المراد قياس بعده عن الجهاز ويستقبلها الجهاز ويقوم بحساب المسافة المطلوبة .

ويســتعمل هذا النوع من الاجهزة في القياس الاشــعة تحت الحمراء والمحملة علي شعاع من الليزر. واستعمال هذه الاجهزة غير مقصور علي المسافات القصيرة فقط ولكن عند استخدام عاكس للرصد عليه يمكن قياس مسافات كبيرة تصل في بعض الاجهزة الي 4 كم كما نحصــل في هذه الحالة علي دقة عالية تصــل الي [(3mm +1ppm)] بينما عند قياس المســافات بدون اســتخدام عاكس فان مدي القياس يقل الي حدود 300m≈ 100m وكذلك الدقة تصبح في حدود 10mm حيث يعتمد مدي الجهاز ودقته علي عدة عوامل منها طبيعة جسم الهدف وقدرته علي عكس الاشعة وكذلك علي مقدار الاضــاءة الطبيعية ومدي نقاء الهواء وخلوه من الاتربة في مكان القياس.

ولهذا النوع عدة تطبيقات خاصة في الحالات التي يصعب او يستحيل معها استخدام عواكس مثل تحديد ابعاد الحفر عند عمل الانفاق والقياس علي اســطح منحنية كما يمكن استخدامها في تحديد بعد هدف متحرك (سيارة مثلا) حيث ان الوقت المطلوب للقياس قصير ويصل الي 0,3 ثانية فقط. ويمكن استخدام هذه الاجهزة مستقلة بذاتها كما يمكن استخدامها مع اجهزة التيودليت.

القياس التاكيومتري

يتلخص موضوع القياس التاكيومتري في تحديد المسافات الافقية والابعاد الرأسية بين النقط المختلفة من واقع أرصاد من جهاز يسمي التاكيومتر بطرق سريعة وبدقة مقبولة دون اللجوء الي عملية القياس المباشر.

وتعد المساحة التاكيومترية من أهم الطرق الأساسية المتبعة في القياسات الأفقية والرأسية.

ومعني كلمة

(التاكيومترية) هو (القياس السريع)

والتاكيومتر عبارة عن تيودليت مجهز بتركيبات خاصة لايجاد المسافات والإرتفاعات بإجراء بعض العمليات الحسابية ، وفي بعض الأجهزة يمكن الحصول علي المسافات والأرتفاعات إما بدون عمليات حسابية علي الأطلاق أو بعمليات حسابية بسيطة جدا.

أغراض المساحة التاكيومترية:

١- عمل خرائط كونتورية خاصة في الاراضي غير المستوية ذات الطبوغرافية الشديدة حيث يصعب أو قد يستحيل القياس المباشر.

٢- رفع وبيان التفاصيل وخطوط الكونتورللمناطق المتسعة كمناطق التشجير ومصدات الرياح ومناطق استصلاح الاراضي.

٣- التوقيع المبدئي للأعمال الهندسية وعمل القطاعات الطولية.

٤- تعيين معدلات الانحدار للمشاريع الممتدة كالطرق بأنواعها وفي المجاري المائية وأعمال الصرف الصحي مشاريع المياه.

٥- قياس أطوال المضلعات حيث تحسب أطوال أضلاعها مع قياس الزوايا بين هذه الأطوال من موضع رصد واحد كما هوا الحال في استعمال قضيب انفار مع التيودليت الحديث.

توجد طرق عديدة للمساحة التاكيومترية لحساب المسافة وفرق المنسوب وتستعمل لذلك أجهزة مختلفة كما تختلف الدقة حسب الجهاز المستعمل.

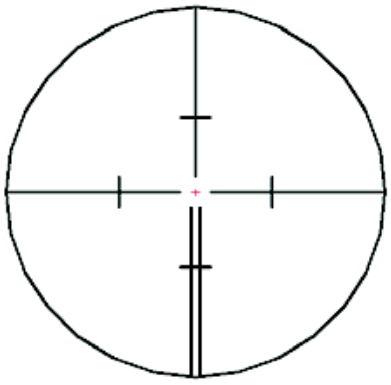
ويمكن تقسيم طرق القياس اتاكيومتري الي نوعين هما القياس التاكيومتري بتطبيق القاعدة الراسية وتطبيق القاعدة الأفقية حيث يستعمل جهاز التيودليت عند أحد طرفي الخط (المطلوب تحديد طوله وفرق المنسوب بين طرفيه) وفي الطرف الاخر تستعمل قامة رأسية عند تطبيق القاعدة الراسية بينما عند تطبيق القاعدة الأفقية فتستعمل قامة أفقية.

القياس التاكيومتري بتطبيق القاعدة الراسية

طريقة شعرات الاستاديا (Stadia Hair System)

تعتبر طريقة شعرات الاستاديا من أسهل الطرق وأكثرها استعمالا خاصة في الأعمال التفصيلية التي لا تتطلب دقة عالية ، وإن كانت دقتها محدودة نظرا لتنوع الأخطاء بها.

في هذه الطريقة يستعمل تاكيومتر يزود دليله بشعرتين أفقيتين إضافيتين أعلي وأسفل الشعرة الأفقية (عادة أقصر منها في الطول) وعلي بعدين متساويين من الشعرة الوسطي. ويطلق علي هاتين الشعرتين اسم شعرتي الاستاديا. ومعظم التيودليتات العادية مجهزة بمثل هذه الشعرات كما هو موضح. ويستعمل مع التاكيومتر قامة عادية مدرجة كالمستعملة في الميزانية توضع فوق النقطة المطلوب معرفة مسافتها ومنسوبها بالنسبة للنقطة المثبت عليها الجهاز



شعرات الاستاديا

وبعد ضبط الجهاز أفقيا يوجه منظاره نحو القامة وتقرأ الشعرت الثلاث ومنها تحسب المسافة الأفقية كما يحسب فرق المنسوبين.

حساب المسافة الأفقية والبعد الرأسي

أولا- حالة النظرات الأفقية

وهي الحالة التي لا يكون فيها زوايا إرتفاع أو إنخفاض ويكون فيها المنظار أفقيا أي خط النظر أفقيا كما هو الحال في جهاز الميزان.

نفترض الجهاز وضع في نقطة (م) وتم ضبطه افقيا ووضعت قامة رأسية في نقطة (ن) وكانت الشعرتان العليا والسفلي هما أ- ، ب- وكانت الشعرة الوسطى حـ- نجد ان القراءات المقابلة علي القامة هي أ ، ب ، حـ علي الترتيب.

فإذا كانت كماهو موضح شكل (٣-٢)

ل = المسافة الأفقية بين موقع القامة وموقع الجهاز.

ف = فرق قراءتي الشعرتين العليا والسفلي.

ق = المسافة بين شعرتي الاستاديا.

س١ = بعد القامة عن العدسة الشيئية (مسافة الهدف)

س٢ = بعد الصورة عن العدسة الشيئية.

س = البعد البؤري للعدسة الشيئية.

د = بعد الشيئية عن المحور الراسي للجهاز.

المثلثان أهـ ب ، أ- هـ ب- متشابهان

نجد أن $\frac{س1}{س2} = \frac{ف}{ق}$

ومن قانون العدسات نجد أن $\frac{1}{س} = \frac{1}{س2} + \frac{1}{س1}$

وبضرب طرفي المعادلة في س1 س2

نحصل علي :

$$س_{1} = \frac{س_{1} س}{س 2} + س = \frac{ف}{ق} س + س$$

لكن ل = $س_{1}$ + د = $\frac{ف}{ق} س + س + د$

حيث أن $\frac{س}{ق}$ = ث ، (س+د) = ك قيم ثابتة للجهاز

ويسميان بالثابت التاكيومتري (ث) والثابت الأضافي (ك) علي الترتيب والثابت التاكيومتري يكون عادة رقما مناسبا (١٠٠، ٢٠٠ ،٥٠) في الأجهزة الحديثة.

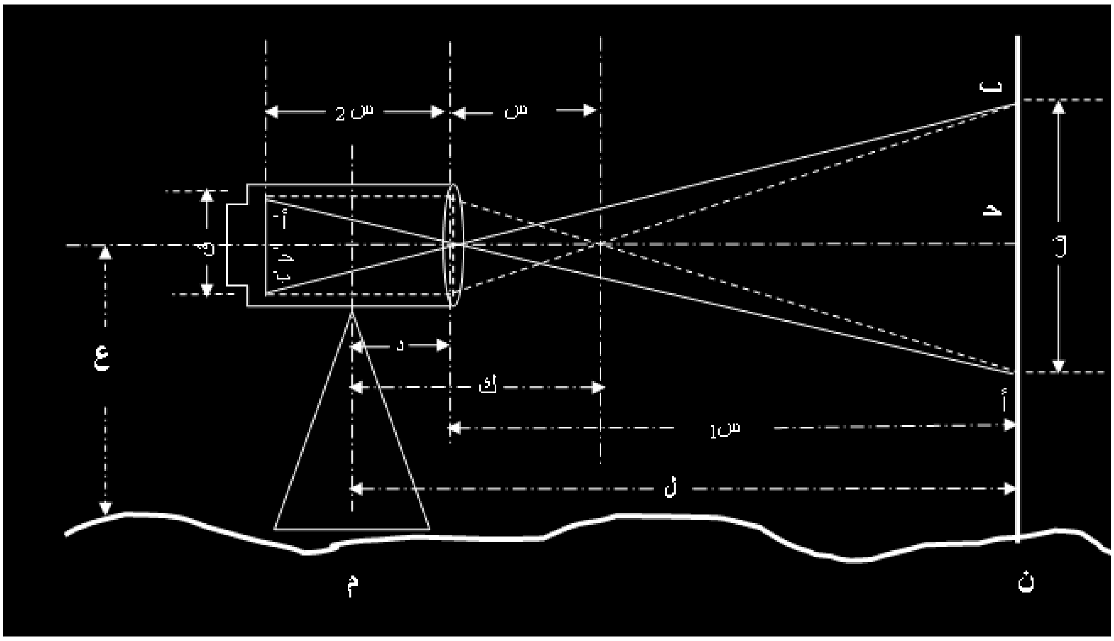
الثابت الإضافي وتتراوح قيمته بين ٣٠ ،٦٠سنتيمتر في المناظير القديمة بينما فـ المناظير الحديثة أمكن معادلة هذا الثابت باستعمال عدسة تحليلية وتصبح قيمة الثابت = صفر

∴ ل = ف $\frac{س}{ق}$ +(س +د)

المسافة الافقية = الفرق بين قراءتي شعرتي الاستاديا x الثابت التاكيومتري+ الثابت الاضافي

منسوب نقطة القامة = منسوب نقطة الجهاز + ارتفاع الجهاز – قراءة الشعرة الوسطى

منسوب النقطة ن = منسوب النقطة (م) + ع - حـ



تعيين ثابتي الجهاز

يمكن تعيين ثابتي الجهاز وهما الثابت التاكيومتري $\frac{س}{ق}$ والثابت الإضافي (س+د)

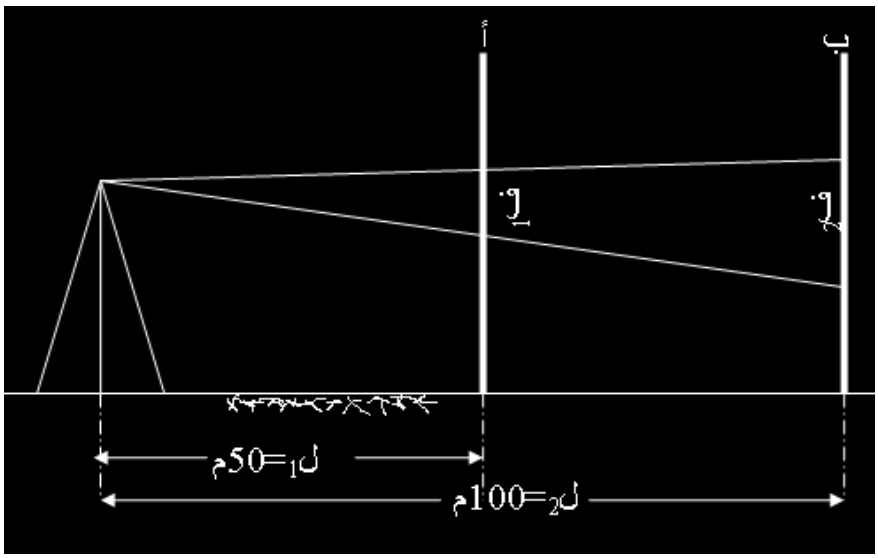
بالطريقة التالية:

تقاس مسافتان $ل_{١}$ ، $ل_{٢}$ في حدود ٥٠ متر ، ١٠٠ متر مثلا بالشريط الصلب علي أرض مستوية وتحدد المسافتان $ف_{١}$ ، $ف_{٢}$ (فرق قراءتي شعرتي الاستادي) علي القامتين أ ، ب كما في شكل (٣-٣) ثم نحل المعادلتين:

$ل_{١}$ = $ف_{١}$ $\frac{س}{ق}$ + (س+د) .... (١)

$ل_{٢}$ = $ف_{٢}$ $\frac{س}{ق}$ + (س+د)...(٢)

فنحصل علي قيمة كل من الثابتين $\frac{س}{ق}$ ، (س+د)



ثانيا- حالة النظرات المائلة:

في أغلب الأحيان لا يمكن أخذ جميع القراءات أفقية بسبب طبوغرافية الأرض ولذلك نضطر الي استعمال التيودليت وأخذ أرصاد مائلة الي أعلي أو الي أسفل لإيجاد المسافة الأفقية بين موقع الجهاز وموقع القامة وكذلك فرق المنسوب بينهما.وأغلب هذه الارصاد تؤخذ عندما تكون القامة رأسية ففي شكل (٣-٤) إذا كانت ل هي المسافة الأفقية المطلوبة بين النقطتين م ، ن.

أ ، ب = هما قراءتا الشعرتين العليا والسفلي علي القامة الرأسية.

حـ = هي قراءة الشعرة الوسطى.

ف = هي الفرق بين القراءتين أ ، ب علي القامة الراسية.

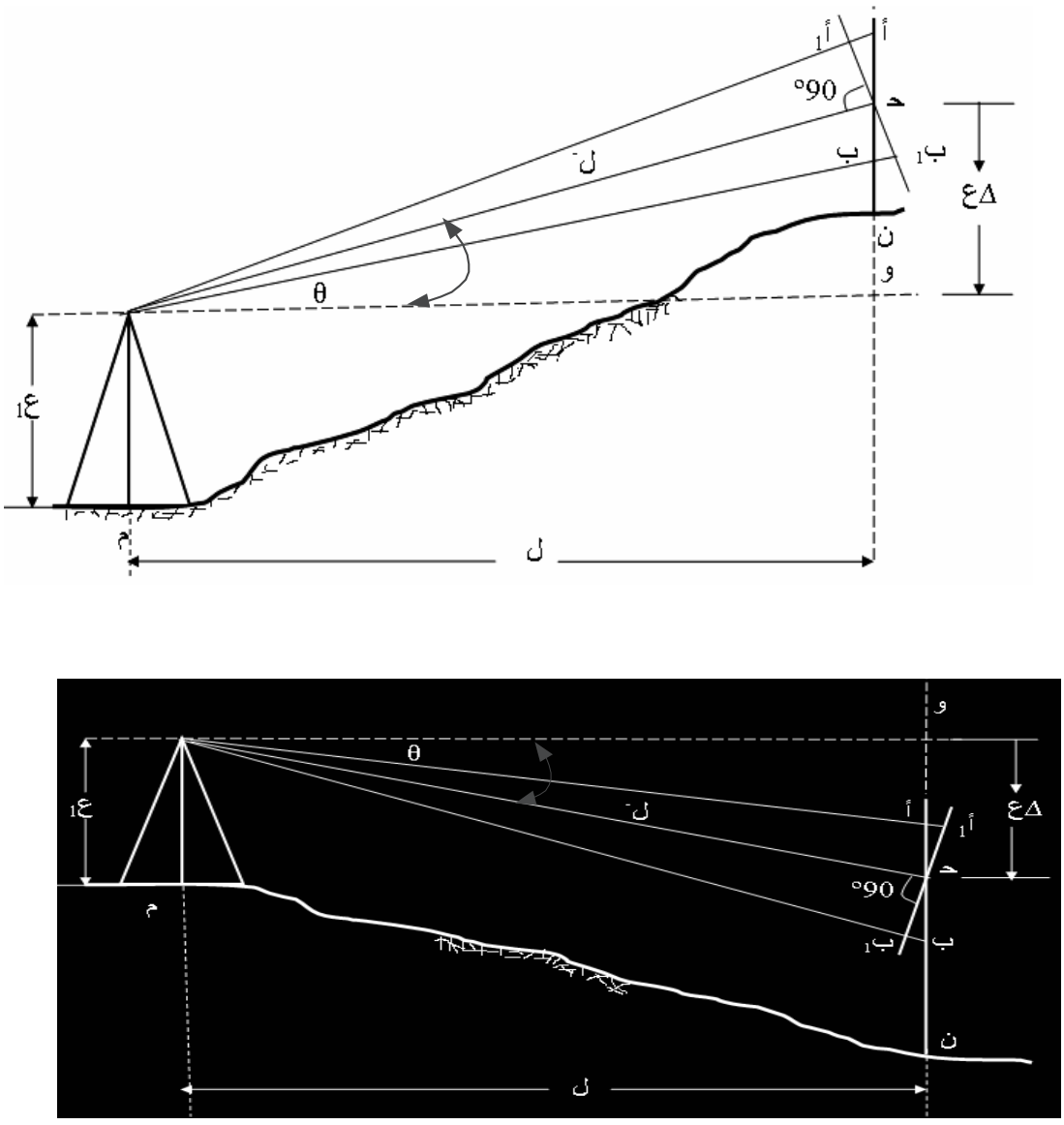
أ١ ب١ = هو فرق قراءتي الشعرتين العليا والسفلي علي فرض أن القامة عمودية عل المحور الضوئي للجهاز.

θ = هي زاية إرتفاع أو إنخفاض خط النظر عن الأفقي اثناء الرصد علي القامة.

Δع = هي المسافة الراسية بين قراءة الشعرة الوسطي علي القامة ومحور الجهاز.

ع١ = هو ارتفاع الجهاز.

ل- ، ل هما المسافة بين النقطتين م ، ن علي خط النظر ومسقطها الأفقي علا الترتيب.



شكل (٣-٤)

نجد أن الزاوية أ١حـ أ = θ ∴ أ١ب١ ≈ أ ب جتا θ = ف جتا θ

الثابت التاكيومتري ث = $\frac{\text{س}}{\text{ق}}$ ، والثابت الأضافي = س+ د

∴ ل$^{-}$ = ث x أ١ب١ + ك

= ث x ف x جتا θ + ك

∴ ل = ل$^{-}$ جتاθ = ث x ف x جتا^{٢} θ + ك x جتا θ

∴ Δع = ل$^{-}$ جا θ = ث x ف x جتا θ x جا θ + ك x جاθ

∴ Δع = ث x ف x جا٢ θ \ ٢ + ك x جا θ

كما يمكن حساب Δع بدلالة ل كالتالي : Δع = ل ظا θ

وفي حالة زاوية الارتفاع يكون :

منسوب النقطة ن = منسوب النقطة م + ارتفاع الجهاز + Δع – قراءة الشعرة الوسطى.

∴ منسوب النقطة ن = منسوب النقطة م + ع١ + Δع - حـ

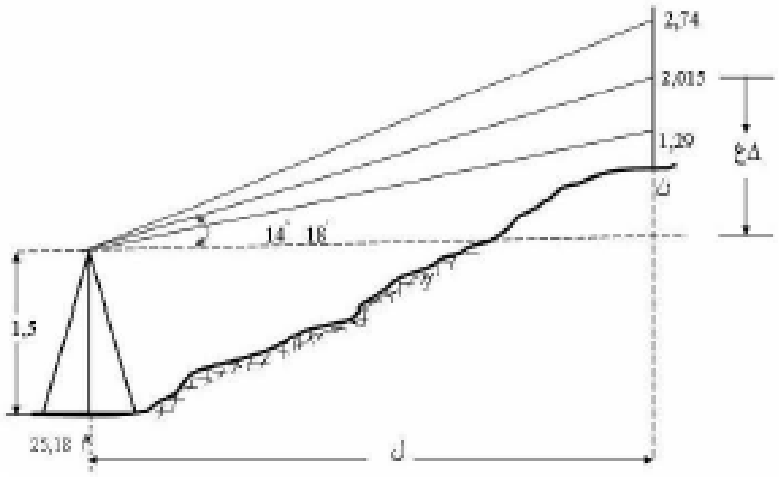
وفي حالة زاوية الانخفاض يكون :

منسوب النقطة ن = منسوب النقطة م + ارتفاع الجهاز – Δع – قراءة الشعرة الوسطى.

∴ منسوب النقطة ن = منسوب النقطة م + ع١ – Δع – حـ

مثال :

تيودليت مجهز بشعرات إستاديا أخذت به القراءات ٢,٧٤ ، ٢,٠١٥ ، ١,٢٩ بالامتار علي قامة رأسية وكانت زاوية الارتفاع ١٨′ ١٤° . اوجد المسافة الافقية بين الجهاز والقامة وايضا أوجد منسوب النقطة الموضوع عليها القامة إذا كان منسوب النقطة التي عليها التيودليت ٢٥,١٨ متر علما بأن الثابت التاكيومتري للجهاز = ١٠٠ والثابت الاضافي = ٤١ سنتيمتر وارتفاع محور دوران منظار التيودليت عن الارض هو ١,٥٠متر.



شكل (٣-٥)

ث = $\frac{\text{س}}{\text{ق}}$ = ١٠٠ ، (س+ د) = ٤١

ف = ٢,٧٤ _ ١,٢٩ = ١,٤٥

المسافة الأفقية (ل) = ث x ف x جتا^{2} θ + ك x جتا θ

ل = ١٠٠ x١,٤٥ x (٠,٩٦٩٠)^{2} + ٠,٤١ x٠,٩٦٩٠

= ١٣٦,١٥ + ٠,٣٩٧ = ١٣٦,٥٤٧ مترا

Δع = $\frac{\text{س}}{\text{ق}}$ x ف جا٢ θ ٢ + (س +د) جا θ

= ١٠٠ x ١,٤٥ حا(٢٨° ٣٦′) / ٢ + ٠,٤١ جا ١٨′ ١٤°

= ٧٢,٥ x ٠,٤٧٨٧ + ٠,٤١ x ٠,٢٤٧٠

= ٣٤,٧٠٥ + ٠,١٠١ = ٣٤,٨٠٦ مترا

ويمكن حساب Δع بطريقة اخري حيث ان:

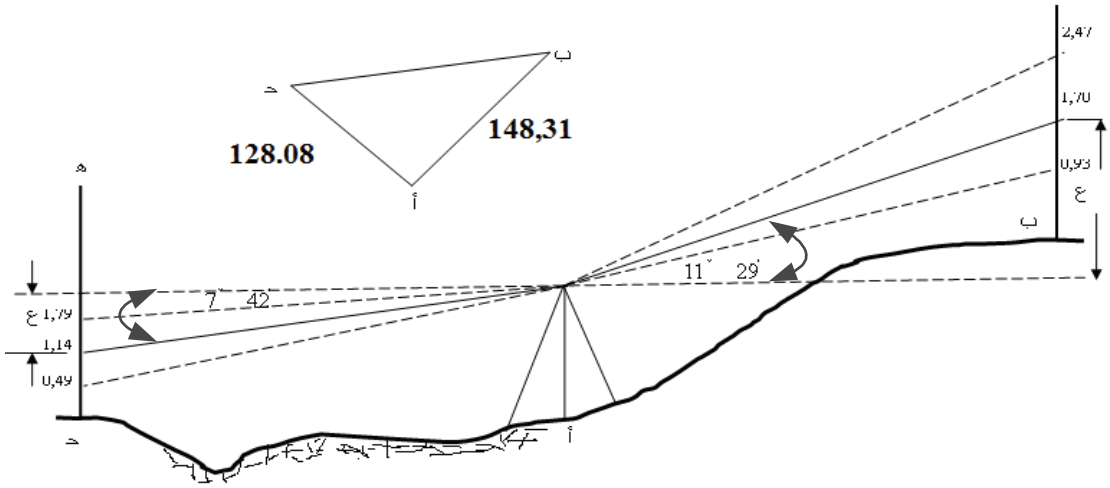
Δع = ل ظا θ

Δع = ١٢٦,٥٤٧ x ٠,٢٥٤٩ = ٣٤.٨٠٥ مترا

منسوب موقع القامة = ٢٥,١٨ + ١,٥٠ + ٣٤,٨٠٦ – ٢,٠١٥ = ٥٩,٤٧١ مترا.

مثال

أ ، ب ، حـ نقط ثابتة أخذت الأرصاد من أ الي كل من ب ، حـ بقصد ايجاد ثابت الجهاز في مساحة تاكيومترية فمن أ رصدت قامة موضوعة راسية علي ب فكانت قراءة الشعرات ، ١,٧٠ ، ٢,٤٧ ، ٠,٩٣ وزاوية الارتفاع ٢٩ ١١ ومن أ أيضا رصدت قامة موضوعة رأسيا علي حـ فكانت قراءة الشعرات ١,١٤ ، ١,٧٩ ، ٠,٤٩ وزاوية الانخفاض ٤٢ ٧ فإذا كانت المسافة أب ١٤٨,٣١ مترا ، والمسافة أ حـ = ١٢٨,٠٨ مترا فأوجد الثابت التاكيومتري والثابت الاضافي للجهاز. ثم أحسب الفرق بين منسوب النقطة ب ومنسوب النقطة حـ .



شكل (٣-٦)

نفرض أن ث = الثابت التاكيومتري ؛ وأن ك = الثابت الإضافي

∴ المسافة الأفقية (ل) = ف ث جتا$^{٢}\theta$ + ك جتاθ

فرق قراءتي الشعرتين عند الرصد علي ب = ٢,٤٧ – ٠,٩٣ = ١,٥٤ مترا

فرق قراءتي الشعرتين عند الرصد علي حـ = ١,٧٩ – ٠,٤٩ = ١,٣٠ مترا

جتا ٢٩ ° ١١ = ٠,٩٨٠ ، جتا ٤٢ ° ٧ = ٠,٩٩١

١٤٨,٣١ = ١,٥٤ x (٠,٩٨)^{٢} x ث + ٠,٩٨ ك ..... (١)

١٢٨,٠٨ = ١,٣٠ x (٠,٩٩١)^{٢} x ث + ٠,٩٩١ ك .....(٢)

∴ ١٥١,٣٤ = ١,٥١ ث + ك .....(٣)

١٣٩,٢٤ = ١,٢٩ ث + ك .....(٤)

∴ ١٥١,٣٤ – ١,٥١ ث = ١٢٩,٢٤ – ١,٢٩ك

٠,٢٢ ث = ٢٢,١

ث = ١٠٠,١٥٤ = ١٠٠ تقريبا

وبالتعويض بقيمة ث في المعادلة (٣) نجد أن ك = ٠,٣٤

وبالتعويض بقيمة ث في المعادلة (٤) نجد أن ك = ٠,٢٤

∴ ك = ٠,٣٤ + ٠,٢٤ \ ٢ = ٢١٠,٥٨ = ٠,٢٩

Δع = ث ف جا٢ θ \ ٢ + ك جا θ

ع ب = ١,٥٤ x ١٠٠ x ٠,٣٩٠٢ \ ٢ + ٠,٢٩ x ٠,١٩٩١ = ٣٠,١٠ مترا

ع ـ = ١,٣٠ x ١٠٠ x ١,٢٦٥ \ ٢ + ٠,٢٩ x ٠,١٣٤ = ١٧,٣٠ مترا

إرتفاع ب عن سطح الجهاز = ٣٠,١٠ – ١,٧٠ = ٢٨,٤٠ مترا

إنخفاض حـ من سطح الجهاز = ١٧,٣٠ + ١,١٤ = ١٨,٤٤ مترا

∴ الفرق بين منسوب النقطتين ب ، حـ = ٢٨,٤٠ + ١٨,٤٤ = ٤٦,٨٤ مترا

ملاحظات علي القياس باستعمال شعرات الاستاديا:

١- يستحسن أن تؤخذ أرصاد متعددة علي مسافات مختلفة وفي أوقات مختلفة من النهار ثم نحسب قيم الثابتين بتطبيق نظرية أقل مجموع المربعات.

٢- القراءات التي يكون خط النظر فيها قريبا من الارض تتأثر من الانكسار أكثر مما لو كان خط النظر بعيدا عن الارض ويفضل إجراء التجربة في الصباح الباكر حيث يكون الانكسار أقل ما يمكن.

٣- يجب أن تكون القامة رأسية ويستعمل ميزان تسوية أو خيط شاغول لجعل القامة رأسية كما تستخدم قاعدة حديدية أسفل القامة.

٤- يجب العناية التامة في قراءة القامة إذ أن خطأ مقداره سنتيمترا واحدا ف قراءتها يسبب خطأ مقداره مترا كاملا في المسافة وبالمثل فإن خطأ قدره ملليمتر واحد في قراءة القامة ينتج عنه خطأ مقداره ١٠ سم في تقدير المسافة.

٥- يكتب قيمة الثابت التاكيومتري والثابت الاضافي داخل صندوق الجهاز ويفضل التحقق من قيمة كل منهما من وقت لاخر.

٦- عند رصد نقط متعددة يفضل أن يحرك المنظار رأسيا حتي تقطع إحدي الشعرات قسم صحيحا من أقسام القامة ثم تقرأ باقي الشعرات وذلك لسهولة

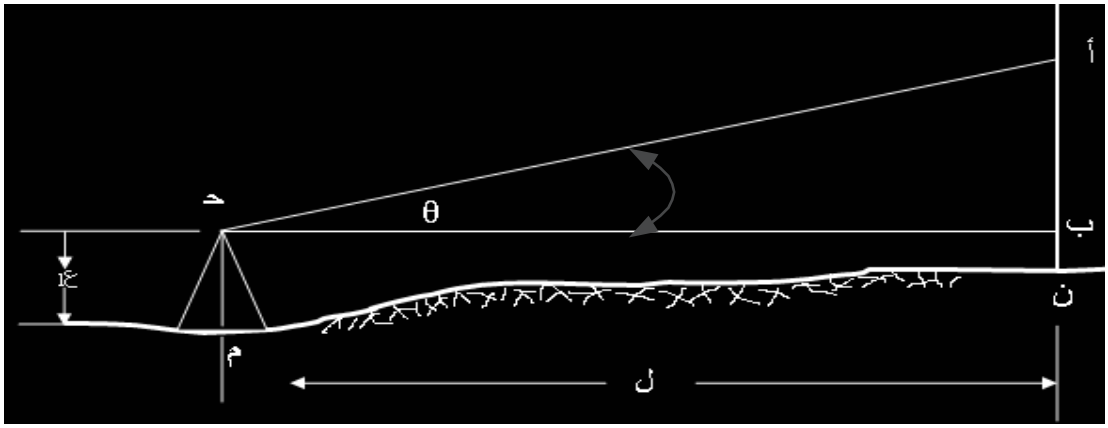
ايجاد الفرق (**ف**) وتحقيقه بأن نجد أن الفرق بين الشعرة العليا والوسط يساوي الفرق بين الوسطي والسفلي.

٧- قد تطول المسافة بحيث لا يمكن قراءة الشعرات الثلاث علي القامة ، فتؤخذ قراءة شعرتين ثم يضاعف الفرق بينهما لايجاد المسافة **(ف)** المطلوبة.

طريقة ظل الزاوية

في هذه الطريقة يمكن حساب المسافة الأفقية وفرق المنسوب بدون استعمال شعرات القياس وذلك بالتوجيه بالتيودليت مرتين علي القامة الموضوعة رأسيا علي النقطة المطلوب ايجاد بعدها ونقرأ الشعرة الوسطي علي القامة وقيمة الزاوية الراسية ف كل مرة .

فإذا أمكن أخذ إحدي الرصدتين وخط النظر أفقيا شكل (٣-٧)



شكل (٣-٧)

فنجد أن ل = أ ب \ ظاθ

ومنسوب ن = منسوب م + ع١ – ب ن

حيث ب ن هي قراءة الشعرة الوسطي عندما كان خط النظر أفقيا

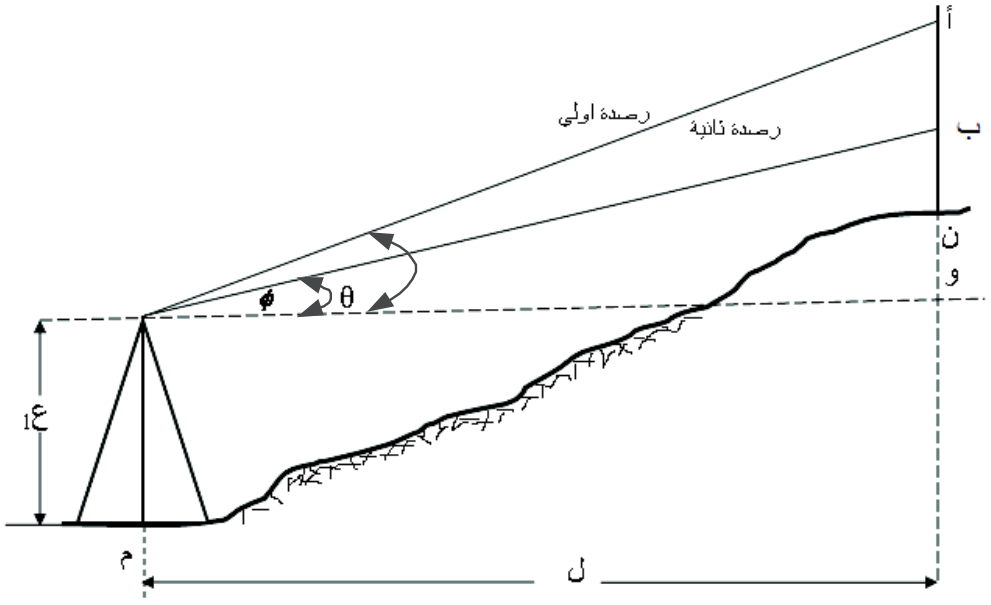
أما إذا كانت الرصدتان مائلتين شكل (٣-٨) فنجد أن أ و = ل ظاθ ،

ب و = ل ظاϕ

أ ب = (أ و – ب و) = ل (ظا θ - ظاϕ).

∴ ل = أ ب \ ظا θ - ظاϕ = فرق القراءتين \ فرق الظلين

ويكون منسوب ن = منسوب م + ع$_{1}$ + ل ظاθ – أ$_{ن}$



شكل (٣-٨)

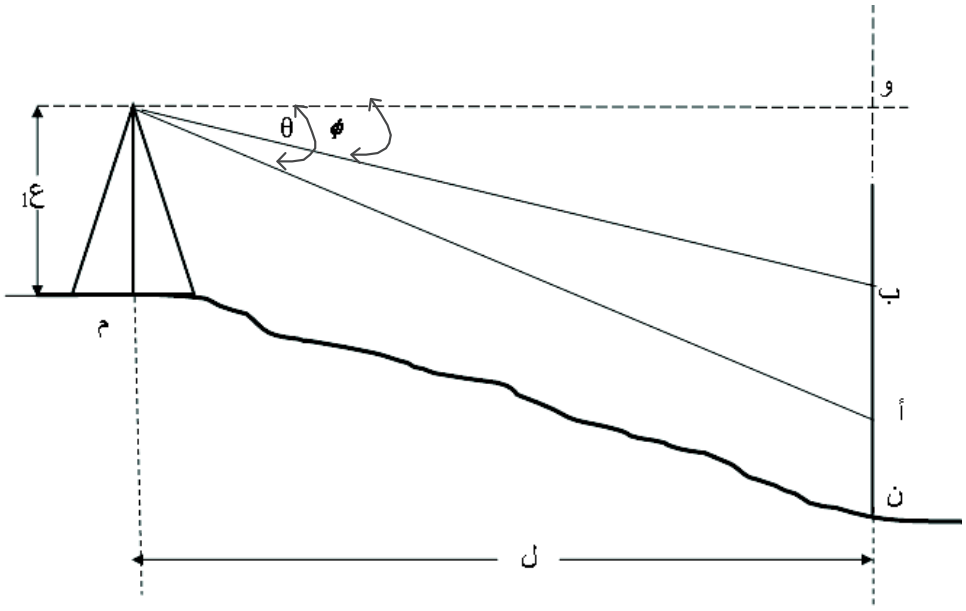
وإذا كانت نقطة ن منخفضة عن منسوب م شكل (٣-٩) بحيث أن أعلي القامة الموضوعة علي النقطة ن يكون منخفض عن المحور الأفقي للجهاز فإننا نحصل علي زاويتي انخفاض θ ، ϕ.

ويكون أ ب = ل (ظا θ - ظاϕ)

∴ ل = أ ب \ ظا θ - ظاϕ = فرق القراءتين \ فرق الظلين

ويكون منسوب ن = منسوب م + ع$_{1}$ – ل ظا θ – أ$_{ن}$

أو منسوب ن = منسوب م + ع$_{1}$ - ل ظا ϕ - ب$_{ن}$



شكل (٣-٩)

التاكيومتر المختزل Reducing Tacheometer

يعتبر (E. Hammer) أول من ابتكر نظريات إحلال المنحنيات بدلا من شعرات الأستاديا وقد أنتجت شركة (فنيل) الألمانية أول جهاز تاكيومتر مزود بالمنحنيات.

والتاكيومتر المختزل هو جهاز يمكن بواسطته إيجاد المسافة الأفقية والمسافة الرأسية وذلك بضرب فرق قراءتي الشعرتين في الثابت التاكيومتري بدون عمليات حسابية .

ومثال لهذه الاجهزة هو جهاز تاكيومتر دالتا (زايس) (Dahlta) شكل (٣-١٠)

شكل (٣-١٠)

هو احد الاجهزة التاكيومترية ويمكن بواسطته تعيين المسافات الأفقية وفروق المناسيب مباشرة بدون عمليات حسابية وهو مزود بمنحنيات (تعرف بمنحنيات الاختزال) محفورة علي قرص زجاجي يدور مع المنظار بدلا من شعرات الاستاديا وتظهر هذه المنحنيات واضحة عند مستوي حامل الشعرات وذلك بواسطة مجموعة من المنشورات.

والمنحنيات والخطوط الموجودة بهذا الجهاز هي منحني الصفر ، منحني المسافات ، ومنحني الارتفاعات علاوة علي شعرة رأسية ثابتة لتحديد القامة كما يوجد شعرتا

استاديا أعلا حامل الشعرات والثابت التاكيومتري لها هو ٢٠٠ ، وتستعمل هذه الشعرات عند إختفاء المنحنيات في حالات زوايا الارتفاع والانخفاض الكبيرة (أكبر من $^{\circ}$٤٠) ويقوم منحني الصفر مقام الشعرة الوسطي في التاكيومتر العادي أي أن قراءة منحني الصفر يعتبر قراءة الشعرة الوسطي وثابت المسافات الأفقية هو ١٠٠ والمعامل (ك) للابعاد الرأسية هو ±١٠ ، ± ٢٠ ، ±١٠٠ والعلامة الموجبة والسالبة لزاوية الارتفاع و الانخفاض علي الترتيب ولرؤية هذه المنحنيات فـ وضعها الصحيح يجب أن تكون الدائرة الراسية علي يسار الراصد ودائرة المنحنيات علي يمينه أي يكون الجهاز متياسر ، وبالرصد علي قامة الدالتا الرأسية وبجعل منحني الصفر منطبقا علي صفر القامة يمكن قراءة القيمة ف جتا$^{٢}\theta$ مباشرة علـ القامة مهما كان خط النظر مائلا الي أعلا أو الي اسفل.

قامة جهاز دالتا:

شكل (٣-١١)

يستعمل مع جهاز دالتا قامة خاصة به وصفر تدريجها علي ارتفاع ١,٤٠ عن القاعدة وهي مدرجة الي سنتيمترات وديسيمترات من هذا الصفر إلي اعلي باللون

الأسـود بالإشـارة (+) ، والـي أسـفل بـاللون الأحمـر بالإشـارة (-) ويجـب مراعـاة الإشارات عند استعمال هذه القامة. شكل (٣-١١)

جهاز ذراع المسافة Subtense Bar :

شكل (٣-١٢)

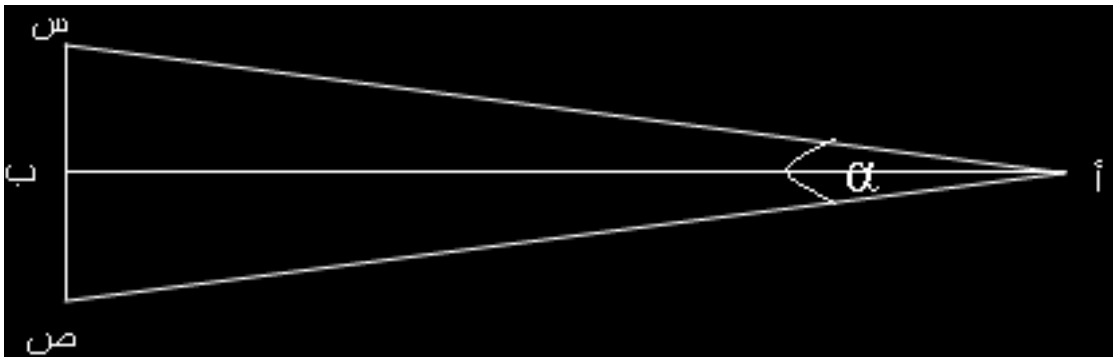
كانت مصلحة المساحة بالهند أول من استعمل هذه الطريقة في أواخر القرن التاسع عشر. وتعتبر طريقة الانفار من اهم الطرق التاكيومترية لتعدد مزاياها وتنوع استعمالاتها ويمكن قياس مسافات بهذه الطريقة حتي ٩٠٠ متر. شكل (٣-١٢)

وهو يتكون من ذراع من الانفار طوله متران يوضع افقيا علي حامل ثلاثي في طرف الخط المطلوب قياس طوله ثم يوضع في الطرف الاخر تيودليت دقيق لقياس الزاوية الافقية بين نهايتي الذراع س ص شكل (٣-١٣) فتقدر المسافة الافقية أ ب كالتالي

$$\text{أ ب} = \frac{1}{2}\text{س ص ظتا } \frac{\alpha}{2}$$

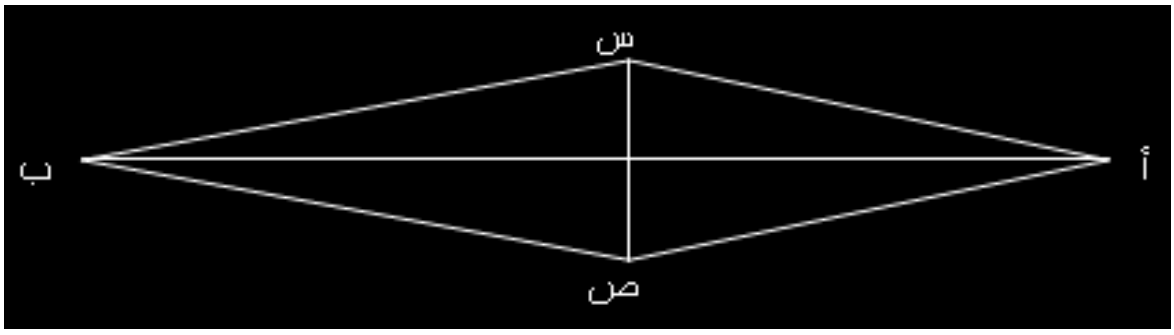
اما منسوب (ب) = منسوب أ + ارتفاع الجهاز + Δ ع – ارتفاع الذراع

وبالأخذ في الاعتبار أن طول الذراع = ٢ متر نجد أن المسافة الافقية = ظتا $\frac{\alpha}{2}$



شكل (٣-١٣)

ويتم ضبط الذراع افقيا تماما باستعمال مسامير التسوية اسفل قاعدة الذراع ويتم الاستعانة بميزان تسوية مركب علي قاعدة الذراع . والنتائج التي نحصل عليها بهذا الجهاز أكثر دقة من طرق القياس التاكيومتري الاخري ، لذا كان يستعمل الذراع فـ قياس اطوال خطوط المضلع وطول خط القاعدة في شبكات المثلثات وذلك قبل انتشار الاجهزة الاليكترونية لقياس المسافات وتتوقف الدقة علي طول الخط فاذا زاد الطول قلت الدقة ولذلك تقسم الخطوط الطويلة الي اجزاء ويقاس كل جزء علي حدة. شكل (شكل (٣-١٤)



شكل (٣-١٤)

البـاب الـسادس

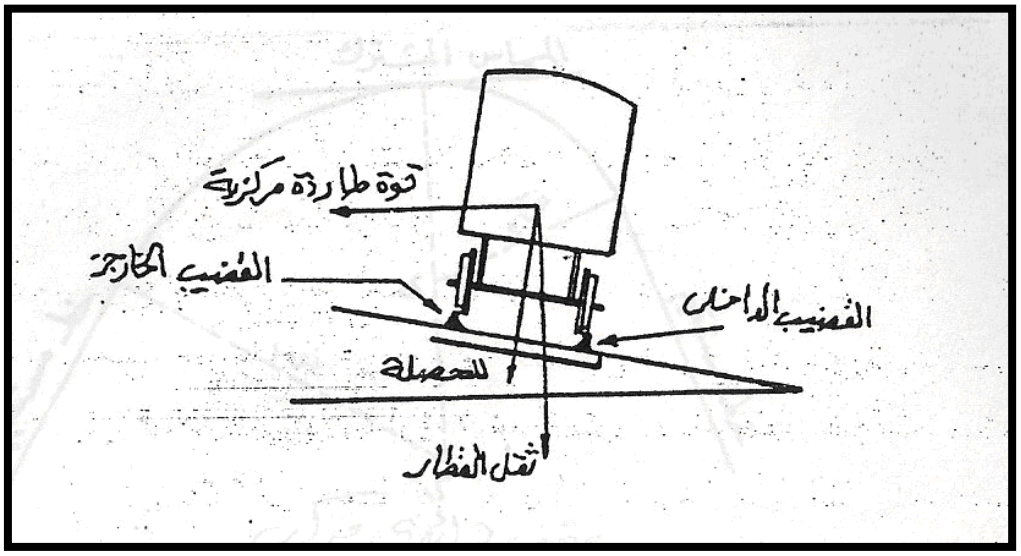
المنحنيـــــات

المنحنيات

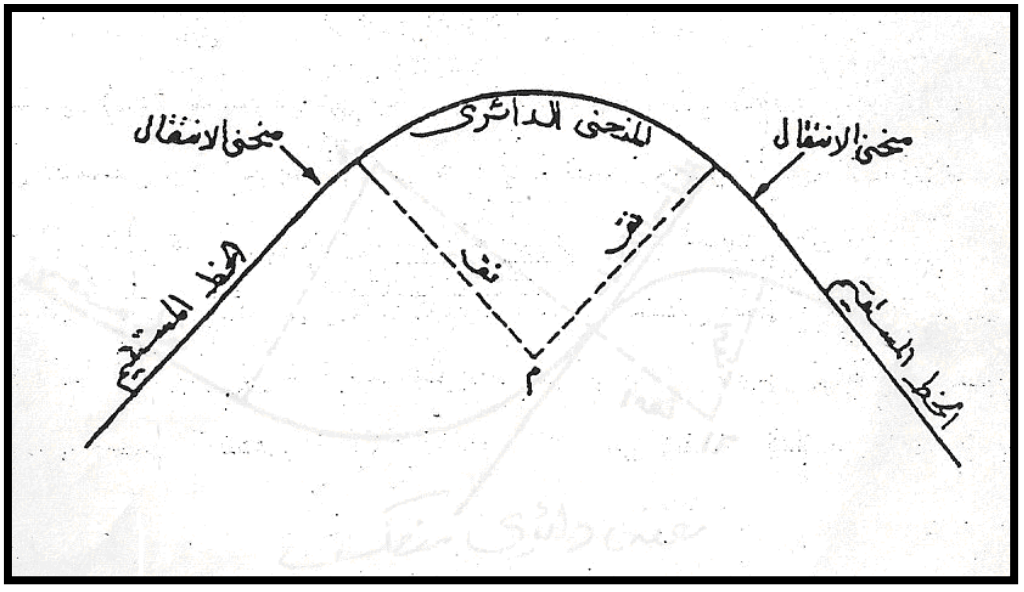
6-1مقدمة:

تعتبر دراسة المنحنيات ذات اهمية في كثير من المشروعات وخصوصاً مشروعات الطرق والسكك الحديدية و أعمال الري وتستعمل المنحنيات عموماً في الاعمال الهندسية للتغيير من اتجاه خط مستقيم الي اتجاه اخر سواء أكان ذلك في المستوي الافقي (منحنيات أفقية) أو في المستوي الرأسي (منحنيات رأسية). وفي المستوي الافقي يوصل المنحني الافقي هذين الاتجاهين لتفادي التغير المفاجيء في الانحراف ويكون هذا المنحني مماساً لهما. وأبسط أنواع المنحنيات هوالمنحني الدائري وهو عبارة عن جزء من محيط دائرة يتوقف نصف قطرة علي عدة عوامل أهمها نوع الطريق وأهميته وسرعة الحركة علية وطبوغرافية المنطقة وظروف الانشاء. وفي السكك الحديدية والطرق الرئيسية يكون نصف القطر كبيراً كما يحتاج الامر الي دقة عالية في تخطيط نقطه. وحيث ان السرعة علي الخطوط الحديدية عالية وفي زيادة مستمره نظراً للتطور السريع في وسائل النقل كما ان السير علي المنحنيات تسبب قوي مركزية طاردة، لذلك استدعي الامر أن يوضع القضيبان اللذان يسير عليهما القطار بحيث يرتفع القضيب الخارجي عن القضيب الداخلي (شكل 6-1) لتكون محصلة القوة الطاردة المركزية وثقل القطار عموديه علي الخط الواصل بين القضيبين ولتفادي هذا الاختلاف المفاجيء عند نقطة تماس الخط المستقيم (حيث القضيبان علي منسوب واحد) مع المنحني الدائري (حيث يوجد فرق بين القضيبين) يوضع منحني اخر عند نقطة التماس يسمي منحني الانتقال (شكل 6-2) لينتقل هذا الفرق تدريجياً

من الصفر عند الخط المستقيم حتي يصل الي المنحني الدائري الاصلي ولذلك يكون تقوس هذا المنحني صـــفراً عند نقطة تماســـه مع الخط المستقيم ويزداد التقوس تدريجيا حتى يصل الى تقوس المنحنى الدائرى يتكرر منحنى الانتقال عند نقطة التماس الثانية بين المنحني الدائري واتجاه السير.



شكل (6-1)



شكل (6-2)

وتحتوي دراسة المنحنيات جزأين اساسيين هما:

الجزء الأول: ويشـــمل دراســـة أجزاء المنحني وعناصـــره والعلاقات الرياضية التي تربط هذه الاجزاء.

الجزء الثاني: ويشـــمل طرق ادخال وتخطيط وتوقيع المنحنيات في الطبيعة.

2-6 أنواع المنحنيات

1-2-6 المنحنيات الأفقية: (Horizontal Curves)

في حالة تقاطع محورين مستقيمين في زاوية تقاطع في المستوي الأفقي فان المنحني الذي يصل المستقيمين يطلق علية المنحني الأفقي، ويصل المنحني الافقي المحورين لتفـادي التغير المفـاجيء في الانحراف، ويكون هذا المنحني مماســاً لهما. ويمكن تقســيم المنحنيات الأفقية الي ثلاثة أنواع :

1-1-2-6 المنحني الدائري البسيط (Simple Circular Curve)

وهو عبارة عن قوس من دائرة نصف قطرها ثابت ويصل بين اتجاهين مستقيمين متقاطعين ويكون مماساً لهما كما في الشكل (6-3) ويعد هذا النوع منابسط أنواع المنحنيات في التوقيع والتخطيط.

2-1-2-6 المنحني الـدائري المركـب Compound Circular (Curve)

المنحني الدائري المركب هو منحني مكون من قوسين دائريين أو أكثر ونصـفي قطريهما مختلفين ولهما نفس اتجاه الانحناء أي ان مراكز هذه

الأقواس الدائرية تكون علي جهة واحدة من التقوس ولكل قوسين متتاليين مماس مشترك عند نقطة اتصالهما كما بالشكل (6-4) ويستخدم هذا النوع من المنحنيات في الحالات التي تكون فيها الاراضي جبلية وعرة لتفادي كميات الحفر او عمل أنفاق ويستعمل يضاً في حالة وجود عقبات وموانع لايمكن ازالتها.

وعموماً يجب عدم استعمال المنحنيات المركبة الا اذا دعت لذلك طبيعة الأرض وظروف المشروع اذ انه غير مرغوب فية هندسياً.

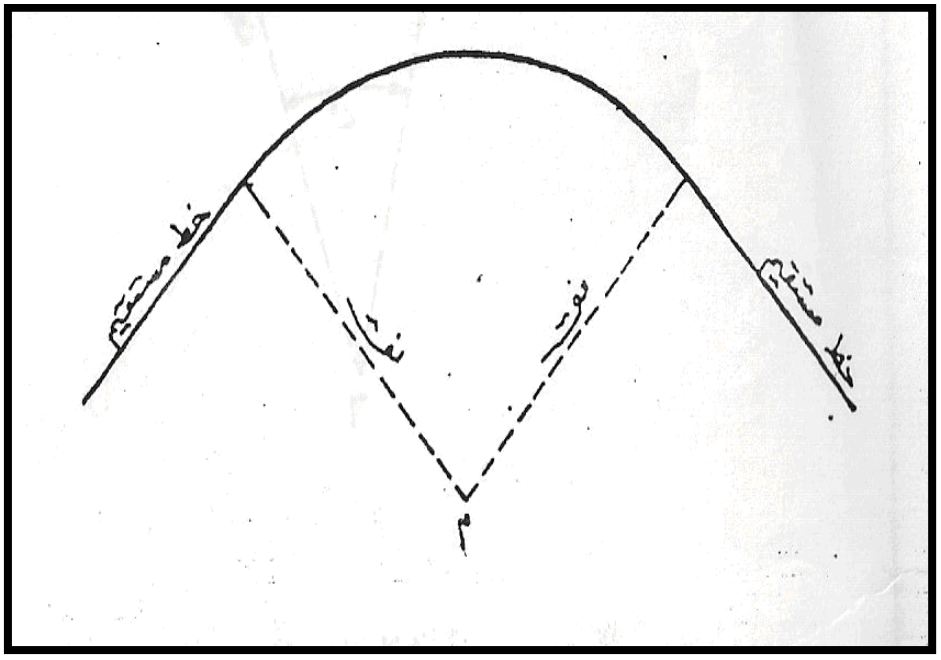
6-2-1-3 المنحني الدائري العكسي Reverse Circular (Curve)

وهو مثل المنحني المركب الا أن اتجاه التقوس في أحد القوسين يكون مخالفاً لاتجاه التقوس الذي يليه أي أن مركزي المنحنيين ليسا في جهه واحده من المماس المشترك. وأنصاف اقطار المنحنيين قد تكون متساوية أو مختلفة كما هو موضح بالشكل (6-5) ويستعمل هذا النوع من المنحنيات لايصال طريقين متوازيين أو شبه متوازيين وفي الطرق الفرعية حيث حركة المرور بطيئة جداً نظراً لان الانعكاس المفاجيء في الانحناء غير مرغوب فيه علي الطرق السريعة. لذا يجب أن نتجنب ما أمكن استعمال هذه المنحنيات علي الطرق السريعة وأقتصار أستعمالها في الخطوط الجانبية والفرعية.

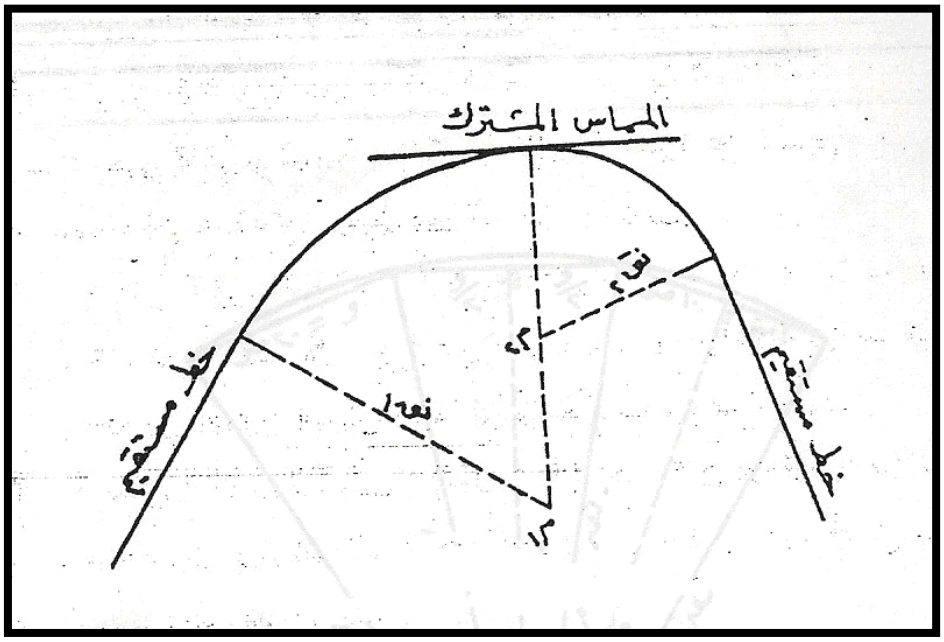
6-2-1-4 المنحني الانتقالي (Spiral Circular Curve)

منحني الانتقال هو منحني غير دائري يتغير قطره تدريجياً من أي نقطة عليه، ويبدأ بنصف قطر قيمته لا نهائية عند نقطة التماس الاولي ويصغر نصف القطر تدريجيا الي أن يصل الي طول نصف قطر المنحني الأصلي عند نقطة اتصالة بالمنحني الدائري كما هو في شكل

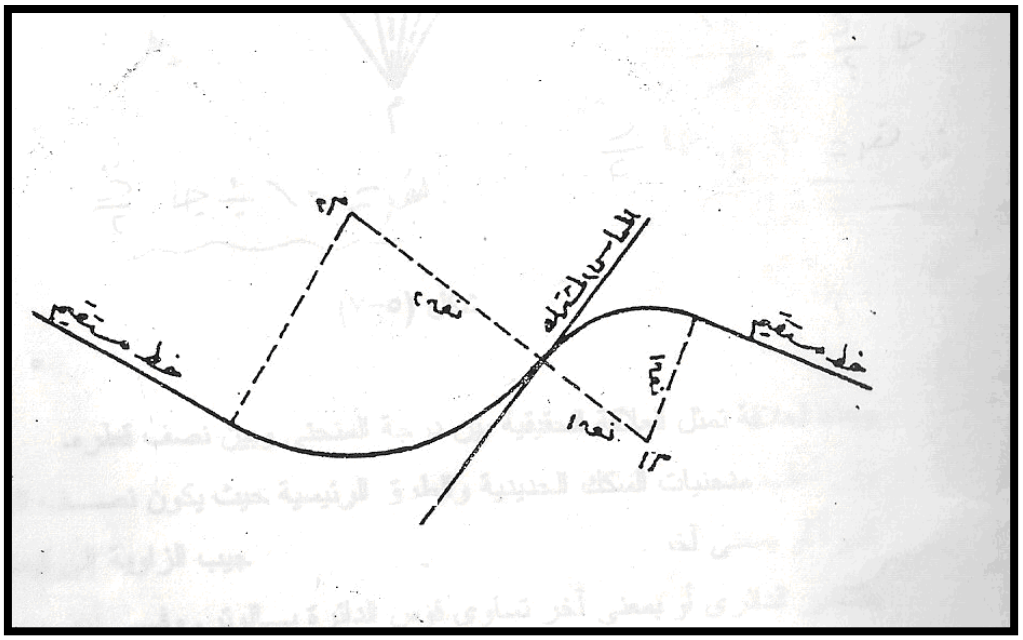
(6-6) ثم يزداد طول نصف القطر الي أن يصل الي قيمة لا نهائية عند نقطة التماس الثانية حيث يتطابق مع المستقيم التالي وتستعمل منحنيات الانتقال (المتدرجة) في كثير من مشـاريع الطرق وخصـوصـاً الطرق السـريعة والسـكك الحديدية للتخلص من تغيير الانحناء الفجائي الناتج من الانتقال من خط مستقيم الي منحني.



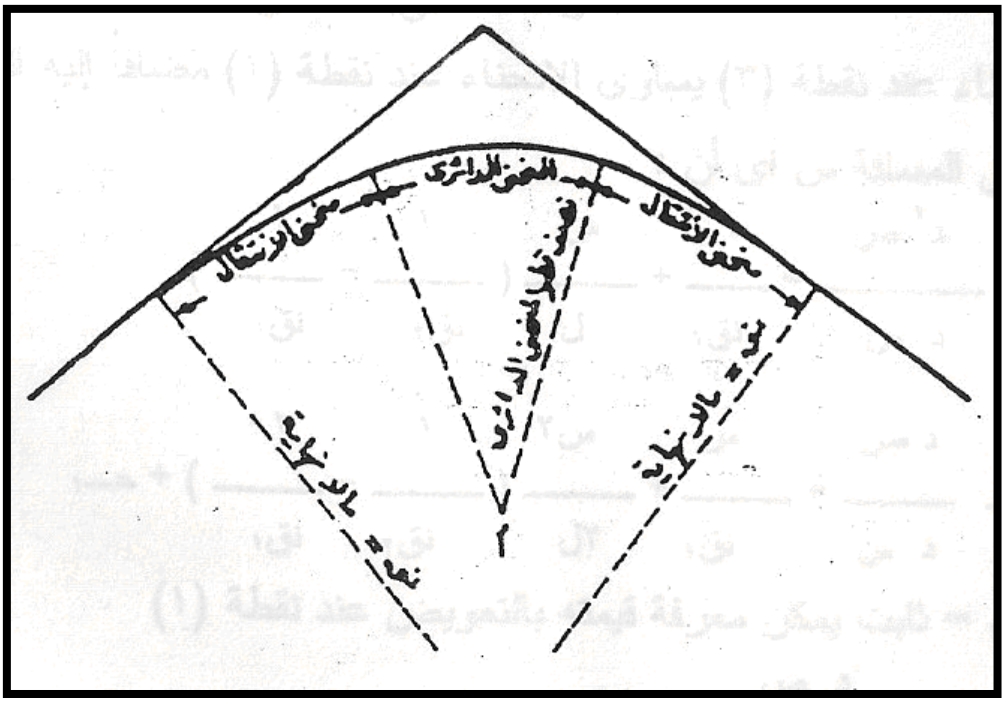
شكل (6-3)


المماس المشترك
خط مستقيم
خط مستقيم
نق١
نق٢
م١
م٢

شكل (6-4)


م٢
نق٢
المماس المشترك
خط مستقيم
خط مستقيم
نق١
ع
م١

شكل (6-5)



شكل (6-6)

تعريف المنحني

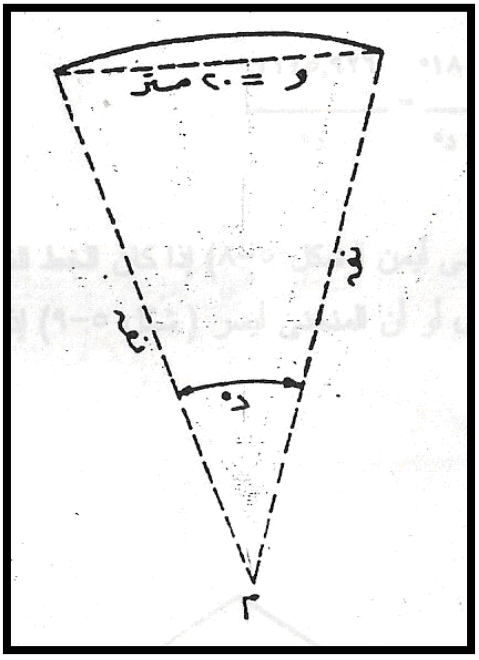
توجد طريقتان لتقدير أو لتعريف المنحني فقد يعرف المنحني بنصف قطره أو بدرجة إنحناءه كما يتضح بشكل (6-7)

1- طريقة نصف القطر Radius of Curve

وهي الطريقة المستعملة في مصر، فيقال مثلاً منحني نصف قطرة 400 متر، ويقدر طول نصف القطر بالمتر، أما في أمريكا و انجلترا فيقدر بالقدم وحالياً بالمتر حيث أدخل أيضاً النظام المتري

2- طريقة درجة المنحني Degree of Curve

درجة المنحني هي الزاوية المركزية المقابلة لوتر معلوم يطلق عليه (وتر القياس)، ويؤخذ طول هذا الوتر في مصـــر 20 متراً أي جنزيراً واحداً، أما في الدول التي تســـتعمل النظام الانجليزي فيؤخذ 100 قدم. فمثلاً منحني درجتــه 4 عبــارة عن قوس دائري فيــة الوتر الــذي طوله20متراً (او 100قدم) يقابل زاوية مركزية قدرها 4 درجة.



شكل (6-7)

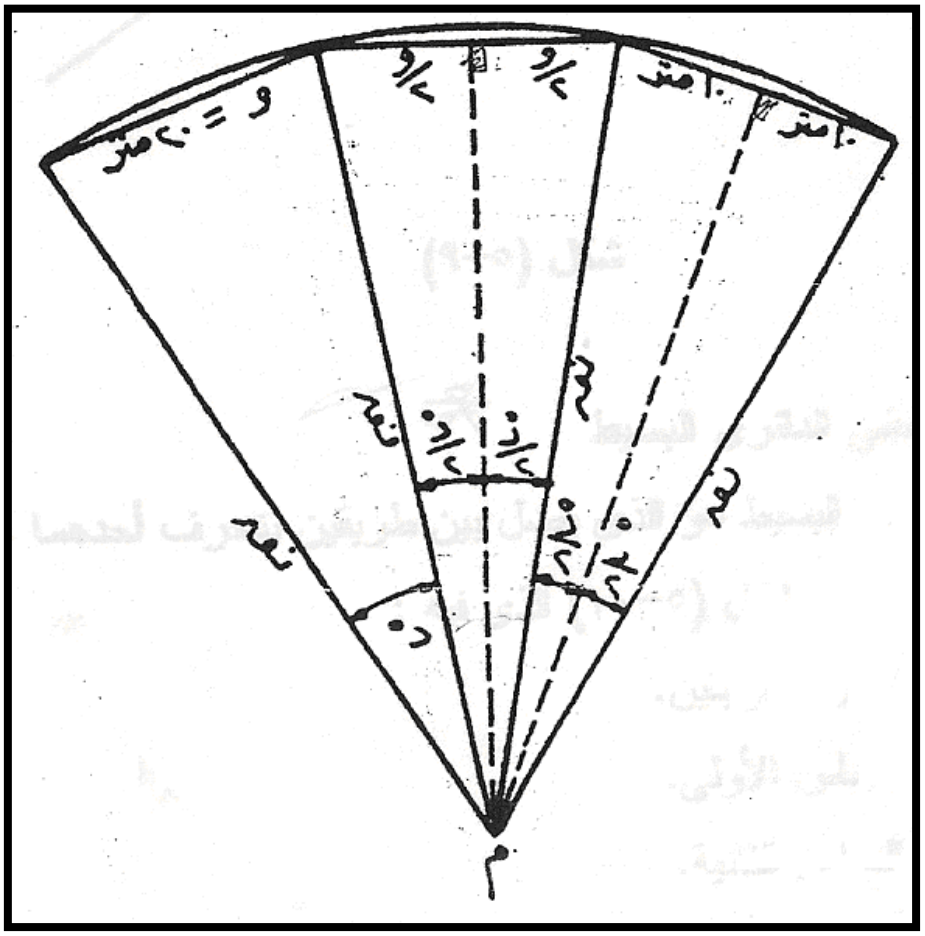
العلاقة بين نصف القطر ودرجة المنحني

في شكل (6-8) اذا كان نصف قطر المنحني = نق ودرجة المنحني = د°

والوتر القياسي و = 20 متراً

فان حا $\frac{د}{2}$ = $\frac{10}{نق}$ وعلية فان نق =

10/ حا $\frac{د}{2}$



شكل (6-8)

هذه العلاقة تمثل العلاقة الحقيقية بين درجة المنحني وبين نصف قطره.

وفي أغلب منحنيات السكك الحديدية والطرق الرئيسية حيث يكون نصف القطر كبيراً أو بمعني آخر تكون الدرجة صغيرة يمكن تقريب جيب الزاوية الي قيمتها بالتقدير الدائري أو بمعني آخر تساوي قوس الدائرة بالوتر. وفي أغلب هذه الحالات نجد أن الفرق بينهما صغير جداً وفي حدود المسموح به في أعمال المساحة وبذلك يكون:

طول القوس = نق د حيث د بالتقدير الدائري

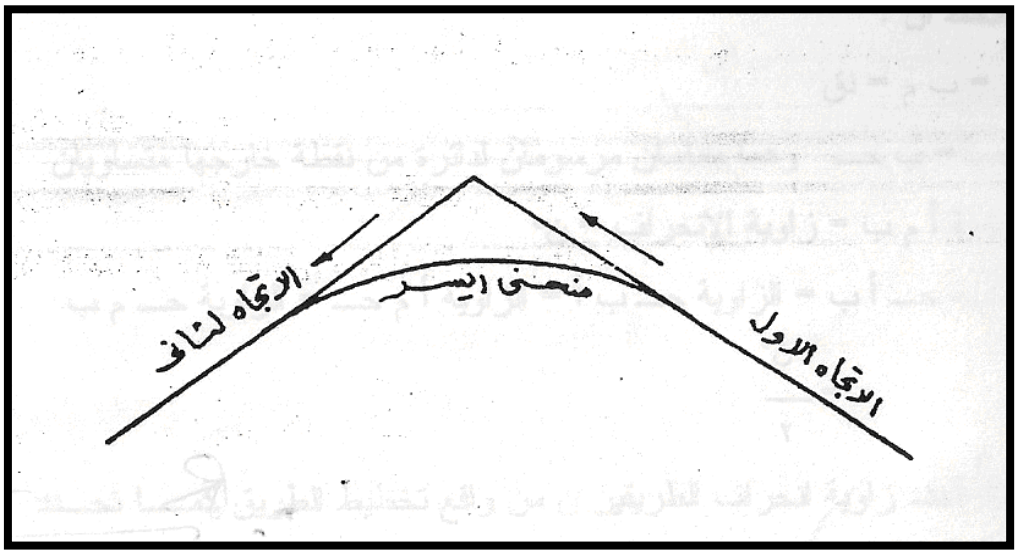
فاذا كانت درجة المنحني معطاه بالدرجات فان:

الوتر = 20 متراً = نق * د° * $\frac{ط}{180}$

∴ نق = $\frac{20*180}{د*ط}$ = $\frac{1145.926}{د}$

ويقال أن المنحني أيمن (شـــكل6 -9) اذا كان الخط الثاني ينحرف الي اليمين بالنسبة للاتجاه الاول أو أن المنحني أيسر (شكل 6-10) اذا كان الانحراف الي جهة اليسار.

(شكل 6-9)



شكل 6-10)

3-6 أجزاء المنحني الدائري البسيط

المنحني الدائري البسيط هو الذي يصل بين طريقين ينحرف أحداهما عن الاخر بزاويه قدرها ن كما في شكل (6-11) الذي فيه:

جـ هي نقطة تقابل الطريقين.

ا هي نقطة التماس الاولي

ب هي نقطة التماس الثانية.

ص هي قمة المنحني.

م هي مركز المنحني.

نق هو نصف قطر المنحني.

أجـ = المماس الجزئي الاول.

ب جـ = المماس الجزئي الثاني.

أ ب = الوتر الكلي للمنحني.

ص س = سهم المنحني.

جـ ص = تسمي المسافة الخارجية.

ن = زاوية الانحراف.

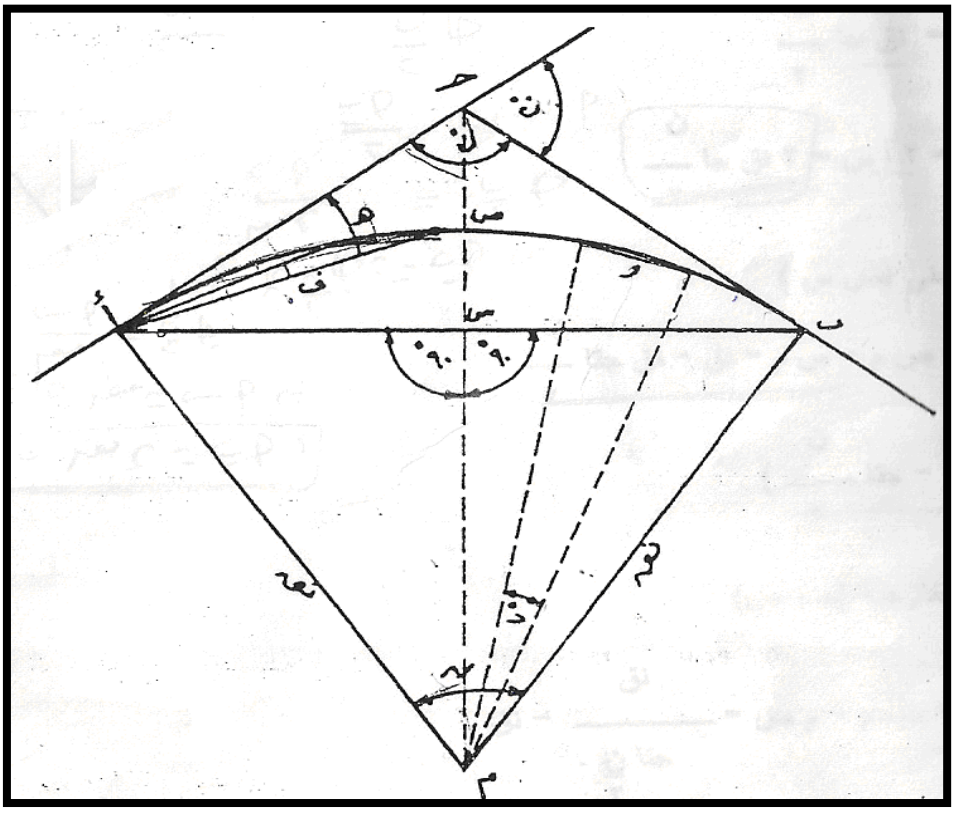
= زاوية التقابل.

د = درجة المنحني.

ف = زاوية الانحراف لوتر قياسي علي المنحني.

وهي الزاويه بين طرفي أي وتر قياسي مقاسة من نقطة التماس.

هـ = زاوية الانحراف الكلية لاي نقطة علي المنحني مقاسة من نقطة التماس بداية من المماس الجزئي.



(شكل 6-11)

يلاحظ أن:

أ م = ب م = نق

جـ = ب جـ وهما مماسان مرسومان لدائرة من نقطة خارجها متساويان

الزاوية أ م ب = زاوية الانحراف = ن°

الزاوية جـ أ ب = الزاوية جـ ب أ = الزاوية أ م جـ = الزاوية جـ م ب = $\frac{ن}{2}$ حيث تحدد زاوية انحراف الضلعين (ن) من واقع تخطيط الطريق كما تحدد درجة المنحني أو نصف قطره من سرعة الحركة علية. وعندئذ يمكن حساب بقية أجزاء المنحني بدلالة الانحراف ونصف القطر أو درجة المنحني كالأتي :-

1- طول المماس (جـ)

في المثلث أ م جـ

$$\text{ظا}\frac{\text{ن}}{2} = \frac{\text{حـ}}{\text{أم}} = \frac{\text{حـ}}{\text{نق}}$$

أ حـ = نق ظا ن /2 بدلالة نصف القطر

$$= \frac{10}{\text{حا}(2/\text{د})}\ \text{ظا}\frac{\text{ن}}{2}$$ بدلالة الدرجة

2- زاوية الانحراف (ف) لوتر قياسي طوله 20متراً

$$\text{ف} = \frac{\text{د}}{2}$$ بدلالة درجة القوس

$$\text{جاف} = \frac{10}{2}$$ بدلالة نصف القطر

3- طول المنحني (أ ب)

طول المنحني (أ ب) $= \frac{\text{ن}}{\text{د}}$ جنزيراً بدلالة درجة القوس

$$= \frac{\text{ط} * \text{نق} * \text{ن}}{180}$$ جنزيراً بدلالة القطر(نق يالجنزير)

4- طول الوتر الكلي (ب)

في المثلث أ م س : $\text{حا}\frac{\text{ن}}{2} = \frac{\text{اس}}{\text{أم}} = \frac{\text{اس}}{\text{نق}}$

$\therefore$ أ س = نق $\text{حا}\frac{\text{ن}}{2}$

$\therefore$ أ ب = 2 أ س = 2 نق $\text{حا}\frac{\text{ن}}{2}$

5- سهم المنحني (ص س)

س ص = ص م – س م =نق - نق $\text{حتا}\frac{\text{ن}}{2}$

= نق (1- حتا $\frac{ن}{2}$)

6- المسافة الخارجية (حـ ص)

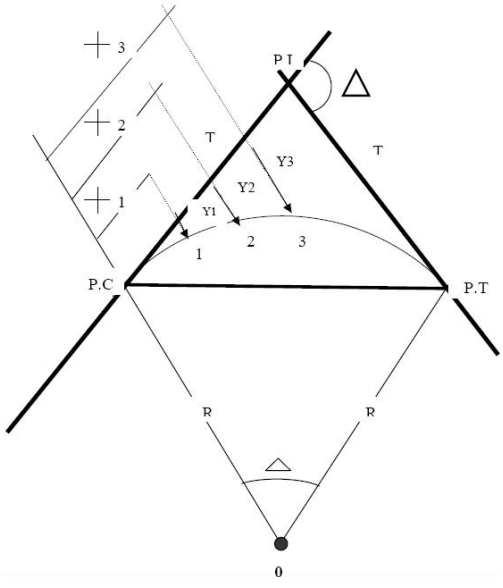
حـ ص = حـ م – م ص = = $\frac{نق}{حتا(2/ن)}$ – نق

= نق($\frac{1}{حتا(2/ن)}$ –1) = نق(قا $\frac{ن}{2}$ –1)

هناك عدة طرق لتوقيع المنحنيات من أهمها:

١- توقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس.

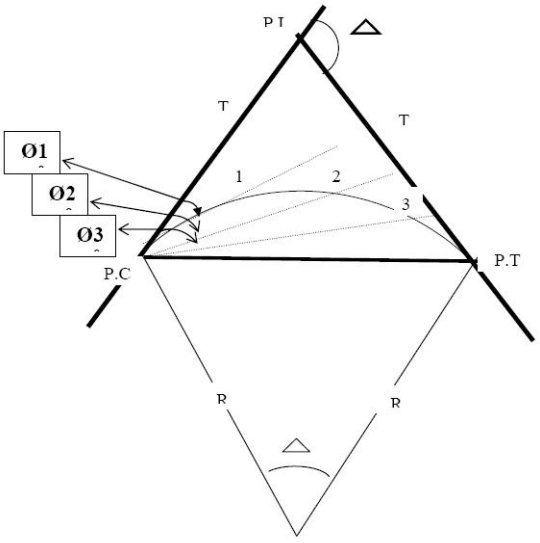
في هذه الطريقة نعين نقاطاً على المنحنى بمعرفة إحداثياتها (X,Y) وذلك باعتبار أن نقطة التقوس (P.C) هي نقطة الأصل ثم قياس المسافة على المماس و هي تمثل X و حساب الإحداثي Y العمودي على المماس حتى المنحنى.شكل (٦.١٨).



الشكل ٦.١٨: توقيع المنحنى بطريقة الإحداثيات من المماس.

٢- توقيع المنحنى بطريقة زوايا الانحراف.

هذه الطريقة أدق من طرق الإحداثيات السابقة و تستخدم عادة في توقيع المنحنيات الهامة ذات الدقة العالية مثل منحنيات الطرق السريعة و هي تمتاز بسرعتها و سهولتها و لا تحتاج على عمليات كثيرة . شكل(٦.١٩).



الشكل ٦.١٩ توقيع المنحنى بطريقة زوايا الانحراف.

4-6 توقيع المنحني في الطبيعة

تخطيط الطرق يبدأ أولاً علي الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية للمنطقة لكي يختـار المهنـدس مبـدئيـاً أنسـب المواقع للطريق حتي تفي بـالاشـتراطـات الخـاصـة بـالميول والانحـدارات وكـذلـك التكـاليف الاقتصادية للطرق الخاصة بالحفر والردم ونزع الملكية وأيضاً تكاليف التشـغيل والصـيانه. وعند اختيار موقع الطريق يمثل علي خريطة التخطيط بخطوط مسـتقيمـة ثم يضـع المهندس المنحنيات بين هذه الخطوط وبعد ذلك يوقع في الطبيعة مواقع محور الطريق بأخذ قياسات من الخريطة ووضـع عدد مناسـب من الشـواخص في هذه النقط ويتم تحديد مواقع النقط علي المنحني بعدة طرق كما سـوف يتم بيانه فيما بعد.

يبدا تخطيط المنحني (شكل 6-12) بتحديد نقطة تقابل الطريقين (حـ)

اولاً في الطبيعـة ويتم ذلـك بتحـديـد اتجـاه الطريقين أولاً ثم نمـد اتجـاه الطريق الاول بواسطة التيودوليت ونعين علية نقطتين حـ$_1$ حـ$_2$ بحيث يحصـران بينهما نقطة حـ (وفي العادة نشـد بينهما خيط) ثم ينقل التيودوليت علي الطريق الاخر ونمد هذا الاتجاه حتي يقطع الخط حـ$_1$ حـ$_2$ في نقطة وندق فيها وتد ثم ننقل التيودوليت الي هذه النقطة حـ

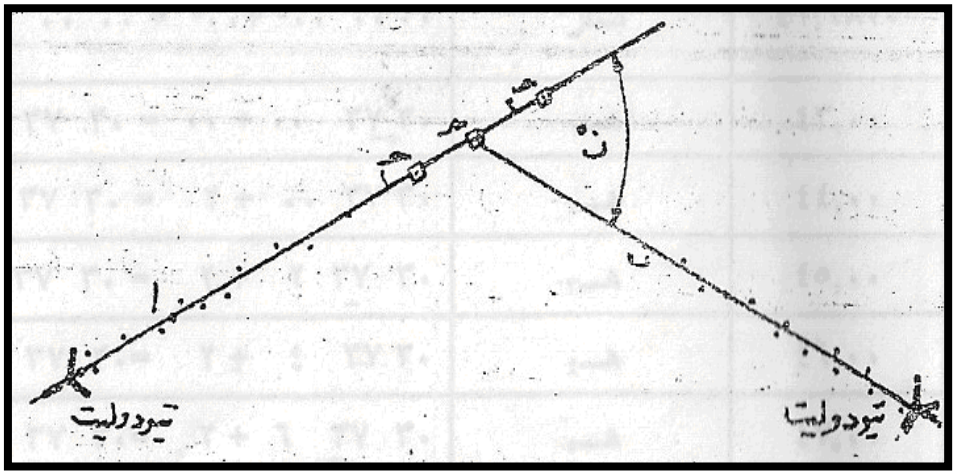
ونقيس زاوية الانحراف ن. بعد ذلك نعين نقطتي التماس أ ، ب بالقياس مبتدئين من نقطة حـ بمسافة حـ أ حيث:

$$\text{حـ أ} = \text{حـ ب} = \text{نق} \quad \text{ظا} \frac{\text{ن}}{2}$$

وبذلك تتعين نقطتي التماس.

ننقل التيودوليت بعد ذلك الي نقطة أ وتقاس الزاوية حـــ أ ب التي يجب أن تساوي

ن \ 2 وذلـك لتحقيق توقيع نقطتي التمـاس أ ، ب وقيـاس زاويـة الانحراف ن.



شكل 6-12)

ويلاحظ أنه في العاده تقاس المسـافات من أول الطريق وتوضـع أوتاد فيها علي أبعاد متســاوية كل منها يســاوي 20 متراً بحيث تكون كلها علي استقامة واحدة بواسطة التيودوليت وترقم هذه الاوتاد تصاعدياً من أول الطريق حتي نصل الي تدريج نقطة التقايل حـ ثم يطرح منها طول المماس حـــــ أ فنحصـــل علي ترقيم نقطة التماس الاولي أ ولما كان الترقيم يستمر علي المنحني. لذلك يضاف الي قراءة أ التي لا يحتمل أن

تكون نهاية جنزير كامل، ما يعادل بقية الجنزير ويعتبر هذا الجزء وتراً جزئياً بحيث يتم التدريج بعد ذلك علي المنحني حتي نصـــل الي نقطة ب التي يكون تدريجها يســـاوي تدريج نقطة أ مضـــافاً اليه طول المنحني ويستمر التدريج بعد نقطة ب علي الطريق الثاني الي نهايته.

يوجد لتخطيط نقط المنحني علي الطبيعة ثلاث طرق هي:

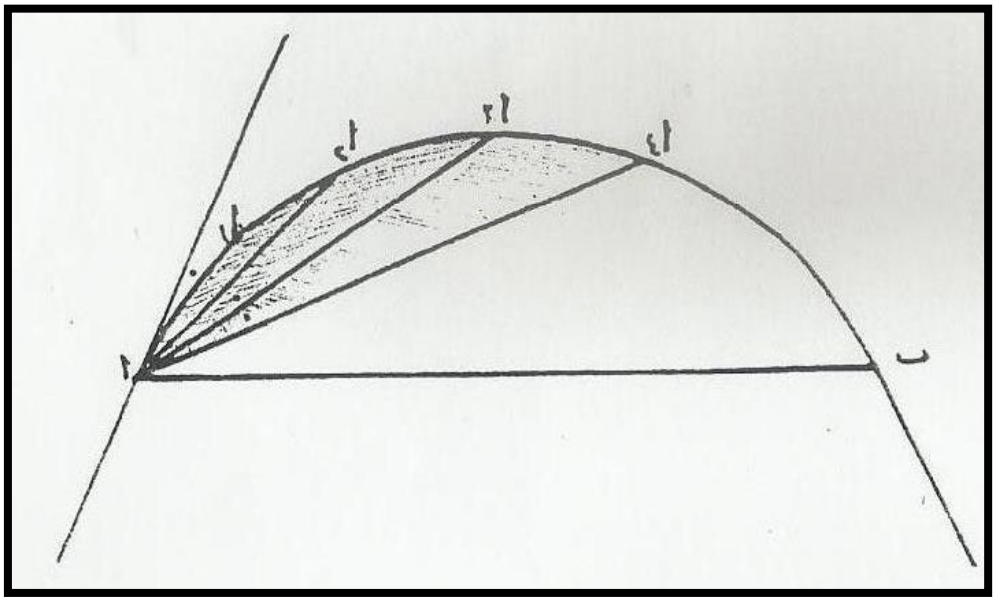
1- باستخدام التيودوليت والقياسات الطولية.

2- باستخدام جهازي تيودوليت وبدون قياسات طولية.

3- باستخدام القياسات الطولية فق

6-4-1 طريقة استعمال التيودوليت والقياسات الطولية

بعد تعيين نقطة التقابل جـــــ وقياس زاوية الانحراف ن وتوقيع نقطتي التماس أ ، ب وتحقيق وضـــعهما نضـــع الجهاز في نقطة أ ونوجهه توجيها أساسياً نحو حـــ ثم ندير المنظار أفقياً بزاوية ف$_1$ (شكل 6-13) التي تقابل وتر قياســـي كامل قدره 20 متراً أو قد تقابل وتراً جزئياً حسب ترقيم قراءة نقطة أ اذا لم تكن هذه القراءة هي نهاية جنزير كامل ثم بعد ذلك نقيس من نقطة أ ما يعادل طول هذه المسافة (وهي 20 متراً أو طول الوتر الجزئي الاول) في اتجاه خط النظر فتتحدد نقطة أ$_1$ علي المنحني. بعد ذلك نحرف المنظار باضافة زاوية ف الي القراءة السابقة وهذه الاضـافة تعادل انحراف وتر قياسـي كامل فيكون المنظار موجهاً نحو الاتجاه أ أ$_2$ ثم نقيس من نقطة أ$_1$ المســـافة أ$_1$ أ$_2$ تســـاوي 20 متراً فتتعين أ$_2$ والتي تقع علي اتجاه خط النظر.



(شكل 6-13)

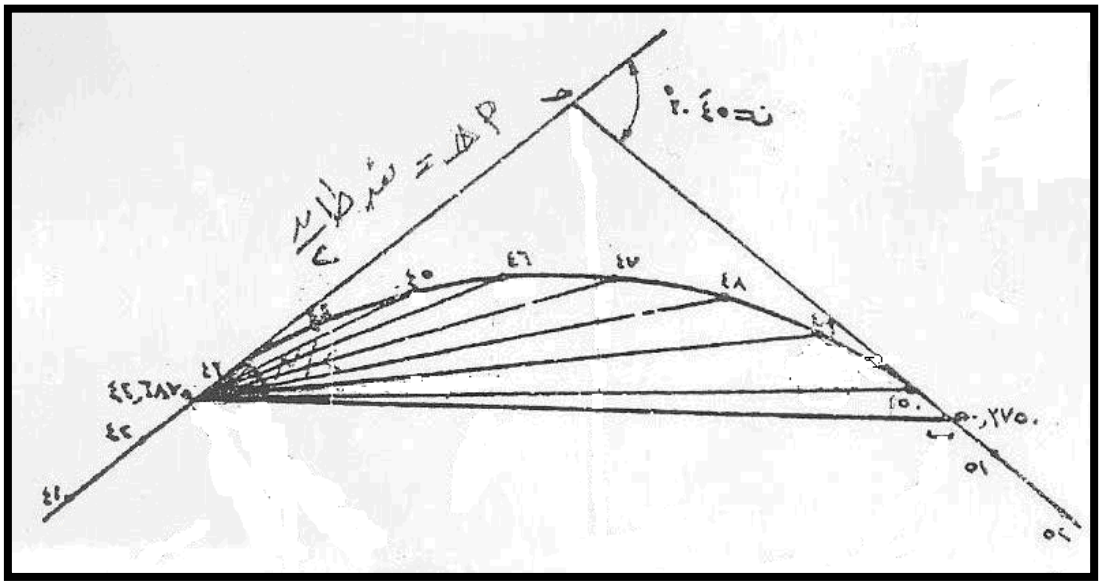
نكرر العمل باضـــافة زاوية ف التي تعادل انحراف وتر قياســـي كامل فيكون موجهاً نحو الاتجاه أ أ3 ونقيس مســافة تســاوي 20 متراً فتتحدد نقطة أ3 علي اتجاه خط النظر وهكذا نسـتمر في العمل حتي نصـل الي النقطة التي تســبق نقطة ب ثم بعد ذلك نضـــيف علي الدائرة الافقية للتيودوليت زاوية تعادل انحراف الوتر الجزئي الاخير وعندئذ يجب أن يكون المنظــار موجهــاً نحو نقطــة ب حيــث تكون القراءة الافقيــة للتيودوليت تساوي ن\2.

كمـا يجـب تحقيق القيـاس من اخر نقطـة قبـل ب ويجـب أن يكون هذا الطول مســاوياً طول الوتر الجزئي الاخير. فاذا كان الخطأ في التوجيه في القياس أكبر من المسموح به فيجب اعادة العمل من بدايته.

مثال:

المقادير اللازمه لتخطيط منحني درجة تقوسه 4° وزاوية انحرافه $30^{\circ}\ 45'$ اذا علم أن ترقيم نقطة التماس الاولي 42.6875 جنزيراً.

الحل: (أنظر شكل 6-14)



(شكل 6-14)

نق = $\frac{10}{\text{حا}(2/\text{د})}$ = $\frac{10}{\text{حا}2}$ = 286.5 متراً

طول المماس الجزئي = أ حـ = نق ظا $\frac{\text{ن}}{2}$ = ظا $(\frac{30\quad 45}{2})$ 286.5 =

78.736 متراً

طول الوتر الجزئي الاول = 43.0000 – 42.6875 = 0.3125

جنزيراً = 6.250 متراً

زاوية انحراف الوتر الجزئي الاول = 0.3125 * ° 0.625 = 2° =

' 60* 0.625

= 30 " 37 '

زاوية الانحراف الكلية للنقطة أ$_2$ (الوتد 44) = 3 " 37 ' + 2º =

2º 37 ' 30 "

طول المنحني = $\frac{\text{ن}}{\text{د}}$ = $\frac{30.75}{4}$ = 7.6875 جنزيراً = 153.57 متراً

تـدريج (ترقيم) نقطـة ب = 42.6875 + 7.6875 = 50.3750

جنزيراً

طول الوتر الجزئي الاخير = 50.3750 – 50.0000 = 0.3750 جنزيراً = 7.50 متراً

زاوية انحراف الوتر الجزئي الاخير = 0.3750 * 45 = '60 * 2º '

ويفضـــل عمل جدول يبين النقط الواجب توقيعها علي المنحني وزوايا الانحراف التي نقرأها علي الدائره الافقية للتيودوليت والمقابلة لهذه النقط وذلك لتســـهيل تخطيط هذا المنحني في الطبيعة، وفيما يلي بيان هذا الجدول وطريقة التخطيط في الطبيعة في كل من حالتي المنحني المتيامن والمتياسر.

<u>أولاً المنحنى الايمن</u>

في حالة المنحني الايمن (شكل 6-14) تسجل القيم في الجدول كالاتي:

النقطة	المسافة	زاوية الانحراف الكلية هـ	قيمة الزاوية

	42.6875	صفر	00° + 00 ° = 00" 00' 00°'00 "00
1	43.00	هـ1	° = 30 37 00 00 + 00 37 30
2أ	44.00	هـ 2	° = 30 37 2 2 + 00 37 30
3	45.00	هـ 3	° = 30 37 4 2 + 2 37 30
4	46.00	هـ 4	° = 30 37 6 2 + 4 37 30
5	47.00	هـ 5	° = 30 37 8 2 + 6 37 30
6	48.00	هـ 6	° = 30 37 10 2 + 8 37 30
7	49.00	هـ 7	° = 30 37 12 2 + 10 37 30
8	50.00	هـ 8	° = 30 37 14 2 + 12 37 30
ب	50.3750	ن|2	° 15 22' 30" = '45 + 14 37 30

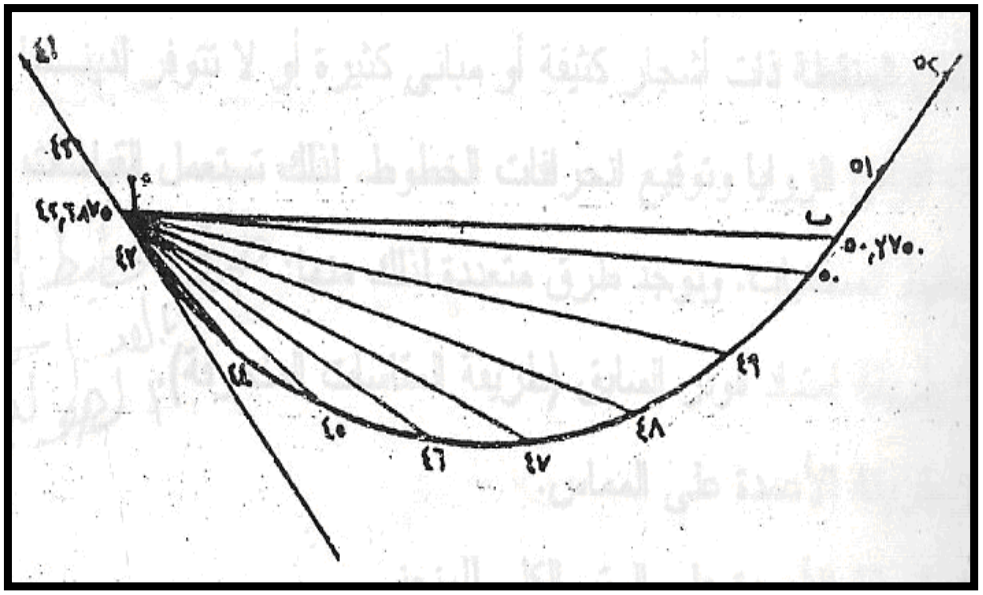
ولتخطيط هذا المنحني الايمن شـــكل (6-14) نعين نقطة أ ، ب بقياس مسافة 78.736 متراً من حـــ ويجب مراعاة الدقة التامة في تعيين موقع هاتين النقطتين بصفه خاصة واستعمال التيودوليت بعد ذلك في نقطة أ وتوجيهه توجيهاً أساسياً نحو حـــ وتحقق العمل برصد الزاوية حـــ أ ب للتأكد من أن قيمتها تســـاوي ن|2 وهذا يحقق صـــحة رصـــد زاوية ن حساب وتوقيع المماسين أ حـــــ ، ب حـــــ ثم ندير المنظار في اتجاه عقارب الساعة (نجد أن تدريج الدائرة الافقية للتيودوليت يتزايد في هذا الاتجاه) بمقدار هـــ$_1$ = 30 " 37 ' ثم من أ نقيس طول الوتر الجزئي الاول = 6.25 متراً ونحرك الشـــريط لتقطع نهايته خط النظر في أ$_1$ وهو الوتد رقم 43 ثم نحرف المنظار باضـــافة زاوية قيمتها د|2 = 2º وهي تعادل انحراف وتر قياســـي طوله 20 متراً فتكون قراءة الدائره الافقيه للتيودوليت 30 " 37 ' 2º ثم من أ$_1$ نقيس بالشـريط قيمة الوتر

الثاني ونحرك الشـريط الي أن يقطع نهايته خط النظر في أ2 وهو الوتد رقم 44.

نكرر العمل الي أن نوقع الوتد رقم 8 وبعد ذلك نضـع علي الدائره الافقية الزاوية: ن|2 = 30 " 22 ' 15° ونقيس الطول 7.5 متراً فيجب أن تنطبق نهاية الشـريط علي نقطة ب بينما يكون المنظار موجهاً نحوها ، ويجب أن يكزن الخطأ صغيراً ان وجد وفي الحدزد المسموح بها والا يعاد العمل من جد

ثانيا المنحنى الايسر

في حالة المنحني الايسـر (شـكل 6-15) نجد أن تدريج الدائرة الافقية للتيودوليت يتزايد في اتجاه عقارب السـاعة ولذلك نطرح الزوايا من 360° لنحصـل علي نقط المنحني المختلفة ولتسـهيل عملية قراءات الدائرة الافقية نجعل الجهاز يقرأ الزاوية ن|2 عند التوجية علي المماس أ حـ ثم نطرح الزوايا منها لتحديد النقط أ1 ، أ2،.....وهكذا بحيث نجد أن القراءة الاخيرة عند التوجية علي نقطة ب تساوي صفراً.



شكل 6-15)

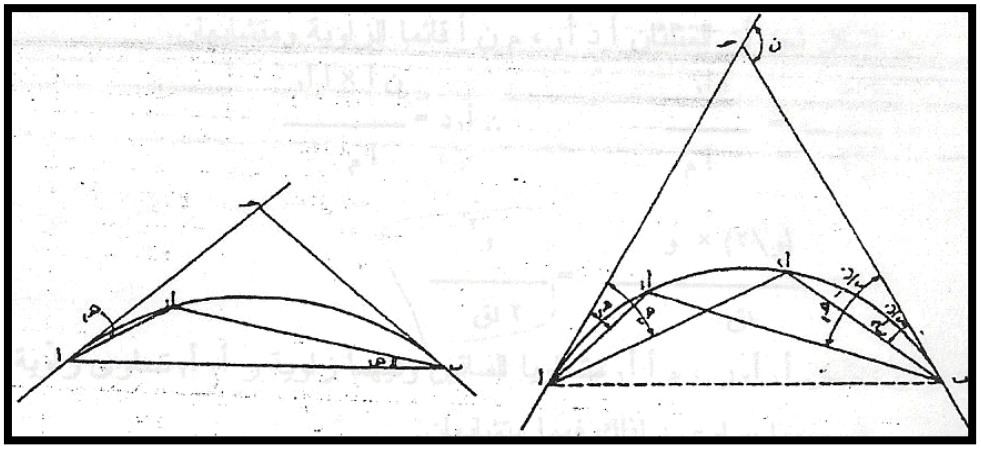
وفيما يلي الجدول الخاص بهذا المنحني الأيسر

النقطة	المسافة	زاوية الانحراف الكلية هـ	قيمة الزاوية
	42.6875	صفر	15° - 00 ° = 30" 22' 15° '22 "30
1	43.00	هـ1	14 45 00 = 00 37 30 – 15 22 30
2أ	44.00	هـ 2	12 45 00 = 2 – 14 45 00
3	45.00	هـ 3	10 45 00 = 2 – 12 45 00
4	46.00	هـ 4	8 45 00 = 2 – 10 45 00
5	47.00	هـ 5	6 45 00 = 2 – 8 45 00
6	48.00	هـ 6	4 45 00 = 2 –6 45 00
7	49.00	هـ 7	2 45 00 = 2 – 4 45 00
8	50.00	هـ 8	00 45 00 = 2 –2 45 00
ب	50.3750	ن|2	00 00 00 = '45 –00 45 ' 00

2-4-6 طريقة التخطيط بواسطة جهازي تيودوليت

تستعمل هذه الطريقة في حالة الأراضي الوعره والتي بها مستنقعات حيث يصعب القياس فيها بالشريط فيوضع تيودوليت في نقطة التماس الأولي (أ) واخر في نقطة التماس الثانية (ب) (شكل 6- 16 أ) وتحسب زوايا الأنحراف الكلية هـ1 ، هـ 2 ، هـ 3،.....كما سبق ثم يحرف منظار التيودوليت في أ بزاوية تساوي هـ1 عن المماس أ حـ

وفي نفس الوقت يحرف منظـار التيودوليت في ب بنفس الزاويـة عن الوتر الكلي ب أ فيتقاطع الشـعاعان في أ$_1$ ثم بنفس الطريقة نعين أ$_2$ ، أ$_3$ وهكذا، وفي حالة صـــعوبة رؤية أ من ب نوقع زوايا الأنحراف من المماس الجزئي ب حـ (شكل 6-16 ب).



شكل 6-16 أ)　　شكل 6-16 ب)

6-4-3 طريقة تخطيط المنحنيات بالقياسات الطولية فقط

أحياناً تضـطرنا الظروف الي تخطيط المنحني بالقياســات الطولية فقط خصـوصـاً عندما تكون المنطقة ذات أشـجار كثيفة أو مباني كثيرة أو لا تتوفر لدينا أجهزة تيودوليت لقياس الزوايا وتوقيع انحرافات الخطوط. لذلك تســتعمل القياســات الطولية فقط لتخطيط المنحنيات وتوجد طرق متعددة لذلك منها:

1- طريقة امتداد الوتر السابق (طريقة المقاسات المنحرفة).

2- طريقة الأعمده علي المماس.

3- طريقة الأعمدة علي الوتر الكلي للمنحني.

4- طريقة العمود علي منتصف وتر القياس.

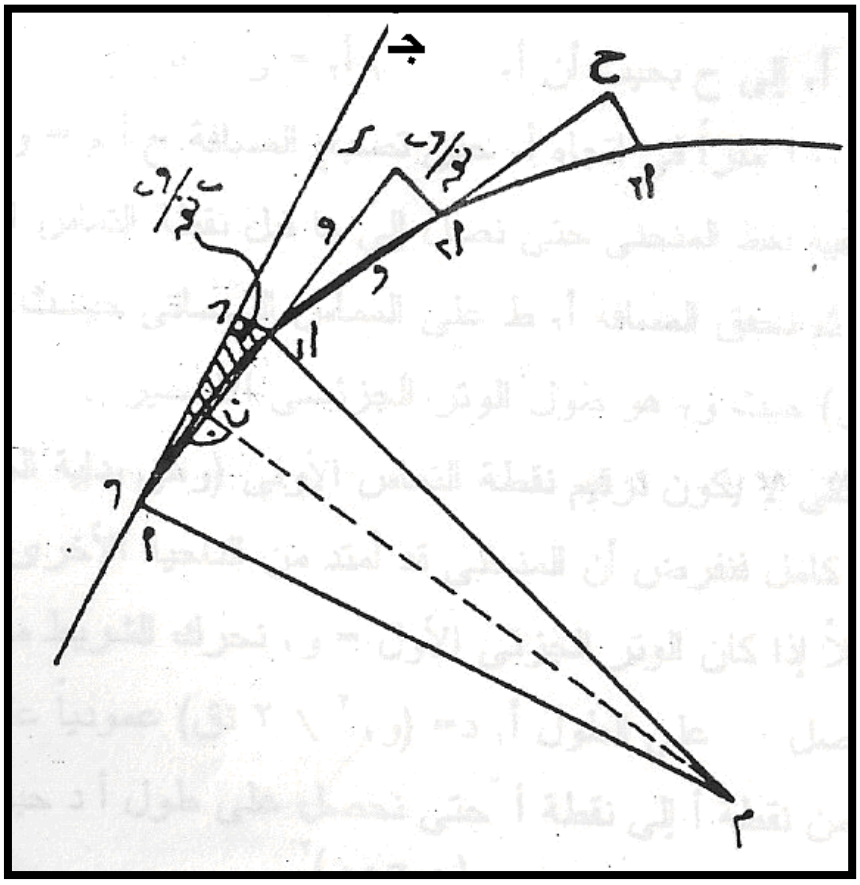
ونذكر بعض هذه الطرق بالتفصيل فيما يلي:

أولاً: طريقة امتداد الوتر السابق:

النقط أ، $أ_2$ ، $أ_3$،.....(شـــكل 6-17) تقع علي محيط دائرة مركزها نقطة م وتقع علي أبعاد متساوية من بعضها وقيمة كل منها وتر قياسي طولة = و. فاذا مددنا أ $أ_1$ علي اســـتقامته الي ر بحيث أن أ $أ_1$ = $أ_1$ ر = و ثم نصـل $أ_2$ ر ونمد $أ_1$ $أ_2$ علي اسـتقامته الي ح بحيث أن $أ_2$ ح = $أ_1$ $أ_2$ = و ونصـل ح $أ_3$ و هكذا ثم ننصـف أ $أ_1$ في نقطة ن ونصـل كل من م أ ، م ن ، م $أ_1$ ثم نسقط العمود $أ_1$ د علي المماس أ حـ.

من الشكل نجد أن المثلثان أد $أ_1$، م ن أ قائما الزاوية ومتشابهان

∴ $أ_1$ د\ ن أ = أ $أ_1$\ أ م ∴ $أ_1$ د = (ن أ * أ $أ_1$) \ أ م



(شكل 6-17)

كما أن المثلثان 1 2 ر ، م أ 1 متساويا الساقين وفيهما زاوية ر 2 1 تساوي زاوية أ م أ1 وكل منهما يساوي د لذلك فهما متشابهان.

∴ أ1 د\ ن أ = أ أ1\ أ م ∴ ر أ2 = (أ1 أ2 * أ أ1) \ م

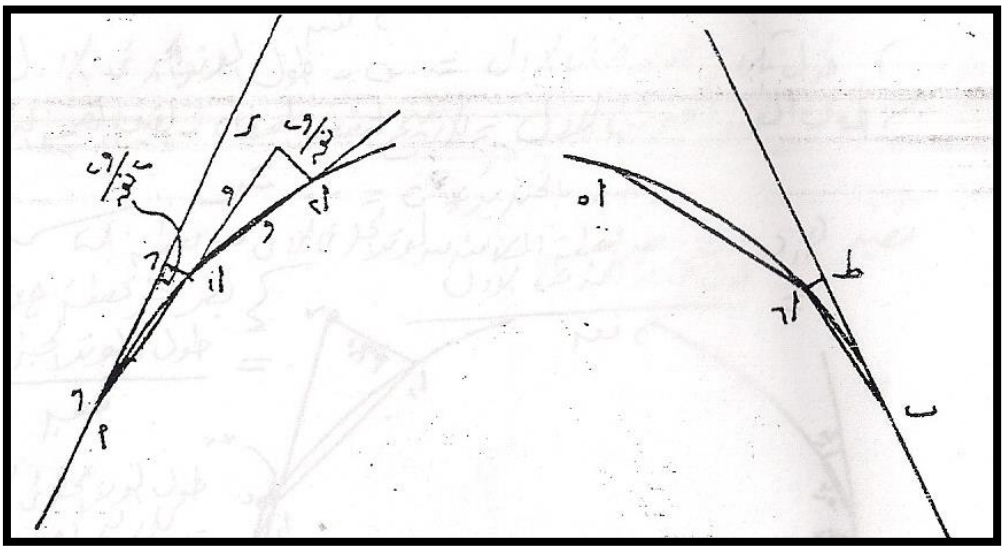
∴ ر أ2 = و* و \ نق = و2 \ نق

لتحديد موقع نقطة أ1 (شكل 5-18) نفرد الجنزير ونضعه علي طول المماس أ حـ ثم نفرد الشريط ابتداءاً من نقطة أ بطول 20متراً ونحرك نهايته عند أ1 بحيث نحصل علي طول أ1 د:

أ1 د = (و2\ 2 نق) عمودياً علي الجنزير المنطبق علي المماس الجزئي فنحصل علي نقطة أ1.

ويمكن حساب طول أ د في نفس الشكل كالتالي:

أ د = $[و^2 - (و^4 \backslash 4\ نق^2)]^{1\backslash 2}$ = و $[1 - (و^2 \backslash 4\ نق^2)]^{1\backslash 2}$



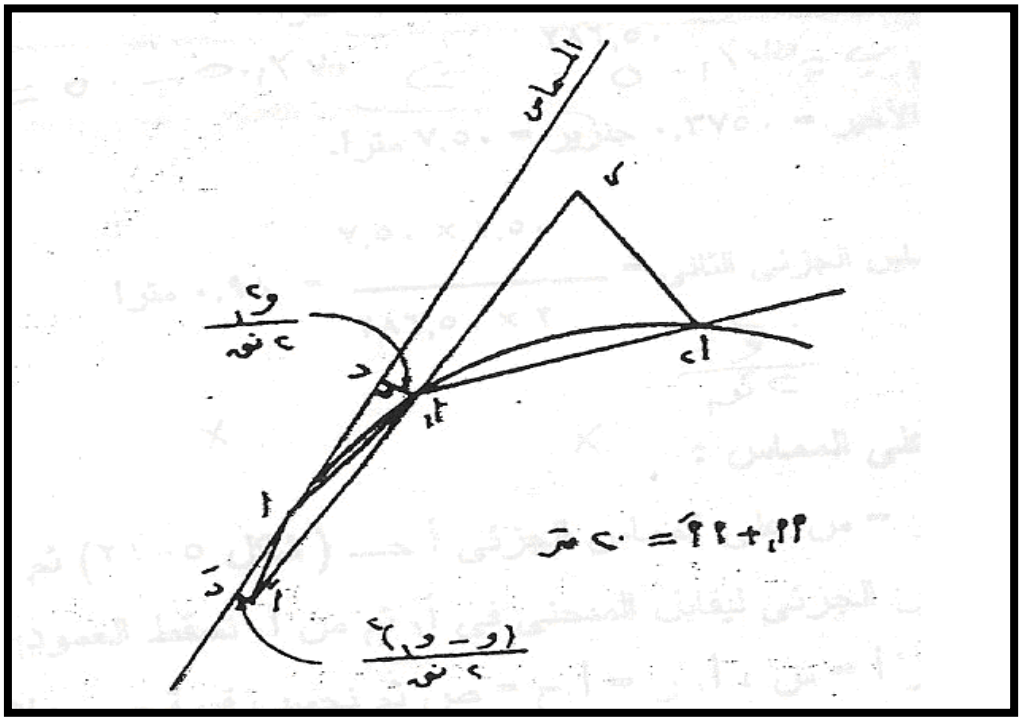
(شكل 6-18)

نمد أ $أ_1$ علي استقامته الي ر بحيث أن $أ_2$ ر = أ $أ_1$ = و ثم نركز في $أ_1$ بطرف الشريط ونفرده بطول 20 متراً عند $أ_2$ حتي تصبح المسافة ر $أ_2$ =($و^2 \backslash$ نق) فنحصل علي $أ_2$.

ننتقل الي $أ_2$ ونمد $أ_1$ $أ_2$ الي ح بحيث أن $أ_2$ ح = $أ_1$ $أ_2$ = و ثم نركز بطرف الشريط في $أ_2$ ونفرده بطول 20 متراً في اتجاه $أ_2$ حتي تصبح المسافة ح $أ_3$ = $و^2 \backslash$نق ونستمر في توقيع بقية نقط المنحني حتي نصل الي ما قبل نقطة التماس الثانية ب ولتكن نقطة $أ_6$ مثلاً ثم نحقق المسافة $أ_6$ ط علي المماس الثاني حيث يجب أن تساوي ($و_2^2 \backslash$ 2نق) حيث $و_2$ هو طول الوتر الجزئي الأخير $أ_6$ ب (شكل 6-19). وفي الحالة التي لا يكون ترقيم نقطة التماس الأولي (وهي بداية المنحني) تمثل بداية جنزير كامل فنفرض أن المنحني قد أمتد من الناحية الأخري لنقطة أ′ شكل 6-20) فمثلاً اذا كان الوتر الجزئي الأول = $و_1$ نحرك الشريط

من نقطة أ بطول و$_1$ حتي نحصـــل علي الطول أ$_1$ د = (و$_1$\$^2$ 2نق) عمودياً علي المماس ثم نحرك الشـــريط من نقطة أ الي نقطة أ' حتي نحصل علي طول أ د حيث: أ' د' = (و- و$_1$)\$^2$2 نق

ثم نمد أ' أ$_1$ الي ر بحيث أن أ$_1$ ر = و ثم نركز في أ$_1$ ونحرك نهاية الشـــريط من ر الي أ$_2$ بحيث تكون ر أ$_2$ = (و\$^2$نق) ثم ننتقل الي أ$_2$ ونكرر العمل الي أن ننتهي من تخطيط باقي المنحني.



(شكل 6-20)

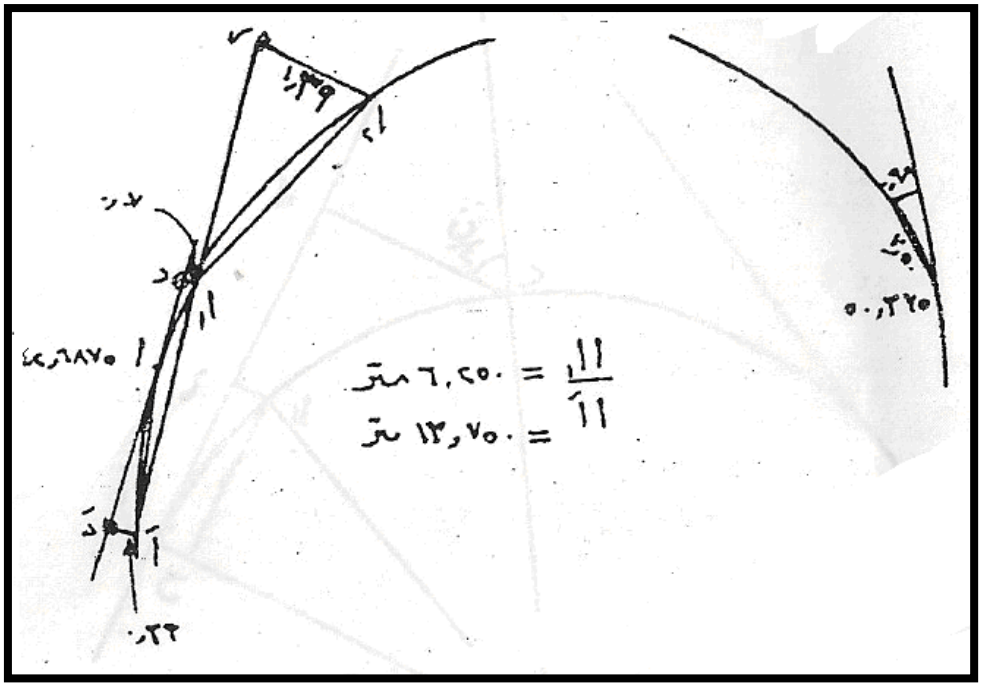
مثال:

أوجد المقادير اللازمه لتخطيط المنحني أ ب بطريقة امتداد الوتر الســـابق علماً بأن تدريج نقطة أ = 42.6875 جنزيراً وطول المنحني 7.6875 جنزيراً وكانت درجة المنحني 4º.

الحل:

في شكل (6-21) نجد أن:

نصف قطر المنحني = 20 * 180\ط * د = 286.50 متراً



(شكل 6-21)

تدريج نقطة ب = تدريج نقطة أ + طول المنحني.

∴ تدريج نقطة ب = 42.6875 + 7.6875 = 50.3750 جنزيراً = 6.250 متراً

طول الوتر الجزئى الاول = 43.0000- 42.6875 = 3125. جنزيرا = 6.250 مترا

بعد نقطة أ$_1$ عن المماس = و$_1^2$ \2نق = $\frac{6.25*6.25}{2*286.5}$ = 0.068 متراً = 0.07 متراً

طول تكملة الوتر في الاتجاه العكســـي = 0.6875 جنزيراً = 13.75 متراً

بعد نقطة ' عن المماس = 13.75 * 13.57 \2 * 286.50 =0.33 متراً

مسافة انحراف الوتر القياسي = 20 * 20\286.50 = 1.39 متراً

طول الوتر الجزئي الأخير = 0.375 جنزير = 7.50 متراً

بعد اخر نقطة من المماس الجزئي الثاني = 7.50 * 7.50 \ 2 * 286.5 =0.098 متراً

ثانياً: طريقة الأعمدة علي المماس:

اذا أخذنا مسافة أ ر = س علي المماس الجزئي أ حـ (شكل 5-22) ثم أقمنا العمود ر $أ_1$ علي المماس الجزئي ليقابل المنحني في $أ_1$ ثم من $أ_1$ نسقط العمود $أ_1$ ح علي أ م فيكون $أ_1$ ح = ر أ = س ، $أ_1$ ر = أ ح = ص ثم نحسب قيمة ص بدلالة س. ففي المثلث م ح $أ_1$ القائم الزاوية نجد أن:

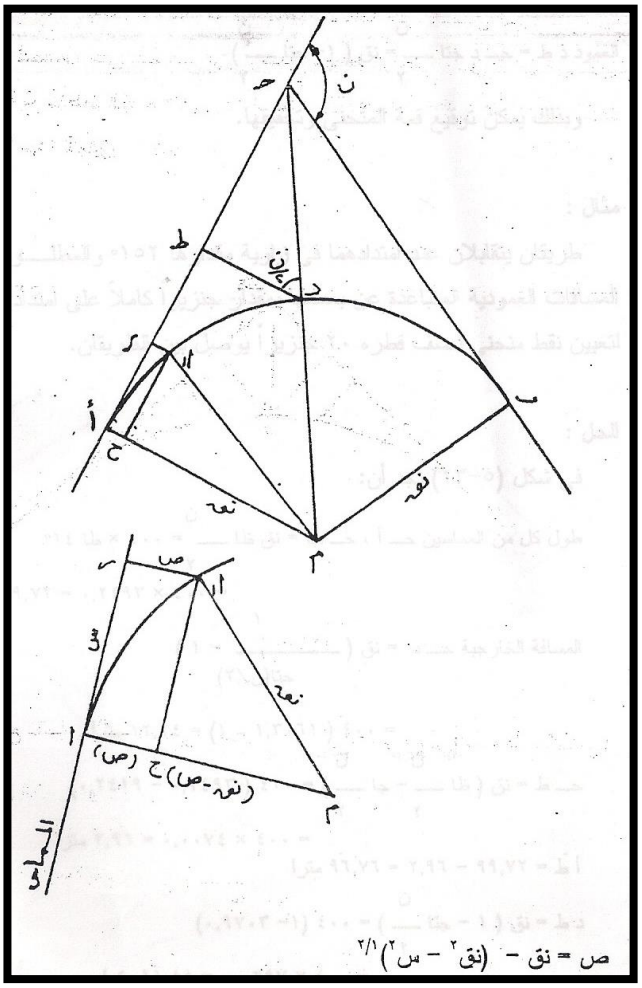
$(م ح)^2 = نق^2 - (أ_1 ح)^2$

$= نق^2 - (س^2)$

م ح = نق – أ ح

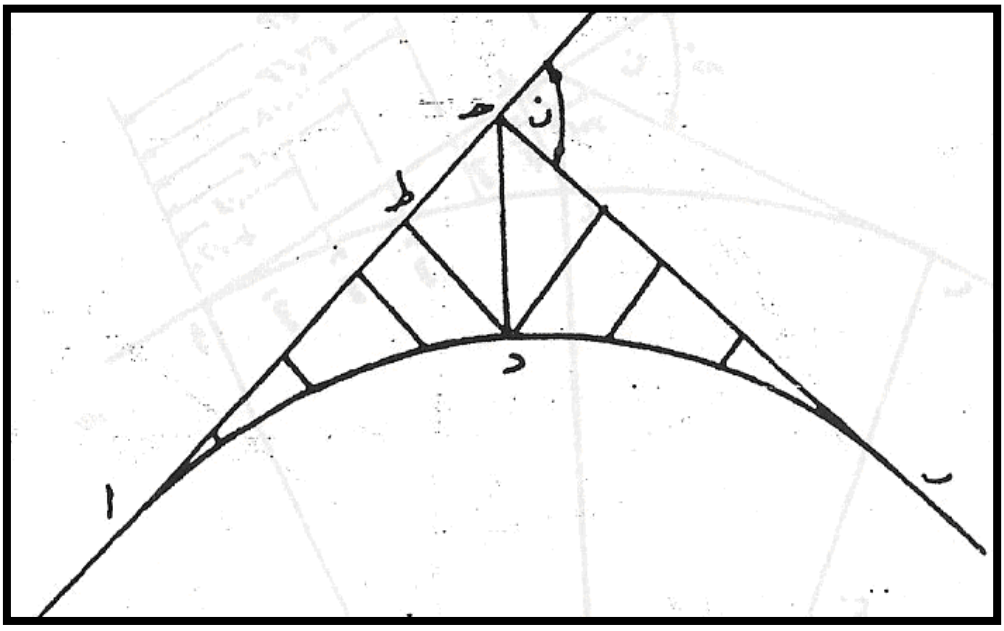
∴ نق – ص = $(نق^2 - س^2)^{1\backslash 2}$

∴ ص = نق - $(نق^2 - س^2)^{1\backslash 2}$ وهي العلاقة الدقيقة لحساب قيمة ص بدلالة س.



(شكل 6-22)

فاذا أخذنا مسافات متساويه (شكل 6-23) علي طول المماس الجزئي أ حـ ابتداءاً من نقطة أ فيمكن حساب اطوال الأعمده المقامة علي المماس الجزئي من هذه النقط لنحصـــل علي نقط المنحني. وعندئذ نخطط المنحني من المماس الأول حتي القمة ثم نخطط الجزء الثاني منه بأعمده علي المماس الثاني بنفس المســـافات وبنفس الأعمدة الســـابق حسابها.



(شكل 6-23)

ولتوقيع نقطة د (قمة المنحني) شكل (5-23) نحسب طول أ ط ، ط د كالتالي:

طول المماس الكلي = نق ظا $\frac{ن}{2}$

طول المسافة الخارجية حـ د = نق$(\frac{1}{\text{حتا}(2/ن)} - 1)$

المسافة حـ ط = حـ د حا $\frac{ن}{2}$ = نق$(\text{ظا}\frac{ن}{2} - \text{حا}\frac{ن}{2})$

المسافة أ ط = أ حـ - حـ ط = نق ظا $\frac{ن}{2}$ظا- نق ظا $\frac{ن}{2}$ + نق حا $\frac{ن}{2}$ =

نق حا $\frac{ن}{2}$

العمود د ط = حـ د حتا $\frac{ن}{2}$ = نق (1- حتا $\frac{ن}{2}$)

وبذلك يمكن توقيع قمة المنحني وتحقيقها.

مثال:

طريقان يتقابلان عند امتدادهما في زاويه مقدارها 152° والمطلوب تعيين المسافات العمودية المتباعده عن بعضها بمقدار جنزيراً كاملا علي امتداد المماس لتعيين نقط منحني نصف قطره 20جنزيراً يوصل بين الطريقان.

الحل:

في شكل (6-24) نجد أن

طول كل من المماسين حـ أ ، حـ ب = .نق ظا $\frac{ن}{2}$ = 400 * ظا 14°

= 400 * 0.2493 = 99.72 متراً

المسافة الخارجية حـ د = نق$(\frac{1}{\text{حتا}(2/ن)}-1)$

= 400 (1-1.3061) = 12.24 متراً

حـ ط = نق$(\text{ظا}\frac{ن}{2}-\text{حا}\frac{ن}{2})$

= 400 (0.2491-0.2493) 400 * 0.0074 = 2.96 متراً

أ ط = 99.72-2.96 = 96.76 متراً

د ط = نق (1- حتا $\frac{ن}{2}$) = 400 (0.9703-1) = 400 * 0.0297

= 11.88 متراً

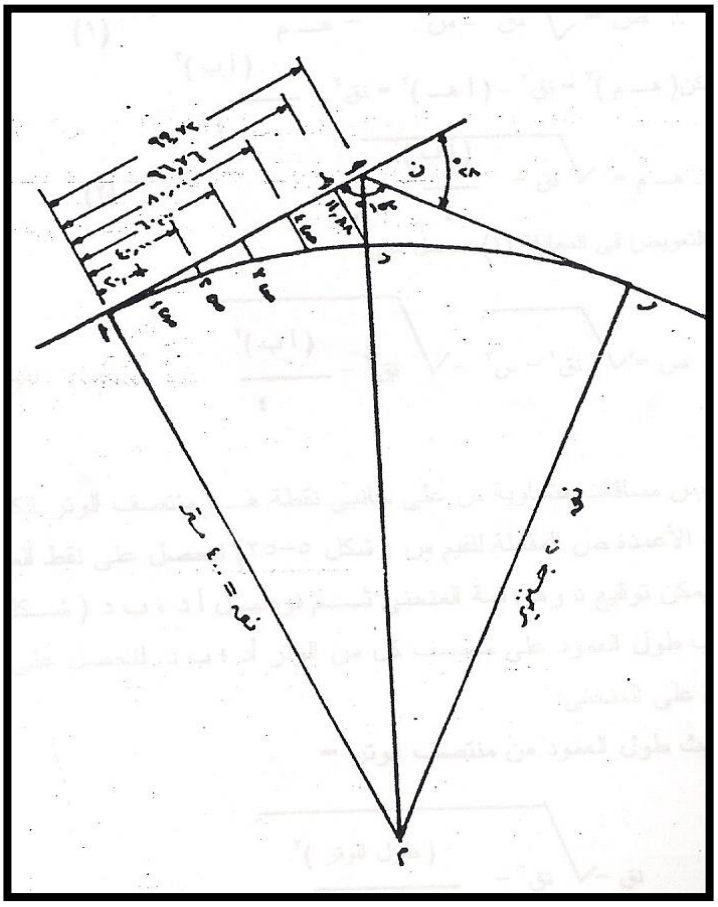
ص = (نق^2- س^2)$^{1\backslash2}$

∴ ص$_1$ = 400 – (400^2 – 20^2)$^{1\backslash2}$ = 0.5 متر

∴ ص$_2$ = 400 – (400^2 – 40^2)$^{1\backslash2}$ = 2 متر

∴ ص$_3$ = 400 – (400^2 – 60^2)$^{1\backslash2}$ = 4.53 متر

∴ ص$_4$ = 400 – (400^2 – 80^2)$^{1\backslash2}$ = 8.08 متر



شكل 6-24)

ثالثاً: طريقة العمود علي منتصف وتر القياس:

اذا كان وتر القياس أ $أ_1$ = و (شـــكل6-25) فان العمود من طرفه $أ_1$ علي المماس الجزئي الأول

= $أ_1$ د

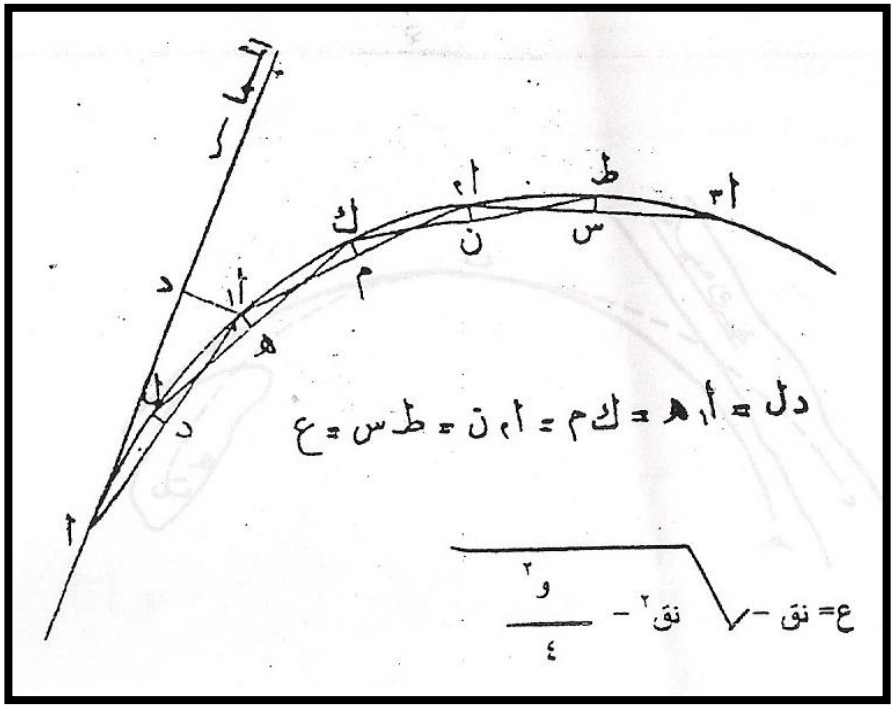
$أ_1$ د = $و^2$\2 نق

واذا نصـــفنا هذا الوتر نجد أن طول العمود من منتصـــفه حتي محيط دائرة المنحني =

نق – (نق^2 – $و^2$\4)^{1}\2

لنحصل علي نقطة ل شكل (6-25)

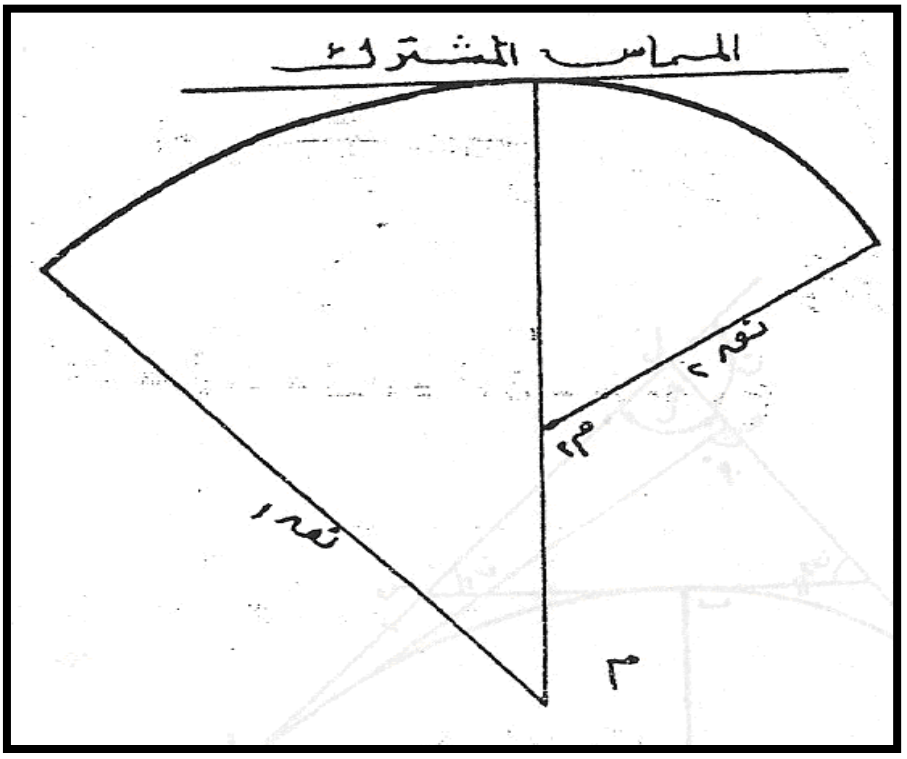
فاذا فردنا الشـــريط من ل في الوضـــع ل ك بحيث يكون طول العمود عليـه من نقطـة أ$_1$ علي منتصـــفـه = ع فتكون نقطـة ك واقعـة علي المنحني. نفرد الشريط من أ$_1$ الي الوضع أ$_1$ أ$_2$ بحيث يكون العمود عليه من نقطة ك علي منتصـــفه = ع فنحصـــل علي نقطة أ$_2$ الواقعة علي المنحني ونستمر هكذا للحصول علي العدد الكافي لتخطيط المنحني.



شكل 6-25)

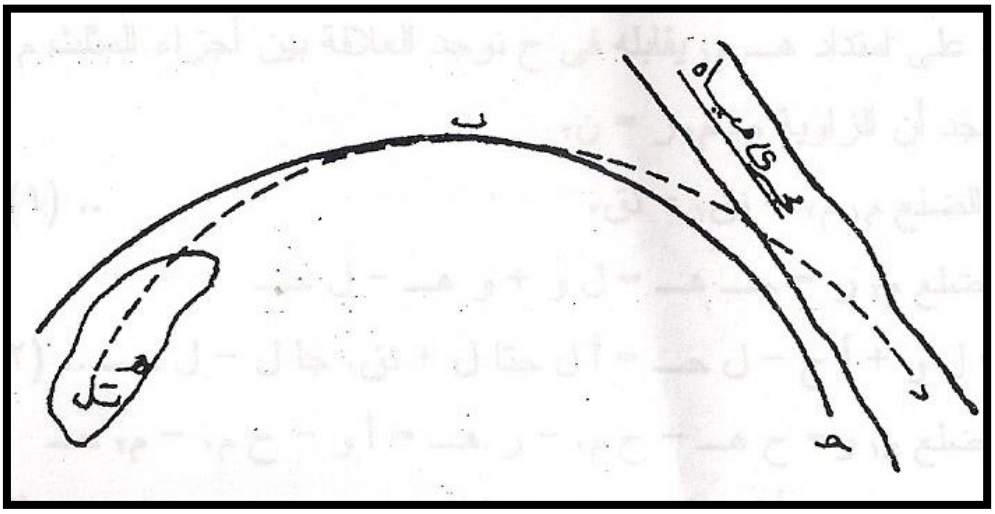
6-5- المنحني المركب

المنحني المركب عبارة عن منحني مكون من قوسـين دائريين مختلفين في نصـــفي قطريهما (شـــكل 6-26) بحيث يكون مركزيهما في جهه واحدة من المماس المشـترك وقد يحدث أن نجد المنحني المركب مكون من أكثر من منحنيين وذلك اذا دعت ضرورة التخطيط لذلك. ويستعمل المنحني المركب في حالة عدم امكانية اســـتخدام المنحنيات البســـيطة لوجود موانع لا يمكن ازالتها.



(شكل 6-26)

وفي الأراضـــي الجبلية كثيراً ما يحدث أنه لا يمكن تفادي كميات كبيرة من الحفر والردم الا اذا غيرنا تقوس المنحني بالنقص أو بالزياده وفي هذه الحاله تضطرنا الظروف لعمل المنحني المركب. ويمثل شكل (6-27) واحدة من الحالات التي توضح أن المنحني المركب أ ب حـــ هو أنسب وضع لتفادي كميات الحفر والردم ثم السير في وضع مناسب من مجري المياه، أما اذا جعلنا المنحني البســيط أ ب يمتد الي د نجد أن المماس يكون في المجري واذا جعلنا المنحني البسيط ب حـــ يستمر بنصف قطره لوقعت نقطة هـــ في وسط منطقة تحتاج الي حفر غير مستطاع. وفي مثل هذه الحاله نجد ضرورة عمل منحني مركب نختار نصفي القطرين وزاويتي انحراف القوسين حسب ما تمليه الطبيعة.



شكل 6-27)

6-5-1 أجزاء المنحني المركب

شكل (5-28) يبين الأجزاء المختلفة للمنحني المركب وهي:

المماسان الكليان للمنحني المركب هما أ ل ، ل حـ وهما غير متساويان

المماس المشترك هو س ص

المماسان الجزئيان للقوس الأول هما أ س ، س ب وهما متساويان

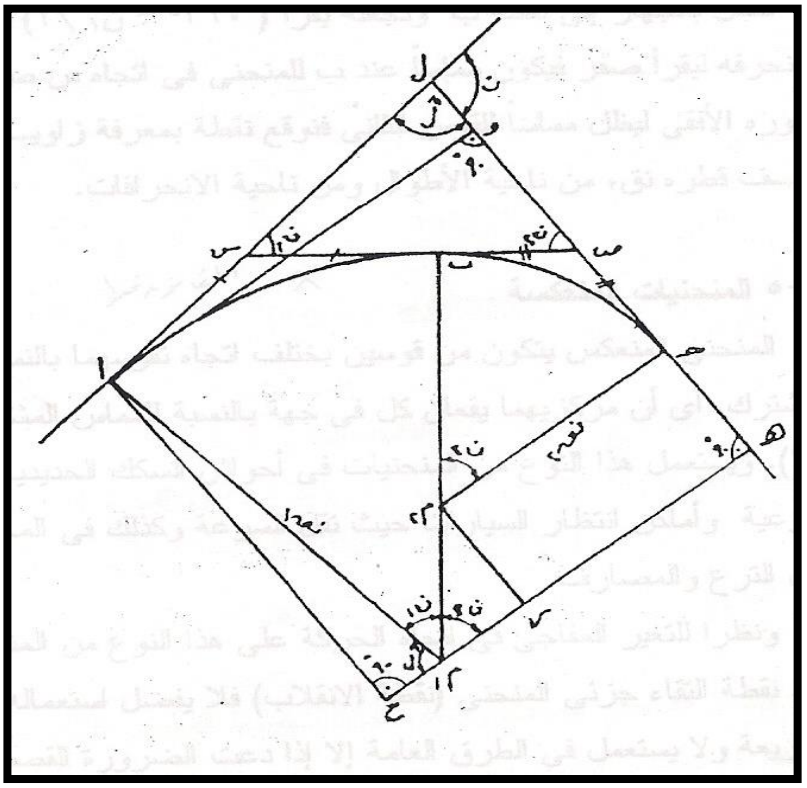
المماسان الجزئيان للقوس الثاني هما ب ص ، ص حـ وهما متساويان

أ حـــ هو القوس الأول ونصف قطره يساوي نق$_1$ الزاوية ن$_1$ هي زاوية انحراف القوس الأول.

ب حـــــ هو القوس الثاني ونصف قطره يساوي نق$_2$ الزاويه ن$_2$ هي زاوية انحراف القوس الثاني، ن هي زاوية الأنحراف الكلية والزاوية هي زاوية التقابل الكلية ن حيث ن = ن$_1$ + ن$_2$

ويلاحظ من هندسة الشكل أن عناصر المنحني المركب هي:

حـ، نق$_1$، نق$_2$، ن$_1$، ن$_2$



(شكل 6-28)

هذه العناصـــر تربطها علاقات هندســية يمكن اســتنتاجها من دراســة هندسة الشكل كما يلي:

نسقط من أ عموداً علي ل حـــ فيقابله في نقطة و ثم نسقط من م1 عموداً علي امتداد ل حـــ فيقابله في نقطة هـــ ونسقط من م2 العمود م2 ر علي م1 هـــ ونسقط من أ عموداً علي امتداد هـــ م1 يقابلة في ح نوجد العلاقة بين أجزاء المثلث م1 م 2 ر.

فنجد أن الزاوية م1 م 2 ر = ن2

والضـــــــلـــــع م1 م 2 = نـــــق1 – نـــــق2 (1).

الضلع م 2 ر = حـ هـ = ل و + و هـ - ل حـ

= ل و + أ ح – ل حـــــــ = أ ل حتـا ل + نق1 حـا ل – - (2).

الضلع م1 ر = ح هـ - ح م1 – ر هـ = أ و – ح م1 - م 2 حـ

= أ ل حـــا ل – نـــق1 حـــتـــا –

نق2..... .(3)

من هذه العلاقات الثلاث (1) ، (2) ، (3) نستنتج أنه:

(م1 م 2)2 = (م 2 ر)2 + (م1 ر)2

∴(نق1 – نق2)2 = (حتا ل + نق1 حا ل – حـ)2 + حا ل –

نـــــق1 حـــــتـــــا – نـــــق2)2

(4).

،(نـق1 – نـق2) حـا ن2 = أ ل حتـا ل + نـق1 حـا ل – ل حـ

(5)..

180° = ن2 + ن1 +

(6).

ومن هذا نستنتج أن العناصر السبعة للمنحني المركب وهي:

حـ ، نق1، نق2، ن1، ن2، ل

وتربطها المعادلات الثلاث رقم (4) ، (5) ، (6) ولذلك يلزم معرفة أربع منها مســبقاً علي أن يكون منها زاويتان علي الأكثر حتي يمكن استنتاج الثلاث الباقية من حل المعادلات الثلاث:

2-5-6 تخطيط المنحني المركب

بعد معرفة العناصـر المعطاه ثم حسـاب بقية العناصـر الأخري يجري تخطيط المنحني بأن نحســب أجزاء كل قوس من القوســين علي حدة فمثلاً يقاس الطولان أ ل ، ل حـــ علي اتجاه المماسين لتحديد موقعي نقطتي التماس. ثم نضع التيودوليت في ا ونوجه توجيها اساسياً علي ل

ونوقع نقط القوس الاول بمعرفة زاوية انحرافه ن$_1$ ونصف قطره نق$_1$ (كأنه منحني بسيط) حتي نصل الي نقطة ب وتكون الزاوية ل أ ب = ن$_1$ \2

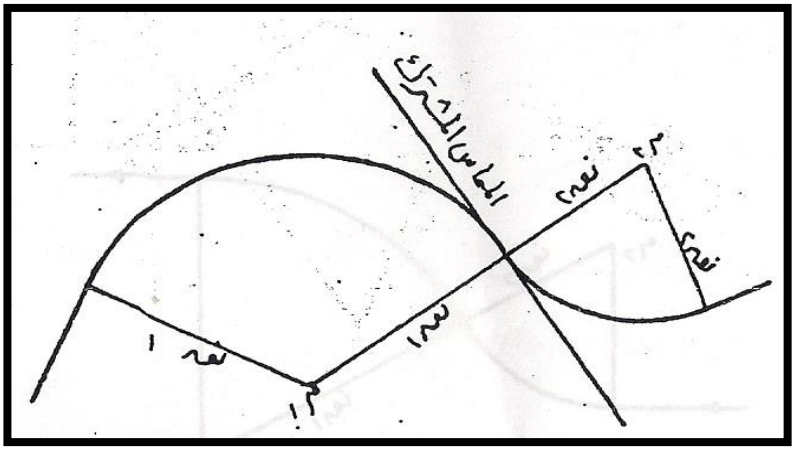
ننتقل بالجهاز الي نقطة ب ونجعله يقرأ (360º - ن$_1$ \ 2) ونرصد نقطة أ ثم نحرفة ليقرأ صفر فيكون مماساً عند ب للمنحني في اتجاه س ص فنديره حول محوره الأفقي ليظل مماساً للقوس الثاني فنوقع نقطة بمعرفة زاوية انحرافه ن$_2$ ونصف قطره نق$_2$ من ناحية الأطوال و من ناحية الانحرافات.

6-6 المنحنيات المنعكسة

المنحني المنعكس يتكون من قوسين يختلف اتجاه تقوسهما بالنسبه للمماس المشترك. أي أن مركزيهما يقعان كل في جهة بالنسبة للمماس المشترك (شكل 5-29). ويستعمل هذا النوع من المنحنيات في أحواش السكك الحديدية والخطوط الفرعية وأماكن انتظار السيارات حيث تقل السرعة وكذلك في المجاري المائية مثل الترع والمصارف.

ونظراً للتغير المفاجيء في اتجاه الحركة علي هذا النوع من المنحنيات وذلك عند نقطة التقاء جزئي المنحني (نقطة الانقلاب) فلا يفضل استعماله فى الطرق السريعة ولا يستعمل في الطرق العامة الا اذا دعت الضرورة القصوي لذلك وفي هذه الحالة يجب وضع علامات تحذير خاصة عند بداية المنحني وذلك لأن قائد السيارة المنطلقة علي الطريق يجد صعوبه في توجيه عجلة القيادة عند نقطة الانقلاب وبالمثل من يقود السفينة في القنوات الملاحية التي بها منحنيات عكسية.

كما يحدث تآكل في جوانب قنوات الري عندما ينعكس انحناء التيار عند نقطة الانقلاب.



(شكل 5-29)

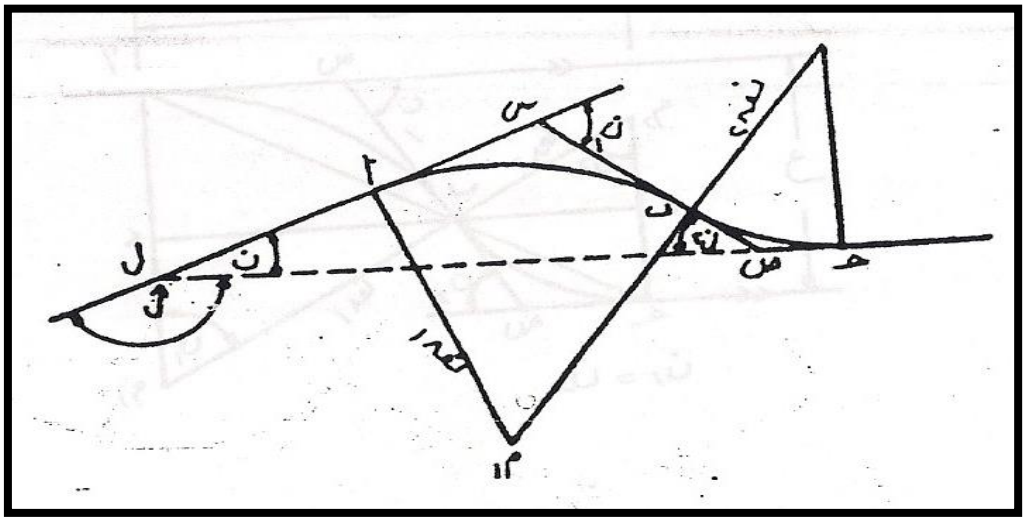
جزاء المنحني المنعكس (شـــكل 5-30) هي تمـاماً أجزاء المنحني المركب وعناصـرهما واحدة وطريقة اسـتنتاج العلاقات التي تربط هذه العناصـــر ببعضـــها البعض هي نفس الطريقة الا أن النتائج النهائية تختلف قليلاً بسبب الفرق بين المنحني المركب والمنحني المنعكس فيما يلي:

1- زاويـة ن = ن$_1$ – ن$_2$ في المنحني المنعكس بينمـا هي في المنحني المركب تكون:

ن = ن$_1$ + ن$_2$

2- المماس أ ل يقاس في الاتجاه العكسي فتوضع علامته سالبه.

3- نصف القطر نق$_2$ في اتجاه عكسي لاتجاه نصف القطر نق$_1$ فعلامتة سالبه أيضاً.



(شكل 6-30)

ومن هذا نستنتج أن المعادلات الثلاث تصير كالاتي:

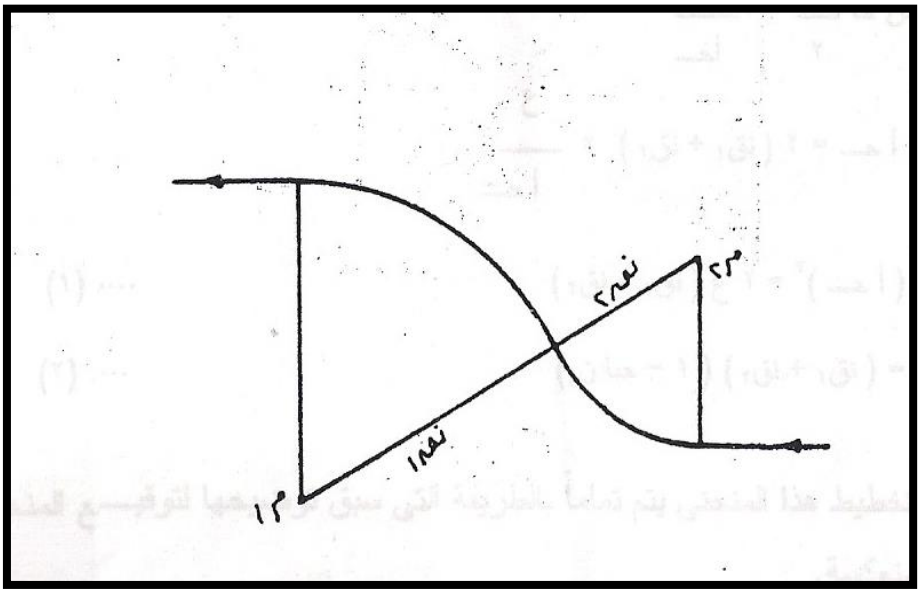
$$(نق_1 + نق_2) = (- أ ل حتا ل + نق_1 حا ل - ل حـ) + (- أ ل حا - نق_1 حتا ل - نق_2)^2$$

$$(نق_1 + نق_2) حا ن_2 = - أ ل حتا ل + نق_1 حا ل - ل حـ$$

$$ل + ن_1 - ن_2 = 180^\circ$$

ويكون تخطيط المنحني المنعكس مشابه تماماً لتخطيط المنحني المركب بعد معرفة العناصر المعلومة ثم حساب بقية العناصر من المعادلات الثلاث السابقة اذ تحسب أجزاء القوس الأول بمعلومية $نق_1$ ، $ن_1$ ثم توقيع القوس الثاني بمعلومية $نق_2$ ، $ن_2$ ثم توقيع القوس الاول من أ علي اعتبار أنه منحني أيمن حتي نقطة ب ثم توقيع القوس الثاني من نقطة ب علي اعتبار أنه منحني أيسر حتي نقطة حـ وعند ذلك يمكن تحقيق موقع نقطة التماس الثانية من طول المماس الكلي الثاني ل حـ.

وهناك حالة خاصة عندما يكون الخطان المماسان متوازيان (شكل 6-31) ونشاهد هذا في محطات السكك الحديدية وخطوط الترام في المدن وغير ذلك.



(شكل 6-31)

وفي هذه الحالة يمكن بســـهولة ايجاد العلاقة بين أجزاء هذا المنحني (شكل 6-32) مع ملاحظة أن

$ن_2 = ن_1$ وأن ن = صفراً.

$ف = د ب + ب هـ = نق_1 حان_1 + نق_2 حا ن_2$

$= (نـــق_1 + نـــق_2) حـــا ن_1$

(1).....

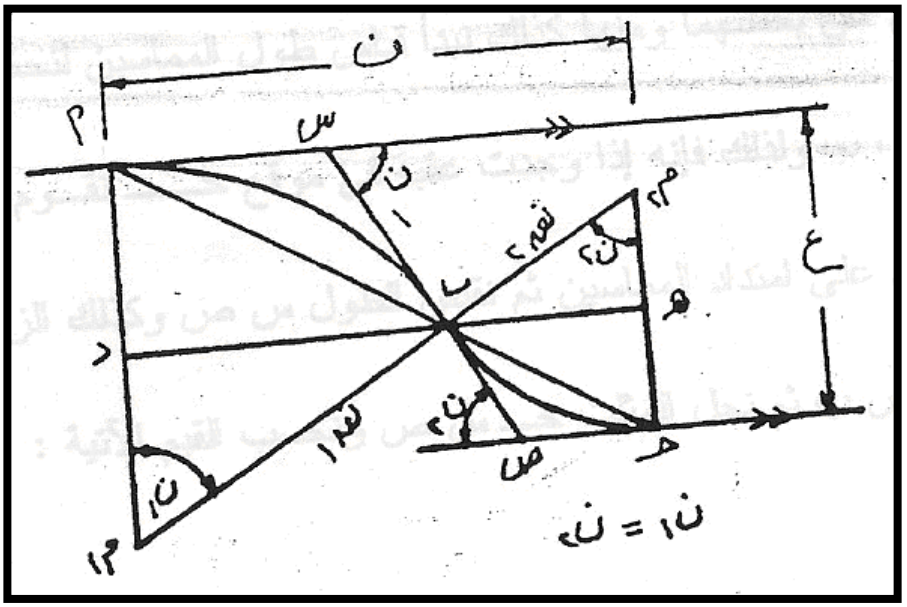
$= أ د + هـ حـ = (أ م_1 – م_1 د) + (م_2 حـ - م_2هـ)$

$= (نق_1 - نق_1 حتا ن_1) + (نق_2 – نق_2 حتا ن_1)$

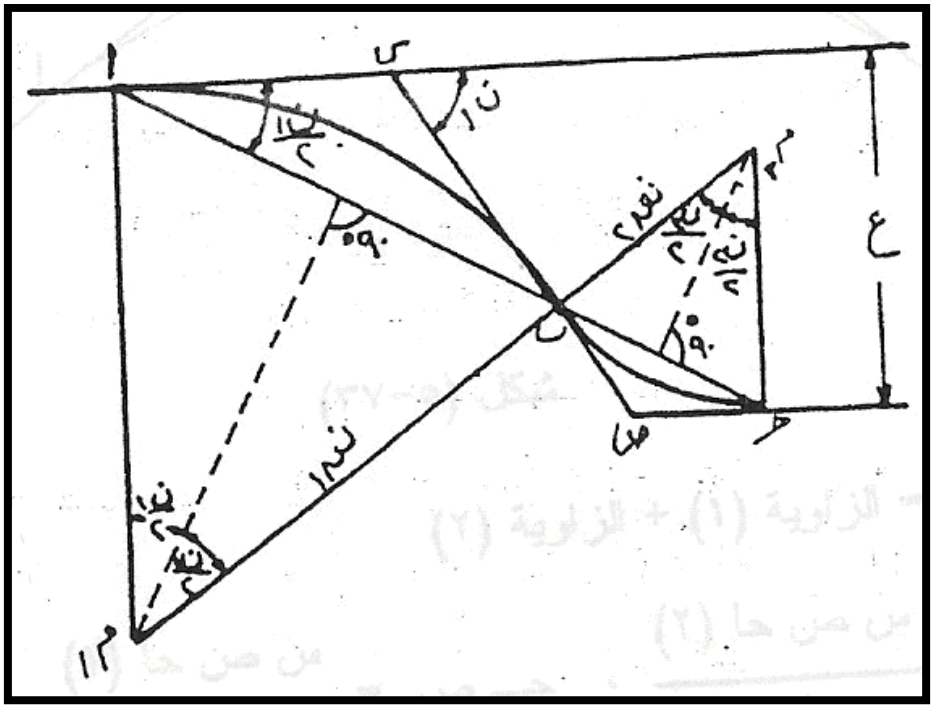
$= (نـــق_1 + نـــق_2) (1- حـــتـــا ن_1$

(2).....)

هاتان المعادلتان تربطان أجزاء المنحني بالبعد بين الخطين والمســـافة بين نقطتي التمـاس علي امتـداد الخطين المتوازيين أمـا اذا عرفـت المسافة أ حـ بدلاً من المسافة ف (شكل 5-33) نجد أن:



شكل 6-32)



شكل 6-33)

أحـ = أ ب + ب حـ = 2 نق$_1$ حا ن$_1$\2 + 2 نق$_2$ حا ن$_1$\2

∴ أ حـ = 2(نق$_1$ + نق$_2$) حا ن$_1$\2

ولكن حا ن$_1$\2 = ـــــ
حـ

∴ أ حـ = 2(نق$_1$ + نق$_2$) * ـــــ
حـ

∴ (أ حـ)^2 = 2ع (نق$_1$ + نق$_2$) .....(1)

= (نق$_1$ + نق$_2$) (1- حتا ن$_1$) .....(2)

تخطيط هذا المنحني يتم تماماً بالطريقة التي سبق توضيحها لتوقيع المنحنيات المنعكسة.

7-6 المنحنيات الرأسية

ان طبوغرافية الأرض وما عليها من معالم طبيعية أو صناعية اقتضت ألا تكون الطرق والخطوط الحديدية والترع والقنوات المائية خطوطاً مستقيمة بكامل أطوالها بل أستوجب أن تنحرف بعض أجزائها بحيث تكون خطوط منكسرة ولذلك وضعت المنحنيات بين هذه الخطوط. هذا في المستوي الأفقي كذلك في المستوي الرأسي فان تغيير مناسيب الأرض ارتفاعاً وانخفاضاً توجب أن يكون الطريق بانحدارات تختلف مع طبيعة الأرض و مع أهمية الطريق ومع التكاليف المخصصة لانشائه. فالطرق والخطوط الرئيسية يلزم أن تكون ميولها صغيرة ما أمكن مما يتطلب كميات أكبر من الحفر والردم مما يجعل تكاليف انشائها مرتفعة الا أن مصاريف التشغيل علي المدي البعيد لهذه الخطوط تكون أقل وذلك لكثرة الحركة عليها.

وعندما يختلف انحدار الطريق يجب أن يكون التغير في الانحدار تدريجياً بأن يوصل الانحدارات بمنحني يكون في الغالب قطعاً مكافئاً وفائدة المنحني هي ضمان سهولة القيادة علي الطريق واعطاء مجال كاف للرؤية أمام السائق حتي يتجنب الاصطدام بالسيارات القادمة من

الاتجاه المضاد أو بعقبات قد تكون علي الطريق قرب تلاقي الانحدارين لذلك يجب أن يوضع المنحني الرأسي بحيث يتيح الفرصة المناسبة للقائد لرؤية ما أمامه من عقبات حتي يستطيع تفادي الاصطدام واستعمال الفرامل بأمان.

ويلتقي الانحداران في منتصف المنحني الرأسي بحيث يكون نصف المنحني مع الانحدار الاول ونصفه الثاني مع الانحدار الثاني ويعتمد طول المنحني الرأسي علي فرق الانحدار بين جزئي الطريق ومعدل السرعة علي الطريق ومسافة الرؤية الكافية للفرملة وبذلك فان طبوغرافية الأرض هي العامل الرئيسي الذي يتحكم في طول المنحني الرأسي مع الأخذ في الاعتبار أنه كلما كان المنحني الرأسي طويلاً كلما كان أكثر أماناً و أقل نفقات في حساب الحفر والردم.

ومسافة الرؤية علي الطريق تختلف من 200 الي 300 متر وتتوقف علي ما اذا كانت الحركة علي الطريق في اتجاة واحد أو في اتجاهين وفي الحالة الثانية تضاعف مسافة الرؤية حتي يستطيع السائقان أن يتفاديا التصادم.

6-7-1أجزاء المنحني الرأسي

يوضح شكل (6-34) منحني رأسي فيه:

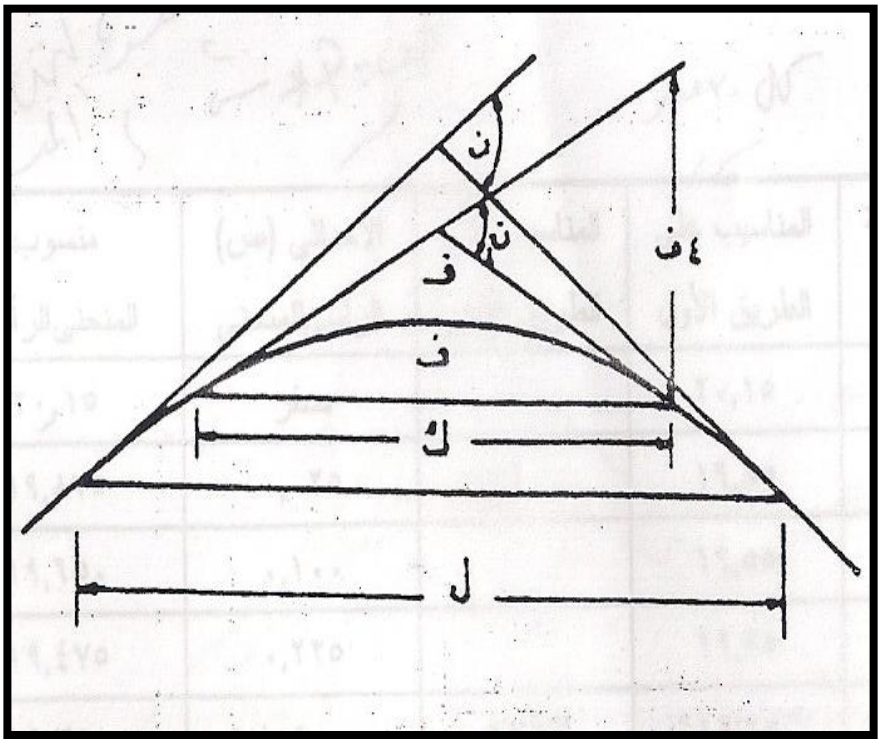
= طول المنحني الرأسي

ك = مسافة الرؤية

ف = هو ارتفاع خط النظر فوق الطريق ويؤخذ عادة 1.5 متر

ن = فرق الانحدارين للخطين المستقيمين = الانحدار الاول – الانحدار الثاني

$ن_1$ = فرق الانحدارين علي مسافة الرؤية ك.



شكل 6-34)

حيث أن القطع المكافيء ينصف المسافة بين نقطة تقاطع المماسين ومنتصف الوتر الواصل بين نقطتي التماس (من خواص القطع المكافيء) من ذلك نستنتج أن:

$\therefore$ ن$_1$ $= \frac{4ف}{ك \setminus 2} = \frac{8ف}{ك}$ حيث أن ن ، ن$_1$ بالتقدير الدائري)

وبالتناسب نحد أن $\frac{ك}{ن} = \frac{ك}{ن_1}$

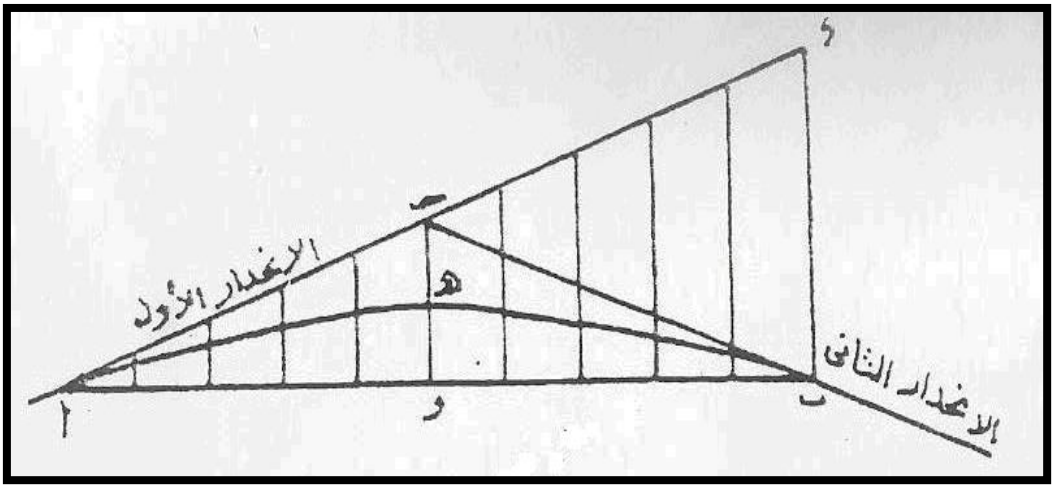
$\therefore$ $\frac{ك * ن}{ن_1} = \frac{ك * ن}{8ف \setminus ك} =$ ك^2*ن\ 8 ف

وبهذا يمكن حساب طول المنحني الرأسي.

6-7- 2- طريقة حساب المنحني الرأسي

يمكن حساب احداثيات نقط المنحني الرأسي (شكل 6-35) علي اعتبار أنه قطع مكافيء محوره السيني اتجاه الانحدار الأول علي اعتبار أن

المســـافات الأفقيه تؤخذ عليه اذ أن هذه الانحدارات في الغالب تكون صـــغيره جداً ولا يكون هناك فرق مؤثر بين المســـافه علي هذا الميل والمسافه الأفقيه.



شكل 6-35)

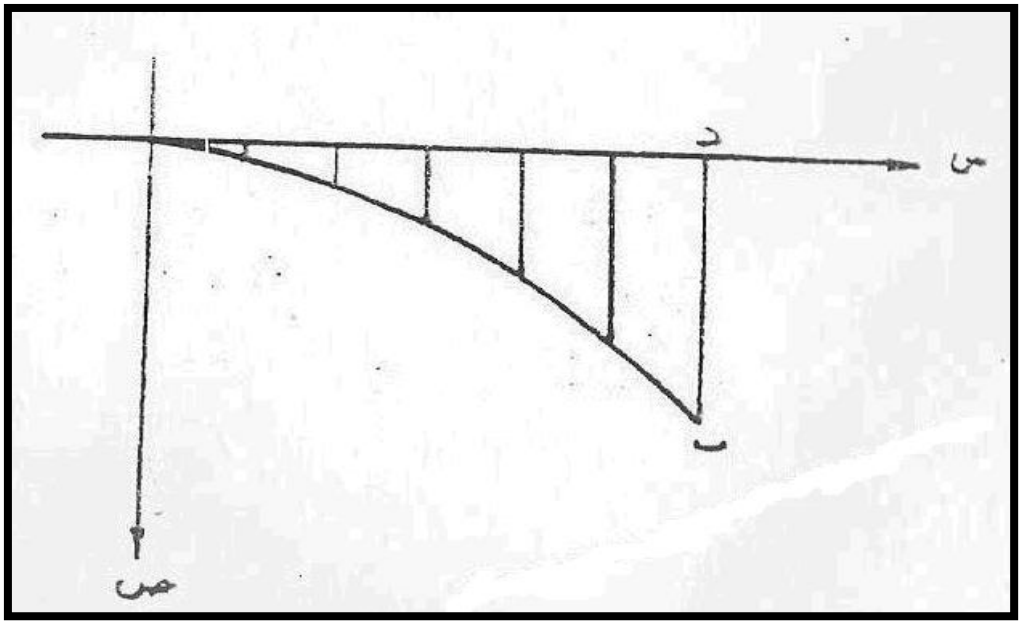
كما نأخذ الاتجاه الرأسـي هو الاحداثي الصـادي وتكون معادلة المنحني هي:

ص = أ س^2 حيث أ مقدار ثابت

وهي معادلة القطع المكافيء (شـــكل 6-36) ثم بمعلومية الانحدارين وطول المنحني و منســـوب احدي نقطه ولتكن أ شـــكل (6-35) مثلاً يمكن حساب منسوب كل من حـ ، د، هـ ، ب وحيث هـ منتصف حـ وهي احدي خصـــائص القطع المكافيء. فاذا قسـمت المسـافة أ د الي أ قسام متساوية بحيث تكون حـ احدي أقسامها وفي منتصفها.

وأعتبرت المســافة د ب هي الاحداثي الصـــادي المقابل لطول المنحني الكلي فيمكن التعويض في المعادلة ص = أ س^2 فنحصـــل علي المقدار الثابت أ ثم نعوض بعد ذلك بالقيم المختلفة للمقدار س فنحصـــل علي

قيمة ص المقابلة ثم نطرح هذه القيم من مناســـيب خط الانحدار الاول فنحصل علي مناسيب النقط المختلفة علي المنحني الرأسي وتتحقق مع هذه القيم منسوب نقطة هـ - منتصف حـ



شكل 6-36)

مثال:

طريق ينحدر الي أســفل بميل قدره 1 : 100 ثم الي أعلي بميل قدره 1 : 300 والمطلوب وضــع منحني رأســي بينهما في مســافة طولها 240 متر اذا كان منســـوب أول نقطة علي المنحني هو 20.15 متراً.

مناسيب النقط المختلفة علي المنخني كل 30 متر.

الحل:

منسوب أول نقطه = 20.15 متراً.

منسوب نقطة حـ حيث تقع علي بعد 120 متراً علي الانحدار الاو

= 20.15 - $\frac{1*120}{100}$ = 18.95 متراً وهي أول الانحدار الثاني

منسوب نقطة د وهي آخر الانحدار الاول وعلي بعد 240 متراً

$= 20.15 - \frac{1*240}{100} = 17.75$ متراً

منســـوب نقطة ب وهي آخر الانحدار الثاني وعلي بعد 120متراً من بداية الانحدار الثاني

$= 18.95 + \frac{1*120}{300} = 19.35$ متراً

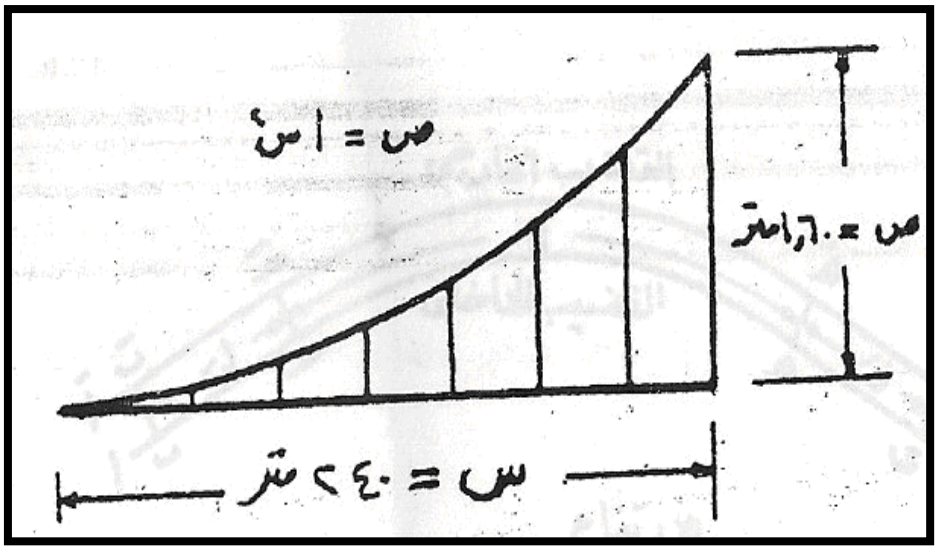
ب د وهو الاحداثي الصادي = 19.35 – 17.75 =1.60 متراً

س = 240 متر

وبالتطبيق في المعادلة ص = أ س^2 شـــكل (37-6

$1.60 = أ * (240)^2$

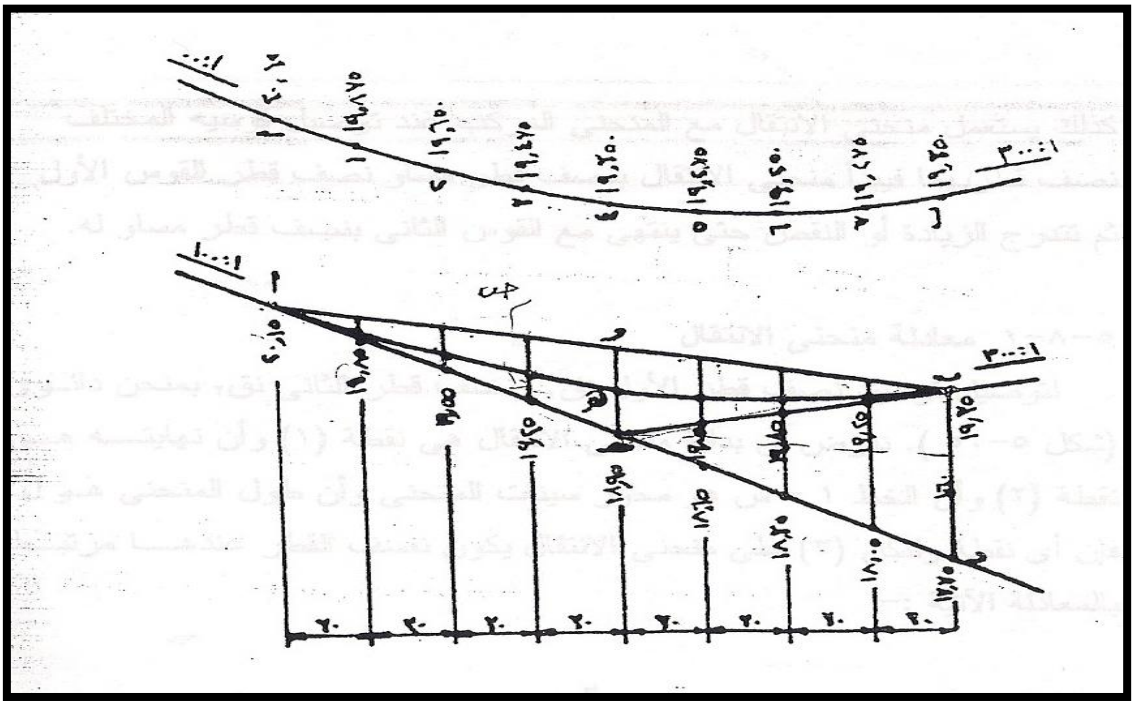
$\therefore أ = \frac{1.60}{57600} = 0.00002778$



(شكل 6-37)

والجدول التالي يبين عملية حساب مناسيب النقط علي المنحني كل 30 متراً كما أن الشكل (6-38) يبين هذه المناسيب.

رقم النقطة	المسافة بالمتر	المناسيب علي الطريق الاو	المناسيب علي الطريق الثاني	الاحداثي (ص) الرأسي للمنحني	منسوب المنحني الرأسي
	صفر	20.15		صفر	20.15
1	30	19.85		0.025.	19.875
2	60	19.55		0.100	19.650
3	90	19.25		0.225	19.475
4	120	18.95	18.95	0.400	19.350
5	150	18.65	19.05	0.625	19.275
6	180	18.35	19.15	0.900	19.250
7	210	18.05	19.25	1.225	19.275
ب	240	17.75	19.35	1.600	19.350



شكل 6-38)

المراجـع

المراجع العربية :

١- صالح ،بسام ،الكرباسي،حسين " مبادئ في هندسة المساحة "،٢٠٠٢ م .

٢- القاضي ،سعد ،القرني ،عبدالله ، صيام ،يوسف "تغطية مساحية للطرق" ، ١٩٩٩م .

٣- شكري ،علي ،حسني ، محمود " المساحة المستوية طرق الرفع والتوقيع" ، ٢٠٠٢م .

4 البرامج العملية للمساحة الطبوغرافية . دار الراتب الجامعية بيروت يوسف ، محمد فريد

5 **المساحة الطبوغرافية والجيوديسية** رشادالدين مصطفى, 2001 م.

المراجع الأجنبية :

1- BARRY F.KAVANAGH,S.J.GLENN BIRD "SURVEYING PRINCIPLES AND APPLICATIONS", ,4th Edition, 1996.

2- BARRY F.KAVANAGH,"SURVEYING WITH CONSTRUCTION APPLICATIONS", 3rd Edition, 1997 .

3- IRVINE W.," SURVEYING FOR CONSTRUCTION", 4th Edition, 1995 .