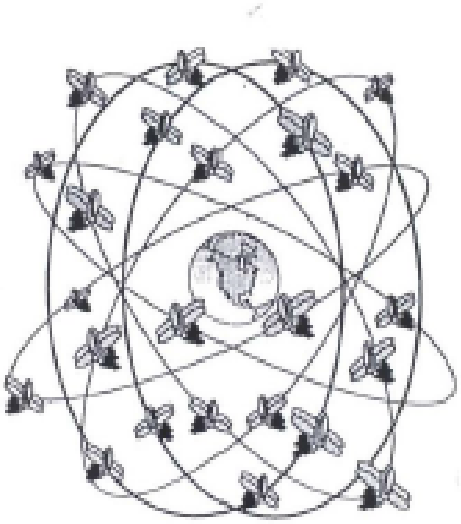
محاضرات مجمعة فى مادة

المســـاحة التاكومتريـــة والجيوديسية



قســـم الجغرافيـــا

الفرقـــــة الرابعة

شعبة المساحة والنظم

2024 / 2025

اعداد

ا.م.د/ محمـد حبيـب

المســاحة التاكيـومتريــة

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 :

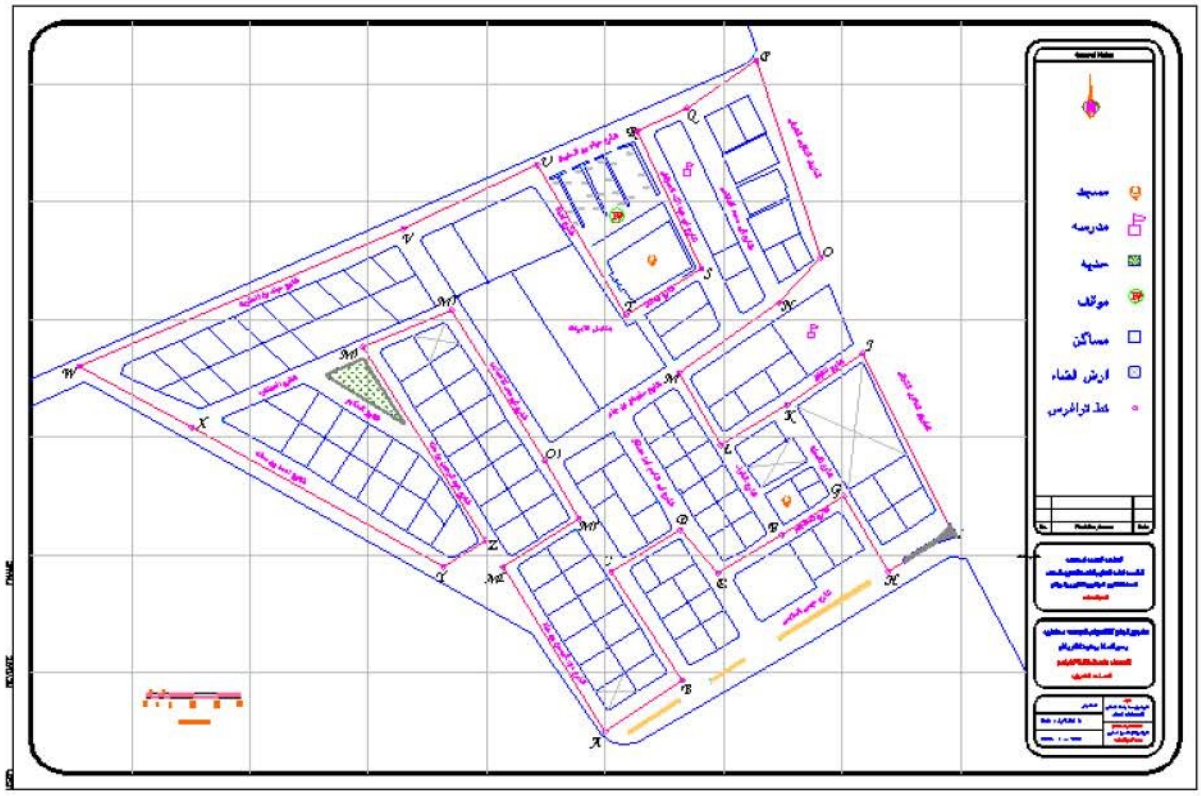
وهي خرائط تمثل سطح الأرض على أنه سطح مستوٍ وتستعمل في رفع المساحات الصغيرة والمتوسطة . وتنقسم خرائط المساحة المستوية إلى قسمين:

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.

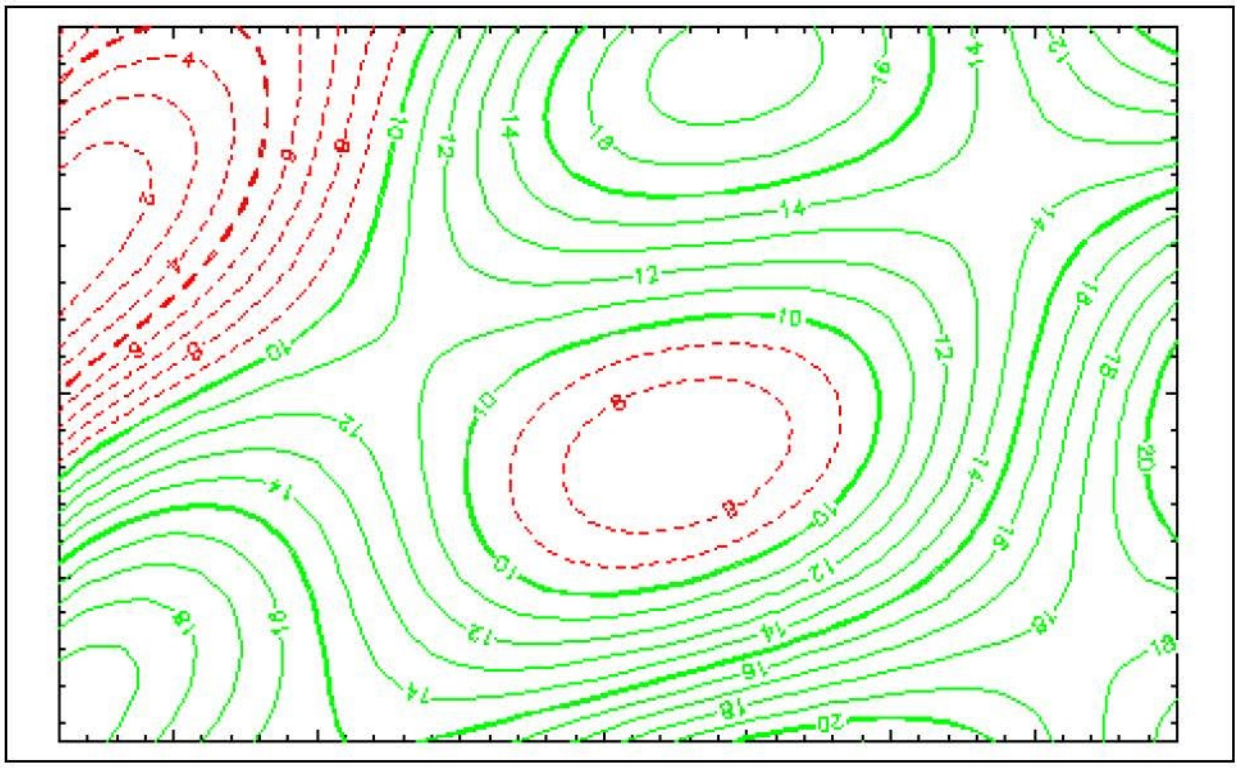
5- تستخدم في عمليات البيع والشراء و المنازعات القضائية.

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

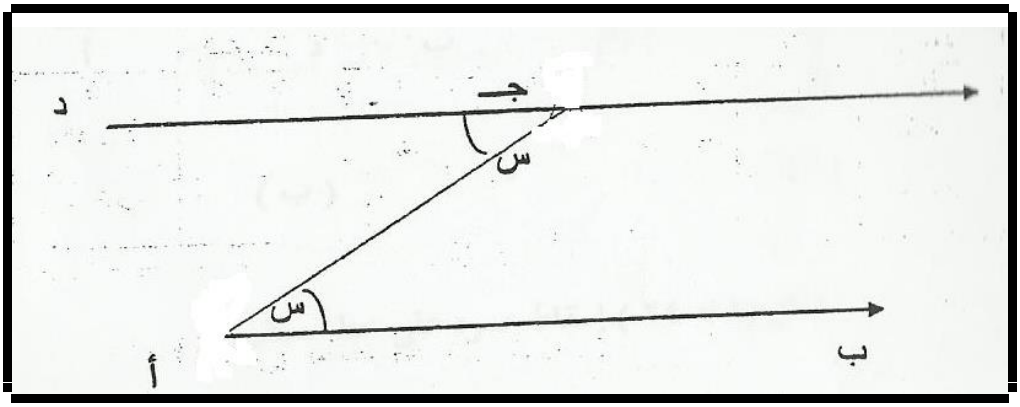
او عند القيام بمشروع هام يحتاج الي نتائج دقيقة او عند تعرض الجهاز لسوء استخدام وكذلك بصفة دوريه للتاكد من عدم حدوث اي خلل في الجهاز نتيجة طول فترة الاستخدام.

3- قياس الزوايا الراسية

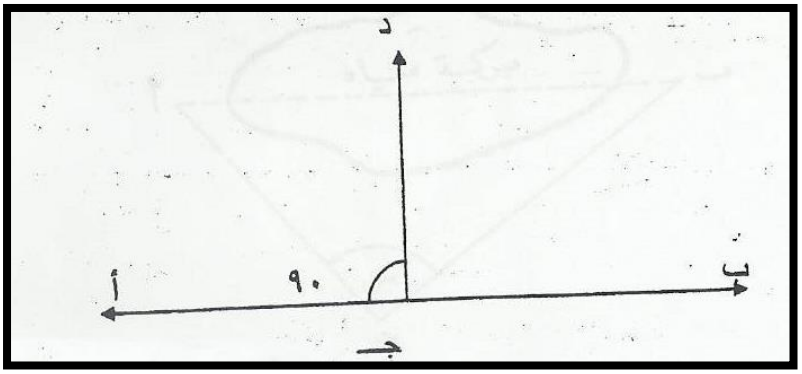
يلاحظ قبل البدء في قياس الزوايا الراسية ان نعين خطأ البداية او الاستدلال فان وجد فنصححة الياً او ندخلة في الحساب عند تقدير قيمة الزاوية الراسية ويلاحظ ان التيامن والتياسر يلاشي هذا الخطأ الا انه في بعض الاحيان حيث يكون الرصد علي هدف متحرك مثل الارصاد الفلكية او الارصاد الجوية يحتاج الامر لقياسات متكررة 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



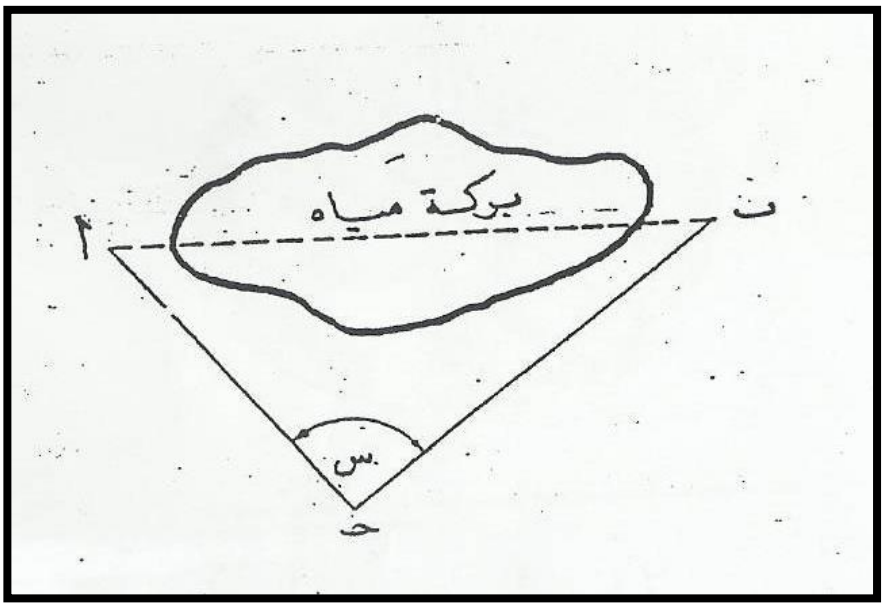
6- اقامة خط عمودي علي خط مستقيم من نقطة واقعة علية



8- ايجاد طول خط يعترض قياسة عقبات

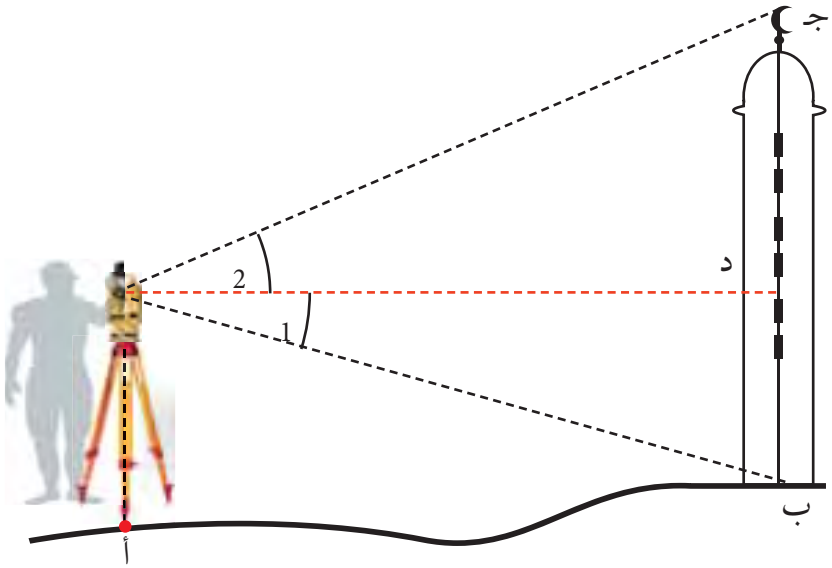
لحساب الطول أ ب الذي يعترض قياسة عقبة نختار نقطة مناسبة مثل ج كما في الشكل ثم نقيس الزاوية أ ج ب ولتكن س وكذا نقيس الطولين أ ج ، ب ج ونحسب الطول أ ب كالاتي:

$(أ\ ب)^2 = (أ\ ج)^2 + (ب\ ج)^2 - 2$ 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 هـ = $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$ ، نلاحظ من الشكل

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

ب د = د أ x ظا $\measuredangle$ ١

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

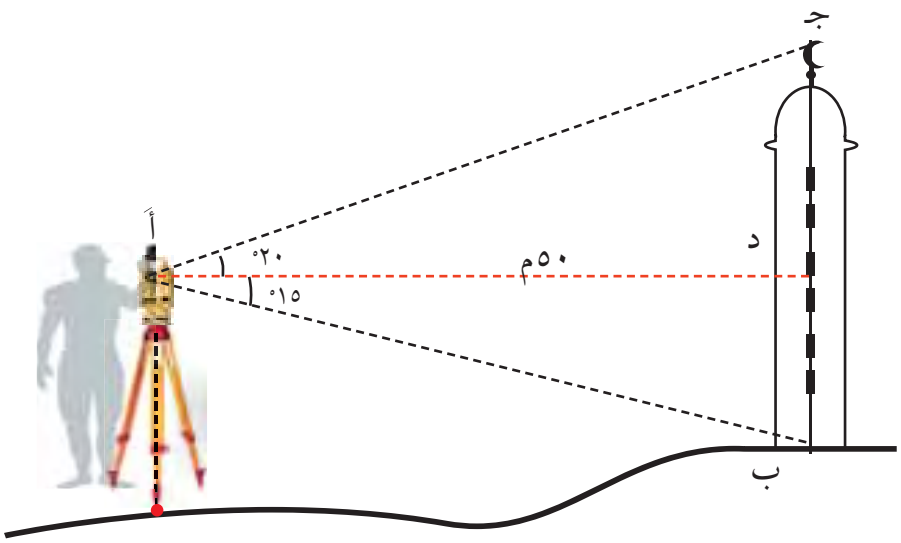
جـ د = أ د x ظا $\measuredangle$ ٢

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 .

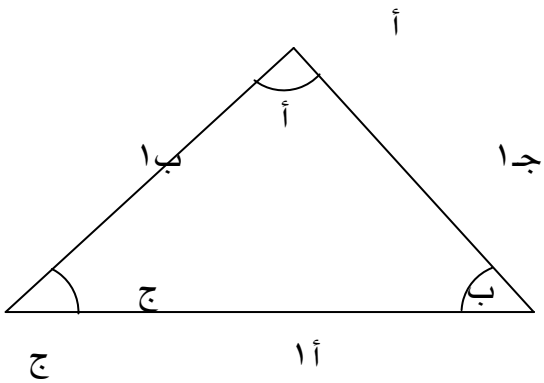
٤ مدى خبرة المساح في تقدير القياسات في بعض الأجهزة .

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)

$$\frac{أ_١}{جا\ أ} = \frac{ب_١}{جا\ ب} = \frac{جـ_١}{جا\ جـ}$$

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.

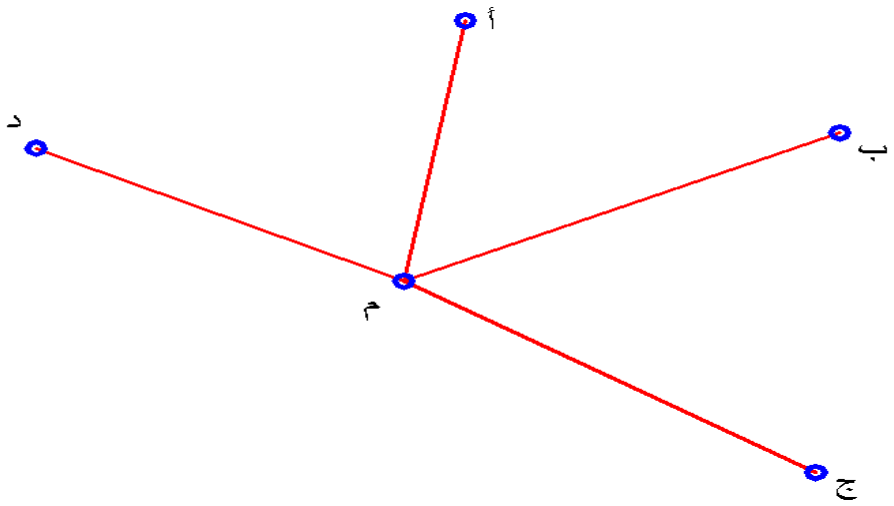
4- أكثر تأثراً بالظروف الجوية.

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).

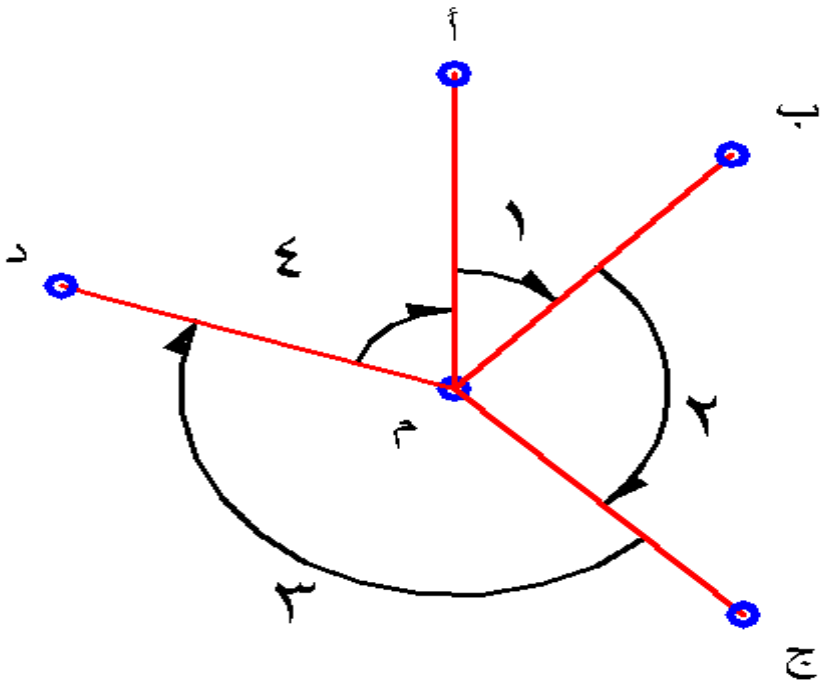
   ونسجل بقية بيانات الجدول مع رسم الكروكي للأهداف المرصودة.

   (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 = 360°.

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 – 360°

خطأ قفل الأفق = 04" 00' 360° – 00" 00' 360° = + 04" 00' 00°

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 = $\frac{4''}{4}$ = 1"

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

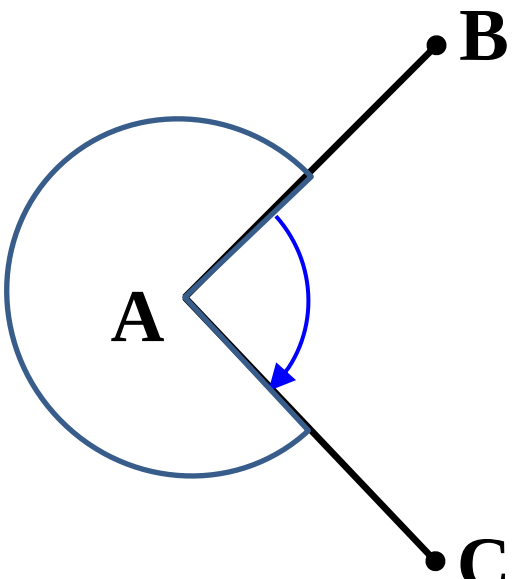
الزاوية ^3 المصححة = 04ً 08ٌ 153ٌ – 01ً 00ٌ 00ٌ = 03ً 08ٌ 153ٌ

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			

الباب الثالث

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.

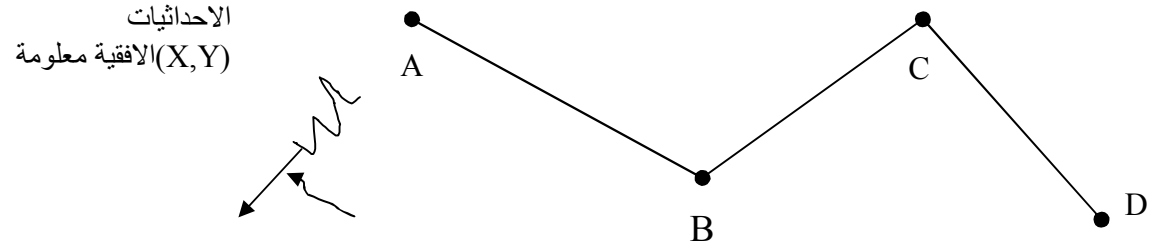
ويستخدم في رفع المناطق الممتدة طولياً مثل المصارف والطرق، كما يستخدم في المناطق التي توجد بها نقط مضلعات قديمة معلومة الإحداثيات.

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.

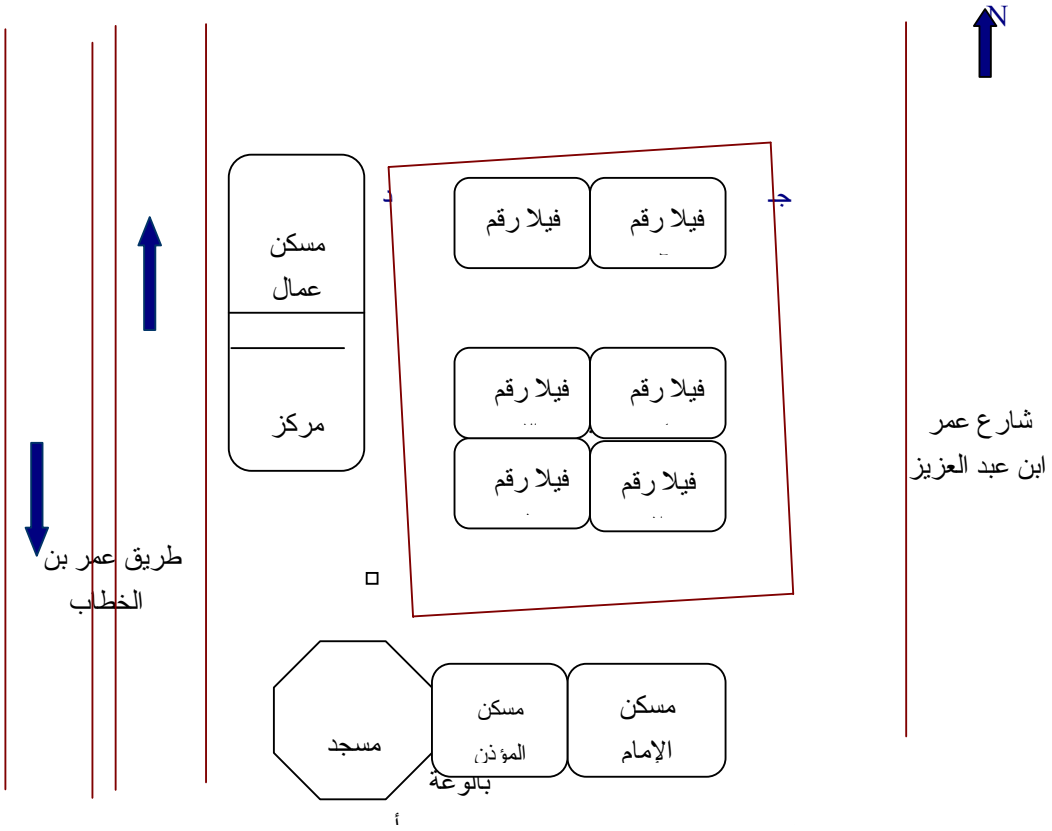
وبعد التدريب على أولى إلخطوات في عملية إنشاء المضلع وهما عمليتي الاستكشاف ورسم الكروكي تجيء إلخطوة الثالثة والرابعة وهما عمليتا اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة.

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.

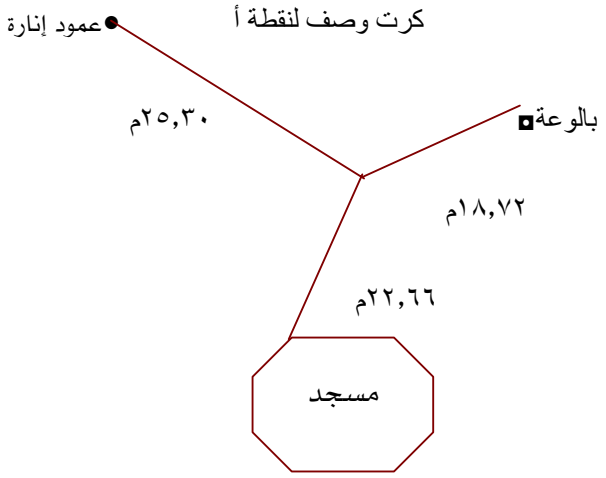
وبعد الانتهاء من اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة توقع مواضعها على الكروكي العام بالتقريب، ويتم التوصيل بينها على الكروكي بلون مخالف للون الذي رسم به الكروكي وذلك للحصول على شكل المضلع المستخدم، وترقم نقط المضلع بالأرقام أو بالحروف.

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

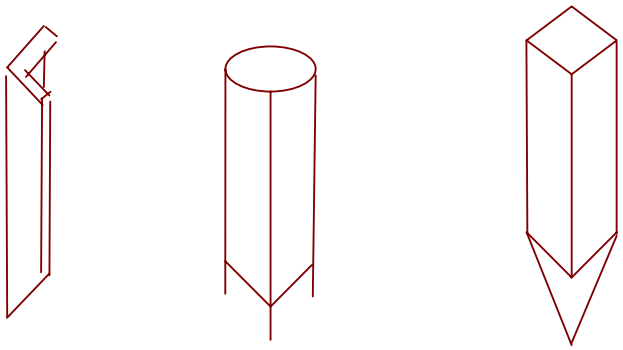
وبعد اختيار وتثبيت نقاط المضلع في الطبيعة تأتي إلخطوة إلخامسة لعملية إنشاء مضلع وهي:

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.

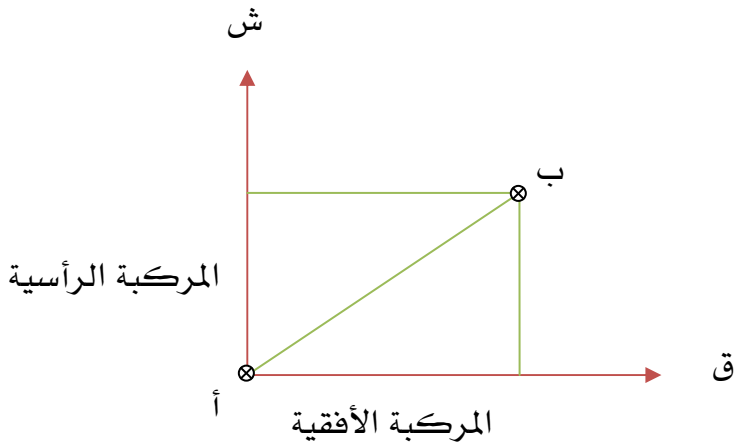
الإحداثي الأفقي للنقطة = الإحداثي الأفقي لنقطة السابقة ± المركبة الأفقية المصححة للضلع

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

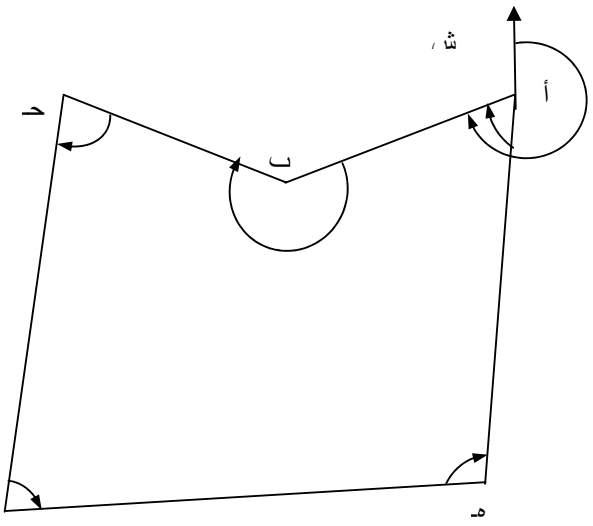
تم شرح خطوات حساب المضلع المغلق في الوحدة السابقة وسوف نعطي مثالاً تطبيقياً للمضلع المغلق.

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

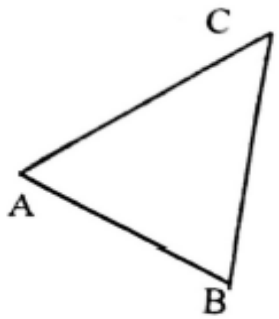
بعد حساب الإحداثيات نجد أن إحداثيات نقطة (أ) الناتجة حسابيا = إحداثيات نقطة (أ) المعلومة.

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 $20^{o}\ 56'\ 34.6''$ ق

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

∴ 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 الـرابـع

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:

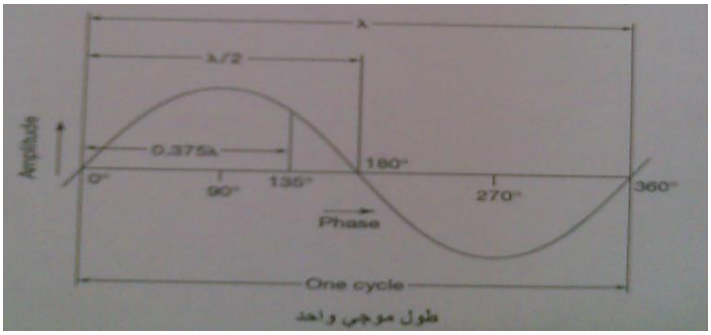
$$\lambda = v/f$$

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.



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.

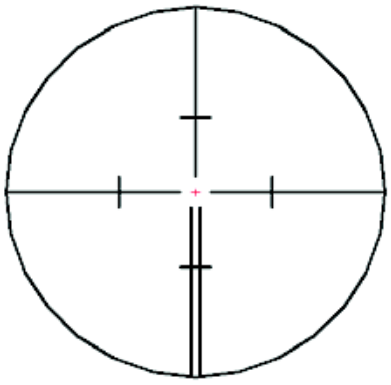
ويمكن تقسيم طرق القياس اتاكيومتري الي نوعين هما القياس التاكيومتري بتطبيق القاعدة الراسية وتطبيق القاعدة الأفقية حيث يستعمل جهاز التيودليت عند أحد طرفي الخط (المطلوب تحديد طوله وفرق المنسوب بين طرفيه) وفي الطرف الاخر تستعمل قامة رأسية عند تطبيق القاعدة الراسية بينما عند تطبيق القاعدة الأفقية فتستعمل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

$$س_{1} = \frac{س1س}{س2} + س = \frac{ف}{ق} س + س$$

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.

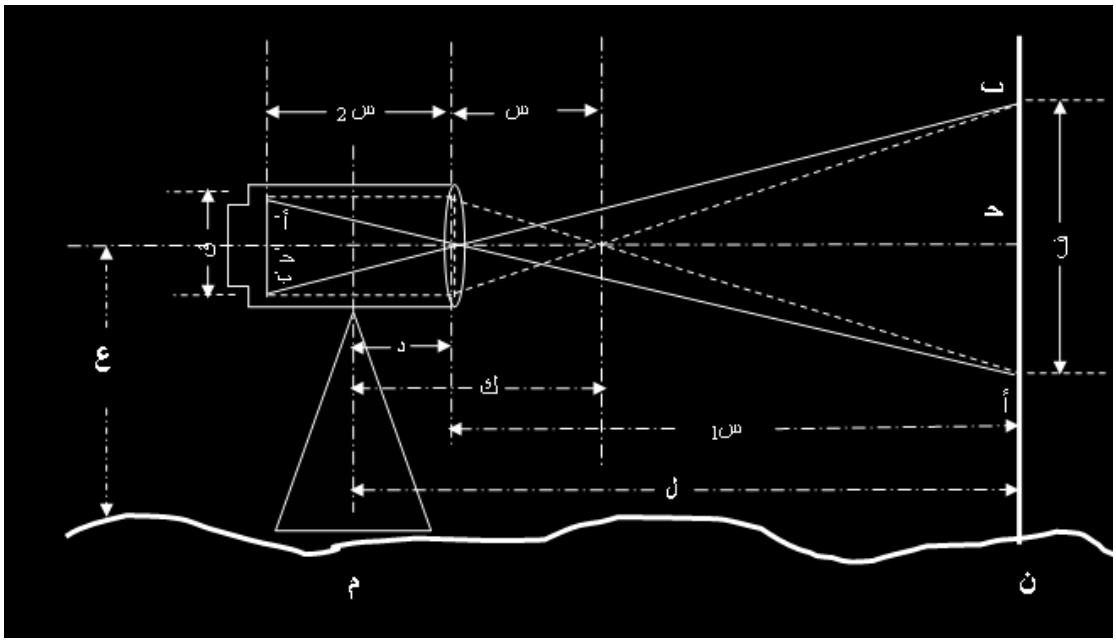
الثابت الإضافي وتتراوح قيمته بين ٣٠ ،٦٠سنتيمتر في المناظير القديمة بينما فـ المناظير الحديثة أمكن معادلة هذا الثابت باستعمال عدسة تحليلية وتصبح قيمة الثابت = صفر

∴ 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)

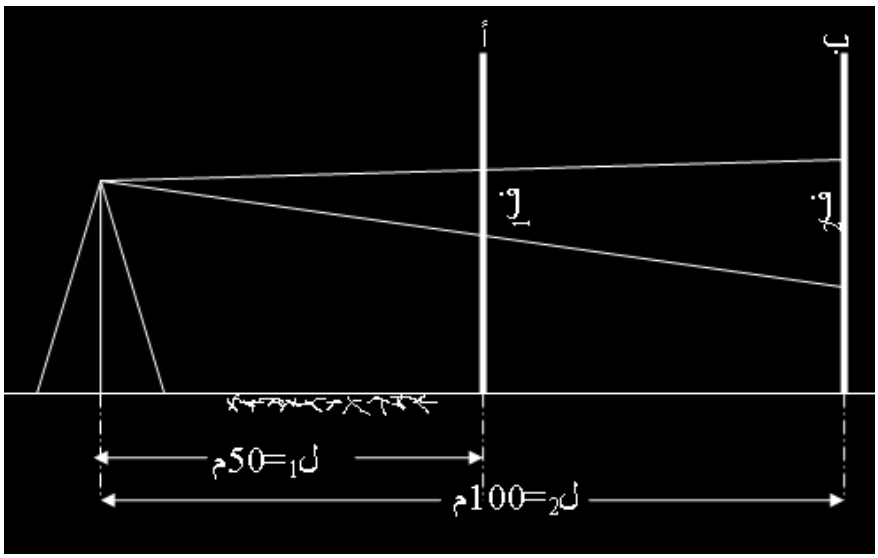
بالطريقة التالية:

تقاس مسافتان ل١ ، ل٢ في حدود ٥٠ متر ، ١٠٠ متر مثلا بالشريط الصلب علي أرض مستوية وتحدد المسافتان ف١ ، ف٢ (فرق قراءتي شعرتي الاستادي) علي القامتين أ ، ب كما في شكل (٣-٣) ثم نحل المعادلتين:

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

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

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.

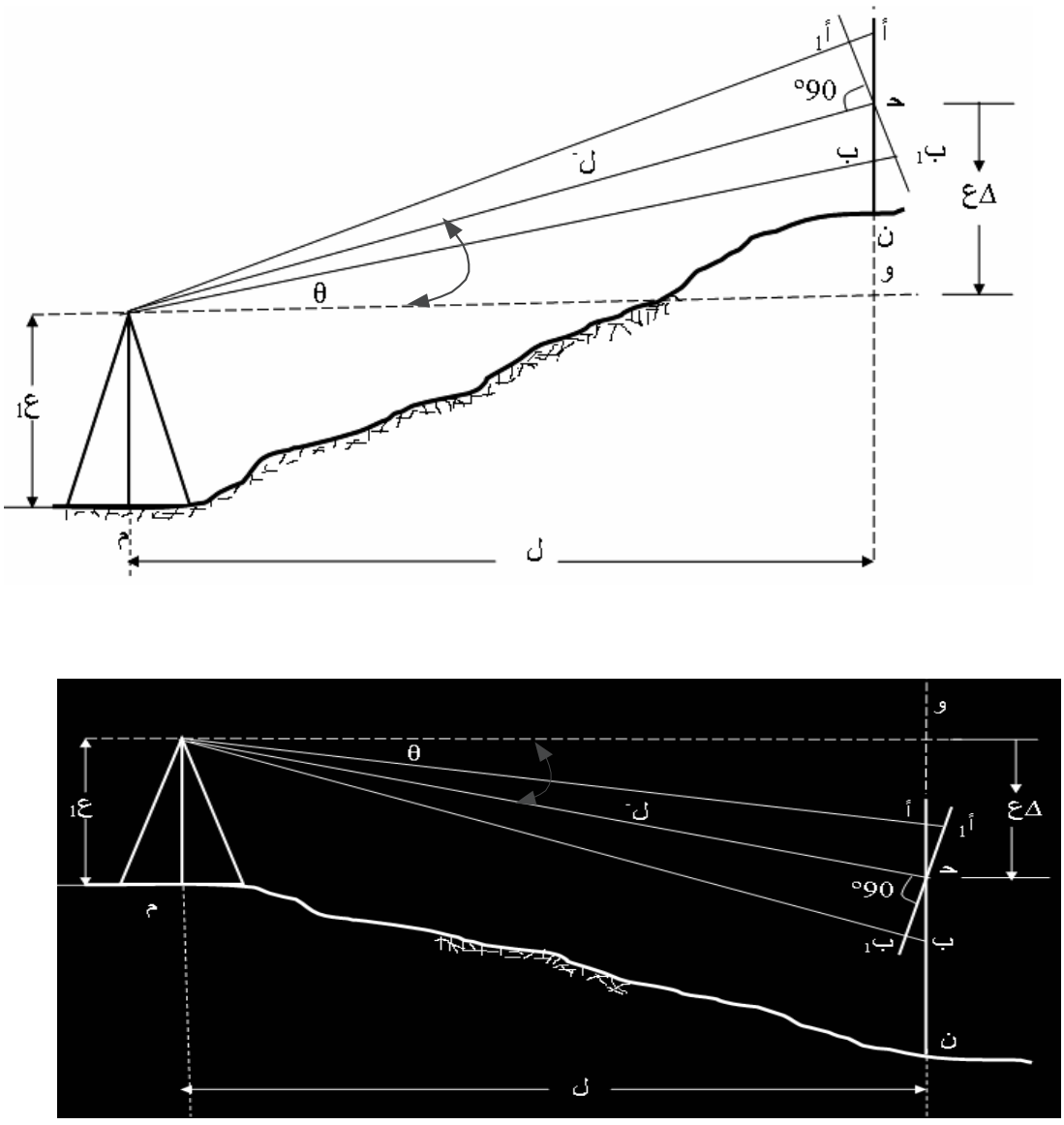
أ١ ب١ = هو فرق قراءتي الشعرتين العليا والسفلي علي فرض أن القامة عمودية عل المحور الضوئي للجهاز.

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 :

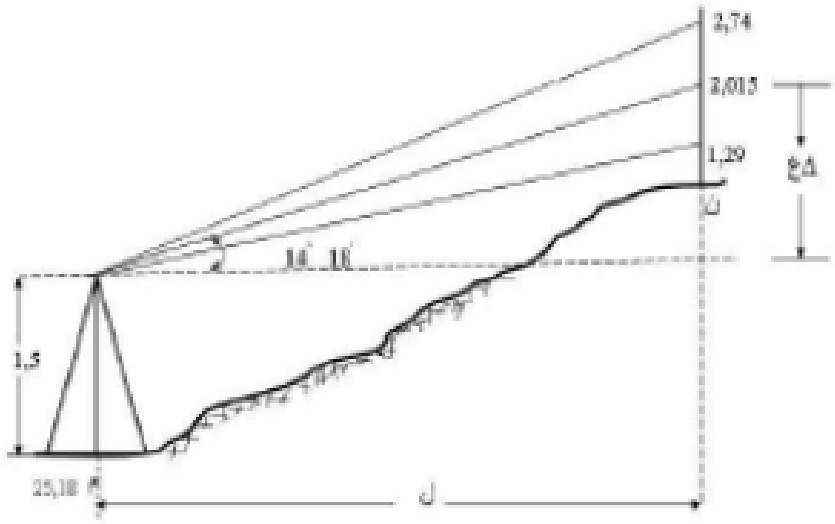
منسوب النقطة ن = منسوب النقطة م + ارتفاع الجهاز + Δع – قراءة الشعرة الوسطى.

∴ 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



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 متر ا

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

= ١٠٠ x ١,٤٥ حا(٣٦′ ٢٨°) / 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:

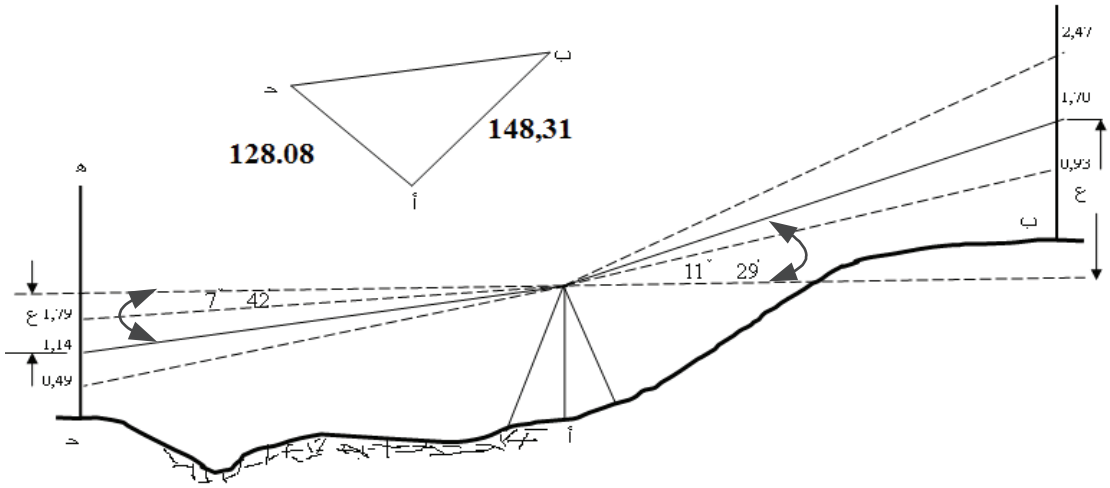
Δع = ل ظا θ

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 \ ٢١ = ٢١٠,٥٨ = ٠,٢٩

Δع = ث ف جا٢ θ \ ٢١ + ك جا θ

ع ب = ١,٥٤ x ١٠٠ x ٠,٣٩٠٢ \ ٢١ + ٠,٢٩ x ٠,١٩٩١ = ٣٠,١٠ مترا

ع ـ = ١,٣٠ x ١٠٠ x ١,٢٦٥ \ ٢١ + 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

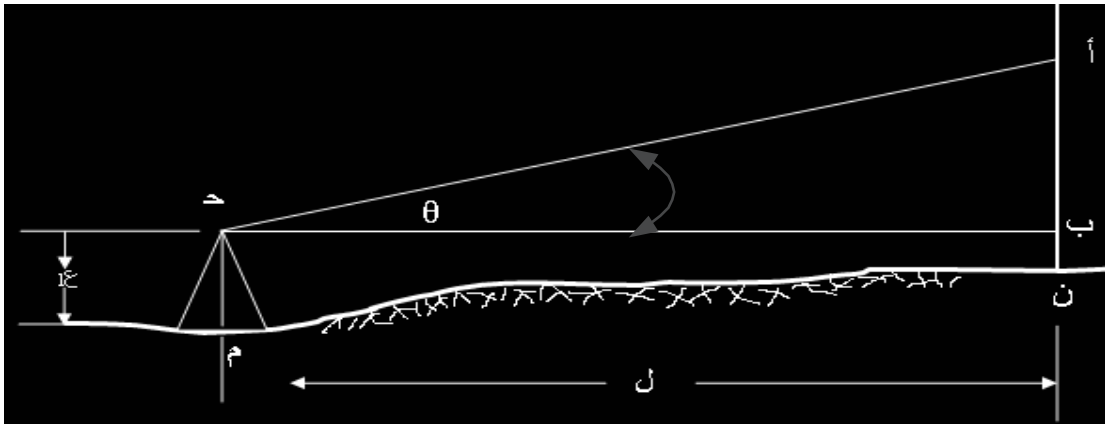
ايجاد الفرق (**ف**) وتحقيقه بأن نجد أن الفرق بين الشعرة العليا والوسط يساوي الفرق بين الوسطي والسفلي.

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

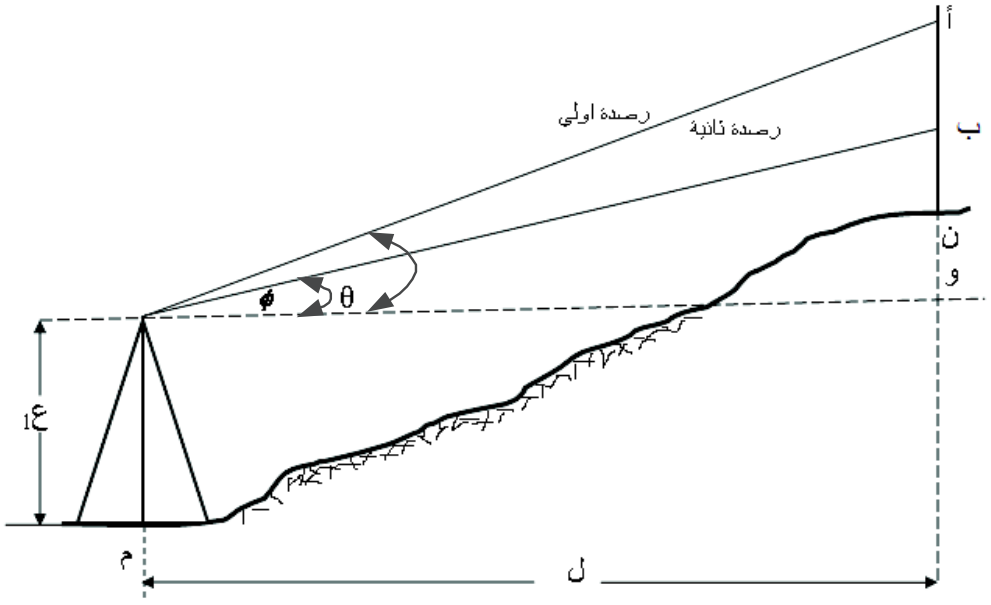
أما إذا كانت الرصدتان مائلتين شكل (٣-٨) فنجد أن أ و = ل ظاθ ،

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)

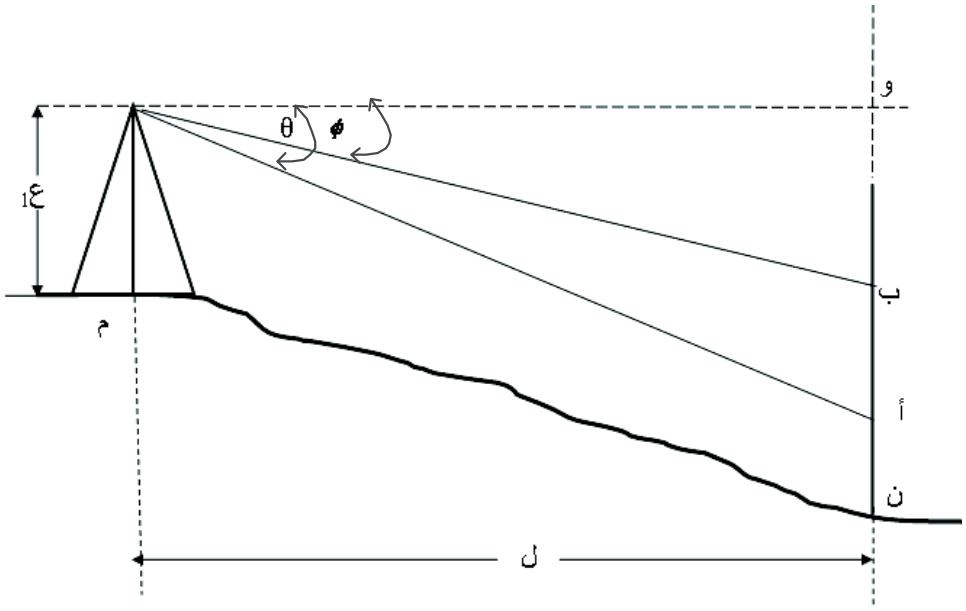
وإذا كانت نقطة ن منخفضة عن منسوب م شكل (٣-٩) بحيث أن أعلي القامة الموضوعة علي النقطة ن يكون منخفض عن المحور الأفقي للجهاز فإننا نحصل علي زاويتي انخفاض θ ، ϕ.

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 الجهازهي 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)

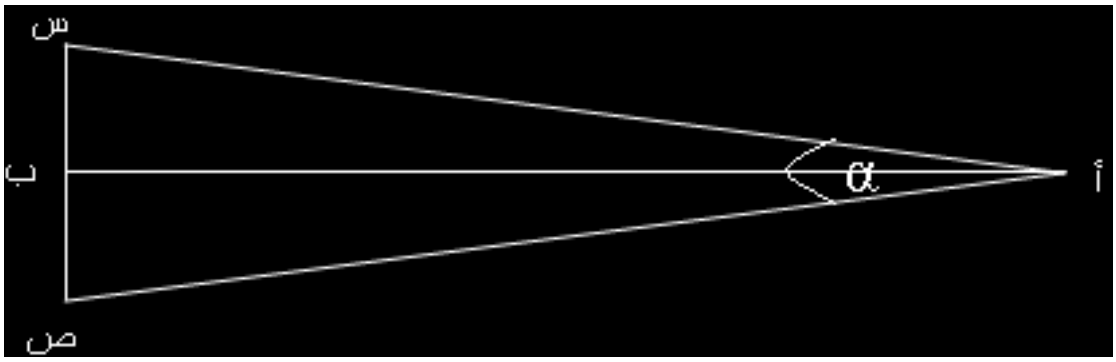
كانت مصلحة المساحة بالهند أول من استعمل هذه الطريقة في أواخر القرن التاسع عشر. وتعتبر طريقة الانفار من اهم الطرق التاكيومترية لتعدد مزاياها وتنوع استعمالاتها ويمكن قياس مسافات بهذه الطريقة حتي ٩٠٠ متر. شكل (٣-١٢)

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

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

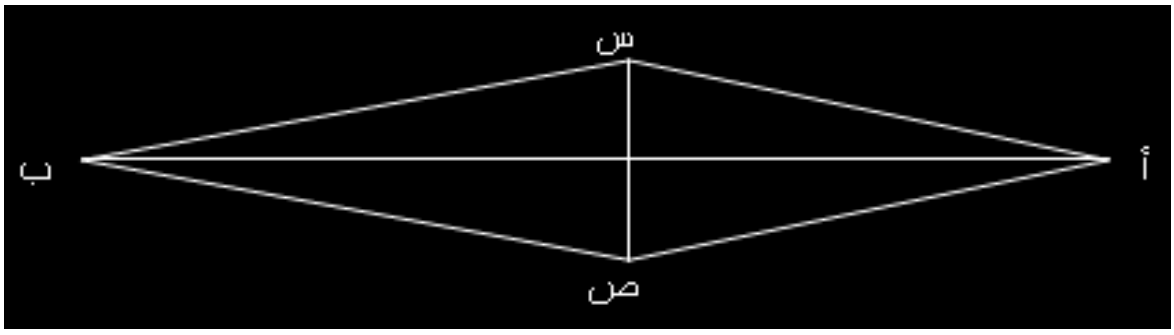
اما منسوب (ب) = منسوب أ + ارتفاع الجهاز + Δ ع – ارتفاع الذراع

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)

المســاحة الجيــوديسـيــة

الباب الأول

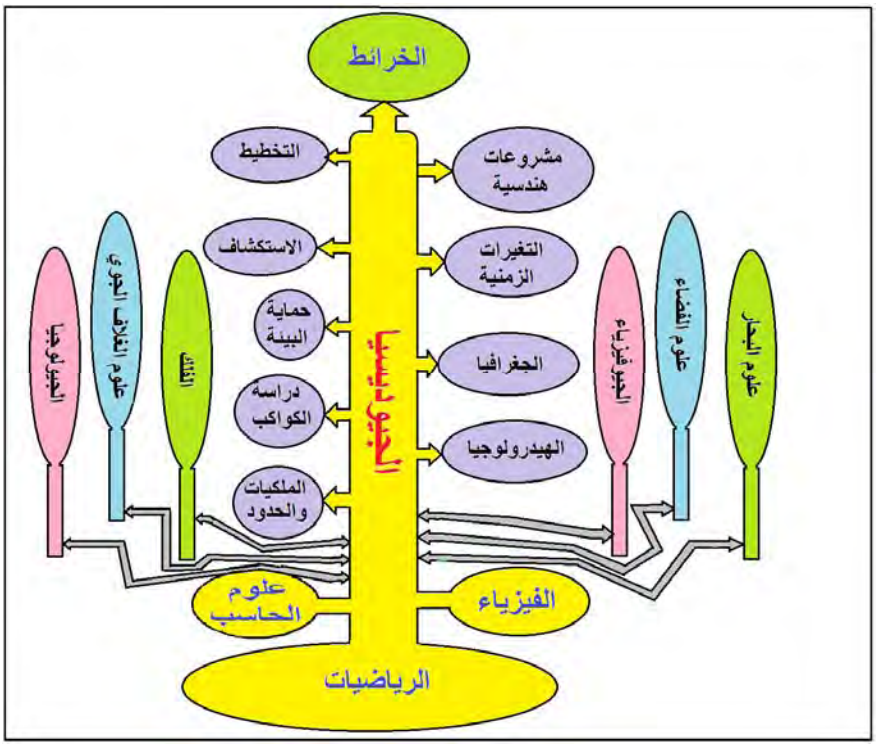
مقدمة في علم الجيوديسيا والأحداثيات

علم الجيوديسيا

كلمة الجيوديسيا Geodesy هي كلمة لاتينية مكونة من مقطعين: جيو Geo بمعني الأرض و ديسيا Desy بمعني القياس ورسم الخرائط، وبالتالي فأن الترجمة الحرفية لمصطلح "جيوديسيا" أنه علم القياس ورسم الخرائط لسطح الأرض.

مازال هذا التعريف البسيط ساريا حتى الآن مع أن الجيوديسيا أصبحت تتعلق بعدة أنواع من القياسات، فحيث أن سطح الأرض يتكون من الماء و اليابسة فأن الجيوديسيا تهتم بالقياس علي سطح الأرض اليابسة وأيضا بالقياس في أعماق البحار و المحيطات. أيضا الأرض في حد ذاتها كوكب متحرك في إطار المجموعة الشمسية، مما ينتج عن حركتها قوي جاذبية بينها و بين الكواكب الأخرى وهذه القوي تؤثر في القياسات علي الأرض مما يستلزم أن يمتد علم الجيوديسيا ليدرس أيضا قوة الجاذبية و تأثيراتها. بل أن الجيوديسيا – في السنوات الأخيرة – أصبحت تهتم أيضا بالقياس علي أسطح الأجرام السماوية الأخرى مثل القمر ليضاف إليها فرع جديد يسمي جيوديسيا الأجرام السماوية. مع انطلاق عصر الأقمار الصناعية في سبعينات القرن العشرين الميلادي واستخدامها في القياسات الجيوديسية فقد نتج عن ذلك فرع آخر من فروع الجيوديسيا وهو جيوديسيا الأقمار الصناعية.

يصنف علم الجيوديسيا في قائمة علوم الأرض Geo-Sciences كما أنه يصنف أيضا في قائمة العلوم الهندسية لتطبيقاته المتعددة في أعمال الهندسة المدنية و إنشاء المشروعات. ويرتبط علم الجيوديسيا ارتباطا وثيقا بعدد كبير من العلوم الأخرى كما هو موضح في الشكل التالي.



العلاقة بين علم الجيوديسيا والعلوم الأخرى

الجيوديسيا و المساحة

يتساءل الكثيرون عن العلاقة بين علم المساحة و علم الجيوديسيا، فكلاهما في تعريفة البسيط هو علم القياس وإنتاج الخرائط علي سطح الأرض. يري البعض أن المساحة هي جزء أو فرع من فروع علم الجيوديسيا. فعلم الجيوديسيا ينظر إلي كوكب الأرض بكامله أو علي الأقل لأجزاء كبيرة منه (قارة أو دولة) ويضع القوانين الرياضية و المعادلات التي تعتمد علي القياس علي الشكل الكامل أو الحقيقي لهذه الأرض. بينما علم المساحة يتعامل – غالبا – مع أجزاء صغيرة من الأرض بحيث من الممكن منطقيا أن نري هذا الجزء البسيط كأنه مستوي وليس كوكبا مجسما وبالتالي يتم تبسيط المعادلات الرياضية و طرق الحساب. ومن هنا يمكننا القول أن المساحة هي تبسيط لطرق القياس في جزء صغير من الأرض بدلا من الطرق و النظريات الجيوديسية التي تتعامل مع مجسم الأرض كله. بينما يري البعض الآخر أن علم المساحة (القياس في مساحة صغيرة من الأرض) قد عرفته البشرية أولا ثم تلاه ظهور علم الجيوديسيا لاحقا (القياس في مساحة كبيرة من الأرض) حيث يمكن القول أن المساحة الجيوديسية هي أحد أفرع علم المساحة. وكلا الرأيين جدير بالاحترام طالما كانت الفروق النظرية و الرياضية واضحة عند تطبيق كلا من المساحة و الجيوديسيا.

قديما كانت الفروق واضحة بين أجهزة الرصد المساحية و أجهزة الرصد الجيوديسية. فعلي سبي المثال كانت هناك أجهزة الثيودليت (أجهزة قياس الزوايا) المخصصة للعمل المساحي لعدة كيلومترات وأجهزة ثيودليت أخري مخصصة للعمل الجيوديسي الذي يصل مداه لعدة عشرات من الكيلومترات. حديثا زاد انتشار تطبيقات التقنيات التي تعتمد علي الأقمار الصناعية في القياس علي سطح الأرض وخاصة تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع المعروف باسم الجي بي أس. هذه التقنيات (أو الأجهزة) تستطيع القياس علي سطح الأرض لمسافات صغيرة جدا (عدة أمتار) أو لمسافات كبيرة جدا (عدة آلاف من الكيلومترات)، أي أنها تصلح للعمل المساحي و للعمل الجيوديسي أيضا. من هنا أصبح هناك كثير من المستخدمين يتعاملون مع هذه التقنيات باعتبارها تقنيات مساحية مع أنهم في أحيان كثيرة يقومون بقياسات جيوديسية دون أن يدروا ذلك! الفرق بين القياسات المساحية و القياسات الجيوديسية يكون في مساحة منطقة الدراسة، فان كان المنطقة صغيرة (أقل من ٥٠ كيلومتر مربع) فيكون الافتراض الأساسي للمساحة مازال منطقيا ومن الممكن أن نعتبر أننا نقيس علي سطح مستوي. أما إن كانت منطقة الدراسة أو المشروع أكبر من هذه القيمة فنحن ننتقل من علم المساحة و نظرياته و معادلاته إلي علم الجيوديسيا و نظرياته و معادلاته. إن لم يكن المستخدم مدركا لهذه الحقيقية فسيقع في مشاكل تقنية تؤثر بشدة علي النتائج النهائية للمشروع (القياسات و الخرائط). من هنا أصبح لزاما علي كل مساح أو مهندس مساحة (خاصة من يتعامل مع أجهزة الرصد بالأقمار الصناعية مثل تقنية الجي بي أس) أن يعرف و يدرس أساسيات ونظريات علم الجيوديسيا حتى يستطيع أن يصل للدقة المطلوبة لمشروعه.

أيضا فأن دراسة أنواع الارتفاعات يعد من أهم مبادئ الجيوديسيا التي يجب علي مهندس أو أخصائي المساحة أن يلم بها. فعلي سبيل المثال فأن تقنية الجي بي أس تعطي نوع من الارتفاعات يسمي الارتفاعات الجيوديسية أي قياس ارتفاع النقطة المرصودة عن السطح الرياضي الذي يمثل كوكب الأرض. بينما في المساحة التقليدية والمشروعات المدنية والخرائط الطبوغرافية فأننا نتعامل مع المنسوب وهو ارتفاع النقطة المرصودة عن مستوي سطح البحر. أي أن هناك نوعين مختلفين من الارتفاعات، وبالتالي يجب أن يعرف مهندس المساحة هذه الحقيقية ويعرف أسس و طرق التحويل بينهما. فان لم يعرف ذلك فأنه سيعتمد الارتفاع الناتج من تقنية الجي بي أس كأنه هو المنسوب مما ينتج عنه أخطاء قد تصل إلي عدة أمتار.

تعريف المساحة الجيوديسية

هى العلم الذى يبحث فى دراسة شكل الأرض الحقيقى بواسطة القياسات المباشرة والموضوعات التى تتصل بالعلوم المعنية بدراســة الفلك وحركة الأجرام السماوية وحركة دوران الأرض حول نفســها وحول الشمس والقشرة الأرضية

تطبيقات علم الجيوديسيا

- إنشاء الخرائط: أول الأعمال المطلوبة لإنشاء الخرائط هو إقامة شبكة مثلثات جيوديسية مكونة من عدد من المحطات الجيوديسية وتحديد إحداثياتها الأفقية والرأسية٠
- المساحة الجوية والاستشعار عن بعد: تستخدم الطرق الجيوديسية في تحديد إحداثيات نقط التحكم الأساسية التي تلعب الدور الأساسي في الحصول على خرائط وبيانات مساحية من تقنيات التصوير الجوى والأقمار الصناعية المخصصة لدراسة الموارد الطبيعية٠
- المشروعات الهندسية: عند إقامة أية مشروعات هندسية (مثل الطرق ، الكباري ، السدود ، الترع ، المصانع ٠٠٠ الخ) فانه من الضروري تحديد مواقعها بدقة عن طريق تحديد إحداثيات العناصر المختلفة للمشروع٠ وتستخدم هذه الإحداثيات في التخطيط للمشروع وكذلك في متابعة التنفيذ طوال مراحل المشروع٠
- نظم المعلومات الجغرافية: الإحداثيات الجيوديسية هي العامل المشترك الأساسي الذي يمكن من خلاله الربط بين المصادر المختلفة للمعلومات لإنشاء نظم المعلومات الجغرافية٠
- الملاحة الجوية والبحرية: تعتمد الطائرات والسفن على الإحداثيات الجيوديسية للوصول إلى الهدف طبقا لخط السير المحدد٠
- التخطيط العمراني : تساعد الجيوديسيا في تعيين الإحداثيات اللازمة لأعمال التخطيط العمراني والبحث عن المصادر والثروات الطبيعية ٠
- تعيين الحدود: تلعب الجيوديسيا الدور الأساسي في تحديد وتوثيق إحداثيات العلامات الحدودية بين الدول أو الحدود الإدارية بين المحافظات داخل الدولة٠
- دراسة تحركات القشرة الأرضية: تستخدم الأرصاد الجيوديسية المتكررة في الحصول على قيم دقيقة لتحركات القشرة الأرضية في المناطق الغير مستقرة ديناميكيا (مناطق الفوالق تحت سطح الأرض المسببة للزلازل) وخاصة حول المنشئات الهندسية الضخمة كالسدود والخزانات٠
- علوم البيئة : تلعب الجيوديسيا دورا مؤثرا في دراسة المتغيرات البيئية عن طريق تحديد إحداثيات المناطق ذات التغير المستمر في التركيب البيئى٠
- علوم الفضاء: تحديد إحداثيات محطات إطلاق المركبات الفضائية وكذلك إحداثيات الأقمار الصناعية في الفضاء طبقا لمدارها المحدد٠
- دراسة البحار: تستخدم الأرصاد الجيوديسية في تحديد معدلات ارتفاع سطح البحار لتجنب غرق المناطق الساحلية ٠
- الجيولوجيا: يعتمد علم الجيولوجيا على الإحداثيات الجيوديسية لإعداد الخرائط الجيولوجية٠

وكذلك من اهمية علم الجيوديسيا

1 – اختيار نقاط المثلثات وتحديدها بدقة على خرائط لتكون أساساً لباقي أنواع الأعمال المساحية.

2 – الرصد الفلكي لتحديد خطوط الطول والعرض للنقاط على سطح الأرض.

3 – عمل الميزانيات الدقيقة والجيوديسية لإنشاء الروبيرات المساحية.

4 – رسم الخرائط بأقل تشويه ممكن.

5 – دراسة المد والجزر وتضاريس قاع البحر لتعيين مستوى المقارنة المستخدم في أعمال الميزانية وعمل الخرائط الملاحية.

أقسام الجيوديسيا

توجد عدة تقسيمات أو تصنيفات لأفرع علم الجيوديسيا بناءا علي وجهة النظر في التقسيم ذاته.

فإذا قسمنا الجيوديسيا بناءا علي منطقة العمل أو حدود منطقة القياسات الجيوديسية فنجد ثلاثة أقسام:

(أ) الجيوديسيا العالمية Global Geodesy

الفرع المسئول عن تحديد شكل و حجم ومجال جاذبية الأرض.

(ب) المساحة الجيوديسية الوطنية National Geodetic Surveys

الفرع المسئول عن تحديد شكل ومجال جاذبية دولة معينة، وذلك عن طريق إنشاء شبكات من العلامات (الثوابت) الأرضية المعلومة الإحداثيات و قيمة الجاذبية الأرضية لها. وفي هذا القسم من أقسام علم الجيوديسيا يجب أخذ كروية الأرض في الاعتبار و مالها من تأثيرات علي القياسات والأرصاد.

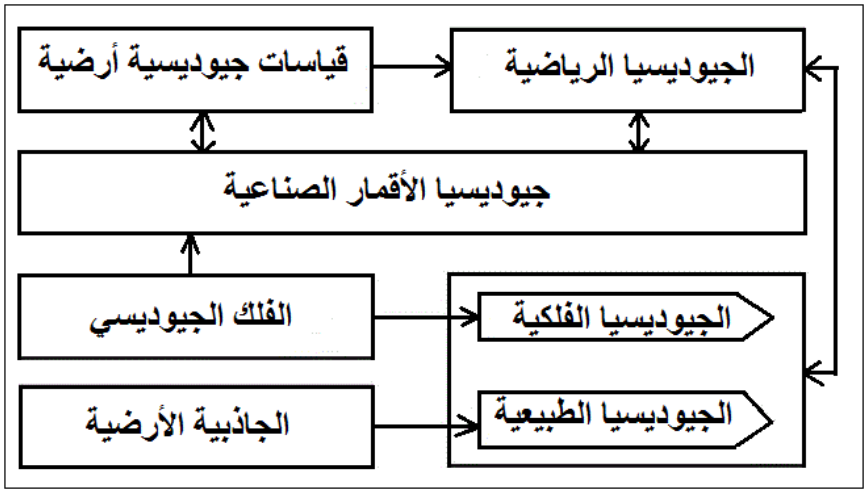
(ج) المساحة المستوية Plan Surveying

الفرع المسئول عن القياسات التفصيلية اللازمة للرفع التفصيلي و الرفع الطبوغرافي و الأعمال الهندسية لمساحة صغيرة من الأرض.

العلاقة قوية بين هذه الفروع الثلاثة لعلم الجيوديسيا فالجيوديسيا العالمية تحدد عناصر شكل و مجال جاذبية الأرض ككل، ومن ثم تبدأ الجيوديسيا الوطنية في اعتماد هذه القيم في عمل

شبكات جيوديسية (ثوابت) لكل دولة ثم تبدأ المساحة المستوية في الاعتماد علي هذه الثوابت لقياس تفاصيل معالم سطح الأرض لإنتاج الخرائط.

أما من حيث طبيعة العمل (القياسات) الجيوديسية ذاتها فيمكن تقسيم علم الجيوديسيا إلي خمسة أقسام رئيسية وان كان لا توجد حدود فاصلة أو قطعية بين كل قسم و آخر:



أقسام الجيوديسيا الرئيسية

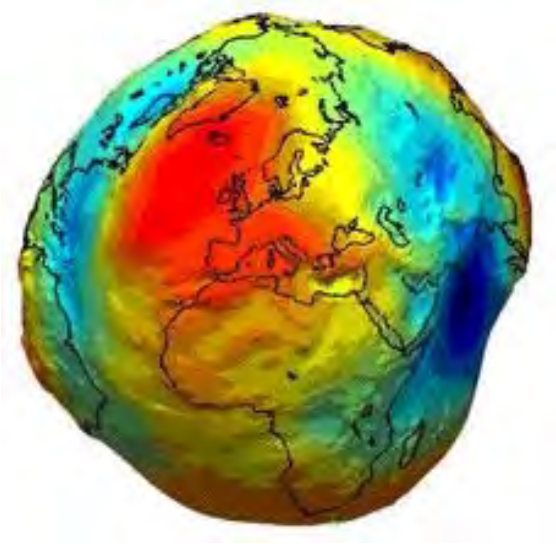
١- الجيوديسيا الأرضية أو الهندسية Terrestrial Geodesy

يتم فيها إجراء القياسات الجيوديسية (الزوايا الأفقية و الرأسية والمسافات و فروق المناسيب) بهدف إنشاء شبكات الثوابت الأرضية وحساب الإحداثيات ثلاثية الأبعاد (س،ص،ع) لكل نقطة منها لإنشاء الهيكل الجيوديسي للدولة الذي ستعتمد عليه جميع أعمال المساحة و إنشاء الخرائط.

التيودليت البصرى

٢- الجيوديسيا الطبيعية أو الفيزيقية Physical Geodesy

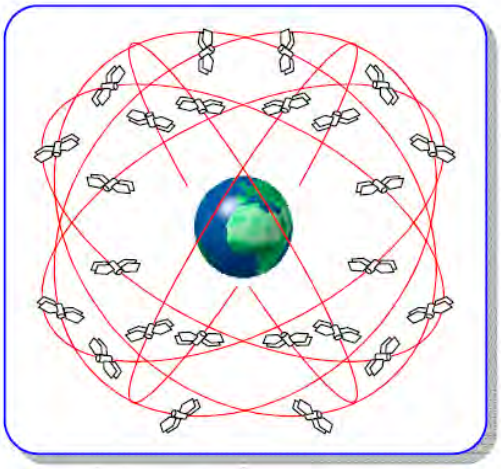
يتم فيها قياس و تحديد مجال الجاذبية الأرضية ومن ثم تحديد تأثيرها علي القياسات الجيوديسية وأيضا تحديد الشكل الحقيقي للأرض (الجيويد) وعلاقته بالشكل الهندسي المستخدم في إنشاء الخرائط (الاليبسويد). تتم هذه العمليات إما باستخدام أرصاد الجاذبية الأرضية أو باستخدام الأرصاد الفلكية أو حديثا باستخدام القياسات علي الأقمار الصناعية.



الشكل الحقيقي للأرض (الجيويد)

٣- جيوديسيا الأقمار الصناعية Satellite Geodesy

تشمل الأرصاد و القياسات الجيوديسية المعتمدة علي الأقمار الصناعية التي بدأت في الظهور منذ عام ١٩٥٧م. تستخدم تطبيقات جيوديسيا الأقمار الصناعية في الجيوديسيا الهندسية وأيضا الجيوديسيا الطبيعية و الفلكية.



استخدام الأقمار الصناعية في تحديد المواقع

٤- الجيوديسيا الفلكية Astronomical Geodesy

يتم فيها قياس الإحداثيات الفلكية (خط الطول الفلكي و دائرة العرض الفلكية) لنقاط شبكات الثوابت الأرضية بالإضافة للانحراف الفلكي لخطوط شبكات الثوابت الأرضية للدولة من خلال الرصد علي النجوم. يعد هذا النوع من أقسام الجيوديسيا من أقدم الأنواع الجيوديسية وكان مهم جدا في الماضي لتوجيه الشبكات الجيوديسية وتحديد موقعها بدقة علي سطح الأرض، وان كان الاعتماد علي الأرصاد الفلكية قد قل كثيرا في الوقت الراهن بعد انتشار تطبيقات الرصد علي الأقمار الصناعية.

استخدام الرصد الفلكي في تحديد المواقع

٥- الجيوديسيا الرياضية Mathematical Geodesy

فرع الجيوديسيا الذي يهتم بالنظريات الرياضية و المعادلات و طرق الحسابات وتحليل الأرصاد المستخدمة في كافة أفرع الجيوديسيا الأخرى.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & & & G_1 \\ & X_2 & & G_2 \\ & & \ddots & \vdots \\ & & X_K & G_K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_K \\ c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_K \end{bmatrix}$$

نموذج لمعادلات الجيوديسيا الرياضية

أما الأرصاد أو القياسات الجيوديسية ذاتها فيمكن أيضا تقسيمها إلي أربعة أنواع طبقا للهدف منها:

أ- الأرصاد الجيوديسية الأفقية أو ثنائية الأبعاد Horizontal 2D

قياسات الزوايا الأفقية والرأسية والمسافات و الانحرافات التي تهدف إلي تحديد الموقع الأفقي خط الطول و دائرة العرض) لنقاط الثوابت الأرضية. قديما ومع استخدام الأجهزة المساحية التقليدية (مثل جهاز الثيودليت) بإمكانياتها البسيطة كانت هذه النقاط تقام علي رؤوس الجبال و المرتفعات ليسهل رصد الزوايا علي مسافات كبيرة ولم يكن من السهل رصد فروق المناسيب بين هذه النقاط المرتفعة، ومن هنا كانت شبكات الثوابت الجيوديسية شبكات أفقية فقط Two-Dimensional or 2D منفصلة عن الشبكات الجيوديسية الرأسية.

ب- الأرصاد الجيوديسية الرأسية أو أحادية البعد Vertical 1D

قياسات فروق المناسيب بين مجموعة من النقاط التي تحدد البعد الثالث (المنسوب) لشبكة جيوديسية تغطي الدولة One-Dimensional or 1D. أي أن الشبكة الجيوديسية الرأسية

(شبكة الروبيرات) كانت منفصلة عن الشبكة الجيوديسية الأفقية.

ج- الأرصاد الجيوديسية ثلاثية الأبعاد 3D

مع دخول عصر جيوديسيا الأقمار الصناعية أصبح من الممكن تحديد الإحداثيات ثلاثية الأبعاد (خط الطول و دائرة العرض و الارتفاع) Three-Dimensional or 3Dمجموعة من النقاط التي تكون شبكة جيوديسية ثلاثية الأبعاد تغطي الدولة.

د- الأرصاد الجيوديسية رباعية الأبعاد (الجيوديسيا الديناميكية Dynamic 4D Geodesy)

حيث أن مجال جاذبية الأرض غير ثابت وأيضا بسبب حركة الصفائح الجيولوجية التي يتكون منها كوكب الأرض فأن إحداثيات أي نقطة لن تكون ثابتة مع مرور الزمن. تهتم الجيوديسيا الديناميكية برصد ودراسة التغير في الإحداثيات ثلاثية الأبعاد مع مرور الزمن (الذي يعد البعد الرابع) بحيث يتم تعريف إحداثيات أي نقطة جيوديسية (س،ص،ع) عند لحظة زمنية معينة وليست كإحداثيات مطلقة ثابتة Four-Dimensional or 4D.

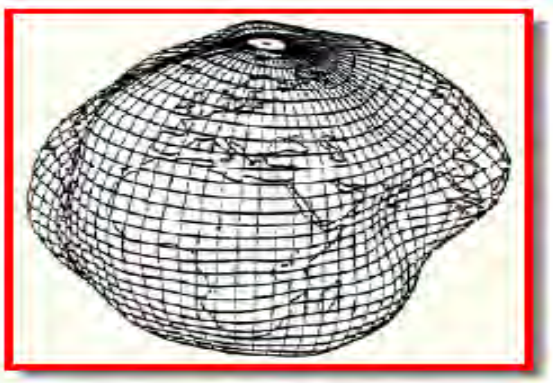
شكل الأرض والمراجع الجيوديسية ونظم الإحداثيات

إن تحديد المواقع علي سطح الأرض يعني بداية أن نعرف ما هو الشكل الدقيق لهذا الكوكب الذي نعيش فوقه ، و ما هو المرجع الذي يمكننا أن نفترض أنه الأنسب لتمثيل الأرض رياضيا و خرائطيا. كما أن تحديد الموقع يكون من خلال قيم رياضية تعبر عنه وهي القيم التي نطلق عليها مصطلح "الإحداثيات Coordinates" علي اختلاف أنواعها و نظمها. لذلك يجب علي دارس الجيوديسيا أن يلم بأساسيات هذه الموضوعات الثلاثة ، وهو ما سنقوم بعرضه في هذا الفصل.

شكل الأرض

في بدايات المعرفة البشرية ظن الإنسان أن الأرض هي قرص صلب يطفو فوق سطح الماء ، إلي أن تطور التفكير العلمي للبشر قليلا وجاء العالم اليوناني فيثاغورث Pythagoras في القرن السادس قبل الميلاد وافترض أن الأرض كروية الشكل. وكانت أولي محاولات العلماء لتقدير حجم أو محيط هذه الكرة هي تجربة العالم الإغريقي أراتوستين التي سبق الإشارة إليها في الفصل الأول. وفي القرنين الخامس عشر و السادس عشر أيد كلا من الرحالة كولومبوس Columbus و ماجلان Magellan فكرة كروية الأرض من خلال رحلاتهما الشهيرة بالدوران حول الأرض. في عام ١٦٨٧ طور العالم الشهير نيوتن Newtown عدة مبادئ نظرية علمية وكان أهمها: أن الشكل المتوازن لكتلة مائعة متجانسة خاضعة لقوانين الجذب و تدور حول محورها ليس هو شكل الكرة كاملة الاستدارة لكنه شكل مفلطح قليلا باتجاه القطبين. وفي عام ١٧٣٥ قامت أكاديمية العلوم الفرنسية بتنظيم بعثتين لإجراء القياسات اللازمة للتأكد من هذه الفرضية وأثبتت النتائج فعلا أن الأرض مفلطحة وليست كروية الشكل تماما.

إننا نعيش علي سطح كوكب الأرض وعندما نريد أن نحدد أي موقع علي الأرض فنحن بحاجة إلي أن نقوم بتعريف هذا السطح – شكله و حجمه – لكي يمكننا من معرفة في أي مكان نحن نقع بالضبط. إن شكل السطح الطبيعي للأرض كما خلقه الله تعالي بما يضمه من قارات و محيطات و جبال و أودية و بحار ليس شكلا سهلا وليس منتظما لكي يمكن التعبير عنه بسهولة.



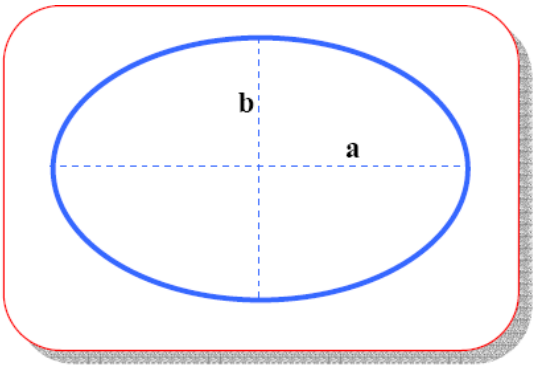
الأرض غير منتظمة الشكل

بحث العلماء عن شكل افتراضي آخر للأرض يكون أقل تعقيدا واهتدوا إلي فكرة أنه طالما أن مساحة الماء في المحيطات و البحار تشكل حوالي ٧٠% من مساحة الأرض فأن شكل الأرض يكاد يكون هو الشكل المتوسط لسطح الماء (إذا أهملنا حركة سطح الماء بسبب التيارات البحرية و المد و الجزر) Mean Sea Level والمعروف اختصارا بأحرف MSL، وإذا قمنا بمد هذا السطح تحت اليابسة لنحصل علي شكل متكامل فأن هذا الشكل سيكون أقرب ما يكون للشكل الحقيقي للأرض. وتم إطلاق اسم الجيويد أو الجيوئيد Geoid علي هذا الشكل الافتراضي [يجب ملاحظة أن هناك فرق في حدود متر واحد فقط بين كلا من MSL و الجيويد إلا أنه في معظم التطبيقات الهندسية تتغاضي عن هذا الفرق و نعتبر أن كلا الشكلين أو المصطلحين يشيرا لنفس الجسم]. ولكن طبقا لمبدأ نيوتن السابق فأن شكل هذا الجيويد لن يكون منتظما لان سطح الجيويد يتعامد مع اتجاه قوة الجاذبية الأرضية وأيضا يخضع لقوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها ، وكلا القوتين تختلفان من مكان لآخر علي سطح الأرض بسبب عدم توزيع الكثافة بشكل منتظم (يختلف سمك القشرة الأرضية من ٦ إلي ٦- كيلومتر) . وبذلك نخلص إلي أن الجيويد هو الشكل الحقيقي للأرض إلا أنه شكل معقد أيضا و يصعب تمثيله بمعادلات رياضية تمكننا من رسم الخرائط و تحديد المواقع عليه.

الجيويد: الشكل الحقيقي للأرض

لتعقد الجيويد وصعوبة تمثيله بمعادلات رياضية أتجه العلماء إلي البحث عن أقرب الأشكال الهندسية المعروفة ووجدوا أن القطع الناقص أو الاليبس Ellipse هو الأقرب ، فإذا دار هذا الاليبس حول محوره فسينتج لنا مجسم القطع الناقص أو الاليبسويد أو الشكل البيضاوي Ellipsoid or Ellipsoid of Revolution ويعرف أيضا باسم الاسفرويد Spheroid (لكن اسم الاليبسويد هو الأكثر انتشارا وهو الذي سنستخدمه في هذا الكتاب). ربما يتبادر إلي الأذهان الآن سؤال: ما هو الفرق بين الاليبس و الدائرة أو بمعني آخر ما هو الفرق بين الاليبسويد و الكرة؟ بالنظر لشكل ١٢-٣ نجد أن الاليبسويد مفلطح قليلا عند كلا القطبين بعكس الكرة التي تكون كاملة الاستدارة تماما ، أيضا الكرة لها قطر و احد له نفس القيمة في جميع الاتجاهات بينما نجد الاليبسويد له محورين مختلفين. للتعبير عن الاليبسويد يلزمنا معرفة عنصرين (لاحظ أن الكرة يعبر عنها بعنصر واحد فقط هو نصف قطرها):

- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الاستواء) ويرمز له بالرمز a
- نصف المحور الأصغر (المحور بين كلا القطبين) ويرمز له بالرمز b



الاليبسويد

ويتميز شكل الاليبسويد بعدة خصائص مثل:

أ- سهولة إجراء الحسابات علي سطحه (حيث أنه شكل هندسي معروف).
ب- لا يختلف سطح الاليبسويد الرياضي عن سطح الجيويد الفيزيقي كثيرا (أكبر فرق بين كلاهما لا يتعدي ١٠٠ متر فقط. لاحظ أن الفرق بين الجيويد و الكرة يصل إلي ٢١ كيلومتر تقريبا).

العلاقة بين الجيويد و الاليبسويد

الإحداثيات

تعتبر الإحداثيات بأنواعها المختلفة من أهم الموضوعات التي يجب على دارس علوم المساحة التعرف عليها فالإحداثيات ثلاثية الأبعاد المستخدمة لتحديد موقع نقطة في الطبيعة سواء الإحداثيات الفراغية أو الإحداثيات الجغرافية أصبحت شائعة الاستخدام وخاصة بعد انتشار أساليب تحديد المواقع بالرصد على الأقمار الصناعية. كذلك تعتبر الإحداثيات المستوية (ثنائية الأبعاد) الأساس في تحديد موضع نقطة على الخريطة المساحية. وسنتعرف فيما يلي على أنواع نظم الإحداثيات المستخدمة في الأعمال المساحية وأيضاً سنتعرف على عمليات تحويل الإحداثيات من نظام إلى آخر، بالإضافة إلى تدريبات وتمارين على كيفية التحويل بين نظم الإحداثيات المختلفة.

جملة الإحداثيات

هي مجموعة الأعداد التي يمكن بواسطتها التعرف على موقع النقاط ،وتنقسم الإحداثيات إلى:

- جملة الإحداثيات الفراغية.
- جملة الإحداثيات الجغرافية.
- جملة الإحداثيات المسقطة (المستوية).

الشروط الواجب توافرها في جملة الإحداثيات هي:

1. أن يكون هناك نقطة محددة تسمى بمبدأ الإحداثيات (نقطة الأصل).
2. أن يكون لها محاور محددة تماماً وتعريفها واضح وغير قابل للالتباس مع محاور أخرى.
3. أن يكون هناك نظام واضح يبين العلاقة بين الموقع الأرضي والمحاور الإحداثية (نظام الإسقاط).

جملة الإحداثيات الفراغية

أ – مبدأ الإحداثيات :

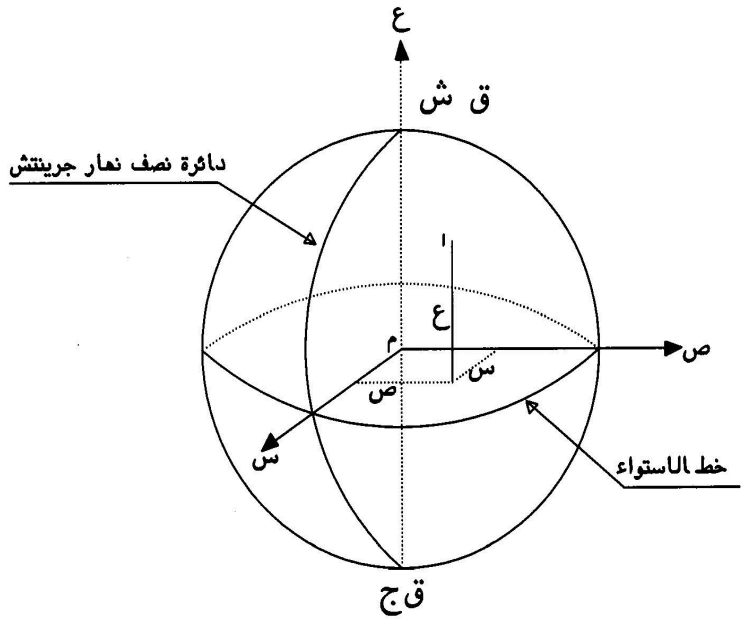
مبدأ الإحداثيات في جملة الإحداثيات الفراغية هو مركز الأرض،وهي نقطة محددة ولكن لا يمكن الوصول إليها.

ب – محاور الإحداثيات :

1 – محور السينات (المحور الأول) وهو تقاطع دائرة نصف نهار جرينتش مع دائرة خط الاستواء.

2 – محور الصادات (المحور الثاني) وهو المحور المتعامد مع كل من محور السينات والعينات ويتجه بالنسبة لمحور السينات نحو الشرق .

3 – محور العينات (المحور الثالث) وهو عبارة عن محور دوران الأرض وهذا المحور يمر بمركز الأرض وهو الذي يعرف لنا القطبين الشمالي والجنوبي



محاور الإحداثيات الفراغية س، ص ، ع وإحداثيات نقطة أ

جملة الإحداثيات الجغرافية

تعتبر من أكثر نظم الإحداثيات شهرة وتطبيقاً لارتباطها مباشرةً بسطح الأرض، ونتعرف عليها من خلال:

أ – مبدأ الإحداثيات :

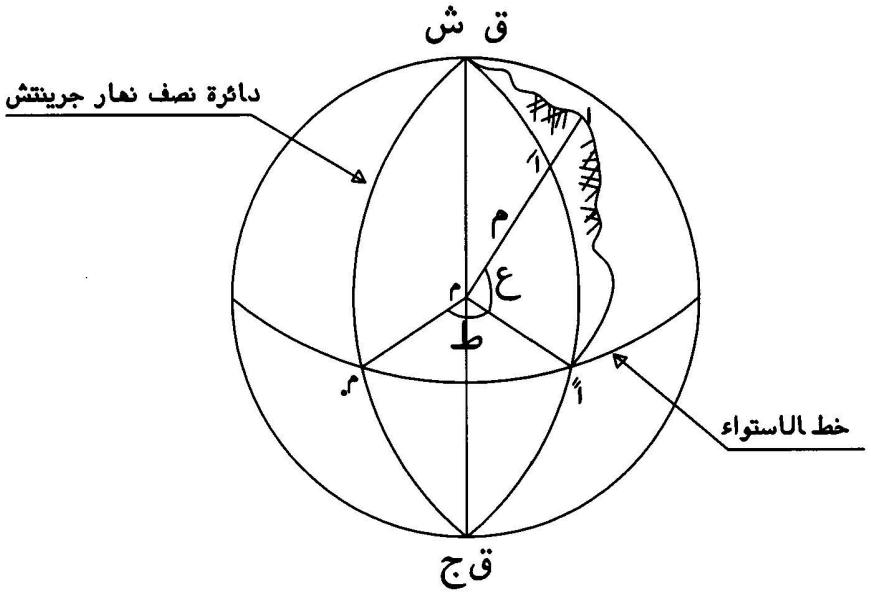
هو نقطة تقاطع خط الاستواء مع دائرة نصف نهار جرينتش وهي نقطة موجودة على سطح الأرض.

ب- المحاور الإحداثية :

1 – منحنى خط الاستواء ونعين عليه الإحداثي الأول ويسمى الطول الجغرافي (ط).

2 – منحنى دائرة نصف نهار النقطة ونعين عليه الإحداثي الثاني ويسمى العرض الجغرافي (ع).

3 – ارتفاع النقطة فوق الكرة (طول العمود المسقط على سطح الكرة) ونرمز له بالرمز م،



الإحداثيات الجغرافية لنقطة أ (ط، ع ، م)

جملة الإحداثيات المستوية

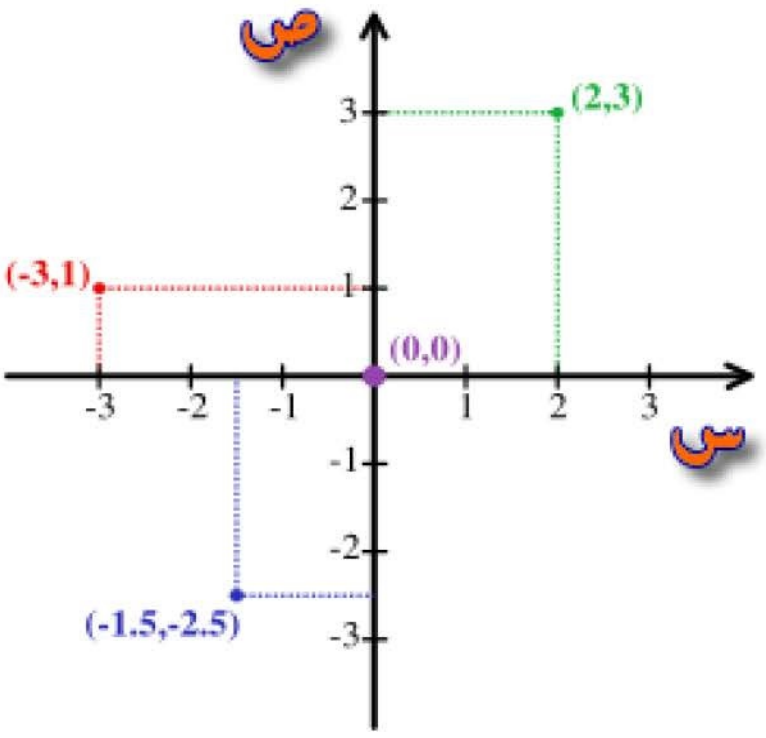
هذا النوع من الإحداثيات هو المستخدم لتعريف موضع أي نقطة على الخريطة بعد تحويل الإحداثيات من ثلاثية الأبعاد إلى ثنائية الأبعاد وهي عملية الإسقاط ولها محوران متعامدان:

1- المحور الصادي موجب في اتجاه الشمال وسالب في اتجاه الجنوب.

2- المحور السيني موجب في اتجاه الشرق وسالب في اتجاه الغرب.

وتكون نقطة م هي نقطة الأصل وهي الركن الجنوبي الغربي للخريطة وتأخذ القيمة (صفر ، صفر) وتكون إحداثيات النقطة هي (س ، ص).

وعند رسم الخرائط يلزم التعامل مع الإحداثيات ثنائية الأبعاد حيث إن الخريطة ما هي إلا سطح مستو لها بعدان لذلك يتم تحويل الإحداثيات ثلاثية الأبعاد إلى ثنائية الأبعاد باستخدام طرق وأساسيات علم إسقاط الخرائط



محاور الإحداثيات المستوية (س ، ص)

العلاقة بين الإحداثيات الفراغية والجغرافية :

كما سبق وأن عرفنا أن الإحداثيات الجغرافية للنقطة هي (ط ، ع ، م)، وأن الإحداثيات الفراغية للنقطة هي (س ، ص ، ع). فإذا تم قياس خط الطول ط وخط العرض ع والمنسوب م فيمكن الحصول على الإحداثيات الفراغية للنقطة (س ، ص ، ع) من العلاقات التالية : -

$$س = (نق + م) \times جتا ع \times جتا ط$$

$$ص = (نق + م) \times جتا ع \times جا ط$$

$$ع = (نق + م) \times جا ع$$

حيث :

نق = نصف قطر الأرض = 6367650 متر

حساب طول وانحراف خط بمعلومية الإحداثيات المستوية

إذا كانت الإحداثيات المستوية لأي نقطتين أ (س$_{أ}$ ، ص$_{أ}$) ، ب (س$_{ب}$ ، ص$_{ب}$) معلومتين ، فإنه يمكن حساب طول الخط الواصل بينهما وكذلك انحراف هذا الخط باستخدام المعادلتين التاليتين:

$$\text{طول الخط أ ب} = \sqrt{\Delta س^2 + \Delta ص^2}$$

$$\text{انحراف الخط أ ب} = ظا^{-1} \left(\frac{\Delta س}{\Delta ص}\right)$$

حيث إن:

$\Delta س = س_{ب} - س_{أ}$ ،

$\Delta ص = ص_{ب} - ص_{أ}$

مثال 1 :

إذا كانت الإحداثيات الجغرافية لنقطة أ:

ط = 12″ 41′ 42° ، ع = 22″ 53′ 29° ، م = 600 متر.

احسب الإحداثيات الفراغية للنقطة أ، علماً بأن نصف قطر الكرة الأرضية (نق) = 6367650 متر.

الحـل

س = (نق + م) × جتا ع × جتا ط

س = (6367650 + 600) × جتا 22 ″ 53 ′ 29 ° × جتا 12 ″ 41 ′ 42 °

س = 4058481.65 م

ص = (نق + م) × جتا ع × جا ط

ص = (6367650 + 600) × جتا 22 ″ 53 ′ 29 ° × جا 12 ″ 41 ′ 42 °

ص = 3743310.79 م

ع = (نق + م) × جا ع

ع = (6367650 + 600) × جا 22 ″ 53 ′ 29 °

ع = 3173477.44 م

مثال 2

احسب طول وانحراف الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب إذا كانت إحداثياتهما المستوية: أ (100 ، 250) متر ، ب (200 ، 400) متر

الحـل

Δ س = س ب − س أ = 200 − 100 = 100 متر

Δ ص = ص ب − ص أ = 400 − 250 = 150 متر

الطول أ ب = $\sqrt{(\Delta \text{ س})^2 + (\Delta \text{ ص})^2}$

= $\sqrt{(100)^2 + (150)^2}$ = 180.28 متر

انحراف الخط أ ب = ظا$^{-1}$ (Δ س / Δ ص)

= ظا$^{-1}$ ($\frac{100}{150}$) = 24.24 ″ 41 ′ 33 °

تمارين

س1 عرّف المساحة الجيوديسية.

س2 تبحث المساحة الجيوديسية في مواضيع رئيسة اذكرها.

س3 ما هي أقسام المساحة الجيوديسية ؟ اشرح بالتفصيل كل قسم.

س4 عرف جملة الإحداثيات.

س5 اذكر أنواع جملة الإحداثيات.

س6 في جملة الإحداثيات الفراغية عرف كلاً مما يأتي:

- مبدأ الإحداثيات.
- المحاور الإحداثية.

س7 ما هي الشروط الواجب توافرها في جملة الإحداثيات ؟

س8 احسب طول وانحراف الخط الواصل بين النقطتين أ ، ب علماً بأن إحداثياتهما المستوية كما يلي:

أ (132 ، 517) متر ، ب (214 ، 932) متر.

س9 إذا علمت أن الإحداثيات الجغرافية للنقطة أ هي كما يلي:

ط = 15 ″ 35 ′ 33 ° ، ع = 13″ 10′ 25° ، م = 650 م

المطلوب حساب الإحداثيات الفراغية للنقطة أ علماً بأن نصف قطر الكرة الأرضية نق = 6367650 متر.

البـــاب الثانى

شبكة المثلثات والميزانية الجيوديسية

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

شبكات المثلثات

مقدمة

شبكات المثلثات عبارة عن مجموعة نقاط متباعدة تكوّن رؤوس شبكة من المثلثات تثبت في الطبيعة ثم تقاس جميع زوايا الشبكة ويتم قياس خط يسمى خط القاعدة في بداية الشبكة أو قياس خطي قاعدة في بداية ونهاية الشبكة. باستخدام الزوايا الداخلية المصححة للشبكة وانحراف وطول خط القاعدة المقاس نحسب جميع أطوال أضلاع الشبكة وانحرافاتها ثم نحسب بعد ذلك مركبات أضلاع شبكة المثلثات ثم إحداثيات نقط رؤوس شبكة المثلثات. ويتم رسم شبكات المثلثات على الخريطة لتكون هذه النقاط

شبكات المثلثات والميزانية الجيوديسية

الهدف العام

تهدف هذه الوحدة إلى تمكين المتدرب من تحديد أنواع ودرجات شبكات المثلثات ، وكذلك أنواع الميزانية الجيوديسية ، والأجهزة المستخدمة في الميزانية الجيوديسية واحتياطات تنفيذ الميزانية الجيوديسية.

(نقاط المثلثات) هي الأساس لجميع الأعمال المساحية التفصيلية والطبوغرافية وغيرها. وسميت شبكة المثلثات بهذا الاسم لأن جميع الأشكال داخل الشبكة تتكون من مثلثات وذلك لأن شكل المثلث يعتبر من أسهل الأشكال الهندسية في الضبط والتصحيح . وستظل هذه الطريقة هي الأنسب في الأعمال المساحية التي تتطلب دقة عالية وتكلفة بسيطة . ومع اختراع أجهزة القياس الإلكتروني الحديثة ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS) أصبح من الممكن استعمال طرق أخرى لإنشاء شبكات المثلثات بمختلف درجاتها.

أهمية شبكات المثلثات:

تستخدم شبكات المثلثات في العديد من التطبيقات والمجالات ومنها :

1. تعيين شكل الأرض الحقيقي .
2. تشكيل وتوقيع أساس دقيق لأعمال المساحة المستوية والجيوديسية لمناطق شاسعة من سطح الأرض.
3. تشكيل وتوقيع نقاط الربط الأرضي لأعمال المساحة الجوية.
4. التوقيع الدقيق للأعمال الهندسية الكبيرة مثل الطرق والسدود والجسور والمنشآت الضخمة .

درجات الشبكات المثلثية :

تنقسم شبكات المثلثات إلى أربع درجات وهي تتدرج من حيث أطوال الأضلاع ودقة الأرصاد والقياسات المطلوبة كما تختلف أيضاً في طريقة أخذ الأرصاد وتصحيحها وحسابها وكذلك دقة الأجهزة المستخدمة في كل درجة من درجات شبكات المثلثات:

1. شبكة مثلثات الدرجة الأولى .
2. شبكة مثلثات الدرجة الثانية .
3. شبكة مثلثات الدرجة الثالثة .
4. شبكة مثلثات الدرجة الرابعة .

وسوف نتعرف فيما يلي على مواصفات وخصائص كل درجة من درجات شبكات المثلثات:

شبكات مثلثات الدرجة الأولى :

هي أدق الدرجات الأربع وتسمى بالمثلثات الجيوديسية حيث إنها تستعمل لتعيين شكل الأرض بالإضافة إلى أنها تشكل أدق مجموعة من نقط الضبط في الأعمال المساحية، وتعتبر شبكات مثلثات الدرجة الأولى المرجع لضبط شبكات مثلثات الدرجة الثانية وما يليها من درجات.

شبكات مثلثات الدرجة الثانية :

وهي تلي مثلثات الدرجة الأولى في الدقة ونقط مثلثات الدرجة الثانية أكثر عدداً من الدرجة الأولى وأطوال أضلاعها أقصر وتشترك نقط مثلثات الدرجة الأولى في تكوين مثلثات الدرجة الثانية. وتعتبر شبكات مثلثات الدرجة الثانية مرجعا وضابطا لشبكات مثلثات الدرجة الثالثة والرابعة.

شبكات مثلثات الدرجة الثالثة :

تنشأ شبكات مثلثات الدرجة الثالثة لتصل بين نقاط شبكات مثلثات الدرجة الثانية ويتم ضبطها وتصحيحها على شبكات مثلثات الدرجة الثانية، وعدد نقاط شبكات مثلثات الدرجة الثالثة أكثر من نقط شبكات مثلثات الدرجة الثانية.

شبكات مثلثات الدرجة الرابعة :

تستعمل شبكات مثلثات الدرجة الرابعة في الأراضي الجبلية والمناطق الوعرة، ونصل بين مثلثات الدرجة الثالثة بمجموعة أخرى من النقط تكون أكثر عدداً وأقصر بعداً فنحصل منها على شبكة مثلثات الدرجة الرابعة وهذه هي أقصر المثلثات طولاً في الأضلاع وأقلها دقة في الأرصاد والحسابات وتكون أطوال الأضلاع حسب ما تسمح به طبيعة سطح الأرض في الموقع.

مواصفات درجات شبكات المثلثات.

وجه المقارنة/ درجة الشبكة	درجة أولى	درجة ثانية	درجة ثالثة	درجة رابعة
طول خط القاعدة	5 – 30 كم	1 – 3 كم	أقل من ا كم	أقل من ا كم
طول الضلع في الشبكة	20 - 160 كم	10 – 40 كم	أقل من 10 كم	أقل من 10 كم
عدد الأقواس	12 – 16	8	4	2
الحد الأقصى المسموح في قفل القوس	"2	"6	"15	"30
الحد الأقصى المسموح في قفل المثلث	"3	"5	"10 - "12	"30
الحد الأدنى للفرق بين الطول المحسوب والمقاس لقاعدة التحقيق	1 : 25000	1 : 10000	1 : 5000	1 : 2500
الخطأ المحتمل في قياس خط القاعدة	1 : 1000000	1 : 500000	1 : 200000	1 : 100000

ترقيم نقاط شبكات المثلثات:

لتمييز نقاط شبكات المثلثات تبعاً لدرجاتها المختلفة يتم وضع علامة مثلث بداخله نقطة (Δ) لتمييز نقط المثلثات عموماً ثم يدون رقم النقطة ودرجتها إلى جوار المثلث على هيئة كسر بسطه درجة المثلث ومقامه رقم هذه النقطة ، فمثلاً :

نقطة المثلثات رقم $\frac{3}{9}$

فأن الرقم 9 يمثل رقم النقطة في شبكة المثلثات من الدرجة الثالثة .

أنواع الشبكات المثلثية

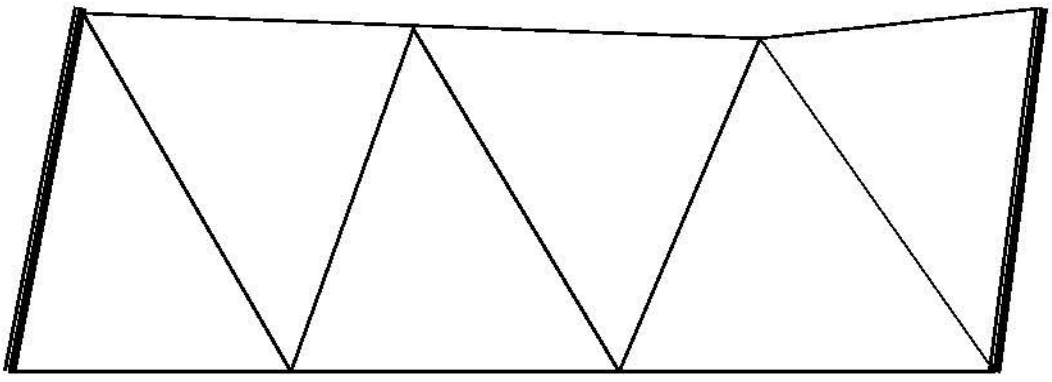
يجب أن يراعى عند اختيار مواقع نقاط شبكات المثلثات أن تكوّن مع بعضها أشكالاً هندسية سهلة كالمثلثات أو الأشكال الرباعية ذات القطرين أو أشكالاً ذات نقطة مركزية بحيث تكون الشبكة ذات متانة عالية وبها عدد كافٍ من الشروط الهندسية التي تساعد على كفاءة عملية الضبط والحساب . والأشكال الهندسية التي يتم اختيارها لتشكيل شبكات المثلثات تتوقف غالباً على شكل المنطقة المراد عمل مساحة لها وعلى الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض .

أنواع الشبكات المثلثية من حيث الشكل:

1. سلسلة المثلثات الفردية .
2. سلسلة الأشكال الرباعية (الشبكات المزدوجة).
3. سلسلة الأشكال ذات المركز .

أولاً : سلاسل شبكات المثلثات الفردية:

تتكون سلاسل المثلثات الفردية من مثلثات بسيطة متجاورة . وهذه المثلثات تبدأ من خط قاعدة يقاس طوله وتحسب منه أطوال خطوط السلسلة ثم تنتهي بخط قاعدة آخر يقاس طوله للتحقيق وتعتبر السلاسل الفردية أبسط الأشكال وأقلها دقة وذلك لقلة الاشتراطات . ويفضل أن لا تقل قيم الزوايا عن 40° . وأحسن أنواع السلاسل الفردية هي المكونة من مثلثات متساوية الأضلاع وتستعمل غالباً في المناطق الساحلية والصحراوية ،

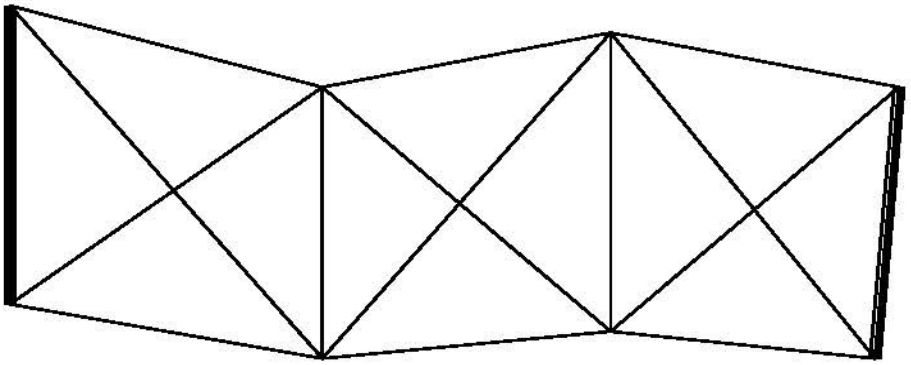


سلاسل المثلثات الفردية

ثانياً : سلاسل شبكات المثلثات ذات الأشكال الرباعية (المزدوجة)

تعتبر أكثر الأشكال استعمالاً وتمتاز بمتانتها ودقتها رغم كثرة التكاليف في العمليات المساحية والحسابية . وهي تتكون من أشكال رباعية مرصودة القطرين ويفضل أن تكون

الزوايا محصورة بين 30° ، 120° والسلسة تبدأ بخط قاعدة وتنتهي بخط قاعدة آخر وتستعمل في الأراضي ذات القيمة المرتفعة لدقتها ومتانتها ،



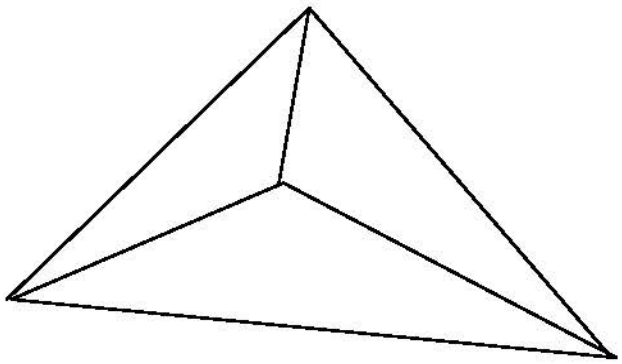
سلاسل شبكات المثلثات ذات الأشكال الرباعية (المزدوجة)

ثالثاً : سلاسل شبكات المثلثات المكونة من أشكال هندسية ذات المركز

وهي تبدأ بخط قاعدة وتنتهي بخط قاعدة آخر للتحقيق وتستعمل في المناطق المنبسطة الواسعة وتعتبر من الأشكال المتينة وذات اشتراطات كثيرة وقد تكون بسيطة أو متداخلة وهذا النوع يحتاج إلى مجهود مساحي وعمل مكتبي كبير مما يزيد الوقت والتكاليف المطلوبة للعمل . والأشكال ذات المركز أربعة أنواع :-

(أ) شكل مثلث ذو مركز

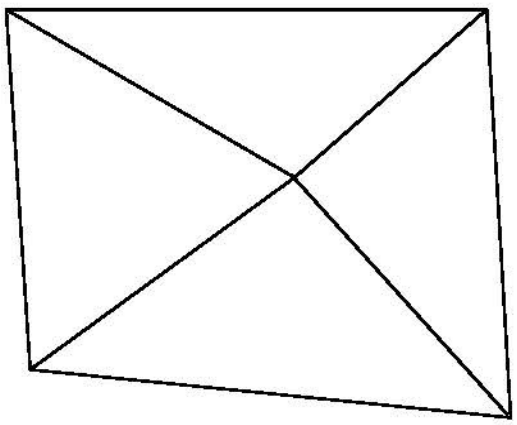
وهو أفضل من المثلث البسيط لزيادة عدد الشروط الهندسية فيه مما يساعد على دقة ضبطه،



شكل مثلث ذو مركز.

(ب) شكل رباعي ذو مركز

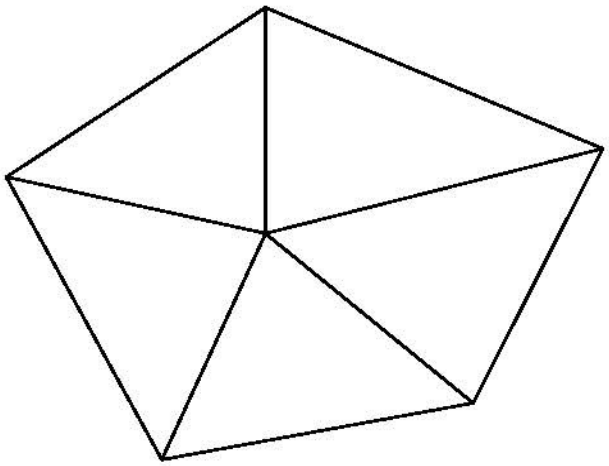
ويعتبر أقل قوة ومتانة من الشكل الرباعي المرصود القطرين ولكنه أسهل في الرصد ويجب أن تكون الزوايا المبينة بالرسم لا تقل عن 30° ولا تزيد عن 120° ،



شكل رباعي ذو مركز

(ج) شكل متعدد الأضلاع ذو مركز

الشكل الخماسي أحسن أشكال هذا النوع وتضعف قوة الشكل كلما زاد عدد الأضلاع عن ستة، بالإضافة إلى صعوبة الضبط والتصحيح ويجب تجنب ذلك بقدر الإمكان،

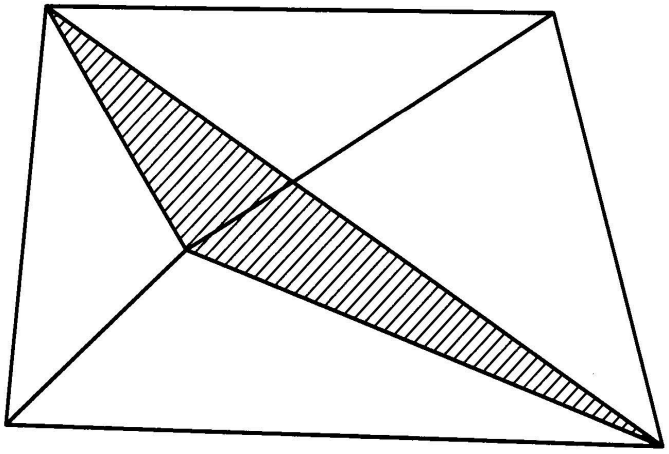


شكل متعدد الأضلاع ذو مركز

(د) الأشكال المتداخلة

الأشكال المتداخلة متينة جداً من الناحية النظرية لأن المثلثات المشتركة تربط الأشكال مع بعضها بقوة تامة ويكون لها نفس القوة من الناحية العملية كما لو ضبطت الشبكة كلها

متكاملةً. ولكن هذه الأشكال تحتاج لحسابات معقدة ولذلك يجب تجنبها بقدر الإمكان،



شكل رباعي متداخل ذو مركز

أنواع الشبكات المثلثية من حيث طريقة العمل

1 – شبكات مقاسة الزوايا

في هذه الطريقة يتم قياس جميع زوايا الشبكة ويقاس طول خط قاعدته وانحرافه وإحداثيات إحدى نقاطه في بداية الشبكة ومثله في نهايتها للتحقيق .

2 – شبكات مقاسة الأضلاع

وهي طريقة استحدثت بعد تطور الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات ، حيث يتم قياس جميع أطوال أضلاع شبكة المثلثات، ومن عيوبها قلة عدد الاشتراطات.

3 – شبكات المثلثات المزدوجة

في هذه الطريقة يتم قياس جميع أضلاع وجميع زوايا شبكة المثلثات بغرض الحصول على دقة أعلى في ضبط وتصحيح الشبكة وحساب إحداثيات نقاطها.

استكشاف وتثبيت نقاط شبكة المثلثات

إن نجاح تصميم شبكة المثلثات يتوقف كثيراً على عملية الاستكشاف التي تعتبر من العمليات الأساسية في مراحل تنفيذ شبكة المثلثات. والغرض من عملية الاستكشاف هو التعرف على طبيعة الأرض لاختيار أفضل المواقع لتثبيت نقاط شبكة المثلثات بما لا يتعارض مع مواصفات النقاط ومتانة شبكة المثلثات وكذلك لاختيار أفضل المواقع لإنشاء خطوط قواعد شبكة المثلثات ،وتعطى عملية الاستكشاف عناية كبيرة حيث تتوقف عليها تكاليف العمل، ومن المعلومات التي يتم الحصول عليها أثناء عملية الاستكشاف البيانات التالية :

1. المنسوب التقريبي لنقاط شبكة المثلثات.
2. العقبات التي قد تعترض مسار الرؤية بين نقاط شبكة المثلثات.
3. وسائل المواصلات الضرورية للانتقال بين النقاط المختلفة.
4. وسائل الإمداد بالتموين والمياه.
5. رسم تخطيطي للمنطقة عند عدم وجود خريطة سابقة.
6. توفير كل ما يحتاجه العمل لضمان عدم تعطيل العمل أو فشله.

وتستخدم مع عملية الاستكشاف الأجهزة البسيطة مثل الثيودوليت البسيط والبوصلة المغناطيسية والشريط وأدوات الرسم وبعض وسائل النقل التي تساعد على التنقل في أرجاء الموقع حسب طبيعة الأرض .

تلي مرحلة الاستكشاف عملية تثبيت نقط شبكة المثلثات في الطبيعة ورسم كروكيات الشبكة وعمل بطاقة وصف لكل نقطة من نقاط شبكة المثلثات وتربط بثلاثة أهداف واضحة ومحددة في الطبيعة، ويجب التأكد من أن نقاط شبكة المثلثات المختارة توافق الشروط الواجب مراعاتها عند اختيار نقاط المثلثات وإلا يجب تغيير موقعها في نطاق محدود. ويجب الحرص عند تعيين مواقع النقاط في الطبيعة والتأكد من ثباتها وعدم تأثرها بأي عامل من العوامل، ولضمان سلامة نقط شبكة المثلثات نتبع الطريقة الآتية:

- تدفن النقطة الأصلية تحت سطح الأرض على مسافة مناسبة وتعلم بعلامة حديدية وتوضع علامة أخرى فوق سطح الأرض للاستدلال على مكان النقطة الأصلية .

خطوات انشاء شبكة المثلثات

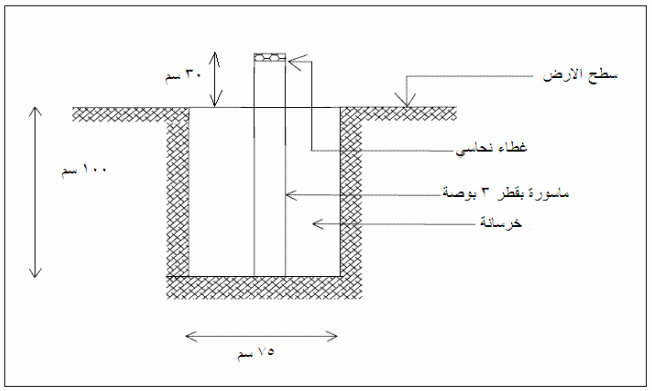
يعد الاستكشاف أول خطوة في إنشاء شبكة مثلثات وهو إن كان أشق عملية للمساحات الشاسعة إلا أن نجاح تشكيل الشبكة يعتمد علي دقة الاستكشاف. تهدف عملية الاستكشاف إلي اختيار مواقع نقاط المثلثات و مواقع خطوط القواعد وأيضا تحديد المعوقات (أية معوقات تمنع الرؤية وخط النظر بين النقاط) المطلوب إزالتها. يمكن الاعتماد علي الخرائط القديمة للمنطقة (أو المرئيات الفضائية الآن) في أعمال الاستكشاف و اختيار مواقع نقاط المثلثات.

عند اختيار مواقع نقاط المثلثات يجب مراعاة الآتي:

١. كل نقطة تري النقاط التي حولها بكل وضوح.
٢. أن تتراوح الزوايا بين أضلاع المثلثات (التي تكونها هذه النقاط) بين ٣٠ و ١٢٠ درجة بقدر الإمكان وتفضل المثلثات متساوية الأضلاع تقريبا.
٣. تجنب النقاط القريبة من سطح الأرض وذلك تفاديا لتأثير الانكسار الضوئي عند الرصد.
٤. اختيار مواقع النقاط في مواقع مرتفعة و مشرفة علي مناطق واسعة لسهولة رؤية الهدف من مسافات بعيدة.
٥. أن تكون مواقع النقاط في أماكن ثابتة غير معرضة للضياع أو للعبث بها.
٦. أن تكون أضلاع المثلثات متناسقة فلا توجد أضلاع طويلة جدا وأخري صغيرة جدا.
٧. أن تكون العقبات المراد إزالتها (تعيق خط النظر بين النقاط) أقل ما يمكن تفاديا لارتفاع تكلفة المشروع.

لإنشاء نقط المثلثات يتم بناء مواقع النقاط بعلامات خاصة تدل على النقطة وتساعد في سهولة الوصول اليها٠ وتختلف هذه العلامات طبقا لدرجة نقط المثلثات وطبيعة المكان المنشأة به، ومن هذه العلامات:

- البراميل الخراسانية بقطر ٦٠ سم وارتفاع ١١٠ سم وتستخدم في نقاط مثلثات الدرجة الاولى٠
- القضبان الحديدية التي يتراوح طولها بين ١٥٠ ، ٢٠٠ سم بقطر ٤ بوصة ويظهر منها حوالي ١٠ سم فوق سطح الأرض ويمكن صب جزء حرساني حول قاعدتها لضمان ثباتها٠ ويستخدم هذا النوع في مثلثات الارياف٠
- قطع الخشب المربعة ١٥×١٥ سم وبوسطها ثقب به مسمار نحاسي يحدد مركزها وتوضع أعلى أسطح المباني في المدن٠



نموذج لبناء علامة مثلثات

- يتم ربط هذه النقطة بثلاثة أهداف وعمل (بطاقة الوصف) وتكون هذه الأهداف محددة وثابتة ويمكن تمييزها بسهولة حتى يمكن الرجوع إليها والاستعانة بها في حالة فقد النقطة الأصلية.

شروط اختيار نقاط شبكة المثلثات

1. أن تكون النقط في أماكن ثابتة غير معرضة للعبث بها أو الضياع مع سهولة الوصول إليها.
2. أن تكون النقط في أماكن مرتفعة وتطل على مناطق واسعة لتجنب بناء الأبراج بقدر الإمكان .
3. أن ترى كل نقطة النقاط التي حولها بوضوح .
4. أن لا تزيد الزوايا بين أضلاع شبكة المثلثات عن 120° ولا تقل عن 30°
5. تجنب النقط القريبة من سطح الأرض لتفادي التأثير السلبي للانكسار الضوئي.
6. أن تكون عملية إزالة الأشجار وما شابهها من عقبات تعترض خطوط المثلثات محصورة في أقل قدر ممكن.

شروط اختيار خط القاعدة

يقاس خط القاعدة في بداية الشبكة ونهايتها للتحقيق ويراعى عند اختيار أماكن خطوط قاعدة شبكات المثلثات ما يلي:

1. أن تسمح المنطقة بربط أو اتصال جيد بين خط القاعدة وشبكة المثلثات لإنشاء شبكة من المثلثات المتينة.
2. أن تكون المنطقة مكشوفة وليس بها عوائق.
3. **ان تسمح بقياس خط القاعدة مباشرة**
4. أن لا يزيد الانحدار على طول خط القاعدة عن 2/1 .
5. أن تكون نقطة الأساس أحد طرفي خط القاعدة .
6. يجب أن يكون خط النظر بين طرفي خط القاعدة بعيداً عن سطح الأرض بمسافة مناسبة على مدى طوله كله حتى لا يتأثر بالانكسار الضوئي .

الميزانية الجيوديسية

الميزانية الجيوديسية هي إحدى أنواع الميزانيات التي تجرى للمساحات الكبيرة و يدخل في إجرائها اعتبار تأثير الانكسار وكروية الأرض وهي نوعان :

1 – الميزانية الدقيقة ، 2 – الميزانية المثلثية

الميزانية الدقيقة

تستعمل الميزانيات الدقيقة في الأعمال التي تتطلب تعيين المناسيب بدقة عالية مثل (تحديد مناسيب الروبيرات) وتستعمل في الميزانية الدقيقة موازين مساحية دقيقة ذات مواصفات خاصة وقامات دقيقة.

والغرض الأساسي من الميزانية الدقيقة (ميزانية الدرجة الأولى) هو تعيين مناسيب مجموعة نقط بدقة عالية بالنسبة لمستوى المقارنة أو المنسوب المتوسط لسطح البحر. وهذه النقط تسمى روبيرات الدرجة الأولى، وتوضع على مسافات كبيرة من بعضها قد تصل إلى 60 كيلومتر، وتتفرع منها حلقات لربط نقط أخرى ثابتة تسمى روبيرات الدرجة الثانية ثم تتفرع منها حلقات أخرى لربط روبيرات الدرجة الثالثة ، وروبيرات الدرجتين الثانية والثالثة. تستخدم الروبيرات في ضبط مناسيب التفاصيل عند تنفيذ وتصميم المشروعات وكل من هذه الروبيرات لها دقة خاصة في القياس وفي الخطأ المسموح. ويجب تعيين مناسيب نقط خطوط قواعد شبكات المثلثات بواسطة الميزانية الدقيقة.

والميزانية الدقيقة وإن كانت تشابه الميزانية العادية في كثير من أوجه إجرائها إلا أنه يلزم اتخاذ بعض الاحتياطات واتباع طرق خاصة في الرصد والتصحيح مع استعمال أجهزة عالية الدقة للحصول على الدقة المطلوبة .

مصادر الأخطاء في الميزانية الدقيقة

1 – هبوط الميزان أو القامة تدريجياً وباستمرار عند وضعها على أرض رخوة.

2 – تمدد أجزاء الميزان تمدداً غير متساوٍ عند تعرضه للشمس أو التغيير في درجات الحرارة.

3 – التغير في الانكسار الجوي.

4 – اختلاف بعد الميزان عند كل من المقدمة أو المؤخرة.

5 – وضع نقطة الدوران في أرض غير صلبة.

6 – عدم وضع القامة رأسية تماماً.

أغراض الميزانية الدقيقة

1 – عمل هيكل ثابت للميزانيات العادية وذلك بإنشاء شبكات روبيرات الدرجة الأولى.

2 – في البحوث الجيوديسية التي تتناول الجاذبية الأرضية والمقارنة بين سطوح البحار والمحيطات.

3 – بحث تحركات المباني والمنشآت الضخمة وهبوطها.

4 – توقيع مناسيب المشاريع الهندسية الدقيقة كالجسور والسدود.

5 – بحث الارتفاع والانخفاض الناتج عن تحرك القشرة الأرضية.

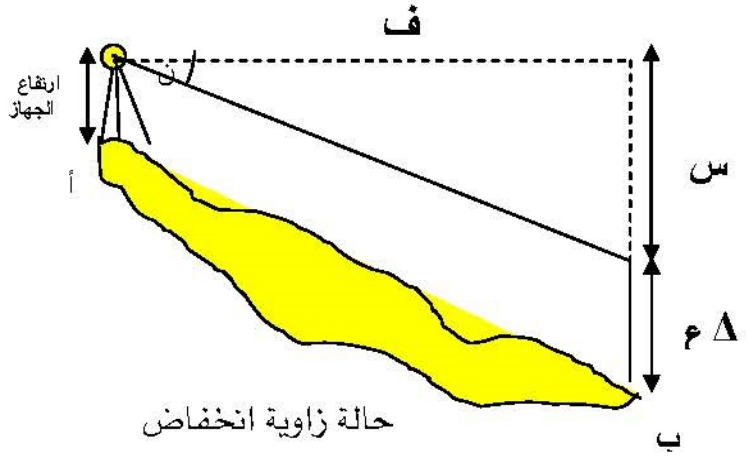
الميزانية المثلثية

يصعب استخدام الميزانيات الدقيقة والعادية في بعض المناطق الجبلية ذات التضاريس الوعرة ويفضل استخدام الميزانية المثلثية التي تقاس فيها الزوايا الرأسية باستخدام أجهزة المحطة الشاملة أو جهاز الثيودوليت مع قياس المسافات المائلة أو الأفقية بين النقاط. وتعتبر المناسيب المعينة بطرق الميزانية المثلثية أقل دقة من الميزانية الدقيقة والعادية . وتتطلب

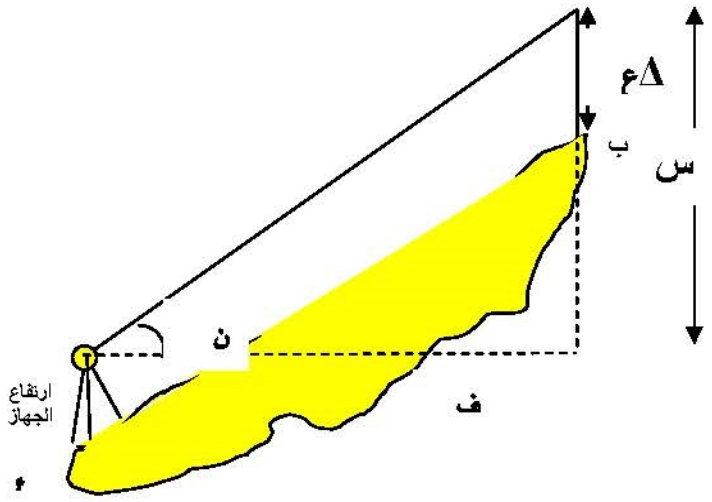
الميزانية المثلثية طرق واحتياطات خاصة أثناء عملية الرصد ، وتستعمل عندما يتعذر استعمال الميزانية الدقيقة بسبب الاختلاف الكبير في المناسيب. وتستخدم الميزانية المثلثية لتعيين مناسيب نقط شبكات المثلثات.

حساب المناسيب باستخدام الميزانية المثلثية

- يتم حساب المناسيب بمعلومية منسوب إحدى نقاط خط القاعدة وأطوال أضلاع الشبكة المحسوبة والزوايا الرأسية المرصودة (ارتفاع أو انخفاض) ، انظر الشكل



حالة زاوية انخفاض



حالة زاوية ارتفاع

الميزانية المثلثية

من الرسم أعلاه يلاحظ أن :

ف = المسافة الأفقية

س = المسافة الرأسية

ن = زاوية الارتفاع أو الانخفاض

Δع = ارتفاع التهديف

م ب = منسوب الهدف

م أ = منسوب المرصد

المسافة الرأسية = المسافة الأفقية × ظل الزاوية الرأسية

$$س = ف \times ظا\ ن$$

منسوب الهدف = منسوب المرصد+ ارتفاع الجهاز ± المسافة الرأسية – ارتفاع التهديف

$$م_ب = م_أ + ل \pm س - \Delta ع$$

حيث الإشارة + عندما تكون المسافة الرأسية في حالة زوايا الارتفاع

والإشارة - عندما تكون المسافة الرأسية في حالة زوايا الانخفاض.

ارتفاع التهديف = صفر في حالة التهديف أسفل الهدف.

مثال

الجدول التالي يوضح أرصاد الميزانية المثلثية للأهداف B ، C ، D من المرصد A ، المطلوب حساب مناسيب النقط B ، C ، D علماً بأن منسوب نقطة A = 150 متر فوق مستوى سطح البحر وارتفاع الجهاز فوقها = 1.65 م

جدول أرصاد الميزانية المثلثية (النقطة المحتلة: A)

الهدف	وضع الجهاز	القراءة الرأسية	مقدار الزاوية الرأسية	متوسط الزاوية الرأسية	نوع الزاوية	ارتفاع التهديف
B	س	°89 ′53 ″20	°00 ′06 ″40	°00 ′06 ″36	ارتفاع	1.16
	م	°270 ′06 ″32	°00 ′06 ″32			
C	س	°89 ′30 ″28	°00 ′29 ″32	°00 ′29 ″25	ارتفاع	0.00
	م	°270 ′29 ″18	°00 ′29 ″18			
D	س	°90 ′19 ″50	°00 ′19 ″50	°00 ′19 ″44	انخفاض	1.16
	م	°269 ′40 ″22	°00 ′19 ″38			

الحل

المسافة الرأسية = المسافة الأفقية × ظا الزاوية الرأسية

س = ف × ظا ن

منسوب الهدف = منسوب المرصد + ارتفاع الجهاز ± المسافة الرأسية - ارتفاع التهديف

$م_B$ = $م_A$ + ل ± س - Δ ع

- حساب المسافات الرأسية للأهداف الثلاثة : B ، C ، D

$س_B$ = 381.874 × ظا (36" 06' °00) = 0.733 متر

$س_C$ = 389.861 × ظا (25" 29' °00) = 3.336 متر

$س_D$ = 535.254 × ظا (44" 19' °00) = 3.072 متر

- حساب المناسيب للأهداف الثلاثة : B ، C ، D

$م_B$ = 150 + 1.65 + 0.733 - 1.16 = 151.223 متر

$م_C$ = 150 + 1.65 + 3.336 - 0.00 = 154.986 متر

$م_D$ = 150 + 1.65 - 3.072 - 1.16 = 147.418 متر

ملحوظات:

- يمكن الاستعانة بالجدول التالي إذا كانت الأهداف عديدة وذلك لتنظيم وترتيب عملية حساب المناسيب.

منسوب سطح الجهاز = منسوب المرصد + ارتفاع الجهاز = ($م_A$ + ل)

المرصد	الهدف	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية (متر)	منسوب سطح الجهاز(متر)	المسافة الرأسية (متر)	ارتفاع التهديف (متر)	المنسوب (م) (متر)
A	B	+36" 06' °00	381.874	151.65	0.733+	1.16	151.223
	C	+25" 29' °00	389.861	151.65	3.336+	0.0	154.986
	D	- 44" 19' °00	535.254	151.65	3.072 -	1.16	147.418

تمارين

س1 اذكر أهمية شبكات المثلثات؟

س2 اذكر أنواع شبكات المثلثات من حيث الشكل.

س3 قارن بين درجات شبكات المثلثات.

س4 ما هي أنواع الميزانية الجيوديسية ؟

س5 اذكر مصادر الأخطاء في الميزانية الدقيقة؟

س6 اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها في عمل الميزانية الدقيقة؟

س7 ما هي أهم مميزات القامة الدقيقة ؟

س8 متى تستعمل الميزانية المثلثية ؟ وما هو الجهاز المستخدم في الرصد ؟

س9 احسب مناسيب النقاط B ، C ، D بطريقة الميزانية المثلثية ، إذا كانت قياسات الميزانية المثلثية كما هو مسجل في الجدول التالي:

المرصد	الهدف	المسافة الأفقية	الزاوية الرأسية المقاسة	ارتفاع التهديف	نوع الزاوية
A	B	400.567 متر	°00 ′05 ″19	1.52 متر	ارتفاع
	C	327.512 متر	°01 ′00 ″12	1.52 متر	ارتفاع
	D	451.912 متر	°00 ′39 ″49	1.52 متر	انخفاض

علماً بأن منسوب النقطة A = 941.115 متر.

وارتفاع الجهاز فوق نقطة A = 1.68 متر.

البـــاب الثالث

الأشتراطات والمتانة

الإشتراطات

الأرصاد الشرطية وغير الشرطية

(CONDITIONED)

(& UNCONDITIONED OBSERVATIONS)

تقسم الأرصاد عامة إلى نوعين :

١ ــ أرصاد شرطية

فى هذا النوع تكون الأرصاد أزيد من الحاجة ــ والأرصاد الشرطية مطلوبة دائماً فى الأعمال الجيوديسية الدقيقة ففيها تكون الأرصاد كافية لتحديد المجاهيل ، بالإضافة إلى أرصاد زائدة عن الحاجة لتساعد على تكوين الشروط . ويكون عدد الشروط فى الشكل يساوى عدد الأرصاد الزائدة . وهى تستعمل لزيادة دقة تصحيح الأرصاد .

٢ ــ أرصاد غير شرطية :

وهى الأرصاد التى تكفى فقط لتعيين المجاهيل المطلوبة ، وبذا فهى غير خاضعة لشروط ما ، وهذه الأرصاد لا تكون موضع ثقة حيث لا توجد شروط من شأنها عمل تحقيق وإكتشاف ما يحدث من أخطاء أثناء الرصد .

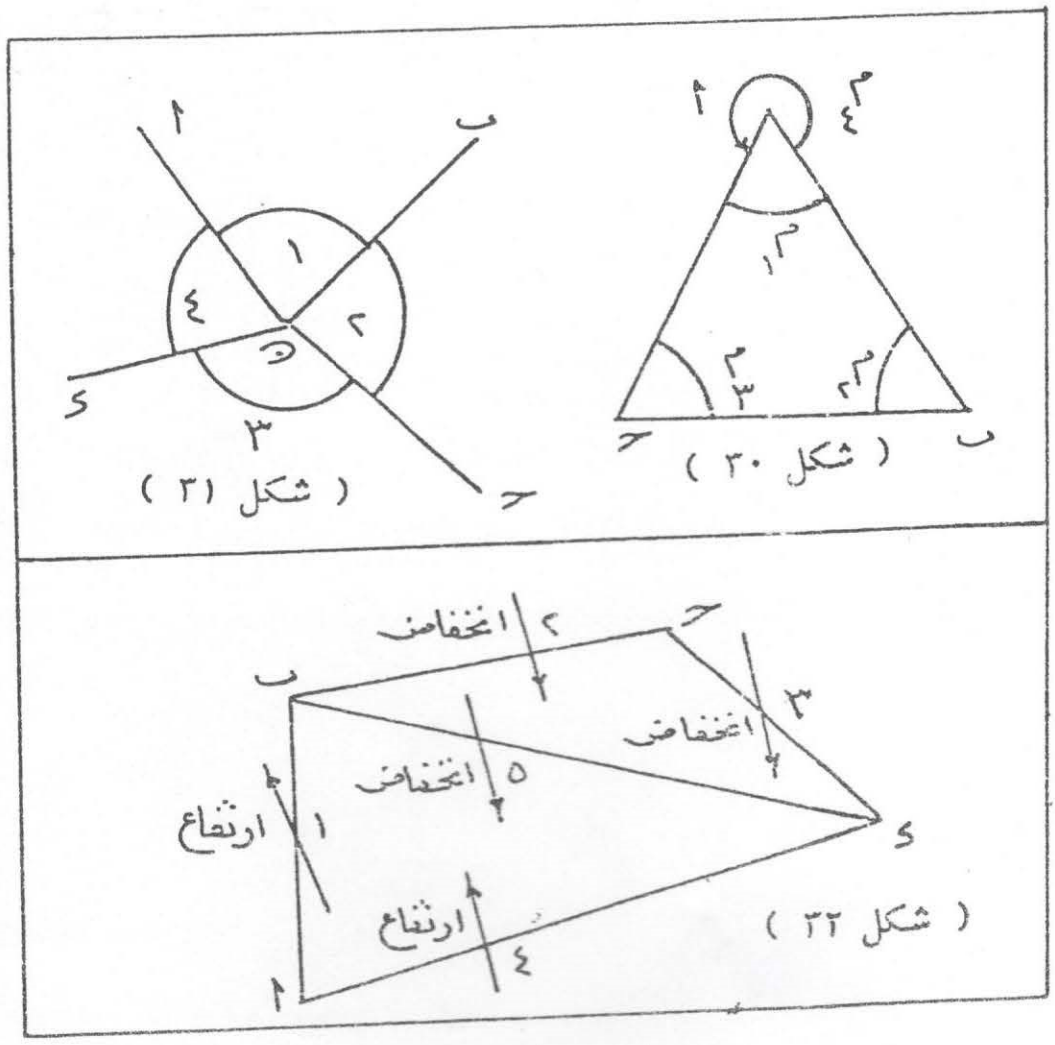
أمثلة على الأرصاد الشرطية :

١ ــ فى شكل (٣٠) ا ب حـ مثلث معلوم فيه طول ا ب ، وقيست زواياه الثلاث م$_{١}$ ، م$_{٢}$ ، م$_{٣}$. الأرصاد الضرورية لرسم الشكل هى ضلع وزاويتان فقط م$_{١}$ ، م$_{٢}$ ، وبما أننا قسنا أزيد من الضرورى ، لذلك فإن الأرصاد فى هذه الحالة تكون شرطية لزاوية م$_{٣}$ الزائدة عن الحاجة إذا أنه من الممكن استنتاجها

حيث أن مجموع زوايا المثلث يساوى ١٨٠° . وبذلك يكون عدد الشروط شرط واحد .

وإذا قسنا الزاوية م٤ بالاضافة إلى ما سبق فإن الشروط تزيد لأن م٤ يمكن استنتاجها أن مجموع م١ ، م٤ = ٣٦٠° وبذا فيكون لدينا شرطان .

٢ ــ فى شكل (٣١) قيست الزوايا ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ حول النقطة (ن) ومعنى ذلك أننا قفلنا الأفق حول هذه النقطة وحيث أنه كان يلزم ثلاث زوايا فقط لتعيين الإتجاهات فنكون قد قمنا بعمل أرصاد تزيد عن الحاجة ، وتكون فى هذه الحالة الأرصاد شرطية لشرط واحد . فمثلا كان يكفى قياس الزوايا ١ ، ٢ ، ٣ وتستنتج الزاوية ٤ من شرط قفل الأفق وهو أن مجموع الزوايا الأربع يساوى ٣٦٠° .



أما إذا قيست زاويتان فقط فى المثال الأول ، وثلاث زوايا فى المثال الثانى تصبح الأرصاد غير شرطية ولا يوثق بها بالمرة .

٣ ــ فى شكل (٣٢) عملت ميزانية دقيقة من الروبير لتعيين ثلاثة روبيرات ب ، حـ ، د وأوجدنا عمليا فروق المناسيب (١) ، (٢) ، (٣) ، (٤) ، (٥) الضرورى هنا ثلاثة فروق فقط وبما أننا قسنا أكثر من ذلك فإن الأرصاد تصبح شرطية .

أنواع الاشتراطات العامة فى الشبكات المثلثية

هناك نوعان من الأشتراطات فى أى شبكة مثلثية وهما :

أولا ــ الأشتراطات الخارجية

وهى عبارة عن اشتراطات خاصة بربط شبكة المثلثات مع خطوط القواعد أو مع شبكات مجاورة سبق ضبطها وتصحيحها وهذه الأشتراطات هى :

١ ــ شروط طول قاعدة التحقيق :

وهو أن الطول المحسوب لقاعدة التحقيق من قاعدة أخرى عن طريق حل المثلثات بعد إضافة التصحيحات اللازمة للزوايا إضافة جبرية ، يجب أن يساوى الطول المقيس لها .

٢ ــ شروط الانحراف :

الأنحراف المحسوب لأى قاعدة من قاعدة أخرى بعد إضافة التصحيحات اللازمة للزوايا ، يجب أن يساوى الانحراف المرصود لهذه القاعدة .

٣ ــ شروط خط الطول والعرض :

إن خط الطول المحسوب لأحد طرفى القاعدة بعد إضافة التصحيحات اللازمة للزوايا يجب أن يساوى خط الطول المرصود فلكيا لهذا الطرف ، وبالمثل لخط العرض . وهذا الشرط مطلوب فى مثلثات الدرجة الأولى فقط .

ثانيا ــ الأشتراطات الداخلية

هى علاقة يجب تحقيقها لضمان ثبات قيمة الإحداثيات التى يتم الحصول عليها من حساب الشبكة المثلثية .

١ ــ عدد الأشتراطات الداخلية :

كلما زاد عدد الأشتراطات بصورة مقبولة كلما زاد ضمان صحة ودقة العمل وزادت ثقتنا بهذه الأرصاد ، ويعين عدد الأرصاد اللازمة أو الضرورية فقط لرسم أى شكل كما يلى :

عدد الأرصاد اللازمة لأى شكل معين = ٢ (عدد النقط ــ ٢)	(١)

عدد الأشتراطات الكلية = عدد الأرصاد التى أجريت ــ عدد الأرصاد الضرورية لرسم الشكل	(٢)

أمثلـــة

مثال (١) :

مثلث أ ب حـ رصدت زواياه الثلاث ومعلوم طول ضلع منه

عدد الأرصاد الضرورية للشكل (معادلة ١) = ٢ (٣ ــ ٢) = ٢

عدد الأشتراطات (معادلة ٢) = ٣ ــ ٢ = ١

وهذا الشرط هو وجوب مساواة مجموع الأرصاد بعد تصحيحها للمقدار ١٨٠° + الزيادة الكرية (ن) ، فإذا كانت ف١ ، ف٢ ، ف٣ هى قيم التصحيحات الواجب إضافتها إلى الأرصاد م١ ، م٢ ، م٣ على التوالى ليكون مجموعها = ١٨٠ + ن فتكون المعادلة الشرطية هى :

$$(م_1 + ف_1) + (م_2 + ف_2) + (م_3 + ف_3) = ١٨٠° + ن$$

وهذا ما يطلق عليه الشرط المثلثى

وفى شكل (٣٠) إذا كان عدد الزوايا المرصودة هو ٤ (م١ ، م٢ ، م٣ ، م٤) فإن عدد الأشتراطات يساوى ٤ ــ ٢ = ٢

الشرط الأول هو الشرط المثلثى السابق أما الشرط الثانى السابق ذكره فهو ما يطلق عليه الشرط المحلى أى أن مجموع الزوايا حول نقطة يجب أن يساوى ٣٦٠° وبذا يكون هذا الشرط المحلى هو :

(م١ + ف١) + (م٤ + ف٤) = ٣٦٠°

مثال (٢) :

دائرة الميزانية الدقيقة (شكل ٣٢) .

عدد الأرصاد اللازمة = ٣

عدد الأشتراطات = ٥ ــ ٣ = ٢

(وعلى العموم فإنه عند تكوين الأشتراطات لابد من ادخال أو احتواء كل الأرصاد فى مجموعة المعادلات الشرطية وهذا الشرط هام جدا)

مثال (٣) :

حالة سلسلة فردية بسيطة من المثلثات .

شكل (٣٣) يبين سلسلة من مثلثات مرصود فيها جميع زوايا المثلثات ١ ، ٢ ، ... ، ١٥ .

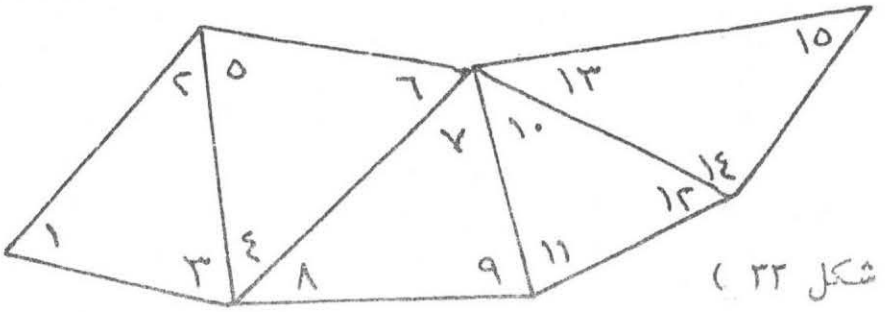
عدد الأرصاد الضرورية = ٢ (٧ ــ ٢) = ١٠

عدد الأشتراطات = ١٥ ــ ١٠ = ٥

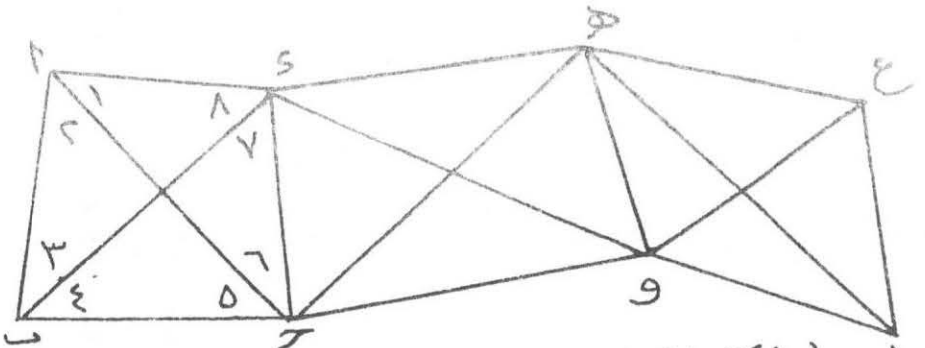
وهى خمسة شروط مثلثية لكل مثلث شرط يمكن كتابتها كما فى المثال (١)

مثال (٤) :

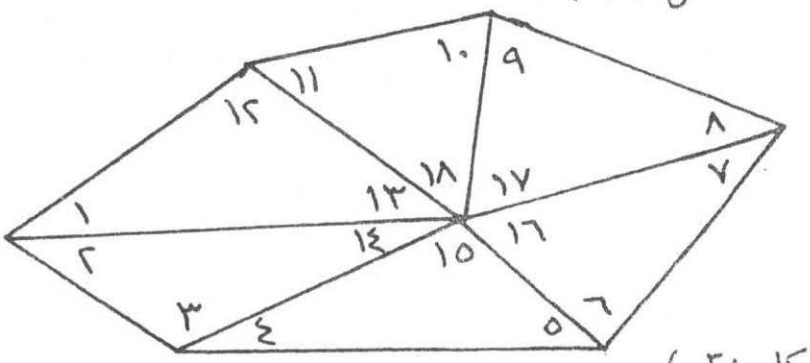
حالة السلسلة المكونة من أشكال رباعية مقاس فى كل شكل زواياه الثمانية (١ ــ ٨) فى شكل (٣٤) .



(شكل ٣٣)



(شكل ٣٤)



(شكل ٣٥)

عدد الأشتراطات = عدد الأشكال الرباعية × عدد الأشتراطات الخاصة بكل شكل رباعى

عدد الأرصاد فى الشكل الرباعى الواحد = ٨

لأرصاد الضرورية للشكل الرباعى الواحد = ٢ (٤ ــ ٢) = ٤

عدد الأشتراطات فى الشكل الرباعى الواحد = ٨ ــ ٤ = ٤

إذا فرض أن عدد الأشكال الرباعية فى السلسلة = ن

عدد الأشتراطات فى السلسلة كلها = ٤ ن

٢ ــ أنواع الاشتراطات الداخلية

عرفنا فيما سبق العدد الكلى للأشتراطات الداخلية ونبين فيما يلى أنواع هذه الأشتراطات .

١ ــ الشرط المحلى : (Local Condition)

ويطلق عليه أيضا شرط قفل الأفق ، وهذا الشرط هو أن مجموع الزوايا الأفقية المرصودة حول أى نقطة يجب أن يساوى ٣٦٠° . وإلا فإن الفرق يصحح بطريقة نظرية أقل مجموع لمربعات التصحيح فى الأعمال الدقيقة أو يوزع الخطأ على الزوايا إما بالتساوى بينها أو حسب أوزانها .

٢ ــ شروط القفل المثلثى :

وهو أن مجموع زوايا كل مثلث فى الشبكة المثلثية بعد تصحيح هذه الزوايا يجب أن يساوى ١٨٠ + الزيادة الكروية . وأحيانا قد يكون الشرط المثلثى فى صورة أن مجموع زوايا شكل رباعى = ٣٦٠° + الزيادة الكرية وأن مجموع زوايا أى مضلع = (٢ ن ــ ٢) + الزيادة الكرية ، حيث ن عدد النقط .

٣ ــ الشرط الضلعى (Side Equation)

ا ــ الشرط الضلعى فى الشكل الرباعى المرصود القطرين :

لشرح الشرط الضلعى نأخذ حالة الشكل الرباعى المقاس زواياه الثمانية : فى

٣ ــ تحديد أنواع الأشتراطات الداخلية

لمعرفة عدد كل نوع من أنواع الأشتراطات العامة الثلاثة تتبع القواعد الآتية :

الأولى ــ نعين نقط الشكل نقطة بنقطة ونوصل كل نقطة عينت بجميع النقط السابق تعيينها .

تنبيهات هامة :

ا ــ يجب عند البدء أن يكون أول خط مرصود الطرفين .

ب ــ أن تكون جميع زوايا الشبكة أما أن تكون مرصودة أو يمكن استنتاج قيمة كل منها

الثانية ــ نحذف الأشعة المارة بتلك النقطة والتى لم ترصد لا من طرف واحد ولا من طرفين .

الثالثة ــ نعين كل نوع من أنواع الأشتراطات بعد الخطوة السابقة كما يلى مع إضافة كل نوع من الأنواع عند النقط المختلفة .

عدد الاشتراطات المثلثية = عدد الاشعة المارة بتلك النقطة ورصدت من طرفيها - 1

عدد الاشتراطات الضلعية = عدد الاشعة المارة بتلك النقطة ورصدت من احد الطرفين او كليهما -2

عدد الاشتراطات المحلية = مجموع الاشتراطات الكلي - مجموع الاشتراطات المثلثية والضلعية

الاشتراطات في شبكات المثلثات

في حالة توافر أرصاد أكثر من العدد الفعلي للقياسات الضرورية لرسم شكل أو شبكة ، فيمكن القول أن هذا الشكل تتوافر به بعض الاشتراطات الهندسية٠ فكمثال فان رسم مثلث يتطلب قياس ٣ كميات فقط (زاويتين وضلع أو ضلعين وزاوية ٠٠٠ الخ) ، فإذا تم قياس الزاوية الثالثة فنقول أن هناك شرط هندسي لابد من تحقيقه (وهذا الشرط أن مجموع زوايا المثلث = ١٨٠^0)٠ وتسمى أرصاد الشبكة في هذه الحالة بالأرصاد الشرطية٠ بينما في حالة أن تكون الأرصاد مساوية للعدد الفعلي للقياسات الضرورية المطلوبة فتسمى بالأرصاد غير الشرطية وهى حالة غير مرغوب فيها في المساحة لعدم توافر الاشتراطات التي تساعد على عمل تحقيق واكتشاف أخطاء الرصد٠

أنواع الاشتراطات

يمكن تقسيم الاشتراطات في شبكات المثلثات إلى نوعين رئيسين وهما الاشتراطات الخارجية والاشتراطات الداخلية٠

الاشتراطات الخارجية ترتبط بربط شبكة المثلثات مع الشبكات المجاورة السابق ضبطها (تصحيحها) وهى:

- شرط طول خط القاعدة: طول خط القاعدة المحسوب من الزوايا المصححة يجب أن يساوى طول خط القاعدة المرصود٠
- شروط الانحراف: انحرافات أضلاع الشبكة المحسوبة من الزوايا المصححة يجب أن تساوى الانحرافات المرصودة ٠
- شروط خطى الطول والعرض: خطوط الطول والعرض المحسوبة لأحد طرفي خط القاعدة يجب أن تساوى خطوط الطول والعرض المرصودة فلكيا لهذا الطرف٠

الاشتراطات الداخلية وهى علاقات هندسية يجب تحقيقها لضمان دقة الإحداثيات المحسوبة لنقط المثلثات٠ وكلما زاد عدد الاشتراطات في الشبكة كلما زاد ضمان صحة الأرصاد ودقة العمل٠ وكما سبق الذكر فأن القاعدة العامة لحساب عدد الاشتراطات (ش) لأي شكل أو شبكة :

ش = عدد الأرصاد الفعلية – عدد الأرصاد الضرورية لتوقيع الشكل أو الشبكة

مع ملاحظة أن:

عدد الأرصاد الضرورية لتوقيع أي شكل = ٢ (عدد نقط الشكل – ٢)

أنواع الاشتراطات الداخلية

١- الشرط المحلي: ويسمى أيضا شرط قفل الأفق وهو أن مجموع الزوايا الأفقية المرصودة حول نقطة يجب أن يساوى ٣٦٠ ^{o} ٠

٢- الشرط المثلثي: وهو أن مجموع زوايا المثلث يجب أن يساوى ١٨٠ ^{o} (للمثلث المستوى)

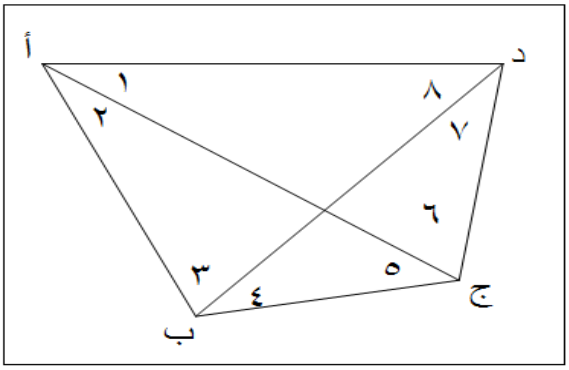
أو أن مجمــوع زوايــا المثلــث يجــب أن يــساوى ١٨٠ ° + ز (للمثلــث الجيوديسي) حيث ز = الزيادة الكرية٠

٣- الشرط الضلعي : لضمان ثبات أطوال الأضلاع المحسوبة بغض النظر عن المسار المتبع بدءا من الضلع المرصود٠ ويجب أولا تصحيح الزوايا المرصودة (أي تحقيق الشروط المحلية والمثلثية) قبل استخدام هذه الزوايا في تحقيق الشرط الضلعي ٠

ويمكن استخدام القوانين التالية لمعرفة عدد كل نوع من الشروط:

عدد الاشتراطات المثلثية = ل – ن ١ عدد
الاشتراطات الضلعية = ع – ٢ ن ٣
حيث:
ن = عدد نقط الشكل
ص = عدد الأرصاد
ل = عدد الأضلاع المرصودة من الاتجاهين
ع = عدد الأضلاع الكلية في الشكل

وتوجد العديد من الطرق لكتابة الشرط الضلعي سنتعرض لأبسطها في مثال الشكل الرباعي مرصود القطرين كما يلي :



الشرط الضلعي للشكل الرباعي

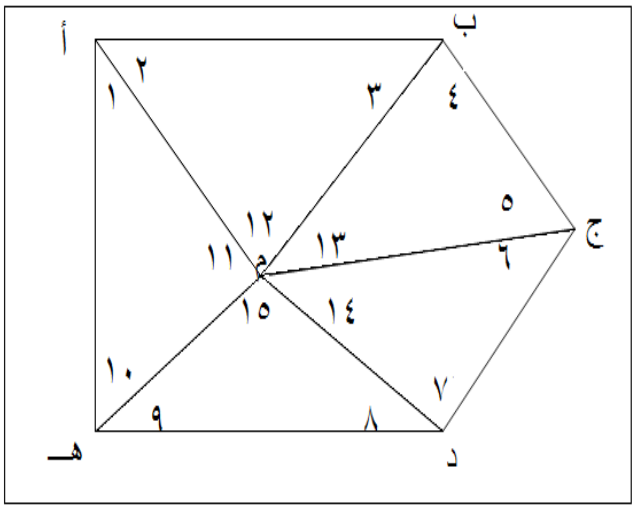
عدد الأرصاد الضرورية لتوقيع الشكل الرباعي = ٢ (عدد نقط الشكل – ٢) = ٤
عدد الأرصاد الفعلية في الشكل الرباعي = ٨
عدد الاشتراطات = عدد الأرصاد الفعلية – عدد الأرصاد الضرورية = ٨ – ٤ = ٤
عدد الاشتراطات المحلية = صفر (لا يوجد قفل أفق في المثال)
عدد الاشتراطات المثلثية = ٣
عدد الاشتراطات الضلعية = عدد الاشتراطات الكلية – (الاشتراطات المحلية + الاشتراطات المثلثية) = ١

$$\frac{\text{جا (م٤)٠ جا (م٢)٠ جا (م٧+م٨)}}{\text{جا (م٧)٠ جا (م٣+م٤)٠ جا (م١)}} = ١$$

نأخذ لوغاريتم هذه المعادلة فنحصل على الشرط الضلعي المطلوب :

لو جا (م٤)+ لو جا (م٢)+ لو جا (م٧+م٨) = لو جا (م٧)+ لو جا (م٣+م٤)+ لو جا (م١)

مثال آخر لكتابة الشرط الضلعي للشكل المركزي : في الشكل التالي لا توجد أي نقطة تصلح لاختيارها كقطب إلا نقطة المركز م وبإتباع الخطوات السابقة نحصل على الشرط الضلعي الآتي:



الشرط الضلعي للشكل المركزي

لو جا (م١) + لو جا (م٣) + لو جا (م٥) + لو جا (م٧ + لو جا (م٩) =
لو جا (م١٠) + لو جا (م٢) + لو جا (م٤) + لو جا (م٦) + لو جا (م٨)

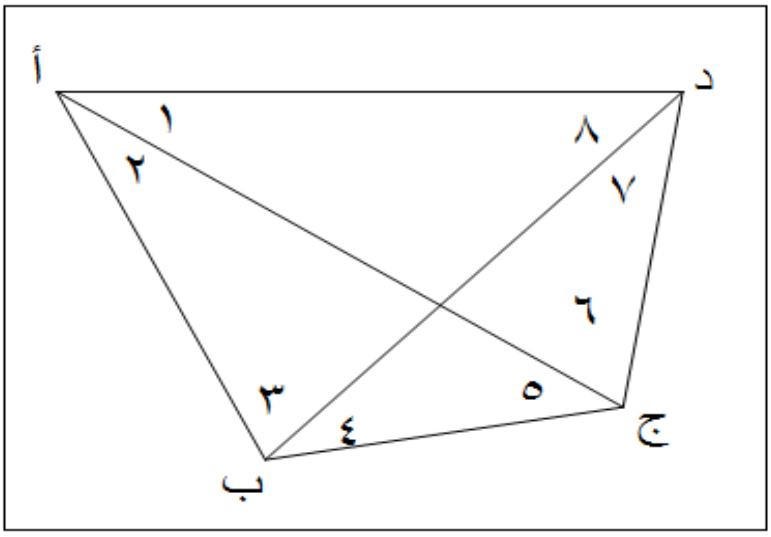
شروط ضبط شبكات المثلثات

من المعروف أن أية قياسات مهما بلغت دقتها تكون بها بعض الأخطاء مهما صغرت قيمتها٠ ولذلك فأن الهدف من إجراء عملية ضبط شبكات المثلثات هو تصحيح الزوايا المرصودة بحيث تحقق كافة الاشتراطات المتوفرة بالشبكة (الاشتراطات المحلية والمثلثية والضلعية)٠ وتوجد العديد من الطرق الرياضية لضبط الشبكات سنتعرض في هذا الباب لإحدى الطرق البسيطة٠

مثال لضبط الشكل الرباعي مرصود القطرين

يعرف الشكل الرباعي ذو القطرين بأنه من أمتن وأقوى الأشكال الهندسية المكونة لشبكات المثلثات وخاصة من الدرجة الأولى ، وفى هذا الشكل نجد أن :

عدد الأرصاد الضرورية لتوقيع الشكل الرباعي = ٢ (عدد نقط الشكل – ٢) = ٤
عدد الأرصاد الفعلية في الشكل الرباعي = ٨
عدد الاشتراطات = عدد الأرصاد الفعلية – عدد الأرصاد الضرورية = ٨ – ٤ = ٤
عدد الاشتراطات المحلية = صفر (إن لم يوجد قفل أفق)
عدد الاشتراطات المثلثية = ٣
عدد الاشتراطات الضلعية = عدد الاشتراطات الكلية – (الاشتراطات المحلية + الاشتراطات المثلثية) = ١



الشكل الرباعي المرصود القطرين

مثال (١) :

مثلث (ا ب حـ) قيست زواياه الثلاث ١ ، ٢ ، ٣

فى شكل (٤١) نفرض أن طول ب حـ معلوم : نعين ب أولا ، وحيث أنه لم يسبق تعيين نقط أخرى فلا توجد أشعة إطلاقاً ونعين حـ ونصلها بنقطة ب (أى أننا نبدأ بخط مرصود طرفيه) .

نعين ا ونصلها بجميع النقط السابق تعيينها أى ب ، حـ فلا يكون هناك حذف

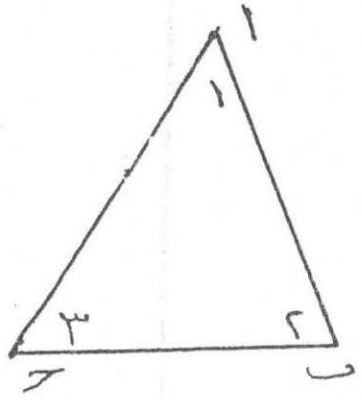
عدد الشروط المثلثية = ٢ ــ ١ = ١

عدد الشروط الضلعية = ٢ ــ ٢ = صفر

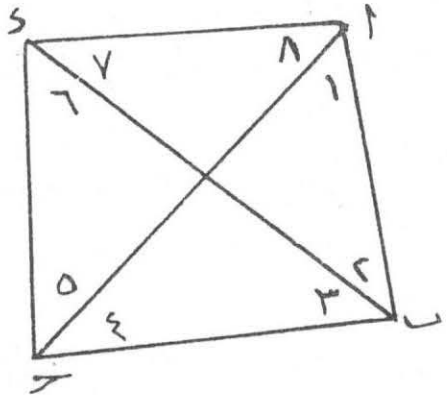
عدد الشروط المحلية = عدد جميع الإشتراطات ــ مجموع عدد الأشتراطات المثلثية والضلعية = ١ ــ (١ + ٠) = صفر

ويمكن وضع النتيجة على الصورة الآتية :

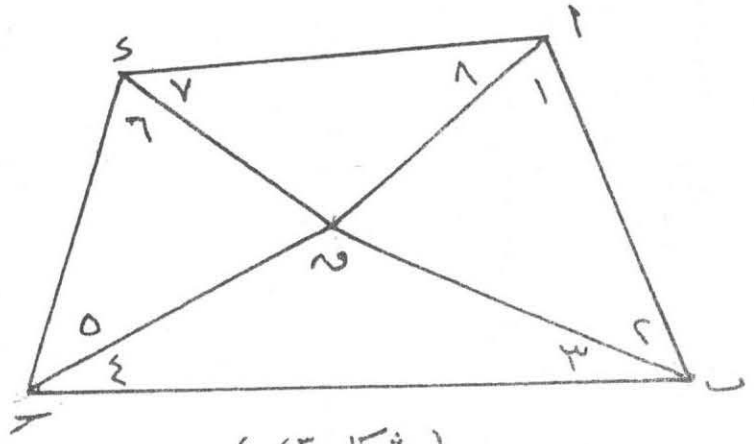
النقطة	المثلثية	الضلعية
ب	صفر	صفر
حـ	صفر	صفر
ا	١	صفر
المجموع	١	صفر



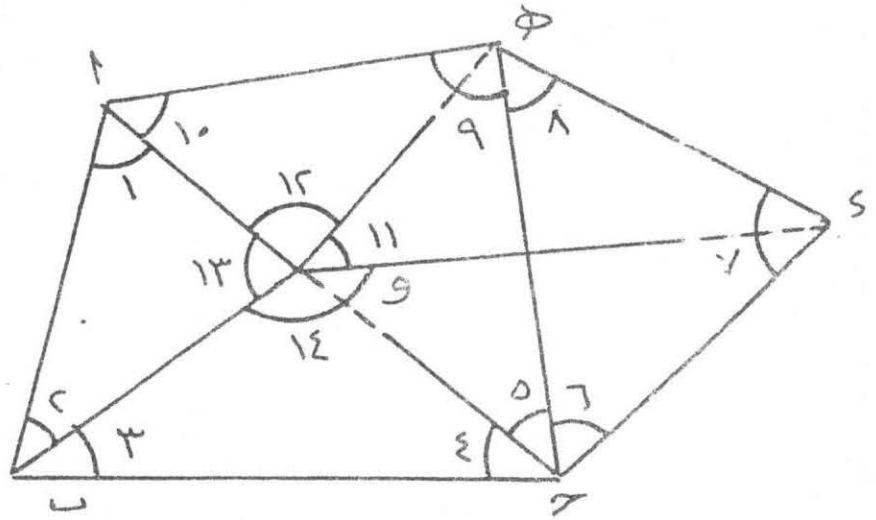
(شكل ٤١)



(شكل ٤٢)



(شكل ٤٣)



(شكل ٤٤)

مثال (٢) : شكل رباعى

شكل (٤٢) يبين شكل رباعى قيست زواياه الثمانية .

النقطة	المثلثية	الضلعية
ا	صفر	صفر
ب	١ ــ ١ = ٠	صفر
حـ	٢ ــ ١ = ١	٢ ــ ٢ = صفر
ء	٣ ــ ١ = ٢	٣ ــ ٢ = ١
المجموع	٣	١

الأشتراطات كلها = ٨ ــ ٢ [٤ ــ ٢] = ٤

الأشتراطات المحلية = ٤ ــ [٣ + ١] = صفر

مثال (٣) : شكل رباعى ذو مركز :

فى شكل (٤٣)

عدد الأشتراطات كلها = ١٢ ــ ٢ (٥ ــ ٢) = ٦

النقطة	المثلثى	الضلعى
ا	صفر	صفر
ب	١ ــ ١ = ٠	صفر
هـ	٢ ــ ١ = ١	صفر
حـ	٢ ــ ١ = ١	صفر
ء	٣ ــ ١ = ٢	٣ ــ ٢ = ١
المجموع	٤	١

عدد الأشتراطات المحلية = ٦ ــ (٤ + ١) = ١

الأشتراطات المثلثية : (أربعة)

(م$_{١}$ + ف$_{١}$) + (م$_{٢}$ + ف$_{٢}$) + (م$_{٩}$ + ف$_{٩}$) = ٥١٨٠ + ن

(م$_{٣}$ + ف$_{٣}$) + (م$_{٤}$ + ف$_{٤}$) + (م$_{١٠}$ + ف$_{١٠}$) = ٥١٨٠ + ن

(م$_{٥}$ + ف$_{٥}$) + (م$_{٦}$ + ف$_{٦}$) + (م$_{١١}$ + ف$_{١١}$) = ٥١٨٠ + ن

(م$_{٧}$ + ف$_{٧}$) + (م$_{٨}$ + ف$_{٨}$) + (م$_{١٢}$ + ف$_{١٢}$) = ٥١٨٠ + ن

الأشتراطات المحلية : (واحد)

(م$_{٩}$ + ف$_{٩}$) + (م$_{١٠}$ + ف$_{١٠}$) + (م$_{١١}$ + ف$_{١١}$)

+ (م$_{١٢}$ + ف$_{١٢}$) = ٥٣٦٠

الشرط الضلعى : (واحد)

لو جا (م$_{٢}$ + ف$_{٢}$) + لو جا (م$_{٤}$ + ف$_{٤}$) + لو جا (م$_{٦}$ + ف$_{٦}$)

+ لو جا (م$_{٨}$ + ف$_{٨}$)

= لو جا (م$_{١}$ + ف$_{١}$) + لو جا (م$_{٣}$ + ف$_{٣}$) + لو جا (م$_{٥}$ + ف$_{٥}$)

+ لو جا (م$_{٧}$ + ف$_{٧}$)

مثال (٤) : شبكة مثلثية

شكل (٤٤) يبين شبكة مثلثات قيست زواياها الأربعة عشر الاتجاهات المبينة بخطوط متقطعة لم ترصد .

عدد الأرصاد اللازمة = ٢ (٦ ــ ٢)

= ٨

عدد الأشتراطات كلها = ١٤ ــ ٨ = ٦

النقطة	مثلثية	ضلعية
ا	صفر	صفر
ب	صفر	صفر
و	٢ ــ ١ = ١	٢ ــ ٢ = صفر
هـ	١ ــ ١ = صفر	٢ ــ ٢ = صفر
حـ	٢ ــ ١ = ١	٣ ــ ٢ = ١
ء	٢ ــ ١ = ١	٣ ــ ٢ = ١
المجموع	٣	٢

الأشتراطات المحلية = ٦ ــ ٥ = ١

وهذا الشرط قفل الأفق حول و .

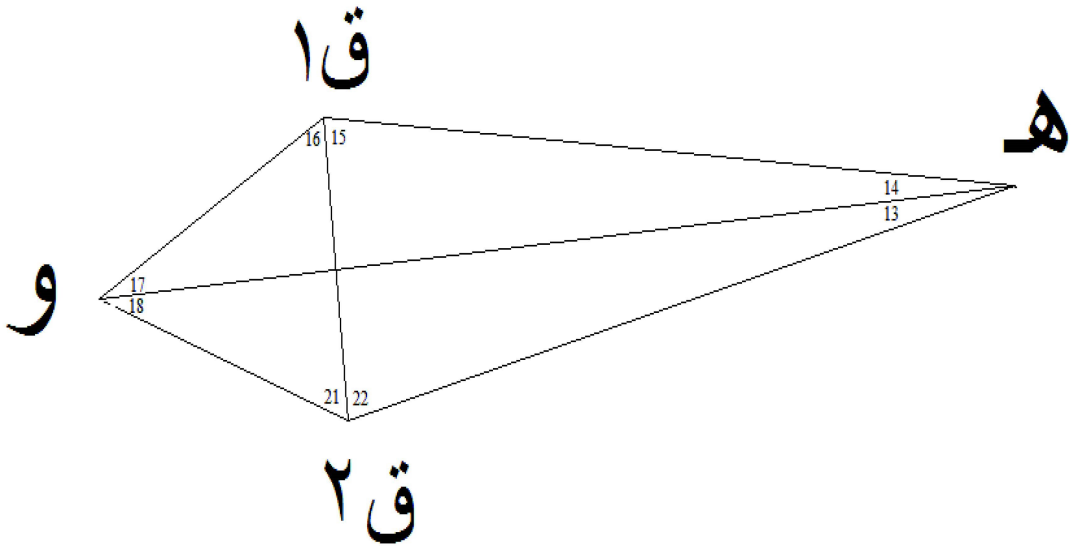
ملحوظة هامة :

١ ــ يجب أن تكون جميع الزوايا مرصودة أو يمكن استنتاجها وإلا فإن الشبكة تكون غير صالحة .

٢ ــ أن نبدأ بضلع مرصود الطرفين إذا أننا لو بدأنا بضلع مرصود بين طرف واحد فالنتيجة خاطئة .

مثال

شبكة مثلثات سداسى ذو مركز متداخل به رباعى مرصود القطرين مع شكل رباعى خط القاعدة



كروكى رباعى خط القاعدة

تصحيح زوايا الشكل الرباعي مرصود القطرين الخاص بخط القاعده

التصحيح إلي (٣٦٠)

الزاوية		القيمة الأكثر احتمالا			التصحيح	قيمة الزاوية بعد التصحيح		
١٣	ق٢ هـ و	٥٩	٣	١٠	+٢	١	٤	١٠
١٤	و هـ ق١	٥٥	٩	١٠	+٢	٥٧	٩	١٠
١٥	هـ ق١ ق٢	٣٦	٥٢	٧٩	–	٣٦	٥٢	٧٩
١٦	ق٢ ق١ و	٣٢	٤٢	٦٢	+١	٣٣	٤٢	٦٢
١٧	ق١ و هـ	٥٣	١٤	٢٧	+٢	٥٥	١٤	٢٧
١٨	هـ و ق٢	٣٧	١	٢٧	+٢	٣٩	١	٢٧
٢١	و ق٢ ق١	٤٨	٠٠	٦٣	–	٤٨	٠٠	٦٣
٢٢	ق١ ق٢ هـ	٣١	٥٣	٧٩	–	٣١	٥٣	٧٩
المجموع		٥١	٥٩	٣٥٩	+٩	٠٠	٠٠	٣٦٠

تصحيح الشرط المثلثي الخاص بخط القاعدة

م	الزاوية	الزاوية بعد التصحيح إلى ٣٦٠	أزواج الزوايا المتقابلة	الفرق	التصحيح	الزاوية بعد تصحيح الشرط المثلثي
١٨	هـ و ق٢	٣٩ ١ ٢٧	٢٧ ٢ ٩٠		٢	٤١ ١ ٢٧
٢١	و ق٢ ق١	٤٨ ٠٠ ٦٣		٦-	١	٤٩ ٠٠ ٦٣
١٤	و هـ ق١	٥٧ ٩ ١٠	٣٣ ٢ ٩٠		----	٥٧ ٩ ١٠
١٥	هـ ق١ ق٢	٣٦ ٥٢ ٧٩			٣-	٣٣ ٥٢ ٧٩
١٦	ق٢ ق١ و	٣٣ ٤٢ ٦٢	٢٨ ٥٧ ٨٩		----	٣٣ ٤٢ ٦٢
١٧	ق١ و هـ	٥٥ ١٤ ٢٧		٤-	٢	٥٧ ١٤ ٢٧
١٣	ق٢ هـ و	١ ٤ ١٠	٣٢ ٥٧ ٨٩		----	١ ٤ ١٠
٢٢	ق١ ق٢ و	٣١ ٥٣ ٧٩			٢-	٢٩ ٥٣ ٧٩

تصحيح الشرط الضلعي للشكل الرباعى مرصود القطرين الخاص بخط القاعده

الطريقة الأولى:

الزاوية		الزاوية بعد تصحيح الشرط المثلثى	لو جا الزاوية + ١٠	لو جا ١	التصحيح	لو جا الزاوية بعد التصحيح	الزاوية بعد تصحيح الشرط الضلعي
١٤	و هـ ق١	٥٧ ٩ ١٠	٩,٢٤٦٧٣٩٣٢٧	١٠*١,١٧٤١٩٩٠٦٩ $^{-٥}$	١٠*٧,٧٩٢٦٩٠٠٧٩ $^{-٥}$	٩,٢٤٦٨١٧٢٥٤	١٠ ١٠ ٣,٦٤
١٦	ق٢ ق١ و	٣٣ ٤٢ ٦٢	٩,٩٤٨٧٥٠٥٨٦	١٠*١,٠٨٦٣٠٦٤٠١ $^{-٦}$	١٠*٧,٢٠٩٣٨١٥٥٩ $^{-٦}$	٩,٩٤٨٧٥٧٧٩٥	٦٢ ٤٢ ٣٩,٦٤
١٨	هـ و ق٢	٤١ ١ ٢٧	٩,٦٥٧٤٦٣٨٧٦	١٠*٤,١٢٧٢٩١٧١٢ $^{-٦}$	١٠*٢,٧٣٩١١٨٦٠٧ $^{-٥}$	٩,٦٥٧٤٩١٢٦٧	٢٧ ١ ٤٧,٦٤
٢٢	ق١ ق٢ هـ	٢٩ ٥٣ ٧٩	٩,٩٩٣٢٠٥٤٩٢	١٠*٣,٧٥٣٧١٢٩٥ $^{-٧}$	١٠*٢,٤٩١١٨٩٣٠٨ $^{-٦}$	٩,٩٩٣٢٠٧٩٨٣	٧٩ ٥٣ ٣٥,٦٤
مج			٣٨,٨٤٦١٥٩٢٨	١٠*١,٧٣٣٠٩٦٠١ $^{-٥}$			
١٣ ١٥ ١٧ ٢١	ق٢ هـ و	١ ٤ ١٠	٩,٢٤٢٥٣٨٢٢١	١٠*١,١٨٥٩٧٧٦٦٩١ $^{-٥}$	١٠*٧,٨٧٠٨٦٦٠٠٨٨ $^{-٥}$	٩,٢٤٢٤٥٩٥١٢	١٠ ٣ ٥٤,٣٦
	هـ ق١ ق٢	٣٣ ٥٢ ٧٩	٩,٩٩٣١٨٤٤٥٤	١٠*٣,٧٥٩٦١١٣٢١ $^{-٧}$	١٠*٢,٤٩٥١٠٣٨٢٢ $^{-٦}$	٩,٩٩٣١٨١٩٥٩	٧٩ ٥٢ ٢٦,٣٦
	ق١ و هـ	٥٧ ١٤ ٢٧	٩,٦٦٠٧٣٣٦٣٨	١٠*٤,٠٨٨٢٣٩٦١٢ $^{-٦}$	١٠*٢,٧١٣٢٠١٢٨٨ $^{-٥}$	٩,٦٦٠٧٠٦٥٠٦	٢٧ ١٤ ٥٠,٣٦
	و ق٢ ق١	٤٩ ٠٠ ٦٣	٩,٩٤٩٩٣٣٤٣٧	١٠*١,٠٧٢١٧٩١٥٥ $^{-٦}$	١٠*٧,١١٥٦٢٤٦٧١ $^{-٦}$	٩,٩٤٩٩٢٦٣٢١	٦٣ ٠٠ ٤٢,٦٣
مج			٣٨,٨٤٦٣٨٩٧٥	١٠*١,٧٣٩٦١٥٦٨١ $^{-٥}$			
الفرق			١٠*٢,٣٠٤٧ $^{-٤}$				٠٠ ٠٠ ٣٦٠
المجموع				١٠*٣,٤٧٢٧١١٦٩١ $^{-٥}$			

الطريقة الثانية:

الزاوية		الزاوية بعد تصحيح الشرط المثلثى	لو جا الزاوية	ظتا الزاوية	معامل التصحيح	الزاوية بعد تصحيح الشرط الضلعي
١٤	و هـ ق١	٥٧ ٩ ١٠	٠,٧٥٣٢٦٠٦٧٢٨ -	٥,٥٧٦٨٥٤٥٠٤		٣,٦٤ ١٠ ١٠
١٦	ق٢ ق١ و	٣٣ ٤٢ ٦٢	٠,٠٥١٢٤٩٤١٣٥٢ -	٠,٥١٥٩٣٥٨٩٥		٣٩,٦٤ ٤٢ ٦٢
١٨	هـ و ق٢	٤١ ١ ٢٧	٠,٣٤٢٥٣٦١٢٣٩ -	١,٩٦٠٢٣٧٠٢٥	٦,٦٤	٤٧,٦٤ ١ ٢٧
٢٢	ق١ ق٢ هـ	٢٩ ٥٣ ٧٩	٠,٠٠٦٧٩٤٥٠٨ -	٠,١٧٨٢٨٢١٩٥٢		٣٥,٦٤ ٥٣ ٧٩
مج		٤٠ ٤٧ ١٧٩	١,١٥٣٨٤٠٧١٨ -	٨,٢٣١٣٠٠٦١٩		
١٣	ق٢ هـ و	١ ٤ ١٠	٠,٧٥٧٤٦١٧٧٨٧ -	٥,٦٣٢٧٨٨٦٧٨		٥٤,٣٦ ٣ ١٠
١٥	هـ ق١ ق٢	٣٣ ٥٢ ٧٩	٠,٠٠٦٨١٥٥٤٥ -	٠,١٨٨٥٦٢٣٣٣٨		٢٦,٣٦ ٥٢ ٧٩
١٧	ق١ و هـ	٥٧ ١٤ ٢٧	٠,٣٣٩٢٦٦٣٦١٩ -	١,٩٤١٦٨٩٣٥٦	٦,٦٤ -	٥٠,٣٦ ١٤ ٢٧
٢١	و ق٢ ق١	٤٩ ٠٠ ٦٣	٠,٠٥٠٠٦٦٦٥٣٤ -	٠,٥٠٩٢٢٦٢٥٢٩		٤٢,٦٣ ٠٠ ٦٣
مجموع		٢٠ ١٢ ١٨٠	١,١٥٣٦١٠٢٤٩ -	٨,٢٧٢٢٦٦٦٢١		٠٠ ٠٠ ٣٦٠
		٠٠ ٠٠ ٣٦٠		١٦,٥٠٣٥٦٧٢٤		

تصحيح الشرط الضلعى

تتم عملية التصحيح للشرط الضلعى كالآتى :

فى الطريقة الأولى :

$$\text{قيمة التصحيح} = \frac{\text{(مجموع لو جا الزوايا الفردية – مجموع لو جا الزوايا الزوجية) * (لو جا ١'')}}{\text{مجموع لو جا ١'' للزوايا (الفردية + الزوجية)}}$$

فى الطريقة الثانية:

١- يتم تعيين λ مجموع لو جا الزوايا الفردية – مجموع لو جا الزوايا الزوجية

$= ٢,٣٠٤٢٤ * ١٠^{-٤}$

٢- يتم تعيين δ = مجموع ظتا الزاوية * (٢.١ * $١٠^{-٦}$)

= ١٦,٥٠٣٥٦٧٢٤ * (٢.١ * $١٠^{-٦}$)

$$\text{٣- معامل التصحيح (K)} = \frac{\text{مجموع لو جا الزوايا الفردية – مجموع لو جا الزوايا الزوجية}}{\text{مجموع ظتا الزاوية * (٢.١ * } ١٠^{-٦} \text{)}}$$

$$\text{معامل التصحيح (K)} = \frac{٢,٣٠٤٢٤ * ١٠^{-٤}}{١٦,٥٠٣٥٦٧٢٤ * (٢.١ * ١٠^{-٦})} = ٦,٦٤$$

مثال لأرصاد الشكل الرباعي المرصود القطرين

الزاوية	قيمتها
١	٥٧ ° ٤٢ ' ٣٠ "
٢	٢٧ ٥١ ٤٩
٣	٤١ ٥٨ ٣٢
٤	٥٧ ٤٢ ٣٤
٥	٥٢ ٢٧ ٠٧
٦	٤١ ٥٨ ٤١
٧	٢٧ ٥١ ٣٣
٨	٥٢ ٢٧ ٠٦
المجموع	٣٥٩ ٥٩ ٥٢

الشرط المثلثي الأول: مجموع الزوايا الثمانية = ٣٦٠ °

الخطأ = ٥٢ ٥٩ ٣٥٩ ــ ٣٦٠ = + ٨"

الشرط المثلثي الثاني : أي زاويتين متقابلتين بالرأس متساويتين

١ + ٨ = ٤ + ٥

١ + ٨ = ٣٦" ٠٩ ' ١١٠ °

٤ + ٥ = ٤١" ٠٩ ' ١١٠ °

الخطأ = ٥"

التصحيح لكل زاوية = ٥" / ٤ = ٢٥ر١" (للسهولة سنأخذ التصحيح = ١" على أن تصحح زاوية واحدة بمقدار ٢" لكي يكون مجموع تصحيحات الزوايا الأربع = ٥"). ويكون التصحيح بالجمع للزاويتين ١ ، ٨ وبالطرح للزاويتين ٤ ، ٥ . ويجب استخدام الزوايا التي سبق تصحيحها للشرط المثلثي الأول ولا نستخدم الزوايا المرصودة.

الشرط المثلثي الثالث : أي زاويتين متقابلتين بالرأس متساويتين

٢ + ٣ = ٦ + ٧

٢ + ٣ = ٢١ ٥٠ ٦٩ °

٦ + ٧ = ١٤ ٥٠ ٦٩ °

الخطأ = ٧"

التصحيح لكل زاوية = ٧" / ٤ = ٧٥ر١" (للسهولة سنأخذ التصحيح = ٢" على أن تصحح زاوية واحدة بمقدار ١" لكي يكون مجموع تصحيحات الزوايا الأربع = ٧"). ويكون التصحيح بالطرح للزاويتين ٢ ، ٣ وبالجمع للزاويتين ٦ ، ٧ .

جدول تصحيح الشروط المثلثية للشكل الرباعي المرصود القطرين

الزاوية	المرصودة	مجموع الزاويتين المتقابلتين بالرأس	الفرق	ضبط الفرق	ضبط ٣٦٠	الضبط الكلي	الزاوية نصف المصححة
١	٣٠ " ٤٢ ′٥٥٧			"١+	"١+	"٢+	٣٢ " ٤٢ ′٥٥٧
٨	٥٢ ٢٧ ٠٦	٣٦ " ٠٩ ′٥١١	"٥	"٢+	"١+	"٣+	٥٢ ٢٧ ٠٩
٤	٥٧ ٤٢ ٣٤			"١-	"١+	-	٥٧ ٤٢ ٣٤
٥	٥٢ ٢٧ ٠٧	٤١ ٠٩ ١١٠		"١-	"١+	-	٥٢ ٢٧ ٠٧
٢	٢٧ ٥١ ٤٩			"١-	-	"١-	٢٧ ٥١ ٤٨
٣	٤١ ٥٨ ٣٢	٢١ ٥٠ ٦٩	"٧	"٢-	"١+	"١-	٤١ ٥٨ ٣١
٦	٤١ ٥٨ ٤١			"٢+	"١+	"٣+	٤١ ٥٨ ٤٤
٧	٢٧ ٥١ ٣٣	١٤ ٥٠ ٦٩		"٢+	-	"٢+	٢٧ ٥١ ٣٥
		"٥٢ ٥٩ ′٣٥٩ ٥		"٢+	"٦+	"٨+	"٠٠ ′٠٠ ٣٦٠ ٥

<u>الشرط الضلعي :</u> يمكن اعتبار نقطة تقاطع القطرين كأنها قطب للشكل (افتراضيا مع أنها غير محتلة) لسهولة تكوين معادلة الشرط الضلعي :

لو جا٨ + لو جا ٢ + لو جا ٤ + لو جا ٦ = لو جا ١ + لو جا ٣ + لو جا ٥ + لو جا ٧

وتكون الخطوات كالتالي:

١- نحسب قيمة لو جا الزوايا الفردية (ل ١) ، لو جا الزوايا الزوجية (ل ٢)
٢- نحسب الفرق (ل١ – ل٢)
٣- نحسب مجموع لو جا ١ " لجميع الزوايا (مج)
٤- معامل التصحيح = (ل١ – ل ٢) / (مج)
٥- نضيف معامل التصحيح للزوايا التي كان لها (لو جا) هو الأصغر ونطرح معامل التصحيح من الزوايا التي كان لها (لو جا) هو الأكبر ٠ ويلاحظ أن في حالة كون معامل التصحيح أقل من ١" فيمكن اعتباره ١" لتسهيل الحسابات٠

جدول تصحيح الشرط الضلعي للشكل الرباعي المرصود القطرين

الزاوية	نصف المصححة	لو جا الزاوية + ١٠	فرق لو جا ١" × ١٠ $^{-٦}$	ضبط الفرق	الزاوية المصححة
٨	٥٢ ٢٧ ٠٩	٩,٨٩٩١٩٠١٤٦	١٦,٢	١- "	٥٢ ٢٧ ٠٨
٢	٥٧ ٤٢ ٣٤	٩,٩٢٧٠٣٦٥٠٧	١٣,٣	١- "	٥٧ ٤٢ ٣٣
٤	٢٧ ٥١ ٤٨	٩,٦٦٩٦٥٥٣٩٥	٣٩,٨	١- "	٢٧ ٥١ ٤٧
٦	٤١ ٥٨ ٤٤	٩,٨٢٥٣٣٣١١	٢٣,٤	١- "	٤١ ٥٨ ٤٣

		ل١=٣٩,٣٢١٢١٥١٦			
١	٥٧ ٤٢ ٣٢	٩,٩٢٧٠٣٣٨٤٦	١٣,٣	١+ "	٥٧ ٤٢ ٣٣
٣	٤١ ٥٨ ٣١	٩,٨٢٥٣٠٢٦٨٦	٢٣,٤	١+ "	٤١ ٥٨ ٣٢
٥	٥٢ ٢٧ ٠٧	٩,٨٩٩١٨٦٩٠٩	١٦,٢	١+ "	٥٢ ٢٧ ٠٨
٧	٢٧ ٥١ ٣٥	٩,٦٦٩٦٠٣٦١٥	٣٩,٨	١+ "	٢٧ ٥١ ٣٦
		ل٢=٣٩,٣٢١١٢٧٠٦			
		(ل١ – ل٢) = ٨٨,١ × ١٠ $^{-٦}$		مج = ١٨٥,٤ × ١٠ $^{-٦}$	
معامل التصحيح = ٨٨,١ / ١٨٥,٤ = ٠,٤٧ " ≈ ١"					

متانة شبكات المثلثات

تعتمد حسابات شبكات المثلثات (في صورتها البسيطة) على استخدام القانون الرياضي لجيوب الزوايا حيث تبدأ الحسابات من خط القاعدة المقاس مع استخدام الزوايا الأفقية المرصودة ٠

ويدل هذا على أن قيمة الزوايا تؤثر على أطوال الأضلاع المحسوبة وبالتالي على الإحداثيات المستنتجة لنقاط الشبكة٠ ويقصد بمتانة الشبكة عدم تأثر دقة الأطوال المحسوبة نتيجة استخدام قاعدة الجيوب أو على الأقل أن يكون هذا التأثير في حدود مسموحا بها٠

للتعبير عن متانة شكل أو شبكة مثلثات يتم حساب قيمة عددية تسمى متانة الشكل أو الشبكة٠ وتعتمد متانة الشبكة على العوامل الآتية:

- دقة الأرصاد (الزوايا وأطوال خطوط القواعد)٠
- قيمة الزوايا (الأفضل أن تتراوح الزوايا بين ٣٠ ^{o} و ١٢٠ ^{o})٠
- عدد الاتجاهات المرصودة٠
- عدد الشروط الهندسية بالشبكة٠
- عدد المثلثات المستخدمة بين قاعدتين٠

في حالة توافر أرصاد أكثر من العدد الفعلي للقياسات الضرورية لرسم شكل أو شبكة ، فيمكن القول أن هذا الشكل تتوافر به بعض الشروط الهندسية٠ فكمثال فان رسم مثلث يتطلب قياس ٣ كميات فقط (زاويتين وضلع أو ضلعين وزاوية ٠٠٠ الخ) ، فإذا توافرت رصده رابعة فنقول أن هناك شرط هندسي لابد من تحقيقه٠ وبذلك تكون القاعدة العامة لحساب عدد الشروط الهندسية (ش) لأي شكل أو شبكة

تجدر الإشارة لوجود جداول خاصة لحساب قيمة ($\delta_{ا}^{2} + \delta_{ا}\ \delta_{ب} + \delta_{ب}^{2}$) مباشرة:

	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90°
10°	428	359																					
12	359	295	253																				
14	315	253	214	187																			
16	284	225	187	162	143																		
18	262	204	168	143	126	113																	
20	245	189	153	130	113	100	91																
22	232	177	142	119	103	91	81	74															
24	221	167	134	111	95	83	74	67	61														
26	213	160	126	104	89	77	68	61	56	51													
28	206	153	120	99	83	72	63	57	51	47	43												
30	199	148	115	94	79	68	59	53	48	43	40	33											
35	188	137	106	85	71	60	52	46	41	37	33	27	23										
40	179	129	99	79	65	54	47	41	36	32	29	23	19	16									
45	172	124	93	74	60	50	43	37	32	28	25	20	16	13	11								
50	167	119	89	70	57	47	39	34	29	26	23	18	14	11	9	8							
55	162	115	86	67	54	44	37	32	27	24	21	16	12	10	8	7	5						
60	159	112	83	64	51	42	35	30	25	22	19	14	11	9	7	5	4	4					
65	155	109	80	62	49	40	33	28	24	21	18	13	10	7	6	5	4	3	2				
70	152	106	78	60	48	38	32	27	23	19	17	12	9	7	5	4	3	2	1				
75	150	104	76	58	46	37	30	25	21	18	16	11	8	6	4	3	2	2	1	1	1		
80	147	102	74	57	45	36	29	24	20	17	15	10	7	5	4	3	2	1	1	1	0	0	
85	145	100	73	55	43	28	23	19	16	14	10	7	5	3	2	2	1	1	0	0	0	0	
90	143	98	71	54	42	33	27	22	19	16	13	9	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0
100	138	95	68	51	40	31	25	21	17	14	12	8	6	4	3	2	1	1	0	0	0		
105	136	93	67	50	39	30	25	20	17	14	12	8	5	4	2	2	1	1	0	0			
110	134	91	65	49	38	30	24	19	16	13	11	7	5	3	2	2	1	1	1				
115	132	89	64	47	29	23	19	15	13	11	7	5	3	2	2	1	1						
120	129	88	62	46	36	28	22	18	15	12	10	7	5	3	2	2	1						
125	127	86	61	45	35	27	22	18	14	12	10	7	5	4	3	2							
130	125	84	59	44	34	26	24	17	14	12	10	7	5	4	3								
135	122	82	58	43	33	26	21	17	14	12	10	7	5	4									
140	119	80	56	42	32	25	20	17	14	12	10	8	6										
145	116	77	55	41	32	25	21	17	15	13	11	9											
150	112	75	54	40	32	26	21	18	16	15	13												
152	111	75	53	40	32	26	22	19	17	16													
154	110	74	53	41	33	27	23	21	19														
156	108	74	54	42	34	28	25	22															
158	107	74	54	43	35	30	27																
160	107	74	56	45	38	33																	
162	107	76	59	48	42																		
164	109	79	63	54																			
166	113	86	71																				
168	122	98																					
170	143																						

جدول حساب متانة المثلثات

المراجع

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.

الحسيني ، محمد صفوت (٢٠٠٢م) الجيوديسيا ، القاهرة ، مصر.

الشافعي ، شريف فتحي (٢٠٠٤م) المساحة التصويرية ، دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع ، القاهرة ، مصر.

الشريعي ، أحمد البدوي محمد ، الخرائط الجغرافية: تصميم وقراءه وتفسير(٢٠٠٧م) دار الفكر العربي، القاهرة، مصر.

الربيش ، محمد بن حجيلان (٢٠٠٢م) النظام الكوني لتحديد المواقع – الرياض، المملكة العربية السعودية.

العيسي ، سميح يوسف (٢٠٠٦م) مبادئ عمل منظومة التوضع الجي بي إس – شعاع للنشر – حلب – سوريه.

الغزالي ، محمد شوقي ، ١٩٩٧ ، الجيوديسيا الهندسية و نظام تحديد المواقع العالمي ، القاهرة، مصر.

شكري ، علي سالم و عبد الرحيم ، محمود حسني و مصطفي ، محمد رشاد الدين (١٩٩٤م) المساحة المستوية: طرق الرفع و التوقيع ، منشأه المعارف ، الاسكندرية ، مصر.

شكري ، علي سالم و عبد الرحيم ، محمود حسني و مصطفي ، محمد رشاد الدين (١٩٩٤م) المساحة الطبوغرافية و تطبيقاتها في الهندسة المدنية ، منشأه المعارف ، الاسكندرية ، مصر.

شكري ، علي سالم و عبد الرحيم ، محمود حسني و مصطفي ، محمد رشاد الدين (١٩٨٩م) المساحة الجيوديسية ، منشأه المعارف ، الاسكندرية ، مصر.

شكري ، علي سالم و عبد الرحيم ، محمود حسني و مصطفي ، محمد رشاد الدين (١٩٩٨م)

صيام ، يوسف (٢٠٠٢م) المساحة: أنظمة الاحداثيات و قراءة الخرائط ، عمان ، الاردن.

عبد العزيز ، يوسف ابراهيم و الحسيني ، محمد صفوت (٢٠٠٧م) المساحة ، دار المعرفة للنشر و التوزيع ، القاهرة ، مصر.

غازي ، ناصر محمد (٢٠٠٧م) القياس الالكتروني للمسافات و محطات الرصد المتكاملة ، دار المعرفة للنشر و التوزيع ، القاهرة ، مصر.