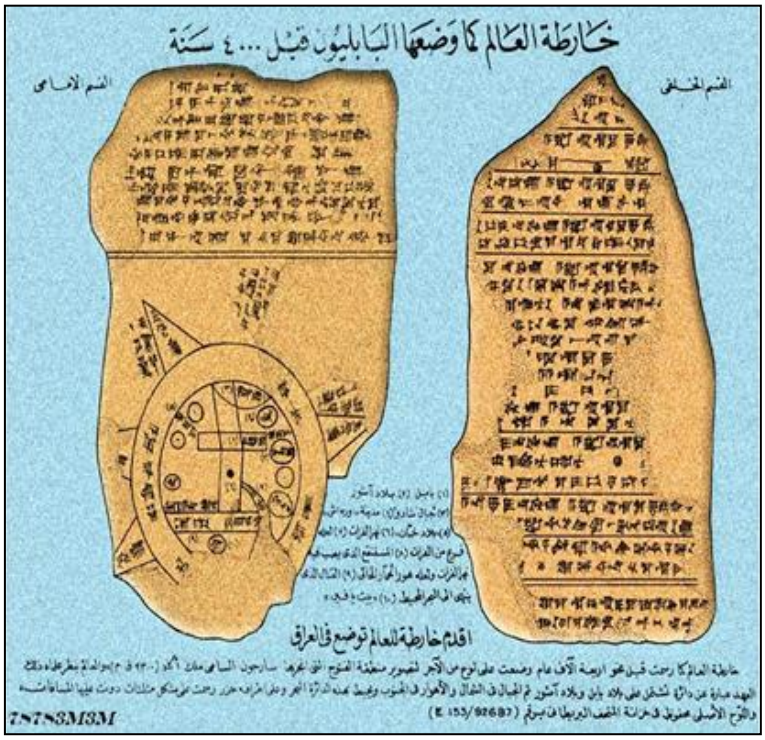
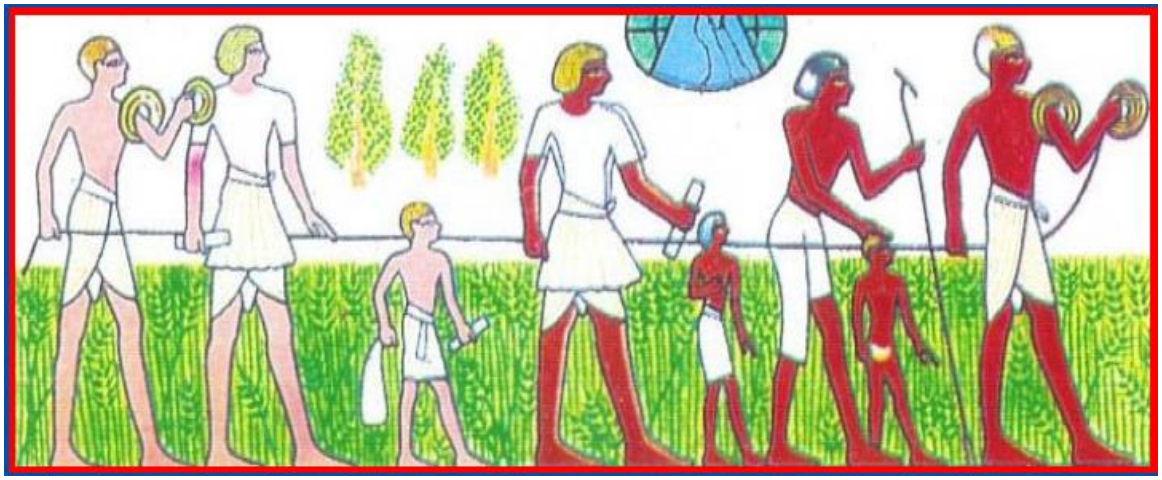
المســاحة

منــذ قــديم الزمــان كانــت هنــاك حاجــة للإنســان لقيــاس الأبعــاد وتعيــين مواقــع النقــاط وحســاب اتجاهات الخطوط وتقسيم الأراضي الزراعية والتركيز على الملكيات الخاصة وغيرها

ولقــد عثــر المنقبــون أثنــاء تحريــاتهم فــي خرائــب **كاصــور** فــي شــمال مدنيــة بابــل الأثريــة ب 200مــيلا علــى لوحــة فخاريــة بحجــم الكــف مرســوما عليهــا حــوض محــاط بجبــال . يعــود تاريخهــا إلــى 4500 ســنة .وتعــد اصــغر خارطــة معروفــة فــي العــالم. وهــي موجــودة حاليــا فــي متحف جامعة هارفارد للآثار السامية.



وتســجل للمصــريين القــدماء منــذ حــوالي 1800 ق.م استــخدام المســاحة فــي تقســيم الأراضــي حيــث كــان الملــك يقســم الأراضــي بغيــة زراعتهــا واســتيفاء الضــرائب عليهــا. ويــذكر انــه كــان يعيــد مســح الوحــدات المقســمة الواقعــة علــى النيــل عنــدما يجرفهــا أثنــاء الفيضــانات كــي يمكنــه حساب ساحة الأرض المتبقية لاستيفاء الضرائب بموجبها.



إن التقنيات المستخدمة في المساحة المستوية تتقدم وتتطور كغيرها, فقد تطورت الوسائل البدائية كالخطوة والعصا والحبل فالسلسة والشريط ف إل EDM والمحطة المتكاملة Total Station فنظم تحديد المواقع العالمي GPS إلى جانب الصور الفضائية ذات التمييز الدقيق. وتطبيقات المساحة المستوية في المجالات المختلفة كثيرة ومتعددة لاحصر لها.ولكن سنقتصر هنا على مايهمنا بالجوانب ذات الفائدة في مجال التطبيق الزراعي.

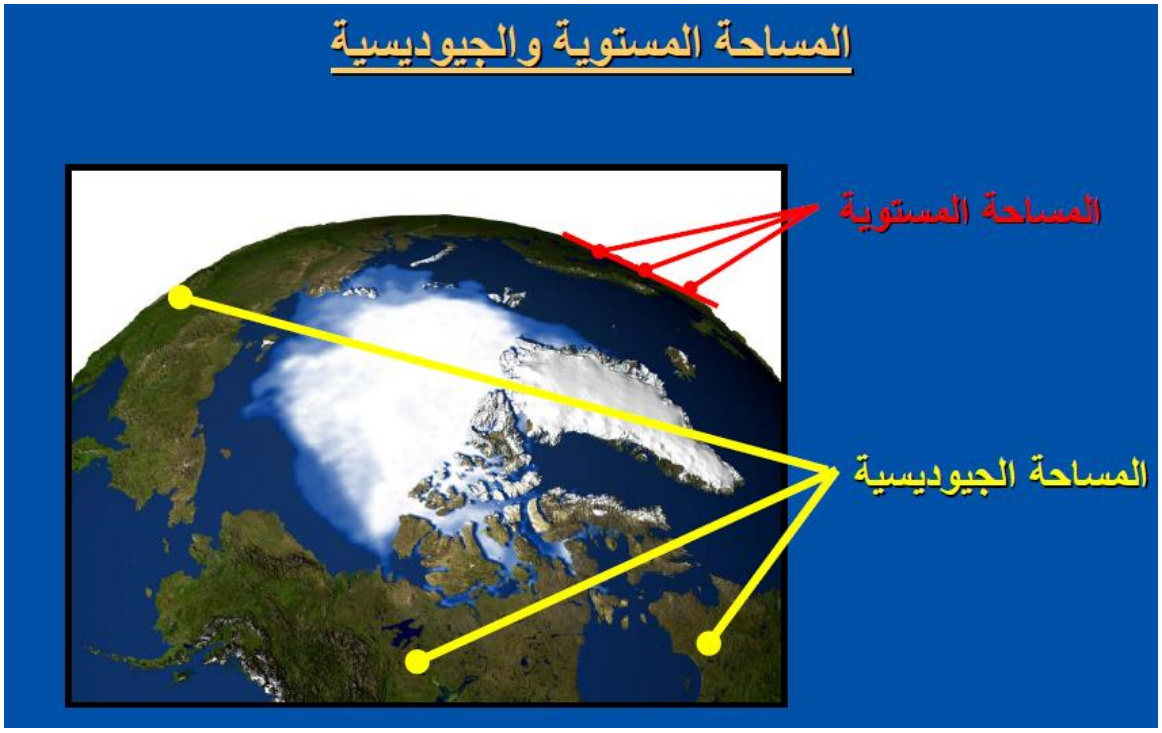
تعريف المساحة: علم وفن يبحث في الطرق المناسبة لتمثيل سطح الأرض وما تحتويه من معالم مختلفة, حيث يكون هذا التمثيل في هيئة خرائط تقليدية أو رقمية. والتعبير الأوسع ل"المسح SURVEYING " هي الطريقة العلمية التي يتم بموجبها جمع معلومات تخص حقولا مختلفة.

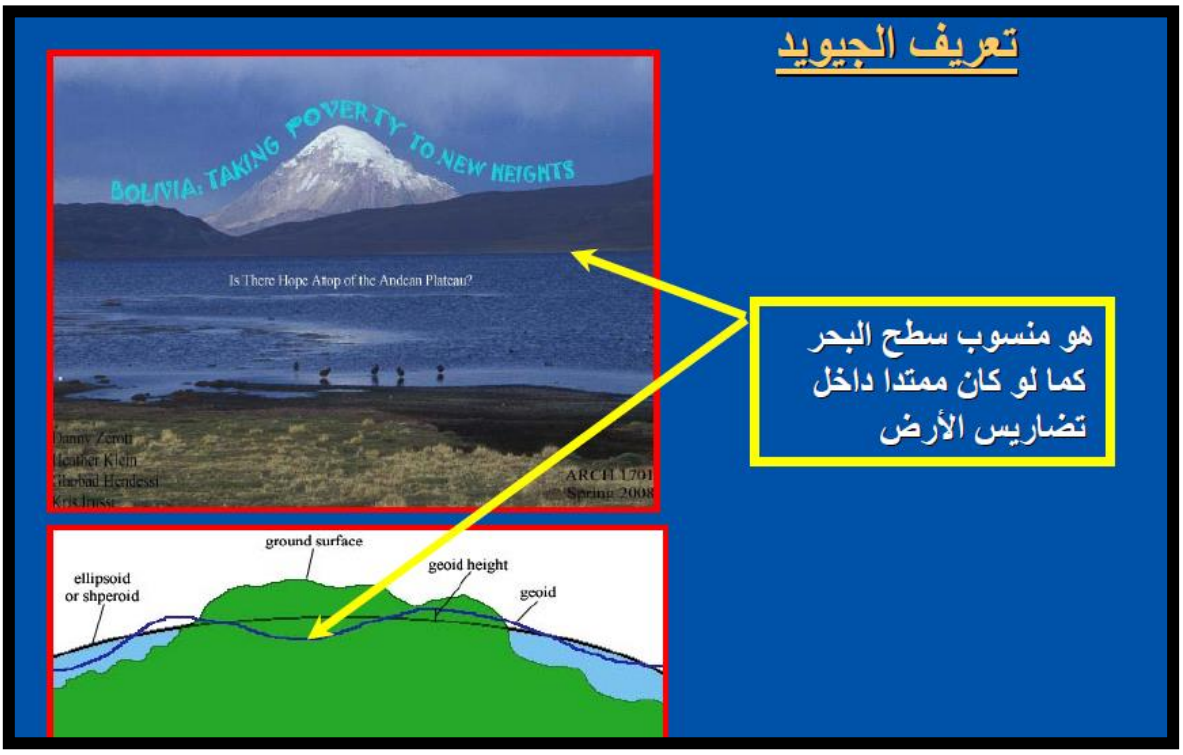
أنواع المساحة: من خلال تخصصات وفروع المعرفة بحسب العلم والتقنية وتطورها الزماني أو من خلال العمل المراد انجازه أو المشكلة أو من خلال بعضه أو كله. يمكن أن نقسم المساحة إلى مجموعتين أساسيتين هما :-

❖ فروع سابقة

1. المساحة المستوية Plan surveying

وهو المسح الذي يؤخذ لمساحات لا تأخذ فيه تكور وانحناء الأرض عند إجراء المسح وإنتاج الخرائط لتطبيقات معينة محدودة. عندما تكون المساحة بحدود 250 كم ² يمكن إجراء المساحة بتقنياتها. لقلة تأثير الأخطاء الناجمة من إهمال كروية الأرض.

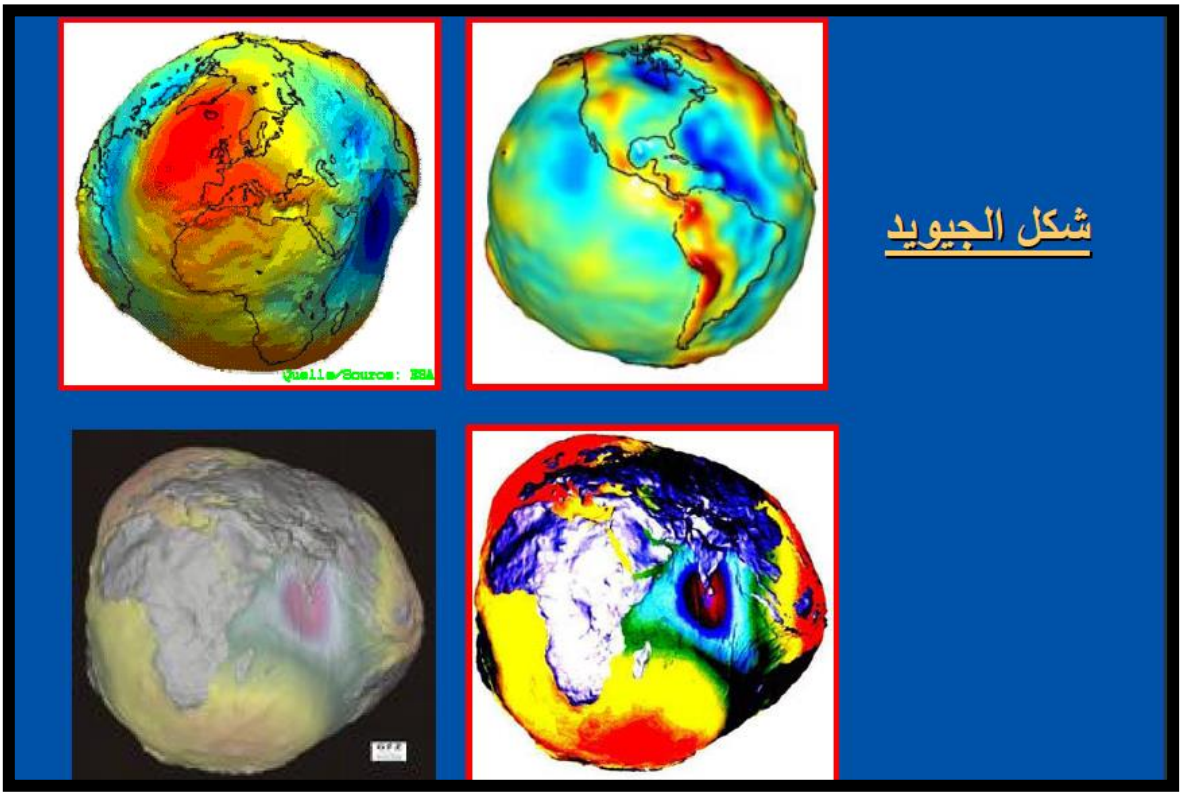


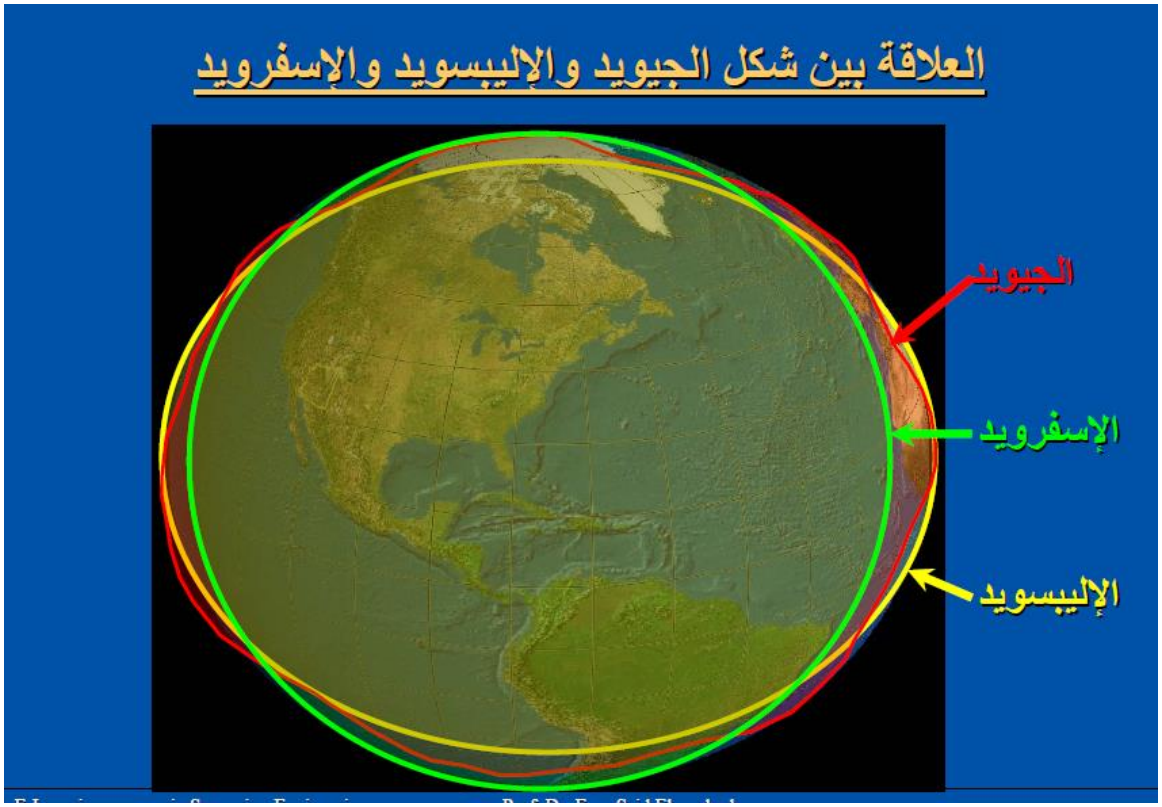


2. المساحة الجيودسية Geodesy surveying

والتي تهتم بشكل الأرض كلها ومجال جاذبيتها . من اجل تقريبها إلى شكل هندسي متفق عليه ليسهل تمثيلها رياضيا ويمكن أن يقسم إلى :-

- الجيودسيا الهندسية Geometric Geodesy
- الجيودسيا الفلكية Astronomic Geodesy
- الجيودسيا الجذبية Gravimetric Geodesy
- الجيودسيا الفضائية Space Geodesy





3. المساحة التصويرية photogrammetric

يتضمن اخذ قياسات (أبعاد واتجاهات ومناسيب) من الصور الفوتوغرافية.

خط الطيران Flight line :
هو الخط المرسوم على الخريطة أو الصورة الجوية ويمثل مسار الطائرة الذي تمر به جواً

شريحة الطيران
هي مجموعة من الصور الجوية المتتابعة التي التقطت على امتداد مسار طيراني واحد وتكون متتالية .

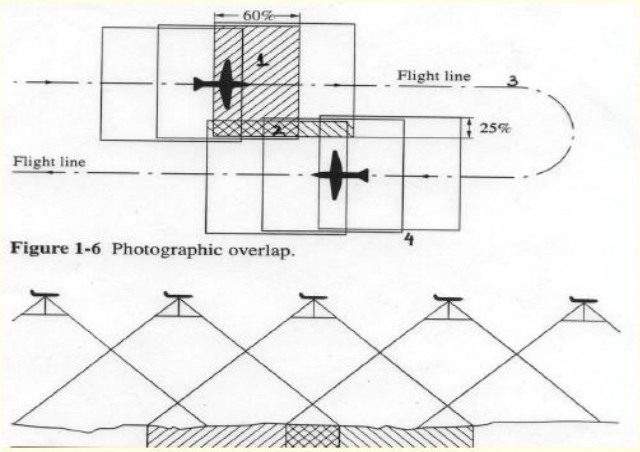
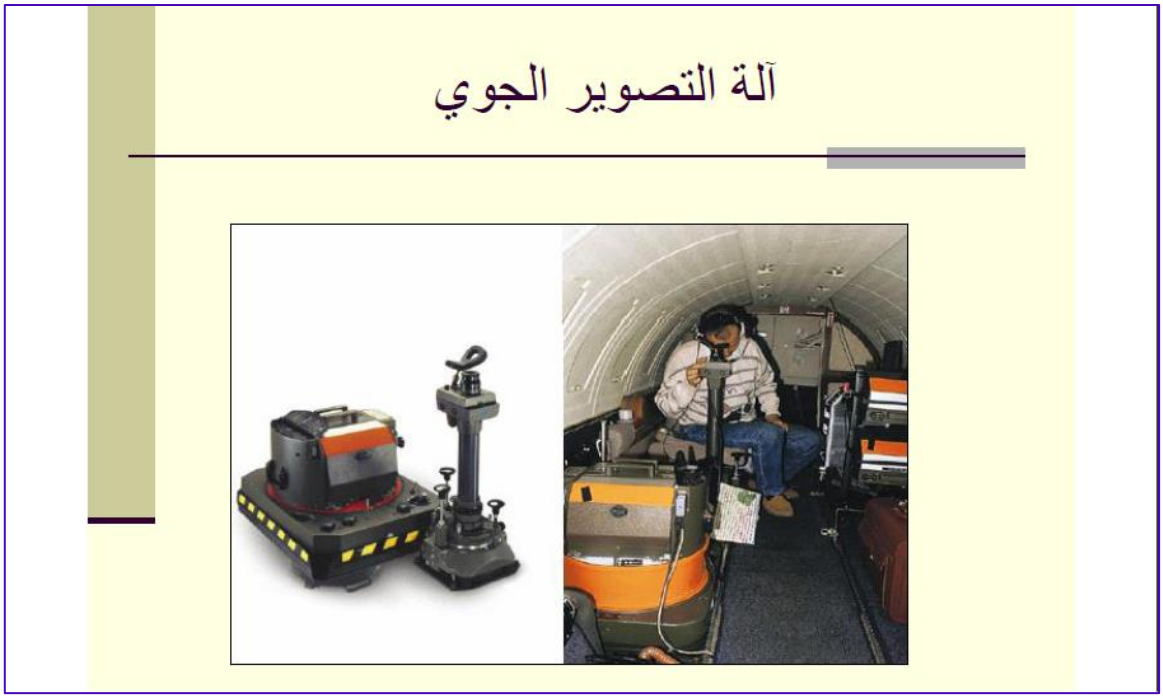


Figure 1-6 Photographic overlap.



4. **الكارتوكرافي**

علم وفن يبحث في إنتاج الخرائط وبكل مايصاحبها من تكنولوجيا متقدمة وهو علم يرتبط بالمساحة فهو يبدأ من حيث ينتهي المساح وينتهي بإنتاج الخارطة.

❖ **فروع لاحقة وتشمل** :

1. الاستشعار عن بعد Remote sensing
2. نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) Global positioning system
3. نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic information system

أنواع المسوحات Type of Surveying

1. **مسح ارضي :** يشمل جميع أنواع المساحة عدا تلكم التي تتطلب دقة عالية كحركة المنشأت الثقيلة وانحراف البنايات الشاهقة .
2. **مسح طوبوغرافي :** لمعرفة تضاريس ووعورة الأرض, أي الأبعاد الثلاثية لها.
3. **المسح الهندسي:** (مسوحات المسار والطرق) لتعين تضاريس على طول مسار الطريق أو سكة حديد أو قناة أو خطوط الأنابيب والكهرباء.
4. **مسوحات المدن:** ضمن حدود البلديات, لتثبيت حدود المدن وبيان مواقع الشوارع الرئيسية والفرعية والمواقع السكنية والخدمات.
5. **المسح الكادسترائي:** هي المسوحات التي تهتم بتقسيم الأرض ذات النفع العام والخاص (ريفية أو في المدن).
6. **مسوحات البناء والإنشاءات:** لتعيين مراكز خطوط الجدران وعرض الأسس وكمية الحفريات وربط الدور بالطرق.
7. **المسح الهيدروليكي:** (المائي) الذي يختص بأعماق البحار والبحيرات لتنفيذ مشاريع الري والبزل.
8. **مسوحات المناجم:** لتثبيت مواقع المناجم والأنفاق وحساب المكعبات الترابية الواجب رفعها باتجاه النفق.
9. **مسح جوي:** الذي يعتمد على الصور الجوية في إجراء المساحات.
10. **مسوحات المستقبل:** للأعمال الجارية في الأقطاب ويمتد حتى الكواكب الأخرى.

أهمية المساحة في الأعمال الزراعية

- قياس المساحات للأراضي الزراعية وعمل خرائط.
- تقسيم الأراضي.
- عمل مشاريع الري وقنواتها والبزل.
- تسوية وتعديل الأراضي الزراعية.
- عمل خرائط طبوغرافية.
- عمل قطاعات طولية وعرضية.
- عمل خرائط كنتورية.

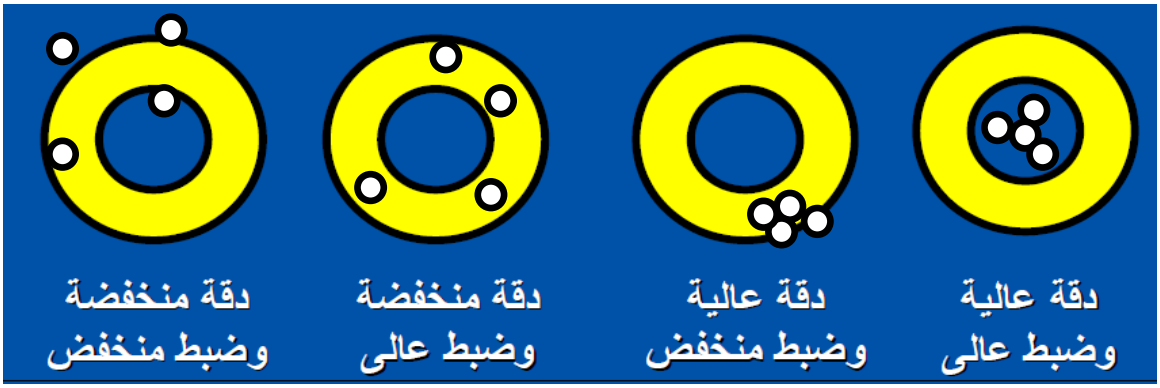
وأعمال عديدة أخرى.

متطلبات العمل المساحي الجيد:

لكي يؤدي العمل المساحي بشكل جيد ومتقن يراعى :

1. **الأمـــانة والصـبر** إذ يجـب علـى مـن يقـوم بالمسـح أن لايغيـر بالنتـائج وان لايسـتخدم المسـح بـل عليه بالشطب. ونقل المعلومات كما هي.
2. **الدقـــة (Accuracy)** وهـي اقتـراب النتـائج المستحصـلة مـن المقيـاس القياسـي (زيـادة الدقـة باسـتخدام الطريقـة الدقيقـة المناسـبة) وحسـب طبيعـة العمـل ويمكـن بتعـدد الطـرق وأسـاليب القيـاس. إذ إن النتائج المتقاربة لعمل ما لايعني إنها تقع بالقرب من القيمة الحقيقة.
3. **الإتقـــان (Precision)** هـي درجـة الكمـال التـي تمتلكهـا الآلـة. أو الكمـال فـي طريقـة الأرصـاد وهـي تخـص الأجهـزة والآلات وطـرق القيـاس. فقيـاس خـط بشـريط فـولاذي يمكـن أن يكـون متقنـا

إذا كانت القياسات المتكررة متقاربة غير انه لوكان القسم الأخير من تقاسيم ذلك الشريط مغلوط فالنتائج غير دقيقة.



4. الاختيار الصائب للطريقة والأدوات والدقة المطلوبة ولفريق العمل المناسب بما يتناسب مع التكاليف والغرض والدقة.
5. اختيار الوقت المناسب للعمل.
6. التأكد من وجود الأخطاء وأنواعها ودراستها لتجنبها كلما دعت الحاجة لذلك.
7. استخدام ابسط واقصر الطرق لتحقيق الدقة المطلوبة.
8. استخدام الآلات والأجهزة التي توفر تلك الدقة المطلوبة.
9. استخدام الجداول والتصحيحات التي ترافق دقة الأجهزة مع التأكيد على معايير الأجهزة.
10. التكوير المناسب للأرقام حيث إن النتائج التي تظهر بالحاسبة بمراتب كثيرة بعد الفارزة يتطلب تكويرها ضمن الدقة المطلوبة بحيث لايزيد عدد المراتب بعد الفارزة عن عددها في المعلومات الحقلية المقيسة أو دقة الأجهزة المستعملة في الحقل.

نـظـم القيـاس

توجد نوعان من القياسات تستخدم في المساحة

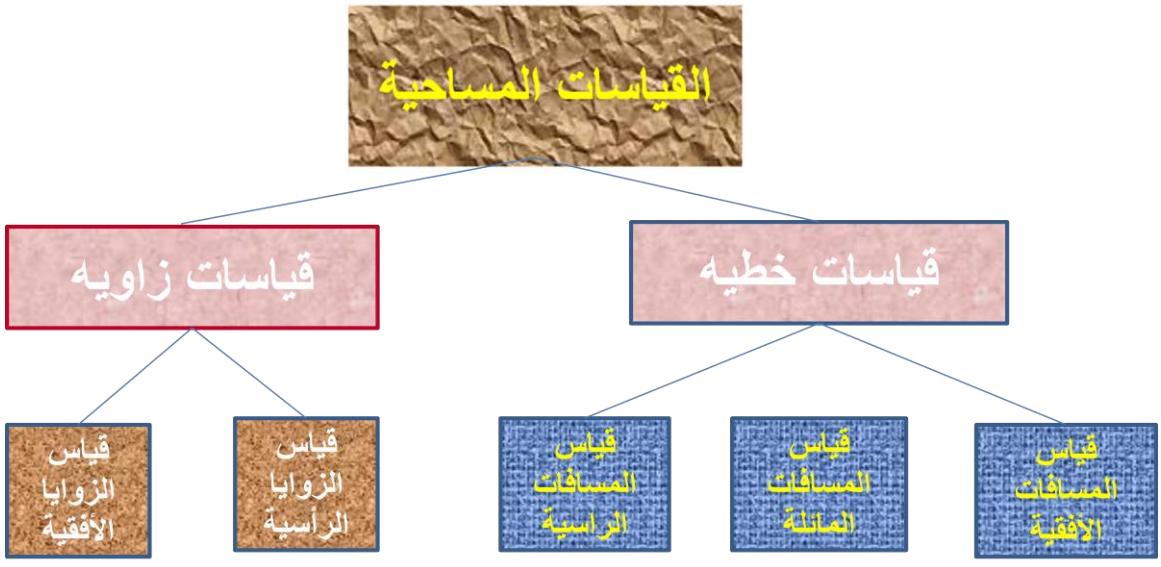
1. قياسات خطية Linear measurements
2. قياسات زاوية Angular measurements

تقسم القياسات الخطية إلى ثلاث أنواع:

أ- قياس المسافات الأفقية Horizontal measurement
ب- قياس المسافات الراسية Vertical measurement
ج- قياس المسافات المائلة Slope measurement

تنقسم القياسات الزاوية إلى نوعين هما:

أ- قياس الزاوية الأفقية Horizontal Angle
ب- قياس الزاوية العمودية Vertical Angle



أولاً: وحدات القياس Units of Measurement

عبارة عن مقدار الأطوال والزوايا والمساحات والحجوم ويوجد لها نظامان

1. النظام العالمي أو الدولي (المتري) Metric System

ويطلق عليه النظام الفرنسي والذي يعتبر المتر أساسا لقياس الطول, ووحدة الكيلوغرام أساس لقياس الكتلة والثانية لقياس الزمن, والمتر المربع لقياس المساحات, والمتر المكعب لقياس الحجوم, والردين لقياس الزوايا المستوية وهذا النظام هو الشائع في اغلب دول العالم.

2. النظام الانكليزي English System

النظام الذي تستخدمه بعض الدول مثل بريطانيا والولايات المتحدة وكندا, وهذا النظام يعتبر القدم وحدة أساسية لقياس الطول, والباوند وحدة أساسية لقياس الكتلة, والثانية وحدة أساسية لقياس الزمن.

أ- وحدات قياس الأطوال Units of Length Measurement

☒ وحدات قياس الأطوال بالنظام المتري والمتضمن المتر (m) وهو وحدة قياس الطول الأساسية

1mm =1000 µm
1cm = 10 mm
1m = 100 cm
1km= 1000 m

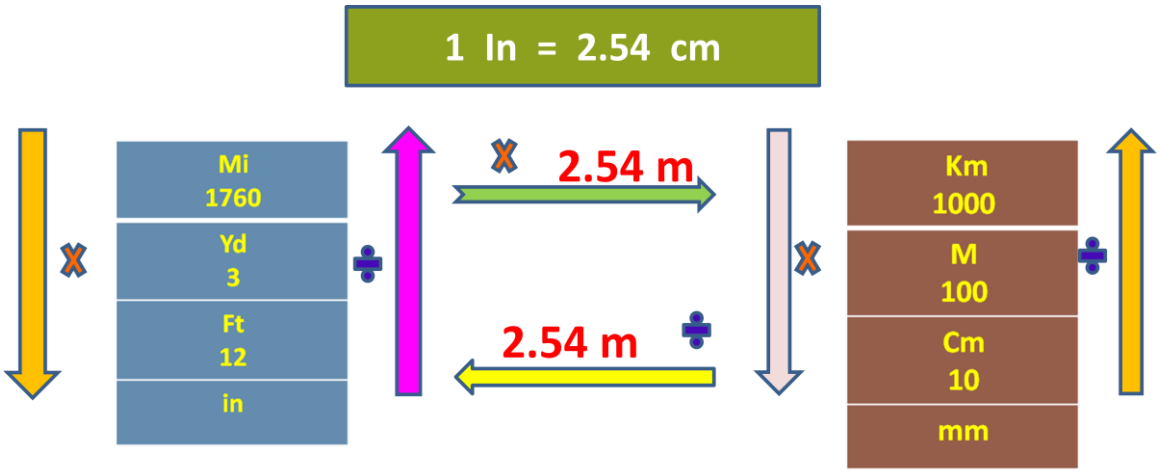
الوحدة	الرمز	ما يعادلها بالمتر
Micrometer ميكروميتر	µm	10^{-6}m =1/1000 000
Millimeter مليميتر	mm	10^{-3}m =1/1000
Centimeter سنتيميتر	cm	10^{-2}m =1/100
Kilometer كيلوميتر	km	10^{3}m = 1000

☒ وحدات قياس الأطوال في النظام الانكليزي,من بين بعض الوحدات المستخدمة في هذا النظام

الوحدة	الرمز
Inch بوصة	(″) in
Foot قدم	(′) Ft
Yard يارد	Yd
Mile ميل	Mi

العلاقة بين وحدات

الاطوال في النظامين المتري والانكليزي وسوف نعتبر الرابط الاساسي بين النظامين هو علاقه السنتمتر بالبوصة.



ب- وحدات قياس المساحات Units of area measurement

الوحدات المستخدمة في النظام المتري

$1\ cm^2 = 10 \times 10 = 100\ mm^2$	الأولك = 100 م²
$1\ m^2 = 100 \times 100 = 10000\ cm^2$	الدونم = 25 أولك = 2500 م²
$1km^2 = 1000 \times 1000 = 1000\ 000\ m^2$	الهيكتار = 4 دونم = 10 000 م²
$1\ Hectare\ (ha) = 10\ 000\ m^2$	الكيلومتر المربع = 400 دونم
$1\ Donam = 2500\ m^2$	

القسم الكادسترائي = 1600 دونم يمثل مربع ضلعه 2كم

المنطقة الكادسترائية = 40 000 دونم ويمثل مربع ضلعه 10كم

الآلات المستعملة في المساحة

تتنوع الآلات تبعا للدقة والكلفة والغرض من استعمالها ولكثرة تنوعها وبدون الدخول في التفاصيل يمكن حصر الأجهزة كمايلي: الأجهزة الحقلية والأجهزة المكتبية الترسيمية.

1) **الأجهزة الحقلية :** وهي الأجهزة المتخصصة في قياس الأبعاد والزوايا والزمن ضمن موضوع الفلك التطبيقي لغرض الارصادات الفلكية بغية تعيين مواقع النقاط والاتجاهات وأجهزة تحديد الموقع (الإحداثيات) (GPS).

a) **أجهزة قياس الأبعاد:** منها البسيطة والمتقدمة ومباشرة وغير مباشرة وأجهزة قياس المناسيب, والكترونية لقياس المسافات الأفقية والمائلة. وتقسم إلى أجهزة قياس مباشر, غير المباشر, قياس المناسيب, الكترونية.

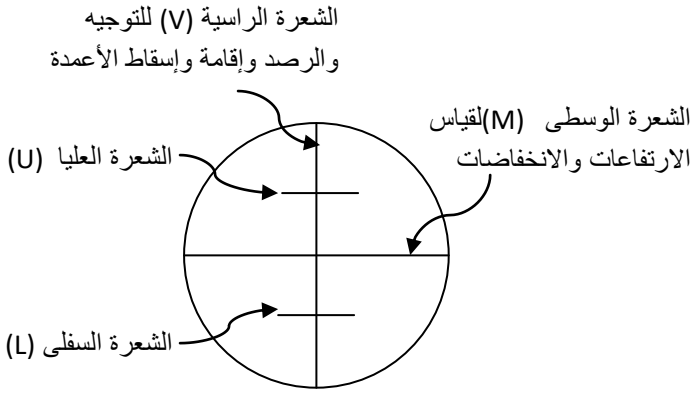
أولاً - أجهزة القياس المباشر: تضم مجموعة أجهزة تستخدم لإيجاد الأبعاد الأفقية والمائلة والرأسية بين النقاط عن طريق إمرارها بصورة مباشرة فوق الخط الواصل بين النقطتين وحسب وقتها وكمايلي:

1. **السلسلة Chain:** وتستخدم لقياس المسافات الأفقية الواطئة الدقة.
2. **الشريط الكتاني Cloth tape or metric tape**: وتستخدم في الأعمال الواطئة الدقة كقياس الأبعاد إلى العوارض الطبيعية وماشاكلها.
3. **الشريط الفولاذي Steel tape:** ويستخدم في الأعمال المتوسطة وعالية الدقة كقياس المسافات للأعمال الهندسية المتنوعة وقياس الخطوط الأساسية في المساحة.
4. **شريط الأنفار Invar tape**: ويستخدم في قياس الأبعاد ذات الدقة العالية وهو سبيكة من النيكل والفولاذ, لايتأثر باختلاف درجات الحرارة إذ يبلغ معامل التمدد بحدود (0.000001).
5. **سلسلة الأنفار Invar wire**: ويشابه شريط الأنفار في استعمالاته وله نفس معامل التمدد.

ثانياً- أجهزة القياس غير مباشر: تستخدم لتعيين الأبعاد بين النقاط بصورة غير مباشرة دون الحاجة إلى إمرارها عبر الخط المراد قياسه بصورة عامة وتختلف في دقتها من واطئة إلى متوسطة إلى عالية ومنها:

1. **عداد السرعة Speedometer:** مماثل لعداد السرعة الموجود في السيارات ويسجل المسافات بصورة تقريبية,صالحة للأعمال الاستطلاعية السريعة.
2. **عجلة القياس Measuring wheel :** وهي عجلة صغيرة محيطها معلوم يرتبط بها عداد صغير للدورات المستغرقة بين نقطتين معلومتين ويستخدم لأعمال الاستطلاع.
3. **عداد الخطوات Pedometer**: جهاز صغير يشبه الساعة الجيبية يوضع في حذاء المساح أو في حزامه ليسجل عدد الخطوات بين النقطتين ,ثم تحسب المسافة عندئذٍ بعد معرفة طول الخطوة الواحدة.

4. **الستيديا Stadia**: شعرتين صغيرتين موجودتين في شبكية التليسكوب الموجود في جهاز الثيودولايت أو اللفل لها ثابت مقداره (100) وعند ضرب هذا المعامل بالمسافة التي تقطعها الشعرتان على قامة اللفل.



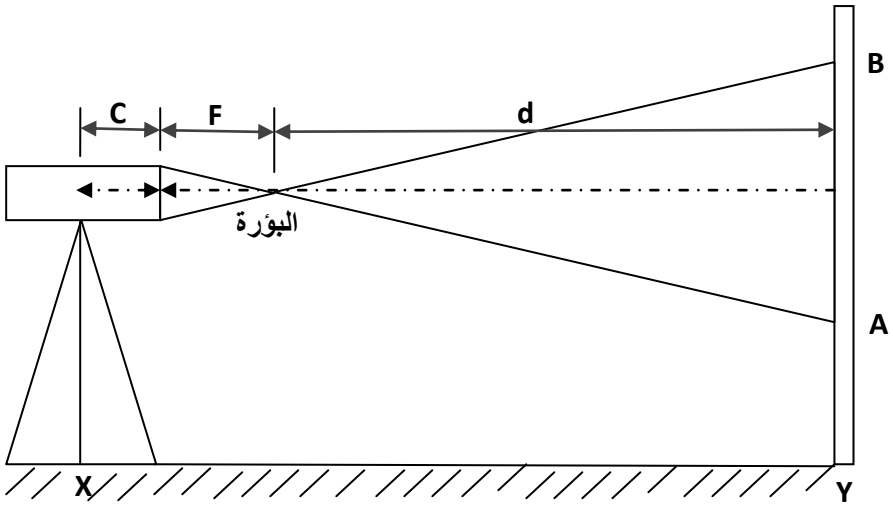
دائرة الرؤيا لحامل شعرات الستيديا

Hd= x y= d+f+c

$\frac{d}{AB} = \frac{F}{ab}$

dab = FAB

d= $\frac{FAB}{ab} = \frac{F}{ab}$ AB



$\frac{F}{ab}$: ثابت تصنيعي = K = 100

AB : درجة اعتراض الشعرات الستيديا من الهدف (U – L)

وبالتعويض نحصل على **d= 100 (U – L)**

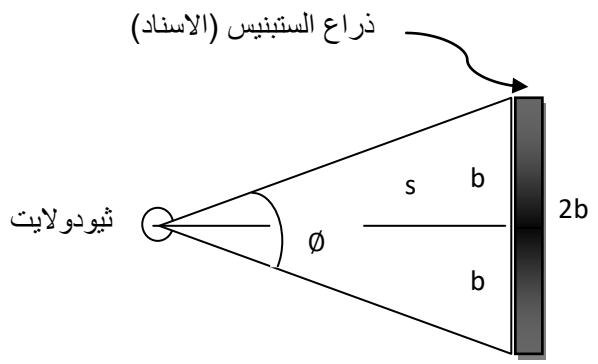
F =صفر : عند أعلى درجة إيضاح.

C= صفر : عند المركز وعند أعلى درجة إيضاح

إذا تصبح قيمة Hd = فقط d وتكون المعادلة النهائية **Hd = d = 100 (U – L)**

على افتراض شاقولية المسطرة ومركزية الجهاز عند النقطة والتباين الطوبوغرافي ضمن حدود قامة المساح.
وفي الأرض المنحدرة لايصلح استخدام هذه المعادلة وتعالج بإضافة بعض الحدود الرياضية لها.

5. **التاكيوميتر Tacheometor**: جهاز يشبه الثيودولايت فيه شعرات الستيديا تتحرك بصورة آلية لتعطي المسافة الأفقية مباشرة إضافة إلى فرق المنسوب ويستخدم في الأعمال الطوبوغرافية بصورة واسعة.
6. **ذراع الستبنس Subtense bar**: عبارة عن ذراع طوله متران أو ثلاثة أمتار يوضع بصورة أفقية في جهة واحدة من الخط المراد قياسه بينما تقاس الزاوية بين نهايتي الذراع في النقطة الأخرى من نهاية الخط. ومن ثم تحسب المسافة بين النقطتين عن طريق حل المثلث القائم الزاوية المتكون بين الذراع والنقطة الأخرى من الخط حيث يتم فيها قياس الزاوية (Ø) ويستخدم في الأعمال ذات الدقة المتوسطة.



عندما يوضع بصورة عمودية على خط التسديد بواسطة تلسكوب صغير مثبت في وسط الذراع. ولما كان الثيودولايت يقيس الزوايا في المستوى الأفقي . فان فرق الارتفاع بين نهايتي الخط لايؤثر مطلقا على القياس بل تكون المسافة الناتجة والمحسوبة في أدناه دائما المسافة الأفقية .

على اعتبار إن :

$$S = b \cot \frac{\emptyset}{2}$$

S = المسافة الأفقية

b = نصف طول الذراع

Ø = الزاوية الأفقية المقيسة في موقع الثيودولايت بين نهايتي الذراع.

ولما كان طول الذراع في اغلب الأجهزة يساوي مترين فالمعادلة أعلاه تختزل إلى :

$$S = \cot \frac{\emptyset}{2}$$

وهذا يعني أيضا إن المسافة الأفقية تساوي دائما ظل تمام نصف الزاوية المقيسة ويستخدم في حالات عديدة.

ثالثـــاً - أجهـزة قيـاس المناسـيب: تسـتخدم لقيـاس فـرق الارتفـاع بـين النقـاط ومنهـا (البـارومیتر – اللفـل اليـدوي – الكلينـوميتر) ويسـتخدم الكلينـوميتر للأعمـال الاسـتطلاعية ذات الدقـة الواطئـة. أمـا اللفـل علـى أنواعه المتعددة لقياس المناسيب ذات دقة متوسطة وعالية.

رابعـاً- الأجهـزة الالكترونيـة: وهـي مجموعـة أجهـزة لقيـاس الأبعـاد باسـتخدام الضـوء كعامـل لقيـاس المسافة أو باستخدام أشعة الليزر أو الأشعة تحت الحمراء منها:

1. الرادار والشورال والهيرال: تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية لقياس المسافة البعيدة جداً.
2. الجيـوديمتر Geodimeter : مجموعـة أجهـزة تسـتخدم الضـوء الأبـيض أو الضـوء الزئبقـي أو أشعة الليزر لقياس المسافات المائلة والدقيقة.
3. التليروميتـر Tellurometer : مجموعـة أجهـزة تسـتخدم الموجـات الكهرومغناطيسـية لقيـاس المسافات الطويلة التي تصل إلى 150 كم
4. التـاكيوميتر الالكترونـي: ويسـتخدم الأشـعة تحـت الحمـراء لقيـاس المسـافة المائلـة والمسـافة الأفقيـة وفرق المنسوب كما ويستخدم قسم منها لقياس الإحداثيات المباشرة .

b) أجهـزة القيـاس الـدائري: تختلـف حسـب دقتهـا وكلفتهـا وتسـتخدم لقيـاس الزوايـا بـين النقـاط وحصـرها فـي أجهـزة واطئـة الدقـة كـالرأس المتقاطعـة cross-staff والمربـع العدسـي optical square والمربـع المنشـوري prism square وكلهـا تسـتعمل لإقامـة زاويـة قائمة أو زاوية مستقيمة.

أمـا جهـاز البـانوميتر Panometer والقمبـاص Compass وصـندوق السكسـتات Box sextant فهـي تسـتعمل لقيـاس الزوايـا المختلفـة وبصـورة تقريبيـة صـالحة للأعمـال الاسـتطلاعية أمـا الترانسـت Transit والثيودولايـت Theodolite فيسـتخدمان لقيـاس الزوايـا بصـورة دقيقة . وأخيرا الجايروثيودولايت الذي يستخدم لتعيين الشمال الحقيقي.

C) أجهـزة قيـاس الـزمن: وهـي أجهـزة لقيـاس الوقـت والـزمن حسـب دقـة العمـل والغـرض للحصـول علـى مواقـع بعـض النقـاط مسـتنداً علـى الأرصـاد الفلكيـة وأهـم هـذه الأجهـزة هـي: السـاعات والكرونـوميترات chronometers وأجهـزة الكرونـوكراف chronographالتـي تسـجل الوقت على أوراق بيانية بدقة عالية وقد تصل إلى واحد بالمائة من الثانية.

الأجهـزة المكتبيـة: وتشـمل أجـزاء الحسـابات لتعيـين مواقـع النقـاط والأبعـاد والأتجاهـات ثـم قيـاس المساحات والحجوم وأعمال تصغير وتكبير الخرائط . ومنها:

- البلانوميتر لقياس المساحات
- البانتوكراف: ويستخدم لتصغير وتكبير الخرائط.
- الحاسبة الالكترونية و الآلات الهندسية, آلات الإحداثيات .
- آلات التحشـية فـي المسـح التصـويري التـي تضـم أجهـزة دقيقـة ميكانيكيـة وكهربائيـة والكترونية .
- وأخيرا الأجهزة الثقيلة الخاصة بطبع الخرائط واستنساخها.

الأخطاء والأغلاط

الأغلاط Mistakes : إن الخطأ في أي مقدار مقاس, بشكل عام.هو الفرق بين القيمة الحقيقة وبين القيمة المقيسة. وذلك الفرق يكون عرضه للزيادة والنقصان. فإنه كان قريباً من القيمة الحقيقية يعتبر خطأ مقبولاً. وهي تأتي أحياناً من إهمال المساح كقراءة رقم 12 , 21 أو رقم 9 , 6 وهناك أغلاط خارجة عن حدود الدقة بدرجة لايقبلها المنطق السليم تنتج عن سوء قراءة الجهاز أو التباس في كتابة الأرقام.

الأخطاء Errors : هناك بعض القياسات المنجزة بأدق الآلات وأجودها صنعاً تحتوي على أخطاء لايمكن التكهن بمقدارها واتجاهها. هنالك أنواعاً من الأخطاء متسببة عن عوامل طبيعية والية تخض لقوانين فيزياوية تجعل التخلص منها أمراً يسيراً إن دخلت ضمن القياسات.

<u>مصادر الأخطاء:</u> ويمكن حصرها في الآتي :

1) **الأخطاء الآلية Instrumental Errors**: تتسبب من جراء عيوب في آلات الرصد والقياس ويمكن السيطرة عليها واختزالها قبل الحسابات النهائية.
2) **الأخطاء الشخصية Personal Errors**: تتسبب هذه الأخطاء عن إهمال الراصد في استعمال الآلات نتيجة عادات اكتسبها في حياته أو ضعف الحواس وتختزل قبل أجراء الحسابات النهائية باستعمال الطرق الملائمة.
3) **الأخطاء الفيزياوية Natural Errors:** وتظهر نتيجة تبدل الأحوال الجوية أو بسبب الارتفاع والانخفاض عن سطح البحر, أو العوامل الفيزياوية الطبيعية المتعددة الأخرى,وتخضع الأخطاء إلى قوانين فيزياوية معلومة.

ويمكن أيضاً أن تصنف إلى:

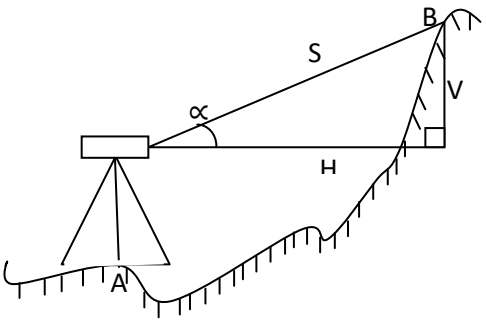
- **الأخطاء المتراكمة Systematic Errors** : وهي الأخطاء الثابتة المقدار والتي تتكرر دائما في كل قياس بصورة منتظمة موجبة أم سالبة,ويمكن حسابه بعدد مرات القياس في الخطأ المتراكم في قياس واحد.
- **الأخطاء العارضة Accidental Errors**: وهي أخطاء تلازم القياسات بصورة دائمة وتكون مجهولة المقدار والاتجاه ولايمكن التخلص منها مطلقاً مما يفرض توزيعها بصورة علمية ومنطقية بغية الحصول على أحسن النتائج المحتوية على تلك الأخطاء ضمن الحدود المقبولة. مثل خطأ القفل للمثلث.
- **الأخطاء المحتملة Probable Errors**: متأتية من عدد مرات القياس. فيمكن أن يكون (5 %) وان قيمة عدة قياسات لخط معين يمكن أن يشار إليها مثل (864.32±0.05) فالخطأ المحتمل 0.05±م يعني الأكثر احتمال للقيمة الصحيحة يقع مابين , (864.37 864.27) كما يمكن أن تقع خارج القيمتين.

حساب المسافات

لتعيين موقع نقطة ما يستعان برصد المسافات أو الزوايا أو كليهما معاً. وأساليب قياس المسافات كثيرة وحسب الوسيلة ومهما كانت فلا بد من إرجاع أو تحويل المسافة إلى مسقطها الأفقي.

أنواع المسافات

- المسافة المائلة Slop Distance (S)
- المسافة الأفقية Horizontal Distance (H)
- المسافة الرأسية Vertical Distance (V)



حساب المسافات الأفقية

1. تعيين المسافات الأفقية من المسافة المائلة والزاوية الرأسية

$$H = S \cos \propto$$

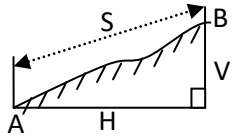
H = المسافة الأفقية

S = المسافة المائلة

∝ = الزاوية الرأسية

2. تعيين المسافة الأفقية من المسافة المائلة وفرق الارتفاع للمنسوب .

$$H = \sqrt{S^2 - V^2}$$

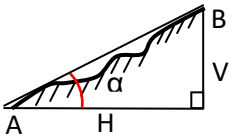


V = فرق الارتفاع بين نقطتين

3. تعين المسافة الأفقية من فرق المنسوب والزاوية الرأسية.

$$H = V \cot \alpha$$

حساب المسافات الرأسية



1. تعيين المسافات الرأسية من المسافة المائلة والزاوية الرأسية

$$V = S \sin \propto$$

2. تعيين المسافة الرأسية من المسافة المائلة والمسافة الأفقية.

$$V = \sqrt{S^2 - H^2}$$

ت- تعيين المسافات الرأسية من المسافة الأفقية والزاوية الرأسية.

$$H = V \cot \alpha \qquad V = \frac{H}{\cot \propto} \qquad V = H \tan \alpha$$

تصحيح القياسات

يقصد بها إجراء حسابات خاصة لاستخراج مقدار الأخطاء المتكررة الداخلة ضمن الأطوال المقيسة حقلياً بغية التخلص منها على الفرض بان هذه القياسات خالية من الأغلاط ومحتويه أخطاء عارضة فقط.

إن عملية التخلص من الأخطاء المتكررة تجري حسب مقتضيات العمل ودقته.ففي القياسات ذات الدقة الواطئة التي تتجاوز 1:2000 تهمل فيها التصحيحات الناتجة عن انحدار الأرض إذا لم تتجاوز ذلك الانحدار 5%مثلاً . بينما تؤخذ تصحيحات الانحدار للدقة التي تزيد على 1:10 000 كما أن الأخطاء الناجمة عن توتر شريط القياس تهمل في الأعمال ذات الدقة الواطئة وتكون كبيرة في الأعمال الدقيقة وغيرها حيث يراعى دقة الأعمال الحقلية مع متطلبات العمل. وتجرى قسم من هذه التصحيحات على النحو الآتي:

1. تصحيح الطول القياسي Standardization Correction

يختلف الطول الأسمي Nominal length للشريط الفولاذي عن الطول القياسي بمقدار يسمى (خطأ التعيير) وهذا الخطأ يمثل مقدار يتكرر في كل مرة يستعمل فيها الشريط. حيث أن :

$$\mathbf{Cd = La - Ln}$$

$$\mathbf{Lc = \frac{Lm}{Ln}\,(cd) + Lm}$$

Lc = الطول المصحح

Lm = طول المسافة المقيسة

Ln = الطول الاسمي للشريط الفولاذي

$\frac{Lm}{Ln}$ = عدد المرات التي يستعمل فيها الشريط

Cd = مقدار خطأ التعيير

La = الطول القياسي

مثال// استعمل شريط فولاذي طوله الأسمي (25 م) لقياس مسافة مقدارها (350.325 م) وكان طول شريط القياس (25.005 م) أوجد المسافة المصححة .

$$\mathbf{Lc} = \frac{350.325}{25}\,(25.005 - 25.000) + 350.325 = 350.395$$

أضيفت المسافة لان المسافة بين الصفر وال (25) أكثر بقليل مما يتطلب إضافة المسافات في دفتر الحقل. أما إذا كان الطول القياسي أقصر من الطول الأسمي فالتصحيحات عندئذٍ تطرح من المسافة الكلية.

2. تصحيح الحرارة Temperature Correction

تضاف التصحيحات للطول المقاس حقلياً في حالة استخدام شريط فولاذي حصلت فيه زيادة نتيجة تمدد الشريط.وفي حالة كون درجات الحرارة اقل من الحرارة القياسية فعندئذٍ تجري القياسات بطول اقل من اللازم مما يستوجب طرح التصحيحات من الطول المسجل. وان معامل التمدد ودرجة الحرارة معلومين فتضاف أو تطرح من القياسات,وحسب مايأتي

$$L_c = L_m \mp C_t$$

Lc = المسافة الكلية المصححة

$$\text{مقدار التصحيح } Ct = Lm \cdot \alpha\,(T - Ts)$$

Lm = المسافة الكلية المقيسة

$$\text{الطول المصحح } Lc = Lm + Lm \cdot \alpha\,(T - Ts)$$

Ts = درجة الحرارة المقيسة (20ºc)

T = درجة حرارة الشريط أثناء القياس

α = معامل التمدد= 0.0000116 م لكل درجة مئوية

Ct = مقدار التصحيح المتسبب من اختلاف درجات الحرارة

إذا كانت درجة الحرارة الفعلية اكبر من 20 درجة مئوية فان Ct تصبح كمية موجبة وتكون المسافة الكلية المصححة اكبر من المسافة المقيسة والعكس صحيح.

مثال// استعمل شريط فولاذي طوله لاسمي 30م لقياس مسافة سجلت 520.327م في درجة حرارة مقدارها 40º م, اوجد المسافة المصححة

$$Lc = 520.327 + 520.327(0.0000116)\,(40 - 20) = 520.448$$

3. تصحيح التوتر Tension Correction

إن التوتر القياسي للشريط = 9 كغم فالزيادة في الشد يعني زيادة على طول الشريط لذا تضاف الى المسافة المقيسة والعكس صحيح.

$$\text{مقدار التصحيح } Cp = \frac{(P - Ps)Ln}{AE}$$

P = الشد المستعمل أثناء القياس

Ps = الشد القياسي

$$\text{الطول المصحح } Lc = Ln + Ln\,\frac{(P - Ps)}{AE}$$

A = مساحة مقطع الشريط

Ln = طول الشريط الأسمي

E = معامل المرونة ويقارب 20 000 000 gm|mm²

ويستخدم نابض حلزوني يربط في الشريط للحصول على الشد القياسي بغية تلافي التصحيحات أعلاه.

4. تصحيحات الارتخاء

يرتخي الشريط عندما يعلق من نهايته بسبب ثقله, فالمسافة تكون اقل من طول الشريط فيعالج:

$$Cs = n \frac{W^2 L^2}{24 P^2}$$

C =مقدار التصحيح

n = عدد الاطوال المتدلية

n = 1 عندما يعلق الشريط من نهايته

n = 2 عندما يستند الشريط على ثلاث نقاط

W= وزن الشريط الكلي

P = مقدار الشد المستعمل

ويصرف النظر عن هذه التصحيحات إذا استعمل الشريط تحت الظروف القياسية المختبرية.

5. أخطاء الطرد

عند قياس مسافة أطول من طول الشريط مما يستوجب إن يكون القياس على خط مستقيم بين النقطتين. أما بجهاز (ثيودولايت \ ليفل) أو بالشواخص. فعند انحراف شريط طوله 100 م بمقار 1 م فالخطأ المتوقع (0.005)م. ففي حالة الشريط القصير تطرح من الطول المسجل. ويعامل معاملة قياس يجري بشريط قصير فتطرح التصحيحات من الطول المسجل في دفتر الحقل.

6. خطأ الانحدار

تحدث عند إجراء القياس مباشرة على أرض منحدرة انحدار معلوم وضمن دقة معينةوتعالج بقوانين وتصحيحات خاصة.

7. تصحيح سطح البحر

تقاس الخطوط الرئيسية التي تخدم أعمال السيطرة الأفقية, فعادة على السطح الطوبوغرافي للكرة الأرضية ولغرض المقارنة ينبغي إسقاطها عل سطح المقارنة وهو سطح البحر. وذلك لاختلاف المناسيب التي تقاس على هذه الخطوط تبعا لمقدار ارتفاعها عن سطح البحر. وتعالج أيضا بقوانين.

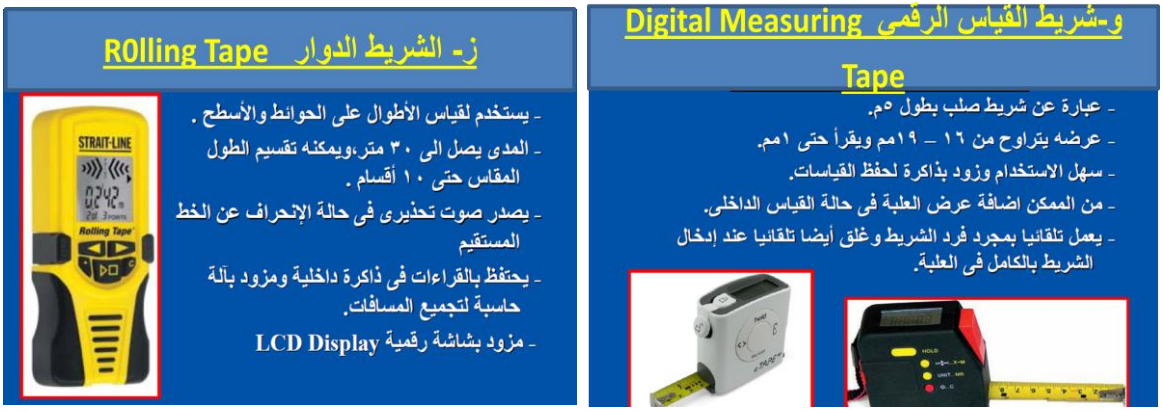
المسح المستوي

عمل خارطة مستوية باستخدام الشريط

وهي من ابسط الطرق المساحية المستعملة لرسم حدود وتفاصيل الأراضي ويشكل مدخلاً لدراسة الطرق المساحية الأخرى. ولذلك فهي اقل دقة من غيرها وتصلح للمساحات الصغيرة ذات التفاصيل القليلة وفي المناطق المكشوفة التي لاتبرز فيها الارتفاعات والانخفاضات بشكل يعيق عملية القياس. ولا يحتاج إلى استعمال أدوات قياس الزوايا وباستخدام أجهزة بسيطة تتلخص بتثبيت مجموعة من النقاط (محطات) يتكون من توصيل بعضها مع بعض هيكل يشكل مضلع يحيط بالمساحة المطلوبة. ثم يقيس المضلع إلى مثلثات تقاس كافة أضلاعها ويمكن بعدها عمل خارطة حسب المقياس.

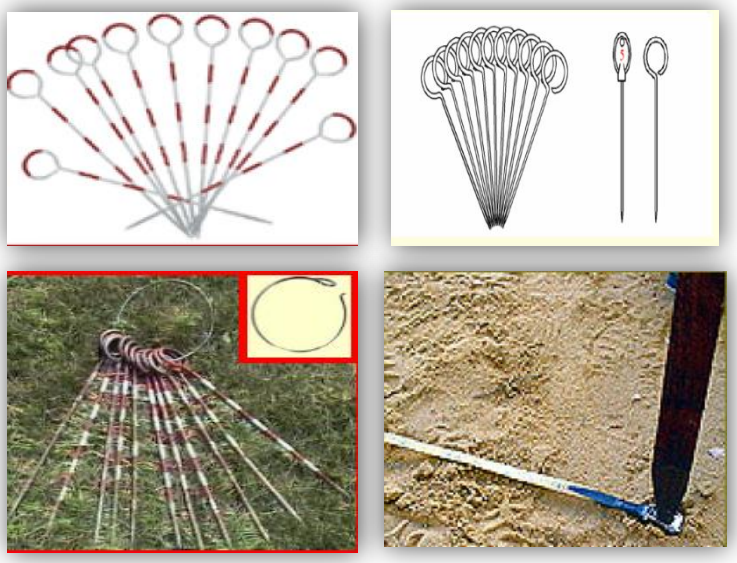
الأدوات المستخدمة

1. الاشرطة: الكتانية والمعدنية كما ورد ذكرها سابقاً.

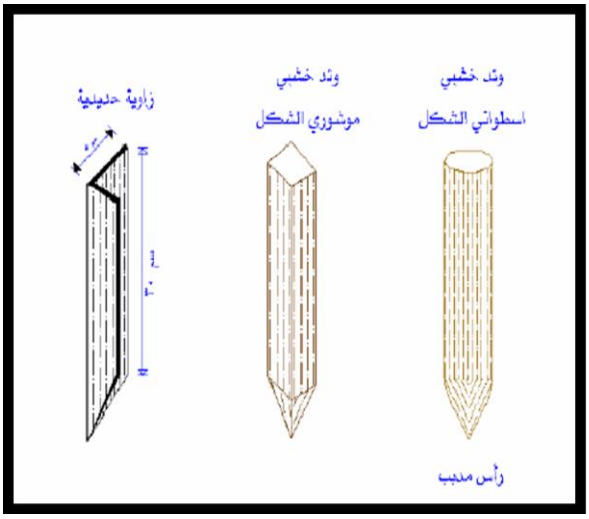


ترقيم (صفر) الشريط

2- النبال (الشوكات): وهي اسلاك من الحديد الصلب باطوال (30-50) سم وبقطر (3-5) سم احد اطرافها مدبب ليسهل غرزها في الارض والطرف الاخر على شكل حلقة ليسهل حملها بشكل مجموعة وتستعمل لتحديد نهايات الذرعات او في اقامة واسقاط الاعمدة.



3- الوتد: هو قطعة من الخشب او المعدن بطول (30-40) سم ذو نهاية مدببة ليسهل غرسه في الارض ويستعمل لتثبيت مواقع النقاط الدائمة لتسهيل عملية الرجوع اليها عند الاستمرار بالعمل لأكثر من يوم.

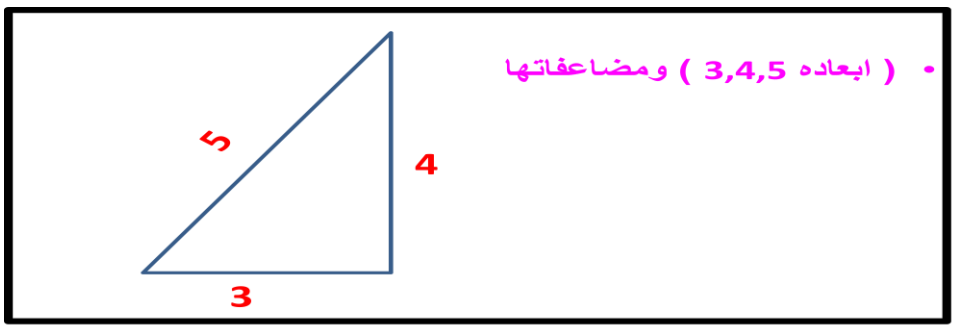


- قطرها بين 3 -6 ملم والطول 20-30 سم.
- ينتهي احد طرفيه بجزء مدبب لغرسه بالأرض بواسطه مطرقه.
- يمكن استخدام زاويه حديديه او مسامير حديديه.
- تستعمل في تحديد المحطات الأرضية ونقاط ثابته.

4- الشاخص: هو عمود من الخشب أو الحديد بطول من (2-4)م مدبب الطرف وملون بلونين الأحمر والأبيض ليسهل رؤيته من عند مسافة بعيدة. ويكون اسطواني او مضلع ويستعمل لتثبيت مواقع النقاط المؤقتة أو للتوجيه والرصد.

- طوله يتراوح من 2-5 م وقطره من 3- 6 سم.
- قد يكون قطعه واحده او متداخل (تلسكوبي).
- ينتهي احد طرفيه بجزء مدبب ليغرس في الارض.
- يلون باللونين الابيض والاسود أو الأبيض والاحمر بمسافات متساوية وذلك لتسهيل الرؤية.
- من الممكن تثبيته بحامل ثلاثي على الارض الصلبة.

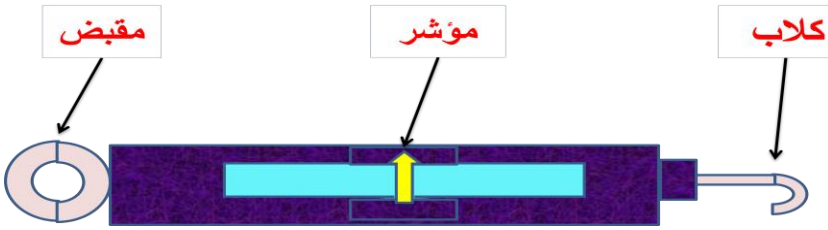
5- مثلث المساح: مثلث خشبي لتحديد الزاوية القائمة.



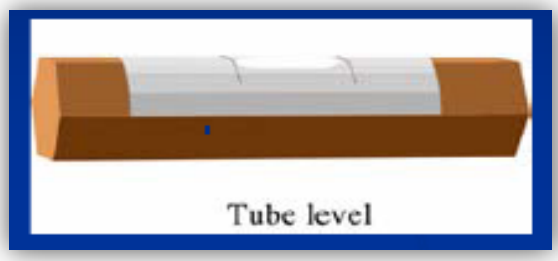
- (ابعاده 3,4,5) ومضاعفاتها

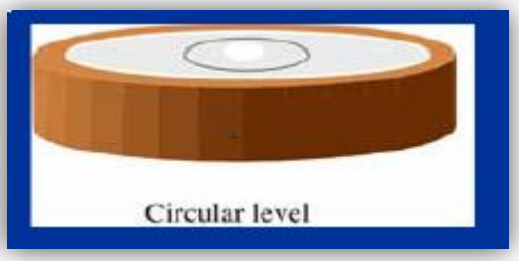
6- البوصلة: تستعمل لتحديد الاتجاه المغناطيسي للشمال.

7- نابض القوة: لتسليط شد ثابت على طرفي الشريط.

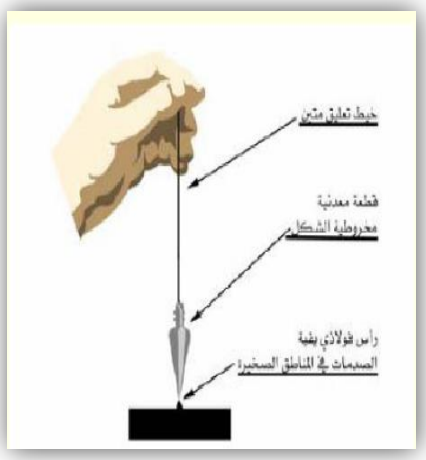


8- ميزان التسوية: لضبط استقامة وأفقية شريط القياس من خلال الفقاعة الهوائية.



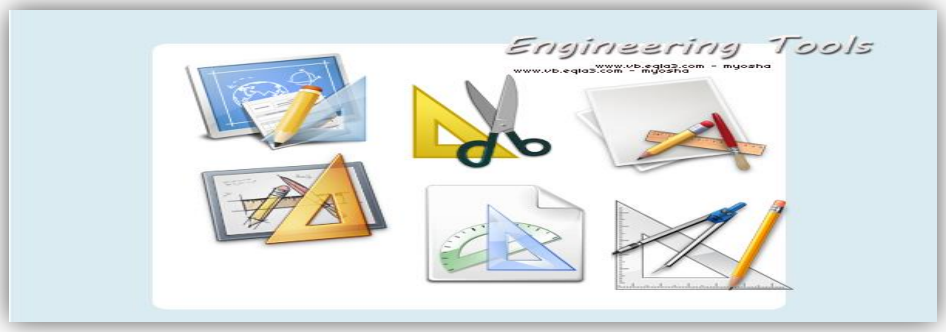


9- خيط الشاقول: عبارة عن خيط في نهايته قطعة حديدية لتحديد شاقولية طرفي الشريط مع نقطتي القياس الأرضية.



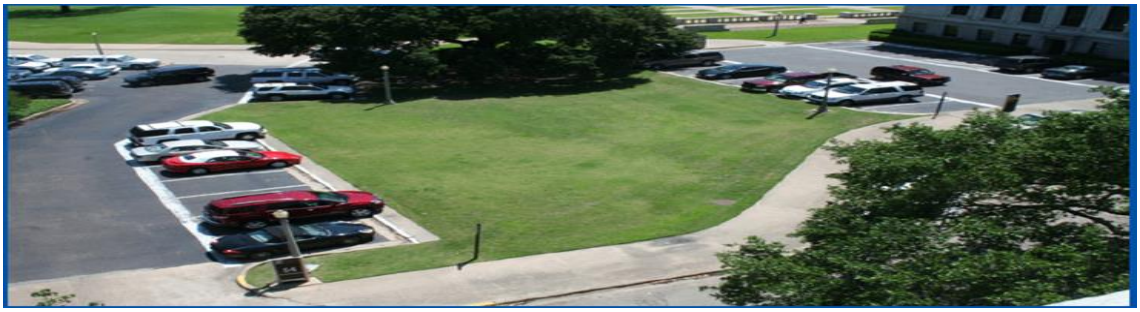
10- دفتر الحقل : لتدوين المعلومات الحقلية

11- أدوات الرسم الهندسية.



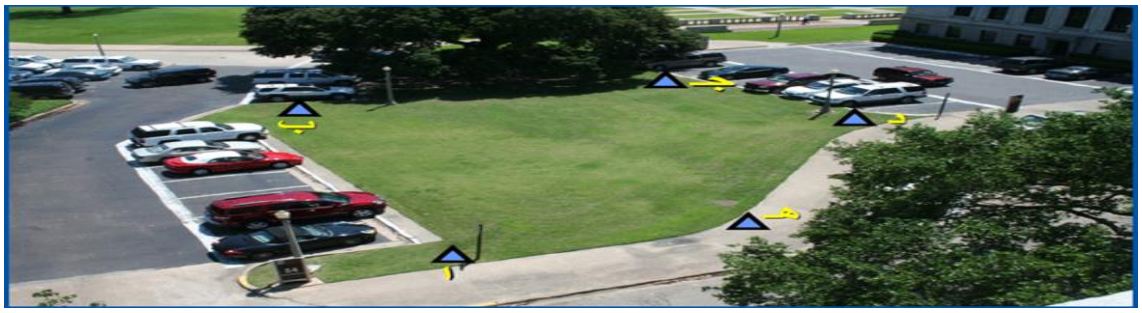
خطوات رسم خارطة خطية

1. مرحلة الاستطلاع: تستطلع المنطقة المراد رفعها لتكوين فكرة عن ماهية المنطقة من حيث عدد العوارض وأنواعها والتباين الطوبوغرافي لها ونوع النباتات النامية فضلاً عن تكوين عن حجم العمل وعدد فريق العمل وتكاليف الإنجاز والوقت اللازم له.

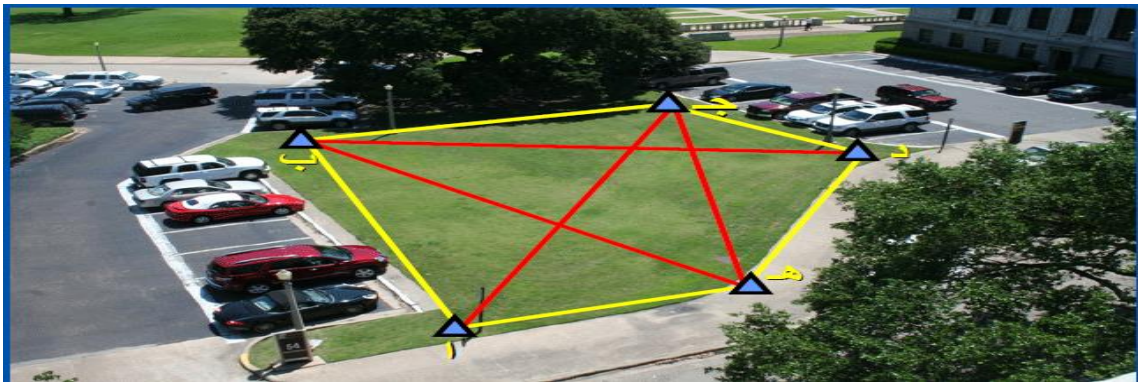


2. عمل مخطط توضيحي للمنطقة: يتم رسم مخطط توضيحي للمنطقة ليكون دليل عمل لتتابع عمليات المسح بين فرق العمل.
3. اختيار محطات العمل (تحديد أو تعيين نقاط رؤوس المضلع) : وعادة تنتخب النقاط وفق شروط معينة هي:

1) أن تكون النقاط ممثلة للمنطقة المراد رسم خارطة لها وأن تكون أقل مايمكن وعند الحدود الخارجية للمنطقة.
2) إن الخطوط الواصلة بين النقاط أطول مايمكن على أن لاتزيد عن 250 م.
3) تحقيق رؤيا سابقة ولاحقة من كل نقطة من نقاط المضلع بحيث يمكن تلافي العوارض التي تعييق الرؤيا أو القياس أو كلاهما.
4) أن لايزيد بعد العارض عن أقرب خط قياس له عن 30م.
5) تجنب تكوين زوايا حادة ومنفرجة وأفضل زاوية 60^{o} وذلك لتلافي الزيادة والنقصان في المساحات المقدرة نتيجة لخطأ القفل.
6) تجنب طرق المارة والسيارات.



1. تثبيت النقاط لأقرب 2-3 عارض ثابت في دفتر الحقل: حيث تخصص ورقة مستقلة من دفتر الحقل لكل نقطة وتقاس الأبعاد عنها وعن العوارض الثابتة وتكون حسب اتجاهاتها وأبعادها وذلك للرجوع إليها في حالة فقدان بعض من هذه النقاط واسترجاع مواقعها.



5. قياس الأطوال: وتتم بطريقتين هما

أ- **إذا كانت المسافة اقصر من طول الشريط:** يستعمل القياس المباشر بعد تطبيق شروط القياس الجيد بالشريط وهي:

1) التأكد من صفر الشريط وسلامته.
2) رفع الشريط أقل ما يمكن عن سطح الأرض.
3) تحديد استقامة الشريط وضبط أفقيته باستعمال ميزان التسوية.
4) تسليط شد طبيعي **5** كغم على طرفي الشريط باستعمال نابض القوة.
5) تحديد نقطتي القياس وتسامتها مع طرفي الشريط باستعمال خيط الشاقول.
6) أخذ القراءة لغاية 1\2 أصغر وحدة تدريج على الشريط.
7) إعادة القياس على الأقل أربع مرات واخذ المعدل وتدونها في دفتر الحقل.

ب- **إذا كانت المسافة أطول من شريط القياس:** وبهذه الحالة يستخدم القياس غير المباشر وعلى النحو الآتي:

1) تحديد استقامة خط القياس بإجراء التوجيه باستعمال الشواخص.
2) تقسيم خط القياس إلى ذرعات وبطول ذرعة يتناسب والظروف الجوية السائدة وحجم العمل على ان لاتتجاوز طول الشريط المستعمل.
3) تقاس كل ذرعة على انفراد وكأنها قياس مباشر مع تطبيق شروط القياس الجيد.
4) تحسب المسافة الكلية كالآتي: **(عدد الذرعات × طول الذرعة)+ المسافة المتبقية أو تجمع الذرعات في حالة عدم تساوي الذرعات.**

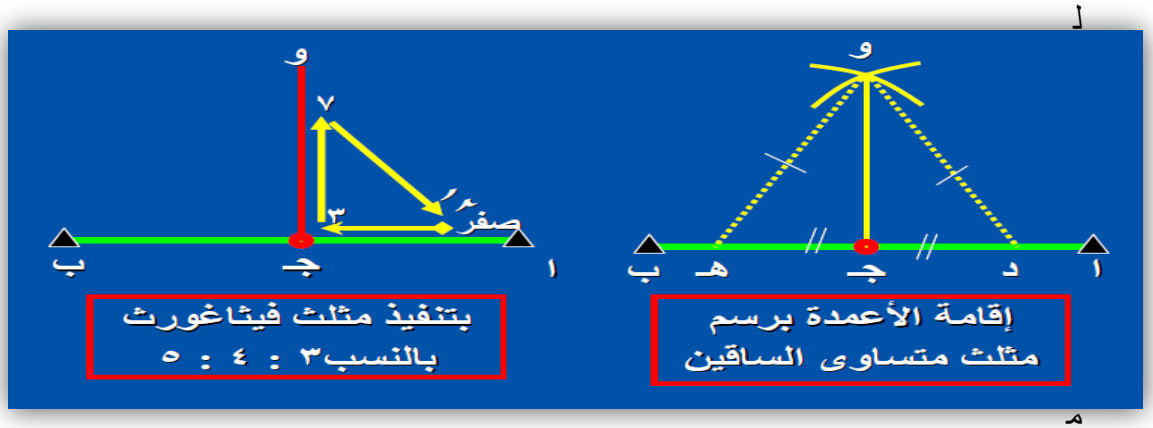
وتعرف **الذرعة** على إنها طول معين من الشريط متفق عليه من قبل فريق العمل وغالبا مايكون تحت الظروف الطبيعية 20م. وتقلل طول الذرعة عند هبوب الرياح وزيادة وزن الشريط.

6. التقاط العوارض (التحشية أو التحديث):

ويقصد بها إجراء عملية التحديث أي إيجاد المواقع النسبية لذلك العارض لأقرب خط قياس له من خلال قياس الأحداثي السيني المتمثل بالبعد الأفقي الواصل من نقطة بداية خط القياس وحتى مسقط العارض عليه وكذلك الاحداثي الصادي المتمثل بالبعد الراسي الواصل من مركز العارض وحتى مسقطه على العارض . وعادة تخصص صفحة مستقلة لكل خط قياس

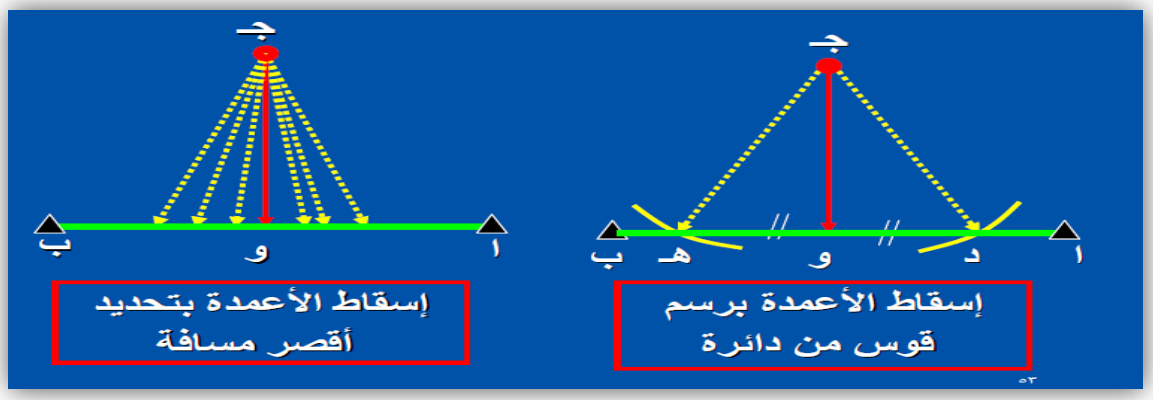
من دفتر الحقل يدون الإحداثيات السينية بين خطين المسافة بينهما 1 -1.5سم أما الإحداثيات الراسية فتدون على يمين أو يسار هذين الخطين حسب موقعها على أن يكون بداية خط القياس في أسفل الصفحة, وتجري عملية التقاط العوارض من خلال عمليتين هما:

أ- **إقامة الأعمدة** : وتجرى للعوارض الطويلة المستمرة التي لها أكثر من نقطة على خط القياس من خلال نظرية مثلث قائم الزاوية (5,4,3) أو مضاعفاتها أو باستعمال

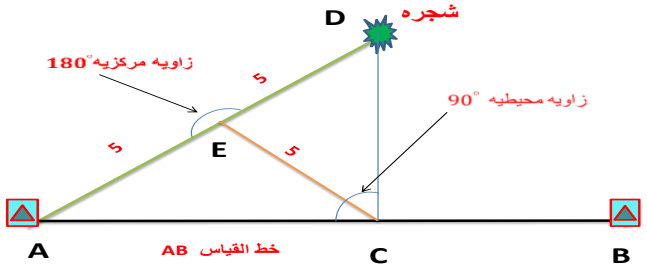


تساوي الساقين مبتدأ بالقاعدة.

ب- **إسقاط الأعمدة:** وتجرى للعوارض التي لها نقطة واحدة على خط القياس ومنها. العوارض البسيطة كالشجرة وعمود الكهرباء وأركان المنشات الهندسية والمباني ونقاط التغير بالاتجاه والميل. وتجري باستعمال نظرية العمود اقصر المستقيمات ومثلث متساوي الساقين مبتدأ بالرأس والزاوية المحيطية.



من طرق الانزال
الزاوية المركزية تساوي ضعف الزاوية المحيطية

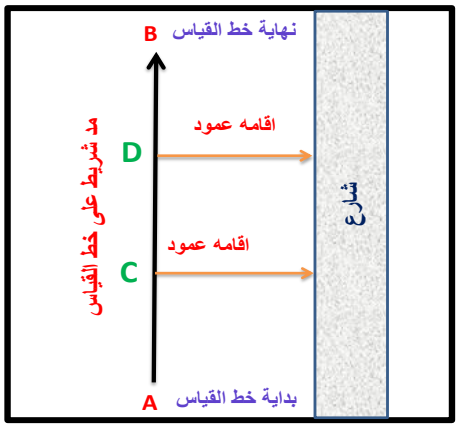


كيفيه تثبيت المعلومات في دفتر الحقل

التقاط العوارض(التحشية والتحديث)

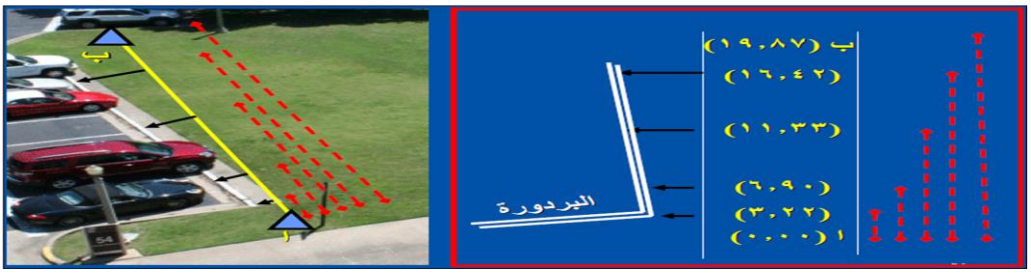
للعوارض المحددة بنقطه ننزل عمود من العارض الى خط القياس(باحدى طرق الانزال)

للعوارض المستمرة نقيم عمود من نقطه على خط القياس(باحدى طرق الإقامة)



تدوين القياسات في دفتر الحقل

- تثبت المسافات الأفقية بين خطين متوازيين والمسافة العمودية خارج الخطين باتجاه نقطه العارض



7. اختيار انسب مقياس رسم.

8. رسم الخارطة وتحبيرها وحل رموزها .

مقياس الرسم

تعريف المقياس: هو نسبة بعد معين على الخارطة إلى البعد المناظر له على الطبيعة وبنفس وحدة القياس, وغالبا ماتكون السنتيمتر.

الحاجة إلى المقياس : للتمكن من توقيع الأبعاد الأرضية التي لايمكن توقيعها بنفس الطول بأطوال مناظرة لها على الخريطة, فضلاً عن استخدامها في عمليات التكبير والتصغير.

أصناف مقاييس الرسم: تصنف مقاييس الرسم إلى :

1. مقاييس رسم كبيرة : $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{20}$ $\frac{1}{25}$ $\frac{1}{40}$ $\frac{1}{50}$ $\frac{1}{100}$ $\frac{1}{200}$ $\frac{1}{250}$ $\frac{1}{400}$ $\frac{1}{500}$ $\frac{1}{1000}$
2. مقياس رسم متوسطة: $\frac{1}{1000}$ $\frac{1}{2000}$ $\frac{1}{2500}$ $\frac{1}{4000}$ $\frac{1}{5000}$ $\frac{1}{10000}$
3. مقياس رسم صغير: $\frac{1}{10000}$ $\frac{1}{20000}$ فما دون.

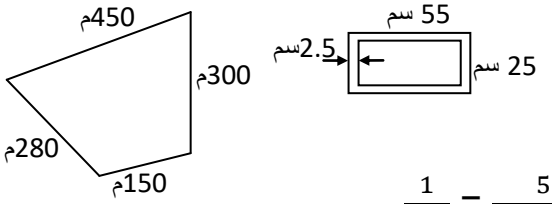
مقاييس الرسم الأكثر شيوعاً: عادةً يتناسب مقياس الرسم عكسياً مع مقامهِ, وأكثر مقاييس الرسم شيوعاً هي صفرية الأعداد **(1 , 2 , 4 , 5 , 25)**

العوامل التي يتوقف عليها تحديد مقياس الرسم:

1. **الدقة:** كلما كانت الدقة المطلوبة عالية كلما توجب أخذ مقياس رسم كبير .
2. **الغرض من الخارطة:** كلما اتجهت الخارطة إلى الأعمال الهندسية كلما كبر المقياس.
3. **سعة المنطقة:** يتناسب المقياس عكسياً مع اتساع المنطقة.
4. **أبعاد الورق المتوفر:** يتناسب المقياس طردياً مع الأبعاد للورق المتوفر.
5. **عدد لعوارض المطلوب نقلها:** يكبر المقياس مع كثرة العوارض المطلوب التقاطها.

لتحديد قيمة المقياس رقمياً يمكن الاعتماد على سعة المنطقة وأبعاد الورق المتوفر وحسب المثال الآتي:

مثـال// جد أنسب مقياس رسم للأرض ذات الأبعاد المبينة بالشكل المجاور إذا توفر أبعاد ورق (25×55)سم مع ملاحظة ترك (2.5) سم من جميع الإطراف.



الحل//

أبعاد الورق الفعلي = 50×20 (بعد إزالة الحواف)

مقياس الرسم الطولي = $\frac{\text{طول الورقة الفعلي(سم)}}{\text{طول اطول خط باتجاه الطول} \times 100} = \frac{50}{100 \times 450} = \frac{1}{900}$

مقياس الرسم العرضي = $\frac{\text{عرض الورقة الفعلي(سم)}}{\text{طول اطول خط باتجاه العرض} \times 100} = \frac{20}{100 \times 300} = \frac{1}{1500}$

وهنا يصبح لدينا مقياسين هما 900:1 و 1500:1 وعليه نختار أصغرهما (أي أكبرهما مقاماً) وهو 1500:1 غير إن هذا القياس غير شائع لذا يقرب إلى 2000:1 لكي يضم جميع الأبعاد ضمنياً.

أنواع مقاييس الرسم:

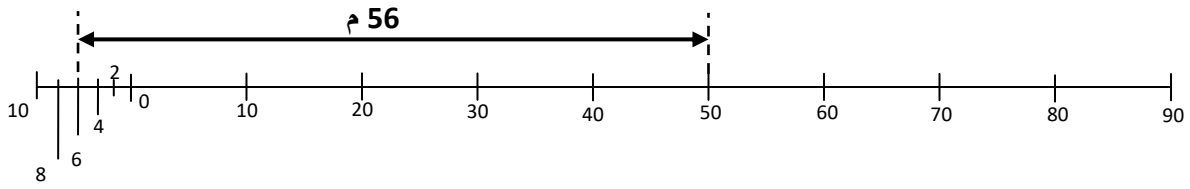
1) **المقياس العددي:** هو عدد يكتب بهيئة كسر $\frac{1}{100}$ أو بهيئة 100:1 أو 100/1 في أسفل الخارطة المرسومة, وهذه غير مفضلة في الخرائط ذات الدقة العالية للأسباب الآتية:
   1. كثرة الأعمال الحسابية والأخطاء الناتجة عنها.
   2. الحاجة إلى استعمال أدوات قياس تقليدية.
   3. عدم إمكانية قياس المسافات القصيرة.
   4. عدم تعرض أو تجانس كل من المقياس والأبعاد المرسومة إلى نفس ظروف التمدد والانكماش.

2) **المقياس التخطيطي:** هو خط أو خطين ترسم في أسفل الخارطة على مسطرة مدرجة ومن أهم مميزاتهِ.
   1. قلة الأعمال الحسابية والأخطاء الناتجة عنها.
   2. عدم الحاجة إلى استعمال أدوات قياس تقليدية.
   3. إمكانية قياس المسافات القصيرة أو أي مسافة مطلوبة.
   4. تعرض كل من المقياس والأبعاد المرسومة إلى نفس ظروف التمدد والانكماش.

   وعادةً يقسم إلى مقياس رسم تخطيطي طولي وآخر شبكي

مثال// ارسم مقياس الرسم العددي 1000:1 بدقة 2 م ثم عين عليه المسافة 56 م.

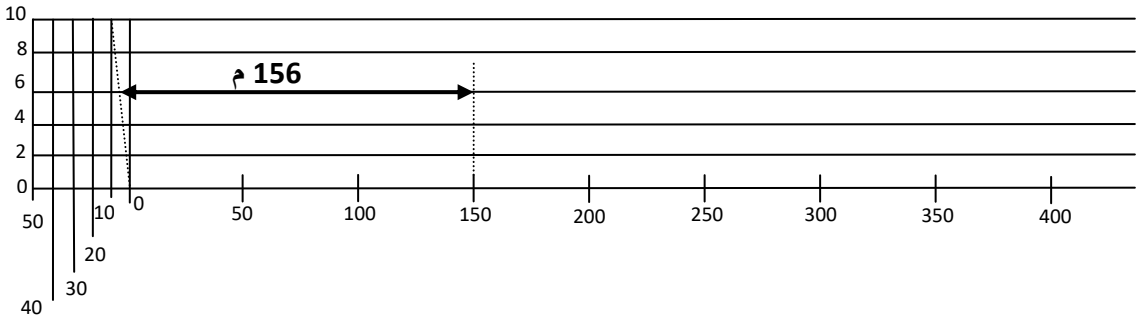
1 سم على الخارطة يعادل 1000 سم على الطبيعة
1 سم على الخارطة يعادل 10 م على الطبيعة (وحدة التدريج)
1 ملم على الخارطة يعادل 1 م على الطبيعة
2 ملم على الخارطة يعادل 2 م على الطبيعة (دقة المقياس الطولي).



<u>مثال//</u> ارسم مقياس الرسم العددي 5000:1 بدقة 2 م ثم عين عليه المسافة 156 م.

1 سم على الخارطة يعادل 5000 سم على الطبيعة
1 سم على الخارطة يعادل 50 م على الطبيعة (وحدة التدريج)
1 ملم على الخارطة يعادل 5 م على الطبيعة
2 ملم على الخارطة يعادل 10 م على الطبيعة (دقة المقياس الطولي).

عدد الأقسام الرأسية = $\frac{\text{دقة المقياس الطولي}}{\text{الدقة المطلوبة}} = \frac{\mathbf{10}}{\mathbf{2}} = 5$ أقسام متساوية



حساب المساحات

تعتبر عملية حساب المساحات من الأمور المهمة في شتى المجالات وليس في تخصص المساحة فقط. وتتوقف دقة نتائج حساب المساحات على عدة عوامل :

1) دقة القياس في الطبيعة سواء كانت مسافة أو زاوية.
2) دقة الرسم في حالة حساب المساحة من شكل مرسوم.
3) الطريقة المتبعة في حساب الشكل.

مصادر تقرير المساحات

1) من الطبيعة
2) من الخرائط

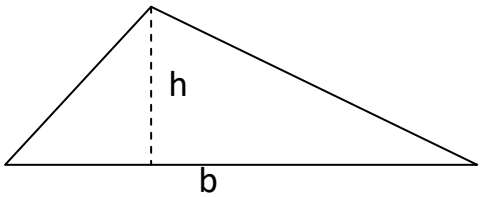
طرق إيجاد المساحات

1) **الطرق الحسابية:** وهي أدق الطرق وفيها يقسم الشكل إلى أشكال منتظمة مثل المثلثات وتطبق قوانين الأشكال المنتظمة عليه.
2) **الطرق النصف:** وفيها يقسم الرسم إلى شرائح وتطبق عليه قوانين خاصة.
3) **الطرق الميكانيكية:** وهي تعتمد على استخدام الأجهزة مثل جهاز البلانيمتر

مساحة الأشكال المنتظمة

1) مساحة المثلث Area of Triangle: ويتم ذلك بثلاث طرق.

أ- طريقة القاعدة والارتفاع

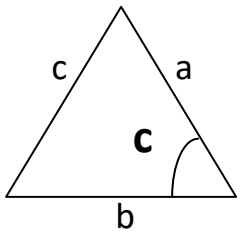


$$\text{Area} = \frac{b\,h}{2}$$

b = القاعدة

h = الارتفاع

ب- مساحة المثلث بطريقة الضلعين والزاوية المحصورة بينهما .

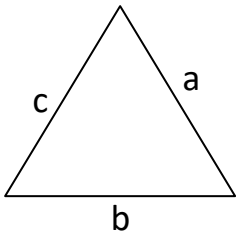


$$\text{Area} = \frac{1}{2}\,a\,b\,\sin C$$

a, b, c = أطوال أضلاع المثلث

C = الزاوية المحصورة

ج- طريقة الأظلاع الثلاثة

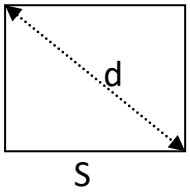


$$\text{Area} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

حيث أن $s = \frac{a+b+c}{2}$

---

2) مساحة المربع Area of square:



$$\text{Area} = S^2 = \frac{d^2}{2}$$

s = طول ضلع المربع

d = طول القطر

---

3) مساحة المستطيل Area of rectangle :

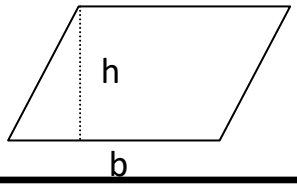
$$\text{Area} = b\,h$$

b = الطول

h = العرض

---

4) مساحة متوازي الأضلاع Area of parallelogram :



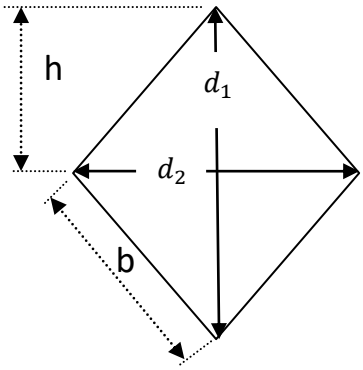
$$\text{Area} = b\,h$$

b = العرض

h = الارتفاع

---

5) مساحة المعين Area of rhombus :



$$\text{Area} = bh = \frac{d_1 d_2}{2}$$

b = القاعدة

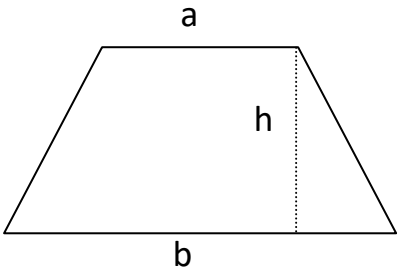
h = الأرتفاع

d_1 = طول القطر الأول

d_2 = طول القطر الثاني

---

6) مساحة شبه المنحرف Area of trapezoid :



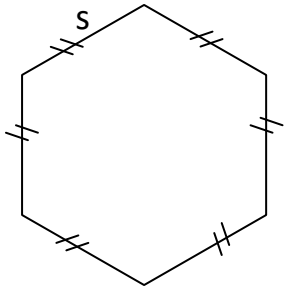
$$\text{Area} = \frac{1}{2}\,h\,(b+a)$$

h = الارتفاع

b = القاعدة الأولى

a = القاعدة الثانية

7) مساحة المضلع المنتظم Area of regular polygon :



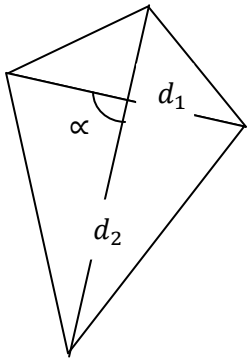
$$\text{Area} = \frac{1}{2} n\, s^2 \cot\frac{180}{n}$$

s = طول الضلع

n = عدد الأضلاع

---

8) مساحة الشكل الرباعي Area of quadrilateral:



$$\text{Area} = \frac{d_1 d_2 \sin \propto}{2}$$

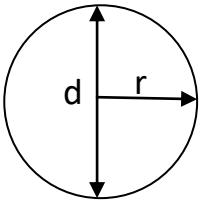
d_1 = طول القطر الأول

d_2 = طول القطر الثاني

$\propto$ = الزاوية المحصورة بين القطريين.

---

9) مساحة الدائرة area of circle:



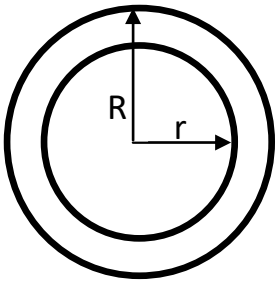
$$\text{Area} = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

r = نصف القطر

d = القطر

---

10) مساحة الحلقة الدائرية Area of circular Ring :

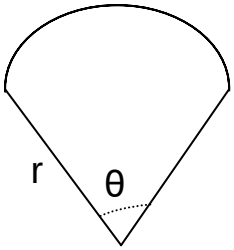


$$\text{Area} = \pi\,(R^2 - r^2)$$

r = نصف قطر الدائرة الصغيرة

R = نصف قطر الدائرة الكبيرة

11) مساحة القطاع الدائري Area of sector :



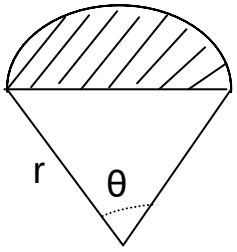
$$\text{Area} = \pi r^2 \frac{\theta}{360}$$

θ = الزاوية المركزية للقطاع

r = نصف القطر

---

12) مساحة القطع الدائري Area of segment:



$$\text{Area} = \pi r^2 \frac{\theta}{360} - \frac{r^2}{2} \sin\theta$$

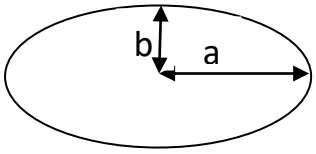
$$\text{Area} = r^2 \left(\frac{\pi\,\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2}\right)$$

θ = الزاوية المركزية للقطاع

r = نصف القطر

---

13) مساحة القطع الناقص Area of Ellipse :



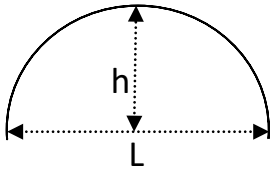
$$\text{Area} = \pi\, a\, b$$

a = نصف القطر الأكبر

b = نصف القطر الأصغر

---

14) مساحة القطع المكافئ Area of parabola :



$$\text{Area} = \frac{2}{3}\, L\, h$$

h = الارتفاع

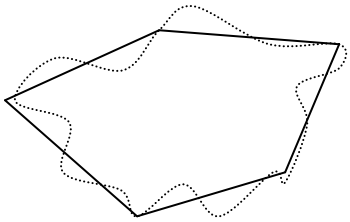
L = القاعدة

مساحات الأشكال غير المنتظمة (الطرق النصف الحسابية):

لحساب مساحات الأشكال المحددة بمنحنيات غير منتظمة هناك عدة طرق منها:

1) طريقة الحذف والإضافة Take and Given Method :

وهي طريقة تقريبية تزداد دقتها كلما قلت تعاريج حدود الشكل. وفي هذه الطريقة يجري تحويل الخطوط المتعرجة إلى خطوط مستقيمة بحيث يحول الشكل إلى شكل مضلع يكافئه في المساحة على أن تكون الأجزاء المحذوفة مكافئة في المساحة للأجزاء المضافة قدر الإمكان وتعتمد دقتها على صحة التقدير عند عملية الحذف والإضافة.

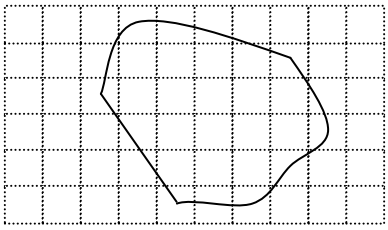


2) طريقة المربعات Counting Square :

يجري تغطية الشكل بورقة شفافة مقسمة إلى مربعات صغيرة. ثم تعد المربعات الكاملة المحصورة ضمن الشكل أما المربعات الداخلة جزئيا ضمن الشكل فتقدر وتضاف إلى عدد المربعات الكاملة. وتحسب المساحة الكلية بضرب عدد المربعات الكاملة الكلي في مساحة المربع. وتعالج أحياناً المربعات الداخلة جزئياً في مساحة الشكل بطريقتين:

أ- إذا كان أكثر من نصف المربع داخلاً في الشكل فيعتبر مربعا كاملاً وإذا كان الجزء أقل من نصف المربع فيهمل.

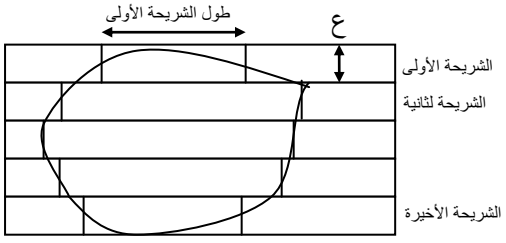
ب- اعتبار كل مربع غير كامل ضمن الشكل مساوي لنصف مربع كامل.



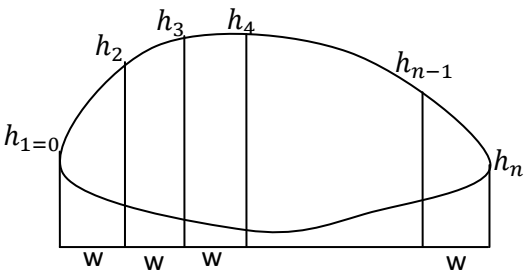
3) طريقة الخطوط المتوازية:

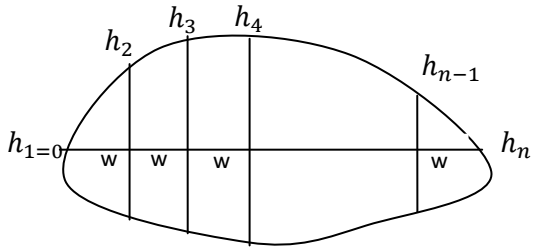
تتلخص هذه الطريقة في رسم خطوط متوازية على مسافات متساوية (ع) وبذلك نقسم المساحة إلى شرائح ثم تحول كل شريحة إلى مستطيل يكافئ الشريحة في المساحة كما هو موضح بالشكل وتصبح المسافة الكلية كالآتي:

المساحة = ع × (طول الشريحة الأولى + طول الشريحة الثانية +.....+ طول الشريحة الأخيرة)



مساحة الأشكال الممتدة كشرائح





4) طريقة متوسط الارتفاعات Average offsets formulas :

وهي طريقة تقريبية وتستخدم في حالة كون الفرق بين أطوال الأعمدة المقامة على الخط الموازي لقطعة الأرض ليس كبيرا حيث تحول المساحة كلها إلى مستطيل طوله عبارة عن طول قطعة الأرض وارتفاعه متوسط ارتفاع الأعمدة وتستعمل للحصول على فكرة سريعة عن المساحة من القانون التالي:

$$A = n\,W\,\frac{(h_1+h_2+h_3+h_4)}{4}$$

n = عدد الأقسام

w = العرض المتساوي

متوسط الأعمدة = $\frac{\text{مجموع الاعمدة}}{\text{عددها}}$

أي المساحة = طول قطعة الأرض × $\frac{\text{مجموع اطوال الاعمدة}}{\text{عدد الاعمدة}}$

5) طريقة أشباه المنحرفات Trapezoidal rule :

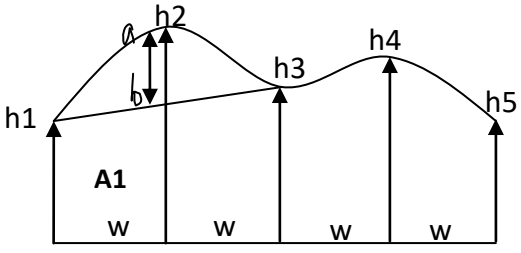
وهي أدق من الطرق السابقة وتستخدم في حالة كون حدود الأرض عبارة عن خطوط مستقيمة او قريبة من ذلك وتتلخص بحساب المساحة على أساس انه كل قسم هو شبه منحرف قاعدتاه العمودين وارتفاعه هي المسافة بين الأعمدة وتحسب المساحة من القانون التالي:

$$\mathbf{Area} = \frac{w}{2}\,h_{1+}\,h_n + 2(h_2 + h_3 + \cdots L_{n-1})$$

المساحة = $\frac{1}{2}$ × عرض الشريحة (طول العمود الأول+ طول العمود الأخير + 2 ×مجموع باقي الأعمدة)

6) طريقة سمبسون Simpson's One Tird Rule :

وهي أدق الطرق وأفضلها وتطبق في حالة كون الأرض منحنية وعدد الأقسام المحصورة بين الأعمدة عدد زوجي والأعمدة فردي.حيث يؤخذ أشباه منحرفة اثنين وقطع مكافئ



نحسب اولاً $h_{ab} = h_2 - \left(\frac{h_1+h_3}{2}\right)$

المساحة جزء (1) = مساحة القطع المكافئ +مساحة شبه المنحرف

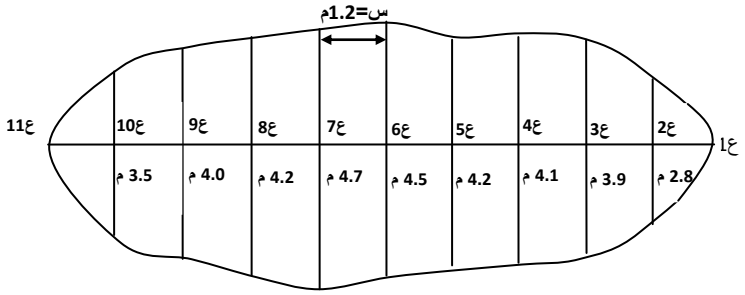
$$\mathbf{A_1} = \left(\frac{\mathbf{h_1 + h_3}}{\mathbf{2}}\right) \mathbf{2\,w} + \frac{\mathbf{2}}{\mathbf{3}} \mathbf{(2\,w)} \left(\mathbf{h_2} - \frac{\mathbf{h_1 + h_3}}{\mathbf{2}}\right)$$

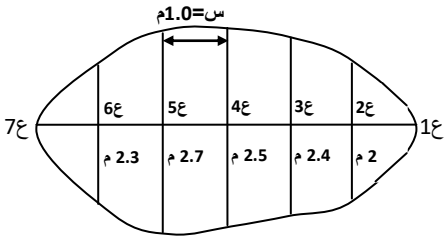
$$\mathbf{A_1} = \mathbf{w\,h_1} + \mathbf{w\,h_3} + \frac{\mathbf{4\ w\ h_2}}{\mathbf{3}} - \frac{\mathbf{2\,w\,h_1}}{\mathbf{3}} - \frac{\mathbf{2\,w\,h_3}}{\mathbf{3}}$$

$$\mathbf{A_1} = \frac{\mathbf{w}}{\mathbf{3}} \mathbf{(h_1 + 4\,h_2 + h_3)} \qquad \mathbf{A_2} = \frac{\mathbf{w}}{\mathbf{3}} \mathbf{(h_3 + 4h_4 + h_5)}$$

$$\boldsymbol{A_{Total}} = \frac{\boldsymbol{w}}{\boldsymbol{3}} \boldsymbol{(h_1 + h_n + 2\sum h_o + 4\sum h_e)}$$

المساحة = طول القسم / 3 × { **مجموع طول العموديين الأول والاخير** + **ضعف مجموع الأعمدة الفردية** + **أربعة أمثال مجموع الأعمدة الزوجية** }





مثال: الشكل الموضح عبارة عن خطي كنتور متتالين منسوب الخط الأول (10)م ومنسوب الثاني (11.5)م والمطلوب حساب حجم الحفر للتسوية على منسوب (10)م مع العلم بان المسافة بين الأعمدة لخط الكنتور (11.5)م =(1)م والمسافة بين الأعمدة لخط الكنتور (10)م= (1.2)م ؟

الحل: لحساب حجم أي شكل محدد بمنحنيات وممتد كالشريحة مثل خطي كنتور متتاليين نحسب المساحة المحصورة داخل خط الكنتور الأول والثاني بإحدى الطرق السابقة ولتكون طريقة سمبسون كما هو موضح بالشكل وبذلك بتوقيع خط يوازي المنطقة سواء داخلها أو خارجها ثم نقسم هذا الخط داخل حدود خطوط الكنتور إلى أقسام متساوية بحيث يكون عدد الأقسام زوجي ثم نقيم أعمدة عند نقاط التقسيم وحتى خطوط الكنتور ونقيس أطوال هذه الأعمدة ثم نحسب المساحة داخل كل خط كنتور ويصبح الحجم كالتالي:

الحجم = متوسط المساحة × الارتفاع (الفترة الكنتورية)

وفي المثال أعلاه نوقع على الخريطة يوازي خط الكنتور ويقع داخله ثم نقيس طوله ونقسمه إلى مسافات متساوية (س) بحيث يكون عدد الأقسام عدد زوجي ونقيم أعمدة عند نقاط التقسيم وحتى حدود خط الكنتور ونقيس أطوال هذه الاعمده وباستخدام طريقة سمبسون في المساحة.

المساحة المحصورة داخل خط الكنتور(11.5)م = $\frac{1}{3}$ ×{ 0+0+ 2×(2.4 +2.7) + 4×(2+2.5+2.3)}

= $\frac{1}{3}$ ×(0+10.2+ 27.2) = 12.47 م2

المساحة المحصورة داخل خط الكنتور(10)م = $\frac{1.2}{3}$ ×{ 0+0+ 2×(3.9+ 4.2+4.7+4) + 4×(2.8+4.8+4.5+ 4.2 + 3.5)}

= $\frac{1.2}{3}$ ×{ 0+ 33.6 + 76.4 } = 44 م2

متوسط المساحة = (12.47 + 44) / 2 = 28.24 م2

حجم الحفر المطلوب للتسوية على منسوب 10 م = متوسط المساحة × الارتفاع (الفترة الكنتورية)

= 28.23 × 1.5 = 42.3 م2

التسوية Leveling

تعد التسوية من العمليات المساحية الهامة والأساسية لكل الإنشاءات والمشاريع الهندسية كتصميم الطرق والجسور وعمليات فتح القنوات والمبازل وتعديل الأراضي وغيرها. ويمكن تعريفها بأنها: **عملية إيجاد الأبعاد الراسية بين نقطتين أرضيتين أو أكثر عن مستوى ثابت وهو مستوى سطح البحر أو عن بعضهما البعض أي عملية إيجاد فرق الارتفاع بين النقط.**

ولأجل تحديد المستوى الثابت لابد من تحديد سطح للمقارنة تنسب إليه مناسيب النقاط الأخرى ولكل بلد سطح مقارنة خاص به ويشترط في سطح المقارنة أن يكون ثابتاً ولا يتغير مع الزمن, لذا اعتمدت سطوح المياه الواسعة كسطح للمقارنة. وغالبا مايؤخذ معدل مستوى سطح البحر ولفترة زمنية لاتقل عن 25 سنة كأساس في تحديد سطح المقارنة, فمثلاً في العراق يكون سطح المقارنة في الخليج العربي (شط العرب, الفاو) أما في مصر فيكون في البحر الأبيض المتوسط وهكذا. وقبل الخوض في هذا الموضوع هنالك بعض الاصطلاحات والتعاريف الموضحة في الشكل (1) ومنها:

معدل مستوى سطح البحر: المعدل العام لارتفاعات مياه البحر في ذلك البلد.

السطح المستوي (Level surface): هو السطح الذي في جميع نقاطه يكون متعامد مع اتجاه الجذب الأرضي حسب مايدل عليه خيط الشاقول وهو سطح وهمي ليس له وجود على الطبيعة, وبالنظر لشكل الأرض الكروي فانه ليس مستوياً أفقيا وخير تمثيل له سطوح المياه الواسعة الساكنة.

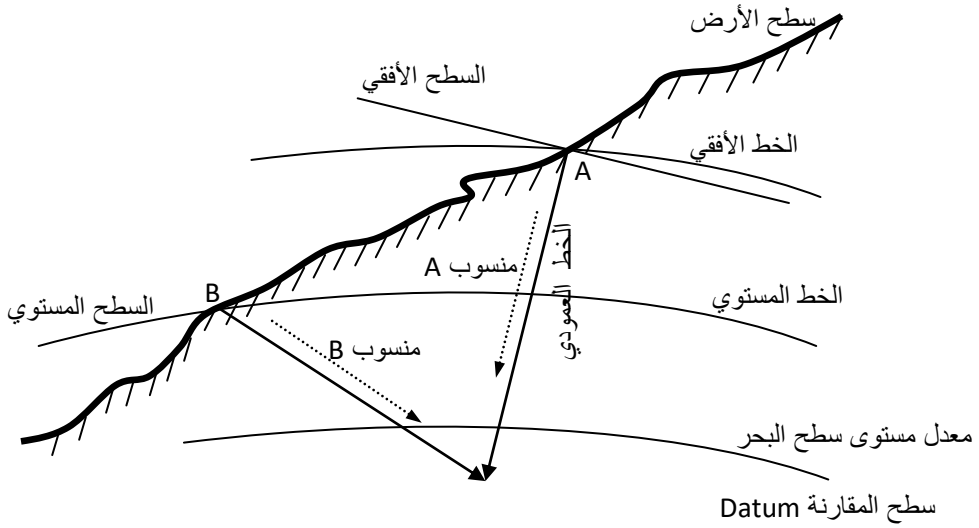
الخط المستوي(Level line) : هو خط يقع في السطح المستوي وبذلك فهو عمودي على اتجاه خط الشاقول في جميع نقاطه ويتصف بكامل صفات السطح المستوي.

السطح الأفقي (Horizontal surface) أو المستوي الأفقي(Horizontal plane): هو السطح أو المستوي المار بأي نقطة ويكون عموديا على اتجاه الجذبية الأرضية عند هذه النقطة فقط,وبذلك فانه يكون مماساً للسطح المستوي في هذه النقطة وينطبق عليه خط النظر.

الخط الأفقي (Horizontal line): وهو الخط المار بأي نقطة ويكون واقعا في مستوى أفقي ومماسا لخط مستوي يمر بهذه النقاط وفي نفس اتجاهه.

منسوب النقطة (Elevation of point) : ويعرف بأنه البعد الراسي بين أي نقطة أرضية وبين مستوى سطح المقارنة (معدل مستوى سطح البحر) يعتبر موجبا اذا كان فوق مستوى سطح المقارنه أو سالبا إذا كان تحت مستوى هذا المنسوب,وصفراً للنقاط الواقعة على امتداد معدل مستوى سطح البحر.

فرق الارتفاع (Δ Elevation) : يعرف فرق الارتفاع بين نقطتين على إنه البعد الرأسي بين منسوبي الخطين المستوين المارين بتلك النقطتين.



وتجري التسوية بأجهزة تاكيومترية عديدة منها أجهزة الثيودولايت وموازين التسوية, وأكثرها شيوعاً واستعمالاً هي أجهزة اللفل (ميزان التسوية) . وهناك عدة أنواع من أجهزة التسوية منها ميزان دمبي وميزان واي والموازين التي تجمع النوعين السابقين والأجهزة ذات الحركة الرأسية الدورانية وهي الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر.وتقسم أجهزة التسوية من حيث الضبط والتنظيم إلى:

1. الأجهزة ذات التنظيم الاعتيادي(الميكانيكي): وهي التي تجري فيها عملية ضبط أفقية الناظور ميكانيكياً بواسطة لوالب التسوية من قبل المساح.
2. أجهزة ذات التنظيم الذاتي: هي التي تعمل بواسطة(O.M.C.) Optical Mechanical Compensating

جهاز اللفل: هو جهاز مساحي دقيق الغرض منه الحصول على خط نظر أفقي معلوم فضلاً عن مساعدة عين الناظر في الحصول على رؤيا واضحة للأهداف المرصودة.

استخدامات جهاز اللفل : تستخدم أجهزة التسوية في عدة أغراض من بينها.

1. لقياس المسافات الأفقية بين النقاط وحسب القانون التالي Hd= 100(U-L)
2. لقياس فرق الارتفاع بين النقط وإيجاد مناسيبها عن مستوى سطح البحر.
3. للرصد والتوجيه وتحديد استقامة خطوط القياس.
4. لإقامة وإسقاط الأعمدة في عمليات رفع والتقاط العوارض.
5. لقراءة وتثبيت الزوايا الأفقية.

مكونات جهاز التسوية وملحقاته:

1- الركيزة أو حامل الجهاز Tripod:

وتتكون الركيزة من ثلاث أرجل أما ثابتة أو متداخلة(منزلقة) والنوع الثاني هو الأكثر استعمالاً لغرض الحصول على طول يتناسب وطول المساح إضافة إلى إمكانية استخدامه في الأراضي المنحدرة. وعادةً تربط الأرجل الثلاث مع بعضها بقطعة معدنية مسطحة مثلثة الشكل أو دائرية يتوسطها من الأسفل لولب لتثبيت الجهاز مع الركيزة أثناء عملية القياس. وتصنع الركيزة من الخشب الجيد, وتنتهي كل رجل من الأسفل بقطعة معدنية مدببة لتسهيل غرسها في الأرض اوتثبيتها بصورة مستقرة على سطح الأرض.

2- مسطرة التسوية Staff:

هي مسطرة مدرجة مصنوعة من الخشب أو الحديد أو المعدن بأطوال تتراوح من (2-4)م وبأنواع مختلفة منها انزلاقية (متداخلة) أو مطوية بعضها على بعض أو ممتدة وتنتهي من الأسفل بقطعة معدنية لتلافي التآكل نتيجة الاحتكاك بالأرض, وغالبا ما تلون بألوان الأسود والأبيض او الأحمر والأبيض. تتدرج المساطر سواء بالنظام الانكليزي أو المتري وعادةً تقرأ القراءة فيها من أربعة أرقام مثلاً 2.456(م. دسم سم ملم).وتتضمن أغلب المساطر على فقاعة تسوية (Bubble) مستديرة الشكل لضبط شاقولية المسطرة عند القياس من خلال وقوع الفقاعة في منتصف دائرتها. ويشكل الشخص الماسك للمسطرة أهمية كبيرة في تحقيق أعلى دقة في القياس. وذلك لان أي انحراف في المسطرة إلى الأمام أو إلى الخلف سوف يؤدي إلى زيادة في قيمة القراءة. وتحت ظروف معينة يطلب من الشخص الحامل للمسطرة تحريكها إلى الأمام والى الخلف ثم أخذ اقل قراءة.

3- المنظار (التليسكوب) ويتكون من :

1. القاعدة وتكون إما ثلاثية أو دائرية ومن طبقتين بينهما أربعة أو ثلاثة لوالب تسوية لضبط أفقية الناظور.
2. عدسة عينية
3. عدسة شيئية
4. لولب توضيح الصورة (في وسط أو أعلى الناظور)
5. لولب توضيح الشعيرات(قرب العدسة العينية)
6. دليل الرصد(فرضه وشعيرة)
7. لولب الحركة البطيئة
8. فقاعات التسوية(مستديرة أو طولية)
9. عدسة قراءة الزاوية
10. زر التنظيم الذاتي

ويتم ضبط هذه الأجهزة بنوعين من الضبط هما:

1- **الضبط الدائم:** ويجري مرة واحدة أثناء شراء الجهاز لأول مرة أو نتيجة لاستخدامه لفترة طويلة ويتطلب إجراءه معرفة علمية خاصة لضبط تتطابق محور خط نظر الجهاز ومحور فقاعة التسوية ومحور خط الانطباق إضافة إلى تعامد محور خط الانطباق مع المحور الرأسي للجهاز.

2- **الضبط المؤقت للجهاز:** وهو الضبط الذي يجري للجهاز في كل مرة ينقل فيها من مكان إلى آخر ويتم كالآتي:

1. مركز الجهاز مع النقطة الأرضية (بواسطة الخيط والشاقول)وذلك بحركة أرجل القاعدة إلى أن يتمركز الشاقول على النقطة الأرضية.
2. ضبط أفقية الناظور (بواسطة لوالب التسوية) ولوضع الفقاعة في المركزنتبع الخطوات التالية:

أ- يدار الجهاز بوضع أفقي مع لولبين من لوالب التسوية ثم يحركا اللولبان معا للداخل ا والى الخارج حتى تتخذ الفقاعة موقعاً مناسباً في الدائرة.

ب- يدار الجهاز بوضع متعامد مع اللولب الثالث ويحرك اللولب لاعادة الفقاعة الى المركز.

3. التخلص من ظاهرة الزوغان (البرلكس Parallax) وذلك بـ
   أ- ايضاح الشعيرات الى اقصى ايضاح بواسطة لولب توضيح الصورة
   ب- ايضاح الصورة (المسطرة) الى اقصى ايضاح بواسطة لولب توضيح الصورة
   ت- حركة عين الناظر امام الصورة:اذا تحركت الصورة مع العين (اعلى –اسفل –يمين –يسار) دل ذلك على وجود الظاهرة ويتوجب اعادة توضيح الشعيرات ثم الصورة حتى ثبوت الصورة.

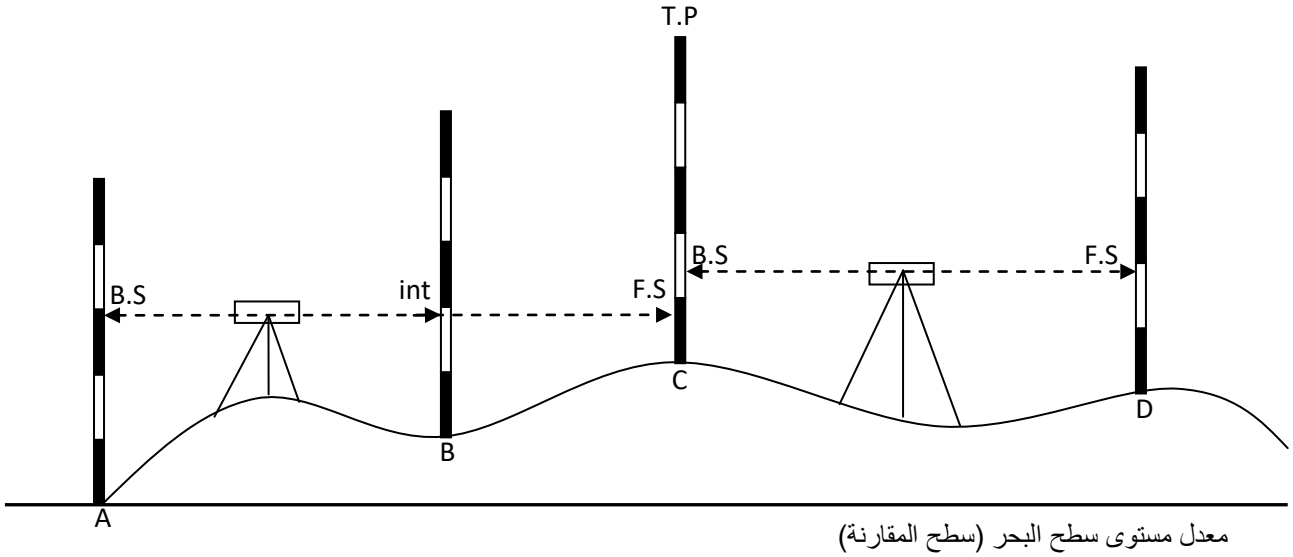
تقسم التسوية إلى نوعين :

1. **تسوية مغلقة:** وهي تلك التسوية التي تبتدئ براقم تسوية وتنتهي بنفس الراقم ويستعمل هذا النوع من التسوية في التسوية المحلية وعمليات الاستصلاح والتي تقارن فيها ارتفاعات وانخفاضات النقاط دون الحاجة إلى معرفة مناسيبها.
2. **تسوية مفتوحة:** وهي تلك التسوية التي تبتدئ براقم تسوية وتنتهي براقم آخر(أي نقطة أخرى) وتستخدم في المشاريع الطولية مثل قناة ري أو مبزل أو شارع أو غيرها

هناك بعض الاصطلاحات التي يجب التعرف عليها قبل البدء بالتسوية مثل :

مستوى سطح البحر (سطح المقارنة) Mean Sea level : وعادةً يمثل متوسط ارتفاعات مستويات مياه البحر خلال عمليتي المد والجزر ولفترات زمنية طويلة (25 سنة ولكل أربع ساعات) وعادة تعطي له قيمة صفر لكون سطح المياه لذلك البلد هي أوطأ نقطة وتعمل له صبة كونكريتية على سطح اليابسة تمثل معدل الارتفاع وعليه تقارن كافة مناسيب النقاط الأخرى.

1. **منسوب النقطة Elevation (EL):**
هي المسافة الرأسية للنقطة الأرضية عن مستوى ثابت وهو سطح البحر.
2. **راقم التسوية Bench Mark (B.M):**
عبارة عن صبة كونكريتية أبعادها 1×1×1 م تتوسطها صفيحة معدنية يثبت عليها المنسوب المعلوم عن مستوى سطح البحر لذلك الراقم وتستعمل كمرجع لتعين ارتفاعات ومناسيب النقاط الأخرى وتنتشر هذه الرواقم في جميع أنحاء البلاد.
3. **القراءة الخلفية Back Sight (B.S):**
هي أول قراءة تأخذ بعد نصب الجهاز مباشرةً وقياساً هي المسافة الرأسية المحصورة بين المستوى الأفقي لنقطة معلومة المنسوب وبين المستوى الأفقي الذي يقع فيه خط تسديد الجهاز.
4. **القراءة الأمامية Fore Sight (F.S):**
هي آخر قراءة تقرأ على مسطرة التسوية قبل رفع الجهاز مباشرةً وقياساً هي المسافة الرأسية المحصورة بين المستوى الأفقي للنقطة المجهولة المنسوب وبين المستوى الأفقي الذي يقع فيه خط تسديد الجهاز.
5. **القراءة الوسطية Intermediate Point (.Int):**
هي القراءة المحصورة بين القراءة الخلفية والقراءة الأمامية. وهي عبارة عن المسافة الرأسية المحصورة بين المستوى الأفقي لخط تسديد الجهاز والنقطة المجهولة المنسوب عن مستوى سطح البحر.
6. **نقطة الدوران Turing Point (T.P):**
هي النقطة الأرضية التي تقرأ عندها قرأتين قراءة أمامية من نصبة سابقة للجهاز وقراءه خلفية من نصبة جديدة للجهاز ويكون عندها ارتفاع جديد للجهاز.
7. **ارتفاع الجهازHeight of Instrument (H.I):**
هو البعد الرأسي بين المستوى الأفقي لخط تسديد الجهاز ومستوى سطح البحر.



معدل مستوى سطح البحر (سطح المقارنة)

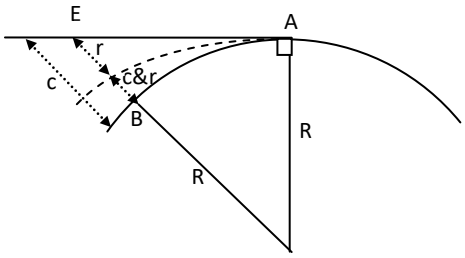
H.Ix = ELx + B.Sx

ELy=H.Ix - F.Sy or Int.S

حيث ان X نقطه سابقه و Yنقطه لاحقه

<u>التكور والانكسار:</u>

عادةً مايؤثر على خط النظر الأفقي عدة عوامل منها شكل الأرض الكروي وهذا مايسمى بتأثير كروية الأرض Curvature effect (C) وتأثير الانكسار Refraction effect (r) والناتج عن انكسار خط النظر نتيجة لتغاير كثافة الوسط المار به الشعاع لتغاير درجات الحرارة والرطوبة وتيارات الهواء. وشكل الآتي يوضع ذلك.



$$R^2 + \mathrm{AE}^2 = (\mathrm{R} + \mathrm{C})^2$$

$$R^2 + AE^2 = R^2 + 2RC + C^2$$ وبحذف R^2 من طرفي المعادلة

$$AE^2 = \mathrm{C}(2R + C)$$

$$C = AE^2/2R + C$$ R = نصف الكرة الأرضية = 6370 Km

$$C = AE^2/2(6370) + C$$

تحذف قيمة C لصغرها مقارنة بقيمة 2R من الطرف الأيمن من المعادلة

$$C = \frac{1}{12740}\ AE^2$$

$$C = 0.000078\ AE^2$$

ولاجل أن نحصل على قيمة بالمتر نضرب المعادلة في 1000 فنحصل على $C = 0.078\ K^2$

حيث أن C تأثير كروية الأرض بالمتر و K المسافة بين نقطتي القراءة بالكيلومتر

أما تأثير الانكسار فقد جرت العادة نتيجة للتجارب العلمية بأنه يشكل سبع كمية تأثير التكور, أي أن:

$$r = 1\backslash 7\ (C)$$

$$r = 1\backslash 7(0.078\ K^2)$$

$$r = 0.011\ K^2$$

غير انه من الصعب فصل تأثير التكور عن الانكسار من الناحية العملية, لذلك فإن تأثيرهما المشترك (C & r) يمكن حسابه من المعادلة $C\ \&\ r = C - r$

$$C\ \&\ r = 0.078K^2 - 0.011K^2$$

$$C\ \&\ r = 0.067K^2$$

وغالباً ما يمكن التخلص من تأثير التكور والانكسار عمليا من خلال الرصد المتبادل من كلا النقطتين واخذ معدل القراءات.

طرائق حساب مناسيب النقاط وفرق الارتفاع بينهما:

<u>أولا: الطرائق غير المباشرة:</u> بهذه الطرائق يتم معرفة مناسيب النقط من خلال قياس عامل آخر غير فرق الارتفاع ومنه يحسب المنسوب. ومن هذه الطرائق.

1- التسوية البارومترية Parametric Leveling

بموجب هذه الطريقة يقاس التغير في الضغط الجوي باستخدام جهاز البارومیتر وبمعرفة إن الضغط الجوي يتناسب عكسيا مع الارتفاع يمكن حساب فرق الارتفاع بين النقط. توجد عدة أنواع من البارومترات منها الزئبقي غير انه غير عملي ولسهولة كسره والحاجة إلى ارتفاعات طويلة منه خاصة في الأراضي ذات التباين الطوبوغرافي الكبير.لذا فان استعمال البارومیتر الهوائي(Altimeter)أو (Aneroid Barometer) هو الأكثر شيوعا واغلبها يتكون من صندوق صغير مثقب من الأعلى وبداخله اسطوانة صغيرة مفرغة من الهواء مثبت عليها مؤشر يتحرك أمام تدريج يعطى قراءات التغاير في الضغط الجوي. لمعرفة مناسيب مجموعة من النقط عادةً يوضع البارومیتر في إحدى النقط المعلومة المنسوب عن مستوى سطح البحر(B.M)واخذ القراءة عندها, ثم ينقل البارومیتر إلى النقطة المجهولة المنسوب وتؤخذ قراءة التغاير في الضغط الجوي عندها, وبمقارنة القراءتين وباستخدام النسبة والتناسب والعلاقة العكسية بينهما يمكن معرفة منسوب النقطة المجهولة. وتعد هذه الطريقة غير دقيقة وذلك لكون التغاير في الضغط الجوي هو ليس نتيجة التغاير في الارتفاع فقط بل لعوامل جوية أخرى كالحرارة

والرطوبة النسبية لذلك يفضل استخدام أكثر من بارومیتر أحدهما يبقى ثابتاً عند النقطة المعلومة المنسوب والآخر عند النقطة المراد معرفة منسوبها وتجرى قراءة كلا الجهازين في آن واحد لغرض المعايرة وتلافي التغاير نتيجة الظروف الجوية,من جهة أخرى لا يمكن استخدامها في الأراضي ذات التباين القليل أو القريبة الاستواء,فضلاً عن عدم إمكانية أجهزة البارومیتر من تحسس وتسجيل التغاير في الضغط الجوي القليل نتيجة التغاير البسيط في الارتفاع.

2- التسوية الجذبية Gravimetric Leveling

يستخدم في هذه التسوية جهاز الـ Gravimetric لقياس الجذب الأرضي عند نقطة ما ومن خلال العلاقة الطردية بين الجذب الأرضي وارتفاع النقطة الأرضية عنه, وتستخدم النسبة والتناسب لحساب منسوب النقطة المجهولة. وتعد هذه أكثر دقة من سابقتها وذلك لعدم تأثر مقدار الجذب الأرضي بالظروف الجوية وإنما هو نتيجة فقط للتغاير في ارتفاع النقطة وبعدها عن مركز الجاذبية. ومع هذا فلا يمكن استخدامها في المناطق القريبة الاستواء بل تستخدم في المناطق ذات التباين الطوبوغرافي الكبير.

3- التسوية المثلثية Trigonometric Leveling

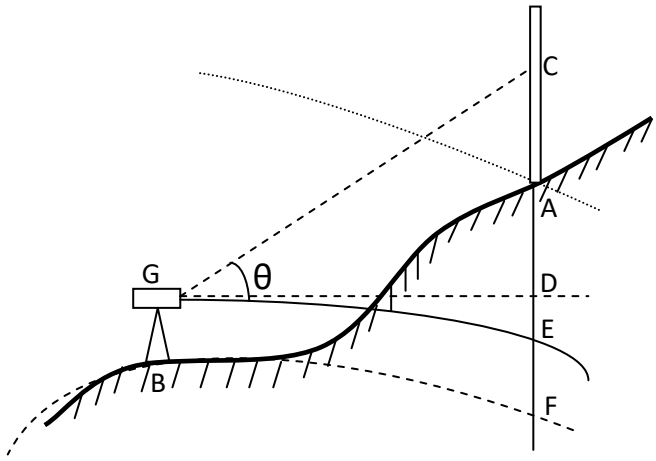
يتطلب استخدام هذه الطريقة قياس كل من:

أ- المسافة المائلة أو المسافة الأفقية بين النقطتين المراد معرفة فرق الارتفاع بينهما.

ب- زاوية ميل الأرض (الزاوية الراسية المحصورة بين المسافة المائلة والمستوى الأفقي المار بإحدى النقطتين).

ت- أن تكون إحدى النقاط راقم تسوية (B.M) معلوم المنسوب عن مستوى سطح البحر إذا ماأريد معرفة المناسيب.

وغالبا ما تستخدم هذه الطريقة في الأعمال الطبوغرافية لسهولة قياس المسافة المائلة والزاوية الرأسية بواسطة جهاز الثيودولايت أو الاليداد وتكون الطريقة عملية خاصة في المناطق الجبلية. إذ تستخدم عدة معادلات لحساب المناسيب اعتماداً على موقع الجهاز التاكومتري سواءاً في المنطقة المرتفعة أو المنخفضة(الأكثر شيوعاً) والشكل الآتي يوضح ذلك:



فمن خلال الشكل يلاحظ أننا خلقنا مثلث قائم الزاوية(GDC)بين كل نقطتين يراد معرفة فرق الارتفاع بينهما,وعليه فإن: $\Delta H_{AB} = AF = FE + ED + AD \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$

حيث أن

FE : ارتفاع الجهاز (خط النظر) عن النقطة الأرضية B (H.I عن الأرض).

ED : تأثير الكروية و الانكسار ويحسب من المعادلة $C \& r = 0.067K^2$ أو يهمل إذا ما اخذ الرصد المتبادل واخذ معدل القراءات.

AD : تحسب باعتبارها AD=DC – AC

AC : قراءة المسطرة عند النقطةA.

DC: تحسب من خلال معرفة زاوية الميل وإما المسافة الأفقية أو المسافة المائلة.

فإذا كانت المسافة الأفقية GD هي المعلومة, فإن علاقة زاوية الميل تكون $\tan\theta = \frac{DC}{GD}$

$DC = GD \times \tan\theta$ $AD = GD \times \tan\theta - AC$

وبالتعويض بهذه القيم في المعادلة (1) نحصل على

$$\Delta H_{AB} = AF = H.I + (0.076K^2) + GD \times \tan\theta - AC$$

أما إذا كانت المسافة المائلة *GD* هي المعلومة,فان علاقة زاوية الميل تكون $sin\,\theta = \frac{DC}{GC}$

$DC = GC \times \sin\theta$ $AD = GC \times \sin\theta - AC$

وبالتعويض بهذه القيم في المعادلة (1) نحصل على

$$\Delta H_{AB} = AF = H.I + (0.076K^2) + GC \times \sin\theta - AC$$

ثانياً: الطرائق المباشرة:

وفيها يتم قياس فرق الارتفاع مباشرة. ففي حالة المسافات القصيرة بين نقطتي القياس يستخدم فيها شريط القياس أو مساطر التسوية لقياس فرق الارتفاع كما في تحديد أعماق الآبار, وارتفاعات طوابق الأبنية,وأعماق المياه وقنوات الري,وارتفاع المياه في أنابيب المجاري وبعض الأعمال الهندسية الأخرى. أما في حالة المسافات الطويلة فتستخدم التسوية التفاضلية, وهنا يجب الابتداء من نقطة معلومة المنسوب (B.M) ثم نستخرج مناسيب النقاط الأخرى وتجرى بطريقتين:

1- طريقة ارتفاع الجهازHeight of Instrument method (H.I)

إن مبدأ هذه الطريقة هو استخراج ارتفاع الجهاز (بعد خط النظر) عن مستوى سطح البحر واستخدامه في معرفة مناسيب النقاط اللاحقة وفي هذه الطريقة تدون المعلومات في جدول خاص على أن يحتوي الجدول على المعلومات الحقلية الكاملة.

2- طريقة الارتفاع والانخفاض Rise and Fall method (R & F)

في هذه الطريقة يتم استخراج الفرق بين قراءة النقط السابقة واللاحقة فإذا كانت موجبة فهي ارتفاع وإذا كانت سالبة فهي انخفاض ومن ثم تضاف أو تطرح من منسوب النقطة السابقة لها.

مثال//: أجريت تسوية مغلقة لإيجاد مناسيب مجموعة من النقاط تبعد عن بعضها مسافة متساوية 200م ولخط قياس طوله 1كم, فكانت القراءات كما يلي 1.5 , 1.0 , 1.2 , 1.0 , 2.0 , 1.4 , 1.308 جد مناسيب النقاط بطريقتين H.I و R&F ثم حقق صحة العمل حسابياً وتحت أي دقة يمكن قبوله ثم جد مقدار المناسيب المصححة علما إن منسوب النقطة الأولى (B.M= 30.0 m) وان القراءات التي أسفلها خط هي قراءات خلفية.

Stat.	B.S	Int.	F.S	H.I	R+	F-	EL	Dis	Rem	Cor.	ELc
A1	1.5			31.5			30	0.0	B.M	صفر	30.000
A2		1.0			0.5		30.5	200		0.002	30.502
A3	1.0		1.2	31.3		0.2	30.3	400	T.P	0.003	30.303
A4		2.0				0.1	29.3	600		0.005	29.305
A5		1.4			0.6		29.9	800		0.006	29.906
A6			1.308		0.092		29.992	1000	B.M	0.008	30.000
	2.5		2.508		1.192	1.2					

للبدء في ملئ الجدول عادةً يستخرج منسوب النقطة EL أولا ثم يستخرج ارتفاع الجهاز H.I ثانياً ولكل نقطة فيها قراءة خلفية. أما النقط الوسطية فيستخرج لها فقط EL

فمثلاً للنقطة A1 نستخرج أولاً EL وبما إنها راقم فان منسوبها معلوم وهو 30م.بعدها نستخرج قيمة H.I للنقطة A1 نطبق القانون $H.I_{A1} = EL_{A1} + B.S_{A1}$

$$= 30 + 1.5 = 31.5$$

وبهذه الحالة تكون لهذه النقطة منسوب EL وارتفاع الجهاز H.I لكونها نقطة راقم وفيها قراءة خلفية.

أما النقطة A2 فهي وسطية فنستخرج لها فقط EL من القانون $EL_{A2} = H.I_{A1} - Int_{A2}$

$$= 31.5 - 1.0 = 30.5$$

ولا يستخرج لها قيمة H.I لأنها نقطة وسطية وأخذت قراءتها من نفس موقع الجهاز السابق.

أما النقطة A3 فهي نقطة دوران (TP) وفيها قراءة خلفية لذا يستخرج لها EL أولا من القانون.

$$EL_{A3} = H.I_{A1} - F.S_{A3}$$

$$= 31.5 - 1.2 = 30.3$$

ثم نستخرج قيمة H.I للنقطة A3 نطبق القانون $H.I_{A3} = EL_{A3} + B.S_{A3}$

$$= 30.3 - 1.0 = 31.3$$

أما النقطة A4 فهي وسطية فنستخرج لها فقط EL من القانون $EL_{A4} = H.I_{A3} - Int_{A4}$

$$= 31.3 - 2.0 = 29.3$$

ولا يستخرج لها قيمة H.I لأنها نقطة وسطية وأخذت قراءتها من نفس موقع الجهاز السابق.

أما النقطة A5 فهي وسطية فنستخرج لها فقط EL من القانون $EL_{A5} = H.I_{A3} - Int_{A5}$

$$= 31.3 - 1.4 = 29.9$$

ولا يستخرج لها قيمة H.I لأنها نقطة وسطية وأخذت قراءتها من نفس موقع الجهاز السابق.

أما النقطة A6 فهي نقطة راقم (لأنها نقطة أخيرة) فنستخرج لها فقط EL من القانون

$$EL_{A6} = H.I_{A3} - F.S_{A6}$$

$$= 31.3 - 1.308 = 29.992$$

ولا يستخرج لها قيمة H.I لأنها نقطة أخيرة ويرفع الجهاز بعدها وينهي العمل.

أما في طريقة الارتفاع والانخفاض:

فلكل نقطة نطبق القانون

القراءة السابقة – القراءة اللاحقة = + (ارتفاع) , - (انخفاض). وعادة نبدأ بقراءة B.S وننتهي ب F.S ثم نعيد الكرة مرة أخرى من B.S جديد(أي لكل نصبة جهاز واحدة).

للنقطة A2 1.5 – 1.0=0.5 موجب (ارتفاع)

إذن منسوب النقطة A2 = منسوب النقطة A1+ 0.5 30 + 0.5 = 30.5 م

للنقطة A3 1.0 – 1.2= – 0.2 سالب (انخفاض)

إذن منسوب النقطة A3 = منسوب النقطة A2 – 0.2 30.5 – 0.2 = 30.3 م

بما اننا انتهينا عند قراءة F.S نعيد ونبتدأ من قراءة B.S جديدة

للنقطة A4 1.0 – 2.0= – 0.1 سالب (انخفاض)

إذن منسوب النقطة A4 = منسوب النقطة A3 – 0.1 30.3 – 0.1 = 29.3 م

للنقطة A5 2.0 – 1.4=0.6 موجب (ارتفاع)

إذن منسوب النقطة A5 = منسوب النقطة A4+ 0.6 29.3 + 0.6 = 29.9 م

للنقطة A6 1.4 – 1.308=0.092 موجب (ارتفاع)

إذن منسوب النقطة A6 = منسوب النقطة A5+ 0.092 29.9 + 0.092 = 29.992 م

بعد الانتهاء من اكمال الجدول للتأكد من صحة العمل حسابياً من خلال توافق الشروط الاتية:

1- عدد القراءات الخلفية = عدد القراءات الامامية = عددنقلات الجهاز

2 = 2 = 2

2- مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الامامية = مجموع R – مجموع F = EL اخرنقطة – EL اول نقطة

2.500 – 2.505 = 1.192 – 1.200 = 29.992 – 30.000

0.008 – = 0.008 – = 0.008 –

الشرط متحقق .... اذن العمايات الحسابية صحيحة..... (!!!!!هذا لايعني ان العمل دقيق!!!!!)

ولمعرفة دقة العمل ومدى قبوله نقوم بالاتي:

1- نحسب الخطأ الفعلي

الخطأ الفعلي = منسوب النقطة الاخيرة – منسوبها الحقيقي

= 29.992 – 30.000 = 0.008 م = 8 ملم

2- نحسب الخطأ المسموح به Ee

حيث ان Ee الخطأ المسموح به بالملم

C : ثابت دقة { 5 (دقة عالية) , 10 (دقة متوسطة) , 15 (دقة واطئة) , 20 (اعمال استكشافية)}

K : طول خط المسح بالكم.

للدقة العالية $Ee = 5\sqrt{1} = 5$ mm

يقارن الخطأ الفعلي بالخطأ المسموح به

فاذا كان الخطأ الفعلي اكبر من الخطأ المسموح به . يرفض العمل ويعاد حقلياً

اما اذا كان الخطأ الفعلي اصغر او مساوي للخطأ المسموح به, يقبل وتصحح المناسيب.

اذن تحت الدقة العالية اكبر من 5 ..... يرفض ويعاد حقلياً.

للدقة المتوسطة $Ee = 10\sqrt{1} = 10$ mm

اذن تحت الدقة المتوسطة اصغر من 10 ..... يقبل وتصحح المناسيب.

ولغرض تصحيح المناسيب. يطرح مقدار التصحيح من خلال تطبيق القانون

مقدار التصحيح (≠) = الخطأ الفعلي بالمتر × $\frac{\text{بعد النقطة(م)}}{\text{المسافة الكلية(م)}}$ ..... {– يضاف,+ يطرح }المنسوب المصحح ELc

مقدار التصحيح للنقطة A1 = – 0.008 × $\frac{0}{1000}$ = صفر 30.000 = 0.000 + 30.000

مقدار التصحيح للنقطة A2 = – 0.008 × $\frac{200}{1000}$ = – 0.0016 = – 0.002 30.502 = 0.002 + 30.500

مقدار التصحيح للنقطة A3 = – 0.008 × $\frac{400}{1000}$ = – 0.0032 = – 0.003 30.303 = 0.003 + 30.300

مقدار التصحيح للنقطة A4 = – 0.008 × $\frac{600}{1000}$ = – 0.0048 = – 0.005 29.300 + 0.005 = 29.305

مقدار التصحيح للنقطة A5 = – 0.008 × $\frac{800}{1000}$ = – 0.0064 = – 0.006 29.900 + 0.006 = 29.906

مقدار التصحيح للنقطة A6 = – 0.008 × $\frac{1000}{1000}$ = – 0.008 = – 0.008 29.992 + 0.008 = 30.000