2- القياسات والاخطاء Measurements and Errors

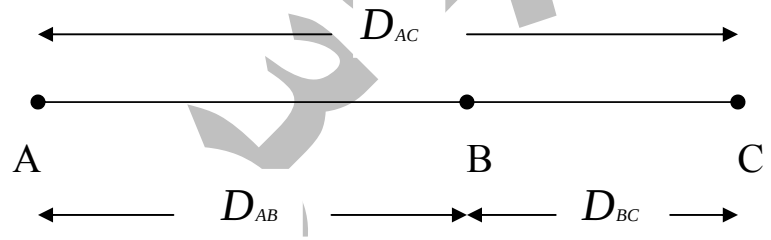
2-1 انواع القياسات: Type of measurements

تقسم القياسات الى نوعين

1- القياسات المباشرة"Direct Measurements" :
ان اي متغير "variable" في اعمال المساحة يتم قياسه مباشرة دون اجراء اي عملية حسابية يسمى بالقياس المباشر.

2- القياسات الغير مباشرة"Indirect Measurements" :
ان اي متغير "variable" في اعمال المساحة يتم الحصول على قيمتة من خلال اجراء الحسابات بأستخدام علاقات رياضية تربط هذا المتغير بمتغيرات اخرى يسمى بالقياس غير المباشر.

مثال:
في الشكل (2-1) ادناه , لغرض قياس المسافة الافقية بين النقطتينA,C بأستخدام شريط القياس "Tape" تم تجزئة الخط المستقيم AC الى جزئين AB,BC حيث كان طول كل من الجزئين AB,BC اقل من (او يساوي) طول شريط القياس المستخدم في القياس .
لذلك يعتبر قياس المسافة الافقية D_{AB} والمسافة الافقية D_{BC} عبارة عن قياسات مباشرة , لأنه تم الحصول عليها مباشرة دون اجراء اي عملية حسابية بأستخدام علاقات رياضية تربط المتغير بمتغيرات اخرى.



شكل (2-1)" القياس المباشر والقياس الغير المباشر"

اما قياس المسافة الافقية D_{AC} يعتبر قياس غير مباشر لأنه تم الحصول عليه بأستخدام علاقة رياضية تربط المتغير D_{AC} بمتغيرات اخرى (D_{AB},D_{BC})

$$D_{AC} = D_{AB} + D_{BC}$$

2 -2 وحدات القياس units of measurement

هنالك نوعان من وحدات القياس:
1. وحدات القياس الخطية linear measurement units
2. وحدات القياس الزاوية angular units of measurement

2-2-1 وحدات القياس الخطية linear measurement units

يوجد نظامان لوحدات القياس الخطية:

1. النظام المتري

وحدات هذا النظام من الاكبر الى الاصغر هي:
1. الكيلومتر ويرمز لها بالرمز km
2. المتر ويرمز لها بالرمز m

حيث ان 1km=1000m

3. السانتيمتر ويرمز لها بالرمز cm

حيث ان 1m=100cm

4. المليمتر ويرمز لها بالرمز mm

حيث ان 1cm=10mm

5. المايكروميتر ويرمز لها بالرمز μm

حيث ان 1mm=1000 μm

2. النظام الانكليزي

وحدات هذا النظام , من الاكبر الى الاصغر هي

Mile ← ft ← inch

حيث ان 1 inch ≅ 2.54 cm

لابد من الاشارة هنا الى ان وحدة قياس المساحة (Area)هي $\mathbf{m^2}$ وان الوحدة الاكثر استخداما هي هكتار حيث ان $1hectare(ha)=10000m^2$
اما الحجم "Volume"فأن وحدة القياس هي $\mathbf{m^3}$

2-2-2 وحدات القياس الزاوية Angular units of measurement

هنالك ثلاثة انظمة لوحدات قياس الزاوية

1- **النظام الستيني "degree"**

في هذا النظام يقسم محيط الدائرة الى 360 درجة(degree)وان الدرجة يرمز لها بالرمز(o)اي ان 1درجة =1degree=1^0

- وان كل درجة مقسمة الى 60 دقيقة , ويرمز للدقيقة بالرمز (') ,اي ان 1دقيقة =1minute=1'

$$\mathbf{1^o = 60\ '} \Leftarrow$$

- وان كل دقيقة مقسمة الى 60 قسم كل قسم من هذة الاقسام يسمى ثانية "second"ويرمز للثانية بالرمز ("),اي ان 1ثانية =1second=1"

$$\mathbf{1' = 60"} \Leftarrow$$

لذلك1^0=3600"

2- النظام المئوي "grad"

في هذا النظام يقسم محيط الدائرة الى 400 قسم , كل قسم من هذه الاقسام يسمى (grad)ويرمز له بالرمز (g)

اي ان $\mathbf{1^g}$=1grad

- وان كل "grad" مقسم الى (100)قسم ,كل قسم من هذه الاقسام يسمى "centigrade" ويرمز له بالرمز (cg)

اي ان 1^{cg}=1centigrade

$$1^g = 100 \Leftarrow {}^{cg}$$

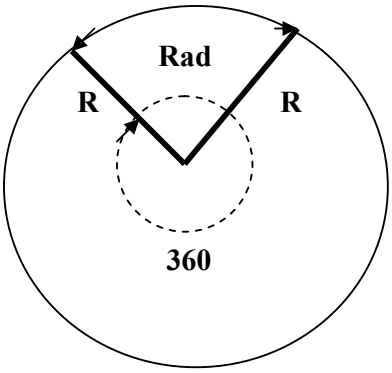
←وان كل centigrade مقسم الى (100)قسم ,كل قسم من هذه الاقسام يسمى centicentigrad ويرمز له بالرمز (ccg),

1^{ccg}=1 centicentigrad

$$1^{ccg} = 1 \text{ centicentigrad} \rightarrow 1^{cg} = 100^{ccg} \rightarrow 1^{g} = 10000^{ccg}$$

3-**النظام الدائري (القطري) "Radian"**

وحدة القياس في هذا النظام يسمى (rad) وهو عبارة عن الزاوية المركزية المقابلة الى قوس دائري طوله يساوي نصف قطر الدائرة كما هو مبين في الشكل



اي ان :-

2π **R rad =360º R**

2 rad π **= 360 º**

$$\frac{360^o}{2\pi} = 57^o.2958 = 57^o17'44.8'' \; 1rad \Rightarrow$$

$$1rad = \frac{180^o}{\pi}$$

مثال:- زاويه مقدارها rad 0.5 , ما هي قيمه الزاويه في النظام الستيني .

الحل:-

قيمه الزاويه في النظام الستيني = قيمه الزاويه في النظام الدائري * $\frac{180}{\pi}$

$$=0.5*\frac{180}{\pi}$$

مثال:- زاويه مقدارها ($12^0 15'26''$) , ماهي قيمة الزاوية بالنظام الدائري

الحل:-

قيمة الزاوية بالنظام الدائري (rad)=قيمة الزاوية بالنظام الستيني * $\frac{\pi}{180}$

$$rad = \frac{\pi}{180}(12 + \frac{15}{60} + \frac{26}{3600})$$

2-3 مقياس الرسم :- "Scale "

يمكن تعريف مقياس الرسم على النحو الاتي :-
هو عبارة عن طول خط مستقيم معين على الخارطة مقسوماً على طول نفس الخط على الارض وذلك بأستخدام نفس وحدة القياس.
اي أن:

$$\text{Scale} = \frac{\text{Distance on map}}{\text{Distance on ground}} = \frac{\text{المسافة على الخارطة}}{\text{المسافة على الارض}} = \text{مقياس الرسم}$$

التمثيل النسبي لمقياس الرسم :-
بشكل عام يستخدم التمثيل النسبي لمقياس الرسم وذلك لسهولة التعامل معه ,

$$\text{Scale} = \frac{\text{One unit on map}}{\text{Number of units on ground}} = \frac{\text{وحدة واحدة على الخارطة}}{\text{عدد الوحدات على الارض}}$$

مثال :-
اذا كانت المسافة الافقية بين النقطتين a , b على الخارطة =25cm (D_{ab}=25cm) وكانت المسافة الافقية بين نفس النقطتين A,B على الارض =500m= 500m (D_{AB}=500m) , فما هو مقياس رسم الخارطة ؟

الحل :- لغرض حساب مقياس الرسم "scale" يجب اولاً توحيد وحدة القياس ;
على الخارطة $D_{ab} = 25cm$
على الارض $D_{AB} = 500m = 500*100 = 50000cm$

$$\text{Scale} = \frac{25}{50000} = \frac{1}{\frac{50000}{25}} = \frac{1}{2000}$$

اي انه [1cm] على الخارطة يمثل [20m=2000cm] على الارض .

او [1mm] على الخارطة يمثل [2m=2000mm] على الارض .

4- 2 الاخطاء Errors

2-4-1 تعريف الخطأ Definition of error

يمكن تعريف الخطأ على اساس انه يمثل الفرق ما بين القيمه المقاسة "Measured Value" والقيمة الحقيقة "True Value" لأي متغير "variable" في اعمال المساحة , اي ان الخطأ=القيمة المقاسة - القيمة الحقيقية

Error = Measured Value - True Value

$$e = x_m - x_t$$

حيث ان :-

e = الخطأ

X_m= القيمة المقاسة

X_t= القيمة الحقيقية

وبهذا اذا كانت القيمة المقاسة اكبر من القيمة الحقيقية تكون قيمة الخطأ موجبة ,اي انه توجد زيادة في القياس مقدارها قيمة الخطأ e, والعكس صحيح.

لابد من الاشارة هنا الى ان القيمة الحقيقية لأي متغير في اعمال المساحة مجهوله ولايمكن الحصول عليها بأي شكل من الاشكال , وعليه فأن القيمة الحقيقية للأخطاء تكون مجهوله "غير معروفة" ايضا.

2-4-2 انواع الاخطاء Types of Errors

تقسم الاخطاء الى نوعين:-

1- الاخطاء المنتظمة "Systematic Errors"

2- الاخطاء العشوائية "Random Errors"

1- الاخطاء المنتظمة "Systematic Errors "

وهي الاخطاء التي تتبع الى نظام معين وتكون اما موجبة " + "او سالبة " – "

اي انها اما تكون زيادة او نقصان , ويمكن التصحيح للاخطاء المنتظمة من خلال تطبيق علاقات رياضية تمثل الخطأ .

لابد من الاشارة هنا الى انه في حالة عدم التصحيح للاخطاء المنتظمة (ان وجدت) , سوف تبقى في القياس ويتم التعامل معها لاحقا اسوة بالاخطاء العشوائية.

2-**الاخطاء العشوائية "Random errors"**

وهي الاخطاء التي لاتتبع نظام معين (عشوائية) ولذلك من المحتمل ان تكون موجبة (+ = زيادة) ومن المحتمل ان تكون سالبة (- = نقصان) ,اي ان أتجاه الخطأ العشوائي غير معروف فمن المحتمل ان يكون (+) ومن المحتمل ان يكون (-) ويجب دائما وضع الأشارة (±) امام قيمة الخطأ العشوائي .

وأن هذا يعني انه لا يمكن التصحيح للأخطاء العشوائية وأنما يمكن تقليل تأثيرها (قيمتها) وايجاد القيمة الاكثر أحتمالية "Most probable value" والتي تمثل أفضل قيمة للمتغير المقاس من خلال تطبيق علاقات أحصائية معينة , أهمها طريقة المربعات الصغرى "least squares method" والتي سوف يتم التطرق لها تفصيليا لاحقا .

2-4-3 مصادر الاخطاء Sources of Errors

الاخطاء في القياسات لها ثلاث مصادر رئيسية :

1- **الطبيعة "Nature"**

تحصل الاخطاء نتيجة لحصول اختلال في الظروف الجوية أثناء أخذ القياسات , مثلا التفاوت في درجة الحرارة ,الريح ,أنكسار الضوء,الخ ...

لذلك عند اجراء القياسات في أعمال المساحة , يجب أن تنفذ في ظروف جوية ملائمة "معتدلة" بحيث تكون الاخطاء الناجمة عن ذلك في حدها الادنى .

2-**الأجهزة " Instruments"**

تحصل الاخطاء أيضا لوجود عيب ما في الجهاز المستخدم في القياس . وعليه يجب دائما معايرة الاجهزة "Calibration" وبشكل منتظم (دوري) وتحديد مدى صلاحيتها لاجراء القياسات .

3- **شخصية "Personal"**

كل شخص معرض للخطأ عند اجراء أي قياس مهما كان نوع القياس بسيط ,أي ان الاخطاء الشخصية موجودة لامحال , وهي عبارة عن أخطاء عشوائية وتختلف من شخص الى أخر , وكل مايمكن عمله هو تقليل تأثيرها من خلال أبداء أكثر مايمكن من انتباه وتركيز وخبرة عند اجراء القياس وكذلك تكرار القياس .

2 -5 الاغلاط Mistakes

الغلط "Mistake" هو ليس بالخطأ "Error" قيمته كبيرة نسبياً مقارنتاً بقيمة الاخطاء ويكون متأتي نتيجة اهمال او سهو عند الشخص الذي يقوم بأجراء او تسجيل القياس .

لابد من الاشارة هنا الى أنه بالامكان أن تكون القياسات و/ أو " and / or" النتائج المترتبة على ذلك غلط "Mistake" نتيجة أستخدام اسلوب غلط عند اجراء الحسابات أو التنفيذ الغلط في العمل المساحي عند أخذ القياسات .

من خلال ماتبين أعلاه فأن القياس الغلط لا يمكن الاعتماد عليه بأ ي شكل من الاشكال , وعليه يجب أكتشاف القياس الغلط (من خلال تكرار القياس), وازالته (حذفه) , وبخلاف ذلك , اي انه اذا لم يتم معرفة القياس الغلط , يجب اعادة العمل المساحي بالكامل .

2-6 الدقة والاتقان Accuracy and Precision

الدقة "Accuracy"و الاتقان"Precision" مصطلحان يستخدمان في المساحة لوصف مدى جودة القياس والعمل المساحي بشكل عام . الا انه في الغالب يتم استخدامها بالتبادل دون الانتباه الى أي منهما يجب استخدامه لوصف القياس من الناحية العلمية اي انه هل يجب القول بان القياس دقيق او متقن ؟ هل يجب استخدام مصطلح الدقة "Accuracy"او مصطلح الاتقان "Precision" لوصف مدى جودة اي عمل مساحي ؟
ان المفهوم العلمي للدقة والاتقان هو:

الدقة "Accuracy"

عبارة عن مدى تقارب قياسات متغير "variable" معين في اعمال المساحة من القيمة الحقيقية للمتغير . فكلما كانت القياسات متقاربة بشكل اكبر من القيمة الحقيقية يكون العمل ادق .
بما ان القيمة الحقيقية "True value" لاي متغير "variable" في اعمال المساحة مجهولة , لذلك فنحن في واقع الحال لانتعامل مع الدقة في اي عمل مساحي انما نتعامل مع الاتقان "precision" .

الا تقان "precision"

عبارةعن مدى تقارب قياسات متغير "variable"معين في أعمال المساحة من بعضها. فكلما كانت القياسات متقاربة من بعضها بشكل أكبر يكون العمل متقن بشكل أكبر.
من خلال ماتبين أعلاه فأن العمل المتقن ليس من الضروري أن يكون عملاً دقيقاً , بينما الدقة العالية تتطلب وجود أتقان عالي . من الناحية النظرية , ان الفرق ما بين الدقة والاتقان هو وجود الاخطاء المنتظمة , ففي حالة التصحيح لجميع الاخطاء المنتظمة يكون العمل المتقن دقيقاً في نفس الوقت .

2-7 تعديل القياسات Adjustment of Measurements

نظراً لكون القيمة الحقيقية لأي متغير "variable" في أعمال المساحة مجهولة ومن غير الممكن الحصول عليها , لذلك عند أخذ القياسات لأي متغير "variable" في أعمال المساحة فنحن نبحث عن الحصول على أفضل قيمة للمتغير , أي القيمة الأقرب الى القيمة الحقيقية والمتمثلة بالقيمة الأكثر أحتمالية "Most Probable Value"
هنالك ثلاث عوامل يجب التعامل معها عند أخذ القياسات لمتغير معين :

1. وجود قياس أو قياسات غلط "Mistakes"
2. وجود أخطاء منتظمة "Systematic Errors"
3. وجود اخطاء عشوائية "Random Errors"

لذلك , لغرض حساب القيمة الأكثر أحتمالية "Most probable value" (والتي تمثل أفضل قيمة) للمتغير "variable" المقاس يجب أتباع الخطوات الآتية وعلى التوالي :-

1- أكتشاف وأزالة (حذف) القياسات الغلط "mistakes" ان وجدت وبخلافه يجب اعادة العمل المساحي .
2- تصحيح القياسات للاخطاء المنتظمة ان وجدت وبخلافه سوف تتم معاملتها معاملة الأخطاء العشوائية لاحقاً .
3- بعد أجراء الخطوات (2,1) أعلاه , اصبح لدينا الآن قياسات لمتغير "variable" معين فيها أخطاء عشوائية "Random Error" فقط , في هذه الحالة يمكن حساب القيمة الأكثر احتمالية "Most probable Value" للمتغير " variable" باستخدام طرق احصائية معينة والتي سوف يتم التطرق لها تفصيلياً لاحقاً .

2-7-1 القيمة الأكثر أحتمالية والخطأ القياسي للقياسات المباشرة

"Most probable value and the standard error for direct measurements"

2-7-1-1 القيمة الأكثر احتمالية للقياسات المباشرة

"Most probable value for direct measurements"

أشارةً الى ما تم ذكره في (2-7) أعلاه بعد اجراء الخطوة الاولى (ازالة "حذف "القياسات الغلط "mistake") ومن ثم اجراء الخطوة الثانية (التصحيح للاخطاء المنتظمة) أصبح لدينا الان عدد(n) من القياسات ($x_1,x_2,x_3,\ldots\ldots,x_n$) المباشرة لنفس المتغير "variable" (أي انه تم تكرار قياس المتغير "n" من المرات) وان هذة القياسات تحتوي على اخطاء عشوائية " random errors" فقط , اضافة الى ذلك لو فرض ان جميع هذة القياسات قد تمت بأستخدام نفس الجهاز ونفس الدرجة من العناية (لها نفس الوزن "weight") في هذة الحالة فأن المعدل " mean" يمثل القيمة الاكثر احتمالية " Most probable value" = افضل قيمة للمتغير "variable" ,

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad \ldots\ldots [2\text{-}1]$$

حيث ان :-

n = عدد مرات تكرار القياس للمتغير

x_i = القياس الاول , الثاني ,.....,القياس n للمتغير

$\overline{x}$ = المعدل = القيمة الاكثر احتمالية للمتغير

= افضل قيمة للمتغير

2-7-1-2 الخطأ القياسي للقياسات المباشرة "Standard error for direct measurement"

الخطأ القياسي لأي قياس (الاول , الثاني , ...,او n) من قياسات المتغير يمكن حسابه بتطبيق العلاقة الأحصائية الأتية :-

$$\delta_{x_i} = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} V_i^2}{n-1}} \qquad \text{.....} \qquad [2\text{-}2]$$

حيث أن :-

$$\sum_{i}^{n} v_i^2 = v_1^2 + v_2^2 + \text{.....} + v_n^2$$

residual v_i = Error in measurement

$v_i = x_i - \bar{x}$ = الخطأ المتبقي في القياس

$\bar{x}$ = المعدل

δ_{xi} = الخطأ القياسي لأحد هذة القياسات

الخطأ القياسي للمعدل والذي يمثل الخطأ القياسي للقيمة الأكثر احتمالية (افضل قيمة) للمتغير المقاس هو :-

$$\delta_{\bar{x}} = \pm \frac{\delta_{xi}}{\sqrt{n}} \qquad \text{.....} \qquad [2\text{-}3]$$

حيث أن ,

$\delta_{\bar{x}}$ = الخطأ القياسي للمعدل .
= الخطأ القياسي للقيمة الاكثر احتمالية للمتغير المقاس .
= الخطأ القياسي لأفضل قيمة للمتغير المقاس .

لابد من التأكيد هنا على ضرورة وضع اشارة (±) امام قيمه الخطاء القياسي كما هو مبين اعلاه في المعادلات (2-2) و(2-3) لانه يمثل خطاء عشوائي .

2-7-1-3 تمثيل الاخطاء في اعمال المساحة

هنالك عدد من المصطلحات المستخدمة لوصف الاخطاء العشوائية المتبقية ("residual errors "v") في قياسات اعمال المساحة , جميعها يستند الى كون توزيع الاخطاء العشوائية " v" هو عبارة عن توزيع طبيعي "Normal distribution", لذلك فائ منحني توزيع