

المحاضرة السادسة

قياس المسافة

Distance Measurement

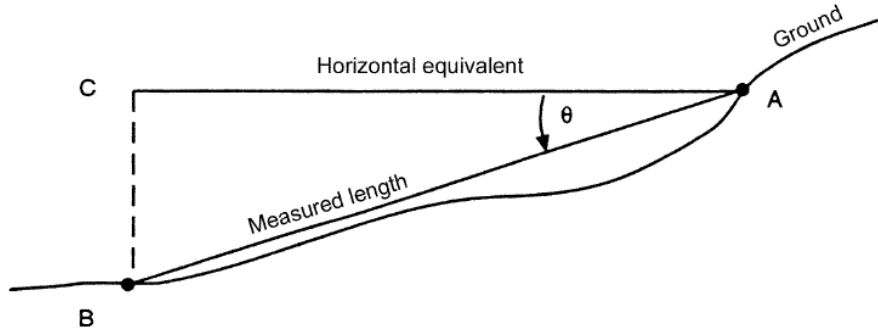
1. مقدمة (Introduction).

يعتبر قياس المسافة الأساس في القياسات المساحية، ويمكن قياس المسافة بطرق عديدة من أهمها:

1. القياس المباشر باستخدام الشريط (Traditional Direct Measurement).

2. القياس غير المباشر بالإعتماد على خاصية انتشار الأمواج الإلكترومغناطيسية (Electronic Distance Measurement - EDM)، وذلك باستخدام القانس الإلكتروني.

الهدف الرئيسي من قياس المسافة هو تمثيلها لاحقاً على المخطط. ولتحويل المسافة المائلة إلى أفقية يجب إدخال أثر الميل على نتيجة القياس. ويوضح الشكل التالي العلاقة بين المسافة المائلة المقاسة والمسافة الأفقية والعمودية الممكن حسابهما من خلال تطبيق العلاقات المثلثية المعروفة.



الشكل (1): مخطط العلاقة بين المسافة المائلة المقاسة والمسافتين الأفقي والعمودية.

من المثلث ABC لدينا:

$$\frac{AC}{AB} = \cos \theta \Rightarrow AC = AB \cdot \cos \theta$$

$$\frac{BC}{AC} = \tan \theta \Rightarrow BC = AC \cdot \tan \theta$$
(1)

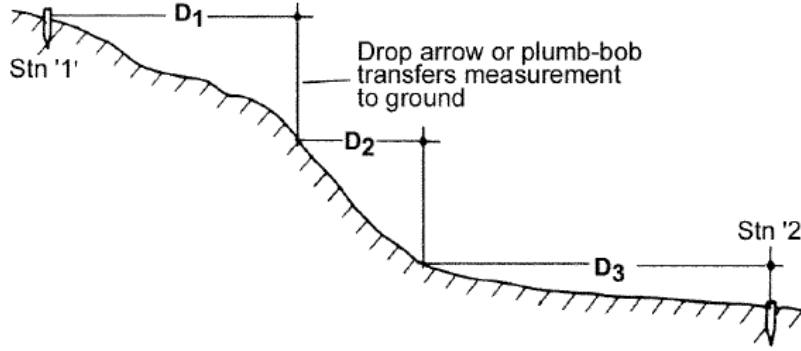
إذاً من حيث المبدأ، يجب قياس زاوية الميل θ بهدف اختزال المسافة المقاسة إلى أفقية أو عمودية.

2. القياس بطريقة الخطى المتسلسلة باستخدام الشريط (Step taping Method).

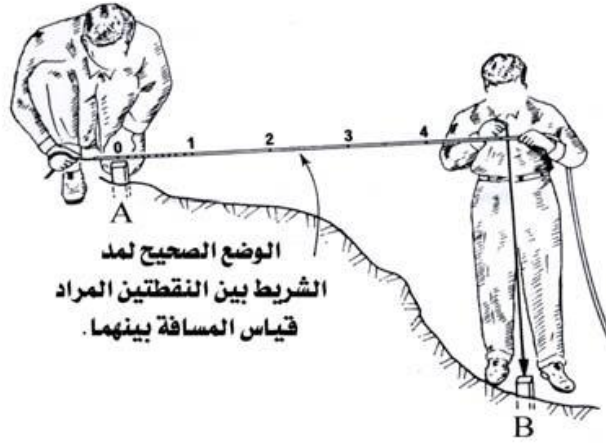
الطريقة البديلة للحصول على المسافة بدون استخدام أجهزة قياس الزوايا تسمى طريقة القياس الخطوة. خطوة Step taping. وهي طريقة حقلية تسمح بالحصول على المسافات بطريقة مباشرة.

يجب إبقاء الشريط بالوضعية الأفقية المستقيمة، وجعله مشدوداً بدرجة كافية تمنع تدليه. ونستخدم خيط المطمار لنقل وتعليم المسافة المقاسة الأفقية إلى سطح الأرض [الشكل (2)] ، آخذين بالاعتبار بقاء الشريط بالوضعية الأفقية كما هو مبين في الشكل (3).

ويرتبط طول المسافات الجزئية المنفذة بدرجة ميل السطح، فكلما زاد الميل يتناقص طول الخطوة المقاسة والعكس صحيح.



الشكل (2): مخطط قياس المسافة بطريقة الخط المتسلسلة.



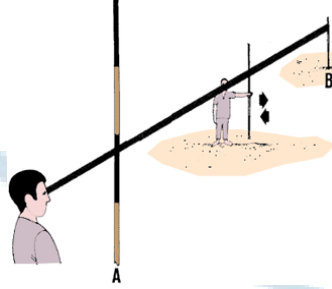
الشكل (3): الوضع الصحيح لمد الشريط بين نقطتين.

عندما ننتهي من قياس وتسجيل الخطوة الأولى نتابع إلى الخطوة الثانية فالثالثة، وهكذا تتكرر العملية حتى الانتهاء من قياس كامل خط المسافة. ويشكل مجموع قياسات الخطوات الطول الكلي للمسافة المقاسة بين المحطتين Stn 1 و Stn 2.

$$Dist \text{ Stn 1 to Stn 2} = D1 + D2 + D3$$

أي:

كما يمكن تنفيذ القياس بهذه الطريقة باتجاه الصعود نحو الأعلى. في هذه الحالة، يضع الشخص في الخلف نهاية الشريط فوق العلامة التي تركها الشخص الأمامي بمعونة خيط المطمار. ولتوجيه عملية القياس على طول الخط المستقيم نستخدم خيط المطمار أو الشواخص كما هو مبين في الشكل (4).



الشكل (4): توجيه القياس باستخدام الشواخص.

3. مجموعة القياس باستخدام الشريط.

نورد فيما يلي الأدوات الضرورية لقياس المسافة الأفقية بالطريقة المباشرة باستخدام الشريط، وهي:

1. الشريط المعدني *Steel Tape*.
2. الشريط القماشي أو من الفايبر *Fibreglass or Cloth Tape*.
3. الأسهم المتسلسلة *Chaining Arrow*.
4. الشاخص الحديدي *Range Pole*.
5. خيط المطمار (الشاقول) *Plumb-bob*.
6. المربع الضوئي *Optical Square*.

ونبين فيمل يلي نموذجاً عن كل من الأدوات المذكورة أعلاه.

1.3 الشريط المعدني *Steel Tape*.



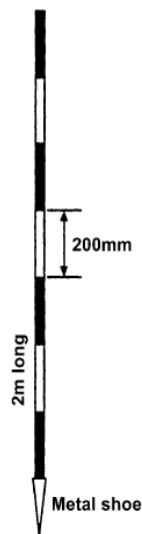
2.3. الشريط القماشي أو من الفايبر Fibreglass or Cloth Tape.



3.3. الأسهم المتسلسلة Chaining Arrow.



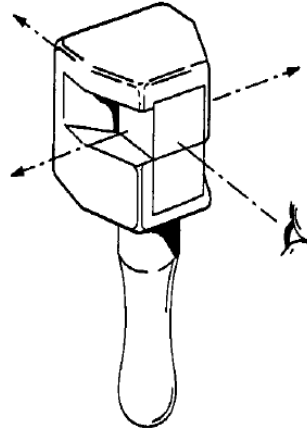
4.3. الشاخص الحديدي Range Pole.



5.3. خيط المطمار (الشاقول) *Plumb-bob*.



6.3. المربع الضوئي *Optical Square*.



4. القياس غير المباشر بالإعتماد على خاصية انتشار الأمواج الإليكترومغناطيسية، وذلك باستخدام القائنس الاليكتروني (EDM) Electronic Distance Measurement.

1.4. مقدمة.

يمكن قياس المسافات ضمن الشبكات الجيوديزية باستخدام الطرق المباشرة والطرق غير امباشرة. يعتمد القياس المباشر للمسافات على الإستخدام المباشر لأداة القياس على طول الخط المستقيم بين النقطتين المحددتين للمسافة، ومن أدوات القياس المستخدمة نذكر الشريط القماشي أو المعدني. هذه الطريقة قديمة وتحتاج إلى جهد كبير، لذا يتم استخدامها ضمن الشبكات الأفقية التي لاتزيد أطوال أضلاعها عن 0.5km.

يمكن أن نعتبر قياس المسافة باستخدام الأمواج الإليكترومغناطيسية قياساً مباشراً، لأن هذا القياس يعتمد على إرسال موجة معدلة بصرية أو راديوية في مسار خط رصد المسافة بين النقطتين المحددتين للمسافة المذكورة. ويُعتبرُ قياس المسافات باستخدام قائنس المسافات الإليكتروني أحدث طريقة لقياس أطوال أضلاع الشبكات الجيوديزية، وهي طريقة بسيطة ودقيقة وسريعة واقتصادية. ومن هنا نجد الاستخدام الهائل لهذه الطريقة في قياس المسافات الطويلة والقصيرة ضمن جميع أنواع الشبكات الجيوديزية.

2.4. تصنيف أجهزة قياس المسافات. Classification of EDM Instruments.

تندرج الأجهزة الإليكترونية لقياس المسافات (EDM) ضمن مجموعتين أساسيتين هما:

المجموعة الأولى: أجهزة إليكتروبصرية نستخدمها لقياس المسافات حتى 16÷14km.

(*Elektro-Optical Instruments that transmit either modulated laser or infra-red Light*).

المجموعة الثانية: أجهزة ميكروموجية نستخدمها لقياس المسافات حتى عدة عشرات من الكيلومترات.

(*Radiowaves Instruments which transmits microwaves with wavelengths*)

وعلى نحوٍ مشابهٍ يمكن تصنيف طرق القياس المعتمدة على ظاهرة تداخل الأمواج الإليكترومغناطيسية الراديوية والبصرية ضمن طرق القياس المباشر للمسافات. تُستخدمُ ظاهرة تداخل الأمواج الراديوية في قياس المسافات باستخدام الأقمار الصناعية، ويمكن استخدام ظاهرة تداخل الأمواج البصرية في قياس المسافات عالية الدقة المستخدمة لضبط ومعايرة الأجهزة الإليكترومغناطيسية.

3.4. القياس غير المباشر للمسافات باستخدام الأمواج الإليكترومغناطيسية المعدلة.

أ. ملاحظات أولية:

منذ السبعينات استخدم المساحون قانسي المسافات الإليكترونية لقياس المسافات، فتتحدد المسافة المقاسة بهذه الأجهزة بالاعتماد على الزمن اللازم لذهاب وإياب الموجة الإليكترومغناطيسية على طول المسافة، وعلى معرفة سرعة انتشار موجة القياس في الهواء.

لقياس المسافة باستخدام القانسي الإليكتروني نعتمد على ظاهرة الانتشار المستقيم للأمواج الإليكترومغناطيسية في الفراغ بسرعة منتظمة وثابتة، وطبعاً تتغير هذه الميزات نسبياً في طبقات الجو المحيطة بالأرض. إذاً لإجراء القياسات الصحيحة يجب تحديد سرعة انتشار الأمواج في الهواء، ومن ثم إدخال التصحيحات المناسبة الناتجة عن تغير الظروف الجوية (الضغط الجوي، الحرارة، الرطوبة، الخ).

من المجال الكامل للأمواج الإليكترومغناطيسية تم اختيار مجالين قليلي التأثير بالظروف الجوية، وهما: مجال الطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء: بطول موجة يتراوح بين $(0.35 \div 1.1 \text{ mm})$ ، ندعو هذا المجال باسم الأمواج الإليكتروبصرية.

مجال الأمواج الميكروية: بطول يتراوح بين $(0.8 \div 20 \text{ mm})$ ، ونسميه الأمواج الراديوية.

تتأثر سرعة انتشار الأمواج الإليكترومغناطيسية، من مجال الطيف المرئي والأشعة تحت الحمراء ومن مجال الأمواج الراديوية، بالدرجة نفسها بالضغط الجوي وحرارة الهواء. ويكون تأثير رطوبة الهواء على تغير سرعة انتشار الأمواج البصرية في الهواء أصغر منه بـ (100 مرة) في حالة الأمواج الراديوية. كما تتأثر الأمواج الميكروية بظاهرة انعكاس الأشعة على سطح الأرض أو على الأبنية المجاورة والأشجار وغيرها، وهذا يؤثر سلبياً طبعاً على دقة القياس. إذاً تقيس الأجهزة التي تعتمد على المجال الراديوي المسافات بدقة أدنى من الأجهزة التي تعتمد الأمواج البصرية، ومع ذلك نستخدمها لقياس المسافات الطويلة ضمن الشبكات الأساسية (قد تصل المسافات هنا إلى 120 كم)، كمثال على هذه الأجهزة نذكر قانسي المسافات الإليكتروني Sial المصنع في شركة Simens – Albis السويسرية.

عموماً ننصح باستخدام الأجهزة الإليكتروبصرية لقياس المسافات ضمن الشبكات التفصيلية ذات الأضلاع حتى 15 كم.

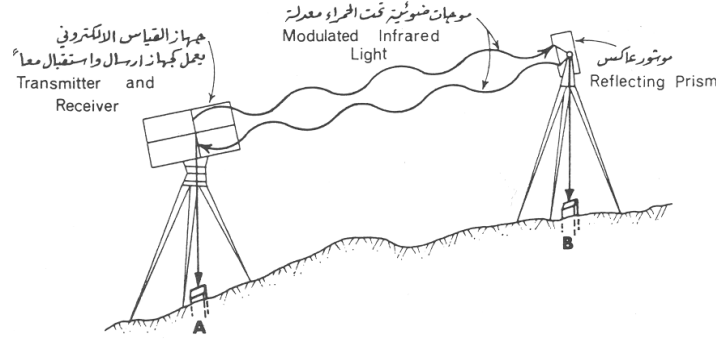
ب. قاعدة قياس المسافة باستخدام قانسي المسافات الإليكتروبصرية.

Principles of EDM Operation

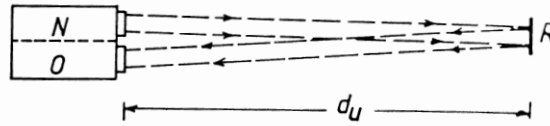
تتكون مجموعة القانسي البصري من الأجزاء التالية:

مرسل، أداة عاكسة، مستقبل، جهاز قياس.

لقياس طول ضلع ما باستخدام قانس المسافات الإليكتروني نثبت الجهاز (المزود بالمرسل والمستقبل وجهاز القراءة) فوق النقطة المحددة للطرف الأول من الضلع، ونثبت فوق النقطة المحددة للطرف الثاني من الضلع العاكس، الذي يتألف من مجموعة من المواشير العاكسة لحزمة الأمواج [كما هو مبين في الشكل (5) والشكل (6)].



الشكل (5): قاعدة قياس المسافة باستخدام القانس الإليكتروني بصري.



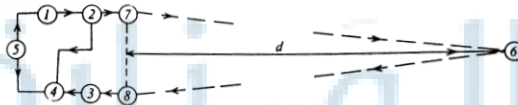
N : جهاز إرسال الأمواج الإليكترونية ، O : جهاز استقبال الأمواج المرتدة،

R : عاكس أحادي (أو مجموعة عواكس) ، d_U : المسافة المقاسة.

الشكل (6): قاعدة قياس المسافة باستخدام القانس الإليكتروني بصري.

Generalised EDM procedure

كما يبين الشكل (7) مخطط نظام القانس الإليكتروني بصري.



1- منبع الأمواج الضوئية،

2- جهاز تعديل حزمة الأشعة الضوئية،

3- صمام استقبال (تجميع) الشعاع الضوئي المنعكس،

4- جهاز قياس انحراف الطور للموجة المرسله بالمقارنة مع الموجة المنعكسة،

5- منبع طاقة تشغيل قانس المسافات،

6- العاكس (مفرد أو مجموعة عواكس)،

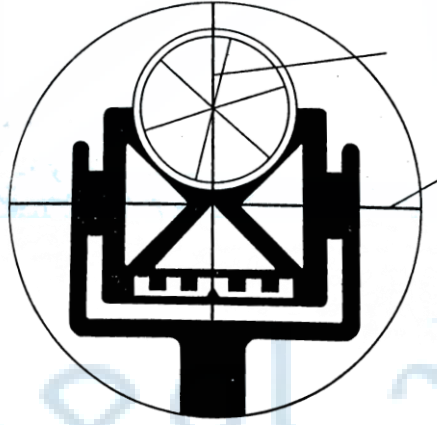
7- نظام بصري للموجة المرسله،

8- نظام بصري للموجة المنعكسة.

الشكل (7): مخطط نظام قانس المسافات الإليكتروني بصري.

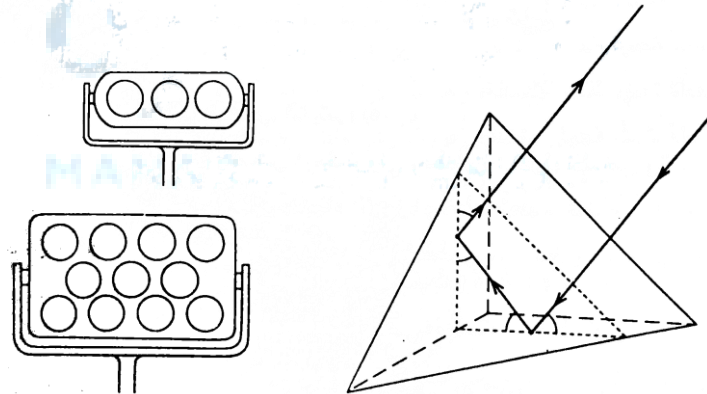
تخضع حزمة الأشعة المنبعثة من المنبع الضوئي 1 إلى التعديل عند مرورها بالمعدل الخاص 2 ، بعد المرور من النظام البصري 7 تستمر حزمة الأشعة باتجاه العاكس المثبت فوق نقطة نهاية الضلع المقاس. وتنعكس من مجموعة المواشير 6 لتصل إلى المستقبل 3. ولقياس الزمن اللازم لذهاب الموجة الإليكتروبصرية وعودتها يجب تحديد لحظتي الانطلاق والعودة، لهذا الهدف يخدم تعديل موجة القياس المحمولة (البصرية أو الميكروموجية). فبعد مسار طوله $2d_U$ (المسافة ذهاباً وإياباً) يتعرض الإرسال المعدل إلى انحراف في الطور، بالاعتماد على ذلك يتحدد زمن ذهاب الموجة وعودتها على نحو غير مباشر. ويتم قياس انحراف الطور للموجة ضمن الجهاز 4، الذي تمر به الموجة الخارجة والموجة المنعكسة.

يتألف العاكس عادةً من مجموعة مواشير ثلاثية عاكسة ذات ثلاثة جدران مستقيمة متعامدة مع بعضها البعض [الأشكال (8) و (9) و (10)]. فينعكس الشعاع الوارد إلى نقطة معينة من الموشور عند جدران الموشور الداخلية المتعامدة، ويعود باتجاه عاكس مواز تماماً لاتجاه الورد.



الشكل (8) عاكس مفرد مثبت مع لوحة تسديد (صنع شركة Wild – Leitz).

EDM reflector



الشكل (9): مجموعة عواكس لقياس

الشكل (10): مسار حزمة الأشعة الضوئية

وكما ذكرنا سابقاً يرتبط قياس المسافة باستخدام القائن الإليكتروبصري بقياس الزمن T ، الذي تستغرقه الموجة الإليكترومغناطيسية في الذهاب والإياب على طول خط التسديد. أي:

$$d = \frac{T}{2} \cdot v \quad (2-4)$$

حيث:

T : زمن ذهاب الموجة وعودتها،

v : سرعة انتشار موجة القياس في الهواء ضمن ضغط وحرارة محددين.

ويُقاس الزمن بطريقة غير مباشرة من خلال تعديل موجة القياس المحمولة. في الأجهزة الإليكتروبصرية يتم استخدام التعديل الجيبي للموجة، حيث تُزوّد الأجهزة بمعدلات من نوع كبير أو بوكيلس.

5. جهاز المحطة الشاملة (Total Station Instrument).

النوع المتطور من أجهزة المحطة الشاملة (Total Station) عبارة عن نظام إلكتروني متكامل، يتألف من تيودوليت إلكتروني (لقياس الزاويتين الرأسية والأفقية) وجهاز قياس مسافات إلكتروني، وهي مزودة بآلة تسجيل البيانات الإليكترونية وتخزينها وبحاسوب صغير.



الشكل (11): جهاز المحطة الشاملة. Total Station Instrument

توجد المحطة الشاملة على أشكالٍ متعددة. فمنها ما هو مكون من وحداتٍ منفصلة متوافقةٍ مع بعضها (Modular)، ومنها ما تشكل أجزاؤه وحدةً متكاملةً (Self Obtained). ويسمح بعض هذه الأجهزة بإجراء العديد من العمليات الحسابية ميدانياً، وبعضها مصممٌ بحيث يتم التعامل مع المعلومات الميدانية (المسجلة أوتوماتيكياً) في المكتب بالاستعانة بحاسوبٍ يمكن من إجراء الحسابات وأعمال الرسم الضرورية أحياناً. يجدر بالذكر هنا أنه يمكن الاستعانة ببرامج الأوتوكاد (auto CAD) لأعمال الرسم وإخراج المخططات والخرائط المتنوعة.

1.10. مجالات استخدام وعيوب أجهزة المحطة الشاملة.

هناك مجالات متعددة للإفادة من أجهزة المحطة الشاملة، منها:

.المسح التفصيلي،

.المشاريع الهندسية (توقيع المنشآت والطرق وخطوط الصرف والمياه وأقنية الري ... الخ)،

.التضليع الجيوديزي،

.أعمال المسح الدقيق، والمسح الطبوغرافي بكل أنواعه.

ومن عيوب هذه الأجهزة نذكر:

. يصعب إجراء التحقيق الميداني أثناء أخذ القياسات، إذ لابد من العودة إلى المكتب وإخراج الحسابات والرسومات ومن ثم إجراء تحقيقٍ شامل،

. يجب استخدام فيلتر خاص عند رصد الشمس، كي لا تتعرض وحدة قياس المسافة للعطب،

. أحياناً تنعكس الإشارة الكهرومغناطيسية من العوائق (جسم أو سطح عاكس)، ما يؤدي إلى حدوث أغلاطٍ في نتائج القياسات.