جامعة تكريت / كلية الزراعة

أسس المساحة المستوية / المرحلة الأولى

القياس غير المباشر للمسافات

د.عمار سعدي إسماعيل

1441

القياس غير المباشر للمسافات Indirect Measurement of Distances

أسس القياس غير المباشر

تعتمد القياسات غير المباشرة على استخدام أنواع مختلفة من الاجهزة وملحقاتها التي يعتمد بعضها على نظم البصريات باستعمال عدسات تمكننا من تكوين علاقات مع طول قصير معلوم وزاوية معلومة للتوصل الى مقدار المسافة المطلوب قياسها، وبعضها الآخر يعتمد على الطرق الألكترونية المستندة الى قياس الزمن اللازم لانتقال الموجات الضوئية والكهرومغناطيسية والرادارية.

إن القياسات غير المباشرة لا يكون لها دقة عالية مقارنةً بالقياس المباشر، لذلك ينحصر استعمالها في الحالات التي يتعذر فيها تطبيق الطرق المباشرة أو عند مراعاة عامل الوقت والحاجة الى معرفة نتيجة القياس في فترة زمنية قصيرة. ولذا، يمكن القول أن الطريقة غير المباشرة نافعة ومفيدة لأعمال المسوحات التي تتطلب دقة مقدارها 500:1 أو أقل. كما أن الأخطاء الناجمة عن القياس غير المباشر هي من النوع التعويضي على عكس أخطاء القياسات المباشرة التي تكون من النوع التراكمي.

أجهزة وأدوات القياس غير المباشر

تنقسم هذه الاجهزة الى قسمين رئيسين :

أ- **الاجهزة البصرية الاعتيادية.**
ب- **الاجهزة الالكترونية.**

أ- الأجهزة البصرية الاعتيادية

يعتمد عمل هذه الاجهزة على العلاقات التناسبية بين أضلاع وزوايا المثلثات المتساوية الساقين. فلو كان لدينا مثلث كالمبين في الشكل وكانت قاعدته (س) وزاويته(هـ) معلومتين فإن المسافة (ف) يمكن حسابها من العلاقة الآتية:

$$ف = \frac{1}{2} س \times ظتا \frac{1}{2} هـ$$

$$أ ص = ب ص = = \frac{1}{2} س \times قتا \frac{1}{2} هـ$$

وبالتطبيق العملي لهذه القاعدة الهندسية البسيطة ناجح جداً بسبب :

1. القصر النسبي لأطوال المسافات المقيسة وتناسبها مع درجة الدقة المطلوبة.
2. إن كلاً من المسافة العمودية (س) والزاوية (هـ) يمكن قياسها عملياً بدرجة دقة أعلى مما هو مطلوب للنتيجة النهائية. فمثلاً س هي بضعة أمتار يمكن قياسها لأقرب نصف ملليمتر. وعندئذ حتى لو كان المثلث بطول يعادل مائة ضعف (أو أكثر) من قاعدته فإن قيمة المسافة الأفقية(ف) ستبقى ضمن دقة مقدارها 5 سنتمترات التي تعد ملائمة لمعظم أعمال القياس من هذا النوع.

مسطرة التسوية Levelling Staff

وهي عبارة عن مقياس مدرج للقراءات الرأسية حيث تثبت بصورة عمودية على نقطة الهدف وترصد من خلال منظار جهاز التسوية من مسافة لا تزيد كثيراً عن 75 سم. يختلف طول مسطرة التسوية بين 3-5 متر (10-18)قدم وهي ذات أشكال مختلفة فمنها تلسكوبية الشكل ،خشبية أو معدنية، ومنها ما هو قابل للطي الى 3،2 أو 4 مقاطع قصيرة لتسهيل حملها ونقلها عند العمل وتكون خشبية عادةً. والنوع الأول ذو قاعدة أثقل وزناً وقمةً خفيفة الوزن بالمقارنة بالنوع المطوي. ولكن من مساوئها أن الجزء الأخير منها يكون دقيقاً وتصعب قراءته. تغلف نهاية المسطرة الملامسة للأرض عادةً بقطعة معدنية حفاظاً عليها من التلف وقد يلحق بالمسطرة فقاعة تسوية تثبت في الجهة الخلفية منها لضمان تعامدها مع سطح الأرض عند الاستعمال.

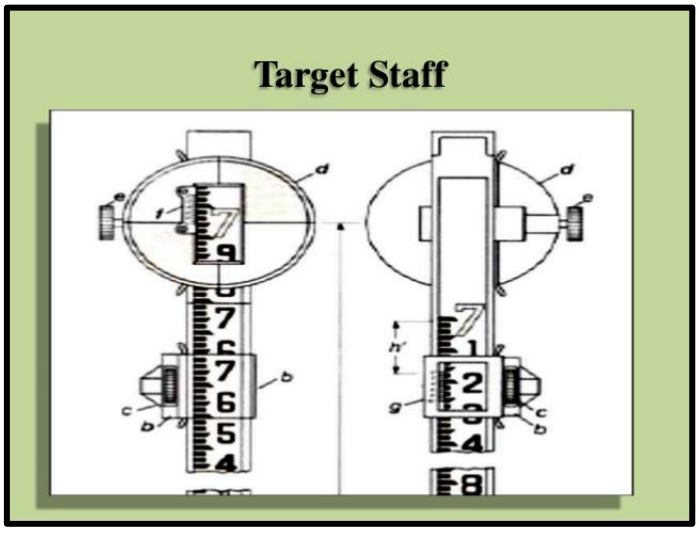
إن الصيغة الشائعة الاستعمال لتقسيمات المسطرة هي المربعات والفراغات المتبادلة التي تكون بعرض 10 ملليمترات مع ترقيم للدسمترات والامتار بصيغة موحدة أو مختلفة.

وقد تقسم الأقدام بصورة متبادلة على اساس مسافات مقدار كل منها 100/1 قدم. ومن الضروري أن يتعود الراصد على قراءة المسطرة بإتجاه تزايد أرقام تدريجاتها مع ملاحظة ضرورة أن يكون صفر المسطرة على الأرض وليس الى الأعلى بغض النظر عن نوع المسطرة من حيث كتابة أرقامها بصورة صحيحة أو مقلوبة وبغض النظر أيضاً عن نوع جهاز التسوية المستعمل في رصد المسطرة من حيث علاقته بإتجاه صورة المسطرة داخل منظاره. فالجهاز الذي يقلب الصورة تستعمل معه عادةً مسطرة تسوية ذات أرقام مكتوبة بصورة مقلوبة من حيث الأعلى والأسفل تظهر بالصيغة المألوفة عند رصدها بالمنظار.

الشكل يوضح مقدار قراءة المسطرة المترية الشائعة الاستعمال حيث أن أرقام الامتار والدسمترات تقرأ من المسطرة مباشرةً ، على حين تحسب أعداد السنتمترات وتقدر الملليمترات كاجزاء من سنتمتر واحد.

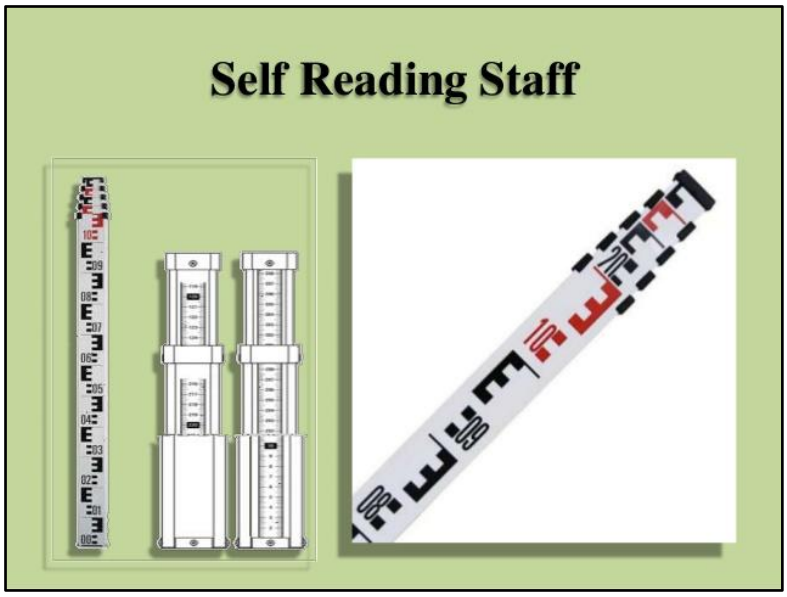
من جهة اخرى تنقسم مساطر التسوية من حيث من يقوم بقراءتها الى نوعين :

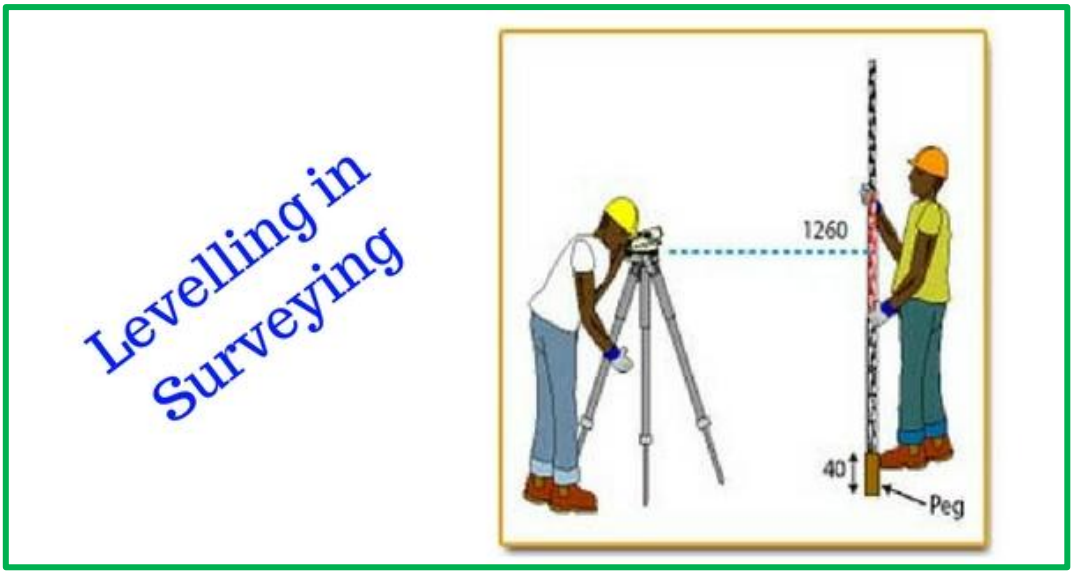
أ- **مسطرة الهدف Target Staff :** وتكون مجهزة بمؤشر انزلاقي يمكن رفعه وخفضه من لدن حامل المسطرة حسب الاشارات التي يتلقاها من الراصد الى ان يصبح الهدف على استقامة خد الرصد حيث يقوم حامل المسطرة بقراءة وتدوين مقدار القراءة.



ب- **مسطرة ذاتية القراءة Self-reading Staff :** يقراها الراصد عند النظر بإتجاهها من خلال منظار جهاز التسوية.

ومن الجدير بالذكر أن بعض المساطر يمكن استعمالها بكلتا هاتين الطريقتين.



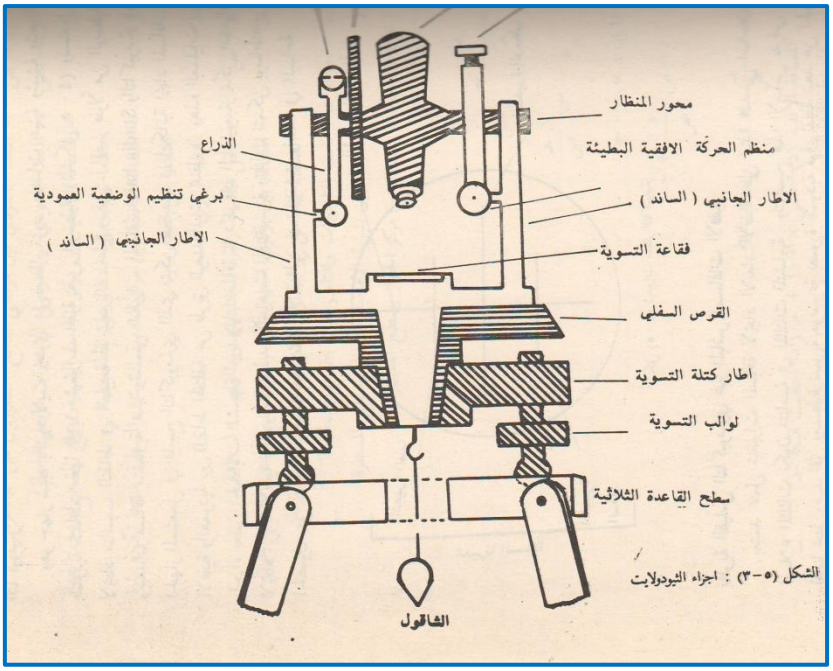


الثيودولايت Theodolite

الثيودولايت واحد من الاجهزة البصرية المصممة أساساً للأعمال المسحية الدقيقة وقياس الزوايا الأفقية والعمودية. كما يستخدم لقياس المسافات بصورة غير مباشرة إذا احتوى منظاره على الشعيرات الخاصة بقياس المسافات بصورة غير مباشرة. والشكل التخطيطي المبين في ادناه يوضح الاجزاء الرئيسة للثيودولايت.

يتكون جهاز الثيودولايت من الاجزاء الرئيسة الآتية:

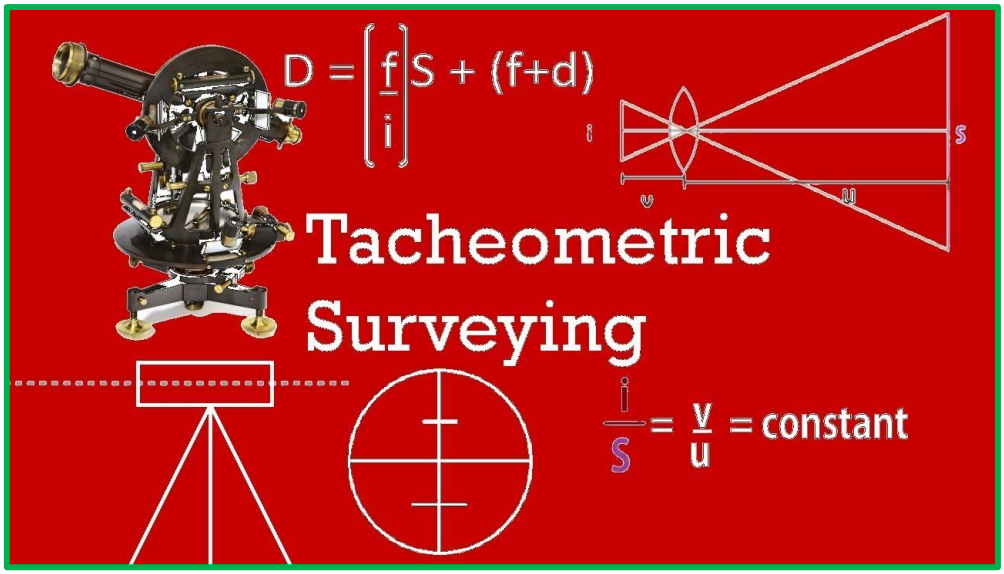
1. كتلة التسوية : وهي الجزء الذي يرتبط بالقاعدة الثلاثية وتتكون من اطار يحوي على فتحة عمودية مركزية ذات مقطع مخروطي او اسطواني الشكل ثم من لوالب التسوية التي يكون عددها ثلاثة او أربعة.
2. القرص السفلي : ويكون محيطه مدرجاً ويحوي على فتحة مركزية متحدة لاحتواء الجزء العلوي الرئيس من الجهاز.
3. القرص العلوي : وهو الجزء الذي يدور داخل الحامل المركزي للقرص السفلي ويحتوي على جزء مهم هو فقاعة التسوية.
4. مجموعة المنظار: وترتكز على ذراعين جانبيين يرتكزان على القرص العلوي واجزاء مجموعة المنظار الرئيسة هي المحور والمنظار الذي يجب أن يكون عمودياً على المحور ثم القرص العمودي المدرج.



الشكل (٥-٣) : اجزاء الثيودولايت

التاكيوميتر Tachometer

وهو جهاز شبيه بالثيودولايت يحتوي على منظار مزود بعدسات عينية وشيئية وشعيرة عمودية تتقاطع معها ثلاث شعيرات أفقية هي الوسطية (الشكل) وتستعمل لايجاد مناسيب النقاط في الطبيعة ثم شعيرتان ، عليا وسفلى ، أقصر طولاً من الوسطية ويبعدان مسافة متساوية عنها وتسمى شعيرات المسافة Stadia hairs والتاكيوميتر هو الجهاز المستعمل في المسح التاكيومتري الذي يمكن تلخيصه في إمكانية إيجاد المسافات الأفقية والعمودية بين النقاط المختلفة عن طريق الرصد المباشر بمنظاره. وهذه العمليات تتم بإجراء بعض الحسابات البسيطة أو بدونها. اضافة لما ذكر فإن التاكيوميتر يمكن استعماله لايجاد الزوايا الأفقية والعمودية وتحديد الاتجاهات المغناطيسية وبذلك نتمكن بوساطته من الحصول على نتائج المسوحات بالابعاد الثلاثة التي لها تطبيقات واسعة في المساحة.



ب – الأجهزة الألكترونية

من الممكن القول بأن قياس المسافات بالأجهزة الألكترونية التي ظهرت وتطورت منذ الحرب العالمية الثانية هو أسهل وأسرع وأدق وأقل كلفة من القياس بالوسائل المباشرة المعروفة وبصورة خاصة للمسافات الطويلة. ويتلخص عمل الاجهزة الألكترونية في قياس الزمن اللازم الذي تستغرقه الموجات المرسلة لقطع البعد الثابت بين طرفي المسافة المطلوب قياسها وارتداده ثانيةً الى نقطة ارساله، اضافة الى معرفة سرعة هذه الموجات وبذلك نتمكن من معرفة طول المسافة المطلوبة كما ياتي:

المسافة = $\frac{1}{2}$ الزمن × السرعة

لكن المسافات المحصل عليها بهذه الاجهزة هي مسافة غير افقية وبذلك فلا بد من تحويلها الى ما يعادلها من مسافات افقية باستخدام صيغ وقوانين تصحيح الميل المعروفة التي تتطلب معرفة مقدار الزاوية العمودية وهذا يكون باحد الاجهزة الدقيقة كالثيودولايت مثلاً.

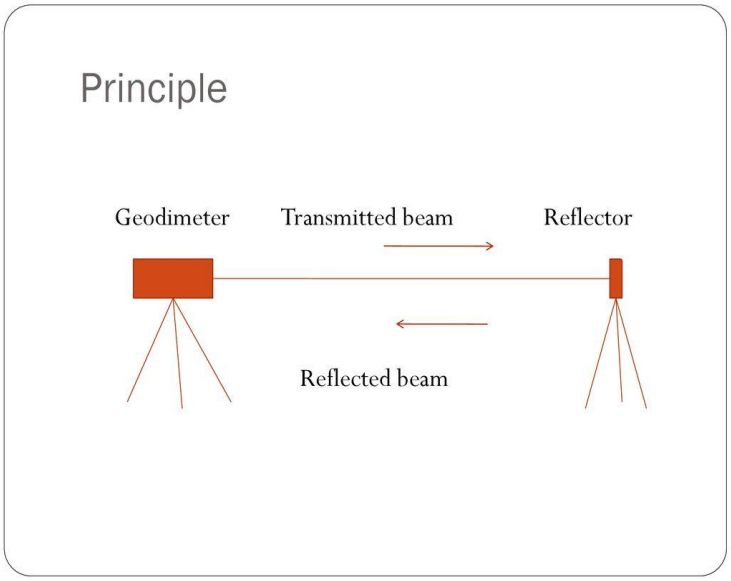
يمكن تقسيم الأجهزة الألكترونية حسب أنواع الموجات المستعملة الى الأقسام الآتية:

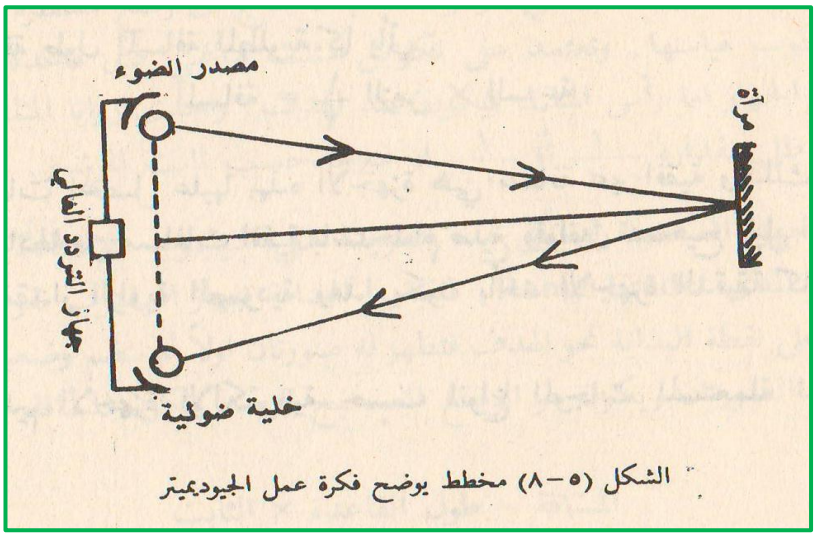
1. موجات كهرومغناطيسية

مثال ذلك الرادار الذي يستخدم لقياس المسافات الطويلة جداً وتكون نتائجه جيدة. وقد يكون القياس بالرادار باستخدام الطائرات من الجو حيث يكون جهازا الارسال والاستقبال داخل الطائرة وبهما يمكن قياس المسافة المثبت طرفاها على الأرض أو قد يكون القياس على الأرض بين موقعين حيث يوضع جهاز الإرسال عند احدهما ويوضع جهاز الاستقبال عند الموضع الآخر. ومن الجدير بالذكر أن قياس الزمن يتطلب دقة متناهية تصل الى حد 1×10^{-7} من الثانية لأن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية كبيرة جداً (حوالي 300000 كم / ثانية).

2. موجات كهروضوئية

يعد الجيوديميتر **Geodimeter** من الأجهزة القائسة للمسافات بالاعتماد على الموجات الكهروضوئية تنعكس راجعة الى مصدرها بمرآة عاكسة توضع على الطرف الثاني من المسافة المطلوب قياسها، حيث تؤشر عليها مجموعة من الخلايا الضوئية وتحولها الى موجات كهربائية. ويفهم من هذا أن سرعة الضوء هي الأساس في حساب طول المسافة المطلوبة. ولأجل الحصول على نتائج قياس دقيقة يجب ان يؤخذ مالايقل عن 30 رصدة في مدة ثلاث ليالٍ وايجاد معدل هذه الرصدات كي تتوازن الاخطاء الطبيعية واخطاء الجهاز وتكون النتيجة على ادق ما يمكن. وتؤخذ الأرصاد عادةً بالجيوديميتر في الليل أو عند حدود الضياء الأول أو الأخير اضافة الى تسجيل قياسات درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي عند الرصد.





الشكل (٥-٨) مخطط يوضح فكرة عمل الجيوديميتر

3. موجات الراديو

يعتمد قياس المسافات بأجهزة التيللوروميتر **Tellurometer** والألكتروتيب Electrotape على استعمال موجات الراديو ذات التردد العالي بدلاً من الموجات الضوئية المستعملة في الجيوديميتر اضافة الى أن اضافة الى أن هذه الأجهزة يمكن استعمالها ليلاً ونهاراً وفي الأجواء السيئة وليس في الظلام فقط.

تتكون هذه الأجهزة عادةً من وحدتين متماثلتين يوضع كل منهما عند احدى طرفي المسافة المطلوب قياسها ويمكن أن تحل احداهما محل الأخرى أو تحويل الوحدة من مرسلة الى مستقبلة وبالعكس فالوحدة المرسلة تنتقل سلسلة موجات دقيقة micro waves تتسلمها الوحدة الأخرى ثم تعيدها الى الوحدة المرسلة حيث يقاس الزمن الذي استغرقته موجات الراديو لأقرب جزء بالمليون من الثانية ذهاباً وإياباً ومن معرفة سرعة انتشار موجات الراديو المعادلة لسرعة الضوء تقريباً، التي تعتمد بدورها على درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي، يمكن التوصل الى مقدار المسافة المطلوبة التي قد يزيد طولها عن 100 كيلومتر التي لا يشترط أن يكون طرفاها منظور احدهما من الآخر. ومن الجدير بالذكر أن الإتصال بين الراصدين الموجودين عند طرفي المسافة يكون بواسطة جهاز تلفون- راديو موجود في كلتا الوحدتين المرسلة والمستقبلة.

اضافة الى الاجهزة الوارد ذكرها في أعلاه، هناك اجهزة الكترونية عديدة ومختلفة يقيس بعضها مسافات تصل الى جزء من المتر وبدقة تصل الى السنتمتر الواحد. ومن هذه الاجهزة نذكر ما ياتي:

Distomat, AKKuranger, Laser Distometer. Cubitap.

وغير ذلك . وأجهزة الليزر بصورة خاصة هي الاكثر شيوعاً في الاستخدام في الوقت الحاضر بالمقارنة بانواع الاجهزة الألكترونيةالأخرى.

يتميز القياس الالكتروني للمسافات بما ياتي:

1) توفير الوقت والجهد اللازمين لقياس المسافات وخاصةً الطويلة منها.
2) توفير امكانية القياس عبر العوائق المانعة للرصد او للرصد والقياس كالمناطق الوعرة والمسطحات المائية.
3) عدم تأثر مقدار الخطأ بطول المسافة المقيسة وبذلك تزداد دقة القياس كلما كبرت المسافة المقاسة.

اما عيوب القياس بالاجهزة الألكترونية فيمكن تلخيصها بالآتي:

1) تتأثر نتيجة قياس المسافة بدقة قياس الزمن لضآلته.
2) يختلف تردد جهاز الذبذبة بغختلاف درجة الحرارة.
3) وجود فترة ضائعة بين استقبال الموجة واعادة ارسالها وهذا يؤثر على الزمن المقيس.
4) تؤثر العناصر المناخية كالحرارة والرطوبة والضغط الجوي على سرعة انتقال الموجات . فسرعة الضوء مثلاً تتغير بتغير درجة الحرارة بمقدار يعادل 9×10^{-7} لكل درجة مئوية.
5) تنتقل الموجات بمسارات غير موازية لسطح الأرض بين طرفي المسافة المقيسة مما يؤدي الى زيادة الزمن المقيس عن قيمته الحقيقية.
6) يتأثر تحويل المسافات المائلة المقيسة الى ما يعادلها من مسافات أفقية بمقدار الخطأ الحاصل في قياس الزاوية العمودية.