بسم الله الرحمن الرحيم

د. واثب النعيمي

المساحة: هو العلم[1] الذي يبحث في كيفية تعيين المواقع النسبية لنقاط المعالم الطبيعية والصناعية الموجودة على الأرض أو قربه، ونقلها إلى الخريطة مع الحفاظ على العلاقات النسبية الثابتة بين تفاصيل هذه المعالم. وعليه فهو فن يتناول نقل هذه المعالم إلى ورقة بمقياس رسم مناسب بإجراء القياسات الأفقية والعمودية عن مستوى ثابت ومعلوم.

تقسم أعمال المساحة إلى نوعين

1- أعمال الرفع: وتعنى بجمع المعلومات التفصيلية عن المعالم الأرضية وإجراء القياسات للأبعاد وتثبيت الحدود وما شابه ذلك ووضعها وتثبيتها على الورق ويقوم بهذه العملية جميع المهندسين والمساحين.
2- أعمال التوقيع: وهي مجموعة من الأعمال التي يقوم بها المهندسون، لتفريغ محتوى الخريطة المعدة مسبقاً وتوقيها (تسقيطها) من خلال إجراء المساقط العمودية وتحديد الاتجاهات.

أهمية المساحة وعلاقتها بالعلوم الأخرى

مما لا شك فيه ان الهدف الأساس من دراسة علوم المساحة وتطبيقاتها العملية المختلفة هو الحصول على المعلومات والبيانات الأساس، اللازمة لإعداد ورسم الخرائط، تقسم دراسة المساحة بشكل عام إلى جانبين:

1- كيفية الحصول على المعلومات الميدانية واستخدام هذه المعلومات في رسم الخريطة.
2- كيفية استخلاص المعلومات من الخرائط لاستخدامها بمختلف التخصصات.

ان استخلاص المعلومات من الخريطة سواءً كان بصورة مباشرة أو غير مباشرة يعد من الجوانب الهندسية الصرف، إذ يتم قياس أبعاد المساحات بما عليها من تفاصيل المعالم الأرضية الطبيعية والصناعية، ومن ثم رسمها على شكل خريطة، ثم يعيد المستفيد الخريطة، مهندسا مدنيا أو زراعيا أو عسكريين العملية بشكل معاكس. لذا يجب ان يلم المستفيدين والمساحين المعلومات المناسبة عن الأجهزة المساحية واستعمالاتها، كما يتطلب معرفته بالعمليات الحسابية وجبرية ولوغاريتمية وكسرية، وأن يكون مطلعا على أساسيات المثلثات والهندسة، وان يكون ملما بأحسن الطرق العلمية لحل المسائل المتعلقة بالمسح، وان يكون بارعاً في رسم الخطوط ووصف الأشكال، وان يعرف أسس البصريات والمغناطيس. إن أهمية المساحة والخرائط وتداخلها مع العلوم التطبيقية المختلفة واضحة للعيان، ففي مجالات الزراعة يمكن إيجازها في النقاط الأتية:

[1] العلم هو كل ما له نظرية وفرضية وقانون

1- تثبيت المواقع المطلوبة على الطبيعة استناداً إلى نقاط معلومة.
2- تحديد وتعيين مواقع الأراضي الزراعية وارتفاعاتها عن مستوى سطح البحر.
3- إيجاد مساحات الأراضي حسب أصنافها بصورة مباشرة أو من الخرائط.
4- إعطاء فكرة عن الموارد المائية ومدى بعدها عن أراضي الزراعة.
5- المساعدة في تصميم شبكات الري والبزل وإنشاء السدود والخزانات المائية.
6- تخطيط مواقع الطرق الزراعية بأنواعها وحدود تقسيمات الغابات.
7- تحديد أنواع وكثافات الغطاء النباتي للمناطق بواسطة الصور الجوية ووسائل الاستشعار عن بعد.
8- توفير المعلومات الضرورية لإنشاء الأبنية الزراعية.
9- توفير المعلومات اللازمة لعمل الخطوط الكنتورية والمصاطب على المنحدرات.

يمكن إنجاز أعمال المسح بطريقتين أساسيتين هما:

1- المسح الاعتيادي: وينجز عادة على سطح الأرض باستخدام الأجهزة والأدوات والآلات والأدوات المساحية المختلفة حيث تتم أعمال القياسات الخاصة والزوايا بصورة مباشرة أو غي مباشرة أحيانا.
2- المسح التصويري: وتستخدم فيه تقنية التقاط الصور بأنواعها المختلفة ووسائلها المتعددة وهذا يكون بإحدى الوسيلتين الأتيتين:

أ - المسح التصويري الأرضي: ويكون بالتقاط الصور للمنطقة أو المساحة المطلوب إعداد خريطة لها ومن ثم تجميع هذه الصور جنبا إلى جنب مع الحفاظ على العلاقات المتداخلة بين كل صورتين متجاورتين.

ب - المسح التصويري الجوي: ويكون بالتقاط صور المساحة المطلوب إعداد خريطة لها من الجو باستخدام الآلات تصوير مناسبة لهذا الغرض توضع في الوسائل الجوية المحلقة في السماء والتي قد تكون مناطيد أو طائرات، وكذلك تلك التي تتم باستخدام المركبات الفضائية والأقمار الصناعية، وأساليب تفسير وتحليل الصور كتقنيات الموجات وأطوالها وتحليل الطيف والتحليل الرقمي.

أنواع المساحة

يختلف تقسيم المساحة حسب الأسس المعتمدة في التقسيم، فقد يكون التقسيم استناداً إلى علاقة المسح والمساحة بكروية الأرض، وأخذه بنظر الاعتبار من عدمه، أو يكون التقسيم حسب الغرض المقصود من عملية المسح. بصورة عامة تقسم المساحة إلى عدة أنواع هي:

1- المساحة المستوية Plane Surveying: يختص هذا النوع من المساحة بقياس المساحات الصغيرة التي تكون في حدود 200-250 كم$^2$ حيث تهمل كروية الأرض ويعد سطحها مستوياً. فعلى سبيل المثال يبلغ

الفرق بين طول قوس دائرة عظمى والوتر المقابل حوالي 14 سم لمسافة طولها 20 كم، وعليه فالمسافة الأفقية هي أقصر خط مستقيم غير مقوس بين نقطتين على سطح الأرض.

2- المساحة الطوبوغرافية Topographic Surveying: يهتم هذا النوع من المساحة برسم الخرائط المتسعة نسبياً اعتماداً على المعلومات التي يحصل عليها من الحقل بطرق المسح المختلفة وذلك من اجل اظهار طبيعة شكل الأرض وارتفاعاتها وانخفاضاتها على هيئة خطوط كفافية (كنتورية) وكذلك مواقع المعالم الطبيعية والطناعية كالجبال والوديان والانهار بالإضافة إلى السدود والطرق وغيرها. وترسم هذه الخرائط عادة بمقاييس رسم تتراوح بين 5000:1 – 25000:1.

3- المساحة التطبيقية.

4- المساحة التفصيلية.

5- المساحة المائية: وتهتم برسم خرائط لسطح الأرض المغطى بالبحيرات والبحار والمحيطات.

6- المساحة التصويرية Photogrammetric Surveying: وهي تطبيق علم القياس باستعمال صور للمنطقة المطلوب مسحها، إذ تلتقط بالآلات تصوير خاصة من الجو أو من الأرض وتجمع هذه الصور مع بعض لتكوين خريطة مصورة للمنطقة ويفضل المسح الجوي على الأرضي بسبب وفرة التفاصيل التي يقدمها وسرعة ودقة العمل وكلفته. ويعد علم الاستشعار عن بعد Remote Sensing حلقة التطور الأخيرة في هذا النوع من المساحة.

إضافة إلى الأنواع المذكورة سابقاً هناك أنواع أخرى من المساحة مثل الفلكية والمواصلات، وتحت الأرضية، والهندسية والكارتوكرافية، والعسكرية والاستكشافية والجيولوجية والجغرافية والإليكترونية وغيرها.

وحدات القياس Unite Measurement

تتطلب المقارنة بين مقدارين مختلفين وجود عامل مشترك وهذا العامل هو وحدة القياس وهذه الوحدة إذا كانت للطول فهي وحدة طول وإذا كانت للسطوح فهي وحدة مساحة وهكذا... وعدد مرات احتواء المقدار على هذه الوحدة يعكس حالتها المساحية. وبالنظر لوجود أكثر من وحدة قياس، فمن الضروري ذكر اسم الوحدة المستعملة دائما بعد لفظ أو كتابة العدد الدال عليها. فمثلا لو كانت الوحدة المستعملة في القياس هي المتر وكانت المسافة 500 مرة بقدر المتر فمن غير الجائز ذكر الرقم 500 مجرداً، عموماً وحدات القياس في المساحة عامة للتعبير عن الطول ومقدار الزاوية ثم المساحات والحجوم التي يعبر عنها بمربعات أو مكعبات الوحدات المستعملة للأطوال، تختلف وحدات القياس في العالم من دول إلى أخرى، أو حتى من مجتمع إلى أخر، فقد يستعمل الشبر والأصبع كدليل للقياس أو حتى قد يكون القياس بدلالة حيوان ما كان تكون المسافة في مجتمع ما تقدر مثلا بكذا ثور أو بكذا سعفة أو رمح، بشكل عام يشتهر في العالم نظامين هما النظام الإنكليزي والنظام الفرنسي.

النظام الإنكليزي English System

في هذا النظام وحدة الطول الأساس هي الياردة وهي مساوية لطول ذراع الملك هنري الأول، وهي طول ثابت من البرونز محفوظ في قاعة الطبيعيات في متحف وستنمنستر في لندن بدرجة حرارة 62 فهرنهايت. وتوجد أجزاء ومضاعفات لهذه الوحدة يتخذ من مربعاتها ومكعباتها أساساً لقياس المساحات والحجوم، فأجزاءها هي القدم، كل ياردة تساوي 3 قدم، والعقدة (البوصة)، كل قدم تساوي 12 بوصة، وحبة شعير إذ تساوي البوصة 3 حبات شعير....، أما مضاعفاتها فهي الميل وهو مساوٍ إلى 1760ياردة، والفرسخ وهو مساوٍ إلى 3 ميل. أما وحدات قياس الزوايا بالنظام الإنكليزي أو تسمى بالنظام الستيني Sexagesimal System فهي الدرجة وهي ناتجة عن تقسيم الدائرة من مركزها إلى 360 قسماً يسمى القسم الواحد بالدرجة ورمزها ° يوضع فوق الرقم وكل درجة يمكن تقسيمها إلى 60 دقيقة ورمزها ′ وكل دقيقة تقسم إلى 60 ثانية ورمزها ″.

النظام المتري Metric System

ويسمى أيضاً بالنظام العالمي حيث وحدة الطول الأساس فيه هي المتر الذي قررته توصيات اللجنة الأكاديمية الفرنسية سنة 1791 ميلادي ضمن تقريرها المقدم إلى الجمعية الوطنية الفرنسية التي تثبت الطول القياسي للمتر على قضيب من سبيكة معدنية مؤلفة من 90% بلاتين و10% ايرديوم وهو محفوظ في أحد المراصد قرب باريس وتحتفظ عدة بلدان بنماذج منه. للمتر أساس علمي، فهو يعادل 10/1 مليون من ربع خط الزوال للكرة الأرضية عند مستوى سطح البحر، أو هو 40/1 مليون من طول محيط الأرض المار بالقطبين وبمدينة باريس أما أجزاءه ومضاعفاته كما في الجدول أدناه:

| أجزاء المتر | | مضاعفات المتر | |
|---|---|---|---|
| **دسم** | $1*10^{-1}$ | دكتا م | $1*10^{1}$ |
| **سم** | $1*10^{-2}$ | هكتو م | $1*10^{2}$ |
| **مم** | $1*10^{-3}$ | كم | $1*10^{3}$ |
| **مايكرومتر** | $1*10^{-6}$ | ميكا م | $1*10^{6}$ |
| **نانومتر** | $1*10^{-9}$ | سيكا م | $1*10^{9}$ |
| **بيكومتر** | $1*10^{-12}$ | تيرا م | $1*10^{12}$ |

أما قياس الزوايا بالنظام المتري فيكون بالنظام المئوي Centesimal System ةاساسة الدرجة المئوية (الگراد grade) ويرمز له بالحرف g وذلك بتقسيم الدائرة إلى 400 دقيقة ويرمز لها بالحرف c Centigrade والدقيقة إلى ثانية Centi-Centigrade cc أو قد تستخدم نفس إشارات النظام الستيني ولكن بعكس الاتجاه \ و \\. ولتحويل أي من التقديرين إلى الأخر يضرب مقدار الزاوية بالنسب المبينة في أدناه:

مئوي إلى ستيني نضرب قيمة الزاوية في نسبة التحويل للدرجة بـ 10/9 وللدقيقة بـ 100/54 وللثانية بـ 1000/324

ستيني إلى مئوي نضرب قيمة الزاوية في نسبة التحويل للدرجة بـ 9/10 وللدقيقة بـ 54/100 وللثانية بـ 324/1000

مقياس الرسم Scale

الواقع ان الخرائط تكون أقل اتساعاً من المساحة الأرضية التي تشملها وذلك لعدم إمكان وضع الأبعاد من الطبيعة وبياناتها على الخريطة بنفس أبعادها الحقيقية على الأرض، لذا يتطلب الأمر وجود نوع من التناسب الثابت بين العناصر

والمعالم وهذا التناسب يطلق عليه بمقياس رسم الخريطة. إذا مقياس الرسم هو نسبة المسافة الموجودة بين نقطتين على الخريطة إلى المسافة لنفس هاتين النقطتين على الأرض.

مقياس الرسم = البعد على الخريطة \ البعد على الأرض

يكبر مقياس الرسم كلما صغرت المساحة المطلوب رسمها على الخريطة، وزادت أهمية الخريطة وحجم التفاصيل المطلوب إبرازها والعكس صحيح، كما يكبر مقياس الرسم عندما يقل مقدار ما تمثله وحدة القياس الواحدة على الخريطة من مسافة على الأرض. فالمقياس 100:1 أكبر من 1000:1 وهذا أكبر من 5000:1 وهكذا ويحدد مقياس الرسم عادة قبل البدء برسم الخريطة، أما العوامل التي تؤثر في مقياس الرسم فهي: حجم ورقة الرسم، أهمية ودقة التفاصيل، الغرض من الخريطة، كلفة العمل الميداني والمكتبي. تنقسم مقاييس الرسم إلى:

1- المقاييس العددية Numerical Scale

أ - مقياس الكسر الممثل أو الكسر البياني Representative Fractions

هو أكثر مقاييس الرسم شيوعاً في الاستعمال وهو عبارة عن نسبة بين طول وحدة واحدة على الخريطة إلى طول عدد من نفس الوحدة على الأرض، ويعبر عنه بشكل كسر اعتيادي ولا يتوقف المقياس على استعمال وحدة معينة من وحدة معينة من وحدات القياس فاذا كان لدينا مقياس رسم 100:1 فمهما يكن نوع الوحدة المستخدمة فان كل وحدة على الخريطة كانت بالنظام المتري مثلاً أو بالنظام الإنكليزي تعادل 100 وحدة من نفس النظام على الأرض. بعبارة أخرى فان وحدة البسط في هذا المقياس تساوي وحدة المقام. أما المساحات فتضرب بمربع مقياس الرسم والحجوم بمكعبه:

مسافة 250 م على الأرض = 250 * 1\1000 =0.25 م = 25 سم على الخريطة

مساحة 250 م$^2$ على الأرض = 250 * 1\1000 * 1\1000 = 0.00025 م$^2$ = 2.5 سم$^2$ على الخريطة

حجم 250م$^3$ على الأرض = 250* (1\1000)$^3$ = 25*10$^{-8}$م$^3$ = 0.25 سم$^3$ على الخريطة

أما عند التحول من الخريطة إلى الطبيعة فتكون عملية الضرب بمقلوب مقياس الرسم للمسافات ومربع مقلوبه للمساحات ومكعب مقلوبه للحجوم.

ب - المقياس الكتابي Direct Statement Scale

يرتبط استعمال بواحد من نظامي القياس ولا يرتبط بالنظامين في آن واحد إلا بعد تحويل القياس من النظام الإنكليزي إلى العالمي وبالعكس أيضاً، ويستخدم عادة بالخرائط الجغرافية أو الجيولوجية (ذات المساحات الكبيرة) ويعبر عنه بأحد الطريقتين:

الأولى جزء على الخريطة يعادل جزءاً أو أجزاءً على الأرض بوحدات قياس مختلفة ضمن نفس نظام الوحدات كأن يكون 1 سم: 10 م أو 1 انج: ميل، وهذا المقياس يمكن تحويله إلى مقياس الكسر الممثل أو العكس أيضاً.

1 سم: 10 م = 1: 10 * 100 = 1:1000

1 انج: ميل = 1: 1* 5280 * 12 = 1:63360

الثانية أجزاء متعددة على الخريطة تعادل جزءاً واحداً على الأرض لها وحدة قياس مختلفة عن تلك الموجودة على الخريطة ضمن نفس نظام الوحدات، كأن يكون 10 سم: 1 كم أو 6 انج: ميل، ويمكن تحويل هذا المقياس إلى مقياس كسر ممثل كذلك.

10 سم: كم = 10: 1 * 1000*100 = 1:10000

6 انج: ميل = 6: 1* 5280 * 12 = 1:10560

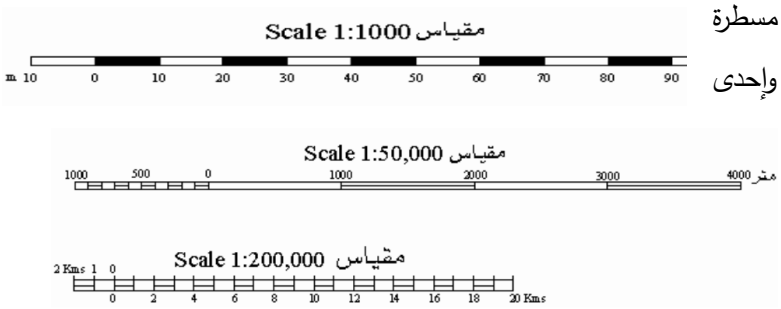
2- المقاييس التخطيطية Graphical Scale

تثبت هذه المقاييس بالاعتماد أساساً على المقاييس العددية من اجل معرفة البعد الحقيقي لأي مسافة على الخريطة مباشرة وتتميز بالمواصفات الآتية:

1- إنها تقيس المسافات الحقيقية بدقة ولأقرب وحدة قياس مطلوبة مثل سم.
2- عدم تأثر هذه المقاييس بالتمدد والانكماش الناتجين عن اختلاف درجات الحرارة والرطوبة اليومية أو على مر الأيام أو تلك الناتجة عن كثة الاستخدام وترهل نسيج الخريطة فالمقياس سيتأثر بنفس ظروف الخريطة.
3- تعطي نتائج مباشرة وبذلك نتخلص من توحيد وحدات القياس وعمليات الاختصار الحسابية

تنقسم المقاييس التخطيطية إلى الأنواع الآتية:

أ- المقياس الخطي Profile Scale



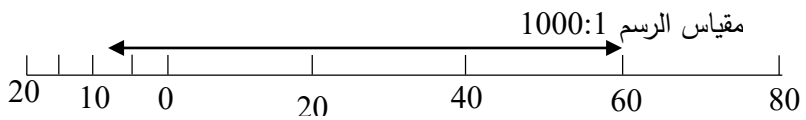

هو عبارة عن خط يرسم على الخريطة بشكل مسطرة مقسمة لغرض بيان أطوال وحدات المسافات الأرضية، وإحدى نهايتي هذا الخط تنقسم إلى أقسام أصغر بهدف زيادة دقة القياس، ويجب أن يكون طول المقياس الكلي مناسباً لقياس ما نحتاجه من مسافات على الخريطة، والمثال التالي يوضح كيفية عمل المقياس الخطي.

مثال صمم مقياسا خطيا لخريطة مقياس رسمها 1000:1 ويقيس لحد 5 م.

المقياس الخطي يتكون من مجموعة مستقيمات متصلة مع بعضها وممثلة للأبعاد المقاسة على الخريطة بذات الوقت تثبت على المستقيمات أرقام دالة على ما يعادل هذه المستقيمات على الأرض. وحسب مقياس الرسم فان

| على الأرض | على الخريطة | |
|---|---|---|
| **5 م** | 5 مم | نضاعف الطرفين 2–10 مرات |
| **20 م** | 20 مم أو 2 سم | نضاعف الطرفين بمقدار مناسب |
| **100م** | 100 مم أو 10 سم | |

من الأرقام المحسوبة في الجدول نرسم خطا مستقيماً بطول 10 سم (أي بطول أخر مضاعفة) ثم نقسمه إلى أقسام كل 2 سم (أو حسب ما تم مضاعفته في الصف الثالث من الجدول)، ثم يقسم أحد أقسام المقياس الطرفية إلى أجزاء طول كل واحد منها 5 مم (أو ما هو مطلوب من دقة للمقياس كما في الصف الثاني من الجدول).




أما لإيجاد المسافة على الأرض من الخريطة فتؤشر المسافة المطلوبة كأن تكون المسافة أ ب إذا كانت مستقيمة فباستخدام مسطرة وان كانت متعرجة فيستخدم خيط مثلاً على المسافة ويعرج الخيط مع تعرج الخط ثم يؤشر الخيط ويقاس بالمسطرة كما هو في الخط ذو الأسهم في نهايتيه في الشكل أعلاه، إذ يوضع بداية الخط على أقرب قياس بعد التقسيم صفر بحيث تبقى الزيادة بعد الصفر من الجهة المقابلة ففي الشكل أعلاه فان المسافة للخط هي 60 + 5 + 2.5 = 67.5 م، ولتسهيل العمل يفضل استخدام المقسم (الفرجال ذو الرأسين المدببين) لقياس طول الخيط ثم تقاس المسافة على مقياس الرسم.

ب- المقياس الشبكي Diagonal Scale

يعتمد هذا المقياس على نظرية تناسب المثلثات ويستخدم في إعداد واستعمال الخرائط الطوبوغرافية والتفصيلية للحصول على دقة أكبر من الدقة التي يوفرها المقياس الخطي، فيمكن بهذا المقياس قياس المسافات القصيرة جداً، فمثلاً في خريطة مقياس رسمها 5000:1 فانه يتعذر قراءة مترين على المقياس الخطي فالمترين على الأرض ستعادل 0.4 مم ويتعذر قراءة وتعين هذه المسافة على الخريطة، لذا نلجأ للمقياس الشبكي والذي هو عبارة عن مقياس خطي مضافاً له تقسيم شبكي للمسافات الدقيقة.

مثال: صمم مقياساً شبكياً لخريطة مقياس رسمها 2000:1 بحيث يقرأ لحد 1 م

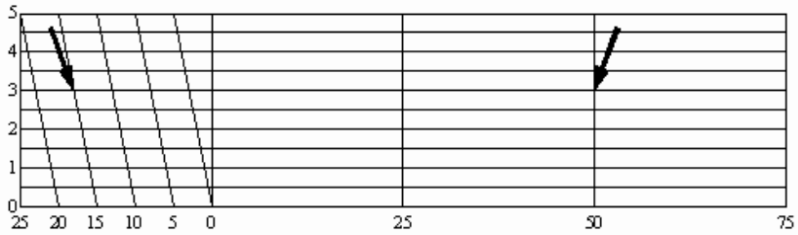
نأخذ الحد الأدنى من القراءة المطلوبة (1 م) ونحوله حسب مقياس الرسم المطلوب (2000:1) كما في الجدول ثم نضرب المسافة على الأرض بمقادير منتخبة تلبي حاجة الخريطة (تقدر من قبل منتج الخريطة)، ثم يرسم المقياس بعد

| على الأرض | على الخريطة | |
|---|---|---|
| **1 م** | 0.5 مم | نضرب المقدار بـ 10 |
| **10 م** | 5 مم | نضرب المقدار بـ 5 |
| **50م** | 25 مم أو 2.5 سم | نضرب المقدار بـ 4 |
| **200م** | 100 مم أو 10 سم | |

الانتهاء من الحسابات ونحب ان ننوه إلى ان طول المقياس يفضل ان يكون 10 سم ولكن لا يشترط ذلك. ولرسم المقياس نقوم برسم خط طوله 10 سم (كما في الصف الخامس من الجدول)، ثم يقسم إلى أربعة أقسام كل قسم 2.5 سم (كما في الصف الرابع من الجدول)، ثم يقسم أحد أقسامه الطرفية إلى أقسام متساوية كل قسم يساوي 5 مم (كما في الصف الثالث من الجدول)، ثم يرسم خط عمودي من بعد التقسيم صفر خط عمودي يجزئ أفقياً إلى 10 أجزاء كل جزء يساوي 0.5 مم، ان مسافة 0.5 مم لا يمكن تحديدها بدقة على الخط العمودي لذا تؤخذ أي قيمة بديلة مثل 2 أو 3 أو 4 مم باستخدام الخطوط المائلة والتي ترسم بعد رسم خطوط أفقية موازية للتقسيمات على الخط العمودي، ثم ترسم خطوط عمودية موازية أو بتأشير التقسيمات في الصف الثالث مرة أخرى على آخر خط أفقي من الأعلى ثم توصل التقسيمات بخط مائل يبدأ من الصفر في الخط السفلي إلى 5 في الخط العلوي ومن 5 في الخط السفلي إلى 10 في الخط العلوي وهكذا للبقية، ان هذا التغيير في المقدار لا يؤثر على القيمة الأصلية استناداً إلى البديهية " إذا ضرب البسط والمقام بقيمة ثابتة فان القيمة الناتجة تبقى ثابتة" ($\frac{5}{10} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$).

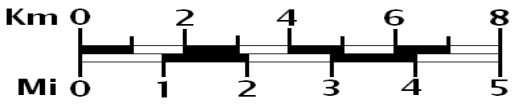
لبيان كيفية القراءة نفترض ان المسافة المطلوبة هي المؤشرة في السهمين (رأسي المقسم) في الشكل أدناه (وكما ورد في المقياس الخطي بتحديد المسافة)، سنقسم القراءة إلى أجزاء، الأول هو المسافة من 0 – 50 م، الثاني من 0 – الخط المائل الذي ينتهي عند 15 م، الثالث هو قيمة الخط الأفقي 3 م وبذلك تكون المسافة 50+15+3 = 68 م هذا يعني انه لو كان السهمين على الخط الذي هو أسفل منه ستكون المسافة 67.5 م.

في البداية يوضع المقسم على الخط الأفقي الأول للمقياس الشبكي بحيث تكون المسافة الزائدة بعد الصفر في الجزء المقسم إلى أجزاء أصغر فاذا وقع رأسي المقسم على التقسيمات الأساسية فهي تكون قراءة المقياس، وإذا لم يقع على أي خط لا عمودي ولا أفقي نرفع المقسم إلى الخط الذي يعلوه وهنا إذا لم يصل إلى تقاطع الخط المائل مع العمودي والأفقي نرفع المقسم إلى الخط الأعلى وهكذا حتى ينطبق راس المثلث عند تقاطع الخطوط.



ج- المقياس المقارن Comparative Scale

هو مقياس خطي له تقسيمين أحدهما بالنظام المتري والأخر بالنظام الإنكليزي وذلك لغرض التسهيل على المستخدمين استخدام أياً منهما. كما في الشكل




د- المقياس الزمني Time Scale

هو نوع من المقاييس يستعمل غالباً في المجالات العسكرية يهدف هذا المقياس إلى معرفة الزمن اللازم لقطع مسافة ثابتة بين نقطتين بسرعة معينة.

تنقسم مقاييس الرسم بعامة حسب حجومها إلى:

| | |
|---|---|
| **صغيرة جداً** | **200000−1 <** |
| **صغيرة** | 200000:1 – 50000:1 |
| **متوسطة** | 50000:1−5000:1 |
| **كبيرة** | 5000:1– 500:1 |
| **كبيرة جداً** | 500:1 > |

يجب أن يثبت مقياس الرسم على الخريطة، وإذا لم يكن مثبتا لسبب ما وهذا نادر الحدوث، كتلف الجزء المثبت عليه المقياس من الخريطة أو لتوفر جزء من الخريطة ليس به مقياس رسم، فبهذه الحالة يتم عمل مقياس رسم للخريطة بقياس المسافة لنقطتين معلومتين على الأرض موجودة على الخريطة ثم تقاس المسافة إذا لم تكن معلومة على الأرض والمسافة على الخريطة ثم تستخرج النسبة بينهما.

بسم الله الرحمن الرحيم

د. واثب النعيمي

**القياس المباشر للمسافات**

يقصد بالمسافة عند ذكرها في علوم المساحة والخرائط ذلك البعد الأفقي الفاصل بين نقطتين بغض النظر عن موقع النقطتين العمودي، فحتى المسافات المائلة يجب تصحيحها إلى ما يعادلها من البعد الأفقي. والسبب في ذلك يعود إلى ان المسافات الأفقية هي التي تثبت في الخرائط أو تشغل حيزاً عليها، لان الخريطة عبارة عن المساقط الأفقية للمساحات التي تمثلها. بصورة عامة تقدر أطوال المسافات بواحدة من الطرق الأتية:

1- تقدير طول المسافة بمقارنتها ببعد أخر مألوف ومشابه له، وتصلح هذه الطريقة للمسافات القصيرة فقط التي لا يمكن رؤيتها بكاملها من موقع واحد، مثل مقارنة حد أحد الحقول بقطاع من البيوت عرض واجهة كل بيت 10 م مثلا وان حد الحقل يواجه 8 بيوت مثلاً فبهذه الحالة فإن طول الحد 80 م.

2- إيجاد الحدين الأعلى والأدنى الذين نظنهما طولاً للمسافة المعينة. فمثلا ان الحد الثاني لنفس الحقل لا يواجه أي معالم معلومة المسافة فقد نقدر ان اقل طول لهذا الحد قد يكون 100م وان أعلى طول ممكن لهذا الحد هو 150م فبذلك يكون طول الحد هو بحدود 125م.

3- مقارنة حجم ووضوح رؤية شيء معين من تلك المسافة بشيء أخر من مسافة معلومة. فمثلا إنك ترى شاحنة بطول وحجم معين بالقرب منك إلا ان حجمها قد تراه بحجم علبة سكائر عندما تكون مركونة على بعد 3 كم مثلاً.

4- تقدير المسافة إلى نقطة نعدها نقطة المنتصف ثم نضاعف التقدير.

5- تقدير المسافة مسافات معلومة كأعمدة الكهرباء وأبراجه التي تبعد عن بعضها البعض بمسافات معلومة.

6- استعمال طريقة الإبهام النرويجية Norwegian Thumb Method إذا أمكن تقدير المسافة العرضية بدقة أكبر من المسافات الطولية المباشرة. في هذه الطريقة نمد الذراع إلى أمام أحد العينين ونغلق الأخرى بحيث يختفي أحد المعالم خلف الإبهام ثم نفتح العين المغمضة ونغمض العين المفتوحة سنلاحظ ان الإبهام سيقع على منطقة أخرى نقدر المسافة بين نقطتي الإبهام فتكون المسافة بيننا وبين نقطة على الخط الواصل بين المعلمين هي المسافة المقدرة مضروبة في 10 وذلك لان نسبة طول الذراع إلى طول المسافة بين العينين هي كنسبة 10:1.

ان التقدير يكون أكبر من الحقيقة أو اقل منها عند وجود الظروف أدناه:

1- أوقات الضباب وظروف الطقس الرديئة.
2- النظر باتجاه أعلى المنحدرات.
3- أوقات الشروق والغروب.
4- إذا كان الشيء المطلوب القياس إليه والأرض التي وراءه بنفس اللون.
5- النظر عبر نهر أو منخفض أو ارض متموجة.
6- إذا كان الشيء المطلوب القياس صغيراً قياساً بشيء يجاوره.
7- النظر بين أشجار مبعثرة.
8- إذا كان خط النظر محصوراً ضمن حدود ضيقة كان يكون موازياً لطريق أو جدول.
9- النظر باتجاه معاكس للشمس.

**مصادر المسافات المقاسة**

تقاس المسافات من مصدرين أساسيين هما

أ - القياس من الخرائط: وهو يكون كذلك بواحدة من الطريقتين الأتيتين:

1- طريقة مقياس الرسم: وتكون بقياس المسافة بالمسطرة للمسافات المستقيمة وبالمسطرة المرنة المنحنية للمسافات المتعرجة (أو استعمال خيط ثم يقاس طول الخيط)، أو بفرجال التقسيم ثم تحول المسافة حسب مقياس الرسم كنسبة وتناسب.

2- طريقة عجلة القياس: وهي طريقة مناسبة لقياس المسافات المتعرجة والملتوية، إذا تدحرج العجلة على المسافة المطلوبة وبعد قطعها المسافة على الخريطة تكون العجلة قد سجلت المسافة ثم تحول إلى مقياس الرسم كنسبة وتناسب،( وهنا يمكن صناعة عجلة من بكرة صغير بمحور من سلك قوي نسبياً وتؤشر بقلم بمنطقة معينة على البكرة وتوضع البكرة على ورقة بيضاء بحيث تلامس إشارة البكرة الورقة ثم توضع إشارة أخرى على الورقة ثم تدار العجلة بشكل مستقيم إلى ان تصل الإشارة مرة أخرى إلى الورقة وتؤشر ثم تقاس المسافة بين النقطتين، ولنفرض إنها 2 سم هذا يعني تكمل العجلة دورتها كل 2 سم) وبذلك يمكن قياس المسافة بعدد الدورات ثم تحويلها حسب مقياس الرسم.

ب - القياس من الطبيعة: وهي الأخرى تقاس بطريقتين أيضاً هما:

1- طرق القياس المباشر

2- طرق القياس غير المباشر: وهو يستخدم التقنيات البصرية وإليكترونيه لذا سيتم التركيز على الطرق المباشرة

الطرق المباشرة تستوجب الخروج إلى الحقل وقطع المسافة المطلوبة وقياسها ومن هذه الطرق

**أ- طريقة الخطوات**

وهي وسيلة سريعة لتقدير المسافات وعادة يلجأ إليها المهندس عندما لا يكون قد تجهز للعمل بمشروع معين أو انه عثر على ارض للمشروع أفضل من تلك المخطط لها بالصدفة أو ما شابه أو انه في جولة استكشافية (على سبيل المثال أحد طلبة الدراسات العليا أراد ان يكتشف حقلا لإجراء تجربته وعثر على مساحة مناسبة أراد ان يعرف إنها تكفي مبدئياً لتجربته أم لا)، ان لكل شخص معامل يسمى بمعامل الخطوة وهو معدل طول خطوته فيمكن لأي شخص ان يحسب معدل طول خطوته بقياس عدد من الخطوات من مقدم احدى القدمين إلى مقدم القدم الأخرى ثم يستخرج معدلها ويكون ثابتا له ما دام الشخص بالغاً ولم يتعرض لمشكلة صحية قد تغير من معدل خطوته، وبهذا يمكن قياس أي مسافة بالخطوات بعد الخطوات بين نقطتين معينتين ثم ضربها بمعامل الخطوة.

في حال نسي الشخص معامل خطوته أو لم يكن قد حسبها من قبل، واحتاج ان يقيس مسافة معينة كأن يكون الشخص في رحلة أو جولة في الصحراء، ولا يملك شريط قياس فبإمكانه ان يستخرج معامل الخطوة، وذلك بالاعتماد على معالم موجودة أصلاً كإشارات معينة في الطريق (مثلاً انتبه أمامك مطب على بعد 100 متر) أو كان هنالك أبراج لنقل الطاقة الكهربائية، فالمسافة بين برجين معلومة وهي عادة 100 م في هذه الحالة يعمل الشخص على حساب عدد الخطوات بين البرجين ذهاباً وعدد الخطوات إياباً ويفضل ان يعيد العد لأكثر من مرة ( وذلك لتقليل من الخطأ الناتج عن التعب أو التعثر أو تموج الأرض)، ثم يحسب معامل الخطوة من المعادلة أدناه:

معامل الخطوة = المسافة المعلومة \ معدل خطوات الشخص ذهابا وإياباً

مثال شخص قطع المسافة بين عمودين كهرباء والبالغة 50 م عند الذهاب بـ 62 خطوة وعند الإياب 64 خطوة وعند الذهاب الثاني كان 63 خطوة، جد معامل الخطوة له

معدل الخطوات= (62+63+64) \3 = 63 خطوة

معامل الخطوة = 50\63 = 0.79 م أو 79 سم

من الجدير بالذكر انه يمكن للشخص ان يحمل عداداً اليكترونياً (مسبحة) أو جهازا يسمى بيدومتر يساعده في حساب عدد الخطوات عندما تكون المسافات قصيرة.

**ب- طريقة عجلة القياس**

عجلة القياس عبارة عن عجلة تشبه عجلة الدراجة الهوائية لها محيط معلون مركبة بمقود مثبت عليه عداد لقياس عدد الدورات ومثبت على العجلة من قبل المصنع المسافة التي تقطعها الدورة الواحدة، في الموديلات القديمة أما الحديثة

فالعداد يعطي المسافة بالأمتار مباشرة وبدقة تصل إلى دسم واحد، وبمجرد قيادة العجلة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية سيقوم العداد بحساب المسافة بين النقطتين.

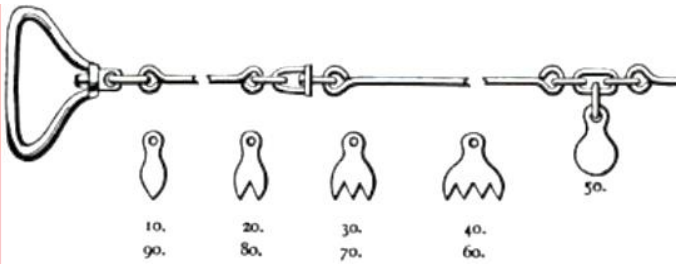
ان المسافة المقاسة بعجلة القياس ستعطي مسافة أكبر من الحقيقية لأنها تقيس المسافة الملامسة للعجلة بغض النظر عن الارتفاعات والانخفاضات في سطح الأرض، وبالتالي ستكون المسافة المسجلة أطول فضلاً عن ان الشخص لا يمكنه الاستمرار على الخط المقاس دون الانحراف عنه لمرة أو أكثر خصوصا في المسافات البعيدة، لذا لا يفضل استخدامها في الأراضي غير المستوية.

كذلك يمكن الاستفادة من عجلات الدرجات الهوائية بعمل عجلة قياس وذلك بإضافة مقود لها وتأشير العجلة بلون ما وتأشيرها على الأرض وإدارة العجلة دورة كاملة لحين وصول الإشارة مرة ثانية إلى الأرض وتأشير مكان التلامس ثم قياس المسافة بين النقطتين، وهكذا يمكن حساب عدد الدورات وضربها بمسافة الدورة الواحدة، كما يمكن عمل ذلك بالدراجة الهوائية مع ملاحظة معايرة دورات مجداف الدراجة مع دور العجلة ومعايرة العجلة مع الأرض. كما يمكن استخدام عداد السيارة في المسافات الطويلة جداً والتقريبية.

### ج- طريقة الشريط (أو السلسلة)

### السلسلة المعدنية Chain

يشترك الشريط والسلسلة بطريقة الاستعمال والملحقات المستخدمة معها في عملية القياس، السلسلة بدأ استعمالها بالانحسار مع تزايد صناعة الأشرطة، تتكون السلاسل من مجموعة من العقد لكل عقدة طول معين، من مساؤها إنها ثقيلة الحمل، وكذلك قد تتداخل الحلقات فيما بينها، إلا ان من محاسنها انه يمكنها مقاومة العمل في ظروف الأحراش أو الظروف الحجرية إذ يمكن شدها دون الخوف من انقطاعها أو تأكلها بالاحتكاك بجذوع الأشجار في الغابات الكثيفة.



**الشريط Tape**

الشريط أداة شائعة الاستعمال وهي أخف وأدق من السلسلة المعدنية إلا انه لا يفضل استعمالها عند هبوب الرياح، وتختلف الأشرطة من ناحية أطوالها ودقة تدرجاتها ونوعياتها واغلب الأنواع المستعملة في القياس هي:

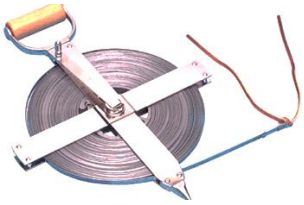
**الشريط الكتاني Linen Tape**

يصنع الشريط الكتاني من شبكة ألياف الكتان والتي تغلف بالبلاستك وقد يقوى بأسلاك معدنية دقيقة لمنع تمدده الزائد عند شدة جراء الاستعمال، يلف الشريط على بكرة ويحفظ في حاوية جلدية أو معدنية. الشريط الكتاني مدرج إلى أمتار ودسميترات وسنتمترات بالنظام المتري أو إلى أقدام والانجات بالنظام الإنكليزي، وقد يحتوي الشريط على النظامين في آن واحد، ويكون طول الشريط عادة 5 أمتار أو مضاعفاتها أما عرضه فهو بين 13−15 مم.

يمتاز الشريط الكتاني بكونه خفيف الوزن وسهل القراءة والاستعمال، ولا يمكن استعماله في القياسات التي تتطلب دقة عالية جداً، كونه معرض لتغيرات كبيرة نسبيا في طوله نتيجة لتفكك نسيجه نتيجة الاستعمال والتقادم وصعوبة إصلاحه عند حصول ضرر فيه، فضلا انه يتمدد ويصبح في حالة استطالة دائمية عند سحبه لجعله مستقيماً أثناء العمل، كما انه ينكمش عند تبلله بالماء.

**الشريط المعدني Metallic Type**

يكون من الفولاذ عادة ويستعمل في القياسات التي تتطلب دقة عالية ومواصفاته شبيه بالشريط الكتاني، سوى انه يكون مقسماً إلى مليميترات أو إلى حد جزء بالمئة في النظام الإنكليزي، يحافظ الشريط العدني على طوله بشكل أفضل من السلسلة والشريط الكتاني إلا انه تنقصه قوة السلسلة وتعوزه خفة الشريط الكتاني، ويدام الشريط المعدني بتنظيفه من الأتربة وتزيته منعا لحدوث الصدأ فيه، من عيوبه انه يتأثر بالتغير بدرجات الحرارة فيتمدد بارتفاعها ويتقلص بانخفاضها.



**شريط إنفار Invar Type**

يستعمل هذا الشريط في القياسات الدقيقة وهو مصنوع من سبيكة النيكل بنسبة 36% والفولاذ 64% بمعامل تمدد طولي منخفض حوالي $2*10^{-7}$ أي حوالي 1\30 من معامل تمدد الفولاذ، ومواصفاته شبيه بالأنواع المذكورة.

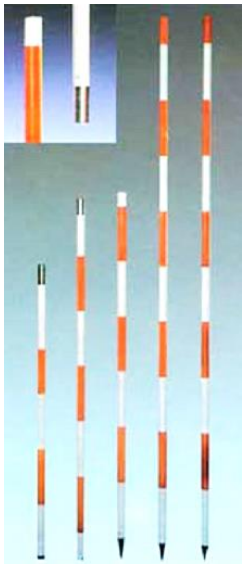
**شريط رقمي Digital Tape**

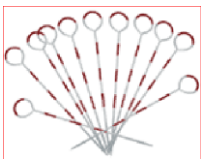
يستخدم لقياس الأطوال على الحيطان والأسطح يصل مداه إلى 30 م، يصدر صوت تحذير في حالة الانحراف عن الخط المستقيم، يحتفظ بالقراءات في ذاكرة داخلية ومزود بحاسبة لتجميع المسافات، ومزود بشاشة رقمية، ألية عمله تعتمد على سرعة الموجات.

**ملحقات القياس المباشر بالشريط**

1- الأوتاد الخشبية Wooden pegs هي قطع خشبية مستديرة أو مضلعة المقطع طولها 20-30 سم مدببة من طرفها الأسفل لتسهيل غرزها في الأرض تستعمل لتأشير مواقع النقاط المطلوب قياس المسافات بينها على الأرض ويستعاض عن الأوتاد الخشبية بالمعدنية عندما تكون الأرض صلبة.

2- الشواخص Ranging Poles: هي أعمدة خشبية دقيقة أو أنابيب معدنية ذات مقاطع مستديرة أو مضلعة يبلغ طولها 2-5 أمتار وسمكها 2-6 سم، لها نهاية مدببة لتسهيل غرسها وتثبيتها في الأرض بصورة عمودية، يضبط التعامد بميزان التسوية (القبان) أو خيط الشاقول، تستعمل للدلالة على مواقع النقاط، وتحديد اتجاهات مسار القياس، إضافة إلى استعمالها في تحديد مواقع النقاط المتوسطة على امتداد المسارات الوهمية لخطوط القياس وذلك ضمن عملية التوجيه والرصد. تكون الشواخص عادة بشكل حلقات متعاقبة باللونين الأحمر والأبيض أو الأسود والأبيض، لتميزها بسهولة عن المعالم الأرضية الأخرى، وقد يوضع علم ملون في رأس الشاخص بهدف تمييزه ورؤيته بشكل واضح من مسافات بعيدة. قد يتطلب استعمال حوامل الشواخص عندما تكون الأرض صخرية أو مبلطة.





3- النبال Arrows: هي أسلاك قوية طولها 30 سم تقريباً طرفها العلوي له شكل حلقة وأسفلها مدبب، وقد تصبغ باللونين الأحمر والأبيض، أو الأصفر البراق، وتستعمل لتأشير مواقع نهايات أداة القياس.

4- خيط الشاقول Plumb Bob: هو خيط يعلق في نهايته ثقل مخروطي وله حلقة حرة الحركة، يستخدم لمطابقة احدى نقطتين على الأخرى بشكل عمودي على اتجاه الجاذبية الأرضية.

## قياس المسافات إلكترونيا Electronic Distance Measurement

تطورت الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات تطوراً سريعا منذ بداية الخمسينات خصوصا بعد استخدام أول جهاز إلكتروني لقياس المسافات عام ١٩٥٠ م و يدعى جيوديمتر (Geodimeter) و الذي يعتمد على إرسال الأشعة الضوئية. و من مميزات الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات هي:

- دقتها العالية و لا تحتاج إلى جهد أو وقت أكبر.
- استخدامها في الأماكن التي يصعب عبورها أو يستحيل استعمال الشريط.
- استعمالها ليلاً و نهاراً و في الظروف الجوية الصعبة كحالة وجود الضباب أو الأمطار.
- قدرتها على قياس مسافات تتجاوز الخمسين (٥٠) كيلومتر بخطأ لا يتجاوز عشرة (١٠) سم

و تختلف الأجهزة الإلكترونية لقياس المسافات عن بعضها في نوع الطاقة المستعملة فبعض من هذه الأجهزة تستعمل الأشعة الضوئية أو تحت الحمراء أو أشعة الليزر، و البعض الآخر منها يستعمل الطاقة ذات الموجات المتناهية القصر (المايكروويف Microwaves) و توجد أشكال متعددة من الأجهزة الإلكترونية تعمل على الموجات الضوئية المعدّلة Modulated Light Waves و الموجات اللاسلكية المعدّلة Modulated Radio Waves.

### التصنيف تبعا لمدى القياس

### أجهزة قياس المسافات الإلكترونية قصيرة المدى

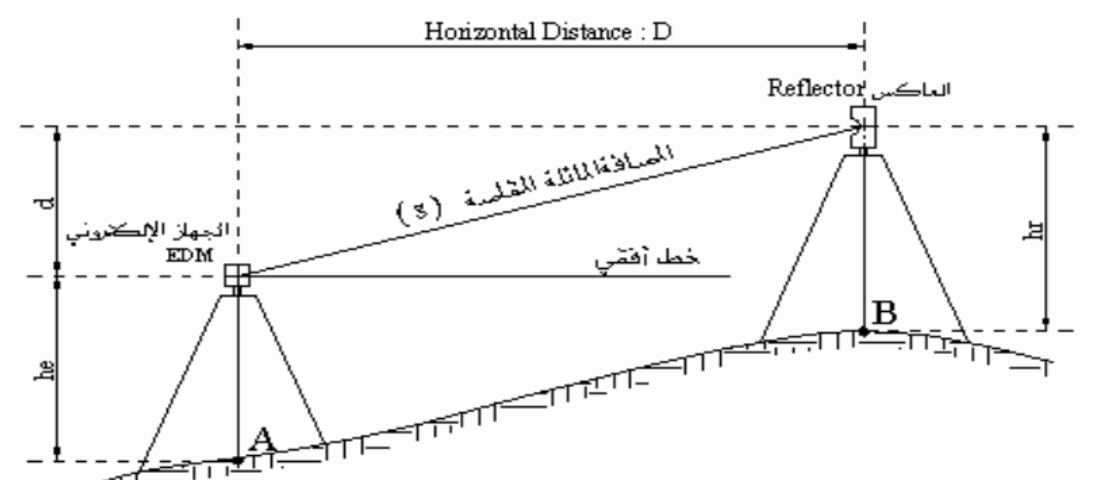
تستعمل لأطوال في حدود ٣ كيلومتر و تمتاز هذه الأجهزة بأنها:

- سهلة الاستعمال و سهولة القراءة منها.
- خفيفة الوزن.
- استهلاكها للطاقة.
- يمكن تركيبها مع جهاز قياس للزوايا (كالثيودوليت) كوحدة واحدة.

و في أغلب الأحيان يلحق بالجهاز الإلكتروني EDM كل من : جهاز الثيودوليت و حاسب إلكتروني من الحجم الصغير. و يكون دور الجهاز الإلكتروني قياس المسافة المائلة، و الثيودوليت قياس الزاوية الرأسية أو زاوية النظر، و الحاسب الإلكتروني الصغير حساب المسافة الأفقية و فرق الارتفاع بين نقطتين (بمعرفة المسافة المائلة و الزاوية الرأسية).

إن معظم أجهزة المدى القصير تعمل على الأشعة دون أو تحت الحمراء (Infrared light) . عموما لقياس المسافة الأفقية بين نقطتين B و A باستخدام الأجهزة الإلكترونية EDM يلزمك وحدتين من الأجهزة :

- الوحدة الأولى هي عبارة عن الجهاز الإلكتروني و الثيودوليت و الحاسب الإلكتروني صغير الحجم بالإضافة إلى بطارية كمصدر للطاقة.
- الوحدة الثانية فهي عاكس (Reflector) مكون من موشور أو مجموعة مواشير عاكسة تقوم بعكس الموجات المرسلة من جهاز الـ EDM الذي يقوم بدور الإرسال و الاستقبال




( $h_e$ + A النقطة منسوب ) - ( $h_r$ + B النقطة منسوب ) = d

**أجهزة قياس المسافات الإلكترونية المتوسطة المدى**

يبلغ مدى هذه الأجهزة عشرات الأميال و تعمل على أنواع مختلفة من الطاقة و من بينها الموجات الدقيقة التي يتراوح طولها من ١ مم على ٢٠ سم و تصل ذبذباتها إلى آلاف الملايين من الدورات في الثانية. و يناسب هذا النوع من الأجهزة متوسطة المدى، أعمال المساحة الجيوديسية (شبكات المثلثات الدقيقة مثلا) و بعض المشاريع الهندسية الهامة.

**ملاحظات أساسية في قياس المسافات**

1- التأكد من صحة طول أداة القياس وصلاحية للاستعمال قبل البدء بالعمل.

2- التوجيه والرصد الصحيحين للحصول على خط واحد مستقيم ومباشر للمسافات المطلوب قياسها.

3- توتر الشريط أو السلسلة بحيث ينطبق على الامتداد الوهمي لخط القياس.

4- جعل أداة القياس في حالة أفقية واخذ ميل الأرض بنظر الاعتبار.

5- تجنب العوائق والمعيقات البسيطة برفع أداة القياس فوق مستواها.

6- ضبط بداية أداة القياس على نقطة بداية المسافات المطلوب قياسها وملاحظة تقسيمات أداة القياس.

7- قياس درجة الحرارة وأخذها بنظر الاعتبار إذا أردنا الحصول على نتيجة القياس بدقة عالية.

8- التأكد من عدد مرات استعمال أداة القياس كاملة واستخدام عدد معلوم من النبال لتسهيل الوصول إلى الهدف.

9- تسجيل القراءات والأرقام في موقعها الصحيحة وبصورة منتظمة مع ذكر الوحدات المستعملة في القياس.

**قياس المسافات الأفقية**

**أ - قياس المسافات الأفقية على الأراضي المستوية**

المسافات الأفقية على نوعين قد تكون قصيرة أقصر من طول أداة القياس المستعملة وقياسها سهل نسبياً، وذلك بوضعها على بداية النقطة ومد الشريط إلى نهاية النقطة، أو مسافات طويلة أطول من طول أداة القياس، في هذه الحالة نحتاج إلى فريق عمل مكون على الأقل من شخصين للقياس أحدهما يسمى الراصد والأخر القائس، وكذلك قد نحتاج إلى أداة مساعدة أو أكثر حسب طول المسافة، ودفتر الحقل لتسجيل الملاحظات، بعد تجهيز متطلبات العمل والتي قد تصل إلى تجهيز سيارة وخيمة للتخييم (إذا دعت الحاجة والغذاء ومستلزمات الحماية من الحيوانات المفترسة).

للبداية بعملية القياس نثبت شاخص عند بداية العمل وأخر عند نهايته، وفي دفتر الحقل يجب عمل جدول كما في أدناه، تثبت في حقل المسافة نقطتي البداية والنهاية التي سميت أ ب وعدد النبال المستعملة وهنا تثبيت عدد من الفريق محدد كثلاثة نبال على سبيل المثال، يثبت الراصد حلقة الشريط عند نقطة البداية ويتحرك القائس إلى ان يكتمل الشريط وعند اكتماله وقبل تثبيت النبل يطلب القائس من الراصد توجيهه ليكون على استقامة واحدة مع شاخصي البداية والنهاية، إذ يقوم القائس بمسك شاخص بإبهامه وقبضته وان يقف خارج خط المسح ثم يتلقى الإشارات من الراصد بالتحرك أما يمينا أو يساراً لحين اختفاء شاخص القائس بين شاخصي البداية والنهاية، ثم يثبت القائس الشاخص بعد تلقي إشارة التثبيت من الراصد ثم يوتر القائس الشريط ويثبت نبل، ثم ينتقل الراصد مع شاخص البداية أو شاخص إضافي ان وجد إلى مكان النبل الأول هذا في حالة عدم توفر شخص ثالث، أما عند توفر مساعد فيبقى الراصد في مكانه ويتحرك المساعد مع بداية الشريط والقائس مع الشاخص وأدواته والشريط، يتوقف المساعد عند النبل الأول والقائس عند نهاية الشريط ثم يطلب من الراصد إعادة توجيه القائس مرة أخرى، ثم يوتر القائس الشريط ويثبت نبله الثاني، وهكذا حتى نفاذ النبال.

يقوم الراصد أو المساعد بجمع النبال الثلاث (حسب هذا المثال) ويسلمها إلى القائس ويسجل في عمود عدد مرات استعمال النبال بخط، ثم تكرر نفس الخطوات أعلاه لحين استنفاذ النبال مرة أخرى، يؤشر خط ثاني بنفس الخانة في الجدول، وهكذا حتى انتهاء العمل، هذا يعني ان عدد مرات استبدال النبال مرة أو أكثر أو قد لا يكون هناك استبدال للنبال حسب طول المسافة، قد تتبقى مسافة أقصر من طول أداة القياس بين أخر نبل وشاخص النهاية تؤخذ القراءة وتوضع في مكانها في الجدول وبعدها تحسب المسافة كما في أدناه:

| المسافة | عدد النبال المستعملة | عدد مرات استبدال النبال | عدد النبال المتبقية | المسافة المتبقية (م) | المسافة الكلية | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|
| أ ب | 3 | ||||// | | 667.68 | 17.68 | شريط طول25(م) |

عدد مرات القياس = عدد النبال المستعملة x عدد مرات استبدال النبال + الفرق بين عدد النبال المستعملة والمتبقية

= 3*8+(3−1) = 26 مرة

المسافة الكلية = عدد مرات القياس x طول الأداة المستخدمة + المسافة المتبقية

= 26 x 25 + 17.68 = 66.68 م

**ب - قياس المسافات الأفقية على الأراضي المائلة**

ان المسافات والمساحات ترسم على الخريطة مستوية لذا عند العمل على المنحدرات والأراضي المائلة يجب أن تؤخذ المسافة الأفقية والتي هي أقصر بالضرورة من المائلة، لذا تستخدم احدى الطرق الأتية لقياس المسافات:

**1- طريقة الزاوية**

يتم إيجاد المسافة الأفقية على الأراضي المائلة عند قياس زاوية الميل المحصورة بين اتجاه الميل والخط الأفقي ومن ثم نطبق المعادلة الأولى عندما يكون مقدار الزاوية أكبر من 15 درجة.

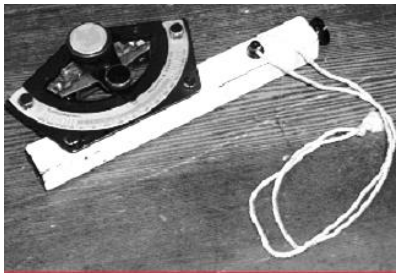
م = ل x جتا هـ

أو تستعمل معادلة كامبل عندما تقل الزاوية عن 15 درجة

م = ل − 0.00015 ل هـ$^2$

إذ ان م المسافة الأفقية، ل المسافة المائلة، هـ مقدار الزاوية بالدرجات

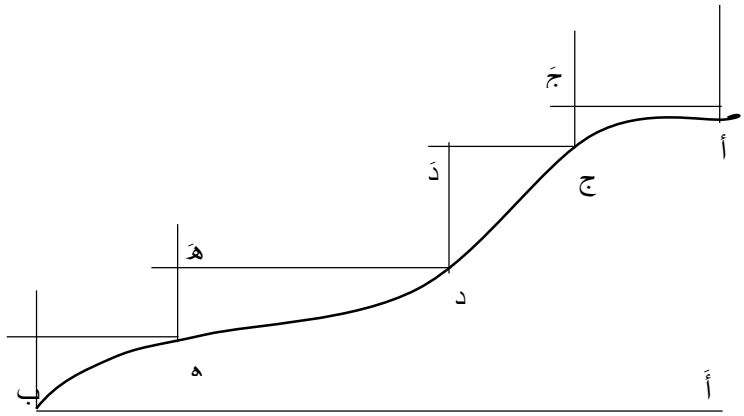
ان قياس المسافة المائلة يكون بنفس طريقة قياس المسافة السابقة الذكر على ان يؤخذ بنظر الاعتبار الارتفاعات والانخفاضات ضمن الميل ومحاولة تخطيها ما أمكن ذلك أو تجزئة العمل عند الضرورة والحاجة إلى الدقة في القياس. خصوصا عندما يزيد عن طول الأداة. تقاس زاوية الميل باستعمال منقلة مثبتة على مسطرة ومن مركز المنقلة يدلى شاقول صغير توجه المسطرة مع ميل المسافة وسيؤشر الشاقول درجة الزاوية إلا



ان توجيه المسطرة مع خط الميل قد يصعب لذا يستخدم ميزان ابني وهو بنفس مبدأ المنقلة ولكن يحتوي أنبوبة تلسكوبية، ويتصل بالأنبوبة قرص المنقلة عليها فقاعة هوائية تؤشر درجات الميل. يثبت الميزان خلف شاخصي البداية والنهاية ثم يوجه باتجاه الشاخصين ويعير ثم تؤخذ القراءة.

**2- طريقة التدرج**

لقياس البعد الأفقي آ ب المكافئ للمسافة المائلة أ ب كما في الشكل أدناه: نقوم بتقسيمها إلى عدد من الأجزاء القصيرة التي يعتمد طول كل منها على دراجة ميل الأرض حيث يزداد طول الجزء عندما يخف الميل ويقل بزيادة شدة الميل. وتكون عملية القياس بأن نضع شاخصا في كل من أ وكذلك ب بصورة عمودية ثم يمد الشريط (أو السلسلة) بصورة أفقية بحيث تكون بداية على الأرض عند نقطة أ وتكون نهاية المسافة المأخوذة من طول الشريط مرتفعة عن سطح الأرض عند الموقع ج الذي نضع فيه شاخصا باستقامة أ ب، ويشترط ان يكون الشريط بمحاذاة الشاخص ج تماما لكي يكون القياس باستقامة الخط أ ب الذي يربط بين البداية ونهاية المسافة المطلوبة. ويكون الاستدلال على أفقية الشريط الممتد باستعمال ميزان فقاعة (تسوية) شبيه بالوزن الذي يستعمله البناء أو بطريقة عملية أخرى برفع وخفض الشريط المحاذي للشاخص ج، وملاحظة مقدار المسافة المقاسة. فالوضع الذي نحصل فيه على أقل قياس يكون هو الوضع الأفقي المطلوب.




أما تحديد الموقع المكافئ لنقطة نهاية المسافة المأخوذة من طول الشريط فيكون هو موضع الشاخص ج نفسه إذا أخذنا المسافة إلى موقع الشاخص بالضبط، وإلا إذا كانت المسافة بين أ ونقطة ج ابعد من الشريط فبهذه الحالة تسقط حجر من الشريك وملاحظة مكان السقوط ثم يغرس نبل ومن النبل تكمل العملية، ثم بعد ننتقل بعدها للمسافة ج د وأيضا د هـ ثم هـ ب، يفضل ان تكون المسافة بين شاخص وآخر بقدر أو أقل من طول الشريط إلا إذا تخلل المنحدر مسافات مستوية بهذه الحالة لا يشترط ان يكون مكان الشاخص بقدر طول الشريط، بعد الانتهاء من قياس المسافات تجمع القطع ويكون هو مقدار أ ب.

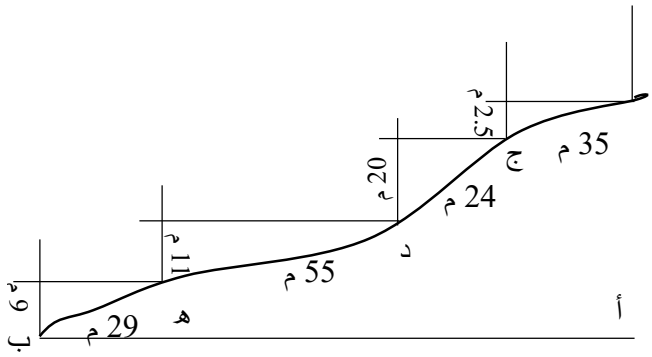
أ ب = أَ ب = أ جَ + ج دَ + د هَ + هـ ب

**3- طريقة المثلث القائم**

وتعد من اضبط الطرق في قياس المسافات المائلة، وبهذه الطريقة يمكن ان تقسم المسافات إلى أجزاء مناسبة تبعا لقوة الميل وطول المسافة، وقد تقاس بمرة واحدة، يقاس الارتفاع بين النقطتين بمسطرة التسوية أو بالشريط إذا كان الارتفاع ليس كبيراً، أو بالطرق التي سترد لا حقاً، ثم تقاس المسافة المائلة وتشكل طول ضلع الوتر لمثلث قائم الزاوية.

مربع الوتر (الخط المائل) = مربع الضلع العمودي + مربع المسافة الأفقي

المسافة الأفقية = $\sqrt{\text{مربع الخط المائل} - \text{مربع الارتفاع العمودي}}$




في الشكل المجاور

أ ب = أ ج + ج د + دهـ +هـ ب

أج = $\sqrt{35^2 - 2.5^2}$ = 34.91 م

ج د = $\sqrt{24^2 - 20^2}$ = 13.27 م

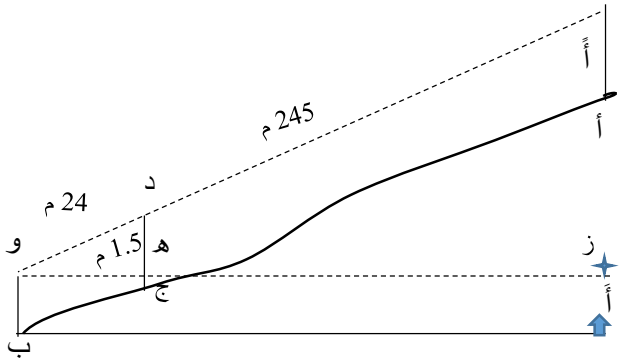
د هـ = 53.9 ، هـ ب= 27.57 م

أ ب = 34.91+13.27+53.9+27.57 = 129.65 م

قياس الارتفاعات

يمكن قياس الارتفاعات بعدة طرق، فإذا كان الهدف يمكن الوصول إليه وقياس الطول المكافئ له فتقاس مباشرة بالشريط، أما إذا لم يكن بالإمكان ذلك فيمكن اتباع عدة طرق منها

**طريقة التناسب**




وتعتمد هذه الطريقة على صفات المثلثات المتشابهة إذ تكون أضلاعها المتناظرة متناسبة ففي الشكل نحدد نقطة بديلة للنقطة أ ولتكن أً، وفي ج نثبت شاخص، وعند نقطة ب نثبت شاخصاً أخر، من رأس الشاخص في ب نضع علامة ونسمي النقطة مثلا النقطة و ثم نمد خط أفقي إلى ان يتقاطع الخط الأفقي على نقطة في الشاخص ج ونضبط أفقية الخط بميزان تسوية نضع علامة على الشاخص ج عند نقطة التقاطع ونسمي النقطة مثلا بالنقطة هـ، ونمد خط وهمي إلى نقطة مكافئة على امتداد أ أً ولتكن

نقطة ز، نقيس الجزء الباقي (هـ د) من الشاخص في ج، سيتكون لدينا المثلثين أً و ز وكذلك د و هـ وهما متطابقين، أي ان

أً و / د و = ث، أً و / أً و = ث، د هـ / أً ز = ث الثابت في العلاقتين له نفس القيمة وهنا نستطيع قياس المسافة المائلة أً و وكذلك يمكن قياس المسافة هـ ج من ارتفاع الشاخص لذل يمكن إيجاد الثابت في العلاقة الأولى واستخدامه لإيجاد الضلع المجهول أً ز في العلاقة الثانية وهو نفس قياس الارتفاع أ أً. وحسب الشكل فان

(245+ 24)\24 = 11.2 ، 1.5\ أً ز = 11.2 ← أً ز = 16.8 م

**طريقة الزاوية**

نطبق نفس الشكل أعلاه، بعد ان نمد الخط الأفقي و ج نحسب الزاوية بمقياس ابيني أو بالمنقلة وهنا فان جيب الزاوية د و هـ = الضلع المقابل\ الوتر، جيب الزاوية د و هـ = أً ز \ أً و

وهنا يمكن استخدام الدوال المثلية أيا كانت لقياس الارتفاع حسب ما يمكن إنشاءه وقياسه على الطبيعة.

**بسم الله الرحمن الرحيم**

**د. واثب النعيمي**

## الدقة والخطأ في قياس المسافات

تختلف درجة دقة المسافات المقاسة حسب نوعية العمل والظروف المحيطة به من جهة وحسب وسيلة وطريقة القياس من جهة أخرى. فخطأ مقداره 2% يعد ضئيلاً ومقبولاً لعدد من الأعمال المساحية، بينما يعد 0.01% كبيراً ومرفوضاً في أعمال أخرى. ففي أعمال القياسات الرئيسية التي تعد أساساً لأعمال التثليث لذا يجب أن تكون الدقة متناهية وتقليل الخطأ إلى الحد الممكن، ان المسح البسيط للأراضي وأعمال الهندسة الاعتيادية لا تتطلب درجات عالية من الدقة. وقد يكون بشكل تقريبي عند تحديد حافات المستنقعات، ويمكن الاسترشاد بالجدول الاتي لتحديد الدقة المطلوبة مع طريقة القياس:

| طريقة القياس | الدقة الاعتيادية |
|---|---|
| **القياس بالخطوات** | %0.5-%1 |
| **القياس غير المباشر بشعيرات المسافة** | %0.1-%0.3 |
| **القياس الاعتيادي بالشريط** | %0.02-%0.1 |
| **القياس الدقيق بالشريط** | %0.003-%0.01 |
| **القياسات الرئيسية لأعمال التثليث** | %0.0001-%0.001 |
| **القياسات بالطرق الإليكترونية** | ± %0.0004 |

يعزى حدوث الخطأ إلى واحد أو أكثر من المصادر الأتية:

1- وجود خطأ في طول أداة القياس ويمكن التأكد من ذلك بمقارنة الأداة المستعملة بأداة أخرى لها نفس الطول.

2- عدم استقامة خط القياس بسبب الرصد الخاطئ، ولتقليل تأثير هذا المصدر من الخطأ يفضل عدم رصد مسافة طويلة من شاخصين قريب أحدهما من الأخر، كما يفضل ان يكون الراصد من النصف السفلي للشواخص.

3- عدم استقامة أداة القياس ولذلك يجب توتير الشريط أو شد السلسلة والتأكد من عدم تداخل حلقاتها.

4- عدم أفقية أداة القياس مما مسافة مائلة تزيد عن طول المسافة الأفقية الحقيقة، وتعالج هذه الحالة باستعمال فقاعة التسوية الأفقية أو بملاحظة أقل قراءة لأداة القياس الملامسة للشاخص أو عمود عند نهاية نقطة القياس.

5- وجود العوارض المعيقة لامتداد آلة القياس بصورة مستقيمة، فعندما تكون الأرض غير مستوية، فإن ذلك يستلزم رفع الشريط من جهتيه بمقدار مساوٍ لتفادي العوارض والعوائق الأرضية. وقد يكون هذا باستعمال الميزان النابض Spring balance الذي يسلط قوة سحب ثابتة على الشريط.

6- إمساك الأداة بطريقة مغلوطة والتأشير الخاطئ ولذلك يجب التأكد من بداية ونهاية أداة القياس وإمساك الشواخص وتثبيتها بصورة عمودية وغرز النبال في مواضعها الصحيحة.

7- الاختلاف في درجات الحرارة، وهذا يمكن إهماله في أعمال القياسات الاعتيادية وخصوصاً في أوقات الجو المعتدل.

8- عدم ضبط مرات القياس ولذلك يفضل الاستعانة بعدد معلوم من النبال لمعرفة عدد مرات استعمال أداة القياس.

9- القراءة الخاطئة للطول المحدد بأداة القياس كأن يقرأ الرقم 6 بدلاً من 9 عند التواء شريط القياس أو الوقوف عكس كتابة الشريط وغيرها.

10- حصول خطأ في تسجيل البيانات الحقلية من حيث موقعها أو مقدارها.

11- اختلاف شدة سحب أو توتير أداة القياس بين مرحلة وأخرى.

ان معظم مصادر الخطأ المذكورة أنفاً تعمل زيادة طول المسافة المقاسة عم مقدارها الحقيقي ومنها ما يعمل على نقصانها. من جهة أخرى نرى ان طائفة من الأخطاء قد تكون من النوع التراكمي الذي يزداد بزيادة العمل المساحي، كما هي الحال عند استعمال شريط طوله الفعلي يختلف عن الطول المعياري، فهذا الخطأ لا يمكن تفاديه مهما كان الاعتناء في تنفيذ عملية القياس وإنما يتم تصحيحه بتطبيق العلاقة أدناه:

المسافة الحقيقية = طول المسافة المقاسة × طول الأداة المستخدمة\ طول الأداة القياسي

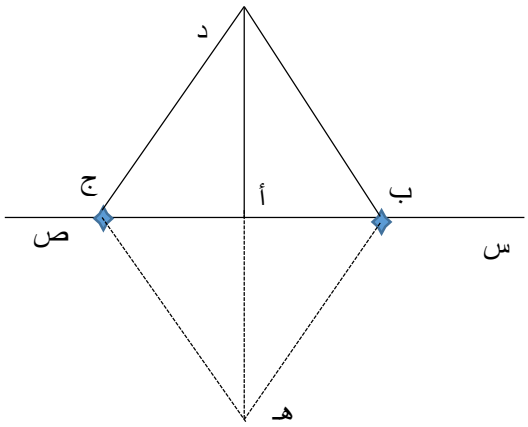
هناك أخطاء أخرى من النوع (العرضي) تكون نتائجها زيادة أو نقصان بالمقارنة بالنتيجة الحقيقية فتعمل على تعويض بعضها بالبعض الأخر مما قد يؤدي إلى حصول نوع من الموازنة باتجاه صحة النتيجة النهائية للقياس.

## الأعمدة perpendiculars

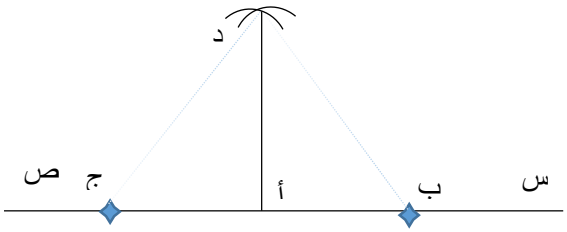
تحتاج عمليات المسح في مراحلها التنفيذية المختلفة إلى إقامة الأعمدة أو إسقاطها. وهي عملية تهدف إلى تكوين زاوية قائمة بين نقطة وخط. فإقامة العمود يكون من نقطة واقعة على خط باتجاه معين وإنزال العمود يكون من نقطة خارجية باتجاه خط معلوم. أما كيفية تكوين الزاوية القائمة فيكون الاتي:

### أ- طرق إقامة الأعمدة

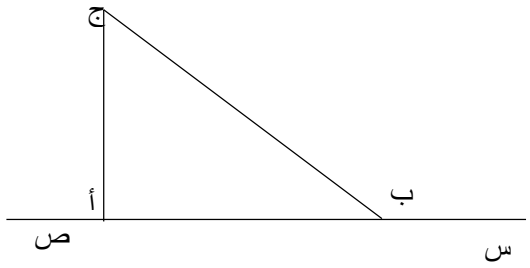
1- طريقة الشريط: كما في الشكل نختار النقطتين ب، ج على خط المسح س ص المطلوب إقامة عمود عليه من نقطة أ بحيث تكون ب أ = ج أ نثبت بداية الشريط عند نقطة ب ونهايته التي تكون بطول أطول من المسافة ب ج بمقدار مناسب ويفضل ان ينتهي برقم صحيح، ومن ثم وبشكل أفقي على الأرض (عدم رفع الشريط) يسحب الشريط من منتصفه تماماً بحيث يكون متوتراً فتكون النقطة التي يعينها منتصف الشريط هي نقطة د أي نقطة العمود المطلوب ويكون أ د هو العمود المطلوب. وللتحقق من صحة مواقع نقطة د تقوم بسحب نقطة منتصف



الشريط إلى الجهة الثانية من خط المسح فتتعين نقطة هـ التي يجب ان تكون على استقامة واحدة مع النقطتين أ، د وبخلافه فهنالك خطأ يستوجب إعادة العمل.

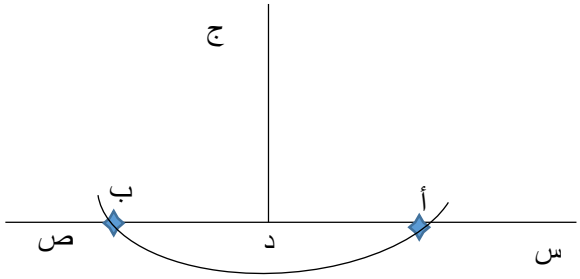



2- طريقة قوسي الدائرة، في الشكل نحدد النقاط أ، ب، ج على خط المسح كما في الطريقة السابقة. نرسم من ب، ج قوسي دائرة متساويين في الطول ونحدد نقطة تقاطعهما في د بنقطة أ يكون الخط الناتج هو العمود المطلوب.

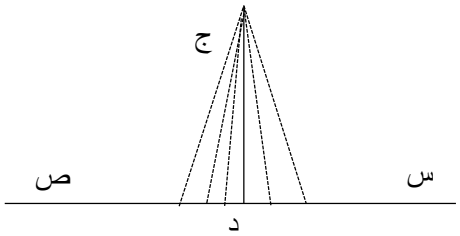



3- طريقة المثلث القائم: في الشكل تعتمد هذه الطريقة على تشكيل مثلث قائم الزاوية ذي أضلاع متساوية كنسبة 5:4:3 أو ما يعادلها. فلو أردنا إقامة عمود على مستقيم س ص من نقطة أ الواقعة عليه فأن الخطوة الأولى تكون بتحديد طول أحد أضلاع المثلث القائم 4 أمتار مثلا على امتداد س ص اعتبارا من نقطة أ. ثم نأخذ من الشريط مسافة تعادل طول الظلع القائم الثاني 3 أمتار وطول الوتر 5 أمتار ونضع حلقة الشريط عند نقطة أ والإشارة التي تدل على المسافة 8 أمتار نحو نقطة ب ونشد الشريط من إشارة الرقم 3 نحو جهة إقامة العمود المطلوب فنحصل بذلك على العمود أج. ومن الجدير بالذكر أن نقطة نهاية العمود نقطة ج يمكن تحديدها من تقاطع قوسين على الأرض أحداهما نقطة أ بطول 3 أمتار والأخر بطول 5 أمتار من نقطة ب.

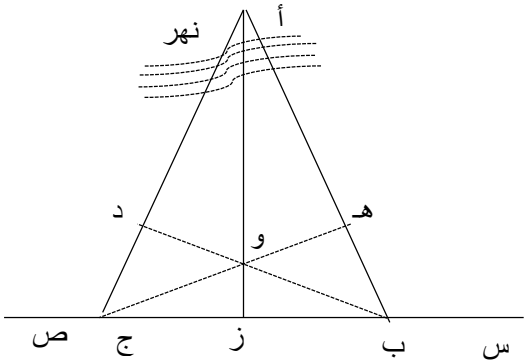
**ب-طرق إسقاط الأعمدة**



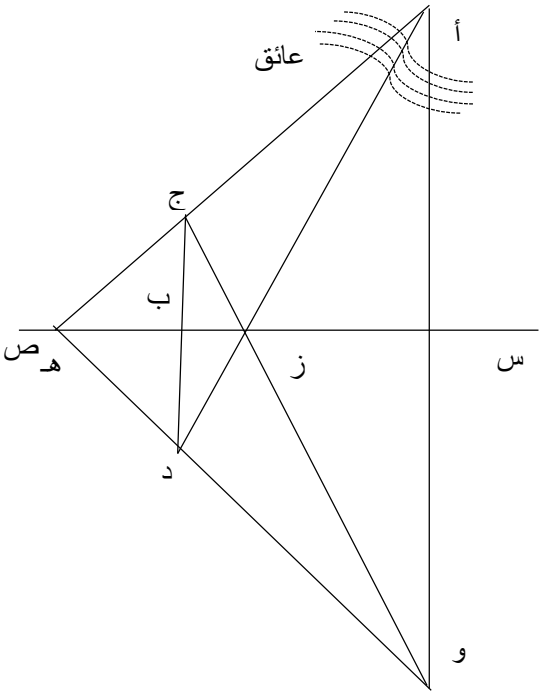

1-طريقة نصف القطر: في الشكل تطبق هذه الطريقة عندما تكون النقطة المطلوب إسقاط العمود منها قريبة من خط المسح مع عدم وجود عائق بينهما. نركز شريطا أو حبلا في نقطة ج ونرسم بوساطته قوسا على الأرض بنصف قطر مناسب لتعيين نقطتي التقاطع أ، ب في نقطة د التي هي احدى نقاط العمود ويكون ج د هو العمود المطلوب.



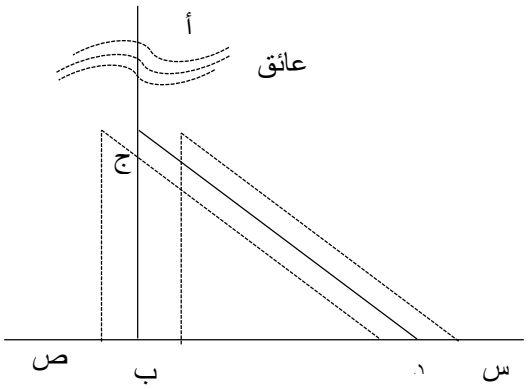

2-طريقة أقصر بعد: في الشكل لأسقاط عامود من نقطة ج الواقعة على خط المسح س ص نضع بداية الشريط على نقطة ج ونفتح مسافة منه إلى خط المسح س ص ثم نتحرك بالشريط وهو مشدود إلى امتداد المسح ونلاحظ قراءات الشريط عند تقاطعه مع خط المسح. فاقل قراءة للشريط عند التقاطع هي طول العمود أي أن نقطة د هي نقطة نهاية العمود النازل من نقطة ج على خط المسح س ص.




3- طريقة العمود: في الشكل النقطة أتقع عبر أحد العوائق (نهر مثلا) والمطلوب إسقاط عامود منها على خط المسح س ص الموجود على الجهة الثانية من العائق. تعيين أي نقطتين على خط المسح مثل ب، ج ثم نسقط العمودين ب د، ج هـ على ضلعي المثلث ج أ، ب أ على التوالي. نعين نقطة تقاطع هذين العمودين في نقطة و. وحسب نظرية الهندسة المستوية (الأعمدة النازلة من رؤوس المثلث على أضلاعه المقابلة تتقاطع جميعا في نقطة واحدة) تكون هذه النقطة في محل تقاطع هذه الأعمدة في المثلث أ ب ج. وبذلك يكون أ و وامتداده إلى نقطة ز عامودا على الضلع ب ج أو بعبارة أخرى على خط المسح س ص.

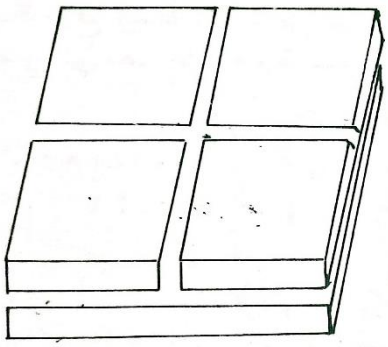



4- طريقة العمود الموازي: في الشكل تستخدم هذه الطريقة في حالة النقاط التي لا يمكن الوصول أليها فالنقطة أ بعيدة عند المتناول والمطلوب انزال عامود منها على خط المسح س ص. نحتار نقطة مثل ب على خط المسح س ص ونرسم منها العمود ب ج ثم نمده من الجهة الثانية لخط المسح إلى نقطة د بحيث يكون ب ج =ب د. نصل نقطة أ بنقطة ج ونمد الخط إلى أن يقطع س ص في نقطة هـ ثم نصل بين نقطة أ ونقطة د فنحصل بذلك على تقاطع أخر مع س ص في نقطة ز. نصل بين ج، ز وكذلك بين هـ، د ونمد الخطين على استقامتها إلى أن يتقاطعا في نقطة و. وبهذا يكون أ و عامود على س ص ويقطعه في نقطة ح وهو العامود المطلوب.




5- طريقة تحريك المثلث القائم: في الشكل النقطة أ لا يمكن الوصول أليها لوجود عائق يمنع القياس والمطلوب انزال عامود منها على المسح س ص. نقوم بتشكيل المثلث القائم د ب ج بحيث يكون احد ضلعيه القائمين (د ب) على خط المسح س ص والضلع القائم الثاني باتجاه نقطة أ. ثم نقوم بتحريك المثلث إلى اليمين أو إلى اليسار مع رصد النقاط الثلاث ب، ج، أ في نفس الوقت إلى أن تصبح جميعها على استقامة واحدة فيكون عندها أ ب عاموديا على س ص ويكون هو العمود المطلوب.

**الآلات إقامة وأسقاط الأعمدة**

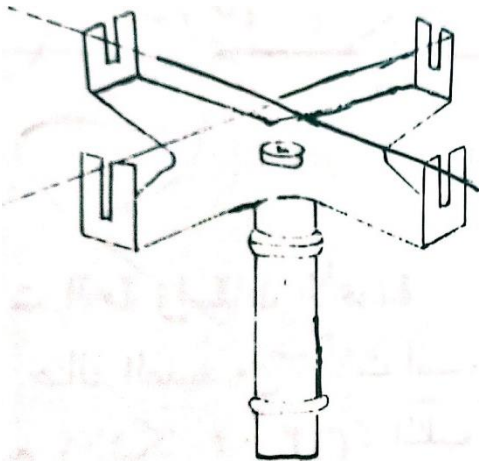


الشكل (٢ – ١٣) : آلة الرأس الخشبي المربع

هناك العديد من الآلات المستخدمة في إقامة وإسقاط الأعمدة مثل الرأس الخشبي المربع كما في الشكل، المثلث المساح بنوعيه المستدير والمثمن، والبنت وميتر، ومسطرة التعامد والمربع العدسي. وفي أدناه توضيح لاستعمال الشائع من هذه الآلات.

**1–طريقة مسطرة التعامد cross-head staff:**

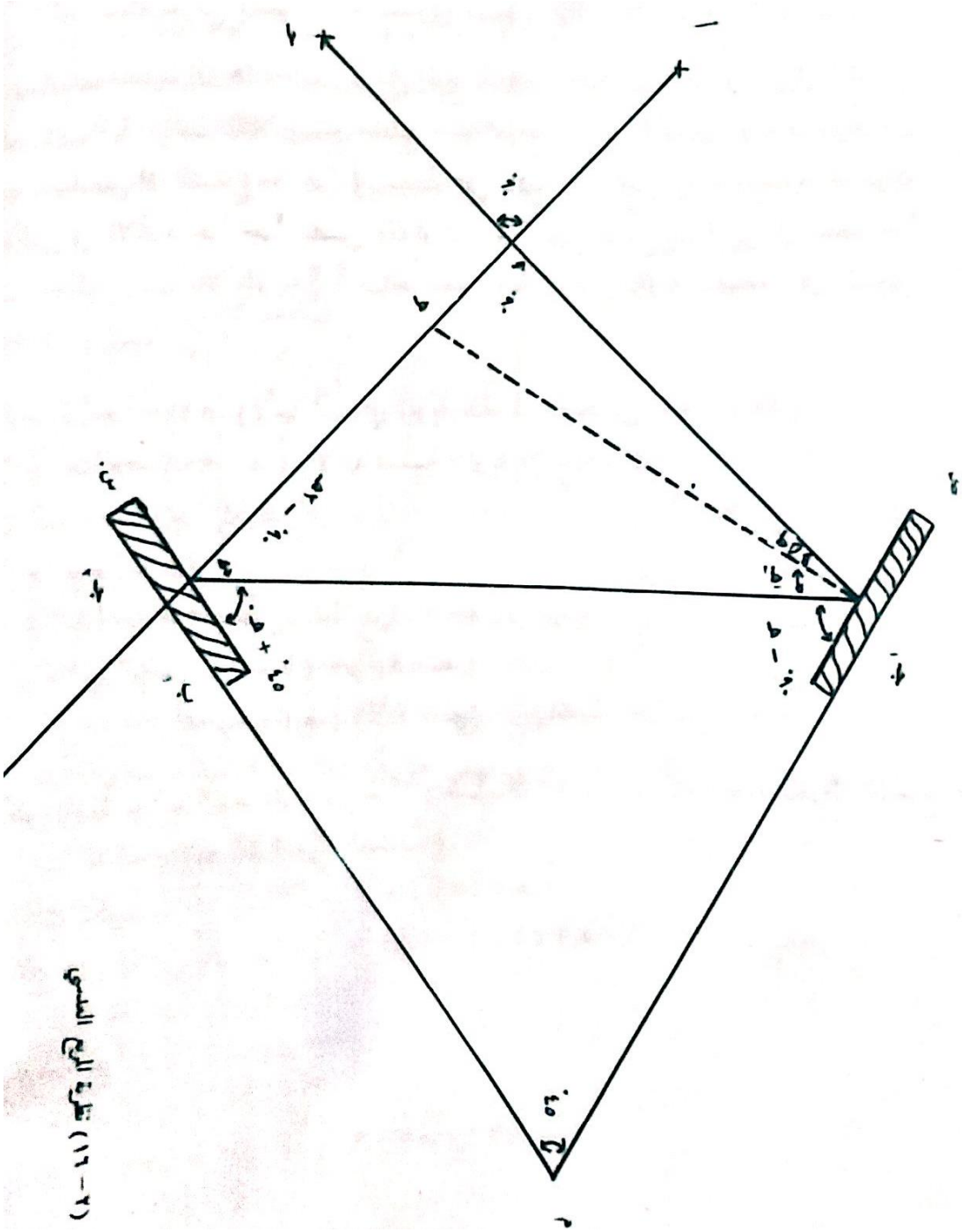
تستعمل هذه الالة لتحديد زوايا قائمة أو مد خطوط على استقامتها فقط وذلك لفقدان التدرجات عليها وهي عبارة عن أربعه أذرع أفقية متعامد يعضها مع بعض كما في الشكل. ولكل ذراع جزء قائم يحتوي على فتحة طولية بشكل فرضة بحيث نحصل على اتجاهين متعامدين يمكن بواسطتها تعيين الزوايا القائمة أو العامود المطلوب وذلك وضع حامل الالة داخل الأسطوانة مجوفة بطريقة يمكن فيها تدوير الالة باتجاه المطلوب. وتتلخص طريقة استعمال هذه الالة بجعل الخط الواصل بين فرضتين متقابلتين مطابقا لامتداد الخط المطلوب إقامة العامود منه، آو إسقاط العامود عليه. ومن ثم تعيين خط العامود المقام أو المنزل بدلالة الفرضتين الأخيرين استنادا إلى موقع النقطة الخارجية أو الواقعة على خط المسح.



**2–طريقة المربع العدسي optical square:**

المربع العدسي اله بدوية صغيرة الشائعة الاستعمال لإقامة الأعمدة وإسقاطها عن طريق تكوين زوايا القائمة على الأرض وكذلك لرصد مواقع النقاط الواقعة على استقامة واحدة ويستند عمل هذه الاله على نضريه الضوء التي تنص على انه (اذا سقط شعاع ضوئي على احدى مرأتين مستويتين يصنع احد سطحيها العاكس مع الأخر زاوية ما ،وكان عموديا على مستويها ونعكس منها على التعاقب ،فأن اتجاه سقوطه على الأولى يصنع مع اتجاه انعكاسه من الثانية زاوية تساوي ضعف الزاوية المحصورة بين المرآتين)). ولبيان صحة انطباق هذه النظرية على المربع العدسي نفرض أن س، ص في الشكل أدناه هما المرآتين اللتان يصنع سطح أحداهما مع السطح الأخر زاوية مقدارها 45 درجة، ونفرض انب الشعاع جـ$^1$ جـ$^2$ قد سقط على سطح المرأة ص بزاوية مقدارها هـ درجة وانعكس في الاتجاه جـ$^1$جـ$^2$ نفس

مقدار الزاوية ليقابل سطح المرآة س في نقطة جـ$^2$ حيث انعكس منها بالاتجاه جـ$^2$ أ صانعا معه زاوية تساوي زاوية السقوط في الشكل لدينا وهو المطلوب إثباته؛ لان هذه الزاوية هي المحصورة بين الشعاع الساقط جـ جـ$^1$ والشعاع المنعكس الثاني جـ$^2$ أ.

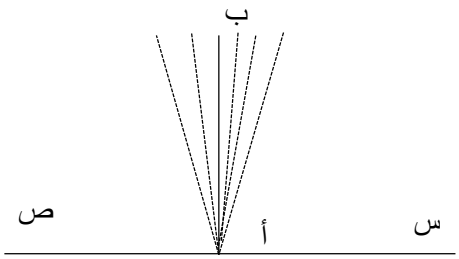


من اجل الحصول على نتيجة المرجوة من الاله بتعيين الزوايا القائمة في الطبيعة يجب أن تقع الصورة جـ$^2$ (صورة الشاخص جـ المنعكسة من ص على س) على استقامة ب$^1$ وهي صورة الشاخص ب المنظورة في س. وعلى ذلك فأن العين ترى الأشعة الأتية منها معا ف خط واحد هو ب أ. ولا يكون ذلك ممكن ألا إذا كانت زاوية السقوط على ص تساوي 15 $^o$ وان خط النظر الأصلي يعمل في هذه الحالة زاوية مقدارها $60^o$ مع سطح

س. وبتعريض قيم هذه الزوايا في البرهان المذكور في أعلاه يمكن التأكد من انب زاوية د تساوي $90^o$. بصورة عامة، هناك نوعان من المربع العدسي هما الموشوري وذو المرايا. والأول هو الشائع الاستعمال؛ إذ يتكون من موشورين خماسي السطح، أحداهما فوق الأخر ولكل موشور جانبان نحو الخارج بزاوية قائمة بالنسبة لبعضهما البعض وجانبان عاكسان بزوايا 45بالنسبة لبعضهما البعض ثم الجانب الخلفي. وبسبب هذا الترتيب فان أي أشعة تسقط على أحد السطوح الأمامية وتنعكس من السطحين الجانبين تظهر بزاوية قائمة بالنسبة للاتجاه الأصلي للأشعة. يستعمل المرع العدسي عادة لغرض إقامة الأعمدة وإسقاطها وذلك كما يأتي:

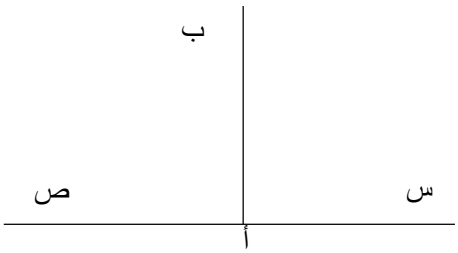
**أ- إقامة الأعمدة**

لدينا خط س ص والمطلوب إقامة عمود من النقطة أ الواقعة علية. يمسك الراصد المربع العدسي بوضع الاستعمال الذي تكون فيه الالة أفقية ثم يعمل على تسامت الالة مع النقطة أ وذلك عن طريق خط الشاقول الذي يعلق بقاعدة الالة ثم يركز شاخص في نقطة س (أو في نقطة ص) الذي تظهر صورته في الالة مقابل عين الراصد. يحافظ الراصد على هذه الوضعية في الوقت الذي يقوم فيه مساعده بأخذ شاخص أخر يتحرك به يمينا أو يسارا على بعد مناسب منه حتى تظهر صورة الشاخص متحرك. فمثلا نقطة ب في الشكل على استقامة رأسية واحدة مع الشاخص س فيكون أ ب هو العمود المقام المطلوب.




**ب- إسقاط الأعمدة**

لأسقاط عمود من النقطة ب على الخط س ص كما في الشكل المجاور يقوم الراصد بإمساك الالة في وضع الاستعمال متخذا من الخط س ص مسارا له حتى تظهر صورة الشاخص المركزين في س، ب (أو ص، ب) على استقامة رأسية واحدة حيث تكون نقطة تسامت الاله مع الخط س ص (نقطة أ) هي نقطة تلاقي العمود المنزل من ب على س ص ويكون ب أ هو العمود المطلوب.

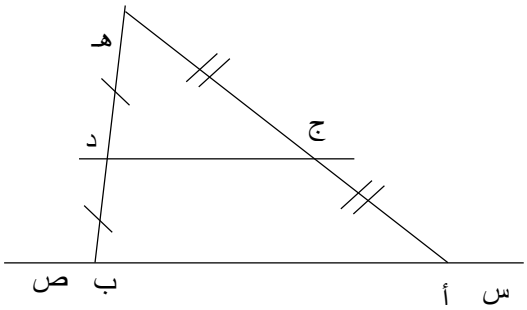


**بسم الله الرحمن الرحيم**

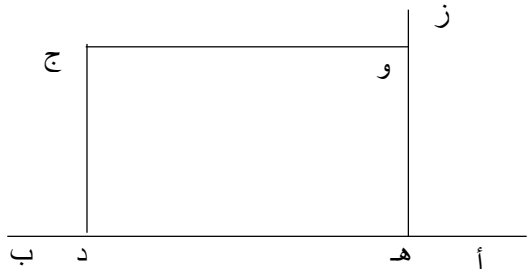
**د. واثب النعيمي**

**المتوازيات** **parallels**

تتطلب عمليات المسح وجمع البيانات اللازمة لرسم الخرائط أن تحدد خطوط موازية لبعض خطوط المسح والقياس وهذا يتم بواحدة من الطرق الأتية:

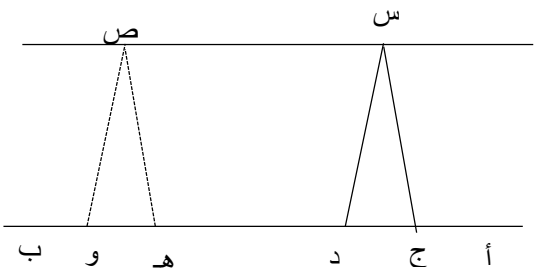



1-طريقة المثلث: في الشكل نختار النقطة د ثم نصلها بنقطة ب المنتخبة ليخط المسح س ص ونمد ب د بالنقطة المنتخبة على استقامته إلى النقطة هـ بحيث د ب = د هـ. ثم نصل نقطة هـ بالنقطة المنتخبة على خط المسح وننصف المسافة أ هـ ف نقطة جـ فيكون جـ د هو الخط الموازي المطلوب.

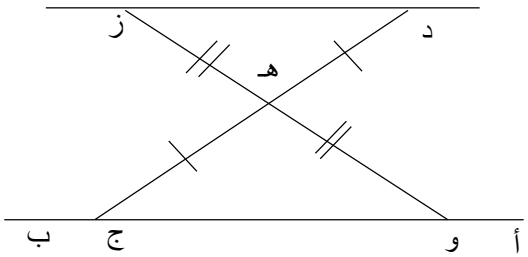


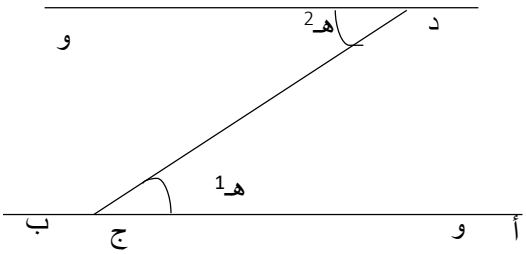

2-طرقة العمودين: في الشكل لكي نرسم موازيا لخط المسح أ ب نختار نقطة مثل جـ ونسقط منها عمودا على خط المسح فيقطعه في نقطة د. ثم من نقطة هـ التي يتم أخيارها على خط المسح وببعد مناسب عن النقطة د نقيم عمودا أخر هو هـ ز وعلى هذا العمود نقطع المسافة هـ و = جـ د وبذلك يكون و جـ هو الخط الموازي المطلوب.

3-طريقة المثلثين: في الشكل نختار نقطتين مثل جـ، د على خط المسح ا ب ونقطتين أخرين مثل هـ، و وعلى نفس الخط بحيث تكون المسافتان ج د، هـ و متساويتين. ثم نقوم بتكوين المثلث جـ س د ونقيس أضلاعه ثم نعيد رسمه ارتكازا على المسافة هـ و التي هي بمثابة قاعدة للمثلث في هذه الحالة. وبهذا نحدد النقطة ص. فاصل بين نقطتين س ص لنحصل على اتجاه الخط الموازي.

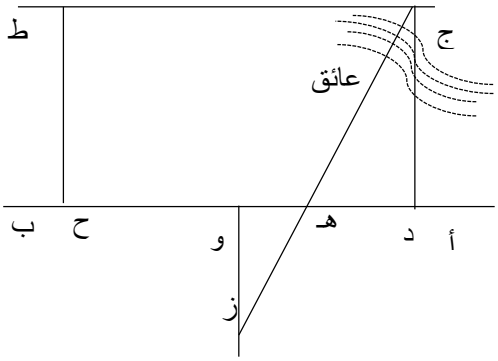



4-طريقة القطرين: في الشكل نختار النقطة جـ على اتجاه الخط أ ب ثم نقيس المسافة جـ د بطول واتجاه مناسب وننصفها في نقطة هـ. من نقطة أخرى على الخط أ ب مثل نقطة ونرسم خطا يصل النقطة وبنقطة هـ، ونمده إلى نقطة ز بحيث تكون المسافة هـ ز = هـ و. نصل بين النقطتين د، ز فنحصل على الاتجاه الموازي المطلوب.






5-طريقة الزاويتين المتبادلتين: في الشكل نختار نقطة مناسبة على الخط المطلوب رسم موازي له مثل نقطة جـ، ثم نرسم الاتجاه جـ د و نقيس مقدار الزاوية هـ$^2$= هـ$^1$. ويكون هذا الاتجاه هو الاتجاه الموازي المطلوب.




6-طريقة النقطة الخارجة عن المتناول: في الشكل عندما يتعذر القياس بعض المسافات بسبب وجود العوائق المانعة للقياس كما في الحالة جـ هـ، نقوم بتكوين مثلثين متشابهين وذلك بأسقاط عمود من نقطة جـ على خط أ ب. والمطلوب رسم مواز له بإحدى الطرق التي سبق ذكرها في موضوع الأعمدة. فالغمود المسقط من نقطة جـ أ ب في النقطة د ثم نأخذ مسافتين هما د هـ، ز هـ على خط أ ب بحيث تكون النسبة بينهما ثابتة، أي : د هـ \ و هـ = ث

ثم نسقط عمود من نقطة ونحو الجهة الثانية من الخط أ ب ونمده على استقامته إلى أن ينقطع امتداد جـ هـ في نقطة ز. نقيس المسافة ز هـ ثم نحسب طول ج د = (ث) ز و. وبعد ذلك نقيم العمود ح ط بطول يعادل طول د جـ ثم نصل بين النقطتين جـ، ط فنحصل على خط الموازي المطلوب

**ترسيم المساقط وتثبيت مواقع العوارض**

عند إجراء عمليات المسح قد يصادفنا بعض العالم الطبيعية أو الصناعية التي نريد بيانها على الخريطة كما تمثل منطقة الممسوحة بصورة أدق واصدق. أن بيان هذي المعالم وحدودها على الخريطة. سواء كانت منتظمة أو غير منتظمة ويتطلب القيام بقياسات تضاف إلى أعمال القياسات الرئيسية المتمثلة بخطوط المسح. تتم القياسات الإضافية بموجب النظامين الآتيين:

1- المساقط العمودية off-sets: وهي القياسات التي تكون بزاوية قائمة مع خط المسح ويكون قصير نسبياً.

2- خطوط الربط tie line: وهي مائلة مع خط المسح ويزيد طولها على طول المساقط العمودية عادة.

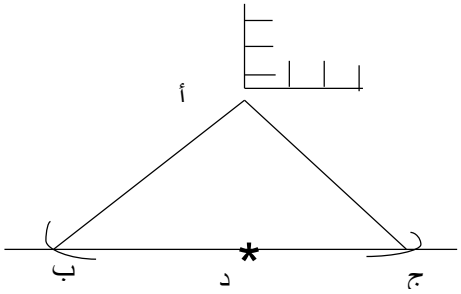
يختلف عدد المساقط العمودية وخطوط الربط التي يتوجب قياسها حسب طبيعة المعلم الأرضي المطلوب بيانه كما يأتي:

أ- معلم ذو خطوط مستقيمة: نعين بدقة موقع نهايتي الخط المستقيم اللتين ترتبطان معها لتمثيل المعلم. وان قياس مساقط أخرى لا يقدم معلومات إضافية ولكنه يفيد كدليل للتحقق من دقة العمل.

ب- معلم ذو خطو مكسرة: يؤخذ قياس واحد نحو كل نقطة تمثل حدا لتغيير متميز في اتجاه خط المعلم. فظلاً عن بداية الخط الأول والنهاية الخط الأخير.

ج- معلم ذو خطوط منتظمة الانحناء: يؤخذ عدد مناسب من القياسات على مسافات منتظمة.

د- معلم ذو خطوط متعرجة: أن خبرة وتقدير القائم ل بالعمل هما اللتان تحددان عدد القياسات الضرورية حسب نوع المعلم بحيث نحتاج إلى عدد اقل من القياسات عند مسح المعالم ذات الحدود الغير واضحة كحواف الغابات وخطوط الشواطئ. وهنا يكون لمقياس الرسم تأثير على النتيجة ولذلك يجب أخذه بالحسبان عند تقدير عدد القياسات الضرورية.




وبصورة عامة يعتمد طول قياس المسقط العامودي على خط الربط على مقياس الرسم وعلى طبيعة المعلم الذي يجرى قياسه. ولكن بشكل عام يكون خط الربط أطول من المسقط العامودي. لقد وجد علميا أن الموضوع الذي يكون فيه الشريط عاموديا على خط المسح يمكن أن يحكم عليه بالعين المجردة بدرجة ضبط مقدارها 5% من طول المسقط وعليه، فعند المسح لأقرب دسميتر، فان المساقط التي يزيد طولها عن مترين يجب أن تضبط مواقعها بخطوط الربط أو بشكل مثلثات متساوية الساقين وتدوين نقطة منتصف قاعدة المثلث كما في الشكل.

بفضل استخدام المربع العدسي، في حالة المساقط الطويلة، على قياس عدد من خطوط الربط التي تتطلب وقتا وجهدا أكبر وتجعل دفتر الحقل مزدحما بالأرقام والبيانات. أما مساقط الأبنية فتوجه لها عناية خاصة. فاذا كان الأركان مستطيلة من الممكن اخذ الأركان المهمة والمسافة الأبعاد الحقيقية بين الأركان المختلفة إلى أطوال المساقط المقاسة. ويلاحظ أن اركن الأبنية قد تكون لها زاوية قائمة أو غير قائمة وهي المسألة ينبغي ملاحظتها والتصرف بموجبها عند تنفيذ العمل. تنقل بيانات المساقط والخطوط الربط إلى الخريطة لتأشير نقاطها على خطوط المسح ورسم أطوالها الصحيحة ثم الربط بين النهايات للحصول على الشكل الصحصح للمعلم. وهنالك يجب الانتباه والدقة لضمان عدم ارتكاب واحد أو أكثر من الأخطاء الأتية:

أ- رسم نقطة من غير موقعها أو من جهة مغلوطة علة خط القياس.

ب- حذف أو نسيان عدد من المسافات المقاسة.

ج- رسم من نهاية الخط غير صحيحة مثل استخدام البداية بدل النهاية والعكس صحيح.

**قياس المسافات عبر العوائق**

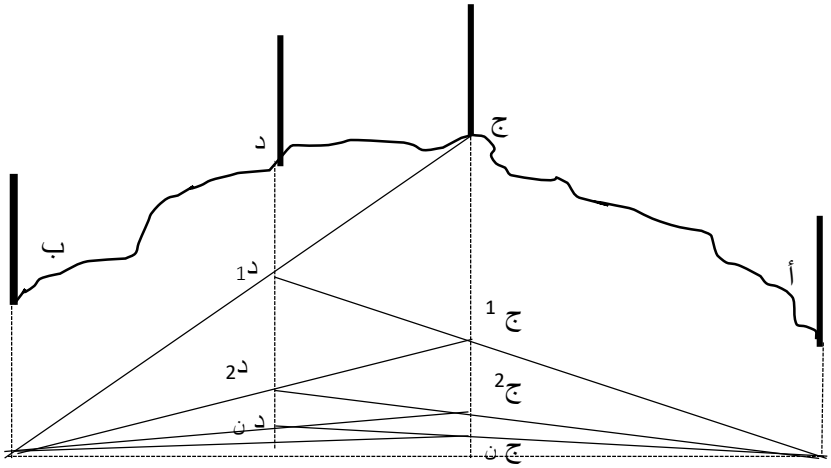
ومن المعلوم أن إيجاد طول مسافة معينة يكون بتحديد استقامتها أولا ومن ثم قياسها وعندما يتعذر تنفذ احدى هاتين الخطوتين، نتيجة لوجود بعض العوائق بين نقطة بداية المسافة ونهايتها، تلجا إلى قياس مسافة بديلة للمسافة التي يمثلها العائق ومكانه. أن عملية قياس المسافة البديلة تختلف حسب نوع العائق وظروف العمل ويمكن تقسيمها إلى أنواع الأتية:

**أ-عائق يمنع الرصد ولا يمنع القياس**

خير مثال على هذا النوع من العوائق هو مرتفع ارضي يصل بين نقطتي بداية ونهاية المسافة المطلوب قياسها. وتحديد الاستقامة في هذه الحالة لا يكون الطرقة المعتادة بسبب وجود هذا العائق وإنما يكون باختيار

نقطتين مثل جـ، د على سطح المرتفع الأرضي بحيث تكونان قريبتين من الموقع التقديري لامتداد الخط أ ب وبحيث يمكن رؤية النقطتين د.ب من نقطة جـ ورؤية النقطتين جـ، أ من نقطة د. تحتاج عملية الاستقامة إلى شخصين أحداهما الراصد الذي يكون عند جـ والأخر هو المساعد الذي يكون عند الشاخص د. يبدا الراصد بتوجيه المساعد لتحريك الشاخص د إلى موقع جديد (د$^1$) ويكون فيه على استقامة واحدة مع جـ، ب وتكون الخطوة التالية بقيام المساعد من الموقع الجديد في (د$^1$) بتوجيه الراصد إلى موقع جديد (جـ$^1$) يكون فيه على استقامة واحدة مع د$^1$، أ.

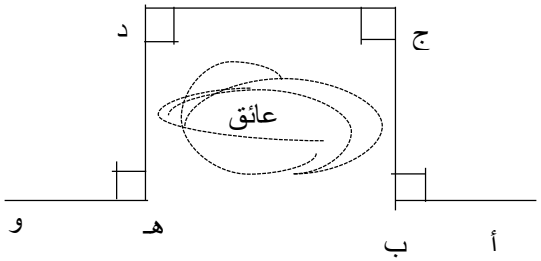
وهكذا تكرر خطوات الرصد بالتبادل بين الراصد ومساعده إلى أن يصبحا في موقعين يكونان فيها على استقامة واحدة مع نقطتي البداية والنهاية وهذا يحصل عندما نتوصل إلى حالة تكون فيها نقاط جن، دن، ب على استقامة واحدة في الوقت الذي تكون فيه النقاط دن، جن، أ على استقامة واحدة أيضا. أو عبارة أخرى عندما تصبح النقطتان جن، دن مشتركتين مع الخطين المستقيمين الصادرين من أ، ب كل منهما باتجاه الأخر. بعد الانتهاء من تحديد الاستقامة تجري عملية القياس للمسافة الأفقية المحصورة بين النقطتين أ، ب بإحدى الطرق التي سبق ذكرها.




**ب–عائق يمنع القياس ولا يمنع الرصد ويمكن الالتفاف حوله**

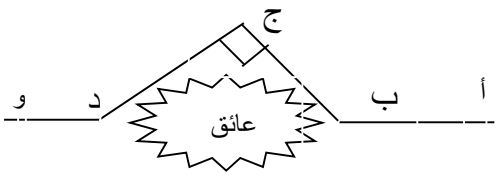
تدخل الحفر الواسعة والبحيرات الصغيرة وحوافي البحيرات الكبيرة والبرك تحت هذا النوع من العوائق ويمكن معالجتها بعدة طرق نذكر منها

1–في الشكل لا يمكن قياس المسافة ب هـ الطريقة الاعتيادية بسبب وجود العائق. وذلك نقيم من نقطة ب عمودا نمده على استقامته إلى نقطة جـ بحيث يتجاوز حدود العائق. ثم نقيم عمودا أخر على ب جـ من نقطة جـ باتجاه خط القياس ونمده إلى نقطة د بحيث يكون مساويا للعمود ب جـ وللتأكد من صحة تنفيذ العمل نقوم برصد النقاط ب، هـ، و فاذا كانت على استقامة واحدة فمعنى ذلك أن موقع نقطة هـ صحيح، وبالتالي يمكن الاستمرار بالقياس منها ولغاية الوصول إلى نقطة النهاية وتكون مسافة



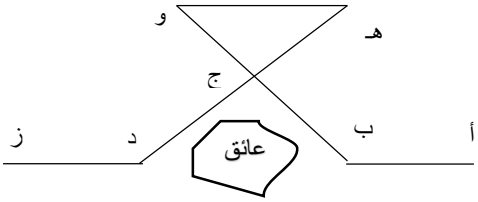

أ و = أ ب + جـ د (يقاس عرضا عن ب هـ) + هـ ر.

2-في الشكل: نبدأ بالقياس من نقطة أ، حتى الوصول إلى نقطة قريبة من حدود العائق مثل نقطة ب، حيث ينحرف خط القياس بحيث يتجاوز حدود العائق. نختار نقطة مناسبة على الاتجاه الجديد مثل نقطة جـ بحيث لو رسم منها عمود فان امتداده يتجاوز حدود العائق ليتصل مع امتداد خط القياس من جهة العائق الثاني وبذلك يتم تحديد موقع النقطة د على العمود المقام من نقطة جـ وتكون د على استقامة واحدة مع النقطتين أ، ب. بهذا يتكون لدينا مثلث قائم الزاوية نتمكن بواسطة علاقات أطوال أضلاعه من إيجاد طول مسافة العائق

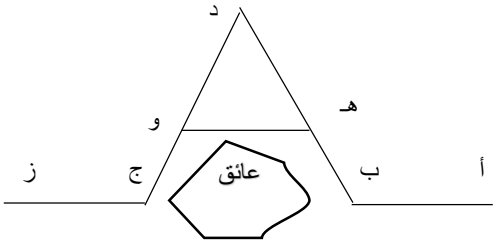



ب د = $\sqrt{\text{ب ج}^2 + \text{ج د}^2}$ ثم نكمل القياس من د إلى و ونوجد طول المسافة الكلية

3-في الشكل وبعد الوصول إلى نقطة ب قريبة من العائق تنحرف بالقياس من جانب العائق حيث تحدد نقطة جـ نضاعف المسافة بين ب جـ على امتدادها إلى نقطة و. نصل نقطة جـ بنقطة د الواقعة على امتداد أ ب ونضاعف المسافة د ج . إلى النقطة هـ. نقيس المسافة هـ والمكافئة لمسافة العائق ب د ونجمعها مع المسافتين أ ب، د ز لنحصل على المسافة الكلية. ومن الجدير بالذكر أن المسافتين ب جـ، دجـ قد تكونان متساويتين أو مختلفتين.



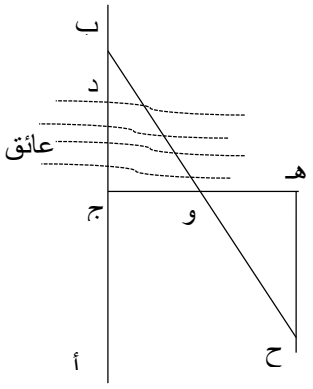

4-في الشكل نقوم بتحديد نقطة جـ على امتداد أ ب على الجهة الثانية من العائق. ثم نحدد تلاقي الاتجاهين المتعاكسين الذين يلتقيان في نقطة د. نصل منتصف ب د (نقطة هـ) بمنتصف جـ د (نقطة و) فيكون المستقيم الناتج هـ و مساويا لنصف مساحة العائق ب جـ، ومن مضاعفته ينتج لدينا مسافة العائق المطلوبة التي نجمعها مع المسافتين أ ب، جـ ز للحصول على المسافة الكلية.



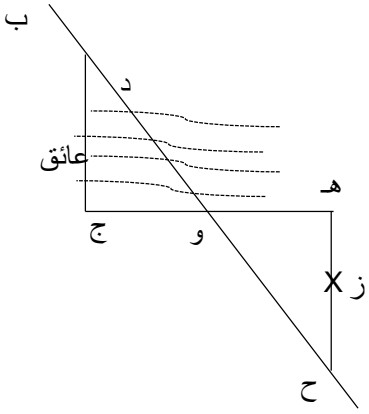

**جـ-عائق يمنع القياس ولا يمنع الرصد ولا يمكن الالتفاف حوله**

تطبق هذه الطريقة على حالة النهر أو المجرى المائي أو الحفر الخندقي وتعالج عملية قياس مسافة العائق بالصيغ التالية:

1-في الشكل لدينا نقطة جـ تمثل الحد الذي وصل أليه القياس ووقف بسبب العائق. نثبت شاخص في نقطة د على استقامة جـ أ إذا كان لدينا إمكانية لعبور العائق إلى الجهة الثانية. وإذا لم تكن لدينا إمكانية الوصول إلى الجهة الثانية في هذه الحالة نختار النقطة د على استقامة أجـ على الجهة الثانية من العائق التي هي بمثابة صخرة بارزة أو نبات متميز فب المنطقة أو أي معلم أخر تنطبق علية استقامة أ جـ. من نقطة جـ نقيم العامود جـ هـ بطول مناسب وننصفه في نقطة و (أو نقيم العمود جـ و ونمده لمسافة ضعف طوله إلى نقطة هـ وهو

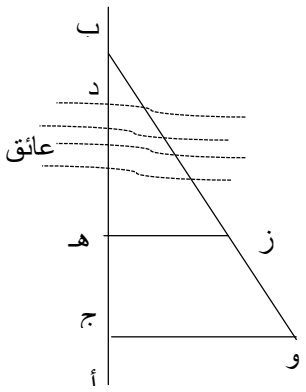



الأفضل لضمان عدم تشكيل مثلثات متطاولة الشكل). ثم نقيم العمود هـ ز ونمده من نقطة على استقامته تكون في نفس الوقت على استقامة واحدة مع و د مثل نقطة ح. في هذه الحالة يتكون لدينا المثلثان جـ د و. هـ ح و وفيها: ∢ح هـ و = ∢ج و زاويتان قائمتان، ∢هـ و ح = ∢ ج و د زاويتان متقابلتان بالرأس، والضلع ج و = الضلع هـ و بالعمل، وعليه يتطابق المثلثان لذا فإن هـ ح = ج د.




2-في الشكل وبعد تحديد نقطة د على استقامة أ و وعلى الجهة الثانية من العائق نقوم بسير من نقطة (و) بمحاذاة امتداد العائق إلى أن يكون لدينا المثلث القائم و جـ د. وعندئذ نقيس طول جـ و ونمده على استقامته إلى نقطة هـ بحيث يكون هـ ويساوي جـ و. ثم نقيم العامود هـ ز من نقطة هـ ونمده على استقامة إلى أن يقطع المستقيم أ و في نقطة مثل ح. نقيس المسافة ح والتي تكون مكافئة لمسافة العائق و د وذلك من تطابق المثلثين ح هـ و، و جـ د لنفس الأسباب الواردة في الطريقة السابقة.

3-في الشكل نحدد نقطة د على استقامة أ جـ على جهة ثانية من العائق ثم نقيم من نقطة جـ عمودا بطول مناسب مثل العامود جـ و. نختار نقطة هـ على امتداد أ جـ ونقيم منها عمودا نمده على استقامته إلى أن يقطع امتداد و د في نقطة مثل ز. وعندئذ نحصل لأعلى مسافة العائق هـ د من العلاقة الأتية الناتجة عن تشابه المثلثين د ز هـ، د و جـ.



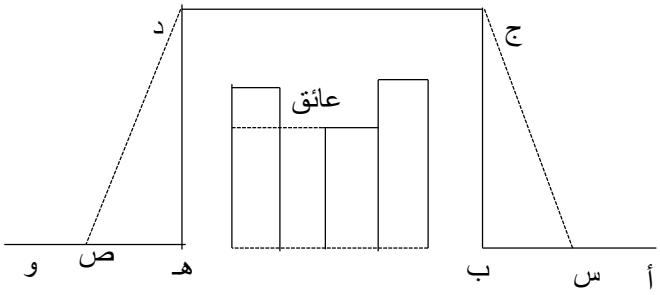

$$\text{هـ د} = \frac{\text{جـ هـ} \times \text{هـ ز}}{\text{جـ و} - \text{هـ ز}}$$

(اذا وازى مستقيم احدى أضلاع مثلث وقطع الضلعين الأخرين فأنه يقسمه إلى أجزاء متناسبة ويتشابه المثلثان ) . ثم نكمل عملية القياس حتى نصل إلى نقطة نهاية المسافة المطلوبة.

**د-عائق يمنع القياس ويمنع الرصد**

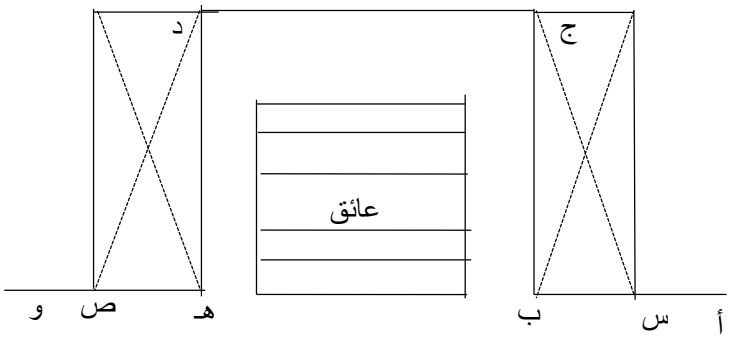
يتشكل هذا النوع من العوائق عندما يتقاطع خط القياس مع بناية أو صخرة بارزة ولا يمكن ارتقاؤها أو السير عليها وتعالج عملية القياس بإحدى الصيغتين الأتيتين:

1- عند الوصول بالقياس من نقطة إلى نقطة ب كما في شكل نقيم منها عمودا على الخط أ ب ونعين على هذا العمود أو على امتداده مثل جـ بحيث تكون متجاوزة لحدود العائق. ثم نقيم من جـ عمودا على الخط ب جـ




وتعيين عليه أو على استقامته نقطة مثل د بحيث تكون بعيدة بمقدار مناسب عند حدود العائق من جهة الثانية. ومن نقطة د نقيم العامود د هـ بطول يساوي طول العمود ب جـ، بذلك تكون نقطة هـ على استقامة الخط أ ب. وللاستمرار في القياس نقيم من نقطة هـ عمودا على الخط د هـ ونمده على استقامته على أن ننتهي من قياس المسافة المطلوبة أما مسافة العائق ب هـ فتقاس عوضا عنها المسافة جـ د المكافئة لها. ولغرض تأكد من صحة العمل يمكننا قياس خطي التحقيق س جـ، ص د بعد تحديد كل من س، ص ببعد متساو عن نقطتين ب، هـ وعلى استقامتي أ ب، هـ و على التوالي فاذا تساوى طول س جـ مع طول ص د كان العمل والاتجاه صحيحين وبعكسه جب إعادة النظر في عملية القياس.

2-في الشكل وعند الوصول قرب العائق نختار نقطتين ب، جـ على امتداد أ جـ ونقيم منها العمودين ب د، جـ هـ بطولين متساويين مناسبين لتجاوز حدود العائق. نرصد امتداد د هـ ونمده على استقامته إلى أن يتجاوز حدود العائق من جهة ثانية حيث نحدد عليها نقطتين و، ز اللتين تفصلهما مسافة أفقية تعادل المسافة د هـ. عندئذ نقيم من و، ز عامودين هما وح، زط وبنفس طول العمودين ب د، جـ هـ وبذلك تكون نقطتان ح، ط على استقامة واحدة مع أ ب جـ. نقس المسافة هـ و عوضا عن مسافة العائق جـ ح ونستمر بالعمل لإكمال القياس المطلوب. ولغرض التأكد من صحة الاتجاهات ودقة إقامة الأعمدة يمكننا قياس القطرين ب هـ، جـ د ومقارنة طولهما بنظيريهما ح ز، ط و فاذا تساوت الأطوال كان العمل صحيحا وبعكسه تتم مراجعة العملية بإمعان.



**بسم الله الرحمن الرحيم**

**د. واثب النعيمي**

# المسح بالسلسلة

# Chain surveying

يعد المسح بالسلسلة *من ابسط الطرق المساحية المستعملة لرسم حدود وتفاصل الأراضي وبشكل مدخلا لدراسة طرق المساحية الأخرى، ولذلك فان لطريقة اقل دقة من غيرها. وتصلح للمساحات الصغيرة ذات التفاصيل القليلة وفي المناطق المكشوفة التي لا تبرز فبها الارتفاعات والانخفاضات بشكل يعيق عمليات القياس، وهي لا تصلح كثيرا لمساحات الأراضي التي تكون بشكل شرائط ضيقة كمساحات الطرق وذلك للعدم إمكان الحصول على مثلثات متناسبة المساحات. أن العمل بهذه الطريقة لا ينتج ألا استعمال أدوات قياس الزوايا بل يقتصر على قياس الأبعاد الأرضية ويحتاج كذلك إلى إسقاط وإقامة الأعمدة باستعمال القياسات الطويلة أو باستعمالات عدد من الأجهزة البسيطة في بعض الحالات.

يتلخص العمل بهذه الطرقة بتثبيت مجموعات من النقاط في الطبيعة يتكون من توصيل بعضها مع بعض هيكل بشكل مضلع يحيط بالمساحات المطلوبة مثلثات تقاس كافة أضلاعها. وبذلك يمكن رسمها على الخارطة باي مقياس رسم مطلوب والسبب في التقسيم إلى مثلثات يعود على أن المثلث هو ابسط شكل مساحي محدد بخطوط مستقيمة حيث أن تحديد طول أي ضلع من أضلاعه الثلاث يعني معرفة نقطتين أو راسين من رؤوس المثلث الثلاث وبذلك يمكن معرفة موقع النقطة أو الراس المثلث من خلال تطبيق واحدة من أسس المساحة التي تتلخص في معرفة موقع النقطة المجهولة بواحدة من الأسس الأربعة الأتية:

أ–تحديد موقع النقطة بمعرفة بعديها عن نقطتين ثابتتين معلومتين.

ب–تحديد موقع النقطة بمعرفة اتجاهها من نقطتين ثابتتين معلومتين.

جـ–تحديد موقع النقطة بمعرفة بعدها عن نقطة ثابتة معلومة واتجاهها من نقطة أخرى ثابتة ومعلومة.

د–تحديد موقع النقطة بمعرفة بعدها واتجاهها من نقطة واحدة ثابتة ومعلومة وواقعة على خط.

ويستخلص من هذه الأسس أن معرفة موقع أي نقطة يعتمد على عنصرين أساسين هما الاتجاه والبعد وان الاتجاه الواحد لوحده أو البعد الواحد لوحده يؤدي إلى الحصول على ما لانهاية من مواقع المحتملة للنقطة المطلوب تحديد موقعها وهذا مخالف الحقيقي أن للنقطة المعينة موقع واحد لا بديل له ولا يمكن للنقطة أن تكون في أكثر من موقع في أن واحد. بعد رسم هذا المضلع توضح عملية حدود تفاصيل المعالم الأرضية البارزة المحيطة به وذلك من قياسات

المسافات التي أخذت من أضلاع هذه المثلثات إلى تلك المعالم. وهذه المسافات بعضها يقاس مع أبعاد معينة إلى أضلاع المثلثات من نقطة ثابتة على هذه المعالم أو الحدود.

أن ابسط حالات هذا المسح هو حالة قطع من الأرض بشكل مثلث مستقيم الحدود. فاذا علمت أطوال أضلاعها الثلاثة حسب مواقعها النسبية أمكن رسم الخارطة باستعمال الفرجال الاعتيادي بعد تحويل الأبعاد الأرضية المقاسة إلى ما يعادلها على الورق حسب مقياس الرسم المستعمل. أما إذا كان للمساحة أكثر من ثلاثة أضلاع مستقيمة فلا يكفي أن نقيس أطوال الأضلاع الخارجية لأنه بهذه المعلومات فقط يمكن رسم عدد غير محدود من الأشكال من البيانات المأخوذة من الحقل، ولذا فان القياسات الحقلية يجب تنظيمها بحيث أن الخارطة يمكن رسمها بأنشاء مثلثات يختلف عددها بحسب عدد أضلاع الشكل الخارجية. فالشكل الرباعي يحول إلى مثلثين والخماسي إلى ثلاثة مثلثات وهكذا أي أن اقل عدد من المثلثات الضرورية لرسم الأشكال هو عبارة عن عدد أضلاع الشكل الخارجية ناقصة اثنين.

**خطوط الضبط والتحقيق**

أن حدوث أي خطأ في قياس أطوال المثلثات التي يتكون منها المضلع لا يجعل عملية الرسم غير ممكنة. فالشكل يمكن رسمه في هذه الحالة ولكنه لا يماثل الشكل الحقيقي الموجود على الطبيعة. وهذا الخطأ لا يمكن اكتشافه بالرؤية المجردة للشكل ألا إذا كان الخطأ كبيرا إلى الحد الذي يتغير من شكل المضلع تغييرا واضحا. ويمكن التحقق من صحة العمل والرسم بإعادة العمل مرة ثانية. وهو الأفضل قياس خطوط إضافية يطلق عليها

((خطوط الضبط أو التحقيق أو البرهان)) التي لا تحتاجها أصلا لرسم تفاصيل المضلع ولكنها ستبين مدى صحة العمل عند مقارنتها بنظائرها على الخارطة المرسومة. ويرسم خط تحقيق واحد عادة لكل مثلث من الناتجة عن تقسيم المضلع المطلوب رسم خارطتها. في الشكل الرباعي يقاس القطر المتمثل بخط المنقط () إذا لم يكن هنالك ما يعيق عملية قياسها على الأرض أو اختيار ما يناسب من نماذج خطوط التحقيق الأخرى المبينة في الشكل () الذي في أدناه.

**خطوات المسح بالسلسلة**

الخطوة الأولى التي يقوم بها المساح هي التجول في المنطقة المراد رسمها لتكوين فكرة عامة عن حدودها ومعالمها وتفاصيلها المميزة بهدف تحديد الكيفية الأفضل لتنظيم العمل فيها. وقد يهمل هذه الخطوة المساح المبتدئ ولكن أهميتها لا يمكن الاستهانة بها، إذا انهها تساعد في إنجاز العمل المساحي اللاحق بصورة أسرع وبدون معوقات رئيسية ففي هذه المرحلة يتم اختيار المحطات واستخدام الشواخص للتأكد من كونها منظور بعضها من بعض. وأثناء عملية الاستكشاف يقوم المساح بأعداد رسم تخطيطي للمنطقة في دفتر الحقل يمثلها بصورة تقريبية بحيث يوضح الحدود والتفاصيل وتسمية أو ترقيم المحطات مع ملاحظات المساح نفسه عن المنطقة. أن أعداد الرسم التخطيطي يحتاج إلى خبرة ومهارة وقد لا تتوفر لدى المساح المبتدئ ويرسم المخطط عادة باليد دون استعمال أدوات هندسية وبدون مقياس رسم

مع مراعاة تناسب أطوال المسافات المرسومة مع أبعادها الحقيقية قدر الإمكان إما رسم التفاصيل فيكون بشكل منفرد إذا دعت الحاجة لذلك.

**ب-اختيار المحطات**

تثبت نقاط المحطات الأرضية حسب طبيعة شكل المنطقة المراد رسمها ونوعية المعالم والتفاصيل المطلوب بيانها في الرسم. والاختيار المناسب لنقاط المحطات هو الذي يتضمن رسم المنطقة وتفاصيلها بدقة كبيرة وبتوقيت وجهد قليلين. وعليه يجب أن يكون الهدف باتجاه توفير الأمور الأتية:

1- يفضل أن يكون عدد خطوط المسح اقل ما يمكن من الناحية العملية وقريبة من الحدود الخارجية وتفاصيلها قدر الإمكان من اجل تقليل العمل الحقلي وتسهل قياس المساقط العمودية وخطوط الربط.
2- اختيار خطوط المسح بحيث يتشكل منها مثلثات متناسبة ومتساوية الأضلاع قدر الإمكان وذات زوايا تتراوح ما بين 30-120 لكي يكون تقاطع الأضلاع عند توقيعها على الخريطة محددا وواضحا.
3- يراعى أن تمر خطوط المسح في الأماكن المستوية قدر المستطاع لزيادة دقة قياس المساقات ولان الخرائط المرسومة تبين المساقط الأفقية للطبيعة دائما.
4- أن تكون مواقع خطوط المسح في أماكن تساعد على تجنب العوائق الطبيعية والصناعية.
5- أن تكون كل محطة من هذه المحطات منظورة من المحطتين السابقة واللاحقة لها.
6- أن يكون هناك عدد كافي من خطوط التحقيق التي تربط بين المثلثات المنفصلة مع مراعاة اختيارها بحيث يمكن استعمالها لرسم التفاصيل.
7- يجب اختيار المحطات في أماكن يسهل الوصول اليها وبعيد عن حركة المرور.
8- أن تكون المساقط العمودية أقصر ما يمكن بحيث لا تزيد (20 مترا) وخاصة النازلة منها إلى المعالم المهمة لان المسقط العمودي عامل مساعد في الرسم ولس جزاء أساسا منه.
9- أن تكون خطوط المسح محاذية لامتدادات الطرق والشوارع وفي الحالات الضرورية يجب أن يكون التقاطع بزاوية جيدة بحيث تكون المسافة المطلوب قياسها على الطريق أو الشارع أقصر ما يمكن.
10-أن تكون خطوط المسح بين كل نقطتين أطول ما يمكن بحيث لا يزيد عن (250 مترا) لان الرصد والتوجيه يكون بالعين المجردة.

**ج-تأشير المحطات**

بعد اختيار المحطات ومعايرة الهيكل في الطبيعة يتم تأشر المحطات لتحديد بدايات ونهايات القياسات الطويلة ومن اجل الرجوع اليها أثناء عمليات المسح عند الحاجة وتستعمل عادة أوتاد خشبية بطول (30 سم) وسمك (3سم) تقريبا، قليلا فوق سطح الأرض في الأراضي الرخوة. إما على طرق المبلطة والأراضي الصلبة فتستعمل مسامير أو حديد

الزاوية تؤشر بالصبغ أو الطباشير بشكل واضح. وفي حالة المسح القليل والمحدود التي يمكن إنجازها في بضع ساعات قد تؤشر المحطات بغرس أغصان صغيرة أو نباتات مميزة أو أي شيء أخر مؤقت على نقاط المحطات. ثم يعطى لكل محطة رمزا بالحروف أو بأرقام ويرسم مخططا لكل محطة بشكل منفصل يوضح عليه أبعاد المحطة عن ثلاثة معالم ظاهرة وواضحة في المنطقة في الأقل حتى إذا أزيلت هذه النقطة أمكن الرجوع اليها بدلالة هذه الأفعال وتسجل هذه المخططات عادة في دفتر الحقل.

**د–قياس المسافات**

تقاس المسافات الأفقية لخطوط المسح المطلوبة كافة إضافة إلى المسقط العامودية وخطوط الربط اللازمة لربط تفاصيل قطعة الأرض. ويكون قياس خطوط المسح الرئيسة وخطوط التحقيق بدقة اعلى نسبيا من دقة قياس المساقط العمودية وخطوط الربط فان الخطأ في الأولى يغير من الشكل العام الأصلي للمنطقة كلها ، على حين الخطأ في الثانية يكون موضعيا لهذا السبب يفضل قياس خطوط المسح والتحقيق ذهابا وإيابا وعملية القياس قوم بها شخصان عادة هما المساح ومساعده ولمن قد يكون العمل أدق واسرع بوجود شخص ثالث وهو التابع فهذه المجموعة هي التي تقوم بتعيين تعامد المساقط العمودية مع خطوط المسح باستعمال عدد من الآلات كالمربع العدسي ما عدا حالات قصر طول المسقط العامودي، إذ يتم تعيين التعامد وتقدره بالعين المجردة وتتلخص واجبات المساح في الحرص على عدم حدوث الأخطاء قد تنتج عن عدم قياس المسافات بصورة صحيحة أو عدم تعامد المساقط أو وجود نقص في عدد المسافات أو المساقط العامودية أو خطوط الربط المقاسة .

أن درجة الدقة في القياس تعتمد على طول المسافة المقاسة من جهة وعلى مقياس الرسم المتخذ لتحويل البيانات الحقلية إلى الخريطة من جهة أخرى. فالقياس الأقرب (10 سم) بعد مناسبا لمقياس رسم 1\400 أو أصغر. وفي هذه الحالة يجب أن لا زيد طول المسقط العمودي عن (2م) وبعكسه يؤخذ خط ربط لأبعاد الأطول من هذا المقدار.

**دفتر الحقل** **field book**

من الأمور البديهية عند تطبيق طريقة المسح بالسلسلة هو استعمال دفتر الحقل لتدوين البيانات الحقلية اللازمة لعملية رسم الخريطة المطلوبة. ودفتر الحقل عبارة عن كراسة مستطيلة الشكل يفتح طوليا نحو الأعلى ويكون حجمه حوالي 20 ×12 سم. وصفحات هذا الدفتر مسطرة باللون الأحمر والأزرق بخط واحد أو بخطين متوازيين في وسط الصفحة على امتداد طولها ويبعد أحدهما عن الأخر 1,5 –2 سم تختص هذه الفسحة للمسافات المقاسة على امتداد خط المسح وكذلك الأبعاد المقاسة المقابلة لمواقع المساقط العمودية وخطوط الربط اللازمة لرسم الحدود والتفاصيل ولاحظ في هذا المجال أن تعيين موقع ا نقطة مجهولة يكون بدلالة بعديها على نقطتين ثابتتين معلومتين بدلالة العمود المقام باتجاهها إضافة إلى طول العمود. أما المسافة على الجانبين فتخصص لبيان أطوال المساقط العمودية وخطوط الربط التي تقاس ابتداء من خط المسح وقد يكون دفتر الحقل بدون تسطير وفائدته هو أن المساح قد يرسم الخط أو الخطين المتوازيين عند

أحد جانبي صفحة الدفتر إذا كانت كل التفاصيل المطلوب مسحها وبيانها على الخريطة واقعة على جانب واحد من خط المسح.

يبدا التدوين عادة من أسفل صفحة دفتر الحقل باتجاه الأعلى وإذا انتهت الصفحة تقلب الورقة ويستمر التدوين من أسفل الصفحة جديدة إلى أن نكمل العمل أي أن بداية كل خط تكون في الصفحة جديدة.

ويوضح تقاطع خط المسح مع خط الحدود أو التفاصيل بنقل نقطة تقاطع خط الحدود أو التفاصيل مع احد الخطين الوسطين المتوازيين إلى الخط الثاني بشكل أفقي أي يكون عموديا عليها لأنها في الواقع عبارة عن خط واحد هو خط المسح ثم يستمر رسم الحدود أو التفاصيل من واقع قياسات المساقط العمودية أو خطوط الربط () بين صفحة من دفتر الحقل ، ومن المفيد لعملية التحقيق أن تكتب العدد الدال على الطول الكلي لخط المسح في دفتر الحقل حتى اذا لم يكن هناك مساقط عمودية مقيسة على هذا الخط إضافة إلى إشارات أو اسهم توضح اتجاهات اتصال المحطات بعضها مع بعض ويجب أن تحتوي على دفتر الحقل على معلومات الأتية :

1- رسم تخطيطي لخطوط المسح مع الأرقام أو الحروف الدالة على المحطات.

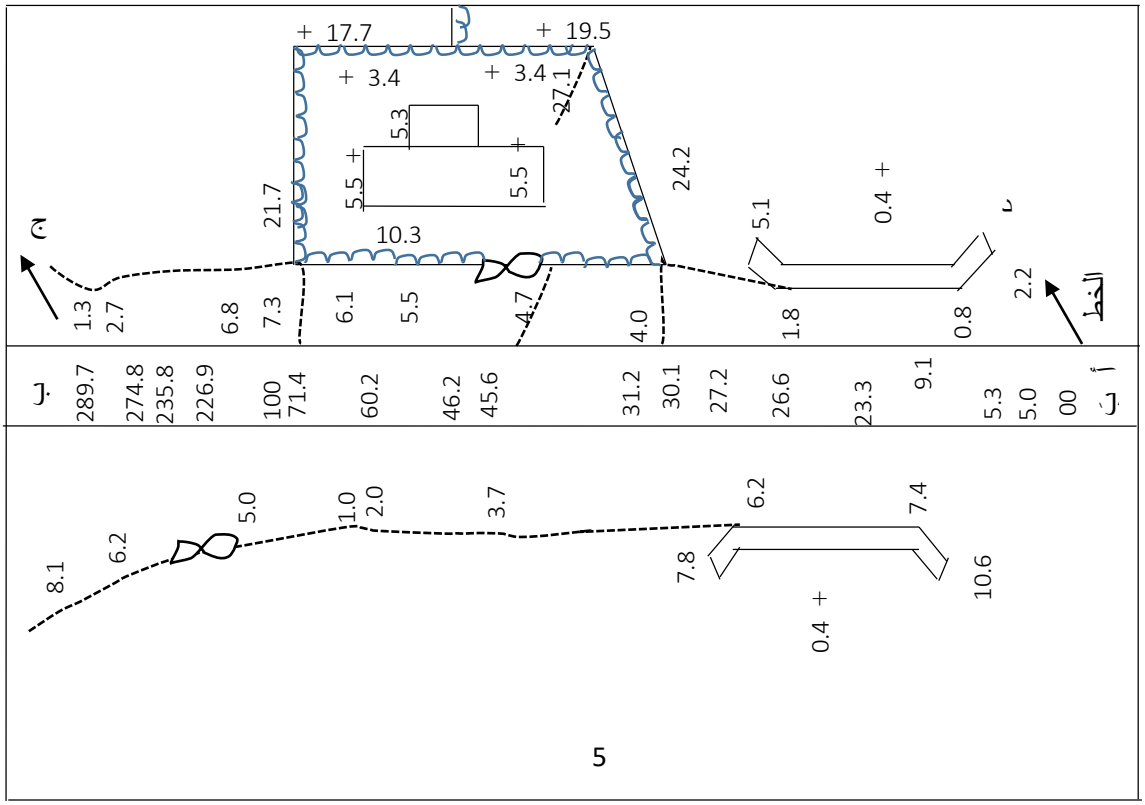
2- اسم الموقع أو منطقة المسح.

3- تسلسل صفحات التدوين في الدفتر.

4- تاريخ القيام بالعمل الحقلي.

5- أسماء فريق العمل الحقلي.

6- الاصطلاحات المستخدمة رموزاً للتعبير عن بعض المعالم.



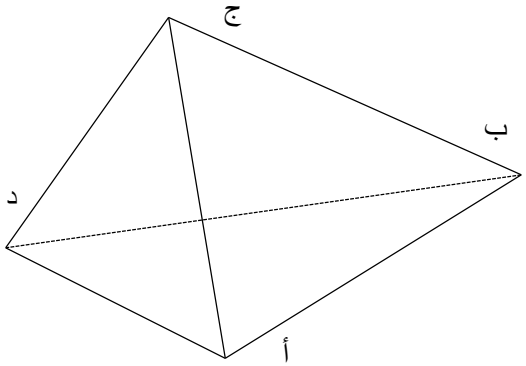
ان طريقة التدوين في دفتر الحقل لها أهمية كبيرة فعليها تتوقف دقة رسم الخريطة المطلوبة ولكن لا يشترط ان تدون المعلومات بموجب مقياس رسم، وذلك لان البيانات ستنقل من دفتر الحقل فيما بعد مكتبياً إلى ورقة رسم الخريطة وعندها سنعمل على اختيار مقياس رسم مناسب.

**طرق المسح بالشريط أو السلسلة**

ان الحصول على البيانات الحقلية وتحويلها خريطة تختلف حسب التفاصيل المتسببة من طبيعة الحدود الخارجية والعوائق داخل هذه المساحة، وبناء على ذلك فهناك أربع حالات ستواجه المساح هي:

**1- حدود مستقيمة مع عدم وجود عائق داخل المساحة**

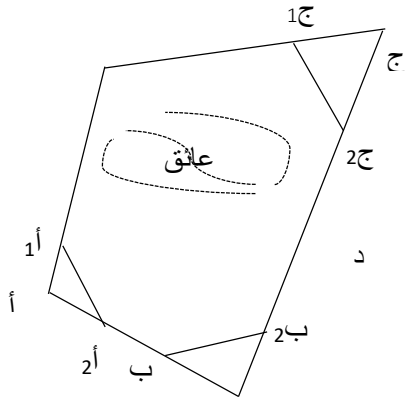
هي ابسط الحالات الأربعة وتكون بقياس الأضلاع الخارجية للمضلع، في الشكل فالإضافة إلى قياس الأضلاع الأربعة يقاس أيضاً قطريها أ ج وكذلك ب د، وعند رسم الخريطة نحدد أولا موقعي النقطتين أ، ج بدلالة طول القطر أ ج حسب مقياس الرسم المستعمل، لا يعاد رسم الأقطار ولا خطوط الضبط والتحقيق، لأنها عوامل مساعدة لرسم الخريطة ووجودها في الخريطة سيجعل الخريطة مزدحمة ومربكة. ثم نحدد موقي النقطتين ب، د بالفرجال حسب بعديهما عن النقطتين أ، ج أو حسب طول القطر ب، د ونقطة تقاطعه مع أ ج. وهكذا لباقي التفاصيل داخل المساحة.

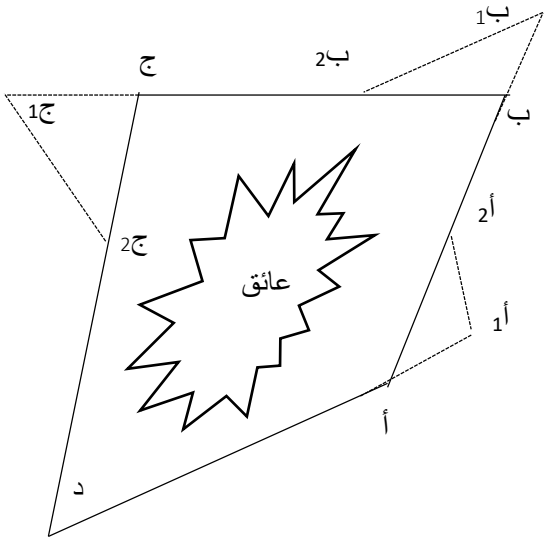



**2- حدود مستقيمة مع وجود عائق داخل المساحة**

إذا كانت الحدود الخارجية بشكل خطوط مستقيمة ولكن يتعذر قياس المسافات الواصلة بين نقاط رؤس المساحة غير المتجاورة، أي يتعذر تقسيم المساحات إلى مثلثات فنقوم عندئذ بتكوين مثلثات صغيرة عند الزوايا داخل حدود الشكل أو خارجه وهذه المثلثات فائدتها تكمن في الحفاظ على العلاقات النسبية بين كل ضلعين متجاورين تحكمها الزاوية بينهما دون الحاجة إلى قياس تلك الزاوية.

لرسم الشكل أ ب ج د نقوم بقياس كافة الأضلاع الخارجية في الحقل إضافة إلى اطوال اضلاع المثلثات الصغيرة المبينة في الشكلين، وعند رسم الخريطة نحدد أولا طول الضلع د أ ونمده إلى أ ثم نعين موقع $أ_1$ بدلالة بعديها عن أ، $أ_2$ وبذلك يتحدد اتجاه الضلع أ ب وموقع النقطة ب حسب طول أ ب الذي نمده على استقامته إلى موقع نقطة $ب_1$. ثم يحدد موقع النقطة $ب_2$ بدلالة بعدها عن ب، $ب_1$ وبذلك يتحدد الضلع ب ج وموقع نقطة ج، نمد الضلع ب

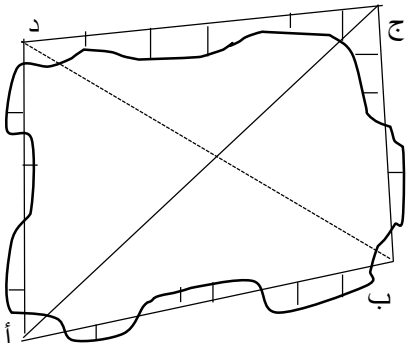





ج على استقامته إلى نقطة ج1 ثم نحدد موقع نقطة ج2 بدلالة ج، ج1 وبذلك يتحدد الضلع ج د، نصل ج بنقطة ج2 ونمد الخط على استقامته وبذلك يتحدد اتجاه الضلع ج د، نصل نقطة ج بنقطة ج 2 ونمد الخط على استقامته فإذا مر امتداد الخط بنقطة د فالعمل صحيح من حيث الاتجاه وللتأكد من صحة البعد نقوم بقياس المسافة الناتجة ج د على الخريطة ونقارنها بطولها الحقيقي على الأرض فاذا كانت متطابقة كان العمل صحيحاً من حيث البعد. وهذا يعني ان التأكد من صحة العمل يكون بالتحقق من صحة الاتجاه وصحة البعد وعدم الاقتصار على أحدهما. ويعاد النظر في العمل عادة في حالة عدم تطابق أي من الاتجاه أو البعد أو كليهما.

**3- حدود غير مستقيمة مع عدم وجود عائق داخل المساحة**

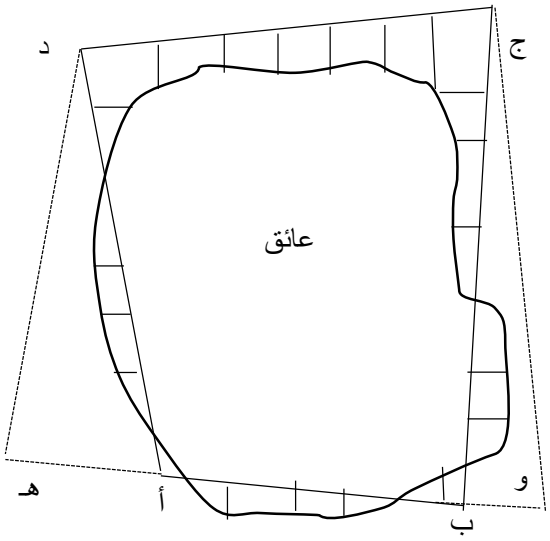
لنفرض ان لدينا حقلاً ذا حدود مستقيمة كما في الشكل والمطلوب رسم خريطة هذا الحقل. نختار أولا عدداً من النقاط داخل أو خارج حدود الشكل لتكوين مضلع يحيط بالحقل ويشترط ان تكون هذه النقاط أقرب ما يمكن من الحدود الحقيقية تقاس أطوال الأضلاع والأقطار اللازمة لرسم الهيكل، إضافة إلى أطوال عدد مناسب من المساقط العمودية الممتدة بين الأضلاع الخارجية والحدود الحقيقية ويستحسن ان تؤخذ هذه المساقط من مسافات ثابتة ومعلومة على خطوط المسح أو عند كل تغير في اتجاه خط الحدود وذلك من اجل تسهيل عملية الرسم وعند رسم الخريطة يحدد الهيكل الخارجي كما سبق بيانه في الطريقة الأولى أعلاه ثم تحدد نهايات المساقط العمودية حيث تمثل كل منها نقطة على الحدود المطلوب بيانها ويعمل اتصال بين هذه النقاط نحصل على الخريطة المطلوبة بعد إزالة المضلع الذي اتخذ كعامل مساعد في عملية الرسم.

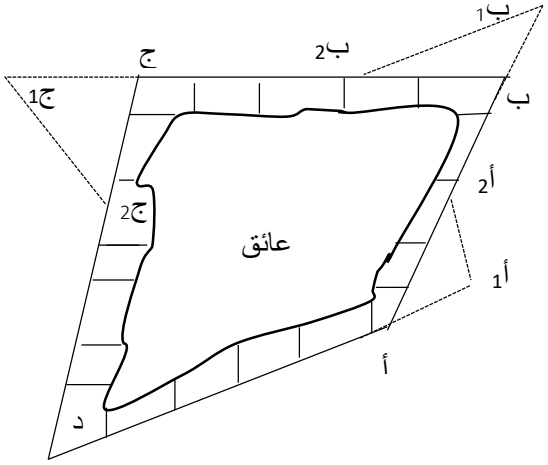


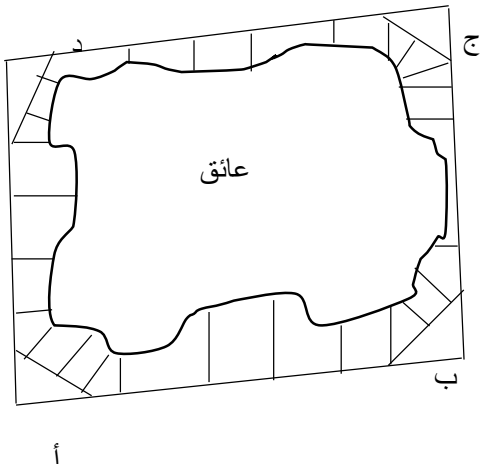

**4- حدود غير مستقيمة مع وجود عائق داخل المساحة**

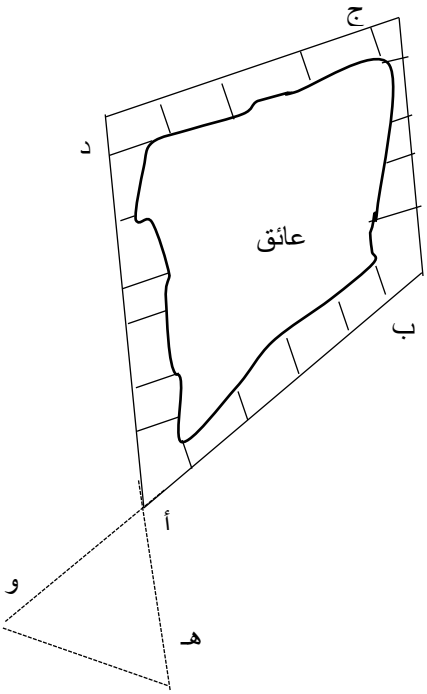
تعد هذه الطريقة تطبيقاً للطريقتين الثانية والثالثة في وقت واحد، إذ نقوم بتكوين هيكل المضلع المحيط بالمساحة ذات الحدود غير المستقيمة وتكوين المثلثات الصغيرة اللازمة داخل أو خارج حدود هيكل المضلع وتقاس أطوال جميع الأضلاع الخارجية للمضلع وأطوال المثلثات الصغيرة إضافة إلى أطوال المساقط العمودية المقاسة بين هذه الأضلاع

والحدود الحقيقية للمساحة المطلوب رسم خريطتها ثم نكمل الرسم كما سبق بيانه في الطرق السابقة والاشكال أدناه كنماذج لهذه الطريقة



**بسم الله الرحمن الرحيم**

**د. واثب النعيمي**

# المسح باللوحة المستوية Plane Table

يعد المسح باللوحة المستوية من الطرق السهلة والسريعة لإعداد خرائط المسح الهندسي وتفاصيل الخرائط الطوبوغرافية، إذ يمكن تطبيقها في المسح الدوارني المقفل والمفتوح، وبموجب هذه الطريقة يتم الحصول على البيانات الحقلية ورسم الخريطة بصورة متزامنة ودون الحاجة إلى قياس الزوايا، وهذا بعني ان الخريطة ترسم في الحقل وقت رصد الأرض. وهذا يعني استحصال النتائج بصورة بيانية، وليست رياضية كما في الطرق الأخرى، ترسم الأشعة على لوحة رسم مثبتة على لوح خشبي مركب على قاعة ثلاثية بطريقة يمكن فيها تنظيم أفقية اللوحة وتدويرها حول محور عمودي أو تثبيتها بالاتجاه المطلوب.

تفيد اللوحة المستوية في الأراضي المنبسطة ذات التفاصيل القليلة حيث تكون الخرائط الناتجة أكثر دقة، والدقة تتوقف على ضبط عملية الرسم أولاً وعلى اللوحة كأداة للرسم ثانياً، وللحصول على نتائج جيدة باللوحة المستوية من الضروري وبصورة خاصة للمبتدئ، ان يبرمج خطوات العمل ويراعى دقة تنفيذها خطوة بعد أخرى، يمكن إيجاز استخدامات اللوحة المستوية في النقاط الأتية:

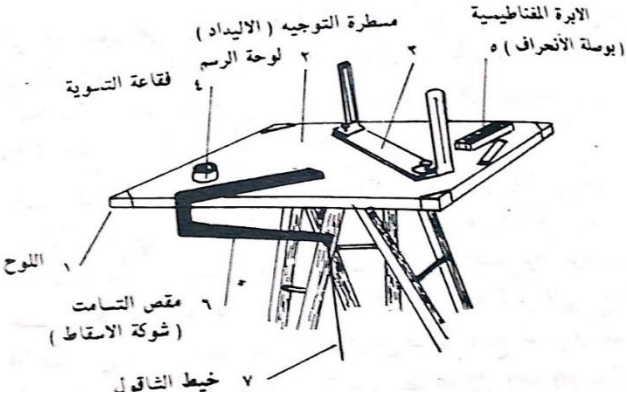
1- تثبيت الحدود على الخرائط وبيان تفاصيل المعالم الواقعة على جوانب خطوط المسح بصورة مباشرة.
2- إعداد الخرائط الطوبوغرافية والتفصيلية اعتماداً على المعلومات الحقلية.
3- إعداد الخرائط الكنتورية.

**أجزاء اللوحة المستوية**

تتكون اللوحة المستوية من الأجزاء والملحقات الأتية:

1- اللوح drawing board: وهو عبارة عن لوح ذات سطح علوي مستوي وسطح سفلي حاوٍ على تراكيب لربط اللوح مع القاعدة بطريقة تسمح بالحركة الدورانية للوح وتثبيته. ويصنع عادة من الخشب أو من معدن لا يؤثر على الإبرة المغناطيسية. قد يكون اللوح مربع الشكل أو مستطيل وبأبعاد مختلفة حسب الجهة المصنعة، وتختوي بعض اللوحات على فقاعة دائرية أو يستخدم القبان ذو الفقاعتين لتسوية اللوحة.

2- القاعدة الثلاثية tripod: هناك أشكال عديدة من القاعدة الثلاثية ولكنها متشابهة من حيث الاستعمال، وهي بصورة عامة عبارة عن ثلاث أرجل ذات طرف مدبب لتسهيل غرسها في الأرض. ويمكن جمع بعضها مع بعض لتسهيل حملها أثناء التنقل، تنصب القاعدة الثلاثية على الأرض مع ملاحظة ان تكون القاعدة العليا للأرجل مستوية تقريباً بالنظر لتسهيل تنظيم أفقية اللوحة، وفي حال الاضطرار أي ان توضع على ارض منحدرة فيراعى ان تفتح الأرجل بأطوال مختلفة لحين الحصول على أفقية لقاعدة الأرجل مقبولة.




3- لوحة الرسم drawing sheet: وهي ورقة التي سترسم عليها الخريطة، وتكون عادة ورقية أو كارتونية حيث تثبت الورقة بدبابيس أو شريط لاصق، وهنا ان لم تتسع ورقة الرسم لرسم الخريطة فيمكن استبدالها بأخرى أو أكثر كلما اقتضت الحاجة، على ان يراعى إرجاع الأولى عند العودة إلى نفس المكان لإكمال العمل، إذ يرسم خط يمر من النقطة الأكثر بعداً على الرسم المنجز على لوحة الرسم الأولى، ثم ترفع وثبت الثانية على اللوح ونقص لوحة الرسم الأولى على امتداد الخط الذي جرى رسمه ونثبتها على حافة لوحة الرسم الثانية وبذلك نحصل على عدة نقاط مثبتة، تؤشر هذه النقاط جميعها بعلامة مميزة لتشكل الأساس في إمكانية الاستمرار في عملية المسح ورسم الخريطة.

4- مسطرة التوجيه Sight rule: تستعمل مسطرة التوجيه في رصد النقاط وتحديد اتجاهات خطوط القياس في الطبيعة ورسمها على لوحة الرسم، وابسط أشكالها عبارة عن مسطرة خشبية أو معدنية ذات حافتين مستقيمتين وقائمين طرفيين قابلين للطي على امتداد طولها. يحوي القائمان على فتحتي الرصد حيث تكون أحداهما متطاولة وهي الفرضة والأخرى فيها سلك دقيق هو الشعيرة، الفرضة والشعيرة يجب ان تكونا عموديتين على السطح السفلي لمسطرة التوجيه. ان مسطرة التوجيه تستخدم لحالات الرصد القريب نسبياً أما رسم الخرائط بمقياس رسم صغير وعندما تكون المسافات كبيرة فان رصدها يكون باستعمال مسطرة التوجيه التايكوميترية Alidade التي تكون مزودة بمنظار مركب على حامل عمودي يدور في مستوى يمر بجانب مسطرة التوجيه بحيث يكون خط نظره في مستوى عمودي مع جانبها عندما في مستوى أفقي، وعندما يكون المنظار مزوداً بدائرة عمودية وشعيرات مسافة قان مدى وفائدة اللوحة المستوية تزداد كثيراً لأنه في هذه الحالة يمكن استعمالها في مسح كامل على نطاق واسع بما في ذلك مناسيب النقاط أو الكنتورات.

5- مقص التسامت (أو شوكة الإسقاط) Plumbing fork: هو عبارة عن إطار معدني ذي شكل رباعي حذف أحد أضلاعه يستعمل لنقل النقاط من الأرض إلى الخريطة وبالعكس. فعند الاستعمال يشبك مقص التسامت باللوحة المستوية، بحيث ان الطرف العلوي يؤشر على نقطة على لوحة الرمث مثل موع النقطة الأرضية التي يؤشرها خيط

الشاقول المتدلي من طرف الضلع السفلي، وبذلك يكون طرفا مقص التسامت والنقطة الأرضية على خط عمودي واحد وهو ما يطلق عليه التسامت، ان استخدام مقص التسامت ضروري عند المسح على نطاق واسع وعندما تكون مساحة ورقة الرسم كبيرة نسبياً، مقارنة بأطوال النقاط المرصودة، أما في الحالات الأخرى فيمكن إجراء التسامت التقريبي دون استعمال مقص التسامت.

6- فقاعة التسوية Leveling Bubble: هي فقاعة دائرية إذا كانت مثبتة في الأجهزة أو اللوحة المستوية، أو قد تكون متطاولة مركبة على قاعدة مستوية وتستعمل لضبط اللوحة المستوية بوضعها في الأركان الأربعة.

7- الابرة المغناطيسية (بوصلة الانحراف) magnetic needle or trough compass: تستخدم البوصلة لتحديد اتجاه الشمال المغناطيسي أو لتوجيه الخريطة، توضع الإبرة فوق احدى النقاط الأرضية وتوجيهها إلى نقطة أخرى ثم وفي مكان مناسب قرب حافة ورقة الرسم يؤشر سهم باتجاه الشمال كما تشير البوصلة.

8- مسطرة مقياس الرسم Scale rule: هي مسطرة مسطحة أو مضلعة عليها تدرجات تشير إلى المسافات على الخريطة معادلة لمسافاتها الطبيعية حسب مقاييس رسم مختلفة، عادة تكون هذه المقاييس شائعة الاستعمال لكن ليس دائما لذا تستعمل المسطرة الاعتيادية ثم تحول المسافات حسب مقياس الرسم أنياًٍ وبمساعدة الحاسبة الإليكترونية.

9- ملحقات أخرى: يتطلب المسح باللوحة المستوية توفر عدد من الأدوات المكتبية، كأقلام الرصاص ذات صلابة مختلفة، وممحاة لإزالة الخطوط الزائدة، كذلك ورقة صقل ناعمة (ورق جام أو كاغد سمبادة) لبري رأس قلم الرصاص باستمرار وعادة ما يثبت ورق السقل على أحد أرجل اللوحة المستوية.

**القواعد العامة للمسح باللوحة المستوية**

1- تثبيت لوحة الرسم بشكل جيد على اللوح باستعمال شريط لاصق أو ادبابيس رسم.
2- استعمال غطاء من النايلون لوقاية الرسم واللوح من تقلبات الطقس الممطر.
3- ضبط التسامت مع النقاط الأرضية قدر الإمكان وبصورة خاصة عندما يكون مقياس رسم الخريطة كبيراً أما في حالة مقاييس الرسم الصغيرة فإن وجود اللوحة قريباً من النقطة الأرضية يعد كافياً.
4- تسوية اللوحة المستوية باستخدام فقاعة التسوية.
5- التوجيه الصحيح للوحة بعد مسامتتها على نقطة معينة واستعمال مسطرة التوجيه لرسم شعاع نحو نقطة أخرى مثبتة على الأرض وذات بعد مناسب عنها.
6- قفل الحركة الدورانية للوحة المستوية عندما تكون الخطوط المرسومة كافة مطابقة لنظيرتها على الأرض.
7- رسم حاشية أو ترك فراغ حول الخريطة لكتابة الملاحظات ومقياس الرسم ومفتاح الخريطة.
8- رسم الأشعة بخطوط فاتحة اللون.

9- تأشير الانتهاء من تدقيق صحة الخطوط المرسومة ومسح الكتابات والملاحظات غير الضرورية.

10- تدقيق صحة مواقع المحطات من نقطة أخرى إذا أمكن ذلك.

11- مراعاة الدقة عند قياس الأبعاد الأرضية وتحديدها على الخريطة.

**طرق المسح باللوحة المستوية**

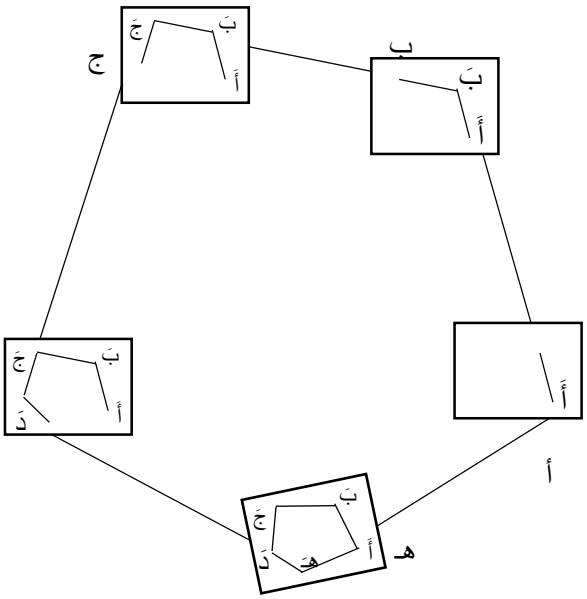
الواقع هنالك أربعة طرق أساس لرسم الخرائط باللوحة المستوية، وان تطبيق أي طريقة من هذه الطرق يعتم على طبيعة الأرض وإمكانية رصد النقاط وقياس الأبعاد الفاصلة بينها إضافة إلى ارتباط تطبيق الطريقة المعينة بمقياس الرسم المطلوب للخريطة ونوعها والدقة المطلوبة لها، وقد تطبق أكثر من طريقة في نفس الوقت لرسم الخريطة. وطرق المسح باللوحة المستوية هي:

**1- طريقة التضليع أو الدوران**

تطبق هذه الطريقة على المضلعات المقفلة والمفتوحة عندما تكون كل نقطة من نقاط المضلع منظورة من النقطتين السابقة واللاحقة لها ومن الممكن قياس أطوالها، وهي من أكثر الطرق ملائمة للخرائط التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة. تبدأ الخطوة الأولى بنصب اللوحة المستوية فوق احد نقاط رؤوس المضلع ولتكن نقطة أ مثلاً وبعد ضبط الأفقية وقفل الحرة الدورانية للوحة، نؤشر اتجاه الشمال ثم نقوم بنقل النقطة إلى من أسفل اللوحة إلى ورقة الرسم بمقص التسامت، ونرمز للنقطة بـ أ نأخذ مسطرة التوجيه ونضعها على اللوحة بحيث تكون حافتها ملاصقة لدبوس أو راس القلم مثبت عند نقطة أ ثم نطبق فرضة وشعيرة باتجاه الشاخص المثبت عند نقطة ب، ثم نرسم شعاعاً خفيفاً باتجاه نقطة ب بعدها نقيس المسافة أ ب على الأرض ونحولها حسب مقياس الرسم المقترح، نؤشر نقطة ب على الورقة ثم نمسح الزائد من الخط.

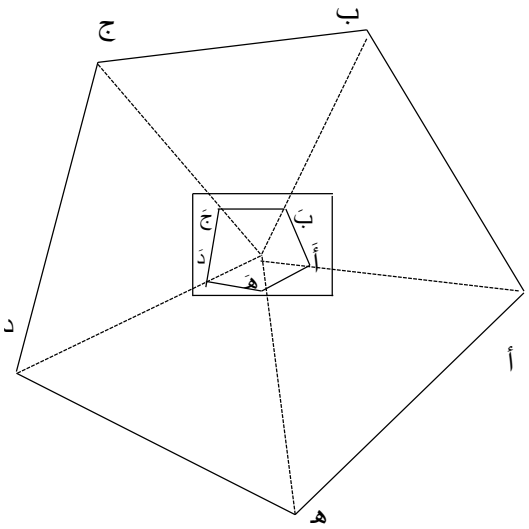
في الخطوة الثانية ننقل اللوحة إلى نقطة ب على الأرض إذ ستكون المسافة أ ب مرسومة فعلاً على الورقة ثم نطابق نقطة ب المرسومة من نقطة أ مع نقطة ب الأرضية إذ نضع راس مقص التسامت على نقطة ب المرسومة ونترك الشاقول يتدلى وعند ثبات حركتة نلاحظ إذا ما كان الشاقول يشير إلى نقطة ب الأرضية أم لا فإذا لم يشر نحرك اللوحة إلى ان تتطابق النقطتين، ثم نسوي الأفقية ونقفل الحركة الدورانية، ثم نتأكد من مطابقة الخط أ ب المرسوم مع الأرضي بتوجيه مسطرة التوجيه من ب إلى أ وتحريك القلم فوق الشعاع المرسوم في حال تطابقه فأن العمل صحيح والا يراجع العمل ويتم تحليل الخطأ وتصحيحه، ثم من نقطة ب نعيد العمل بالرصد والتوجيه إلى نقطة ج، نرسم شعاعاً من ب باتجاه ج، ثم نقيس المسافة من ب إلى ج ونحولها حسب مقياس الرسم ثم نمسح الزائد ونؤشر نقطة ج على الورقة.

ننقل اللوحة بعدها إلى نقطة ج ونطابق النقطتين ج الأرضية والمرسومة ثم نتأكد ونطابق الخط المرسوم من ب إلى ج بالرد العكسي وعند المطابقة، ننتقل إلى رصد والتوجيه إلى النقطة التي تليها، وبعد الانتهاء منها ننتقل إلى النقطة التي تليها، وهكذا مهما كانت عدد أضلاع المضلع المقترح، وهنا نكون قد أنهينا العمل بتحديد حدود الخريطة عندما نرجع إلى نقطة أ، وهنا يجب ان تتطابق نقطة أ المرسومة مع الأرضية والا فان العمل قد شابه نوع من الخطأ، أما نقل المعالم التي داخل الحدود ففي حالة كون المساحة صغيرة ويمكن التنقل بين النقاط فمن الأفضل رفعها بعد تحديد الحدود عن طريق إعادة مسامتته أي نقطة ومطابقتها مع النقطة التي قبلها والنقطة التي تليها ثم نرسم أشعة باتجاه المعلم بما يكفي لنقله بمسطرة التوجيه، ثم نقيس ونحول حسب مقياس الرسم ونمسح الزائد منها كأن نمد أشعة من النقطة إلى أركان حقل معين أو مبنى ثم بعد تحديد نقاط الأركان على الورقة توصل الأركان بلون اغمق وتمسح الأشعة. ان أشعة نقل المعالم قد تكون هي أيضاً خطوط الضبط والتحقيق بنفس الوقت.




## 2–طريقة الإشعاع (الثبات) radiation

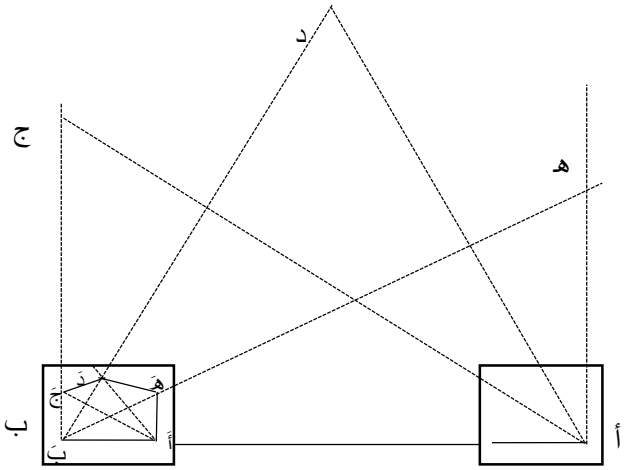
يتوقف تطبيق هذه الطريقة على إمكانية رؤية جميع نقاط رؤوس المضلع المقفل أو المفتوح من نقطة واحدة فقط وقياس الأبعاد الأرضية بين هذه النقطة ورؤوس المضلع، وهذه النقطة قد تكون داخل حدود الشكل أو خارجه أو احدى نقاط حدوده. في الشكل اختيرت نقطة داخل الحدود يمكن رؤية كل نقاط المضلع منها وكذلك يمكن قياس المسافات الأرضية بين النقطة ونقاط المضلع. ننظم اللوحة بصورة أفقية ونحدد اتجاه الشمال المغناطيسي بعد قفل الحركة الدورانية، ننقل س بمقص التسامت إلى الورقة (ويمكن فعل العكس) وبذلك يتحدد موقع نقطة س على الورقة نأخذ مسطرة التوجيه ونضعها ملامسة لنقطة سُ على الخريطة ثم نوجهها نحو النقطة أ، ب، ج، د، هـ على الأرض ونرسم أشعة خفيفة نحو كل منها، نقيس المسافة س أ، س ب، س ج، س د، س هـ ونحولها حسب مقياس الرسم وبذلك تتحدد النقاط أ، ب، ج، د، هـ على الخريطة.



وللتحقق من صحة العمل نقيس بعض أضلاع الشكل ومقارنة أطوالها النسبية على الخريطة بأطوال أضلاعها على الأرض، أو ان ننقل اللوحة فوق احدى النقاط ونوجه مسطرة التوجيه إلى أي من النقطتين التي تسبقها أو التي تليها ثم نقيس المسافة ونحولها حسب مقياس الرسم فاذا تطابقت المسافة الأرضية مع المرسومة فإن العمل صحيح.

### 2–طريقة التثليث (التقاطع الأمامي) Triangulation

تطبق هذه الطريقة عندما تكون رؤوس المضلع منظورة من نقطتين واقعتين على خط مستقيم واحد يسمى خط القاعدة حيث لا يشترط ان تكون جميع النقاط منظورة من نفس النقطتين، بل من أي نقطتين واقعتين على نفس خط القاعدة ويمكن رصد أحدهما من الأخرى، وقياس المسافة بينهما. وخط القاعدة هذا قد يكون أحد أضلاع المضلع أو خطاً خارجياً، وتصلح هذه الطريقة لتحشية تفاصيل المعالم بصورة مباشرة.

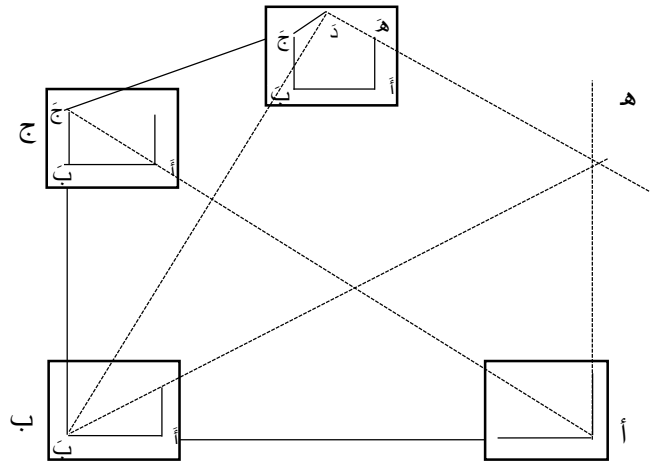


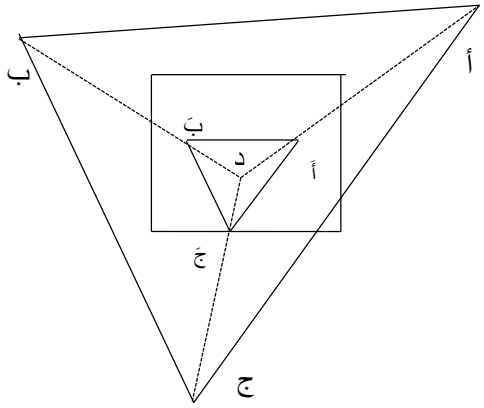

في الشكل اختير المضلع ا ب ليكون خط القاعدة وهو المسافة الوحيدة التي تقاس في هذه الطريقة. نثبت اللوحة فوق نقطة أ ثم نضبط الأفقية ونقفل الحركة ونحدد الشمال، ثم ننقل النقطة أ إلى الخريطة، نرسم من نقطة أ نرسم شعاعاً إلى نقطة ب ثم نقيس المسافة ونحولها حسب مقياس الرسم، ثم نرسم أيضاً أشعة بعد التوجيه إلى النقاط ج، د، هـ،.... ولا داعي لقياس المسافة، ثم نحول اللوحة إلى نقطة ب ثم نطابق ب المرسومة مع ب الأرضية ونوجه باتجاه نقطة أ وبالرصد العكسي إذا انطبق الخط فإن العمل صحيح والا نعدل العمل، ثم من نقطة ب نرسم بعد التوجيه أشعة إلى النقاط ج، د، هـ، .... ، نقاط تقاطع الأشعة المنطلقة من النقطتين إلى احدى النقاط ستمثل مكان تلك النقطة على الخريطة، مثال ذلك الشعاع المنطلق من نقطة أ باتجاه ج وتقاطعه مع الشعاع المنطلق من نقطة ب إلى ج ستمثل مكان نقطة ج على الخريطة. نصل نقاط التقاطع لتمثل بقية أضلاع المضلع.

### 4–طريقة إعادة التقاطع (التقاطع العكسي أو التقاء الأشعة) Resection

تستخدم هذه الطريقة للخرائط الطوبوغرافية ذات مقاييس الرسم الصغيرة، حيث نستعيض عن قياس الأضلاع كافة بقياس أحدها فقط الذي يتخذ خط قاعدة يستند عليه في تعيين مواقع نقاط رؤوس المضلع الأخرى، وتعد هذه الطريقة معاكسة لطريقة التقاطع الأمامي، لان اللوحة المستوية تثبت في هذه الطريقة على النقطة الأرضية بصورة تقريبية قبل تحديد موقعها الدقيق على الخريطة.

نفرض ان النقاط أ ب ج د هـ في الشكل هي النقاط الرئيسية المثبتة لتحديد المنطقة المطلوب رسمها، نثبت اللوحة ونضبط أفقيتها ونقفل حركتها ونحدد الشمال، ثم ننقل نقطة أ من الأرض إلى اللوحة مراعين ان تكون بمكان مناسب من ورقة الرسم، ثم بمسطرة التوجيه نرسم شعاعاً إلى هـ وأخر إلى ب ونقيس المسافة أ هـ ونحولها حسب مقياس الرسم ونؤشر نقطة هـ على الخريطة، ثم ننتقل مع اللوحة إلى نقطة ب نضبط الأفقية وقبل قفل الحركة نسامت النطة ب الأرضية على الخريطة بشكل تقريبي ثم نوجه بمسطرة التوجيه لحين ان تصبح الفرضة والشعيرة والشاخص على استقامة واحدة ثم نرسم شعاع يقط هـ على الخريطة ويقط الشعاع الصادر من ا باتجاه ب ونقفل الحركة، ونقطة التقاطع هي نقطة ب على الخريطة ثم نمد شعاع باتجاه ج، ننقل اللوحة إلى ج وكما فعلنا في ب نفعل في ج ولكن نوجه إلى أ وليس إلى هـ ثم نقفل الحركة عند ج ونحدد نقطة ج على الخريطة، ثم نمد شعاع إلى د، ثم ننتقل إلى د ونعيد العمل مع التوجيه إلى ب هذه المرة وليس إلى أ، في النقلة الأخيرة يجب أن تتقاطع الأشعة بحيث يصبح الشعاع د هـ مطابقا للمسافة د هـ.



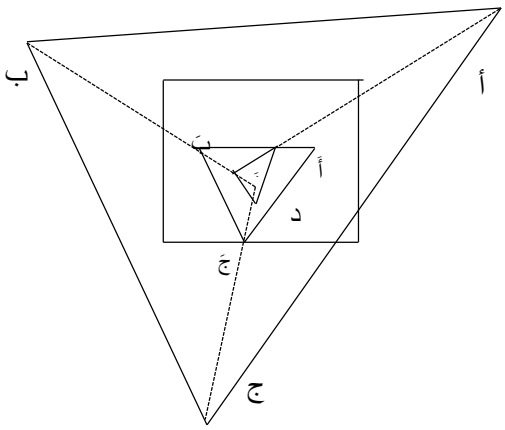




**تثبيت مواقع النقاط الأرضية التفصيلية باللوحة المستوية**

**1-مسألة الثلاث نقاط Three point problem**

وتشمل هي الأخرى ثلاث حالات هي

أ-طريقة مثلث الخطأ: في الشكل لدينا ثلاث نقاط أرضية هي أ ب ج وقد سبق تعين وقعها على الخريط ويراد تعين د المجهولة على الخريطة تنصب اللوحة فوق د، ونوجهها بصورة تقريبية بجعل أَ بَ، بَ جَ يوازي ب ج، جَ أَ يوازي ج أ ثم نجعل مسطرة التوجيه بمحاذاة أَ ونرصد نقطة أ ونرسم شعاعاً عكسياً إلى الخلف ونكرر نفس العمل مع النقطتين بَ، جَ مع ب، ج على الترتيب، فإذا تقابلت الأشعة الثلاث في نقطة واحدة فإنها تكون موقع النقطة المطلوبة د على الخريطة، أما إذا لم تتلاقى في نقطة واحدة فينشأ مثلث صغير يسمى مثلث الخطأ كما في الشكل أدناه الذي يتطلب تحريك اللوحة قليلا في مستواها وإعادة رصد النقاط الثلاث



كما سبق بيانه في أعلاه وتكرار ذلك إذا تطلب الأمر، إلى ان تتلاقى الأشعة الثلاثة في نقطة واحدة. ان الملاحظات الأتية ومعرفتها ابتداء تسهل بالتأكيد إيجاد موقع النقطة المطلوبة.

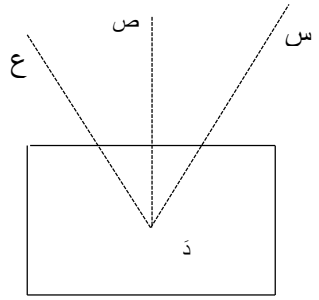
1- إذا كانت اللوحة منصوبة داخل المثلث المتكون من النقاط الرئيسة فإن موقع النقطة المطلوبة يكون داخل مثلث الخطأ.

2- إذا كان مثلث الخطأ خارج المثلث المتكون من النقاط الرئيسية ولكن داخل الدائرة العظمى التي تكونها هذه النقاط الثلاث سيكون بين موقع النقطة المطلوبة وبين نقطة تقاطع الشعاعين الآخرين.

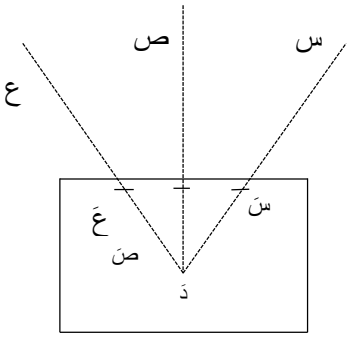
3- إذا كانت اللوحة خارج الدائرة العظمى التي تكونها النقاط الرئيسية فإن النقطة المطلوبة تكون على نفس جهة الشعاع المرسوم من النقطة الأبعد بالمقارنة بنقطة تقاطع الشعاعين الآخرين.

4- إذا كانت اللوحة على خط معدل شعاعين أو على امتداد فإن اثنين من الأشعة سيكونان موازيين وسيتقاطعان مع الشعاع الثالث وفي هذه الحالة لا يتكون مثلث الخطأ.

**ب-طريقة الورق الشفاف**




تعد من الطرق السريعة برغم ان دقتها لا توازي دقة الطرق الأخرى. في الشكل لدينا ثلاث نقاط أرضية هي س ص ع معلومة المواقع على الخريطة والنقطة د مجهولة تنصب اللوحة المستوية فوق د ونثبت عليها ورقة شفافة لتحديد موقع دَ نقلا من الأرض إلى الخريطة بمقص التسامت حيث نرسم منها أشعة النقاط س ص ع. نرفع الورقة الشفافة ونضعها على الخريطة المثبتة عليها النقاط سَ صَ عَ المكافئة للنقاط أعلاه ونحركها بحيث تقع كل نقطة على الخريطة على الشعاع المرسوم باتجاه النقطة المناظرة لها على الأرض، كما في الشكل عند هذا الحد نغرز دبوس لتحديد دَ المطلوبة على الخريطة. ويكون العمل صحيحاً إذا التقت الأشعة المرسومة على الخريطة نحو النقاط الأرضية مارة بنظيراتها على الخريطة في نقطة واحدة هي دَ.




-1

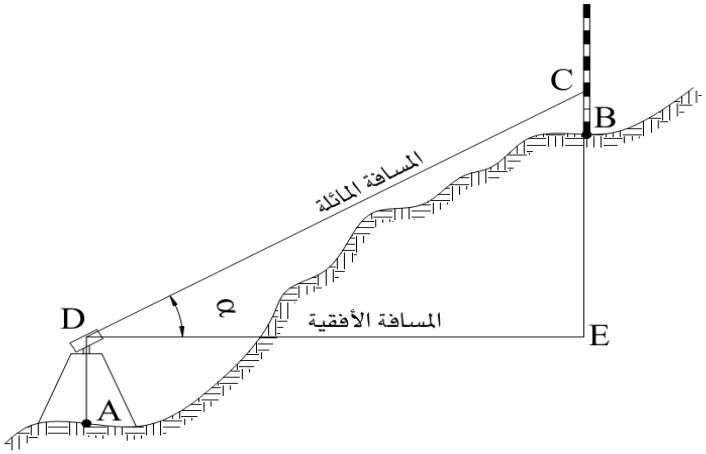
**بسم الله الرحمن الرحيم**

**د. واثب النعيمي**

## التسوية Leveling

يمكن إجراء عمليات التسوية باستخدام مثلث فيثاغورس كما في أدناه:

يحسب الفرق في الأبعاد الرأسية بين أي نقطتين بقياس الزاوية الرأسية من إحدى النقطتين على النقطة الأخرى و بمعرفة إما المسافة المائلة أو المسافة الأفقية الفاصلة بين النقطتين. ثم يتم حساب الفرق في الارتفاع بتطبيق قوانين حساب المثلثات (الشكل ٣,٥).




**الشكل 3.5: يبين حساب الفرق في الارتفاع**

**DE** : مسافة أفقية

**CE** : مسافة رأسية $CE = DC \sin \alpha$

الفرق بين منسوبي **A** و**B** يساوي : $AB = AD + CE - BC$

**AB** : ارتفاع آلة القيس فوق النقطة **A**

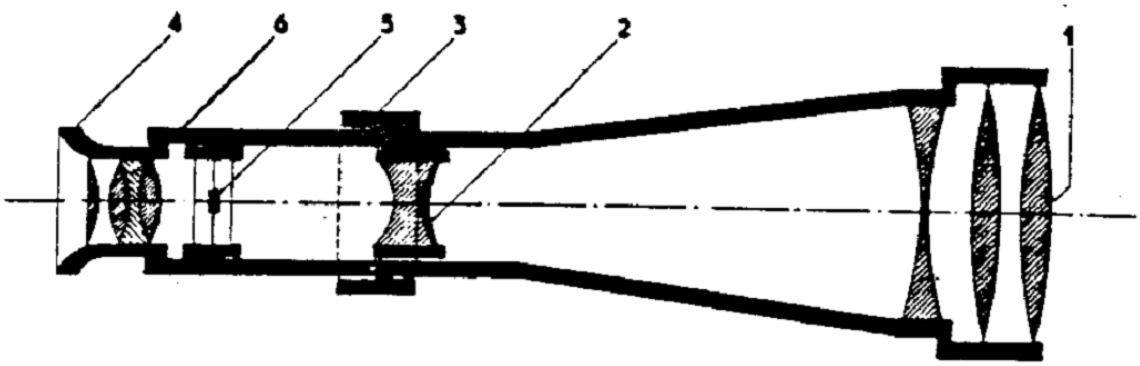
**BC** : الارتفاع فوق النقطة **B** يمكن قياسه بإحدى أدوات قيس المسافات.

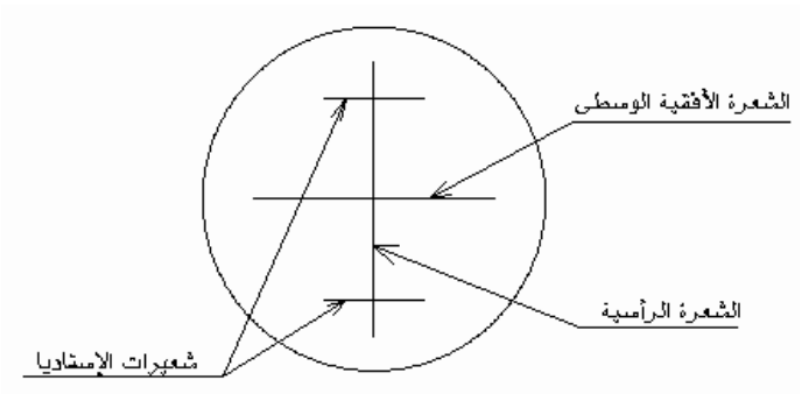
تبقى هذه الطريقة محدودة و ذلك لمسافات أفقية لا تتعدى حوالي ٣٠٠ متر.

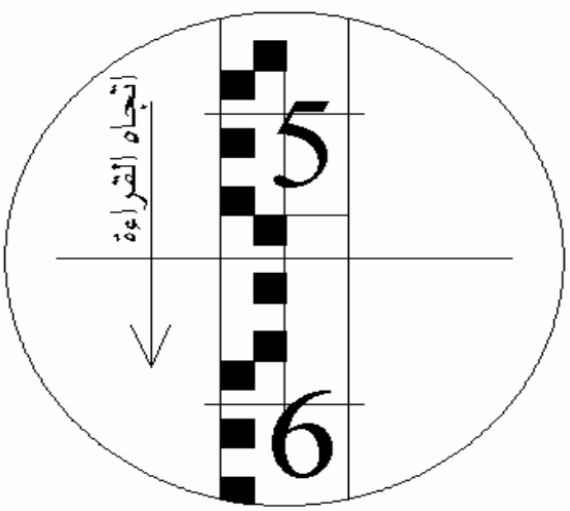
مثال :

تم رفع المسافة المائلة بالميزان و سجلنا **50,60** متر و زاوية مقدارها $30^0$ أوجد منسوب النقطة B علما أن منسوب النقطة A يساوي **245,00** ، ارتفاع آلة القيس تساوي 1,40 متر و الارتفاع على القامة يساوي 2,35 متر.

أو بحساب الفرق بين منسوب نقطتين باستخدام ميزان التسوية Level balance كما هو في الشكل 3




شكل 3 صورة ومخطط لجهاز التسوية

نفرض على سبيل المثال نقطتين A و B نبحث عن الفرق في الارتفاع بينهما. نضع قامتين لهما نفس الموصفات على النقطتين و باستعمال الميزان نكون مستوى أفقي وهمي موازي لمستوى المقارنة و يقطع القامات في b و a .

a : هي القراءة تمثل المسافة Aa

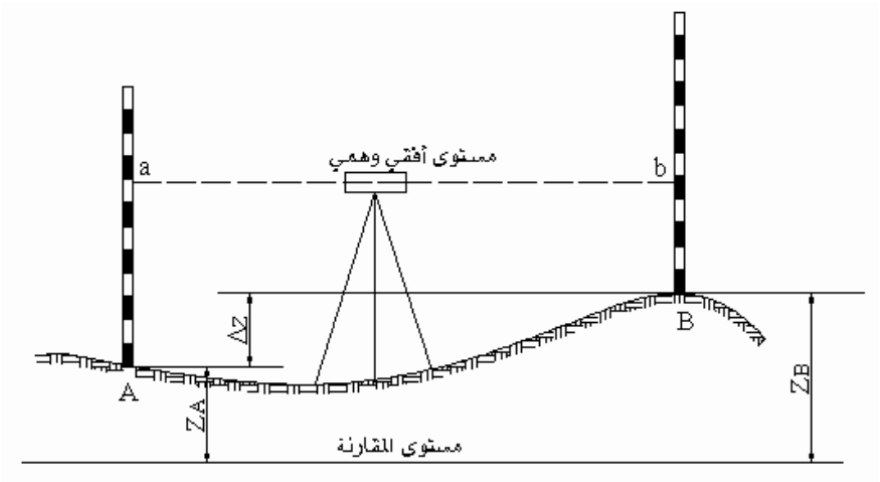
b : هي القراءة تمثل المسافة Bb

و نستطيع استنتاج مايلي :

الفرق في الارتفاع $b - a = \Delta z$

منسوب B = منسوب A + a – b

$$b - a + Z_A = Z_B$$




شكل 4 إيجاد الفرق بين منسوبين

قراءة على شعيرات الأستاديا :

نصف مجموع القراءات على شعيرات الإستاديا يساوي القراءة على الشعرة الأفقية الوسطى. و الفرق في القراءات في شعيرات الإستاديا مضروب في 100 يعطي المسافة بين الميزان و القامة. أمثلة لبعض القراءات على شعيرات الأستاديا :

كما يمكن إجراء عمليات التسوية باستخدام طرائق قديمة أو تقليدية، كاستخدام أوتاد ومسطرة وفقاعة تسوية (قبان بفقاعة)، وذلك بوضع المسطرة بشكل أفقي على أوتاد مغروزة بشكل عمودي على سطح التربة ثم توضع فقاعة التسوية على المسطرة ثم تعدل ارتفاعات الأوتاد بدقها لحين الوصول إلى مستوى التسوية المطلوب، تفيد مثل هذه الطرق في الحدائق المنزلية ذات المساحات الصغيرة جداً.

**التسوية المتسلسلة**

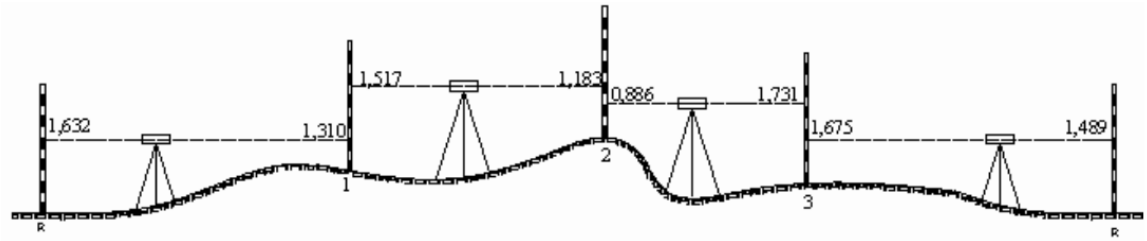
وهي إيجاد مناسيب عدد من النقاط التي تكون مرتبة بنسق معين، ان إيجاد الفرق بين منسوبي نقطتين بقراءة مسطرة التسوية التي توضع على النقطتين، إلا ان الحالة الأكثر شيوعا هي عدم تمكن الجهاز من قراءة المسطرة لأحدى النقاط بسبب:

1- بعد المسافة بين النقطتين.

2- عندما يكون الفرق بين المنسوبين أكبر من طول مسطرة التسوية.

3- عندما يكون بين النقطتين عوائق طبيعية أو صناعية يستحيل معها الرصد.

في مثل هذه الحالة تنفذ عملية التسوية أو نقل المنسوب على مراحل كما في الشكل




يبدأ العمل على نقل المنسوب من أقرب علامة منسوب إلى المشروع، إذ ينصب جهاز التسوية عند مكان مناسب يمكنه قراءة أكبر عدد من القراءات، ثم توضع مسطرة التسوية قرب علامة المنسوب ثم تؤخذ قراءة المسطرة بعدها وتسمى هذه القراءة بالقراءة الخلفية ثم تؤخذ أخر قراءة ممكنة وتسمى حينها بالقراءة الأمامية ثم تؤخذ عدة قراءات بينهما وتسمى بالقراءات الوسطية، وهذا كله دون تغيير موقع الجهاز، أما عند عدم إمكانية القراءة من نفس الموضع ولم تكتمل التسوية بعد يصار إلى تغير موقع الجهاز وهنا يجب الانتباه إلى ان مسطرة التسوية يجب ان تثبت في مكانها عند القراءة الأمامية ( والتي عادة تكون أخر قراءة)، بعد إكمال نصب الجهاز في الموقع الجديد تؤخذ قراء خلفية أخرى على نفس النقطة التي اخذ فيها قراءة أمامية قبل نقل الجهاز ( أي فقط بلف مسطرة التسوية إلى الجهة المعاكسة) وتسمى حينها هذه النقطة بنقطة الدوران، ثم يكمل العمل بأخذ قراءات وسطية أو أمامية أو نقاط دوران بحسب الحاجة، وبعد الانتهاء يكمل العمل مكتبياً حسب المثال أدناه:

مثال 1 طريقة حساب المناسيب بطريقة ارتفاع خط النظر

| النقطة | القراءات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | خلفية | وسطية | أمامية | المنسوب | الملاحظات |
| أ | **1.54** | | | **100 م** | نقطة البداية |
| **1** | | **0.24** | | | |
| **2** | | **3.56** | | | |
| **3** | | **2.86** | | | |
| **4** | | **1.42** | | | |
| **5** | **1.61** | | **2.96** | | نقطة دوران |
| **6** | | **1.89** | | | |
| **ب** | | | **2.44** | | نقطة النهاية |

ارتفاع خط النظر = منسوب النقطة + القراءة الخلفية

ارتفاع خط النظر= 100 + 1.54= 101.54 م

منسوب النقطة = ارتفاع خط النظر – القراء الوسطية أو الأمامية

منسوب النقطة 1 = 101.54 – 0.24 = 101.30م

م. ن. 2 = 101.54 – 3.56 = 97.98 م

م.ن.3 = 101.54–2.86= 98.68 م

م.ن. 4 = 101.54 – 1.42 = 100.12 م

م.ن.5 = 101.54–2.96= 98.58 م

بما ان النقطة الخامسة هي نفسها نقطة دوران فهذا يعني ان تم تغير الجهاز ولا بد من إيجاد ارتفاع خط نظر جديد

ارتفاع خط النظر = منسوب النقطة + القراءة الخلفية ، اذاً ارتفاع خط النظر= 98.58+1.61= 100.19 م

م. ن6 = 100.19 – 1.89 = 98.30 م ، م.ن. ب = 100.19 – 2.44 = 97.75 م

| النقطة | القراءات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | خلفية | وسطية | أمامية | ارتفاع خط النظر، م | المنسوب | الملاحظات |
| أ | **1.54** | | | **101.54** | **100 م** | نقطة البداية |
| **1** | | **0.24** | | | 101.30 | |
| **2** | | **3.56** | | | 97.98 | |
| **3** | | **2.86** | | | **98.86** | |
| **4** | | **1.42** | | | **100.12** | |
| **5** | **1.61** | | **2.96** | **100.19** | **98.58** | نقطة دوران |
| **6** | | **1.89** | | | **98.30** | |
| **ب** | | | **2.44** | | **97.75** | نقطة النهاية |
| | **3.15** | | **5.4** | **2.25 =5.4–3.15** | **2.25** | |

وللتأكد من صحة الحسابات نحسب الفرق بين النقطتين الأولى والأخيرة وهذا الفرق يجب ان يكون مساويا إلى الفرق بين مجموع القراءات الخلفية ومجموع القراءات الأمامية كما في الصف الأخير من الجدول

**مثال 2 طريقة حساب المناسيب بطريقة الارتفاع والانخفاض لنفس الجدول**

في هذه الطريقة تقارن القراءة اللاحقة بالقراءة الحالية ويلاحظ الفرق إذا كان موجبا فيوضع الرقم في خانة الارتفاع ثم يضاف الفرق إلى منسوب النقطة السابقة، أما إذا كان الفرق سالبا فيوضع الفرق خانة الانخفاض ويطرح الفرق من منسوب النقطة السابقة وهكذا، مع ملاحظة الابتداء بالحساب من جديد عند نقاط الدوران

1.54− 0.24 = 1.30 ، م. ن. 1 = 1.3+100= 101.30 م

0.24−3.56 = −3.32 ، م. ن. 2 = 101.30−3.32 = 97.98م .....

1.42− 2.96 = −1.54 ، م. ن. 5 = 100.12−1.54= 9858 م

النقطة السادسة 1.61−1.89= −0.28 ، م. ن. 6 = 98.58 −0.28= 98.3 م

| النقطة | القراءات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | خلفية | وسطية | أمامية | الارتفاع | الانخفاض | المنسوب | الملاحظات |
| أ | **1.54** | | | | | **100 م** | نقطة البداية |
| **1** | | **0.24** | | **1.30** | | 101.30 | |
| **2** | | **3.56** | | | 3.32 | 97.98 | |
| **3** | | **2.86** | | **0.70** | | **98.86** | |
| **4** | | **1.42** | | **1.44** | | **100.12** | |
| **5** | **1.61** | | **2.96** | | **1.54** | **98.58** | نقطة دوران |
| **6** | | **1.89** | | | **0.28** | **98.30** | |
| **ب** | | | **2.44** | | **0.55** | **97.75** | نقطة النهاية |
| | **3.15** | | **5.4** | **3.44** | **5.69** | | |
| | **2.25 =5.4−3.15** | | | **2.25=5.69−3.44** | | **2.25** | |

وللتأكد من صحة الحسابات يجب ان يكون الفرق بين منسوب البداية والنهاية مساويا للفرق بين مجموع القراءات الخلفية والأمامية ومساويا للفرق بين مجموع الارتفاعات والانخفاضات

**بسم الله الرحمن الرحيم**

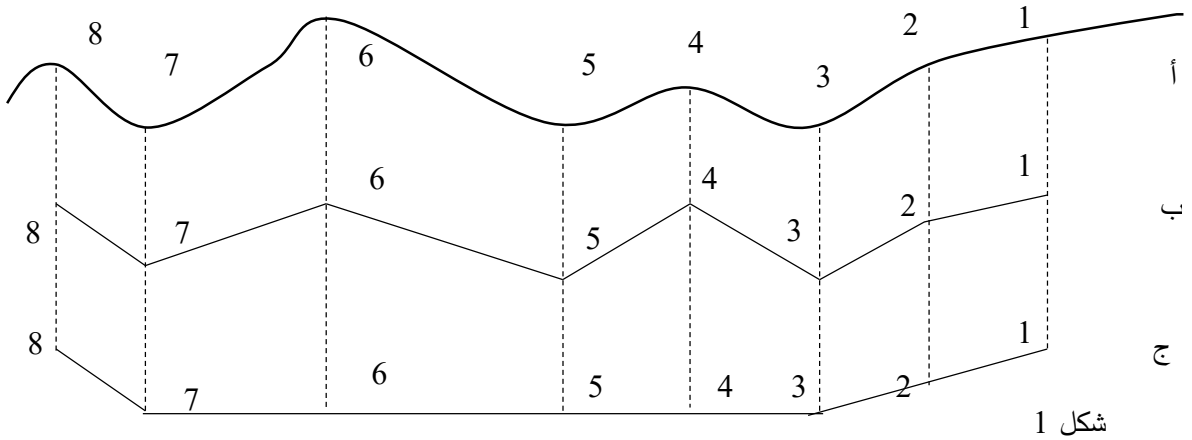
**د. واثب النعيمي**

**المقاطع الطولية والعرضية**

يعد إعداد المقاطع الطولية والعرضية من اهم الأغراض التي تهدف إليها عملية التسوية، إذ نحصل بها على شكل أو أشكال تبين تعرجات وتموجات سطح الأرض على امتداد الخط المطلوب الذي قد يكون مستقيما أو منحنيا. ويعبر عنه بموجب مقياس رسم.

على هذا الشكل يتطلب معرفة مناسيب عدد من النقاط الواقعة على المقطع المزمع إعداده إضافة إلى الأبعاد الأفقية لهذه النقاط ابتداءً من نقطة بدايته، يتم اختيار هذه النقاط عادة عند المواقع التي يحدث فيها تغيير ملحوظ أو متميز في طبيعة سطح الأرض. وبذلك عند رسم خط المقطع الذي يصل بين هذه النقاط، يكون من الممكن اعتبار ميل سطح الأرض بين النقاط المتعاقبة ميلاً منتظما يعبر عنه بخط مستقيم.

ان عدم الدقة عند اختيار النقاط وبيان مناسيبها الضرورية لرسم المقطع يؤدي إلى عدم الحصول على شكل يماثل الشكل الطبيعي والفعلي للخط الأرضي كما موضح في الشكل أدناه، في الشكل يمثل الخط أ طبيعة تموج الأرض الفعلي أو الطبيعي ابتداءً من النقطة 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7 و8 بينما الخط ب يمثل الانحناءات الطبيعية بشكل جيد بخطوط مستقيمة أما الخط ج فهو لا يمثل النقاط جميعها بشكل جيد فهة يمتد من النقطة 1 إلى 3 بخط مستقيم واحد ومن النقطة 3 إلى النقطة 7 بخط مستقيم أفقي واحد يلغي كل التموجات الطبيعية وفقط الخط بين النقطتين 7 و8 ممثل بشكل جيد.




شكل 1

من جهة أخرى إذا لم تكن النقاط التي يتغير فيها ميل سطح الأرض دليلاً للعمل أو عندما لا يكون بالإمكان تحديدها على الأرض كما في حالة المقاطع التي تتخذ على امتدادات خطوط الطرق والسكك الحديدية فمن الأفضل في هذه الحالة ان تؤخذ القراءات على نقاط متساوية البعد عن بعضها البعض، كأن تكون 25 م أو 50 م أو غيرها. وهذا يتوقف بالدرجة الرئيسية على درجات ميل الأرض حيث تصغر المسافة بازدياد الميل والعكس، قد تكون مقاطع طولية أو عرضية، فالمقطع الطولي هو الذي يتبع في مساره خطاً سبق تعينه وتأشيره، أي الخط المركزي للمشروع المقترح مثل سكة حديد، قناة ري أو بزل خط أنابيب نقل المياه أو النفط، فالمقطع الطولي هو الوسيلة التي يتمكن المهندس بواسطتها من دراسة العلاقة بين سطح الأرض الفعلي ومناسيب أو مستويات العمل المطلوبة على امتداد واتجاه طوله. وفي تصميم المشاريع يكون من الضروري غالباً على عدة مقاطع طولية على امتداد عدة خطوط مركزية مقترحة من اجل مقارنة تكاليف وملاءمة المشروع بالنسبة لخطوطه المركزية المقترحة واعتماد الأفضل من بينها حسب الاعتبارات المطلوبة.

ان المقطع الطولي لا يمكن ان يوضح مواصفات الأرض الواقعة على جانبي خطه المركزي ومن ثم فهو لا يوفر ما يكفي من المعلومات لتصميم المشروع المطلوب فيما عدا المشاريع التي تشغل شريطاً ضيقاً، من الأرض كخطوط نقل الأنابيب التي يعد سطح الأرض فيها أفقياً ضمن حدود عرض المشروع ومتعادل جانبياً بالنسبة للخط المركزي. اما الأعمال التي تكون فيها الأرض متسعة نسبياً على جانبي الخط المركزي فإنها تتطلب معلومات إضافية نحصل عليها من عمل المقاطع العرضية التي تؤخذ عادة عمودياً على الخط المركزي وبأطوال مناسبة تزيد قليلا عن حدود العمل المطلوب من كلا جانبيه الأيمن والأيسر.

**المقاطع الطولية**

يتكون فريق عمل المقطع الطولي من:

1- الراصد: يقوم بتحديد اتجاه خط المقطع واختيار النقاط المناسبة كمواقع لمسطرة التسوية بما يتفق وطبيعة سطح الأرض وميلانه إضافة إلى استعمال جهاز التسوية وتسجيل القراءات المرصودة في جدول التسوية.
2- حامل المسطرة وظيفته وضع مسطرة التسوية بصورة عمودية على النقاط التي يختارها الراصد.
3- المساعدان: يقومان بقياس المسافات الأفقية بين النقاط بالشريط أو أداة أخرى مناسبة.

الغالب تناط مهمة إمساك المسطرة بأحد المساعدين وهذا يستلزم ان ينتظر الراصد وقتا ما إلى سحب أداة القياس إلى الأمام. وهذا يعني ان وجود مساعد واحد يؤدي إلى ضياع وقت غير قليل إضافة إلى اضطرار الراصد لترك جهاز

التسوية من اجل المساعدة في عملية القياس. تتكون أدوات العمل من جهاز التسوية ومسطرة تسوية، وأداة لقياس المسافة الأفقية، وشواخص، ونبال، وطباشير، وقلم ودفتر، وجداول تسوية.

يحدد المقطع الطولي بكامله أولاً بتثبيت عدد كافي من النقاط لبيان أجزائه المستقيمة والمنحنية ويكون ذلك بغرز شواخص وسطية يتم رصدها بالعين المجردة. أما إذا كان خط المقطع طويلاً فيثبت منه أولاً ما يكفي لأخذ قراءات نصف العمل اليومي في الأقل. أما في المناطق المغطاة بخرائط سابقة فان خط المقطع المطلوب يرسم من الخريطة ومن ثم يحدد على الأرض بالمقارنة النسبية بين مواقع المعالم الموضحة على الخريطة ونظيرتها الموجودة على الأرض أو باستخدام جهاز الثيودولايت في عدم احتواء المنطقة على معالم مميزة.

تبدأ عملية التسوية من الراقم قريب وتكون بقراءات خلفية وأمامية فقط الى حين الوصول إلى موقع يمكن منه رصد نقطة بداية خط المقطع المطلوب رسمه هي تقرأ المسطرة عليها قراءة أمامية. الجهاز التسوية إلى موقع جديد المسافة من نقطة البداية وباتجاه سير العمل وتقرأ المسطرة ثانية على نقطة بداية المقطع حيث تكون خلفيه، ومنها يبدأ القياس بالشريط باعتباره الأداة المستخدمة لقياس المسافات الأفقية. ثم توضع المسطرة في مواقع متتالية على امتداد خط المقطع حساب التغير الفعلي في والميل والاتجاه. وبعده قراءة الراصد للمسطرة يقوم حامل المسطرة بإبلاغه مقدار بعدها عن الشريط ابتداءً من نقطة بداية المقطع أو تسجل هذه المسافات لدى حامل المسطرة في دفتر يكون معه لهذا الغرض، سمك نقل بعدئذ إلى حقل المسافة جدول التسوية حسب ترتيبها. يستمر العمل بهذه الطريقة الى ان يصل الراصد إلى مرحلة لا يتمكن بعدها رؤية المسطرة بوضوح، سواء كان ذلك بسبب بعدها الكبير عنه أو بسبب طبيعة سطح الأرض ووجود العوائق، وبذلك لا يمكن قراءة المزيد من النقاط الوسطية. عند هذه المرحلة يقوم الراصد بإبلاغ حامل المسطرة بأنه يريد أخذ قراءة أمامية فيقوم حامل المسطرة بانتخاب نقطة أو موضع يصلح لأن يكون نقطة الدوران قد تكون على خط المقطع أو بعيداً عنه مع ملاحظة تساوي بعد الجهاز عن كل من القراءتين الخلفية والأمامية. المصدر عمودية تماما على هذه النقطة وتؤخذ قراءتها وتسجل في حقل الأماميات. ثم يقوم الراصد بنقل الجهاز الى موقع جديد، فوق أرض صلبة قدر الإمكان، باتجاه نهاية خط تسوية المقطع بحيث يمكنه من هذا الموقع رصد المسطرة وهي في وضعها فوق نقطة الدوران وكذلك رؤية مسافة طويلة مكشوفة باتجاه سير العمل. يقرأ الراصد المسطرة ثانية على نقطة الدوران من موقع الجديد ويسجل القراءة في حقل الخلفيات أمام نفس النقطة التي أخذت عليها القراءة الأمامية من موقع الجهاز السابق، كم يستمر تكرر العمل بنفس الأسلوب السابق حتى يصل إلى نقطة نهاية المقطع حيث تسجل القراءة المرصودة عليها في حقل الأماميات.

يستحسن الاستمرار في سلسلة التسوية بعد الوصول الى نقطه نهاية المقطع لغايه أقرب راقم بأخذ قراءات خلفيه وأماميه فقط ومقارنه منسوب هذا الراقم بالمنسوب الناتج من حسابات التسوية إذ يجب ان يتساوى المنسوبان أو لا يتعدى الفرق بينهما (مقدار الخطأ) القيمة الناتجة من تطبيق العلاقة الأتية

الخطأ المسموح بالملي متر= 10 * $\sqrt{\text{طول خط التسوية بالكيلو متر}}$

يوزع مقدار الخطأ الواقع ضمن الحدود المسموح بها بطريقه التناسب أطوال المسافات بين القراءات. أما إذا تعدى مقدار الخطأ حدود القيمة المسموح بها فيجب إعادة العمل من جديد. عند تعذر الوصول الى راقم قريب من نقطه المقطع الأخيرة، يمكن التحقق من صحة العمل بإعادة عمليه التسوية بصوره عكسية من حيث اتجاه العمل نهاية الوصول الى نقطه بداية المقطع خلفيات أماميات فقط. ثم يقارن منسوب نقطه البداية الناتج عن العمل بالاتجاهين المتعاكسين حيث يجب ان لا يتعدى مقدار الفرق بينهما القيمة الناتجة عن تطبيق العلاقة المذكورة في أعلاه ويعاد العمل من جديد إذا تعداه.

طريقه تدوين القراءات وحساب مناسيبها لا تختلف مما سبق بيانه. والفرق الوحيد في صيغه جدول التسوية إضافة عمود واحد للجدول تسجل فيه المسافات بالمتر بين النقاط بالنسبة لنقطه بداية المقطع. والجدول الاتي مثال يبين تسجيل القراءات ومناسيب النقاط محسوبة بطريقه ارتفاع خط النظر لجزء من مقطع طولي إضافة الى المسافات بين النقاط المحسوبة اعتبارا من نقطه بداية خط المقطع.

يمكن رسم المقطع الطولي بعد الحصول على مناسيب النقاط المرصودة على خط المقطع المطلوب. تبدأ عمليه تشكيل المقطع برسم خط أفقي مستقيم (المحور السيني) يمثل مجموع المسافات الأفقية بين النقاط المرصودة. منسوب هذا الخط فهو منسوب مستوى المقارنة. ولكن إذا كانت المنطقة ترتفع كثيرا فوق مستوى المقارنة، فانه طرق فروق المناسيب سوف لا تظهر واضحة. ومن هنا، في مثل هذه الحالات يعد منسوب الخط الأفقي هذا، مرفوعاً بمقدار مناسب فوق مستوى المقارنة. والمقدار المناسب هذا هو الذي يقل عن أوطأ منسوب من مناسيب النقاط المرصودة. وعادة تكتب عباره " المنسوب مرفوع بمقدار كذا فوق مستوى المقارنة". تؤشر على الخط الأفقي مواقع النقاط التي رصدت مناسيبها حسب أبعادها الأفقية وبموجب مقياس الرسم المستعمل ثم يرسم خط عمودي من موقع كل نقطه يمثل مقدار منسوبها حسب مقياس الرسم المستعمل. بعد ذألك نصل نهايات الخطوط العمودية المتجاورة بعضها ببعض بخطوط مستقيمه، وهذه الخطوط المستقيمة مجتمعة تمثل شكل المقطع الطولي المطلوب كما هو موضح في الشكل 2.

| النقطة | المسافة | القراءات | | | ارتفاع خط النظر، م | المنسوب م | الملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | خلفية | وسطية | أمامية | | | |
| أ | **0** | **3.20** | | | **15.60** | **12.40** | نقطة البداية |
| **1** | **20** | | **3.90** | | | 11.70 | |
| **2** | **55** | | **1.70** | | | 13.90 | |
| **3** | **70** | | **2.40** | | | **13.20** | |
| **4** | **90** | | **0.80** | | | **14.80** | |
| **5** | **125** | **0.30** | | **1.60** | **14.30** | **14.00** | نقطة دوران |
| **6** | **140** | | **1.40** | | | **12.90** | |
| **7** | **150** | | **1.80** | | | **12.50** | |
| **8** | **165** | | **0.50** | | | **13.80** | |
| **ب** | **180** | | | **0.20** | | **14.10** | نقطة النهاية |

يلاحظ من الشكل 2 اختلاف مقياس الرسم المستعمل للمسافات الأفقية والمناسيب. والسبب في ذلك يعود إلى ان طول المسافات الأفقية أكبر بكثير من الفروق بين المناسيب وان رسمها بنفس المقياس سوف لا يظهر تعرجات سطح الأرض بوضوح. ولكن اتباع أسلوب المقياس المختلف سيظهر هذه التعرجات بوضوح، لأنه درجات الميل بين النقاط المتعاقبة يكون فيها نوع من المبالغة الضرورية لتوضيح العلاقات بين خط المقطع الطبيعي على الأرض وخط المقطع التصميمي للعمل المطلوب إنجازه بدلالة هذا المقطع.

نرسم الأبعاد الأفقية بمقياس 1/500 أو 1/1000 والمناسيب بمقياس أكبر من ذلك مثل 50:1 أو 100:1، لكن هذه المقاييس ليست ثابتة وكذلك الفرق بينهما وذلك يعتمد على العوامل الأتية:

1- طبيعة الأرض: إذا يزداد الفرق في الأراضي المستوية مقارنة بالأراضي ذات التضاريس المختلفة.
2- مقياس الرسم الأفقي: إذ يزداد الفرق كلما صغر مقياس الرسم.
3- الهدف من رسم المقطع: إذ يزداد الفرق بزيادة الدقة المطلوبة على ان لا تتعدى الدقة المستخدمة في تسجيل قراءات المسطرة.

بعد الانتهاء من الرسم نقوم بتحبير خط المنسوب الطبيعي وخط المنسوب الأساس، أما الخطوط العمودية فتكون دقيقة أو بلون فاتح، ومن الضروري تثبيت أرقام مقاييس الرسم المستخدمة على رسم المقطع واي معلومة ضرورية أخرى. عند الانتهاء من إقرار موقع المشروع الهندسي يبدأ بإعداد خط المقطع التصميمي الذي نحتاجه في عملية التنفيذ، ويتضمن المقطع التصميمي المعالم الطبيعية الأصلية لسطح الأرض إضافة إلى مناسيب العمل الجديد ومنها يمكن استنتاج العلاقة الكمية بين الواقع والمطلوب، فلو أخذنا المثال أعلاه وبافتراض ان المطلوب هو تسوية المقطع بين نقطتي البداية والنهاية بميل تصاعدي (تنازلي) لوجب ان يكون الفرق في المنسوب بين نقطة البداية والنهاية هو:

فرق المنسوب بين البداية والنهاية= نسبة الميل * طول المسافة الأفقية

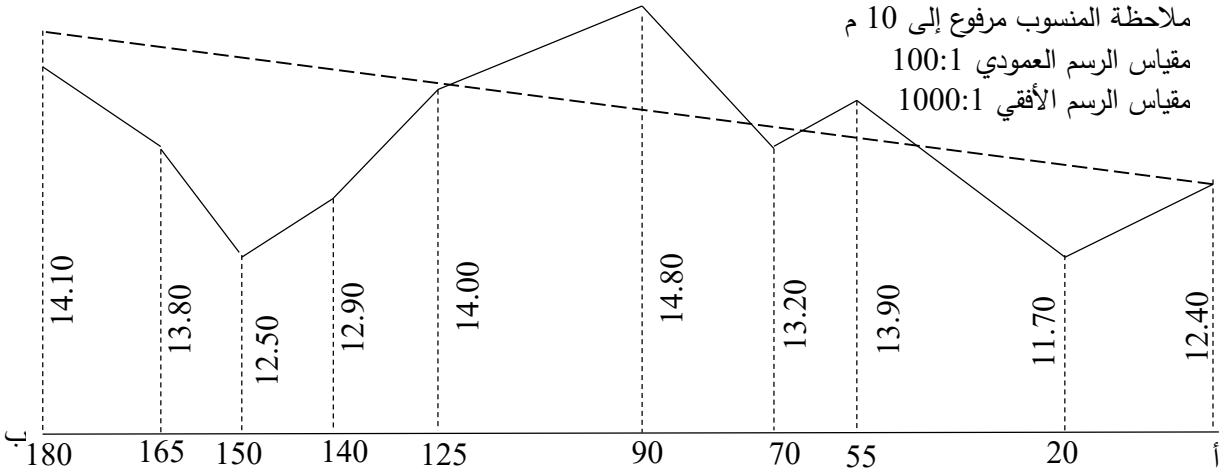
= 100/1 * 180 = 1.8 م

وبما ان منسوب نقطة البداية هو 12.4 م فأن منسوب النهاية التصميمي = 12.4+1.8 = 14.2 م

ثم نرسم خطا مستقيما من نقطة البداية إلى نقطة النهاية التي سيصبح منسوبها 14.2 م بدلاً من 14.1م ومن هذا الخط يمكن معرفة المناسيب التصميمية للنقاط المرصودة كافة، وبمقارنة المناسيب الطبيعية بالتصميمية متوصل إلى أعماق الحفر والردم عند التنفيذ، حيث تكون الحالة حفراً عندما يكون المنسوب التصميمي أوطأ من الطبيعي، والعكس يكون كعمق للردم، إذا كانت أعماق الحفر والردم متوازنة فهذا يعني ان المقطع جيد، والا فيلتجأ إلى تغيير المقطع التصميمي إما برفعه أو خفضه لحين الوصول إلى حالة من التوازن بين الحفر والردم، تختلف المعلومات في المقطع التصميمي حسب مواصفات المشروع والكلفة الاقتصادية، يمكن إيجاد مقدار الميل بشكل عام ما لم تستوجب الظروف غير ذلك من المعادلة أدناه:

% الميل = (فرق المسافة العمودية \ فرق المسافة الأفقية) * 100

وحسب المثال فإن % الميل = ((14.1−12.4)\(180−0))*100 = 0.9%




| النقاط | أ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | ب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المسافات | 0 | 20 | 55 | 70 | 90 | 125 | 140 | 150 | 165 | 180 |
| المنسوب الطبيعي | 12.4 | 11.70 | 13.90 | 13.20 | 14.80 | 14.00 | 13.90 | 12.50 | 13.80 | 14.10 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **المنسوب التصميمي** | **12.4** | **12.60** | **12.95** | **13.10** | **13.30** | **13.65** | 13.80 | 13.90 | 14.05 | 14.20 |
| **الحفر** | – | – | **0.95** | **0.10** | **1.50** | **0.35** | – | – | – | – |
| **الردم** | – | **0.90** | – | – | – | – | 0.90 | 1.40 | 0.25 | 0.1 |

**بسم الله الرحمن الرحيم**

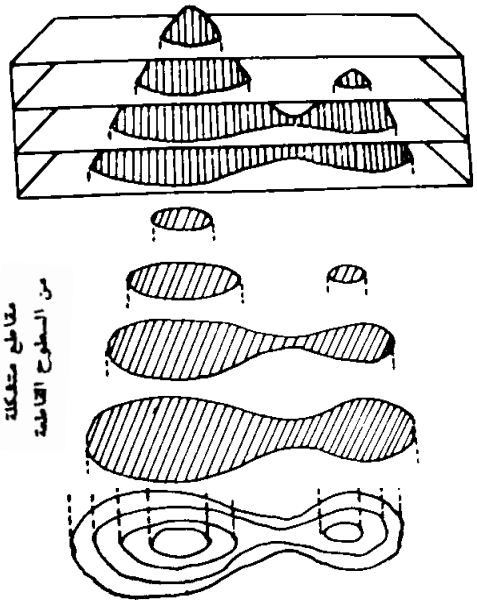
**د. واثب النعيمي**

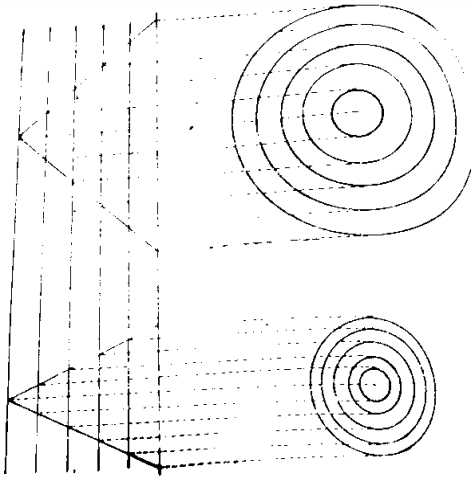
## خطوط الكفاف أو الخطوط الكنتورية Contours Line

تعد الكنتورات من أفضل الوسائل المستخدمة للتعبير عن المعالم الأرضية، مثل الجبال والتلال والمنخفضات وتموجات سطح الأرض، على ورق الخرائط، فمن خريطة يمكن الحصول على البعدين الأفقيين بالاتجاهين الطولي والعرضي ممثلين بالمساحة القاعدية التي يشغلها المعلم الأرضي على الخريطة إضافة إلى البعد العمودي الذي توفره تفاصيل الخطوط المضافة ضمن حدود المساحة القاعدية، إن هذه الخطوط المضافة يطلق عليها خطوط الكفاف أو الخطوط الكنتورية.

يعرف الخط الكنتوري بأنه الخط الوهمي الناتج من تقاطع سطح الأرض مع مستوى أفقي ذي منسوب معلوم. وهذا يعني ان جميع النقاط الواقعة على الخط الكنتوري الواحد لها نفس منسوب المستوى الأفقي المتقاطع مع سطح الأرض. وإذا رسمت الخطوط الكنتورية الناتجة من تقاطع سطح الأرض مع عدة مستويات أفقية متساوية البعد العمودي بعضها عن بعض، فإن الشكل الناتج سيظهر الخطوط الكنتورية في موقعها النسبية الصحيحة. كما في الشكل الذي يبين الخطوط الكنتورية المشكلة مع عدة مستويات أفقية مع المساحة السطحية لمرتفع من الأرض.

للوصول إلى فهم واضح للخطوط الكنتورية، نفرض ان هناك مرتفعاً ارضياً يحيط به الماء من جميع الجهات وان هذا الماء يرتفع تدريجياً حتى يصل إلى قمته. وبذلك فإن الخط الذي يتكون من تلامس الماء المحيط بسطح المرتفع الأرضي عند أي ارتفاع هو بمثابة خط كنتوري، ومن هذا يتضح ان الانحدار الشديد للمرتفع ينتج عنه خطوط كنتورية متقاربة بعضها من بعض على الخريطة، وإذا حدث العكس تكون هذه الخطوط متباعدة في حالة قلة انحدار المرتفع كما هو موضح في الشكل.



شكل ... ٥: تأثير شدة الانحدار على تقارب الخطوط الكنتورية المتجاورة

**الفترة الكنتورية Contour Interval**

يطلق هذا المصطلح على الفرق العمودي بين مناسيب الخطوط الكنتورية المتعاقبة، فلو كانت الخطوط هي على الترتيب 20، 25، 30 و35 م عن مستوى المقارنة، فالفترة الكنتورية هي 5 م لأنها تمثل الفرق بين أي منسوبين لخطين متعاقبين.

نفترض في الخطوط الكنتورية المرسومة بصورة دقيقة ان تعطي فكرة واضحة ودقيقة عن طبيعة سطح الأرض على امتداد كل خط منها. ولكنها لا تبين طبيعة سطح الأرض بالنسبة للمساحات المحصورة بين مواقعها وامتداداتها. فبعض التعاريج والتموجات الشديدة على سطح الأرض لا تظهر في الرسم عند عدم تقاطعها مع أحد المستويات الأفقية المتقاطعة مع سطح الأرض ولكن عدد المستويات الأفقية يحدده القائم بعمل الخطوط الكنتورية وعلى هذا فمن الممكن زيادة درجة دقة توضيح طبيعة سطح الأرض بزيادة عدد المستويات الأفقية للحصول على عدد أكبر من الخطوط الكنتورية لنفس المساحة وبذلك نعمل على تقليل الفترة الكنتورية حتى تكون المعلومات عن طبيعة المنطقة أكثر وضوحاً على الخريطة. ومن الجدير بالملاحظة ان الفترة الكنتورية تكون ثابتة لأجزاء الخريطة الواحدة كافة وان الانحدار الطبيعي للأرض المحصورة بين الخطوط الكنتورية المتعاقبة يعد منتظماً أما إذا كان الانحدار غير منتظم بشكل متميز في أحد أجزاء المنطقة التي تشملها الخريطة فيجب اختيار خطوط كنتورية مساعدة يتم تمييزها عن الخطوط الاعتيادية عند الرسم، ان اختيار الفترة الكنتورية يتأثر بجملة عوامل أهمها:

1- الغرض من رسم الخريطة: يقل مقدار الفترة الكنتورية بزيادة درجة الدقة المطلوبة مع مراعاة مقدار مقياس الرسم لهذا السبب تستخدم فترة كنتورية قصيرة عند رسم الخطوط الكنتورية لأغراض تسوية وتعديل الأراضي الزراعية وحساب أحجام الأعمال الترابية.
2- طبيعة سطح الأرض: يزداد مقدار الفترة الكنتورية بعضها مع بعض وهذا يعني استعمال فترة كنتورية طويلة لخرائط المناطق الجبلية وقصيرة للمناطق المنبسطة نسبياً.
3- المساحة المشمولة بالخريطة: يصغر مقدار مقياس رسم الخريطة بزيادة المساحة المشمولة بالرسم ومن ثم تزداد الفترة الكنتورية والعكس صحيح، لان العلاقة بين مقياس الرسم والفترة الكنتورية.
4- الوقت المتاح والتكاليف: يقل مقدار الفترة الكنتورية بزيادة الوقت المتاح لأعداد الخريطة الكنتورية. أما التكاليف فهي مرتبطة بعدد الخطوط الكنتورية الواجب تحديدها ورسمها حيث تزداد بزيادتها والعكس صحيح.

بصورة عامة تكون الفترة الكنتورية بالأمتار للأغراض المساحية المختلفة، إذ تكون ما بين:

| | |
|---|---|
| **0.25 – 1 م** | **لمسح مواقع الأبنية والمنشآت** |
| **0.50–2 م** | لمسح تخطيط المدن |
| **2–5 م** | لمسح مواقع المشاريع ذات المساحات الواسعة |
| **5 م أو أكثر** | لمسح الأعمال الطوبوغرافية المختلفة |

**مواصفات الخطوط الكنتورية Characteristics of counters Line**

ان من المستلزمات الأساس لرسم الخرائط الكنتورية أو استعمال المرسومة منها سابقاً، هو الإلمام التام بمواصفاتها وخصائصها كي نتمكن من التعبير عن طبيعة سطح الأرض أو تصوره بشكله الحقيقي والشكل يبين خريطة كنتورية توضح غالبية مواصفات الخط الكنتوري التي يمكن إيجازها بما يلي:

1- يكون لنقاط الخط الكنتوري الواحد نفس المنسوب، وبذلك يكون الفرق العمودي ثابتاً بين نقطتين واقعتين على خطين كنتوريين معينين على الخريطة.

2- لا ينتهي الخط الكنتوري ولا يكون سائباً وإنما لا بد ان يقفل راجعاً إلى نقطة بدايته سواءً كان ذلك داخل حدود الخريطة أو خارجها أما بالنسبة للمسح المحدود فإن الخطوط الكنتورية عند حدودها الخارجية.

3- قد يكون الكنتور ذي منسوب معين أكثر من خط واحد وكل خط من هذه الخطوط يكون مقفلاً أو منتهياً عند حدود الخريطة.

4- الخط الكنتوري المفرد المقفل يدل على مرتفع أو منخفض حيث يميز الثاني بتضليل خط حدوده نحو الداخل.

5- الخط الكنتوري الواحد لا يتفرع ولا يتشعب كما لا يمكن لخطين مختلفين في المنسوب ان يندمجا ويتسمران خطاً واحداً ولكن هناك حالة استثنائية قد تبدو فيها الكنتورات وكأنها متفرعة عند بداية ونهاية الجرف العمودي لكنها في الواقع غير متفرعة بسبب وجود فترة كنتورية فاصلة على امتداد سطح الجرف العمودي.

6- تتساوى المسافات الأفقية الفاصلة بين الخطوط الكنتورية على الأراضي ذات الميل المتجانس، اما اختلاف المسافات الأفقية فيدل على اختلاف درجات الميل حيث يزداد بتقارب بعض الخطوط الكنتورية من بعض ويقل الميل بتباعدها، واقصى درجات الميل هي عندما تكون المسافات الأفقية الفاصلة بين الخطوط اقطر ما يمكن.

7- تكون الخطوط الكنتورية مستقيمة ومتوازية في حالة استواء سطح الأرض تماماً وهذا ما لا يتوفر في الطبيعة.

8- تدل الخطوط الكنتورية المقفلة والمتعاقبة على مرتفع أو منخفض حيث يكون الأول عند تناقص مناسيب الخطوط بابتعادها عن المركز والعكس يكون الثاني عند تزايدها بابتعادها عن المركز.

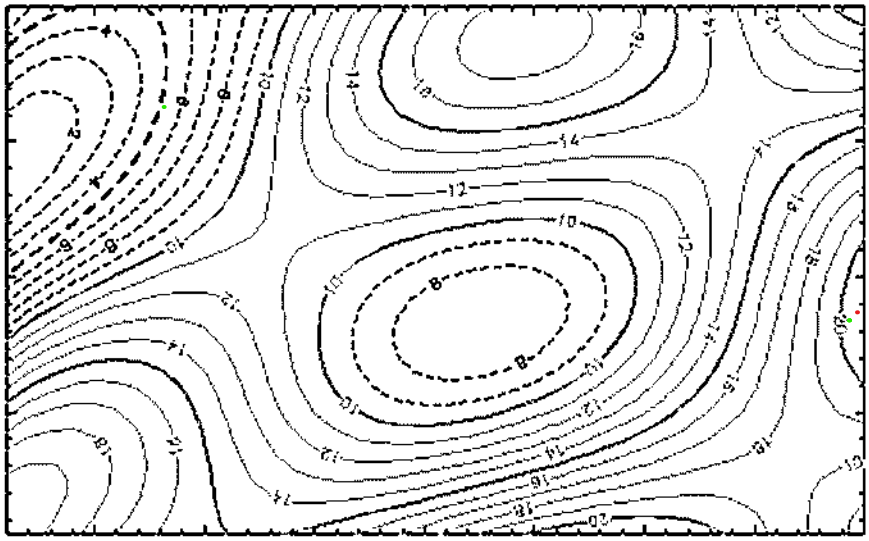
9- يكون سطح الأرض محدب الشكل إذا تقاربت الخطوط الكنتورية المتعاقبة عند جزئها العلوي أكثر من تقاربها عند جزئها السفلي. أما الخطوط الكنتورية المتقاربة عند جزئها السفلي أكثر من تقاربها عند جزئها العلوي فيدل على ان سطح الأرض مقعر الشكل.

10- تمتد الخطوط الكنتورية باتجاه أعلى الوديان الواقعة على المنحدرات ن احدى الجهتين ثم تغير اتجاهها بزوايا قائمة تقريباً وترجع متجهة تحو الأسفل من الجهة الثاني للوادي.

11- لا تتقاطع الخطوط الكنتورية المختلفة المناسيب بعضها من بعض، لان نقطة التقاطع سيكون لها أكثر من منسوب واحد وهذا نسبياً غير ممكن إلا في حالة وجود جرف أو كهف طبيعي وفي هذه الحالة يكون لدينا نقطتا تقاطع هما بداية الجرف أو الكهف ونهايته.

12- لا تتطابق الخطوط الكنتورية المختلفة المنسوب بعضها عن بعض إلا في حالة انعدام المسافة الأفقية بين الخطوط الكنتورية كما هي الحال عند وجود مقطع عمودي حيث يتماس خطان أو أكثر من نقطة واحدة أو أكثر من نقطة واحدة أو لمسافة قصيرة.

13- قد تتلامس الخطوط الكنتورية المتساوية المنسوب من نقطة واحدة أو لمسافة قصيرة في حالة وجود مرتفع ذي قمتين متقاربتين جداً وهذه حالة شاذة.



**إعداد الخرائط الكنتورية Contour Mapping**

الخطوط الكنتورية عبارة عن مضاعفات الفترة الكنتورية وهي صيغة مساحية خيالية لتمثيل طبيعة تضاريس سطح الأرض والتعبير عنها على الورق بشكل مادي متطور. وعملية النقل من الأرض إلى الورق تتطلب بيانات ومعلومات يتم الحصول عليها من الحقل بطرق ووسائل تختلف باختلاف الأجهزة والأدوات المساحية المستخدمة، كما تتطلب استخدام الوسائل المختلفة لتنظيم هذه البيانات والمعلومات بالشكل الذي يحافظ على العلاقات النسبية القائمة بين تفاصيلها ويؤدي إلى الحصول على الخريطة الممثلة لها بأبعادها الأفقية والعمودية، وبصورة عامة تكون خطوات إعداد الخرائط الكنتورية من:

1- إيجاد مناسيب عدد من النقاط الأرضية.

2- نقل النقاط الأرضية بموقعها النسبية الصحيحة من الأرض إلى الورق.

3- ربط بعض النقاط المتساوية المنسوب مع بعض للحصول على الخطوط الكنتورية مع مراعاة مواصفات الخطوط الكنتورية المذكورة أعلاه بكل دقة واعتناء.

ان تنفيذ هذه الخطوات يختلف حسب الطريقة التي يتم بها إعداد الخريطة الكنتورية التي تنقسم بصورة عامة إلى مباشرة وغير مباشرة.

**أولاً: الطريقة المباشرة**

تتميز هذه الطريقة ببطئها بصورة خاصة للمساحات الصغيرة حيث يكون مقياس رسم الخريطة كبيراً (100:1،250:1) والفترة الكنتورية قصيرة (0.25، 0.5 م). يبتدأ بتنفيذ الخريطة بتتبع مسارات الخطوط الكنتورية ذات المناسيب المطلوبة، أي تتكون الطريقة باختصار مرحلتين هما تثبيت نقاط الكنتور ثم مسح هذه النقاط، قد تنفذ المرحلتين كلاً على حدة وبشكل متتابع أو تدمج معاً في المساحات المتسعة.

**أ - تثبيت نقاط الكنتورات**

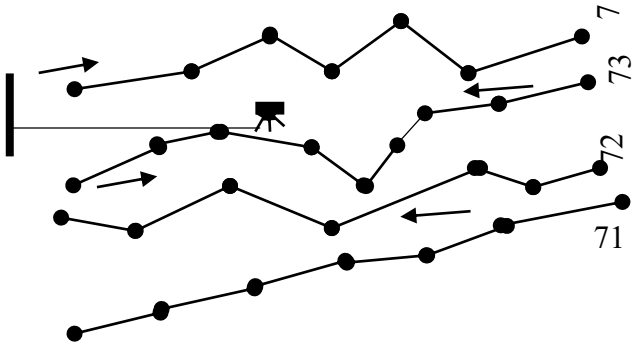
تثبت مناسيب النقاط بطرق مختلفة تبعاً لنوع الجهاز المستعمل ومن هذه الطرق

**1- طريقة جهاز التسوية ومسطرتها**

من المعلوم ان عملية التسوية تبدأ من راقم قريب من موقع التسوية المطلوب، ينصب الجهاز في موقع ملائم يمكن رؤية أكبر مساحة ممكنة من الأرض ونقوم بتسوية أفقيته وحساب ارتفاع خط النظر بدلالة الراقم القريب. ثم تطرح قراءات المسطرة عند وضعها على نقاط الكنتورات المختلفة ضمن حدود مدى الرؤية بالجهاز كي نحصل على مناسيبها. وعادة تؤخذ الخطوط الكنتورية بالتتالي واحداً بعد الأخر حيث نجد النقطة الأولى على الخط الكنتوري الأول بتوجيه حامل المسطرة للتحرك نحو أعلى أو أسفل منحدر الأرض حتى نتمكن من الحصول على مقدار القراءة المطلوبة على المسطرة، وهنا يقوم حامل المسطرة بتأشير هذه النقطة بغرز وتد أو قطعة خشبية رقيقة يكتب عليها منسوب الخط الكنتوري الذي تقع عليه. وهكذا نجد مواقع نقاط أخرى لها نفس هذا المنسوب بعد الانتهاء من تثبيت المواقع عد كاف من نقاط الخط الكنتوري الثاني بنفس الطريقة مع مراعاة مقدار قراءة المسطرة اللازمة للحصول على منسوبه. وهكذا بالنسبة للخطوط الكنتورية الأخرى إلى حين نقل الجهاز إلى موقع جديد، حيث يعاد حساب ارتفاع خط النظر وإيجاد مقدار قراءة المسطرة اللازمة للحصول على الخط الكنتوري ذي المنسوب المعين.

في الشكل نموذج لسير العمل عند تحديد نقاط الخطوط الكنتورية وتدل السهام على اتجاهات سير العمل والانتقال من خط إلى خط لاحق. فلو كان ارتفاع خط النظر 74.3 م والفترة الكنتورية المطلوبة 1 م مثلاً لوجب ان تكون القراءات بالأمتار هي 0.3، 1.3، 2.3 و3.3 م لتعين نقاط الخطوط الكنتورية التي تكون مناسيبها 74،73،72 و71 م على

الترتيب، أما عندما تكون الفترة الكنتورية أكبر من 1 م وبالذات أكبر من طول المسطرة ففي الأغلب لا يمكن تحديد نقاط الكنتور من موقع واحد وإنما يجب تغيير الجهاز باستمرار كي يكون قريباً من مستوى منسوب الخط الكنتوري المطلوب.




**2- طريقة الميزان اليدوي**

يستعمل الميزان اليدوي، بتثبيته على عمود معلوم الارتفاع وتثبيت مؤشره على الصفر، مع مسطرة التسوية أو عمود مدرج بالأمتار وأجزائها لإيجاد نقاط الكنتورات المطلوبة. فعن طريق عملية التسوية من راقم قريب تعيين أولاً نقطة على أحد الكنتورات الذي يفضل ان يكون موقعه وسطاً بين مواقع الكنتورات المطلوبة للتثبيت. ثم تثبت نقاط الكنتور الأخرى بالوقوف فوق النقطة الأولى وتوجيه حامل المسطرة بالتحرك كي تنطبق نقطة قراءة المسطرة ومقدار ارتفاع الجهاز ويكونان بمستوى أفقي واحد. تؤشر هذه النقاط بالأوتاد عادة للاستعانة بها في تعيين النقاط الأخرى. وبعد الانتهاء من تثبيت ما يكفي من طول الخط الكنتوري للعمل اليومي نبدأ بتثبيت نقاط الكنتورات الأخرى على جانبي الخط الأول. فلو كانت الفترة الكنتورية المطلوبة متراً واحداً والميزان اليدوي مثبت على 1.5 م عن سطح الأرض لوجب ان يتحرك حامل المسطرة إلى الأعلى والأسفل حتى يصل إلى 1.5−1= 0.5 م وعندما نحدد عدة نقاط مناسبة بهذا الارتفاع. وللحصول على موقع الكنتور الأعلى بمقدار 1 م، فان من الضروري ان ينتقل الراصد إلى موقع جديد نحو الأعلى يرتفع إلى مقدار 1م عن موقعه السابق مقاساً من احدى نقاط التي سبق تثبيتها على الخط الكنتوري الأول ثم يبدأ بتثبيت نقاط لهذا الخط الجديد. أما لتحديد الخط الكنتوري الأوطأ بمقدار 1 أو 2 م فان القراءة الحاصلة على المسطرة يجب أن تكون 1.5 أو 2.5 م على الترتيب.

عندما لا تتوفر مسطرة طويلة أو عمود طويل مدرج فمن الممكن ان يقف حامل المسطرة على احدى نقاط الخط الكنتوري الأول في الوقت الذي يغير فيه الراصد موقعه للأعلى أو للأسفل حتى يحصل على قراءة مقدارها 0.5 م كما سبق توضيحه في أعلاه. وهكذا بعد تثبيت أجزاء من عدة خطوط كنتورية بالنسبة للنقطة الابتدائية الأولى. نبدأ بالاستعانة بنقاط الخط الكنتوري الأول الأخرى بنفس الطريقة. ومن الممكن الاستغناء عن الاعتماد على نقاط الخط الكنتوري الأول بتثبيت عدد من الرواقم المؤقتة على المساحة المطلوبة بواسطة التسوية الاعتيادية.

إذا كانت الفترة الكنتورية أكبر من ارتفاع الجهاز فوق سطح الأرض فان الخط الكنتوري التالي، الأعلى أو الأدنى، لا يمكن تعيينه بمرحلة واحدة بل لا بد من إجراء عملية التثبيت بمرحلتين أو أكثر حسب طول الفترة الكنتورية والمسطرة أو العمود المستخدم.

**ب - مسح النقاط الكنتورية**

تجري عملية مسح النقاط الكنتورية أو نقلها إلى الخريطة، بعد تثبيت مواقعها على الأرض، بطرق مختلفة تحدد عادة قبل البدء بالعمل. ويعتمد اختيار الطريقة بصورة خاصة على حجم وشكل المساحة المطلوب رسم خطوطها الكنتورية وعلى دقة النتائج المطلوبة. فالمسح بالشريط يعد ملائماً لمساحات الأراضي الصغيرة ولكن تضليع هذه المساحات ينفذ عادة باستخدام الثيودولايت، والبوصلة، أو اللوحة المستوية. وعندما يكون المسح الكنتوري محصوراً بشريط ضيق من الأرض فان اخذ ضلع واحد على امتداد محور الشريط الأرضي يكون وافياً بالغرض مع اخذ مساقط عمودية نحو النقاط الكنتورية الواقعة على جانبيه وإيجاد أبعادها الأفقية. وقد يكون البعض من هذه المساقط أطول من الحد المرغوب لكنه لا يعد من المساوئ الرئيسية لهذه الطريقة لان المسافة يمكن قياسها بالشريط بمرحلة واحدة أو أكثر. أما على الأراضي الواسعة فمن الضروري تشكيل شبكة من المضلعات تغطي وتقاس الأبعاد الأفقية للنقاط الكنتورية عن خطوط شبكة المضلعات هذه بالطرق الاعتيادية المعروفة.

يفضل ان تتم عملية مسح ورسم الخطوط الكنتورية بعد تثبيت مواقع النقاط مباشرة قدر الإمكان لتلافي الخطأ الذي قد ينتج عن فقدان أو تغيير مواقع بعض النقاط. فاذا كان في الحقل مساح واحد فعليه تثبيت النقاط الكنتورية ومسحها بشكل متبادل، كأن يخصص يوم عمل كامل للتثبيت واليوم التالي للمسح أو فترة العمل الصباحية للتثبيت وفترة بعد الظهر للمسح وهكذا. ويمكن توفير الكثير من الوقت باستعمال التاكيوميتر لقياس المسافات الأفقية. فبعد تثبيت المسطرة فوق النقطة الكنتورية تؤخذ رصدات الاتجاه والمسافة نحو المسطرة من موقع التاكيوميتر الذي يكون منصوباً على احدى محطات المضلع. وبهذه الطريقة لا توجد ضرورة لتأشير مواقع النقاط على الأرض.

بصورة عامة، يتم مسح مواقع النقاط واخذ الملاحظات عن الكنتورات التي تقع عليها هذه النقاط، من المعلومات المثبتة على الوتد، أثناء عمل المسقط العمودي أو من الراصد في حالة استعمال التاكيوميتر. وبعد الانتهاء من تعيين مواقع النقاط على ورقة الخريطة، يربط بين المتساوية المنسوب منها بخطوط منحنية باليد عادة للحصول على الخطوط الكنتورية. وهنا يجب مراعاة مواصفات الخطوط الكنتورية وتطبيقها بكل دقة واعتناء.

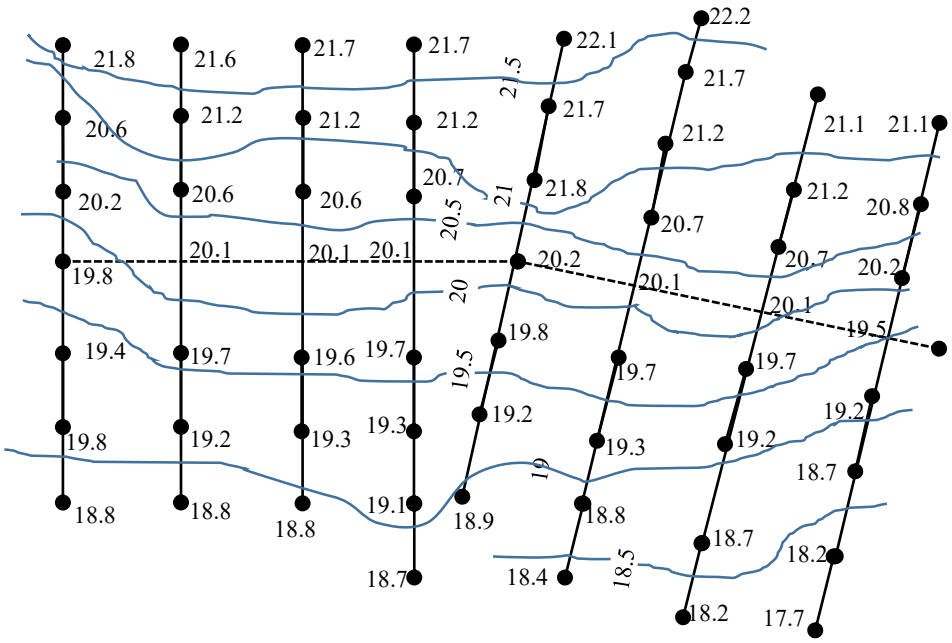
**الإعداد المباشر للكنتورات باللوحة المستوية ومسطرة التوجيه والتاكيوميترية**

يمكن تثبيت النقاط الكنتورية على الأرض ونقلها في نفس الوقت ضمن عملية واحدة تهدف إلى إعداد الخريطة الكنتورية باستعمال اللوحة المستوية ومسطرة التوجيه التاكيوميترية المزودة بشعيرات المسافة. ففي هذه الحالة تقوم بتسوية أفقية اللوحة في موقع مناسب مشرف على أكبر مساحة ممكنة من الأرض. نوجه ناظور مسطرة التوجيه نحو مسطرة التسوية. ثم نرسم شعاعاً على اللوحة نحو النقطة بمسطرة التوجيه ونعين موقع النقطة المرصودة بعد إيجاد بعدها الأفقي بواسطة شعيرتي المسافة وتحويله إلى الخريطة حسب مقياس الرسم المستخدم. ونتبع نفس الأسلوب للحصول على نقاط أخرى لهذا الكنتور الذي يرسم بإيصال بعض هذه النقاط ببعض. ثم يستمر العمل بنفس الطريقة للخطوط الكنتورية الأخرى. ومن الجدير بالذكر، انه في حالة تحويل اللوحة المستوية إلى موقع جديد فإن من الضروري ان يؤخذ شعاع نحو هذا الموقع من الموقع السابق قبل نقل اللوحة المستوية إليه ومن ثم يؤخذ شعاع خلفي نحو الموقع السابق بعد تثبيت اللوحة في الموقع الجديد لكي تكون الخطوط والأشعة المرسومة سابقاً في مواقعها النسبية الصحيحة.

**ثانياً: الطرق غير المباشرة**

تعتمد هذه الطرق على تثبيت مناسيب عدد من النقاط الأرضية التي تؤخذ على امتداد خطوط مستقيمة أو عند نقاط تقاطع شبكة من الخطوط المتعامد بعضها مع بعض وكذلك النقاط الأرضية المميزة لطبيعة سطح الأرض.

**1- طريقة المقاطع العرضية**




يعتمد تكوين المقاطع العرضية لمساحة من الأرض على طبيعتها وعلى مدى التغيرات المتميزة الموجودة على سطحها. فقد تكون المقاطع على هيئة خط قاعدي مستقيم تقام عليه خطوط عمودية متساوية البعد عن بعض كما في الشكل أو تشكل المقاطع العرضية بشكل عمودي على امتداد خط محوري واقع وسط المساحة لمطلوب رسم كنتوراتها ومكون من مستقيم واحد أو أكثر تبعاً لاتجاهات خط المقطع

الولي لمساحة الأرض كما هي الحال عند تحديد المقاطع الطولية والعرضية لمناطق المشاريع الهندسية، وينبغي أحياناً مد المقاطع بشكل شعاعي من نقطة واحدة كما في حالة التلال والمرتفعات إذ تعد القمة نقطة انطلاق الأشعة نحو الاتجاهات المختلفة. عدد المقاطع والنقاط تزداد بزيادة وعورة الأرض وتضاريسها والعكس صحيح، بعد اخذ القراءات ورسم المقطع العرضي والمقاطع العرضية الأخرى نرسم خطوط المقاطع العرضية واتجاهاتها على الورق بمقياس رسم معين برسم المقاطع الطولية ثم ترسم العرضية عليها عمودياً ومن نقاط المناسيب توصل خطوط منحنية عند منسوب الخط الكنتوري حسب مواصفاته المشار إليها أنفاً، ثم ننتقل إلى خط كنتوري أخر حسب الفترة الكنتورية.

2- طريقة المربعات

في الشكل أعلاه طريقة رسم الخطوط الكنتورية ولكن بعمل مقاطع عرضية وقد تم عمل مقطعين عرضية وثبتت عليها مناسيب النقاط ثم حشي الخط الكنتوري كما سيرد لاحقاً. بطريقة المربعات سنرى ان طريقة العمل مشابه لها سوى ان ما سيتم عمله هو شبكة الوزن، والأخيرة عبارة عن شبكة من المربعات يزداد عددها أو يقل حسب مساحة الأرض بينما نتحدد بعدد محدد من النقاط في المقاطع العرضية، شبكة الوزن تنشأ على الأرض حسب حاجة المستخدم وكذلك تعتمد على دقة التفاصيل المطلوبة والفترة الكنتورية ومقياس الرسم المطلوب وتكاليف العمل وورقة الرسم.

على الأرض تعمل شبكة من المربعات ذات ضلع ثابت لكل مربعات الشبكة ولكن لا يشترط ان تكون عدد المربعات في الصفوف مساوياً لعددها في الأعمدة وإنما ذلك يعتمد على أقرب شكل هندسي يمثل المساحة (فاذا كانت مربة سيتساوى فيها عدد المربعات في الصفوف والأعمدة، وذا كانت مستطيلة باتجاه الأعمدة ستكون المربعات بالصفوف أكثر منها في الأعمدة والعكس صحيح)، تحدد حدود المساحة المطلوب رسم خريطة كنتورية لها ثم تقاس المسافة لاحد أضلاعها وتقسم على عدد صحيح بحيث يعطينا عدد من التقاسيم كل قسم سيمثل طول ضلع من أضلاع المربعات المزمع إنشائها، ثم يقسم الضلع المقابل له بنفس التقسيمات فلو فرضنا المساحة أ ب ج د وكان أ ب يساوي 200 م وقسمت المسافة إلى 4 أقسام كل قسم 50 م فأن ج د يقسم كذلك إلى اربع أقسام كل قسم 50 م، في حين يقسم الضلعين الأخرين إلى عدد من الأقسام بحيث يكون طول القسم منها 50 م أيضاً وحسب المساحة أعلاه فالضلعين ب ج و د أ يجب أن تكون من مضاعفات الـ 50 م كأن تكون 250 م مثلا.

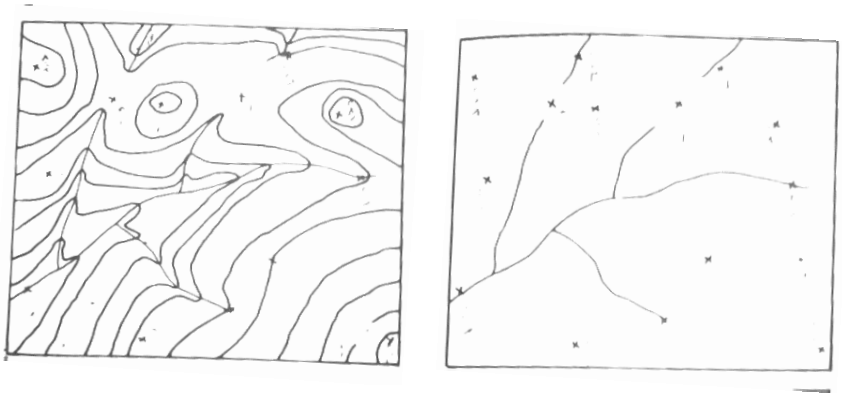
بعدها تثبت شواخص عند كل قسمين متقابلين ثم يمسك المساعد شاخص على الخط الثاني لشبكة الوزن تمهيد لعمل الصف الثاني أو العمود الثاني، وهنا يحب ان يكون هناك راصدين اثنين بذات الوقت احدهما على القسم الأول من الضلع أ ب والأخر على القسم الأول من الضلع د أ ويعملان على توجيه المساعد بنفس الوقت ليكون على استقامة واحدة على كل ضلعين متقابلين لتتكون لدينا نقطة تقاطع الخط الثاني للأعمدة والصفوف ثم يغرس نبل عند الانتهاء، يثبت احد الراصدين في مكانه بينما يتحرك الراصد الثاني والمساعد إلى نقطة أخرى وتحدد نقطة تقاطع أخرى وهكذا حتى الانتهاء

من الخط الثاني، ثم يثبت الراصد الذي تحرك مع المساعد في الخط الأول بينما يتحرك الراصد الذي ثبت في الخط الأول مع المساعد لمقاطعة الخط الثاني وكما فعلوا في الخط الأول يفعلون في الخط الثاني، وهكذا حتى اكتمال التشبيك.

بعد اكتمال التشبيك يجب أن تكون أحد نقاط الشبكة معلومة المنسوب وفي حال عدم وجوها فيتم نقلها بالتسوية المتسلسلة أو تؤشر بالـ GPS ثم تؤخذ القراءات بمسطرة التسوية عند نقاط التقاطع كافة ثم تحول القراءات إلى مناسيب بإحدى الطريقتين (ارتفاع خط النظر أو الارتفاع والانخفاض)، مع ملاحظة وضع الجهاز في مكان يمكننا من اخذ أكبر عدد من القراءات، وتعمل نقاط الدوران عند الحاجة فقط.

**طريقة النقاط الأرضية المتميزة**

تستخدم هذه الطريقة لمسح الأراضي الواسعة حيث يكون مقياس الرسم صغيراً والفترة الكنتورية كبيرة وبموجب هذه الطريقة، تثبت بيانات المسافات الأفقية والعمودية للنقاط الأرضية المميزة لسطح الأرض كنقاط المرتفعات أو المنخفضات والالتواءات الأرضية بواسطة اللوحة المستوية المزودة بمسطرة التوجيه، تؤخذ ما يكفي من النقاط لتحديد شكل الأرض.



**تحشية الخطوط الكنتورية**

بعد عمل المقاطع العرضية أو شبكة الوزن أو حتى طريقة النقاط الأرضية المتميزة تؤخذ البيانات المسجلة في مسودة إلى المكتب وتكون التحشية كما في المثال أدناه (المثال محلول بطريقة المربعات والمقصود بالتحشية هي تحديد من أين سيمر الخط الكنتوري لذا الحسابات لا تخص الطريقتين الأخريين)

عند استخدام طريقة المربعات تحول القراءات إلى مناسيب بورقة الرسم إذ يعاد رسم شبكة الوزن حسب مقياس الرسم كما لا بد من تحديد اتجاه الشمال، ترسم شبكة الوزن بحيث تكون خطوط الحدود غامقة اللون أما التشبيك الداخلي فيكون بلون فاتح وكذلك المناسيب تكتب بلون فاتح أيضاً كونها ستمسح لاحقاً، قبل التحشية تحسب مناسيب الخطوط التي سترسم في الخريطة:

عدد الخطوط الكنتورية (ما عدا تكراراتها) = (أعلى منسوب – أدنى منسوب) \ الفترة الكنتورية

ففي المثال أدناه (الخريطة الكنتورية) فإن عدد الخطوط هي = 9.6 – 2.7 \ 1 = 6.9 ≈ 7 خط وهنا يكون التقريب دائما لأعلى قيمة فلو فرضنا ان النتيجة كانت مثلا 6.2 فلا يوجد جزء من خط وإنما خط كامل لذا تقرب إلى 7.

قيمة الخط الأول = تقريب أدنى منسوب في شبكة الوزن إلى أقرب قيمة للخط (يفضل الأعداد الصحيحة)

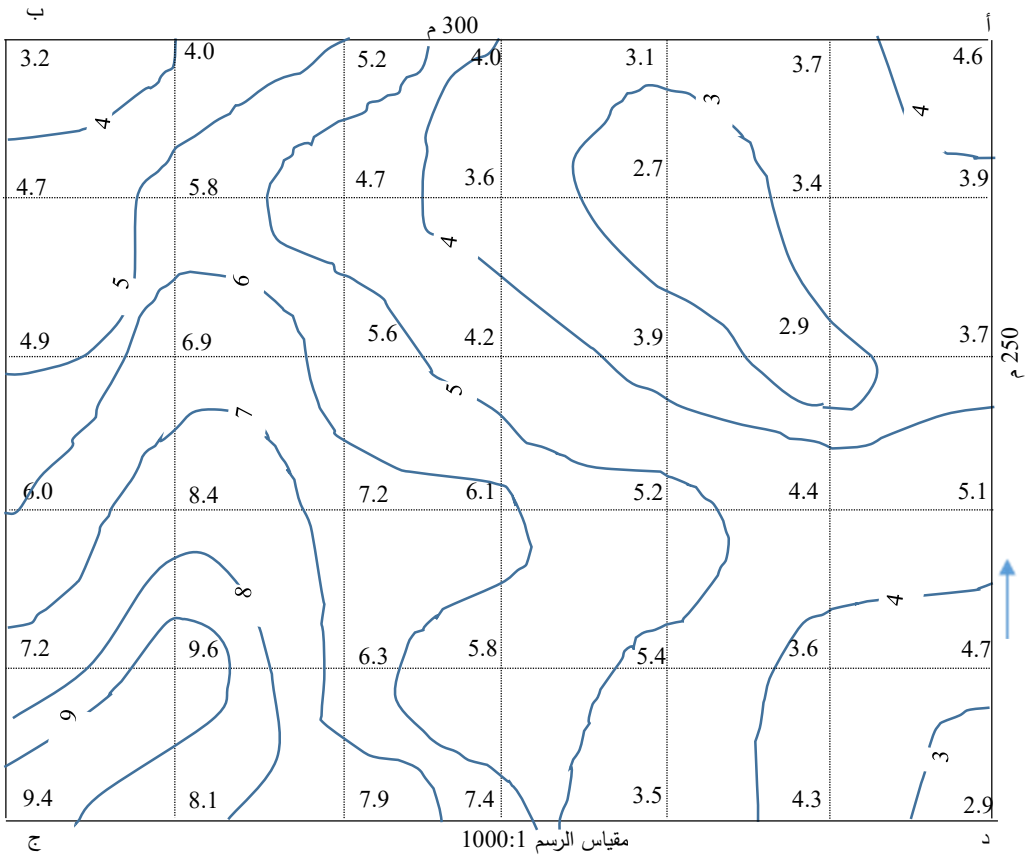
= 2.7 ≈ 3 م

قيمة الخط الثاني = قيمة الخط الأول + الفترة الكنتورية = 3 +1 = 1 م

قيمة الخط الثالث = قيمة الخط الثاني + الفترة الكنتورية = 4+1 = 5 م

قيمة الخط الرابع= قيمة الخط الثالث + الفترة الكنتورية = 5+1 = 6 م وهكذا للبقية فالخامس 7 م والسادس 8 م والتاسع 9 م. مع ملاحظة ان أقل قيمة للخطوط الكنتورية يجب أن تكون أكبر من أدنى منسوب واعلى قيمة للخطوط الكنتورية يجب أن تكون أقل من أعلى منسوب.

نبدأ بعدها بتحشية الخطوط من الأصغر إلى الأعلى وهنا يجب استحضار كامل مواصفات الخطوط الكنتورية عند التحشية (الصفحة 3 من المحاضرة) قبل تحديد النقطة التي سيمر منها الخط الكنتوري يجب أن نحدد النقطتين التي يكون




منسوب أحدهما أعلى من قيمة الخط ومنسوب النقطة الأخرى أقل من قيمة الخط).

ففي المثال فإن الخط ذو القيمة 3 م سيمر من عدة أماكن وسنلاحظ ان الخط يمر عند الضلع المشترك بالمربع الثاني والثلث في الصف الأول من النقطة أ وكذلك فأنه يمر من الضلع المشترك للمربع الثاني والثالث في الصف الثاني، وبنفس القت يمر من الضلع المشترك بين المربع الأول والثاني في العمود الثاني، وكذلك من الضلع المشترك بين المربعين الأول ولثاني في العمود الثالث، نستمر بالبحث إذا ما كان الخط الكنتوري يمر من أماكن أخرى ونلاحظ انه أيضاً إنه يمر من الضلع المشترك بين المربعين الأول والثاني في الصف الثاني ولنفس المربعين في الصف الثالث وكذلك من الضلع المشترك بين المربعين الثاني والثالث في الصف الثاني، كذلك يمر بمر بالضلع المشترك للمربعين الثني والثلث في العمود الأول وكذلك في العمود الثاني، وعند الاستمرار بالبحث نلاحظ انه يمر أيضاً في احد أضلاع المربع الأخير من العمود الأول وكذلك احد أضلاع الصف الخامس، نستمر بالبحث إلى ان نتأكد من عدم وجود منطقة أخرى يمر منها الخط ثن نقوم بوصل منحنيات مطابقه لمواصفات الخطوط الكنتورية، ثم ننتقل إلى الخط الثاني وهكذا.

أما تحديد موقع النقطة التي سيمر منها الخط الكنتوري بالضبط فتكون بعدة طرق منها

1- طريقة الحساب: في هذه الطريقة نرمز للخط الكنتوري بالرمز ط ولقيمة النقطة الأعلى بالرمز س ولقيمة النقطة الأدنى بالرمز ص وبهذا يكون نقطة مرور الخط كالاتي

إما ((ط – ص) \ (س – ص)) x المسافة بين النقطتين (على الخريطة) = بُعد الخط بالسم عن ص

أو ((ص – ط) \ (س – ص)) x المسافة بين النقطتين (على الخريطة) = بُعد الخط بالسم عن ص

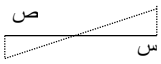
حسب المثال ولاحد نقاط الخط الكنتوري ذي المنسوب 4 م مثلاً فإن

((4 – 3.7) \ (4.6 – 3.7)) x5 = 1.67 سم عن المنسوب 3.7 م

((4.6 – 4) \ (4.6 – 3.7)) x 5 = 3.33 سم عن المنسوب 4.6 م

نحدد بعد النقطة بقلم الرصاص بشكل خفيف ثم نمرر الخط منه إلى النقطة الثانية التي نحددها.

2- طريقة الرسم وفي هذه الطريقة من نقطة ص نخرج الفرق بين الخط والنقطة 4 – 3.7 = 0.3 سم ومن نقطة س نخرج الفرق أيضاً 4.6 – 4 = 0.6 م ثم نرفع عمود على ص باتجاه الأعلى بمقدار 4 مم ونخفض عمود بمقدار 3 مم على النقطة س (أي عكس ص) ثم نصل الراسين




ونقطة التقاطع مع ضلع المربع هي نقطة المرور.

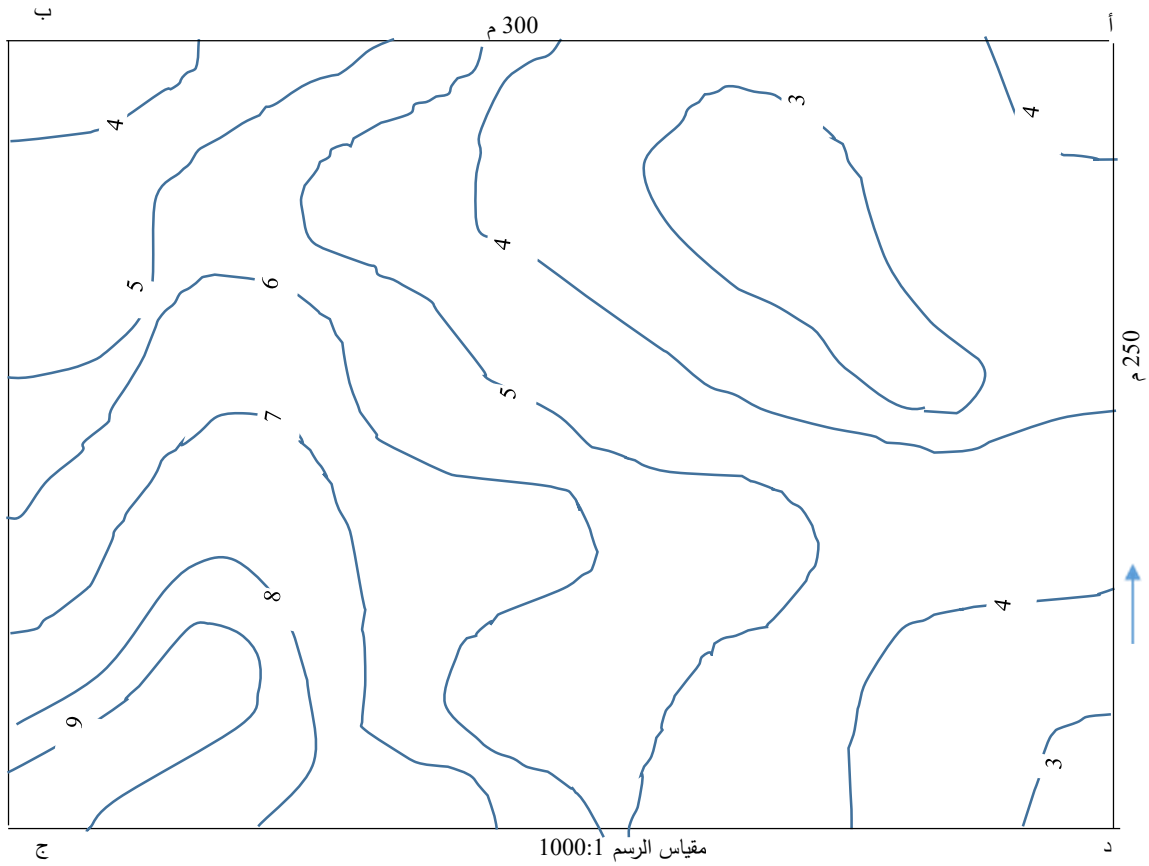
3- طريقة الورق الشفاف (راجع المصادر العلمية).

4- طريقة الشريط المطاطي (راجع المصادر العلمية أو المصدر المعتمد كتاب أسس المساحة المستوية والطوبوغرافية)

5- الطريقة التخمينية: وبهذه الحالة وعندما تصبح لدينا خبرة كبيرة جداً سنتعرف إلى نقطة مرور الخط الكنتوري بتخمينها وذلك بتقسيم المسافة إلى مسافات متساوية ونلاحظ الفرق ثم نؤشر الخط فمثلا لنفس المثال فأن

الخط الكنتوري قيمته 4 م والفرق بين النقطتين 0.9 سم أي تسع درجات نقسم 5 سم إلى تسع درجات ونضيف إلى القيمة الدنيا (ص) ما يكملها من الدرجات إلى ان نصل للقيمة 4 م وهنا قيمة ص 3.5 فنحن بحاجة إلى 5 درجات للوصول إلى 4 م أو ننزل 4 درجات من س.

بعد ذلك نمسح كل خطوط الشبكة عد الحدود وقيم المناسيب ليبقى فقط الحدود والخطوط الكنتورية وقيمها كما في الشكل




بعد رسم الخطوط بقلم الرصاص نعمل على تحبير الخطوط باللون الأسود أو حتى غيره لتميزها عم باقي المعام في الخريطة ولعملية التحبير قم خاص بالخطوط الكنتورية.

**فوائد واستعمالات الخريطة الكنتورية**

نستفيد من الخريطة الكنتورية في العدديد من العلوم التطبيقية منها:

1- إعطاء فكرة شمولية عامة عن طبيعة سطح الأرض المحددة بالخريطة.

2- الحصول على البيانات العلمية اللازمة لرسم المقاطع الطولية والعرضية وذلك بتحديد مواقع وابعاد مناسيب نقاط خط المقطع المستقيم أو المنحني مع الخطوط الكنتورية.

3- تحديد إمكانية رؤية نقطتين ثابتتين ومعلومتي المنسوب احدهما من الأخرى بدون الحاجة إلى رسم مقطع المسافة الفاصلة بينهما. وهذه الميزة تفيد لغرض تحديد مواقع أبراج المراقبة للأغراض العسكرية.

4- تخطيط طرق المواصلات وقنوات الري والصرف عن طريق التوفيق بين درجات الميل الطبيعي للأرض ودرجات الميل للمشاريع المطلوبة.

5- تسوية وتعديل الأراضي للأغراض الزراعية.

6- معرفة حدود احواض الأنهر ومجاري الوديان وقياس مساحاتها فالحدود في هذه الحالة هي امتداد الخط الكنتوري المحيط، بالحوض مثلاً الذي يكون منسوبه أعلى من مناسيب الخطوط الكنتورية الواقعة على جانبيه.

7- حساب كميات الاعمال الترابية في اعمال المشاريع المختلفة بإيجاد مقادير الحفر والردم اللازمة عن طريق رسم المقاطع.

8- قياس حجوم المنخفضات الطبيعية لتحديد سعتها الخزنية.

9- تحديد المواقع الملائمة لانشاء السدود بانواعها المختلفة.

10- اختيار الأماكن الملائمة لانشاء الاحياء السكنية وتخطيط الشوارع وشبكات المياه والمجاري واعمال تخطيط المدن الأخرى.

11- تستخدم في الدراسات الجيومورفولوجية كمعرفة التركيب الجيولوجي من شكل سطح الأرض، واشكال المنحدرات وانماط التصريف الطبيعي والنهري ومراحل التعرية وتأثيرها.

12- تستخدم في الدراسات المناخية كدراسة الاشعاع الشمسي والحرارة والرطوبة المطلقة.

**بسم الله الرحمن الرحيم**

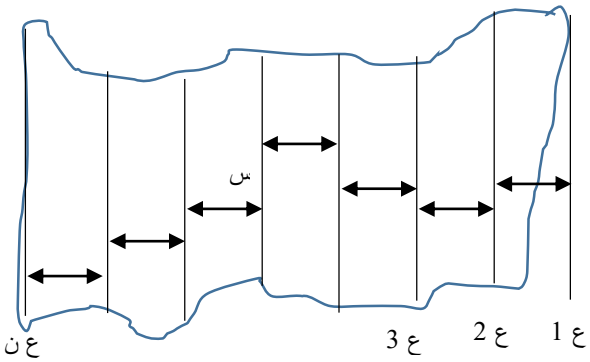
**د. واثب النعيمي**

المساحات والحجوم

**حساب المساحات والأحجام غير المنتظمة**

حساب المساحات غير المنتظمة ولكن لها خطوط مستقيمة فيمكن تقسيم المساحة إلى مثلثات مثلا ثم أو مربعات أو مستطيلات أو أي مساحة منتظمة أخرى ثم جمع المساحات المستحدثة لتكون هي المساحة الكلية، ولو فرضنا ان هناك بعداً ثالثا فستتكون مجسمات منتظمة أيضاً وبالتالي يمكن حساب الحجم الكلي كمحصلة لمجموع أحجام الأشكال المقطعة.

في حال كانت المساحة غير منتظمة كأن تكون على شكل شريط كما في الشكل المجاور نقسم المساحة بأعمدة ذات طول مختلف ولكن بنفس العرض وتحسب المساحة لهذه الحالة بعدة طرق:




1- المساحة = س ((ع$_1$ +ع $_ن$) \2) +ع$_2$+ع$_3$+....ع $_{ن-1}$

2- المساحة= س (ع$_1$ + ع$_2$+ع$_3$+....ع $_ن$)

3- المساحة= ن* س* ل

ن عدد الأعمدة، س عرض الشريط، ع ارتفاع العمود

ل متوسط ارتفاع العمود = ع$_1$ + ع$_2$+ع$_3$+....ع $_ن$ \ ن +1

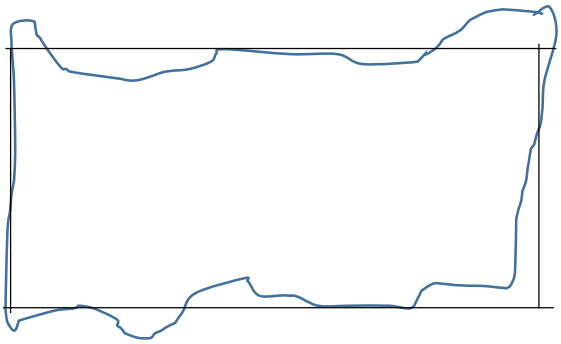
4- طريقة سمبسون وهي أدق من الطرق أعلاه

المساحة = (3 س \ 8) (ع$_1$ + 3*ع$_2$+3*ع$_3$+ ع$_4$) (حالة خاصة عندما تكون عدد الأشرطة 3 أشرطة أي أربعة أعمدة)

المساحة = (س\3) (ع$_1$ +ع $_ن$+ 4* عدد الأعمدة الزوجية + 2*عدد الأعمدة الفردية)

5- طريقة ودل

المساحة =(3 س \ 10) ( عدد الأعمدة الفردية +5 * عدد الأعمدة الزوجية + عدد جميع الأعمدة عدا العمودين الطرفيين)



ان جميع الطرق أعلاه لا تعطي مساحة دقيقة 100% إلا إنها تقترب كثيراً من المساحة الفعلية ومن الطرق التقديرية أيضاً طريقة الحذف والإضافة وتختصر الطريقة بإنشاء شكل هندسي منتظم يمكن حساب مساحته عن طريق إضافة أضلع الشكل بحيث يحذف جزء من المساحة خارجه ويضيف جزء إلى داخل المساحة الجديدة كما في الشكل إذا ان أقرب شكل منتظم لهذه المساحة هي المستطيل