Engineering surveying

2nd Stage
1st Semester

Al-Qalam University College
Department of Civil Engineering

هندسة المساحة الهندسية
Engineering Surveying

الهدف من دراسة المادة:

- تعريف الطالب بالأساسيات العامة للمساحة وتهيئته بحيث تكون لديه المقدرة على إدارة فنيي ومهندسي المساحة العاملين في المشاريع المدنية.
- تعريف الطالب باستخدام بعض أجهزة المساحة مثل جهاز التسوية (Level) وجهاز الثيودولايت (Theodolite) وذلك حتى يمكنه القيام بالأعمال المساحية البسيطة التي يحتاجها في الأعمال المدنية مثل قياس المناسيب أو قياس زاوية معينة.
- أعطاء الطالب أوليات عن المسوحات المتقدمة مثل مسح الطرق وقياس الإحداثيات وهذا يمكن الطالب في حال رغبته تطوير إمكانياته مستقبلا من خلال الدورات أو الدراسة حتى يكون محترف بالمساحة ويقوم بأعمال المساحة المتقدمة.

منهاج الدراسة:

يحتاج طالب قسم الهندسة المدنية إلى فصلين دراسيين لدراسة مادة المساحة ولستة ساعات أسبوعية مقسمة على ثلاث ساعات عملي ومثلها نظري، ويكون منهاج الدراسة كما يلي:

الفصل الدراسي الأول:

- منهاج الدراسة، المصادر
- تعريف المساحة، أنواعها، فروعها وكيفية تطورها
- وحدات القياس، مقياس الرسم، دقة الموقع
- مبادئ أساسية في المساحة
- المسح بواسطة الشريط
- الأخطاء والأغلاط أنواعها ومصادرها
- القيمة الأكثر احتمالاً، القياسات والأوزان (المعدل والمعدل الموزون)
- طرق قياس المسافات الأفقية
- القياسات الالكترونية للمسافات
- التسوية، أنواع جهاز التسوية (اللفل)

- ❖ طرق التسوية
- ❖ الأخطاء والأغلاط في عملية التسوية
- ❖ المقاطع الطولية
- ❖ المساحة الطوبوغرافية
- ❖ طرق عمل الخرائط الكنتورية
- ❖ المساحات المنتظمة
- ❖ المساحات غير المنتظمة
- ❖ مساحات المقاطع العرضية
- ❖ الحجوم والأعمال الترابية

<u>الفصل الدراسي الثاني:</u>

- ❖ الثيودولايت، أجزائه وأنواعه واستعمالاته
- ❖ الاتجاهات والزوايا
- ❖ المضلعات
- ❖ تصحيح وإقفال المضلعات
- ❖ مسوحات الضبط الأرضي الأفقي
- ❖ التقاطع الأمامي والتقاطع الخلفي، الحسابات الأمامية والحسابات الخلفية
- ❖ مسح المسارات
- ❖ المنحنيات الرأسية
- ❖ المنحنيات الأفقية البسيطة
- ❖ تسقيط المنحنيات الأفقية
- ❖ أنواع المنحنيات الانتقالية وصفاتها
- ❖ حسابات المنحنيات الانتقالية
- ❖ تسقيط المنحنيات الانتقالية
- ❖ المنحنيات الأفقية الرأسية

المصادر:

١. المصادر العربية:

- ياسين عبيد احمد (١٩٩٠)، **المساحة الهندسية**، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة البصرة، كلية الهندسة، البصرة، العراق.
- لبيب ناصيف سلوم وبكر علي عيسى حبيبان وفؤاد محمد علي قاسم، (١٩٨٣)، **المساحة**، دار التقني للطباعة والنشر، بغداد، العراق.
- حسين علي الكرباسي و د. بسام صالح، (٢٠٠٢)، **مبادئ في هندسة المساحة**، دار المعتز للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.
- فوزي الخالصي، (١٩٨٢)، **المساحة المستوية**، مطبعة جامعة الموصل، الموصل، العراق.
- زياد عبد الجبار البكر. (٢٠٠٤) **المسح الهندسي والكادسترائي**، بغداد.

٢. المصادر الأجنبية:

- David, R .E., Foote, F.S., Kelly, J.W., {1981}, **Surveying Theory and Practice**, 6th Ed., McGraw-Hill, New York, USA.
- Bannister, A. A. (Seventh Edition 1998). **Surveying**. Harlow: Addison Wesley.
- Moffitt, F. H. (Ninth Edition 1992). **Surveying**. New York: Haper Collins.

نظرة تاريخية:

- كان علم المساحة مندمجاً مع الرياضيات تحت اسم ((الهندسة Geo-metry)) وهذا المصطلح متكون من مقطعين الأول Geo ويعني الأرض، والثاني metry ويعني القياسات باللغة الإغريقية.
- تذكر المصادر التأريخية بان المصريين القدماء (1700 قبل الميلاد) تمكنوا من تعيين مساحة الدائرة حسب القانون التالي:

$$\boxed{A = \left(D - \frac{D}{9} \right)^2}$$

A: مساحة الدائرة

D: قطر الدائرة

- من الشواهد الواضحة على تقدم علم المساحة عند المصريين القدماء هو الدقة في بناء الأهرامات، حيث يذكر بان قاعدة الهرم خوفو (4700 قبل الميلاد) قد أنجزت بخطأ مقداره سنتمتران في قاعدة طول ضلعها 230.41 متر مما يعطي خطأً نسبياً مقداره 1:1200، كما ان الاتجاه عن الشمال الحقيقي كان فيه خطأ بمقدار أربع دقائق إلى الغرب.
- أما البابليون فقد قدموا الكثير إلى علم المساحة عن طريق الربط بينها وبين الارصاد الفلكية، حيث قسم اليوم إلى أربعة وعشرين ساعة وقسمة الساعة إلى ستين دقيقة والدقيقة ستين ثانية.
- وقد تم في العصر البابلي أيضاً تقسيم الدائرة إلى 360 درجة وتمثل كل درجة المسافة الزاوية التي تقطعها الشمس في اليوم الواحد بين النجوم عندما تسير في مدارها الظاهري حول الأرض.
- أما الاغريقين فقد تم تقدم المساحة بشكل كبير في عصرهم حيث ظهرت الآلات المختلفة.
- أما العرب فإنهم أول من وضع أصول الرسم على الكرة وأول من اوجد بطريقة علمية طول درجة من خط النهار ومحيط الكرة الأرضية
- ولما كان علم المساحة مستندا إلى المثلثات والفلك من جهة ونظراً للتطور الذي أحدثه العرب في المثلثات والفلك من جهة أخرى انتعش علم المساحة وتقدم تقدماً ملحوظاً.
- وكان من ابرز العلماء في ذلك العلم (البيروني) ومن أشهر الأجهزة التي صنعها العرب هو (الإسطرلاب) الذي يقيس الزوايا بجميع الاتجاهات.

المفهوم العام للمساحة (Surveying):

تعريف المساحة:

- ❖ المسح Surveying: الطريقة العلمية التي يتم بموجبها جمع معلومات تخص حقولاً مختلفة.
- ❖ المساحة المستوية Plane Surveying: جمع المعلومات لتعيين مواقع النقاط
- ❖ **موقع النقطة:** يتضمن موقع النقطة في المساحة بموقعين:

١. موقع حقلي Field Position

٢. موقع حسابي Mathematical Position

مواصفات الموقع الحقلي:

١. وضع علامة ثابتة من الحديد والخرسانة لها اسم ورقم يخضعان لسلسة من الترقيم والتسمية.

٢. وصف النقطة كأن تعطى أبعادها ومقدار بروزها عن سطح الأرض وموقعها.

٣. وضع مراجع References للنقطة كأن تكون ببعدين أو ثلاثة أبعاد من النقطة إلى عوارض ثابتة بالقرب منها، والغرض من ذلك هو إمكانية إعادة النقطة إلى محلها الأصلي فيما إذا اقتلعت.

٤. تحضير مخطط بسيط للمنطقة التي تقع فيها نقطة المسح.

الموقع الحسابي:

- ❖ الموقع الحسابي للنقطة فيتمثل بقيمة حسابية منسوبة إلى أساس وأصل معين يدعى بنظام الإحداثيات Coordinate System.
- ❖ يمكن معرفة العلاقة بين أي نقطتين إذا علم موقعها الحسابي وكانتا منسوبتان إلى نظام إحداثي واحد أو كان هناك علاقة بين نظاميهما.

تعريف آخر للمساحة:

المساحة: علم إجراء القياسات بين المواقع النسبية للظواهر الطبيعية والاصطناعية وتمثيل تلك القياسات أما على شكل مخططات وخرائط أو أرقام وجداول.

أنواع القياسات:

١. قياسات طولية (المسافات الأفقية والمائلة، المناسيب)

٢. قياسات زاوية (زوايا أفقية ورأسية)

٣. قياس الزمن

من خلال التعريف نستنتج ان المساحة تتضمن الأعمال التالية:

١. تعيين المواقع الأفقية لنقاط واقعة على سطح الأرض

٢. إيجاد مناسيب نقاط معينة بالنسبة إلى مستوى سطح المقارنة (Datum Level) مثل مستوى سطح البحر

٣. تحديد شكل التضاريس الأرضية

٤. إيجاد أطوال المستقيمات وتعيين اتجاهاتها

٥. تعيين مواقع الخطوط الحدودية (المستقيمة والمنحنية منها) لقطع الأراضي

٦. حساب مساحات قطع الأراضي

٧. حساب حجوم الكميات الترابية والخزانات الأرضية

أنواع المساحة:

يمكن تقسيم الأعمال المساحية إلى أربعة أصناف رئيسية هي:

١. المسح الأرضي Ground Surveying

٢. المسح الجيوديسي Geodesy Surveying

٣. المسح التصويري Photogrammetric Surveying

٤. علم الخرائط Cartography Science.

المسح الأرضي Ground Surveying

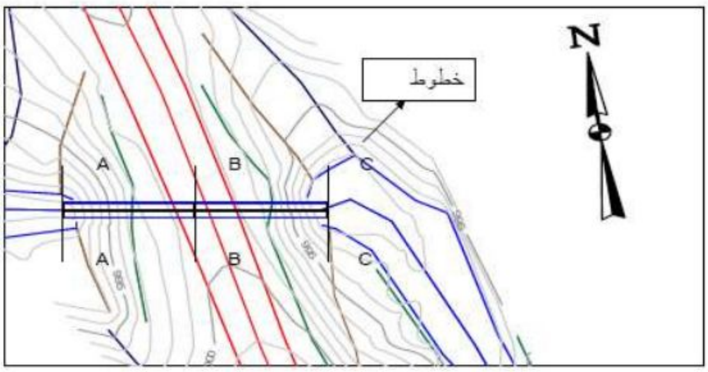
ويشمل على جميع أنواع المساحة المستوية ويقسم تبعاً لطبيعة العمل الذي تقوم به، وأهم هذه الأنواع هي:

١. المساحة الكادسترائية (Cadastral Surveying):

يختص هذا النوع من المسح في تحديد الملكيات الزراعية وتحديد الملكيات السكنية.

٢. المساحة الطوبوغرافية (Topographic Surveying):

هي ذلك النوع من المساحة الذي يقوم بجمع المعلومات الضرورية لرسم خارطة تبين التضاريس الأرضية وجميع العوارض الطبيعية والاصطناعية.



شكل يمثل خارطة طوبوغرافية

٣. مساحة المسارات (Route Surveying):

هذا النوع من المساحة يتعلق بتثبيت الخطوط المركزية للمواصلات والاتصالات، مثل الطرق، خطوط سكك الحديد، خطوط القوى الكهربائية، خطوط الأنابيب، والقنوات ... إلخ. ويشمل العمل تعيين الخط المركزي للمشروع ومن ثم أخذ مقطع طولي للخط المركزي ومقاطع عرضية ورسم هذه المقاطع وتصميم خط المنحدر (grade line) وحساب الحجوم الترابية وتثبيت مواقع المنشآت الخاصة بالطرق مثل الجسور وغيرها.

٤. مسح المدن (City Surveying):

يختص هذا النوع من المساحة بتخطيط المدن، كإنشاء الشوارع ومد خطوط أنابيب الماء والمجاري والكهرباء والهاتف وتحديد مواقع الأبنية الخدمية مثل المدارس والمراكز الصحية ومراكز الشرطة والدفاع المدني وغيرها.

٥. مسح المناجم Mine Surveying:

ويتناول هذا المسح تعيين مواقع المناجم والكهوف وأعماقها وانحداراتها ومن ثم مساحاتها وحجومها والأعمال الترابية الخاصة بها.

٦. مسح الثلوج Snow Surveying:

وهو عبارة عن تعيين مواقع خاصة تسمى (محطات الثلج) في المناطق التي تنزل فيها الثلوج.

٧. مسح المنشآت Construction Surveying:

ويختص بتعيين مراكز خطوط الجدران وعرض الأسس وكمية الحفريات اللازمة.

٨. المسح الهندسي Engineering Surveying:

ويختص بتعيين منحنيات الطرق الأفقية والرأسية وحساب المقاطع العرضية والطولية وحساب المساحات والحجوم.

٩. المساحة المائية (Hydrographic Surveying):

وهي النوع الذي يختص بمسح الأجسام المائية من أنهار، بحيرات وبحار ومحيطات بإجراء مسح طوبوغرافي للشواطئ والسواحل ورسم الخرائط الطوبوغرافية لها، وإيجاد أعماق المياه وملاحظة التغيرات الحاصلة بالمد والجزر وقياس التصريف والخزن.

المسح الجيوديسي Geodesy Surveying

وهو العلم الذي يبحث في شكل وحجم الكرة الأرضية، ويعتمد اعتماداً كلياً على المساحة الجيوديسية في تهيئة المعلومات الحقلية الأساسية والتي تتعلق في تعيين الاتجاهات والمواقع الدقيقة على

سطح الكرة الأرضية مضافاً إليها دراسة كل من الجذب الأرضي المقاس والجذب الأرضي المطلق في نقاط متعددة من الكرة الأرضية مصحوبة بدراسات أخرى ضمن الرياضيات التطبيقية والفيزياء.

المسح التصويري Photogrammetric Surveying

وهو ذلك المسح الذي يتضمن اخذ القياسات بما في ذلك الأبعاد والاتجاهات والمناسيب من الصور الفوتوغرافية وتكون هذه الصور على نوعين:

١. مأخوذة من الجو عن طريق وضع كاميرات خاصة في الطائرات أو القمر الاصطناعي وتسمى بالتصوير الجوي Arial Photogrammetry.

٢. أو يمكن ان تأخذ الصور من كاميرات أرضية خاصة ويسمى التصوير الأرضي Terrestrial Photogrammetry.

المسح الكارتوغرافي (علم الخرائط) Cartography Science

وهو العلم أو الفن الذي يبحث في إنتاج الخرائط.

وحدات القياس (Units of Measurements):

تقسم وحدات القياس إلى نوعين هما:

<u>أولاً: الوحدات الطولية:</u> تستخدم الوحدات الطولية في قياس الأبعاد والمساحات والحجوم وهي على نظامين:

أ. **النظام المتري (Metric System):** وهو النظام المستخدم في العراق بسبب اعتماده النظام العشري أساساً لمضاعفات وأجزاء وحداته الأساسية ولسهولته ولأساسه العلمي، ويعتبر المتر (meter) هو الوحدة الأساسية في هذا النظام.

المتر (Meter): وهو الوحدة الأساسية في النظام المتري ويساوي ١٠٠٠٠٠٠٠/١ من المسافة بين خط الاستواء والقطب الشمالي مقاسة على طول الخط المار بمدينة باريس. أو هو المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال جزء من ٢٩٩ مليون جزء (٢٩٩٧٩٢٤٣٨/١) من الثانية ويعتمد على سرعة الضوء في الفراغ، لذلك فإن قيمته ثابتة وإن اختلف الزمان أو المكان.

* أجزاء ومضاعفات المتر هي كما يلي:

أجزاء المتر	0.1 ديسيمتر Deci.	0.01 سنتمتر Centi.	0.001 مليمتر Milli .	10^{-6} مايكرومتر Micro .	10^{-9} نانومتر Nano.	10^{-12} بيكومتر Peco .
مضاعفات المتر	10 ديكامتر Deca.	100 هكتومتر Hecto.	1000 كيلومتر Kilo .	10^{6} ميكامتر Mega .	10^{9} كيكامتر Giga .	10^{12} تيرامتر Tera .

* تقاس المساحات بالوحدة المترية المربعة مثل المتر المربع والكيلومتر المربع والوحدات المستعملة في العراق لقياس المساحات الزراعية والسكنية هي:

الأولك = ١٠٠ متر مربع

الدونم = ٢٥ أولك = ٢٥٠٠ متر مربع

الهكتار = ٤ دونمات = ١٠٠٠٠ متر مربع

الكيلومتر المربع = ٤٠٠ دونم = ١٠٠٠٠٠٠ متر مربع

* تقاس الحجوم بالوحدات المترية المكعبة مثل المتر المكعب والديسيمتر المكعب (اللتر) والسنتمتر المكعب (المليلتر).

المتر المكعب = ١٠٠٠ لتر   اللتر = ديسيمر^{٣} = ١٠٠٠ سم^{٣}

اللتر = ١٠٠٠ مليلتر   مليلتر = ١ سم^{٣}

ب. **النظام الانكليزي (English System):** وتعتبر الياردة هي وحدة القياس الأساسية، وتوجد أجزاء ومضاعفات لهذه الوحدة ويتخذ من مربعاتها ومكعباتها أساساً لقياس المساحات والحجوم، وهي كما يلي:

القدم = ١٢ إنج   الياردة = ٣ قدم   الميل = ٥٢٨٠ قدم

الإيكر Acre = ٤٣٥٦٠ قدم مربع = ٤٨٤٠ ياردة مربعة

الميل المربع = ٦٤٠ إيكر = ٣٠٩٧٦٠٠ يادرة مربعة = ٢٧٨٧٨٤٠٠ قدم مربع

* بعض التحويلات الشائعة بين النظامين المتري والانكليزي:

١ إنج = ٢,٥٤ سم	1 in = 2.54 cm
١ قدم = ٣٠,٤٨ سم	1 ft = 30.48 cm
١ متر = ٣,٢٨ قدم	1 m = 3.28 ft
١ متر = ٣٩,٣٧ إنج	1 m = 39.37 in
١ كيلومتر = ٠,٦٢١ ميل	1 km = 0.621 mile

١ متر^{٢} = ١,١٩٦ ياردة مربعة = ١٠,٧٦٣٩ قدم مربع = ١٥٥٠ انج^{٢}

ثانياً: وحدات قياس الزاوية: يوجد هنالك ثلاث أنواع من أنظمة قياس الزوايا:

أ. النظام الستيني (Sexadecimal System) (Degree):

وفيه تقسم الدائرة من نقطة مركزها إلى ٣٦٠ جزء وكل جزء يسمى درجة ويرمز له (°) وكل درجة تقسم إلى ٦٠ جزء كل جزء يدعى بالدقيقة ويرمز له ('), وكل دقيقة تقسم إلى ٦٠ جزء كل جزء يدعى بالثانية ويرمز له (").

$$\boxed{1^{o} = 60' = 3600''}$$

* إن الدرجة الواحدة (الستينية) تعني الزاوية المركزية التي تقابل جزء من ٣٦٠ جزء من محيط الدائرة. ولإدخال الزاوية بالحاسبة يمكن الاستعانة بالمفتاح بالحاسبة الالكترونية العلمية لغرض إدخال الزاوية، فنبدأ أولاً بإدخال الدرجات ومن ثم الضغط على هذا المفتاح $\boxed{\circ,,,}$ ومن ثم يتم إدخال قيمة الدقائق والضغط على هذا المفتاح $\boxed{\circ,,,}$ ثانياً ومن إدخال قيم الثواني وكذلك الضغط على هذا المفتاح $\boxed{\circ,,,}$.

* مثال لذلك $75\boxed{\circ,,,}9\boxed{\circ,,,}28\boxed{\circ,,,} = 75^{\circ}\ 09'\ 28''$

$75^{\circ}\ 09'\ 28''$ حيث إن 75^{o} هي درجة و $09'$ هي دقيقة و $28''$ هي ثانية

ب. النظام المئوي (Centesimal System) (Grade):

وفيه تقسم الدائرة من مركزها الى ٤٠٠ جزء كل جزء يسمى بالگراد ويرمز له (^{g}) وكل گراد يقسم إلى ١٠٠ جزء كل جزء يدعى سنتيگراد ويرمز له (^{c}) وكل جزء منه يقسم إلى ١٠٠ جزء يدعى سنتي سنتيگراد ويرمز له (^{cc}).

$\boxed{1^g = 100^c = 10000^{cc}}$

* ان الگراد (grade) هو الزاوية المركزية التي تقابل جزء من ٤٠٠ جزء من محيط الدائرة.

* مثال ذلك $75.0928^g = 75^g\ 09^c\ 28^{cc}$

ج. النظام النصف قطري (Radian System):

وفيه تقسم الدائرة إلى $2\pi\ =\ (2\times3.141592654)$ من الزوايا النصف قطرية، لذا فإن الزاوية النصف قطرية هي الزاوية المركزية التي تقابل قوس طوله يساوي نصف قطر الدائرة.

* ويمكن التحويل من نظام إلى آخر بالاستفادة من العلاقة التالية:

$$360^\circ\ degree = 400^g\ grade = 2\pi\ radian$$

أي إن:

$$90^\circ = 100^g\ =\ {}^{\pi}/_{2}$$

$$1\ rad. = 57.295778^\circ,\quad 1^g = 0.9^\circ,\quad 1^\circ = 0.01745329\ rad.$$

مثال: اذا كانت قيمة $\sin\alpha\ =\ 0.7436$ فما قيمة α بالأنظمة الثلاث؟

الحل:

$$\alpha = \sin^{-1}(0.7436) = 48.03899^\circ = 48^\circ\ 02'\ 20.36''\ (degree)$$

$$\therefore\ \alpha_{grade} = 48.03899 \times \left(\frac{100}{90}\right) = 53.3767^g = 53^g\ 37^c\ 67^{cc}$$

$$\therefore\ \alpha_{rad.} = 48.03899 \times \left(\frac{\pi/2}{90}\right) = 0.267\pi$$

مثال: حول الزاوية "$50^\circ\ 15'\ 30$ الى النظام المئوي والنظام النصف قطري.

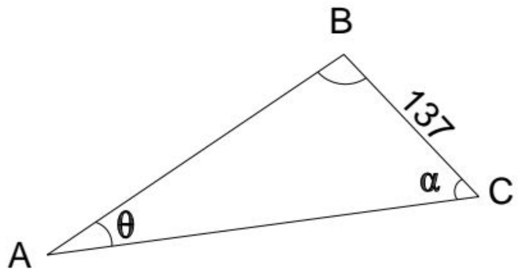
الحل:

$$50^\circ\ 15'\ 30'' = 50^\circ + \frac{15}{60} + \frac{30}{3600} = 50.25833^\circ$$

$$\therefore\ \alpha_{grade} = 50.25833 \times \left(\frac{100}{90}\right) = 55.8426^g = 55^g\ 84^c\ 26^{cc}$$

$$\therefore\ \alpha_{rad.} = 50.25833 \times \left(\frac{\pi/2}{90}\right) = 0.28\pi$$

مثال: في المثلث المجاور طول الضلع BC= 137m, جد طول الضلعين AC, AB؟



$$\theta = 40.9667^g$$

$$\alpha = 1.279753\ rad.$$

الحل: ١. نحول جميع الزوايا المعطاة الى النظام الستيني

$$\frac{200^g}{180°} = \frac{40.96667\ g}{\theta_{Deg.}} \ \rightarrow \ \theta_{Deg.} = 36°\ 52'\ 12"$$

$$\frac{\pi}{180°} = \frac{1.279753\ rad.}{\alpha_{Deg.}} \ \rightarrow \ \alpha_{Deg.} = 73°\ 19'\ 28"$$

٢. نجد الزاوية الثالثة في المثلث ولتكن γ

$$\gamma = 180 - 36°\ 52'\ 12\text{-}73°\ 19'\ 28" = 69°\ 48'\ 20"$$

٣. نجد طول الضلع AB باستخدام قانون الـSin:

$$\frac{AB}{\sin\alpha} = \frac{BC}{\sin\theta} \ \rightarrow \ \frac{AB}{\sin 73°\ 19'28"} = \frac{137}{\sin 36°\ 52'12"} \ \rightarrow AB = 218.73\ m$$

٤. نجد طول الضلع AC من قانون الـ Cos ويمكن أيضا إيجاده من قانون الـ Sin

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2 - 2(AB)(BC)\cos\gamma}$$

$$= \sqrt{(218.73)^2 + (137)^2 - 2(218.73)(137)\cos 69°\ 48'20"} \ = 214.296\ m$$

ثالثاً: وحدات الزمن: ويقسم فيه محيط الدائرة إلى ٢٤ قسماً كل قسم يسمى بالساعة ويرمز له (h) وتقسم الساعة إلى ٦٠ جزءاً كل جزء منها يسمى الدقيقة ويرمز له (m) وتقسم الدقيقة إلى ٦٠ جزءاً كل جزء منها يسمى الثانية ويرمز له بالرمز (s) وإذا أريد زيادة الدقة يمكن تقسيم الثانية إلى الكسور العشرية (١٠٠ جزءاً)

مقياس الرسم (Scale):

مقياس الرسم هو النسبة بين طول أي بعد على الخارطة والطول المناظر له في الطبيعة. مثلا $^1/_{1000}$ تعني أنه كل ١ ملم على الخارطة أو الرسم يمثل ١٠٠٠ ملم على الطبيعة أو ان كل ١ متر على الخارطة يساوي ١٠٠٠ متر على الطبيعة، أي هو النسبة بين وحدة الطول من الخريطة إلى الطبيعة. والسبب من استخدام مقياس الرسم هو لاحتواء أبعاد أرضية كبيرة على ورقة صغيرة (خارطة) حيث إن:

$$\text{مقياس الرسم} = \frac{\text{البعد على الخارطة}}{\text{البعد على الارض (الحقيقي)}}$$

أنواع المقاييس التي تستعمل عادة في الخرائط هي:

١. التعبير اللفظي أو الكتابي Verbal Statement:

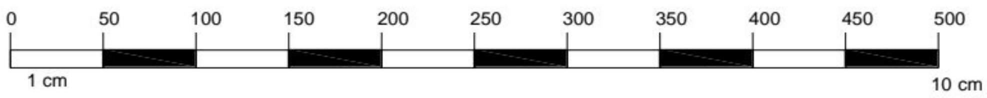
وهو المقياس الذي يشار إليه باللفظ كأن يقال كل ١ سنتمتر على الخارطة يمثل ١٠٠٠ متر على الأرض الطبيعية وهذا النوع من المقاييس شائع الاستخدام في الخرائط ولا يستعمل في الرسومات الهندسية.

٢. المقياس الكسري Representative fraction:

ويسمى أيضاً بالتعبير الكسري ويعطي نسبة البعد على الخارطة إلى نفس البعد على الأرض على شكل كسر بسطه العدد ١ ويكون مقامه عادة أحد الأرقام, مثلا $\frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{5000}$, وكذلك يمكن كتابته بالشكل ١:٥٠٠٠ أو ١/٥٠٠٠ ويقرأ واحد على ٥٠٠٠ أو واحد الى ٥٠٠٠ ويعني ان وحدة القياس الواحدة على الورق يقابلها ٥٠٠٠ وحدة من نفس الوحدات على الطبيعة.

٣. المقاييس التخطيطية:

تستعمل المقاييس التخطيطية للتقليل من الأخطاء التي قد تنشأ عن التمدد أو الإنكماش لورق الخرائط فهو جزء منها ومرسوم على شكل شريط أو مجموعة من الأشرطة على نفس الورق. كذلك يمكن استعماله بعد تغيير مقياس الخريطة نتيجة لتصغيرها أو تكبيرها بطرق التصوير الضوئي. ويكون أكثر الأحيان بالشكل أدناه، وهو على نوعين:



١. المقياس الخطي ٢. المقياس الشبكي

ملاحظة: ان استخدام مقياس صغير في الأعمال الهندسية سوف يقلل من درجة وضوح رؤية الأبعاد على الخارطة المرسومة، إما استخدام مقياس أكبر سوف يبين بشكل واضح على الخارطة الأبعاد المطلوبة ولكن يحتاج إلى عدد أكبر من الأوراق.

مثال: شارع عرضه ١٠ متر، ما هو عرضه على خارطة مقياس رسمها $1/1000$ وكم هو عرضه على خارطة مقياسها $1/5000$ ، وإذا تغير عرض الشارع إلى ١٢ متر فكم يصبح عرضه للخارطتين؟

الحل: ـللشارع ذو العرض ١٠ متر $\frac{1}{1000} = \frac{x}{10000} \rightarrow x = 10\ mm$

مقياس $\frac{1}{5000}$	مقياس $\frac{1}{1000}$	عرض الشارع (متر)
2 mm	10 mm	10 m
4 mm.2	12 mm	12 m

- في بعض الأحيان عندما يكون عرض الشارع اقل من (1 mm) فانه يقرب إلى (1 mm) للدلالة على وجوده أو أهميته
- عندما يكون المقياس صغير جدا، يتم التعويض برموز على الأشكال الحقيقية التي تظهر بشكل واضح ويتم استخدام مثل هذه المقاييس $\left(1/100000, 1/50000\right)$ لضم مساحات كبيرة من الأرض على الورقة أو الخارطة الواحدة.

مثال: مدينة أبعادها (١٠ كم × ١٠ كم)، كم ورقة يلزم لرسمها بمقياس رسم $1/1000$ ، إذا كان أبعاد الورقة المستخدمة (١ × ١ متر)؟

الحل:

عدد الأوراق بدون مقياس رسم $= \frac{10000 \times 10000}{1 \times 1} = 10^8 \times 1$ ورقة

∴ عدد الأوراق لمقياس رسم $(1/1000) = \frac{10^8 \times 1}{1000 \times 1000} = 100$ ورقة

- عند استخدام مقياس رسم اكبر فان الورق المستخدم سيكون أكثر وبالعكس، أي إذا استخدم مقياس رسم $1/10000$ فان ورقة واحدة تكون كافية لكل المساحة.

مثال: شكل رباعي ABCD مرسوم على خارطة بمقياس رسم $\frac{1}{4000}$ فكانت أطوال أضلاعه المقاسة على الخارطة كالآتي: $AB = 4\ cm, BC = 7\ cm, CD = 4.5\ cm, DA = 6.5\ cm$ فما هي الأطوال الحقيقية لهذه الأضلاع على الأرض؟

الحل:

$$line\ AB = \frac{1\ cm}{4000\ cm} = \frac{4}{y} \rightarrow \therefore y = 16000\ cm \rightarrow L_{AB} = 160\ m$$
$$line\ BC = \frac{1\ cm}{4000\ cm} = \frac{7}{y} \rightarrow \therefore y = 28000\ cm \rightarrow L_{BC} = 280\ m$$
$$line\ CD = \frac{1\ cm}{4000\ cm} = \frac{4.5}{y} \rightarrow \therefore y = 18000\ cm \rightarrow L_{CD} = 180\ m$$
$$line\ DA = \frac{1\ cm}{4000\ cm} = \frac{6.5}{y} \rightarrow \therefore y = 26000\ cm \rightarrow L_{DA} = 260\ m$$

مثال: طلب رسم مدينة أبعادها ٢٠×٢٠ كم على ورق خارطة أبعادها ١×١ متر وبمقياس رسم $^1/_{1000}$ فما هو عدد الخرائط اللازمة لرسم هذه المدينة؟ وما هي عدد الخرائط اللازمة عندما يكون مقياس الرسم $^1/_{20000}$ ؟

الحل: أبعاد المدينة: $2000000\ cm \times 2000000\ cm = 2 \times 10^6 \times 2 \times 10^6 = 4 \times 10^{12}\ cm^2$

$$\frac{1^2}{(1000)^2} = \frac{x}{4 \times 10^{12}} \quad \rightarrow x = 4000000\ cm^2$$

$$\text{عدد الخرائط المطلوبة} = \frac{\text{مساحة المدينة المرسومة}}{\text{مساحة الخارطة الواحدة}} = \frac{4000000\ cm^2}{1m \times 1m} = \frac{4000000\ cm^2}{100\ cm \times 100\ cm}$$

$$\rightarrow No. of\ maps = 400\ map$$

$$\frac{1^2}{(20000)^2} = \frac{x}{4 \times 10^{12}} \quad \rightarrow x = 10000\ cm^2$$

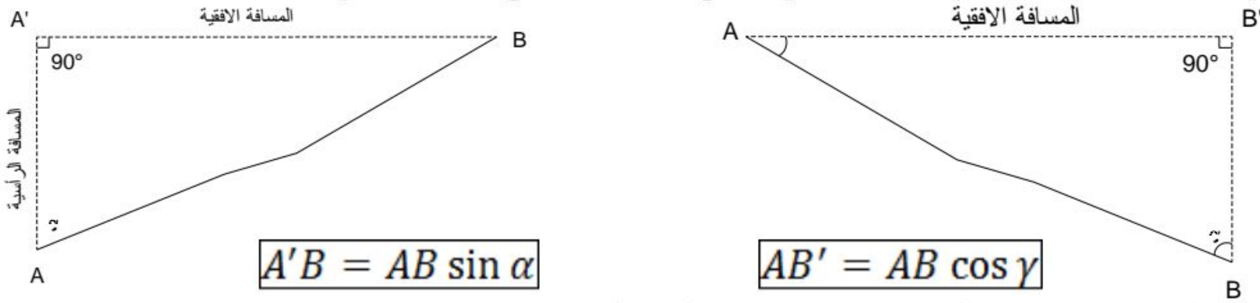
$$\text{عدد الخرائط المطلوبة} = \frac{\text{مساحة المدينة المرسومة}}{\text{مساحة الخارطة الواحدة}}$$

$$= \frac{10000}{1m \times 1m} = \frac{10000}{100 \times 100} \Rightarrow No.\ of\ maps = 1\,map$$

مبادئ أساسية في المساحة Basic Principles:

المسافة الأفقية Horizontal Distance:

هي المسافة المقاسة بين أي نقطتين والتي تصنع زاوية قائمة مع الخط الرأسي المار بأحد النقطتين.



$$\boxed{A'B = AB\sin\alpha} \qquad \boxed{AB' = AB\cos\gamma}$$

ملاحظة: عندما تكون الأرض شبه منبسطة (أفقية أو مستوية) تكون الزاوية γ صغيرة جدا ويمكن إهمالها.

المسافة الرأسية (العمودية) Vertical Distance:

هي المسافة التي يقطعها الخط الرأسي المار بأحدى النقطتين حتى تقاطعه مع المسافة الأفقية, وتحسب كما يلي:

$$\boxed{AA' = AB\cos\alpha} \quad \text{or} \quad \boxed{BB' = AB\sin\gamma}$$

المسافة المائلة Slope Distance:

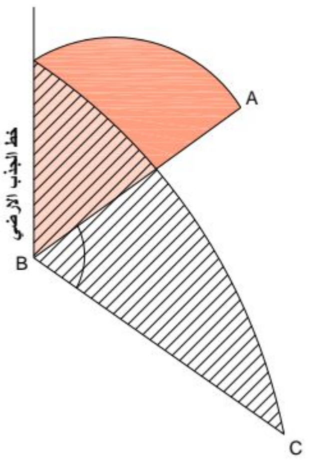
وهي المسافة التي يقطعها الخط الواصل بين النقطتين بشكل مباشر، مثل:

المسافة المائلة = AB (المستقيم AB)

الانحدار Grade:

وهي نسبة تمثل المسافة الرأسية بين نقطتين مقسومة على المسافة الأفقية لتلك النقطتين وهو نسبة مئوية بلا وحدات وتمثل مقدار الانحدار للأرض الطبيعية, وهو اما أن تكون إشارته (+) في حالة الصعود او إشارته (-) في حالة النزول.

$$\boxed{grade = \frac{AA'}{A'B}}$$

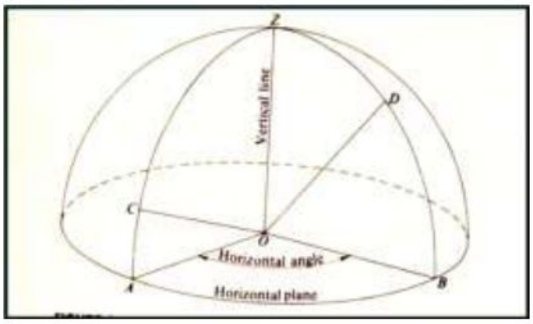


الزاوية الأفقية Horizontal angle:

وهي الزاوية التي تقع في المستوي الأفقي الذي يكون عمودياً على خط اتجاه الجذب الأرضي ، فمثلا في النقطة (B) كما موضح في الرسم المجاور والزاوية الأفقية متكونة من تقاطع ثلاث مستويات هي:

١. **المستوى الأفقي:** وهو الذي تقع فيه الزاوية الأفقية ABC والذي يكون عمودي على خط الجذب الأرضي والمار بنقطة B.

٢. **المستوي الثاني**: وهو المستوي الذي تقع فيه نقطتي A و B والذي يحتوي على خط الجذب الأرضي



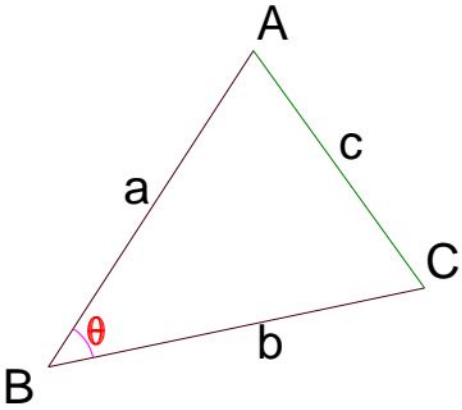
٣. **المستوي الثالث:** وهو المستوي الذي يحتوي على نقطتي B وC وعلى خط الجذب الأرضي أيضا.

* من ذلك نستنتج ان حركة النقاط A وC داخل مستوييهما لا تؤثر على الزاوية الأفقية أو قيمتها.

<u>طرق قياس الزوايا الأفقية:</u>

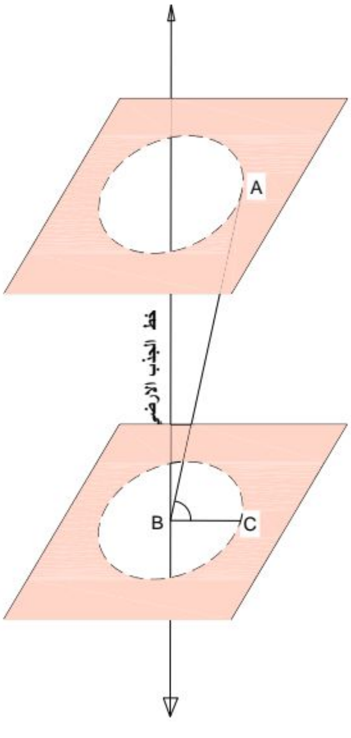
١. حساب الزاوية من خلال المسافات.

٢. قياس الزاوية مباشرة باستخدام الأجهزة



$$\boxed{\theta = \cos^{-1}\left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}\right)}$$

الزاوية الرأسية Vertical Angle:



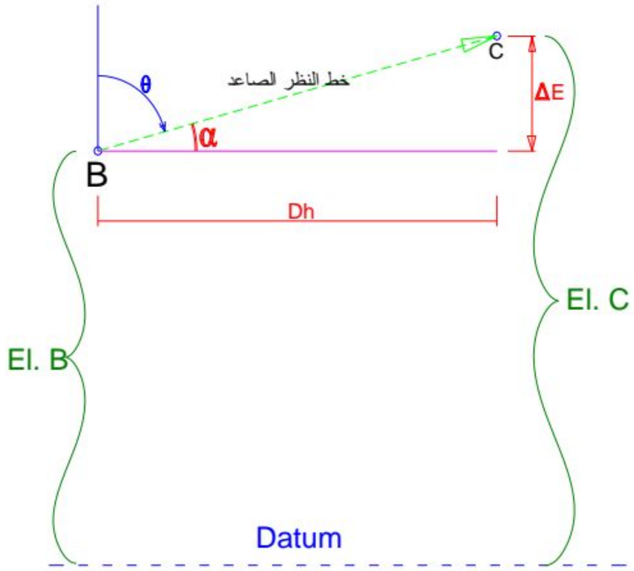
هي الزاوية المحصورة بين مستويين متوازيين عموديين على اتجاه خط الجذب الأرضي وكما موضح في الشكل المجاور, حيث ان الزاوية الرأسية هي الزاوية المقاسة من نقطة A إلى نقطة B ومن ثم إلى نقطة B إلى C.

* الزاوية الرأسية لا تتأثر بحركة النقطتين A وC داخل مستوييهما شريطة ان تبقى على نفس قاعدة المخروط المتشكل بين نقطة A وB.

طرق قياس الزوايا الرأسية:

١. حساب الزاوية من خلال المسافة الأفقية وفرق المنسوب.

٢. قياس الزاوية مباشرة باستخدام الأجهزة



$$\boxed{\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta E}{Dh}\right)}$$

$$\boxed{\theta = 90 - \alpha}$$

المسح بواسطة الشريط:

وتضم عملية المسح بالشريط أعمال قياس المسافات والزوايا الأفقية وكذلك إقامة وإسقاط الأعمدة والتي هي ضرورية في رسم هيكل المسح العام.

أنواع الأشرطة Types of Tapes:

تصنع الأشرطة من مواد مختلفة وبأطوال مختلفة وهي على أربعة أنواع:

أ. الأشرطة القماشية أو الكتانية Cloth Tapes:

وهي أشرطة مصنوعة من خيوط الكتان المنسوجة ويتراوح عرضها من (١٢ إلى ١٦) ملم ومتوفرة بأطوال ١٠، ١٥، ٢٠، و٣٠ متر.

- تثبت نهاية الشريط بمغزل ويلف حوله الشريط ويكون داخل محفظة جلدية، وتثبت في بداية الشريط حلقة معدنية يكون طولها ضمن الديسيمتر الأول.
- يتميز بأن وزنه خفيف وعملي ووضوح القراءة عليه، ولكن لا يستخدم في القياسات الدقيقة لأنه يتمطى ويزداد طوله عند السحب ويتعرض الشريط للانكماش بسبب الرطوبة.
- ان استخدام مثل هذه الأشرطة في المساحة قليل وقد استبدل نسيج الكتان بمواد تركيبية مثل الصوف الزجاجي المطلي بمادة PVC.

ب. الأشرطة المسلحة بأسلاك معدنية Metallic Tapes:

تختلف هذه الأشرطة عن النوع السابق بوجود خيوط أو أسلاك من المعدن مثل النحاس أو الفولاذ المقاوم لصدأ، قطر هذه الأسلاك بحدود 0.16 ملم. الغرض من وضع هذه الخيوط هو تقوية الشريط وتقليل قابليته على التمطي.

- الأطوال المتوفرة لهذا النوع وعرضها وتقاسيمها هي نفسها بالنوع السابق
- تستعمل هذه الأشرطة عندما لا يحتاج العمل إلى دقة عالية أو في الأعمال التي يحتمل كسر الشريط فيها مثل اخذ المقاطع أو إقامة وإسقاط الأعمدة.

ج. الأشرطة الفولاذية Steel Tapes:

تصنع هذه الأشرطة من الفولاذ أو الفولاذ المقاوم للصدأ، بداية الشريط مزودة بحلقة أو أي وسيلة أخرى لمسك الشريط بقوة.

- الأطوال المتوفرة هي ١٠، ١٥، ٢٠، ٣٠، ٥٠ متر وعرضها ٦، ٩,٥، ١٣، ١٦ ملم وسمكها بحدود ٠,٢ ملم.
- الشريط يكون ملفوف على مغزل داخل محفظة مصنوعة أو مطلية بمادة مقاومة للصدأ
- عادة يكتب في بداية الشريط الحرارة والشد القياسيين مثل ($20\ C^o - 5\ kg$)

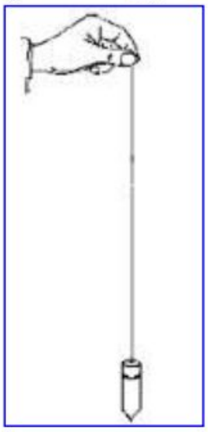
د. الأشرطة المصنوعة من سبيكة الانفار Invar Tapes:

تصنع هذه الأشرطة من سبيكة الانفار والتي تتكون من ٣٦% من النيكل و٦٤% من الفولاذ، تتميز هذه السبيكة بصغر معامل تمددها الحراري وهو $\frac{1}{30}$ من معامل تمدد الفولاذ (معامل تمدد الانفار الحراري $3.96\text{x}10^{-7}$ لكل درجة مئوية).

- عرض الشريط يكون عادة ٥ ملم وطوله قد يصل إلى ٥٠ متر ويلف الشريط على عجلة معدنية قطرها ٢٥ سم.
- يستخدم هذا الشريط في القياسات عالية الدقة مثل قياسات خط الأساس Base line وفي عملية التثليث Triangulation
- هذا النوع من الأشرطة سريع الكسر وخصوصا عند سحبها وهي ملتوية وتكون باهظة الثمن مقارنة مع الأنواع الأخرى.

الأدوات المساعدة:

- **الشواخص (Rage poles):** وهي عبارة عن أعمدة خشبية أو حديدية مضلعة أو اسطوانية الشكل طولها الاعتيادي ٢ متر وقطرها ٢,٥ – ٣ سم ومقسمة بلونين متبادلين هما الأبيض والأحمر أو الأبيض والأسود، تستعمل الشواخص كإشارة دلالة على موقع نقطة أو اتجاه مستقيم.
- **النبال (Pins or Arrows):** وتسمى أحيانا بالسهام وهي عبارة عن أسياخ حديدية قطرها بحدود ٤ ملم وطولها ٢٥ – ٤٠ سم، وتكون بدون ألوان وتستخدم لتأشير موقع نهاية الشريط أو لتأشير تعداد يدل على عدد الأشرطة الكاملة التي تم قياسها.
- **الأوتاد (Pegs):** عبارة عن قطع خشبية طولها ٢٠ – ٣٠ سم ومقطعها مربع طول ضلعها ٣ – ٤ سم، تستعمل الأوتاد للدلالة على مواقع النقاط.



- **الشاقول (Plumb Bob):** عبارة عن قطعة مخروطية الشكل مصنوعة من المعدن يثبت في مركز قاعدتها خيط، يستخدم الشاقول عندما يكون القياس على ارض منحدرة أو غير منبسطة أو مغطاة بحشائش عالية أو أعشاب لذلك يتطلب رفع الشريط وإسقاط نقطة بدايته.

قياس المسافات باستخدام الشريط Distance Measurements:

يعد قياس المسافات احد الأعمال الأساسية في المساحة، وتقسم طرق القياس إلى نوعين أساسيين:

١. الطرق المباشرة (Direct Methods):

وتتم هذه الطريقة باستخدام الشريط أو عجلة القياس أو باستخدام عدادات للقراءة وكذلك باستخدام الأجهزة البصرية والالكترونية، واهم هذه الطرق هي طريقة القياس بالشريط

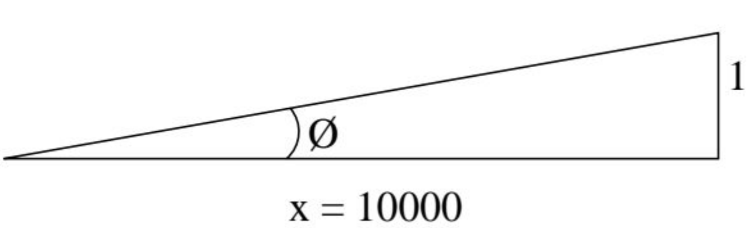
٢. الطرق غير المباشرة (Indirect Methods):

وتتم هذه الطريقة باستخدام مسافات بديلة وبإتباع طرق حسابية معينة لاستخراج وحساب المسافة المطلوبة وكما سيتم توضيحه لاحقاً.

ملاحظة: في المساحة عندما يقال المسافة بين نقطتين، إنما يقصد به المسافة الأفقية بين النقطتين بغض النظر عن فرق المنسوب بين هاتين النقطتين إلا إذا تم التحديد كأن يقال المسافة المائلة مثلاً. لذلك يجب تحويل المسافة المائلة إلى ما يكافئها من المسافة الأفقية قبل استخدامها في الحسابات ورسم الخرائط والتصاميم.

دقة الموقع:

- وهي دقة مواقع النقاط المتأتية من القياسات الزاوية والطولية.
- يجب ان تكون دقة الزوايا المقيسة مطابقة لدقة الأطوال المقيسة
- لو كانت دقة الموقع المطلوبة للمسح ضمن 1:10000 وجب استخدام شريط قياس دقته أثناء العمل مساوية إلى سنتمتر واحد لكل مائة متر، أما دقة جهاز الثيودولايت فتحسب كالآتي:



$$\boxed{\phi = \tan^{-1}\frac{1}{x}} \quad \rightarrow \phi = \tan^{-1}\frac{1}{10000} = \mp 20''$$

الأخطاء والأغلاط (أنواعها ومصادرها) Errors and Mistakes:

الأخطاء Errors: ان الخطأ في أي كمية هو عبارة عن الفرق بين القيمة المقاسة عن القيمة الحقيقية، فإذا كانت القيمة المقاسة اكبر من القيمة الحقيقية فان الخطأ يكون موجبا، وبالعكس فان الخطأ يكون سالبا.

ملاحظة عامة على الأخطاء

لا يوجد قياس بدون خطأ ومهما كانت دقة الأجهزة وكفاءة المساح لابد من حدوث خطأ ما. تختلف الأخطاء حسب مصادرها وأنواعها:

مصادر الأخطاء ثلاثة، هي:

١. **أخطاء الآلة (الأخطاء الآلية) Instrumental Errors:** والذي يحدث نتيجة عدم الكمال في صنع الآلة أو الجهاز المستخدم في القياس، فمثلا قد يكون الطول الحقيقي للشريط اقل أو أكثر من الطول الاسمي له. مميزات هذه الأخطاء

أ. يمكن السيطرة عليها بسهولة وتصحيحها.

ب. قد يكون الخطأ الآلي كبير أو صغير وقد يكون موجباً أو سالباً.

ج. يجب اختزال الأخطاء الآلية من القياسات الحقلية قبل إجراء الحسابات النهائية لمواقع النقاط.

٢. **الخطأ الشخصي Personal Error:** تتسبب هذه الأخطاء من إهمال الراصد في استعمال الآلات إما نتيجة للبعض العادات التي اكتسبها أثناء الحياة العملية أو لضعف في حواسه، مثلاً عدم قابلية الراصد على تقدير الشد المسلط على الشريط بصورة صحيحة. مميزاتها:

أ. يمكن اختزال الأخطاء الشخصية باستعمال الطرق الملائمة.

ب. قد تكون نتائج العمل المتضمن أخطاء شخصية مقبولة في نطاق ضيق ولكن عند ربطها مع أعمال أخرى تظهر الأخطاء بوضوح كبير.

ت. قد يكون الخطأ الشخصي إلى اليمين أو إلى اليسار أي سالباً أو موجباً وقد يكون صغيراً أو كبيراً.

ث. ينبغي اختزال الأخطاء الشخصية أثناء العمل الحقلي قبل إجراء الحسابات النهائية.

٣. **الأخطاء الطبيعية (الفيزيائية) Natural Errors:** والتي تحدث نتيجة التبدل في الظروف الجوية المحيطة بالقياس مثل الحرارة، الرطوبة، الرياح، الجاذبية، الانكسارات الضوئية والانحرافات المغناطيسية، الارتفاع والانخفاض عن مستوى سطح البحر أو العوامل الفيزيائية والطبيعية المتعددة الأخرى.

تخضع هذه الأخطاء إلى قوانين فيزيائية معلومة، يمكن السيطرة على هذه الأخطاء وإجراء التصحيحات الخاصة بها.

تنقسم الأخطاء إلى نوعين:

أ. **الأخطاء المنتظمة (المتراكمة) Systematic Errors:** وهي الأخطاء التي لها نفس القيمة والإشارة عند بقاء نفس الظروف والتي يمكن حسابها نظرياً بواسطة احد القوانين الرياضية أو الفيزيائية وتصحيح القيم المقاسة، مثل تمدد الشريط أو الهطول أو غيره.

الأخطاء المتراكمة تتناسب طردياً مع عدد مرات القياس، أي إذا كان الخطأ في قياس واحد يساوي (e+) فان الخطأ الكلي في قياسين من ذلك النوع يساوي (2e+) كما وان الخطأ الكلي في (n) من القياسات يساوي (ne+) واستناداً إلى ذلك نستنتج المعادلة التالية:

$$\boxed{E_s = e_s\, n}$$

Where:

E_s = total systematic errors

e_s = systematic error in one measurement

n = No. of measurement

مثال: إذا كان الخطأ في شريط فولاذي طوله ثلاثون متراً يساوي (0.001 m+)، احسب الخطأ الكلي في قياس مسافة طولها ثلاثة كيلومترات بنفس شريط القياس.

$e_s = +0.001$ m, $\quad n = 3000/30 = 100$

$E_s = +\,0.001 * 100 = +\,0.100$ m

مثال: قيس الخط AB بشريط قياس طوله 50 m فوجد بأنه يساوي 485.52 m وبعد مقارنة شريط القياس بالطول المعياري وجد بان طوله يساوي 49.95 m احسب طول الخط AB المصحح.

e_s = measured – true = 50.00 – 49.95 = + 0.05 m

n = 485.52 / 50 = 9.71

Es = + 0.05 * 9.71 = + 0.48 m (يضاف التصحيح بعكس إشارة الخطأ)

Corrected AB = 485.52 – 0.48 = 485.04 m

ب. **الأخطاء غير المنتظمة أو العشوائية Accidental or Random Errors:** وهي الأخطاء التي تكون خارجة عن قابلية الراصد في السيطرة عليها ولا يمكن التنبؤ بقيمتها أو إشارتها لذلك لا يمكن تصحيحها بالطرق الحسابية الاعتيادية وإنما تعالج بطرق خاصة تعتمد على نظريات الإحصاء الهندسي والرياضيات المتقدم، وفي بعض الأحيان تختزل هذه الأخطاء بعضها البعض، فمثلاً عند تثبيت نقطة معينة على الأرض للرصد فان أي انحراف بسيط بالتثبيت يؤدي إلى انحراف في الاتجاه والقياس ولا نستطيع معرفة مقداره. وهي على نوعين: الأخطاء المباشرة، الأخطاء غير المباشرة، تتناسب هذه الأخطاء طردياً مع الجذر التربيعي لعدد مرات القياس.

$$\boxed{E_a = e_a \sqrt{n}}$$

Where:

E_a = total accidental errors

e_a = accidental error in one measurement.

n = no. of measurement.

مثال: إذا كان الخطأ الاحتمالي في شريط قياس طوله 20 m يساوي (0.02±) احسب الخطأ الاحتمالي الكلي إذا استخدم الشريط في قيسا مسافة طولها 211.25 m

$e_a = \pm\ 0.02$ m

n = 211.25 / 20 = 10.56

$E_a = 0.02 * \sqrt{10.56} = \pm 0.06$ m

الأغلاط Mistakes:

وهي عبارة عن زلات غير مقصودة بسبب الإرباك في التصرف والتقدير. ومثال على ذلك تبديل أرقام أو مراتب القراءات كأن يكون ٢١ بدلاً من ١٢ أو ١,٦٠ بدلا من ١,٠٦ وهكذا.

تكتشف الأغلاط بإعادة اخذ القراءات وإجراء قياسات تحقيقيه أو إعادة العمل كله. وفي بعض الأحيان التفكير المنطقي أو الإحساس الهندسي يمكن من اكتشاف الأغلاط.

يمكن القول ان الأخطاء ترافق جميع الأعمال المساحية ولا يمكن التخلص منها مطلقاً لذلك فهي مقبولة في المساحة، إما الأغلاط فهي مرفوضة رفضاً قاطعاً.

المعدل والمعدل الموزون

المعدل: هو أحسن نتيجة لقياسات متعددة أخذت لكمية واحدة تحت ظروف متماثلة. ويعُرف أيضاً بأنه القيمة الأكثر تكراراً. وكما يلي:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$$

Where:

$\bar{x}$ = mean

x_i = measurements

f_i = frequency

أما لو اختلفت نسبة الاعتماد على كل قياس أي بان يكون لكل قياس وزن معين فيمكن استخدام قانون المعدل الموزون وكما يلي:

$$wm = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

Where:

wm = weighted mean

x_i = measurements

w_i = weights

الانحراف Deviation: هو الفرق بين القيمة المقاسة حقليا وبين المعدل أي:

$$v = x_i - \bar{x}$$

Where:

v = Deviation

x_i = measurements

$\bar{x}$ = the mean

كلما زاد الانحراف قل الاعتماد على نتيجة القياس وبالعكس. فلو أعيد كتابة معادلة المعدل:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i f_i}{n}$$

$n\bar{x} = x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n$

نطرح $n\bar{x}$ من الطرفين

$n\bar{x} - n\bar{x} = (x_1 - \bar{x}) + (x_2 - \bar{x}) + (x_3 - \bar{x}) + \ldots + (x_n - \bar{x})$

$0 = v_1 + v_2 + v_3 + \ldots + v_n \quad \Rightarrow \boxed{\sum v_i = 0}$

خصائص الانحراف:

١. المجموع الجبري للانحرافات يساوي صفر

٢. مجموع مربعات الانحرافات تكون دائما في نهايتها الصغرى.

$\boxed{\sum (v_i)^2 = \text{minimum}}$

الزحف Discrepancy:

هو الفرق بين قياسين أخذا لكمية واحدة ويمكن تلخيص خصائصه بالآتي:

١. يدل الزحف الكبير بين قياسين مأخوذين لكمية واحدة على حدوث أغلاط في احدهما او كليهما مما يستوجب إهمالهما.

٢. يدل الزحف الصغير بين قياسين أو أكثر لكمية واحدة على عدم وجود أغلاط فيهما.

٣. يستدل من الزحف الصغير بان الأخطاء المتراكمة متماثلة وقد تكون كبيرة أو صغيرة.

٤. لا يعني الزحف الصغير صحة القياسات مطلقا، بل يدل على كفاية أفراد فرقة العمل.

٥. بعد اختزال الأخطاء المتراكمة من القياسات ذات الزحف الصغير فالمعدل يعطي نتيجة قريبة من القياس الصحيح.

العلاقات الهندسية Geometrical Relationships:

- وهي كميات او نسب ثابتة لا تتغير مطلقا مهما تبدلت ظروف القياسات او دقتها.
- هي الطريق المستخدم لفحص دقة الأعمال واستنتاج الأخطاء الداخلية فيها.
- مثلاً مجموع زوايا المثلث المستوي 180^o، كما وان مجموع الزوايا الداخلية لأي شكل متعدد الأضلاع يساوي:

$\boxed{\sum \text{inner angle} = (n - 2) * 180}$

n: No. of sides

الخطأ الاحتمالي والوزن:

- تتناسب الأوزان طرديا مع عدد القياسات.
- تتناسب الأوزان عكسيا مع الأخطاء.

$$W_1E_1^2 = W_2E_2^2 = W_3E_3^2 = \ldots = W_nE_n^2$$

Where:

W: weight

E: probable error

تصحيح القياسات:

لتصحيح أي مجموعة من القياسات نتبع الخطوات التالية:

١. نجد علاقة هندسية تجمع القياسات

٢. نحسب الخطأ الكلي عن طريق العلاقة الهندسية

٣. نحسب أوزان التصحيح

٤. نحسب التصحيح لكل قياس حسب وزن التصحيح

مثال: صحح الزوايا في الجدول أدناه والتي تمثل زوايا داخلية في مثلث

Angle	Value	Sets
A	$87^o\ 45'\ 38''$	3
B	$54^o\ 33'\ 29''$	2
C	$37^o\ 40'\ 19''$	4

الحل:

$A + B + C = 180^o$

Total error = $(A + B + C) - 180^o = -34''$

Total correction = $+34''$

Angle	Sets	Weight	Correction weight	Correction	Corrected angle
A	3	$\frac{3}{9} = 0.33$	$\frac{9}{3} = 3$	$\frac{3}{9.75} \times 34 = +10.5''$	$87^o\ 45'\ 48.5''$
B	2	$\frac{2}{9} = 0.22$	$\frac{9}{2} = 4.5$	$\frac{4.5}{9.75} \times 34 = +15.7''$	$54^o\ 33'\ 44.7''$
C	4	$\frac{4}{9} = 0.44$	$\frac{9}{4} = 2.25$	$\frac{2.25}{9.75} \times 34 = +7.8''$	$37^o\ 40'\ 26.8''$
$\sum$	9	0.99	9.75	$+34''$	$180^o\ 00'\ 00''$

مثال: صحح الزوايا في الجدول أدناه والتي تمثل زوايا داخلية في مثلث

Angle	Value	Portable error
A	87° 45' 38"	± 8"
B	54° 33' 29"	± 4"
C	37° 40' 19"	± 3"

الحل:

$A + B + C = 180^o$

Total error = (A + B + C) -180° = - 34″

Total correction = + 34″

$$W_1E_1^2 = W_2E_2^2 = W_3E_3^2 = \ldots = W_nE_n^2$$

$$W_A(8)^2 = W_B(4)^2 = W_C(3)^2$$

$$64 * W_A = 16 * W_B = 9 * W_C$$

Angle	Portable error	Measurement weight	Correction	Corrected angle
A	± 8"	64	$\frac{64}{89} \times 34 = +24.5''$	87° 46' 02.5"
B	± 4"	16	$\frac{16}{89} \times 34 = +6.1''$	54° 33' 35.1"
C	± 3"	9	$\frac{9}{89} \times 34 = +3.4''$	37° 40' 22.4"
$\sum$		89	+34"	180° 00' 00"

قياس المسافات الأفقية:

تعتبر قياس المسافة من العمليات الأساسية في المساحة وتكون المسافة الأفقية هي الأساس في حساب الإحداثيات. تقاس المسافة الأفقية أما مباشرةً في الحقل بطرق خاصة أو يتم قياس المسافة المائلة ثم تحسب المسافة الأفقية من خلال الحسابات اللاحقة.

هناك عدة طرق لقياس المسافة الأفقية وهي:

طرق قياس المسافة الأفقية:

١. الخطوات Pacing.
٢. عجلة المساحة Odometer.
٣. السلسلة Chain
٤. شريط القياس Tape
٥. التاكيومتر Tachometry
٦. القياس الالكتروني للمسافات (Electronic Distance Measurements (EDM
٧. منظومة الموقع العالمي (Global Positioning System (GPS

الخطوات Pacing:

وتستخدم هذه الطريقة عندما لا نحتاج إلى دقة في قياس المسافة وتكون بحساب عدد الخطوات ثم تضرب في طول الخطوة. يحسب كل مساح عادة طول خطوته من خلال حساب عدد الخطوات في مسافة معروفة.

عجلة المساحة Odometer:

تستخدم هذه الطريقة في المسح الأولي والاستطلاع عادةً، يمكن أن تستخدم في وصف نقاط الضبط الأرضي أو الاستدلال على نقاط الضبط الأرضي. تستخدم بصورة واسعة في حساب كميات (ذرعة) مشاريع الطرق.

يتم حساب المسافة على أساس معرفة محيط العجلة وبعد حساب عدد دورات العجلة يتم ضربها بالمحيط لحساب المسافة.

$\boxed{D = n * C}$

$\boxed{C = 2 \pi R}$

Where:

n: No. of rotation

C: Circumference R: Radius

السلسلة Chain:

تستخدم عادة في القياسات التي تجرى في المزارع وهي نادرة الاستخدام حالياً.

شريط القياس Tape:

وهناك عدة أنواع لشريط القياس:

١. **الحديدي Steel Tape:** وهو كثير الاستخدام في الأعمال المساحية الخاصة بالأعمال الإنشائية.
٢. **الكتاني Cloth Tape:** وهو اقل دقة من الحديدي ويستخدم عادة في الأماكن التي تقطع طريق معين حيث ان الحديدي يكون عرضة للكسر.
٣. **الفايبر Fiberglass:** هو أدق من الكتاني
٤. **الأنفار Invar Tape:** وهو مكون من سبيكة (Nickel & Steel) وهو ذو دقة عالية جدا حيث يكون تأثره قليل بتغير درجة الحرارة

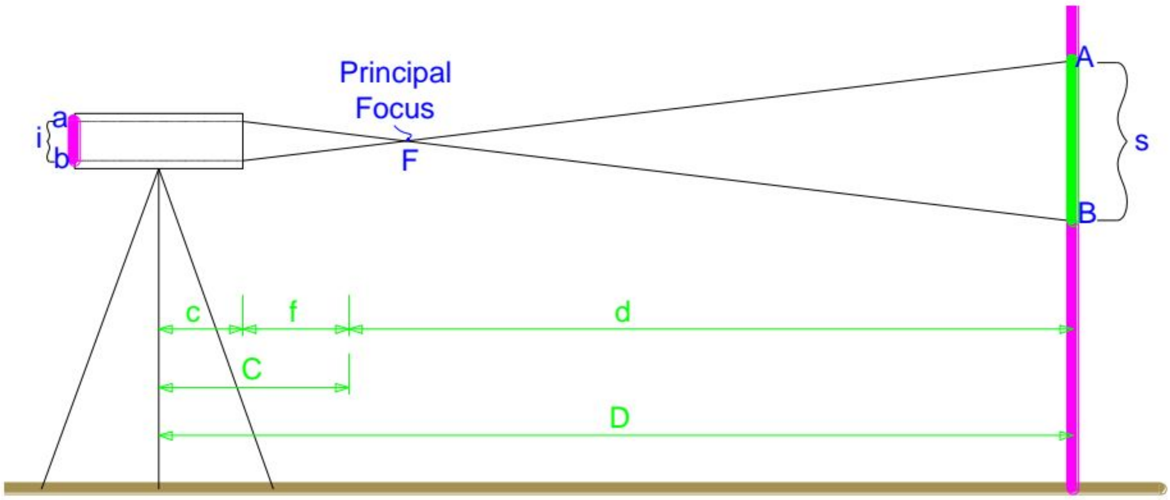
التاكيومتر Tacheometer:

- وهي العملية التي يتم بموجبها الحصول على المسافة الأفقية بصورة غير مباشرة معتمدةً على مبدأ هندسة العدسات الموجودة في أجهزة المساحة.
- يمكن استخدام جهاز التسوية (اللفل) أو الثيودولايت لهذا الغرض.

مبدأ القياس في التاكيومتر:

تحتوي العدسة العينية عادة في أجهزة المساحة على ثلاثة شعيرات متقاطعة (عليا وسطى وسفلى).

Stadia hairs: تمثل المسافة بين الشعيرة العليا والسلفى وتمثل $ab = i$ في الرسم أدناه:



- لقياس المسافة في التاكيومتر توضع قامة جهاز التسوية (Staff) فوق النقطة المراد قياس المسافة إليها وتقرأ القراءة العليا (A) والقراءة السفلى (B).

- تطرح القراءة العليا من السفلى فتعطي المسافة (AB) وتسمى هذه المسافة (stadia interval) وتساوي (s).

$$\frac{s}{d} = \frac{i}{f} \qquad \Rightarrow \qquad d = \frac{f}{i} * s$$

$$\text{Let } k = \frac{f}{i} \quad \Rightarrow \qquad d = k * s$$

$$D = d + f + c$$

$$C = f + c$$

$\boxed{D = K.s + C}$ وهي معادلة التاكيومتر الرئيسية

Where:

D: horizontal distance

k: stadia interval factor

s: stadia interval

C: stadia constant

ان مقدار الثابت C يساوي صفر في معظم الأجهزة ذات التوضيح الداخلي internal focusing مما يختزل المعادلة إلى:

$$\boxed{D = K.s}$$

أما مقدار الثابت k فقد وضع في اغلب الأجهزة بمقدار يساوي 100 فتكون المعادلة:

$$\boxed{D = 100*s}$$

القياس الالكتروني للمسافات:

لقد مرت الأجهزة الالكترونية لقياس المسافات بمراحل تطور حتى وصلت إلى ما هي عليه الآن ويمكن حصر الأجيال بالتالي:

١. **الجيل الأول:** وقد ظهرت هذه الأجهزة في بداية عقد الخمسينات 1950وتستخدم هذه الأجهزة الأشعة الضوئية وسميت (Geodimeter)

٢. **الجيل الثاني:** وقد ظهرت هذه الأجهزة في نهاية عقد الخمسينات 1950 وتستخدم هذه الأجهزة الأشعة المايكروويف microwaves وسميت (Tellurometer).

٣. **<u>الجيل الثالث:</u>** وقد ظهرت هذه الأجهزة بعد اكتشاف الدايود الضوئي Light-emitting diodes حيث احدث ثورة في تطور EDM وأصبحت أجهزة القياس اصغر حجماً واقل طاقة للتشغيل مع العلم بان هذه الأجهزة لا تصل المدى في القياس كما في الأجهزة التي سبقتها.

٤. **<u>الجيل الرابع:</u>** وقد ظهرت هذه الأجهزة في السنين الأخيرة وتستخدم أشعة الليزر والأشعة تحت الحمراء وأصبحت مدياتها كبيرة وذات دقة عالية في قياس المسافة. وقد شهد هذا الجيل من الأجهزة تطور في طرق إخراج النتائج والحسابات الخاصة وادخل فيها عدة برامج للحسابات الخاصة بالمساحة من حساب المسافة الأفقية وحساب الإحداثيات..الخ وأصبحت تسمى هذه الأجهزة بالمحطة المتكاملة Total Station

Accuracy of EDM Measurement : دقة قياس المسافات الالكترونية

- عادة تعطى الدقة في أجهزة قياس المسافة الالكترونية بالشكل التالي:

$\pm e_1 mm \pm e_2$ mm/km or $\pm e_1$ mm $\pm e_2$ PPM

- يحسب الخطأ المعياري الكلي في أي مسافة كما يلي:

$$\pm\sqrt{e_1^2+\left(e_2\times D\times 10^{-3}\right)^2}\quad \text{mm}$$

D: distance in meter

Accuracy for instrument Topcon GTS 225 = (± 2 mm ± 2ppm)

مثال: استخدم جهاز لقياس مسافتين الأولى 200 m والثانية 5 km وكانت دقة قياس الجهاز للمسافة هي $\pm$ 10 mm + 5 ppm، أيهما أكثر تأثيراً، الخطأ الثابت أو المتغير في الحالتين؟

الحل:

في الحالة الأولى: (المسافة 200 متر)

الخطأ الثابت:

$$\frac{10}{1000\times 200}=\frac{1}{20000}=50\,\text{ppm}$$

الخطأ المتغير:

$$\frac{5}{1000000}\times 200=\pm 0.001\,\text{m}=\pm 1\,\text{mm}$$

وهو اصغر من الخطأ الثابت ($\pm$10 mm) بمقدار ١٠ مرات.

في الحالة الثانية: المسافة 5 كم

الخطأ الثابت:

$$\frac{10}{1000\times 5000}=\frac{1}{500000}=0.000002\ \text{ppm}$$

الخطأ المتغير:

$$\frac{5}{1000000}\times 5000=\pm 0.025\,\text{m}=\pm 25\,\text{mm}$$

وهو أعلى بمقدار مرتين ونصف مرة من الخطأ الثابت.

Measurement Principle of EDM: مبادئ القياس لطريقة مسافة القياس الالكترونية

ان المبدأ الأساسي في هذه الأجهزة هي إرسال حزمة من الأشعة (ذات ترددات مختلفة حسب نوع الجهاز) باتجاه النقطة المراد قياس المسافة لها ومن ثم تنعكس هذه الحزمة من خلال عاكس (او المستقبل حسب نوع الجهاز) وتعود الى الجهاز المرسل وبعد تحليل هذه الأشعة الكترونيا تعطي المسافة المطلوبة.

$\boxed{D = 1/2\ V*t}$ (old instruments)

Where:

t: time

v: velocity of light in atmosphere

$D = ½ (n\lambda+d)$ (new instruments)

n : integral number of wavelength in double distance

d: phase difference

Measurement Principle of EDM:

$\boxed{\lambda = Va/f}$

Where:

λ: wavelength of modulation

Va: velocity of light through the atmosphere

f: modulating frequency

Note: in vacuum vr = c = 299792.5 km/s

Effect of atmospheric Conditions:

1.Temperature

2. Atmospheric pressure

3. Relative humidity

- ومن معرفة هذه العوامل يمكن معرفة معامل الانكسار الجوي وبالتالي يمكن معرفة سرعة الضوء الحقيقية في الجو بتلك الظروف.
- ولحساب معامل الانكسار الجوي يجب حساب معامل الانكسار في الظروف القياسية وكما يلي:

$$\boxed{ng = 1 + \left(287.604 + \frac{4.8864}{\lambda^2} + \frac{0.068}{\lambda^4}\right) \times 10^{-6}}$$

$$\boxed{na = 1 + \frac{0.35947\,(ng-1)p}{273.2 + t} + \ldots}$$

Where:

P: atmospheric Pressure (millimeters of mercury)

t: is the air temperature (C)

ng: refractive index of standard air

na: refractive index at any condition

$$\boxed{Va = \frac{C}{na}}$$

Va: velocity of the light wave in air.

C: velocity of light in vacuum = 299792.5 km/s

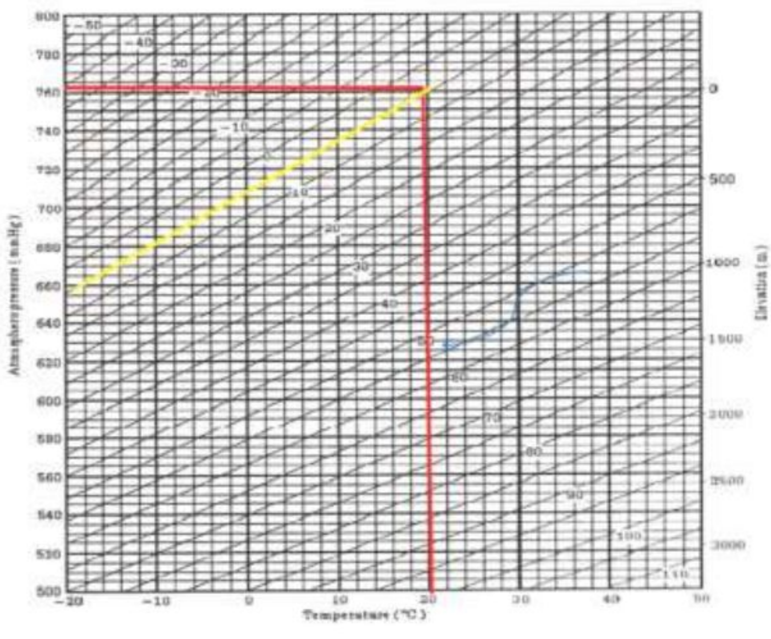
The refractive index is often expressed as follows:

$na = 1 + 10^{-6}\,N$

$N = (na - 1)\,10^{+6}$

If na = 1.000294 then N= 294 PPM (Part Per Million)

- EDM instruments are designed to display the measured distance for a specific value of N, the surveyor has the ability to enter manually any correction needed for it.



التسوية وجهاز التسوية Leveling and Level:

التسوية Leveling

وهي العملية التي يتم بواسطتها إيجاد الارتفاعات والانخفاضات الأرضية نسبة إلى مستوى معين يسمى مستوى المقارنة (سطح المقارنة) والتي بالتالي تعطي انطباعاً عن طبيعة التضاريس الأرضية لمنطقة معينة.

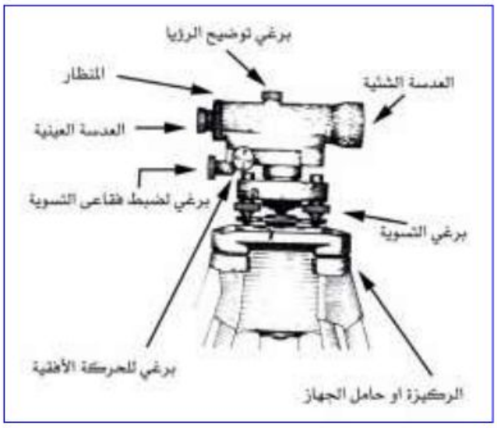
السطح المستوي: هو السطح الذي يكون عمودياً في جميع نقاطه على اتجاه الجاذبية الأرضية المتمثل بخط الشاقول، ويكون موازي إلى متوسط سطح الأرض، وكل خط يكون منطبقاً عليه يمثل خط مستوي.

المنسوب Elevation: هو البعد العمودي الرأسي ما بين أي نقطة أرضية ومستوى المقارنة

مستوى المقارنة Datum Level: هو سطح مستوي تقاس منه مناسيب كل النقاط الأرضية ويمثل مستوى المقارنة متوسط سطح البحر بحيث ان منسوب النقطة التي تكون مرتفعة عن مستوى المقارنة يكون موجب ويكون منسوب النقطة الواقعة أسفل مستوى المقارنة سالب. أما النقطة التي تكون على امتداد مستوى المقارنة فان منسوبها يكون مساوياً إلى صفر.

الأدوات المستخدمة في عملية التسوية:

١. **جهاز التسوية Level:** وهو جهاز ميكانيكي يحتوي منظار مثبت على قاعدة معدنية وكذلك يحتوي براغي للضبط الأفقي وفقاعة هوائية لضبط الاستوائية ويوجد في داخله قرص زجاجي مثبت عليه ثلاثة خطوط أفقية وخط عمودي واحد وتسمى شعرات الستيديا.



٢. **مسطرة مدرجة Staff:** تستخدم لقياس المسافة العمودية من النقطة الواقعة عليها إلى خط النظر

* بعض المصطلحات العلمية والعملية المستخدمة في عملية التسوية:

خط النظر (.Line of Sight (L.O.S: وهو عبارة عن الخط الواصل بين نقطة تقاطع الشعيرات والمركز البصري للعدسة الشيئية، (تقاطع الشعيرات عبارة عن خطين متعامدين محفورين على قرص زجاجي مثبت داخل منظار جهاز التسوية بالقرب من العدسة العينية).

محور المنظار Axis of Telescope: وهو الخط الواصل بين مركز العدسة الشيئية والعدسة العينية

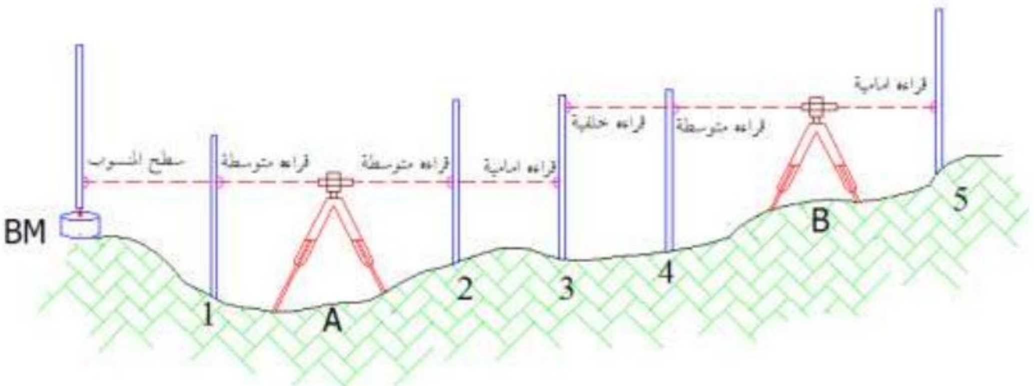
محور أنبوب الفقاعة Axis of Bubble Tube: هو المستقيم المماس للسطح الخارجي لأنبوب الفقاعة في نقطة منتصفها، يكون هذا المستقيم أفقيا عندما تكون الفقاعة وسط الأنبوب.

المحور الرأسي Vertical Axis: وهو المستقيم الذي يدور حوله المنظار في المستوي الأفقي

القراءة الخلفية (.Back Sight Reading (B.S: وهي أول قراءة للمسطرة بعد نصب الجهاز لذلك فهي تؤخذ دائماً على نقطة معلومة المنسوب.

القراءة الأمامية (F.S) Fore Sight Reading: وهي آخر قراءة للمسطرة بعد نصب الجهاز، أي القراءة التي يرفع الجهاز مباشرة بعد أخذها، وغالباً تؤخذ هذه القراءة على نقطة مجهولة المنسوب.

القراءة الوسطية (I.S) Intermediate Reading: وهي القراءة للنقاط الوسطية (عدا الخلفية والأمامية) ولنفس محطة الجهاز وتكون مجهولة المنسوب



نقطة التحول (T.P) Turning Point: وهي نقطة تعين عندما يراد نقل الجهاز إلى موقع آخر وتؤخذ عليها قراءتان الأولى أمامية والأخرى خلفية بعد نقل الجهاز واستخراج منسوبها.

ارتفاع الجهاز Height of Instrument (H.I): وهو منسوب خط النظر بعد ضبط أفقية الجهاز، وكذلك يرمز له بالرمز ELS (Elevation of Line of Sight).

راقم التسوية Bench Mark (B.M): وهي نقطة معينة يكون موقعها الحقلي ومنسوبها معلومان، وهي نقاط موزعة على جميع مساحة البلدان وفي كل المدن وتكون مواقعها ومناسيبها مثبتة لدى الدوائر المختصة.

راقم التسوية المؤقت Temporary Bench Mark (T.B.M): قد تكون رواقم التسوية بعيدة عن موقع مشروع معين فيتطلب العمل استحداث رواقم تسوية مؤقتة ويستفاد منها للسيطرة على مناسيب ذلك المشروع.

جهاز التسوية وأنواعه Level Instrument:

أولا: جهاز الدمبي Dumpy:

وفيه تلتصق انبوبة الفقاعة بجسم الجهاز.

ثانياً: الجهاز الميال Tilting Level:

تتحرك فيه الأنبوبة حركة بسيطة جدا في مستوى رأسي بواسطة لولب يضع الفقاعة في وسط الأنبوبة في كل مرة يقرأ فيها اللفل، وتكون الفقاعة مرتبطة في منظار الجهاز.


ثالثاً: الجهاز الأوتوماتيكي Automatic:

وفيه تكون الفقاعة مرتبطة بجسم الجهاز الا انه يحتوي على مواشير Compensator معلقة مع بعضها بخيوط معدنية رقيقة جداً وهذه المواشير تعطي دائما خطاً أفقياً للتسديد.

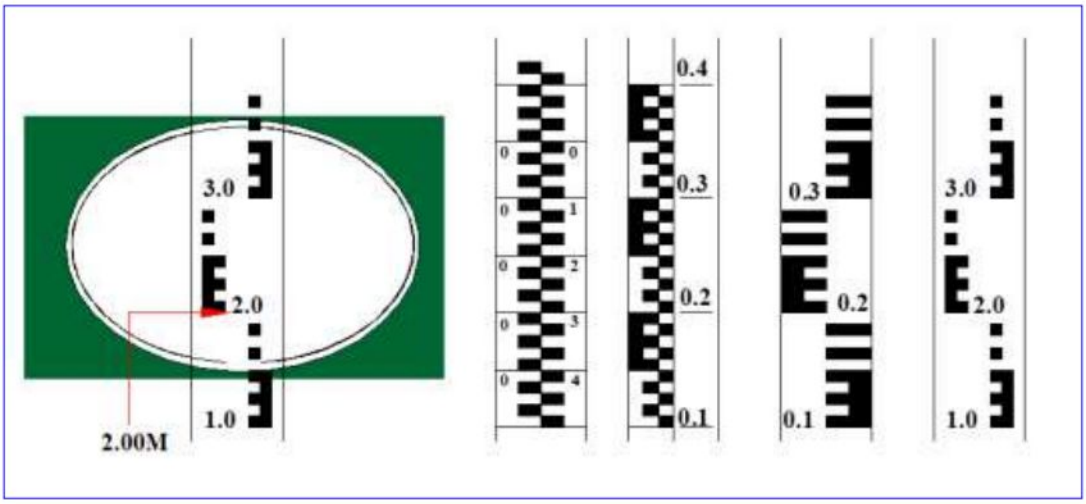
رابعاً: الجهاز الرقمي Digital Level:

وهي احدث أنواع أجهزة التسوية وهي متكونة من جهاز أوتوماتيكي حيث يحتوي على فقاعة دائرية فقط للموازنة وكذلك دائرة الكترونية تقوم بترجمة الصورة للمسطرة وإظهار قيمة القراءة، وتكون القراءة وقتها لحد 1 mm، وكذلك يمكن قياس المسافة مباشرة، تستخدم لها مسطرة خاصة مشفرة وتعتبر أجهزة دقيقة وسريعة واقتصادية ولكنها أجهزة باهظة الثمن.

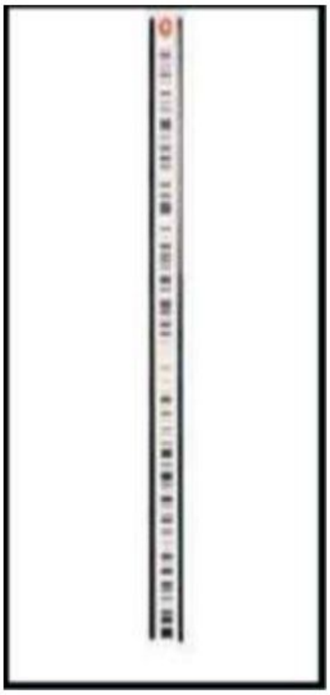



مساطر التسوية Leveling Staff:

تستخدم مساطر التسوية لإيجاد المسافة الرأسية بين النقطة الموضوعة عليها المسطرة وخط النظر, وتصنع المساطر عادة من الخشب أو المعدن أو سبيكة الانفار وتكون الأطوال الشائعة لها هي ٣، ٤، و٥ متر.



- تتكون معظم المساطر من جزأين أو أكثر مربوطة بحيث يمكن طيها ليسهل حملها ونقلها وفتحها وتثبيتها كقطعة واحدة.
- تكون المساطر مدرجة تدريجات رئيسية كل ١ ديسيمتر وتدريجات ثانوية كل ١ سم.
- تكون عادة مطلية باللون الأبيض والتدريجات باللون الأسود أو الأحمر.
- بعض المساطر التي تستعمل مع التسوية المقلوبة تكون الأرقام فيها مقلوبة ليمكن من قراءة المسطرة بشكل اعتيادي.



- تثبت فقاعة في وسط المسطرة من الخلف لضبط استقامة (عمودية) المسطرة.
- المساطر الخاصة بالأجهزة الرقمية الحديثة تكون بشكل خاص حيث ان المسطرة لا توجد فيها تقسيمات أو تدريجات أو أرقام بل تكون مشفرة حسب الكود Digital Code الخاص بها ويقوم الجهاز بترجمة الشفرة واستخراج القراءة.

شعرات الستيديا Stadia Hairs:

يحتوي قرص تقاطع الشعيرات في جهاز التسوية ولكل الأنواع على ثلاثة شعيرات أفقية، الشعيرة الوسطى تستخدم لتثبيت خط التسديد ومنه يتم حساب المناسيب للنقاط وفروق الارتفاع فيما بينهما، أما الشعيرتين الأخريين فهما يبعدان عن الشعيرة الوسطى ببعدين متساويين إحداهما العليا والثانية السفلى وتستخدم لتدقيق القراءة عند الشعيرة الوسطى وكذلك تستخدم لحساب المسافة من الجهاز إلى المسطرة، حيث ان:

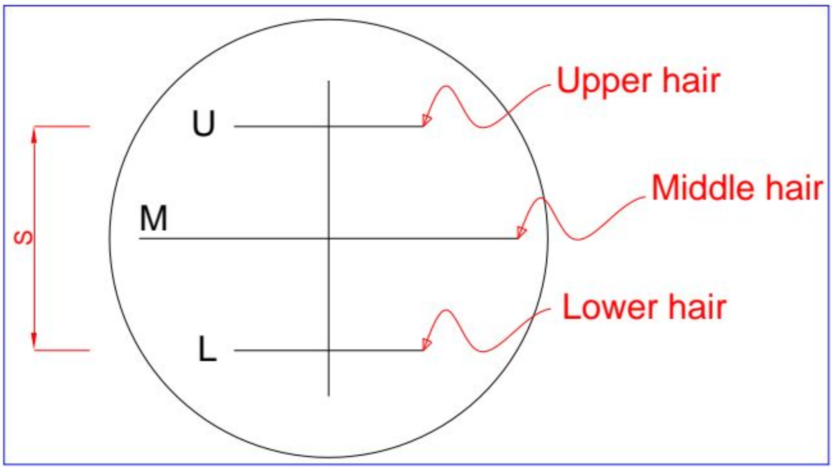
$$\boxed{M = \frac{U+L}{2} \quad , \qquad S = K(U-L)}$$

حيث ان:

Upper reading (U): تمثل قراءة المسطرة عند الشعيرة العليا

Middle reading (M): تمثل قراءة المسطرة عند الشعيرة الوسطى

Lower reading (L): تمثل قراءة المسطرة عند الشعيرة السفلى



أنواع عملية التسوية Leveling Types:

عملية التسوية تكون على نوعين:

١. **التسوية المباشرة Direct or Spirit Leveling:** وهي العملية التي يستخدم فيها جهاز التسوية مع مسطرة القياس ويتم قياس المناسيب بشكل مباشر ويتم استخدام الفقاعة الكحولية لتحديد أفقية الجهاز.

٢. **التسوية غير المباشرة Indirect Leveling:** وتنقسم إلى أربعة أنواع:

أ. **التسوية المثلثية:** ويتم حساب فرق الارتفاع بين النقطتين عن طريق قياس المسافة المائلة وزاوية الميل (الانحدار)، وتقاس الزاوية باستخدام جهاز الثيودولايت.

هذه الطريقة اقل دقة من الطريقة المباشرة كونها تعتمد على زوايا ومسافات ولكنها مفيدة عند قياس مناسيب نقاط في أماكن وعرة مثل سفوح الجبال.

ب. **التسوية البارومترية:** وتتم هذه الطريقة بقياس فرق الضغط الجوي بين النقطتين، هذه الطريقة اقل دقة وتستخدم لأغراض الاستطلاع والخطأ يصل إلى عدة أمتار ويكون بسبب التغير في الضغط الجوي بين فترة وأخرى اعتماداً على الحرارة والوقت.

ج. التسوية عن طريق الصور الجوية (GPS): في هذه الطريقة تعطي بعض الفرق بالارتفاع، وتكون باستخدام الصور الجوية ومن ثم استخراج المناسيب.

عملية التسوية باستخدام جهاز التسوية:

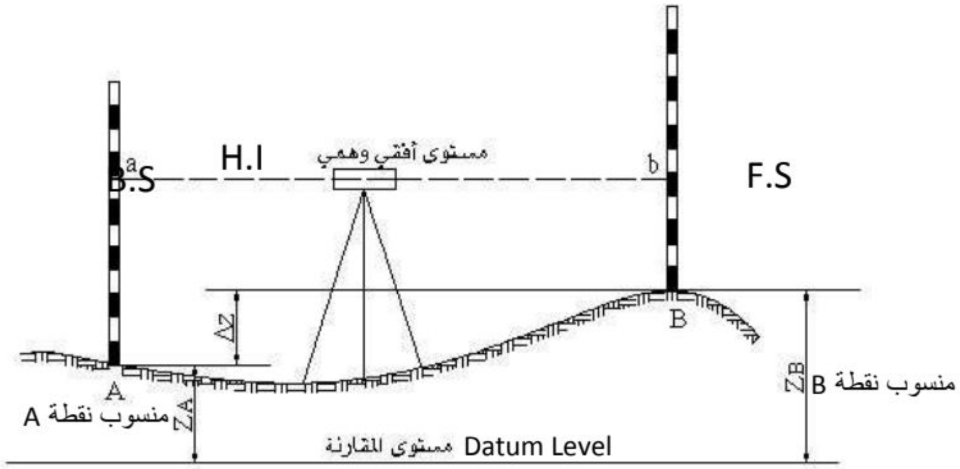
هنالك طريقتين لإيجاد فرق الارتفاع ومناسيب النقاط وهي:

١. طريقة ارتفاع الجهاز: (H.I) Height of Instrument

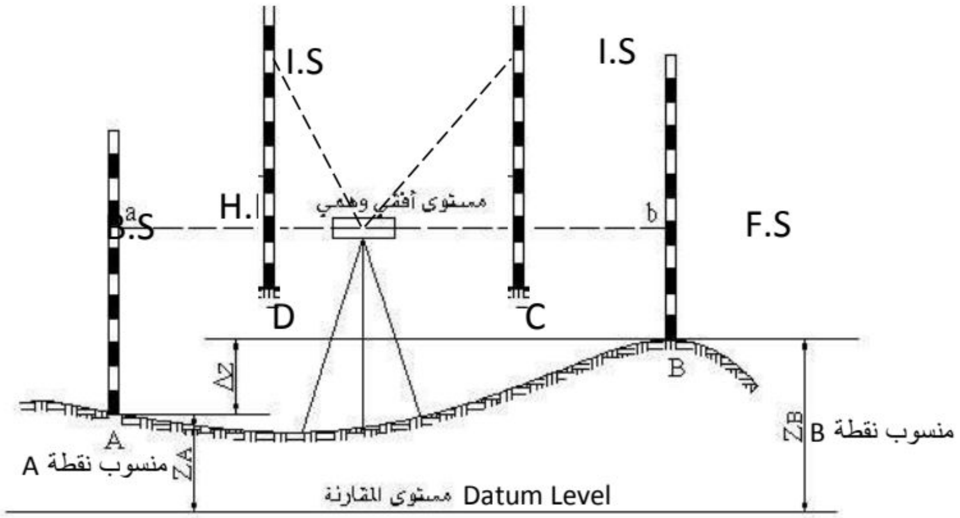
ان ارتفاع خط النظر يمثل البعد العمودي من مستوى سطح البحر إلى خط النظر المار من الجهاز، يكون عدد H.I بقدر عدد محطات الجهاز ويمكن إيجاد قيمة H.I من خلال القانون التالي:

$$\boxed{H.I_{(i)} = Elev.\ B.M + B.S_{(i)}}$$

لكل محطة للجهاز هنالك H.I خاص بها ولا تتغير إلا إذا تغير موقع الجهاز.



* أما إذا كان هنالك عدة نقاط فتكون كما في الشكل المجاور:

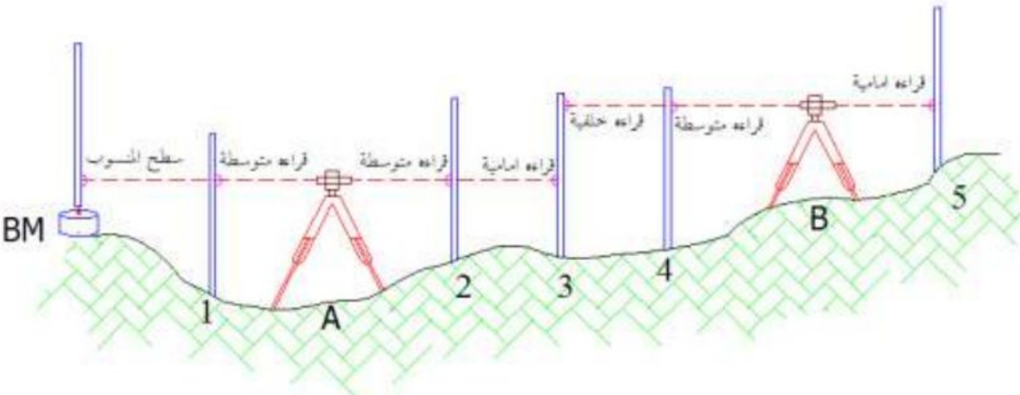


$$Elev.\ D = Elev.\ A + B.S - I.S_{\ (D)} = H.I - I.S_{\ (D)}$$

$$Elev.\ C = Elev.\ A + B.S - I.S_{\ (C)} = H.I - I.S_{\ (C)}$$

$$Elev.\ B = Elev.\ A + B.S - F.S = H.I - F.S$$

* أما إذا كان هنالك أكثر من محطة للجهاز لعملية المسح الواحدة لمنطقة معينة، فان لكل محطة جهاز سيكون هنالك قراءة B.S وقيمة H.I محسوبة وكذلك قراءة F.S وقراءات وسطية I.S ان وجدت.



مثال: في عملية تسوية أخذت القراءات التالية إبتداءا من راقم التسوية في نقطة A الأولى ومنسوبها 23.157 m وكانت كالآتي:

➔ 1.237, 1.315, 2.28, 1.953, 0.87, 1.42, 2.213, 2.104, 1.313, 0.976, 1.512, 1.915, 0.854, 1.506 m

علما ان جهاز التسوية قد نقل بعد القراءة الرابعة والسابعة والتاسعة والثانية عشر، احسب منسوب باقي نقاط المسح وتحقق من صحة الحسابات.

الحل: عندما يذكر ان الجهاز قد نقل بعد القراءة الرابعة فيعني ذلك ان القراءة الرابعة هي قراءة أمامية (F.S) وكذلك فان القراءة التي تليها (الخامسة) هي قراءة خلفية ثانية ($B.S_2$) وكذلك الحال في القراءة السابعة والتاسعة والثانية عشر.

ولغرض تنظيم الحل نرتب البيانات على شكل جدول كما في أدناه:

$H.I_1 = 23.157 + B.S_A = 23.157 + 1.237 = 24.394$ m

Elev. B = $H.I - I.S_B = 24.394 - 1.315$ m

Elev. C = $H.I - I.S_C = 24.394 - 2.280 = 22.114$ m

Elev. D = $H.I - F.S_D = 24.394 - 1.953 = 22.441$ m

في هذه المرحلة تم نقل الجهاز إلى المحطة الثانية لذلك يجب إيجاد قيمة H.I جديدة:

$H.I_2 =$ Elev. D $+ B.S_D = 22.441 + 0.87 = 23.311$ m

Elev. E = $H.I_2 - I.S_E = 23.311 - 1.42 = 21.891$ m

Elev. F = $H.I_2 - F.S_F = 21.891 - 2.213 = 21.098$ m

في هذه المرحلة تم نقل الجهاز إلى المحطة الثالثة لذلك يجب إيجاد قيمة H.I جديدة:

$H.I_3 =$ Elev. F $+ B.S_F = 21.098 + 2.104 = 23.202$ m

Elev. G = $H.I_3 - F.S_G = 23.202 - 1.313 = 21.889$ m

في هذه المرحلة تم نقل الجهاز إلى المحطة الرابعة لذلك يجب إيجاد قيمة H.I جديدة:

$H.I_4 = Elev.\ G + B.S_G = 21.889 + 0.976 = 22.865$ m

$Elev.\ H = H.I_4 - I.S_H = 22.865 - 1.512 = 21.353$ m

$Elev.\ I = H.I_4 - F.S_I = 22.865 - 1.915 = 20.950$ m

في هذه المرحلة تم نقل الجهاز إلى المحطة الخامسة لذلك يجب إيجاد قيمة H.I جديدة:

$H.I_5 = Elev.\ I + B.S_I = 20.950 + 0.854 = 21.804$ m

$Elev.\ J = H.I_5 - F.S_J = 21.804 - 1.506 = 20.298$ m

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Elevation	Remarks
A	1.237			24.394	23.157	B.M
B		1.315			23.079	
C		2.28			22.114	
D	0.87		1.953	23.311	22.441	T.P
E		1.42			21.891	
F	2.104		2.213	23.202	21.098	T.P
G	0.976		1.313	22.865	21.889	T.P
H		1.512			21.353	
I	0.854		1.915	21.804	20.950	T.P
J			1.506		20.298	
	∑=6.041		∑=8.90			

إلى هنا تمت عملية إيجاد مناسيب نقاط المسح ولأغراض تدقيق الحسابات (تدقيق العملية الحسابية) نستخدم القانون التالي:

$$\boxed{\sum B.S - \sum F.S = Last\ Elev. - First\ Elev.}$$

ويطبق القانون بالشكل التالي:

١. نجمع قراءات B.S فيكون المجموع يساوي 6.041
٢. نجمع قراءات F.S فيكون المجموع يساوي 8.90
٣. نطبق القانون أعلاه:

$$\sum B.S - \sum F.S = Last\ Elev. - First\ Elev.$$

$$6.041 - 8.900 = 20.298 - 23.157$$

$-2.859 = -2.859$ → العمل الحسابي صحيح :.

ملاحظة: عندما يعطى في السؤال منسوب آخر نقطة (B.M) وليس منسوب أول نقطة فيتم استخدام معادلة التدقيق لإيجاد منسوب أول نقطة ومن ثم تجرى باقي العمليات الحسابية لإيجاد منسوب باقي النقاط.

مثال: تم استخدام جهاز التسوية والمسطرة لأخذ قراءات للنقاط A, B, C, D, E, F, G لاستخراج مناسيب النقاط من نصبتين للجهاز، إذا علمت ان منسوب نقطة A هو 30.00 m عن مستوى سطح البحر وكما موضح في الجدول أدناه، جد مناسيب باقي النقاط وتأكد من صحة الحسابات.

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Elevation	Remarks
A	1.54			31.54	30.00	B.M
B		1.45			30.09	
C		1.38			30.16	
D	1.61		1.52	31.63	30.02	T.P
E		1.55			30.08	
F		1.48			30.15	
G			1.73		29.90	
	∑=3.15		∑=3.25			

$\sum B.S - \sum F.S = Last\ Elev. - First\ Elev.$

$3.15 - 3.25 = 29.90 - 30.00$

$-0.10 = -0.10$ ➔ العمل الحسابي صحيح :.

٢. طريقة الارتفاع والانخفاض Rise and Fall (R,F):

وتعتمد على إيجاد الفرق الحاصل ما بين قراءة سابقة وقراءة لاحقة وعندما يكون هذا الفرق قيمته موجبة يعني أن النقطة اللاحقة هي أعلى بالمنسوب من النقطة السابقة وتكون مرتفعة Rise (R)، أما عندما تكون النقطة اللاحقة أدنى من النقطة السابقة فيكون انخفاض Fall (F) ويتم عملية إيجاد الفرق الحاصل بالقراءات ضمن الحلقة الواحدة كل على حدة ولا يجوز إجراء الحسابات ما بين حلقة وأخرى.

الفرق في الارتفاع (ΔH) = Last reading – Next reading = (+) R / (-) F ضمن الحلقة الواحدة

وبالتالي لغرض إيجاد مناسيب النقاط الأخرى:

Next Elev. = Last Elev. + R   or   Next Elev. = Last Elev. – F

مثال: نفس المثال السابق، إيجاد مناسيب النقاط بطريقة الارتفاع والانخفاض.

Point	B.S	I.S	F.S	Rise (+)	Fall (-)	Elev. (m)	Rem.
A	1.237			فارغ دائماً في هذه الطريقة		23.157	B.M
B		1.315	حلقة واحدة أو		0.078	23.079	
C		2.28	محطة واحدة		0.965	22.114	
D	0.87		1.953	0.327		22.441	T.P
E		1.42			0.55	21.891	
F	2.104		2.213		0.793	21.098	T.P
G	0.976		1.313	0.791		21.889	T.P
H		1.512			0.536	21.353	
I	0.854		1.915		0.403	20.950	T.P
J			1.506		0.652	20.298	
Σ=6.041		Σ=8.90		Σ=1.118	Σ=3.977		

ولغرض تدقيق الحسابات نطبق العلاقة الرياضية التالية:

$$\boxed{\Sigma B.S - \Sigma F.S = \Sigma Rise - \Sigma Fall = Last\ Elev. - First\ Elev.}$$

$6.041 - 8.90 = 1.118 - 3.977 = 20.298 - 23.157$

$-2.859 = -2.859 = -2.859$ ← العمل الحسابي صحيح :.

مثال: تم استخدام جهاز التسوية والمسطرة لاستخراج مناسيب نقاط واقعة على مركز شارع مطلوب تنفيذه، فكانت القراءة على المسطرة الأولى (المعلومة المنسوب) هي 1.45 m وعلى المسطرة الأخيرة التي بعدها نقل الجهاز 1.75 m والقراءات الأخرى هي:

1.63 m, 1.54 m وبعد نقل الجهاز كانت القراءة الأولى 1.73 m والنقاط الأخرى هي:

1.51 m, 1.46 m والقراءة الأخيرة هي 1.25 m، إذا علمت ان منسوب أول نقطة وضعت عليها المسطرة هو 20.00 m

Point	B.S	I.S	F.S	Rise (+)	Fall (-)	Elev. (m)	Rem.
A	1.45			فارغ دائماً في هذه الطريقة		20.00	B.M
B		1.54			0.09	19.91	
C		1.63			0.09	19.82	
D	1.37		1.75		0.12	19.70	T.P
E		1.46			0.09	19.61	
F		1.51			0.05	19.56	
G			1.25	0.26		19.82	
$\sum$=2.82		$\sum$=3.00		$\sum$=0.26	$\sum$=0.44		

$\sum B.S - \sum F.S = \sum Rise - \sum Fall = Last\ Elev. - First\ Elev.$

$2.82 - 3.00 = 0.26 - 0.44 = 19.82 - 20.00$

$-0.18 = -0.18 = -0.18$ ← العمل الحسابي صحيح∴

التسوية المقلوبة Reversed Leveling: وهي عملية التسوية التي قد نلجأ إليها أحيانا لغرض حساب ارتفاعات معينة يصعب إيجادها بالطرق الاعتيادية للمسح حيث توضع المسطرة في هذه الطريقة بشكل مقلوب، ولأغراض التعامل الحسابي معها فان القوانين السابقة والخاصة بكل من طريقة ارتفاع الجهاز أو طريقة الارتفاع والانخفاض تطبق كما هي شرط وضع إشارة سالبة للقراءة التي تكون فيها المسطرة مقلوبة وكما سيوضح في الأمثلة التالية.

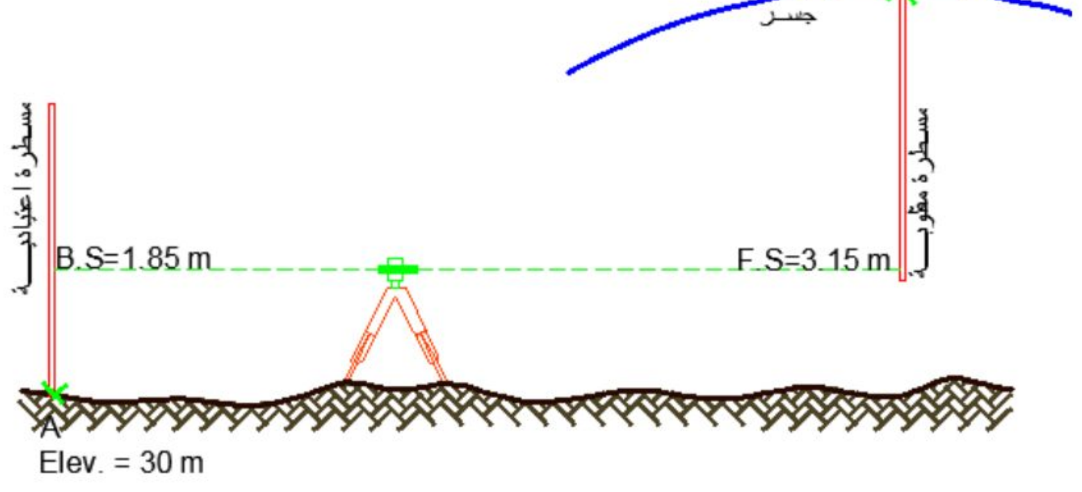
مثال: في الشكل التالي، اوجد ارتفاع الجسر عن الأرض (عن نقطة A).

الحل:

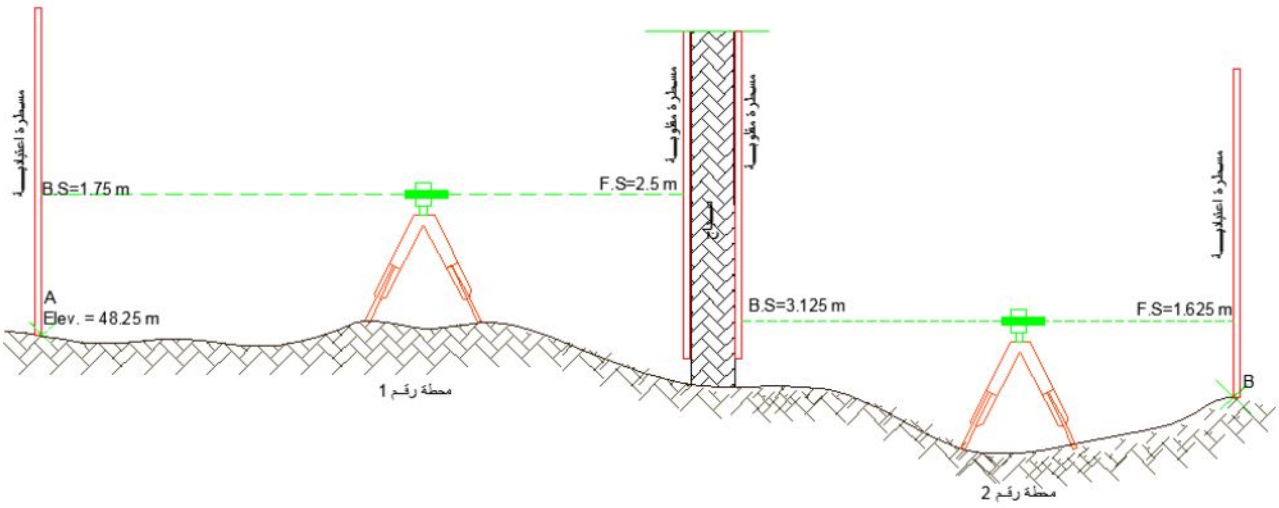
$H.I = Elev.\ A + B.S_{(A)} = 30 + 1.85 = 31.85$ m

$Elev.\ B = H.I - F.S_{(B)} = 31.85 - (-3.15) = 35.0$ m

$\Delta H = Elev.\ B - Elev.\ A = 35 - 30 = 5$ m (ارتفاع الجسر عن سطح الأرض)



مثال: في الشكل التالي، جد منسوب النقطة B إذا علمت ان منسوب النقطة A يساوي 48.25 m وان قراءة المسطرة الاعتيادية في نقطة A تساوي 1.75 m وقراءة المسطرة المقلوبة على حافة السياج العليا اليمنى تساوي 3.125 m وقراءة المسطرة الاعتيادية على نقطة B تساوي 1.625m



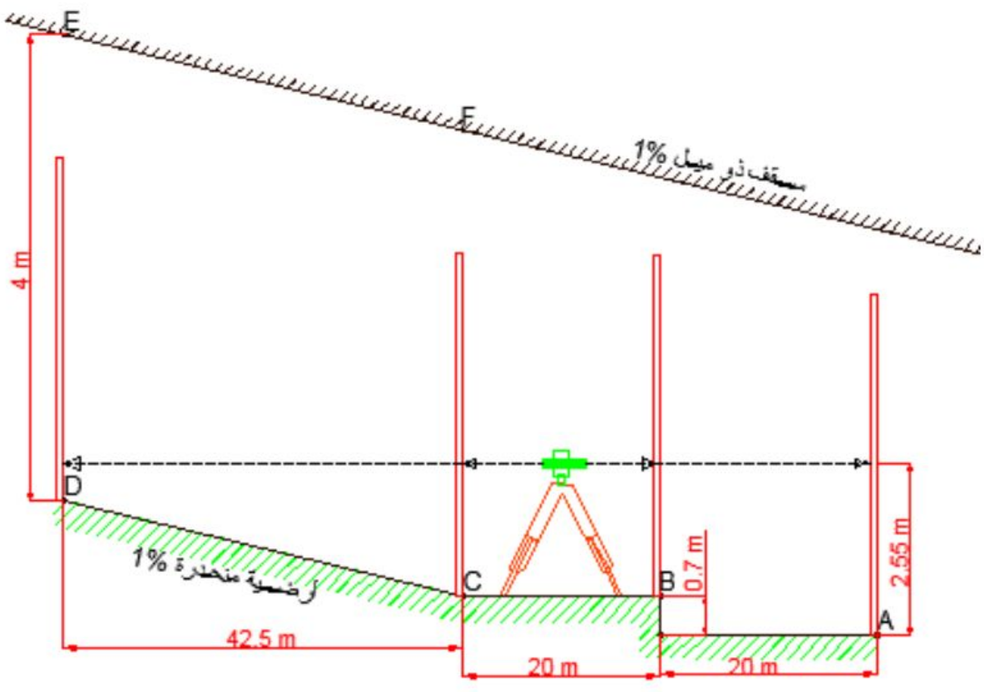
الحل: $H.I_1 = Elev.\ A + B.S_A = 48.25 + 1.75 = 50\ m$

منسوب حافة السياج العليا اليسرى $= H.I_1 - F.S = 50 - (-2.5) = 52.5\ m$

$H.I_2 = Elev.$ حافة السياج العليا اليمنى $+ B.S = 52.5 + (-3.125) = 49.375\ m$

$Elev.\ B = H.I_2 - F.S_B = 49.375 - 1.625 = 47.75\ m$

مثال: في الشكل التالي، احسب قراءة المسطرة المأخوذة بواسطة جهاز التسوية من موضعها المؤشر على النقاط B, C, D, E, F إذا علمت ان النقطتين E, F هما على السقف وتوضع المسطرة عليهما بشكل مقلوب.



الحل: بما انه ليس لدينا أي منسوب معلوم، لذا سوف نفرض منسوب افتراضي لأي نقطة من النقاط أعلاه ولتكن نقطة A

Point A: Let Elev. A = 20 m

H.I = 20 + 2.55 = 22.55 m

Point B: Elev. B = Elev. A + (Height difference between A and B)

Elev. B = 20 + 0.7 = 20.7 m

And so, Elev. B = H.I – I.S$_B$

20.7 = 22.55 – I.S$_B$

➔ I.S$_B$ = 1.85 m (قراءة المسطرة في نقطة B)

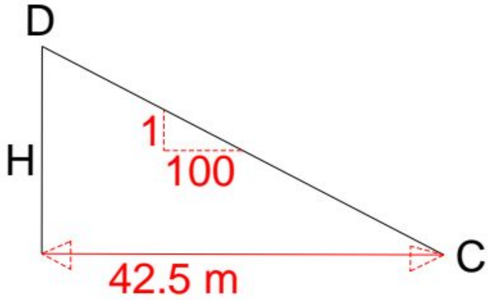
Point C: Elev. C = Elev. B = 20.7 m (على نفس المستوى)

Elev. C = H.I – I.S$_C$

20.7 = 22.55 – I.S$_C$

➔ I.S$_C$ = 1.85 m

Point D: عند التعامل مع مناسيب نقاط تقع على منحدر بمعلومية المسافات الأفقية ومن تشابه المثلثات



$$\frac{1}{100} = \frac{H}{42.5} \Rightarrow H = 0.425\,m$$

Elev. D = Elev. C + H

= 20.7 + 0.425 = 21.125 m

But Elev. D = H.I – I.S$_{(D)}$

21.125 = 22.55 – I.S $_{(D)}$ ➔ I.S$_{(D)}$ = 1.425 m

Point E: Elev. E = Elev. D + 4 m = 21.125 + 4 = 25.125 m

But Elev. E = H.I – I.S$_{(E)}$

25.125 = 22.55 – I.S$_{(E)}$ ➔ I.S$_{(E)}$ = -2.575 (الإشارة سالبة لان المسطرة مقلوبة على هذه النقطة)

Point F: Elev. F = Elev. E – H = 25.125 – 0.425 = 24.7 m

But Elev. F = H.I – F.S $_{(F)}$

24.7 = 22.55 – F.S$_{(F)}$ ➔ F.S$_{(F)}$ = -2.15 m (الإشارة سالبة لان المسطرة مقلوبة على هذه النقطة)

مثال: المطلوب إيجاد جميع القيم المجهولة في الجدول أدناه والخاص بأحد عمليات التسوية المتوالية.

قراءة المسطرة							
B.S	**I.S**	**F.S**	**Point**	**Rise (+)**	**Fall (-)**	**Elev. (m)**	**Rem.**
?			A	فارغ دائماً في هذه الطريقة		263.893	B.M
0.745		0.521	B	?		?	T.P
	2.011		C		?	?	
?		?	D		0.51	?	T.P
	1.956		E		0.281	?	
2.245		0.331	F	?		?	T.P
	?		G	?		270.5	مسطرة مقلوبة
		?	H		3.916	?	
		$\sum$=4.339					

الحل: سوف نجري الحسابات وفق المعطيات المتوفرة أعلاه في الجدول:

1. B.S at B – I.S at C = 0.745 – 2.011 = -1.266 m ➔ (Fall at C)
2. I.S at C – F.S at D = Fall at D

   2.011– F.S at D = -0.51 ➔ F.S at D = 2.521 m
3. B.S at D – I.S at E = Fall at E

   B.S at D – 1.956 = - 0.281 ➔ B.S at D = 1.675 m
4. I.S at E – F.S at F = 1.956 – 0.331 = 1.625 m (Rise at F)
5. $\sum$F.S = 4.339 = 0.521 + 2.521 + 0.331 + F.S at H

   ➔ F.S at H = 0.966 m
6. I.S at G – F.S at H = Fall at H

   I.S at G – 0.966 = -3.916 ➔ I.S at G = -2.95 m (الإشارة سالبة لان المسطرة مقلوبة على هذه النقطة)
7. Elev. H = Elev. G – Fall at H = 270.5 – 3.916 = 266.584 m
8. $\sum$B.S - $\sum$F.S = Elev. H – Elev. A

   $\sum$B.S – 4.339 = 266.584 – 263.893 ➔ $\sum$B.S = 7.03 m
9. $\sum$B.S = 7.03 = B.S at A + 0.745 + 1.675 + 2.245 ➔ B.S at A = 2.365 m

بعد إكمال قراءات جميع النقاط نرتب جدول التسوية ونجد مناسيب بقية النقاط

قراءة المسطرة							
B.S	I.S	F.S	Point	Rise (+)	Fall (-)	Elev. (m)	Rem.
2.365			A	فارغ دائماً في هذه الطريقة		263.893	B.M
0.745		0.521	B	1.844		265.737	T.P
	2.011		C		1.266	264.471	
1.675		2.521	D		0.51	263.961	T.P
	1.956		E		0.281	263.68	
2.245		0.331	F	1.625		265.305	T.P
	-2.95		G	5.195		270.5	مسطرة مقلوبة
		0.966	H		3.916	266.584	
		∑=4.339					

مثال: أكمل القيم المفقودة في الجدول التالي مع بيان حساب كل قيمة.

St.	B.S	I.S	F.S	Rise (+)	Fall (-)	Elev. (m)	Rem.
B.M	1.5						
A					0.85		
B							
C			3.12		1.85	28.38	T.P
D				1.19			
E		0.57					
F						34.04	مسطرة مقلوبة
G	1.75		2.1				T.P.
H						28.37	
I						28.27	
	∑=5.39						

الحل:

1. B.S at B.M – I.S at A = Fall at A

   1.5 – I.S at A = - 0.85 ➔ I.S at A = 2.35 m

2. I.S at B – F.S at C = Fall at C

   I.S at B – 3.12 = - 1.85 ➔ I.S at B = 1.27 m

3. I.S at A – I.S at B = ? → 2.35 – 1.27 = 1.08 (Rise at B)

4. ∑B.S = 5.39 = 1.5 + B.S at C + 1.75 ➔ B.S at C = 2.14 m

5. B.S at C – I.S at D = Rise at D

   2.14 – I.S at D = 1.19 ➔ I.S at D = 0.95 m

6. I.S at D – I.S at E = ? → 0.95 – 0.57 = 0.38 m (Rise at E)

7. Elev. B = Elev. C + Fall at C = 28.38 + 1.85 = 30.23 m

8. Elev. A = Elev. B – Rise at B = 30.23 – 1.08 = 29.15 m

9. Elev. B.M = Elev. A + Fall at A = 29.15 + 0.85 = 30 m

10. Elev. D = Elev. C + Rise at C = 28.38 + 1.19 = 29.57 m

11. Elev. E = Elev. D + Rise at E = 29.57 + 0.38 = 29.95 m

12. Elev. E + ? = Elev. F → 29.95 +? = 34.04 → ? = 4.09 m (Rise at F)

13. I.S at E – I.S at F = Rise at F→ 0.57 – I.S at F = 4.09

I.S at F = - 3.52 m **(الإشارة سالبة لان المسطرة مقلوبة على هذه النقطة)**

14. I.S at F – F.S at G = ? → -3.52 – 2.1 = -5.62 m (Fall at G)

15. Elev. F – Fall at G = Elev. G → 34.04 – 5.62 = 28.42 m = Elev. G

16. Elev. G + ? = Elev. H → 28.42 + ? =28.37 → ? = -0.05 m (Fall at H)

17. B.S at G – I.S at H = Fall at H → 1.75 – I.S at H = -0.05

I.S at H = 1.8 m

18. Elev. H + ? = Elev. I → 28.37 + ? = 28.37 → ? = -0.1 m (Fall at I)

19. I.S at H – F.S at I = Fall at I → 1.8 – F.S at I = -0.1 → F.S at I = 1.9 m

St.	B.S	I.S	F.S	Rise (+)	Fall (-)	Elev. (m)	Rem.
B.M	1.5					30.00	
A		2.35			0.85	29.15	
B		1.27		1.08		30.23	
C	2.14		3.12		1.85	28.38	T.P
D		0.95		1.19		29.57	
E		0.57		0.38		29.95	
F		-3.52		4.09		34.04	مسطرة مقلوبة
G	1.75		2.1		5.62	28.42	T.P.
H		1.8			0.05	28.37	
I			1.9		0.1	28.27	
	∑=5.39		∑=7.12	∑=6.74	∑=8.47		

$$\sum B.S - \sum F.S = \sum Rise - \sum Fall = Last\ Elev. - First\ Elev.$$

5.39 – 7.12 = 6.74 – 8.47 = 28.27 – 30.00

- 1.73 m = - 1.73 m = - 1.73 m → O.K.

مثال: الجدول التالي يمثل مجموعة من القراءات في عملية تسوية. اوجد مناسيب كافة النقاط إذا علمت ان ارتفاع الجهاز في الموقع الأول والثاني يساوي 33.1 m و 33.5 m عن مستوى سطح البحر وعلى الترتيب وان القراءات داخل الأقواس ( ) هي لنقاط وضعت المسطرة فيها بشكل مقلوب.

St.	B.S	I.S	F.S
A	(3.4)		
B		(2.7)	
C		0.9	
D		(1.56)	
E	1.1		0.7
F		(1.9)	
G		2.6	
H		(0.8)	
I			(2.9)

St.	B.S	I.S	F.S	H.I	Elev. (m)	Rem.
A	(3.4)			33.1	36.5	مسطرة مقلوبة
B		(2.7)			35.8	مسطرة مقلوبة
C		0.9			32.2	
D		(1.56)			34.66	مسطرة مقلوبة
E	1.1		0.7		32.4	T.P.
F		(1.9)			35.4	مسطرة مقلوبة
G		2.6			30.9	
H		(0.8)			34.3	مسطرة مقلوبة
I			(2.9)		36.4	مسطرة مقلوبة
	∑=-2.3		∑=-2.2			

$$\sum B.S - \sum F.S = \text{Last Elev.} - \text{First Elev.}$$

$$-2.3 - (-2.2) = 36.4 - 36.5$$

$$-0.1 = -0.1 \quad \text{O.K.}$$

أنماط عملية التسوية:

١. التسوية المغلقة Closed Leveling: وهي عملية التسوية التي تبدأ من راقم تسوية (B.M) (أي نقطة معلومة المنسوب) وتنتهي بنفس راقم التسوية, وهي من أفضل أشكال التسوية حيث بالإمكان معرفة مقدار الخطأ بالغلق وتصحيح المناسيب، لذلك تكون عملية دقيقة.

٢. التسوية المفتوحة Open Leveling: وهي عملية التسوية التي تبدأ من نقطة معلومة المنسوب (B.M) وتنتهي بنقطة أخرى، وهي على نوعين:

أ. **التسوية المفتوحة المحكمة:** وهي التي تبدأ براقم تسوية معلوم المنسوب وتنتهي براقم تسوية آخر معلوم المنسوب أيضاً، وهي عملية دقيقة وبالإمكان استخراج خطأ الغلق وتصحيح المناسيب.

ب. **التسوية المفتوحة غير المحكمة:** وهي التي تبدأ براقم تسوية معلوم المنسوب وتنتهي بنقطة مجهولة المنسوب، وهذا النوع من التسوية غير شائع وغير مرغوب به في أعمال التسوية لأنه لا يمكن معرفة مقدار الخطأ وتصحيحه.

الدقة في عملية التسوية Accuracy:

١. بالرغم من ان دقة عملية التسوية تتأثر بنوع الجهاز المستعمل والظروف الجوية فإنها تعتمد اعتماداً أساسياً على مهارة الراصد وعنايته وكذلك على درجة دقته في العمل.

٢. في الظروف الجوية المتوسطة وعندما يكون الجهاز المستعمل معدلاً جيداً فان الخطأ في المنسوب يجب ان لا يزيد عن:

الخطأ المسموح به للغلق $= C\sqrt{K}$

$$C = \frac{\text{خطأ الغلق}}{\sqrt{k}}$$

حيث ان:

K = طول خط (مسار التسوية) (km)

C = ثابت الدقة (mm)، وهو على درجات

إذا كانت دقة العمل من الدرجة الأولى ← الخطأ المسموح به للغلق $= 4\sqrt{K}$

إذا كانت دقة العمل من الدرجة الثانية ← الخطأ المسموح به للغلق $= 8.4\sqrt{K}$

إذا كانت دقة العمل من الدرجة الثالثة ← الخطأ المسموح به للغلق $= 12\sqrt{K}$

إذا كانت دقة العمل من الدرجة الرابعة ← الخطأ المسموح به للغلق $= 120.3\sqrt{K}$

ملاحظة: إذا كان مقدار الخطأ لا يزيد عن القيمة المسموح بها فيمكن تعديل المناسيب للنقاط بتوزيع مقدار الخطأ على هذه النقاط، إما إذا زاد عن القيمة المسموح بها فيجب إعادة العمل.

الأخطاء والأغلاط في عملية التسوية:

أولاً: الأخطاء ومصادرها Errors :

في جميع الأعمال المساحية يجب معرفة مصادر وتأثير الأخطاء واتخاذ الاحتياطات اللازمة وإتباع الأساليب الصحيحة في العمل للتخلص من هذه الأخطاء أو تقليل تأثيرها إلى درجة بحيث يمكن إهمالها وتنقسم إلى ثلاثة مصادر للخطأ:

١. الأخطاء الآلية Instrumental Errors:

ومن أهم هذه الأخطاء هي:

أ. عدم تساوي خط النظر مع محور أنبوب الفقاعة

ب. الخطأ في طول المسطرة مقارنة مع شريط الانفار

٢. الأخطاء الطبيعية Natural Errors:

واهم هذه الأخطاء هي:

أ. تأثير تحدب سطح الأرض والانكسارات الجوية

ب. هبوط الجهاز أو نقطة التحول

ت. التغير في درجات الحرارة

٣. الأخطاء الشخصية Personal Errors:

واهم هذه الأخطاء هي:

أ. عدم شاقولية المسطرة

ب. عدم ضبط أفقية الجهاز (الفقاعة)

ت. استخدام نقاط تحول غير جيدة

ث. عدم قابلية الراصد على قراءة المسطرة بدقة

ج. ظاهرة عدم التطابق Parallax

الأغلاط ومصادرها Mistakes:

قد تكون الأغلاط صغيرة أو كبيرة جداً وسببها إما عدم الاهتمام أو قلة الخبرة أو الإجهاد بسبب العمل، ويمكن اكتشاف الغلط والتخلص من تأثيره بإعادة العمل، واهم الأغلاط في التسوية هي:

١. الغلط في قراءة المسطرة

٢. قراءة إحدى شعيرات الستيديا بدلاً من الشعيرة الوسطية

٣. عدم ضبط فقاعة U-shape في بعض الأجهزة

٤. الغلط في تسجيل القراءات

٥. الغلط في الحسابات

أولاً: خطأ الغلق في عملية التسوية Closing Error:

عند استخدام أشكال التسوية المغلقة أو المفتوحة المحكمة بالإمكان استخراج قيمة الخطأ وبالتالي مقدار التصحيح وتوزيعه على القراءات يكون بالشكل التالي:

Total error = (Calculated Elev. of B.M) – (Actual Elev. of B.M)

المنسوب الحقيقي أو الفعلي   المنسوب المقاس أو المحسوب

Correction (C) = - Error (e) (متساوي بالقيمة مختلف بالإشارة)

هنالك طريقتين لتصحيح القراءات بعد استخراج التصحيح الكلي:

١. طريقة اعتماد المسافات بين النقاط:

$$\boxed{C_i = \frac{C_T}{\sum L} \times L_i}$$

حيث ان:

C_i = مقدار التصحيح لمنسوب كل نقطة (m)

C_T = مقدار التصحيح الكلي المحسوب (m)

$\sum L$ = مجموع أطوال مسار التسوية بين النقاط (m)

L_i = مسار (المسافة) من البداية إلى كل نقطة (i) من نقاط التسوية (m)

<u>ملاحظة:</u> في هذا النوع من التصحيح نحتاج إلى إضافة حقل المسافات بين النقاط في جدول التسوية.

المنسوب المصحح = المنسوب المقاس ± التصحيح لتلك النقطة

٢. طريقة اعتماد عدد محطات الجهاز:

$$\boxed{C_i = \frac{C_T}{\sum N} \times N_i}$$

حيث ان:

C_i = مقدار التصحيح لمنسوب كل نقطة (m)

C_T = مقدار التصحيح الكلي المحسوب (m)

$\sum N$ = عدد المحطات الكلية للجهاز

N_i = عدد المحطات التي استخدمت

المنسوب المصحح = المنسوب المقاس ± التصحيح لتلك النقطة

مثال: تم استخدام جهاز التسوية لقياس المناسيب لنقاط المضلع A, B, C, D, E, F, G وكذلك قياس المسافات بين النقاط، احسب مناسيب نقاط المسح وصحح المناسيب باستخدام طريقة المسافات وكذلك طريقة عدد المحطات للجهاز، إذا علمت ان منسوب النقطة A يساوي 30.00 m ومنسوب نقطة G يساوي 29.90 m

St.	B.S	I.S	F.S	Distance (m)	Rem.
A	1.45				B.M1
B		1.54		100	
C		1.63		100	
D	1.37		1.75	100	T.P
E		1.46		100	
F		1.51		100	
G			1.25	100	B.M2

St.	B.S	I.S	F.S	H.I	Elev. (m)	Rem.
A	1.45			31.45	30.00	B.M 1
B		1.54			29.91	
C		1.63			29.82	
D	1.37		1.75	31.07	29.70	T.P.
E		1.46			29.61	
F		1.51			29.56	
G			1.25		29.82	B.M 2
	$\sum$=2.82		$\sum$=3.00			

$\sum B.S - \sum F.S = \textit{Last Elev.} - \textit{First Elev.}$

$2.82 - 3.00 = 29.82 - 30.00 \rightarrow -0.18 = -0.18 \quad \therefore$ O.K.

Total error (e_T) = calculated elev. (G) – actual elev. (G)

$$= 29.82 - 29.90 = -0.08 \text{ m} \rightarrow \therefore C_T = +0.08 \text{ m}$$

أ. التصحيح بالطريقة الأولى (طريقة المسافات):

Calculated elevation (m)	Corrected elevation (m)
30.00	$30.00+\left(\frac{0.08}{600}\times 0\right)=30.00$
29.91	$29.91+\left(\frac{0.08}{600}\times 100\right)=29.9234$
29.82	$29.82+\left(\frac{0.08}{600}\times 200\right)=29.8467$
29.70	$29.70+\left(\frac{0.08}{600}\times 300\right)=29.74$
29.61	$29.61+\left(\frac{0.08}{600}\times 400\right)=29.6634$
29.56	$29.56+\left(\frac{0.08}{600}\times 500\right)=29.6267$
29.82	$29.82+\left(\frac{0.08}{600}\times 600\right)=29.90$

$$C_i=\frac{C_T}{\sum L}\times L_i$$

Corr. Elev. = Calc. Elev. + C_T

ب. التصحيح بالطريقة الثانية (طريقة عدد المحطات):

Calculated elevation (m)	Corrected elevation (m)
30.00	$30.00+\left(\frac{0.08}{2}\times 0\right)=30.00$
29.91	$29.91+\left(\frac{0.08}{2}\times 1\right)=29.95$
29.82	$29.82+\left(\frac{0.08}{2}\times 1\right)=29.86$
29.70	$29.70+\left(\frac{0.08}{2}\times 1\right)=29.74$
29.61	$29.61+\left(\frac{0.08}{2}\times 2\right)=29.69$
29.56	$29.56+\left(\frac{0.08}{2}\times 2\right)=29.64$
29.82	$29.82+\left(\frac{0.08}{2}\times 2\right)=29.90$

$$C_i=\frac{C_T}{\sum N}\times N_i$$

Corr. Elev. = Calc. Elev. + C_T

مثال: الجدول التالي يمثل القراءات المأخوذة في عملية تسوية مغلقة، المطلوب إيجاد المناسيب الصحيحة لجميع النقاط وإيجاد قيمة خطأ الغلق على فرض ان الخطأ متساوي لجميع محطات الجهاز.

Station	B.S	F.S	Elev.
B.M1	1.234		42.39
T.P1	0.965	2.732	
T.P2	2.332	3.642	
T.P3	0.682	3.224	
T.P4	2.338	2.108	
T.P5	3.446	1.644	
T.P6	3.602	0.512	
B.M1		0.751	

الحل: نجد مناسيب باقي النقاط الأخرى إبتداءاً من راقم التسوية B.M1=42.39 m

Station	B.S	F.S	R (+)	F (-)	Elevation
B.M1	1.234				42.390
T.P1	0.965	2.732		1.498	40.892
T.P2	2.332	3.642		2.677	38.215
T.P3	0.682	3.224		0.892	37.323
T.P4	2.338	2.108		1.426	35.897
T.P5	3.446	1.644	0.694		36.591
T.P6	3.602	0.512	2.934		39.525
B.M1		0.751	2.851		42.376

Total error = (Calculated Elev. of B.M) – (Actual Elev. of B.M)

$$42.376 - 42.390 = -0.014\ m$$

يتم تصحيح مناسيب النقاط على أساس الخطأ التراكمي من محطة إلى أخرى كنسبة من عدد المحطات الكلي حيث ان عدد المحطات الكلي = عدد B.S = عدد F.S ويساوي 7 محطات، يتم التصحيح كالآتي:

= المنسوب المصحح 1- * الخطأ بالمنسوب + المنسوب المحسوب	رقم المحطة / عدد المحطات × خطأ الغلق = الخطأ بالمنسوب	رقم المحطة	Station
$42.39 + 0 = 42.39$ m	$-0.014\times\frac{0}{7}=0$	0	B.M1
40.892+(-0.002x-1) = 40.894	$-0.014\times\frac{1}{7}=-0.002$	1	T.P1
38.215+(-0.004x-1) = 38.219	$-0.014\times\frac{2}{7}=-0.004$	2	T.P2
37.323+(-0.006x-1) = 37.329	$-0.014\times\frac{3}{7}=-0.006$	3	T.P3
35.897+(-0.008x-1) = 35.905	$-0.014\times\frac{4}{7}=-0.008$	4	T.P4
36.591+(-0.01x-1) = 36.601	$-0.014\times\frac{5}{7}=-0.01$	5	T.P5
39.525+(-0.012x-1) = 39.537	$-0.014\times\frac{6}{7}=-0.012$	6	T.P6
42.376+(-0.014x-1) = 42.390	$-0.014\times\frac{7}{7}=-0.014$	7	B.M1

مثال: في عملية تسوية تم تسجيل القراءات التالية:

➔ 1.333, 1.626, 1.735, 1.267, 1.439, 1.668, 1.489, 1.727, 1.546, 1.328

فإذا علمت بأن الجهاز قد نقل بعد القراءة الرابعة والسابعة وكانت مسافة القراءة الخلفية = مسافة القراءة الأمامية لجميع محطات الجهاز، احسب المنسوب المصحح لنقاط الدوران (التحول) إذا علمت ان منسوب النقطة الأولى = 30 m ومنسوب النقطة الأخيرة = 30.421 m.

الحل: نرتب القراءات المأخوذة على شكل جدول التسوية.

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Elevation	Rem.
B.M1	1.333			31.333	30.00	B.M1
A		1.626			29.707	
B		1.735			29.598	
T.P1	1.439		1.267	31.505	30.066	T.P1
C		1.668			29.837	
T.P2	1.727		1.489	31.743	30.016	T.P2
D		1.546			30.197	
B.M2			1.328		30.415	B.M2

نلاحظ من الحسابات للمناسيب ان منسوب B.M2 المعطى لا يساوي B.M2 المحسوب ➔ هنالك خطأ للقفل

Closing error = calculated elev. – given elev.

= 30.415 – 30.421 = - 0.006 m

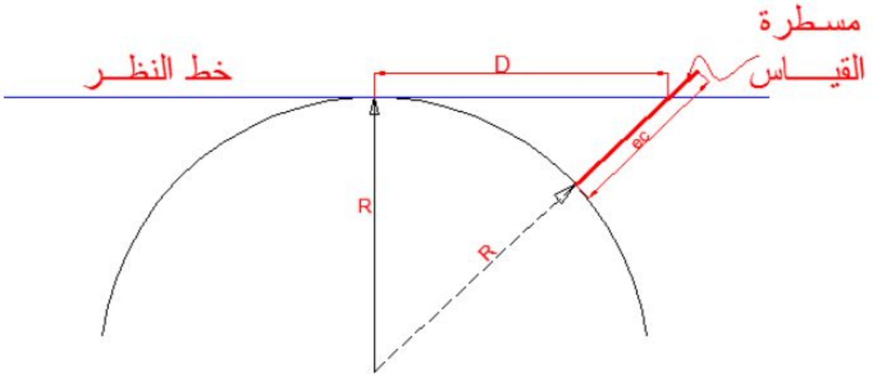
يتم تصحيح مناسيب النقاط على أساس الخطأ التراكمي من محطة إلى أخرى كنسبة من عدد المحطات الكلي حيث ان عدد المحطات الكلي = عدد B.S = عدد F.S ويساوي 3 محطات، يتم التصحيح كالآتي:

Station	رقم المحطة	$\frac{\text{رقم المحطة}}{\text{عدد المحطات}}$ ×خطأ الغلق = الخطأ بالمنسوب	1-*الخطأ بالمنسوب+المنسوب المحسوب=المنسوب المصحح
B.M1	0	$-0.006\times\frac{0}{3}=0$	30.000 + 0 = 30.000 m
T.P1	1	$-0.006\times\frac{1}{3}=-0.002$	30.066+(-0.002x-1) = 30.068
T.P2	2	$-0.006\times\frac{2}{3}=-0.004$	30.016+(-0.004x-1) = 30.020

ثانياً: خطأ التكور الأرضي والانكسار الجوي Curvature and Reflection Error:

١. خطأ التكور الأرضي: ويكون نتيجة لتقوس سطح الأرض ويعطي زيادة في قراءة المسطرة وبالتالي يكون التصحيح دائماً سالباً،

ويحسب من المعادلة التالية:



$(R+e_C)^2=R^2+D^2$

$\cancel{R^2}+2Re_C+\cancel{e_C^2}=\cancel{R^2}+D^2$

$2R.e_C = D^2$

$$\boxed{\therefore e_c = \frac{D^2}{2R}}$$

Where: R = 6370 km

$$\boxed{\therefore e_c = \frac{D^2}{2\times 6370}\times 1000 \quad \rightarrow \quad \therefore e_c = 0.0785\,D^2}$$

حيث ان:

e_C = مقدار الخطأ نتيجة التكور الأرضي (m)

D = المسافة بين الجهاز والمسطرة (km)

$$\boxed{\therefore Correction of\ Curvature = -0.0785\,D^2}$$

ملاحظة: نلاحظ من العلاقة أعلاه ان لمسافة ١٢٠ م يكون مقدار الخطأ يساوي ١ ملم، أي ان تأثير التكور يكون لمسافة تزيد على ١٢٠ م.

مثال: ما هو تأثير كروية الأرض على قراءة مسطرة تبعد بمقدار 277 m عن الجهاز إذا كانت قراءة المسطرة = 2.871 m

الحل:

$$C = -0.0785\,D^2 = -0.0785\left(\frac{277}{1000}\right)^2 = -0.006\,m$$

القراءة الصحيحة = القراءة المأخوذة + C = 2.871 – 0.006 = 2.865 m

٢. خطأ الانكسار الجوي:

نتيجة لمرور خط الرصد في طبقات متباينة الكثافة تحصل عملية الانكسار ويأخذ شكل منحني أو مقوس ويكون نحو الأسفل نحو الطبقة ذات الكثافة العالية، لذلك فان الخطأ هو نقصان في قراءة المسطرة وعليه يكون التصحيح دائماً موجب الإشارة.

* بما ان تقوس الشعاع اقل من تقوس الأرض حيث يكون نصف قطر الشعاع اكبر من نصف قطر الأرض بمقدار سبعة مرات (7 R).

$$\boxed{\therefore e_R = \frac{-1}{7} \times 0.0785\ D^2 \Rightarrow\ e_R = -0.0112\ D^2}$$

$$\boxed{\therefore Correction = +0.0112 D^2}$$

حيث ان:

e_R = الخطأ نتيجة الانكسار (m)

* وبما ان الخطأين متلازمين يتم احتساب التصحيح المركب، ويساوي:

$$\boxed{\therefore e_{combined} = 0.0785\ D^2 - \frac{1}{7} 0.0785\ D^2}$$

$$\boxed{\therefore e_{combined} = 0.0673 D^2}$$

$$\boxed{\therefore Correction = -0.0673 D^2}$$

ملاحظة: غالباً ما يلغى التأثير عندما يكون الجهاز منصوب بين النقطتين بشكل متساوي (أي منتصف المسافة)

مثال: احسب الفرق الحقيقي في المنسوب بين النقطتين A, B آخذاً بنظر الاعتبار تأثير التكور والانكسار الجوي، إذا علمت ان الجهاز منصوب على نقطة A ومسطرة التسوية على نقطة B وان منسوب نقطة A هو 150 m، ارتفاع الجهاز فوق نقطة A يساوي 1.00 m، قراءة المسطرة على نقطة B يساوي 1.80 m، والمسافة الأفقية بين النقطتين تساوي 500 m.

الحل:

$$\therefore e_{combined} = 0.0673 D^2 = 0.0673 \times (0.5)^2 = 0.017\, m$$

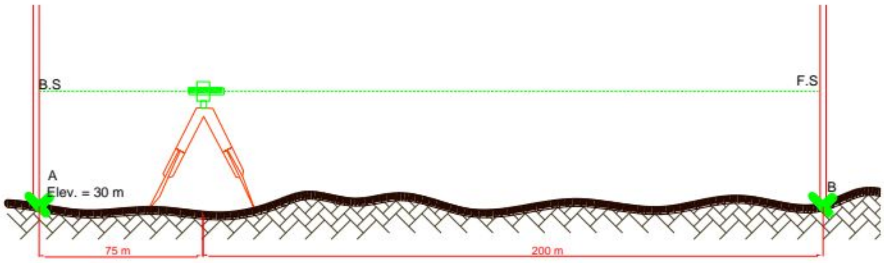
القراءة الصحيحة = 1.80 – 0.017 = 1.783 m

Elev. B = Elev. A + 1.00 m – Staff reading

= 150 + 1.00 – 1.783 = 149.217 m

$\therefore \Delta H$ = Elev. A – Elev. B = 150.000 – 149.217 = 0.783 m

مثال: الشكل الموضح لعملية التسوية، اوجد المنسوب لنقطة (B) المصحح إذا علمت ان منسوب نقطة (A) الحقيقي هو 30.00 m.



Point	B.S	F.S	المسافة من الجهاز (متر)
A	1.782		50
B		1.365	200

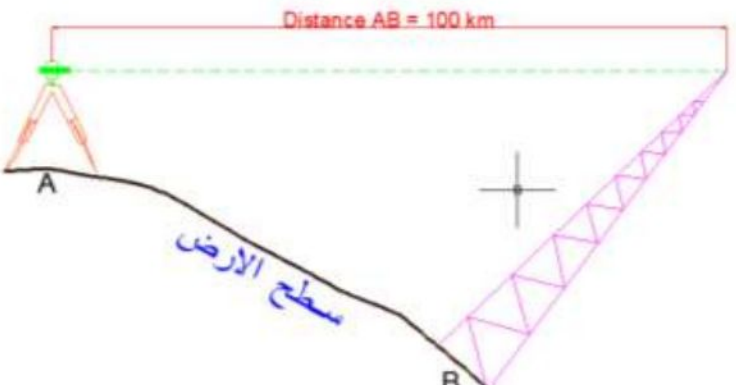
الحل: يجب أولاً تصحيح القراءات نتيجة التكور والانكسار قبل احتساب المناسيب وكما يلي:

$$B.S = 1.782 - (0.0673 * (0.05)^2) = 1.7818 \text{ m}$$

$$F.S = 1.365 - (0.0673 * (0.2)^2) = 1.3623$$

Point	B.S	F.S	H.I	Elevation (m)	Distance (m)
A	1.7818		31.7818	30.00	50
B		1.3623		30.4195	200

مثال: ما هو ارتفاع برج الاتصالات في نقطة B لكي يمكن رصده من نقطة A الواقعة على مستوى سطح الأرض إذا كانت المسافة AB = 100 km.



الحل:

ارتفاع البرج $= 0.0673D^2$

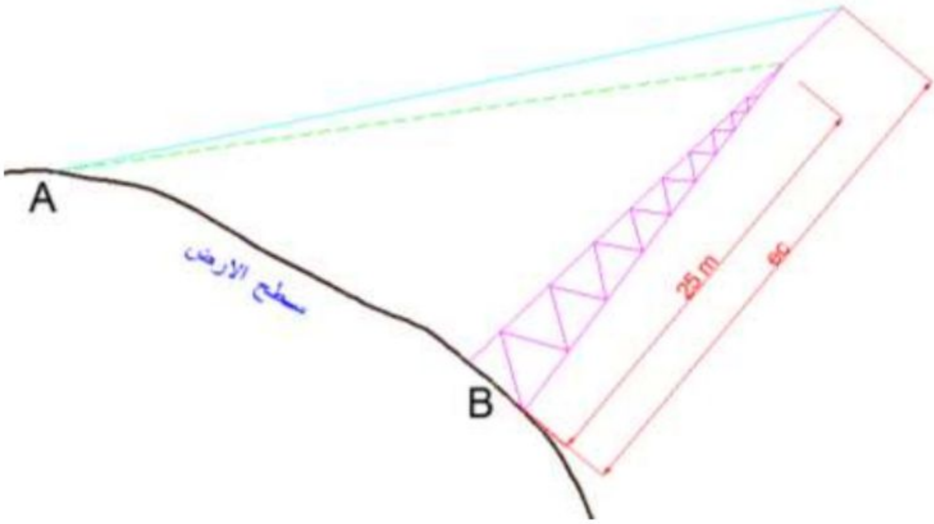
$= 0.0673(100)^2 = 673$ m

مثال: إذا كان ارتفاع برج الاتصالات المنصوب عند نقطة B = 210 m فما هي اكبر مسافة أفقية يمكن رصد البرج منها بحيث تتم رؤيته من نقطة A.

الحل: ارتفاع البرج $= 0.0673D^2$

$210 = 0.0673D^2$ ➔ D = 55.86 km = 55860 m

مثال: شخص ينظر في الأفق فشاهد قمة برج ارتفاعه 25 m فما هو اقل ارتفاع لبرج يمكن رؤيته في نفس الموقع للبرج الأول إذا أهمل تأثير الانكسار الجوي؟



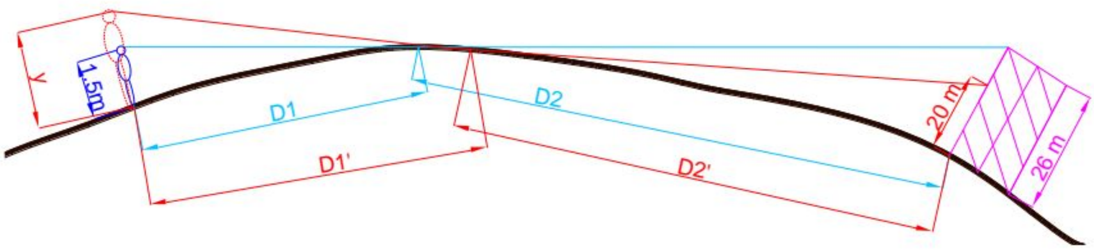
$e = 0.0673\ D^2$

$25 = 0.0673\ D^2 \Rightarrow D^2 = 371.471 \Rightarrow D = 19.2736$ km

$ec = 0.0785\ D^2 = 0.0785\ (19.2736)^2 = 29.16$ m

مثال: شخص ينظر إلى الأفق فرأى قمة بناية فإذا كان ارتفاع تلك البناية يساوي 26 m وارتفاع عين الناظر 1.5 m، احسب ارتفاع عين نفس الشخص المطلوب لمشاهدة بناية ذات ارتفاع 20 m بنفس موقع البناية الأولى؟

الحل:



$$D_{total} = D_1 + D_2$$

$$1.5 = 0.0673 D_1^2 \quad \Rightarrow D_1 = 4.721 km$$

$$26 = 0.0673 D_2^2 \quad \Rightarrow D_2 = 19.655 km$$

$$D_{total} = D_1 + D_2 = 4.721 + 19.655 = 24.376 km$$

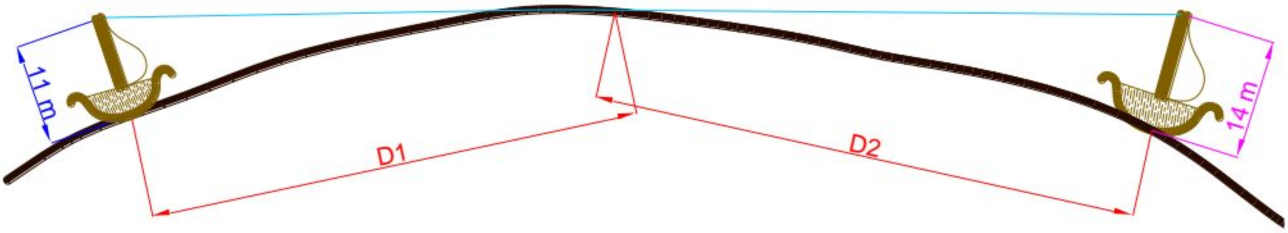
$$D_{total} = D_1' + D_2' = 24.376 km$$

$$20 = 0.0673\,(D_2')^2 \quad \Rightarrow D_2 = 17.239\ km \quad \Rightarrow D_1' = 24.376 - 17.239 = 7.137\ km$$

$$y = 0.0673\,(D_1')^2 \quad \Rightarrow y = 3.428\ m$$

مثال: بحار واقف على سارية سفينة ينظر بالمنظار إلى البحر فرأى قمة سفينة أخرى، فإذا علمت بأن البحار واقف على ارتفاع 11 m وان ارتفاع قمة السفينة الأخرى 14 m، احسب المسافة بين السفينتين.

الحل:



$e = 0.0673 D^2$ ➔ $11 = 0.0673 D_1^2 \quad \Rightarrow D_1 = 12.785\,km$

$14 = 0.0673 D_1^2 \quad \Rightarrow D_1 = 14.423\,km$

المسافة بين السفينتين $= D_1 + D_2 = 12.785 + 14.423 = 27.208$ km

المقاطع الطولية والعرضية Profiles

أولا: المقاطع الطولية Longitudinal Profiles:

قبل تصميم بعض المشاريع فان اخذ مقطع طولي لسطح الأرض التي سوف تنشأ عليها هذه المشاريع يعتبر أمراً ضرورياً. ويؤخذ المقطع الطولي على سبق تعيينه وتثبيته في الحقل مثل الخط المركزي لطريق، سكة حديد، قناة، ممشى على جانب الطريق، خط أعمدة القوى الكهربائية، خط أنابيب نفط، أو خط أنابيب ماء أو مجاري.

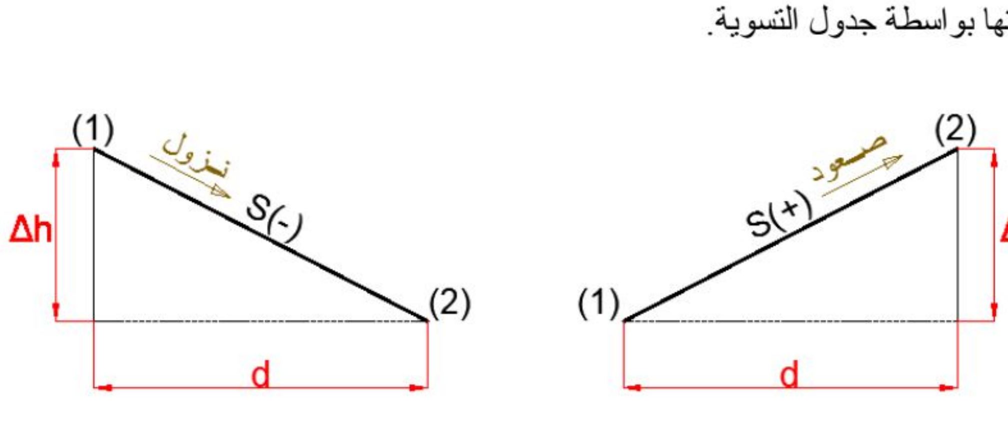
الخط المركزي الذي يؤخذ عليه المقطع قد يكون خطاً مستقيماً أو قد يكون خطاً مكسراً كما في خطوط الأنابيب أو قد يكون عدد من المستقيمات الموصلة بمنحنيات كما في الطرق وسكك الحديد أو القنوات. عند رسم المقطع الطولي (بالإضافة إلى رسم المقاطع العرضية) يمكن دراسة طبيعة سطح الأرض على طول الخط المركزي المقترح، وتثبيت مستوى المشروع بأحسن وضع اقتصادي وقبل التصميم تؤخذ عادة مقاطع على عدة خطوط مقترحة ثم تتم دراسة ومقارنة هذه الخطوط لاختيار الأفضل.

المحطات Stations:

يعبر عن بعد النقاط التي تقع الخط المركزي لمشروع من نقطة بدايته بنظام المحطات، المحطة الواحدة تساوي 100 m ويشار إلى نقطة بداية المشروع بالمحطة (0) أو (0+00) النقاط التي يكون بعدها عن هذه المحطة بمضاعفات 100 m يطلق عليها محطات كاملة Full stations مثل 100, 200, 300 أو 01+00, 02+00, 03+00 إما النقاط التي تقع بين المحطات الكاملة فتسمى بالمحطات التكميلية plus stations مثلاً 13+65.50 وهكذا.

خطوات حل ورسم المقاطع الطولية:

١. إيجاد مناسيب الأرض الطبيعية Ground line elevations والبعد بين النقاط وعلى شكل محطات وتثبيتها بواسطة جدول التسوية.



٢. تصميم (تثبيت) الخط المركزي المقترح Grade Line ثم إيجاد مناسيبه بواسطة انحداره وكما يلي:

$$S = \frac{\Delta h}{d}$$

$$\Delta h = S \cdot d$$

Grade (2) = Grade (1) $\pm$ S. d

٣. بعد استخراج المنسوب الحقيقي (الأرض الطبيعية) والمنسوب المقترح (منسوب الإنشاء) يصبح بالإمكان إيجاد أعماق الحفر (القطع) والردم (الدفن) في كل محطة من محطات المشروع.

Ground Level – Grade Level = $\begin{cases} +ve & \text{قطع cut} \\ -ve & \text{دفن fill} \end{cases}$

ملاحظة: يتم رسم المقطع الطولي بجعل المحور العمودي (الشاقولي) يمثل المناسيب والمحور الأفقي يمثل المسافات (المحطات) للمشروع لنقاط الخط المركزي ويتم الرسم باعتماد مقياس رسم مناسب عمودي وآخر أفقي.

مثال١ : القراءات أدناه مأخوذة بالمتر على طول الوسط لساتر ترابي مقترح بحيث ان المسافة بين كل نقطة عشرة أمتار والقراءات هي:

بداية المشروع ➔ 1.38, 1.34, 1.33, 1.59, 1.86, 2.09, 2.10, 1.18, 1.52, 1.50, 1.49

إذا علمت ان جهاز التسوية قد نقل بعد القراءة الرابعة والسابعة والتاسعة، فإذا كان المطلوب ان يكون سطح الساتر ذو انحدارات منتظمة بحيث يكون ارتفاع الدفن في أول نقطة يساوي 2 m وفي نقطتي وسط الساتر 3 m وفي آخر نقطة 2.5 m عند سطح الأرض. احسب ارتفاع الدفن في باقي النقاط.

الحل: نفرض منسوب T.B.M وليكن 50 m

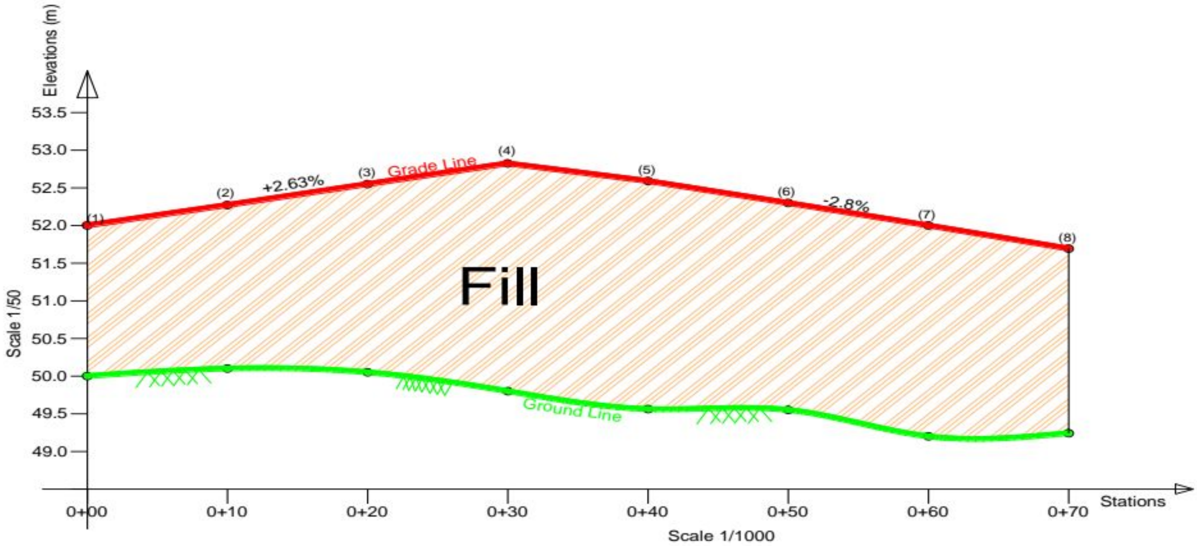
Station	B.S	I.S	F.S	H.I	Ground elevation	Grade Elevation
0+00	1.38			51.38	50.00	52.00
0+10		1.34			50.09	52.263
0+20		1.33			50.05	52.527
0+30	1.86		1.59		49.79	52.79
0+40		2.09			49.50	52.56
0+50	1.18		2.10		49.55	52.28
0+60	1.50		1.52		49.21	52.00
0+70			1.49		49.22	51.72

$$Grade_{(1)} = slope = S = \frac{52.79 - 52.00}{30} = +0.0263 = +2.63\%$$

$$Grade_{(2)} = \frac{51.72 - 52.56}{30} = -0.028 = -2.8\%$$

$$\therefore Grade\ \ Elevation\ _{(2)} = Grade\ Elevation\ _{(1)} + S.d = 52.00 + 0.0263 \times 10 = 52.263\ m$$

$$\therefore Grade\ \ Elevation\ _{(6)} = Grade\ Elevation\ _{(5)} - S.d = 52.56 + 0.028 \times 10 = 52.28\ m$$



مخطط المقطع الطولي

مثال٢ : استخدم جهاز تسوية لقياس منسوب الأرض الطبيعية لعدد من نقاط مقطع طولي فكانت القراءات كما يأتي:

➔1.364, 0.365, 1.461, 2.565, 2.693, 1.373, 0.214, 2.539, 1.529, 0.638, 0.212

فإذا كان جهاز التسوية قد نقل بعد القراءة الرابعة والسابعة وكانت المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى = 10 متر، جد ميل الخط الواصل بين النقطة الأولى والأخيرة.

الحل: عدد القراءات = 11 قراءة، عدد نقاط الدوران = 2

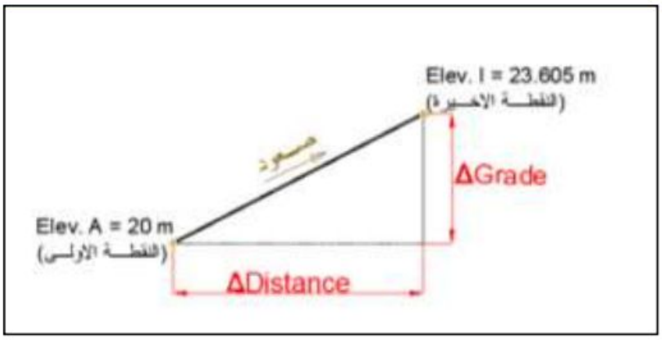
No. of points = No. of staff reading – No. of T.P. = 11 – 2 = 9 points

point	B.S	I.S	F.S	R (+)	F (-)	Ground elevation	Distance (m)
A	1.364					Let 20.00	0
B		0.365		0.999		20.999	10
C		1.461			1.096	19.903	20
D	2.693		2.565		1.104	18.799	30
E		1.373		1.32		20.119	40
F	2.539		0.214	1.159		21.278	50
G		1.529		1.01		22.288	60
H		0.638		0.891		23.179	70
I			0.212	0.426		23.605	80

Δ grade = 23.605 – 20 = +3.605 m

Δ Distance = 80 – 0 = 80 m

$$Slope = \frac{\Delta Grade}{\Delta Dist.} = \frac{3.605}{80} = +4.506\%$$



مثال٣: القراءات التالية أخذت على طول خط الوسط لطريق مقترح وهي كما يلي:

➔1.793, 1.326, 1.179, 1.448, 1.354, 1.676, 1.526, 1.437, 1.789, 1.214, 1.414

فإذا علمت ان الجهاز قد نقل بعد القراءة الثالثة والثامنة، احسب منسوب كافة النقاط إذا علمت ان القراءة الرابعة أخذت على نقطة منسوبها = 30 m ثم جد ميل المشروع الذي يصل النقطة الأولى بالأخيرة إذا علمت ان المسافة بين نقطة وأخرى = 50 m .

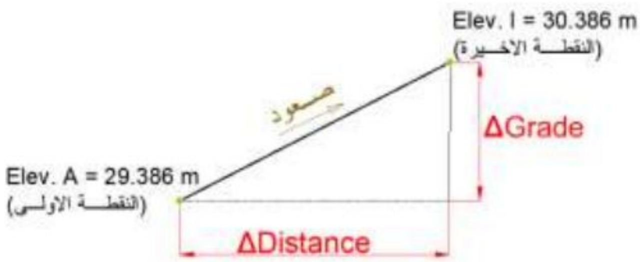
الحل:

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Elevation (m)	Distance (m)	Rem.
A	1.793			31.179	29.386	0	
B		1.326			29.853	50	
C	1.448		1.179	31.448	30.00	100	B.M (T.P)
D		1.354			30.094	150	
E		1.676			29.772	200	
F		1.526			29.922	250	
G	1.789		1.437	31.800	30.011	300	T.P
H		1.214			30.586	350	
I			1.414		30.386	400	

grade = 30.386 – 29.386 = +1 m

Distance = 400 – 0 = 400 m

$$Slope = \frac{\Delta Grade}{\Delta Dist.} = \frac{+1}{400} = +0.25\%$$



مثال ٤: القراءات التالية سجلت بواسطة جهاز التسوية إلى مجموعة من النقاط والتي تقع على استقامة واحدة وهي كما يلي: 1.368, 1.793, 1.399, 1.613, 1.725, 2.684 ← وقد أخذت القراءة الثالثة على راقم تسوية منسوبه = 30 m احسب منسوب باقي النقاط. وإذا كانت المسافة بين نقطة وأخرى تساوي 50 m احسب ميل الخط الذي يصل النقطة الأولى بالأخيرة.

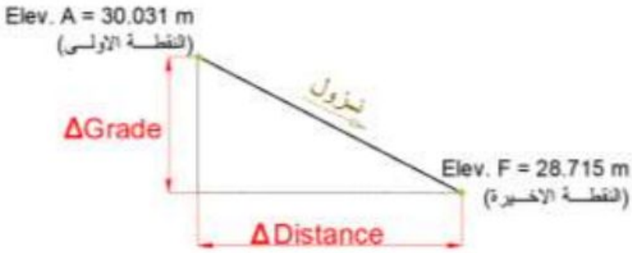
الحل:

Point	B.S	I.S	F.S	R (+)	F (-)	Elevation (m)	Distance (m)
A	1.368					30.031	0
B		1.793			0.425	29.606	50
C		1.399		0.394		30.000	100
D		1.613			0.214	29.786	150
E		1.725			0.112	29.674	200
F			2.684		0.959	28.715	250

grade = 28.715 – 30.031= - 1.316 m

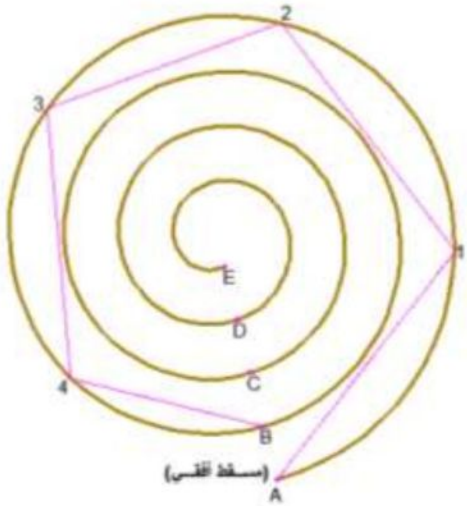
Distance = 250 – 0 = 250 m

$$Slope = \frac{\Delta Grade}{\Delta Dist.} = \frac{-1.316}{250} = -0.526\%$$



مثال٥: على امتداد المنارة الملوية ذات الشكل الحلزوني تم إجراء عملية التسوية بواسطة جهاز التسوية من المحطة A إلى المحطة B وكما يلي:

Point	B.S	F.S	Elevation
A	3.296		0
B	3.273	0.536	
C	3.221	0.261	
D	3.512	0.166	
E	3.020	0.299	
F		0.220	



Station	Distance (St.)
A	0+00
B	1+06
C	1+93
D	2+62

فإذا كان ميل المنحني الحلزوني منتظماً من محطة A إلى المحطة D فما هو منسوب المحطات B, C, D.

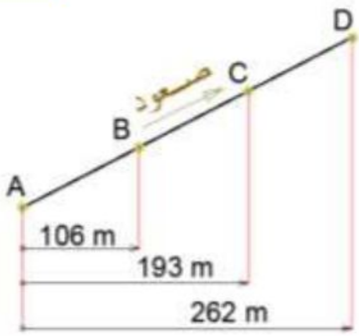
الحل:

Point	B.S	F.S	R (+)	F (-)	Elevation (m)
A	3.296				0
1	3.273	0.536	2.76		2.760
2	3.221	0.261	3.012		5.772
3	3.512	0.166	3.055		8.827
4	3.020	0.299	3.213		12.04
B		0.220	2.800		14.84

$$Slope = \frac{\Delta Grade(A \rightarrow B)}{\Delta Dist.(A \rightarrow B)}$$

$$= \frac{14.84-0}{106} = +\frac{14.84}{106} = +14\%$$ صعوداً

$\therefore$ grade C = grade A + Slope x Dist. (A→ C)



$$= 0 + \frac{14.84}{106} \times 193$$ ➔ grade C =27.02 m

And grade D = grade A + Slope x Dist. (A➔ D)

$$= 0 + \frac{14.84}{106} \times 262$$ ➔ grade D =36.68 m

مثال٦: تم أخذ القراءات التالية على مجموعة من الأوتـاد الواقعة علـى خط الوسط (C.L) لخندق مقترح، فـإذا تقرر ان يبدأ الحفر للخندق من موقع الوتد A الذي يجب ان يكون منسوب قاع الخندق عنده يساوي 26.5 m نزولاً باتجاه الوتد E بميل مقداره 1 إلى 200. احسب قراءة المسطرة في مواقع الأوتاد بعد تنفيذ الخندق بالميل المطلوب إذا كان منسوب خط النظر لخط الانشاء = 28 m. وكذلك أوجد أعماق القطع (Cut) في النقاط E, D, C, B, A.

Point	B.S	I.S	F.S	Dist.	Notes	H.I
B.M	2.1			0	B.M = 28.75	28.00
A		2.85		100		
B	1.8		3.51	200		
C		1.58		300		
D		2.24		400		
E			2.94	500		

الحل: حسب السؤال فان خط Grade يبدأ من نقطة A والذي يكون مساوياً إلى 26.5 m وبميل تنازلي 1/200 لغاية نقطة E.

$$grade\ B = grade\ A - Slope \times Dist.(A \to B) = 26.5 - \frac{1}{200} \times (200 - 100) = 26\,m$$

$$grade\ C = grade\ A - Slope \times Dist.(A \to C) = 26.5 - \frac{1}{200} \times (300 - 100) = 25.5\,m$$

$$grade\ D = grade\ A - Slope \times Dist.(A \to D) = 26.5 - \frac{1}{200} \times (400 - 100) = 25\,m$$

$$grade\ E = grade\ A - Slope \times Dist.(A \to E) = 26.5 - \frac{1}{200} \times (500 - 100) = 24.5\,m$$

الآن وبعد إيجاد مناسيب Grade لكل نقطة وبمعلومية ارتفاع خط النظر $H.I_{Grade}$=28 m يتم إيجاد قراءات المسطرة على خط الـgrade حسب القانون التالي:

$\boxed{\text{Staff reading} = H.I_{Grade} - \text{grade Elevation}}$

➔ Staff reading at A = 28 – 26.5 = 1.5 m

Staff reading at B = 28 – 26 = 2 m

Staff reading at C = 28 – 25.5 = 2.5 m

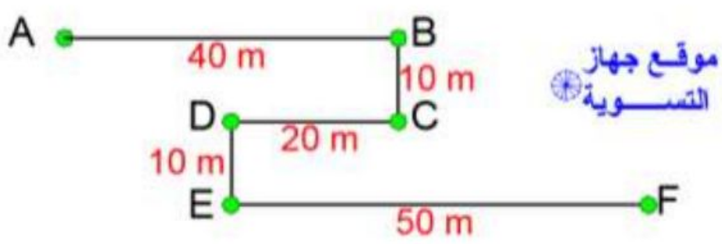
Staff reading at D = 28 – 25 = 3 m

Staff reading at E = 28 – 24.5 = 3.5 m

القراءات الأعلى تقابل المنسوب الأقل وبالعكس

Point	B.S	I.S	F.S	H.I ground	Ground Elev. (m)	Grade Elev. (m)	Difference (Cut) (m)
B.M	2.1			30.85	28.75	---	---
A		2.85			28.00	26.5	1.50
B	1.8		3.51	29.14	27.34	26.0	1.34
C		1.58			27.56	25.5	2.06
D		2.24			26.90	25.0	1.90
E			2.94		26.20	24.5	1.70

مثال٧: في الشكل أدناه إذا كان ميل أنبوب مجاري المياه المقترح على المسار ABCDEF يساوي (1/150-) على امتداد المسار من A إلى F، ما هي قراءة جهاز التسوية ومن موقع واحد للجهاز على المسطرة الموضوعة على قعر الأنبوب في النقاط A, B, C, D, E, F إذا كانت قراءة المسطرة عند قعر الأنبوب في نقطة D تساوي 2.365 m.



الحل: بما انه ليس هنالك منسوب معلوم، نفرض ان منسوب نقطة A يساوي 20 m

$$grade\,B = grade\,A - Slope \times Dist.(A \to B) = 20 - \frac{1}{150} \times 40 = 19.733\,m$$

$$grade\,C = grade\,A - Slope \times Dist.(A \to C) = 20 - \frac{1}{150} \times 50 = 19.667\,m$$

$$grade\,D = grade\,A - Slope \times Dist.(A \to D) = 20 - \frac{1}{150} \times 70 = 19.533\,m$$

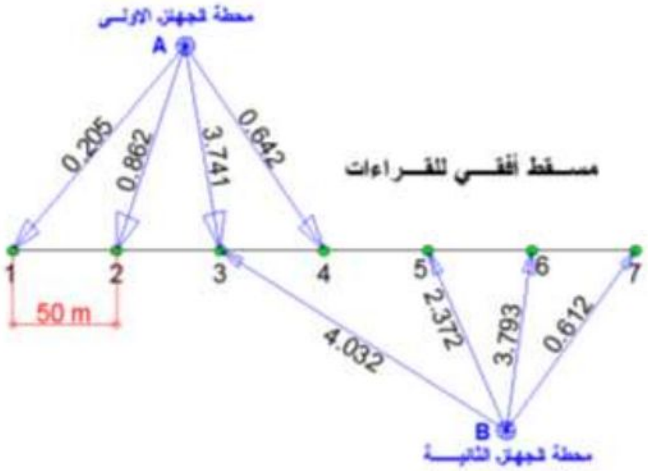
$$grade\,E = grade\,A - Slope \times Dist.(A \to E) = 20 - \frac{1}{150} \times 80 = 19.467\,m$$

$$grade\,F = grade\,A - Slope \times Dist.(A \to F) = 20 - \frac{1}{150} \times 130 = 19.133\,m$$

نجد الآن القراءات المطلوبة على المساطر الموضوعة على النقاط A, B, C, D, E, F بمعلومية مناسيب هذه النقاط وقيمة H.I (ثابتة لان موقع الجهاز ثابت).

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Grade Elev.	Distance (m)
A	1.898			21.898	20	0
B		2.165			19.733	40
C		2.231			19.667	50
D		2.365			19.533	70
E		2.431			19.467	80
F			2.765		19.133	130

مثال٨: في عملية تسوية على امتداد الخط الوسطي لطريق مقترح تم تسجيل القياسات المبينة في الشكل أدناه بواسطة جهاز التسوية ومن المحطتين A, B. فإذا كانت المسافة بين نقطة وأخرى من نقاط الطريق تساوي 50 m وطلب تعديل سطح الأرض الطبيعية بطريق ذو ميل منتظم يبدأ من نفس منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأول وينتهي بنفس منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأخيرة:



أ. ارسم مقطعاً طولياً على امتداد الخط الوسطي للمشروع مبيناً فيه الأرض الطبيعية والمشروع المقترح (اختر مقياس الرسم المناسب للرسم)

ب. احسب عمق الحفر (Cut) أو ارتفاع الدفن (Fill) في محطات المشروع للوصول إلى المنسوب الجديد للمشروع.

الحل: نرتب القراءات المأخوذة أعلاه على شكل جدول التسوية بحيث ان النقطة 3 تمثل نقطة دوران وبذلك تكون على هذه النقطة قراءة أمامية من المحطة الأولى وقراءة خلفية من المحطة الثانية، وبما انه ليس لدينا منسوب معلوم، نفرض ان منسوب نقطة 1 يساوي m 20 وبعد التوصيل بين النقطة الأول والأخيرة في المشروع ذو الميل الثابت نجد ان:

Ground 1 = Grade 1 and ground 7 = Grade 7

Point	B.S	I.S	F.S	H.I	Ground Elev.	Dist. (m)	Rem.
1	0.205			20.205	20.000	0	
2		0.862			19.343	50	
4		0.642			19.563	150	
3	4.032		3.741	20.496	16.464	100	T.P.
5		2.372			18.124	200	
6		3.793			16.703	250	
7			0.612		19.884	300	

يتم الآن حساب مناسيب النقاط على خط grade وكما يلي:

Grade 1 = ground 1 = 20 m

Grade 7 = ground 7 = 19.884

$$Slope = \frac{\Delta Grade\,(1 \to 7)}{\Delta Dist.(1 \to 7)} = \frac{19.884 - 20}{300 - 0} = -\frac{0.116}{300} = -0.03867\,\%$$

$$grade\,2 = grade\,1 - Slope \times Dist.(1 \to 2) = 20 - \frac{0.116}{300} \times 50 = 19.98\,m$$

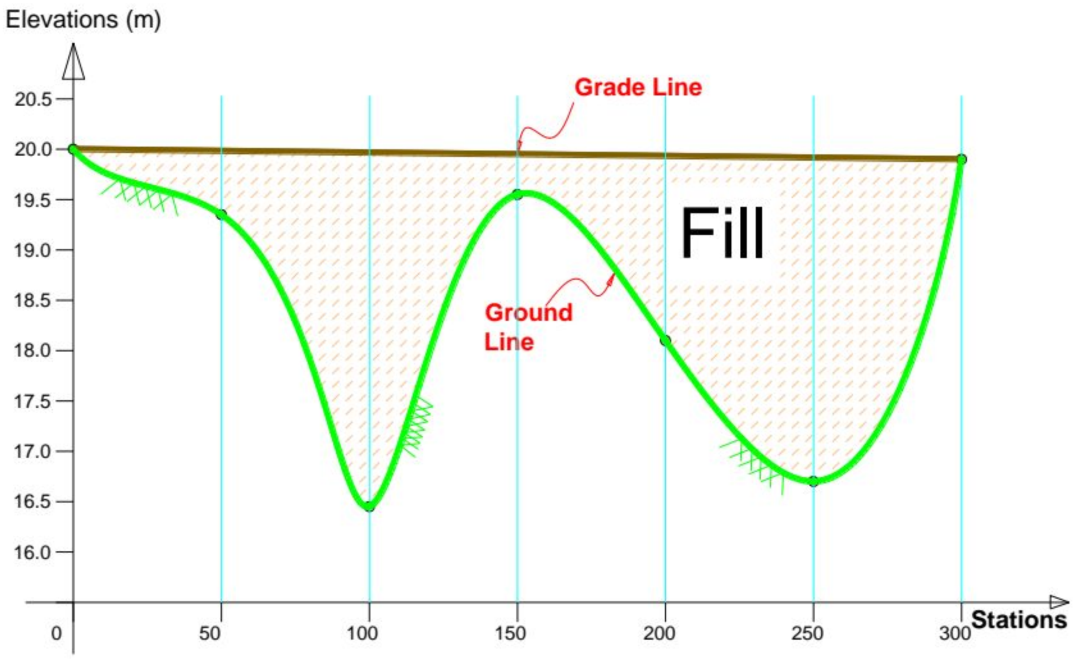
$$grade\,4 = grade\,1 - Slope \times Dist.(1 \to 4) = 20 - \frac{0.116}{300} \times 150 = 19.942\,m$$

$$grade\,3 = grade\,1 - Slope \times Dist.(1 \to 3) = 20 - \frac{0.116}{300} \times 100 = 19.961\,m$$

$$grade\,5 = grade\,1 - Slope \times Dist.(1 \to 5) = 20 - \frac{0.116}{300} \times 200 = 19.923\,m$$

$$grade\,6 = grade\,1 - Slope \times Dist.(1 \to 6) = 20 - \frac{0.116}{300} \times 250 = 19.903\,m$$

يتم الآن ترتيب مناسيب النقاط على خط grade لإيجاد مقدار الحفر والردم ومن ثم يتم رسم المقطع الطولي.



Point	Ground Elev.	Grade Elev.	Cut (+)	Full (-)	Dist. (m)
1	20.000	20.00		----	0
2	19.343	19.98		0.637	50
4	19.563	19.942		0.379	150
3	16.464	19.961		3.497	100
5	18.124	19.923		1.799	200
6	16.703	19.903		3.200	250
7	19.884	19.884		----	300

مثال٩: في أعمال تسوية على امتداد مقطع طولي كانت مناسيب الأرض الطبيعية التي أخذت على مسافات كل 20 m كالآتي:

➔ 15.00 m, 15.30, 15.27, 14.84, 15.26, 15.20, 14.98, 14.75, 15.02, 14.84

فإذا كان المقطع الطولي للطريق المقترح يبدأ منسوب أول نقطة فيه بقيمة تقل 0.2 m عن منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأولى وينتهي في آخر نقطة من نقاطه بمنسوب يزيد على منسوب الأرض الطبيعية في النقطة الأولى بمقدار 0.16 m بحيث ان الميل منتظم في كل نقطة من نقاط المقطع الطولي. ١. احسب ارتفاع الدفن والقطع في كل نقطة من النقاط

٢. ارسم المقطع الطولي للطريق المقترح

الحل:

النقطة الأولى Grade 1 = ground 1 – 0.2 = 15 – 0.2 = 14.8 m

النقطة الأخيرة Grade 10 = ground 1 + 0.16 = 15 + 0.16 = 15.16 m

$$Slope = \frac{\Delta Grade\,(1 \rightarrow 10)}{\Delta Dist.(1 \rightarrow 10)} = \frac{15.16 - 14.80}{180 - 0} = \frac{+0.36}{180} = +0.2\%$$

$$grade\,2 = grade\,1 + Slope \times Dist.(1 \rightarrow 2) = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 20 = 14.84\,m$$

$$grade\,3 = grade\,1 + Slope \times Dist.(1 \rightarrow 3) = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 40 = 14.88\,m$$

$$grade\,4 = grade\,1 + Slope \times Dist.(1 \rightarrow 4) = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 60 = 14.92\,m$$

$$grade\,5 = grade\,1 + Slope \times Dist.(1 \rightarrow 5) = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 80 = 14.96\,m$$

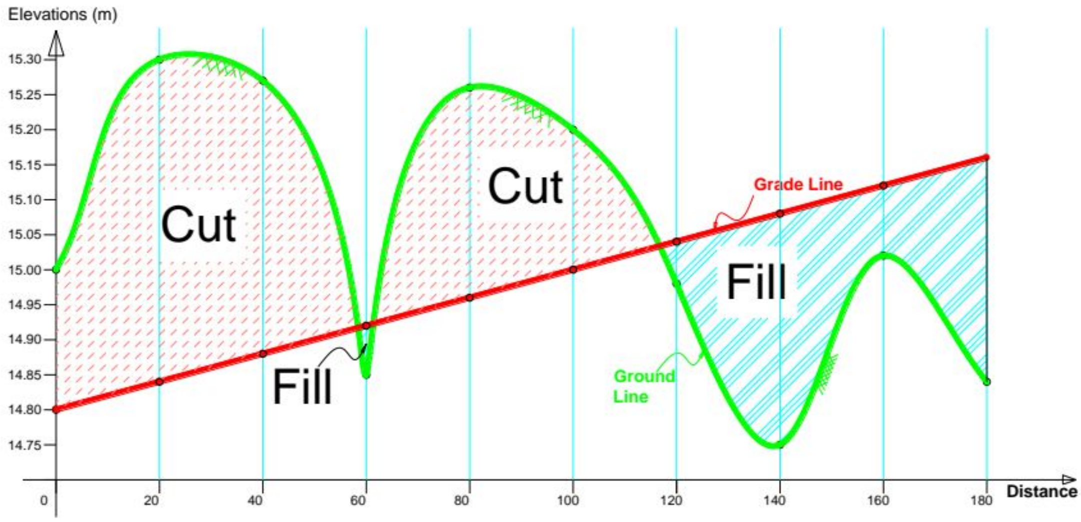
$$grade\,6 = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 100 = 15.00\,m \quad ,$$

$$grade\,7 = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 120 = 15.04\,m$$

$$grade\,8 = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 140 = 15.08\,m \quad ,$$

$$grade\,9 = 14.8 + \frac{0.36}{180} \times 160 = 15.12\,m$$

Point	Ground Elev.	Grade Elev.	Cut (+)	Full (-)	Dist. (m)
1	15	14.8	0.2		0
2	15.3	14.84	0.46		20
4	15.27	14.88	0.39		40
3	14.85	14.92		0.07	60
5	15.26	14.96	0.3		80
6	15.2	15.00	0.2		100
7	14.98	15.04		0.06	120
8	14.75	15.08		0.33	140
9	15.02	15.12		0.10	160
10	14.84	15.16		0.32	180



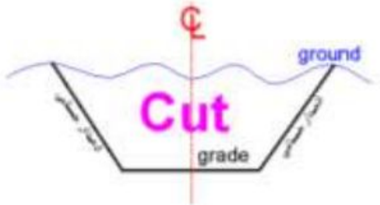
ثانيا: المقاطع العرضية Cross-Sections :

يتم الحصول على المقطع العرضي لسطح الأرض والذي يكون عمودياً على المقطع الطولي باستخدام عملية التسوية العرضية Cross-section leveling حيث تحسب مناسيب النقاط على جانبي الخط المركزي يميناً ويساراً. ثم يرسم المقطع العرضي لكل مسافة معينة وحسب المواصفات (20 متر أو50 متر أو100 متر) حيث يحدد المقطع العرضي سطح الإنشاء وسطح الأرض والانحدار الجانبي لكلا الجانبين.

هنالك ثلاثة أشكال رئيسية من المقاطع العرضية:

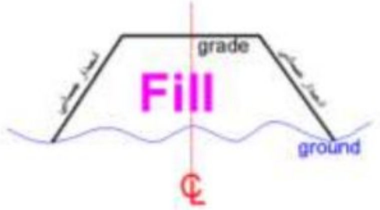
أ. مقطع حفر (قطع) Cut Section:

حيث يكون سطح الأرض أعلى منسوباً من سطح الإنشاء



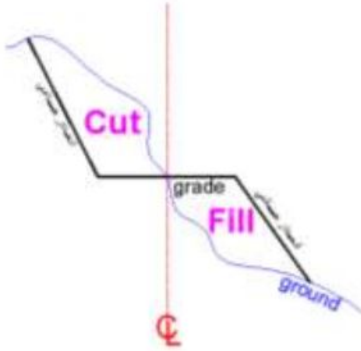
ب. مقطع ردم (دفن) Fill Section:

حيث يكون سطح الأرض أوطئ منسوباً من سطح الإنشاء



ج. مقطع جانبي (مقطع في جانب التل) Side Hill section –:

حيث يكون سطح الأرض أعلى منسوباً في جانب من سطح الإنشاء وأوطئ في الجانب الآخر (أي انه يحتوي على ردم وحفر في نفس الوقت).



ويعرف الانحدار الجانبي Side Slope لأي مقطع عرضي بأنه النسبة بين وحدة مسافة رأسية إلى عدد من وحدات المسافة الأفقية ويكتب بالشكل التالي: $\frac{1}{S}$ أو 1:S.

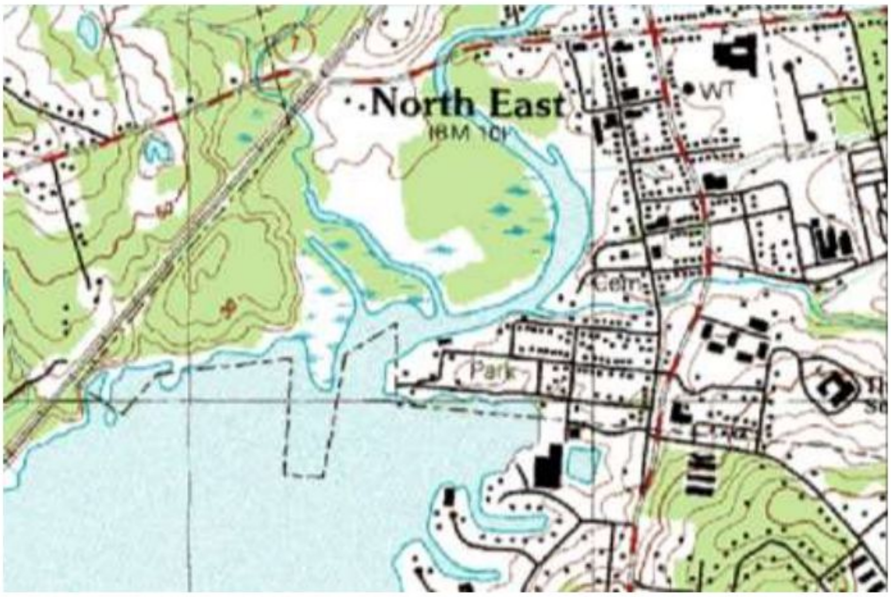
المسح الطبوغرافي Topographic Surveying

هو ذلك الجزء من المسح الأرضي الذي يتضمن إجراء عمليات حقلية بأجهزة متنوعة يتخللها إجراء حسابات خاصة الغرض منها تعيين المواقع الأفقية والرأسية لنقاط إستراتيجية تشكل الهيكل العام، يستخدم الهيكل العام لتهيئة الخرائط الطبوغرافية.

الخرائط الطبوغرافية Topographic Maps

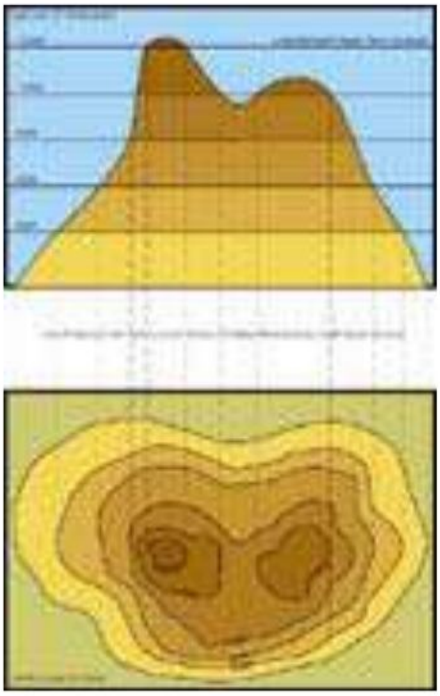
وهي الخراط التي تمثل العوارض الطبيعية والاصطناعية مضاف إليها البعد الثالث وهو المنسوب، لهذا فان الخرائط الطبوغرافية تمثل:

٣. العوارض الطبيعية (كالأنهار والغابات والبحيرات ... الخ)
٤. العوارض الاصطناعية (كالطرق والجسور و المباني ... الخ)
٥. التضاريس



استخدامات الخرائط الطوبوغرافية

١. تصميم وتنفيذ الأعمال الهندسية كالطرق والجسور والسكك الحديد ... الخ.
٢. تعيين مواقع المناطق السكنية والقرى والغابات.
٣. الجيولوجيا لدراسة المناجم ومواقع المصادر الطبيعية.
٤. المساحة المائية في تعيين مواقع وسواحل البحيرات والمستنقعات وحجوم الخزانات المائية.



تمثيل العوارض (الظواهر) Features Representation:

تتمثل العوارض الطبيعية والاصطناعية بثلاثة أنواع من الرموز:

١. رمز النقطة Point style
٢. رمز الخط (Poly-line) Line style
٣. رمز المساحة (polygon) Area Style.

تختلف هذه الرموز باللون والشكل والحجم لتمثل متغيرات عديدة

تمثيل التضاريس Elevation Representation

تتمثل التضاريس بعدة طرق:

١. الموديلات Models
٢. التظليل Shading
٣. التخطيط Hatches
٤. التلوين Tinting
٥. الخطوط الكنتورية Contour Lines

الموديلات Models

وتستخدم هذه الطريقة عادة من قبل المهندسين المعماريين حيث يمثل البعد الثالث بالمجسمات والتي يكون ارتفاعها نسبة الى ارتفاع الحقيقي حسب مقياس الرسم.

اما حديثا فيستخدم الحاسوب على نطاق واسع في عمل الموديلات

التظليل Shading

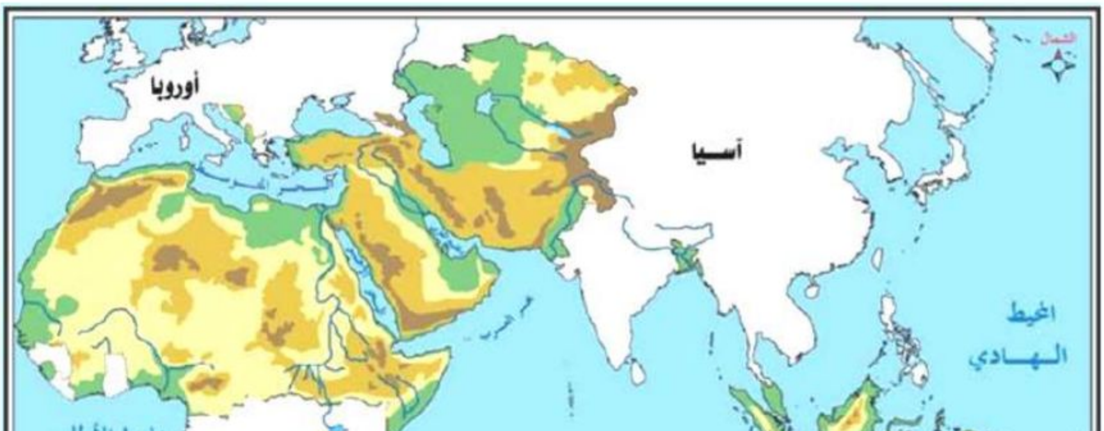
وهي طريقة قديمة في تمثيل التضاريس، في هذه الطريقة يكون الظل قاتما في المرتفعات الشديدة وفاتحا في الانحدارات البسيطة وكأن ضوء مسلط على الطبيعة من جهة واحدة

التخطيط Hatches

وهي طريقة قديمة في تمثيل التضاريس، في هذه الطريقة تتمثل التضاريس بخطوط قصيرة تتقارب في الانحدارات الشديدة وتتباعد في الانحدارات البسيطة. ترسم هذه الخطوط بصورة موازية لاتجاه الانحدار.

التلوين Tinting

وفي هذه الطريقة يتم استخدام الألوان لتمثيل الارتفاعات وهناك ألوان متعارف عليها عالميا، وهذه الطريقة تعطي فكرة عامة عن الارتفاعات الأرضية.



الخطوط الكنتورية Contour Lines:

وهي عبارة عن خطوط وهمية كل خط منها يمر في نقاط متساوية في المنسوب أي بمعنى آخر (هي الخطوط المتكونة من تقاطع سطوح مستوية مع سطح الأرض).

الفترة الكنتورية Contour Interval:

وهي عبارة عن المسافة الرأسية بين كل خطين كنتوريين متتاليين في الخارطة الواحدة.

الفسحة الكنتورية Contour Spacing:

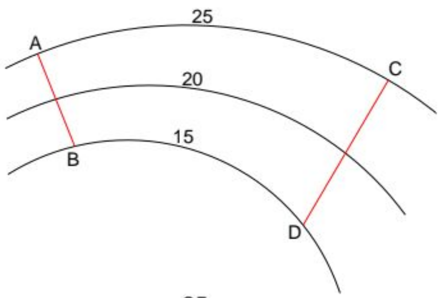
وهي المسافة الأفقية بين كل خطين كنتوريين متتاليين في الخارطة الواحدة.

الانحدار الكنتوري Contour Grade:

ويمثل حاصل قسمة الفترة الكنتورية مقسوماً على الفسحة الكنتورية بين تلك النقطتين.

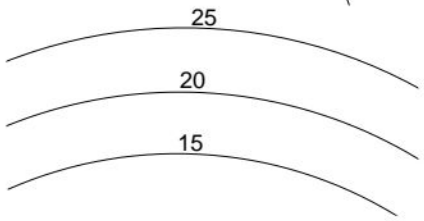
$$\text{الانحدار الكنتوري} = \frac{\text{الفترة الكنتورية}}{\text{الفسحة الكنتورية}} \qquad Contour\,Grade = \frac{\Delta h}{D}$$

خصائص الخطوط الكنتورية:

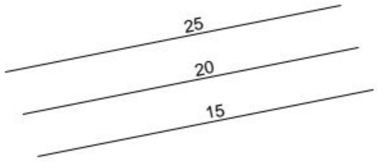


١. انحدار الأرض يتناسب تناسباً عكسياً مع الفسحة الكنتورية، أي كلما ابتعدت الخطوط الكنتورية من بعضها قل انحدار الأرض بين هذه الخطوط والعكس صحيح.

مثلاً: انحدار المستقيم AB اكبر من المستقيم CD

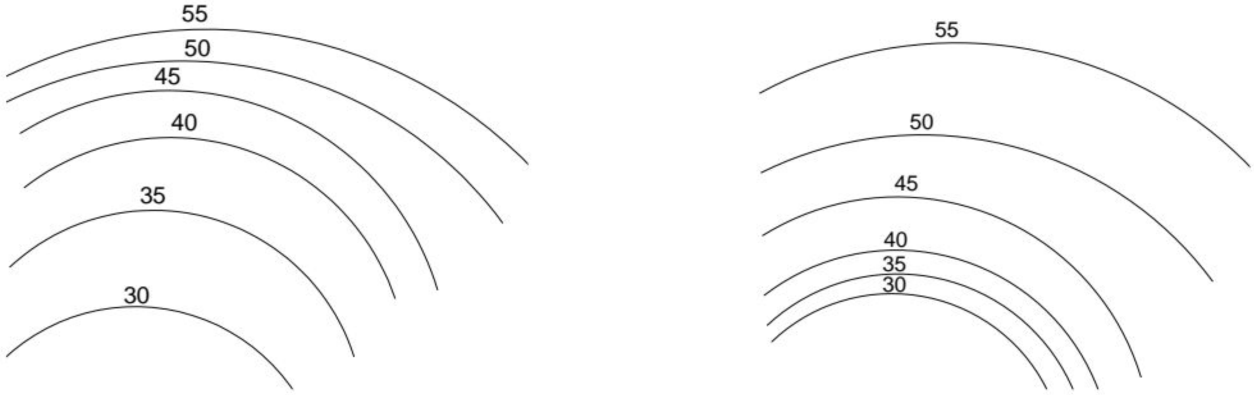


٢. الفسحة الكنتورية الثابتة بين الخطوط الكنتورية تدل على انحدار منتظم للأرض بين هذه الخطوط.



٣. الخطوط الكنتورية المستقيمة والمتوازية وذات الفسحة الكنتورية الثابتة تمثل ارض مستوية ومنحدرة انحداراً منتظماً.

٤. تقارب الخطوط الكنتورية المتتالية عند جزئها العلوي أكثر من تقاربها عند جزئها السفلي يدل على تقعر سطح الأرض، إما تقارب الخطوط الكنتورية عند جزئها السفلي أكثر من تقاربها عند جزئها العلوي يدل على تحدب الأرض.



٥. تدل الخطوط الكنتورية المغلقة والمتتالية على وجود مرتفع أو منخفض

٦. بما ان الخط الكنتوري يمثل خط تقاطع سطح مستوي مع سطح الأرض الطبيعية لذلك فانه يجب ان ينغلق على نفسه داخل أو خارج حدود الخارطة.

٧. لا تتقاطع الخطوط الكنتورية مع بعضها إلا في حالات نادرة مثل وجود منجم أو كهف حيث ينقطع الخط داخل المنجم أو الكهف.

٨. الخط الكنتوري الواحد لا يمكن ان يتفرع أو يتحد مع خط آخر.

٩. تمتد الخطوط الكنتورية باتجاه أعلى الوادي على شكل حرف V ويكون رأسه متجه نحر الأعلى وبالعكس بالنسبة لظهور الوديان حيث يكون رأس الحرف نحو الأسفل.

١٠. ترسم الخطوط الكنتورية باليد. حيث يرسم كل خمسة خطوط بخط بلون غامق ويحدد قيمة المنسوب له وهكذا.

تهيئة الخراط الكنتورية

هناك طرق حقلية مختلفة للحصول على الخرائط الكنتورية تعتمد كل منها على:

١. مقدار توفر نقاط الضبط الأرضي.
٢. طبيعة الأرض وشكلها والعوارض الموجودة فيها.
٣. مقياس الخارطة المطلوب.
٤. الفترة الكنتورية اللازمة.

هناك عدة طرق لتهيئة الخارطة الكنتورية:

١. طريقة المقاطع العرضية Cross-section Method
٢. طريقة التثبيت المباشر Trace-Contour Method
٣. طريقة نقاط الضبط الأرضي Controlling-Point Method
٤. طريقة المربعات Grid Method

طريقة المقاطع العرضية Cross-Section Method

وُتستخدم هذه الطريقة عندما يكون المشروع ممتد امتداد طولي مثل مشاريع الطرق والسكك الحديد والأنابيب الخ.

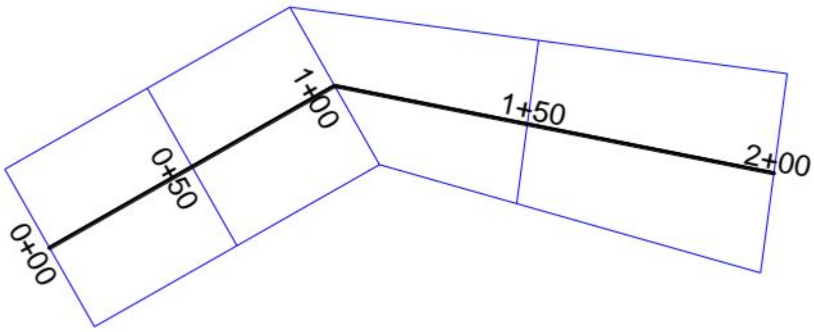
تتلخص هذه الطريقة بتثبيت خط مركزي وسط شريط الأرض المراد تهيئة خارطة كنتورية له ومن نقاط معينة تثبت خطوط عمودية على الخط المركزي تمتد إلى جهتي اليمين واليسار حتى تغطي عرض الشريط، تسمى هذه الخطوط بالمقاطع وهي تمثل الهيكل الرئيسي لتحضير الخارطة الكنتورية.

وبمعرفة مناسيب نقاط على هذه المقاطع كأن تكون النقاط التي يتغير فيها الانحدار يمكن رسم الخارطة الكنتورية.

يُستخدم عادة جدول خاص لتمثيل المقاطع العرضية كما في أدناه:

Station	L					C	R				
0+00	$\frac{42.95}{9.0}$	$\frac{43.13}{7.0}$	$\frac{42.90}{6.0}$	$\frac{43.31}{3.5}$	$\frac{43.30}{2.0}$	$\frac{43.95}{0}$	$\frac{42.95}{1.0}$	$\frac{43.13}{3.0}$	$\frac{42.90}{5.5}$	$\frac{43.31}{8.0}$	$\frac{43.30}{9.0}$
0+50											
1+00											
1+50											
2+00											
2+50											

بعد حساب المناسيب تُمثل المقاطع على الخارطة ومن ثم يُشتق الخط الكنتوري



طريقة التثبيت المباشر Trace-Contour Method

أ. **الأسلوب المباشر:** وهو ما يسمى بطريقة تتبع الخط الكنتوري Trace-contour Method، ويتم بهذه الطريقة تحديد النقاط التي لها منسوب متساوي وتحديد الخط الكنتوري ومن ثم نقل النقاط إلى الخارطة وبالتالي نقل الخطوط على الخارطة وتتم هذه الطريق باستخدام جهاز اللوحة المستوية أو الأجهزة الحديثة مثل المحطة الكاملة بواسطة حساب إحداثيات كل نقطة ثم خزنها وبالتالي رسمها على الخارطة بواسطة برامج رسم خاصة.

وُتستخدم هذه الطريقة لتهيئة الخرائط الكنتورية للمناطق الصغيرة محدودة المساحة وواضحة المعالم الطبوغرافية كأن تكون تل صغير.

طريقة نقاط الضبط الأرضي Controlling-Point Method

وُتستخدم في هذه الطريقة جهاز التاكيومتر وحديثا جهاز المحطة المتكاملة Total Station، يتم عن طريق المضلعات تعيين عدد من نقاط الضبط الأرضي وينقل المنسوب إلى جميع هذه النقاط لتشكل الهيكل العام. من خلال الهيكل العام يُحسب منسوب وموقع مجموعة من النقاط، يُراعى في انتخاب النقاط موقعها بالنسبة للتضاريس الأرضية والعوارض الاصطناعية.

ومن خلال النقاط المعلومة المنسوب والموقع يمكن اشتقاق الخطوط الكنتورية.

طريقة المربعات Grid Method

١. طريقة المربعات:

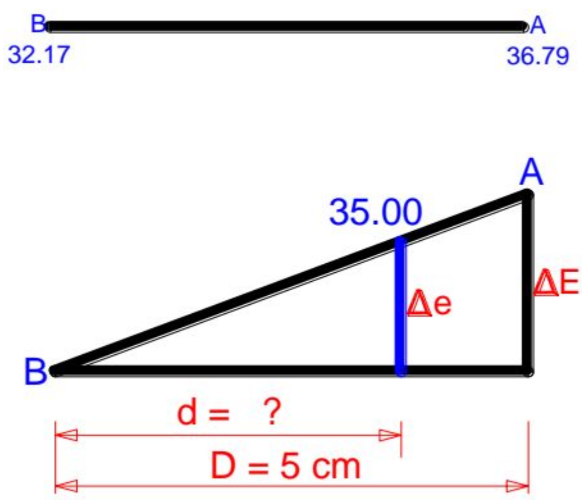
وتسمى أيضاً طريقة المشبك (Grid Method) وتستخدم للمساحات الصغيرة ذات الانحدارات الواطئة والمنتظمة في معظم أجزائها حيث يتم تغطية المنطقة بشبكة من المستقيمات المتوازية والمتساوية البعد فيما بينها والعمودية على مستقيمات أخرى أيضاً وتكون متساوية البعد ومتوازية.

اشتقاق الخطوط الكنتورية Contour Interpolating

هناك طرق ميكانيكية وحسابية لاشتقاق الخطوط الكنتورية، كذلك هناك برامج خاصة باشتقاق الخطوط الكنتورية مثل برنامج Surfer, Autodesk Land, Arc GIS

الطريقة الحسابية لاشتقاق الخطوط الكنتورية

يعتمد الاشتقاق على النسبة والتناسب بين منسوب الخط الكنتوري ومنسوب النقاط التي يمر بينها الخط الكنتوري وكما في المثال التالي:



$\Delta E = 36\ 79 - 32\ 17 = 4.62\ m$

$\Delta e = 35.00 - 32.17 = 2.83\ m$

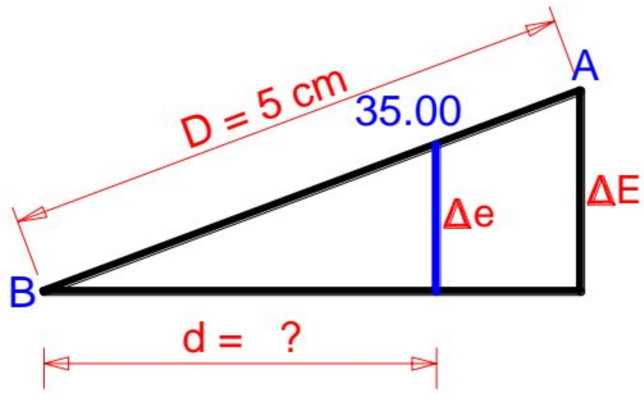
$$\frac{\Delta E}{D} = \frac{\Delta e}{d}$$

$$d = \frac{\Delta e}{\Delta E} \times D = 3.06 \cong 3.1cm$$

هناك بعض المتغيرات يمكن ان تحصل في طريقة الاشتقاق:

١. يمكن ان تُعطى المسافة المائلة بدل الأفقية.

٢. يمكن ان تكون المسافة على الأرض وليست على الخارطة



اختيار الفترة الكنتورية

- **العوامل المؤثرة على اختيار الفترة الكنتورية:**

١. **الغرض من المسح:** تقل الفترة الكنتورية بزيادة الدقة المطلوبة

٢. **مقياس الرسم:** تقل الفترة الكنتورية بزيادة مقياس الرسم

٣. **مساحة المنطقة:** تقل الفترة الكنتورية بصغر المساحة حيث كلما صغرت المساحة يزداد مقياس الرسم وبالتالي تقل الفترة الكنتورية.

٤. طبيعة سطح الأرض: تقل الفترة الكنتورية بزيادة انبساط الأرض.

يُستخدم القانون التالي كتطبيق عملي لاختيار الفترة الكنتورية:

$$\boxed{I = \frac{M \tan \alpha}{2 \Delta h}}$$

Where:

I: Contour Interval

M: Scale No.

α : Slope angle

Δh : Difference in elevation between maximum and minimum point.

مثال: يراد رسم خارطة كنتورية لأرض مستطيلة ذات أبعاد km (8*6) على ورقة ذات أبعاد cm (82*70) فإذا كان انحدار الأرض يبلغ 20 سنتمترا في الكيلومتر الواحد، فما هي الفترة الكنتورية الملائمة؟

$$\text{Scale} = \frac{82}{800000} = \frac{1}{9756}$$

$$\text{Scale} = \frac{70}{600000} = \frac{1}{8571}$$

$$\therefore \text{Scale} = \frac{1}{10000}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{0.2}{1000} = 00^\circ\, 00'41''$$

$$\Delta h = 8000 \times \tan(00^\circ\, 00'41'') = 1.59\text{m}$$

$$I = \frac{10000 \times \tan(00^\circ\, 00'41'')}{2 \times 1.59} = 0.62\,\text{m}$$

ولإجراءات عملية يتم انتخاب فترة كنتورية (0.5 m)

عمليا يمكن استخدام الجدول التالي:

المقياس	انحدار الأرض	الفترة الكنتورية
1:1000	الأرض المنبسطة	0.25 m
	الأرض المتموجة	0.50 m
	كثيرة التموج	1.00 m
1:5000 1:10000	الأرض المنبسطة	1.00 m
	الأرض المتموجة	1.25 m
	كثيرة التموج	2.50 m
1:15000	الأرض المنبسطة	3.50 m
	الأرض المتموجة	5 – 10 m
	كثيرة التموج	10 – 20 m
	الجبلية	25 – 50 m

المساحات Areas:

تعتبر عملية حساب المساحات من العمليات المساحية الأساسية والمهمة حيث انه بواسطتها يمكن تحديد حدود منطقة معينة عن منطقة أخرى مجاورة لها. تعتمد عملية حساب المساحات على عدة عوامل مهمة مثل طبيعة المنطقة وحدودها مع مناطق مجاورة لها. ان مساحة قطعة ارض معينة هي عبارة عن مساحة مسقط القطعة على المستوي الأفقي، وتقاس بوحدات متعددة حسب طبيعة الأرض وكالآتي:

- بالنسبة للأراضي السكنية والخدمية (الدور، المعامل، الأبنية ...) فإن وحدات القياس للمساحة لها هي المتر المربع m^2.
- بالنسبة للأراضي الزراعية والمناطق الخاصة بالمشاريع الصناعية الضخمة يستخدم (الدونم، الأولك، الهكتار)

أ. حساب المساحات من الخرائط:

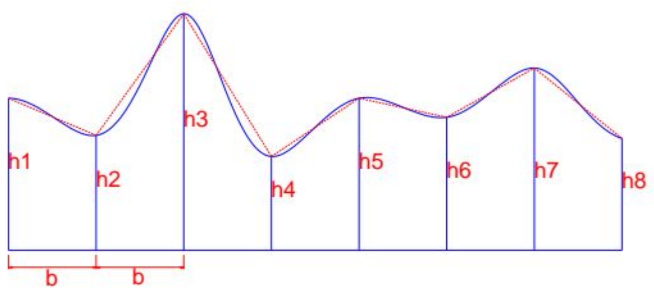
تحسب المساحة اعتماداً على الخرائط والأشكال المرسومة للمنطقة والتي عادة ما تكون أشكال غير منتظمة، أي إنها لا تكون أشكال هندسية معروفة (مربع، مستطيل) أو أي شكل هندسي آخر معروف والذي لا يمكن حساب مساحته بالطرق الهندسية أو الرياضية المتعارف عليها، بل يتم التعامل معه على النحو التالي:

تقسم المنطقة إلى أجزاء هندسية منتظمة وأخرى غير منتظمة ويتم حساب مساحة الأجزاء المنتظمة وكذلك مساحة الأجزاء غير المنتظمة (بإحدى الطرق التالية) كل على حدة وبالتالي فان المساحة الكلية هي المجموع الكلي للمساحات المنتظمة وغير المنتظمة.

بالنسبة للأجزاء المنتظمة تقاس أبعادها بالمسطرة وتحسب مساحتها بإحدى الطرق الرياضية، وأما بالنسبة للأجزاء غير المنتظمة والتي قد تكون أجزاء متعرجة أو منحنية فإنها تحسب بإتباع إحدى الطرق التالية:

١. طريقة شبه المنحرف Trapezoidal Rule:

وتعتمد على إمكانية اختيار النقاط على حدود الشكل حيث يمكن تعويض خط مستقيم بدل الشكل الحقيقي لتلك الحدود بين كل نقطتين متتاليتين حيث يمكن تقسيم الحدود إلى عدة قطع بحيث تكون كل قطعة خطاً مستقيماً على مسافات متساوية من خط المسح الذي يمثل القاعدة (b)



هذه القطع تكون بالنتيجة على شكل شبه منحرف وتحسب مساحة الشكل الكلي كالتالي:

$$\boxed{A_T = b\left[\left(\frac{h_1 + h_n}{2}\right) + \sum_{i=2}^{i=n-1} h_i\right]}$$

حيث ان:

A_T = المساحة بطريقة شبه المنحرف

b = عرض قاعدة القطعة (الشريحة) الواحدة

$h_1, h_2, h_3, \ldots h_n$ = ارتفاعات القطع (الشرائح)

مثال: إذا كان عرض قاعدة المقطع أعلاه $b = 2$ m والارتفاعات العمودية هي بالشكل التالي:

$h_1 = 4.8$ m, $h_2 = 3.8$ m, $h_3 = 3.4$ m, $h_4 = 4.8$ m, $h_5 = 4$ m, $h_6 = 4.1$ m,
$h_7 = 4.3$ m, $h_8 = 2$m

احسب مساحة المقطع باستخدام طريقة شبه المنحرف.

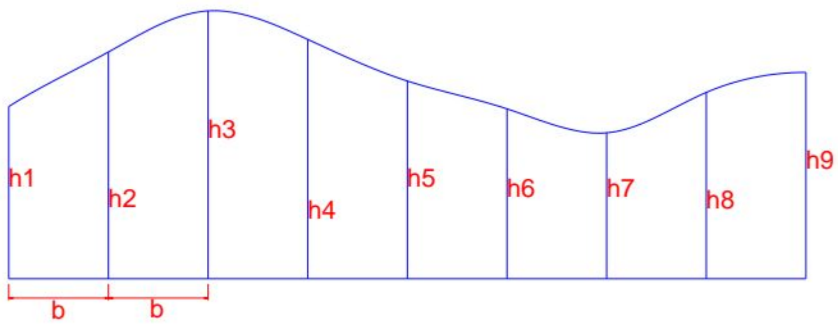
الحل:

$$A_T = b\left[\left(\frac{h_1 + h_n}{2}\right) + \sum_{i=2}^{i=n-1} h_i\right] = 2\left[\left(\frac{4.8 + 2}{2}\right) + 3.8 + 3.4 + 4.8 + 4 + 4.1 + 4.3\right]$$

$A_T = 55.6 \text{ m}^2$

٢. طريقة سمبسون Simpson's Rule :

وهذه الطريقة مبنية على اعتبار ان الحدود الطبيعية للشكل المراد حساب مساحته هي حدود متعرجة بطريقة معينة بحيث يمكن اعتبار ذلك التعرج عبارة عن منحني لدالة من الدرجة الثانية، أي انه يمكن اعتبار كل ثلاث نقاط واقعة على منحني الدالة هي مختلفة عن الثلاث نقاط الأخرى باعتبارها تقع على منحني دالة أخرى. لذلك تحسب المساحة لكل ثلاثة أعمدة على حدة عندما تكون المسافات فيما بينها غير متساوية، إما إذا كانت المسافة متساوية لكل الأعمدة فتحسب المساحة الكلية على أساس جزء واحد بشرط أن يكون عدد الأعمدة **فردياً**.



إن القانون العام لحساب المساحة بطريقة سمبسون هو كالآتي:

$$\boxed{A_S = \frac{b}{3}\left[h_1 + h_n + 4\left(\sum h_{even}\right) + 2\left(\sum h_{odd}\right)\right]}$$

حيث ان:

A_S = المساحة بطريقة شبه المنحرف

b = عرض قاعدة القطعة (الشريحة) الواحدة

$h_1, h_2, h_3, \dots h_n$ = ارتفاعات القطع (الشرائح) ويجب ان يكون عددها فردياً

مثال: إذا كانت قاعدة الشكل أعلاه بعرض 1.5 متر وارتفاعات الأعمدة كالتالي:

h1 = 2.25 m, 3.3 m, 3.6 m, 2.95 m, 1.75 m, 1.4 m, 1.6 m, 2.1 m, 2.7 m

اوجد مساحة الشكل بطريقة سمبسون

$$A_S = \frac{1.5}{3}\left[2.25 + 2.7 + 4(3.3 + 2.95 + 1.4 + 2.1) + 2(3.6 + 1.75 + 1.6)\right] = 28.925 \text{ m}$$

٣. باستخدام جهاز البلانيميتر:

ويتم حساب المساحة باستخدام جهاز البلانيميتر عن طريق حساب عدد الدورات التي يقطعها ذراع الجهاز لكي يدور حول المساحة المعينة والمطلوب معرفة مساحتها ومن ثم يتم حساب المساحة الكلية باستخدام القانون التالي:

$$\boxed{a = K.N}$$

$$\boxed{A = \frac{a * n * m}{10000}}$$

N = قراءة النهاية – قراءة البداية

حيث ان:

a: تمثل مساحة القطعة أو الخارطة بوحدات cm^2

K: ثابت البلانيميتر (100)

N: تمثل عدد الدورات (فرق القراءة بين القراءة والأخيرة)

A: تمثل المساحة بوحدات المتر المربع

n: تمثل مقلوب مقياس الرسم الأفقي

m: تمثل مقلوب مقياس الرسم العمودي

مثال: استخدم جهاز البلانيميتر لقياس مساحة مقطع عرضي رسم بمقياس رسم أفقي $\frac{1}{200}$ ومقياس عمودي $\frac{1}{100}$ فإذا كانت قراءة البداية تساوي 1.236 دورة وقراءة النهاية تساوي 6.745 دورة، احسب مساحة المقطع بالأمتار المربعة.

الحل:

عدد الدورات = قراءة النهاية – قراءة البداية = 6.745 – 1.236 = 5.509 دورة

$a = K.N = 100 * 5.509 = 550.9\ cm^2$

$$A = \frac{a * n * m}{10000} = \frac{550.9 * 200 * 100}{10000} = 1101.8\,m^2$$

٤. طريقة الإحداثيات:

ويتم حساب مساحة الشكل الهندسي (أو المقطع العرضي) بعد معرفة إحداثيات نقاطه، ويتم حساب ضعف المساحة باستخدام القانون التالي:

$$\boxed{2A = \left|\left(E_1N_2 + E_2N_3 + \dots + E_nN_1\right) - \left(N_1E_2 + N_2E_3 + \dots + N_nE_1\right)\right|}$$

E	E_1	E_2	.	.	.	E_n	E_1
N	N_1	N_2	.	.	.	N_n	N_1

مثال: المضلع ABCDE اوجد مساحة الشكل إذا علمت ان إحداثيات نقاطه هي كالتالي:

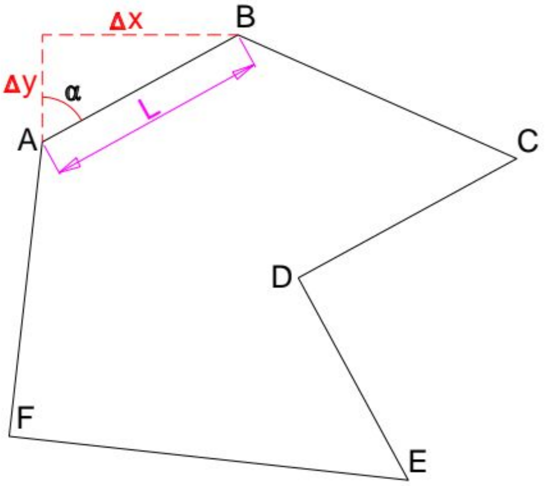
A (1000, 1000), B (1300, 1100), C (1500, 900), D (1400, 700), E (1100, 600)

الحل:

E	N
1000	1000
1300	1100
1500	900
1400	700
1100	600
1000	1000

2A = |(1000*1100+1300*900+1500*700+1400*600+1100*1000) –
(1000*1300+1100*1500+900*1400+700*1100+600*1000)|

$2A = 320000\ m^2 \rightarrow A = 160000\ m^2$



ملاحظة: في حالة عدم إعطاء الإحداثيات فيتم الحصول عليها من خلال المعلومات المعطاة في السؤال وكما في المثال التالي:

حيث يتم فرض إحداثيات نقطة A مثلاً ومن ثم يتم إيجاد إحداثيات باقي النقاط باستعمال طول الضلع والزاوية المعطاة.

$$x_B = x_A + \Delta x$$

$$y_B = y_A + \Delta y$$

$$\Delta x = L.\sin\alpha$$

$$\Delta y = L.\cos\alpha$$

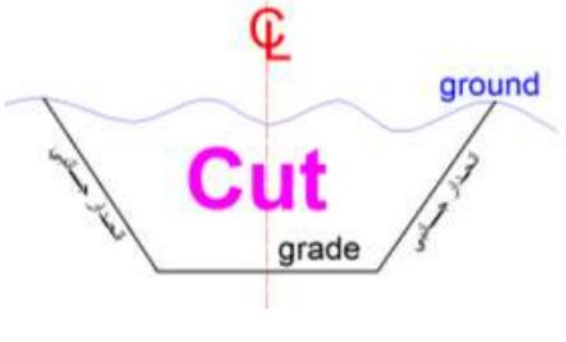
٥. قياس مساحة المقاطع العرضية Area Measurements for Cross-Sections:

يتم الحصول على المقطع الطولي لسطح الأرض على امتداد الخط المركزي باستخدام التسوية الطولية حيث تحسب مناسيب النقاط على فترات معينة كل (100 m) تدعى بالمحطات Stations. ثم يرسم المقطع الطولي لسطح الأرض ويدعى بخط الأرض Ground Line، ويرسم معه المقطع الطولي لسطح الإنشاء على امتداد الخط المركزي وبانحدار ثابت يختار بموجب مواصفات معينة ويدعى بخط الإنشاء Grade Line.

ويتم الحصول على المقطع العرضي لسطح الأرض والذي يكون عمودياً على المقطع الطولي باستخدام عملية التسوية العرضية Cross-section leveling حيث تحسب مناسيب النقاط على جانبي الخط المركزي يميناً ويساراً. ثم يرسم المقطع العرضي لكل مسافة معينة وحسب المواصفات (20 متر أو 50 متر أو 100 متر) حيث يحدد المقطع العرضي سطح الإنشاء وسطح الأرض والانحدار الجانبي لكلا الجانبين.

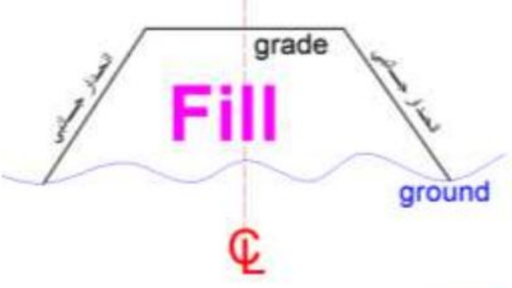
هنالك ثلاثة أشكال رئيسية من المقاطع العرضية:

أ. مقطع حفر (قطع) Cut Section:

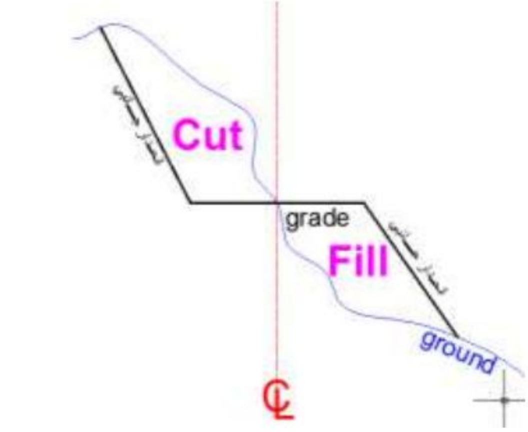


حيث يكون سطح الأرض أعلى منسوباً من سطح الإنشاء

ب. مقطع ردم (دفن) Fill Section:



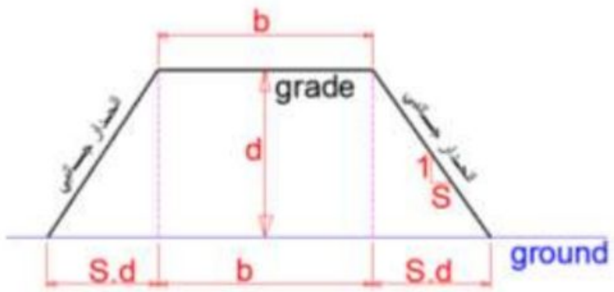
حيث يكون سطح الأرض أوطئ منسوباً من سطح الإنشاء



ج. مقطع جانبي (مقطع في جانب التل) Side – Hill section:

حيث يكون سطح الأرض أعلى منسوباً في جانب من سطح الإنشاء وأوطئ في الجانب الآخر (أي انه يحتوي على ردم وحفر في نفس الوقت).

ويعرف الانحدار الجانبي Side Slope لأي مقطع عرضي بأنه النسبة بين وحدة مسافة رأسية إلى عدد من وحدات المسافة الأفقية ويكتب بالشكل التالي: $\frac{1}{S}$ أو S:1.

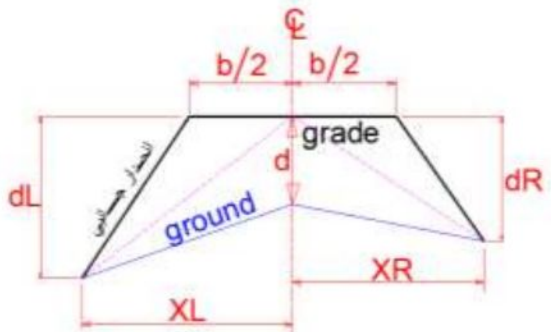


الطرق الحسابية لحساب مساحة المقاطع العرضية:

١. حساب مساحة مقطع مستوٍ (منسوب واحد لسطح الأرض)

$$\boxed{A = d\,(b + S.d)}$$

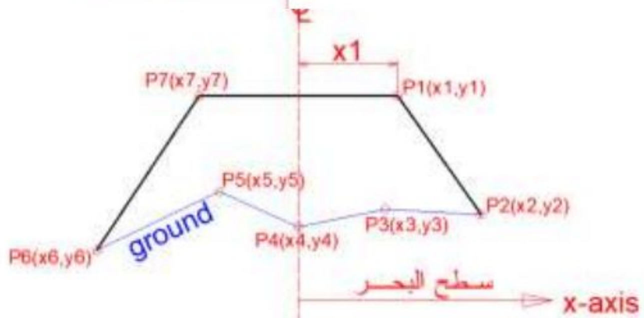
٢. حساب مساحة مقطع عرضي ذي ثلاثة مستويات (ثلاث مناسيب لسطح الأرض):



$$\boxed{A = \frac{1}{2}\left[\frac{b}{2}\left(dR + dL\right) + d\left(XR + XL\right)\right]}$$

٣. حساب مساحة مقطع متعدد المستويات (مناسيب متعددة لسطح الأرض):

في هذه الحالة يستخدم قانون الإحداثيات، حيث يتم فرض إحداثيات في المستوي الرأسي الواقع فيه المقطع لكافة النقاط المكونة للمقطع ومن ثم يتم حساب المساحة.



ملاحظة: يمكن استخدام طريقة الإحداثيات بالنسبة لأشكال المقاطع العرضية السابقة

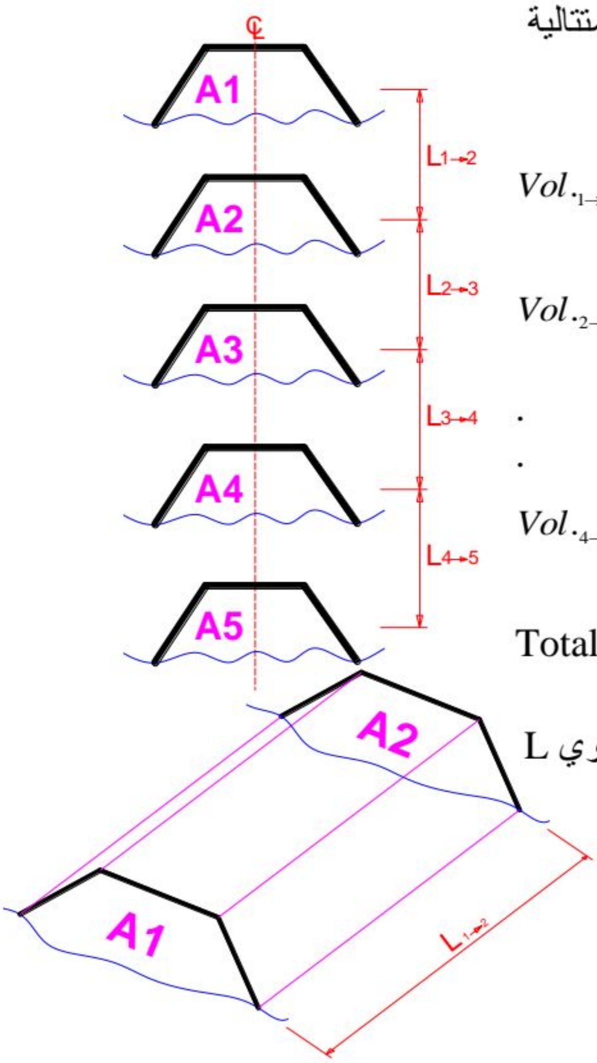
حجوم الأشكال (أو الكميات) غير المنتظمة Volumes:

لحساب حجوم الأشكال غير المنتظمة هنالك قوانين خاصة وطرق مختلفة اعتماداً على نوعية الحجم المطلوب حسابه والدقة المطلوبة في الحساب والمعلومات المتوفرة لغرض الحساب، وتشمل القوانين والطرق ما يلي:

١. قانون متوسط القاعدتين (قانون معدل المساحتين النهائيتين) End-Area Average Area:

يعتبر هذا القانون من أكثر القوانين استخداما وشيوعاً لسهولته، حيث يُمثّل الحجم بين أي مقطعين متتاليين بحجم موشور ناقص ارتفاعه يساوي المسافة بين المقطعين وقاعدته تساوي متوسط أو معدل مساحتي المقطعين في النهايتين، ولغرض اشتقاق القانون العام للحجم الكلي لعدد من المقاطع يساوي (n) في حالة الحفر أو الردم، يشتق أولاً الحجم الكلي لعدد محدد من المقاطع العرضية وكما مبين في الشكل المجاور وكالآتي:

إذا فرض ان $A_1, A_2, \ldots, A_5$ هي مساحات المقاطع العرضية المحسوبة بإحدى الطرق السابقة و $L_{1\to 2}, L_{2\to 3}, \ldots, L_{4\to 5}$ هي المسافات الأفقية بين المقاطع المتتالية فان حجم الردم بين كل مقطعين متتاليين يساوي:



$$Vol._{1\to 2} = L_{1\to 2}\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)$$

$$Vol._{2\to 3} = L_{2\to 3}\left(\frac{A_2 + A_3}{2}\right)$$

.

.

$$Vol._{4\to 5} = L_{4\to 5}\left(\frac{A_4 + A_5}{2}\right)$$

$$\text{Total volume}_{\ 1\to 5} = L\left(\frac{A_1 + A_5}{2} + A_2 + A_3 + A_4\right)$$

على فرض ان المسافات بين كل مقطعين متتاليين متساوية وتساوي L

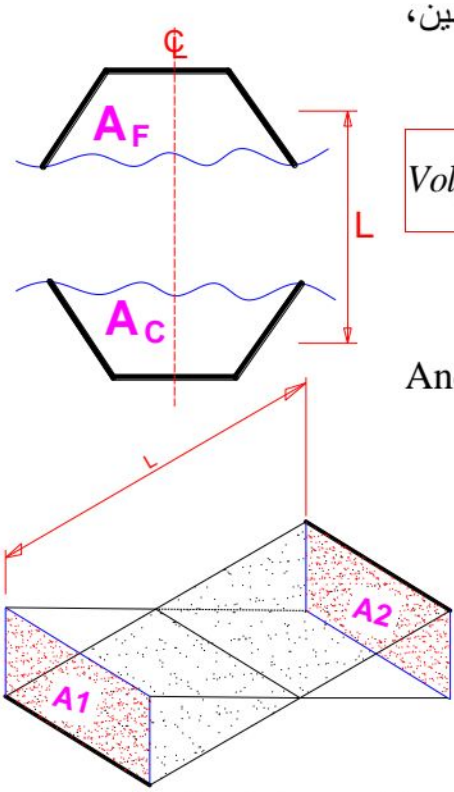
إما القانون العام لعدد (n) من المقاطع، فان الحجم الكلي يساوي:

$$\boxed{\text{Total volume}_{\ 1\to n} = L\left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \ldots.. + A_{n-1}\right)}$$

(وهذا القانون مشابه لقاعدة شبه المنحرف لحساب المساحة المذكورة في موضوع المساحات)

إما إذا كان هنالك تغيّر لنوع المقطع من حالة الردم إلى الحفر أو بالعكس (ولعدم معرفة المقطع الذي تصبح فيه قيمة الحجم تساوي صفر)، فعندئذ يعتبر حجم الردم أو الحفر بين المقطعين مساوياً لحجم هرم قاعدته تساوي مساحة المقطع وارتفاعه يساوي المسافة بين المقطعين،

وهكذا يكون الحجم كالآتي وكما في الشكل أدناه:



$$\boxed{Vol_{Fill} = \frac{A_F}{3} * L}$$

حيث ان A_F هي مساحة مقطع الردم

$$\text{And } \boxed{Vol_{Cut} = \frac{A_C}{3} * L}$$

حيث ان A_C تمثل مساحة مقطع الحفر و L هي المسافة بين المقطعين

مثال: حسبت مساحات تسعة مقاطع عرضية في حالتي الحفر والردم فكانت مساحات الخمسة مقاطع الأولى في حالة ردم وتساوي

$A_{F1} = 24\ m^2$, $A_{F2} = 18\ m^2$, $A_{F3} = 21\ m^2$, $A_{F4} = 12\ m^2$, $A_{F5} = 4\ m^2$,

إما مساحات المقاطع الأربعة الأخرى فكانت في حالة حفر وتساوي:

$A_{C6} = 7\ m^2$, $A_{C7} = 11\ m^2$, $A_{C8} = 15\ m^2$, $A_{C9} = 23\ m^2$

فإذا كانت المسافة بين كل مقطع وآخر تساوي 100 متر، فكم يكون الحجم الكلي للحفر والردم باستخدام قانون متوسط القاعدتين.

الحل: يستخدم قانون متوسط القاعدتين لحساب الحجم عند تغير نوع المقطع وكالآتي:

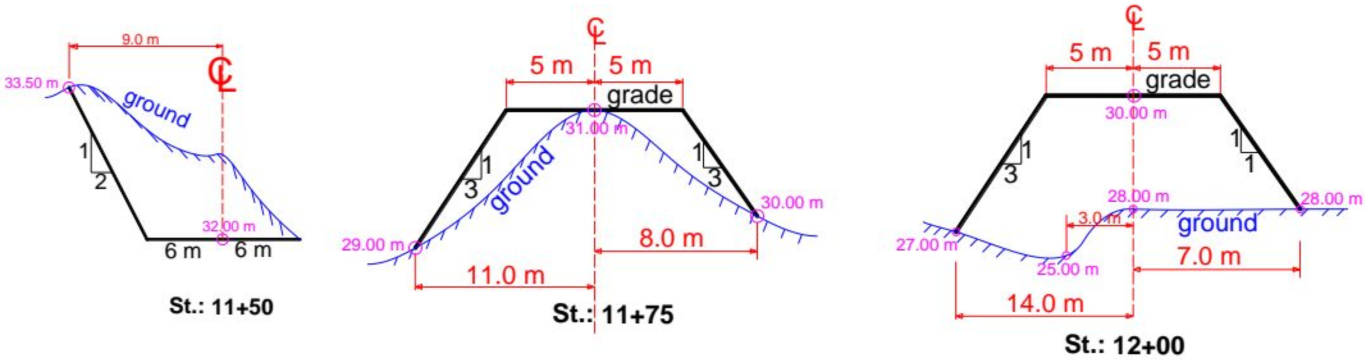
$$\text{Total volume}_{\ Fill} = L\left(\frac{A_{F1} + A_{F5}}{2} + A_{F2} + A_{F3} + A_{F4}\right) + \frac{A_{F5}}{3} * L$$

$$\text{حجم الردم الكلي} = 100\left(\frac{24+4}{2}+18+21+12\right)+\frac{4}{3}*100 = 6633\ m^3$$

$$\text{Total volume}_{Cut} = L\left(\frac{A_{C6}+A_{C9}}{2}+A_{C7}+A_{C8}\right)+\frac{A_{C6}}{3}*L$$

$$\text{حجم الحفر الكلي} = 100\left(\frac{7+23}{2}+11+15\right)+\frac{7}{3}*100 = 4333\ m^3$$

مثال: احسب حجوم الكميات الترابية في حالتي الحفر والردم (بعد حساب المساحات للمقاطع العرضية) لمجموعة المقاطع المبينة في الشكل أدناه باستخدام قانون متوسط القاعدتين.

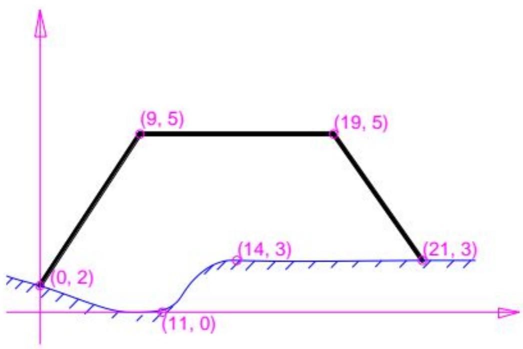


$$A_{cut} = \frac{1.5*15}{2}-\frac{1.5*3}{2} = 9\ m^2$$

$$A_{F1} = \frac{1}{2}\left[\frac{b}{2}(dR+dL)+d(XR+XL)\right] = \frac{1}{2}\left[\frac{10}{2}(1+2)+0(11+8)\right] = 7.5\ m^2$$

A_{F2}:

$$\begin{array}{c|ccccccc} N & 0 & 9 & 19 & 21 & 14 & 11 & 0 \\ E & 2 & 5 & 5 & 3 & 3 & 0 & 2 \end{array}$$



$$2A_{F2} = |(45+57+63+22)-(18+95+105+42+33)|$$

$A_{F2} = 53\ m^2$

$$V_{fill} = L\left(\frac{A_{F1}+A_{F2}}{2}\right)+\frac{A_{F1}}{3}L = 25\left(\frac{7.5+53}{2}\right)+\frac{7.5}{3}*25 = 818.75\ m^3$$

$$V_{cut} = \frac{A_{cut}}{3}*L = \frac{9}{3}*25 = 75\ m^3$$

٢. قانون الموشوراني (الأسفين الناقص) Prismoidal Formula:

إذا أريد الحصول على حجوم الكميات الترابية بدقة اكبر مما عليه عند استخدام القانون السابق فتؤخذ عندئذ مقاطع إضافية وسطية بين المقاطع الاعتيادية أو تقلل المسافة بين كل مقطعين اعتياديين إلى النصف، وبذلك تعتبر المقاطع الزوجية في الشكل السابق عبارة عن مقاطع وسطية، ويحسب حجم الكميات الترابية بين المقطعين A_1 و A_3 باعتبار ان المقطع A_2 هو مقطعاً وسطياً (أي في منتصف المسافة بين A_1 و A_3) باعتباره مساوياً لحجم إسفين ناقص ارتفاع $2L$ ومساحتي نهايتيه A_1 و A_3 وقاعدته الوسطية A_2، وكالآتي:

$$\text{Volume}_{A1\rightarrow A3} = \frac{2L}{6}\left(A_1 + 4A_2 + A_3\right)$$

وهكذا بالنسبة للمقطعين التاليين A_3 و A_5:

$$\text{Volume}_{A3\rightarrow A5} = \frac{2L}{6}\left(A_3 + 4A_4 + A_5\right)$$

وهكذا يكون الحجم الكلي بين A_1 و A_5 مساوياً:

$$\boxed{\text{Total Volume}_{A1\rightarrow A5} = \frac{L}{3}\left[A_1 + A_5 + 4(A_2 + A_4) + 2(A_3)\right]}$$

وإذا كان هناك عدداً فردياً من المقاطع = n، فان الحجم الكلي يكون مساوياً إلى:

$$\boxed{\text{Total Volume}_{A1\rightarrow An} = \frac{L}{3}\left[A_1 + A_n + 4(A_2 + A_4 + \ldots.. + A_{n-1}) + 2(A_3 + A_5 + \ldots.. + A_{n-2})\right]}$$

وهذا القانون مشابه لقاعدة سمبسون لحساب المساحة باستخدام الأعمدة على فترات متساوية بشرط ان يكون عدد المساحات فردياً.

مثال: حسبت مساحات أربعة مقاطع عرضية للردم في عملية تسوية عرضية حيث كانت المسافة بين كل مقطع وآخر تساوي 50 متر (وهي المقاطع A_7, A_5, A_3, A_1) ثم أجريت عملية تسوية عرضية إضافية لمقاطع وسطية بين المقاطع أعلاه بحيث أصبحت المسافة بين كل مقطعين متتاليين تساوي 25 متر (وهي المقاطع الوسطية A_6, A_4, A_2) لزيادة الدقة في حساب الحجم الكلي للردم، احسب الحجم الكلي باستخدام قانون متوسط القاعدتين وقانون الموشوراني إذا علمت ان مساحات المقاطع هي:

$A_1 = 46\ m^2$, $A_2 = 35\ m^2$, $A_3 = 21\ m^2$, $A_4 = 28\ m^2$, $A_5 = 34\ m^2$, $A_6 = 44\ m^2$,
$A_7 = 52\ m^2$,

الحل: يستخدم قانون متوسط القاعدتين لحساب الحجم الكلي للردم كالآتي:

$$\text{Total volume}_{\text{Fill}} = 50\left(\frac{46+52}{2}+21+34\right)=5200\ \text{m}^3$$

ويستخدم قانون الموشوراني لحساب الحجم الكلي وكالآتي:

$$\text{Total volume}_{\text{Fill}} = \frac{25}{3}\left[(46+52)+4(35+28+44)+2(21+34)\right]=5300\ \text{m}^3$$

مثال: احسب الحجم الكلي للسدة الترابية من المعلومات المتوفرة أدناه لمساحات المقاطع العرضية ولكل 20 متر باستخدام قانون متوسط القاعدتين وقانون الموشوراني:

Distance (m)	0	20	40	60	80	100	120
Area (m^2)	9.90	38.25	57.60	65.34	143.10	161.60	234.00

الحل: ١. طريقة متوسط القاعدتين:

$$\text{Vol} = L\left(\frac{A_1+A_7}{2}+A_2+A_3+A_4+A_5+A_6\right)$$

$$\text{Vol} = 20\left(\frac{9.9+234}{2}+38.25+57.60+65.34+143.10+161.16\right)=11748\ \text{m}^3$$

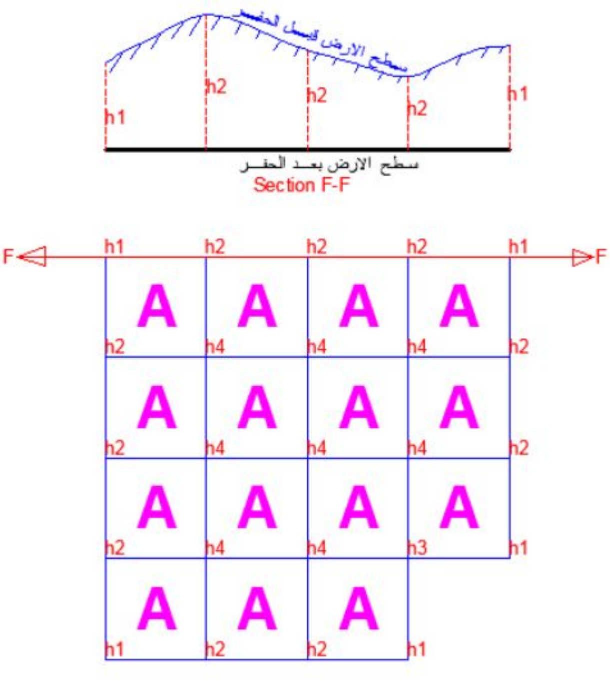
٢. قانون الموشوراني:

$$\text{Vol} = \frac{L}{3}\left[A_1+A_7+4(A_2+A_4+A_6)+2(A_3+A_5)\right]$$

$$\text{Vol} = \frac{20}{3}\left[9.9+234+4(38.25+65.34+161.16)+2(57.6+143.10)\right]=11360\ \text{m}^3$$

٣. قانون حساب حجم المقلع (أو حفرة الإعارة) Volume of a Barrow Pit

(Volume from spot heights)



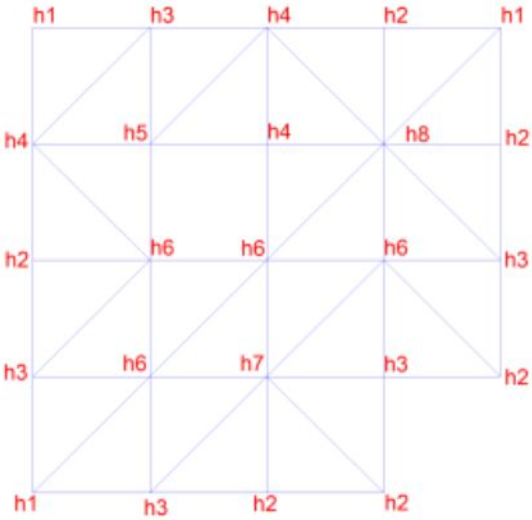
تستخدم عملية تسوية لشبكة مربعات تشكل مساحة المقلع حيث تؤخذ مناسيب أركان المربعات قبل الحفر وبعد الحفر، وبذلك يمكن الحصول على أعماق الحفر في كل ركن من أركان المربعات وهكذا يمكن حساب الحجم الكلي للحفر من مجموع حاصل ضرب متوسط عمق الحفر لكل مربع في مساحة المربع الواحد باستخدام القانون التالي:

$$\text{Volume of Cut} = A\left(\frac{\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4}{4}\right)$$

حيث ان A تمثل مساحة المربع الواحد.

h_4, h_3, h_2, h_1 = أعماق الحفر لكل ركن من أركان المربعات المشتركة في حساب متوسط عمق الحفر لمرة واحدة ومرتين وثلاث مرات وأربعة مرات على التوالي.

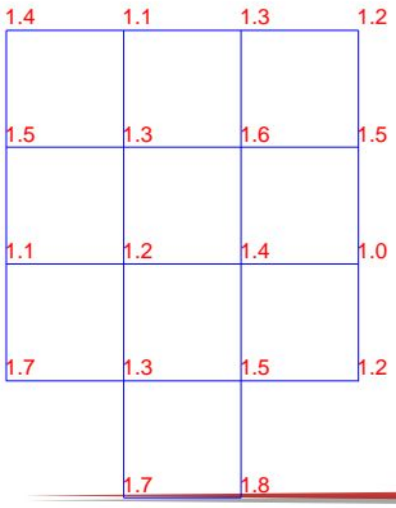
وقد يحسب الحجم أيضاً عن طريق حساب مساحات المقاطع العرضية المتوالية ثم استخراج الحجم باستخدام قانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني.



- قد تقسّم المربعات أو المستطيلات إلى مثلثات باتجاه الانحدار الأقل للحفر (أي الوتر الذي يصل بين عمقي الحفر الأقل ضمن المربع الواحد) وكما مبين في الشكل المجاور، ثم ترقم أعماق الحفر لكل ركن من أركان المربعات حيث يتراوح الترقيم من 1 إلى 8 بحسب عدد رؤوس المثلثات المشتركة في الركن الواحد. وبذلك تتكون متوازيات مستطيلات ناقصة، حجم كل منها مساوٍ إلى حاصل ضرب متوسط عمق الحفر لثلاثة أحرف في مساحة المثلث العمودية على تلك الأحرف ويرمز لها بالرمز At وبذلك يكون حجم المقلع (أو الحفرة) الكلي مساوياً إلى:

$$\text{Volume of Cut} = \frac{A}{3}\left(\sum h_1 + 2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 4\sum h_4 + 5\sum h_5 + 6\sum h_6 + 7\sum h_7 + 8\sum h_8\right)$$

وقد تستخدم هذه الطريق لحساب حجم المياه أيضاً والتي يمكن خزنها في منخفض أرضي معين، أو في حساب حجم الاملائيات الترابية اللازمة لردم منخفض إلى منسوب محدّد من الأرض. حيث تجري عملية تسوية شبكية لسطح الأرض المنخفضة الطبيعية ثم تحسب الأعماق عند أركان الشبكة التربيعية وحتى المنسوب المطلوب من الأرض.



مثال: أجريت عملية تسوية لشبكة مربعات تشّكل مساحة مقلع قبل وبعد الحفر حيث ان طول الضلع للمربع الواحد هو 20 متر، ثم حسبت أعماق الحفر لأركان المربعات فكانت كما مبين في الشكل المجاور. المطلوب حساب الحجم الكلي للحفر في هذا المقلع.

الحل: مساحة المربع = 20 × 20 = 400 م٢

$\Sigma h_1 = 1.2+1.4+1.7+1.7+1.8+1.2 = 9.0$ m

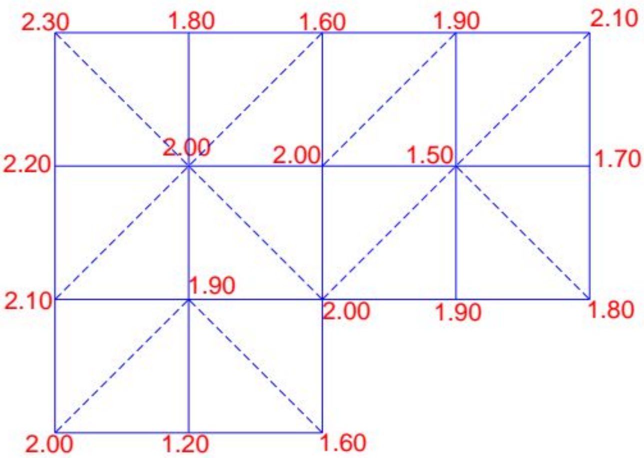
$2\Sigma h_2 = 2(1.3+1.1+1.5+1.1+1.0+1.5) = 15.0$ m

$3\Sigma h_3 = 3(1.3+1.5) = 8.4$ m

$4\Sigma h_4 = 4(1.6+1.3+1.2+1.4) = 22.0$ m

$$\text{Volume of cut} = 400\left(\frac{9.0+15.0+8.4+22.0}{4}\right) = 5440\ \text{m}^3$$

مثال: احسب حجم حفرة الإعارة للشكل المبين أدناه حيث حسبت أعماق الحفر لأركان شبكة المربعات (التي طول كل ضلع منها = 25 م) باستخدام القوانين الخاصة.



$$\text{Volume of Cut} = \frac{A_t}{3}\left(2\sum h_2 + 3\sum h_3 + 5\sum h_5 + 6\sum h_6 + 7\sum h_7 + 8\sum h_8\right)$$

$$A_t = \frac{25*25}{2} = 312.5\ \text{m}^2$$

$$\text{Volume of Cut} = \frac{312.5}{3}\begin{pmatrix} 2(2.3+1.8+2.1+2.2+1.7+1.9+1.8+2+1.2+1.6) \\ +3(1.6+1.9+2.1)+5(2+2)+6(1.9)+7(1.5)+8(2) \end{pmatrix}$$

$$= 11656.25\ \text{m}^3$$

٤. حساب الحجم من خطوط الكفاف (الخطوط الكنتورية) Volume from Contours:

هنالك طرق عديدة متبعة لحساب حجوم الكميات الترابية للحفر والردم أو حساب كميات المياه الممكن استيعابها في الخزانات أو الأراضي المنخفضة عند حدوث الفيضانات، ومن هذه الطرق المتبعة ما يأتي:

٤-١ طريقة المقاطع العرضية: حيث يمكن رسم خطوط مستقيمة تقطع خطوط الكنتور وعلى فترات متساوية (فوق الخارطة الكنتورية أو الطبوغرافية)، ثم تؤخذ مناسيب النقاط على امتداد هذه الخطوط وفي مواقع تقاطعها مع خطوط الكنتور ويرسم مقطع عرضي لكل خط مستقيم (وحسب طول المنطقة المراد حساب الكميات لها) ثم يستخرج الحجم الكلي للحفر أو الردم بقانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني.

٤-٢ طريقة مناسيب النقاط لشبكة تربيعية: حيث ترسم شبكة تربيعية فوق الخارطة الكنتورية وتسجل مناسيب أركان هذه الشبكة ثم تطرح هذه المناسيب من المنسوب النهائي للتسوية الترابية المطلوب

للحصول على أعماق الحفر أو الردم الناتجة من عملية التسوية للأرض ويحسب الحجم الكلي للحفر أو الردم باستخدام أحد القوانين المذكورة سابقاً لشبكة المربعات أو المثلثات.

٤-٣ استخدام جهاز البلانيميتر لقياس المساحات المحصورة بخطوط الكفاف: يمكن استخدام جهاز البلانيميتر عند توفره لقياس المساحات المحصورة بخطوط الكنتور ومن ثم اخذ الفترة الكنتورية بنظر الاعتبار لغرض حساب الحجم الكلي للحفر والردم أو سعة الخزان باستعمال قانون متوسط القاعدتين أو قانون الموشوراني وكما يأتي:

٤-٣-١ حساب الحجم الكلي للردم لمنطقة منخفضة أو مستنقع، أو حساب الحجم الكلي للحفر: لغرض تسوية الأرض لمنطقة جبلية أو قمة جبلية (كما في الشكل أدناه) حيث يتم قياس المساحة المحصورة ضمن كل خط كنتور باستخدام جهاز البلانيميتر (بالأمتار المربعة) ثم يستخرج الحجم الكلي باستخدام القانون المناسب.

عند استخدام قانون متوسط القاعدتين

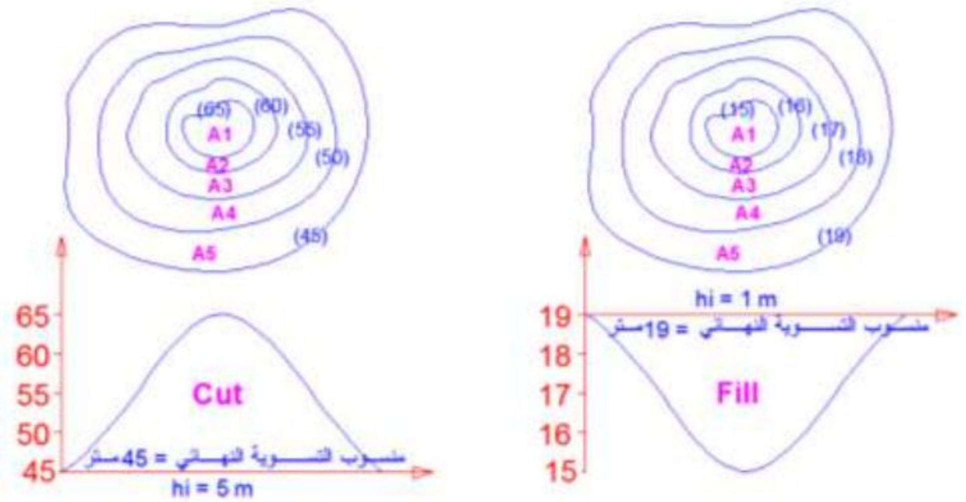
$$\text{Total volume} = h_i\left(\frac{A_1 + A_n}{2} + A_2 + A_3 + \ldots\ldots + A_{n-1}\right)$$

عند استخدام قانون الموشوراني

$$\text{Total Volume} = \frac{h_i}{3}\left[A_1 + A_n + 4\left(A_2 + \ldots + A_{n-1}\right) + 2\left(A_3 + \ldots + A_{n-2}\right)\right]$$

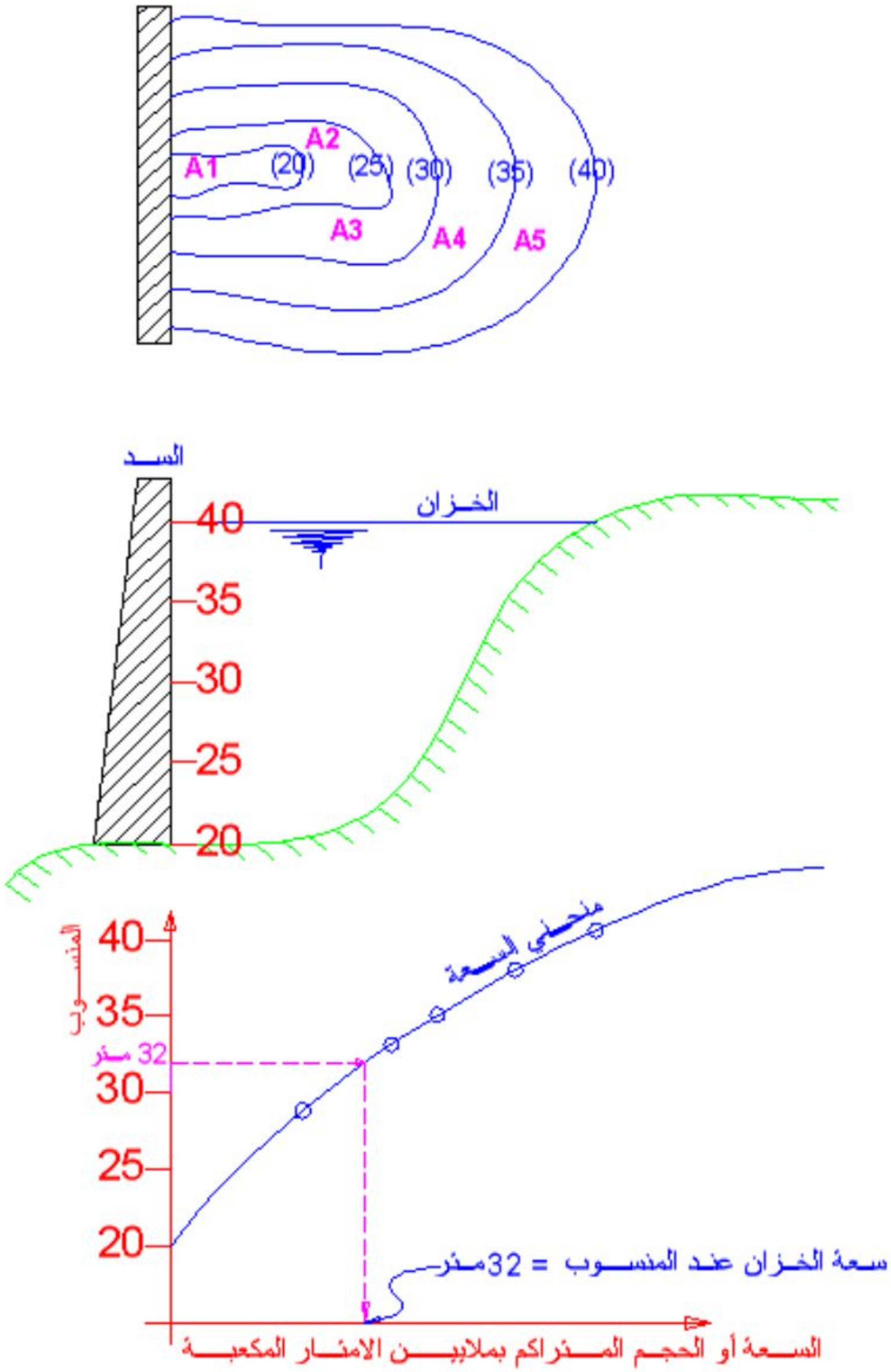
حيث ان: h_i هي الفترة الكنتورية

$A_1, A_2, \ldots, A_n$ هي المساحات المحصورة بالخطوط الكنتورية وعلى التوالي (ارتفاعاً أو انخفاضاً) والمقاسة باستخدام البلانيميتر.



٤-٣-٢ حساب سعة الخزان ومنحني السعة: ويمكن حساب حجم كميات المياه لأي منسوب محدد وذلك بقياس المساحة المحصورة ضمن خط الكنتور باستخدام جهاز البلانيميتر واخذ الفترة الكنتورية بنظر الاعتبار وحساب الحجوم الجزئية ومن ثم حساب الحجوم المتراكمة للمياه (أو سعة الخزان) وحتى أعلى منسوب للسد الخاص بالخزان، ثم يرسم منحني السعة للخزان برسم المناسيب على محور الصادات

وسعة الخزان على محور السينات وبذلك يمكن معرفة كميات المياه في أي وقت وحسب المنسوب المؤشر على السد.



مثال: رسم خطوط الكنتور لمنخفض ثم قيست المساحة المحصورة داخل كل خط كنتور بواسطة جهاز البلانيميتر فكانت كالآتي:

		طريقة متوسط القاعدتين		طريقة الموشوراني	
Elevation (m)	**Area (m^2)**	**Volume (m^3)**	**Cumulative volume (m^3)**	**Volume (m^3)**	**Cumulative volume (m^3)**
18	30	112.5	0		0
19.5	120	311.25	112.5	402.5	402.5
21	295	573.75	423.75		---
22.5	470	1477.5	997.5	1837.5	2240
24	1500	2625	2475		---
25.5	2000	5625	5100	7500	9740
27	5500		10725		---

المطلوب حساب الحجوم الجزئية والحجوم المتراكمة باستخدام طريقة متوسط القاعدتين وطريقة قانون الموشوراني ومن ثم إيجاد حجم الأتربة اللازمة لردم المنخفض لغاية (٢٦) متر؟

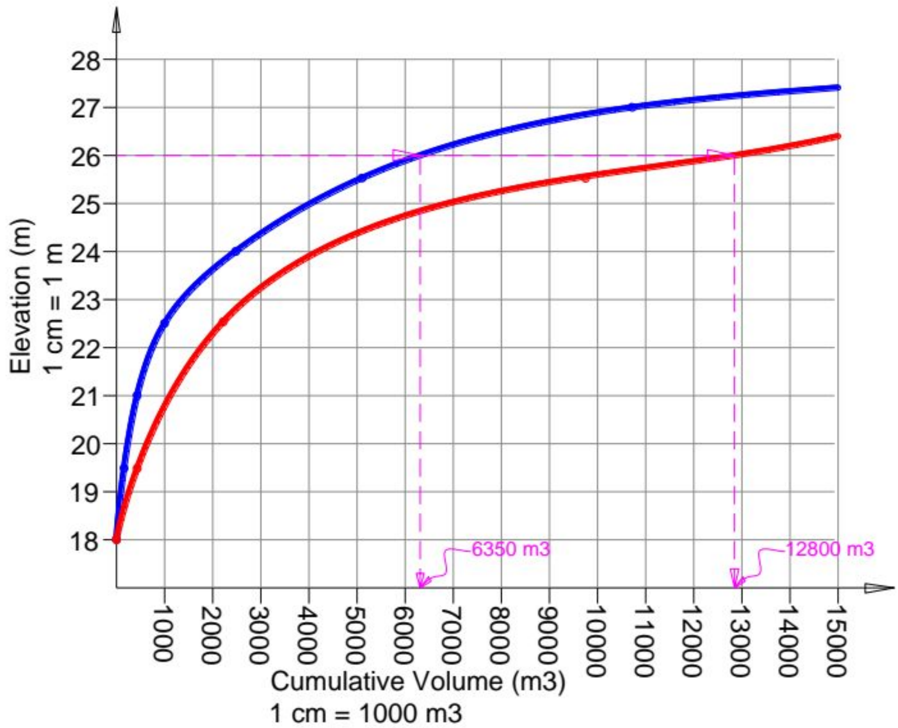
الحل:

- طريقة متوسط القاعدتين:

$$V=\left(\frac{A_1+A_2}{2}\right)*L=\left(\frac{30+120}{2}\right)*1.5=112.5\,m^3$$

- طريقة الموشوراني:

$$V=(A_1+4A_2+A_3)*\frac{L}{3}=(30+4(120)+295)*\frac{1.5}{3}=402.5\,m^3$$



- طريقة متوسط القاعدتين: حجم الأتربة اللازمة لردم المنخفض لغاية منسوب (٢٦) متر تساوي $6350\ m^3$
- طريقة الموشوراني: حجم الأتربة اللازمة لردم المنخفض لغاية منسوب (٢٦) متر تساوي $12800\ m^3$

مثال: أريد إنشاء خزان لتوليد الطاقة الكهربائية واحتاج ذلك لخزن مياه قدرها 125,000,000 متر مكعب بين **أوطأ وأعلى** منسوب للتخزين، فإذا أختير منخفض لهذا الغرض وقيست المساحة المحصورة داخل خطوط الكنتور بواسطة جهاز البلانيميتر أمام موقع الخزان فكانت كما في الجدول المجاور، فإذا كان أوطأ منسوب للتخزين يساوي 223.70 متر. احسب (بعد حساب الحجوم الجزئية والمتراكمة ورسم منحني السعة) ما يلي:

أ. منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً

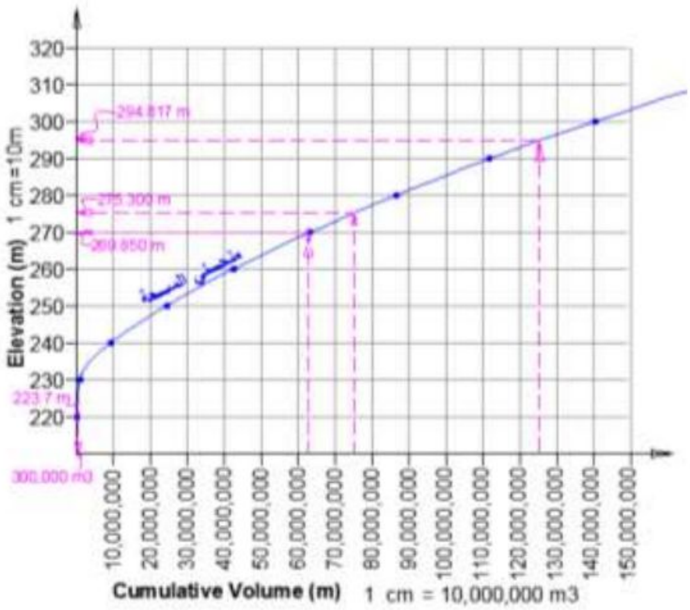
ب. منسوب المياه عندما يكون الخزان ممتلئاً بمقدار 50% و 60% من سعته الكلية.

Elev. (m)	Area (m^2)	Volume (m^3)	Cumulative volume (m^3)
220	24,400		0
		1,372,000	
230	250,000		1,372,000
		7,630,000	
240	1,276,000		9,002,000
		15,175,000	
250	1,759,000		24,177,000
		18,405,000	
260	1,922,000		42,582,000
		20,650,000	
270	2,208,000		63,232,000
		23,410,000	
280	2,474,000		86,642,000
		25,495,000	
290	2,625,000		112,137,000
		28,755,000	
300	3,126,000		140,892,000

الحل:

أوطأ منسوب للتخزين = 223.7 متر ← الحجم = 300,000 متر مكعب (من الرسم)

- سعة الخزان = 125,000,000 متر مكعب



أ. الحجم الكلي للخزان مملوء = 125,000,000 + 300,000 = 125,300,000 متر مكعب

← منسوب الماء والخزان مملوء بالكامل = 294.817 متر (بالتسقيط على الرسم)

ب.

* 50% من حجم الخزان مملوء = 62,500,000 + 300,000 = 62,800,000 متر مكعب

← منسوب الماء = 269.850 متر (بالتسقيط على الرسم)

* 60% من حجم الخزان مملوء = 75,000,000 + 300,000 = 75,300,000 متر مكعب

← منسوب الماء = 275.3 متر (بالتسقيط على الرسم)

مثال: ارسم المقطعين العرضيين من الجدول أدناه بعد إكماله، ثم احسب مساحتي المقطعين والحجم الكلي للردم باستخدام قانون متوسط القاعدتين، إذا علمت ان عرض الطريق = 8 متر وانحداره الجانبي = 1:3 للحفر والردم.

Station	Ground elevation	Grade elevation	Left	CL	Right
84+60	25.50	28.00	$\frac{Elev.=24}{Dist.16}$	$\frac{Elev.=25.5}{Dist.0}$	$\frac{Elev.=26}{Dist.?}$
85+10	28.00	28.00	$\frac{Elev.=25}{Dist.?}$	$\frac{Elev.=28}{Dist.0}$	$\frac{Elev.=30}{Dist.10}$