وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني / الموصل

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: التقنيات المدنية

اسم المقرر: المساحة

المرحلة / المستوى: الاول

الفصل الدراسي: الأول والثاني

السنة الدراسية: 2024 - 2025

معلومات عامة

اسم المقرر:	المساحة						
القسم:	التقنيات المدنية						
الكلية:	المعد التقني – موصل						
المرحلة / المستوى	المستوى الاول						
الفصل الدراسي:	الفصل الاول والثاني						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	3	عملي	3			
عدد الوحدات الدراسية:	6						
الرمز:							
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	/	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	كلا						
اسم المقرر النظير	لايوجد						
القسم	------						
رمز المقرر النظير	------						

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	لينا جعفر صديق
اللقب العلمي:	مدرس مساعد
سنة الحصول على اللقب	2017
الشهادة :	ماجستير
سنة الحصول على الشهادة	2016
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	8 سنة

الوصف العام للمقرر

يتناول دراسة الاساليب والتقنيات الحديثة المستخدمة في تعين المواقع النسبية لنقاط المعالم الطبيعية والصناعية الموجودة على سطح الارض وكيفية نقلها الى الخارطة بصورة مصغرة مع الحفاظ على العلاقات النسبية الثابتة بين تفاصيل هذه المعالم .عليه فالمساحة فن يتناول اجراء القياس المسافات الافقية والعمودية والاتجاهات وتثبيت النقاط بموجب قياسات سبق القيام بيها

الاهداف العامة

1. سيتعلم الطلاب المبادئ الاساسية للمسح والقيام ب اعمال التثليث والتضليع والتسوية باستخدام اجهزة المساحة اللازمة مثل (الثيودولايت (total station , level ,
2. سيتمكن الطلاب بالقيام باعمال المسح الطوبوغرافي والكادسترائي واعمال التسقيط اللازمة للمشاريع الهندسية واعداد خرائط المسح العامة والمستوية

الأهداف الخاصة

1. اكساب الطلاب المهارات اللازمة في اعداد الخرائط من الصور الجوية والبيانات الصورية باستخدام اجهزة التحشية اللازمة او باستخدام البرامج الجاهزة المعدة لغرض معالجة الصور الفضائية واستنباط كل ما يخص معالم الارض الطبيعية

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

1. ان يقارن الطالب بين الاساليب المختلفة للمسح من حيث الكفاءة والاقتصاد في الكلفة والوقت
2. ان يتمكن الطالب التعرف على برامج المتعلقة بالتصوير الرقمي للاستفادة منها في اعمال المسح الجوي

المتطلبات السابقة

لا يوجد متطلبات سابقة

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	ان يقارن الطالب بين الاساليب المختلفة للمسح من حيث الكفاءة والاقتصاد في الكلفة والوقت	عرض تقديمي من قبل الطالب
2	ان يتمكن الطالب التعرف على برامج المتعلقة بالتصوير الرقمي للاستفادة منها في اعمال المسح الجوي	اجراء اختبارات قصيرة و شفهية او تحريرية

أساليب التدريس

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1. التقييم المستمر باستخدام الاختبارات	معرفة مستوى الطلاب وتقديم الدعم الفردي للطلاب المحتاجين
2. التدريس عن طريق طرح مشكلات ميدانية في الموقع	سيحاول الطلاب حل المشكلة باستخدام مهاراتهم ومعرفتهم
3. التدريس بالتقنية باستخدام الوسائل التكنولوجية مثل العروض التقديمية	الاسلوب الامثل في شرح مفاهيم المحاضرة
4. اعطاء الطلبة مشروعات بحثية	تسمح لهم بالتحقيق واستكشاف موضوعات محددة

الفصل الاول من المحتوى العلمي						
عنوان الفصل	الوقت					
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول			مقدمة عن المقرر، أهداف التعلم، محتوى المقرر		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	حل أسئلة المناقشة
الأسبوع الأول	3		العناوين الفرعية	مقدمة عن علم المساحة			
			المبادئ الاساسية للمسح				
			استعمالات المساحة				
			أقسام المساحة				
			وحدات القياس الطولي و وحدة قياس الزوايا				
الاسبوع .الثاني			مقياس الرسم	القياسات			
			قياس المسافات				
			الأغلاط والأخطاء في القياسات				
الاسبوع الثالث والرابع والخامس			طرائق التسوية	التسوية			
			أنواع التسوية المباشرة				
			أنواع أجهزة التسوية				
			مساطر التسوية				
			حساب مناسيب النقاط				
			حساب المناسيب بطريقة ارتفاع الجهاز (H.I.)				

الفصل الثاني							
عنوان الفصل	الوقت						
التوزيع الزمني	النظري	العملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
	2 ساعة			العناوين الفرعية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	اعداد تقرير عن حساب مناسيب
			التسوية	حساب المناسيب بطريقة الارتفاع والانخفاض			
				التسوية المتبادلة (العكسية			
				التسوية المزدوجة			
				التسوية المقلوبة			
				الأخطاء والاغلاط في التسوية			
الأسبوع السادس			المقاطع الطولية	عمل المقاطع الطولية			
				رسم المقاطع الطولية			
				حساب الردم والحفر			
الاسبوع السابع			المقاطع العرضية	عمل المقاطع العرضية			
				رسم المقاطع العرضية			
				حســـاب حجـــوم			

			الكميات الترابية للقطع والردم				
الاسبوع الثامن			الخرائط الطوبوغرافية	الخرائط الطوبوغرافية			
			خط الكنتور				
			خصائص خطوط الكنتور				
			طرائق تعيين خطوط الكنتور				
			رسم أو تمرير الخطوط الكنتورية				

الفصل الثالث							
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	نظري	عملي		العناوين الفرعية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	حل اسئلة المناقشة
الأسبوع التاسع والعاشر والحادي عشروالثاني عشر	3	3					
			الثيودولايت	أنواع أجهزة الثيودولايت			اعداد تقرير عن نصب اجهزة الثيودولايت
				قياس الزوايا باستخدام جهاز الثيودولايت			
الأسبوع				طرائق قياس الزوايا في جهاز الثيودولايت			
				الاتجاهات والمركبات الأفقية والعمودية وتصحيحها			
				حساب المركبات الأفقية والعمودية			
				تصحيح الزوايا للمضلع الدائري المغلق			
				قياس الزاوية الأفقية بين			

			جدارين				
			قياس طول هدف لا يمكن الوصول				
			قيـــاس ارتفـــاع هـــدف لا يمكـــن الوصول اليه				
الاسبوع الثالث عشر والرابع عشر والخامس عشر			المنحنيات الأفقية	المنحنيات			
			المنحنـــي الأفقـــي الدائري البسيط				
			المنحنـــي الأفقـــي الدائري المركب				
			المنحنـــي الأفقـــي الدائري المعكوس				
			المنحنـــي الأفقـــي الـدائري مكسـور الظهر				
			المنحنيـات الأفقيـة المتدرجة				
			تصـميم المنحنـــي الأفقـــي الـــدائري البسيط				
			تسـقيط المنحنيـات				

			الأفقيـــة الدائريـــة بواسطة القياسات الطولية				
			طريقـــة الاعمـــدة علـــى الممـــاس (طريقة بيكر)				
			طريقـــة الاعمـــدة على الوتر				
			المنحنيـــــــات العموديـــــــة (الرأسية)				

المحتوى العلمي

خارطة القياس المعتمدة

المحتوى التعليمي	عناوين الفصول	الأهمية النسبية	الأهداف السلوكية					عدد الفقرات
			المعرفة	الفهم	التطبيق	التحليل	التقييم	
			النسبة					
الفصل الاول	مقدمة عن علم المساحة . التسوية .المقاطع الطولية والعرضية	المعرفة والفهم والتطبيق						
الفصل الثاني	الخرائط الطوبوغرافية . الثيودولايت	الفهم والتطبيق						
الفصل الثالث	المنحنيات	المعرفة والفهم والتطبيق						
الفصل الرابع								
الفصل الخامس								
الفصل السادس								
المجموع								

المحتويات

:

عنوان الفصل الاول	مقدمة عن علم المساحة
المحاضرة الاولى	علم المساحة وانواع المساحة وقياس المسافات
المحاضرة الثانية	مقياس الرسم
المحاضرة الثالثة	الاخطاء في القياسات
المحاضرة الرابعة	طرائق وانواع التسوية
المحاضرة الخامسة والسادسة	حساب مناسيب النقاط
المحاضرة السابعة	التسوية المتبادلة والعكسية والمزدوجة
المحاضرة الثامنة والتاسعة	المقاطع الطولية والعرضية وحساب كميات الردم والحفر
المحاضرة العاشرة والحادي عشر	الخرائط الطوبوغرافية وخطوط الكنتورية
المحاضرة الثاني عشر والثالث عشر	الثيودولايت وطرائق قياس الزوايا ب جهاز الثيودولايت وحساب المركبات الافقية والعمودية
المحاضرة الرابعة عشر والخامسة عشر	المنحنيات

4 - **الاسئلة القبلية**

1. **ما المقصود ب علم المساحة وما هي انواع المساحة وما هي المبادئ الاساسية للمسح؟**

المساحة((Surveying))

علم المساحة : هو العلم الذي يختص في إجراء القياسات اللازمة بالطرق المختلفة وذلك لتمثيل سطح الأرض وما يحتويه من معالم طبيعية واصطناعية ورسمها على ورق بمقياس رسم مناسب يتناسب مع الغرض المطلوب من عملية المسح واعداد الخارطة.

عملية الرفع : هي عملية نقل المعالم الموجودة على سطح الارض الى الورق وبمقياس رسم مناسب للحصول على المخططات والخرائط المطلوبة .

عملية الإسقاط : هي عملية نقل التفاصيل أو المعالم الموجودة في الخريطة أو المخطط إلى الأرض.

المبادئ الاساسية للمسح : تتضمن معرفة المسَاح أو الشخص بالحسابات الخاصة لايجاد الارتفاعات والانخفاضات وقياس المسافات وعملية الرفع والتسقيط وإيجاد المساحات والحجوم ولمختلف الأشكال ومعرفة العمل في الالآت المستخدمة في المسح ومن ثم إنتاج مخطط وشكل للعمل .

استعمالات المساحة:

1. في المجال الهندسي : تستعمل في الاعمال المدنية والري والكهرباء والميكانيك ... الخ.
2. في المجال غير الهندسي : تستعمل في دوائر التسجيل العقاري (الطابو) في تحديد الملكيات وكذلك في الحروب وفي دوائر الجيولوجية .

أقسام المساحة : تقسم المساحة الى قسمين أساسيين هما :

أولاً : المساحة الجيوديسية (Geodetic Surveying) : هي المساحة التي تبحث في رسم وتمثيل سطح الأرض على أساس الشكل الحقيقي للأرض إذ تؤخذ كروية الأرض بنظر الاعتبار وتعتمد في عمل الخرائط الدقيقة للمساحات الشاسعة ، مما يؤدي إلى ظهور كروية الأرض عند إسقاط الخرائط على المستويات الأفقية ويتم استخدام أجهزة هندسية خاصة ودقيقة جداً لتعيين مواقع النقاط على سطح الأرض وتربط بخطوط الطول والعرض ومن ثم تربط جميع عمليات المساحة المستوية على هذه النقاط وتعتبر المساحة الجيوديسية هي أساس المساحة المستوية .

ثانياً : المساحة المستوية (Plane Surveying) : هي المساحة التي تبحث في عمل خرائط لسطح الأرض باعتباره مستوياً ويهمل تأثير كروية الأرض في المساحات الصغيرة وتكون جميع الأبعاد المقاسة على الأرض أفقية .

ويفترض في المساحة المستوية ما يلي:

أ. اتجاه الجاذبية الأرضية عمودي على المسقط الأفقي للسطح المستوي .
ب. أقصر خط بين نقطتين على سطح الأرض هو الخط المستقيم وليس المنحني .
ت. خطوط الطول التي تمر خلال أية نقطتين تكون متوازية .

أنواع المساحة المستوية (Type of Plane Surveying)

1. **المسح الكادسترائي (Cadastral Surveying):** يتناول هذا النوع تحديد وتقسيم ملكيات الأراضي.
2. **المسح الطوبوغرافي (Topographic Surveying):** يتضمن عمل خرائط طوبوغرافية وتحديد مناسيب الارتفاع للنقاط.
3. **المسح الهدنسي (Engineering Surveying):** يشمل عمل خرائط تفصيلية ودقيقة لكافة المنشآت الصناعية كالمعامل والطرق والجسور وغيرها.
4. **المسح الجوي (Aerial Surveying):** يشمل تحضير خرائط تفصيلية وطوبوغرافية من الصور الجوية .
5. **مسح المدن (City Surveying):** يتضامن تحضير خرائط طوبوغرافية لتثبيت حادود الشوارع الرئيسية والفرعية وتثبيت حدود المناطق السكنية والخدمات العامة وأنابيب المياه وخطوط الكهرباء والهواتف وغيرها.
6. **مسح الطرق (Route Surveying):** يتضمن تعين خط الوساط للطريق واجراء المسح لبيان الارتفاعات على جانبي الخط و عمل مقاطع طولية وعرضية لحساب الكميات الترابية وتعيين مواقع الجسور وخطوط السكك الحديدية وغيرها.
7. **مسح المناجم (Mine Surveying):** يشمل عمل خرائط على سطح الأرض لتحديد المناطق المراد استغلالها للمناجم والأنفاق وتحديد اتجاه الأنفاق .
8. **مسح المنشآت (المسح الإنشائي) (Construction Surveying):** يتضمن عمل خرائط تفصيلية لمواقع المنشآت .
9. **المسح المائي (الهيدرولوجي) (Hydrographic Surveying):** يشمل تحضير خرائط طوبوغرافية تفصيلية لتحديد أعماق البحار والأنهار والبحيرات والشواطئ وغيرها .

وحدات القياس الطولي (Units of Measurements) : هناك ثلاث وحدات للقياس وهي :

أولاً : وحدة القياس الطولي (Linear Unit) .

ثانياً : وحدة قياس الزوايا (Angular Measurement Unit) .

ثالثاً : وحدة الزمن (Time Unit) .

وحدة القياس الطولي : تشمل على ما يلي :

1. **وحدة الطول (Length Unit)** لقياس طول معين يوجد هناك نظامين هما الانكليزي والفرنسي للوحدات والنظام الأكثر شيوعاً هو الفرنسي حساباته وجقته ويعتبر المليمتر أصغر الوحدات الفرنسية بينما يعتبر الإنج هو أصغر الوحدات الانكليزية .

النظام الانكليزي	النظام الانكليزي	النظام الفرنسي	النظام الفرنسي
إنج (Inch) = 2.54 سم	ياردة (Yard) = 3 قدم	ملليمتر (ملم mm)	متر (م m) = 100 سم
قدم (foot) = 12 إنج	ميل (Mile) = 5280 قدم	سنتيمتر (سم cm) = 10 ملم	كيلومتر (كم Km) = 1000 م

2. **وحدة المساحة (Unit of Area)** : يعبر عنها بمربعات الوحدات المستعملة لقياس الأطوال وتكون على نوعين هما :
   أ. وحدات طول مربعة : $(km^2), (m^2), (cm^2)$
   ب. وحدات المساحة : (أولك Olk) ، $1\ Olk = 100\ m^2$
   (دونم donum) ، $1km^2 = 100$ Hectare ، 1 Hectare = 4 Donum
   (إيكر Acre) ، $1\ acre = 100\ m^2$

3. وحدة الحجوم (Unit of Volume) : يعبر عنها بمكعبات وحدات قياس الأطوال .
   $(inch^3, ft^3, km^3, m^3, cm^3)$

وحدة قياس الزوايا (Angular Measurement Unit)

هناك ثلاثة انواع من الانظمة المستعملة لقياس الزوايا وهي :

1. **النظام الستيني (Sexagesimal System) :** يتم فيه تقسيم الدائرة الى (360) قسم كل قسم يسمى ردجة الترمزي ويرمز لها بالرمز (^{o}) وكل درجة تقسم الى (60) جزء تسمى دقيقة ويرمز لها بالرمز (') وكل دقيقة تقسم الى (60) جزء وتسمى ثانية ويرمز لها بالرمز (") . وتقسم الدائرة في هذا النظام الى أربعة أقسام متساوية تعرف بالزاوية القائمة وقيمة كل زاوية قائمة (90^o) . وتكتب الزاوية في النظام الستيني بشكل منفصل في أجزائها مثلاً ("40 '35 ^{o}45) .
2. **النظام المئوي (Centesimal System) :** يتم فيه تقسيم الدائرة الى (400) قسم كل قسم يسمى درجة مئوية أو كراد (grad) ويرمز لها بالرمز (g) وكل درجة تقسم الى (100) جزء تسمى جقيقة مئوية أو سنتي كراد (centigrade) ويرمز لها بالرمز (cg) وكل جقيقة مئوية تقسم الى (100) جزء تسمى ثانية مئوية او ملليكراد أو سنتي كراد ويرمز لها بالرمز (ccg) . وتقسم الدائرة في النظام المئوي بشكل متصل مصلاً (73.6625^g) أو بشكل منفصل في أجزائها مثلاً ($73^g\ 66^{cg}\ 25^{ccg}$) .

3. **النظام النصف قطري (الدائري) (Radian) :** التقدير الدائري لزاوية معينة مثلاً (α) هو النسبة بين طول القوس الذي يقابل هذه الزاوية ونصف قطر الدائرة .
(2π) تعادل (360^o) في النظام الستيني و (π) تعادل (180^o) في النظام الستيني .

$\pi = 3014159$

ملاحظة : لغرض تحويل قيمة الزاوية من التقدير الدائري الى الستيني تضرب في ($\frac{180^o}{\pi}$) وللتحويل من التقدير الستيني الى الدائري تضرب في ($\frac{\pi}{180^o}$) .

Example: change the angle value (142^o 22' 15") to the centesimal and radian system?

Solution:

Sexagesimal	Centesimal	Radian
360^o	400^g	2π
142^o 22' 15"	X1	X2

تم تحويل الثواني ("15) الى دقائق بالقسمة على (60) بعد ذلك يتم إضافة الناتج الى الدقائق ('22) ثم قسمتها على (60) ومن ثم إضافتها للدرجات للحصول على القيمة النهائية للزاوية بالدرجات .

15" / 60 = 0.25' , 0.25' + 22' = 22.25'

22.25' / 60 = 0.3708^{o} , 0.3708^{o} + 142^{o} = 142.3708^{o}

X1 = ($142.3708^{o} \times 400^{g}$) / 360^{o} = 158.18977^{g}

X2 = $142.3708^{o} \times 2\pi$) / 360^{o} = 2.48584 rad.

يمكن أن نحول الثواني الى الدرجات مباشرة بالقسمة على (3600) لنحصل على قيمتها بالدرجات ثم نقسم الدقائق على (60) للحصول على قيمتها بالدرجات أيضاً وبعدها يتم جمعها مع قيم الزاوية بالدرجات للحصول الدرجة النهائية .

Example: Change the angle value (324.4625^{g}) to the sexagesimal system in (degree, minute, seconds)?

Solution:

نحول الزاوية الى النظام الستيني بالدرجات ومن ثم نأخذ أجزاء الدرجات ونحولها الى دقائق ثم الى ثواني.

X = ($324.4625^{g} \times 360^{o}$) / 400^{g} = 292.01625^{o}

$0.01625^{o} \times 60 = 0.975'$, $0.975' \times 60 = 58.5"$

X = 292^{o} 00' 58.5"

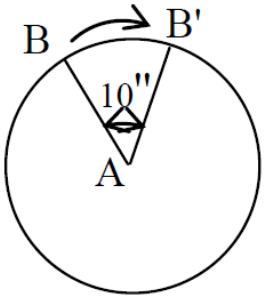
Example: The length of the line (AB) is (120 m), it changes its direction about (10"). Compute the distance that the point (B) moved?

Solution: Distance (D) = R × ϕ

ϕ in (radian)

$$D = 120 \times 100 \times \frac{\pi}{180} \times \frac{10''}{3600''}$$

D = 0.58 cm



H.W.

Ex1: Change the angle value (0.65010 rad.) to the centesimal and sexagesimal systems?

Ex2: Compute value of the angle (66.4152^{o}) in (degree, minute, and second)?

Ex3: What is the angle of the (26 mm) length for the circle with (60 m) radius in sexagesimal, Centesimal and radian systems?

مقاييس الرسم (Scales)

مقياس الرسم (Scale) : هو النسبة بين أية مسافة على الخارطة وبين نفس المسافة المناظرة لها على الأرض .

يعتمد مقياس الرسم على اهمية الخارطة وحجم التفاصيل المطلوبة وعلى أبعاد الورقة التي يتم الرسم عليها ، وكلما كان المقياس كبيراً فان التفاصيل تكون واضحة والمقياس يكون بدون وحدة . يقسم المقياس الى :

1. **المقياس العددي (الكسري) (Numerical scale) :** هو نسبة ثابتة بين المشافة على الخارطة وهو البسط ويكون مقداره واحد وبين المسافة على الأرض وهو المقام .

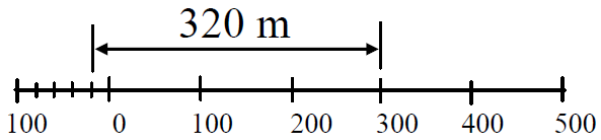
(1:100), (1:1000), ... Or ($\frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{10000}, \ldots$)

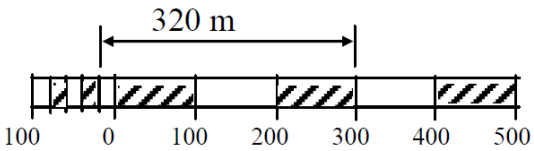
2. **المقياس التخطيطي (Graphical Scale) :** يستخدم هذا المقياس أكثر من السابق لكونه أكثر دقة وخاصة في حالة تعرض ورق الخارطة الى التأثيرات الجوية المختلفة من التمدد والتقلص حيث أن الأبعاد التي يتم تعيينها على الخارطة هي أبعاد صحيحة لكون المقياس يتعرض أيضاً بنفس النسبة للتأثيرات التي يتعرض لها المخطط ، ويكون على نوعين :

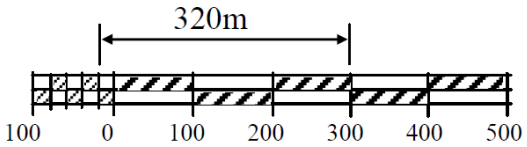
أ. **المقياس التخطيطي الطولي (Linear Graphical Scale) :** هي عبارة عن خط يرسم بشكل مسطرة مقسمة لمعرفة الأطوال ويستخدم عندما يكون المطلوب تصميم مقياس يقرأ بدقة (ملم) على الأقل على المقياس أما اذا كان المطلوب أجزاء المليمتر فيفضل استخدام المقياس الشبكي.

Ex: Draw a linear scale for a map drawn in a numerical scale (1:10000) and then determine the reading (320 m) on it?

Sol:



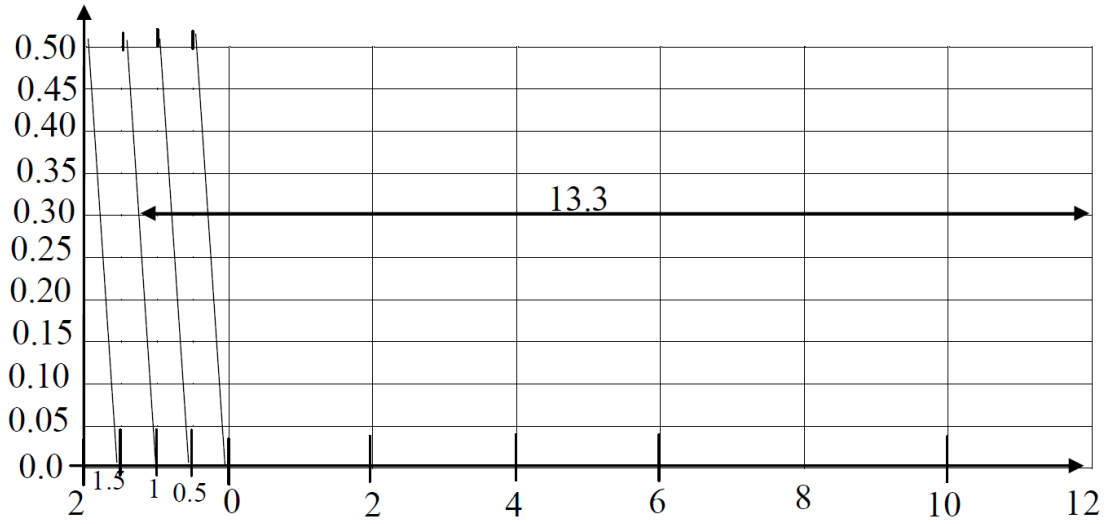




ب. **المقياس التخطيطي الشبكي (القطري) (Diagonal Graphical Scale) :** يستعمل هذا المقياس لتعيين الأطوال من أجزاء السنتمتر للحصول على دقة أكبر .

Ex1: Draw a diagonal scale for a map drawn in a scale (1/200) and reading up to (5 cm), the determine (13.3 m) on it?

Sol: h = التقسيمات الأفقية الفرعية , m = دقة الخارطة
n = التقسيمات العمودية وعادة تفرض قيمتها (10) للسهولة
h = n × m = 10 × 5 / 100 = 0.5 m
No. of part (portion) = accuracy / horizontal division
عدد الأقسام = الدقة / التقسيمات الأفقية
No. of part = 2 / 0.5 = 4 parts (عدد الأقسام)
1 cm / 4 = 0.25 cm = 2.5 mm مسافة كل قسم
يتم ايصال المسافات بشكل قطري ثم تحديد المسافة المطلوبة وهي (12 m) ثم إضافة (1 m) من جهة اليسار ثم الصعود بالخط القطري من (1 m) الى أن يتم الوصول الى (0.3 m) وبذلك يتم تحديد المسافة الكلية .

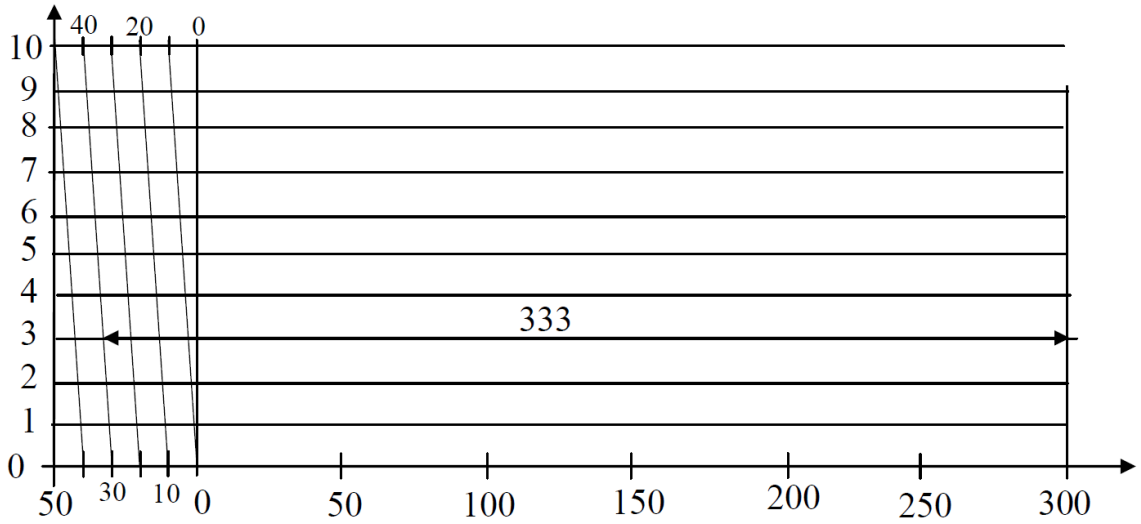


Ex2: Draw a diagonal scale for a map drawn in a scale (1/5000) and reading up to (1 m), then determine (333 m) on it?

Sol: h = n × m = 1 × 10 = 10 m

No. od part = 50 / 10 = 5 parts (عدد الأقسام)

1 cm / 5 = 0.2 cm = 2 mm مسافة كل قسم



قياس المسافات (Distance Measurements)

قياس المسافات على الأراضي الأفقية والمنحدرة والمتدرجة

تعتبر عملية المسافات أساس الأعمال المساحية وهناك عدة طرق لقياس المسافات منها

1. **طريقة الخطوات (Stepping Method) :** تعتبر من الطرق السريعة والتقريبية في القياس وتتم عملية القياس بحساب عدد الخطوات الكلية للمسافة المراد قياسها ومن معرفة طول الخطة يمكن حساب المسافة الكلية من العلاقة الآتية :

المسافة الكلية Total distance = عدد الخطوات No. of steps × طول الخطوة length of step

ملاحظة : طول الخطوة يتم إيجادها من قسمة معلومة على معدل عدد الخطوات التي يتم حسابها ذهاباً وإياباً للمسافة المعلومة .

2. **طريقة أدوات القياس الطولية (الشريط والسلسلة) Chain and Tape method**

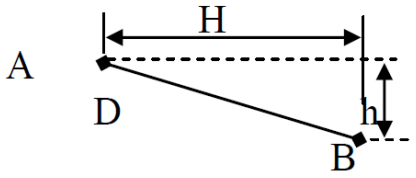
أ. **اذا كانت الأرض منبسطة** : يتطلب قياس المسافات بالشريط او السلسلة فريق عمل مكون من شخصين او اكثر حيث تكون عملية القياس في الأراضي المنبسطة أسهل وأبسط من الأراضي المنحدرة والمتدرجة ، وإذا كانت المسافة المراد قياسها أطول من طول الشريط فعندئذ يتطلب استخدام عملية التوجيه بالشواخص (Rods) بتحديد نقطتي البداية والنهاية ثم يقوم شخص بمسك نهاية الشريط أو السلسلة الذي يسمى هذا الشخص بالأمامي ومعه شاخص لغرض التوجيه ونبل (Pins) لتثبيت النقاط بينما يمسك الشخص الثاني وهو الخلفي بداية الشريط في بداية النقطة او المسافة وعند الحصول على استقامة النقاط الثلاث (البداية والنهاية والنقطة الوسطية) يتم تثبيت نبلة في موقع النقطة من قبل الشخص الأمامي ثم يتحول إلى نقطة أخرى بينما يتحول الشخص الخلفي إلى النقطة التي تم تثبيت النبلة فيها وهكذا يتم تثبيت النقاط الوسطية الأخرى ثم يقوم الشخص الخلفي بجمع النبال معه وفي حالة وجود مسافة متبقية يتم قياسها بالشريط وعنجها تحسب المسافة الكلية من معرفة عدد النبال وطول الشريط المستخدم مع المسافة المتبقية .

المسافة الكلية = (عدد النبال × طول الشريط) + المسافة المتبقية

ب. **إذا كانت الأرض منحدرة (منتظمة الانحدار) Distance measurement on uniform slope** توجد عجة حالات لقياس المسافة الأفقية على الأراضي المنحدرة منها :

1) **إذا عرف فرق الارتفاع (level difference)** : عند قياس المسافة بين نقطتين (A, B) على أرض منتظمة الانحدار يمكن معرفة المسافة الأفقية (H) بعد معرفة فرق المنسوب بين النقطتين (h) والمسافة المائلة بينهما (D) .

$$H = \sqrt{D^2 - h^2}$$



2) إذا عرف الانحدار (gradient) : يمكن معرفة المسافة الأفقية (H) لمعرفة الانحدار (1/n) التي تمثل النسبة بين البعد العمودي (الرأسي) والبعد الأفقي (المسافة الأفقية) .

$$C = D/(2n^2)$$
$$H = D - C$$

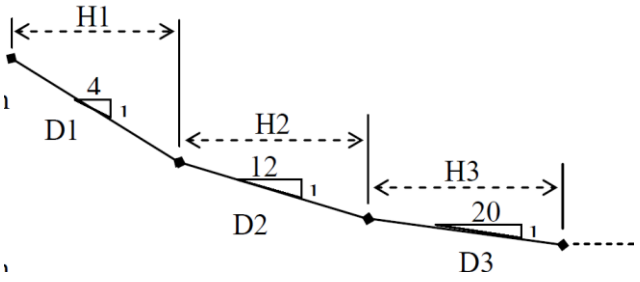
حيث أن :

C: مقدار التصحيح (correction value)
n: البعد الأفقي (horizontal dimension)
D: المسافة المائلة المقاسة (slope distance)

Ex: Three lines measured on slopes (gradient) land. The length of each one is (100 m) and their gradients are (1/4, 1/12, 1/20). Calculate the horizontal distance for each line?

Sol:

$$C1 = \frac{D1}{2(n1)^2} = \frac{100}{2(4)^2}$$
$$C1 = 3.125\,\text{m}$$
$$H1 = 100 - 3.125 = 96.875\,\text{m}$$
$$C2 = \frac{D2}{2(n2)^2} = \frac{100}{2(12)^2}$$
$$C1 = 0.347\,\text{m}$$
$$H1 = 100 - 0.347 = 99.653\,\text{m}$$



$$C3 = \frac{D3}{2(n3)^2} = \frac{100}{2(20)^2}$$

$$C1 = 0.125\,\text{m}$$

$$H1 = 100 - 0.125 = 99.875\,\text{m}$$

3) إذا عرفت زاوية الميل (slope angle)

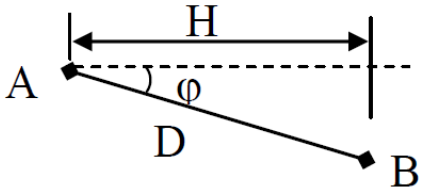
$$H = D \times \cos\varphi$$

Ex: Compute the horizontal distance between the points (A) and (B), if the slope distance (20 m) and the slope angle (10^o)?

Sol:

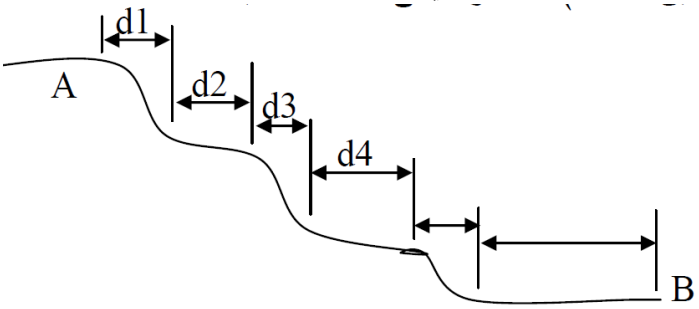
$$H = D \times \cos\varphi$$

$$H = 20 \times \cos(10^o) = 19.7\,\text{m}$$



ج. إذا كانت الأرض غير منتزمة الانحدار (مدرجة) (Non uniform or Stepping land): يمكن معرفة المسافة الأفقية بين نقطتين لمنطقة مدرجة بواسطة قياس عجة مسافات وسطية حيث تتطلب العملية ثلاثة أشخاص . يقوك الأول (الأمامي) بمسك نهاية الشريط ويمسك الثاني (الخلفي) بداية الشريط في بداية النقطة ويقوم الثالث بتوجيه الأمامي للحصول على استقامة الخط مع البداية والنهاية وعندها يتم شد الشريط بقياس المسافة بينهما بجعل الشريط بوضع أفقي وتتكرر العملية لبقية النقاط ثم يتم جمع المسافات البينية (بين النقاط) للحصول على المسافة الكلية .

H = d1 + d2 + d3 + …+ dn



الأغلاط والأخطاء في القياسات (Mistakes and Errors in Measurements)

إن قياس المسافات بواسطة الشريط والسلسلة من الأمور المهمة والأساسية في أعمال المساحة فيجب الاهتمام الكلي بإعطاء أدق القياسات للحصول على الدقة المطلوبة ، وان هذه القياسات معرضة لبعض الأخطاء وقد يكون الخطأ ناتجاً أو ناجماً عن إهمال المساح أو قلة الخبرة أو عن الظروف الجوية أو يكون الخطأ موجوداً في الآلة المستعملة . يمكن تقسيم الأخطاء إلى :

1. **الأخطاء الجسيمة (gross errors) أو الأغلاط (mistakes) :** تحدث هذه الأغلاط بسبب الخطأ في قراءة الرقم بصورة صحيحة وكذلك الخطأ في تسجيل الأرقام والقراءة الخاطئة للعلامات المسننة عند استعمال السلسلة أو يكون بسبب اهمال أو تعب المساح ويمكن التغلب على هذه الأغلاط بالقياس مرتين للتأكد من صحة القياس.
2. **الأخطاء الثابتة (constant errors) :** تحصل في اي شريط قياس او في أية ظروف وتسمى بالأخطاء المنتظمة (systematic errors) ويمكن تصحيح هذه الأخطاء حسب الأسباب التي تكونت منها ، ومن هذه الأخطاء التي تحدث هي :

أ. **خطأ طول الشريط (المعايرة) (length error – standardization) :** يتم التأكد من طول الشريط المستعمل وذلك بمقارنتها ومعايرتها بالأطوال القياسية وغالباً ما تكون السلاسل معرضة لهذا الخطأ نتيجة التمدد الذي يحدث

في المفاصل الموجودة بين عقد السلسلة حيث أنه إذا كان طول الشريط المستعمل قصير فان المسافة المقاسة سوف تكون أطول من المسافة الحقيقية أي أن الخطأ موجب أما إذا كان الشريط طويلاً فان المسافة المقاسة تكون أقصر من المسافة الحقيقية أي ان الخطأ سالب ، ويتم تصحيح هذا الخطأ من العلاقة الآتية :

$$\frac{M.L}{T.L} = \frac{S.L}{N.L}$$

حيث أن :

S.L : طول الشريط الأسمي (القياسي)

N.L : طول الشريط المستعمل

M.L : طول الخط المقاس

T.L : طول الخط الحقيقي

Ex: The length of the line measured with (20 m) tape was found to be (634.4 m). After working, we found that the length of the tape was (0.05 m) long. Find the true length of the line?

Sol:

$$\frac{M.L}{T.L} = \frac{S.L}{N.L}$$

$$\frac{634.4}{T.L} = \frac{20}{(20+0.05)}$$

$$T.L = 635.986\ \text{m}$$

ملاحظة : إذا تم استعمال الشريط أو السلسلة في حساب المساحات فيمكن حساب المساحة الحقيقية من العلاقة الآتية :

$$\frac{\text{Measured area}}{\text{True area}} = \frac{(\text{Standard tape length})^2}{(\text{True tape length})^2}$$

ب. التغيرات في درجات الحرارة (Changes in Temperature) : إن الأشرطة والسلاسل تصنع بدرجة حرارة قياسية معينة لذلك فهي تتأثر في حالة تغير درجات الحرارة مما يؤدي إلى تمددها عند ارتفاع درجات الحرارة أو تقلصها في حالة انخفاض درجات الحرارة لذلك يتم تصحيح الأطوال نتيجة لهذا التغير وذلك باستخدام العلاقة الآتية :

$$Ct = L \times Ce\ (Tm - Ts)$$

حيث أن :

Ct : مقدار التصحيح Correction to Temperature (m)

L : الطول المقاس Measuring length (m)

Ce : معامل التمدد الحراري Coefficient to thermal expansion

Tm : درجة الحرارة أثناء القياس Temperature at the measurement

Ts : درجة الحرارة القياسية للشريط standard temperature of the tape

Ex: A line is measured in a tape manufactured in (20^{o}C) temperature which is found (100 m) length and the temperature is (30^{o}C) during the measuring. Calculate the true length of the line if the coefficient of thermal expansion is (12×10^{-6})?

Sol:

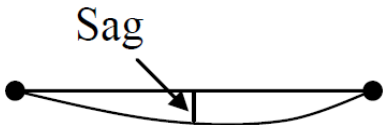
$$Ct = L \times Ce\ (Tm - Ts)$$

$$Ct = 100 \times 12 \times 10^{-6}\ (30 - 20) = 0.012\ \text{m}$$

$$\text{True length} = 100 + 0.012 = 100.012\ \text{m}$$

ج. الخطأ الناتج عن الارتخاء (Saggin Error – Sag.-) : يحدث هذا الخطأ نتيجة ارتخاء أو تدلي الشريط لشكل منحني أثناء القياس مما يؤدي إلى أن المسافة المقاسة تكون اكبر من المسافة الحقيقية لذلك يتم التصحيح لكل طول شريط أو لكل مسافة قياس وهذا المقدار دائماً يطرح من المسافة المقاسة وحسب العلاقة الآتية :

$$Cg = \frac{n \times W^2 \times L^3}{24P^2}$$



حيث أن :

Cg : مقدار التصحيح (sag) (correction for span) (m)
n : عدد المسافات المقاسة (No. of spans)
W : وزن الشريط لكل متر (wright of the tape per meter (kg/m
L : المسافة بين المسندين (distance between supports (m
P : مقدار الشد (applied pull (kg

Ex: Tape of (50 m) length and its weight is (1.17 kg). compute the correct sagging error if the tape was at a tension of (5 kg) and fixed from the middle?

Sol:

$$Cg = \frac{n \times W^2 \times L^3}{24P^2}$$

$$Cg = \frac{2 \times (1.17/50)^2 \times (25)^3}{24(5)^2}$$

$$T.L = 50 - 0.029 = 49.971\,\text{m}$$

د. **الخطأ نتيجة الشد غير الصحيح (Correction for error of pull or tension)** : إن كل شريط له مقدار معين من التحمل لقوة الشد أو لسحب فإذا زاد الشد عن الحد المقرر فسيؤدي إلى زيادة طول الشريط ومن ثم يؤدي ذلك إلى خطأ في القياس وعادة يكون الشد اقل من الشد القياسي لذا يتم تصحيح الخطأ من العلاقة الآتية :

$$Cp = \frac{(P - Po) \times L}{A \times E}$$

حيث أن :

Cp : مقدار تصحيح السحب أو الشد (correction for pull (m
P : مقدار السحب خلال القياس (applied pull during measurement (kg
Po : مقدار السحب القياسي (standard pull (kg
L : الطول المقاس (measured length (m
A : مساحة المقطع الرضي للشريط (cross section area of the tape (cm^2)
E : معامل مرونة الفولاذ (Modules of elasticity of steel (kg/cm^2)

$$T.L = L + Cp$$

هـ. **الاستقامة غير الصحيحة (الخطأ في التوجيه) Correction for alignment :** إذا كانت المسافة المراد قياسها أكثر من طول الشريط وكانت العلامات الوسطية لكل طول شريط خارج المسار المستقيم بين البداية والنهاية أثناء التوجيه فان المسافة المقاسة تكون اطول من المسافة الحقيقية ويتم حساب مقدار الخطأ من العلاقة :

$$Ch = \frac{h^2}{2S}$$

حيث ان :

Ch : مقدار التصحيح
h : مقدار الانحراف عن المسار
S : المسافة المقاسة

T.L = L – Ch

و. **خطأ الشريط في وضع المسار غير المستقيم (Tape is not a straight path) :** يكون الشريط في هذه الحالة بشكل منحني أو مقوس بصوؤة أفقية أو عمودية حول الشجيرات مثلاً وعند هبوب الرياح يكون الطول المقاس أطول من الطول الحقيقي ويكون قليلاً عند وجود العائق في منتصف المسافة ويكون التصحيح من العلاقة الآتية :

$$Cs = \frac{h^2}{2S}$$

حيث ان :
Cs : مقدار التصحيح
h : مقدار الانحراف عن المسار
S : المسافة المقاسة

T.L = L – Cs

Ex: The distance is measured between (A) and (B) with a tape (50 m) length, the tape was out of straight direction about (1 m) from point (B) at (20 m) distance. Find the true distance between (A) and (B)?

Sol:

$$Cs1 = \frac{(1)^2}{2 \times 20} = 0.025 \text{ m}$$

$$Cs2 = \frac{(1)^2}{2 \times 30} = 0.017 \text{ m}$$

Cs = 0.025 + 0.017 = 0.042 m

T.L = 50 – 0.042 = 49.958 m

التسوية (Leveling)

التسوية : هي الطريقة التي تعبر عن الارتفاعات للنقاط اي ايجاد البعد الرأسي بين النقطة المختلفة على سطح الأرض فوق أو تحت مستوى معين يسمى بمستوى المقارنة (Datum) أو متوسط مستوى سكح البحر (Mean Sea Level – M.S.L.)

طرائق التسوية (Leveling Methods) :

1. التسوية المثلثية (Trigonometric leveling)
2. التسوية البارومترية (Barometric)
3. التسوية المباشرة (الكحولية) (Direct – spirit leveling)

أنواع التسوية المباشرة (Types of Direct leveling)

1. التسوية التفاضلية (المتسلسلة) (Differential or series leveling) .
2. التسوية الطولية (المقاطع الطولية) (Longitudinal Section or Profile)
3. التسوية العرضية (المقاطع العرضية) (Cross sections)
4. التسوية الشبكية (Grid leveling) .
5. التسوية المتبادلة أو العكسية (Reciprocal leveling)

مستوى سطح البحر (M.S.L.) : معدل مستويات مياه البحر (ارتفاع وانخفاض المد والجزر) ويقدر بحوالي (0.0) .

مستوى المقارنة (Datum) : هو المستوى الذي تنسب اليها كل دولة مناسيب سطحها لحساب ارتفاعات وانخفاضات النقاط الارضية وبالنسبة للعراق يعتبر مستوى المقارنة هو مستوى سطح الخليج العربي عند مدينة الفاو .

علامة المنسوب (راقم التسوية) (Bench Mark – B.M.) : عبارة عن نقطة معلومة ثابتة المنسوب والتي من خلالها يتم ايجاد مناسيب بقية النقاط الأخرى وتكون على شكل صبة كونكريتية تدفن في الأرض أكثر من ثلثيها ويكتب على سطحها العلوي رقم المنسوب وتوجد في الاماكن البعيدة عن التأثيرات الخارجية .

منسوب النقطة (Reduced Level – Elevation – R.L.) : هو ارتفاع أو انخفاض النقطة عن مستوى سطح البحر أو مستوى المقارنة وتكون النقطة موجبة إذا كانت فوق مستوى المقارنة اي ارتفاع (+) اما إذا كانت النقطة اسفل مستوى المقارنة فتكون سالبة اي انخفاض (-) .

القراءة الخلفية (التسديد الخلفي) أو المؤخرة (Back Sight – B.S.) : هي أول قراءة تؤخذ بعد نصب الجهاز من معلومة المنسوب أو نقطة دوران وتسمى بالمؤخرة لأنها تقع خلف اتجاه السير للمسح.

القراءة الوسطية (التسديد الوسطي) (Intermediate Sight – I.S.) : هي القراءات التي تكون بين القراءة الخلفية والقراءة الأمامية وقج لا تكون هناك قراءات وسطية للمسافات القسيرة .

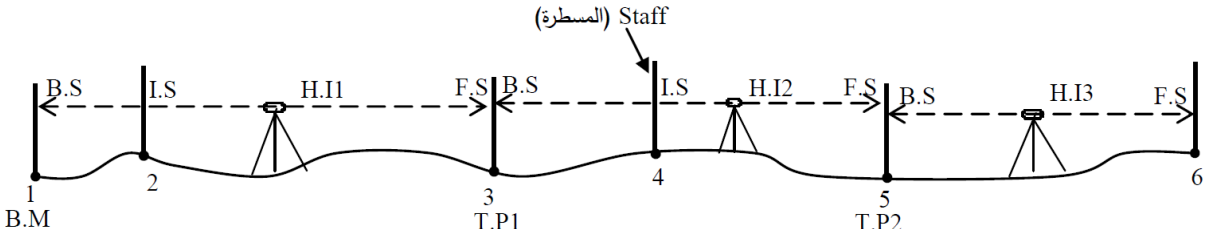
القراءة الأمامية (التسديد الأمامي) أو المقدمة (Fore Dight – F.S.) : هي آخر قراءة تؤخذ على مسطرة التسوية من الجهاز قبل نقله على موضع آخر .

نقطة الدوران (Turning Point – T.P) : هي نقطة مؤقتة يتم اختيارها على أرض صلبة ويؤخذ عليها قراءتين ، قراءة أمامية (F.S) من الوضع الأول للجهاز وقراءة خلفية (B.S) من الوضع الجديد للجهاز بعد نقله .

ارتفاع الجهاز (Height of Instrument – H.I.) : هو ارتفاع خط النظر لجهاز التسوية (Level) ويتم ايجاده من اضافة القراءة الخلفية للمسطرة لمنسوب النقطة التي اخذت عليها القراءة.

H.I. = B.M. + B.S.

H.I. = R.L. + B.S. = Ele. + B.S.



أنواع أجهزة التسوية (Types of levels)

1. أجهزة تسوية نوع دمبي (Dumpy level) .
2. أجهزة تسوية نوع أوتوماتيك (Automatic level) .
3. أجهزة تسوية نوع قلاب (ميال) (Tilting level) .
4. أجهزة تسوية نوع واي (Wye level) .

مساطر التسوية (Level Staffs) : مساطر التسوية تكون بأطوال مختلفة (3 m, 4 m, 5 m) وتكون علامات تدريج المسطرة بالوان مختلفة ومتساوية واكثرها شيوعاً هما اللونين الأسود والأحمر أما سطح المسطرة (تسمى المسطرة أيضاً القامة في بعض الكتب) يكون باللون الأبيض ، وتكون القراءة على المسطرة بأربعة أرقام (mm, cm, Dm, m) وتكتب بالشكل الآتي : 3.352 m

أنواع المساطر :

1. ذات قطعة واحدة (Solid Staff) .

2. المسطرة المطوية (Folding Staff) .
3. المسطرة المنزلقة (التلسكوبية) (Telescopic Staff) .

ملاحظة : تزداد قراءة المسطرة كلما كانت النقطة منخفضة (اي أن منسوب النقطة يقل) وبالعكس تقل قراءة المسطرة كلما ارتفعت النقطة (أي أن منسوب النقطة يزداد) .

حساب مناسيب النقاط (Calculation of elevation for points) : عند حساب منسوب نقطة أو عدة نقاط بمعلومية منسوب نقطة أخرى وقراءة المسطرة فيتم بإحدى الطريقتين :

1. طريقة ارتفاع الجهاز (سطح الميزان) أو ارتفاع خط النظر أو خط المسامتة Height of Instrument method .
2. طريق الارتفاع والانخفاض (Rise and Fall Method) .

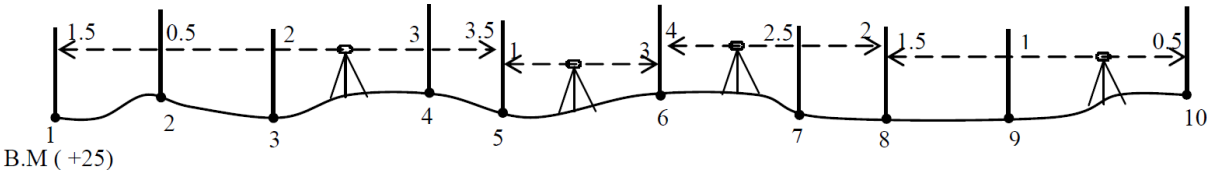
حساب المناسيب بطريقة ارتفاع الجهاز (H.I.) : تعتمد هذه الطريقة على إيجاد ارتفاع الجهاز وذلك بإضافة منسوب النقطة المعلومة إلى القراءة الخلفية (B.S.) على تلك النقطة ثم تحسب مناسيب النقاط الأخرى بطرح قراءة المسطرة الأمامية أو الوسطية من ارتفاع الجهاز ولإيجاد سقف بناية توضع المسطرة بصورة مقلوبة وتضاف إلى ارتفاع الجهاز . يتم وضع القيم والقراءات في جدول بالشكل الآتي:

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L. (Ele.)	Remark

وللتأكد من نتائج إجراء التحقيق الحسابي .

1. عدد المقدمات = عدد المؤخرات .
2. منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = مجموع المؤخرات (B.S.) – مجموع المقدمات (F.S.)

Ex: Put the following staff readings from the figure in the leveling table, them calculate the reduced levels (elevations) for the point using height of instrument method? Check you answer.



Sol:

H.I. = R.L. + B.S.

R.L. = H.I. – I.S.

R.L. = H.I. – F.S.

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Remark
1	1.5			26.5	25	B.M.
2		0.5			26	
3		2			24.5	
4		3			23.5	
5	1		3.5	24	23	T.P1
6	4		3	25	21	T.P2
7		2.5			22.5	
8	1.5		2	24.5	23	T.P3
9		1			23.5	
10			0.5		24	

		9		8		$\sum$

التحقيق:

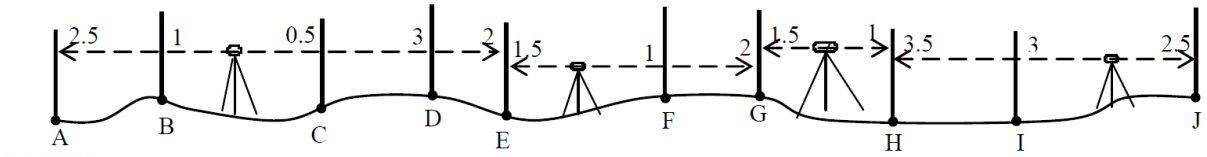
1. عدد المقدمات (F.S.) = عدد المؤخرات (B.S.) = 4
2. م – 25 = 8 – 9

م = 24 (منسوب آخر نقطة)

أو 24 – 25 = 8 – 9

1- = 1-

Ex2: From the figure, from leveling table and put the staff readings on it, then compute the elevation of the points with checking your calculation?



B.M (+9)

Sol:

H.I. = R.L. + B.S.

R.L. = H.I. – I.S.

R.L. = H.I. – F.S.

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Remark
A	2.5			11.5	9	B.M.
B		1			10.5	
C		0.5			11	
D		3			8.5	
E				11	9.5	T.P1
F		1			10	T.P2
G	1.5		2	10.5	9	
H	3.5		1	13	9.5	T.P3
I		3			10	
J			2.5		10.5	
$\sum$	9		7.5			

Ex3: Compute the calculation of the table?

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
A	1.8		200	198.2		
B	1.95	1.5	200.45	198.5		
C	0.85	1.1	200.2	199.35		B.M
D	1.15	2.2	199.15	198		
E	1.6	1.75	199	197.4		
F		1		198		
$\sum$	7.35	7.55				

Sol:

H.I. = B.M. + B.S. = R.L. + B.S.

R.L. = H.I. – F.S.

198 – X = 7.35 – 7.55 ..... 198 – X = – 0.2 .... 198 + 0.2 = X

من التحقيق نوجد منسوب نقطة (A)

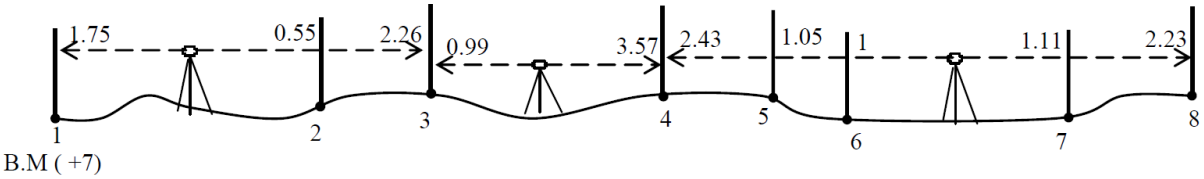
X = 198.2 m

يمكن حساب منسوب النقطتين (A) و (B) من :

1. ايجاد مناسيب النقاط (D, E, F) ، ثم ايجاد منسوب النقطة (A) من التحقيق ثم تكملة الحل.
2. ايجاد منسوب النقطة (A) و (B) باضافة منسوب (C) إلى (F.S.) لايجاد (H.I.) عند (B) ثم ايجاد منسوب (B) بطرح (B.S.) من (H.I.) ثم ايجاد النقطة (A) .

H.W.

Ex1: Enter the following readings into the leveling table and compute the elevation of the points by (H.I.) method, then check your answer?



Ex2: Complete the calculation of the table?

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
A	1.25		123.4		*	
B	0.85	2.4	*		*	
C	*	1.35	122.5		121.05	
D	1.95	0.85	*		*	
E	*	1.3	125.1		*	B.M
F		1.6			*	
$\sum$						

Ex3: Complete the missing information in the leveling table?

St.	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
A	1.85					
B	1.25	2.4				
C	1.05	1.35				
D	1.75	0.85			420.05	B.M
E	1.9	1.1				
F	1.3	1.95				
G		2.15				

حساب المناسيب بطريقة الارتفاع والانخفاض (Rise and Fall) :

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة قراءة المسطرة الموضوعة على النقطة المجهولة المنسوب مع قراءة المسطرة في النقطة السابقة لها المعلومة المنسوب .

- كلما زادت قراءة المسطرة دلّ على انخفاض منسوب النقطة وبالعكس كلما قلت قراءة المسطرة فان النقطة مرتفعة المنسوب .
- قراءة النقطة المعلومة – قراءة النقطة المجهولة = فرق الارتفاع والانخفاض
- منسوب النقطة المجهولة (R.L.) = منسوب النقطة المعلومة (R.L.) + مقدار الاتفاع (R) .
- منسوب النقطة المجهولة (R.L.) = منسوب النقطة المعلومة (R.L.) - مقدار الانخفاض (F) .
- التحقيق في طريقة الارتفاع والانخفاض يكون بالشكل الآتي:

1. عدد المقجمات (F.S.) = عدد المؤخرات (B.S.) .
2. منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = مجموع (B.S.) – مجموع (F.S.) .
3. منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = مجموعة (R) – مجموع (F) .

Station	B.S.	I.S.	F.S.	R (+)	F(-)	R.L. (Ele.)	Rem.

Ex1: Compute the elevation of the points by using Rise and Fall method, then check your calculations?

Points	B.S.	I.S.	F.S.	R (+)	F(-)	R.L. (Ele.)	Rem.
1	1.5					5	
2		0.5		1.0		6	
3	2		1		0.5	5.5	T.P1
4	3		3.5		1.5	4.0	T.P2
5		1		2.0		6.0	
6			2		1.0	5.0	
$\sum$	6.5		6.5	3.0	3.0		

Ex2: From the table find the missing informations?

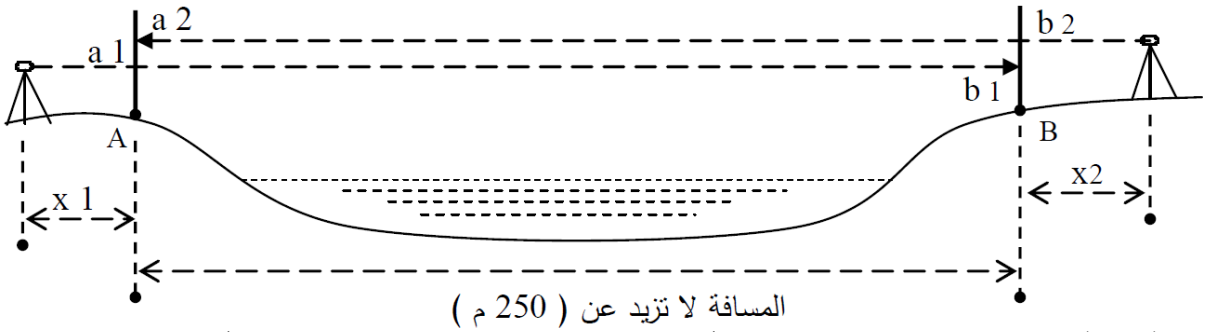
Points	B.S.	I.S.	F.S.	R (+)	F(-)	R.L. (Ele.)	Rem.
A	1.5					60.5	B.M.
B		2.5			1	*	
C		3.6			*	*	
D	3		2	*		*	T.P2
E		*			2.5	57.5	
F	3.8		1	4.5		*	
G			3	*		*	
$\sum$							

التسوية المتبادلة (العكسية) Reciprocal Leveling :

تستخدم في حالة ايجاد الفرق بين منسوبي نقطتين بينهما نهر عريض أو وادي عميق أو منخفض بحيث لا يمكن وضع الجهاز في منتصف المسافة بين النقطيتن فيكون الجهاز قريبا جدا من احدى النقطتين وبعيداً عن الأخرى بمسافة كبيرة ولتجنب مثل هذه الحالة والأخطاء الآلية الناتجة عن الجهاز والأخطاء الناتجة عن تأثير كروية الأرض وانكسار الاشعة يتم هذا النوع من التسوية وذلك عن طريق عدة حالات وهي :

الحالة الأولى : استعمال جهاز تسوية واحد مع مسطرة أو مسطرتين (المسافة بين النقطتي لا تزيد عن 250م) يتم وضع الجهاز بالقرب من النقطة الأولى ولمسافة معينة مثلاً (X1) ثم أخذ القراءة على النقطتين (A, B) ولتكن (a1, b1) ثم ينقل الجهاز إلى الضفة الأخرى وبمسافة من النقطة الثانية ولتكن (X2) بحيث تساوي تقريباً المسافة (X1) وأخذ القراءة على النقطتين ولتكن (a2, b2) وبعد ذلك يتم حساب الفرق الحقيقي في المنسوب بين (A) و (B) ولتكن (d) .

$$d = \frac{(a1-b1)+(a2-b2)}{2}$$



المسافة لا تزيد عن (250 م)

الحالة الثانية : استعمال جهازي تسوية مع مسطرة أو مسطرتين ، يتم وضع جهاز بالقرب من النقطة الأولى والآخر قرب النقطة الثانية وباستعمال مسطرتين لأنه يقلل الوقت اللازم للقراءة ومن ثم يتم إيجاد الفرق الحقيقي في المنسوب بين النقطتين كما في الحالة الأولى .

الحالة الثالثة : استعمال جهازي تسوية مع مسطرتين (المسافة تزيد عن 250م) ، يتم وضع جهاز بالقرب من النقطة الأولى والآخر قرب النقطة الثانية وباستعمال مسطرتين لأنه يقلل الوقت اللازم للقراءة ويتم أخذ القراءات من الجهازين ولتكن (a1, b1, a2, b2) ومن ثم يتم تبديل مكان الجهازين الواحد مكان الآخر واخذ القراءات (a3, b3, a4, b4) وثم إيجاد الفرق الحقيقي (d) في المنسوب بين القنطتين .

$$d = \frac{(a1-b1)+(a2-b2)+(a3-b3)+(a4-b4)}{4}$$

Ex1: In leveling between two points (A) and (B) on opposite banks of a river, the level was setup near (A) and the staff readings on (A) and (B) were (2.243, 3.391) respectively. The level was then moved and setup near (B) and respectively staff readings on (A) and (B) were (1.889, 3.041). Find the true difference of level (A), (B), and R.L of point (B) if R.L point (A) is (100 m)?

Sol:

$$d = \frac{(a1-b1)+(a2-b2)}{2}$$

$$d = \frac{(2.243-3.391)+(1.889-3.041)}{2} = -1.15\,\text{m}$$

R.L. (B) = R.L. (A) + d = 100 – 1.5 = 98.85 m

Ex2: Level setup near point (A) and the readings were (1.24, 2.4) at (A, B), then the level moved to the near at (B) and the readings were (0.96, 2.20) at (A) and (B). calculate the correct reading at (B) if R.L (B) is (102.4)?

Sol:

$$d = \frac{(a1-b1)+(a2-b2)}{2}$$

$$d = \frac{(1.24-2.4)+(0.96-2.206)}{2} = -1.203\,\text{m}$$

R.L. (B) = R.L. (A) + d

R.L. (A) = 102.4 + 1.203 = 103.603 m

H.I. = R.L. (A) +B.S. = 103.603 + 1.24 = 104.843 m
Correct staff reading at (B) = H.I. – R.L.(B) = 104.843 – 102.4 = 2.443 m

تطبيقات على التسوية

1. **التسوية المزدوجة (Double leveling) :** تستعمل في الحالات التي تتطلب دقة عالية وفيها يتم حساب مناس التسوية المتبادلة (العكسية يب النقاط ذهاباً وإياباً أي لكل نقطة منسوبين (تسوية أمامية وخلفية) فإذا كان المنسوبان للنقطة متساويين دلّ ذلك على ضحة العمل أما إذا كان هناك فرق قليل فيتم استخراج المعدل بينما إذا كان الفرق كبيراً فيلزم إعادة العمل . في التسوية المزدوجة لا توجد هناك قراءات وسطية (.I.S) .

Ex: Compute the mean elevation of the points?

Level direction	St.	B.S.	F.S.	H.I.	Ele.	Mean Ele.
Forward leveling التسوية الأمامية (A) to (F)	A	1.1			500	
	B	1.0	1.8			
	C	1.75	2.2			
	D	0.9	1.55			
	E					
	F		2.45			
backward leveling التسوية الخلفية (B) to (A)	B	2.75				
	E	1.45	1.12			
	D	1.85	1.61			
	C	1.4	0.75			
	A		0.62		500	

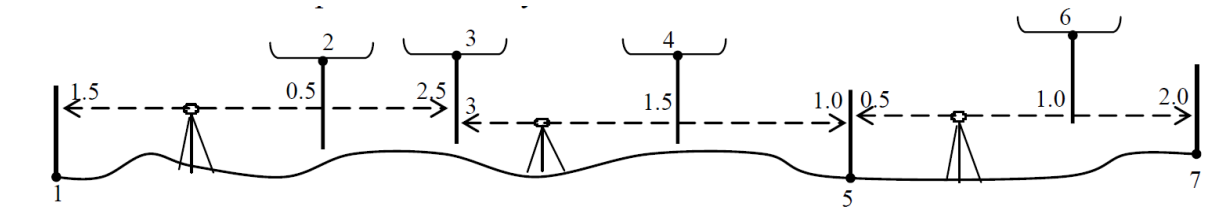
Ex: Double leveling worked from point (A) to (F), then the leveling is worked backward from (F) to (A) and the reading are recorded in the table. Compute the average elevations of the points?

Level direction	St.	B.S.	F.S.	H.I.	Ele.	Mean Ele.
Forward leveling التسوية الأمامية (A) to (F)	A	1.75			98.25	
	B	1.0	1.55			
	C	1.4	1.65			
	D	0.9	1.15			
	E	1.25	1.6			
	F		1.35			

backward leveling التسوية الخلفية (F) to (A)	F	1.45				
	E	1.65	1.3			
	D	1.35	1.1			
	C	1.7	1.7			
	B	0.95	1.0			
	A		1.15		98.25	

2. **التسوية المقلوبة (Invert Leveling) :** هي تسوية اعتيادية إلا أنها تستعمل لحساب مناسيب بعض النقاط التي ترتفع عن سطح الأرض مثلاً سقف أو أسفل جسر وفي هذه الحالة يتم قلب المسطرة أي جعل صفر المسطرة نحو الاعلى وتوضع علامة (*) أو (-) عند تسجيل القراءات التي فيها المسطرة مقلوبة ، أي يتم أخذ الإشارة بنظر الاعتبار أي لإيجاد منسوب السقف يتم إضافة القراءة إلى ارتفاع الجهاز .

Ex1: From the figure; enter the readings in the leveling table , then compute the elevations of the points . Check your calculation?



Sol:

Station	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Remarks
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
$\sum$						

Ex2: Compute the elevations of the points that are shown in the table by using rise and fall method, then check your calculation?

Point	B.S.	I.S.	F.S.	R (+)	F(-)	(Ele.)	Rem.
1	1.5					9	
2		- 2.5					
3	- 0.5		- 3.5				
4		3					
5		- 2					
6		3					
7	- 2		- 1.5				
8			3.5				
$\sum$							

التحقيق :

1. عدد المقدمات (F.S.) = عدد المؤخرات (B.S.) = 3
2. منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = مجموع (B.S.) – مجموع (F.S.)
3. منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = مجموع (R) – مجموع (F)

الأخطاء والاغلاط في التسوية (Errors and Mistakes in Leveling)

لغرض الحصول على نتائج دقيقة في عملية التسوية يتم معرفة الأخطاء التي تؤدي إلى عدم دقة النتائج ولذلك يتم تصحيحها وتلافيها ومن هذه الأخطاء وحسب مصادرها هي :

1. الأخطاء الآلية (Instrumental Errors) .
2. الأخطاء البشرية (الشخصية) (Personal Errors) .
3. الأخطاء الطبيعية (Natural Errors) .

الأخطاء الآلية (Instrumental Errors) : تشمل الأخطاء الموجودة في الجهاز والمسطرة .

أ) **جهاز التسوية (Level) :** يتم تجنب الأخطاء عن طريق ضبط الجهاز قبل استعماله ونصبه بصورة صحيحة وجيدة ويفضل وضع الجهاز في منتصف المسافة بين المقدمة (F.S.) والمؤخرة (B.S.) وكذلك يجب ربط الجهاز بالركيزة لمنع حركته واهتزازه وان تكون الفقاعة في المنتصف دائماً .

ب) **المسطرة (Staff) :** يجب تجنب الأخطاء من خلال طريقة تدريج المسطرة قبل استعمالها والتأكد من صحة طولها وتقسيماتها وأن تستعمل بحيث يتم المحافظة عليها من التآكل وإزالة ما يتعلق فيها من أتربة .

الأخطاء البشرية (الشخصية) (Personal Errors) : وتشمل الأخطاء التالية :

1. عدم ضبط فقاعة التسوية في منتصف الجهاز .
2. عجم توضيح الصورة والشعيرات .
3. نصب الجهاز في أرض رخوة مما سحعل الركيزة أو الحامل يغوص في الأرض .
4. اصطدام الراصدة بالركيزة مما يؤثر في نصب الجهاز .
5. عجم ضبط شاقولية المسطرة على النقطة .
6. عدم أخذ القراءة على الشعيرات الصحيحة .

7. عدم تسجيل القراءات في مواقعها الصحيحة في الجدول .
8. عجم تسجيل القراءات الحقيقية وتسجيلها بأرقام أخرى بديلة .
9. أخطاء في الحسابات .

الأخطاء الطبيعية (Natural Errors) : تشمل ما يأتي :

1. تأثير كروية الأرض (Effect of the curvature) .
2. تأثير الانكسار الضوئي (The refraction effect) .
3. تأثير الرياح على ثبات الجهاز والمسطرة (The wind effect) .

تصحيح الأخطاء في التسوية (Correction of Errors) :

لغرض تحقيق العمل الحقلي والتأكد من صحة المعلومات وإيجاد مقدار الخطأ الذي يحدث فيه ومقارنته بالخطأ المسموح به في عملية التسوية يتم إجراء التصحيحات الآتية :

1. الأخطاء الناتجة بسبب الجهاز والاستعمال .
2. الأخطاء الناتجة بسبب تأثير كروية الأرض والانكسار الضوئي .

الأخطاء الناتجة بسبب الجهاز والاستعمال : إن الأخطاء تقلل من دقة النتائج لذلك يتم اتخاذ الحيطة أثناء العمل وأهم ما يجب اتخاذه هو وضع الجهاز في منتصف المسافة بين النقطتين وأن لا تزيد عن (100 m) ليمكن قراءة المسطرة بوضوح وكذلك الدقة في قراءة المقدمات والمؤخرات ولتحقيق العمل الحقلي يجب أن تنفذ عملية التسوية عن طريق إحدى الطرائق الآتية :

1. تبدأ عملية التسوية من راقم تسوية (B.M.) وتنتهي بنفس الراقم وتسمى العملية في هذه الحالة بالتسوية المغلقة .
2. تبدأ عملية التسوية من راقم تسوية وتنتهي براقم تسوية آخر وتسمى العملية في هذه الحالة بالتسوية المربوطة .
3. إعادة التسوية بصورة معكوسة لاتجاه العمل الأول عند عدم الوصول إلى راقم تسوية في نهاية العمل .

يتم حساب مناسيب النقاط عندها يمكن حساب مقدار الخطأ في عملية التسوية بمقارنة منسوب راقم التسوية المعلوم مع المحسوب وأن مقدار الخطأ يكون على نوعين :

1. خطأ مسموح به .
2. خطأ غير مسموح به ، عندها يتم إعادة العمل مرة أخرى .

مقدار الخطأ المسموح به في التسوية (permissible Error in Leveling (P.E.))

$$P.E. = N\sqrt{TL} \quad \ldots(1)$$

حيث أن :

P.E. : مقدار الخطأ المسموح به (mm) .
N : ثابت الدقة وتكون بين (4) و (15)
TL : المسافة الكلية (مجموع الأطوال) (km)

Total Error (T.E.) = Computed R.L. – Known R.L. ...(2)

مقدار الخطأ الناتج = منسوب النقطة المحسوب – منسوب النقطة المعلوم

إذا كان مقدار الخطأ الناتج ضمن الخطأ المسموح به فيتم تصحيح المناسيب أما إذا كان مقدار الخطأ اكبر من المسموح به فيتم إعادة العمل .

Total Correction (T.C.) = - Total Error (T.E.) ...(3)

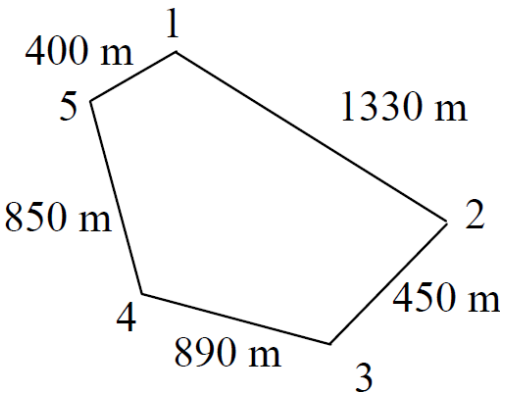
مقدار التصحيح الكلي = - مقدار الخطأ الناتج

$$\text{Correction of R.L. for any point} = \frac{T.C. \times (\text{Distance from beggining to the point})}{\text{Total Length}} \quad \ldots(4)$$

تصحيح منسوب كل نقطة = مقدار التصحيح الكلي ×(مسافة النقطة عن نقطة البداية)/ المسافة الكلية

Ex: In Leveling operation for the closed traverse, the elevations of the points are shown in the table. Compute the corrected elevations if the constant accuracy is (10)?

Point	Distance (m)	Total distance (m)	R.L. (m)
1	0	0	250.940
2	1330	1330	252.233
3	450	1780	255.465
4	890		255.308
5	850		255.036
1	400		250.949
	3920		



Sol:

$$\text{Correction of R.L. for any point} = \frac{T.C. \times (\text{Distance from beggining to the point})}{\text{Total Length}}$$

T.C. = - T.E.

Total Error (T.E.) = Computed R.L. – Known R.L.

T.E. = 250.949 – 250.940 = 0.009 m = 9 mm

$$P.E. = N\sqrt{TL} = 10\sqrt{3.92} = 19.8 \text{ mm}$$

T.C. = – 0.009 m

$$\text{Correction of R.L. for any point } (2) = \frac{-0.009 \times 1330}{3920} = -0.003 \text{ m}$$

$$\text{Correction of R.L. for any point } (3) = \frac{-0.009 \times (1330 + 450)}{3920} = -0.004 \text{ m}$$

$$\text{Correction of R.L. for any point } (4) = \frac{-0.009 \times (1330 + 450 + 890)}{3920} = -0.006 \text{ m}$$

$$\text{Correction of R.L. for any point } (5) = \frac{-0.009 \times (1330 + 450 + 890 + 850)}{3920} = -0.008 \text{ m}$$

$$\text{Correction of R.L. for any point } (1) = \frac{-0.009 \times (1330 + 450 + 890 + 850 + 400)}{3920} = -0.009 \text{ m}$$

R.L. (2) = 252.233 – 0.003 = 252.230 m

R.L. (3) = 255.465 – 0.004 = 255.461 m

R.L. (4) = 255.308 – 0.006 = 255.302 m

R.L. (5) = 255.036 – 0.008 = 255.028 m

R.L. (1) = 250.949 – 0.009 = 250.940 m

الأخطاء الناتجة بسبب كروية الأرض والانكسار (التكور والانكسار) أو التحدب والانكسار
(Curvature and Refraction)

1. عندما تكون المسافة قصيرة أي أن المسطرة قريبة من الجهاز فيتم إهمال تأثير كروية الأرض والانكسار.
2. عندما تكون المسافة كبيرة فيتم أخذ تأثير كروية الأرض والانكسار بنظر الاعتبار .

مقدار الخطأ الناتج عن الكروية والانكسار :

$Cc = -0.0785\ D^2$
$Cr = +0.0112\ D^2$
$Ccr = -0.0673\ D^2$

حيث أن :

Cc : مقدار التصحيح للتحدب (m) .
Cr : مقدار التصحيح للانكسار (m) .
Ccr : مقدار التصحيح للتحدب والانكسار (m) .
D : المسافة الأفقية (km) .

Ex: A Staff put at a distance (200 m) from a level and the reading was (2.758 m) . Compute the correct reading for curvature and refraction?

Sol:

$Ccr = -0.0673\ D^2 = -0.0673\ (0.2)^2 = -0.027$ m
Corrected reading = 2.758 – 0.0027 = 2.755 m

المقاطع الطولية (Longitudinal /section or Profile)

هي المقاطع الناتجة من عملية التسوية في الاتجاه الطولي (الخط المركزي) للمشروع مثل الطرق وخطوط الكهرباء والقنوات والمبازل وأنابيب المجاري والسكك الحديدية وغيرها من الامال الهندسية الأخرى .

توضح هذه المقاطع التغيرات في طبيعة سطح الأرض على طول المحور الذي يكون أفقياً أو مائلاً بميل واحد أو أكثر وبذلك يمكن حساب كمية الأتربة اللازمة لإنشاء المشروع ، ويتم إنتاج هذه المقاطع من حساب مناسيب النقاط التي يتغير فيها سطح الأرض تغيراً واضحاً وعلى مسافات معينة . يتم اختيار النقاط حسب تغير طبيعة الأرض وعلى مسار مستقيم ومن ثم قياس المسافات الأفقية بين النقاط وتسجيلها في الجدول ثم أخذ القراءات وبعدها ايجاد المناسيب بإحدى الطريقتين المعروفة إما طريقة (H.I.) أو طريقة (R. & F.) .

عمل المقاطع الطولية : تتضمن هذه العملية القيام بالخطوات الآتية :

1. تحديد اتجاه محور المسار بوضع عدد النقاط التي يتغير اتجاه ميل سطح الأرض وحسب الطبيعة بوضع شاخص أو نبال في مواقع النقاط .
2. القيام بأخذ القراءات وأن تبتدئ بنقطة معلومة المنسوب
3. تدوين القراءات في جدول التسوية وبصورة صحيحة .
4. قياس المسافات الأفقية بين النقاط على طول المسار وتدوينها في الجدول .
5. حساب مناسيب النقاط .

رسم المقاطع الطولية : يتم تمثيل المسافات على المحور السيني والمناسيب على المحور الصادي وبما أن المسافات تكون كبيرة مقارنة مع فرق المناسيب بين النقاط فانه يؤخذ مقياس رسم صغير للمسافات أي أن المقام كبير بينما يتم اختيار مقياس رسم كبير للمناسيب أي أن المقام صغير ويتم استعمال أوارق بيانية لرسم المقطع الطولي ويستحسن أن يبدأ المحور الصادي بأقل منسوب موجود في الجدول للتقليل من مساحة الرسم .

Ex1: Compute the elevations of the points, then draw the profile with suitable scale?

Points	Dis. (m)	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
1	0	1.732				10	B.M.
2	25		2.451				
3	50		3.162				
4	75	2.972		3.213			T.P.
5	100		1.346				
6	125		2.122				
7	150			0.678			

Sol:

H.I. = B.M. + B.S.

R.L. = H.I. – I.S.

R.L. = H.I. – F.S.

Points	Dis. (m)	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
1	0	1.732				10	B.M.
2	25		2.451			9.281	
3	50		3.162			8.570	
4	75	2.972		3.213		8.519	T.P.
5	100		1.346			10.145	
6	125		2.122			9.369	
7	150			0.678		10.813	

Ex2: From the following readings, draw the profile with horizontal scale (1: 1000) for the distance and (1:100) vertical scale for the elevations if the distance between each two points is (20 m) and the elevation of point (5) is (30 m)?

Points	Dis. (m)	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
1	0	3.8					B.M.
2	20		2.3				
3	40	1.0		0.2			T.P.
4	60		0.8				

5	80		2.1				
6	100	0.5		3.9			T.P.
7	120			2.3			

Sol:

H.I. = B.M. + B.S.

R.L. = H.I. – I.S.

R.L. = H.I. – F.S.

Points	Dis. (m)	B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	R.L.	Rem.
1	0	3.8			31.3	27.5	B.M.
2	20		2.3			29	
3	40	1.0		0.2	32.1	31.1	T.P.
4	60		0.8			31.3	
5	80		2.1			30	
6	100	0.5		3.9	28.7	28.2	T.P.
7	120			2.3		26.4	

Ex: Draw the profile for the center line of the canal. Use (1:10000) as a horizontal scale and (1:25) for vertical scale?

Points	1	2	3	4	5	6	7
Distance	0	175	225	150	300	275	350
R.L.	50.75	49.50	50.25	49	49.25	48.25	50.5

Sol:

خط الانشاء (Grade Line) : يتم تحديد خط الإنشاء للمشروع بعد رسم المقطع الطولي وحسب الظروف الطبيعية مع مراعاة ما يلي :

1. ان تكون كميات الحفر (Cut) والردم (Fill) متساوية قدر الإمكان وأقل ما يمكن .
2. يكون خط الإنشاء بميل واحد أو عدة ميول ويقدر بنسبة مئوية ويكون الميل موجباً في حالة الارتفاع (+) وسالباً في حالة الانخفاض (-) .

$$\text{ميل خط الإنشاء} = \frac{\text{منسوب آخر نقطة} - \text{منسوب أول نقطة}}{\text{المسافة الأفقية}} \times 100\ \%$$

$$\text{منسوب آخر نقطة لخط الإنشاء} = \text{منسوب أول نقطة لخط الإنشاء} \pm \frac{\text{الميل} \times \text{المسافة الأفقية}}{100}$$

حساب الردم والحفر : يتم حساب مقدار ارتفاع الحفر والردم من معرفة مناسيب الأرض الطبيعية ومناسيب خط الإنشاء للمشروع وذلك من طرح أحدهما من الآخر فإذا كان منسوب الأرض اعلى من منسوب خط الإنشاء فسيكون هناك حفر (قطع) وبالعكس سيكون ردم (دفن) .

Ex: The following readings are taken from profile leveling between (A) and (B), the distance between them (50 m). The elevation of point (A) is (20 m). Draw the profile and determine the gradient line from elevation (19 m) and sloping down (0.32 %). Find the height of cut and fill? (**Use Rise & Fall method**).

Sol:

Station	A	1	2	3	4	B
Distance	0	50	100	150	200	250
B.S.	0.58	1.04	2.54	1.8	0.92	
F.S.		1.43	2.19	1.92	1.11	2.03

Sol:

$$\text{منسوب آخر نقطة لخط الإنشاء} = \text{منسوب أول نقطة لخط الإنشاء} - \frac{\text{الميل} \times \text{المسافة الأفقية}}{100}$$

Sta.	**Dis.**	**B.S.**	**F.S.**	**R**	**F**	**Ele.**	**Ele. Of grade line**	**Height of cut**	**Height of fill**
A	0	0.58				20	19	1	
1	50	1.04	1.43		0.85	19.15	18.84	0.31	
2	100	2.54	2.19		1.15	18	18.68		0.68
3	150	1.8	1.92	0.62		18.62	18.52	0.1	
4	200	0.92	1.11	0.69		19.31	18.36	0.95	
B	250		2.03		1.11	18.2	18.2	0	0

R.L (1) for G.L = 19 – (0.32×50) / 100 = 18.84

R.L (2) for G.L = 19 – (0.32×100) / 100 = 18.68

Ex(H.W): Compute the reduce level of the points for the following readings, then draw the profile using scale (1:5000) for distances and (1:50) for the elevations, so draw the grade line starting from station (0+00) sloping (0.5 %) to down to station (5+00) and find the height of cut and fill?

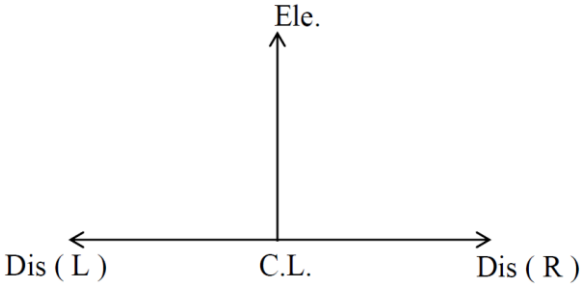
Sta.	Dis.	B.S.	F.S.	R	F	Ele.	Ele. Of grade line	Height of cut	Height of fill
1	0+00	1.52				25.00			
2	0+50		1.91						
3	1+00	2.59		2.41					
4	1+50		1.92						
5	2+00	1.12		1.48					
6	2+50		1.44						
7	3+00	1.16		1.50					
8	3+50		1.82						
9	4+00	1.22		1.91					
10	4+50		2.30						
11	5+00			3.85					

المقاطع العرضية (Cross Sections) :

هي المقاطع التي تؤخذ مناسيبها في الاتجاه العمودي على المقطع الطولي وعلى جانبي المحور والغرض من هذه المقاطع هو معرفة شكل طبيعة الأرض على الجانبين وحساب الكميات الترابية اللازمة لإنشاء المشروع .

يعتمد طول المقطع العرضي على الغرض من المشروع ويتم اختيار النقاط حسب تغير الأرض كالمقطع الطولي وقياس المشافات الأفقية بين النقاط من مركز المشروع باتجاه اليمين واليسار وتسجيلها في الجدول كما مبين أدناه ويكون مقياس الرسم للمقطع العرضي متساوي بالنسبة للمسافات والمناسيب (1:50, 1:100, 1:200) . تؤخذ المقاطع العرضية على مسافات متساوية عندما تكون الأرض منتظمة الانحدار مثلاً (100 m, 50 m, 20 m) بينما في حالة كون تغير طبيعة الأرض غير منتظم فتؤخذ المقاطع في النقاط التي تتغير فيها الأرض تغيراً واضحاً .

Station	Distance		
	L	C.L.	R
A			



Ex: The readings for cross sectional leveling at stations (0+00) and (1+00) are shown in the table below to construct a road with width (8m) and side slope (1V:2H). The grade line level is (22 m). Compute the elevations of the points, draw the cross section using scale (1:100) and find the height of the fill at the stations?

Station	Distance			B.S.	I.S.	F.S.	H.I.	Ele. (m)
	L	C.L.	R					
B.M.				1.1				20.5
0 + 00		0+00			1.47			
					1.5			
					1.45			
	2.5				1.35			
	5.0				1.37			
1 + 00		1+00		1.3		1.5		
			2.5		1.46			
			5.0		1.4			
	2.5				1.43			
	5.0					1.45		

Sol:

H.I. = B.M. + B.S.

Ele. = H.I. – I.S.

Ele. = H.I. – F.S.

حساب حجوم الكميات الترابية للقطع والردم

(Volumes of the earth works for cut and fill)

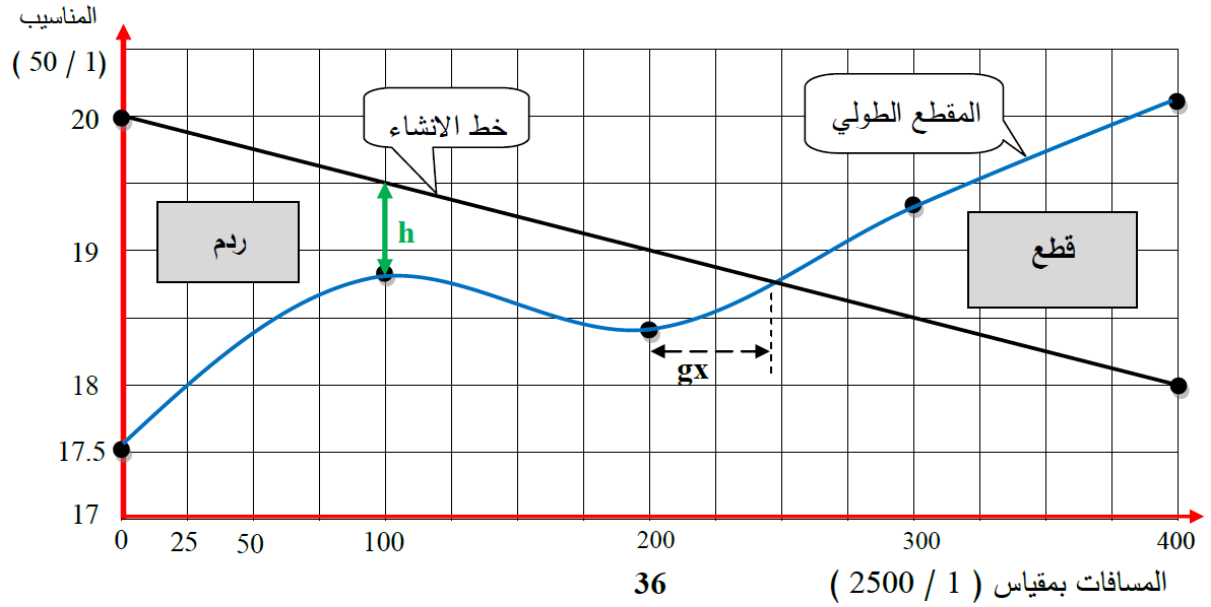
يعتبر حساب الكميات الترابية من أهم الاعمال للمقاطع الطولية والعرضية حيث يتوقف عليها تحديد كلفة إنجاز المشروع ، وتتلخص عملية حساب حجوم الكميات الترابية بحساب مساحة كل مقطع عرضي عند كل محطة (عند كل مقطع عرضي) ثم حساب الحجوم من العلاقة الآتية :

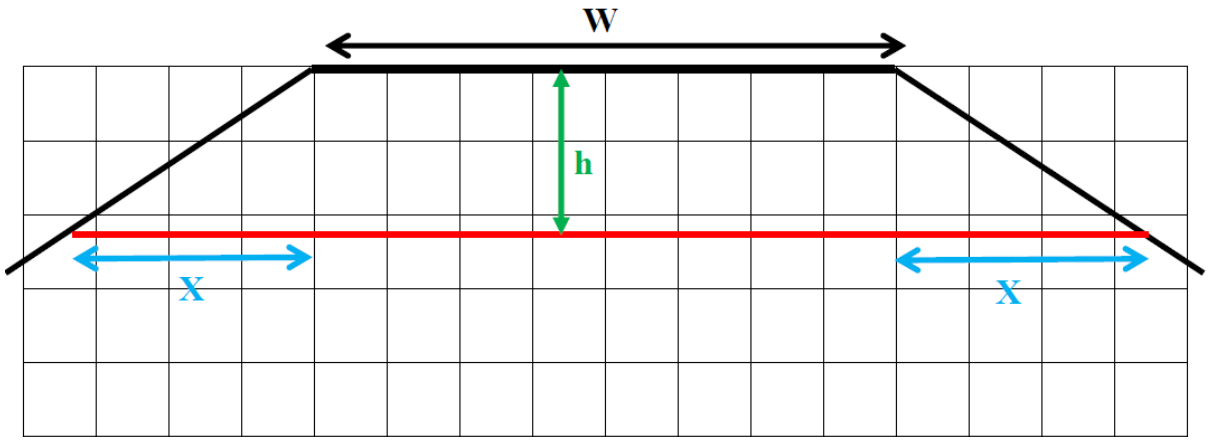
$$\text{حجم الردم أو القطع بين مقطعين} = \frac{\text{مساحة المقطع الأول + مساحة المقطع الثاني}}{2} \times \text{المسافة بين المقطعين}$$

Ex: The informations below of the longitudinal section are taken at each (100m), the road is construct with width (8m), the elevation of the first point for the road is (20m) with slope (- 0.5%) and the side slope (2V:3H). Draw the profile and the grade line, then calculate the volume of cut and fill?

Solu:

Sta.	Ground level	Grade line	Height of cut	Eight of fill	Area of cut	Area of fill	Vol. of cut	Vol. of fill
0+00	17.55	20		2.45		28.60		**1746.75**
1+00	18.8	19.5		0.7		**6.335**		**559.45**
2+00	18.45	19		0.55		**4.854**		97.08
3+00	19.35	18.5	0.85		7.883			
4+00	20.15	18	2.15		24.133			





2/3 = h/x

x = 2.45 × 3/2 = 3.675 m

L = W + 2 × x

L = 8 + 2 × x = 8 + 2 × 3.675 = 15.35 m

Area = (8 + 15.35) × 2.45 / 2 = 28.6 m^2

Vol. (1, 2) = (28.6 + 6.335) × 100 / 2 = 1746.75 m^3

2/3 = 0.7 / x

x = 0.7 × 3/2 = 1.05 m

L = 8 + 2 × x = 8 + 2 × 1.05 = 10.1 m

Area = (8 + 10.1) × 0.7 / 2 = 6.335 m^2

If side slope for the road = Ss الميل الجانبي للطريق

Area = (W + L) × h / 2 = (W + W + 2 × h / Ss) × h / 2

= (2W + 2 × h / Ss) × h / 2

Area = (W + h / Ss) × h

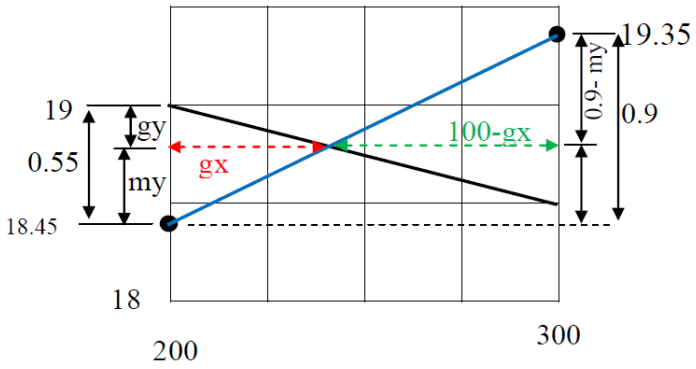
حيث أن :

W : عرض الطريق

h : ارتفاع القطع أو الردم

Area at st. (2+00) = 0.55 × (8 + 0.55 / 2 / 3) = 4.854 m^2

Vol (2, 3) = (4.854 _ 6.335) × 100 / 2 = 559.45 m^3



200	18.45	19
300	19.35	18.5

0.5 / 100 = gy / gx .... gy = 0.5 gx /100

my = 0.55 – gy .... my = 0.55 – 0.5 gx / 100

0.9 / 100 = (0.9 – my) / (100 – gx)

gx = 39.3 m

الخرائط الطوبوغرافية (Topographic Maps)

هي الخرائط التي تبين المعالم الصناعية والطبيعية كالمباني والطرق ومجاري الأنهار والجبال وغيرها أي أنها تمثل الصورة الرأسية لجميع المعالم الطبيعية والاصطناعية الموجودة على سطح الأرض.

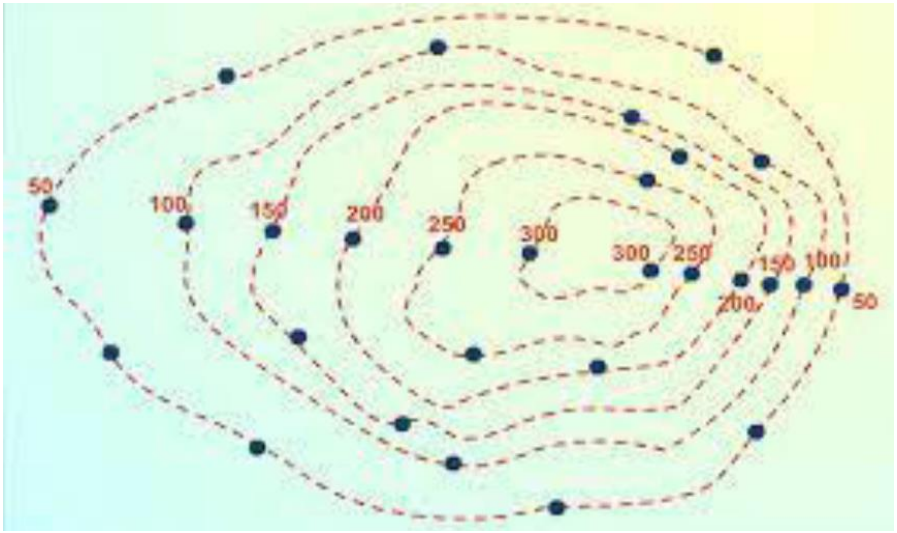
هناك طرائق لبيان الارتفاعات والانخفاضات للنقاط الارضية وبيان طوبوغرافيتها منها :

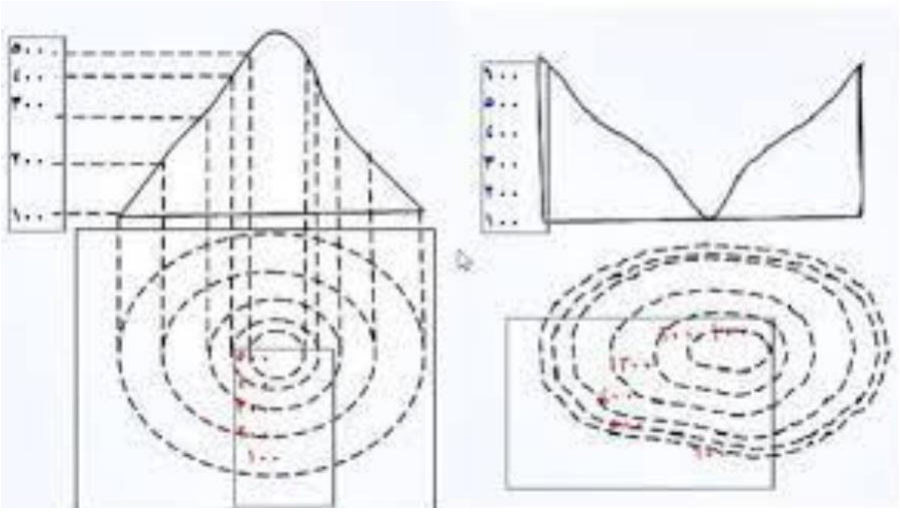
1. **طريقة الالوان أو التلوين (color method) :** تستخدم في الخرائط الجغرافية التي تمثل مساحات واسعة وكبيرة مثل الدول والقارات حيث يستخدم في ذلك التلوين كاللون الأزرق دلالة للمياه ولا تظهر في هذه الخرائط المناسيب بصورة دقيقة للنقاط ولذا فهي لا تصلح للاعمال الهندسية .
2. **طريقة التظليل بالخطوط (Hachuring method) :** تستخدم في بعض الخرائط منها الحربية حيث يتم بيان الارتفاعات والانخفاضات بخطوط سميكة ومتقاربة في المنحدرات الشديدة ورفيعة متباعدة في المنحدرات البسيطة بينما في المناطق المستوية لا يرسم شيء ولذلك لا تصلح للاعمال الهنجسية أيضاً .
3. **طريقة النماذج المجسمة أو الموديلات (Models method) :** تستعمل في المعارض والمشاريع الهندسية الكبيرة كالسدود والمجمعات الصناعية حيث يستخدم الجبس أو الطين أو الخشب في صنعها .
4. **طريقة الخطوط الكنتورية أو خطوط الكفاف (Contour lines method) :** تعتبر من أدق الطرائق المستخدمة حيث تستخدم بصورة واسعة لأنها تبين مناسيب الارضية مباشرة .

خط الكنتور أو الكفاف (Contour Line) : هو الخط الوهمي الذي يربط بين النقاط ذات المنسوب الواحد على سطح الأرض .

خصائص خطوط الكنتور (Characteristics of contour lines) :

1. جميع النقاط الواقعة عليه لها نفس المنسوب وهو خط متصل .
2. خطوط الكنتور تقترب من بعضها في المناطق الشديدة الانحدار ومتباعدة في القليلة الانحدار .
3. تكون مقفلة على نفسها وتحمل رقم المنسوب .
4. خطوط الكنتور لا تتقاطع فيما بينها إلا في حالات نادرة جداً كوجود كهف ولا تتفرع إلى فرعين إطلاقاً .
5. لا يمكن ان يقع خط كنتوري بين خطين كلاهما اقل أو أكثر منسوباً منه .
6. تدل الخطوط التي تتزايد أرقامها من الداخل إلى الخارج على المنخفض ومن الخارج إلى الداخل يدل على المرتفع .





الفترة الكنتورية (Contour Interval) : هي المسافة أو البعد العمودي بين خطين كنتور متتاليين ويرمز لها بالرمز (I) وتسمى بالفترة العمودية (Vertical Interval) .

الفسحة الكنتورية (Contour Spacing) : هي المسافة الأفقية بين خطي كنتور متتاليين ويرمز لها بالرمز (S) وتسمى الأفقية (Horizontal Interval) .

يتوقف اختيار الفترة الكنتورية على عدة عوامل :

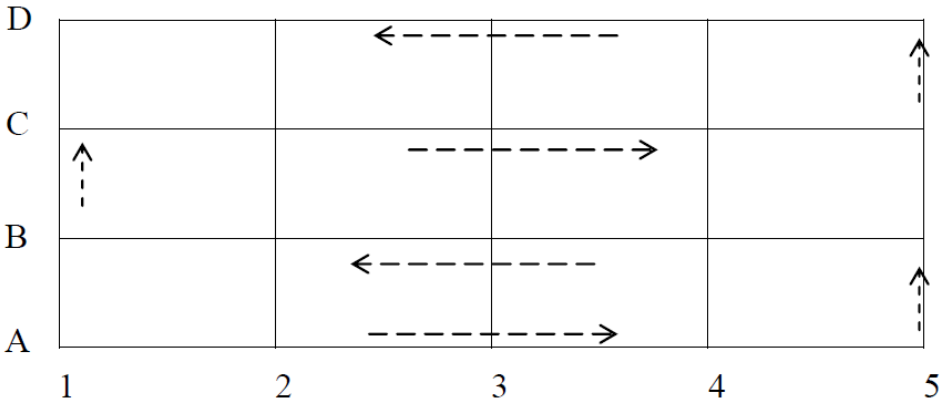
1. **طبيعة سطح الأرض (Nature of the earth) :** تكون الفترة الكنتورية كبيرة في المناطق الجبلية الشديدة الانحدار وصغيرة في المناطق المنبسطة القليلة الانحدار لبيان سطح الأرض .
2. **مقياس الخارطة (Scale of map) :** يتناسب المقياس تناسباً عكسياً مع الفترة الكنتورية أي كلما كبر المقياس قلت الفترة الكنتورية وبالعكس كلما صغر المقياس زادت الفترة الكنتورية .
3. **الغرض من الخارطة (Purpose of the map) :** تكون الفترة الكنتورية صغيرة في المشاريع الهندسية المهمة والدقيقة بينما تكون الفترة الكنتورية كبيرة في أغراض أخرى غير مهمة .
4. **الوقت والكلفة (The time and the cost) :** كلما كانت الفترة قصيرة كلما ادى ذلك إلى زيادة الوقت وبالتالي إلى زيادة الكلفة أما إذا كان الوقت قليلاً فيجب استخدام فترة كنتورية كبيرة.

طرائق تعيين خطوط الكنتور (خطوط الكفاف)

لغرض تحديد الخطوط الكنتورية يجب حساب مناسيب النقاط ومعرفة مواقعها في الاحداثيين أو المسقطين الأفقي والعمودي وهناك طريقتان وهي :

1. **الطرائق المباشرة (Direct Method) :** تشمل تعيين النقاط التي لها نفس المنسوب في الحقل وذلك عن طريق استخدام جهاز التسوية (Level) مع المسطرة أو استعمال اللوحة المستوية مع جهاز الاليداد (Plane table and Alidade) .
2. **الطرائق غير المباشرة (Indirect Method) :** تعتمد على تثبيت مناسيب عدد من النقاط الارضية على امتداد شبكة من الخطوط المستقيمة ومن هذه الطرائق :
   أ. طريقة التسوية الشبكية (طريقة المربعات) (Grid Method) .
   ب. طريقة الاشعاع (Radial Method) .
   ت. طريقة المقاطع الطولية والعرضية (Profile and cross section method) .

<u>طريقة التسوية الشبكية</u> : تعد من أحسن الطرائق التي تستخدم في المناطق الصغيرة المساحة ذات الانحدارات القليلة والتي لا تختلف فيها المناسيب كثيراً حيث يتم تقسيم الأرض إلى عدد من المربعات أو المستطيلات التي تتراوح أطوال أضلاعها من (5 m) إلى (20 m) وحسب طبيعة الأرض والفترة الكنتورية . تعيّن مناسيب أركان الشبكة باستخدام جهاز التسوية مع المسطرة بعد ترقيمها بالحروف مثلاً ومن ثم رسم خطوط أفقية من الضلع الاخر الذي يتم تريقمه بالارقام عندئذ تتقاطع الخطوط العمودية مع الأفقية بنقطة والتي تمثل أركان المربعات الصغيرة وكل منها تحمل تسمية خاصة بها بالحرف والرقم وتثبت الاوتاد فيها ثم تحسب مناسيبها وبعدها يتم تحديد الخطوط الكنتورية وحسب الفترة المطلوبة .



رسم أو تمرير الخطوط الكنتورية (Interpolation or graphic of contour lines)

يتم رسم الخطوط الكنتورية بطرائق منها :

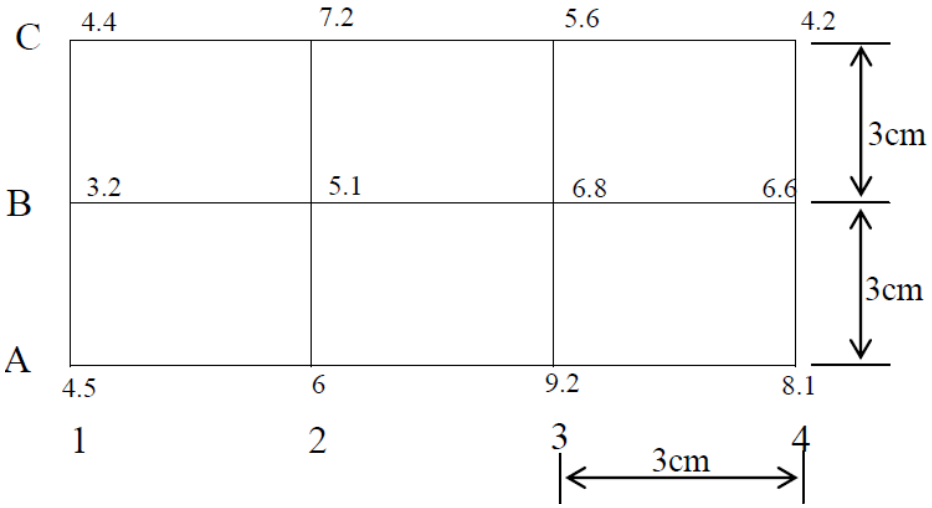
أ. الطريقة الحسابية (Arithmetic or calculation method) .

ب. طريقة تقسيم الفرق (Different division method) .

الطريقة الحسابية : تعتبر هذه الطريقة دقيقة حيث يتم تعيين الخطوط عن طريق تحديد مواقع نقاط الكنتور بين النقاط المعلومة المنسوب ويتم معرفة أوطأ نقطة منسوب في الشبكة لغرض معرفة الخط الكنتوري الذي سوف يبدأ به ويحسب فرق الارتفاع بين كل نقطتين متجاورتين أفقياً وعمودياً والمسافة بينهما ثم تحديد موقع نقطة الكنتور بواسطة العلاقة الآتية :

$$\text{موقع خط الكنتور بين نقطتين} = \frac{\text{المسافة بين النقطتين}}{\text{فرق الارتفاع بينهما}} \times \text{الفرق بين منسوب الكنتور وأوطأ منسوب من النقطتين}$$

Ex: Draw the contour lines with (1m) interval for the area as shown below?



Sol:

Min. R.L.(Ele.) = 3.2 m at point (B1)

Max. R.L.(Ele.) = 9.2 m at point (A3)

Contour Interval (I) = 1 m, therefore the Contours demand are (4, 5, 6, 7, 8, 9)

$$\text{Contour } (4) \text{ for } (B1C1) = \frac{3}{(4.4-3.2)} \times (4-3.2) = 2 \text{ cm}$$

$$\text{Contour } (4) \text{ for } (B1B2) = \frac{3}{(5.1-3.2)} \times (4-3.2) = 1.2 \text{ cm}$$

$$\text{Contour } (4) \text{ for } (A1B1) = \frac{3}{(4.5-3.2)} \times (4-3.2) = 1.8 \text{ cm}$$

$$\text{Contour } (5) \text{ for } (A1A2) = \frac{3}{(6-3.2)} \times (5-4.5) = 1 \text{ cm}$$

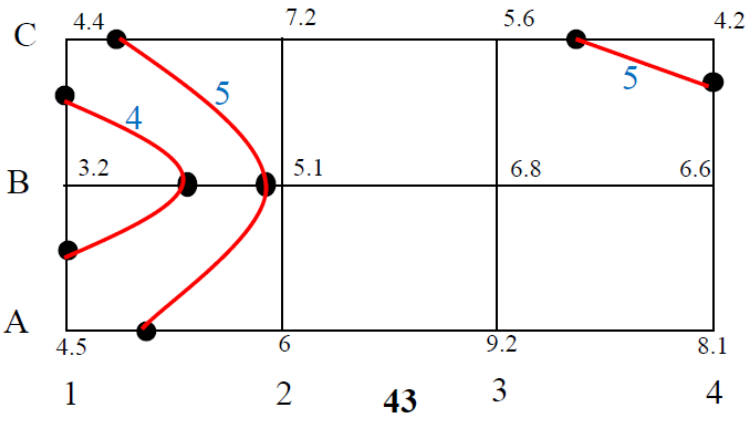
$$\text{Contour } (5) \text{ for } (B1B2) = \frac{3}{(5.1-3.2)} \times (5-3.2) = 2.8 \text{ cm}$$

$$\text{Contour } (5) \text{ for } (C1C2) = \frac{3}{(7.2-4.4)} \times (4-4.4) = 0.6 \text{ cm}$$

$$\text{Contour } (5) \text{ for } (C3C4) = \frac{3}{(5.6-4.2)} \times (5-4.2) = 1.7 \text{ cm}$$

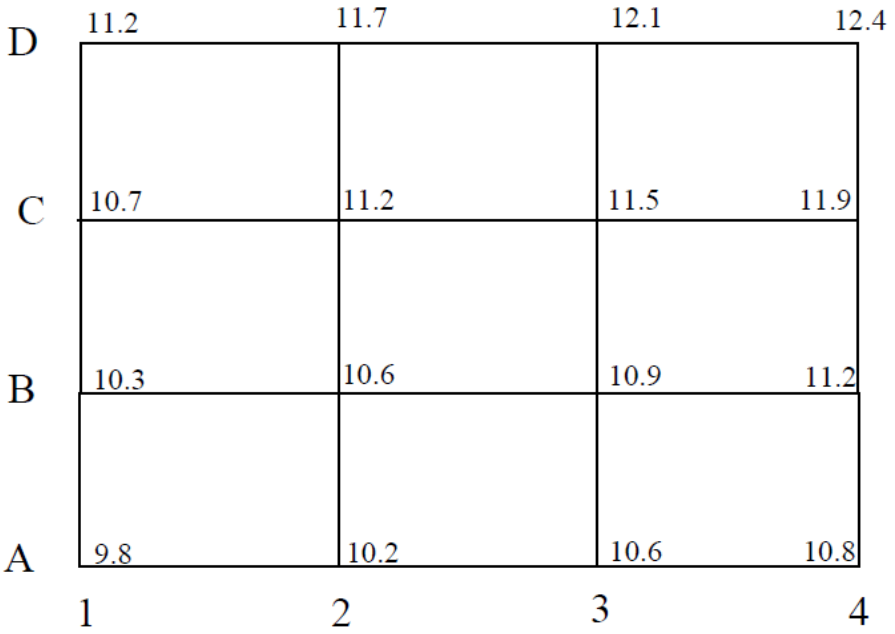
$$\text{Contour } (5) \text{ for } (B4C4) = \frac{3}{(6.6-4.2)} \times (5-4.2) = 1 \text{ cm}$$

وهكذا بالنسبة لبقية الخطوط الكنتورية الأخرى (6, 7, 8, 9)



43

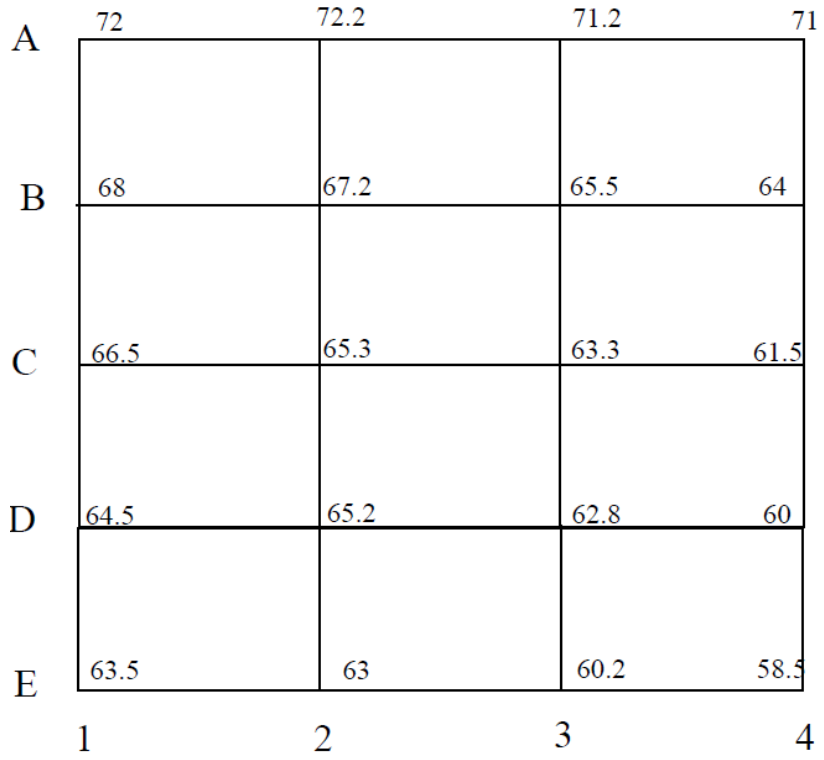
Ex (H.W.): Draw the contour lines with (0.5 m) interval if the distance between each two points is (20 m) and the scale is (1:500)?



طريقة تقسيم الفرق : يتم تقسيم المسافة بين النقطتين حسب الفرق بينهما بجعل كل قسم يساوي (0.1 m) أي (10 cm) وذلك للسهولة . أي نتبع ما يلي :

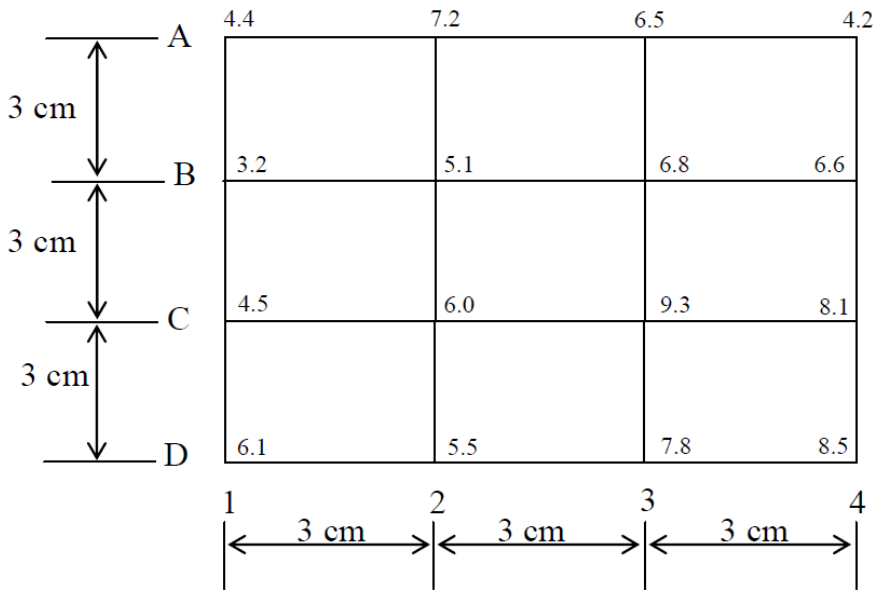
1. ايجاد الفرق بين النقطتين .
2. لإيجاد عدد الأقسام يتم تقسيم الفرق بين النقطتين على (0.1 m) .
3. لإيجاد مسافة كل قسم يتم تقسيم المسافة بين النقطتين بـ (cm) على عدد الأقسام .
4. نكرر الخطوتين الأولى والثانية بين خط الكنتور المطلوب إيجاده وأقل منسوب بين النقطتين.
5. لإيجاد مسافة خط الكنتور المطلوب يتم ضرب عدد الأقسام التي تم إيجادها في الخطوة السابقة بالمسافة التي تم إيجادها في الخطوة الثالثة .

Ex: The elevations of the points for area are shown in the figure below. Draw the contour lines using different division method if the interval is (2 m) and the distance between two points is (10 m), the scale is (1:250)?



Sol:

Ex (H.W.): The elevations of the points for area are shown in the figure below. Draw the contour lines using different division method if the interval is (1m)?



الثيودولايت – المزواة (Theodolite)

الثيودولايت : جهاز يستعمل في المشاريع الهندسية المهمة كالطرق والسدود والجسور وانواع أخرى من المشاريع وفي قياس الزوايا الأفقية والعمودية (الرأسية) وقياس زوايا المضلعات وتسقيط المنحنيات وفي أعمال التخطيط والتوجيه وكذلك في قياس المسافات بين النقاط وفي الارصاد الفلكية وشبكات التثليث .

أنواع أجهزة الثيودولايت (Types of theodolite Instruments) :

تختلف أجهزة الثيودولايت فيما بينها وذلك لاختلاف صناعتها حسب الشركة المصنعة لها من حيث شكلها وحجمها وفي دقتها إلا أنها تتطابق وتتشابه من ناحية اجزائها الرئيسية . توجد أنواع من أجهزة الثيودولايت ومنها (T1, T2, T16, K1-S, K1-A, Mom, Watts, Dkm2) وأنواع أخرى ، وهذه الأجهزة تقرأ بدقة مختلفة منها ما تقرأ لغاية دقة (دقيقة واحدة) مثل جهاز (T16) ومنها ما تقرأ لغاية)10 ثانية أو 20 ثانية) مثل أجهزة (Watts) الانكليزية الصنع ومنها بدقة (6 ثانية) مثل جهاز (T1) ومنها ما تقرأ بجقة (ثانية واحدة) مثل جهاز (T2, Mom) ، وهذه الأجهزة مختلفة في أنظمة القياس منها ما تقرأ في النظام الستيني ومنها في النظام المئوي .

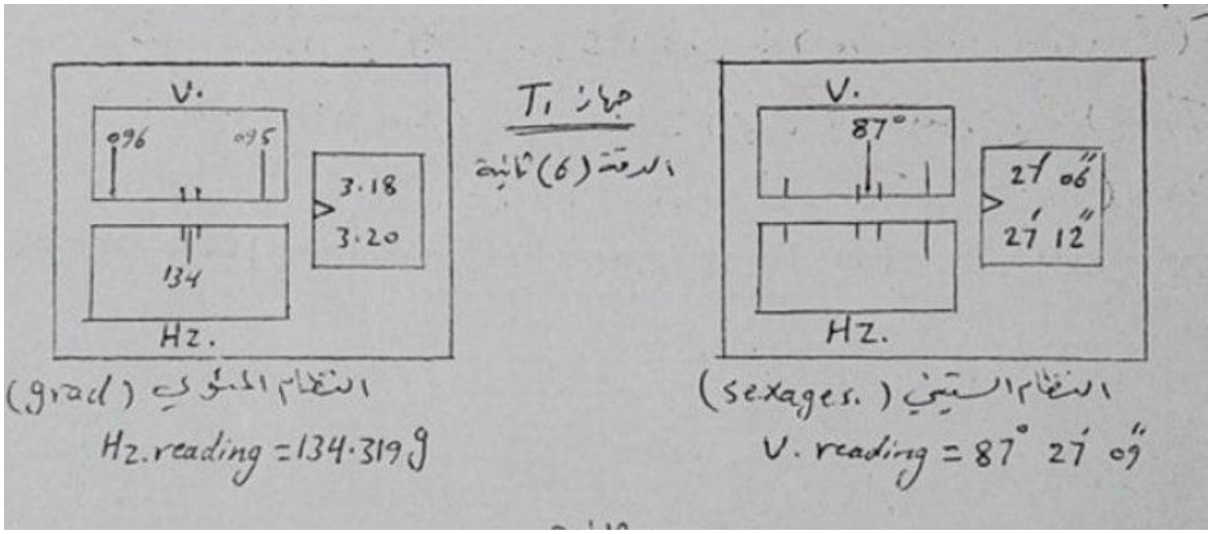
ضبط الجهاز (Compensatory) : يتم ضبط الجهاز بشكل مؤقت في كل موضع جديد للجهاز وينتهي الضبط عند رفع الجهاز ويشمل الضبط مايلي :

1. **التسامت (Centering) :** يسمى بالتمركز وهو جعل محور الدوران الرأسي فوق النقطة الارضية .
2. **أفقية الجهاز (Leveling) :** وهو جعل الدائرة الأفقية للجهاز بمستوى أفقي عن طريق الفقاعة الدائرية والمستطيلة بجعلها في المنتصف (الفقاعة الدائرية عن طريق الحركة الانزلاقية للارجل والفقاعة المستطيلة عن طريق لوالب أو براغي التسوية أو الموازنة) .
3. **ضبط التطبيق (Focusing) :** يشمل هذا الضبط توضيح الصورة والشعيرات .

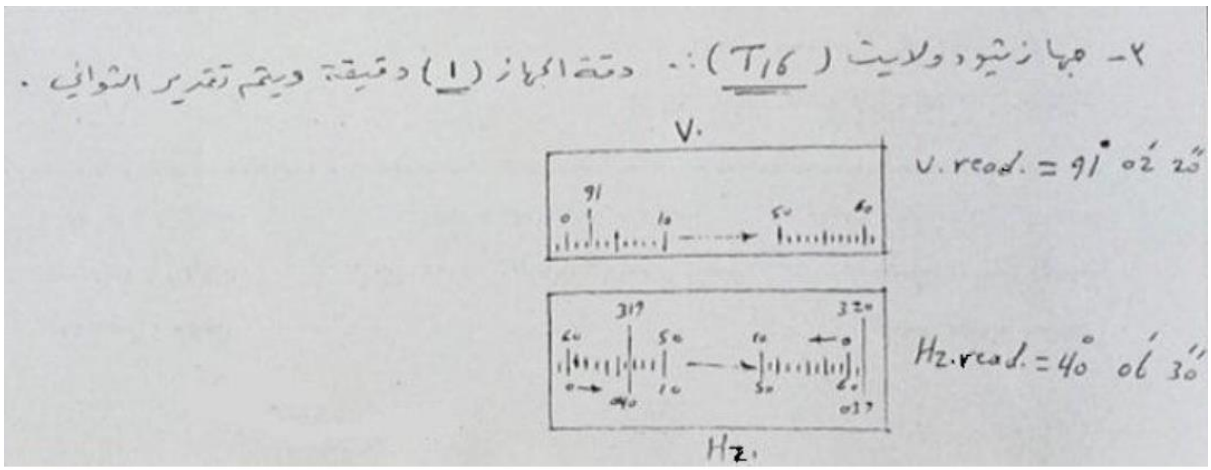
قياس الزوايا باستخدام جهاز الثيودولايت (Measurement of angles by using Theodolite)

يتم قياس الزوايا الأفقية والعمودية في جهاز الثيودولايت وللحصول على الدقة في قراءة الزوايا يتم قياس الزوايا في وضعين للجهاز لغرض التخلص من الأخطاء الآلية الموجودة في الجهاز . يكون الوضع الأول للجهاز بجعل قرص الدائرة العمودية (الرأسية) في الجهة اليسرى من المنظار أي ان الجهاز في وضع متياسر أو ما يسمى بالوجه الايسر وهذه الحالة هي الحالة الاعتيادية لوضع الجهاز (Face Left – Normal Position) . أما الوضع الثاني يكون بجعل القرص في الجهة اليمنى من المنظار أي ان الجهاز في حالة وضع متيامن أو وجه ايمن أو الحالة المقلوبة (Face Right – Reversed Position) . الفرق في الزاوية بين الوجه المتيامن والمتياسر هو (180^{o}) .

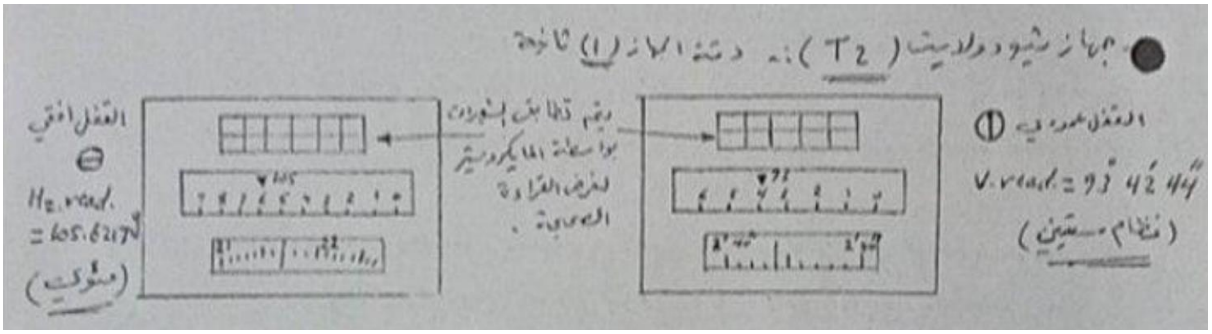
جهاز ثيودولايت نوع (T1) : دقة هذا الجهاز (6 ثانية) ويتم قياس الزوايا في جهاز (T1) من خلال شباك قراءة الزواي (شباك المايكروميتر Micrometer) وذلك بجعل الخط أو الشعيرة الطويلة وسط الخطين القصيرين عن طريق برغي (Screw) المايكروميتر الموجود ضمن الجهاز ثم يتم قراءة الزاوية من خلال المستطيلات الموجودة ضمن هذا الشباك فإذا كان المطلوب قراءة الزاوية الأفقية يتم اخذ القراءة من المستطيل الذي يحمل القراءة الأفقية (H) والذي يمثل الدرجات ومن ثم يتم اخذ بقية الأرقام والتي تمثل الدقائق والثواني من المستطيل الموجود يمين مستطيلات الدرجات . عند تصفير الجهاز يتم أو التصفير ثم التوجيه نحو الهدف وذلك بتدوير الجهاز في الاتجاه الأفقي إلى أن يتم الحصول على تصفير الزاوية ثم قفل الزوايا وبعد ذلك فتح قفل الحركة الأفقية للجهاز ثم توفير الثواني والدقائق عن طريق المايكروميتر .



جهاز ثيودولايت نوع (T16) : دقة هذا الجهاز (دقيقة واحدة) ويتم قياس الزوايا في هذا النوع الدرجات والدقائق أما الثواني فيتم تقديرها . أما تصفير الجهاز فهو مشابه لتصفير جهاز (T1) إلا انه لا يوجد مايكروميتر لأن دقة الجهاز (دقيقة واحدة) ويتم قفل الزوايا عن طريق قفل اللسان ثم التوجيه نحو الهدف.



جهاز ثيودولايت نوع (T2) : دقة هذا الجهاز (ثانية واحدة) ويتم قياس الزوايا في جهاز (T2) من خلال شباك قراءة الزوايا (شباك المايكروميتر Micrometer) وذلك بتطابق الشعيرات الموجودة في المستطيل العلوي عن طريق برغي المايكروميتر ثم أخذ القراءة الدرجات والجزء العشري من الدقائق الذي يشير اليه المثلث الصغير من خلال المستطيل الوسطي ثم اخذ آحاد الدقائق والثواني من المستطيل السفلي . فإذا أردنا قراءة الزاوية الأفقية فيتم جعل قفل الزوايا في وضع أفقي أما الزاوية العمودية فيتم جعل القفل بوضع عمودي . عند تصفير الجهاز يتم أولاً التوجيه نحو الهدف ثم يبدأ التصفير وذلك بقفل الحركة الأفقية للجهاز ثم تصفير الثواني وآحاد الدقائق عن طريق المايكروميتر ثم تصفير الدرجات وعشرات الدقائق عن طريق القفل مع ضبط الشعيرات العليا عن طريق القفل أيضاً .

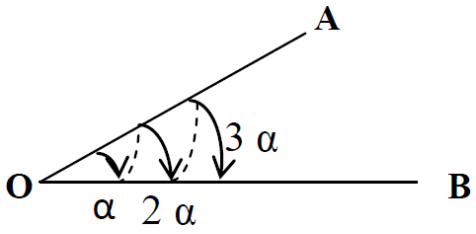


طرائق قياس الزوايا في جهاز الثيودولايت (Angles Measurements Methods) :

قياس الزوايا الأفقية (Horizontal Angles) : تشمل مايلي :

1. طريقة التكرار (Repetition Method) .
2. طريقة الاتجاه (Direction Method) .
3. طريقة الرصد المنفرد (المنفصل) (Single or Separated Method) .
4. طريقة غلق الافق (Closed Horizon Method) .

طريقة التكرار : تستعمل في الاعمال المساحية التي تتطلب دقة في نتائجها وعندما يكون عدد الزوايا قليلاً في النقطة المطلوب الرصد منها ، وتكون النتائج أكثر دقة كلما زاد عدد مرات تكرار قياس الزوايا. يتم رصد النقطة (A) بزاوية ("00 ' 00 °00) من نقطة (O) ثم يفتح قفل الزوايا ويدار الجهاز نحو نقطة (B) وتؤخذ القراءة الأولى ولتكن (α) للزاوية (AOB) ثم يغلق الزوايا ويدار الجهاز نحو نقطة (A) مرة ثانية وبعدها يفتح القفل ويدار الجهاز نحو نقطة (B) وتقرأ الزاوية وتمثل (2α) وهكذا تتكرر العملية لعدة مرات وفي النهاية يتم الحصول على معدل الزاوية من قسمة القراءة النهائية للزاوية على عدد التكرارات وللحصول على دقة أكثر يتم قراءة الزاوية من وضعين للجهاز المتيامن (F.R) والمتياسر (F.L) .



$$\text{متوسط (معدل) الزاوية من وضع متيامن} = \frac{\text{مقدار الزاوية النهائي من وضع متيامن} - 180}{\text{عدد التكرارات}}$$

$$\text{متوسط (معدل) الزاوية من وضع متياسر} = \frac{\text{مقدار الزاوية النهائي من وضع متياسر}}{\text{عدد التكرارات}}$$

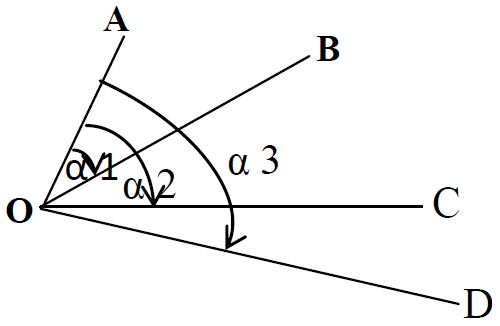
$$\text{المعدل النهائي للزاوية} = \frac{\text{معدل الزاوية من وضع متيامن} + \text{معدل الزاوية من وضع متياسر}}{2}$$

مثال : تم قراءة الزاوية (AOB) لعدة مرات وذلك برصد نقطة (B) من نقطة (A) وكانت قراءات الزاوية كما مبين في الجدول وفي حالة الوضعين للجهاز (الايمن والايسر) . أوجد معدل الزاوية؟

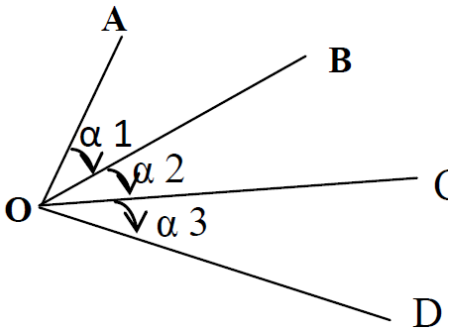
From point	To point	No. of Rep.	F.L.	F.R.		
O	A		00° 00' 00"	180° 00' 00"		
	B	1	8° 33' 00"	188° 33' 00"		
	B	2	17° 06' 00"	197° 06' 00"		

	B	3	25° 37' 00"	205° 36' 40"		
	B	4	34° 11' 00"	214° 12' 00"		
	B	5	42° 43' 20"	222° 43' 50"		
	B	6	51° 18' 40"	231° 19' 20"		

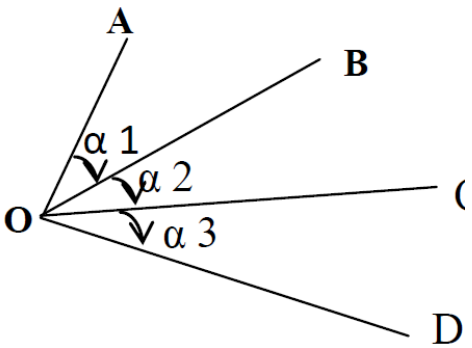
طريقة الاتجاه : تعتبر من الطرائق السريعة عملياً وحسابياً ولكنها أقل دقة لأن الخطأ الذي يحصل في زاوية سوف يؤدي إلى تراكم الأخطاء في بقية الزوايا وتستخدم في حالة وجود عدد من الزوايا المطلوب الرصد منها .



طريقة الرصد المنفرد (المنفصل) : يتم فيها قراءة زاوية بشكل منفرد أي أنه في قراءة كل زاوية يتم تصفير الجهاز . يفصر الجهاز باتجاه نقطة (A) ويوجه نحو نقطة (B) وتؤخذ قراءة الزاوية (AOB) ثم يصفر الجهاز عند نقطة (B) ويوجه نحو نقطة (C) وتقرأ الزاوية (BOC) وهكذا بالنسبة لبقية الزوايا .



طريقة غلق الأفق : ام قراء الزوايا بشكل مستمر أي يتم التصفير باتجاه (A) ثم نرصد (B) ونقرأ الزاوية (AOB) ولتكن (α1) ثم نرصد (C) ونقرأ الزاوية وهي عبارة عن (α1+ α2) ولايجاد (α1) يتم طرح (α1) من القراءة (α1+ α2) وهكذا نستمر بالنسبة لبقية الزوايا .



قياس الزوايا العمودية (Vertical angles) : تقاس الزوايا العمودية من المستوى الأفقي لمحور دوران المنظار (التلسكوب) عند التوجيه إلى الاهداف وتكون هذه الزوايا إما زوايا ارتفاع أو انخفاض ولإيجاد مقدار الزاوية العمودية يجب معرفة نوع الجهاز المستعمل حيث أنه هناك نوعان من أجهزة الثيودولايت يختلفان في تصميم وترقيم الدائرة العمودية وهي :

1. جهاز ثيودولايت نوع سمتي (Zenith Theodolite) .
2. جهاز ثيودولايت نوع نظيري (Nadir Theodolite) .

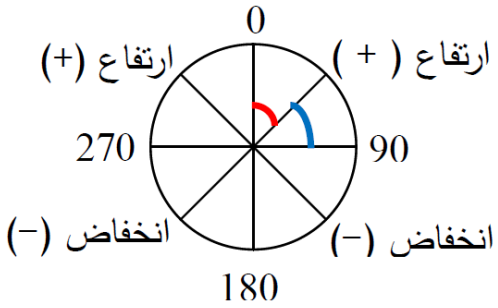
جهاز ثيودولايت نوع سمتي : يكون صفر التدريج في هذا النوع في الاعلى (السمت) ولمعرفة الجهاز من هذا النوع يوجه المنظار نحو الاعلى في وضع اعتيادي (متياسر) فإذا كانت القراءة أقل من (90^o) أي ان الجهاز من نوع سمتي وكذلك عند كون الجهاز في وضع متيامن فان القراءة سوف تكون أكثر من (270^o) عند توجيه المنظار نحو الاعلى .
يتم إيجاد قيمة زوايا الارتفاع والانخفاض في الوضعين للجهاز كما يلي :

1. Face Left Theodolite (جهاز متياسر).

$$\text{Vertical angle} = 90^o - \text{vertical reading}$$

2. Face Right Theodolite (جهاز متيامن).

$$\text{Vertical angle} = \text{vertical reading} - 270^o$$



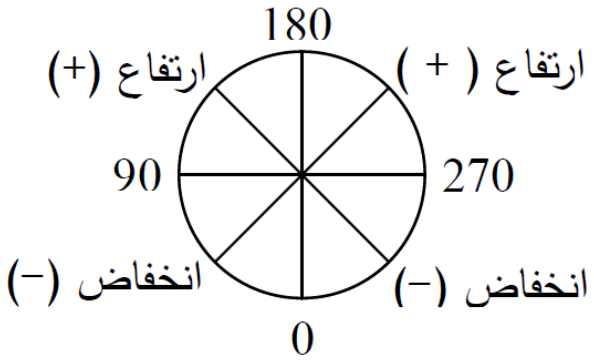
جهاز ثيودولايت نوع نظيري : يكون صفر التدريج في هذا النوع في الاسفل ولمعرفة الجهاز من هذا النوع يوجه المنظار نحو الاعلى في وضع اعتيادي (متياسر) فإذا كانت القراءة اكبر من (90^o) أي أن الجهاز من نوع نظيري وكذلك في حالة كون الجهاز في وضع متيامن فان القراءة سوف تكون أقل من (270^o) عند توجيه المنظار نحو الاعلى .
يتم إيجاد قيمة زوايا الارتفاع والانخفاض في الوضعين للجهاز كما يلي :

1. Face Left Theodolite (جهاز متياسر).

$$\text{Vertical angle} = \text{vertical reading} - 90^o$$

2. Face Right Theodolite (جهاز متيامن).

$$\text{Vertical angle} = 270^o - \text{vertical reading}$$

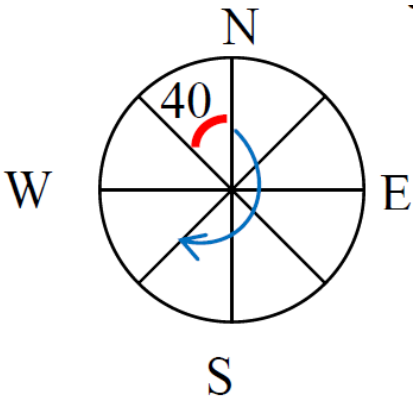


الاتجاهات والمركبات الأفقية والعمودية وتصحيحها

الاتجاهات (الانحرافات) Bearings

1. **الانحراف الدائري الكامل (Whole Circle Bearing) :** هو الانحراف الذي يمثل الزاوية المحصورة بين الشمال واتجاه الخط ويكون اتجاهه مع عقارب الساعة دائماً ويقع في الربع الأول أو الثاني أو الثالث أو الرابع ويرمز له (W.C.B.) أو (Azimuth – Az.) مثلا (45^o) أو (280^o) .
2. **الانحراف المختصر (الربع دائري) (Reduced Bearing – Quadrant) :** هو الانحراف الذي يمثل الزاوية المحصورة بين الشمال أو الجنوب وبين الخط باتجاخ الشرق أو الغرب ومن أيهما أقرب ويكون باتجاه عقارب الساعة أو عكسها ويرمز له (R.B.) مثلاً ($N\ 40^o\ W$) أو ($S\ 45^o\ E$) .
3. **الانحراف الأمامي والخلفي (Fore and back Bearing) :** هما نفس الانحراف الدائري الكامل أي انحراف الخط عن الشمال إلا أن الانحراف الأمامي يكون باتجاه المسح والخلفي عكس الاتجاه . والفرق بينهما هو (180^o) ويرمز للانحراف الأمامي (F.B.) والخلفي (B.B.)

إذا كانت قيمة الانحراف الأمامي (F.B.) أكثر من (180^o) فيتم ايجاد الانحراف الخلفي (B.B.) بطرح (180^o) من قيمة الانحراف الأمامي أما إذا كانت قيمة الانحراف الأمامي اقل من (180^o) فيتم ايجاد الانحراف الخلفي بإضافة (180^o) لقيمة الانحراف الأمامي .



Ex: Find the (W.C.b. & R.B.) for the sides (AB, BC, CD, DE, EA) if the Back Bearing of (AB) is (300° 20') ? A = 102° 20 ' , B = 122° 50' , C = 68° 02'

D = 129° 38 ' , E = 117° 10 '

Sol:

F.B. or W.C.B. (AB) = B.B – 180° = 300° 20' - 180° = 120° 20'

R.B. (AB) = S (180° - 120° 20') E = S (59° 40') E

F.B. (AB) = 300° 20'

+ B 122° 50'

= 423° 10'

- 360° 00'

W.C.B or Az. (BC) = 63° 10' → **R.B. (BC) = N 63° 10' E**

+ 180° 00'

W.C.B. or Az. (CB) = 243° 10'

+ C 68° 02'

W.C.B or Az. (CD) = 311° 12' → **R.B. (CD) = N (360°- 311° 12') W**

= N 48° 48' W

- 180° 00'

W.C.B or Az. (DC) = 131° 12'

+ D 129° 38'

W.C.B or Az. (DE) = 260° 50' → **R.B. (DE) = S (260° 50' - 180°) W**

= S 80° 50' W

- 180° 00'

W.C.B or Az. (ED) = 80° 50'

+ E 117° 10'

W.C.B or Az. (EA) = 198° 00 ' → **R.B. (EA) = S (198° - 180°) W**

= S (18°) W

- 180° 00'

W.C.B or Az. (AE) = 18° 00'

+ A 102° 20'

W.C.B or Az. (AB) = 120° 20'

Ex (H.W): Find the (W.C.B.) for the sides (AB, BC, CD, DE) of the open traverse if (W.C.B.) of the side (AF) is (330°)?

حساب المركبات الأفقية والعمودية :

المركبات الأفقية (Departure) : هي الفروقات في الاحداثيات الشرقية (ΔE1, ΔE2, ...) أو باتجاه المحور السيني (ΔX1, ΔX2, ...) وتعرف بالمركبات الشرقية أو الأفقية وتكون إما شرقية أي موجبة أو غربية أي سالبة ويتم حسابها من العلاقة التالية :

$$\text{Dep.} = \Delta E = \Delta X = L \times \sin(\phi) = L \times \sin(Az.)$$

المركبات العمودية (Latitude) : هي الفروقات في الاحداثيات الشمالية (ΔN1, ΔN2, ...) أو باتجاه المحور الصادي (ΔY1, ΔY2, ...) وتعرف بالمركبات الشمالية أو العمودية وتكون إما شمالية أي موجبة أو جنوبية أي سالبة ويتم حسابها من العلاقة التالية :

$$\text{Lat.} = \Delta N = \Delta Y = L \times \text{Cos}(\phi) = L \times \text{Cos}(Az.)$$

يكون المضلع المقفل صحيحاً في حالة توفر الشرطان التاليان :

1. المجموع الجبري للمركبات العمودية لخطوط المضلع = صفر أي $(\sum \text{Lat.} = 0)$
2. المجموع الجبري للمركبات الافقية لخطوط المضلع = صفر أي $(\sum \text{Dep.} = 0)$

أما في حالة عدم تحقق الشرطان فسوف يكون هناك خطأ يسمى خطأ القفل أو خطأ الغلق .

خطأ القفل (خطأ الغلق) Closing Error ويتم حسابه من العلاقة الآتية :

$$C.E. = \sqrt{(\sum Lat.)^2 + (\sum Dep.)^2}$$

إذا كان الخطأ كبيراً وغير مسموح به فيتم إعادة العمل أما إذا كان الخطأ مسموحاً به وحسب الدقة النسبية فيمكن تصحيح هذا الخطأ .

الدقة النسبية (نسبة خطأ القفل) (Relative Accuracy A.C.) : هي حاصل قسمة طول خطأ القفل إلى مجموع أطوال المضلع .

تصحيح الخطأ (Error Correction) : يتم تصحيح الخطأ للمركبات الأفقية والعمودية للاضلاع وكما يلي :

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للضلع} = \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع الأطوال}} \times \text{المجموع الجبري للمركبات الأفقية}$$

$$\text{تصحيح المركبة العمودية للضلع} = \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع الأطوال}} \times \text{المجموع الجبري للمركبات العمودية}$$

المركبة الأفقية المصححة = المركبة الأفقية المحسوبة – تصحيح المركبة الافقية

المركبة العمودية المصححة = المركبة العمودية المحسوبة – تصحيح المركبة العمودية

Ex: Find Departure and Latitude for the closing circle traverse if the Reduced Bearing of the side (AB) is (S 42° 06' W) and correct them, and find the coordinate the points (B, C, D) if the coordinate of the point (A) is (100, 200)?

Sol:

Dep. = L × Sin (ϕ) = L × Sin (Az.)

Lat. = L × Cos (ϕ) = L × Cos (Az.)

Az. (AB) = 180° 00' + 42° 06' = 222° 06'

Az. (BC) = Az. (AB) + < B

Az. (BC) = 42° 06' + 65° 10' = 107° 16'

Az. (CB) = B.B (BC) = 107° 16' + 180° 00' = 287° 16'

Az. (CD) = 287° 16' + 70° 40' = 357° 56'

Az. (DA) = Az. (DC) + < D

Az. (DC) = B.B (CD) = 357° 56' - 180° 00' = 177° 56'

Az. (DA) = 177° 56' + 90° 05' = 268° 01'

Az. (AB) = Az. (AD) + < A

Az. (AD) = B.B (DA) = 268° 01' - 180° 00' = 88° 01'

Az. (AB) = 88° 01' + 134° 05' = 222° 06'

Side	Length	Az. W.C.B.	Dep.	Lat.	Correction for Dep.	Correction for Lat.	Corrected Dep.	Corrected Lat.
AB	**20**	222^{o} 06'	-13.408	-14.84	-0.2	-0.472	-13.208	-14.368
BC	**40**	107^{o} 16'	+38.197	-11.873	-0.399	-0.943	+38.596	-10.93
CD	**25**	357^{o} 56'	-0.902	+24.984	-0.249	-0.59	-0.653	+25.574
DA	**25**	268^{o} 01'	-24.985	-0.865	-0.249	-0.59	-24.736	-0.275
$\sum$	**110**		-1.098	-2.594			0.0	0.0

Correction for Dep. = (-1.098 × Length the side) / 110

Correction for Lat. = (-2.594 × Length the side) / 110

Corrected Dep. = Computed Dep. – Correction for Dep.

Corrected Lat. = Computed Lat. – Correction for Lat.

Coordinate of the point (B):

E = 100 – 13.208 = 86.792

N = 200 – 14.369 = 185.632

Coordinate of the point (C):

E = 86.792 +38.596 = 125.388

N = 185.632 – 10.93 = 174.702

Coordinate of the point (D):

E = 125.388 – 0.653 = 124.735

N = 174.702 + 25.574 = 200.276

Coordinate of the point (A):

E = 124.735 – 24.736 = 100

N = 200.276 – 0.276 = 200

تصحيح الزوايا للمضلع الدائري المغلق

(Correction of angles for closed circular traverse)

تكون زوايا المضلع صحيحة في حالة كون المجموع النظري يساوي المجموع العملي للزوايا وفي هذه الحالة سوف لا يكون هناك تصحيح للزوايا أما في حالة وجود فرق بين المجموع النظري (Theory) والمجموع العملي للزوايا (Measured) يعني ذلك أن هناك خطأ يسمى خطأ قفل الزوايا (Miscloer of angles) فيتم تصحيح الزوايا للمضلع وكما مبين أدناه حيث يتم ايجاد مجموع الزوايا الداخلية للمضلع بعد قياسها أي المجموع العملي ، **أما المجموع النظري فيتم حسابه من العلاة الآتية** :

Sum of theory angles for any traverse = (2n - 4) × 90° = (n - 2) × 180°

حيث أن (n) : عدد الزوايا

$$\sum \text{Measured angles} = \sum \text{angles value}$$

المجموع العملي للزوايا = مجموع الزوايا المقاسة

Miscloser of angles or Total Correction (T.C.) = Σ Measured - Σ Theory of angles

$$\text{Correction for any angles} = \frac{-T.C.}{n}$$

$$\text{تصحيح كل زاوية} = \frac{\text{طول الضلع}}{\text{مجموع الأطوال}}$$

بعد أن يتم الحصول على الزوايا المصححة للمضلع يتم حساب اتجاهات الاضلاع (AZ.) ثم حساب مركباتها الأفقية (Dep.) والعمودية (Lat.) .

Ex: Correct the angles for the following closed circle traverse?

A = 102° 23' 22'', B = 122° 53' 37'', C = 68° 01' 52'',

D = 129° 31' 55'', E = 117° 09' 04''

Sol:

$$\sum \text{theory of angles} = (2n-4)\times 90^o$$

$$= ((2\times 5)-4)\times 90^o = 540^o \;\; 00' \;\; 00''$$

$$\sum \text{Measured angles} = A+B+C+D+E$$

$$\sum \text{Measured angles} = 539^o \;\; 59' \;\; 50''$$

$$(T.C.) = \sum \text{Measured} - \sum \text{Theory of angles}$$

$$(T.C.) = 539^o \;\; 59' \;\; 50'' - 540^o \;\; 00' \;\; 00'' = -00^o \;\; 00' \;\; 10''$$

$$\text{Correction for any angles} = \frac{-T.C.}{n} = \frac{-(-10)}{5} = +02$$

Angles	Measured angle	Correction value	Corrected angle
A	102° 23' 22 ''	+ 02''	102° 23' 24''
B	122° 53' 37 ''	+ 02''	122° 53' 39''

S	68° 01' 52 ''	+ 02''	68° 01' 54''
D	129° 31' 55''	+ 02''	129° 31' 57''
E	117° 09' 04''	+ 02''	117° 09' 06''
$\sum$	**539° 59' 50''**		**540° 00' 00''**

Ex (H.W.): Compute the corrected angles for closed traverse if the values of the angles are shown below?

A = 59° 41' 07'', B = 80° 19' 04'', C = 119° 42' 59'', D = 100° 17' 05''

قياس الزاوية الأفقية بين جدارين

Measurements the horizontal angles between two walls

يتم قياس الزاوية الأفقية بين جدارين باحدى الطرائق الآتية :

1. **استخدام قانون جيب نصف الزاوية :** حيث يتم قياس مسافة معينة على الضلعين الأول والثاني وقياس الوتر وبعدها يتم تطبيق العلاقة الآتية :

$$\sin\frac{1}{2}\alpha = \frac{AC}{2\times AB}$$

For example:

AB = BC = 5 m

AC = 6.8 m

$$\sin\frac{1}{2}\alpha = \frac{AC}{2\times AB} = \frac{6.8}{2\times 5} = \frac{6.8}{10} = 0.68$$

$$\therefore \frac{1}{2}\alpha = \sin^{-1}(0.68) = 42.8436^{o}$$

$$\therefore \alpha = 2\sin^{-1}(0.68) = 58^{o}\quad 41'\quad 14''$$

2. **استخدام قانون جيب تمام الزاوية :** حيث يتم قياس مسافة معينة على الضلعين الأول والثاني وقياس الوتر وبعدها يتم تطبيق العلاقة الآتية :

$$(AC)^2 = (AB)^2 + (BC)^2 - 2\times AB\times BC\times\cos(\alpha)$$

$$\cos(\alpha) = \frac{(AB)^2 + (BC)^2 - (AC)^2}{2\times AB\times BC}$$

3. **استخدام قانون نصف المحيط (S) :** يتم قياس الاضلاع ثم ايجاد نصف المحيط ثم حساب مساحة المثلث وبعدها الزاوية وكما يأتي :

$$S = \frac{AB + BC + AC}{2}$$

$$Area = \sqrt{S(S-AB)\,(S-BC)\,(S-AC)}$$

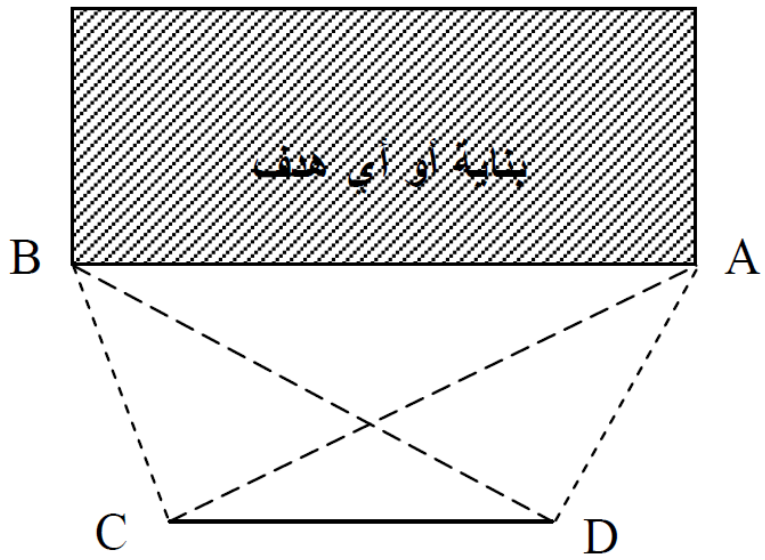
$$Area = \frac{1}{2}\times AB\times BC\times\sin(\alpha)$$

$$\sin(\alpha) = \frac{2\,Area}{AB\times BC}$$

4. **استخدام جهاز الثيودولايت :** يتم عمل أضلاع موازية للجدار ثم وضع الجهاز في نقطة تقاطع الضلعين وبعد تصفير الجهاز باتجاه الضلع الأول يفتح الجهاز باتجاه الضلع الثاني وعندها يتم قراءة الزاوية .

5. **استخدام نظرية فيثاغورس :** وذلك بحساب الضلعين والوتر ثم حساب الوتر فإذا كان الوتران متساويان يعني الزاوية (90) واذا كانت غير متساوية أي أن الزاوية إما أكبر أو أصغر من (90) .

قياس طول هدف لا يمكن الوصول اليه (Measurement of Target Length)



لغرض ايجاد طول أي هدف نتبع الخطوات الآتية :

1. نقيس الضلع (CD) بطول مناسب (معلوم)
2. نقيس الزوايا (1, 2, 3, 4) .
3. في المثلث (ACD) فيه :

$< 5 = (180 - (< 2 + < 3 + < 4))$

4. في المثلث (BCD) فيه :

$< 6 = (180 - (< 1 + < 2 + < 3))$

في المثلث (ACD) : ايجاد الضلعين (AC) و (AD)

$$\frac{AC}{\sin(\angle 3+\angle 4)} = \frac{CD}{\sin(\angle 5)} \Rightarrow AC = \frac{CD \times \sin(\angle 3+\angle 4)}{\sin(\angle 5)}$$

$$\frac{AD}{\sin(\angle 2)} = \frac{CD}{\sin(\angle 5)} \Rightarrow AD = \frac{CD \times \sin(\angle 2)}{\sin(\angle 5)}$$

5. في المثلث (BCD) نجد (BD) و (BC)

$$\frac{BC}{\sin(\angle 3)} = \frac{CD}{\sin(\angle 6)} \Rightarrow BC = \frac{CD \times \sin(\angle 3)}{\sin(\angle 6)}$$

$$\frac{BD}{\sin(\angle 1+\angle 2)} = \frac{CD}{\sin(\angle 6)} \Rightarrow BD = \frac{CD \times \sin(\angle 1+\angle 2)}{\sin(\angle 6)}$$

6. في المثلث (ABC) فيه (AC) محسوب (معلوم) وكذلك (BC) . نجد (AB) بقانون جيب التمام وكما يلي :

$$(AB)^2 = (AC)^2 + (BC)^2 - 2 \times AC \times BC \cos(1)$$

7. في المثلث (ABD) فيه (AD) محسوب (معلوم وكذلك (BD) نجد (AB) بقانون جيب التمام لغرض التدقيق وكما يلي :

$$(AB)^2 = (AD)^2 + (BD)^2 - 2 \times AD \times BD \cos(5)$$

قياس ارتفاع هدف لا يمكن الوصول اليه (Measurement of Target Height)

لغرض معرفة بعد وارتفاع هدف معين نتبع الخطوات الآتية :

1. نختار النقطتين (A) و (B) على مسافة معينة ولتكن مثلاً (15 m) .
2. ننصب الجهاز عند نقطة (A) وبارتفاع (iA) بشكل أفقي أي بزاوية قائمة (90^o) ونرصد أسفل الهدف أو البناية ثم تقرأ الزاوية العمودية ($\alpha 1$) ثم نرصد أعلى الهدف ونقرأ الزاوية العمودية ($\alpha 2$) .
3. ننصب الجهاز عند نقطة (B) وبارتفاع (iB) بشكل أفقي أي بزاوية قائمة (90^o) ونرصد أسفل الهدف أو البناية ثم تقرأ الزاوية العمودية ($\varphi 1$) ثم نرصد أعلى الهدف ونقرأ الزاوية العمودية ($\varphi 1$) .
4. حساب المسافة بين الجهاز والبناية (AG) ثم حساب ارتفاع البناية (V) وكما يلي :

$\alpha = 90° - $ V. Reading (F.L.)

$\alpha =$ V. Reading $- 270°$ (F.R.)

AGD (قائم في G)

$V1 = AG \times \tan(\alpha 1)$

AGG (قائم في G)

$V2 = AG \times \tan(\alpha 2)$

BFD (قائم في F)

$V3 = BF \times \tan(\varphi 1) = (AG - 15) \times \tan(\varphi 1)$

BCF (قائم في F)

$V4 = BF \times \tan(\varphi 2) = (AG - 15) \times \tan(\varphi 2)$

$V1 + V2 = V3 + V4$

$AG \times \tan(\alpha 1) + AG \times \tan(\alpha 2) = (AG - 15) \times \tan(\varphi 1) + (AG - 15) \times \tan(\varphi 2)$

$AG [\tan(\alpha 1) + \tan(\alpha 2)] = AG \tan(\varphi 1) - 15\tan(\varphi 1) + AG \tan(\varphi 2) - 15\tan(\varphi 2)$

$AG [\tan(\alpha 1) + \tan(\alpha 2)] = AG [\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)] - 15[\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)]$

$15[\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)] = AG [\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)] - AG [\tan(\alpha 1) + \tan(\alpha 2)]$

$15[\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)] = AG [\{\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)\} - \{\tan(\alpha 1) + \tan(\alpha 2)\}]$

$$\therefore A'G = \frac{15[\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)]}{[\{\tan(\varphi 1) + \tan(\varphi 2)\} - \{\tan(\alpha 1) + \tan(\alpha 2)\}]}$$

$V = V1 + V2 = V3 + V4$

R.L. (B) = R.L. (A) + iA – iB

R.L. (C) = R.L. (A) + iA + V2

R.L. (D) = R.L. (A) + iA – V1

Ex: Find the Height of the Tower, R.L (B), R.L (C) and R.L (D) if the distance between the point (A) and (B) is (10 m), R.L (A) is (150 m) and the height of the instrument at point (A) is (1.6 m), at the point (B) is (1.7 m)?

Station	To	Vertical angle
A	C	25^o
	D	1^o
B	C	29^o
	D	1.5^o

Sol:

$$\therefore A'G = \frac{10[\tan(\varphi 1)+\tan(\varphi 2)]}{[\{\tan(\varphi 1)+\tan(\varphi 2)\}-\{\tan(\alpha 1)+\tan(\alpha 2)\}]}$$

$$\therefore A'G = \frac{10[\tan(1.5^o)+\tan(29^o)]}{[\{\tan(1.5^o)+\tan(29^o)\}-\{\tan(1^o)+\tan(25^o)\}]}$$

$$\therefore A'G = \frac{10[0.0262+0.5543]}{[\{0.0262+0.5543\}-\{0.0174+0.4663\}]} = \frac{5.805}{0.0968}$$

$$\therefore A'G = 59.969 \ \ m$$

$V1 = A'G \times \tan(\alpha 1)$ ➔ $V1 = 59.969 \times \tan(1^o) = 1.046$ m

$V2 = A'G \times \tan(\alpha 2)$ ➔ $V2 = 59.969 \times \tan(25^o) = 27.964$ m

$\therefore V = V1 + V2 = 29.01\,\text{m}$

or $V = V3 + V4$

$V3 = (A'G - 10) \times \tan(\varphi 1)$ ➔ $V3 = (59.969 - 10) \times \tan(1.5^o) = 1.308$ m

$V4 = (A'G - 10) \times \tan(\varphi 2)$ ➔ $V3 = (59.969 - 10) \times \tan(29^o) = 27.698$ m

$$R.L_{(B)} = R.L_{(A)} + iA - iB = 150 + 1.6 - 1.7 = 149.9\ \text{m}$$
$$R.L_{(C)} = R.L_{(A)} + iA + V2 = 150 + 1.6 - 27.964 = 179.564\ \text{m}$$
$$R.L_{(D)} = R.L_{(A)} + iA + V1 = 150 + 1.6 - 1.046 = 150.554\ \text{m}$$

المنحنيات (The Curves)

تستخدم المنحنيات لأغراض عديدة منها تغير اتجاه الطريق لسهولة حركة مرور السيارات وتغير اتجاه القنوات لتسهيل عملية جريان المياه فيها للتخلص من المشاكل التي تحدث في الطرق والقنوات ، وتستعمل هذه المنحنيات حسب ظروف المنطقة والحاجة التي يتطلبها المشروع ، وتقسم المنحنيات إلى قسمين :

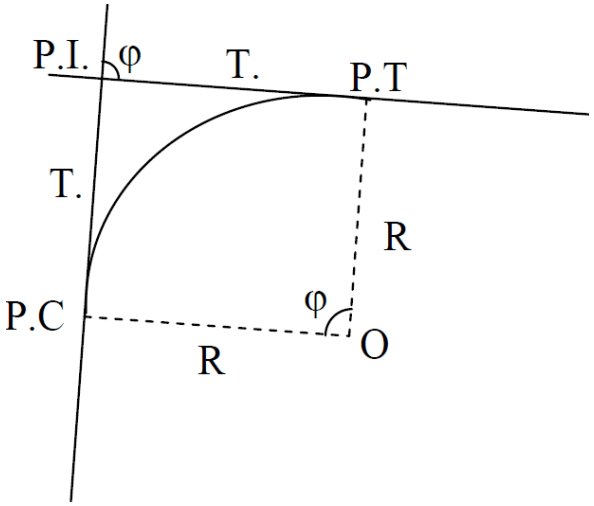
1. المنحنيات الأفقية (Horizontal Curves) .
2. المنحنيات العمودية (Vertical Curves) .

المنحنيات الأفقية : تقسم هذه المنحنيات إلى :

أ. المنحنيات الأفقية الدائرية (Circular Horizontal Curves) .
ب. المنحنيات الأفقية المتدرجة (Spiral Horizontal Curves) .

المنحنيات الأفقية الدائرية (Circular Horizontal Curves) : تكون على عدة أنواع وهي :

1) **المنحني الأفقي الدائري البسيط (Simple Circular Horizontal Curves) :** وهو المنحني الذي يصل بين خطين (طريقين) وله نصف قطر ثابت .



حيث أن :

P.I. : نقطة التقاطع (Point of Intersection) .
T : طول المماس (Tangent) .
P.C. : نقطة البداية (Point of Curvature) .
P.T : نقطة النهاية (Point of Tangent) .
R : نصف القطر (Radius) .
O : نقطة المركز (Center) .
Φ : زاوية التقاطع (Intersection Angle) .

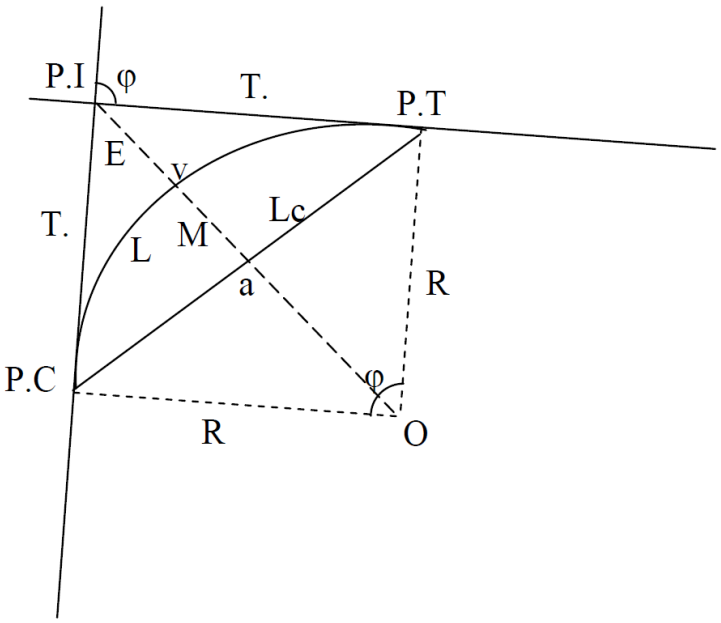
2) **المنحني الأفقي الدائري المركب (Compound Circular Horizontal Curves) :** وهو عبارة عن أكثر من منحني دائري بسيط ولها أنصاف أقطار ثابتة أو مختلفة .
3) **المنحني الأفقي الدائري المعكوس (Reverse Circular Horizontal Curves) :** وهو عبارة عن منحنيات دائرية بسيطة ولكنها معكوسة ولها أنصاف أقطار ثابتة ومتساوية أو مختلفة ولكن المراكز تقع بشكل معاكس أي مركز بعكس موقع الآخر .
4) **المنحني الأفقي الدائري مكسور الظهر (Broken Back Circular Horizontal Curves) :** وهو عبارة عن منحنيين دائريين متصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك وقصير لا يزيد عن (30 m) وأنصاف أقطارها قد تكون متساوية أو مختلفة والمراكز تقع في جهة واحدة .

المنحنيات الأفقية المتدرجة (Spiral Horizontal Curves) : تستخدم في حالات تتطلب إلى تسهيل عملية السير أو الجريان وتوجد على أنواع :

1. منحني متدرج يصل بين منحني دائري وخط مستقيم .
2. منحني متدرج مزدوج يصل بين خطين .
3. منحني متدرج يصل بين منحنيين دائريين .

تصميم المنحني الأفقي الدائري البسيط (Design of Simple Circular Horizontal Curve)

يمثل المنحني الأفقي الدائري البسيط الأساس لبقية أنواع المنحنيات الأفقية ولغرض تصميم هذا المنحني ويتم استخدام المعادلات الخاصة بعناصره ، والرسم الآتي يبين هذه العناصر .



حيث أن :

P.I. : نقطة التقاطع (Point of Intersection) أو يرمز لها (I) .

T : طول المماس (Tangent length) وهو المسافة بين كل من (P.C) أو (P.T) و (P.I) .

P.C.: نقطة بداية المنحني (Point of Curvature) أو (T.C) (Tangent of Curvature).

P.T : نقطة نهاية المنحي (Point of Tangent) أو (C.T) (Curvature of Tangent).

R : نصف قطر المنحني (Radius) .

O : نقطة المركز (Center) .

Φ : زاوية التقاطع (Intersection Angle) أو زاوية الانحراف (Deflection angle).

E : المسافة الخارجية (External Distance) : وهي المسافة بين نقطة التقاطع (P.I) وبين نقطة منتصف المنحني (v) وبين منتصف الوتر (a) .

L : طول المنحني (Curve Length) .

Lc : طول الوتر (Chord Length) .

المعادلات المستخدمة في تصميم المنحني :

$$T = R \times \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

$$L = 2\pi \times R\frac{\varphi}{360^o} = \pi \times R\frac{\varphi}{180^o}, \qquad \text{when } (\varphi)\text{: in degree}$$

Or

$$L = R \times \varphi, \qquad \text{when}(\varphi)\text{: in radian}$$

P.T = P.C + L

$$Lc = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

$$M = R \times \left[1 - \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right] = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Lc}{2}\right)^2}$$

$$E = R \times \left[\sec\left(\frac{\varphi}{2}\right) - 1\right] = T \times \tan\left(\frac{\varphi}{4}\right)$$

P.C = P.I – T

Ex: Compute the Elements of the Curve at radius (500 m) that is required to design for contact two lines. If the deflection angle between them is (20° 14' 20'') and the distance of the point of intersection is (1120 m) from the beginning of the project?

Sol:

$$T = R \times \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) = 500 \times \tan\tan\left(\frac{20^o\ 14'\ 20''}{2}\right) = 89.24\ \text{m}$$

$$L = 2\pi \times R\frac{\varphi}{360^o} = \pi \times R\frac{\varphi}{180^o} = 3.14 \times 500 \times \left(\frac{20^o\ 14'\ 20''}{180^o}\right) = 176.62\ \text{m}$$

P.C = P.I – T = 1120 – 89.24 = 1030.76 m

P.T = P.C + L = 1030.76 + 176.62 = 1207.38 m

$$Lc = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) = 2 \times 500 \times \sin\left(\frac{20^o\ 14'\ 20''}{2}\right) = 175.7\ \text{m}$$

$$M = R \times \left[1 - \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right] = 500 \times \left[1 - \cos\left(\frac{20^o\ 14'\ 20''}{2}\right)\right] = 7.77\ \text{m}$$

$$E = T \times \tan\left(\frac{\varphi}{4}\right) = 89.24 \times \tan\left(\frac{20^o\ 14'\ 20''}{4}\right) = 7.9\ \text{m}$$

تسقيط المنحنيات الأفقية الدائرية بواسطة القياسات الطولية :

هناك عدة طرائق لتسقيط المنحنيات منها :

1. **طريقة الاعمدة على المماس (طريقة بيكر) :** يتم تعيين موقع النقطة للمنحني بقياس مسافتان متعامدتان بالشريط من نقطة (P.C) أو (P.T) كما يمكن عمل الاعمدة بواسطة المربع البصري أو جهاز التسوية حيث تقاس المسافات (x1, x2, x3, ...) على امتداد المماس العمودي على نصف القطر ثم تقاس الاعمدة (y1, y2, y3, ...) التي يتم حسابها حيث ان المسافات الأفقية (x1, x2, x3, ...) يتم فرضها حسب طول المماس والدقة المطلوبة في العمل .

$$R = y + \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$\therefore y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$$

Point	X (m)	$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$
1	10	
2	20	
3	30	
4		

مثال : منحني أفقي دائري بسيط يراد تسقيطه على الأرض بواسطة طريق بيكر إذا كان نصف قطر المنحني هو (127 m) وان زاوية الانحراف ($43^{o}\ 24'$) ؟

الحل : يتم فرض قيم (x) بعد حساب طول المماس (T) ثم ايجاد قيم (y) لكل قيمة من قيم (x) حيث يتم تسقيط النقاط من جهة (P.C) وتتكرر العملية من جهة (P.T) .

$$T = R \times \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) = 127 \times \tan\left(\frac{43^{o}\ 24'}{2}\right) = 50$$

Point	X (m)	$y = R - \sqrt{R^2 - x^2}$
1	10	0.4
2	20	1.5
3	30	3.5
4	40	6.4
5	50	10.2

2. **طريقة الاعمدة على الوتر (Offsets) :** تستخدم هذه الطريقة عندما يكون المرور كثيفاً ومستمراً على الطريق القديم المراد انشاؤه من جديد وتعديله ويتم تحديد استقامة الوتر بين نقطتي بداية ونهاية المنحني ثم يتم تقسيم الوتر إلى عدد زوجي من الاجزاء المناسبة لان التسقيط يتم من الجهتين أي من منتصف الوتر وتقاس المسافات الأفقية والتي تمثل المسافات السينية من المنتثف ثم تقاس الاعمدة التي تمثل المسافات الصادية وذلك بعد حسابها من العلاقة الآتية :

Y = OP – OV

OVP.c

$$OV = \sqrt{R^2 - \left(\frac{Lc}{2}\right)^2}$$

OPS

$$OP = \sqrt{R^2 - X^2}$$

$$\therefore Y = \sqrt{R^2 - X^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Lc}{2}\right)^2}$$

Point	X (m)	$Y = \sqrt{R^2 - X^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Lc}{2}\right)^2}$
1	10	
2	20	
3	30	
4		

مثال : منحني أفقي دائري بسيط يراد تسقيطه على الأرض بواسطة طريقة بيكر إذا كان نصف قطر المنحني هو (127 m) وان زاوية الانحراف ("43° 24) ؟

الحل : يتم فرض قيم (x) بعد حساب طول الوتر (Lc) ثم ايجاد قيم (y) لكل قيمة من قيم (x) حيث يتم تسقيط النقاط من منتصف الوتر .

$$Lc = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)$$

$$Lc = 2 \times 127 \times \sin\left(\frac{43^o \;\; 24'}{2}\right) = 94\,\text{m}$$

$$\therefore \frac{Lc}{2} = 47\,\text{m}$$

Point	X (m)	$Y = \sqrt{R^2 - X^2} - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Lc}{2}\right)^2}$
1	10	8.6
2	20	7.4
3	30	5.4
4	40	2.5

المنحنيات العمودية (الرأسية) Vertical Curves

هي المنحنيات التي تصل بين مرتفع ومنخفض وتسهل عملية الرؤية .

حيث أن :

B.V.C : نقطة بداية المنحني العمودي

E.V.C : نقطة نهاية المنحني العمودي

g1 : انحدار المماس الأول (ميل المماس الأول)

g2 : نقطة تقاطع الميلين (الانحدارين)

L : طول وتر المنحني العمودي (طول مسقط المنحني) ويعتمد على الفرق الجبري بين الميلين (g2, g1) وعلى مقدار التغير بالميل (r) الذي يجب توفره وعلى مسافة الرؤيا اللازمة لتحقيق الامان .

$$L = \frac{g2 - g1}{r} \times 100$$

ولتسقيط نقاط المنحني إلى المسافة الأفقية ومنسوب النقطة .

مثال (1) : احسب طول وتر المنحني العمودي الذي يجب توفره في تقاطع مماسين (0.5% –) و (+1%) إذا كان معدل التغير في الميل (0.1%) ؟

الحل :

$$L = \frac{g2 - g1}{r} \times 100 = \frac{1 - (-0.5)}{0.1} \times 100 = 1500 \text{ m}$$

مثال (2) : احسب منسوب النقاط لمنحني عمودي عند كل نصف مخطة يراد عمله لربط طريقين الأول بانحدار (1.1% +) والثاني (1.5% –) ونقطة تقاطعهما تقع عند المحطة (00 + 60) وبمنسوب (763.66 m) علماً أن طول وتر المنحني (900 m) ؟

الحل :

$$r = \frac{g2 - g1}{l} \times 100 = \frac{(-1.5 - 1.1)}{900 \times 100} \times 100 = -0.288 \times 10^{-4}$$

$$\text{Ele. of B.V.C.} = 763.66 - \left(\frac{1.1 \times 450}{100} \right) = 758.71 \text{ m}$$

St. of B.V.C. = 6000 + 450 = 6450 = 64 + 50

$$\frac{r}{2} = \frac{-0.288}{2} = -0.144 \times 10^{-4}$$

St.	X	g1 × x	Ele. of B.V.C	Ele. of the curve
55 + 50	0	0	758.71	758.71

Ele. of the curve = Ele. of B.V.C. + (g1 × x) + (x)

Reference

1. Brinker, R. C., & Minnick, R. (2012). *The surveying handbook*. Springer Science & Business Media.
2. Schofield, W., & Breach, M. (2007). *Engineering surveying*. CRC Press.
3. Kreisle, W. E. (1988). History of engineering surveying. *Journal of Surveying Engineering*, *114*(3), 102-124.
4. Wiggins, A., & Crowston, K. (2015). Surveying the citizen science landscape. *First Monday*, *20*(1-5).