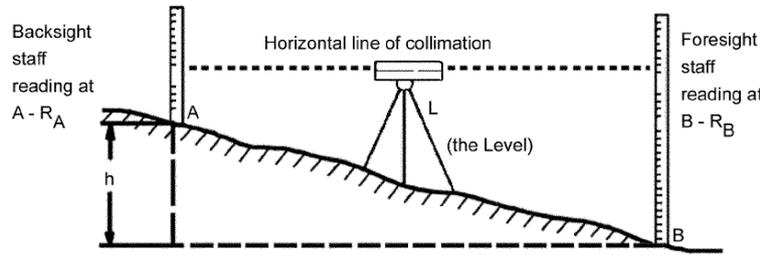


التسوية الهندسية

١. تعريف التسوية.

التسوية هي عملية تحديد فرق الارتفاع بين نقطتين أو أكثر على سطح الأرض. وهي مهمة جداً في العمل الهندسي، سواءً في مرحلة التصميم أو في عمليات البناء. تحدد نظارة جهاز النيفو خطاً أفقياً (خط الرصد أو خط الكوليماتسيون). تتعين ارتفاعات النقاط من خلال قياس التباعدات الشاقولية أسفل خط الرصد بالتسديد نحو ميرا مدرجة يتم تثبيتها فوق كل نقطة من النقاط [انظر الشكل (١)].



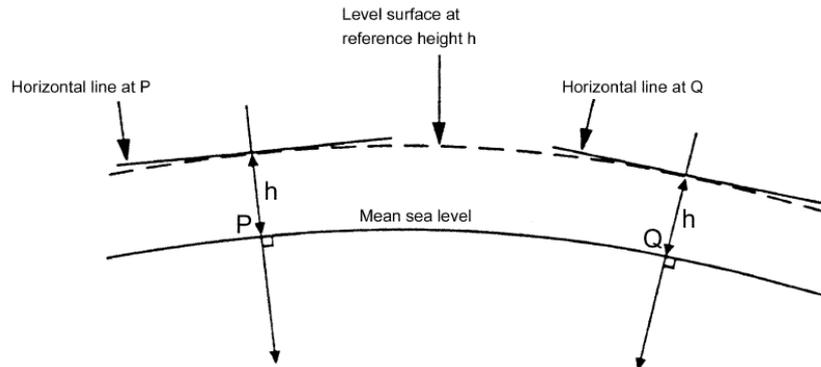
الشكل (١): الفكرة العامة للتسوية الهندسية.

باعتبار R تمثل القراءة على الميرا، يكون فرق الارتفاع بين النقطتين A و B هو:

$$h = R_A - R_B \quad (1)$$

٢. تعاريف أساسية.

١.٢ خط التسوية (Level Line): هو خط ذو ارتفاع ثابت عن المستوي الوسطي لسطح البحر، وبالتالي سيكون خطاً منحنياً [انظر الشكل (٢)].



الشكل (٢): تمثيل خط التسوية والخط الأفقي.

٢.٢ الخط الأفقي (Horizontal Line): هو الخط المماس لخط التسوية عند النقطة ذاتها، وهو متعامد مع اتجاه قوة الجاذبية الأرضية عند نفس النقطة. وهو خط مستقيم.

٣.٢. سطح المقارنة (Level Datum): هو المستوي المرجعي الذي تُقاسُ ارتفاعات جميع النقاط بالنسبة له على مستوى الدولة الواحدة.

٤.٢. مرجع التسوية (Bench Mark: BM): هي نقطة مرجعية ثابتة ذات ارتفاع محدد أعلى أو أسفل سطح المقارنة.
٦.٢. نقطة مساحية نظامية (Standard Survey Mark: SSM): هي نقطة دائمة ذات ارتفاع وإحداثيات أفقية محددة

ضمن النظام العام للدولة.

٧.٢. الارتفاع المختزل (Reduced Level: RL): هو ارتفاع النقطة المنسوب إلى السطح المرجعي (فوق أو أسفل).

٨.٢. القراءة الخلفية (Backsight): هي الرصدة الأولى التي نجرها بعد تثبيت جهاز النيفو.

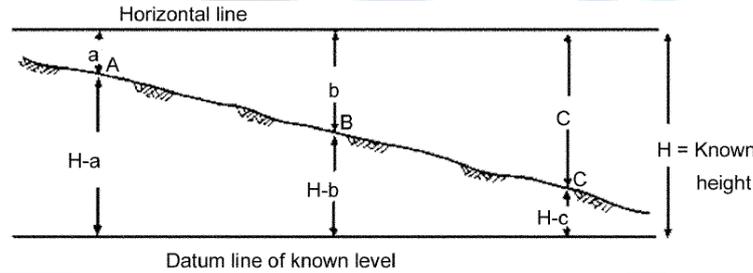
٩.٢. القراءة الأمامية (Foresight): هي الرصدة الأخيرة التي نجرها قبل نقل الجهاز إلى موقع آخر.

١٠.٢. القراءة البينية (Intermediate Sight): هي رصدة نجرها بين القراءة الخلفية والأمامية اللاحقة.

١١.٢. خط الرصد (Line of Collimation): هو خط الرصد المنطلق من عين الانسان مروراً بتقاطع شعيرات لوحة المحكم، وهو خط أفقي دوماً.

٣. جهاز النيفو أو الميزان (LEVEL).

يُستخدمُ جهاز النيفو (الميزان) للحصول على فروقات الارتفاعات بين النقاط أعلى أو أسفل الخط الأفقي. فإذا كان الخط الأفقي على ارتفاعٍ محددٍ بالنسبة إلى مرجع التسوية، عندها تتحدد الارتفاعات المختزلة لهذه النقاط [الشكل (٣)].



الشكل (٣): الارتفاعات المختزلة للنقاط.

يتكون النيفو أساساً من نظارة مساحية مزودةً بآلية توازن (compensator) لوضع خط الرصد في الحالة الأفقية. وهذه النظارة تقوم بتكبير تدريجات ميرا التسوية، وبنفس الوقت تتخلص من تأثير التشويش (parallax) للرؤية.
٤. أنواع جهاز النيفو.

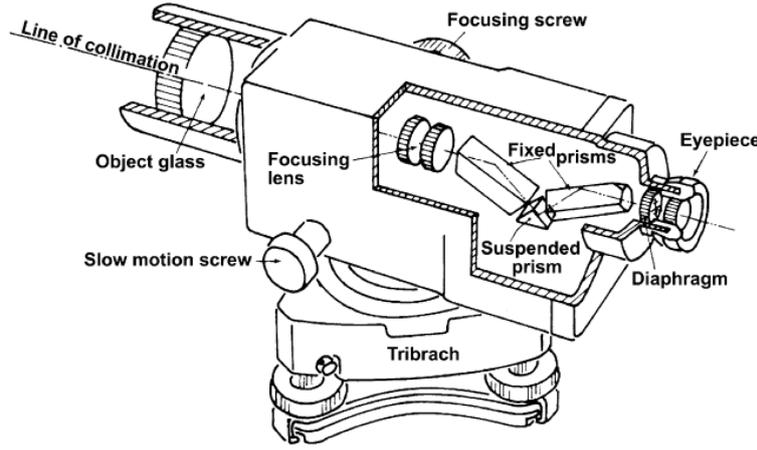
وفقاً لآلية التمرکز والتوازن نميز الأنواع التالية:

. النيفو التقليدي: المزود بآلية خاصة قسرية لوضع خط الرصد متعامداً مع اتجاه الشاقول المار من نقطة الشبكة الارتفاعية.

. النيفو الأوتوماتيكي: وهو مزود بآلية توازن تسمح بوضع خط الرصد في الحالة الأفقية طالما كان الجهاز ضمن

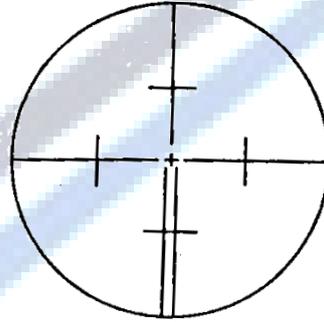
مجال

التوازن الآلي. ولتسوية هذه الأجهزة يكفي وضع المحور العمودي للجهاز بالوضعية الشاقولية من خلال مركزة الزئبقية الدائرية. ويبين الشكل (٤) مقطعاً طولياً في النيفو الأوتوماتيكي من صنع شركة WILD.



الشكل (٤): نيفو WILD الأوتوماتيكي المزود بألية توازن.

وتم تزويد نظارة النيفو بشبكة شعيرات ستاديمترية كالتالي تظهر في الشكل الآتي:



الشكل (٥): شبكة خطوط المحكم في النظارة.

ودوماً كما هو الحال في الأجهزة المساحية نجري عمليات الاحكام قبل أخذ قيمة القراءة على الميرا الشاقولية. لإجراء عمليات الإحكام في هذه النظارة نضبط أولاً موقع العينية بالنسبة للمحكم، فنوجه النظارة نحو نقطة مضيئة ونزلق اسطوانة العينية ضمن اسطوانة المحكم حتى نرى خطوط المحكم بشكل واضح، تجري هذه العملية لمرة واحدة قبل القياسات. وفي الخطوة التالية نضبط موقع اسطوانة المحكم والعيانية بالنسبة إلى عدسة الجسمية، فنزلق مجموعة العينية والمحكم ضمن اسطوانة الجسمية حتى نرى خيال الجسم المرصود بشكل دقيق وواضح. ويجب التنويه هنا إلى ضرورة المطابقة بين خيال الجسم المرصود وخيال خطوط المحكم، بحيث لا يتحرك خيال المحكم بالنسبة إلى الجسم عند تحريك عين الراصد أمام العينية سواءً من اليمين إلى اليسار أو من الأعلى إلى الأسفل وبالعكس أيضاً.

ووفقاً لألية العمل (تكنولوجياً) نميز بين الأنواع التالية:

جهاز النيفو الإلكتروني الرقمي :



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

هو جهاز مزود بتكنولوجيا متطورة لمعالجة صور الميراث بهدف تعيين فروقات المناسيب والمسافات الأفقي، وعرض المعلومات على شاشة الجهاز، وتسجيل المعلومات والبيانات في ذاكرة الجهاز الداخلية. وتبلغ دقة الجهاز في تعيين المناسيب ١ مم/كم ودقة تعيين المسافات من ١ - ٥ سم.

جهاز النيفو بنظام الليزر الدوار :

يعمل الجهاز على إرسال شعاع ليزر يستقبل على وحده خاصة تابعة للجهاز تقوم بإظهار المعلومات والبيانات الخاصة

بالمنسوب أو الميل.

جهاز النيفو العادي :

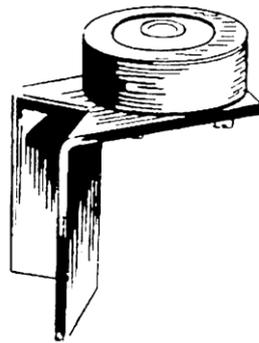
هو جهاز مكون من منظار وبزالات خاصة بالضبط، وهو شائع الاستخدام في أغلب المشاريع الهندسية مثل المشاريع

الطولية والعرضية وتمديدات المياه والمجاري، وتستخدم فيه الميرا العادية.

٥. الميرا المساحية (Levelling Staff).

يجب أن تكون الميرا صلبة، وتصنع عادةً من المعدن أو الفايبرغلاس. أغلبها بطول 3 m أو 5m عند إطلاتها. كما يمكن

تزويد الميرا بزئبقية تسوية لجعلها في الوضعية الشاقولية.



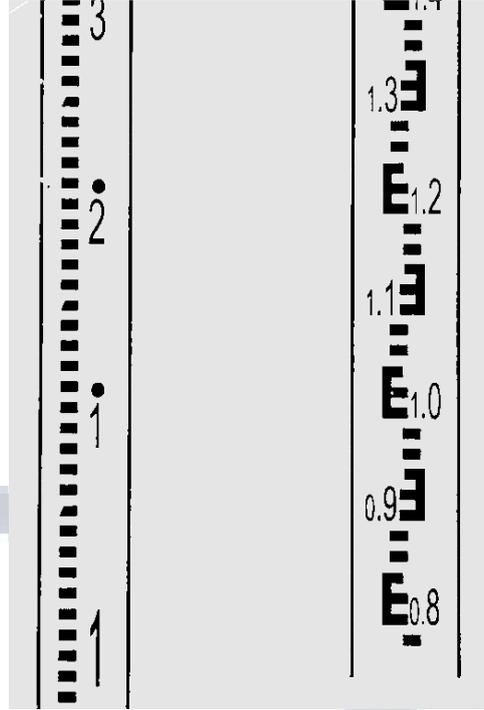
الشكل (٦): زئبقية الميرا (Staff Bubble)

ويوجد عموماً عدة أنواع للميرا هي:

ميرا مشفرة نستخدمها مع مجموعة جهاز النيفو الإلكتروني.

ميرا تسمح بالقراءة المباشرة مدرجة كل 5 mm.

نموذج ألد E المدرج كل 10 mm [الشكل (٧)].



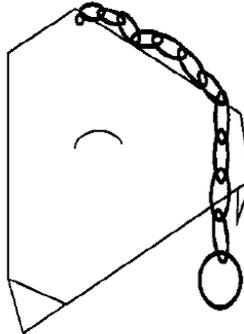
ميرا القراءة المباشرة

ميرا ألي

الشكل (٧): ميرا التسوية.

٦. حامل الميرا Change Plate.

يُستخدم حامل الميرا لتشكيل قاعدة صلبة تحت الميرا عندما تكون الأرض رخوة. وتكون على شكلين:
الأول: مسمار طويل منتهي بصفيحة معدنية في الأعلى.
الثاني: صفيحة مثلثية الشكل مع أرجل صغيرة لغرزها ضمن التربة.
وفي الحالتين يوجد نتوء صغير في المركز لتثبيت وتدوير الميرا فوق الحامل.



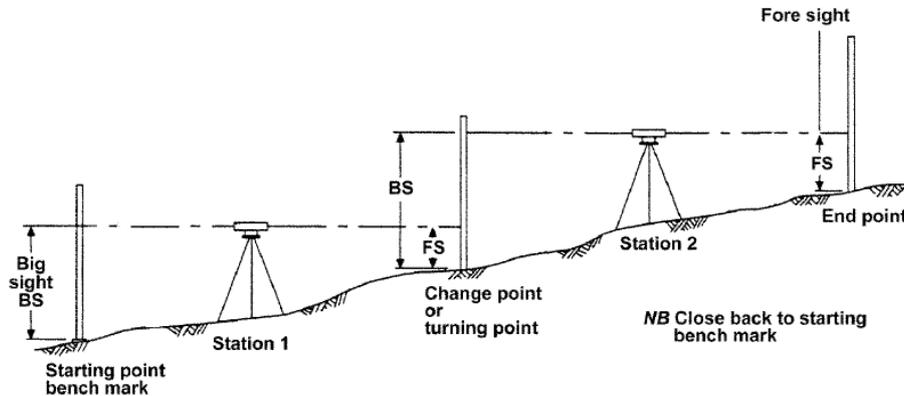
الشكل (٨): حامل الميرا.

٧. التضييع الرأسى (الشاقولي) Level Traversing.

١.٧. مفهوم التسوية الهندسية.

هي مجموعة الاجراءات التي تُمكن من الحصول على فرق الارتفاع بين نقطتين أو أكثر من النقاط المساحية. وبناءً عليه، إذا كان الارتفاع المختزل لإحدى النقاط معلوماً يمكن حساب الارتفاعات المختزلة لبقية النقاط. ويُعرّف التضييع الرأسى بأنه العملية التي يمكن بواسطتها تحويل الارتفاع من نقطة إلى أخرى، وذلك باتباع الخطوات التالية:

- تركيز الميرا على النقطة معلومة الارتفاع.
- تنصيب جهاز التسوية / النيفو ومركزته (تأمين الأفقية) بعيداً عن النقطة بمسافةٍ لا تزيد عادةً عن 40 m.
- أخذ القراءة على الميرا فوق النقطة المعلومة، وهذا هو القياس الخلفى الابتدائي إلى نقطة البداية (Backsight: BS).
- تحريك الميرا إلى مسافة مساوية تقريباً لبعد الجهاز عن النقطة الابتدائية بنفس اتجاه سير المضلع الرأسى. يتم وضع صفيحة حامل الميرا فوق النقطة الجديدة على الأرض، وتُسمى هذه النقطة نقطة التغير.
- نأخذ القراءة على الميرا فوق النقطة الجديدة، فيتم الحصول على القراءة الأمامية (foresight: FS).
- يعطي فرق القراءتين (الخلفية ناقصاً الأمامية) فرق الارتفاع بين النقطتين. بإضافة هذا الفرق إلى الارتفاع المختزل للنقطة الابتدائية نحصل على ارتفاع نقطة التغير (الثانية).
- ننقل الجهاز إلى النقطة 2 باتجاه الآخر للميرا باتجاه سير التضييع.
- بدون تغيير موقع حامل الميرا نُديرها باتجاه جهاز التسوية.
- نكرر عملية القياس نحو النقطة الخلفية ومن ثم نحو الأمامية حتى الوصول إلى نقطة نهاية المضلع الارتفاعى.
- تتطلب جودة العمل المساحى أن تكون نقطة الوصول النهائية هي مرجع تسوية، وبالتالي يمكن حذف أخطاء القياسات، ويوضح الشكل (٩) الآتي تخطيطياً الخطوات المتبعة.



الشكل (٩): تسلسل خطوات القياس ضمن المضلع الشاقولي.

ونُدرك بأن عملية التسوية تبدأ بالقراءة الخلفية وتنتهي بالأمامية.

أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

ويمكن أن يكون هناك حاجة لتعيين ارتفاعات بعض النقاط المتوسطة، بين نقاط التغير، على طول المضلع الرأسى. نأخذ إلى هذه النقاط قراءة واحدة فقط ومن نفس مكان تثبيت جهاز التسوية. عموماً من مركز واحد للنيفو يمكن القياس نحو عددٍ من النقاط المتوسطة، ولكن توجد قراءة واحدة أمامية وأخرى خلفية فقط.

٢.٧. تحويل (اختزال) الارتفاعات.

توجد عدة طرق لتحويل القراءات الخلفية والأمامية والبينية إلى ارتفاعات مختزلة. ومن أهمها طريقة الصعود والهبوط وطريقة الارتفاع عن خط الرصد.

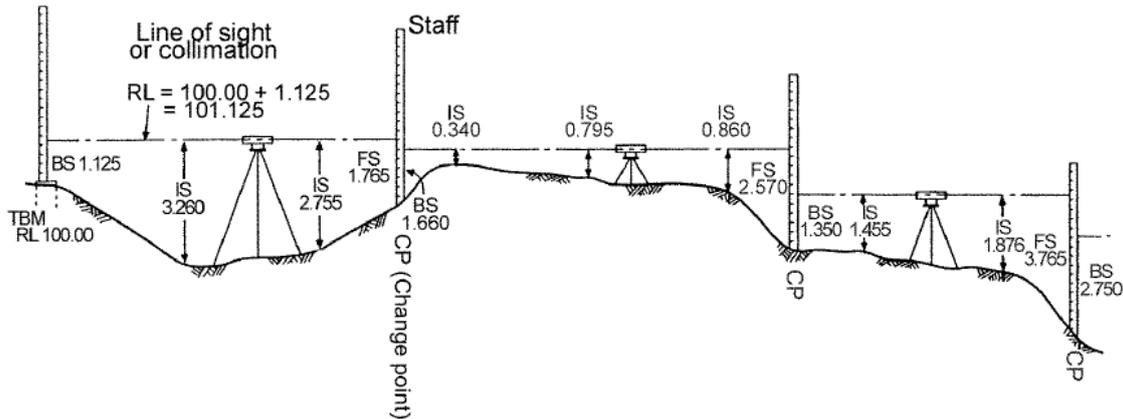
١.٢.٧. طريقة الصعود والهبوط.

نورد فيما يلي الخطوط العريضة لاختزال الارتفاعات بطريقة الصعود والهبوط انطلاقاً من القياسات المنفذة خلال عملية التضليغ الرأسى (ضمن المضلعات الرأسية). يتكون جدول العمل من ٧ أعمدة وعدد متناسب مع عدد النقاط من الأسطر.

الجدول (١): جدول تسجيل القياسات الحقلية.

ملاحظات	الارتفاع المختزل	هبوط (-)	صعود (+)	القراءة الأمامية	القراءة البينية	القراءة الخلفية

كل سطر من النموذج أعلاه مخصص لقراءة على الميرا فوق نقطة معينة، وذلك تبعاً لنقطة تركيز الجهاز. وللتوضيح نورد المثال التالي [الشكل (١)]:



الشكل (١٠): كروي المضلع الرأسى.

من الكروي نسجل القياسات المنفذة بالطريقة التالية:

القراءة الخلفية الابتدائية 1.325 والارتفاع المختزل 100.000 لأجل التركيز الأول للميرا يُكتبُ في السطر الأول.

القراءة البينية 3.260 للتركيز التالي للميرا يُكتبُ في السطر الثاني.

القراءة البينية 2.755 للتركيز التالي للميرا يُكتبُ في السطر الثالث.



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

في السطر الرابع نكتب القراءة الأمامية المنفذة إلى الميرا المركزة فوق نقطة التغير 1.765، وكذلك نكتب القراءة الخلفية للميرا المنفذة فوق نفس نقطة التغير ولكن بالنسبة للقياس المأخوذ من الجهاز المثبت فوق الثانية 1.660. وذلك كما يلي:

الجدول (٢): جدول القياسات الحقيقية.

ملاحظات	الارتفاع المختزل	هبوط (-)	صعود (+)	القراءة الأمامية	القراءة البينية	القراءة الخلفية
						1.125
					3.260	
					2.755	
				1.765		1.660
					0.340	
					0.795	
					0.860	
				2.570		1.350
					1.455	
					1.876	
				3.765		

لاحظ: كل قراءة تم تسجيلها في سطر منفرد ماعدا القراءة الخلفية والأمامية إلى نقاط التغير.

نقوم الآن بتحويل القياسات للحصول على فروقات الارتفاعات (صعود أو هبوط). ويتم هذا بطرح كل قراءة من القراءة السابقة لها، ويبين الجدول الآتي ذلك:

الجدول (٣): جدول القياسات المختزلة (المُحوّلة).

ملاحظات	الارتفاع المختزل	هبوط (-) (Fall)	صعود (+) (Rise)	القراءة الأمامية (FS)	القراءة البينية (IS)	القراءة الخلفية (BS)
TBM	100.000					1.125(1A)
IS		2.135			3.260(2A)	
IS			0.505		2.755(3A)	
CP			0.990	1.765(4A)		1.660(1B)
IS			1.320		0.340(2B)	
IS		0.455			0.795(3B)	
IS		0.065			0.860(4B)	
CP		1.710		2.570(5B)		1.350(1C)
IS		0.105			1.455(2C)	
IS		0.421			1.876(3C)	
CP		1.889		3.765(4C)		

في الجدول أعلاه:

. في البداية طرحنا (2A) من (1A). الفرق هو -2.135 ، ولأنه سالب تم تسجيله في عمود الهبوط وفي نفس الخط الذي يحوي (2A).
. أيضاً طرحنا (3A) من (2A). فيكون الفرق هو +0.505، ولأنه موجب تم تسجيله في عمود الصعود وفي نفس الخط الذي يحوي (3A).



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

. أيضاً طرحنا (4A) من (3A). فيكون الفرق هو +0.990، ولأنه موجب تم تسجيله في عمود الصعود وفي نفس الخط الذي يحوي (4A). الذي يحوي القياسات المنفذة فوق المحطة الأولى للجهاز A. وتتكرر نفس طريقة الحسابات بالنسبة للمحطات التالية لجهاز النيفو. ونقوم الآن بتحديد ارتفاعات النقاط على طول المضلع الرأسى كما هو في الجدول التالي:

الجدول (٤): جدول الارتفاعات المختزلة.

ملاحظات	الارتفاع المختزل	هبوط (-)	صعود (+)	القراءة الأمامية	القراءة البينية	القراءة الخلفية
TBM	100.000(1)					1.125(1A)
IS	97.865(3)	2.135(2)			3.260(2A)	
IS	98.370(5)		0.505(4)		2.755(3A)	
CP	99.360(7)		0.990(6)	1.765(4A)		1.660(1B)
IS	100.680(9)		1.320(8)		0.340(2B)	
IS	100.225(11)	0.455(10)			0.795(3B)	
IS	100.160(13)	0.065(12)			0.860(4B)	
CP	98.450(15)	1.710(14)		2.570(5B)		1.350(1C)
IS	98.345(17)	0.105(16)			1.455(2C)	
IS	97.924(19)	0.421(18)			1.876(3C)	
CP	96.035(21)	1.889(20)		3.765(4C)		

وبين الجدول التالي تسلسل الأعمال الحسابية ضمن جدول العمل المستخدم بطريقة الصعود والهبوط وذلك لمضلع رأسى مغلق ينطلق ويغلق على نفس مرجع التسوية.

الجدول (٥): مخطط تسلسل الأعمال الحسابية.

Staff Readings			(Arbitrary Datum)				
BS	IS	FS	Rise +	Fall -	RL	Distance	Remarks
1.125					100.000	00	TBM (Temporary Bench Mark)
	3.260			2.135	97.865	30	Chainage on centre line of road
	2.755		0.505		98.370	60	
1.660		1.765	0.990		99.360	-	CP (Change Point)
	0.340		1.320		100.680	90	
	0.795			0.455	100.225	120	
	0.860			0.065	100.160	150	
1.350		2.570		1.710	98.450	-	CP (Change Point)
	1.455			0.105	98.345	180	
	1.876			0.421	97.924	210	
2.750		3.765		1.889	96.035	-	CP (Change Point)
2.415		0.615	2.135		98.170		CP
		0.585	1.830		100.000		TBM (Close back on to starting point)
SUM (Σ)	9.300	9.300	6.780	6.780			

عموماً لحساب الارتفاع المختزل للنقطة نستخدم العلاقة:

$$RL_{new} = RL_{old} + Rise - Fall$$

حيث: RL_{new} : الارتفاع المختزل للنقطة الجديدة.

RL_{old} : الارتفاع المختزل للنقطة السابقة.

$Rise$: مقدار الصعود.

$Fall$: مقدار الهبوط.

التحقيقات:

توجد ثلاث تحقيقات مهمة جداً لصحة الحسابات تبينها العلاقة التالية:

$$\Sigma backsights - \Sigma Foursights = \Sigma Rises - \Sigma Falls$$

$$\Sigma backsights - \Sigma Foursights = Last reduced level - First reduced level$$

ويظهر الجدول التالي هذه التحقيقات:

الجدول (٦): جدول التحقيقات الضرورية.

ملاحظات	الارتفاع المختزل	هبوط (-)	صعود (+)	القراءة الأمامية	القراءة البينية	القراءة الخلفية
TBM	100.000(1)					1.125(1A)
IS	97.865(3)	2.135(2)			3.260(2A)	
IS	98.370(5)		0.505(4)		2.755(3A)	
CP	99.360(7)		0.990(6)	1.765(4A)		1.660(1B)
IS	100.680(9)		1.320(8)		0.340(2B)	
IS	100.225(11)	0.455(10)			0.795(3B)	
IS	100.160(13)	0.065(12)			0.860(4B)	
CP	98.450(15)	1.710(14)		2.570(5B)		1.350(1C)
IS	98.345(17)	0.105(16)			1.455(2C)	
IS	97.924(19)	0.421(18)			1.876(3C)	
CP	96.035(21)	1.889(20)		3.765(4C)		
		$\Sigma = 6.780$	$\Sigma = 2.815$	$\Sigma = 8.100$		$\Sigma = 4.135$
			-6.780			-8.100
			-3.965			-3.965
						-100.000
						-3.965

كما يظهر من التحقيقات أعلاه:

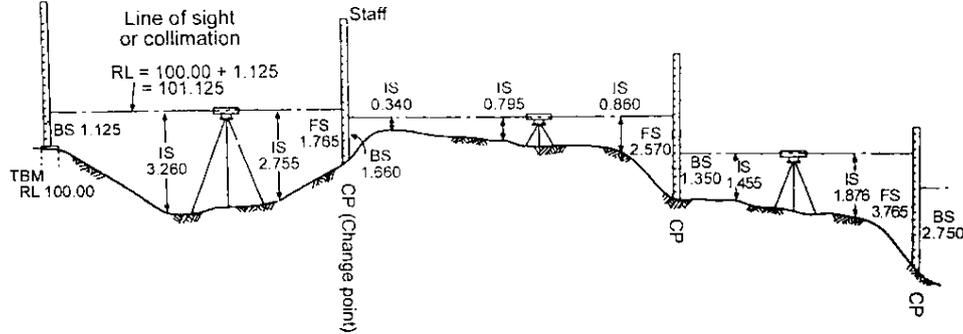
إذا كانت القيم الثلاثة متساوية نعتبر الحسابات صحيحة.

٢.٢.٧ طريقة الارتفاع عن خط الرصد. Height of Collimation Method

تُستخدم هذه الطريقة في حال وجود عددٍ كبيرٍ من القراءات البينية كما هو الحال في محاور الطرق أو المقاطع العرضية.

تبدأ الطريقة بحساب ارتفاع الجهاز، ومن ثم طرح قيمة كل قراءةٍ بينيةٍ من هذا الارتفاع. من الشكل () التالي يبلغ ارتفاع خط الرصد فوق المحطة الأولى 1.25 m فوق مرجع التسوية، وبالتالي يكون ارتفاع خط الرصد هو:

$$RL = 100 + 1.25 = 101.25 \text{ m}$$



الشكل (١١): التضلعي الرأسى بطريقة الارتفاع عن خط الرصد.

إن RL (Recorded Level) للنقاط البينية العائدة لهذه المحطة (الأولى) ستكون مساوية لارتفاع الجهاز ناقصاً منها قيمة القراءة على الميرا. فيكون:

ارتفاع النقطة بالاعتماد على قراءة الجهاز على الميرا:

$$IP 1 \ 101.125 - 3.260 \text{ m} = 97.865 \text{ m}$$

$$IP 2 \ 101.125 - 2.755 \text{ m} = 98.370 \text{ m}$$

$$CP \ 101.125 - 1.765 \text{ m} = 99.360 \text{ m}$$

وتم تسجيل الارتفاعات تخطيطياً على الشكل أعلاه.

يتم الآن تغيير موقع الجهاز إلى المحطة الثانية بحيث يتغير ارتفاع خط الرصد كالتالي:

$$RL (CP 1) + BS = HI$$

$$99.360 + 1.660 = 101.020 \text{ m}$$

ويكون بالتالي:

$$HI - IS = RL$$

$$99.360 + 1.660 = 101.020 \text{ m}$$

$$\text{and so } HI - IS = RL$$

$$100.020 - 0.340 = 100.680 \text{ m}$$

وهكذا حتى نهاية الخط.

ملاحظة: الرموز الواردة في المعادلات السابقة تعني:

BS: القراءة الخلفية.

IP: النقطة البينية.

IS: القراءة البينية.

CP: نقطة التغير.

HI: خط رصد الجهاز.

RL (CP 1): ارتفاع نقطة التغير الأولى.

القراءة الخلفية (BS)	القراءة البينية (IS)	القراءة الأمامية (FS)	HI	الارتفاع المختزل (RL)	ملاحظات
1.125			101.125	100.000	TBM
	3.260(2A)			97.865	IP1
	2.755(3A)			98.370	IP2
1.660		1.765	101.020	99.360	CP1
	0.340(2B)			100.680	IP3
	0.795(3B)			100.225	IP4
	0.860(4B)			100.160	IP5
1.350		2.570	99.800	98.450	CP2
	1.455(2C)			98.345	IP6
	1.876(3C)			97.924	IP7
		3.765		96.035	CP3
$\Sigma = 4.135$		$\Sigma = 8.100$			

لاحظ أنه توجد في هذه الطريقة التحقيقات التالية:

.عالج القياسات BS و FS ككيان واحد، والقياسات IS ككيان آخر.

$$\Sigma(BS) - \Sigma(FS) = last\ RL - first\ RL.$$

. لكل محطة للجهاز: (مجموع قياسات IS + مجموع RLs المقابلة) مقسوماً على عدد النقاط

يجب أن يساوي ارتفاع خط رصد المحطة . أي:

$$[\Sigma(IS) + \Sigma(RL)] \div n = height\ of\ collimation.$$

وبالعودة إلى المثال أعلاه نجد:

. بالنسبة للمحطة الأولى:

$$[(3.260 + 2.755) + (97.865 + 98.370)] \div 2 = 101.125$$

. بالنسبة للمحطة الثانية:

$$[(0.340 + 0.795 + 0.860) + (100.680 + 100.225 + 100.160)] \div 3 = 101.020$$

. بالنسبة للمحطة الثالثة:

$$[(1.455 + 1.876) + (98.345 + 97.924)] \div 2 = 99.800$$

٨. تنصيب النيفو الأوتوماتيكي وتحضيره للقياس Adjustment of the Automatic Level

يوجد نوعان مختلفتان من إجراءات تحضير النيفو لعمليات القياس، وتسمى:

التحضيرات المؤقتة، التحضيرات الدائمة



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

١.٨. التحضيرات المؤقتة.

- هي إجراءات نقوم بها كلما أردنا تنصيب الجهاز، وتتضمن:
 - . تثبيت أرجل الحامل (ثلاثي القوائم) بقوة في الأرض، مع المحافظة على أفقية رأس الحامل قدر الإمكان.
 - . رفع الجهاز من علبته.
 - . تثبيت الجهاز فوق حامله بقوة وأمان.
 - . تأمين أفقية الجهاز باستخدام بزلات رأس التوازن (التربراخ).
 - . إجراء عمليات الإحكام.
 - . التسديد نحو الميرا.

وتتم عمليات الإحكام بالتسلسل التالي:

١. النظر بالتلسكوب المساحي إلى السماء أو إلى نقطة مضيئة وتدوير العدسة العينية حتى تظهر شعيرات التسديد في المحكم بشكلٍ دقيق وواضح.
 ٢. التسديد نحو الهدف المرصود وإجراء المطابقة الدقيقة حتى يظهر الهدف بوضوح وبدون أي خيال للجسم المرصود.
- خلال إجراء التحضيرات يقوم حامل الميرا بـ:
١. توجيه الميرا نحو الراصد، وتأمين شاقوليتها باستخدام الزئبقية الخاصة بذلك.
 ٢. إبقاء أصابعه بعيداً عن وجه الميرا، وذلك حرصاً على عدم إعاقة رؤية تدريجاتها.
- ٢.٨. التحضيرات الدائمة.
- حتى يعمل النيفو الأوتوماتيكي بالشكل الأفضل يجب أن يكون مضبوطاً، وإلا فإن الكومبنساتور لن يعمل بشكل دقيق ولن يكون خط الرصد أفقياً. للتحقق يجب:
- . تأمين أفقية الجهاز باستخدام الزئبقية (بمساعدة بزلات التوازن).
 - . تدوير الجهاز بزاوية 180° بحيث يتجاوز بزالي توازن، ثم التحقق من الزئبقية.
 - . تدوير الجهاز بزاوية 180° والتحقق من مركزة الزئبقية مرةً أخرى.
- إذا حافظت الزئبقية على توازنها يكون الجهاز مؤهلاً لإجراء القياسات.

٩. أخطاء الإغلاق وتعديل المضلع الارتفاعي .Misclosure and Adjustment of Level Traverses

١.٩. خطأ الإغلاق.

يعتمد قبول القياسات الارتفاعية على قيمة خطأ الإغلاق المحسوب. وتعتمد القيمة المسموحة لهذا الخطأ على درجة وأهمية الغرض الذي تخدمه الارتفاعات المحسوبة. حيث توجد معادلة خاصة بكل مرتبة من مراتب المضلعات الارتفاعية. فمثلاً ضمن مضلعات المرتبة الثالثة 3rd Order تأخذ معادلة القيمة المسموحة لخطأ الإغلاق الصيغة:



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

$$Misclosure(mm) = \pm 12 \cdot \sqrt{D_{(KM)}}$$

حيث D هي المسافة بالكيلومترات.

ونعتمد من أجل المضلعات المستخدمة في بناء المنشآت الهندسية عموماً المعادلة:

$$Misclosure(mm) = \pm 5 \cdot \sqrt{n}$$

حيث تمثل n عدد محطات جهاز النيفو ضمن المضلع. وأسهل طريقة لتعيين n هي أنها تساوي عدد القياسات الخلفية أو الأمامية (وهي متساوية بطبيعة الحال).

٢.٩. تعديل المضلع الارتفاعي.

يمكن توزيع خطأ الإغلاق بعدة طرق، ومنها:

. في المضلعات من المراتب العليا نعتبر أن الخطأ المرتكب يتناسب طردياً مع طول المضلع. ونعتبر الارتفاع الأول والأخير على أنها صحيحة، ويجب تصحيح كل الارتفاعات المحسوبة الأخرى بشكلٍ يتناسب مع المسافة بين النقطة والتي تليها ضمن المضلع.
. في المضلعات الأقل دقةً والتي لا يزيد طولها عن 1 KM نتبع الطريقة المحددة في الجدول (٨).

لاحظ:

- تفترض طرق التعديل أن المسافات المتوازنة نحو القراءة الخلفية والأمامية تتم المحافظة عليها ضمن المضلع.
- التصحيحات الثلاثة المذكورة سابقاً تعطي قيمة خطأ الإغلاق كالتالي:
$$\sum BS - \sum FS = \sum Rise - \sum Falls = Last RL - First RL = misclosure = + (0.007m)$$
- إذا كانت قيمة خطأ الإغلاق أكبر من القيمة المسموحة نعيد القياسات، وإذا كانت قيمته ضمن الجدود المسموحة نقوم بتوزيعه على قيم الارتفاعات المختزلة RLs.
- التصحيح الموزع يكون مساوياً لخطأ الإغلاق لكل محطة للجهاز وبإشارة معاكسة، وهو تراكمي بالنسبة لمحطات الجهاز.
- ضمن الجدول (٨) نجد:
. قيمة خطأ الإغلاق في المضلع هي 0.007 m.
. عدد محطات جهاز النيفو هو 2.

. حصة كل محطة من خطأ الإغلاق تساوي $\frac{-0.007m}{2}$ ، ومن أجل تجاوز أجزاء المليمتر نوزع بإشارة

معاكسةً خطأ الإغلاق الكلي على جزأين، الأول يساوي 0.003 m (قراءات المحطة الأولى) والثاني يساوي 0.004 m (قراءات المحطة الثانية).



أ.د. إياد فحصة

المساحة (٢)

الجدول (٨): قراءات المضلع الارتفاقي، وأخطاء الإغلاق، والتحققات المذكورة أعلاه.

قراءات الميرا Staff Readings			Rise	Fall	RL	Adj	Adj RL
BS (m)	IS (m)	FS (m)	صعود	هبوط	ارتفاع مختزل	تصحيح	ارتفاع مصحح
1.422					10.400		
	1.304		0.118		10.518	-0.003	
	1.712			0.408	10.110	-0.003	
1.753		0.430	1.282		11.388	-0.003	
	0.854		0.899		12.291	-0.007	
	1.766			0.912	11.379	-0.007	
		2.738		0.972	10.407	-0.007	
3.175		3.168		2.299	10.407		
		3.175 - 3.168 =		-2.292	-10.400		
		+0.007 m		+0.007	+0.007		

إن إجراءات التعديل هي نفسها لكل طرق تعيين ارتفاعات نقاط المضلعات الارتفاكية.