

پودمان ۱

ترازیابی



۳- سطح مبنا

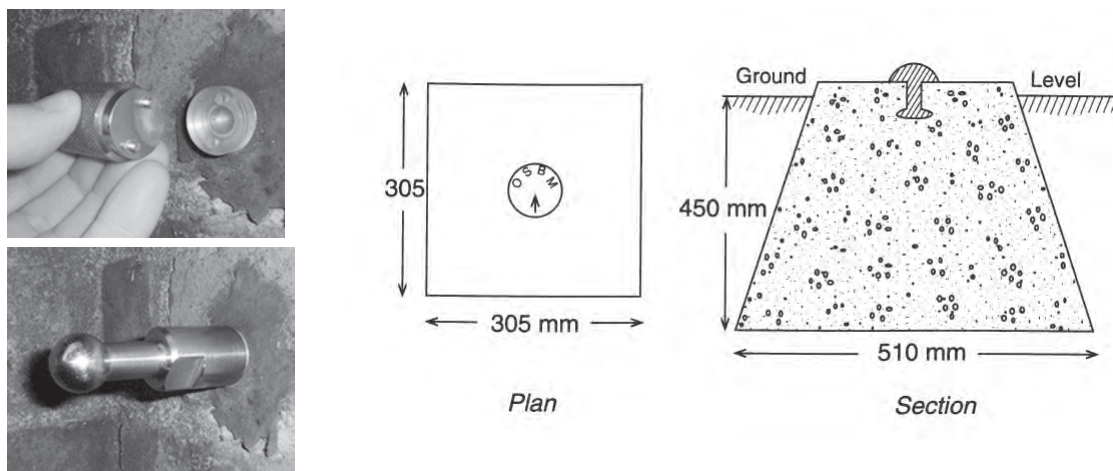
در عملیات تراز یابی، با انتخاب یک سطح تراز، ارتفاع همه نقاط نسبت به این سطح به‌دست آورده می‌شود. که به آن سطح مبنا گویند. این سطح هر سطح دلخواهی می‌تواند باشد ولی معمولاً متوسط سطح آب‌های آزاد به عنوان سطح مبنای ارتفاع در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است ارتفاع تمام نقاط واقع بر این سطح صفر می‌باشد.

۴- ارتفاع نقطه

فاصله عمودی بین سطح تراز یک نقطه و سطح مبنای انتخابی را ارتفاع آن نقطه می‌گویند.

۵- بنچ مارک

نقاطی که ارتفاع آنها با استفاده از روش‌های دقیق تراز یابی از قبل مشخص شده است. انواع متداول این نقاط به منظور ماندگاری طولانی مدت معمولاً توسط میخکوبی در سطح زمین و یا حک شدن بر روی دیوار ساختمان‌ها، علامت گذاری می‌شوند.



تجهیزات تراز یابی

برای انجام تراز یابی تجهیزات خاصی مورد نیاز است: ۱- دوربین تراز یاب ۲- شاخص (میر) ۳- سه پایه

۱- دوربین تراز یاب

از آن جهت به این دوربین تراز یاب گفته می‌شود که پس از استقرار آن در یک نقطه، محور دیدگانی آن به صورت کاملاً افقی قرار می‌گیرد.

در دوربین تراز یاب دو محور به شرح زیر وجود دارد:

الف- محور دیدگانی دوربین: محوری است که محل تقاطع دو تار بلند رتیکول را به مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی وصل می‌کند (در صورتی که دستگاه خطا نداشته و از تنظیم خارج نشده باشد). در غیر این صورت خطایی ایجاد می‌شود که آن را خطای کلیماتیون یا کجی محور دیدگانی می‌گویند.

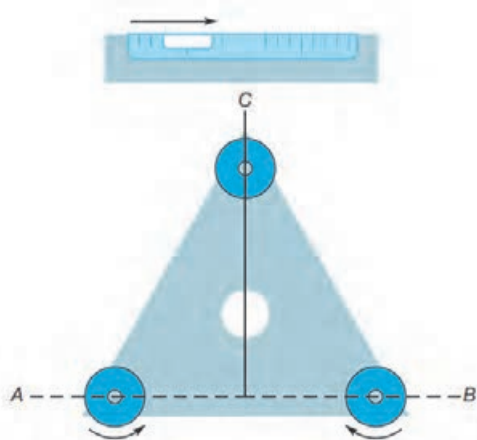
ب- محور اصلی دستگاه: محوری است که امتداد قائم را نشان می‌دهد؛ بنابراین وقتی که دستگاه تراز باشد، محور اصلی بر امتداد شاقولی منطبق است.



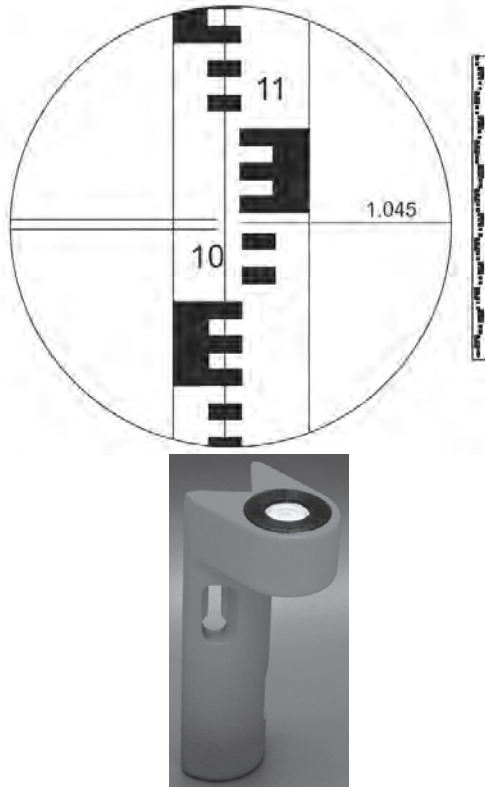
پس از نصب دستگاه تراز یاب روی سه پایه و استقرار آن روی زمین، ابتدا لازم است دوربین کاملاً تراز شود برای این منظور یک تراز کروی در بدنه دوربین تعبیه شده است که با استفاده از سه پیچ قسمت پایین دوربین قابل تنظیم است. اصل کلی که هنگام تراز کردن دوربین باید به یاد داشته باشید این است که حباب تراز به طرف هر کدام از پیچ‌ها که منحرف شده باشد لازم است آن پیچ را باز کنید تا آن سمت به سمت بالا حرکت کند. با این کار حباب تراز به سمت پیچ بعدی حرکت می‌کند و با تکرار این عمل بالاخره حباب تراز به مرکز هدایت شده و دوربین در وضعیت تراز قرار می‌گیرد. لازم است به منظور کنترل سالم بودن تراز، تلسکوپ دوربین را به آرامی بچرخانیم؛ تراز دوربین در حالت‌های مختلف نباید بهم بخورد.

پس از استقرار و تراز دستگاه، لازم است که ابتدا صفحه تارهای رتیکول کاملاً واضح و پررنگ دیده شود همان‌طور که در شکل دوربین تراز یاب نشان داده شد برای این منظور پیچی در قسمت چشمی تلسکوپ تعبیه شده که با چرخاندن آن می‌توان صفحه تارهای رتیکول را واضح کرد. بهتر است هنگام انجام این کار یک کاغذ سفید جلوی لنز دستگاه نگه داشته شود. هنگام نشانه روی به شاخص برای تنظیم وضوح

(فوکوس) تصویر هم می‌توان از پیچ تنظیم فوکوس که در قسمت جانبی بدنه دوربین تعبیه شده استفاده کنید. پس از واضح کردن صفحه تار رتیکول و فوکوس لنز دوربین با نگاه کردن به داخل چشمی تصویری شبیه به شکل روبه‌رو دیده می‌شود. صفحه تارهای رتیکول شامل یک تار عمودی و سه تار افقی است که هنگام نشانه روی به شاخص لازم است تار عمودی شاخص را از بالا تا پایین به دو نیم تقسیم کند، در این حالت تار افقی میانی (تار وسط) روی هر عددی قرار گرفت آن عدد خوانده و یادداشت می‌شود.



۲- شاخص (میر)



شاخص عبارت است از یک چوب مدرج شبیه به یک خط کش بلند که البته نوع فلزی آن هم موجود است. مطابق شکل روبه‌رو این خط کش بلند به تقسیمات سانتی‌متر مدرج شده و برای سهولت خواندن آن، سانتی‌مترها غالباً یک درمیان به رنگ سفید و سیاه است و هر ده سانتی‌متر نیز با خط بزرگ‌تر یا با عدد نشان داده شده است. برای سهولت در جابجایی شاخص‌ها معمولاً به صورت چند تکه یک متری طراحی شده و توسط بست‌های فلزی به هم متصل می‌شوند به طوری که قابلیت تا شدن و یا جمع شدن به صورت کشویی را داراست. هنگام قرائت، شاخص باید در نقطه مورد نظر به صورت قائم نگه‌داشته شود، برای اینکار لازم است به وسیله یک تراز نبشی آن را تراز کرد. در شکل روبه‌رو یک تراز نبشی نشان داده شده است.

۳- سه پایه



به منظور استقرار دوربین به صورت کاملاً شاغولی و بی حرکت از سه پایه استفاده می‌شود که انواع مختلف چوبی و آلومینیومی آن موجود است. مطابق شکل روبه‌رو در قسمت فوقانی سه پایه صفحه‌ای برای قرار گرفتن دوربین ترازبایی قرار دارد که در زیر آن یک پیچ جهت اتصال دوربین به سه پایه تعبیه شده است. به منظور تنظیم ارتفاع سه پایه پیچ‌هایی در قسمت میانی پایه‌ها تعبیه شده که می‌توان به صورت کشویی ارتفاع پایه‌ها را کم و زیاد کرد. در قسمت انتهای پایه‌ها پدال‌هایی وجود دارد که برای فروبردن نوک پایه‌ها در زمین از این پدال‌ها استفاده می‌شود. انتهای پایه‌ها هم به صورت نوک تیز طراحی می‌شود به طوری که به راحتی در زمین فرو رود.

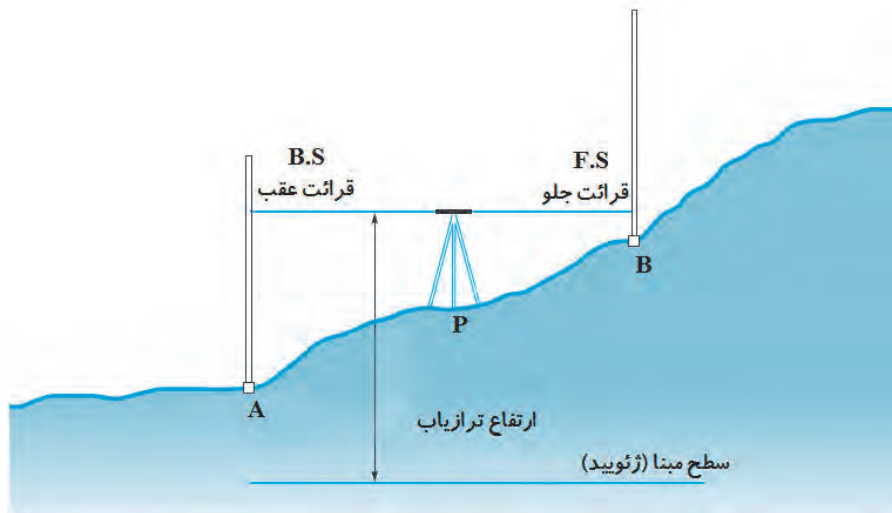
آشنایی با اجزاء مختلف ابزار ترازبایی شامل ترازبایی، سه پایه و شاخص و نحوه استقرار صحیح ترازبایی و شاخص روی زمین و قرائت تارهای رتیکول و ثبت صحیح اعداد روی شاخص و انجام مداوم استقرار دستگاه و قرائت شاخص و ثبت اعداد در مکان‌های مختلف

فعالیت
عملی ۱



اصول ترازیابی هندسی

فرض کنید یک دوربین ترازیب در نقطه P مطابق شکل زیر مستقر شده است. همچنین در دو نقطه A و B که تقریباً در فاصله مساوی با ترازیب قرار دارند دو شاخص به صورت کاملاً قائم مستقر شده است. پس از قرائت تار وسط روی شاخص نقاط A و B اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد:



$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه منظور از B.S قرائت رقم روی شاخص A و F.S قرائت روی شاخص B است.

بدیهی است که چنانچه ارتفاع یکی از نقاط A و یا B معلوم باشد می‌توان ارتفاع نقطه مجهول را با استفاده از رابطه (۲) محاسبه کرد:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه منظور از H_B و H_A ارتفاع نقاط A و B است.

مطابق شکل بالا اگر قرائت شاخص در نقاط A و B به ترتیب برابر $B.S = 1290$ و $F.S = 1873$ باشد مطلوب است محاسبه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B.

حل: مطابق رابطه (۱) می‌توان نوشت:

$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S$$

$$\Delta H_{AB} = 1290 - 1873 = -583 \text{ mm}$$

در مثال قبل اگر ارتفاع نقطه A برابر با ۱۲۰ متر باشد ارتفاع نقطه B را محاسبه کنید.

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$

حل: مطابق رابطه (۲) می‌توان نوشت:

$$H_B = 120 + \left(\frac{-583}{1000} \right) = 119/417 \text{ m}$$

مثال ۱



مثال ۲



برای تعیین متوسط سطح آبهای آزاد لازم است سطح آب دریاها در مدت تقریباً ۱۹ سال مدام اندازه‌گیری شود.

انجام یک عملیات ترازابی بین دو نقطه به صورت تکراری توسط تمام افراد گروه و ثبت مشاهدات و مقایسه نتایج

بیشتر
بدانیم



فعالیت
عملی ۲



ترازابی تدریجی

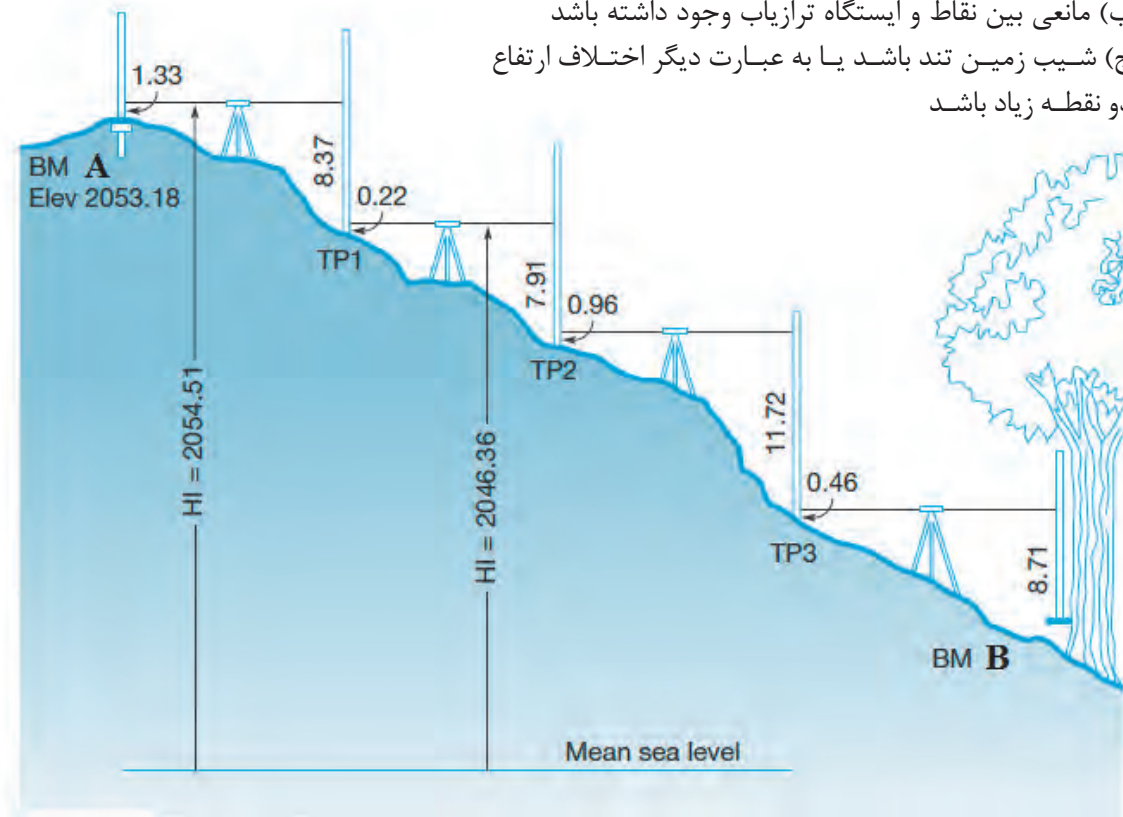
مطابق شکل زیر اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آنها را به دست آوریم، از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد، و یا مانعی جلوی دید تراز یاب را بگیرد به طریقی که با یک بار استقرار تراز یاب پیدا کردن اختلاف ارتفاع امکان پذیر نباشد از روش ترازابی تدریجی استفاده می‌شود. در این روش مجبور خواهیم بود در طول مسیر از یک سری نقاط کمکی یا نقاط نشانه استفاده کنیم و در حقیقت چندین بار ایستگاه‌گذاری نمائیم.

بنابراین زمانی از ترازابی تدریجی استفاده می‌گردد که:

(الف) فاصله دو نقطه زیاد باشد

(ب) مانعی بین نقاط و ایستگاه تراز یاب وجود داشته باشد

(ج) شیب زمین تند باشد یا به عبارت دیگر اختلاف ارتفاع دو نقطه زیاد باشد



نکته



مطابق شکل ترازیبی تدریجی (شکل صفحه قبل) برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B طول مسیر حرکت ترازیبی به چند دهنه دلخواه، متناسب با وضعیت منطقه، تقسیم می شود و اختلاف ارتفاع هر دهنه تعیین و نهایتاً با جمع جبری اختلاف ارتفاع دهنه ها، اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B تعیین می گردد. برای این منظور کافی است با قراردادن دستگاه بین هر دو نقطه و انجام قرائت های عقب و جلو، عملیات را از A به سمت B ادامه دهیم.

در مسیر حرکت ترازیبی معمولاً اولین قرائت را در هر دهنه قرائت عقب و دومین قرائت را قرائت جلو گویند و به ترتیب با B.S و F.S نمایش می دهند.

به مجموعه یک یا چند دهنه، که بین دو ایستگاه ترازیبی قرارداد، قطعه می گویند پس در ابتدا و انتهای هر قطعه ترازیبی نقاط ثابت ایستگاهی وجود دارد ولی در هر دهنه ممکن است نقاط ابتدا و انتهایی نقاط موقت باشند
به سادگی می توان نشان داد که اختلاف ارتفاع نقاط A و B از رابطه (۳) به دست می آید:

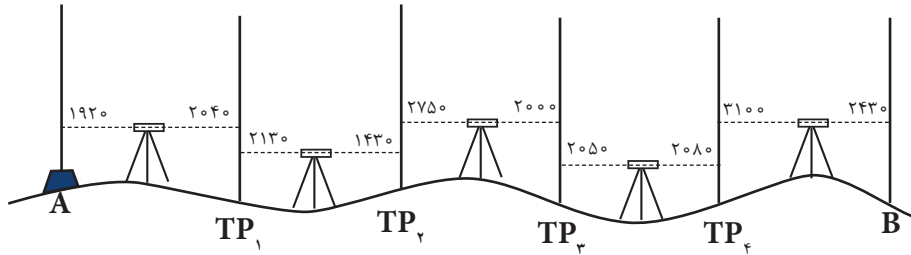
$$\Delta H_{AB} = \Sigma B.S - \Sigma F.S \quad (۳)$$

منظور از $\Sigma B.S$ جمع کل قرائت های عقب و منظور از $\Sigma F.S$ جمع کل قرائت های جلو می باشد. به منظور مرتب نوشتن اعدادی که می خوانیم مطابق شکل روبرو جدول ساده زیر را ترسیم می کنیم و در هر ایستگاه یک قرائت عقب و یک قرائت جلو انجام می دهیم. سپس حاصل جمع قرائت های جلو از حاصل جمع قرائت های عقب کم می شود بدین ترتیب اختلاف ارتفاع نقطه A و B به دست می آید.

جدول ترازایی تدریجی					
Sta.	B.S.	H.I.	F.S.	Elev.	Adj. Elev.
BM A	1.33			2053.18	2053.18
		2054.51		(-0.004)	
TP1	0.22		8.37	2046.14	2046.14
		2046.36	7.91	(-0.008)	
TP2	0.96		8.91	2038.45	2038.44
		2039.41		(-0.012)	
TP3	0.46		11.72	2027.69	2027.68
		2028.15		(-0.016)	
BM B	11.95		8.71	2019.44	2019.42
		2031.39		(-0.022)	
TP4	12.55		2.61	2028.78	2028.76
		2041.33		(-0.026)	
TP5	12.77		0.68	2040.65	2040.62
		2053.42		(-0.030)	
BM A			0.21	2053.21	2053.18
$\Sigma = +40.24$		$\Sigma = -40.21$			
Page Check:					
		2053.18			
		+ 40.24			
		2093.42			
		- 40.21			
		2053.21	Check		



مطابق کروکی زیر یک ترازیبی تدریجی انجام شده است مطلوب است محاسبهٔ اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B.



حل: برای محاسبهٔ ارتفاع سایر نقاط، اختلاف ارتفاع تک تک دهنه‌ها را جداگانه محاسبه کرده و با ارتفاع نقطهٔ قبل جمع جبری می‌کنیم تا ارتفاع نقطهٔ بعدی به دست آید مثلاً برای محاسبهٔ ارتفاع نقطهٔ TP_۱ داریم:

$$\Delta H_{A,TP_1} = B.S_A - F.S_B$$

$$H_{TP_1} = H_A + \Delta H_{A,TP_1}$$

مرحلهٔ اول (ترسیم و تکمیل جدول)

مطابق شکل اعداد مندرج در کروکی را به ترتیب در جدول ترازیبی وارد می‌کنیم. همچنین ارتفاع نقطهٔ اول را که معلوم است در ردیف مربوط به آن می‌نویسیم.

ارتفاع	اختلاف ارتفاع	قرائت جلو	قرائت عقب	نقاط
H	ΔH	FS	BS	P
۱۶۵۰/۴۲۰		---	۱۹۲۰	A
۱۶۵۰/۳۰۰	-۱۲۰	۲۰۴۰	۲۱۳۰	TP _۱
۱۶۵۱/۰۰۰	۷۰۰	۱۴۳۰	۲۷۵۰	TP _۲
۱۶۵۱/۷۵۰	۷۵۰	۲۰۰۰	۲۰۵۰	TP _۳
۱۶۵۱/۷۲۰	-۳۰	۲۰۸۰	۳۱۰۰	TP _۴
۱۶۵۲/۳۹۰	۶۷۰	۲۴۳۰	---	B
		۹۹۸۰	۱۱۹۵۰	جمع

مرحلهٔ دوم (محاسبهٔ اختلاف ارتفاع نقاط اول و آخر)

برای محاسبهٔ اختلاف ارتفاع (ΔH_{AB}) کافی است که جمع قرائت‌های عقب و جمع قرائت‌های جلو را محاسبه کرده و از رابطهٔ زیراستفاده کنیم:

$$\begin{aligned} \Delta H_{AB} &= \text{جمع قرائت‌های جلو} - \text{جمع قرائت‌های عقب} \\ &= \Sigma B.S - \Sigma F.S = 11950 - 9980 = 1970 \text{ mm} = 1/970 \text{ m} \end{aligned}$$

محاسبات ترازیبی تدریجی در نرم افزار Excel

با نرم افزار Excel در گذشته آشنا شده‌اید. در این بخش می‌خواهیم از آن برای انجام محاسبات تکراری مانند محاسبات ترازیبی استفاده کنیم.

مرحله اول - ورود اطلاعات مطابق

جدول ترازیبی در نرم افزار Excel:

ابتدا مطابق جدول ترازیبی عناوین ستون‌ها را نوشته سپس نام نقاط و قرائت‌های عقب و جلو و نیز ارتفاع نقطه اول را وارد می‌نماییم.

	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654		
5	C	1618	2813		
6	D	3456	3218		
7	E		3614		
8					
9					

مرحله دوم - محاسبه ستون اختلاف

ارتفاع (Δh):

می‌دانیم اختلاف ارتفاع از رابطه

($\Delta h = B.S - F.S$) محاسبه می‌شود برای

مثال ($\Delta h_1 = 1536 - 2654 = -1118$)

و ($\Delta h_2 = 2680 - 2813 = -133$) و ...

می‌شود. در نرم افزار Excel برای فرمول

نویسی به جای عدد، نشانی خانه‌های

مربوطه نوشته می‌شود مانند: در خانه

D4 مقدار $B3 - C4$ = نوشته می‌شود،

باید توجه داشت اگر قبل از فرمول

علامت (=) نوشته نشود محاسبه انجام

نمی‌گیرد. (در نرم افزار Excel به جای

تایپ نشانی خانه می‌توان پس از علامت

مساوی روی خانه مربوطه کلیک کرد)

	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	=B3-C4	
5	C	1618	2813		
6	D	3456	3218		
7	E		3614		
8					
9					

	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	
5	C	1618	2813		
6	D	3456	3218		
7	E		3614		
8					
9					

	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	
5	C	1618	2813	-133	
6	D	3456	3218	-1600	
7	E		3614	-158	
8					
9					

در خانه‌های بعدی نیز باید فرمول‌های

مشابه نوشته شود و یا به روش درج

اتوماتیک فرمول قبلی در خانه‌های

بعدی تا D7 کپی شود. در کپی کردن

فرمول‌ها نشانی خانه‌ها به نسبت مکان

کپی تغییر می‌کند. (روی خانه D7 دو

بار کلیک کنید تا فرمول و خانه‌های آنرا

مشاهده نمایید.)

	A	B	C	D	E
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	$=E3+D4/1000$
5	C	1618	2813	-133	
6	D	3456	3218	-1600	
7	E		3614	-158	
8					
9					

	A	B	C	D	E
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	98.882
5	C	1618	2813	-133	
6	D	3456	3218	-1600	
7	E		3614	-158	
8					
9					

	A	B	C	D	E
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	98.882
5	C	1618	2813	-133	98.749
6	D	3456	3218	-1600	97.149
7	E		3614	-158	96.991
8					
9					

مرحله سوم - محاسبه ارتفاع (H):

ارتفاع هر نقطه برابر است با (ارتفاع نقطه قبلی + اختلاف ارتفاع) و چون اختلاف ارتفاع بر حسب میلی‌متر و ارتفاع بر حسب متر است مقدار اختلاف ارتفاع را بر هزار تقسیم می‌کنیم تا بر حسب متر شود. $H_2 = H_1 + \Delta H_1 / 1000$ و $H_3 = H_2 + \Delta H_2 / 1000$ و ...).

در نرم‌افزار Excel برای محاسبه ارتفاع مانند محاسبه اختلاف ارتفاع از نشانی خانه‌ها استفاده می‌نماییم. $(E_4 = E_3 + D_4 / 1000)$ سپس به روش درج اتوماتیک خانه E4 را تا E4 کپی می‌نماییم.

مرحله چهارم - کنترل محاسبات:

می‌دانیم اختلاف ارتفاع کلی یعنی اختلاف ارتفاع بین نقطه اول و آخر برابر است با تفاضل مجموع قرائت‌های جلو از قرائت‌های عقب $(\Delta h = \sum B.S - \sum F.S)$ و اگر این اختلاف ارتفاع را با ارتفاع نقطه اول جمع کنیم باید ارتفاع نقطه آخر بدست آید. در نرم‌افزار Excel برای اینکه جمع ستون را محاسبه نماییم ابتدا این ستون‌ها را تا چند خانه بعد (مانند ردیف نهم) از آنها انتخاب کرده و سپس آیکن Σ را از ریبون Home کلیک می‌کنیم.

برای تفاضل آنها در خانه D9 فرمول $D9 = B9 - C9$ را می‌نویسیم و در خانه E9 برای محاسبه ارتفاع نقطه آخر فرمول $E9 = E3 + D9 / 1000$ را نوشته و با مقدار خانه E7 که ارتفاع نقطه آخر است مقایسه می‌نماییم اگر با هم برابر بودند محاسبات صحیح انجام شده است.

	A	B	C
1		نقاط	قرائت عقب
2	P	B.S	F.S
3	A	1536	
4	B	2680	2654
5	C	1618	2813
6	D	3456	3218
7	E		3614
8			
9			

Σ

	A	B	C
1		نقاط	قرائت عقب
2	P	B.S	F.S
3	A	1536	
4	B	2680	2654
5	C	1618	2813
6	D	3456	3218
7	E		3614
8			
9		9290	12299

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E		
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	1		نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H		2	P	B.S	F.S	Δh	H	
3	A	1536				100	3	A	1536				100
4	B	2680	2654	-1118	98.882		4	B	2680	2654	-1118	98.882	
5	C	1618	2813	-133	98.749		5	C	1618	2813	-133	98.749	
6	D	3456	3218	-1600	97.149		6	D	3456	3218	-1600	97.149	
7	E		3614	-158	96.991		7	E		3614	-158	96.991	
8							8						
9		9290	12299	=B9-C9			9		9290	12299	-3009		

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
1	نقاط	قراءت عقب	قراءت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	1	نقاط	قراءت عقب	قراءت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H	2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100	3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	98.882	4	B	2680	2654	-1118	98.882
5	C	1618	2813	-133	98.749	5	C	1618	2813	-133	98.749
6	D	3456	3218	-1600	97.149	6	D	3456	3218	-1600	97.149
7	E		3614	-158	96.991	7	E		3614	-158	96.991
8						8					
9		9290	12299	-3009	=E3+D9/1000	9		9290	12299	-3009	96.991

انجام عملیات ترازیبی تدریجی در محوطه هنرستان، ثبت نتایج و کنترل خطای انسانی شامل خطای
یادداشت برداری خطای شنیداری و نوشتاری در حین عملیات

فعالیت
عملی ۳



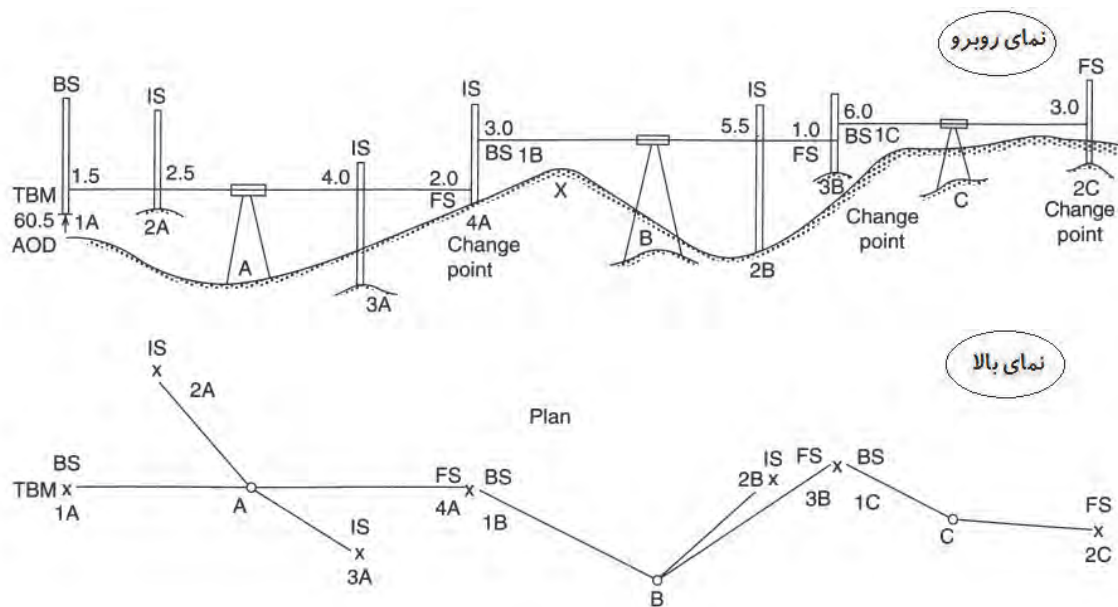
ترازیابی شعاعی

هرگاه فاصله نقاط به هم نزدیک باشد به طوری که بتوان از یک ایستگاه عدد مربوط به شاخص روی چند نقطه را خواند یا به عبارت دیگر با قراردادن ترازیب در محل مناسب بتوان بیش از دو قرائت انجام داد. در جدول اولین قرائت را قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه را قرائت های وسط ثبت می کنیم. این نوع ترازیبی را ترازیبی شعاعی یا ترازیبی نقاط پراکنده گویند.

در مواقعی که نقاطی به صورت پراکنده قرار گرفته باشد، به طوری که بتوان از یک ایستگاه آنها را ترازیبی کرد، از این ترازیبی استفاده می شود.

همان طور که گفته شد، در ترازیبی شعاعی دستگاه ترازیب را در محل مناسبی، که از آن محل بتوان بیش از دو قرائت انجام داد، قرار می دهیم. برای مثال در شکل (۱۲) دستگاه در نقطه S مستقر شده است، به طوری که از آنجا شاخص در نقاط A و B و C و D دیده می شود.

چنان چه ارتفاع نقطه اول معلوم باشد، در این نقطه قرائت عقب انجام می شود. در ادامه کار با گرفتن شاخص بر روی نقاط بعد به ترتیب قرائت های تار وسط انجام می شود و در انتها شاخص را بر روی نقطه آخر می گیریم و قرائت روی آن را قرائت جلو ثبت می نماییم.



هرگاه اختلاف ارتفاع نقاط را با ΔH و قرائت عقب را با B.S. و قرائت‌های وسط را با I.S. و قرائت جلو را با F.S. نشان دهیم، داریم:

$$\Delta H_{1A,2A} = B.S_{1A} - I.S_{2A}$$

$$\Delta H_{1A,3A} = B.S_{1A} - I.S_{3A}$$

$$\Delta H_{1A,4A} = B.S_{1A} - I.S_{4A}$$

روشن است با داشتن اختلاف ارتفاع هر دو نقطه نسبت به هم و معلوم بودن ارتفاع یک نقطه از قبل مانند ۱A به راحتی ارتفاع بقیه نقاط محاسبه می‌شود، مثلاً:

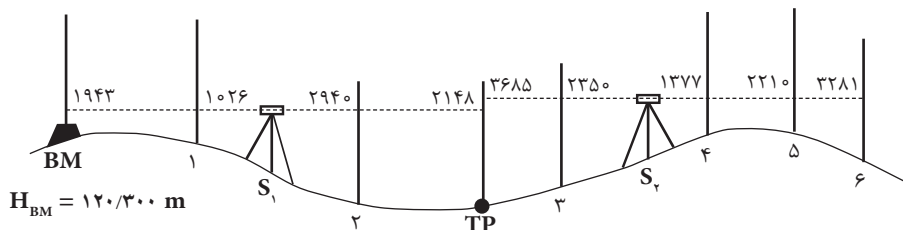
$$H_{1A} = \text{معلوم}$$

$$H_{2A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,2A}$$

$$H_{3A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,3A}$$

$$H_{4A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,4A}$$

شکل زیر مربوط به کروکی یک عملیات تراز یابی به روش شعاعی است که قرائت اعداد روی شاخص مستقر در نقاط روی آن مشخص شده است. جدول تراز یابی را ترسیم کرده و با استفاده از آن ارتفاع نقاط را محاسبه کنید.



مثال ۴



حل:

محاسبات در دهنة اول ترازیابی:

$$\Delta H_{BM,1} = 1943 - 1026 = 917 \text{ mm} = 0/917 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_1 = H_{BM} + \Delta H_{BM,1} = 120/300 + 0/917 = 121/217 \text{ m}$$

$$\Delta H_{BM,2} = 1943 - 2940 = -997 \text{ mm} = -0/997 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_2 = H_{BM} + \Delta H_{BM,2} = 120/300 + (-0/997) = 119/303 \text{ m}$$

$$\Delta H_{BM,TP} = 1943 - 2148 = -205 \text{ mm} = -0/205 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{TP} = H_{BM} + \Delta H_{BM,TP} = 120/300 + (-0/205) = 120/095 \text{ m}$$

محاسبات در دهنة دوم ترازیابی:

$$\Delta H_{TP,3} = 3685 - 2350 = 1335 \text{ mm} = 1/335 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_3 = H_{TP} + \Delta H_{TP,3} = 120/095 + 1/335 = 121/430 \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,4} = 3685 - 1377 = 2308 \text{ mm} = 2/308 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_4 = H_{TP} + \Delta H_{TP,4} = 120/095 + 2/308 = 122/403 \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,5} = 3685 - 2210 = 1475 \text{ mm} = 1/475 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_5 = H_{TP} + \Delta H_{TP,5} = 120/095 + 1/475 = 121/570 \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,6} = 3685 - 3281 = 404 \text{ mm} = 0/404 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_6 = H_{TP} + \Delta H_{TP,6} = 120/095 + 0/404 = 120/499 \text{ m}$$

ارتفاع	اختلاف ارتفاع	قرائت جلو	قرائت وسط	قرائت عقب	نقاط
H	ΔH	F.S	I.S	B.S	P
102/300				1943	BM
103/217	917		1026		1
101/303	-997		2940		2
102/095	-205	2148		3685	TP
103/430	1335		2350		3
104/403	2308		1377		4
103/570	1475		2210		5
102/499	204	3281			6



یک ترازیبی بین نقاط M_1 و M_2 انجام شده است. ارتفاع نقطه M_1 برابر $1749/50$ متر است. جدول ترازیبی را محاسبه کرده و ارتفاع نقاط را به دست آورید.

ارتفاع	اختلاف ارتفاع	قرائت جلو	قرائت وسط	قرائت عقب	نقاط
H	ΔH	F.S	I.S	B.S	P
				۲۲۰۴	M_1
			۱۸۱۰		۱
			۲۳۸۰		۲
		۱۹۰۵		۳۱۱۵	A
			۳۲۶۳		۳
			۳۳۸۷		۴
		۲۹۰۶		۱۱۵۰	B
			۱۴۳۵		۵
			۱۳۰۷		۶
			۱۷۹۳		۷
		۲۳۵۴			M_2

محل انجام محاسبات:

محاسبات تراز یابی شعاعی در نرم افزار Excel

مرحله اول - ورود اطلاعات مطابق جدول تراز یابی در نرم افزار Excel:

ابتدا مطابق جدول تراز یابی شعاعی، عناوین ستون ها را نوشته سپس نام نقاط و قرائت های عقب، وسط، جلو و نیز ارتفاع نقطه اول را وارد می نماییم.

مرحله دوم - محاسبه ستون اختلاف ارتفاع (Δh):

می دانیم در تراز یابی شعاعی برای محاسبه ستون اختلاف ارتفاع باید مقدار قرائت عقب منهای هر یک از قرائت های وسط و جلو شود مانند مثال:

$\Delta h_1 = 1852 - 1483$ و $\Delta h_2 = 1852 - 1625$ و ... در نرم افزار Excel در خانه های E4 و E5 و ... و E7 به صورت $B3 - C4$ و $B3 - C5$ و ... و $B3 - D7$ نوشته می شود. برای حل جدول در ستون Δh می توان به طور جداگانه در هر خانه یک فرمول تایپ کرد ولی اگر بخواهیم از روش درج اتوماتیک استفاده کنیم چون در تمام فرمول ها خانه B3 ثابت است باید آنرا به صورت $B\$3$ تایپ نماییم و یا پس از نوشتن نشانی خانه کلید F4 را از صفحه کلید می زنیم و در خانه E7 نشانی C7 را به D7 تغییر دهیم.

(می توانید روی خانه E7 دو بار کلیک کرده سپس ماوس را روی محیط خانه C7 قرار داده و به خانه D7 منتقل نمایید.)

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483			
5	C		1625			
6	D		2034			
7	E			1280		

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483			
5	C		1625			
6	D		2034			
7	E			1280		

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483		=B\$3-C4	
5	C		1625			
6	D		2034			
7	E			1280		

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483		369	
5	C		1625			
6	D		2034			
7	E			1280		

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483		369	
5	C		1625		227	
6	D		2034		-182	
7	E			1280	1852	

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483		369	
5	C		1625		227	
6	D		2034		-182	
7	E			1280	=B\$3-C7	

	A	B	C	D	E	F
1		نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H
3	A	1852				100
4	B		1483		369	
5	C		1625		227	
6	D		2034		-182	
7	E			1280	572	



نشانی نسبی و مطلق

در نرم‌افزار Excel به صورت پیش فرض هر نشانی خانه‌ای (مانند B3) که در یک فرمول نوشته می‌شود به صورت نسبی می‌باشد یعنی اگر خانه فرمول را در محل دیگری کپی نماییم نشانی خانه‌های موجود در فرمول نیز طبق محل جدید تغییر می‌کند، و در صورتی که بخواهیم نشانی خانه‌ها با کپی کردن خانه فرمول در دیگر خانه‌ها تغییر نکند نشانی را با استفاده از علامت \$ می‌نویسیم، مانند \$B\$3 که به آن نشانی مطلق می‌گویند یعنی خانه ستون B سطر ۳ ثابت می‌شود و با کپی خانه فرمول در خانه‌های دیگر این نشانی تغییر نمی‌کند.

	A	B	C	D	E	F	G
1			نقاط	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H	
3	A	1852				100	
4	B		1483		369	=F\$3+E4/1000	
5	C		1625		227		
6	D		2034		-182		
7	E			1280	572		

	A	B	C	D	E	F	G
1			نقاط	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H	
3	A	1852				100	
4	B		1483		369	100.369	
5	C		1625		227		
6	D		2034		-182		
7	E			1280	572		

	A	B	C	D	E	F	G
1			نقاط	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	I.S	F.S	Δh	H	
3	A	1852				100	
4	B		1483		369	100.369	
5	C		1625		227	100.227	
6	D		2034		-182	99.818	
7	E			1280	572	100.572	

مرحله سوم - محاسبه ارتفاع (H):

در تراز یابی شعاعی برای محاسبه ارتفاع باید مقدار ارتفاع نقطه اول را با هریک از اختلاف ارتفاع‌ها جمع کرد. بنابراین در فرمول ستون H مقدار خانه F3 را باید ثابت نماییم یعنی به صورت \$F\$3 بنویسیم. برای خانه F4 به صورت $=F$3 + E4 / 1000$ نوشته شده و به روش درج اتوماتیک تا خانه F7 کپی کنیم.

انواع خطاهای تراز یابی

برای کاهش خطاها باید آنها را از نظر منابع خطاها در تراز یابی مورد بررسی قرار داد. منابع ایجاد خطا در تراز یابی به سه دسته دستگاه، طبیعت و انسان تقسیم می‌شوند:

۱- خطاهای دستگاهی:

این خطاها در تراز یابی به خود دستگاه مربوط می‌شود و عواملی که باعث خطای دستگاهی می‌گردند عبارت‌اند از:

- تنظیم نبودن ترازهای کروی و استوانه‌ای
- واضح نبودن تصویر و تارهای رتیکول
- انحنا پیدا نمودن شاخص
- خطای ناشی از تقسیمات یا درجه‌بندی شاخص
- خطای ناشی از سالم نبودن سه پایه دستگاه
- خطای کلیماسیون

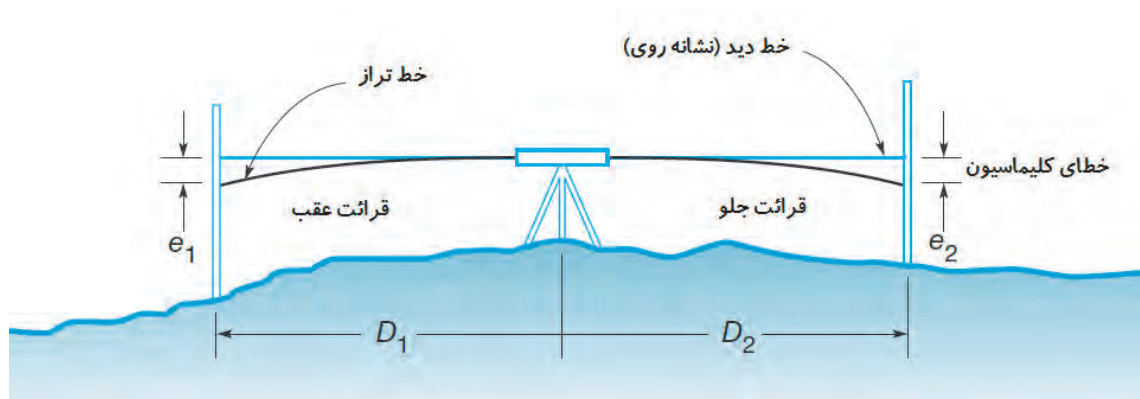
خطای کلیماسیون: هرگاه پس از تنظیم تراز دوربین تراز یاب، محور نشانه روی که به محور کلیماسیون معروف است در حالت افقی قرار نگیرد، می گویند دستگاه دارای خطای کلیماسیون است. در این وضعیت محور نشانه روی نسبت به امتداد افق دوربین، به اندازه زاویه α به سمت بالا و یا پایین انحراف دارد. بنابراین باید مقدار خطا را به دست آوریم و اختلاف ارتفاع تعیین شده را تصحیح نماییم. یا محور کلیماسیون را تنظیم نماییم تا اختلاف ارتفاعی که با دستگاه به دست می آید عاری از خطای کلیماسیون باشد.

معمولاً قبل از انجام کار تراز یابی باید دستگاه را کنترل نمود تا در صورت داشتن خطای کلیماسیون مقدار آن محاسبه گردد و در محاسبات بعدی منظور شود تا اختلاف ارتفاع تصحیح شده به دست آید. برای تصحیح این خطا دو روش به کار می رود:

روش دستگاهی: لازم است دوربین های نقشه برداری به صورت دوره ای مورد تنظیم و کالیبراسیون قرار گیرند چرا که در طول زمان و استفاده در پروژه های مختلف ممکن است تنظیمات آنها بهم خورده و باعث ایجاد خطاهای فاحش در اندازه گیری شوند. در این روش از دستگاهی به نام کلیماتور برای کنترل و حذف خطای کلیماسیون استفاده می شود و این کار باید در نمایندگی های مجاز تعمیر و کالیبراسیون دوربین های نقشه برداری انجام شود.

روش صحرائی:

مطابق شکل زیر اگر هنگام قرائت شاخص ها در یک دهنه تراز یابی، فاصله دستگاه تراز یاب از شاخص ها مساوی باشد عملاً خطای کلیماسیون در محاسبات حذف می گردد و اختلاف ارتفاع واقعی به دست می آید.



۲- خطای طبیعی:

انواع خطاهایی را که در تراز یابی از طبیعت ناشی می شود، خطاهای طبیعی می گوئیم. بارزترین آنها در تراز یابی عبارت اند از:

(الف) خطای کرویت زمین

(ب) خطای شکست نور (انکسار)

مشابه روشی که برای حذف عملی خطای کلیماسیون در هنگام عملیات گفته شد، با قرار دادن دستگاه تراز یاب در فواصل مساوی نسبت به شاخص ها عملاً خطاهای کرویت و انکسار در محاسبات حذف می شود و اختلاف ارتفاع واقعی به دست می آید.

۲- خطاهای انسانی:

منبع اصلی این خطاها انسان است که معمولاً هنگام عملیات تراز یابی در اثر بی توجهی به اصول صحیح کار به وجود می‌آید، که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از:

- الف) دقیق تراز نکردن تراز کروی؛
- ب) واضح و روشن نکردن تارهای رتیکول؛
- ج) انحراف شاخص به جلو و یا عقب؛
- د) انحراف شاخص به راست یا چپ؛
- ه) خطای ناشی از ناپایدار بودن پایه‌های دوربین در زمین‌های نرم؛
- و) خطای ناشی از قراردادن شاخص در محل‌های نشست پذیر؛
- ز) انتخاب فاصله زیاد برای قرائت‌ها که متناسب با دقت دوربین نباشد.

کنترل و تصحیح خطای تراز یابی

عملیات تراز یابی در صورتی قابل کنترل است که علاوه بر معلوم بودن ارتفاع نقطه اول، ارتفاع نقطه آخر نیز معلوم باشد. به عبارتی زمانی می‌توان خطای تراز یابی را محاسبه نمود که تراز یابی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم انجام شود. در این حالت خطای تراز یابی (e_L) عبارت‌است از:

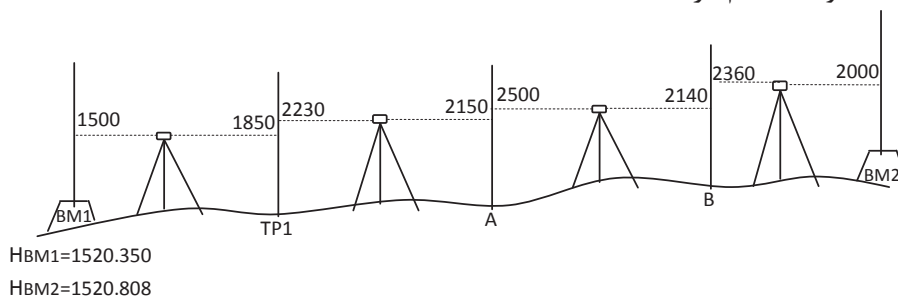
$$e_L = H' - H$$

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای تراز یابی
چنانچه خطای تراز یابی در محدوده مجاز باشد می‌توان آنرا بین دهنه‌ها سرشکن کرد و در این حالت تراز یابی قابل قبول می‌باشد. محدوده مجاز خطای تراز یابی درجه ۳ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$e_{\max} = \pm 12\sqrt{k}$$

که در آن k طول مسیر تراز یابی بر حسب کیلومتر می‌باشد. مقدار تصحیح برای دهنه اول تراز یابی از رابطه $C = \frac{-e_L}{n}$ قابل محاسبه است که در آن n تعداد دهنه‌ها یا به عبارتی تعداد قرائت‌های عقب و یا جلو می‌باشد.

شکل زیر یک تراز یابی تدریجی درجه سه بین دو پنج‌مارک را نشان می‌دهد که به منظور تعیین ارتفاع نقاط A و B انجام گرفته است.



مثال ۵



الف) اطلاعات لازم را از روی شکل در یک جدول ترازیبی وارد نموده و ارتفاع نقاط را محاسبه نمایید.
 ب) در صورت امکان خطای ترازیبی را محاسبه نموده و ارتفاع تصحیح شده سایر نقاط را به دست آورید. (مسیر ترازیبی ۵۷۰ متر است)

راهکار کلی حل اینگونه مسائل:

با کمی دقت می بینیم که ترازیبی از یک پنج مارک شروع شده و به پنج مارکی دیگر بسته شده است. پس قابل کنترل بوده و می توان خطای بست ترازیبی را محاسبه نمود. یعنی داریم:

$$e_L = H' - H$$

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع بدست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیبی

بعد از محاسبه خطای بست ترازیبی، با توجه به اینکه این ترازیبی از نوع درجه سه می باشد مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطه زیر به دست می آوریم:

$$e_{\max} = \pm 12\sqrt{k}$$

و در صورتی که خطای بست ترازیبی در محدوده مجاز آن قرار دارد آنرا تصحیح می کنیم، مقدار تصحیح از رابطه زیر به دست می آید:

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

که در نقطه اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط زیر به دست می آید:

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 1$$

$$C_3 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 2$$

...

$$C_i = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times (i-1)$$

پس از محاسبه مقدار تصحیح برای همه نقاط، آنها را در ستون مربوط به خود در جدول ترازیبی وارد می کنیم. در پایان ارتفاع تصحیح شده نقاط را از رابطه ساده موجود ($H_C = H + C$) به دست آورده و ستون آخر را کامل می کنیم.

حل:

(الف)

$$H_{TR} = 1520/350 + (-0/350) = 1520/000$$

$$\Delta H_{BM_1, TP} = 1500 - 1850 = -350$$

$$H_A = 1520/000 + 0/080 = 1520/080$$

$$\Delta H_{TR, A} = 2230 - 2150 = 80$$

$$H_B = 1520/080 + 0/360 = 1520/440$$

$$\Delta H_{A, B} = 2500 - 2140 = 360$$

$$H_{BM_1} = 1520/440 + 0/360 = 1520/800$$

$$\Delta H_{B, BM_1} = 2360 - 2000 = 360$$

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
P	B.S	E.S	ΔH	H	C	H_C
BM _۱	۱۵۰۰			۱۵۲۰/۳۵۰		۱۵۲۰/۳۵۰
TP _۱	۲۲۳۰	۱۸۵۰	-۳۵۰	۱۵۲۰/۰۰۰		
A	۲۵۰۰	۲۱۵۰	۸۰	۱۵۲۰/۰۸۰		
B	۲۳۶۰	۲۱۴۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۴۴۰		
BM _۲		۲۰۰۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۸۰۰		۱۵۲۰/۸۰۸

(ب)

$$e_L = H' - H = ۱۵۲۰/۸۰۰ - ۱۵۲۰/۸۰۸ = -۰/۰۰۸ \text{ m} = -۸ \text{ mm}$$

$$C = \frac{-e_L}{n} = \frac{-(-۸)}{۴} = ۲ \text{ mm}$$

$$C_۱ = ۰$$

$$C_۲ = C \times ۱ = ۲ \times ۱ = +۲ \text{ mm}$$

$$C_۳ = C \times ۲ = ۲ \times ۲ = +۴ \text{ mm}$$

$$C_۴ = C \times ۳ = ۲ \times ۳ = +۶ \text{ mm}$$

$$C_۵ = C \times ۴ = ۲ \times ۴ = +۸ \text{ mm}$$

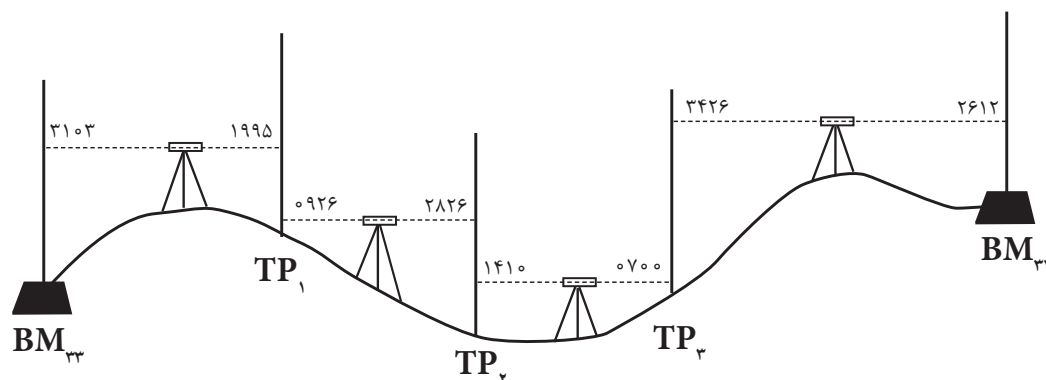
نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
P	B.S	E.S	ΔH	H	C	H_C
BM _۱	۱۵۰۰			۱۵۲۰/۳۵۰	۰	۱۵۲۰/۳۵۰
TP _۱	۲۲۳۰	۱۸۵۰	-۳۵۰	۱۵۲۰/۰۰۰	+۲	۱۵۲۰/۰۰۲
A	۲۵۰۰	۲۱۵۰	۸۰	۱۵۲۰/۰۸۰	+۴	۱۵۲۰/۰۸۴
B	۲۳۶۰	۲۱۴۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۴۴۰	+۶	۱۵۲۰/۴۴۶
BM _۲		۲۰۰۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۸۰۰	+۸	۱۵۲۰/۸۰۸
Σ	۸۵۹۰	۸۱۴۰	۴۵۰			



مطابق شکل زیر عملیات ترازیبی تدریجی از بنچ مارک شماره ۳۳ تا بنچ مارک شماره ۳۴ انجام گرفته است. در صورتی که ارتفاع BM_{33} برابر ۷۵ متر و ارتفاع BM_{34} برابر ۷۵/۶۸۵ متر و طول مسیر ترازیبی شده و خطای کیلومتری به ترتیب ۲۵۰ متر و ۲۵ میلی متر باشد:

الف) جدول ترازیبی زیر را تکمیل کنید.

ب) ارتفاع کلیه نقاط را به دست آورده و خطاها را سرشکن نمایید.



نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
P	B.S	F.S	ΔH	H	C	H_c

محل انجام محاسبات:

محاسبه و سرشکنی خطای ترازیبی در نرم‌افزار Excel

با ذکر یک مثال، این مبحث را ادامه می‌دهیم.

مثال ۶



یک ترازیبی مطابق جدول زیر از BM_۱ به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM_۲ به ارتفاع ۱۰۳/۰۵۰ متر و به طول ۲۵۰ متر و با خطای کیلومتری ۲۵mm انجام شده است، در صورت صحت عملیات، ارتفاع سرشکن شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید.

	A	B	C	D	E	F	G
۱	نقاط	قراءت عقب	قراءت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
۲	P	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	BM1	3100			100.000		100.000
4	1	2840	1210				
5	2	2210	1700				
6	3	1650	3040				
7	4	2520	1900				
8	BM2		1410				103.050

روش حل:

۱- بررسی مقدار خطا و صحت عملیات :

پس از وارد کردن اطلاعات در نرم‌افزار Excel مطابق جدول ترازیبی باید مقدار خطا را محاسبه نماییم به‌طور کلی مقدار خطای بست ترازیبی برابر است با تفاضل اختلاف ارتفاع محاسباتی (عملیاتی) با اختلاف ارتفاع واقعی بین دو نقطه اول و آخر و یا این خطا برابر است با تفاضل بین ارتفاع محاسباتی (عملیاتی) و ارتفاع واقعی نقطه آخر.

$$e_L = \Delta H_{\text{محاسباتی}} - \Delta H_{\text{واقعی}}$$

$$\Delta H_{\text{محاسباتی}} = \sum B.S - \sum F.S$$

$$\Delta H_{\text{واقعی}} = H_{\text{نقطه اول}} - H_{\text{نقطه آخر}}$$

از روابط بالا نتیجه می‌شود اگر در ترازیبی نقطه اول و آخر بر هم منطبق باشند یعنی ترازیبی

از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم شده مقدار $\{\Delta H_{\text{واقعی}} = H_{\text{نقطه اول}} - H_{\text{نقطه آخر}}\}$

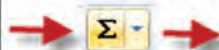
برابر صفر خواهد شد. و در رابطه اول خواهیم داشت: $e_L = \Delta H_{\text{محاسباتی}} - \text{صفر} = \sum B.S - \sum F.S$

نکته



برای محاسبه در نرم‌افزار Excel همان گونه که در فصل قبل گفته شد برای محاسبه مجموع قراءت‌های عقب و جلو پس از انتخاب ستون‌ها آیکون Σ را کلیک می‌نماییم. (بهتر است ستون‌ها را تا دو یا سه ردیف پایین‌تر انتخاب نماییم تا قسمت محاسبات از جدول، فاصله‌ای داشته باشند و یا رنگ نوشته‌های قسمت پایین جدول را تغییر دهیم)

	A	B	C
1	نقاط	قراآت عقب	قراآت جلو
2	P	B.S	F.S
3	BM1	3100	
4	1	2840	1210
5	2	2210	1700
6	3	1650	3040
7	4	2520	1900
8	BM2		1410
9			
10	Σ =		



	A	B	C
1	نقاط	قراآت عقب	قراآت جلو
2	P	B.S	F.S
3	BM1	3100	
4	1	2840	1210
5	2	2210	1700
6	3	1650	3040
7	4	2520	1900
8	BM2		1410
9			
10	Σ =	12320	9260

برای محاسبه اختلاف ارتفاع محاسباتی در خانه D10 می‌نویسیم $B10 - C10$ و برای محاسبه اختلاف ارتفاع واقعی در خانه E10 می‌نویسیم $(G8 - G3) \times 1000$ و نیز برای محاسبه مقدار خطای بست تراز یابی در خانه B10 می‌نویسیم $D10 - E10$

10	Σ =	12320	9260	=B10-C10	→	10	Σ =	12320	9260	3060	=(G8-G3)*1000
				$\Delta h(\text{محاسباتی}) = \Sigma B.S - \Sigma F.S$					$\Delta h(\text{واقعی}) = H(\text{نقطه آخر}) - H(\text{نقطه اول})$		
									تبدیل به میلیمتر		
10	Σ =	12320	9260	3060	3050	10	Σ =	12320	9260	3060	3050
11	e=			=D10-E10	→	11	e=		10		
				$e_L = \Delta h(\text{محاسباتی}) - \Delta h(\text{واقعی})$							

حداکثر خطای مجاز تراز یابی از رابطه $e_{\max} = 12\sqrt{k}$ برای تراز یابی درجه ۳ که خطای مجاز کیلومتری ۱۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود، به دست می‌آید در این مثال چون خطای کیلومتری ۲۵ میلی‌متر است به جای ۱۲ عدد ۲۵ میلی‌متر را قرار می‌دهیم، در یکی از خانه‌ها مانند C11 می‌نویسیم $25 \times \text{sqrt}(0.250)$ (تابع sqrt() در این نرم افزار به معنی جذر عدد داخل پرانتز است).

11	6=	10	6 W9X =	=52*2081(0.52)	→	11	6=	10	6 W9X =	15.2	
10	Σ=	15350	9560	3060	3020	10	Σ=	15350	9560	3060	3020

از آن جا که قدر مطلق خطا از حداکثر خطای مجاز کمتر است پس صحت عملیات تایید می‌شود.

۲- محاسبه ستون‌های Δh و H:

محاسبه این دو ستون مانند فصل قبل انجام می‌شود.

مشاهده می‌شود اختلاف بین ارتفاع محاسباتی و ارتفاع واقعی نقطه آخر همان ۱۰ میلی‌متر یعنی خطای بست تراز یابی می‌باشد که باید آنرا سر شکن نمود. (اگر نیازی به بررسی صحت عملیات نباشد می‌توان ابتدا جدول را تا محاسبه ارتفاع محاسباتی حل کرده و سپس برای محاسبه خطا مقدار ارتفاع محاسباتی را منهای ارتفاع واقعی نقطه آخر نمود)

	A	B	C	D	E	F	G
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	P	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	BM1	3100			100.000		100.000
4	1	2840	1210	1890	101.890		
5	2	2210	1700	1140	103.030		
6	3	1650	3040	-830	102.200		
7	4	2520	1900	-250	101.950		
8	B1		1410	1110	103.060		103.050
9							
10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050		
11	e =	10		e max = 12.5			

سرشکنی خطا و محاسبه ارتفاع تصحیح شده:

مقدار تصحیح برای هر دهانه از رابطه $C_i = \frac{-e_L}{n}$ محاسبه می‌شود. در مثال مقدار خطا در خانه B11 نوشته شده و تعداد دهانه‌ها ۵ است بنابراین در یکی از خانه‌ها مانند F11 می‌نویسیم $-B11/5 =$ تا مقدار تصحیح محاسبه شود.

10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050	10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050
11	e =	10	e max = 12.5	$C_i = -B11/5$		11	e =	10	e max = 12.5	$C_i = -2$	

از آنجا که در سرشکنی خطا روی ارتفاع نقاط خطای هر دهانه به دهانه دیگر منتقل می‌شود، پس خطای هر دهانه نسبت به دهانه قبلی به اندازه C_i بیشتر است و چون ارتفاع نقطه اول نیز واقعی است مقدار تصحیح آن صفر می‌باشد در نتیجه در ستون تصحیح باید به ترتیب اعداد ۰ و ۲- و ۴- و ... را بنویسیم. در نرم‌افزار Excel می‌توانیم در خانه F3 عدد ۰ و در خانه F4 فرمول $=F3-2$ و یا $=F3+\$F\11 را تایپ کرده و آنرا تا خانه F8 کپی نماییم. (نوشتن نشانی F11 به صورت $\$F\11 آن خانه را ثابت کرده و در هنگام کپی کردن نشانی آن تغییر نمی‌کند)

	B	C	D	E	F	G
1	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	3100			100.000	0	100.000
4	2840	1210	1890		$=F3+\$F\11	
5	2210	1700	1140	103.030		
6	1650	3040	-830	102.200		
7	2520	1900	-250	101.950		
8		1410	1110	103.060		103.050
9						
10	12320	9260	3060	3050		
11	10	e max = 12.5			$C_i = -2$	

	B	C	D	E	F	G
1	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	3100			100.000	0	100.000
4	2840	1210	1890	101.890	-2	
5	2210	1700	1140	103.030		
6	1650	3040	-830	102.200		
7	2520	1900	-250	101.950		
8		1410	1110	103.060		103.050
9						
10	12320	9260	3060	3050		
11	10	$e_{\max} = 12.5$		$C_i = -2$		

	B	C	D	E	F	G
1	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	3100			100.000	0	100.000
4	2840	1210	1890	101.890	-2	
5	2210	1700	1140	103.030	-4	
6	1650	3040	-830	102.200	-6	
7	2520	1900	-250	101.950	-8	
8		1410	1110	103.060	-10	103.050
9						
10	12320	9260	3060	3050		
11	10	$e_{\max} = 12.5$		$C_i = -2$		

ارتفاع تصحیح شده هر نقطه برابر است با مجموع ارتفاع تصحیح نشده هر نقطه، با مقدار تصحیح آن.
در خانه G3 می نویسیم $=E3+F3/1000$ و سپس آنرا تا خانه G7 کپی می کنیم.

	A	B	C	D	E	F	G
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	P	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	BM1	3100			100.000	0	$=E3+F3/1000$
4	1	2840	1210	1890	101.890	-2	
5	2	2210	1700	1140	103.030	-4	
6	3	1650	3040	-830	102.200	-6	
7	4	2520	1900	-250	101.950	-8	
8	BM2		1410	1110	103.060	-10	103.050
9							
10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050		
11	e =	10	$e_{\max} = 12.5$		$C_i = -2$		

	A	B	C	D	E	F	G
1	نقاط	قراנת عقب	قراנת جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	P	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	BM1	3100			100.000	0	100.000
4	1	2840	1210	1890	101.890	-2	
5	2	2210	1700	1140	103.030	-4	
6	3	1650	3040	-830	102.200	-6	
7	4	2520	1900	-250	101.950	-8	
8	BM2		1410	1110	103.060	-10	103.050
9							
10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050		
11	e =	10	e max = 12.5		Ci = -2		

	A	B	C	D	E	F	G
1	نقاط	قراנת عقب	قراנת جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
2	P	B.S	F.S	Δh	H	C	Hc
3	BM1	3100			100.000	0	100.000
4	1	2840	1210	1890	101.890	-2	101.888
5	2	2210	1700	1140	103.030	-4	103.026
6	3	1650	3040	-830	102.200	-6	102.194
7	4	2520	1900	-250	101.950	-8	101.942
8	BM2		1410	1110	103.060	-10	103.050
9							
10	$\Sigma =$	12320	9260	3060	3050		
11	e =	10	e max = 12.5		Ci = -2		

در تراز یابی، بهتر است ارتفاع واقعی نقطه آخر در ستون ارتفاع تصحیح شده نوشته نشود و محاسبه گردد، تا بتوان ارتفاع نقطه آخر را نیز کنترل نمود. برای این کار می‌توانید خانه G8 را جابه‌جا کرده و کپی ستون آخر را تا خانه G8 ادامه دهید. در صورتی که مقدار این خانه همان مقدار واقعی نقطه گردید محاسبات صحیح انجام شده است.

نکته



انجام عملیات تراز یابی تدریجی به صورت رفت و برگشت به منظور کنترل و محاسبه خطای تراز یابی

فعالیت
عملی ۴



تسطیح یک اصطلاح کلی است و به تمام عملیات هموار نمودن و شیب دادن زمین اطلاق می شود. به عبارت دیگر تسطیح کردن به عملیاتی گفته می شود که طی آن سطح طبیعی زمین به یک سطح صاف بدون شیب و یا با شیب ثابت تغییر می یابد. اما اغلب تسطیح زمین در کشاورزی به منظور ایجاد سطحی صاف با شیبی متناسب با روش آبیاری انجام می شود.

برای تسطیح ابتدا زمین مورد نظر شبکه بندی شده و ارتفاع نقاط شبکه به روش ترازبایی مستقیم و یا روش های دیگر به دست آورده می شود. پس از آن، طرح تسطیح توسط مهندسان مشاور طراحی می شود و سپس ارتفاع تک تک نقاط شبکه روی طرح محاسبه شده و با ارتفاع زمین موجود مقایسه می شود. به عبارتی عمق خاک در نقاط شبکه مشخص می شود و حجم عملیات خاکی (خاکبرداری و خاکریزی) محاسبه و هزینه آن برآورد شده و در پایان، طرح به اجرا در می آید. پس به طور کلی تسطیح را می توان در چند مرحله زیر خلاصه کرد:

۱- شبکه بندی ۲- ترازبایی و محاسبات ۳- طراحی و محاسبات حجم عملیات خاکی ۴- اجرای طرح و کنترل آن

۱- شبکه بندی

در این مرحله ابتدا سطح زمین به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و دوزنقه تقسیم بندی شده و محل تقاطع اضلاع شبکه (نقاط گرهی) روی زمین علامت گذاری (میخکوبی) می شود. معمولاً اندازه اضلاع شبکه تا حد ممکن نزدیک به هم انتخاب می شود. به طوری که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور در شبکه را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت. در عمل اضلاع شبکه را دو سانتی متر در مقیاس نقشه در نظر می گیرند مثلاً اگر مقیاس نقشه شبکه بندی مورد نظر ۱:۵۰۰ باشد باید اضلاع شبکه را ۱۰ متری در نظر گرفت.

۲- ترازبایی و محاسبات

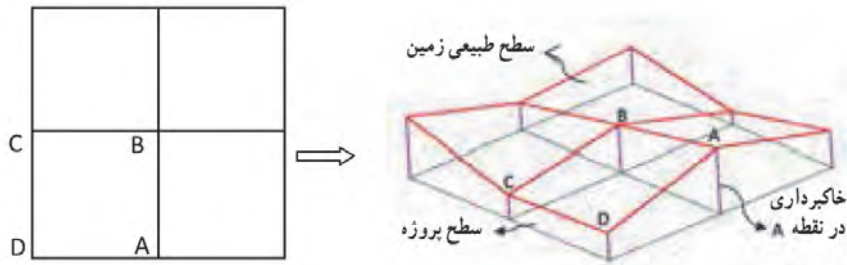
پس از آن با انجام ترازبایی مستقیم و به شیوه شعاعی ارتفاع نقاط شبکه محاسبه می شود.

۳- طراحی و محاسبه حجم عملیات خاکی

در صورتی که ارتفاع سطح پروژه H_p فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می شود. بدیهی است، در صورتی که عمق خاک (h_1) مثبت باشد نشانه خاک برداری و اگر h_1 منفی باشد نشانه خاک ریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشه مربع های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضربدر میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست می آید:

$$V_{abcd} = \frac{A \times (h_a + h_b + h_c + h_d)}{4}$$

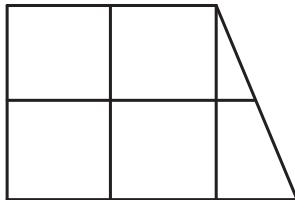
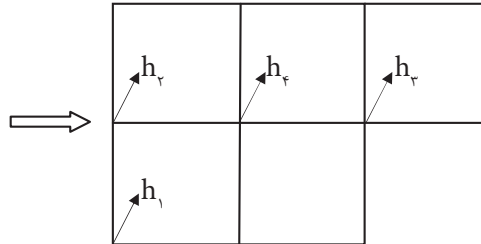
در رابطه بالا منظور از A مساحت و V حجم است.



با کمی دقت در شکل بالا ملاحظه می‌شود که هر یک از مربع‌های شبکه یک منشور است که قاعده بالایی آن سطح طبیعی زمین و قاعده پایینی آن سطح پروژه می‌باشد که این دو سطح با هم موازی نبوده و اختلاف ارتفاع رؤس آن نسبت به سطح پروژه، ارتفاع‌های چهارگانه منشور را تشکیل می‌دهد که همان عمق خاک در این نقاط می‌باشد. بنابراین برای محاسبه حجم کل می‌توان حجم هر یک از مربع‌های شبکه را جداگانه محاسبه کرده و آنها را با هم جمع کرد. و چنانچه شکل زمین به صورتی باشد که در مرزها قطعات مثلثی و دوزنقه‌ای شکل باقی می‌ماند باید حجم آنها را جداگانه محاسبه کرده و با حجم مربع‌ها جمع نمود. برای ساده کردن محاسبه و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطه زیر به دست آورد:

$$V = \frac{A \times (\Sigma h_1 + 2 \Sigma h_r + 3 \Sigma h_r + 4 \Sigma h_f)}{4}$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک‌اند.
 Σh_r = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک‌اند.
 Σh_r = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.
 Σh_f = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک‌اند.



و در صورتی که شکل زمین شبکه‌بندی شده، علاوه بر مربع‌ها دارای اشکال مثلث و دوزنقه‌ای نیز باشد، باید حجم این قسمت‌ها را جداگانه محاسبه کرده و با حاصل حجم مربع‌ها جمع نمود. به عبارتی حجم کل از رابطه تعمیم یافته زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$V = \frac{A \times (\Sigma h_1 + 2 \Sigma h_r + 3 \Sigma h_r + 4 \Sigma h_f)}{4} + \Sigma R$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک‌اند.
 Σh_r = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک‌اند.
 Σh_r = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.
 Σh_f = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک‌اند.
 ΣR = مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و دوزنقه‌ای شکل.

$$V_{\text{مثلث}} = \frac{A \times (h_1 + h_r + h_r)}{3}$$

$$V_{\text{دوزنقه}} = \frac{A \times (h_1 + h_r + h_r + h_f)}{4}$$

که در این حالت ابتدا مساحت هر مثلث و یا دوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.



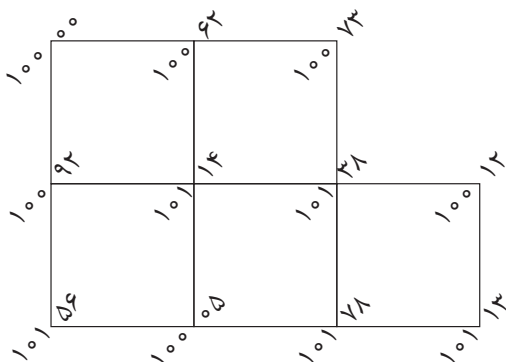
شبکه ارتفاعی مربعی شکل قطعه زمینی به ابعاد

۲۰ متر داده شده است مطلوب است

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۱۰۰۰

ب) محاسبه حجم عملیات خاکی در صورتیکه

ارتفاع پروژه ۹۵ متر باشد.



روش حل قسمت الف:

برای ترسیم شبکه با توجه به مقیاس داده شده که برابر ۱:۱۰۰۰ است باید طولها را جداگانه به مقیاس برده و بر روی کاغذ ترسیم کنیم. در اینجا هر یک متر روی زمین برابر یک سانتی متر روی نقشه می باشد. بنابراین با کمک خط کش و گونیا یک مستطیل ۶×۴ سانتی متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول های ۲ سانتی متری تقسیم می کنیم. به این ترتیب ۶ مربع ۲×۲ سانتی متری ترسیم می شود. سپس مربع بالا سمت راست را پاک کرده تا شبکه مورد نظر حاصل شود. باید توجه داشت برای نوشتن اعداد ارتفاع روی شبکه پس از محاسبه هر یک از اعداد ارتفاع از روی جدول با توجه به کروکی که سر زمین تهیه کرده ایم آنها را در جای خود به نحوی که گفته شد یادداشت می کنیم.

روش حل قسمت ب:

$$H_1 = ۱۰۰/۰۰ - ۹۵ = ۵/۰۰ \rightarrow h_1$$

$$H_7 = ۱۰۰/۶۲ - ۹۵ = ۵/۶۲ \rightarrow h_7$$

$$H_2 = ۱۰۰/۷۳ - ۹۵ = ۵/۷۳ \rightarrow h_2$$

$$H_8 = ۱۰۰/۹۲ - ۹۵ = ۵/۹۲ \rightarrow h_8$$

$$H_5 = ۱۰۱/۱۴ - ۹۵ = ۶/۱۴ \rightarrow h_5$$

$$H_6 = ۱۰۱/۳۸ - ۹۵ = ۶/۳۸ \rightarrow h_6$$

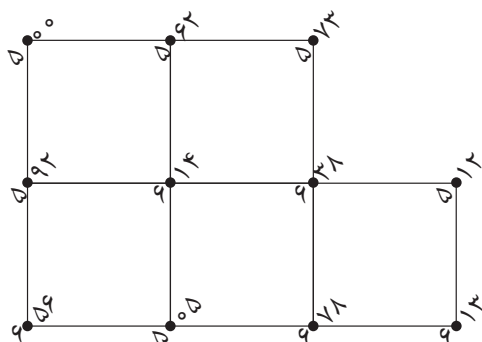
$$H_4 = ۱۰۰/۱۲ - ۹۵ = ۵/۱۲ \rightarrow h_4$$

$$H_3 = ۱۰۱/۵۶ - ۹۵ = ۶/۵۶ \rightarrow h_3$$

$$H_9 = ۱۰۰/۵۵ - ۹۵ = ۵/۵۵ \rightarrow h_9$$

$$H_{10} = ۱۰۱/۷۸ - ۹۵ = ۶/۷۸ \rightarrow h_{10}$$

$$H_{11} = ۱۰۱/۱۳ - ۹۵ = ۶/۱۳ \rightarrow h_{11}$$



$$h_1 : 5/00, 5/73, 5/12, 6/56, 6/13 \Rightarrow \Sigma h_1 = 5/00 + 5/73 + 5/12 + 6/56 + 6/13 = 28/54$$

$$h_2 : 5/62, 5/92, 5/05, 6/78 \Rightarrow \Sigma h_2 = 5/62 + 5/92 + 5/05 + 6/78 = 23/37$$

$$h_3 : 6/38 \Rightarrow \Sigma h_3 = 6/38$$

$$h_4 : 6/14 \Rightarrow \Sigma h_4 = 6/14$$

$$A = a \times a = 20 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 400 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{A \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)}{4}$$

$$V = \frac{400 \times (28/54 + 2 \times 23/37 + 3 \times 6/38 + 4 \times 6/14)}{4} = \frac{400 \times 118/98}{4} = 11898 \text{ m}^3$$

انجام عملیات شبکه‌بندی و پیاده‌سازی یک شبکه به ابعاد مناسب و تراز یابی به روش شعاعی از نقاط شبکه و کنترل خطای حاصل از تراز یابی با روش‌های موجود

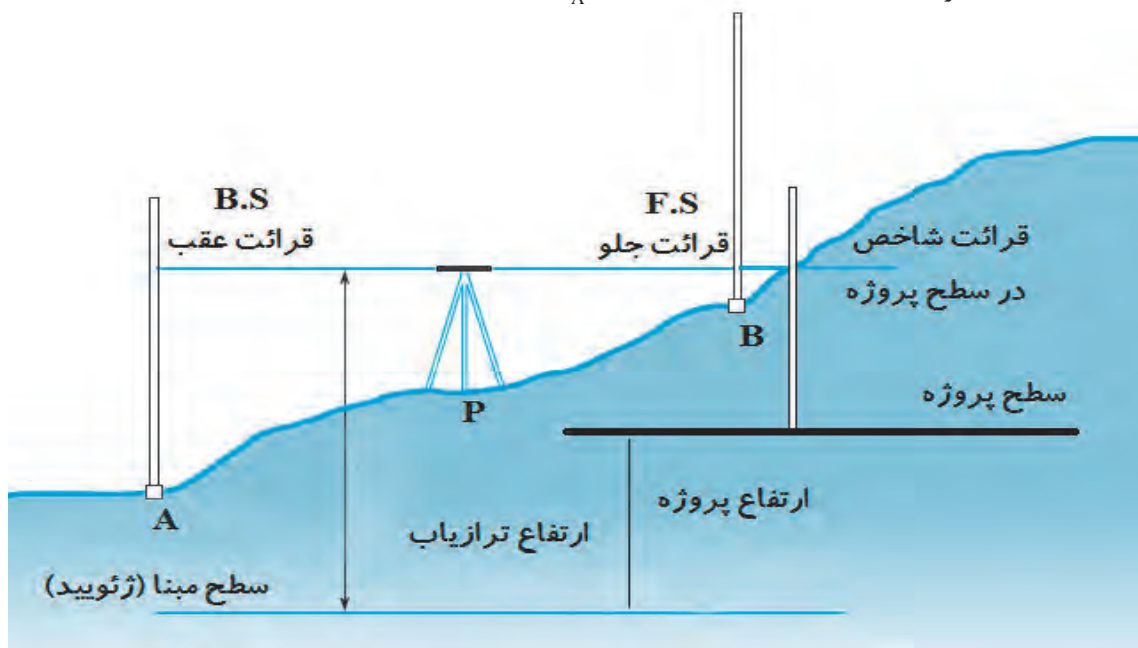
فعالیت
عملی ۵



پیاده‌کردن نقاط در ارتفاع مشخص با تراز یاب

با فرض معلوم بودن ارتفاع سطح تمام شده یک پروژه مطابق شکل زیر برای پیاده کردن هر نقطه جدید در این ارتفاع ابتدا با استقرار تراز یاب ابتدا دید عقب روی پنج مارک A که در نزدیکی پروژه قرار دارد قرائت می‌شود. با اجرای این کار ارتفاع سطح تراز دستگاه تراز یاب HI از رابطه (۶) قابل محاسبه است.

$$HI = H_A + B.S \quad \text{رابطه (۶)}$$



حال باید نقطه جدید در سطح تراز مناسب با احتیاط علامت گذاری شود طوری که پس از قرار گرفتن شاخص در این ارتفاع، قرائت شاخص برابر با F.S گردد که از رابطه (۷) قابل محاسبه است.

$$F.S = H_I - H_p \quad \text{رابطه (۷)}$$

بنابراین در حالت کلی عدد شاخص هادی در سطح تراز مورد نظر از رابطه (۸) محاسبه می شود:

$$F.S = H_A - H_p + B.S \quad \text{رابطه (۸)}$$

پس از محاسبه این عدد، شاخص در محل نقطه مورد نظر تراز شده و با دوربین تراز یاب تار وسط را قرائت می کنیم شاخص باید به اندازه تفاضل این دو عدد و در جهت مناسب جابجا شود تا زمانی که تار وسط تراز یاب بر عدد F.S منطبق گردد. به عنوان مثال چنانچه عدد شاخص هادی (F.S) برای سطح تراز یک پروژه در نقطه ای برابر ۱۲۴۰ میلی متر محاسبه شده و قرائت شاخص در این نقطه برابر ۱۳۰۰ میلی متر گردد به این معنی است که نقطه مورد نظر از نظر ارتفاعی به اندازه ۶۰ میلی متر پایین تر از سطح پروژه قرار دارد و شاخص باید ۶۰ میلی متر به سمت بالا منتقل شود تا قرائت روی آن برابر ۱۲۴۰ میلی متر گردد.

مثال ۸



پروژه ای ساختمانی در حال ساخت می باشد و در نزدیکی این پروژه پنج مارک A با ارتفاع ۱۲۰/۸۵۵ متر قرار دارد. هدف پیاده کردن ارتفاع سطح پروژه ای با ارتفاع ۱۲۱/۴۰۳ متر در نقاط B و C و D می باشد. چنانچه قرائت شاخص در نقاط A و B و C و D به ترتیب برابر ۱۸۵۲ و ۱۵۳۴ و ۱۷۶۸ و ۱۳۲۴ میلی متر باشد مطلوب است:

الف تعیین مقدار عدد شاخص هادی در نقاط B و C و D در سطح پروژه
ب) تعیین میزان و جهت جابجایی شاخص جهت علامت گذاری سطح پروژه در نقاط A و B و C

حل:

مطابق رابطه (۸) برای محاسبه عدد شاخص راهنما داریم:
(الف)

$$F.S_{B,C,D} = H_A - H_p + B.S_A$$

$$F.S_{B,C,D} = ۱۲۰,۸۵۵ - ۱۲۱,۴۰۳ + ۱,۸۵۲ = ۱,۳۰۴$$

ب) تعیین میزان و جهت جابجایی:

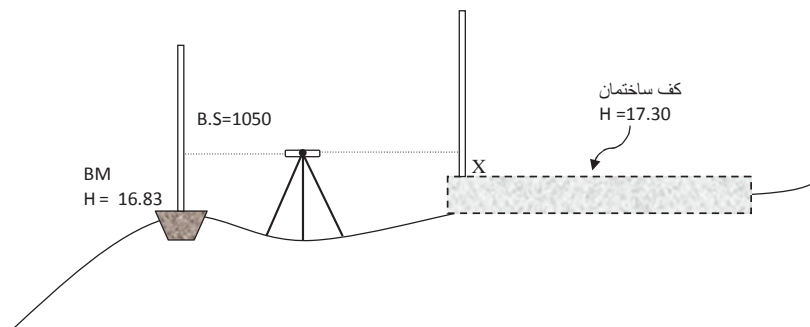
علامت مثبت به معنی جهت جابجایی به سمت بالا و منفی به سمت پایین است.

$$DH_B = ۱۵۳۴ - ۱۳۰۴ = +۲۳۰ \text{ mm}$$

$$DH_C = ۱۷۶۸ - ۱۳۰۴ = +۴۶۴ \text{ mm}$$

$$DH_D = ۱۳۲۴ - ۱۳۰۴ = +۲۰ \text{ mm}$$

مطابق شکل زیر ارتفاع کف روی نقشه‌ای از یک ساختمان ۱۷/۳۰ متر است برای پیاده کردن این نقطه از نزدیک‌ترین بنچ‌مارک با ارتفاع ۱۶/۸۳ چه عددی روی شاخص X قرائت گردد تا تخته پروفیل مورد نیاز در آن ارتفاع نصب گردد.



فعالیت
کلاسی ۳



پیاده‌سازی ارتفاع در سطوح تراز مختلف در محوطه کارگاه یا حیاط هنرستان

فعالیت
عملی ۶



ارزشیابی شایستگی ترازیبی

شرح کار:

با استفاده از وسایل عملیات ترازیبی، اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را به دست آورده و محاسبات مربوطه را انجام دهد.

استاندارد عملکرد:

انجام عملیات ترازیبی بین نقاط با استفاده از دوربین ترازیب، سه پایه دوربین، شاخص (میر)، ترازنبشی و متر مطابق دستورالعمل انجام ترازیبی تدریجی درجه ۳ سازمان نقشه برداری (مجله شماره ۱۱۹)

شاخص‌ها:

اندازه گیری رفت و برگشت - بررسی خطاها و تصحیح آن - حذف اشتباه - کنترل محاسبات و عملیات - انجام محاسبات با نرم افزار Excel - تایپ و چاپ گزارش - ارائه حضوری کار به هنرآموز در مدت زمان ۶ ساعت.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: انجام عملیات ترازیبی در فضای طبیعی زمین به کمک دو کارگر - انجام محاسبات با نرم افزار در سایت رایانه.

ابزار و تجهیزات:

- دوربین ترازیب - سه پایه دوربین - شاخص (میر) - تراز نبشی - متر
- وسایل محاسباتی شامل ماشین حساب علمی
- وسایل تحریر اداری - رایانه به همراه چاپگر.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام عملیات ترازیبی	۲	
۲	بررسی خطا و کنترل و تصحیح	۲	
۳	انجام محاسبات با نرم افزار Excel	۲	
۴	ارائه گزارش	۲	
	شایستگی های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، دقت اجرا، جمع آوری نخاله و ملات اضافی، مدیریت کیفیت، مسئولیت پذیری، تصمیم گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می باشد.