پودمان ۱

ترازیابی

مقدمه

ترازیابی اصطلاحی است که برای فرایند اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو و یا چند نقطه به‌کار برده می‌شود. در مهندسی نقشه‌برداری، ترازیابی کاربردهای فراوانی دارد و در تمام مراحل تکمیل یک پروژه از نقشه‌برداری اولیه گرفته تا پیاده‌سازی نهایی قسمت‌های مختلف آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. از نمونه کاربردهای آن در پروژه‌های ساختمانی می‌توان به کنترل عملیات خاکی و پایش گودبرداری، پیاده‌سازی کف پروژه به منظور شروع ساخت، پیاده‌سازی و تراز ارتفاعی فونداسیون و صفحه ستون‌ها و کنترل ارتفاعی قسمت‌های مختلف ساختمان و ... می‌توان نام برد. در این فصل با اصول و روش‌های ترازیابی هندسی و تعدادی از کاربردهای آن آشنا می‌شوید.

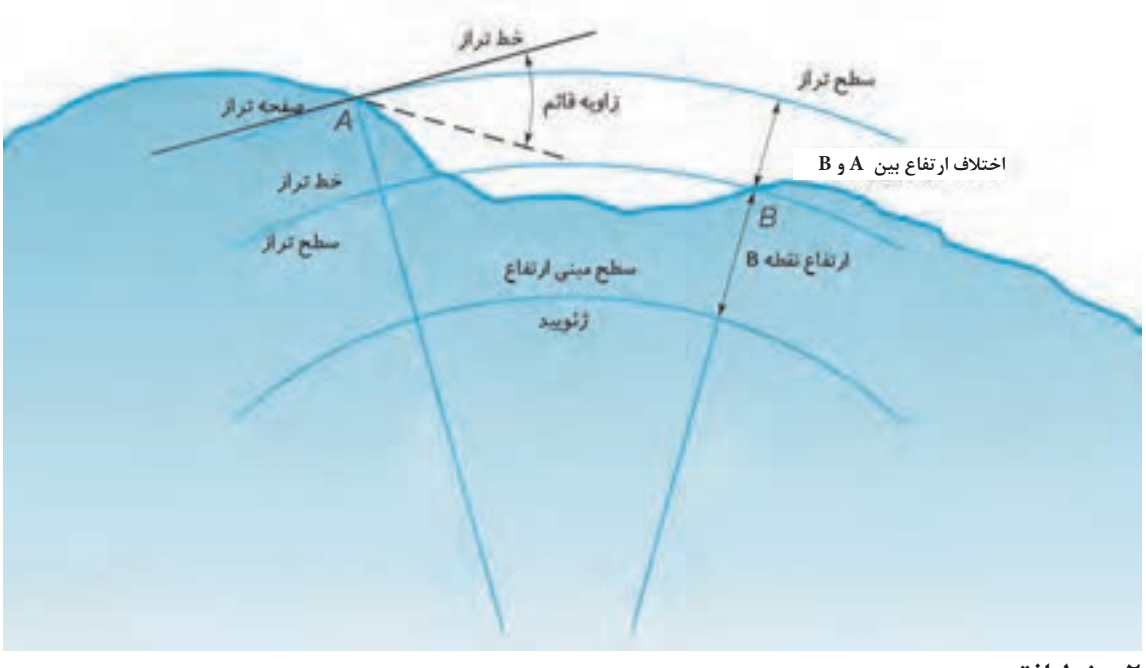
استاندارد عملکرد

انجام عملیات ترازیابی بین نقاط با استفاده از دوربین ترازیاب، سه‌پایه دوربین، شاخص(میر)، ترازنبشی و متر مطابق دستورالعمل انجام ترازیابی تدریجی درجه ۳ سازمان نقشه برداری (مجله شماره ۱۱۹)

تعاریف اولیه

۱- سطح تراز و خط تراز

سطحی که تمام نقاط واقع بر آن بر امتداد شاغولی عمود است. امتداد شاغولی همان جهتی است که نوک یک شاغول آویزان نشان می‌دهد.



۲- خط افقی

خطی است که در یک نقطه مشخص بر امتداد بردار گرانش عمود است. همان‌طور که در شکل بالا نشان داده شده است این خط در نقطه مورد نظر بر سطح تراز مماس می‌شود. انحنا یا کرویت عبارت است از اختلاف بین خط افقی و خط تراز.

۳- سطح مبنا

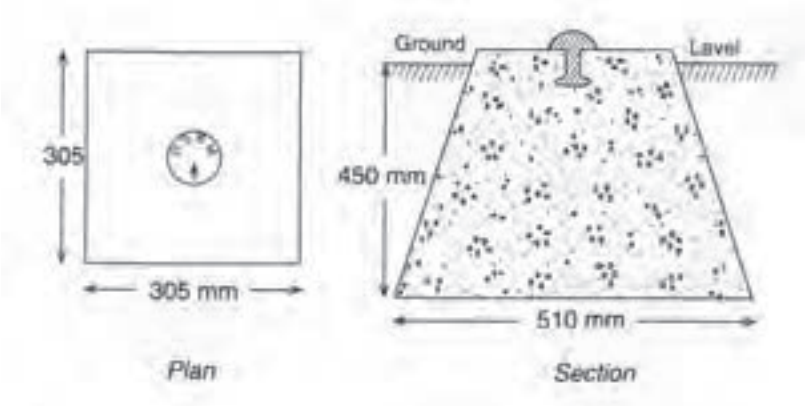
در عملیات ترازیابی، با انتخاب یک سطح تراز، ارتفاع همه نقاط نسبت به این سطح به‌دست آورده می‌شود. که به آن سطح مبنا گویند. این سطح هر سطح دلخواهی می‌تواند باشد ولی معمولاً متوسط سطح آب‌های آزاد به عنوان سطح مبنای ارتفاع در نظر گرفته می‌شود. بدیهی است ارتفاع تمام نقاط واقع بر این سطح صفر می‌باشد.

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 ترازیابی 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، علامت‌گذاری می‌شوند.



تجهیزات ترازیابی

برای انجام ترازیابی تجهیزات خاصی مورد نیاز است: ۱- دوربین ترازیاب ۲- شاخص (میر) ۲- سه‌پایه

۱- دوربین ترازیاب

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

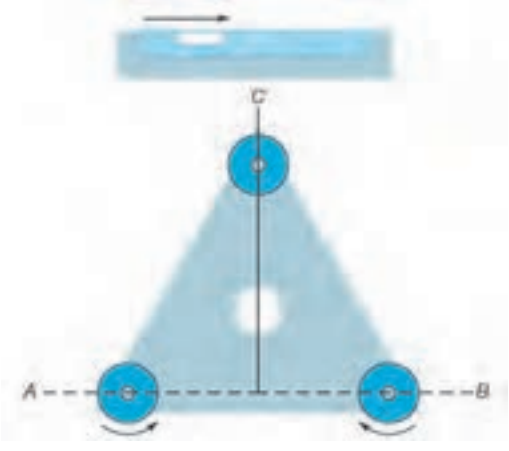
در دوربین ترازیاب دو محور به شرح زیر وجود دارد:

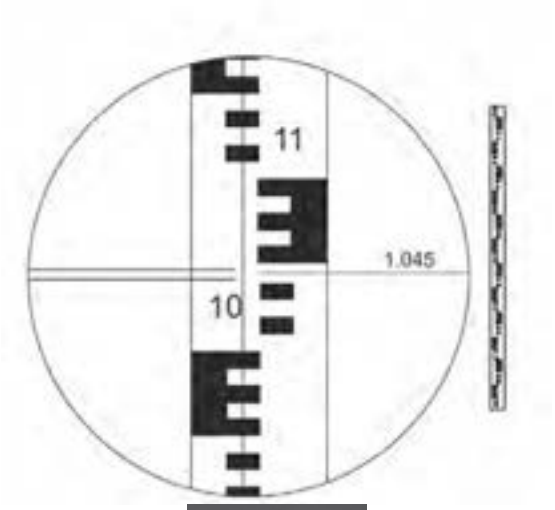
الف- محور دیدگانی دوربین: محوری است که محل تقاطع دو تار بلند رتیکول را به مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی وصل می‌کند (در صورتی که دستگاه خطا نداشته و از تنظیم خارج نشده باشد). در غیراین‌صورت خطایی ایجاد می‌شود که آن‌را خطای کلیماسیون یا کجی محور دیدگانی می‌گویند.

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 ترازیاب روی سه‌پایه 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 به‌یاد 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 درحالت‌های 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 ترازیاب 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 نشانه‌روی 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 نشانه‌روی 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 خط‌کش بلند که البته نوع فلزی آن هم موجود است. مطابق شکل روبه‌رو این خط‌کش بلند به تقسیمات سانتی‌متر مدرّج شده و برای سهولتِ خواندن آن، سانتی‌مترها غالباً یک درمیان به رنگ سفید و سیاه است و هر ده سانتی‌متر نیز با خطِ 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 آن‌را تراز کرد. در شکل روبه‌رو یک تراز نبشی نشان داده شده است.

۳- سه پایه

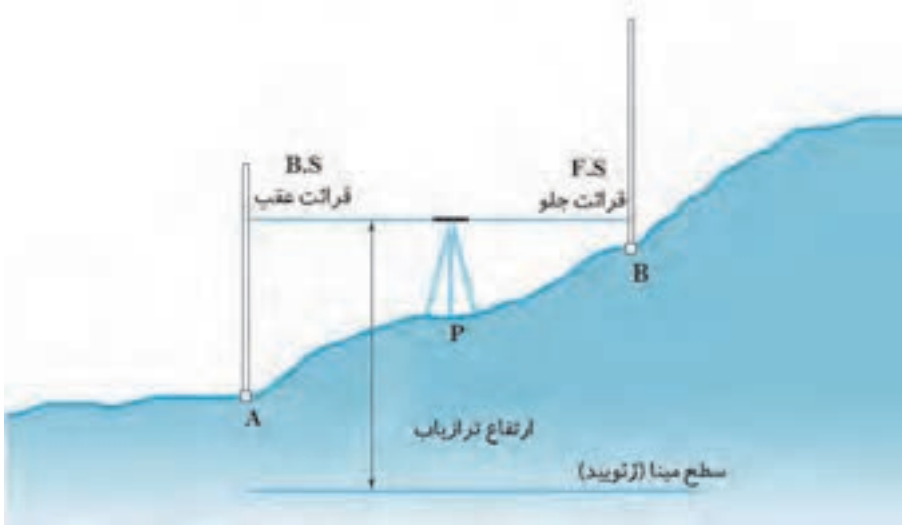
به منظور استقرار دوربین به صورت کاملاً شاغولی و بی‌حرکت از سه‌پایه استفاده می‌شود که انواع مختلف چوبی و آلومینیومی آن موجود است. مطابق شکل روبه‌رو در قسمت فوقانی سه پایه صفحه‌ای برای قرار گرفتن دوربین ترازیاب قرار دارد که در زیر آن یک پیچ جهت اتصال دوربین به سه پایه تعبیه شده است. به منظور تنظیم ارتفاع سه‌پایه 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.

فعالیت عملی ۱

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

اصول ترازیابی هندسی

فرض کنید یک دوربین ترازیاب در نقطه P مطابق شکل زیر مستقر شده است. همچنین در دو نقطه A و B که تقریباً در فاصله مساوی با ترازیاب 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 رابطهٔ (۱) قابل محاسبه می‌باشد:



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

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:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \qquad \text{رابطهٔ (۲)}$$

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

مثال ۱

مطابق شکل بالا اگر قرائت شاخص در نقاط A و B به ترتیب برابر B.S = ۱۲۹۰ و F.S = ۱۸۷۳ باشد مطلوب است محاسبه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B.

حل: مطابق رابطهٔ (۱) می‌توان نوشت:

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

$$\Delta H_{AB} = ۱۲۹۰ - ۱۸۷۳ = -۵۸۳ \text{ mm}$$

مثال ۲

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

حل: مطابق رابطه (۲) می‌توان نوشت:

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

$$H_B = ۱۲۰ + (\frac{-۵۸۳}{۱۰۰۰}) = ۱۱۹/۴۱۷ \text{ m}$$

بیشتر بدانیم

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

فعالیت عملی ۲

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

ترازیابی تدریجی

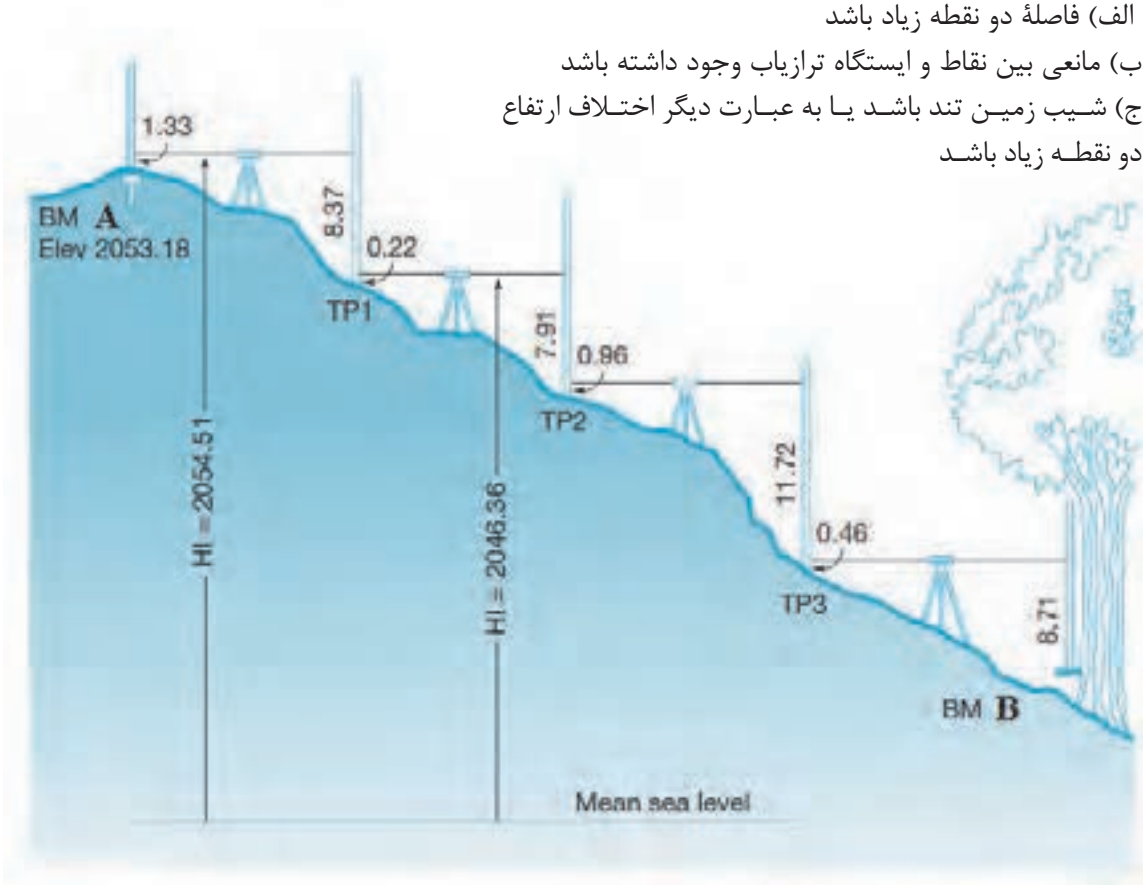
مطابق شکل زیر اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آنها را به دست آوریم، از هم دور باشند یا شیبِ زمین زیاد باشد، و یا مانعی جلوی دید ترازیاب را بگیرد به طریقی که با یک بار استقرار ترازیاب پیداکردن اختلاف ارتفاع امکان‌پذیر نباشد از روش ترازیابی تدریجی استفاده می‌شود. در این روش مجبور خواهیم بود در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

بنابراین زمانی از ترازیابی تدریجی استفاده می گردد که:

الف) فاصلهٔ دو نقطه زیاد باشد

ب) مانعی بین نقاط و ایستگاه ترازیاب وجود داشته باشد

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



مطابـق شـکل ترازیابـی تدریجـی (شـکل صفحـهٔ قبـل) بـرای تعییـن اختـلاف ارتفـاع دو نقطـهٔ A و B طـول مسـیر حرکـت ترازیابـی بـه چند دهنـهٔ دلخواه، متناسـب با وضعیت منطقه، تقسـیم می‌شـود و اختـلاف ارتفاع هـر دهنـه تعییـن و نهایتـاً بـا جمـع جبـری اختلاف ارتفـاع دهنه‌هـا، اختـلاف ارتفـاع دو نقطـهٔ A و B تعیین می‌گـردد. بـرای ایـن منظـور کافـی اسـت بـا قراردادن دسـتگاه بیـن هر دو نقطـه و انجـام قرائت‌هـای عقب و جلـو، عملیـات را از A بـه سـمت B ادامـه دهیم.

نکته

در مسـیر حرکـت ترازیابـی معمـولاً اولیـن قرائـت را در هر دهنـه قرائت عقـب و دومین قرائـت را قرائت جلو گوینـد و بـه ترتیب بـا B.S و F.S نمایـش می‌دهند.

بـه مجموعـهٔ یـک یـا چنـد دهنـه، کـه بیـن دو ایسـتگاه ترازیابـی قـراردارد، قطعـه می‌گوینـد پـس در ابتـدا و انتهـای هـر قطعـهٔ ترازیابـی نقـاط ثابـت ایسـتگاهی وجـود دارد ولـی در هـر دهنـه ممکـن اسـت نقـاط ابتدا و انتهایـی نقـاط موقت باشـند

به سادگی می‌توان نشان داد که اختلاف ارتفاع نقاط A و B از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

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

منظـور از $\Sigma B.S$ جمـع کل قرائت‌هـای عقـب و منظـور از $\Sigma F.S$ جمـع کل قرائت‌هـای جلو می‌باشـد. بـه منظـور مرتـب نوشـتن اعـدادی کـه می‌خوانیـم مطابـق شـکل روبـرو جـدول سـادهٔ زیر را ترسـیم می‌کنیم و در هر ایسـتگاه یـک قرائـت عقـب و یـک قرائـت جلـو انجـام می‌دهیـم. سـپس حاصـل جمـع قرائت‌هـای جلـو از حاصـل جمـع قرائت‌هـای عقـب کـم می‌شـود بدیـن ترتیـب اختـلاف ارتفـاع ارتفاع نقطـهٔ A و B به‌دسـت می‌آیـد.

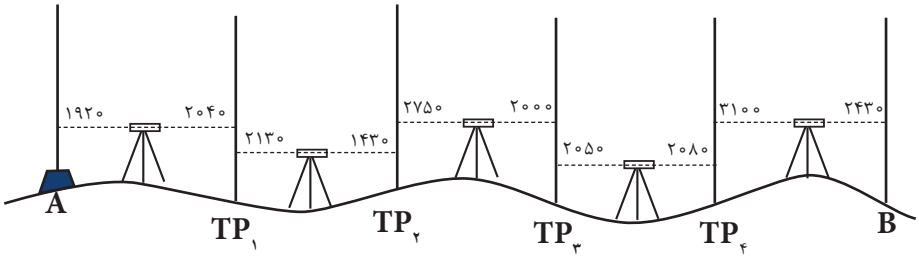
جدول ترازیابی تدریجی

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		8.57	2046.14	2046.14
		2046.36	7.93	(-0.008)	
TP2	0.96		8.94	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
	Σ = +40.24		Σ = -40.21		

Page Check:
2053.18
+ 40.24
2093.42
- 40.21
2053.21 Check

مثال ۳

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



حل: برای محاسبهٔ ارتفاع سایر نقاط، اختلاف ارتفاع تک‌تک دهنه‌ها را جداگانه محاسبه کرده و با ارتفاع نقطهٔ قبل جمع جبری می‌کنیم تا ارتفاع نقطهٔ بعدی به‌دست آید مثلاً برای محاسبهٔ ارتفاع نقطهٔ TP۱ داریم:

$$\Delta H_{A,TP1} = B.S_A - F.S_B$$

$$H_{TP1} = H_A + \Delta H_{A,TP1}$$

مرحلهٔ اول (ترسیم و تکمیل جدول)

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

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
P	B.S	F.S	ΔH	H
A	۱۹۲۰	---		۱۶۵۰/۴۲۰
$TP_۱$	۲۱۳۰	۲۰۴۰	-۱۲۰	۱۶۵۰/۳۰۰
$TP_۲$	۲۷۵۰	۱۴۳۰	۷۰۰	۱۶۵۱/۰۰۰
$TP_۳$	۲۰۵۰	۲۰۰۰	۷۵۰	۱۶۵۱/۷۵۰
$TP_۴$	۳۱۰۰	۲۰۸۰	-۳۰	۱۶۵۱/۷۲۰
B	---	۲۴۳۰	۶۷۰	۱۶۵۲/۳۹۰
جمع	۱۱۹۵۰	۹۹۸۰		

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 زیر استفاده کنیم:

ΔH_{AB} = جمع قرائت‌های جلو - جمع قرائت‌های عقب

$$= \Sigma B.S - \Sigma F.S = ۱۱۹۵۰ - ۹۹۸۰ = ۱۹۷۰ \text{ mm} = ۱/۹۷۰ \text{ m}$$

محاسبات ترازیابی تدریجی در نرم‌افزار Excel

با نرم‌افزار Excel در گذشته آشنا شده‌اید. در این بخش می‌خواهیم از آن برای انجام محاسبات تکراری مانند محاسبات ترازیابی استفاده کنیم.

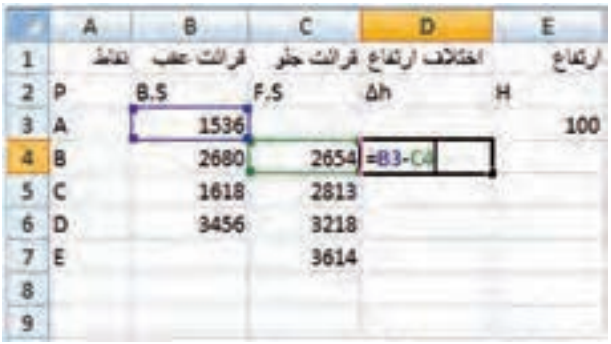
مرحله اول - ورود اطلاعات مطابق جدول ترازیابی در نرم‌افزار Excel:

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

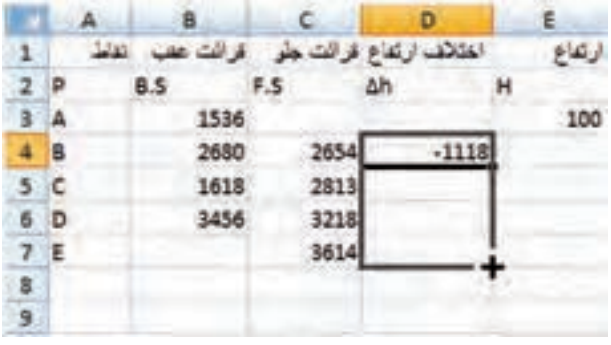
	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654		
5	C	1618	2813		
6	D	3456	3218		
7	E		3614		
8					
9					

مرحله دوم - محاسبه ستون اختلاف ارتفاع (Δh):

می‌دانیم اختلاف ارتفاع از رابطه $\Delta h = B.S - F.S$ محاسبه می‌شود برای مثال $\Delta h_1 = ۱۵۳۶ - ۲۶۵۴ = -۱۱۱۸$ و $\Delta h_2 = ۲۶۸۰ - ۲۸۱۳ = -۱۳۳$ و ... می‌شود. در نرم‌افزار 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 نرم‌افزار Excel به‌جای تایپ نشانی خانه می‌توان پس از علامت مساوی روی خانهٔ مربوطه کلیک کرد)

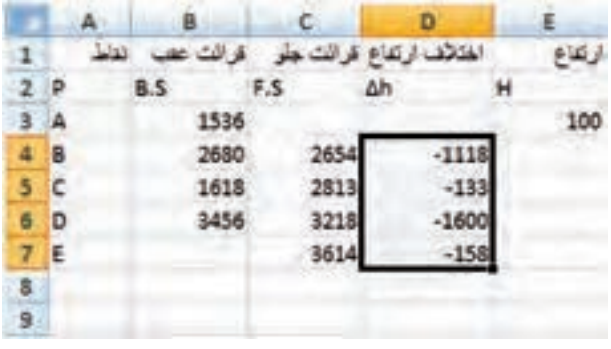


	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	=B3-C4	
5	C	1618	2813		
6	D	3456	3218		
7	E		3614		
8					
9					



	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					

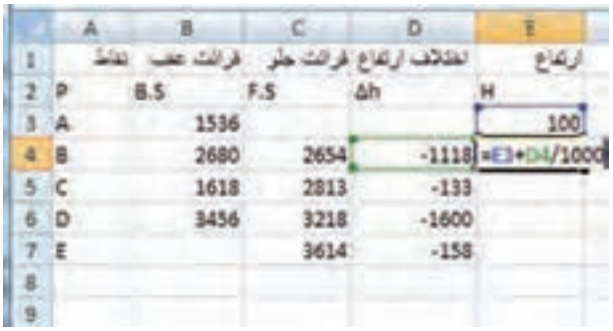
در خانه‌های بعدی نیز باید فرمول‌های مشابه نوشته شود و یا به روش درج اتوماتیک فرمول قبلی در خانه‌های بعدی تا D7 کپی شود . در کپی کردن فرمول‌ها نشانی خانه‌ها به نسبت مکان کپی تغییر می‌کند. (روی خانه D7 دو بار کلیک کنید تا فرمول و خانه‌های آنرا مشاهده نمایید.)



	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	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					

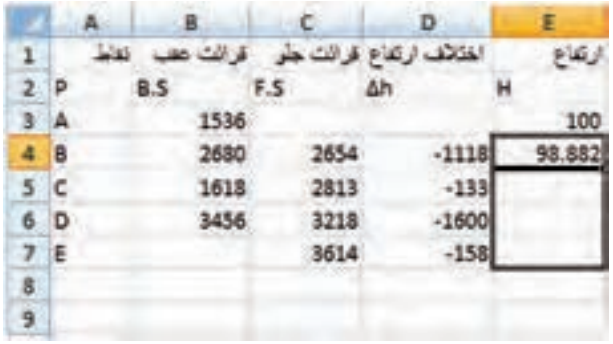
مرحله سوم - محاسبه ارتفاع (H):

ارتفاع هر نقطه برابر است با (ارتفاع نقطه قبلی + اختلاف ارتفاع) و چون اختلاف ارتفاع برحسب میلی‌متر وارتفاع بر حسب متر است مقدار اختلاف ارتفاع را بر هزار تقسیم می‌کنیم تا بر حسب متر شود. ($H2 = H1 + \Delta H1/1000$ و $H3 = H2 + \Delta H2/1000$ و ...).



	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	=E3+D4/1000
5	C	1618	2813	-133	
6	D	3456	3218	-1600	
7	E		3614	-158	
8					
9					

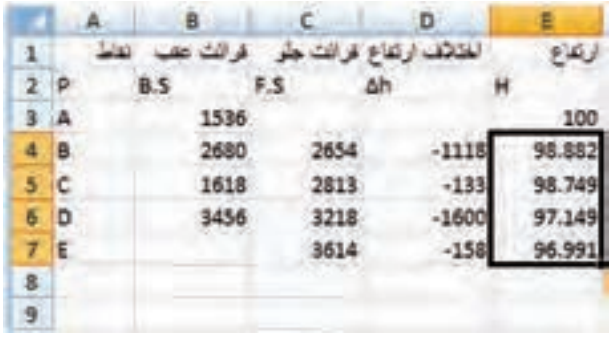
در نرم‌افزار Excel برای محاسبه ارتفاع مانند محاسبه اختلاف ارتفاع از نشانی خانه‌ها استفاده می‌نماییم. ($E4 = E3 + D4/1000$) سپس به روش درج اتوماتیک خانه E4 را تا E4 کپی می‌نماییم.



	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	-1118	98.882
5	C	1618	2813	-133	
6	D	3456	3218	-1600	
7	E		3614	-158	
8					
9					

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 ($\Delta = \Sigma - \Sigma$) 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.



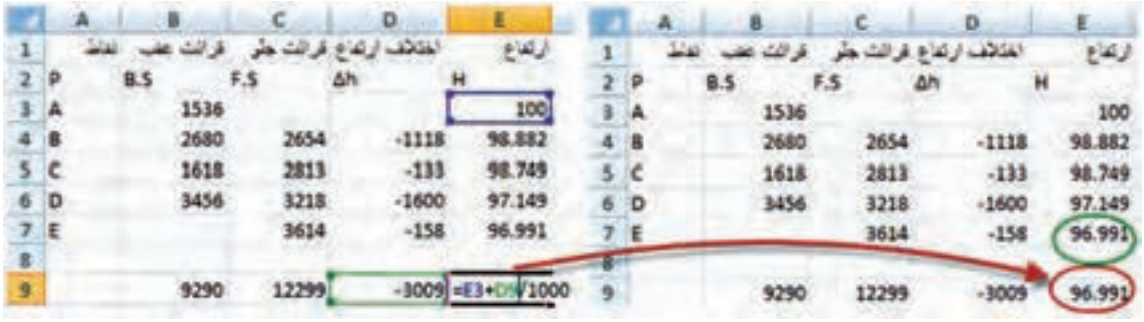
	A	B	C	D	E
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
2	P	B.S	F.S	Δh	H
3	A	1536			100
4	B	2680	2654	-1118	98.882
5	C	1618	2813	-133	98.749
6	D	3456	3218	-1600	97.149
7	E		3614	-158	96.991
8					
9					

برای تفاضل آنها در خانه D9 فرمول $B9 - C9 =$ را می‌نویسیم و در خانه E9 برای محاسبه ارتفاع نقطه آخر فرمول $E3 + D9/1000 =$ 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	قرائت جلو
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	قرائت جلو
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



فعالیت عملی ۳

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

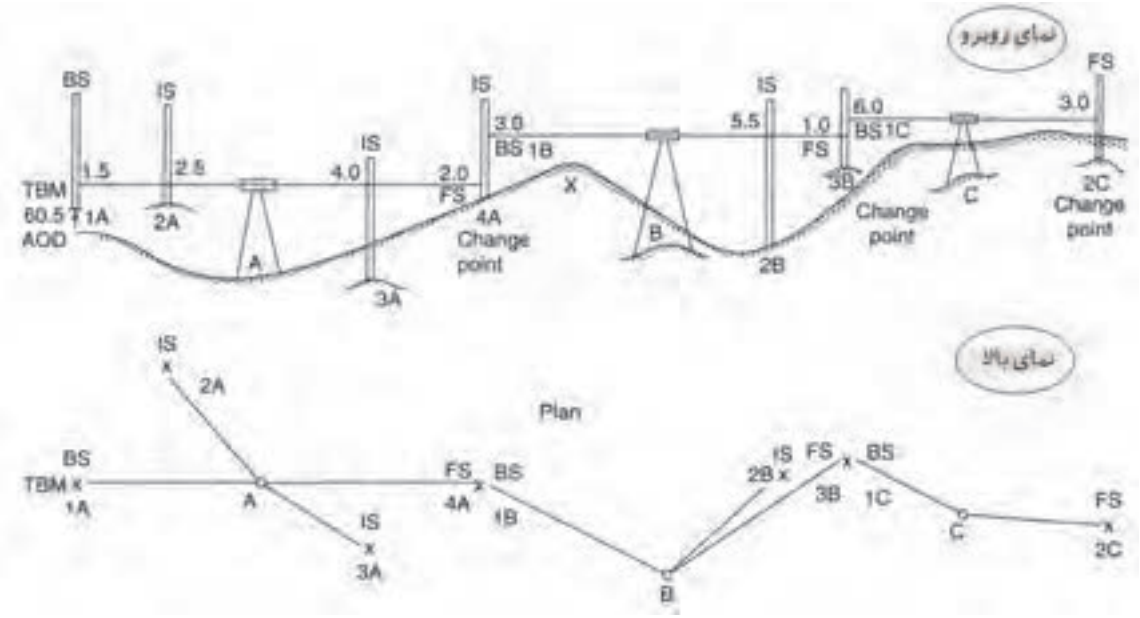
ترازیابی شعاعی

هرگاه فاصلهٔ نقاط به‌هم نزدیک باشد به طوری که بتوان از یک ایستگاه عدد مربوط به شاخص روی چند نقطه را خواند یا به عبارت دیگر با قراردادن ترازیاب در محل مناسب بتوان بیش از دو قرائت انجام داد. درجدول اولین قرائت را قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه را قرائت‌های وسط ثبت می‌کنیم. این نوع ترازیابی را ترازیابی شعاعی یا ترازیابی نقاط پراکنده گویند.

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

همان‌طور که گفته شد، در ترازیابی شعاعی دستگاه ترازیاب را در محل مناسبی، که از آن محل بتوان بیش از دو قرائت انجام داد، قرار می‌دهیم. برای مثال در شکل(۱۲) دستگاه در نقطهٔ S مستقر شده است، به طوری که از آنجا شاخص در نقاط A و B و C و D دیده می‌شود.

چنان‌چه ارتفاع نقطهٔ اول معلوم باشد، در این نقطه قرائت عقب انجام می‌شود. در ادامهٔ کار با گرفتن شاخص بر روی نقاط بعد به ترتیب قرائت‌های تار وسط انجام می‌شود و در انتها شاخص را بر روی نقطهٔ آخر می‌گیریم و قرائت روی آن‌را قرائت جلو ثبت می‌نمائیم.



هـرگاه اختـلاف ارتفـاع نقـاط را بـا ΔH و قرائـت عقـب را بـا B.S و قرائت‌هـای وسـط را بـا I.S و و قرائت جلو را بـا F.S نشـان دهیـم، داریم:

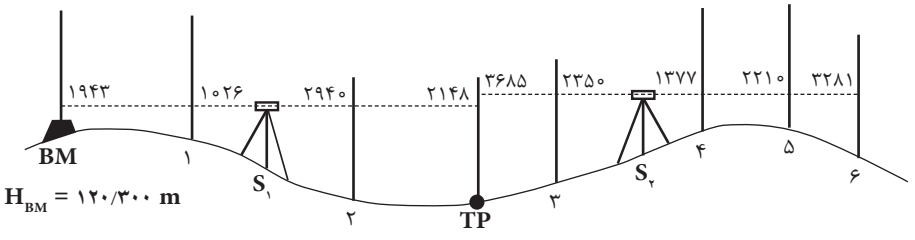
$$\Delta H_{1A,2A} = B.S_{1A} - I.S_{2A}$$
$$\Delta H_{1A,3A} = B.S_{1A} - I.S_{2A}$$
$$\Delta H_{1A,4A} = B.S_{1A} - I.S_{4A}$$

روشـن اسـت بـا داشـتن اختـلاف ارتفـاع هـر دو نقطه نسـبت بـه هم و معلـوم بـودن ارتفاع یـک نقطـه از قبل مانند ۱A به‌راحتـی ارتفـاع بقیـه نقـاط محاسـبه می‌شـود، مثلاً:

$$H_{1A} = \text{معلوم}$$
$$H_{2A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,2A}$$
$$H_{3A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,3A}$$
$$H_{4A} = H_{1A} + \Delta H_{1A,4A}$$

مثال ۴

شـکل زیـر مربـوط بـه کروکی یـک عملیـات ترازیابی به روش شـعاعی اسـت که قرائـت اعداد روی شـاخص مسـتقر در نقـاط روی آن مشـخص شـده اسـت. جـدول ترازیابی را ترسـیم کـرده و بـا اسـتفاده از آن ارتفاع نقـاط را محاسـبه کنید.



حل:

محاسبات در دهنهٔ اول ترازیابی:

$$\Delta H_{BM,۱} = ۱۹۴۳ - ۱۰۲۶ = ۹۱۷ \text{ mm} = ۰/۹۱۷ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۱} = H_{BM} + \Delta H_{BM,۱} = ۱۲۰/۳۰۰ + ۰/۹۱۷ = ۱۲۱/۲۱۷ \text{ m}$$

$$\Delta H_{BM,۲} = ۱۹۴۳ - ۲۹۴۰ = -۹۹۷ \text{ mm} = -۰/۹۹۷ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۲} = H_{BM} + \Delta H_{BM,۲} = ۱۲۰/۳۰۰ + (-۰/۹۹۷) = ۱۱۹/۳۰۳ \text{ m}$$

$$\Delta H_{BM,TP} = ۱۹۴۳ - ۲۱۴۸ = -۲۰۵ \text{ mm} = -۰/۲۰۵ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{TP} = H_{BM} + \Delta H_{BM,TP} = ۱۲۰/۳۰۰ + (-۰/۲۰۵) = ۱۲۰/۰۹۵ \text{ m}$$

محاسبات در دهنهٔ دوم ترازیابی:

$$\Delta H_{TP,۳} = ۳۶۸۵ - ۲۳۵۰ = ۱۳۳۵ \text{ mm} = ۱/۳۳۵ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۳} = H_{TP} + \Delta H_{TP,۳} = ۱۲۰/۰۹۵ + ۱/۳۳۵ = ۱۲۱/۴۳۰ \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,۴} = ۳۶۸۵ - ۱۳۷۷ = ۲۳۰۸ \text{ mm} = ۲/۳۰۸ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۴} = H_{TP} + \Delta H_{TP,۴} = ۱۲۰/۰۹۵ + ۲/۳۰۸ = ۱۲۲/۴۰۳ \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,۵} = ۳۶۸۵ - ۲۲۱۰ = ۱۴۷۵ \text{ mm} = ۱/۴۷۵ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۵} = H_{TP} + \Delta H_{TP,۵} = ۱۲۰/۰۹۵ + ۱/۴۷۵ = ۱۲۱/۵۷۰ \text{ m}$$

$$\Delta H_{TP,۶} = ۳۶۸۵ - ۳۲۸۱ = ۴۰۴ \text{ mm} = ۰/۴۰۴ \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{۶} = H_{TP} + \Delta H_{TP,۶} = ۱۲۰/۰۹۵ + ۰/۴۰۴ = ۱۲۰/۴۹۹ \text{ m}$$

نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
P	B.S	I.S	F.S	ΔH	H
BM	۱۹۴۳				۱۰۲/۳۰۰
۱		۱۰۲۶		۹۱۷	۱۰۳/۲۱۷
۲		۲۹۴۰		-۹۹۷	۱۰۱/۳۰۳
TP	۳۶۸۵		۲۱۴۸	-۲۰۵	۱۰۲/۰۹۵
۳		۲۳۵۰		۱۳۳۵	۱۰۳/۴۳۰
۴		۱۳۷۷		۲۳۰۸	۱۰۴/۴۰۳
۵		۲۲۱۰		۱۴۷۵	۱۰۳/۵۷۰
۶			۳۲۸۱	۲۰۴	۱۰۲/۹۹۹

فعالیت کلاسی ۱

یـک ترازیابـی بیـن نقـاط M_1 و M_2 انجام شـده اسـت. ارتفاع نقطـهٔ M_1 برابـر ۱۷۴۹/۵۰ متر اسـت. جدول ترازیابـی را محاسـبه کـرده و ارتفـاع نقاط را به‌دسـت آورید.

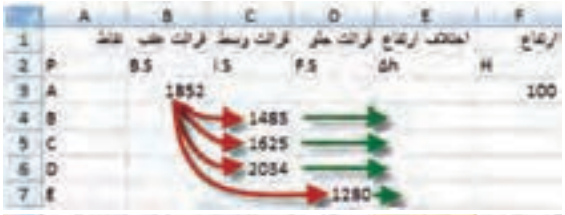
نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع
P	B.S	I.S	F.S	ΔH	H
M_1	۲۲۰۴				
۱		۱۸۱۰			
۲		۲۳۸۰			
A	۳۱۱۵		۱۹۰۵		
۳		۳۲۶۳			
۴		۳۳۸۷			
B	۱۱۵۰		۲۹۰۶		
۵		۱۴۳۵			
۶		۱۳۰۷			
۷		۱۷۹۳			
M_2			۲۳۵۴		

محل انجام محاسبات:

محاسبات ترازیابی شعاعی در نرم‌افزار Excel

مرحله اول - ورود اطلاعات مطابق جدول ترازیابی در نرم‌افزار Excel:

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

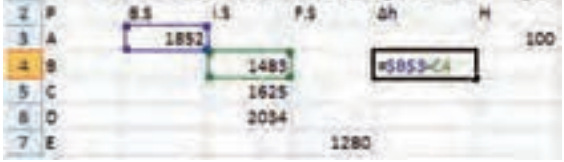


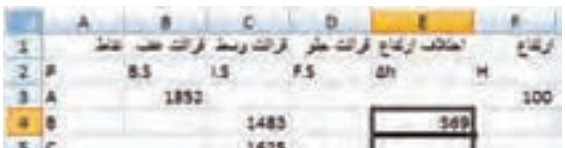
مرحله دوم - محاسبه ستون اختلاف ارتفاع (Δh):

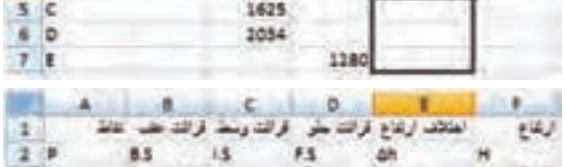
می‌دانیم در ترازیابی شعاعی برای محاسبه ستون اختلاف ارتفاع باید مقدار قرائت عقب منهای هر یک از قرائت‌های وسط و جلو شود مانند مثال:

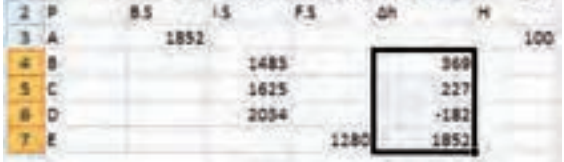
$\Delta h1 = 1852 - 1483$ و $\Delta h2 = 1852 - 1625$ و ... $\Delta h5 = 1852 - 1280$ که در نرم‌افزار Excel درخانه‌های E4 و E5 و ... و E7 به صورت $B3 - C4$ و $B3 - C5$ و ... و $B3 - D7$ نوشته می‌شود. برای حل جدول در ستون Δh می‌توان به طور جداگانه در هر خانه یک فرمول تایپ کرد ولی اگر بخواهیم از روش درج اتوماتیک استفاده کنیم چون در تمام فرمول‌ها خانه B3 ثابت است باید آنرا به صورت B3 تایپ نماییم ویا پس از نوشتن نشانی خانه کلید F4 را از صفحه کلید می‌زنیم و در خانه E7 نشانی C7 را به D7 تغییر دهیم.

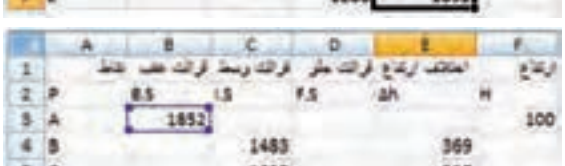
(می توانید روی خانه E7 دو بار کلیک کرده سپس ماوس را روی محیط خانه C7 قرار داده و به خانه D7 منتقل نمایید.)











نکته

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 B3 که به آن نشانی مطلق می‌گویند یعنی خانه ستون B سطر ۳ ثابت می‌شود وبا کپی خانه فرمول در خانه‌های دیگر این نشانی تغییر نمی‌کند.

مرحله سوم - محاسبه ارتفاع (H):

در ترازیابی 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 F3 بنویسیم. برای خانه F4 به صورت $=\$F\$3+E4/1000$ نوشته شده و به روش درج اتوماتیک تا خانه F7 کپی کنیم.

انواع خطاهای ترازیابی

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

۱- خطاهای دستگاهی:

این خطاها در ترازیابی 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 سه‌پایهٔ دستگاه
- خطای کلیماسیون

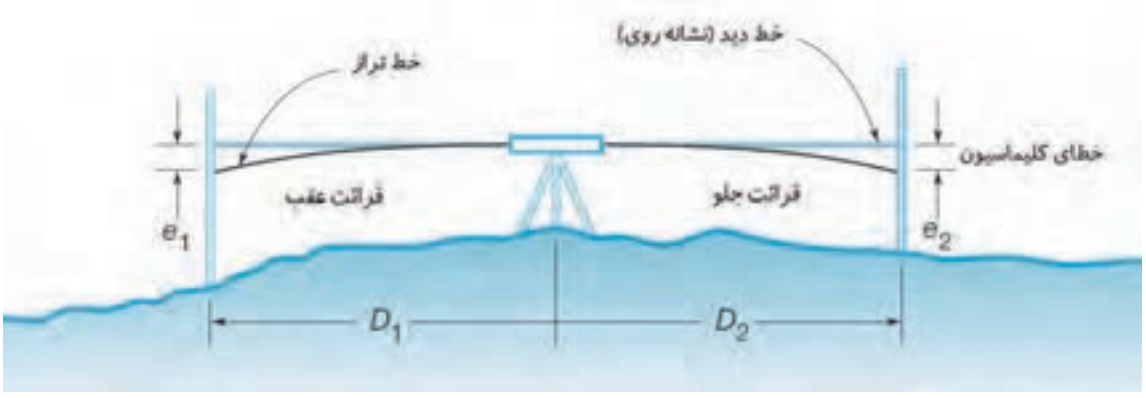
خطای کلیماسیون: هرگاه پس از تنظیم تراز دوربین ترازیاب، محور نشانه‌روی که به محور کلیماسیون معروف است در حالت افقی قرار نگیرد، می‌گویند دستگاه دارای خطای کلیماسیون است. در این وضعیت محور نشانه‌روی نسبت به امتداد افق دوربین، به اندازهٔ زاویهٔ α به سمت بالا و یا پایین انحراف دارد. بنابراین باید مقدار خطا را به‌دست آوریم و اختلاف ارتفاع تعیین شده را تصحیح نماییم. یا محور کلیماسیون را تنظیم نماییم تا اختلاف ارتفاعی که با دستگاه به‌دست می‌آید عاری از خطای کلیماسیون باشد.

معمولاً قبل از انجام کار ترازیابی 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 به‌دست آید. برای تصحیح این خطا دو روش به‌کار می‌رود:

روش دستگاهی: لازم است دوربین‌های نقشه‌برداری به صورت دوره‌ای مورد تنظیم و کالیبراسیون قرار گیرند چرا که در طول زمان و استفاده در پروژه‌های مختلف ممکن است تنظیمات آنها بهم خورده و باعث ایجاد خطاهای فاحش در اندازه‌گیری شوند. در این روش از دستگاهی به نام کلیماتور برای کنترل و حذف خطای کلیماسیون استفاده می‌شود و این کار باید در نمایندگی‌های مجاز تعمیر و کالیبراسیون دوربین‌های نقشه‌برداری انجام شود.

روش صحرایی:

مطابق شکل زیر اگر هنگام قرائت شاخص‌ها در یک دهنه ترازیابی، فاصلهٔ دستگاه ترازیاب از شاخص‌ها مساوی باشد عملاً خطای کلیماسیون در محاسبات حذف می‌گردد و اختلاف ارتفاع واقعی به‌دست می‌آید.



۲- خطای طبیعی:

انواع خطاهایی را که در ترازیابی از طبیعت ناشی می‌شود، خطاهای طبیعی می‌گوییم. بارزترین آنها در ترازیابی عبارت‌اند 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 ترازیاب در فواصل مساوی نسبت به شاخص‌ها عملاً خطاهای کرویت و انکسار در محاسبات حذف می‌شود و اختلاف ارتفاع واقعی به‌دست می‌آید.

۲- خطاهای انسانی:

منبع اصلی این خطاها انسان است که معمولاً هنگام عملیات ترازیابی در اثر بی‌توجهی به اصول صحیح کار به‌وجود 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 فاصلهٔ زیاد برای قرائت‌ها که متناسب با دقت دوربین نباشد.

کنترل و تصحیح خطای ترازیابی

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

$$e_L = H' - H$$

ارتفاع معلوم نقطهٔ آخر - ارتفاع به‌دست آمده برای نقطهٔ آخر = خطای ترازیابی

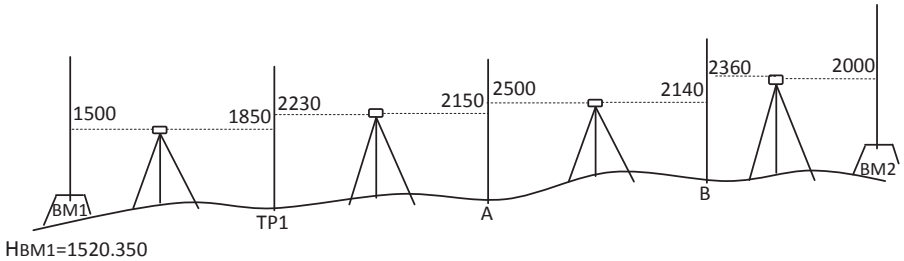
چنانچه خطای ترازیابی درمحدودهٔ مجاز باشد می‌توان آنرا بین دهنه‌ها سرشکن کرد و در این‌حالت ترازیابی قابل قبول می‌باشد. محدودهٔ مجاز خطای ترازیابی درجهٔ ۳ از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$e_{max} = \pm ۱۲\sqrt{k}$$

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

مثال ۵

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



H_{BM1}=1520.350

H_{BM2}=1520.808

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

راهکار کلی حل اینگونه مسائل:

با کمی دقت می‌بینیم که ترازیابی از یک بنچ‌مارک شروع شده و به بنچ‌مارکی دیگر بسته شده است. پس قابل کنترل بوده و می‌توان خطای بست ترازیابی را محاسبه نمود. یعنی داریم:

$$e_L = H' - H$$

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

بعد از محاسبهٔ خطای بست ترازیابی، با توجه به اینکه این ترازیابی از نوع درجه سه می‌باشد مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آوریم:

$$e_{max} = \pm ۱۲\sqrt{k}$$

و درصورتی‌که خطای بست ترازیابی در محدودهٔ مجاز آن قرار دارد آنرا تصحیح می‌کنیم، مقدار تصحیح از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

که درنقطهٔ اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط زیر به‌دست می‌آید:

$$C_۱ = ۰$$

$$C_۲ = (\frac{-e_L}{n}) \times ۱$$

$$C_۳ = (\frac{-e_L}{n}) \times ۲$$

...

$$C_i = (\frac{-e_L}{n}) \times (i-۱)$$

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

حل:

الف)

$$\Delta H_{BM_۱,TP_۱} = ۱۵۰۰ - ۱۸۵۰ = -۳۵۰ \qquad H_{TP_۱} = ۱۵۲۰/۳۵۰ + (-۰/۳۵۰) = ۱۵۲۰/۰۰۰$$

$$\Delta H_{TP_۱,A} = ۲۲۳۰ - ۲۱۵۰ = ۸۰ \qquad H_A = ۱۵۲۰/۰۰۰ + ۰/۰۸۰ = ۱۵۲۰/۰۸۰$$

$$\Delta H_{A,B} = ۲۵۰۰ - ۲۱۴۰ = ۳۶۰ \qquad H_B = ۱۵۲۰/۰۸۰ + ۰/۳۶۰ = ۱۵۲۰/۴۴۰$$

$$\Delta H_{B,BM_۲} = ۲۳۶۰ - ۲۰۰۰ = ۳۶۰ \qquad H_{BM_۲} = ۱۵۲۰/۴۴۰ + ۰/۳۶۰ = ۱۵۲۰/۸۰۰$$

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح‌شده
P	B.S	F.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)

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

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

$$C_۱ = ۰$$

$$C_۲ = C \times ۱ = ۲ \times ۱ = +۲\ mm$$

$$C_۳ = C \times ۲ = ۲ \times ۲ = +۴\ mm$$

$$C_۴ = C \times ۳ = ۲ \times ۳ = +۶\ mm$$

$$C_۵ = C \times ۴ = ۲ \times ۴ = +۸\ mm$$

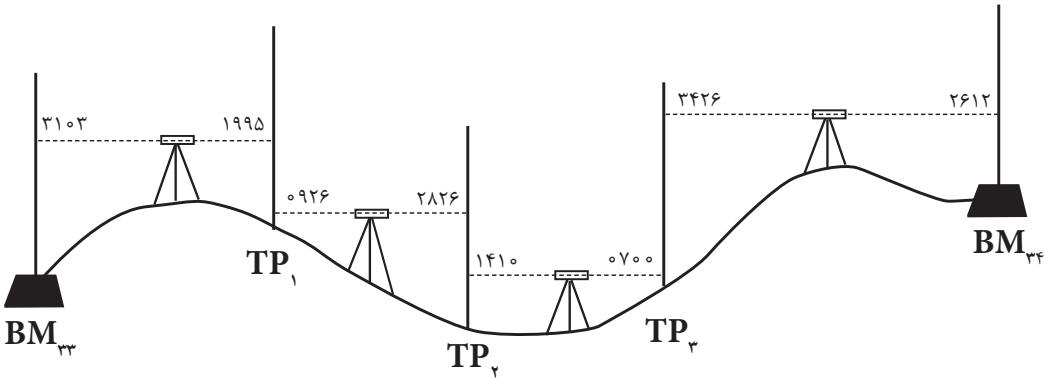
نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح‌شده
P	B.S	F.S	ΔH	H	C	H_C
$BM_۱$	۱۵۰۰			۱۵۲۰/۳۵۰	۰	۱۵۲۰/۳۵۰
$TP_۱$	۲۲۳۰	۱۸۵۰	-۳۵۰	۱۵۲۰/۰۰۰	+۲	۱۵۲۰/۰۰۲
A	۲۵۰۰	۲۱۵۰	۸۰	۱۵۲۰/۰۸۰	+۴	۱۵۲۰/۰۸۴
B	۲۳۶۰	۲۱۴۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۴۴۰	+۶	۱۵۲۰/۴۴۶
$BM_۲$		۲۰۰۰	۳۶۰	۱۵۲۰/۸۰۰	+۸	۱۵۲۰/۸۰۸
Σ	۸۵۹۰	۸۱۴۰	۴۵۰			

فعالیت کلاسی ۲

مطابق شکل زیر عملیات ترازیابی تدریجی از بنچ‌مارک شمارهٔ ۳۳ تا بنچ‌مارک شمارهٔ ۳۴ انجام گرفته است. در صورتی‌که ارتفاع $BM_{۳۳}$ برابر ۷۵ متر و ارتفاع $BM_{۳۴}$ برابر ۷۵/۶۸۵ متر و طول مسیر ترازیابی شده و خطای کیلومتری به ترتیب ۲۵۰ متر و ۲۵ میلی‌متر باشد:

الف) جدول ترازیابی زیر را تکمیل کنید.

ب) ارتفاع کلیهٔ نقاط را به‌دست آورده و خطاها را سرشکن نمائید.



نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح‌شده
P	B.S	F.S	ΔH	H	C	H_C

محل انجام محاسبات:

محاسبه و سرشکنی خطای ترازیابی در نرم‌افزار Excel

با ذکر یک مثال، این مبحث را ادامه می‌دهیم.

مثال ۶

یک ترازیابی مطابق جدول زیر از BM_1 به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM_2 به ارتفاع ۱۰۳/۰۵۰ متر و به طول ۲۵۰ متر و با خطای کیلومتری ۲۵mm انجام شده است ، در صورت صحت عملیات، ارتفاع سرشکن‌شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید.

	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				
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 ترازیابی باید مقدار خطا را محاسبه نماییم به‌طور کلی مقدار خطای بست ترازیابی 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.

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

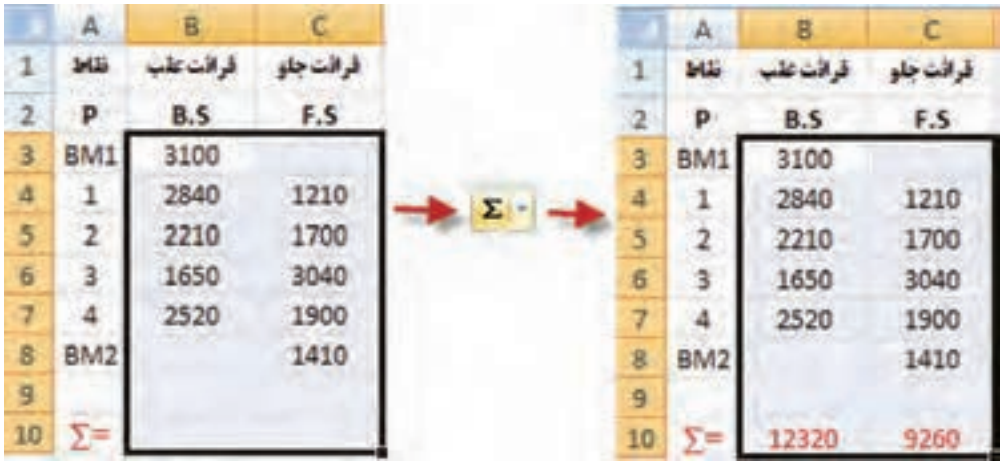
$$\Delta H_{\text{محاسباتی}} = \Sigma B.S - \Sigma F.S$$

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

نکته

از روابط بالا نتیجه می‌شود اگر در ترازیابی نقطه اول و آخر بر هم منطبق باشند یعنی ترازیابی از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم شده باشد مقدار $\{\Delta H_{\text{واقعی}} = H_{\text{نقطهٔ آخر}} - H_{\text{نقطهٔ اول}}\}$ برابر صفر خواهد شد. و در رابطه اول خواهیم داشت: $e_L = \Delta H_{\text{محاسباتی}} - \text{صفر} = \Sigma B.S - \Sigma F.S$

برای محاسبه در نرم‌افزار Excel همان گونه که در فصل قبل گفته شد برای محاسبه مجموع قرائت‌های عقب و جلو پس از انتخاب ستون‌ها آیکن 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	قرائت عقب	قرائت 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	∑=		

	A	B	C
1	نقاط	قرائت عقب	قرائت 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	∑=	12320	9260

برای محاسبه اختلاف ارتفاع محاسباتی در خانه D10 می‌نویسیم B10 - C10 = و برای محاسبه اختلاف ارتفاع واقعی در خانه E10 می‌نویسیم 1000×(G8 - G3) = و نیز برای محاسبه مقدار خطای بست ترازیابی در خانه B10 می‌نویسیم D10 - E10 =

حداکثر خطای مجاز ترازیابی از رابطهٔ $e_{max} = ۱۲\sqrt{k}$ برای ترازیابی درجه ۳ که خطای مجاز کیلومتری۱۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود، به‌دست می‌آید در این مثال چون خطای کیلومتری۲۵ میلی‌متر است به جای ۱۲ عدد ۲۵ میلی‌متر را قرار می‌دهیم، در یکی از خانه‌ها مانند C11 می‌نویسیم 25×sqrt (0.250) = (تابع sqrt() در این نرم افزار به معنی جذر عدد داخل پرانتز است).

از آن‌جا 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 ترازیابی 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	B		1410	1110	103.060		103.050
9							
10	∑=	12320	9260	3060	3050		
11	e=	10	e max = 12.5				

ارتفاع محاسباتی

حطای بست

ارتفاع واقعی

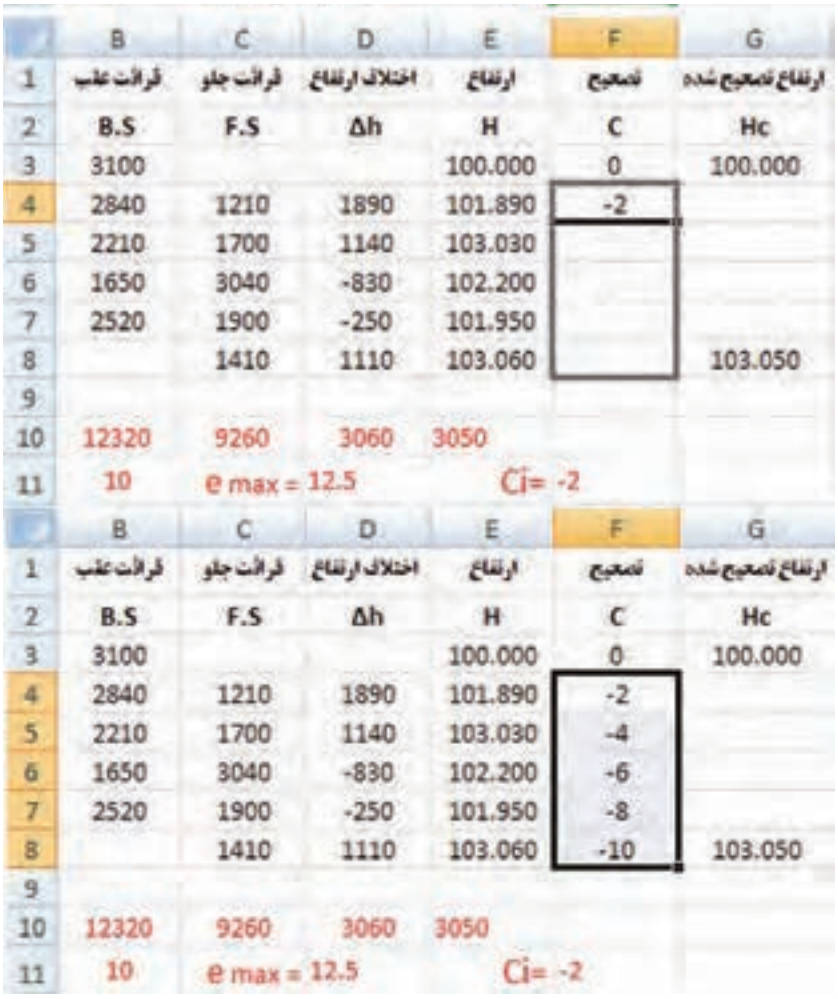
سرشکنی خطا و محاسبه ارتفاع تصحیح شده:

مقدار تصحیح برای هر دهانه از رابطهٔ $C_i = \frac{-e_L}{n}$ 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.

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 خانهٔ F3 عدد ۰ و در خانهٔ F4 فرمول $=F3-2$ و یا $=F3+\$F\$11$ را تایپ کرده و آنرا تا خانهٔ F8 کپی نماییم. (نوشتن نشانی F11 به صورت F11 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+F11	
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		Ci=	-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		Ci= -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		Ci= -2		

ارتفاع تصحیح شده هر نقطه برابراست با مجموع ارتفاع تصحیح نشده هر نقطه، با مقدار تصحیح آن.
در خانه G3 می‌نویسیم $=E3+F3/1000$ و سپس آنرا تا خانه G7 کپی می‌کنیم.

	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	∑=	12320	9260	3060	3050		
11	e=	10	e max = 12.5		Ci= -2		

	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	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	∑=	12320	9260	3060	3050		
11	e=	10	e max = 12.5		Ci= -2		

	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	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	∑=	12320	9260	3060	3050		
11	e=	10	e max = 12.5		Ci= -2		

نکته

در ترازیابی، بهتر است ارتفاع واقعی نقطه آخر در ستون ارتفاع تصحیح شده نوشته نشود ومحاسبه 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 صورتی‌که مقدار این خانه همان مقدار واقعی نقطه گردید محاسبات صحیح انجام شده است.

فعالیت عملی ۴

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

تسطیح زمین

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

برای تسطیح ابتدا زمین مورد نظر شبکه‌بندی شده و ارتفاع نقاط شبکه به روش ترازیابی مستقیم و یا روش‌های دیگر به‌دست آورده می‌شود. پس از آن، طرح تسطیح توسط مهندسان مشاور طراحی می‌شود و سپس ارتفاع تک تک نقاط شبکه روی طرح محاسبه شده و با ارتفاع زمین موجود مقایسه می‌شود. به عبارتی عمق خاک در نقاط شبکه مشخص می‌شود و حجم عملیات خاکی (خاکبرداری و خاکریزی) محاسبه و هزینهٔ آن برآورد شده و در پایان، طرح به اجرا در می‌آید. پس به طورکلی تسطیح را می‌توان در چند مرحلهٔ زیر خلاصه کرد:

۱- شبکه بندی ۲- ترازیابی و محاسبات ۳- طراحی و محاسبات حجم عملیات خاکی۴- اجرای طرح و کنترل آن

۱- شبکه‌بندی

در این مرحله ابتدا سطح زمین به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و ذوزنقه تقسیم‌بندی شده و محل تقاطع اضلاع شبکه (نقاط گِرِهی) روی زمین علامت‌گذاری(میخکوبی) می‌شود. معمولاً اندازهٔ اضلاع شبکه تا حد ممکن نزدیک به‌هم انتخاب می‌شود. به‌طوری‌که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور در شبکه را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت. در عمل اضلاع شبکه را دو سانتی‌متر در مقیاس نقشه در نظر می‌گیرند مثلاً اگر مقیاس نقشه شبکه‌بندی مورد نظر ۱:۵۰۰ باشد باید اضلاع شبکه را ۱۰ متری در نظر گرفت.

۲- ترازیابی و محاسبات

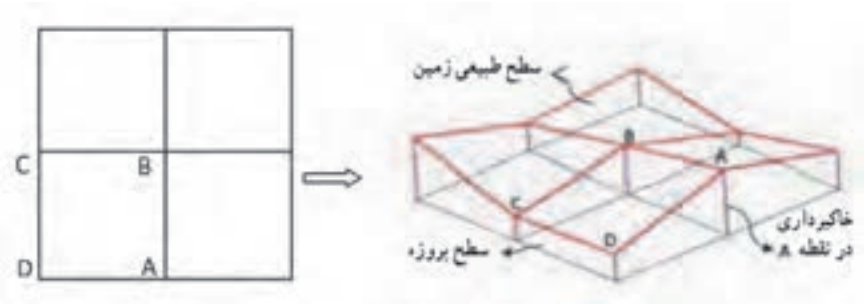
پس از آن با انجام ترازیابی مستقیم و به شیوه شعاعی ارتفاع نقاط شبکه محاسبه می‌شود.

۳- طراحی و محاسبه حجم عملیات خاکی

در صورتی‌که ارتفاع سطح پروژه H_p فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می‌شود. بدیهی است ، در صورتی که عمق خاک(h_i) مثبت باشد نشانهٔ خاک‌برداری و اگر h_i منفی باشد نشانه خاک‌ریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشهٔ مربع‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضربدر میانگین عمق خاک در چهار گوشهٔ مربع به‌دست می‌آید:

$$V_{abcd} = \frac{A \times (h_a + h_b + h_c + h_d)}{۴}$$

در رابطهٔ 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 قاعدهٔ بالایی آن سطحِ طبیعی زمین و قاعدهٔ پایینی آن سطحِ پروژه می‌باشد که این دو سطح با هم موازی نبوده و اختلاف ارتفاع رئوسِ آن نسبت به سطح پروژه، ارتفاع‌های چهارگانهٔ 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 به‌صورتی باشد که در مرزها قطعات مثلثی و ذوزنقه‌ای شکل باقی می‌ماند باید حجم آنها را جداگانه محاسبه کرده و با حجم مربع‌ها جمع نمود.

برای ساده‌کردن محاسبه و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطهٔ زیر به‌دست آورد:

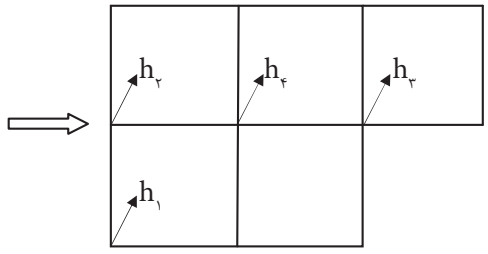
$$V = \frac{A \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)}{4}$$

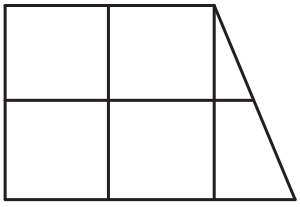
Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک‌اند.

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک‌اند.

Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.

Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک‌اند.





و در صورتی‌که شکل زمین شبکه‌بندی شده، علاوه بر مربع‌ها دارای اشکال مثلث و ذوزنقه‌ای نیز باشد، باید حجم این قسمت‌ها را جداگانه محاسبه کرده و با حاصلِ حجم مربع‌ها جمع نمود. به عبارتی حجم کل از رابطهٔ تعمیم یافتهٔ زیر قابل محاسبه می‌باشد:

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

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک‌اند.

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک‌اند.

Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.

Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک‌اند.

ΣR = مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و ذوزنقه‌ای شکل.

$$V_{\text{مثلث}} = \frac{A \times (h_1 + h_2 + h_3)}{3}$$

$$V_{\text{ذوزنقه}} = \frac{A \times (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

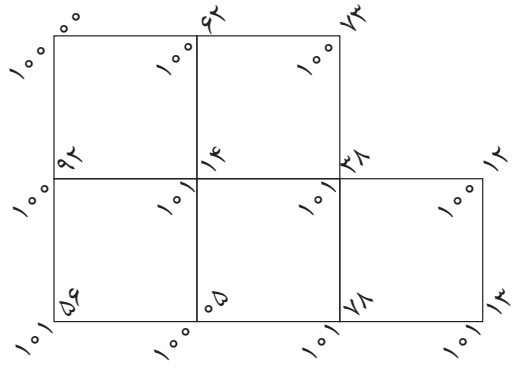
که در این حالت ابتدا مساحت هر مثلث و یا ذوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.

مثال ۷

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 داده‌شده 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 سانتی‌متر روی نقشه می‌باشد. بنابراین با کمک خط‌کش و گونیا یک مستطیل ۴×۶ سانتی‌متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول‌های ۲ سانتی‌متری تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب ۶ مربع ۲×۲ سانتی‌متری ترسیم می‌شود. سپس مربع بالا سمت راست را پاک کرده تا شبکهٔ مورد نظر حاصل شود.باید توجه داشت برای نوشتن اعداد ارتفاع روی شبکه پس از محاسبهٔ هر یک از اعداد ارتفاع از روی جدول با توجه به کروکی که سرِ زمین تهیه کرده‌ایم آنها را در جای خود به نحوی که گفته شد یادداشت می‌کنیم.

روش حل قسمت ب:

$H_۱ = ۱۰۰/۰۰ - ۹۵ = ۵/۰۰ \rightarrow h_۱$

$H_۲ = ۱۰۰/۶۲ - ۹۵ = ۵/۶۲ \rightarrow h_۲$

$H_۳ = ۱۰۰/۷۳ - ۹۵ = ۵/۷۳ \rightarrow h_۱$

$H_۴ = ۱۰۰/۹۲ - ۹۵ = ۵/۹۲ \rightarrow h_۲$

$H_۵ = ۱۰۱/۱۴ - ۹۵ = ۶/۱۴ \rightarrow h_۴$

$H_۶ = ۱۰۱/۳۸ - ۹۵ = ۶/۳۸ \rightarrow h_۳$

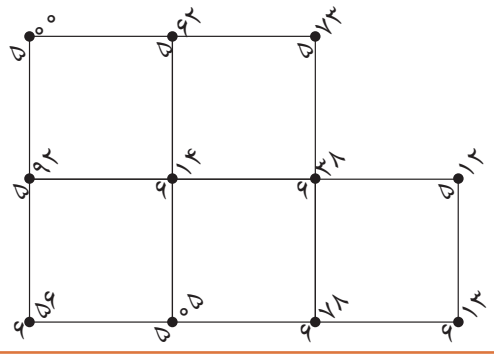
$H_۷ = ۱۰۰/۱۲ - ۹۵ = ۵/۱۲ \rightarrow h_۱$

$H_۸ = ۱۰۱/۵۶ - ۹۵ = ۶/۵۶ \rightarrow h_۱$

$H_۹ = ۱۰۰/۰۵ - ۹۵ = ۵/۰۵ \rightarrow h_۲$

$H_{۱۰} = ۱۰۱/۷۸ - ۹۵ = ۶/۷۸ \rightarrow h_۲$

$H_{۱۱} = ۱۰۱/۱۳ - ۹۵ = ۶/۱۳ \rightarrow h_۱$



$h_1 : ۵/۰۰, ۵/۷۳, ۵/۱۲, ۶/۵۶, ۶/۱۳ \Rightarrow \Sigma h_1 = ۵/۰۰ + ۵/۷۳ + ۵/۱۲ + ۶/۵۶ + ۶/۱۳ = ۲۸/۵۴$

$h_2 : ۵/۶۲, ۵/۹۲, ۵/۰۵, ۶/۷۸ \Rightarrow \Sigma h_2 = ۵/۶۲ + ۵/۹۲ + ۵/۰۵ + ۶/۷۸ = ۲۳/۳۷$

$h_3 : ۶/۳۸ \Rightarrow \Sigma h_3 = ۶/۳۸$

$h_4 : ۶/۱۴ \Rightarrow \Sigma h_4 = ۶/۱۴$

$$A = a \times a = ۲۰\ m \times ۲۰\ m = ۴۰۰ m^2$$

$$V = \frac{A \times (\Sigma h_1 + ۲\Sigma h_2 + ۳\Sigma h_3 + ۴\Sigma h_4)}{۴}$$

$$V = \frac{۴۰۰ \times (۲۸/۵۴ + ۲ \times ۲۳/۳۷ + ۳ \times ۶/۳۸ + ۴ \times ۶/۱۴)}{۴} = \frac{۴۰۰ \times ۱۱۸/۹۸}{۴} = ۱۱۸۹۸ m^3$$

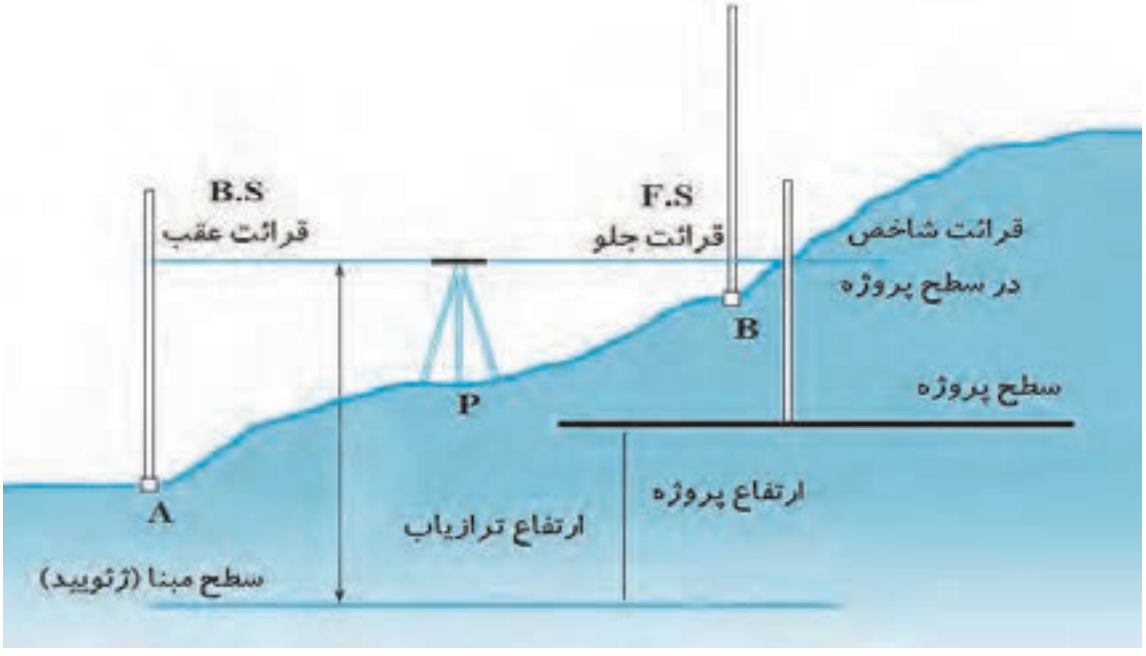
فعالیت عملی ۵

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

پیاده‌کردن نقاط در ارتفاع مشخص با ترازیاب

با فرض معلوم‌بودن ارتفاع سطح تمام شدهٔ یک پروژه مطابق شکل زیر برای پیاده‌کردن هر نقطه جدید در این ارتفاع ابتدا با استقرار ترازیاب ابتدا دید عقب روی بنچ مارک A که در نزدیکی پروژه قرار دارد قرائت می‌شود. با اجرای این کار ارتفاع سطح تراز دستگاه ترازیاب HI از رابطهٔ (۶) قابل محاسبه است.

$$HI = H_A + B.S \qquad \text{رابطهٔ (۶)}$$



حـال بایـد نقطـهٔ جدیـد در سـطح تراز مناسـب بـا احتیاط علامت‌گـذاری شـود طوری کـه پـس از قرارگرفتن شـاخص در ایـن ارتفـاع، قرائـت شـاخص برابر بـا F.S گردد کـه از رابطهٔ (۷) قابل محاسـبه اسـت.

$$F.S = HI - H_P \qquad \text{رابطهٔ (۷)}$$

بنابراین در حالت کلی عدد شاخص هادی در سطح تراز مورد نظر از رابطهٔ (۸) محاسبه می‌شود:

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

پـس از محاسـبه ایـن عـدد، شـاخص در محـل نقطـه مـورد نظـر تـراز شـده و بـا دوربیـن ترازیـاب تـار وسـط را قرائـت می‌کنیـم شـاخص بایـد بـه انـدازه تفاضـل ایـن دو عـدد و در جهـت مناسـب جابجـا شـود تـا زمانی‌کـه تـار وسـط ترازیـاب بـر عـدد F.S منطبـق گـردد. بـه عنـوان مثـال چنانچـه عـدد شـاخص هـادی (F.S) بـرای سـطح تـراز یـک پـروژه در نقطـه‌ای برابـر ۱۲۴۰ میلی‌متـر محاسـبه شـده و قرائـت شـاخص در ایـن نقطـه برابـر ۱۳۰۰ میلی‌متـر گـردد بـه ایـن معنـی اسـت کـه نقطـه مـورد نظـر از نظـر ارتفاعـی بـه انـدازه ۶۰ میلی‌متـر پایین‌تـر از سـطح پـروژه قـرار دارد و شـاخص بایـد ۶۰ میلی‌متـر بـه سـمت بـالا منتقـل شـود تـا قرائـت روی آن برابـر ۱۲۴۰ میلی‌متـر گـردد.

مثال ۸

پـروژه‌ای سـاختمانی در حـال سـاخت می‌باشـد و در نزدیکـی این پـروژه بنچ مـارک A با ارتفـاع ۱۲۰/۸۵۵ متـر قـرار دارد. هـدف پیاده‌کـردن ارتفـاع سـطح پـروژه‌ای بـا ارتفـاع ۱۲۱/۴۰۳ متـر در نقـاط B و C و D می‌باشـد. چنانچـه قرائـت شـاخص در نقاط A و B و C و D به ترتیب برابـر ۱۸۵۲ و ۱۵۳۴و ۱۷۶۸و ۱۳۲۴ میلی‌متـر باشـد مطلوب اسـت:

الف تعیین مقدار عدد شاخص هادی در نقاط B و C و D در سطح پروژه

ب) تعیین میزان و جهت جابجایی شاخص جهت علامت‌گذاری سطح پروژه در نقاط A و B و C

حل:

مطابق رابطهٔ (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.

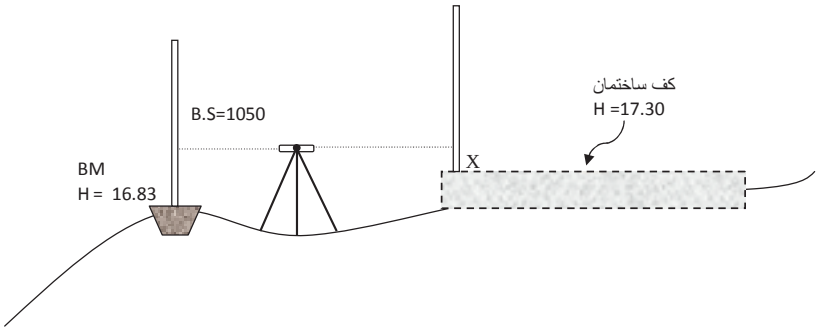
$$DH_B = ۱۵۳۴ - ۱۳۰۴ = +۲۳۰ \text{ mm}$$

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

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

فعالیت کلاسی ۳

مطابق شکل زیر ارتفاع کف روی نقشه‌ای از یک ساختمان ۱۷/۳۰ متر است برای پیاده‌کردن 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 عملی ۶

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

ارزشیابی شایستگی ترازیابی

شرح کار:
با استفاده از وسایل عملیات ترازیابی، اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را به‌دست آورده و محاسبات مربوطه را انجام دهد.

استاندارد عملکرد:
انجام عملیات ترازیابی بین نقاط با استفاده از دوربین ترازیاب، سه‌پایه دوربین، شاخص(میر)، ترازنبشی و متر مطابق دستورالعمل انجام ترازیابی 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 نرم‌افزار Excel - تایپ و چاپ گزارش - ارائهٔ حضوری کار به هنرآموز در مدت زمان ۶ ساعت.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

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

ابزار و تجهیزات:
- دوربین ترازیاب - سه پایه دوربین - شاخص (میر) - تراز نبشی - متر
- وسایل محاسباتی شامل ماشین‌حساب علمی
- وسایل تحریر اداری - رایانه به همراه چاپگر.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انجام عملیات ترازیابی	۲	
۲	بررسی خطا و کنترل و تصحیح	۲	
۳	انجام محاسبات با نرم افزار Excel	۲	
۴	ارائهٔ گزارش	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس‌کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، دقت اجرا، جمع‌آوری نخاله و ملات اضافی، مدیریت کیفیت، مسئولیت‌پذیری، تصمیم‌گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان		۲	
میانگین نمرات			*

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