



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده مهندسی نقشه برداری، ژئودزی و ژئوماتیک

## دستور کار کارگاه نقشه برداری 1



تألیف و گردآوری: مهندس فرید اسماعیلی

زستان ۸۷

ویرایش سوم (زستان ۹۳)



## پیشگفتار

در راستای اجرای اهداف و سرفصل های درس عملیات نقشه برداری<sup>1</sup>، مجموعه حاضر جهت توجیه علمی و عملی دانشجویان در خصوص انجام دستور کار جلسات عملی درس، تدوین گردیده است. با توجه به اینکه ذکر تمامی جزئیات تئوری در این مجال ممکن نبود لذا مطالب حاضر صرفاً جهت توجیه کلی در خصوص مباحث تئوری و عملی درس و آشنایی دانشجویان با اصول و مبانی دستور کار جلسات گردآوری گردیده است. انتظار می رود دانشجویان گرامی در نگارش گزارش کارهای خود، مطالب را از منابع مختلف به صورت جزئی تر و کاملتر، به خصوص در موارد تأکید شده توسط اساتید گرامی، تحقیق نموده و ارائه نمایند. سوالات مطرح شده در پایان هر جلسه نیز تا حدودی در بر گیرنده مطالب تکمیلی تر می باشند، که دانشجویان باید در انعکاس جواب این سوالات در گزارشات خود کوشا باشند. توصیه می گردد حتماً دانشجویان عزیز قبل از حضور در جلسات عملیات، مطالب مربوط به آن جلسه را به طور کامل از جزوه حاضر مطالعه بفرمایند و با دستور کار پروژه ای که در هر جلسه قرار است انجام دهند، آشنا باشند. امید است انشا الله با ایجاد انسجام و هدفمند نمودن فعالیت عملی دانشجویان در این درس در قالب مجموعه حاضر، دستیابی به اهداف کلی درس عملیات نقشه برداری بیش از پیش محقق گردد.

در ادامه ابتدا فرمت نگارش گزارش کار دانشجویان جهت ارائه به اساتید محترم بیان می گردد. سپس به بیان دستور کار پروژه ها و مطالب جلسات کارگاه نقشه برداری در قالب 10 فصل مجزا خواهیم پرداخت.

## فهرست مطالب

1- فصل اول .....	10
دستور کار جلسه اول :	
آشنایی با متر کشی؛ ایجاد دو نقطه به فاصله حدود 20 متر و طولیابی بین آنها با متر به روش تکرار .....	10
1-1- مقدمه .....	11
1-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه اول عملیات نقشه برداری .....	12
1-3- در این جلسه انتظار میرود .....	28
1-4- تجهیزات مورد نیاز .....	28
1-5- سؤالات .....	29
2- فصل دوم .....	30
دستور کار جلسه دوم :	
امتداد گذاری یا ژالن گذاری بین 2 نقطه ایجاد شده و پیکیتاژ بین آنها با فواصل 5 متری. اخراج عمود از نقاط	
پیکیتاژ شده به کمک متر .....	30
1-2- مقدمه .....	31
2-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه دوم عملیات نقشه برداری .....	31
2-3- در این جلسه انتظار میرود: .....	36
2-4- تجهیزات مورد نیاز .....	37
2-5- سؤالات .....	37
3- فصل سوم .....	38
دستور کار جلسه سوم :	
تهیه نقشه به روش مثلث بندی و خط هادی و آشنایی با گونیای مساحی .....	38
1-3- مقدمه .....	39
2-3- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه سوم عملیات نقشه برداری .....	39
3-3- در این جلسه انتظار میرود: .....	44
3-4- تجهیزات مورد نیاز .....	45

## 4- فصل چهارم ..... 46

دستور کار جلسه چهارم :

ترازیابی مستقیم بین 2 نقطه به صورت رفت و برگشت و محاسبه خطا، مقایسه با خطای ماکزیمم و سرشکنی

ارتفاعات ..... 46

4-1- مقدمه ..... 47

4-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه چهارم عملیات نقشه برداری ..... 47

4-3- در این جلسه انتظار میرود : ..... 74

4-4- تجهیزات مورد نیاز ..... 75

4-5- سؤالات ..... 75

## 5- فصل پنجم ..... 76

دستور کار جلسه پنجم :

ترازیابی شعاعی نقاط پیکیتاژ شده در یک امتداد 50 متری که حداقل 10 متر 10 متر با یکدیگر فاصله دارند و

برداشت و ترسیم پروفیل طولی این امتداد ..... 76

5-1- مقدمه ..... 77

5-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه پنجم عملیات نقشه برداری ..... 77

5-3- در این جلسه انتظار میرود : ..... 82

5-4- تجهیزات مورد نیاز ..... 82

5-5- سؤالات ..... 83

## 6- فصل ششم ..... 84

دستور کار جلسه ششم :

شبکه بندی، برداشت نقشه توپوگرافی به روش شبکه بندی، تسطیح و محاسبه حجم عملیات خاکی ..... 84

6-1- مقدمه ..... 85

6-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه ششم عملیات نقشه برداری ..... 85

6-3- در این جلسه انتظار میرود : ..... 98

6-4- تجهیزات مورد نیاز ..... 98



## 7- فصل هفتم ..... 99

دستور کار جلسه هفتم :

99 ..... اخراج عمود با زاویه یاب (تئودولیت) از یک نقطه و پیکیتاژ 10 متری امتداد عمود به طول 30 متر

100 ..... 1-7- مقدمه

101 ..... 2-7- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه هفتم عملیات نقشه برداری

110 ..... 3-7- در این جلسه انتظار میرود :

111 ..... 4-7- تجهیزات مورد نیاز

## 8- فصل هشتم ..... 112

دستور کار جلسه هشتم :

112 ..... اندازه گیری زوایای داخلی یک مثلث و محاسبه و کنترل خطاها

113 ..... 1-8- مقدمه

114 ..... 2-8- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه هشتم عملیات نقشه برداری

120 ..... 3-8- در این جلسه انتظار میرود :

120 ..... 4-8- تجهیزات مورد نیاز

120 ..... 5-8- سؤالات

## 9- فصل نهم ..... 121

دستور کار جلسه نهم :

برداشت نقاط به روش تاکئومتری؛ ترسیم نقشه توپوگرافی به روش انتریولاسیون دستی در دستور کار این جلسه

121 ..... قرار دارد

122 ..... 1-9- مقدمه

122 ..... 2-9- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه نهم عملیات نقشه برداری

154 ..... 3-9- در این جلسه انتظار میرود :

155 ..... 4-9- تجهیزات مورد نیاز

155 ..... 5-9- سؤالات

## 10- فصل دهم ..... 156

دستور کار جلسه دهم :

آشنایی با نرم افزار SURFER و ترسیم نقشه توپوگرافی به کمک این نرم افزار و مقایسه نقشه خروجی این نرم افزار

156 ..... با نقشه ترسیم شده به روش دستی

157 ..... 10-1- مقدمه

158 ..... 10-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه دهم عملیات نقشه برداری

163 ..... 10-3- در این جلسه انتظار میرود :

164 ..... 10-4- تجهیزات مورد نیاز

164 ..... 10-5- سؤالات

## فرمت نگارش و اجزاء گزارش کار هر جلسه برای درس عملیات نقشه برداری 1

### - صفحه سربرگ

شامل آرم دانشگاه خواجه نصیر، نام دانشگاه خواجه نصیر و نام گروه نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیر، عنوان گزارش به صورت شماره جلسه و موضوع فعالیت انجام شده به طور کلی (با تیتراژ درشت)، یک تصویر مربوط به فعالیت کارگاه هر جلسه، نام استاد درس، نام تهیه کننده در صورت تک نفره بودن گزارش و یا نام اعضای گروه، تاریخ جلسه

### - پیشگفتار

شامل توضیحات کلی در خصوص درس مربوطه، رشته و مقطع دانشجویان، محل انجام پروژه، تاریخ انجام پروژه، مدت زمان انجام پروژه، تعداد و نام نفرات حاضر در عملیات هر جلسه، معرفی و توضیح کلی در خصوص مطالب مندرج شده در هر فصل و هر بخش از گزارش کار، معرفی و توضیح کلی در خصوص ضامائم و پیوست های گزارش کار، و بیان هر مطلبی که نیاز به توضیح به استاد مربوطه باشد. لازم به توضیح است که پیشگفتار شامل مطالب علمی نبوده و فقط معرفی و توضیحی از شرایط و بخشهای مختلف پروژه و گزارش کار می باشد.

### - فهرست مطالب و ضامائم

شامل فهرستی از فصل بندی و بخش بندی گزارش کار به همراه فهرست ضامائم، پیوست ها و در صورت نیاز فهرستی از جداول و اشکال موجود با ذکر شماره صفحه هر یک می باشد.

### - فصل مقدمه و کلیات تئوری

شامل یک مقدمه علمی از اصول و مباحث پایه و تعاریف مورد نیاز در خصوص دستور کار هر جلسه می باشد که نیاز است خواننده گزارش، قبل از ورود به متن گزارش کار با آن مفاهیم آشنا بوده و آمادگی ذهنی داشته باشد. یک مقدمه علمی می تواند شامل تاریخچه، مطالب پایه ای و تعاریف علمی اولیه در خصوص پروژه ای باشد که شما در آن جلسه انجام داده اید. در صورتی که فعالیت هر جلسه، با جلسه یا جلسات قبلی مرتبط بوده و در ادامه یکدیگر باشند، در مقدمه گزارش کار هر جلسه باید چکیده ای از مطالب جلسات قبل و خلاصه فعالیت های

مرتبط انجام شده در جلسات قبل ذکر گردد، تا ذهن خواننده برای مطالعه مطالب جدید که در ادامه مطالب قبلی است، آماده باشد. طول مطالب مقدمه معمولاً در حدود دو الی چهار صفحه خواهد بود.

### - شرح مطالب فعالیت های انجام شده در هر جلسه از عملیات نقشه برداری

شرح مطالب شامل توضیح کامل و جزء به جزء فعالیت های علمی و عملی انجام شده در آن جلسه به همراه اشکال، جداول و فرمولها و محاسبات مربوطه می باشد. در این بخش، باید وسایل و تجهیزات مورد استفاده برای انجام فعالیت آن جلسه به طور کامل و در صورت امکان با درج تصاویر مربوطه معرفی گردند (از چکش و پیکه چوبی گرفته تا سه پایه و دوربین نقشه برداری مورد استفاده). ذکر مشخصات فنی تجهیزات همچون مدل و کارخانه سازنده دستگاه تراز یاب یا زاویه یاب و شماره سریال آن و ... الزامی است.

معمولاً در شرح هر فعالیتی ابتدا بعد از معرفی تجهیزات، مبانی و مطالب علمی مربوطه به همراه فرمولها و ... توضیح داده می شوند. سپس بعد از آشنایی کامل با مباحث علمی مربوطه، شرح مراحل عملی پروژه انجام شده در قالب مباحث علمی مطرح شده ارائه می گردد. یعنی به بیان ساده تر، اول می گوئیم چه کار قرار است انجام دهیم و بعد می گوئیم چه کار انجام داده ایم. در صورت متعدد بودن و یا مجزا بودن فعالیت های هر جلسه، زیر فصل بندی و بخش بندی مطالب توصیه می گردد.

با توجه به حجم جداول، محاسبات، ضmann و ... می توان این موارد را همزمان با توضیح مطالب در داخل آنها ارائه نمود و یا به صورت جداگانه در بخش دیگری از گزارش کار در کنار یکدیگر قرار داد. در صورتی که جداول و ضmann را جداگانه در بخش و یا فصل دیگری قرار می دهید، حتماً باید برای هر یک شماره گذاری نموده و در داخل متن شرح گزارش، در محل مربوطه، به شماره آن جدول یا ضمیمه اشاره بنمایید. حتماً در هر جایی که توضیحی در خصوص تصاویر یا نمودارها می دهید، بلافاصله بعد از توضیح مربوطه آنها را درج نمایید، و با شماره گذاری هر یک، در زیر آنها توضیحی کوتاه نیز راجع به آن شکل یا نمودار بنویسید. دقت کنید در هر جایی که احساس شود که اشکال و تصاویر می توانند به بیان بهتر مطلب کمک کنند، باید تصاویر مربوطه را از منابع مختلف (سایت های اینترنتی، کتاب ها، مقالات و ...) استخراج نموده و در گزارش کارتان درج کنید. برای کامل تر و قابل فهم تر بودن گزارش کارتان پیشنهاد می گردد در طول انجام عملیات در هر جلسه، مستندات کافی همچون عکس برداری از تجهیزات و روند انجام کارتان را جمع آوری نمایید. پس توضیح جزء به جزء تمامی مراحل پروژه انجام شده به طور کامل، ارائه مشاهدات، انجام محاسبات و ارائه و مقایسه نتایج در بخش شرح گزارش کار مد نظر می باشند.

## - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

در بخش نتیجه گیری می توانید بعد از بیان چکیده ای در حد یک پاراگراف از کاری که انجام داده اید، در خصوص نتایجی که به آنها دست یافته اید توضیح دهید. اینکه کار شما تا چه حد دقیق بوده و آیا با توجه به فرمول های موجود و محاسبات، شما به حداقل دقت مورد نظر دست یافته اید یا نه و بحث در مورد نقشه ترسیمیتان و اعداد و پارامترهایی که محاسبه نموده اید، روش ها و تکنیک های مورد استفاده و مقایسه با سایر روشها و یا تجهیزات، مزایا و معایب نرم افزار مورد استفاده و ... از مطالبی است که می توانید در بخش نتیجه گیری در مورد آنها بحث کنید. همچنین در صورتی که روش، ایده و پیشنهاد جدیدی برای بهبود پروژه به نظرتان می رسد، میتوانید در این بخش ارائه نمایید.

## - ضوابط و پیوست ها

این بخش می تواند شامل نقشه ها، جداول، نمودار ها، برداشت های خام در هر پروژه، برداشت های پردازش شده، لوح فشرده شامل فایل های مورد نیاز و ... باشد. در صورتی که هر یک از این موارد در داخل گزارش کار ارائه شده باشند، نیازی به درج مجدد آنها در بخش ضوابط نیست. مطالب موجود در ضوابط باید با شماره و با ارائه توضیح یک خطی در مورد هریک در زیر آنها درج شوند. در داخل گزارش نیز باید با ذکر شماره مطلب ضمیمه شده، توضیحات مربوطه رفرنس داده شده باشد.

## - منابع و مراجع

لیست کاملی از منابعی را که از آنها برای نوشتن هر یک از بخش های گزارش کارتان استفاده نموده اید، ذکر کنید. در مورد کتاب ها و جزوات، نام کتاب یا جزوه، نویسنده و/یا مترجم، انتشارات و سال چاپ باید درج شود. در مورد مقالات، عنوان مقاله، نویسنده مقاله، محل پذیرش، چاپ و یا انتشار مقاله باید درج شود. در مورد سایت های اینترنتی آدرس اصلی سایت، نوع سایت، و بخشی از سایت که شما از مطالب آن استفاده کردید با ذکر آدرس URL آن بخش باید ذکر شود. در مورد پایان نامه ها نام پایان نامه، نویسنده، استاد راهنما، نام دانشگاه، و سال دفاع از پایان نامه باید ذکر شود. در مورد ژورنال ها و مجلات، نام مجله، سال و شماره انتشار باید در کنار مشخصات مطلب یا مقاله ای که در آنها چاپ شده و شما از آن استفاده نموده اید، درج شود. نام سایر منابع نیز با توضیحات کامل باید درج شوند.

متن گزارش کار با فونت B Nazanin و با سایز 14 باید تایپ شود. تیتراهای اصلی و فرعی را با style های مربوطه مطابق فایل نمونه ارائه شده در وب سایت و با سایز 14 تا 16 می توانید مشخص کنید (Heading های 2 تا 4). بین خطوط گزارش کارتان هیچ فاصله ای وجود نداشته باشد (Single). بین متن و تصاویر، جدول ها و... یک خط فاصله وجود داشته باشد. مقدار حاشیه در سمت چپ 1.5 سانتیمتر و در سمت راست 2 سانتیمتر رعایت گردد. شماره صفحات در وسط صفحه و در پایین درج گردند. در صورت امکان با درج header در بالای صفحه و یک خط زیر آن، موضوع گزارش کار هر جلسه در بالای صفحات آن درج گردد.

هر جلسه گزارش کار جلسه قبل باید با رعایت تمامی موارد فوق نوشته شود، پرینت شود و به صورت شیرازه و یا سیمی شده تحویل استاد مربوطه گردد. گزارش کار هر جلسه پس از تصحیح توسط استاد مربوطه، به دانشجوی عودت داده می شود تا با اعمال تصحیحات و اصلاح اشتباهات احتمالی، در نهایت در پایان ترم با تلفیق گزارش کارهای جلسات به ترتیب، گزارش کار نهایی درس را ارائه نمایید.

در گزارش کار نهایی، گزارش کار هریک از جلسات، از ابتدای مقدمه آن تا انتهای نتیجه گیری، به عنوان یک فصل درج میگردد. سپس سربرگ، صفحه اول کلی، پیشگفتار کلی، فهرست مطالب و ضمائ کلی، نتیجه گیری کلی، ضمائ و پیوست های کلی و منابع کلی برای گزارش کار نهایی نیز طبق توضیحات بالا تنظیم گردیده و تا قبل از شروع امتحانات توسط دانشجویان به استاد ارائه خواهد شد. ارائه گزارش کار نهایی در قالب فایل Word و PDF در یک cd خواهد بود و نیازی به پرینت گزارش کار نهایی نیست.

با تشکر

فرید اسماعیلی

## 1- فصل اول

دستور کار جلسه اول :

آشنایی با متر کشی؛ ایجاد دو نقطه به فاصله حدود 20 متر و طولیابی بین آنها با متر به  
روش تکرار

## 1-1- مقدمه

هدف از این جلسه پس از معارفه اولیه و گروه بندی، آشنایی با نحوه کار و استفاده از ساده ترین وسیله اندازه گیری فاصله یعنی متر می باشد. مروری بر مفاهیم دقت و صحت مشاهدات در اندازه گیری های نقشه برداری به صورت عملی از اهداف دیگر دستور کار این جلسه می باشد. با توجه به اینکه دروس عملیات نقشه برداری در محوطه باز و در شرایط واقعی پروژه های نقشه برداری برگزار می گردند، در این جلسه توجیه دانشجویان در رابطه با نکات ایمنی و مواردی که باید در هنگام استفاده از تجهیزات نقشه برداری رعایت نمایند، مد نظر می باشد. دانشجویان گرامی توجه داشته باشید که در جلسات عملیات نقشه برداری حتماً لباس مناسب فصل برای فعالیت در محوطه باز دانشکده و یا محل انجام عملیات نقشه برداری 1 به همراه داشته باشید. به همراه داشتن کاغذ، زیر دستی، مداد، خودکار و ماشین حساب در هر جلسه عملی اجباری است. در طول جلسات عملی حتماً با توجه کامل به درس و با رعایت نکات ایمنی ای که توسط استاد درس در طول جلسات بیان می گردد حاضر شوید.

**نقشه:** نمایش هندسی مجموعه ای از نقاط با مقیاس معلوم روی کاغذ (یا هر چیز دیگر) است.

مجموعه عملیاتی را که برای تعیین و یا نمایش موقعیت نسبی نمود ها و عوارض واقع بر سطح زمین یا نزدیک به سطح زمین، اعم از مصنوعی یا طبیعی، با اندازه گیری فاصله، ارتفاع، زوایا و امتداد تعدادی نقطه نسبت به هم یا نسبت به نقاط دیگر، موسوم به نقاط کنترل انجام می گیرد و در اغلب موارد به تهیه نقشه برای استفاده های مختلف می انجامد، ((نقشه برداری)) گویند. در جلسات مختلف درس عملیات نقشه برداری با روشها و ابزارهای این اندازه گیری ها در نقشه برداری آشنا خواهیم شد.

طبق تعریف بالا یک نقشه بردار دارای 2 فعالیت اساسی است:

\* اندازه گیری داده های بین عوارض موجود (مثل اندازه گیری طول و زاویه در پیمایش) جهت تهیه نقشه در اصطلاح هر اندازه گیری ای که برای تعیین موقعیت عوارض انجام می گیرد یک "برداشت" نام دارد.

\* پیاده کردن عوارض روی زمین (مثل پیاده کردن مسیر محور اصلی یک بزرگراه و یا پیاده کردن پلان یک ساختمان)

با ذکر این مقدمه در این جلسه هدف ما اندازه گیری طول به روش متر کشی می باشد. این عملیات را در قالب ایجاد 2 نقطه به فاصله حدودی 20 متر و متر کشی بین آن دو نقطه انجام خواهیم داد.



## 1-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه اول عملیات نقشه برداری

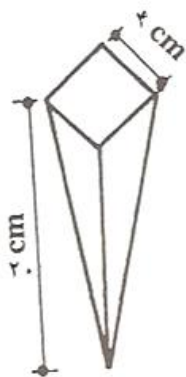
کتابهایی که برای درک بهتر مطالب می توانید از آنها استفاده کنید (تهیه این کتابها برای درس عملیات الزامی نیست):

<p>شمس نوبخت ، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران</p> 	<p>کتاب نقشه برداری مهندسی ، تألیف مهندس محمود دیانتخواه، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان</p> 
	<p>(مقدمه ای بر ژئوماتیک) تألیف مهندس ابو الفضل رنجبر، انتشارات عمیدی</p> 

اجازه بدهید قبل از ورود به مباحث این فصل، تعدادی از تجهیزات ساده نقشه برداری را که با تعدادی از آنها در این جلسه و با برخی دیگر در طول جلسات آینده به صورت عملی کار خواهیم کرد، معرفی نماییم.

- میخ چوبی (پیکه چوبی)

شاید بتوان میخ چوبی یا پیکه را به عنوان ساده ترین ابزار در نقشه برداری نام برد. از این وسیله برای ثبت نمودن محل نقاط و امتداد ها بر روی زمین استفاده می شود. جنس این میخ ها از چوب های محکم می باشد. عمدتاً در کار های دقیق پس از کوبیدن میخ بر روی زمین، محل دقیق نقطه را نیز بر روی میخ چوبی با علامت و یا میخ میخ فلزی کوچک مشخص می کنند.



شکل 1-1 پیکه چوبی

### • میخ فولادی

این وسیله را به نام مفتول می شناسند. در مناطقی که دارای زمین سفت و محکم باشد و نتوان از میخ چوبی استفاده کرد، می توان از میخ فولادی و یا میلگرد های فولادی برای نشانه گذاری استفاده کرد. قطر این میله ها عموماً 12 میلیمتر تا 30 میلیمتر بوده و طول آنها نیز 20 تا 40 سانتیمتر میباشد. از میخ های فولادی می توان برای ایستگاه گذاری نقاط فرعی و موقت نیز استفاده نمود.



شکل 2-1 میخ های فولادی برای نشانه گذاری یا ایستگاه گذاری

## • پتک

برای کوباندن میخهای چوبی یا فولادی در محل مورد نظر روی زمین از این وسیله استفاده می شود.



شکل 1-3 پتک

## • میخ فلزی یا فولادی کوچک

در کار های دقیق برای مشخص شدن محل واقعی نقاط، پس از کوباندن میخهای چوبی با استفاده میخ های فلزی کوچک محل واقعی نقاط را روی آنها مشخص می کنند. همچنین از میخ های فولادی کوچک بر روی محل های بتنی و یا سنگ های ریشه دار برای نشانه گذاری یا ایستگاه گذاری می توان استفاده نمود.



شکل 1-4 میخ های فلزی کوچک برای نشانه گذاری

## • ژالون

وسیله‌ای است که برای نشان دادن نقطه او فاصله دور استفاده می‌شود. ژالون میله‌ای است مستقیم که دارای جنس چوبی و فلزی است. نوع چوبی و فلزی آن به ترتیب دارای قطری حدود ۴ و ۲ سانتی‌متر می‌باشند. قطر تقریبی ژالون را حدود ۳ سانتی‌متر در نظر می‌گیرند. این وسیله طولی در حدود ۲ تا ۲/۵ متر دارد و معمولاً از وسط قابلیت جدا شدن دارد تا در مکان‌های کم‌ارتفاع مانند تونل‌های کم عمق بتوان از آن استفاده نمود. بدنه ژالون را بصورت متناوب با دو رنگ به فواصل ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر رنگ نموده تا از فاصله‌های زیاد قابل دیدن باشد. نوک ژالون، فلزی سخت و تیز می‌باشد تا بخوبی در زمین فرو رود و یا در نقاط مشخص بتوان آن را با دقت مستقر نمود.

برای رؤیت نقاط از فواصل زیاد باید ژالون را کاملاً عمودی نگاه داشت و بدین منظور ژالون را با دست گرفته و با ضربه‌ای سریع آن را درون زمین فرو می‌کنند. اگر لازم باشد که طول بیشتری از ژالون در زمین فرو برود باید این کار را با چرخاندن و فشار آوردن انجام داد. بعد از مستقر نمودن ژالون در نقطه‌ای، توسط تراز و یا شاقول می‌توان آن را به حالت کاملاً قائم در آورد. برای محافظت از وسایل کار و افرادی که به نقشه‌برداری مشغولند از علائم هشدار دهنده استفاده می‌شود. در هنگام کار، افراد نقشه‌بردار با پوشیدن جلیقه‌های مخصوص شبرنگ در کنار جاده‌ها از بوجود آمدن حوادث و تصادفات جلوگیری می‌کنند.



شکل 5-1 ژالون

برای آسان حمل نمودن ژالون‌ها، آنها را از قسمت‌هایی که متصل شده‌اند جدا نموده و در کیف‌های مخصوص قرار می‌دهند.

موقعی که ژالون در فاصله دوری قرار دارد یا بدلیل گرد و غبار و... پیدا نمودن آن به آسانی امکان‌پذیر نباشد باید نسبت به نصب نمودن پرچم‌های مخصوص بر روی آنها اقدام نمود. در این صورت به راحتی می‌توان آن را از فواصل دور رویت نمود.



بسته‌بندی و حمل ژالون‌ها



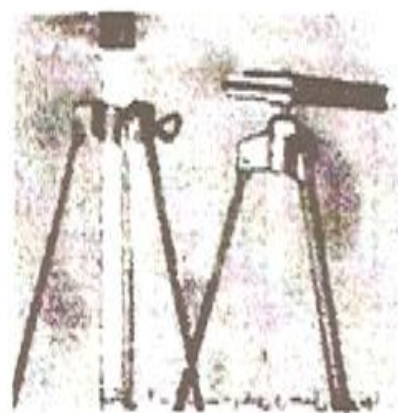
نمایش نصب پرچم بر روی ژالون





### سه پایه ژالون گیر

این وسیله، سبک و فلزی می باشد و در بالای آن محلی مخصوص برای نگهداشتن ژالون وجود دارد. از این وسیله در موقعی استفاده می شود که به دلیل سفت و سنگی بودن زمین، نتوان ژالون را در نقطه مورد نظر نصب نمود، همچنین در مواقعی که ژالون باید در یک نقطه معینی مستقر و برای مدتی بصورت ثابت بماند از آن استفاده می شود. در موقع استفاده نمودن از سه پایه باید دقت نمود تا گیره آن کاملاً محکم باشد. در صورت شل بودن سه پایه، ژالون را نمی تواند بحالت کاملاً قائم نگهدارد. بعد از اتمام کار، باید آن را تمیز کرده، پایه هایش را جمع نموده و در انبار بحالت افقی از آن محافظت شود.



ژالون گیر و نحوه به کارگیری آن

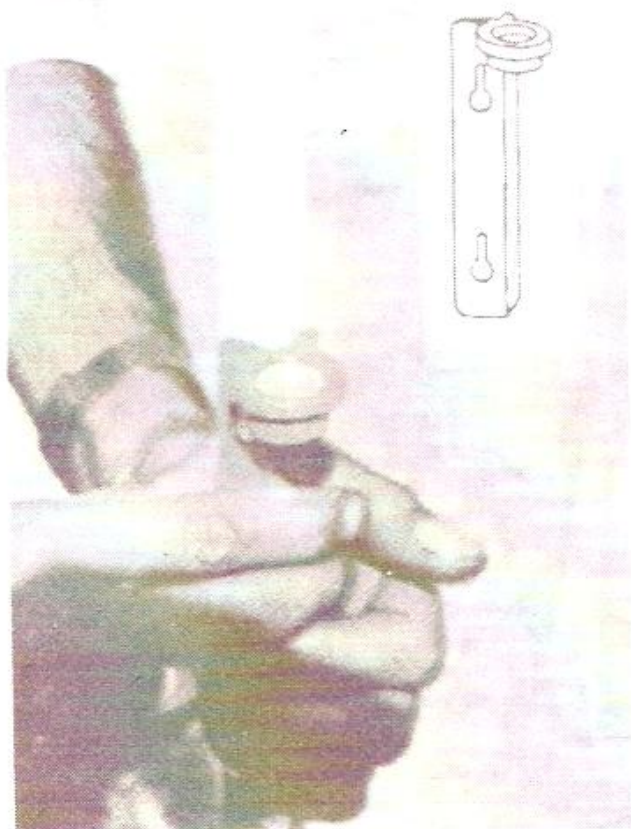


شکل سه پایه ژالون

### تراز ژالون (تراز نبشی)

ژالون در موقع مستقر شدن بر روی نقاط باید حالت کاملاً عمودی داشته باشد، برای این کار

از یک تراز کروی که در بالای نبشی ده سانتی متری نصب شده استفاده می گردد. چنانچه تراز نبشی را در کنار ژالون به گونه ای نگه داریم که لبه های آن با ژالون مماس باشد و حباب تراز کروی در وسط دایره قرار گرفته باشد در آن صورت، ژالون حالت کاملاً قائم و شاقول دارد. باید در موقع استفاده نمودن از این وسیله دقت بسیار نمود تا ضربه ای به آن وارد نشود زیرا وارد شدن ضربات به آن موجب می شود از دقت آن کاسته شود.



### فاصله سنجی با چرخ متر

فاصله سنج چرخ متر از سه قسمت تشکیل شده است:

چرخ، دور شمار و دستگیره.

روش انجام کار با این چرخ بصورت زیر است:

- برای اندازه گیری طول AB، نقشه بردار در نقطه A قرار می گیرد.

- صفحه مدرج دستگاه را روی صفر می گذارد.

- در مسیر مستقیم از A به طرف B حرکت می نماید.

دور شمار می تواند تعداد دورهای چرخ را از A تا B مشخص کند و همچنین فاصله

پیموده شده را بر حسب متر نشان دهند. دقت مطلق این وسیله در حد دسی متر می باشد (دقت

انواع دیجیتالی آن در حدود سانتی متر می باشد). چنانچه در یک منطقه هموار استفاده گردد

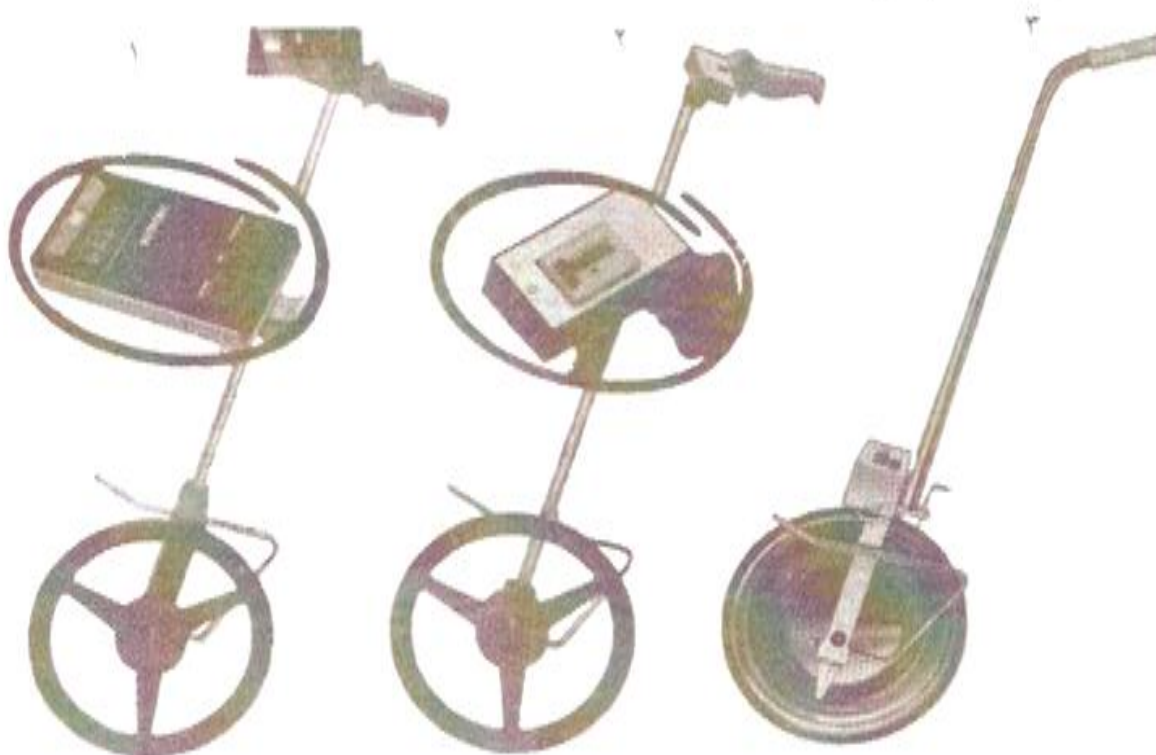
دارای دقت نسبی خوبی می باشد.

شکل زیر، ۳ نوع چرخ متر را نشان می دهد که تا فاصله ده کیلومتری را اندازه گیری می کنند.

فاصله سنج شماره ۱، دور شمار الکترونیکی دارد که توسط ۴ باتری ۱/۵ ولتی کار می کند، ولی

فاصله سنج های شماره ۲ و ۳ دور شماره مکانیکی دارند. صفر نمودن این فاصله سنج ها از روی

دستگیره آنها انجام می شود.





نوار اندازه گیری طول (متر نواری): این وسیله به شکل نواری می باشد که با واحدهای گوناگون اندازه گیری طول درجه بندی شده است. نوار اندازه گیری طول را متر نیز می نامند. این وسیله دارای جنس پارچه ای، پلاستیکی و فلزی می باشد. پهنای متر بین ۱ تا ۲ سانتی متر بوده و ضخامتی بین ۰/۱۵ تا ۰/۵ میلی متر دارد. چون در موقع مترکشی برای مستقیم در آوردن آن باید آن را کشید، مترهای پارچه ای و پلاستیکی به سبب کشش های پی در پی مقداری تغییر طول پیدا می کنند. از این رو دقت فاصله سنجی این گونه مترها کم می باشد. بهتر است که در کارهای مهندسی برای بالا بردن دقت، از مترهای فلزی استفاده گردد.

متر فلزی باید دارای ویژگی های زیر باشد:

\* در برابر خوردگی و زنگ زدگی مقاوم باشد.

\* هدایت کننده جریان برق نباشد.

\* دارای وزنی سبک باشد.

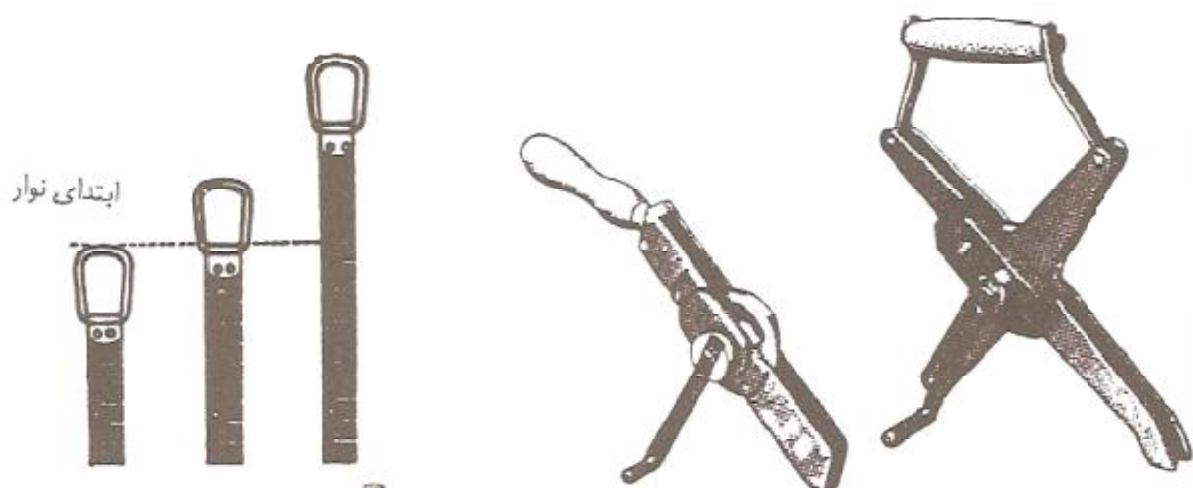
\* دارای ضریب انبساط حرارتی کم باشد به عبارت دیگر در برابر تغییر درجه حرارت، طول آن تغییر نکند یا دارای تغییرات جزئی باشد.

متر انوار (Invar) یکی از این گونه مترها می باشد. متر انوار یک نوع متر فلزی است که جنس فلز آن آلیاژی از فولاد و نیکل به اسم انوار می باشد و ضریب انبساط حرارتی آن برابر صفر و از این رو در درجه حرارت های گوناگون دارای اندازه ای ثابت است. در اندازه گیری های دقیق فواصل مبناء و کارهای دقیق زیرزمینی از این وسیله استفاده می گردد.



متر فیبرگلاس با پوشش P.V.C به طول ۲۰ تا ۱۰۰ متر، پهنای ۱۲ میلی متر،

شروع درجه بندی ۱۰ سانتی متر بعد از ابتدای متر است



قاب فلزی با دستگیره چوبی برای مترهای ۲۰ و ۱۰۰ متری



متر ۵۰ متری انوار دستگیره برنجی، روی حلقه فولادی پیچیده شده تا میلی متر مدرج شده است



### ساختمان متر

متر را بصورت نواری باریک و به گونه ای می سازند که به آسانی قابلیت باز شدن و جمع شدن داشته باشد. نوار درون قابی فلزی و حول یک محور، باز و پیچیده می شود. قاب این وسیله، دستگیره ای دارد که حمل و نقل و کار نمودن با آن را آسان می کند. مترها را با واحدهای اندازه گیری طول درجه بندی می کنند. ابزارهای کمک مترکشی عبارتند از: شاقول - ژالون - شمشه - تراز

## اندازه گیری فاصله با متر

اندازه گیری فاصله با متر را مترکشی می نامند.

## اندازه گیری فاصله در زمین هموار و افقی

در این نوع زمین ها به دلیل هموار بودنشان می توان متر را بر روی زمین پهن نمود. به دلیل این که این زمین ها هموار می باشند احتیاجی به استفاده از شیب سنج نمی باشد. برای اندازه گیری فاصله میان دو نقطه A و B، یک شخص ابتدای متر را روی نقطه A گذاشته و شخص دیگری در حالی که دستگیره متر در دست او می باشد، متر را در حالت باز شدن قرار داده و به سمت نقطه B حرکت می کند. نفر دوم بعد از رسیدن به نقطه B برای اطمینان خاطر پیدا نمودن از مستقیم بودن متر، چند دفعه متر را از روی زمین بلند نموده و در هوا تکان می دهد. پس از این که شخص اول، صفر متر را دقیقاً در نقطه A گذاشت نفر دوم باید متر را کشیده و فاصله را روی متر بخواند و آن را ثبت نماید.

در متر کشی، متر همواره باید در حالت کشیده بوده و کاملاً صاف و بدون پیچ خوردگی باشد. در موقع قرائت اجزای متر باید دقت شود که به صورت عمودی به اعداد و محل نقطه نگاه کنیم. در هنگام نگاه داشتن متر از دسته آن همواره توجه داشته باشیم که کشیدن نوار متر باعث زخمی شدن دست توسط دستگیره جمع کن نوار متر نشود.

### اشتباه و خطا در مترکشی و روش شناسایی و رفع آنها

در اندازه گیری ها همیشه مقداری خطاء وجود دارد، یعنی نمی توان اندازه دقیق یک کمیت را محاسبه نمود و مقدار خطای آن را نیز نمی توان اندازه گیری نمود. ولی آشنایی با خطا موجب می گردد تا روشهایی بکار بریم تا مقدار خطاء کاهش یابد. خطاهای مترکشی به عوامل زیر بستگی دارند:

(الف) معایب دستگاه: استاندارد نبودن نوار اندازه گیری، کج و راست بودن متر، از بین رفتن اعداد و ارقام روی نوار اندازه گیری، صحیح نبودن تراز و شیب سنج و قائم نبودن ژالون (تیرک) موجب بوجود آمدن خطاهایی هستند که مربوط به ابزارها و وسایل اندازه گیری می باشد. معلوم است که اندازه گیری با وسایل معیوب، موجب بوجود آمدن خطاهای بیش از اندازه مجاز می شود.

(ب) شرایط محیط کار: درجه حرارت نامطلوب، وزیدن بادهای شدید، انکسار نور، گرد و غبار و نظایر آن، مواردی می باشند که تحت عنوان شرایط محیط دسته بندی می شوند و هر کدام به سهم خود در صحت اندازه گیری اثرپذیر می باشند.

(ج) عوامل شخصی: این عوامل به نقشه بردار و افراد کمکی او مربوط می شود و عبارتند از: خستگی، حواس پرتی، فراموشی، بی تجربگی، ناراحتی و نگرانی. برای انجام دادن اندازه گیری صحیح یا کم خطا باید عوامل طبیعی، عوامل شخصی و شرایط محیط کار در حد مطلوب باشند. هر کدام که ناقص باشد، از دقت اندازه گیری کاسته می شود. مثلاً اگر نقشه بردار با تجربه، از بهترین نوع متر استفاده نماید باز عوامل طبیعی مانند باد و باران و امثال آن می تواند مانع اندازه گیری دقیق شود یا چنانچه از بهترین ابزار در شرایط طبیعی مطلوب استفاده شود خستگی مفرط او می تواند مانع اندازه گیری دقیق شود.

### دسته بندی خطاها

- ۱ - اشتباه یا خطای عمده
- ۲ - خطای سیستماتیک
- ۳ - خطای اتفاقی



### اشتباه یا خطای عمده

به خطای بزرگ و غیر قابل قبول، اشتباه گفته می شود و معمولاً با کنترل نمودن قابل تشخیص می باشند و به آسانی می توان آنها را پیدا نمود. بعضی از این اشتباهات عبارتند از:

(۱) اشتباه در گرفتن صفر متر

(۲) اشتباه در خواندن و یا ثبت نمودن آن

(۳) اشتباه در شنیدن

(۴) اشتباه در شاقولی نگاهداشتن ژالون

برای جلوگیری از بوجود آمدن اشتباه، باید عملیات را با دقت انجام داده و در موقع خستگی و تشنگی و ..... از انجام کار اجتناب کنیم.

روش دیگر برای جلوگیری از بوجود آمدن اشتباه، تکرار مشاهده و قرائت می باشد.

### خطاهای سیستماتیک

این نوع خطاها مربوط به ساختمان ابزار مترکشی یا شخص نقشه بردار می باشد. خطاهای سیستماتیک از راه محاسبه، قابل حذف شدن می باشند.

### خطاهای تصادفی یا اتفاقی

در صورتی که اشتباهات و خطاهای سیستماتیک از روی مشاهدات ما حذف و یا تصحیح شوند با وجود این خطایی در اندازه گیری ها باقی می ماند که می تواند از عواملی همچون حواس انسان و یا نارسایی دستگاه ها و ... ناشی شده باشد. مقدار این خطاها از قوانین آمار و احتمالات و مخصوصاً از قانون توزیع نرمال پیروی می کنند. با افزایش تعداد دفعات مشاهدات، مقدار این خطاها را می توان کاهش داد.

در نقشه برداری برای تعیین دقت یک وسیله از روش آماری موسوم به تکرار اندازه گیری استفاده می گردد. به طور مثال برای تعیین دقت زاویه یاب، یک زاویه را به تعداد مناسب (حداقل 20 بار) و به صورت مستقل قرائت می کنند. دقت زاویه یاب در واقع همان انحراف معیار سری مشاهدات خواهد بود. در اندازه گیری طول با متر نیز معمولاً طول را در چندین سری و به صورت مستقل قرائت می کنند. بدین نحو که دو نفر یکی در ابتدای متر و دیگری در انتهای متر مستقر شده و عامل اول به صورت اتفاقی بخشی از ابتدای متر را انتخاب و قرائت را بر حسب میلیمتر انجام می دهد. سپس عامل دوم قرائت خویش را در انتهای طول انجام می دهد. در این حال عامل اولی مبنای متر را اندکی تغییر داده، در نتیجه عامل دوم عدد دیگری را قرائت می کند. این روال بسته به دقت

کار ممکن است تا چند مرتبه تکرار گردد و در نهایت از تفاضل اعداد ابتدا و انتهای متر ، چند سری مشاهده مستقل از طول حاصل می گردد.

پس از تعیین طول ها ابتدا مشاهدات مشکوک و دارای اشتباه فاحش را از لیست کل مشاهدات حذف نموده و سپس میانگین طول های باقیمانده را تعیین می نماییم. در این حال اختلاف هر مشاهده از میانگین کل را تعیین نموده (بر حسب میلیمتر) و آنرا با مقدار خطای ماکزیمم طولیابی با متر مقایسه می نماییم و چنانچه مشاهده مشکوک و اشتباه مشاهده شد، مجدداً آنها را از لیست مشاهدات حذف می نماییم. از مشاهدات باقی مانده بایستی میانگین گیری مجدد نموده و این عمل تا بدانجا ادامه دارد که پس از کنترل هیچ مشاهده ای حذف نشود.

$$V_{\max} = 25 \times \sqrt{\bar{I}_{km}} \Rightarrow |V_i| \leq V_{\max}, \quad Vi = \bar{I} - I_i$$

در رابطه فوق  $\bar{I}$  میانگین اندازه گیری ها بر حسب کیلومتر می باشد. در این حال مقدار حداکثر خطا بر حسب میلیمتر تعیین می شود. به طور مثال اگر میانگین طول اندازه گیری شده برابر 123 متر فرض شود، در این حال بر اساس رابطه فوق، اختلاف طولها از مقدار میانگینشان نباید بیشتر از 9 میلیمتر باشند. دقت متر های فولادی (در صورت اعمال کلیه تصحیحات سیستماتیک) معمولاً چیزی در حد 1:10000 می باشد یعنی حداکثر دقت قابل حصول از متر فولادی یک سانتیمتر در هر 100 متر می باشد.

**میانگین، دقت مطلق و دقت نسبی در مشاهدات نقشه برداری**

$$\bar{I} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + \dots}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n}$$

$$Vi = \bar{I} - I_i$$

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i^2)}{n-1}}$$

$$R = \frac{S}{\bar{I}} = \frac{1}{\left(\frac{\bar{I}}{S}\right)}$$

در روابط بالا  $\bar{I}$  میانگین اندازه گیری ها،  $V_i$  خطای ظاهری (یا باقیمانده) ،  $S$  دقت اندازه گیری و  $R$  دقت نسبی می باشد.

در استفاده از متر همواره باید از شکستگی متر و عبور افراد و یا اتومبیل از روی نوار فلزی متر جلوگیری نمود. هیچگاه متر را تا آخر باز نکنید، زیرا ممکن است در صورت کشش زیاد، نوار متر از قاب آن جدا گردد.

مثال:

- طولی را ۴ بار اندازه گیری نموده و ارقام ۳۰/۲۲، ۳۰/۲۵، ۳۰/۱۵ و ۳۰/۱۸ متر قرائت گردید متوسط حسابی (میانگین) و خطاهای ظاهری را حساب کنید.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \bar{X} = \frac{30.22 + 30.25 + 30.15 + 30.18}{4} = 30.20 \text{ m}$$

$$v_i = \bar{X} - X_i$$

$$v_1 = 30.20 - 30.22 = -0.02 \text{ m}$$

$$v_2 = 30.20 - 30.25 = -0.05 \text{ m}$$

$$v_3 = 30.20 - 30.15 = 0.05 \text{ m}$$

$$v_4 = 30.20 - 30.18 = 0.02 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^n v_i = -0.02 - 0.05 + 0.05 + 0.02 = 0$$

به علت اینکه میانگین اندازه ها به عنوان اندازه کمیت مورد نظر قرار گرفت مجموع خطاهای ظاهری صفر شد.

- در تمرین بالا خطای متوسط هندسی و خطای ماکزیمم را محاسبه نمایید.

$$e_q = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} \quad \sum v_i^2 = (-0.02)^2 + (-0.05)^2 + (0.05)^2 + (0.02)^2$$

$$\sum v_i^2 = 0.0058 \text{ m}^2$$

$$e_q = \pm \sqrt{\frac{0.0058}{4-1}} = \pm 0.043 \text{ m}$$

$$e_m = \pm 2.5 e_q = \pm 2.5(0.043) = 0.11 \text{ m}$$

### ساختمان ایستگاه های درجه 3 نقشه برداری

نحوه احداث نقاط مبنای بتنی نقشه برداری از جلد اول (ژئودزی و تراز یابی) دستور العمل های همسان نقشه برداری معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری استخراج گردیده و عیناً درج شده است. با توجه

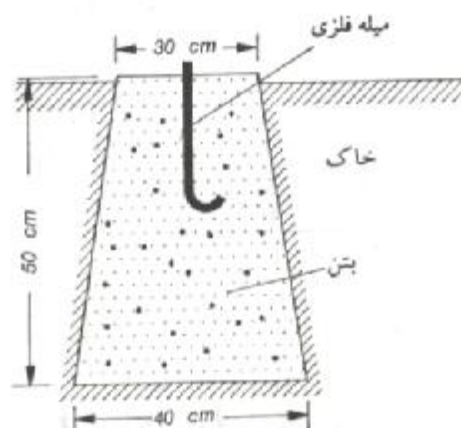
به اینکه در این پروژه احداث نقاط رئوس شبکه به عنوان نقاط مبنا مد نظر می باشد، لذا رعایت دستور العمل های موجود برای آشنایی دانشجویان با پروژه های اجرایی مفید خواهد بود.

### ۲-۱-۳-۳- شبکه مبنایی درجه ۳

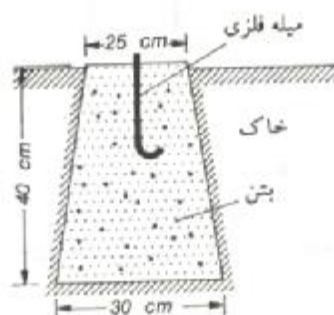
شکل ساختمان این شبکه بر اساس جنس زمین منطقه به صورت ذیل طبقه بندی می گردد:

#### ۲-۱-۳-۳-۱- مناطق خاکی

چاله ای به اضلاع حدود ۴۰ سانتیمتر و عمق ۶- سانتیمتر حفر نموده، سپس آن را با ملات ماسه و سیمان (به نسبت ۳ به ۱) پر کنید. میله وسط بتن را که به طول ۲۰ سانتیمتر و قطر ۱/۵ الی ۲ سانتیمتر است و در سطح بالایی آن علامت + حک شده است، در داخل آن قرار داده پس از پر شدن چاله بر قالب بتن که سطح فوقانی آن مربعی به اضلاع ۳۵ سانتی متر است روی آن طوری قرار دهید که یک ضلع آن در امتداد شمال- جنوب باشد. در این حالت چاله با ملات پر و روی آنرا صاف کنید و با یک لایه ملات نرم بپوشانید. باید دقت کرد میله تقریباً در وسط قالب قرار گیرد و فقط ۵ تا ۱۰ میلیمتر آن بیرون از بتن باشد. روی بتن در نصفه بالایی آن اسم موسسه صاحب کار و در قسمت پایین اسم و شماره نقطه روی سطح سیمان (بهتر است از شابلن های پلاستیکی استفاده شود) مشخص شود. دقت گردد که نوشته ها در امتداد شرقی - غربی نوشته شود به طوری که نوشته های بتن جهت شمال را توجیه نماید. (پیوست ۱ شکل ۱)



- مقطع نقاط شبکه های مسطحانی موردی



- مقطع نقاط شبکه های ارتفاعی



### 1-3- در این جلسه انتظار می‌رود

همانطور که در مقدمه نیز ذکر گردید، در این جلسه هدف اندازه گیری یک طول با متر به روش تکرار است. برای این کار ایجاد دو نقطه مد نظر می باشد. نقطه اول را به صورت بتنی طبق دستور العمل ذکر شده ایجاد کنید. نقطه دوم را به فاصله بیش از 20 متر از نقطه اول با پیکه چوبی بر روی زمین تعیین کنید. امتداد ایجاد شده را به صورت دو طرفه و با تغییر اتفاقی مبنای ابتدایی متر 30 متری، با دقت میلیمتر اندازه گیری کرده و قرائت های ابتدا و انتها را در فرم مخصوص متر کشی یادداشت کنید. محل دقیق نقطه ها را بر روی پیکه های چوبی با خودکار علامت زده و هر طول را 30 بار قرائت نمایید.

با محاسبه میانگین مشاهدات و انجام تست ماکزیمم باقیمانده، همانطور که در متن تئوری دستور کار نیز شرح داده شد، مشاهدات اشتباه را حذف نموده و در نهایت دقت مطلق و نسبی اندازه گیری را محاسبه نمایید.

همچنین در این جلسه متر کشی اضلاع یک ساختمان و یا یک عارضه با اضلاع عمود بر هم و ترسیم نقشه آن با مقیاس 1:200 به صورت دستی (با خط کش و گونیا) باید انجام گیرد. هر یک از اضلاع حداقل دو بار با تغییر مبنای متر بین رؤس باید اندازه گیری گردند و اندازه ضلع با میانگین گیری بین مشاهدات تعیین گردد. با توجه به اینکه این ترسیم اولین تجربه ترسیم نقشه توسط دانشجویان می باشد، انتظار می‌رود دانشجویان با خلاقیت و سلیقه خودشان لژاندر نقشه را به صورت دستی طراحی و ترسیم نمایند و فعلاً اجبار ساختار استاندارد برای نقشه در این جلسه مد نظر نمی باشد.

### 1-4- تجهیزات مورد نیاز

1- متر فلزی 30 متری، برای هر گروه یک عدد

2- پیکه چوبی به تعداد

3- چکش یا پتک یک عدد

4- تجهیزات احداث ایستگاه نقشه برداری (میلگرد مخصوص خمیده شده، شن، ماسه، سیمان، ماله، قالب، ظرف آب، ظرف انتقال بتن، بیل و کلنگ)

## 1-5- سوالات

1- در خصوص خطاهای سیستماتیک متر کشی توضیح داده و نحوه تصحیح آنها را با روابط مربوطه مختصراً توضیح دهید.

2- در خصوص فاصله یابهای لیزری دستی تحقیق نمایید.

3- نحوه محاسبه مساحت یک زمین مثلثی شکل را با اندازه گیری طول های آن توضیح دهید. %

مطالب این صفحه با توجه به مقطع و رشته دانشجویان، در کلاس درس عملی توضیح داده خواهد شد.

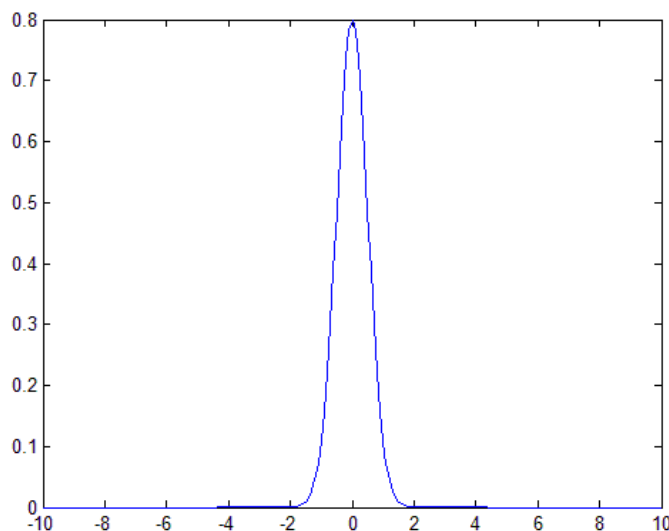
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \times e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

معادله منحنی نرمال گوس

برنامه متلب برای ترسیم منحنی توزیع نرمال گوس با پارامترهای مشخص:

```
clc
clear all
close all

n=10;
x=[-n:.1:n];
s=.5; %enheraf meyar
m=0; %miyangin
y=(1/(s*((2*pi)^.5)))*(exp((- (x-m).^2)/(2*s^2))));
plot(x,y);
```





نوع متر :

تاریخ :

### برگه فاصله یابی با متر

شماره متر :

عامل :

نام مؤسسہ :

شماره صفحه :

نویسنده :

نام منطقه :

[illegible]

## 2- فصل دوم

دستور کار جلسه دوم :

امتداد گذاری یا ژالن گذاری بین 2 نقطه ایجاد شده و پیکیتاژ بین آنها با فواصل 5 متری.  
اخراج عمود از نقاط پیکیتاژ شده به کمک متر

## 2-1- مقدمه

در این جلسه امتداد بین دو نقطه با فاصله حدود 30 متر را به فواصل 5 متری نسبت به نقطه مبنا امتدادگذاری، پیکه کوبی و متر کشی خواهیم نمود. سپس اخراج عمود نسبت به ضلع مبنا را به کمک متر از نقاط ایجاد شده، انجام خواهیم داد. همچنین یافتن پای عمود یک نقطه بر روی یک ضلع به کمک متر انجام می گردد.

## 2-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه دوم عملیات نقشه برداری

## علایم ارتباطی و هدایت کننده عملیات نقشه برداری

## ۱- علامت آماده باش

موقعی که عامل هر دو دست خود را به سمت بالا ببرد یعنی افراد باید آماده باشند. هر شخصی که قرار است عامل از کار او استفاده نماید، باید دست خود را به سمت بالا برد. این بالا بردن دست علامت آن است که او نیز آماده است.



## ۲- علامت حرکت به سمت راست

موقعی که عامل دست راستش را به سمت راست بدن خود باز نماید علامت این است که فرد موردنظر باید تا زمانی که دست عامل به سمت راست باز است، او نیز به سمت راست حرکت نماید.



## ۳- علامت حرکت به سمت چپ

موقعی که عامل دست چپش را به سمت چپ بدن خود باز نماید علامت این است که فرد موردنظر باید تا زمانی که دست عامل به سمت چپ باز است، او نیز به سمت چپ حرکت نماید.

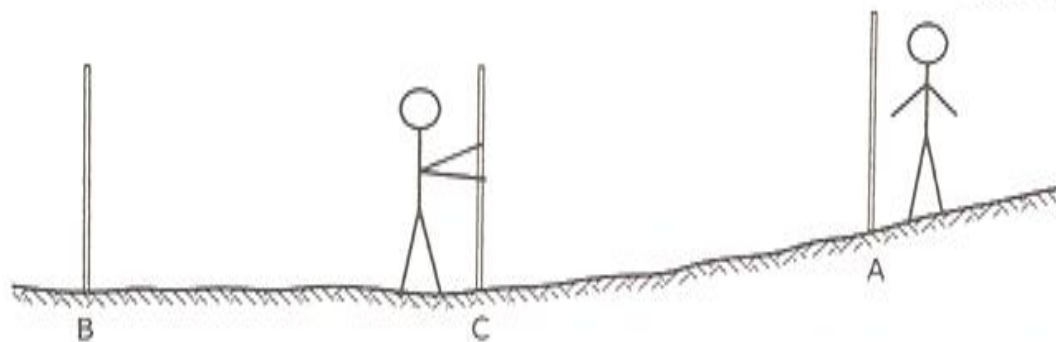
#### ۴- علامت پایان یافتن کار موردنظر

موقعی که عامل، دستانش را به سمت بالا برد و چندین بار باز و بسته نماید علامت این است که کار بر روی نقطه موردنظر پایان یافته و شخص موردنظر او باید روی نقطه بعدی قرار گیرد.



#### امتدادگذاری ساده

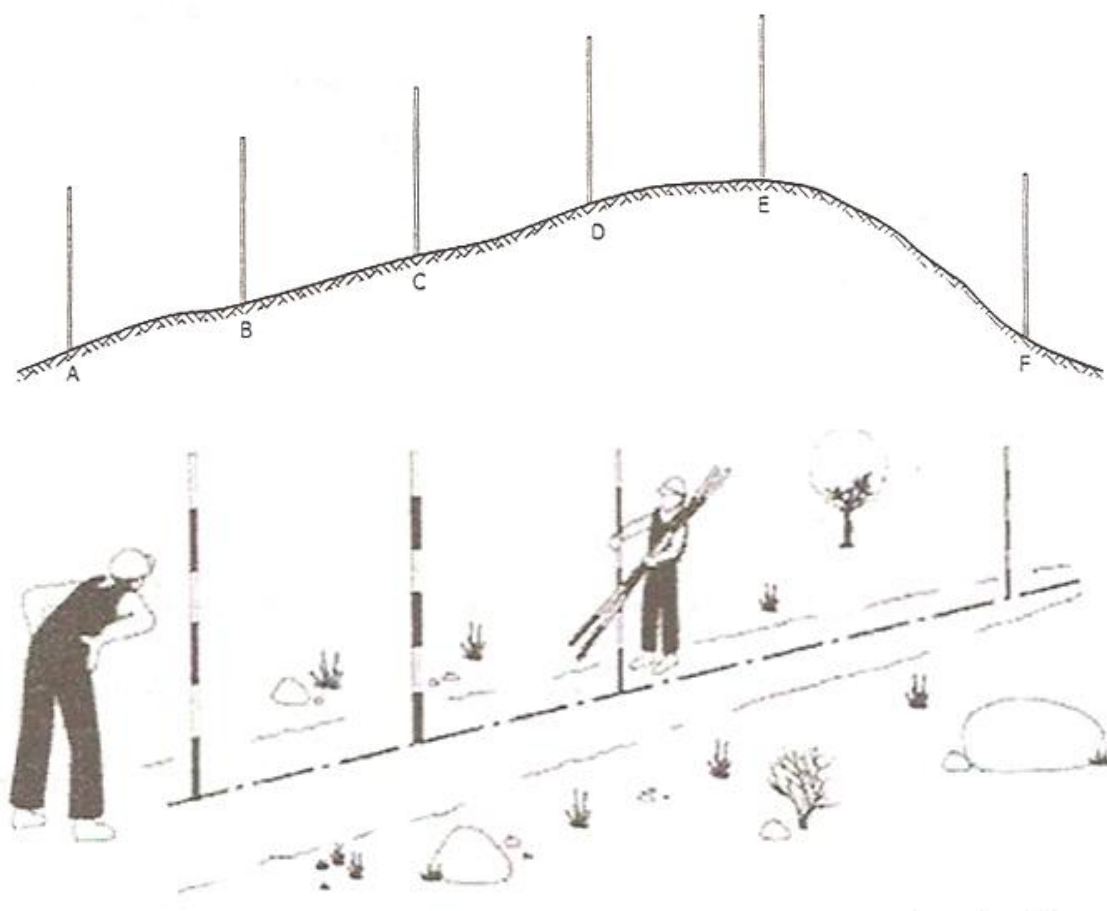
چنانچه میان نقاط A و B هیچ مانعی وجود نداشته باشد و از هر نقطه، نقطه دیگر قابل رؤیت باشد دو ژالون را در نقاط A و B بصورت کاملاً عمودی قرار می دهیم. سپس نقشه بردار در پشت ژالون A به حالتی قرار می گیرد که ژالون های A و B را در یک امتداد ببیند. در این موقع شخص دیگری، ژالونی در نقطه C (میان نقاط A و B) برده، ژالون C را آنقدر به سمت چپ و راست حرکت می دهد تا نقشه بردار علامت دهد که ژالون های نقاط A و B و C در یک امتداد می باشند. در این موقع باید ژالون را در نقطه C مستقر نموده و به همین روش باید دیگر ژالون ها را نصب نمود.



#### دنبال کردن یک امتداد

چنانچه بخواهیم امتدادی مانند AB را بر روی زمین تعقیب نماییم، دو ژالون را در نقاط A و B قرار داده و نقشه بردار باید حدود ۲ متر از ژالون A فاصله داشته باشد و در محلی قرار گیرد که

ژالونهای A و B را روی هم ببیند. به عبارت دیگر آن دو را یک ژالون ببیند. در این موقع شخص دیگری، ژالونی در دست گرفته و آن را در نقطه‌ای مانند C قرار می‌دهد. نقشه‌بردار باید ژالون‌ها را (A و B و C) روی هم ببیند و آنقدر با دست به شخصی که در نقطه C قرار دارد، علامت دهد تا با جابجا نمودن ژالون C انطباق هر سه ژالون فراهم شود. در این حالت با اعلام نقشه‌بردار، ژالون C در محل مناسب قرار می‌گیرد. بعد از مستقر نمودن ژالون C، نقشه‌بردار پشت ژالون B آمده و مانند روش قبلی عمل می‌نماید تا ژالون دیگری در نقطه D مستقر شود و نقاط B و C و D بر هم منطبق شوند. بدین روش تمام نقاط یکی پس از دیگری بر روی زمین مشخص می‌شوند. با توجه به شکل زیر مشاهده می‌شود که امتداد AB به پشت تپه نیز انتقال یافته در حالی که از پشت تپه نقاط A و B قابل مشاهده نمی‌باشند. حتی امکان دارد که ارتفاع تپه به اندازه‌ای باشد که از نقاط E و F ژالون‌های A و B و C را نتوان دید.

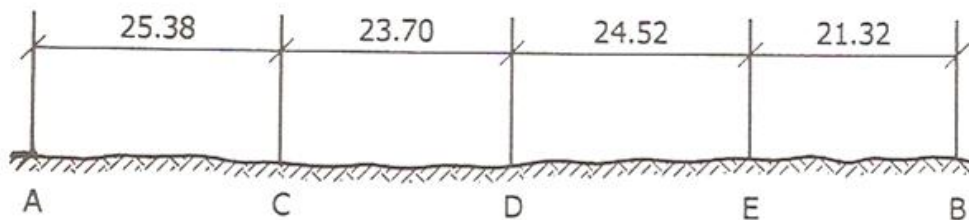


امتداد گذاری با ژالون

## متر کشی زمین های هموار به روش امتداد گذاری

اگر فاصله میان دو نقطه بیشتر از طول متر باشد، اندازه گیری فاصله به دو روش زیر انجام می شود:

الف) برای این که در مسیر مستقیم از A تا B حرکت شود باید فاصله A تا B را به کمک ژالون در یک خط مستقیم تقسیم بندی نمود. این ژالون ها برای نشان دادن امتدادی مستقیم، کمک بزرگی به مترکشها می کنند. فاصله تک تک ژالون ها را مطابق روش ذکر شده اندازه گیری و یادداشت می کنیم. پس از اتمام مرحله مترکشی باید فاصله تک تک میان ژالون ها را با هم جمع نموده تا فاصله میان امتداد نقاط A و B مشخص گردد.



مترکشی در زمین هموار به کمک ژالون و متر  $x_{AB} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$

$$x_{AB} = 25/38 + 23/70 + 24/52 + 21/32 = 94/92 \text{ m}$$

ب) بعد از اینکه مسیر AB ژالون گذاری شد، از این ژالون ها فقط به عنوان نشان دادن مسیر مستقیم استفاده می شود و روش انجام عملیات مترکشی بدین صورت است که نفر اول، ابتدای متر را در نقطه A گرفته و نفر دوم در حالی که دستگیره متر در دست اوست در مسیر AB به سمت نقطه B حرکت نموده و موقعی که متر به انتهای خود رسید نفر دوم به کشیدن آن اقدام نموده تا اطمینان خاطر پیدا نماید که متر در حالت کاملاً افقی می باشد سپس نقطه ای که نشان دهنده انتهای متر می باشد را بر روی زمین مشخص نموده و با علامت دادن به نفر اول نشان می دهد که به سمت جلو حرکت نماید. نفر اول باید ابتدای متر را در نقطه مشخص شده گذاشته و مانند حالت قبل این روش ادامه پیدا می کند تا به نقطه B برسند.

به عنوان مثال چنانچه تعداد میخ ها برابر ۵ و طول یک حلقه متر برابر ۳۰ متر باشد و فاصله آخرین علامت تا نقطه B برابر ۱۲/۷۵ متر باشد. فاصله میان نقاط AB برابر است با:

$$x_{AB} = (5 \times 30) + 12/75 = 162/75 \text{ m}$$

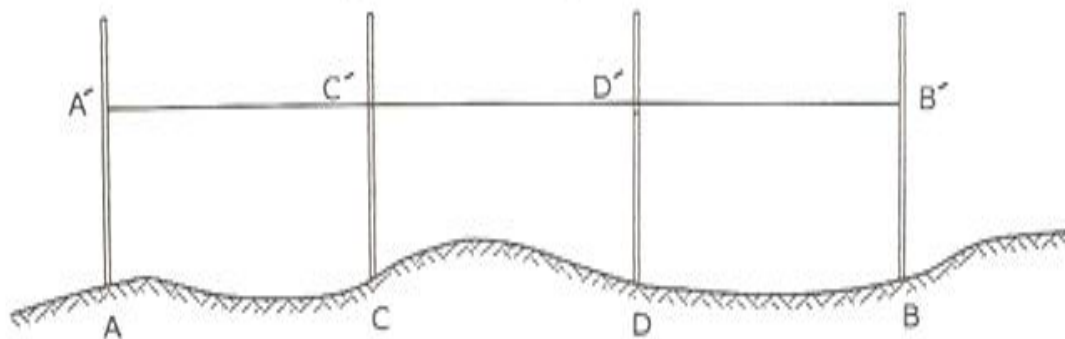


## اندازه گیری فاصله در زمین ناهموار و شیبدار

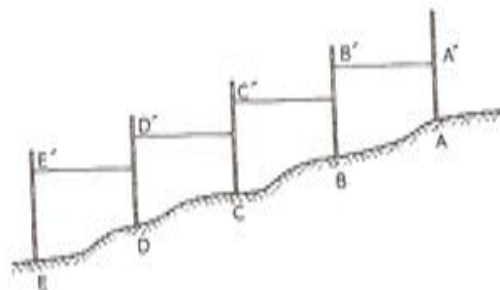
در این نوع زمین ها به دلیل ناهمواری و یا شیبدار بودن آن نمی توان متر را در حالت افقی و مستقیم بر روی زمین پهن نمود. در این مواقع باید فاصله AB را با چند ژالون به قطعات کوچکتري تقسیم نموده، فاصله افقی هر دو ژالون متوالی را اندازه گیری نموده و مجموع آنها برابر فاصله افقی AB می باشد.

$$AB = A'C' + C'D' + D'B'$$

- برای اندازه گیری طول افقی دو ژالون به روش زیر عمل می کنیم:
- یک نفر ابتدای متر را گرفته و در کنار ژالون نقطه A مستقر می شود.
- نفر دوم سمت دیگر متر را گرفته و کنار ژالون نقطه C می ایستد.
- هر دو نفر متر را تا اندازه سینه خود بالا می برند.
- نفر سومی با یک شیب سنج که قاعده اش را موازی متر قرار می دهد مقدار شیب متر را کنترل می نماید و با علامتی که به دو نفر مترکش می دهد، متر را در وضعیت افقی قرار می دهد.
- در این لحظه دو نفر مترکش، متر را بصورت مستقیم می کشند به گونه ای که صفر آن در ژالون A باشد و نفر دوم طول متر را در ژالون C می خواند و ثبت می کند.



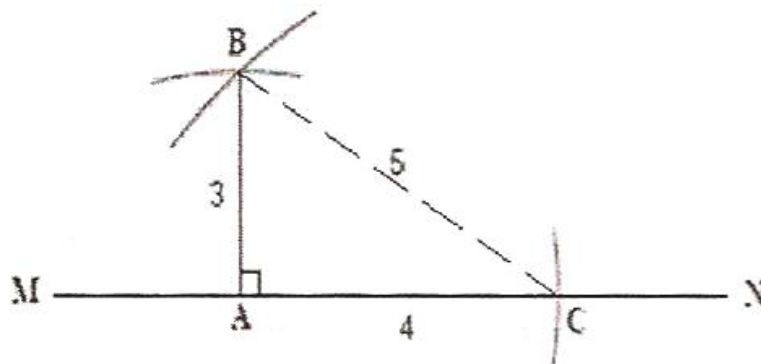
در زمین های شیبدار روش عملیات نیز بدین صورت می باشد ولی به دلیل شیب زمین هر دو نفر نمی توانند متر را به یک اندازه بالا ببرند. بجای بکار بردن ژالون می توان از شاقول نیز استفاده نمود. اندازه گیری طولها در این روش سخت تر از زمانی می باشد که ژالون نصب شده باشد.



فاصله سنجی در زمین شیبدار

### اخراج عمود بر یک امتداد به کمک متر

برای اخراج عمود به کمک متر، راه‌های مختلفی وجود دارد. ساده‌تر از همه استفاده از قضیه فیثاغورث است که در مثلث قائم‌الزاویه‌ای که پهلوهایی قائم آن ۳ و ۴ متر باشد، طول وتر برابر ۵ متر خواهد بود. روش کار به این صورت است که نقطه‌ای  $A$  را بر روی امتداد  $MN$  انتخاب می‌کنیم. به کمک متر کمانی به شعاع ۴ متر در جهت  $N$  جدا می‌کنیم و به نقطه  $C$  می‌رسیم (به انتهای یک نخ ۴ متری گچ می‌بندیم تا کمان راحت‌تر پیاده شود). حال از نقطه  $A$  کمانی به شعاع ۳ متر و از نقطه‌ی  $C$  نیز کمانی به شعاع ۵ متر روی زمین رسم می‌کنیم. این دو کمان با توجه به شکل (۷-۸) در نقطه  $B$  همدیگر را قطع می‌کنند. با اتصال نقطه  $A$  به  $B$  خط عمود بر  $MN$  بدست خواهد بود. در این روش برای بالا بردن دقت، ممکن است همه‌ی اضلاع را به یک نسبت بزرگ کرد.



شکل (۷-۸): اخراج عمود از یک نقطه بر یک امتداد مشخص

### 3-2- در این جلسه انتظار میرود :

حال که با مبانی تئوری متر کشی و امتداد گذاری آشنا شدید، امتداد بین دو نقطه به فاصله حدودی بیش از 30 متر را  $(A, B)$  با فواصل حدود 5 متری امتداد گذاری نمایید. در هر بار امتداد گذاری پس از تعیین امتداد، در محل ژالون یک پیکه چوبی بکوبید. سپس فواصل بین پیکه‌های چوبی را با ژالون و متر به روشی که تشریح شد اندازه بگیرید. فاصله بین دو نقطه نتیجه حاصل جمع فواصل بین دهانه‌ها خواهد بود.

در مرحله بعدی یک بار دیگر دو نقطه ابتدا و انتها  $(A, B)$  را در دو دهنه امتداد گذاری کنید. یک بار دیگر فاصله نقاط  $A$  و  $B$  را با جمع فواصل متر کشی شده این دو دهنه، تعیین کنید. آیا طول حاصل برای  $AB$  در این مرحله با مرحله قبلی متفاوت است؟ چرا؟ خطای کمانی شدن متر (شنت) در کدام حالت بیشتر نمایان می‌گردد؟ چرا؟

حال به کمک متر از نقاط موجود به فاصله 5 متر عمود استخراج نموده و میخ کوبی کنید. (روش 3-4-5 و یا 6-8-10 با متر)

در مرحله بعد یک میخ چوبی در فاصله 8 متری از امتداد AB بکوبید و پای عمود از این میخ بر روی امتداد AB را به کمک متر تعیین کنید.

یک مثلث با اضلاع کمتر از 8 متر بر روی زمین میخکوبی کنید. با کمک متر و روابط هندسی زوایای این مثلث را تعیین کنید.

در بخش آخر عملیات این جلسه، هر یک از دانشجویان امتداد AB را قدم کرده و تعداد قدم های خود را می شمارد. با تعیین طول AB در مراحل قبل، میانگین طول قدم خود را تعیین کنید. هر یک از دانشجویان باید میانگین طول قدم خود را در گزارش کار این جلسه درج نماید.

## 2-4- تجهیزات مورد نیاز

- 1- متر فلزی 30 متری، برای هر گروه یک عدد
- 2- ژالون و تراز نبشی 3 عدد برای هر گروه
- 3- پیکه چوبی به تعداد
- 5- چکش یا پتک دو عدد برای کل گروه ها

## 2-5- سوالات

1- در خصوص روشهای ساده اخراج عمود از یک نقطه با تجهیزات ساده (بدون استفاده از تجهیزات الکترونیکی یا دوربین های نقشه برداری) تحقیق کنید.

2- در خصوص تراز یاب های لیزری که نقاط هم ارتفاع و امتدادها با زوایای داخواه را به کمک نور لیزر در محوطه مشخص می کنند تحقیق کنید.

### 3- فصل سوم

دستور کار جلسه سوم :

تهیه نقشه به روش مثلث بندی و خط هادی و آشنایی با گونیای مساحی

## 3-1- مقدمه

در این جلسه هدف تهیه نقشه زمینها و یا ساختمان های با شکل نا منظم به کمک ابزار ساده نقشه برداری همچون متر و گونیای مساحی می باشد. همچنین آشنایی با نحوه کار گونیای مساحی در دستور کار این جلسه قرار دارد.

## 3-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه سوم عملیات نقشه برداری

**مساحی****منظور از مساحی**

منظور از مساحی نقشه برداری از قطعات کوچک از زمین است که با استفاده از وسایل ساده ای نظیر متر - ژالن - شاغول - گونیای مساحی - قطب نما - شیب سنج دستی و غیره انجام می گیرد و در آن از حل مسائل ساده هندسی بهره گیری می شود. در مساحی اندازه گیری فاصله نقش اساسی دارد. اخراج خط عمود بر یک امتداد معین - پیاده کردن خطی به موازات خط دیگر، تعیین یک زاویه بدون استفاده از دستگاه زاویه یاب، پیاده کردن محل یک ساختمان بر روی زمین و بالاخره تهیه نقشه زمینهای کم وسعت و تعیین مساحت آنها از نمونه کارهای مساحی است که با استفاده از وسایل ساده فوق انجام می شود زیرا به بررسی برخی از این مسایل می پردازیم:

**تهیه نقشه زمینهای کم وسعت**

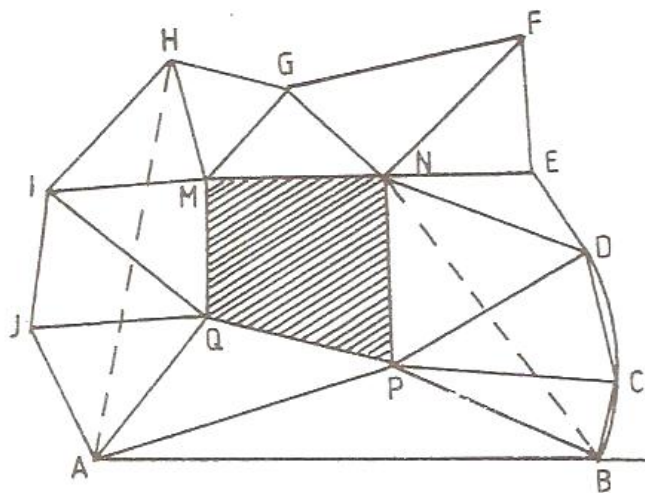
برای تهیه نقشه زمینهای کم وسعت یا پیاده کردن نقشه ای با وسعت محدود معمولاً از یکی از دو روش تشکیل مثلثها و یا خط هادی (اخراج عمود) استفاده می شود.

## الف - روش تشکیل مثلثها

برای برداشت نقاط و یا خطوطی که محدوده قطعه زمینی را تشکیل می دهند و همچنین عوارض موجود در داخل آن ابتدا زمین مورد نظر را شناسایی و علامتگذاری می کنند سپس یک کروکی از محدوده آن و نیز عوارض داخلی آن تهیه می کنند. بر روی کروکی، شکل را به تعدادی مثلث متصل به هم تقسیم می کنند سپس اضلاع کلیه مثلثها را اندازه می گیرند، به این ترتیب فاصله هر نقطه را حداقل از دو نقطه مجاور آن تعیین و این اندازه ها را روی کروکی تقسیم شده وارد می کنند در انتخاب مثلثها باید سعی شود که اضلاع در هر مثلث از نظر طول به هم نزدیک باشند. یک ضلع از این مثلثها مثل AB را به عنوان ضلع مبنا انتخاب و با توجه به مقیاس، آن را روی برگه تصویر منتقل می کنند. سپس به مرکز A و به شعاع AC یک قوس و به مرکز B و شعاع BC قوس دیگری زده می شود نقطه C محل برخورد این دو قوس موقعیت نقطه C را در نقشه تعیین می کند. به همین ترتیب سایر نقاط بر روی نقشه پیاده می شوند. برای جلوگیری از بروز اشتباه و همچنین برای کنترل خطاهای اندازه گیری و ترسیم نقشه معمولاً علاوه بر اندازه گیری اضلاع مثلثها بعضی از قطرهای نظیر NB و HA و ... را نیز اندازه گیری می کنند و آن را با اندازه های ترسیمی برای تعیین میزان دقت کار مقایسه می کنند.

برای قسمتهای قوسی شکل هر یک از این خطوط را با انتخاب تعداد معینی نقطه بر روی آن به قسمتهای کوچک مستقیم الخطی تبدیل می کنند به نحوی که اختلاف بین قوس و وتر در هر یک از قسمتها قابل چشمپوشی باشد، شکل (۴-۱۹).  
برای محاسبه مساحت شکل از رابطه

$$A = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$



شکل (۴-۱۹)

(که در آن a و b و c اضلاع مثلث و p نصف محیط آن است) مساحت هر مثلث جداگانه محاسبه شده و در آخر کار با هم جمع می شوند.

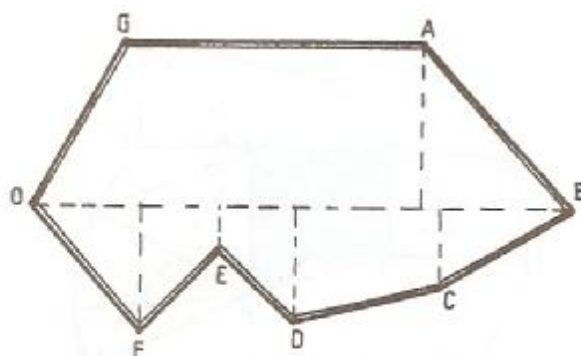
## ب روش استفاده از خط هادی

در این روش خطی را که در امتداد بلندترین طول زمین قرار دارد و به عنوان محور یا خط هادی انتخاب می کنند و روی زمین علامت می زنند. این خط باید به گونه ای انتخاب شود که فواصل نقاط رئوس زمین تا آن حتی المقدور کوتاه باشد و به علاوه در قسمت مسطحی قرار داشته باشد تا کار اندازه گیری فواصل راحت تر و سریعتر صورت بگیرد.

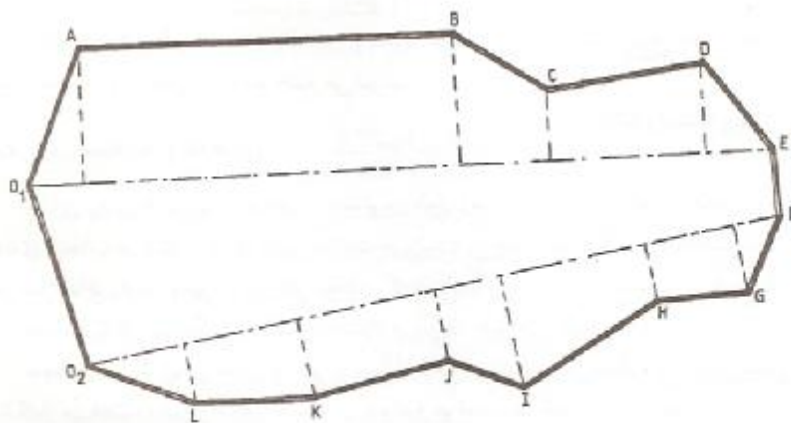
نقطه ای مثل O از این محور به عنوان مبدأ انتخاب می شود سپس نقاطی که رئوس شکل را تشکیل می دهند روی این محور تصویر می شوند و موقعیت هر نقطه با طول عمودی آن نقطه از محور و نیز فاصله پای عمود از نقطه O مشخص می شود، پس از اتمام کار اندازه گیری، این محور را روی صفحه تصویر پیاده می کنند. سپس هر یک از فواصل فوق را به مقیاس تبدیل کرده و با توجه به کروکی ترسیم شده نقاط برداشت شده را بر روی نقشه منتقل می کنند، شکل (۴-۲۰). در صورتی که وسعت منطقه زیاد باشد برای جلوگیری از اندازه گیریهای طولانی می توان از دو یا چند هادی استفاده کرد ولی این خطوط باید قبلاً وضعیتشان نسبت به هم دقیقاً معلوم شود تا در کار انتقال آنها به نقشه مشکلی پیش نیاید، شکل (۴-۲۱).

برای تعیین مساحت شکل کافی است مساحت های دوزنقه ها و مثلث های تشکیل شده را محاسبه و با هم جمع کنیم.





شکل (۲۰-۳)



شکل (۲۱-۴)

یکی از روشهای تعیین نقطه پای عمود روی خط هادی استفاده از منشور مساحی (گونبای مساحی) است که در ادامه ساختار و نحوه استفاده از آن معرفی می گردد.

### گونبای مساحی

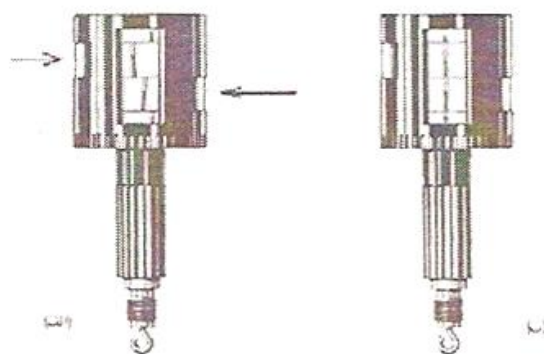
چنانچه در امتدادگذاری، احتیاج به امتدادهای عمود بر هم باشد. از گونبای مساحی استفاده می شود. البته کاربرد گونبای مساحی فقط به عنوان تعیین زوایای قائم نمی باشد، بلکه می توان در موارد زیر از آن استفاده نمود:

۱. امتداد یک خط مستقیم را تعیین نمود.
۲. امتدادهای  $۳۰^{\circ}$ ،  $۴۵^{\circ}$  و  $۶۰^{\circ}$  را نسبت به هم تعیین نماییم.
۳. از نقطه ای خارج یک خط، عمودی بر آن وارد نماییم.
۴. از نقطه ای روی یک خط، عمودی بر آن خط اخراج کنیم.
۵. قوس های دایره ای را پیاده نماییم.



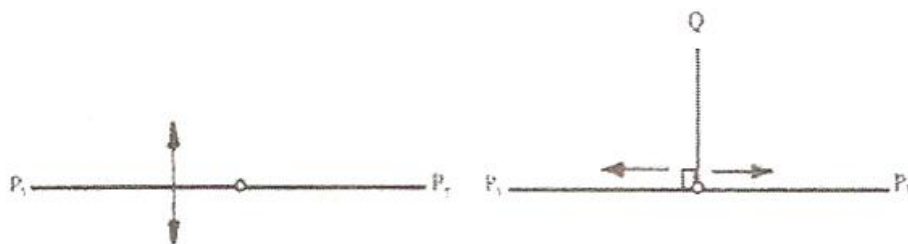
### اخراج و فرود عمود با منشور مساحی

برای این منظور ابتدا نقاط  $P_1, P_2$  را به وسیله ی ژالنهایی مشخص می کنیم (شکل ۷-۱۱). برای فرود عمود، منشور مساحی را که بر روی میله ای نصب یا مانند شاقولی از سقف آویزان است، در محل تقریبی پایه ی عمود مستقر می کنیم. بطوریکه از قسمت سمت راست، نقطه  $P_2$  و از قسمت سمت چپ منشور، در یک راستا دیده شوند. سپس آنقدر ژالون سوم را در نزدیکی خط عمود جابجا می کنیم تا هر سه ژالون در داخل منشور مساحی، در یک راستا دیده شوند. در این صورت نقطه سوم، نقطه  $Q$  است.

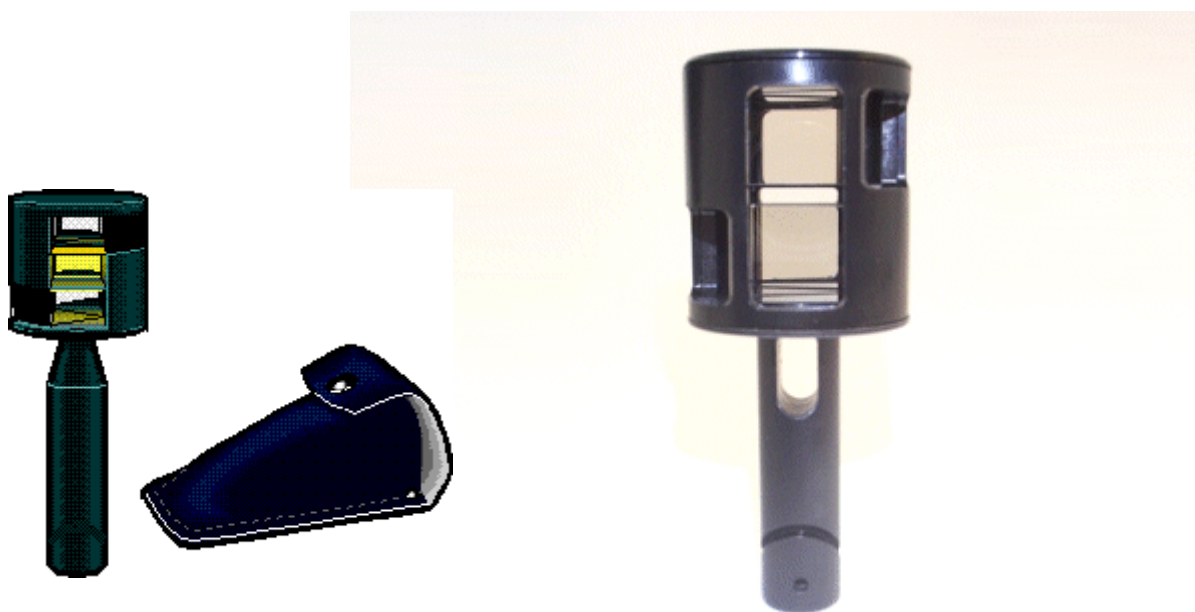
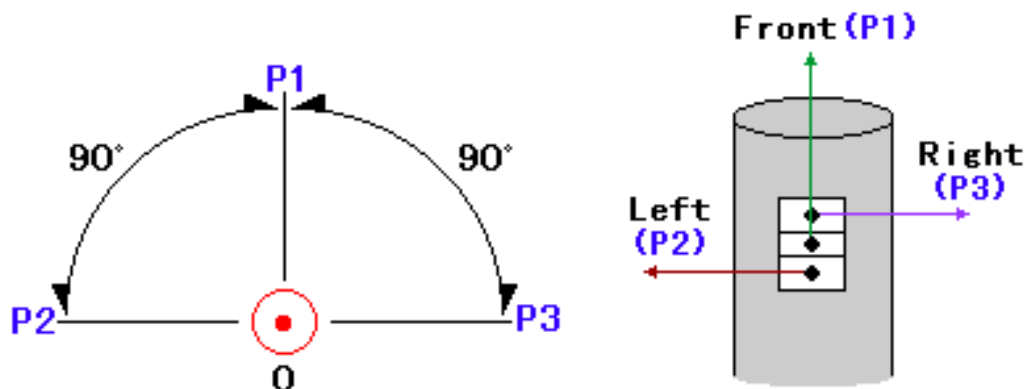


شکل (۷-۱۰): اخراج و فرود عمود با گونیا یا منشور مساحی

برای وارد کردن عمود بر یک امتداد، مطابق شکل (۷-۱۱) امتداد منشور مساحی را آنقدر در جهت بالا و پائین جابجا می کنیم تا دو ژالون  $P_1$  و  $P_2$  را از شکاف های جانبی، در یک راستا ببینیم. سپس در همان امتداد آنقدر به چپ و راست منتقل می شویم تا ژالون سوم را از شکاف مقابل، در امتداد دو ژالون دیگر ببینیم. در این صورت نقطه پای عمود روی امتداد مورد نظر بدست می آید.



شکل (۷-۱۱): فرود عمود با گونیا یا منشور مساحی



### 3-3- در این جلسه انتظار میرود :

زمینی را به شکل 5 ضلعی نا منظم با پیکه کوبی بر روی زمین مشخص کنید. نقشه این زمین را با سه روش تهیه و ترسیم خواهیم نمود. یک بار یک نقطه مرکزی در میان زمین اختیار کنید. سپس فاصله نقطه ایجاد شده تا رئوس 5 ضلعی و اضلاع 5 ضلعی را متر کشی کنید. با تعیین یکی از امتداد ها در جهت شمال، نقشه رئوس را با مقیاس مناسب ترسیم کنید.

بار دوم زمین را بین رئوس آن مثلث بندی نموده و تمام اضلاع مثلث ها را همانطور در تئوری دستور کار نیز توضیح داده شد، متر کشی کنید. نقاط مورد نظر را با این روش نیز با مقیاس قبلی ترسیم کنید.

در روش سوم یک خط هادی در مجاورت زمین 5 ضلعی، میخکوبی کنید. یا کمک گونیای مساحی پای عمود 5 رأس قطعه زمین را بر روی خط هادی میخکوبی کرده و مختصات قائم الزاویه رئوس زمین 5 ضلعی را نسبت به ابتدای خط هادی با کمک متر اندازه گیری نمایید. مختصات حاصل از رئوس زمین با این روش را نیز با مقیاس قبلی بر روی کاغذ سوم ترسیم کنید.

در دو روش اول با رابطه ذکر شده در تئوری دستور کار (فرمول هرون)، مساحت زمین را با جمع کردن مساحت مثلث های ایجاد شده بدست آورید. در روش سوم مساحت زمین را با استفاده از مختصات رئوس و کمک فرمول گوس (فرمول زیر) بدست آورید. نتایج را مقایسه کنید. همچنین سه نقشه ترسیم شده از زمین با روشهای مختلف را بر هم منطبق کرده و نتیجه را بررسی کنید.

مختصات رئوس زمین از قرار زیر معلوم می باشد.

$$\begin{array}{cccc} A \begin{array}{|l} X_A \\ Y_A \end{array} & B \begin{array}{|l} X_B \\ Y_B \end{array} & C \begin{array}{|l} X_C \\ Y_C \end{array} & D \begin{array}{|l} X_D \\ Y_D \end{array} \\ \hline \frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} & \frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} & \frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} & \frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} \end{array} \quad (12-22)$$

با توجه به آرایش صورت گرفته، مساحت به سهولت بدست می آید.

$$\boxed{\text{مساحت} = \frac{1}{2} \left[ (\text{مجموع حاصل ضرب خطوط منقطع}) - (\text{مجموع حاصل ضرب خطوط منتهی}) \right]}$$

یعنی:

$$S = \frac{1}{2} \left[ (Y_A X_B + Y_B X_C + Y_C X_D + Y_D X_A) - (Y_B X_A + Y_C X_B + Y_D X_C + Y_A X_D) \right]$$

### 3-4- تجهیزات مورد نیاز

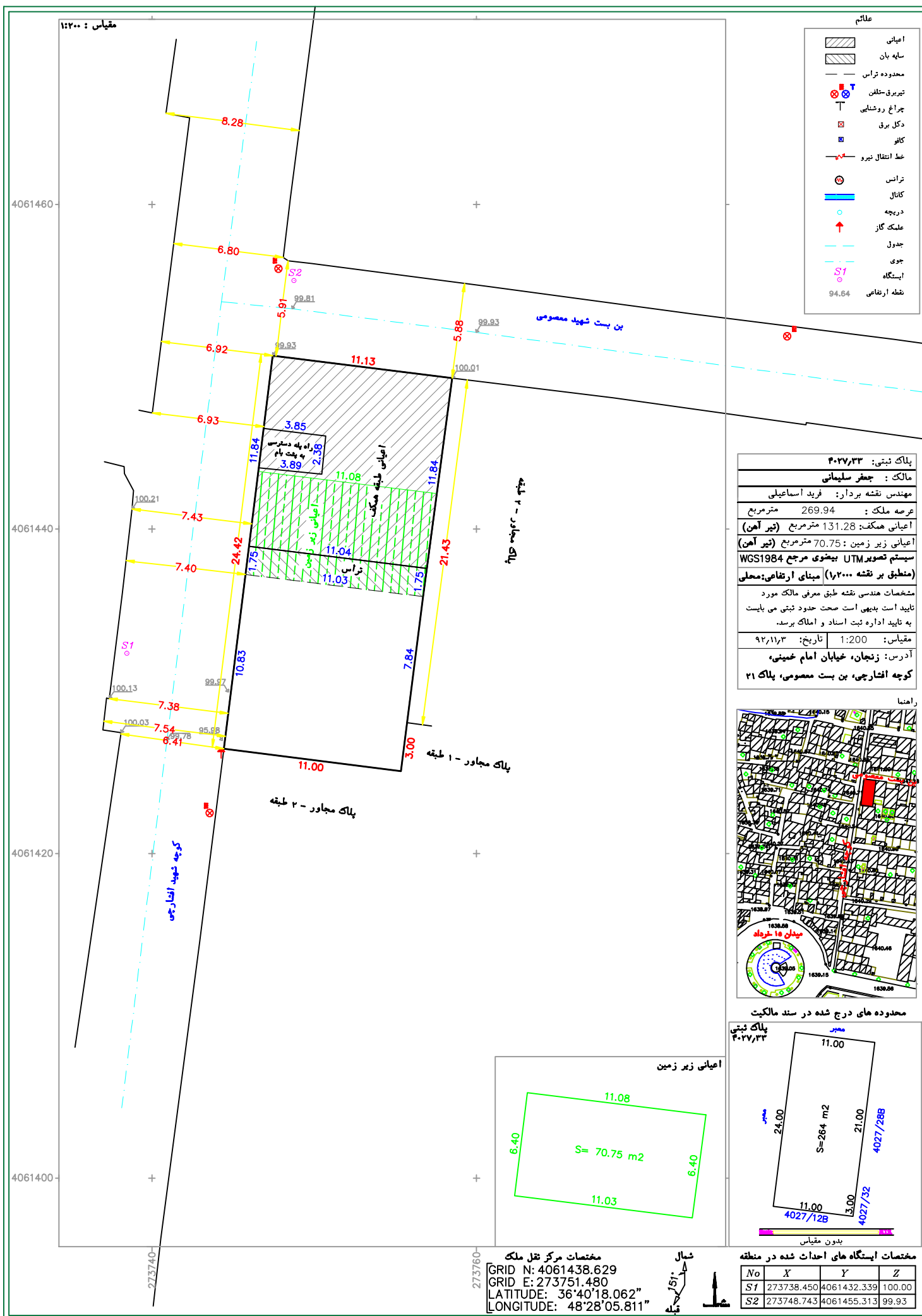
1- متر فلزی 30 متری، برای هر گروه یک عدد

2- ژالون و تراز نبشی 3 عدد

3- پیکه چوبی به تعداد

5- چکش یا پتک دو عدد برای کل گروه ها

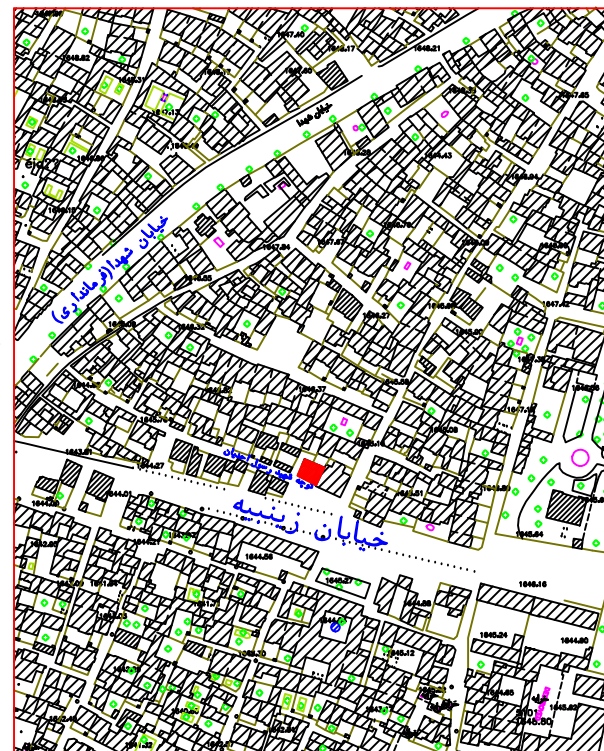
6- گونیای مساحی



علائم

	ترانس		اعیانی
	کانال		سایه بان
	دریچه		محدوده ترانس
	علمک گاز		تیربرق-تلفن
	جدول		چراغ روشنایی
	جوی		دکل برق
	ایستگاه		کافو
94.64	نقطه ارتفاعی		خط انتقال نیرو

راهنما



آدرس: زنجان، خیابان زینبیه

کوچه شهید رسول احدیان، پلاک ۳

نام مالک: آقای محمد ولی نژادیان

پلاک ثبتی:

۲۸۸۳/۱ اصلی بخش یک زنجان

مساحت عرصه: ۱۹۱/۱۲ متر مربع

مساحت اعیانی: ۹۷/۶۷ متر مربع

مقیاس: ۱:۳۰۰

تاریخ: ۸۸/۳/۲۲

ایستگاههای نقشه برداری

NO	X	Y	Z
S1	1000.00	1000.00	100.00
S2	1005.296	1020.886	100.48



محدوده ملک، ابعاد و اندازه طبق اظهارات مالک برداشت و ترسیم شده است  
این نقشه طبق لژاند استاندارد سازمان نظام مهندسی ساختمان استان زنجان تهیه شده است

#### 4- فصل چهارم

دستور کار جلسه چهارم :

ترازیابی مستقیم بین 2 نقطه به صورت رفت و برگشت و محاسبه خطا، مقایسه با خطای  
ماکزیمم و سرشکنی ارتفاعات

## 4-1- مقدمه

در این جلسه کار با دستگاه تراز یاب را آغاز می کنیم. برای هدفمند نمودن آموزش تراز یابی با نیوو، بین دو نقطه را به روش مستقیم با دوربین تراز یاب، به صورت رفت و برگشت تراز یابی خواهیم نمود. با توجه به اینکه در پروژه این جلسه ما تراز یابی را از یک نقطه شروع کرده و به همان نقطه نیز باز خواهیم گشت، پس از محاسبه ارتفاع نقاط، محاسبه مقدار خطا نیز مد نظر است. در صورتی که این مقدار خطا کمتر از مقدار ماکزیمم آن باشد، باید آن را بین ارتفاع ایستگاه ها سرشکن کرده و ارتفاع تصحیح شده نهایی را برای رئوس شبکه بدست آورید. در صورت غیر مجاز بودن خطا باید تراز یابی را مجدداً انجام دهید.

## 4-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه چهارم عملیات نقشه برداری

## ترازیابی

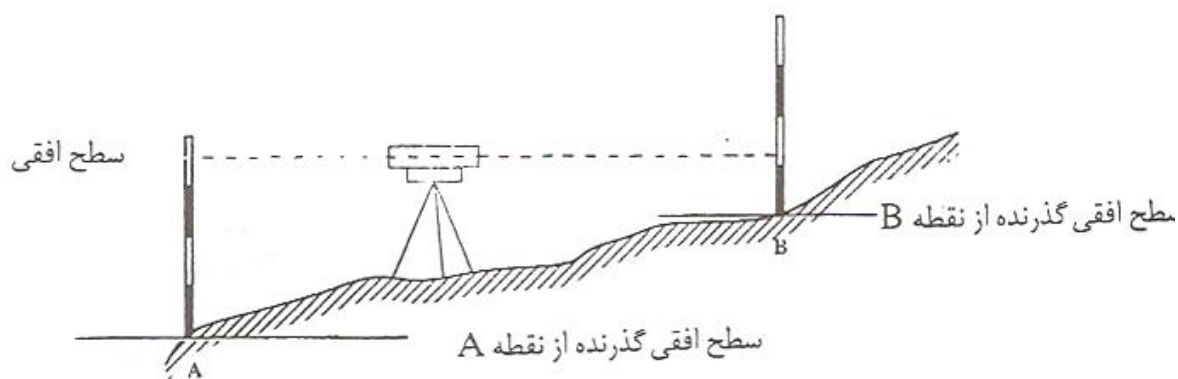
کلیه عملیات و محاسباتی که منجر به مشخص نمودن ارتفاع نقاط یا اختلاف ارتفاع بین نقاط شود را تراز یابی گویند. تراز یابی به زبان فرانسوی (Nivellement) و به زبان انگلیسی (Levelling) گفته می شود.

مشخص است که به سبب بزرگی فواصل میان نقاط و اختلاف ارتفاع اشان، تعیین نمودن اختلاف ارتفاع یک نقطه در دهانه بزرگ ممکن نمی باشد و باید این کار در مراحل مختلف با انتخاب نقاط واسطه ای صورت گیرد، از این رو تعیین اختلاف ارتفاع مطلق یا نسبی یک نقطه نسبت به سطح تراز، به تعیین اختلاف ارتفاع آن ها نسبت به نقاط معلوم منجر می گردد. به همین سبب در تراز یابی بیشتر به تعیین اختلاف ارتفاع بین نقاط پرداخته می شود. تعیین اختلاف ارتفاع در کلیه پروژه های فنی و مهندسی از قبیل راه سازی، راه آهن، حفر تونل های معدن و ... امری ضروری می باشد.



## ترازیابی با دوربین

برای آنکه عملیات ترازیابی با سرعت بیشتر و با دقت و به آسانی انجام شود از وسایل و دستگاههای مخصوصی استفاده می شود. بر روی دوربین های نقشه برداری، ترازیابی وجود دارد که موجب می شود ترازیابی در حالت کاملاً افقی قرار گیرد. با این دستگاه می توان یک سطح هندسی افقی در فضا ایجاد نموده و با اندازه گیری فاصله این سطح تا سطح افقی گذرنده از دو نقطه معلوم بر روی زمین، اختلاف ارتفاع این نقاط به دست می آید.



برای خواندن و محاسبه اختلاف ارتفاع از یک وسیله مخصوص که به آن شاخص (میر) می گویند، استفاده می گردد.

روش محاسبه اختلاف ارتفاع توسط دستگاه ترازیاب و میر (شاخص) را ترازیابی هندسی می نامند. در زبان انگلیسی، ترازیاب دوربین دار را (Level) و در زبان فرانسوی (Niveau) نیو می نامند.

در ایران کلمه نیو بیشتر رایج بوده و کار با نیو برای مشخص نمودن ارتفاع نقاط را نیولمان (nivell ment) می نامند.

از ترازیابهای ساده در حد کارهای عمومی ساختمان استفاده می شود.

### وسایل مورد نیاز در ترازیابی

برای ترازیابی و مشخص کردن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه از لوازم زیر استفاده می‌شود:

۱- دو عدد شاخص ۲- دو عدد تراز نبشی ۳- یک عدد سه پایه ۴- یک دستگاه تراز یاب



شکل ۴-۲۸: وسایل مورد نیاز ترازیابی

### وسایل ترازیابی با دوربین

۱. دوربین ترازیابی: اجزاء تراز یاب را می‌توان در سه بخش مورد توجه قرار داد:

الف. بخش زیرین یا بخش ثابت دستگاه: این بخش شامل قسمت‌های زیر است:

سه پایه و شاغول وزنه‌ای، پیچ بسته شدن تراز یاب روی سه پایه، پیچهای تنظیم تراز کروی و دایره مدرج افقی. (دایره مدرج به‌طور معمول ثابت بوده و قسمت‌های متحرک دستگاه روی آن می‌چرخند ولی در گاهی اوقات در تعدادی دستگاهها این امکان به آن داده شده است که درجه

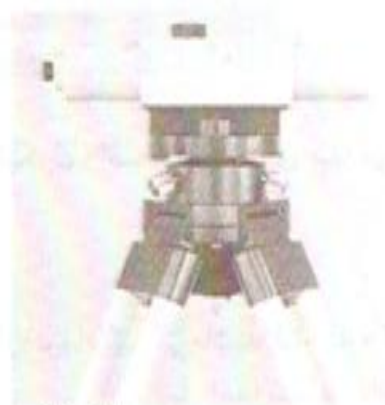
صفر آن را بتوان به کمک دست در امتداد خاصی قرار داد). تعبیه شاغول و دایره مدّرج برای قرائت احتمالی زاویه با دقت کم می باشد.

ب. بخش میانی: شامل تراز کروی، آینه یا منشور تراز کروی برای بهتر دیدن تصویر حباب، تراز لوله ای (لوبیایی)، منشورهای تراز لوله ای و چشمی مخصوص رؤیت تصویر حباب آن، پیچ دوران ارتفاعی برای تنظیم تراز لوله ای (لوبیایی)

ج. بخش بالایی: تلسکوپ و وسایل قراولروی جزو این قسمت محسوب می شوند. دوربین های تراز یابی دارای جعبه های مخصوص می باشند که آنها را در برابر ضربات احتمالی محافظت نموده و همچنین موجب می شود که جابجا نمودن دوربین به آسانی انجام شود.



Topcon AT-G6



Zeiss NI21



Pentax



Wild NA-2

## اجزاء متشکله تراز یاب

### ۱. مگسک قراولروی

برای آن که توسط دوربین به سمت یک نقطه نشانه روی کنیم در ابتدای شروع انجام کار به

کمک مگسک به سمت نقطه مورد نظر نشانه روی می کنیم. در این حالت نقطه مورد نظر از داخل دوربین قابل مشاهده می باشد.

## ۲. پیچ تنظیم تصویر (وضوح تصویر)

بعد از نشانه روی به یک نقطه، برای آن که بتوان تصویر آن را بصورت واضح مشاهده کنیم از این پیچ استفاده می گردد. استفاده نمودن از این پیچ موجب می گردد که تصویر به سرعت و خیلی خوب واضح شود.

## ۳. پیچ حرکت کنند

برای حرکت دادن دوربین به طور آرام از این پیچ استفاده می شود. استفاده نمودن از این پیچ موجب می گردد که دوربین با دقت بیشتری به سمت یک نقطه نشانه روی نماید.

## ۴. میکروسکوپ قرائت

با پیچاندن این میکروسکوپ، تصویر تارهای رتیکول واضحیت بیشتری پیدا می کنند.

## ۵. دکمه کمپانساتور

این دکمه در دوربین های اتوماتیک که دارای تراز اتوماتیک می باشند قرار دارد که قبل از قرائت نمودن، دکمه را باید بفشاریم.

## ۶. منشور نشان دهنده تراز کروی

به کمک این منشور می توان تراز کروی را به راحتی مشاهده نمود.

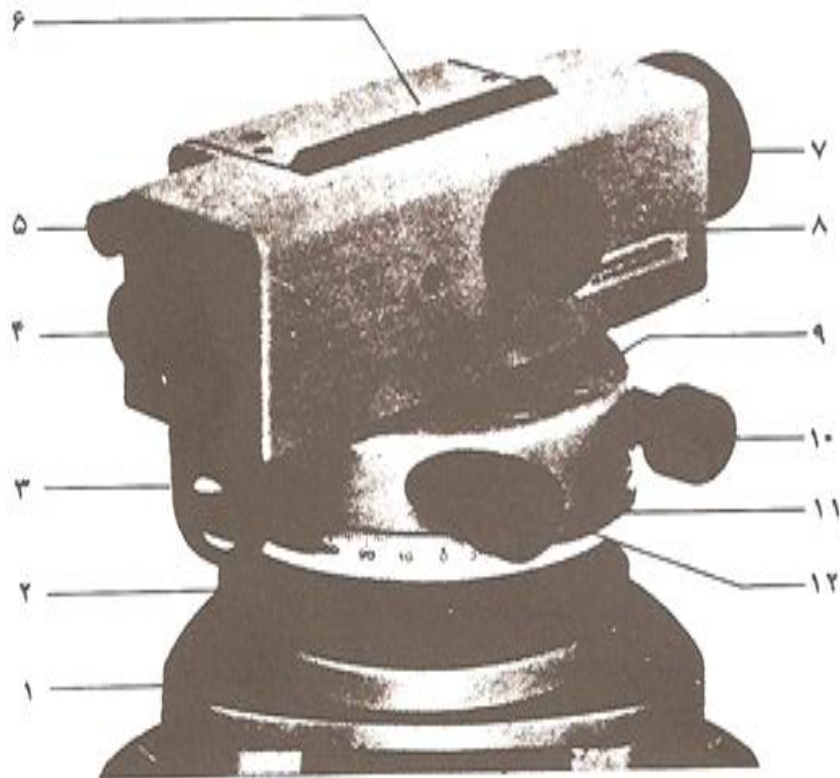
## ۷. پیچ های تراز

در زیر دوربین، سه عدد پیچ قرار دارد که به کمک آنها می توان حباب تراز کروی را تنظیم نمود.

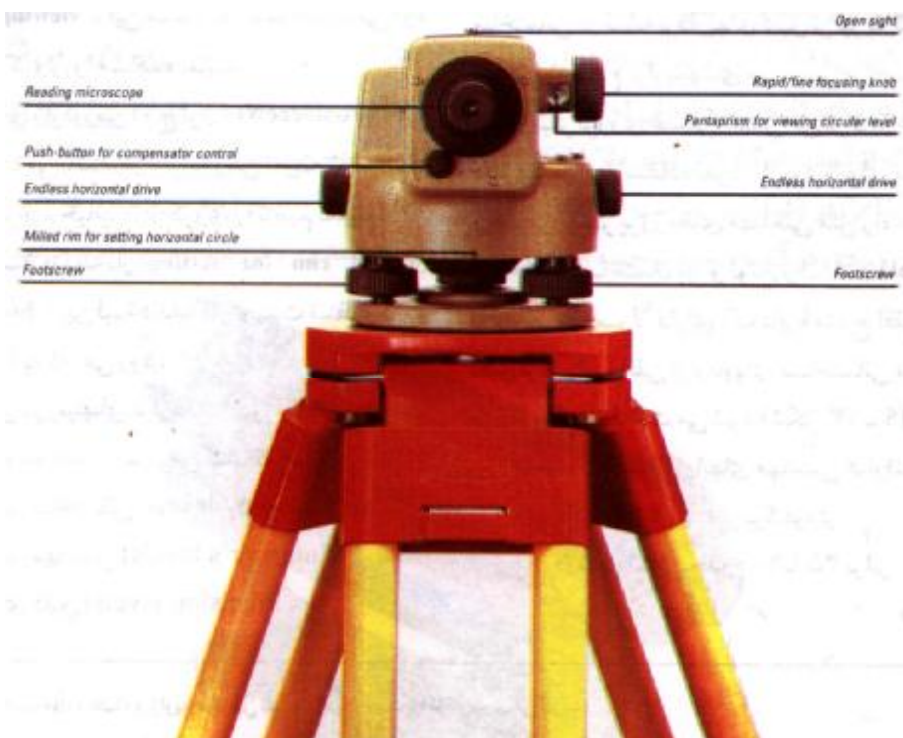
## ۸. لبه دندانه دار

برای تنظیم نمودن دایره افقی (نقاله افقی) از آن استفاده می شود.





اجزای تراز یاب NK<sub>1</sub> ویلد



- ۱ - بیس
- ۲ - پیچهای تراز
- ۳ - ذره بین برای قرائت اعداد لمب افقی
- ۴ - چشمی دوربین
- ۵ - چشمی تراز لوبیایی
- ۶ - دستگاه نشانده روی
- ۷ - عدسی شیئی
- ۸ - پیچ تنظیم تصویر
- ۹ - تراز کروی
- ۱۰ - پیچ حرکت کند دستگاه
- ۱۱ - لمب افقی مدرج
- ۱۲ - گیره توقف دستگاه

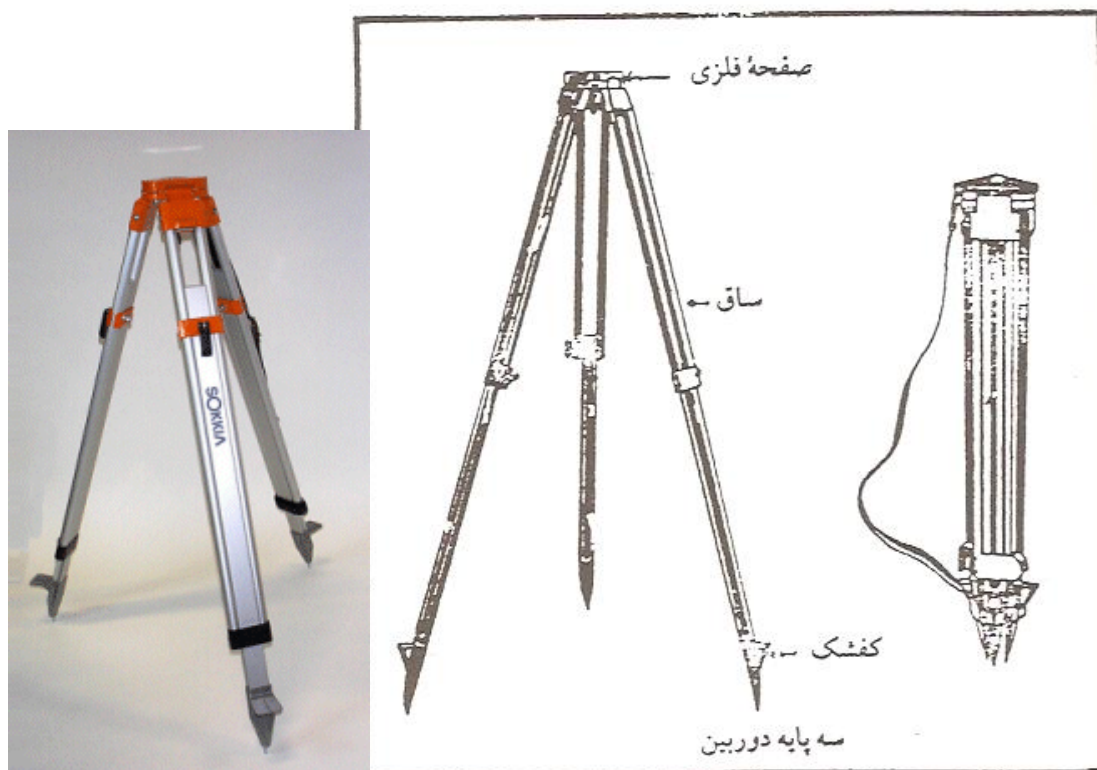
## ۲. سه پایه دوربین

برای مستقر نمودن دوربین ترازباب بر روی یک نقطه مشخص بطور معمول آن را روی یک سه پایه (tri poods) قرار می دهند. سه پایه وسیله ای است که دوربین ترازباب را بر روی آن نصب می کنند. بر روی هر پایه، پیچی در نظر گرفته شده است که می توان به کمک آن طول پایه ها را کوتاه یا بلند نمود.

سه پایه از قسمتهای زیر تشکیل می شود:

صفحه فلزی که پایه ها بوسیله لولایی به آن وصل می باشند و به کمک همین لولاها، سه پایه قابل باز و جمع شدن می باشد. صفحه مسطح نامبرده شده به شکل دایره یا مثلث است. در وسط این صفحه، پیچی در نظر گرفته شده است که به کمک آن می توان دوربین ترازباب را به سه پایه محکم نمود. به این پیچ می توان یک شاقول آویزان نموده تا محل استقرار سه پایه را بصورت کاملاً دقیق مشخص کند.

در موقع استفاده نمودن از سه پایه بهتر است که این وسیله بگونه ای قرار داده شود که صفحه آن بصورت افقی قرار گیرد. بعضی از سه پایه ها در صفحه هایشان دارای تراز می باشند.

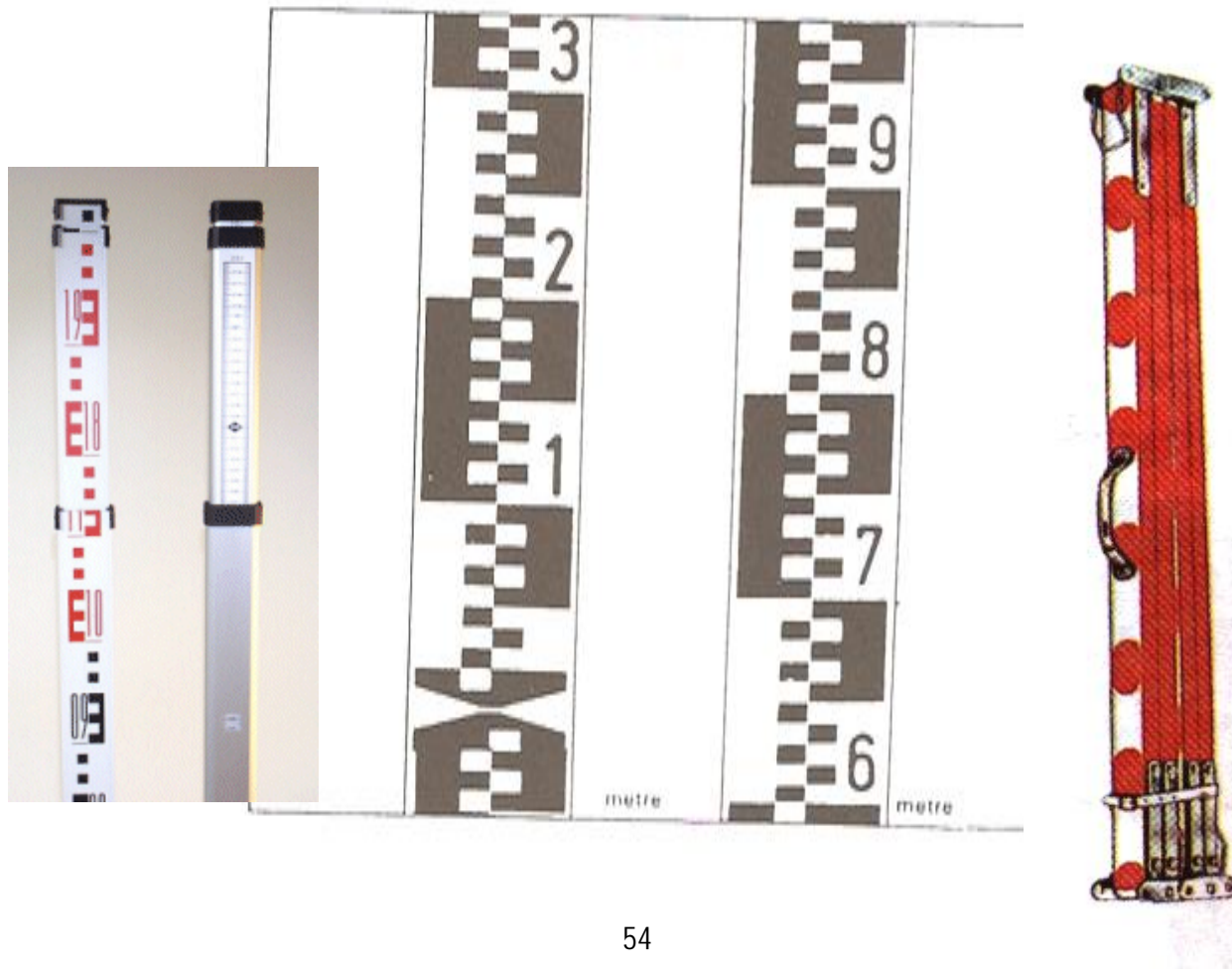


ساق سه پایه از جنس چوب و یا فلز می باشد. کفشک در پایین ساق قرار دارد و جنس آن از فلز و بصورت نوک تیز می باشد تا به آسانی داخل زمین فرو رود. ساق سه پایه ها می تواند بصورت یک تکه و یا کشویی باشد.

ارتفاع سه پایه باید به اندازه ای باشد که پس از نصب نمودن تراز یاب بر روی آن، نقشه بردار به خوبی بر آن مسلط باشد. ارتفاع سه پایه باید متناسب با قد نقشه بردار تنظیم گردد.

### ۳. میر Mire (شاخص)

یک طرف شاخص که در واقع پشت آن است، یک دست رنگ شده و در سمت دیگر آن یعنی روی شاخص، با دو رنگ متضاد درجه بندی شده و بطور معمول سانتی مترها را درجه بندی کرده اند و دسیمترها را با عدد روی آن حک نموده اند. وجود این علامتها و درجه بندی ها موجب می شود که اعداد روی شاخص با سرعت و دقت بیشتری قرائت گردد. شاخص ها را نیز بصورت کشویی در بازار عرضه می کنند. که داخل هم فرو رفته و جمع می گردند. در محل هایی که دارای ارتفاع کمی می باشند باید از شاخص هایی که قطعات آنها بصورت جداشونده می باشد استفاده نمود.

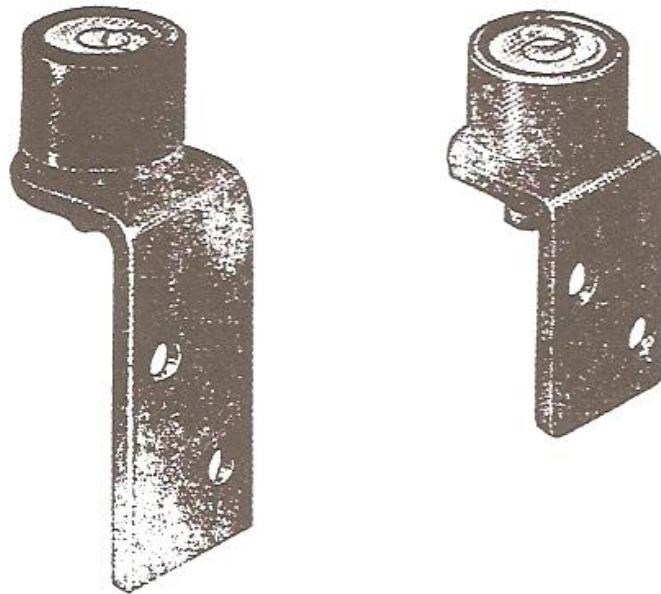




## طرز کار با شاخص

شاخص باید بحالت قائم نگه داشته شود و اعداد آن به طرف دوربین باشد. بدین منظور، شخصی که شاخص را حمل می کند باید شاخص را در نقطه مورد نظر گذاشته و پشت شاخص قرار بگیرد و آن را با دو دست نگاه دارد. برای قائم نگهداشتن شاخص از یک تراز کروی استفاده

می شود که در بعضی از انواع شاخص ها در پشت شاخص قرار می گیرد و به راحتی می توان آن را بصورت قائم نگهداشت.



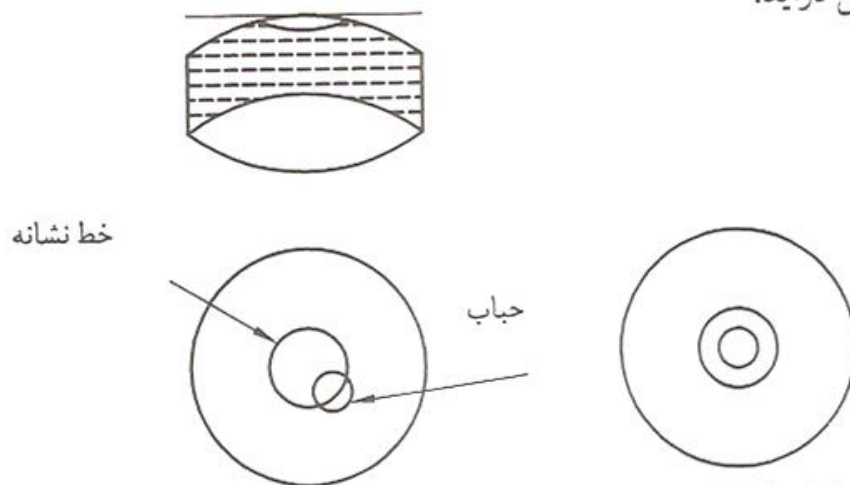
## تراز

برای افقی نمودن یک صفحه یا یک امتداد از تراز استفاده می شود. به کمک تراز می توان خط دید را افقی نموده و یا محور دستگاه را بحالت قائم درآورد. تراز یک حباب شیشه ای می باشد که توسط مایعی حساس مانند الکل پر شده است و فقط به اندازه یک حباب خالی در آن وجود دارد.

## انواع تراز

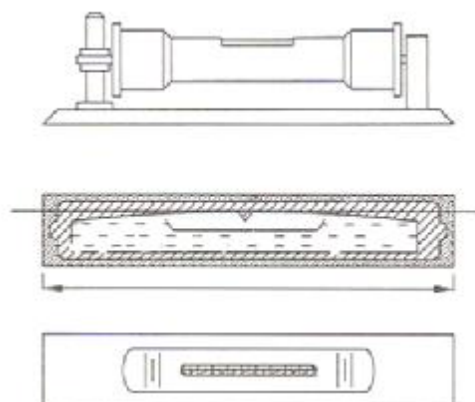
### ۱. تراز کروی (دایره ای)

محفظه این تراز یک استوانه فلزی بوده و سطح فوقانی آن شیشه کروی است و در همه جهات تراز بودن را نشان می دهد. شکل آن از نظر هندسی شبیه عرقچین کروی است که در قسمت بالای آن یک یا چند دایره سیاه رنگ با اختلاف شعاع تقریبی ۲ میلی متر حک شده است تا محل تشکیل حباب و نیز مقدار جابجایی آن مشخص گردد. خط مماس بر عرقچین کروی در راستای محور دیدگانی تلسکوپ را خط هادی تراز می نامند. در تنظیم این نوع تراز در دستگاه های نقشه برداری سعی شده موقعی که حباب در داخل دایره وسطی قرار گرفت تکیه گاهش بحالت افقی درآید.



### ۲. تراز استوانه ای (لوله ای)

تراز استوانه ای از یک لوله تشکیل شده است که در وسط آن یک شیشه مدرج در نظر گرفته شده است و فقط در امتداد محور لوله تراز، عمل تراز کردن را انجام می دهد و دارای حساسیت بیشتری نسبت به تراز کروی است. برای تراز نمودن آن باید حباب در وسط خطوط مدرج قرار گیرد.

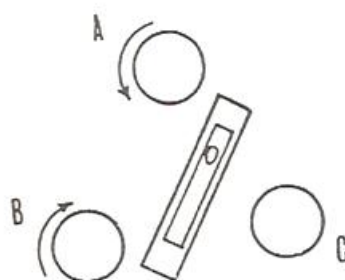


### نحوه تراز نمودن دستگاه

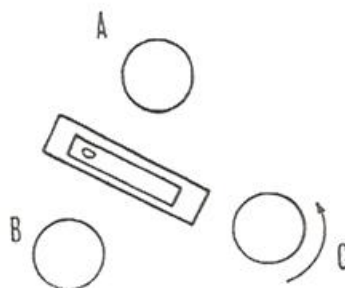
دوربین های نقشه برداری در قسمت تحتانی خود معمولاً ۳ عدد پیچ دارند که به صفحه زیر دوربین در جهت های گوناگون شیب می دهند و دوربین را می توان به کمک آنها تراز نمود. یعنی محور اصلی دوربین را در امتداد «خط شاقولی» قرار داد. سه پیچ تنظیم، مثلث متساوی الاضلاعی را تشکیل می دهند که تنظیم نمودن حباب تراز با پیچاندن آنها میسر می شود.

### الف. تنظیم تراز استوانه ای

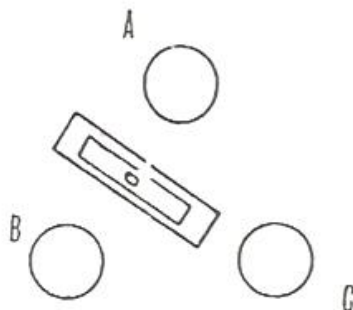
۱. لوله تراز را به موازات دو پیچ (A و B) قرار داده و با چرخاندن دو پیچ نامبرده به سمت داخل یا خارج حباب تراز را به وسط لوله تراز می بریم.



۲. دوربین را به اندازه ۹۰ درجه می چرخانیم (لوله دوربین در جهت پیچ C قرار می گیرد) و با چرخاندن پیچ (C) حباب را به وسط لوله تراز می بریم.

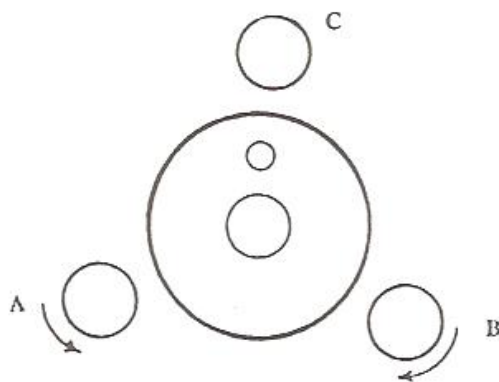


۳. دوباره لوله دوربین را در امتداد پیچ های A و B قرار می دهیم به دلیل چرخاندن پیچ C، دیگر در این وضعیت دوربین تراز نمی باشد. بنابراین یکبار دیگر به کمک دو پیچ (A و B) حباب را وسط لوله تراز برده و این عملیات چندین بار تکرار می گردد تا دیگر احتیاجی به چرخاندن پیچ ها نباشد.



### ب. تنظیم تراز کروی

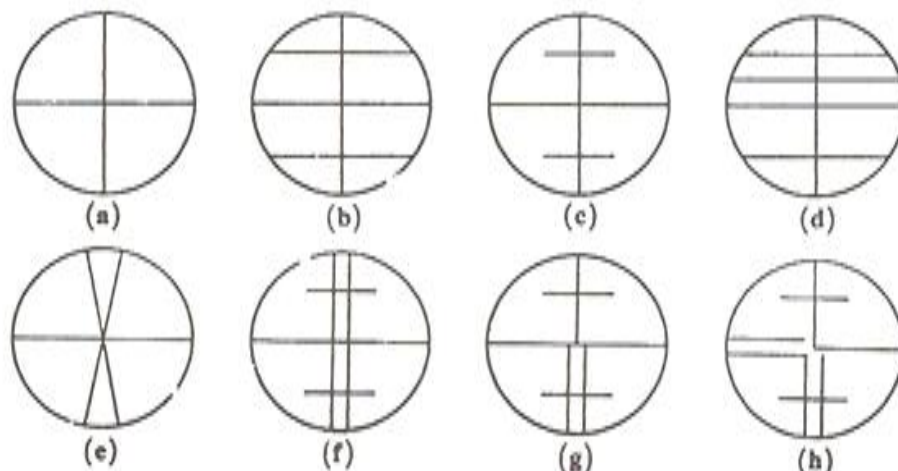
موقعی که دستگاه تراز نباشد حباب تراز کروی در وسط قرار نمی گیرد. برای آن که بتوان حباب تراز را به وسط تراز آورد باید پیچی را که حباب به آن نزدیکتر است در جهتی بچرخانیم که طول پیچ کوتاه شود. در این حال، حباب تراز از آن فاصله می گیرد و به سمت دیگر پیچ ها می رود و به همین صورت باید اقدام نمود تا حباب دقیقاً در وسط تراز قرار گیرد. چنانچه پیچ تراز به اندازه ای پیچانده شود که دیگر نتوان آن را کوتاه نمود در این صورت باید پیچ روبروی آن را در جهتی بچرخانیم که حباب تراز در وسط قرار گیرد.





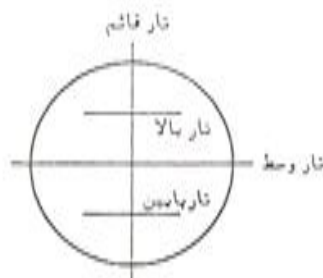
## قرائت شاخص

جهت خواندن تصویر شاخص، نشانه‌های مخصوص در داخل دوربین در نظر گرفته شده که بصورت خطوط مستقیم و منحنی می‌باشد. به این علامات، تارهای رتیکول می‌گویند. رتیکول، صفحه‌ای شیشه‌ای می‌باشد که در داخل لوله دوربین قرار داده شده و بر روی آن یک تار قائم و یک یا چند تار افقی برای نشانه‌روی حک گردیده است که از تارهای بلند افقی و قائم برای تراز یابی استفاده می‌شود.



خط افقی وسط (تار وسط) را خط تراز یابی و خطوط افقی بالا و پایین را خطوط فاصله یابی می‌نامند.

خط افقی دوشقه‌ای (گاز انبری) در برخی مواقع امکان قرائت بهتری را روی شاخص بوجود می‌آورد و خط قائم دوتائی، تطبیق بهتر یک نشانه (جسم) عمودی را بر آن بدست می‌آورد. تارهای عمودی طرفین برای فاصله یابی با شاخص افقی پیش‌بینی شده است.



قبل از شروع نمودن به قرائت شاخص باید یک صفحه سفید (برگ کاغذ) جلوی دوربین نگه داشته و تارهای رتیکول را توسط پیچی که روی عدسی چشمی قرار دارد برای چشم خود کاملاً تنظیم کنیم تا آنها را بصورت واضح رؤیت نماییم. اقدام نمودن به این کار بسیار ضروری می‌باشد زیرا در غیر این صورت در موقع مشاهده شاخص، تصویر تارها بصورت دوگانه دیده می‌شود و عمل اندازه‌گیری همراه با خطاء و اشتباه می‌باشد.

پس از تنظیم نمودن تصویر تارهای رتیکول، نقشه بردار به طرف شاخص مورد نظر نشانه روی می کند. برای این کار در ابتدا به کمک مگسک که در بالای دوربین قرار دارد نگاه کرده و با دست، ترازباب را به سمت شاخص می چرخاند. اکنون تصویر شاخص را می تواند توسط پیچ تنظیم تصویر بصورت واضح رؤیت کند.

نقشه بردار باید تارهای رتیکول را بر شاخص منطبق نماید به گونه ای که تار بلند قائم دقیقاً در امتداد شاخص و در وسط آن قرار گیرد. نقشه بردار می تواند با استفاده از پیچ حرکت گُند دوربین را به آرامی بچرخاند و تار قائم را بر وسط شاخص منطبق نماید.

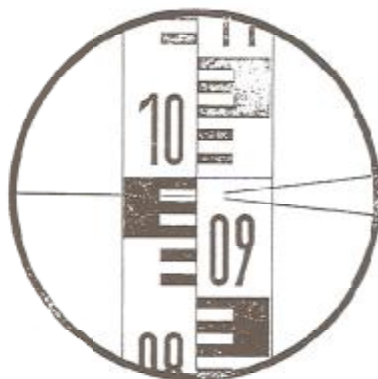
بعد از منطبق نمودن تار قائم بر وسط شاخص، می توان اندازه های روی شاخص را قرائت نمود.

به عنوان مثال برای خواندن تار وسط در شکل زیر بدین صورت اقدام می کنیم:



عدد  $2/7$  بر حسب متر می باشد که می گوئیم ۲۷. بعداً خطوط سانتی متر را می شماریم. یک خط سانتی متر وجود دارد و خورده های آن تقریباً برابر  $0/6$  می باشد که عدد قرائت شده برابر ۲۷۱۶ میلی متر می باشد.

تار وسط در شکل زیر برابر ۹۸۵ میلی متر می باشد.



### روش کار تراز کردن دستگاه تراز یاب و قرائت شاخص

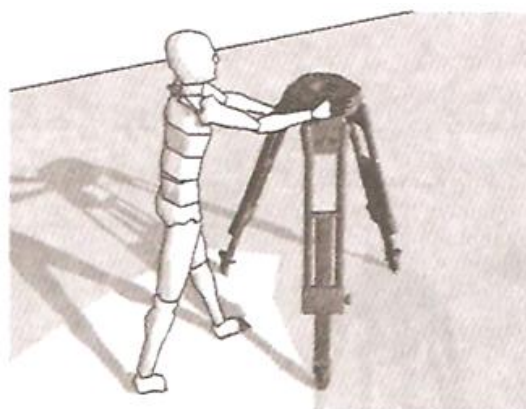
برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه مورد نظر، شاخصها را در محل های مورد نظر مستقر کرده و آنها را توسط تراز نبشی که روی شاخص سوار می شود کاملاً به صورت عمود بر زمین قرار می دهیم.



شکل ۴-۲۹

شخصی که قرار است پشت دستگاه تراز یاب قرار بگیرد سه پایه را نسبت به قد خود تنظیم نموده و آن را روی زمین محکم کرده و سعی می کند سطح سه پایه را تقریباً افقی در روی زمین قرار دهد.

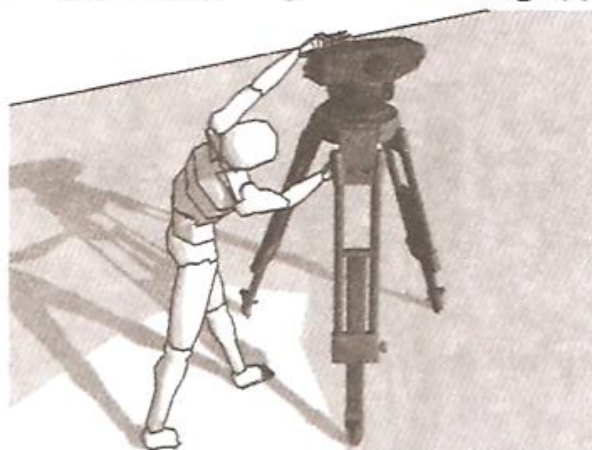




شکل ۴-۳۰

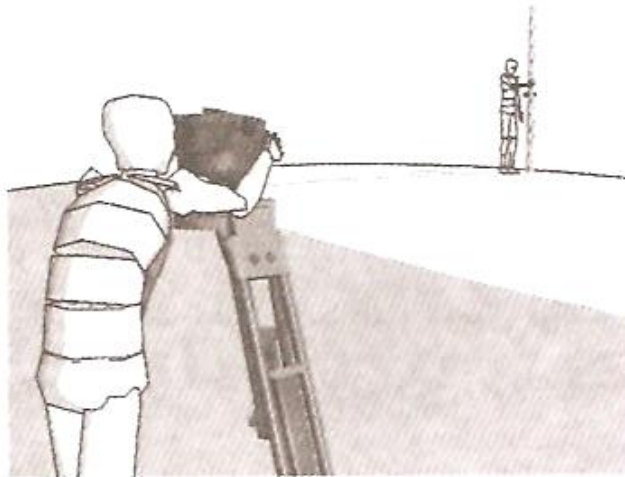
سپس دوربین را با احتیاط از ظرف مخصوصش بیرون آورده و روی سه پایه قرار داده و توسط پیچ مخصوصی که در زیر سه پایه وجود دارد آن را به سه پایه محکم کرده و برای تراز کردن دستگاه از پیچهای تراز کروی استفاده می‌شود به طوری که حباب داخل تراز کروی در مرکز آن ثابت شود.

لازم به ذکر است که فواصل مفید دوربین ها جهت قرائت شاخصها متفاوت بوده و عموماً 50 الی 60 متر می باشد. قابل ذکر است که دستگاههای تراز یاب قادر هستند فاصله های بیش از این را هم ببیند ولی در فواصل زیاد دقت خواندن ارقام روی شاخص کمتر خواهد شد، لذا برای افزایش دقت عملیات تراز یابی باید فاصله شاخص تا دوربین بیش از 50 یا 60 متر نباشد.



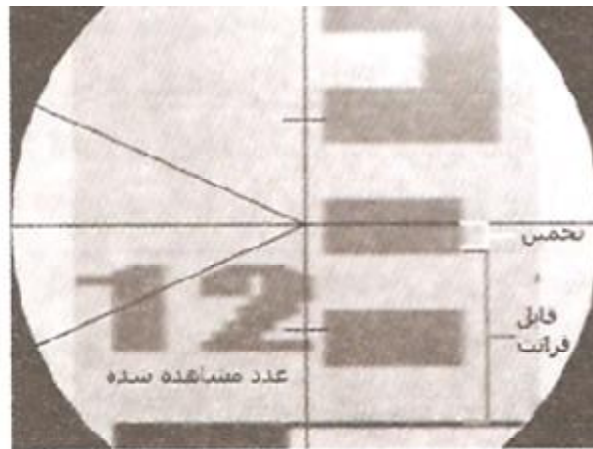
شکل ۴-۳۱

سپس به وسیله مگسک دستگاه تراز یاب به طرف شاخص نشانه روی کرده سپس از چشمی به شاخص نگاه کرده و توسط پیچ فکوس وضوح تصویر را تنظیم می نماییم و توسط پیچهای مخصوص گردش دوربین، مرکز دید دوربین را درست روی شاخص تنظیم می کنیم. حال عدد روی شاخص را قرائت می کنیم.

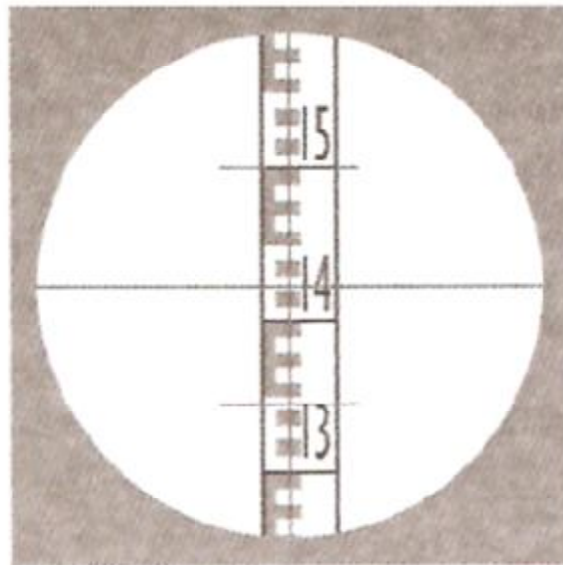


شکل ۴-۳۲

برای قرائت دقیقتر و به منظور واضحتر کردن تصویر از پیچ فوکوس استفاده می‌کنیم و قبل از قرائت شاخص دکمه مربوط به تراز کمپانساتور را برای قرائت دقیقتر فشار می‌دهیم. نحوه قرائت هم به این صورت است که عددی را که مشاهده می‌شود را قرائت کرده و بعد قسمتهائی را که به صورت یک در میان رنگ شده‌اند را شمرده و در نهایت عدد بعد از آن را تخمین می‌زنیم. به عنوان مثال رقوم قرائت شده در شکل ۴-۳۳ برابر 1236mm خواهد بود.



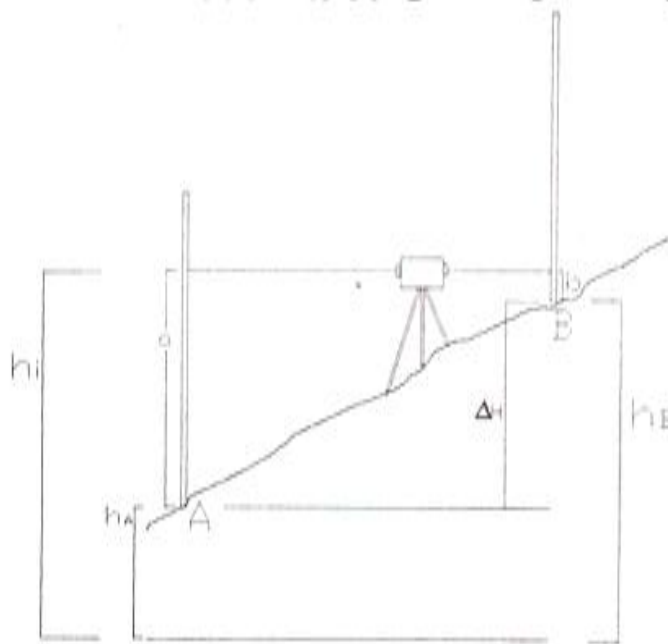
شکل ۴-۳۳: قزانت تار وسط روی شاخص 1236 mm



شکل ۴-۳۴: قزانت تار وسط روی شاخص 1422 mm

## اصول ترازابی مستقیم (هندسی)

طبق شکل زیر هدف تعیین اختلاف ارتفاع نقاط A و B می باشد. بدین منظور در نقاط A و B شاخص را به طور قائم نگه داشته و ترازپاب را بین دو نقطه تراز (البته لازم نیست که ترازپاب در امتداد دو نقطه A و B قرار گیرد) و آماده قرائت می کنیم. اولین قرائتی که توسط دستگاه صورت می گیرد قرائت عقب<sup>۲۲</sup> (B.S.) و دومین قرائت، قرائت جلو<sup>۲۳</sup> (F.S.) نامیده می شوند. حال با توجه به شکل ۳۵-۴ می توان روابط زیر را نوشت:



شکل ۳۵-۴

a: قرائت عقب و b: قرائت جلو

$$\Delta H_{AB} = a - b = \text{B.S.} - \text{F.S.} = \text{قرائت عقب} - \text{قرائت جلو}$$

$$\text{if } \Delta H_{AB} > 0 \Rightarrow \uparrow \text{سربالایی}$$

or

$$\text{if } \Delta H_{AB} < 0 \Rightarrow \downarrow \text{سربایینی}$$

$$\Delta H_{AB} = h_B - h_A = a - b = \text{B.S.} - \text{F.S.}$$

$$h_B = h_A + (\text{B.S.} - \text{F.S.})$$

ارتفاع دستگاه ترازپاب در این استقرار طبق شکل بالا از رابطه زیر بدست می آید:

$$h_i = h_A + \text{B.S.} \quad \text{یا} \quad (\text{قرائت عقب} + \text{ارتفاع نقطه } A = \text{ارتفاع دستگاه در این استقرار})$$

همچنین می توان نوشت:

$$h_B = h_i - \text{F.S.} \quad \text{یا} \quad (\text{قرائت جلو} - \text{ارتفاع دستگاه در نقطه استقرار} = \text{ارتفاع نقطه } B)$$

<sup>22</sup> Back Sight

<sup>23</sup> Front Sight

مثال ۱: چنانچه ارتفاع نقطه P از سطح دریا 1561.17 متر و قرائت های شاخص (میر) به ترتیب در روی نقاط P و Q برابر 3368 و 0981 باشد مطلوب است محاسبه ارتفاع نقطه Q؟

$$\Delta H_{PQ} = B.S. - F.S. = 3.368 - 0.981 = 2.387m$$

$$h_Q = h_P + \Delta H_{PQ} = 1561.17 + 2.387 = 1563.557m$$

مثال ۲: قرائت های عقب و جلو بر روی شاخص های مستقر بر نقاط M و N به فاصله افقی 75 متر بترتیب 1830 و 3330 میلی متر است، شیب امتداد MN چند درصد است؟

$$MN = 75m, \quad BS = 1830mm, \quad FS = 3330mm$$

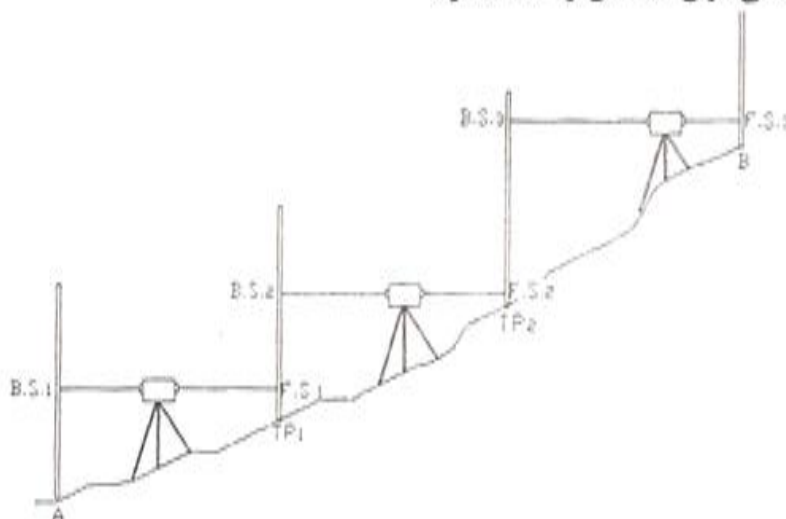
$$\Delta H = BS - FS = -1.5m$$

$$tg\alpha = \frac{\Delta H}{MN} = \frac{-1.5}{75} = -0.02 = -2\%$$

## روشهای ترازیابی هندسی

### ترازیابی پیمایشی

وقتی که فاصله دو نقطه از هم زیاد باشد (ترازیاب فاصله های بیش از 50 متر را با دقت قابل قبولی نمی تواند قرائت کند) و یا اختلاف ارتفاع بین دو نقطه بیشتر از طول شاخص باشد، در این صورت برای اندازه گیری اختلاف ارتفاع آن دو نقطه به طریقه پیمایشی طبق شکل زیر عمل می کنیم. بدین منظور ابتدا ترازیب را بین دو نقطه A و نقطه کمکی TP1 مستقر نموده و ابتدا شاخص مستقر در نقطه A (قرائت عقب) و سپس شاخص مستقر در نقطه کمکی TP1 (قرائت جلو) را قرائت و در جدول مربوطه یادداشت می کنیم. حال ترازیب و شاخصی که در نقطه A قرار دارد را جابه جا نموده و بین دو نقطه کمکی TP1 و TP2 مستقر و شاخص را در نقطه TP2 قرار می دهیم. لازم به ذکر است که در ترازیبی پیمایشی تا زمانی که B.S. شاخص خوانده نشده نمی توان شاخص را جابجا کرد.



شکل ۴-۳۶: ترازیبی پیمایشی



اطلاعات برداشتی ترازایی پیمایشی مطابق شکل ۴-۳۶ را در جدول ۴-۱ تنظیم می کنیم.

جدول ۴-۱

ارتفاع هر نقطه $h_i$ (m)	اختلاف ارتفاع $\Delta H$ (mm)	قرائت جلو F.S. (mm)	قرائت عقب B.S. (mm)	نقاط
			B.S.1	A
		F.S.1	B.S.2	TP1
		F.S.2	B.S.3	TP2
		F.S.3		B

طبق شکل ۴-۳۶ و جدول ۴-۱ می توان نوشت:

$$\begin{cases} h_{TP1} - h_A = B.S.1 - F.S.1 \Rightarrow h_{TP1} = h_A + \Delta H_{A,TP1} \\ h_{TP2} - h_{TP1} = B.S.2 - F.S.2 \Rightarrow h_{TP2} = h_{TP1} + \Delta H_{TP1,TP2} \\ h_B - h_{TP2} = B.S.3 - F.S.3 \Rightarrow h_B = h_{TP2} + \Delta H_{TP2,B} \end{cases}$$

حال ارتفاعات نقاط بدست آمده را به جدول ۴-۲ منتقل می کنیم.

جدول ۴-۲

ارتفاع هر نقطه (m) $h_i$	اختلاف ارتفاع $\Delta H$ (mm)	قرائت جلو F.S. (mm)	قرائت عقب B.S. (mm)	نقاط
$h_A$ (ارتفاع نقطه A معلوم است)	B.S.1 - F.S.1		B.S.1	A
$h_{TP1} = h_A + \Delta H_{A,TP1}$	B.S.2 - F.S.2	F.S.1	B.S.2	TP1
$h_{TP2} = h_{TP1} + \Delta H_{TP1,TP2}$	B.S.3 - F.S.3	F.S.2	B.S.3	TP2
$h_B = h_{TP2} + \Delta H_{TP2,B}$		F.S.3		B

از مجموع سه رابطه بالا می توان نتیجه گرفت که:

$$\Rightarrow h_B - h_A = (B.S.1 + B.S.2 + B.S.3) - (F.S.1 + F.S.2 + F.S.3)$$

رابطه بالا را به طور کلی می توان به صورت زیر نوشت:

$$\Rightarrow h_B - h_A = \sum B.S. - \sum F.S.$$

لذا می توان گفت در روش ترازیبی پیمایشی، اختلاف ارتفاع بین دو نقطه از اختلاف مجموع قرائتهای عقب و مجموع قرائتهای جلو طبق فرمول زیر بدست می آید. (با این فرض که شاخص ها در کل مسیر ترازیبی مستقیم بوده اند)

$$\sum \Delta H = \sum B.S. - \sum F.S.$$

مثال ۳: ترازیبی پیمایشی زیر را کامل کنید؟ (در صورتیکه ارتفاع نقطه A برابر 760.453m باشد)

ارتفاع نقاط (m)	اختلاف ارتفاع (mm)	قرائت جلو (mm)	قرائت عقب (mm)	شماره نقاط
760.453			1354	A
		1145	1268	1
		1023	3002	2
		0245	2531	3
		0020	3987	4
		1457	0017	5
		1368	0948	6
		2598	1598	7
		1196		8

جدول بالا به صورت زیر محاسبه و تکمیل می شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 - h_A = B.S.1 - F.S.1 = 1.354 - 1.145 = 0.209m \\ \Rightarrow h_1 = h_A + \Delta H_{A,1} = 760.453 + 0.209 = 760.662m \\ h_2 - h_1 = B.S.2 - F.S.2 = 0.245m \Rightarrow h_2 = h_1 + \Delta H_{1,2} = 760.907m \\ h_3 - h_2 = B.S.3 - F.S.3 = 2.757m \Rightarrow h_3 = h_2 + \Delta H_{2,3} = 763.664m \\ \dots \end{array} \right.$$

ارتفاع نقاط (m)	اختلاف ارتفاع (mm)	قرائت جلو (mm)	قرائت عقب (mm)	شماره نقاط
760.453	209		1354	A
760.662	245	1145	1268	1
760.907	2757	1023	3002	2
763.664	2511	0245	2531	3
766.175	2530	0020	3987	4
768.705	-1351	1457	0017	5
767.354	-1650	1368	0948	6
765.704	402	2598	1598	7
766.106		1196		8



## کنترل تراز یابی پیمایشی

ترازیابی پیمایشی معمولاً از یک نقطه معلوم<sup>۲۴</sup> شروع و به یک نقطه معلوم دیگر ختم می شود. جهت کنترل تراز یابی ارتفاع بدست آمده برای نقطه آخر با ارتفاع واقعی مقایسه می شود که اختلاف این دو مقدار را خطای بست تراز یابی (e) گویند.

$$e = (h_B - h_A) - (\sum B.S. - \sum F.S.)$$

اختلاف ارتفاع تراز یابی شده - اختلاف ارتفاع معلوم =

و یا تراز یابی پیمایشی ممکن است از یک نقطه معلوم شروع و به همان نقطه ختم شود در این حالت مجموع اختلاف ارتفاع های نقاط باید برابر صفر باشد،  $(\sum \Delta H = 0)$  اما با توجه به وجود خطاها، خطای بست تراز یابی برابر صفر نبوده و از رابطه زیر مقدار خطای بست تراز یابی محاسبه می شود:

$$e = \sum B.S. - \sum F.S.$$

همچنین مقدار مجاز خطای بست تراز یابی از رابطه ذیل تعیین می شود:

$$e_{\max}^{mm} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}}$$

K: مقدار آن بر حسب نوع درجه تراز یابی از جدول ۳-۴ استخراج می شود. [11]

L: طول مسیر پیمایش بر حسب کیلومتر

e: مقدار خطای مجاز در تراز یابی بر حسب mm

جدول ۳-۴

درجه تراز یابی	1	2	3	4
$K^{mm}$	4	8	12	20

در صورت مجاز بودن خطای بست تراز یابی آنرا طبق رابطه زیر سرشکن می کنند:

$$s = \frac{e}{n}$$

که در آن n: تعداد ایستگاههای که باید ارتفاع آنها تصحیح شود، e: مقدار خطای تراز یابی و s: مقدار خطای سهم هر ایستگاه می باشد.

مثال ۴: اگر طول مسیر تراز یابی شده بین دو نقطه 3500 متر باشد مقدار خطای مجاز را بدست آورید. (خطا در هر کیلومتر برابر 12 میلیمتر در نظر گرفته شود)

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} = \pm 12^{mm} \sqrt{3.5^{km}} = \pm 22.5mm$$

<sup>24</sup> Bench Mark

مثال ۵: مطابق جدول زیر ترازیبی هندسی (مستقیم) در مسیر ABCDE انجام شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر 1215.691m متر و ارتفاع نقطه E برابر 1216.255m باشد، در صورت مجاز بودن خطای ترازیبی ارتفاعات تصحیح شده نقاط را بدست آورید. (در صورتیکه طول مسیر ترازیبی شده 500m و  $K=12\text{mm}$  باشد).

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	$\Delta H$ (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316					
B	0981	2145				
C	3200	1819				
D	3819	3057				
E		1735				

ابتدا اختلاف ارتفاع و سپس ارتفاع هر نقطه را بدست می آوریم.

$$h_B = h_A + \Delta H_{AB} = 1215.691 + (-0.829) = 1214.862m$$

$$h_C = h_B + \Delta H_{BC} = 1214.862 + (-0.838) = 1214.024m$$

$$h_D = h_C + \Delta H_{CD} = 1214.024 + 0.143 = 1214.167m$$

$$h_E = h_D + \Delta H_{DE} = 1214.167 + 2.084 = 1216.251m$$

اطلاعات بدست آمده را به جدول زیر منتقل می کنیم.

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	$\Delta H$ (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	<b>1215.691</b>		
B	0981	2145	-0838	1214.862		
C	3200	1819	+0143	1214.024		
D	3819	3057	+2084	1214.167		
E		1735		1216.251		

چون ارتفاع واقعی نقطه E برابر 1216.255m و ارتفاع بدست آمده از ترازیابی برابر 1216.251m می باشد. در نتیجه مقدار خطای بست ترازیابی از رابطه زیر بدست می آید:

(ارتفاع واقعی)  $-h_E$  (از ترازیابی بدست آورده ایم)  $= h_E$  خطای بست ترازیابی

$$= 1216.251 - 1216.255 = -0.004m = -4mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیابی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 12^{mm} \sqrt{0.5^{km}} \cong \pm 8.5mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیابی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیابی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن  $c_i$ : تصحیح نقطه نام،  $p$ : شماره نقطه،  $e$ : خطای کل ترازیابی و  $n$ : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-4^{mm} \times 1}{4} = +1mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-4^{mm} \times 2}{4} = +2mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه سوم:

$$c_3 = -\frac{-4^{mm} \times 3}{4} = +3mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه چهارم:

$$c_4 = -\frac{-4^{mm} \times 4}{4} = +4mm$$

حال نوبت به محاسبه ارتفاعات سرشکن شده می رسد.

$$h_A' = h_A + 0 = 1215.691 + 0.000 = 1215.691m$$

$$h_B' = h_B + c_1 = 1214.862 + 0.001 = 1214.863m$$

$$h_C' = h_C + c_2 = 1214.024 + 0.002 = 1214.026m$$

$$h_D' = h_D + c_3 = 1214.167 + 0.003 = 1214.170m$$

$$h_E' = h_E + c_4 = 1216.251 + 0.004 = 1216.255m$$



مقدار تصحیح و ارتفاعات سرشکن شده نقاط را به جدول زیر منتقل می کنیم.

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	$\Delta H$ (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	1215.691	0	1215.691
B	0981	2145	-0838	1214.862	+1	1214.863
C	3200	1819	+0143	1214.024	+2	1214.026
D	3819	3057	+2084	1214.167	+3	1214.170
E		1735		1216.251	+4	1216.255

- مثال از سرشکنی ترازیبی بسته :

طبق جدول زیر ارتفاع تصحیح شده نقاط را بدست آورید؟ (با فرض اینکه طول مسیر

ترازیابی شده 4 کیلومتر،  $K=20$  و ارتفاع نقطه A برابر 1000 متر باشد)

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192					
1	1425	1582				
2	1449	1545				
3	1447	1670				
4	1593	1525				
5	0858	0305				
6	1668	2000				
7	1735	1379				
8	1658	1675				
A		1380				

راه حل:

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192		-390	1000	0	1000.000
1	1425	1582	-120	999.610	+4	999.614
2	1449	1545	-221	999.490	+8	999.498
3	1447	1670	-78	999.269	+12	999.281
4	1593	1525	1288	999.191	+16	999.207
5	0858	0305	-1142	1000.479	+20	1000.499
6	1668	2000	289	999.337	+24	999.361
7	1735	1379	60	999.626	+28	999.654
8	1658	1675	278	999.686	+32	999.718
A		1380		999.964	+36	1000.000

(ارتفاع واقعی)  $-h_E$  (از ترازیبی بدست آورده ایم)  $e = h_E$  خطای بست ترازیبی

$$= 999.964 - 1000 = -0.036m = -36mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیبی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 20^{mm} \sqrt{4^{km}} \cong \pm 40mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیبی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیبی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن  $c_i$ : تصحیح نقطه نام،  $p$ : شماره نقطه،  $e$ : خطای کل ترازیبی و  $n$ : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-36^{mm} \times 1}{8} = +4mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-36^{mm} \times 2}{4} = +8mm$$

و به همین ترتیب مقدار تصحیح برای بقیه نقاط محاسبه می شود.

در استقرار انواع دوربین بر روی سه پایه دقت شود که تا از بسته شدن کامل پیچ استقرار دوربین بر روی سه پایه اطمینان حاصل نکرده اید، دوربین را رها نکنید. در حمل و استقرار دوربین بر روی سه پایه، همواره دقت شود تا از ضربه خوردن دستگاه جلوگیری گردد. هرگز با هیچ دوربین نقشه برداری ای به سمت خورشید نشانه روی نکنید، این کار بلافاصله موجب کوری چشم شما خواهد شد.

#### 3-4- در این جلسه انتظار می رود :

در این جلسه دانشجویان باید بین 2 نقطه را تراز یابی نموده و ارتفاع نقطه دوم (B) را نسبت به نقطه اول (A) تعیین نمایند. این تراز یابی در حقیقت یک تراز یابی بسته خواهد بود که شروع کار از نقطه A آغاز شده و به همان نقطه باز خواهید گشت. ارتفاع محلی نقطه A را 100 متر در نظر بگیرید. فاصله بین 2 نقطه را در دهانه های حدوداً 15 متری تراز یابی کنید. دقت کنید که تراز یاب برای حذف خطای کلیماسیون، در هر دهنه در وسط قرائت های عقب و جلو قرار داشته باشد. برای اینکه بتوانید طول کل مسیر تراز یابی تان را بدست آورید، قرائت های تار های بالا و پایین را نیز در هر بار قراولروی با شاخص یادداشت نماید. فاصله دوربین تا شاخص حدوداً برابر خواهد بود با :

$$100 \times (\text{قرائت تار پایین (متر)} - \text{قرائت تار بالا (متر)}) = \text{فاصله افقی دوربین تا شاخص (بر حسب متر)}$$

پس در هر دهنه تراز یابی 2 فاصله دوربین تا شاخص عقب و دوربین تا شاخص جلو را خواهیم داشت. طول کل تراز یابی حدوداً برابر مجموع این طول ها خواهد بود.

مشاهدات تراز یابی را باید در فرم تراز یابی ای که در پیوست این مجموعه قرار دارد وارد کرده و محاسبات مربوطه را انجام داده و در نهایت ارتفاع تصحیح شده نقطه B را ارائه نمایید. فرم مربوطه مشاهدات و محاسبات را عیناً در گزارش کارهایتان منعکس بفرمایید.



## 4-4- تجهیزات مورد نیاز

- 1- شاخص و تراز نبشی 2 عدد برای هر گروه
- 2- تراز یاب یک دستگاه برای هر گروه
- 3- سه پایه یک عدد برای هر گروه
- 4- فرم یادداشت مشاهدات تراز یابی
- 5- سَکِل 2 عدد در صورت وجود

## 4-5- سؤالات

- 1- انواع خطاهای طبیعی، انسانی و دستگاهی در تراز یابی را نام ببرید.
- 2- خطای کلیماتیون در تراز یابی را توضیح داده و طریقه حذف آن را بیان کنید.
- 3- در مورد بنچ مارک (Bench mark) های ارتفاعی کشوری تحقیق کرده و توضیح دهید (انواع، ساختمان، روش تراز یابی، مبنای ارتفاعی و ...)
- 4- در خصوص تراز یاب های دقیق دیجیتال و نحوه کارکرد آنها به اختصار توضیح دهید.



## 5- فصل پنجم

### دستور کار جلسه پنجم :

ترازیابی شعاعی نقاط پیکیتاژ شده در یک امتداد 50 متری که حداقل 10 متر 10 متر با یکدیگر فاصله دارند و برداشت و ترسیم پروفیل طولی این امتداد

## 5-1- مقدمه

پس از آشنایی با دستگاه تراز یاب و تراز یابی به وسیله آن در جلسه گذشته، در این جلسه قصد داریم نقاط یک امتداد مستقیم پیکیتاژ شده را به روش تراز یابی شعاعی تعیین ارتفاع نموده و پروفیل طولی آن را ترسیم کنیم. در ادامه مطالب علمی مورد نیاز برای انجام مراحل فوق بیان می گردند.

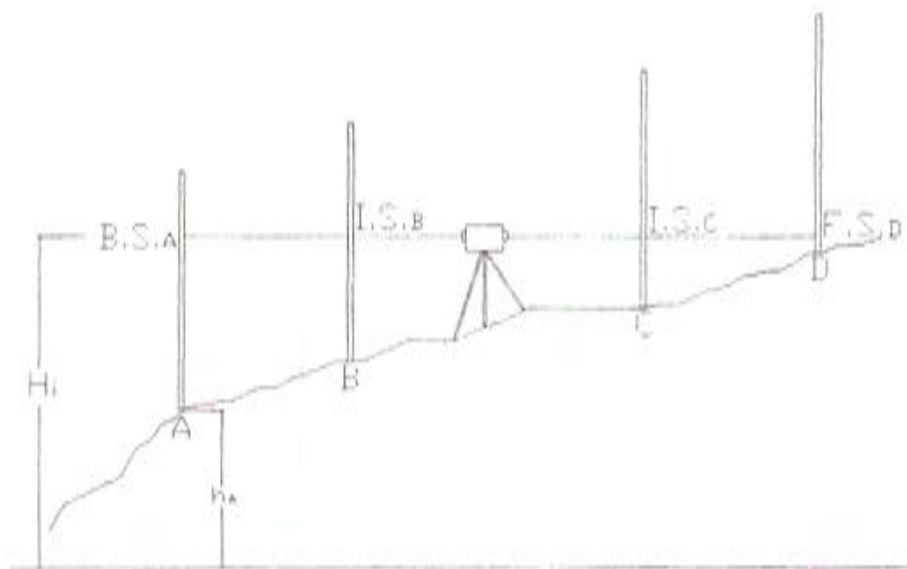
## 5-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه پنجم عملیات نقشه برداری

## ترازیابی شعاعی

در تراز یابی شعاعی ابتدا یک نقطه را مبدا را گرفته و سپس دوربین را در یک نقطه دیگر ثابت گذاشته و ارتفاع نقاط دیگر را نسبت به نقطه مبدا پیدا می کنیم. تفاوت تراز یابی شعاعی یا تراز یابی پیمایشی در این است که در روش تراز یابی پیمایشی دوربین متحرک بوده ولی در روش تراز یابی شعاعی دوربین ثابت است. لازم به ذکر است در تراز یابی شعاعی، در یک ایستگاه بیش از دو شاخص قرائت می شود که اولین قرائت را قرائت عقب، آخرین قرائت را قرائت جلو و قرائت های بین این دو قرائت را قرائت های میانی<sup>25</sup> (I.S.) می نامیم.

نحوه قرائت و محاسبه در تراز یابی شعاعی بدین صورت می باشد که ابتدا شاخص پنج مارک را قرائت کرده و سپس ارتفاع آن پنج مارک را با قرائت شاخص پنج مارک جمع کرده تا ارتفاع خط تراز (ارتفاع دستگاه تراز یاب) بدست آید. حال با قرار دادن شاخص در نقاط دیگر و قرائت آنها می توان اعداد قرائت شده روی شاخصها را از خط تراز کم کرده و ارتفاع بقیه نقاط را بدست آورد. (طبق شکل ۴-۳۷)

<sup>25</sup> Intermediate Sight



شکل ۴-۳۷: تراز یابی شعاعی

$$H_i = h_A + B.S.A$$

$$h_B = H_i - I.S.B$$

$$h_C = H_i - I.S.C$$

$$h_D = H_i - F.S.D$$

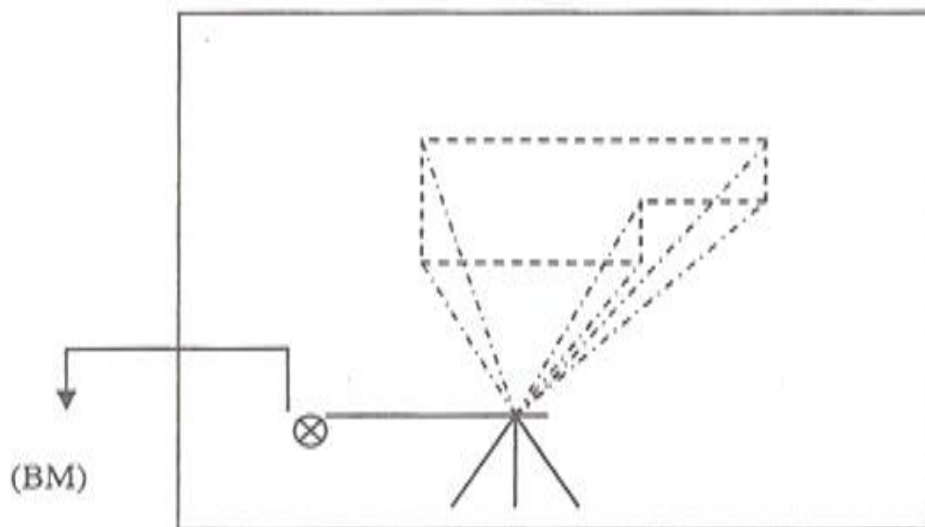
لذا شرایط استفاده از تراز یابی شعاعی به صورت زیر خواهد بود:

الف) فاصله نقاط تراز یابی کمتر از 60 متر (حدودا) باشد.

ب) توپوگرافی زمین به نحوی باشد که امکان قرائت نقاط نزدیک نیز فراهم آید.

کاربرد این روش در کارهای تراز یابی نظیر شبکه بندی، تهیه پروفیل طولی و عرضی از یک

مسیر راه، کنترل و یا پیاده نمودن محل ستونهای ساختمانها و غیره می باشد.



شکل ۴-۳۸

مثال ۶: اگر ارتفاع نقطه A برابر 1518.928m باشد ارتفاع بقیه نقاط جدول ذیل را محاسبه کنید؟

ارتفاع نقاط (m)	$H_i$ (m)	F.S. (mm)	I.S. (mm)	B.S. (mm)	شماره نقاط
1518.928				2385	A
			1631		B
			1101		C
		3398		2199	D
			0985		E
			2819		F
			2008		G
		1740			H

جدول بالا به صورت زیر محاسبه و تکمیل می شود.

$$\begin{cases} H_{I1} = h_A + B.S._A = 1518.928 + 2.385 = 1521.313m \\ h_B = H_{I1} - I.S._B = 1521.313 - 1.631 = 1519.682m \\ h_C = H_{I1} - I.S._C = 1521.313 - 1.101 = 1520.212m \\ h_D = H_{I1} - F.S._D = 1521.313 - 3.398 = 1517.915m \end{cases}$$

به همین ترتیب برای ترازپایی شعاعی دوم نیز محاسبات لازم را انجام می دهیم.

$$\begin{cases} H_{I2} = h_D + B.S._D = 1517.915 + 2.199 = 1520.114 \\ h_E = H_{I2} - I.S._E = 1519.129 \\ h_F = H_{I2} - I.S._F = 1517.295 \\ h_G = H_{I2} - I.S._G = 1518.106 \\ h_H = H_{I2} - F.S._H = 1518.374 \end{cases}$$

ارتفاع نقاط (m)	$H_i$ (m)	F.S. (mm)	I.S. (mm)	B.S. (mm)	شماره نقاط
1518.928	1521.313			2385	A
1519.682			1631		B
1520.212			1101		C
1517.915	1520.114	3398		2199	D
1519.129			0985		E
1517.295			2819		F
1518.106			2008		G
1518.374		1740			H

کنترل محاسبات:

$$\begin{aligned} \Delta H_{AH} &= \sum B.S. - \sum F.S. \\ 1518.374 - 1518.928 &= (2.385 + 2.199) - (3.398 + 1740) \\ -0.554 &= -0.554 \end{aligned}$$



## پروفیل (مقطع)

برای نشان دادن پستی و بلندی زمین در طول یک امتداد مشخص مانند راه، برش فرضی به زمین داده می شود.

پروفیل، برش قائمی است از زمین که در امتداد محور مشخصی تهیه می شود. منظور از تهیه پروفیل، مشخص نمودن ارتفاع نقاط مختلف سطح زمین در امتداد محوری خاص می باشد.

پروفیل دو نوع می باشد:

۱. پروفیل طولی که منطبق بر امتداد مسیر می باشد.

۲. پروفیل عرضی که عمود بر امتداد مسیر می باشد.

## روش های بدست آوردن پروفیل

برای تهیه نمودن پروفیل زمین در امتدادی مشخص، از دو روش می توان استفاده نمود:

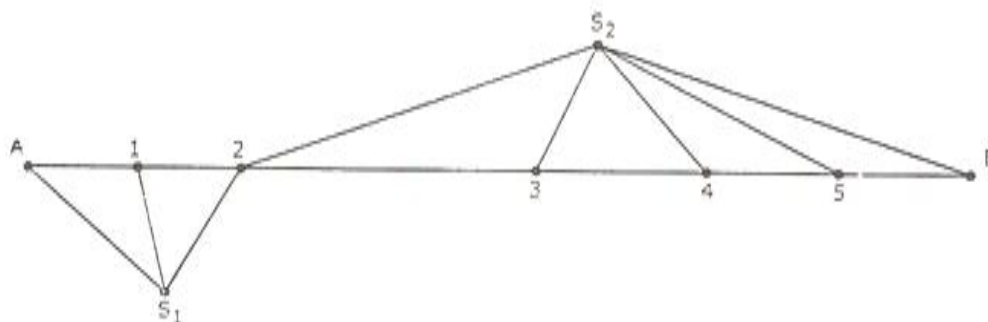
الف. روش مستقیم: در این روش بعد از انجام عملیات زمینی، اندازه گیری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاطی که روی امتداد مشخص قرار دارند، پروفیل (مقطع) را ترسیم می کنند.

ب. روش غیرمستقیم: در این روش بعد از ترسیم پلان با خطوط تراز از منطقه ای که امتداد در آن قرار دارد، پروفیل (مقطع) ترسیم می شود.

## روش مستقیم تهیه مقطع از زمین

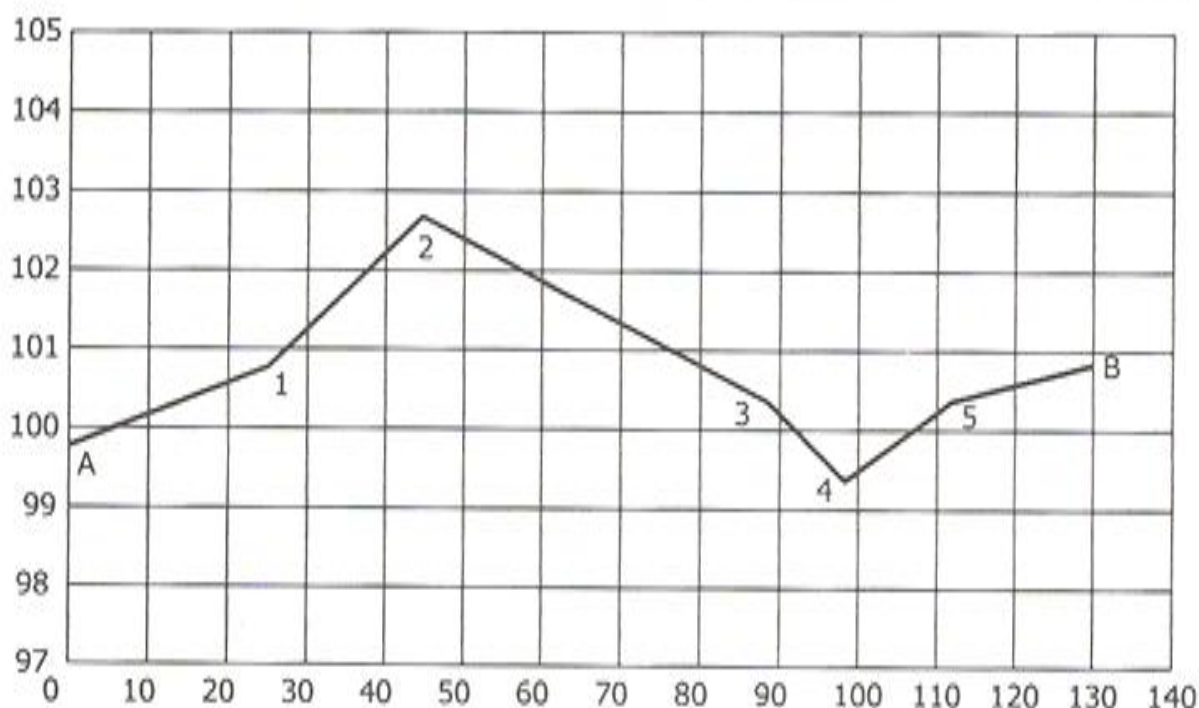
بر روی زمین، امتداد مورد نظر را میخ کوبی می کنیم. فاصله میخ ها از یکدیگر یکسان نمی باشد و تعداد آنها به شیب زمین بستگی دارد. هر جا شیب زمین تغییر نماید، میخ کوبی می کنیم. فاصله میخ ها را بصورت پی در پی اندازه گیری نموده و با تراز یابی ارتفاع آنها را مشخص می کنیم. سپس با مشخص نمودن ارتفاعات نقاط و فاصله آنها از یکدیگر، بر روی کاغذ مشبک میلیمتری دو محور عمود بر هم ترسیم نموده و هر نقطه را با مختصات دوگانه اش بر روی دستگاه مختصات پیدا نموده و سپس نقاط بدست آمده را به هم وصل می کنیم.

مثال: در امتداد AB پنج نقطه تغییر شیب وجود دارد. پس از اندازه گیری فواصل نقاط از یکدیگر، از ایستگاههای  $S_1$  و  $S_2$  آنها را تراز یابی نموده ایم.



جدول ترازیبی مطابق شکل زیر تنظیم نموده و فرض می‌کنیم که ارتفاع نقاط A برابر ۱۰۰ متر می‌باشد. سپس ارتفاع دیگر نقاط را بدست می‌آوریم.

نقاط	قرائت عقب B.S	قرائت وسط I.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع		فاصله نقاط از یکدیگر	ارتفاع	ارتفاع گرد شده بر حسب متر
				-	+			
A	۳۵۲۰						۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰
۱		۲۶۳۵			۸۸۵	۲۳/۴۸	۱۰۰/۸۸۵	۱۰۰/۹
۲	۰۵۴۰		+۸۱۵		۱۸۲۰	۱۹/۲۰	۱۰۲/۷۰۵	۱۰۲/۷
۳		۲۵۰۵		۱۹۶۵		۴۷/۶۰	۱۰۰/۷۴۰	۱۰۰/۷
۴		۳۹۲۲		۱۴۱۷		۱۰/۲۲	۹۹/۳۲۳	۹۹/۳
۵		۲۷۹۳			۱۱۲۹	۱۴/۲۸	۱۰۰/۴۵۲	۱۰۰/۴
B			۲۱۸۴		۰۶۰۹	۲۰/۰۴	۱۰۱/۰۶۱	۱۰۱



شکل فوق، نمایش شکل دقیق مقطع امتداد AB می‌باشد که پس از تنظیم جدول ترازیبی و محاسبات مربوط به آن قابل ترسیم شدن می‌باشد.  
برای رسم دقیق‌تر پروفیل می‌توان میان نقاطی که دارای شیب یکنواخت بوده ولی فاصله میان آنها زیاد است را نقاطی اضافی در نظر گرفت (مثلاً میان نقاط ۲ و ۳ که فاصله آنها برابر ۴۷/۶ متر می‌باشد).

\* بدلیل این که تغییرات طولی میان نقاط خیلی بیشتر از تغییرات ارتفاعی آنها می باشد معمولاً مقیاس محور ارتفاعات را ده برابر مقیاس محور فواصل در نظر می گیرند.

### 5-3- در این جلسه انتظار میرود :

در این جلسه انتظار می رود ابتدا دانشجویان با انتخاب دو نقطه به فاصله حدوداً 50 متر از یکدیگر، بین این 2 نقطه را مطابق دستور کار جلسه دوم به فواصل دقیق 10 متری امتداد گذاری، پیکیتاژ و متر کشی نمایند. در صورتی که تغییر ارتفاع محسوسی بین نقاط 10 متری وجود داشت، محل تغییر ارتفاع نیز علاوه بر نقاط 10 متری باید پیکیتاژ گردد. سپس با استقرار دستگاه تراز یاب در نقطه ای که به کل امتدادمان دید داشته باشد، نقطه ابتدا را به عنوان قرائت عقب قرائت نموده، نقاط میانی را به عنوان قرائت میانی و نقطه آخر را به عنوان قرائت جلو مشاهده نموده و یادداشت نمایند. با در نظر گرفتن ارتفاع محلی 100 متر برای نقطه ابتدا، ارتفاع تمام پیکه ها را محاسبه نمایید. با مشخص بودن فواصل بین پیکه ها و ارتفاع آنها می توانید پروفیل طولی را برای آن ترسیم نمایید. مقیاس افقی ترسیم را با توجه به طول امتدادتان طوری انتخاب کنید که این طول با مقیاس مورد نظر در کاغذ A3 قابل ترسیم باشد. همانطور که گفته شد مقیاس قائم 10 برابر مقیاس افقی خواهد بود. یک نمونه پروفیل طولی ترسیم شده برای طول 30 متر در انتهای این فصل قرار داده شده است.

### 5-4- تجهیزات مورد نیاز

1- شاخص و تراز نبشی 2 عدد برای هر گروه

2- تراز یاب یک دستگاه برای هر گروه

3- سه پایه یک عدد برای هر گروه

4- فرم یادداشت مشاهدات تراز یابی

5- پیکه چوبی به تعداد نقاط پروفیل - میلگرد فلزی

6- چکش

7- متر 50 متری فلزی

8- ژالون 1 عدد

## 5-5- سوالات

- 1- چند نمونه از کاربرد های پروفیل های طولی و عرضی را بیان کنید.
- 2- در مورد خط پروژه در پروفیل های طولی مختصراً توضیح دهید.

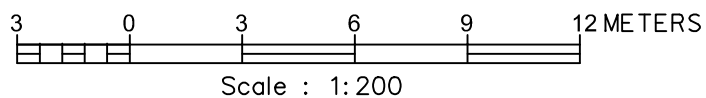
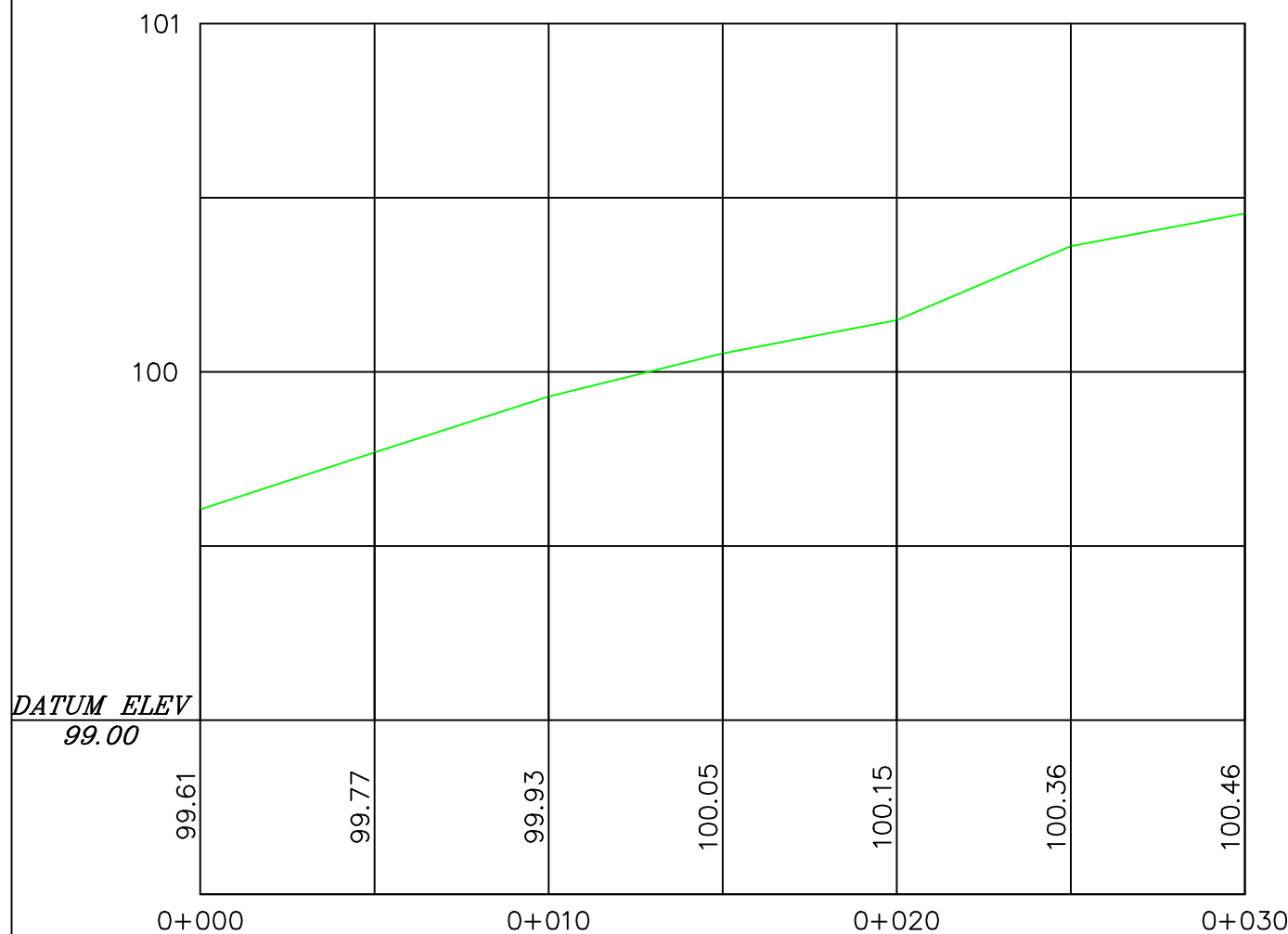


مقیاس : ۱:۲۰۰

منطقه :



## مقطع طولی امتداد d1 - d7



LEGEND

راهنمای نقشه



زمین طبیعی

عنوان پروژه	سیستم مختصات	محل
کارفرما	سیستم تصویر	
ناظر	مبنای ارتفاعی	محل
مشاور	استان زنجان شهر زنجان	
تعداد نقشه	منطقه	
شماره شیت	نقشه برداران	
مقیاس افقی		
1:200		
مقیاس قائم		
1:20		
تاریخ تهیه		



## 6- فصل ششم

### دستور کار جلسه ششم :

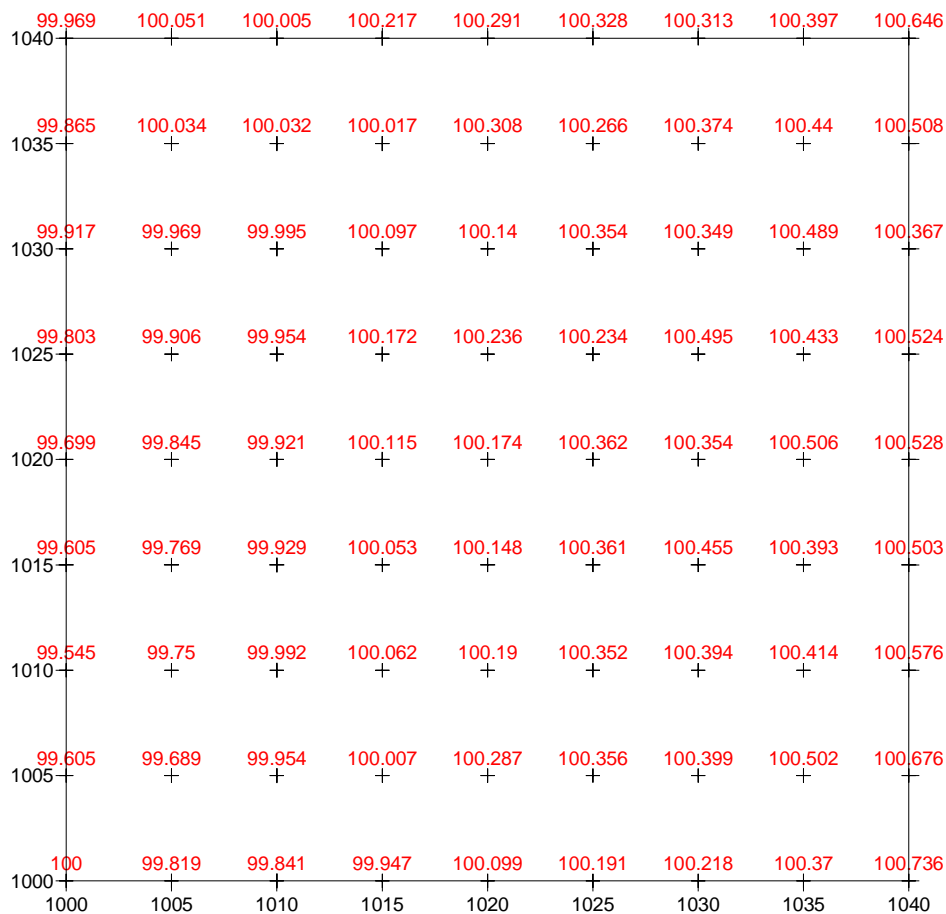
شبکه بندی، برداشت نقشه توپوگرافی به روش شبکه بندی، تسطیح و محاسبه حجم  
عملیات خاکی

## 6-1- مقدمه

در بسیاری از پروژه های حساس عمرانی همچون ساخت مخازن و استخر های بزرگ آب، تصفیه خانه ها، زمین های ورزشی و ... نیاز به مسطح نمودن زمین در وسعت های زیاد و با دقت های بالا می باشد. یکی از روش هایی که جهت تسطیح قطعه زمین ها و همینطور برداشت دقیق نقشه توپوگرافی آنها مورد استفاده قرار می گیرد، روش شبکه بندی است. در این جلسه دانشجویان یک قطعه زمین به ابعاد حدود  $50 \times 50$  متر را شبکه بندی کرده و پس از تراز یابی، نقشه توپوگرافی آن را برداشت و ترسیم خواهند نمود. این ترسیم هم به صورت دستی و هم با استفاده از نرم افزار surfer انجام گرفته و نتایج مقایسه می گردند. جزئیات ترسیم نقشه توپوگرافی در فصل 9 همین جزوه و جزئیات ترسیم به کمک نرم افزار surfer در فصل 10 همین جزوه ارائه شده است که باید برای این جلسه مطالعه گردند.

## 6-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه ششم عملیات نقشه برداری

شبکه بندی یک قطعه زمین به معنای میخ کوبی بر روی زمین به صورت شبکه هایی مربع شکل و منظم با فواصل 5 یا 10 متری می باشد که عموماً با استفاده از متر کشی فواصل دقیق پیکه ها تعیین گردیده و با کمک روش تراز یابی شعاعی ارتفاع آنها نسبت به مبدأ مشخص تعیین می گردد. با توجه به اینکه شبکه بندی به عنوان روشی دقیق که جزئیات ارتفاعی یک قطعه زمین را می توان به کمک آن تعیین نمود، مطرح می باشد، لذا عموماً فواصل بین سلول های شبکه 5 یا 10 متر تعیین می گردد و به ندرت از فاصله بیشتر از این استفاده می شود. شکل زیر نمونه نقاط یک شبکه را به همراه ارتفاع آنها نمایش می دهد.



نقاط یک شبکه 5\*5 و ارتفاع آنها

در پروژه های اجرایی عموماً ابتدا زمین مورد نظر و هدف از شبکه بندی آن تعیین میگردد. به عنوان مثال فرض کنید در یک سایت تصفیه خانه آب، بر اساس نقشه های اجرایی، پیمانکار قصد دارد یک مخزن 30000 مترمکعبی آب احداث نماید. پس از آنکه 4 گوشه محل احداث مخزن بر روی زمین طبیعی (ناهموار) میخ کوبی و مشخص گردید (با کمک توتال استیشن و یا هر روش دیگری که در این فصل قصد پرداختن به آن را نداریم)، زمین مورد نظر برای شروع کار به مهندس نقشه بردار تحویل می گردد. در چنین پروژه ای از شما خواسته می شود ابتدا یک نقشه توپوگرافی دقیق از وضع موجود تهیه شود و سپس هر 5 متر 5 متر ارتفاع خاکی که باید از روی زمین توسط بیل مکانیکی و یا بولدزر برداشته شود، روی میخ های چوبی نوشته شود. دقت داشته باشید که یکی از پرهزینه ترین بخشها در چنین پروژه هایی خاک برداری و جابجایی خاک به محل دپو است که هزینه آن بر اساس میزان خاک جابجا شده محاسبه و پرداخت می شود. این موضوع عموماً آنقدر حساس است که از ابتدای کار یک فرد در کنار محل برداشت حضور داشته و تعداد کمپرسی های حامل خاک برداشت شده را شمارش می کند. با معلوم بودن میانگین حجم خاکی که توسط هر کمپرسی می تواند حمل شود، حجم کل خاک جابجا شده

به صورت حدودی تعیین می گردد. اما این موضوع عموماً توسط دستگاه نظارت و یا خود کارفرما با روش نقشه برداری قبل و بعد از خاکبرداری و محاسبه حجم عملیات خاکی کنترل می گردد. این دقیقاً بخشی از همانچیزی است که ما در این جلسه قصد آموزش آن را داریم.

اما اینگونه پروژه ها از جنبه های دیگری نیز حساسیت های بسیاری دارند. به عنوان مثال همان مخزن 30000 متر مکعبی را متصور باشید. پیمانکار بر اساس نقشه ها و ارتفاع پنج مارک های پای کار به شما اعلام می کند که ارتفاع خاکبرداری مثلاً باید تا کد 1200 انجام گیرد. به بیان دیگر مثلاً به شما یک پنج مارک با ارتفاع 1232.11 متر در 20 متری محل احداث مخزن تحویل داده می شود و از شما خواسته می شود که ارتفاع خاکبرداری بر روی میخ های شبکه را با توجه به توپوگرافی زمین طبیعی در محل طوری تعیین کنید که کف مخزن در تراز 1200 به طور مسطح خاکبرداری گردد. حال شما تصور کنید که اشتباهاً کد حفاری را 2 سانتیمتر عمیقتر پیاده و کنترل کرده باشید. برای چنین مخزن آبی اگر ابعاد فرضی  $100 \times 50$  و عمق 6 متر را متصور باشیم، 2 سانتیمتر اشتباه شما در حفاری منجر به تحمیل بتن مگر اضافی با حجمی برابر  $50 \times 100 \times 0.02$  متر مکعب خواهد شد! یعنی 100 متر مکعب بتن ریزی اضافی! چنین چیزهایی در پروژه های اجرایی به هیچ وجه قابل قبول نیست و مطمئناً مهندس نقشه بردار به عنوان اولین مسئول بروز چنین اشتباهی مقصر شناخته شده و باید خسارت مربوطه را پرداخت نماید.

سؤال دیگری که عموماً توسط دانشجویان در این جلسه مطرح می گردد این است که آیا با وجود تجهیزات الکترونیکی جدید همچون دستگاه های توتال استیشن، آیا همچنان از تراز یاب برای چنین پروژه های استفاده می گردد؟ در پاسخ به صراحت باید گفت که در چنین پروژه های حساسی با دقت میلیمتر، بله باید از تراز یاب استفاده نمود. چون روش تراز یابی به کمک تراز یاب، روش تراز یابی هندسی یا مستقیم می باشد ولی تعیین ارتفاع و یا اختلاف ارتفاع با توتال استیشن ها، به روش تراز یابی غیر مستقیم یا مثلثاتی است. لذا به دلیل وابسته بودن روش تراز یابی مثلثاتی به زاویه قائم، دقت روش تراز یابی هندسی عموماً بالاتر از روش تراز یابی مثلثاتی است.

نمونه پروژه هایی که در آنها نیاز به تسطیح زمین با دقت بالا می باشد عموماً در سایت های احداث کارخانجات و خط تولید های مختلف به وفور به چشم می خورد. در چنین پروژه هایی دستگاه های مکانیکی و الکترونیکی تولید قطعات و یا محصولات مختلف با ابعاد های بزرگ باید در محل کارخانه و بر روی زمین های کاملاً تراز و مسطح نصب شوند. گاهی محل احداث این تجهیزات باید در یک شیب مشخص و ثابت و یا با اختلاف ارتفاع مشخص و دقیق نسبت به سایر تجهیزات مرتبط در خط تولید، توسط نقشه بردار پیاده سازی و احداث گردد. در خصوص حساسیت این پروژه ها همینقدر بگوییم که اصلاً عملکرد صحیح خط تولید و یا عدم فرسایش تجهیزات

به مرور زمان کاملاً وابسته به تراز بودن و یا شبیدار بودن محل احداث آنها است. از نمونه اینچنین کارخانه هایی می توان به ماشین آلات احداثی در کارخانه های تولید کاغذ اشاره کرد.

با این مقدمه و توضیح در خصوص حساسیت و کاربرد شبکه بندی، وارد توضیح نحوه اجرای آن می شویم.

قبل از شبکه بندی باید جهت شبکه بندی و فواصل نقاط شبکه تعیین گردد. عموماً باید شبکه بندی در جهت طول و یا عرض زمین انجام گیرد. همچنین در پروژه های معمولی عموماً شبکه بندی با ابعاد سلول های 5 متری انجام میگیرد. در شرایط خاص ممکن است سلول های شبکه مستطیل شکل و یا کوچکتر از 5 متر نیز تعیین گردد.

پس از تعیین جهت شبکه بندی یک نقطه به عنوان مبدأ شبکه بندی و یک امتداد را به عنوان یکی از امتداد های شبکه که ترجیحاً در جهت شمال منطقه باشد، میخکوبی می گردد. این امتداد را میتوان محور  $y$  سیستم مختصات شبکه در نظر گرفت.

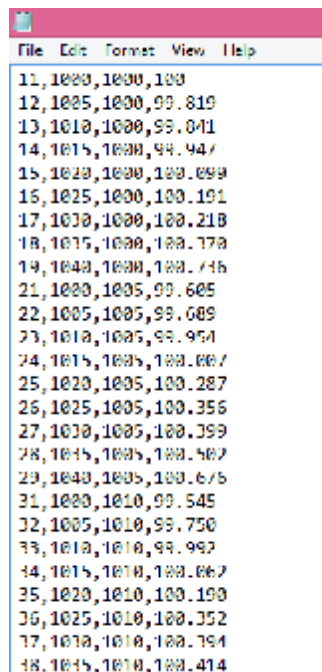
بسته به دقت مورد نیاز در پروژه، دستگاه زاویه یاب و یا تراز یاب مجهز به نقاله در نقطه مبدأ سانتراژ می گردد. طبیعتاً دقت امتداد دهی و اخراج زاویه با دستگاه زاویه یاب که در فصل های بعدی با آن آشنا خواهیم شد، بیشتر از یک تراز یاب مجهز به نقاله می باشد. دستگاه زاویه یاب بر روی نقطه رأس سانتراژ شده و با دقت زاویه ای خود در حد ثانیه و دقیقه (بسته به نوع دستگاه) امتداد و زاویه مربوطه را امتداد دهی میکند. اما در این درس با توجه به اهداف آموزشی و با توجه به اینکه هنوز دستگاه زاویه یاب را معرفی نکرده ایم، دانشجویان از تراز یاب و با کمک شاقول مکانیکی جهت اخراج عمود نقاط شبکه استفاده می کنند. پس دستگاه تراز یاب را با کمک شاقول مکانیکی آن بر روی نقطه مبدأ مستقر می کنیم (جزئیات نحوه استقرار در فصل 7 بیان شده است).

بر روی پیکه ای که در جهت شمال و امتداد محور  $y$  ها بر روی زمین کوبیده شده است، یک ژالون مستقر شده و زاویه صفر نقاله تراز یاب، پس از قراولروی به سمت ژالون، در جهت این امتداد صفر صفر می گردد. با امتداد دهی به کمک تراز یاب و متر کشی از نقطه مبدأ، نقاط این امتداد و ضلع عمود بر آن در نقطه مبدأ، به روش قطبی پیکه کوبی می شود. با استقرار تراز یاب بر روی مبدأ سایر یال های شبکه، آنها را نیز با امتداد دهی و متر کشی، میخ کوبی می کنیم.

پس از میخکوبی نقاط شبکه، عملاً مختصات  $x, y$  این نقاط تعیین شده است. نوبت به تعیین مؤلفه ارتفاعی یا  $z$  نقاط می رسد. قبل از تراز یابی، نقاط شبکه را با حروف و اعداد کد دهی و شماره گذاری کنید. مثلاً نقاط محور  $y$  ها را با حروف انگلیسی و نقاط محور  $x$  ها را با اعداد کد دهی کنید. به این ترتیب تمام نقاط شبکه کد منحصر به

فرد خود را خواهند داشت که هنگام قرارگیری شاخص در کنار آنها (نه بر روی میخ)، عدد شاخص در کنار کد مربوط به آن نقطه در برگه ترازیبی یادداشت می شود. در صورتی که ابعاد زمین در حدود 50\*50 متر باشد (طبق دستور کار این جلسه)، میتوان با یکبار استقرار ترازیب در مرکز زمین و به روش ترازیبی شعاعی، تمام نقاط شبکه را ترازیبی کرده و ارتفاع آنها را تعیین نمود. در صورتی که مبدأ ارتفاع، پنج مارکی دورتر از محل شبکه بندی باشد، میتوان با یک تراز یابی رفت و برگشت مطابق دستور کار جلسات قبلی، ارتفاع پنج مارک را به یک نقطه در پای کار شبکه بندی و یا به نقطه مبدأ شبکه بندی منتقل کرد و در ترازیبی شعاعی شبکه، آن نقطه را به عنوان مبنا جهت ارتفاع دهی به سایر نقاط در نظر گرفت. در غیر اینصورت می توان یک ارتفاع محلی برای نقطه مبدأ تعیین نمود.

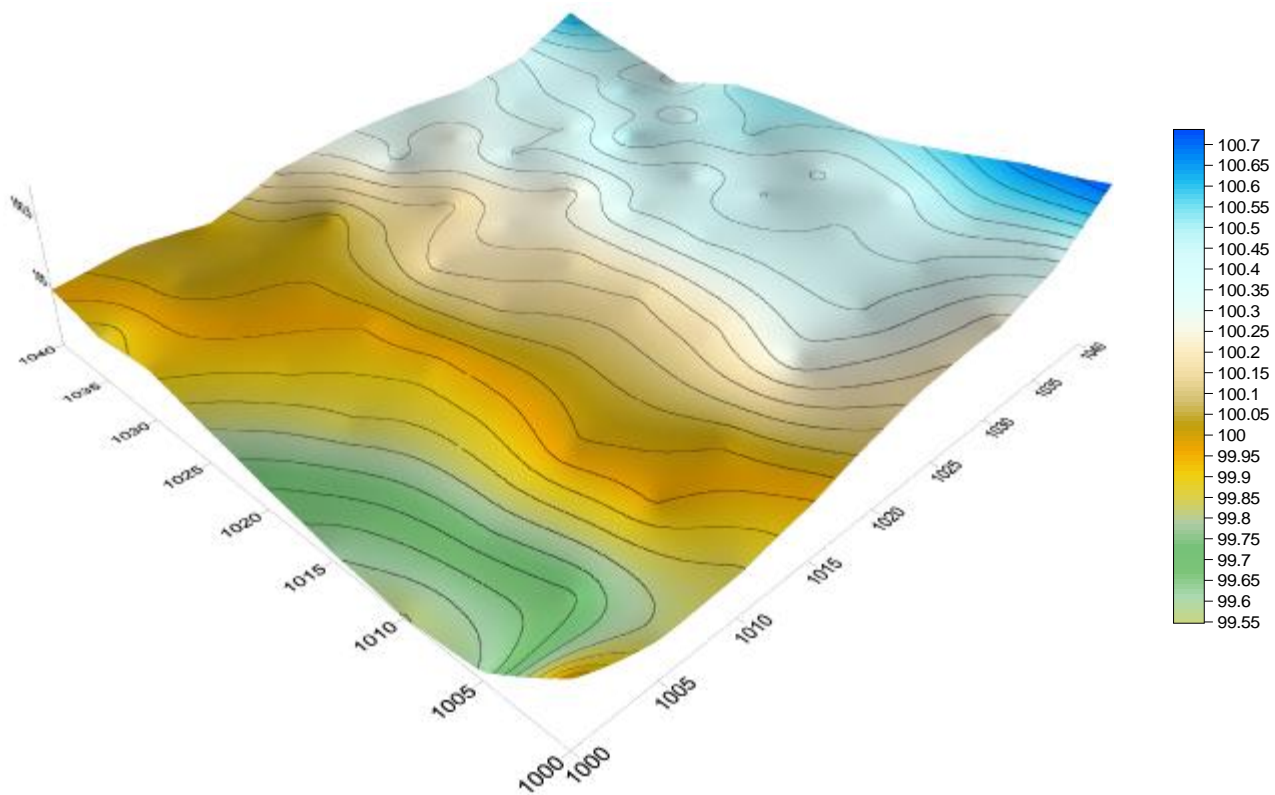
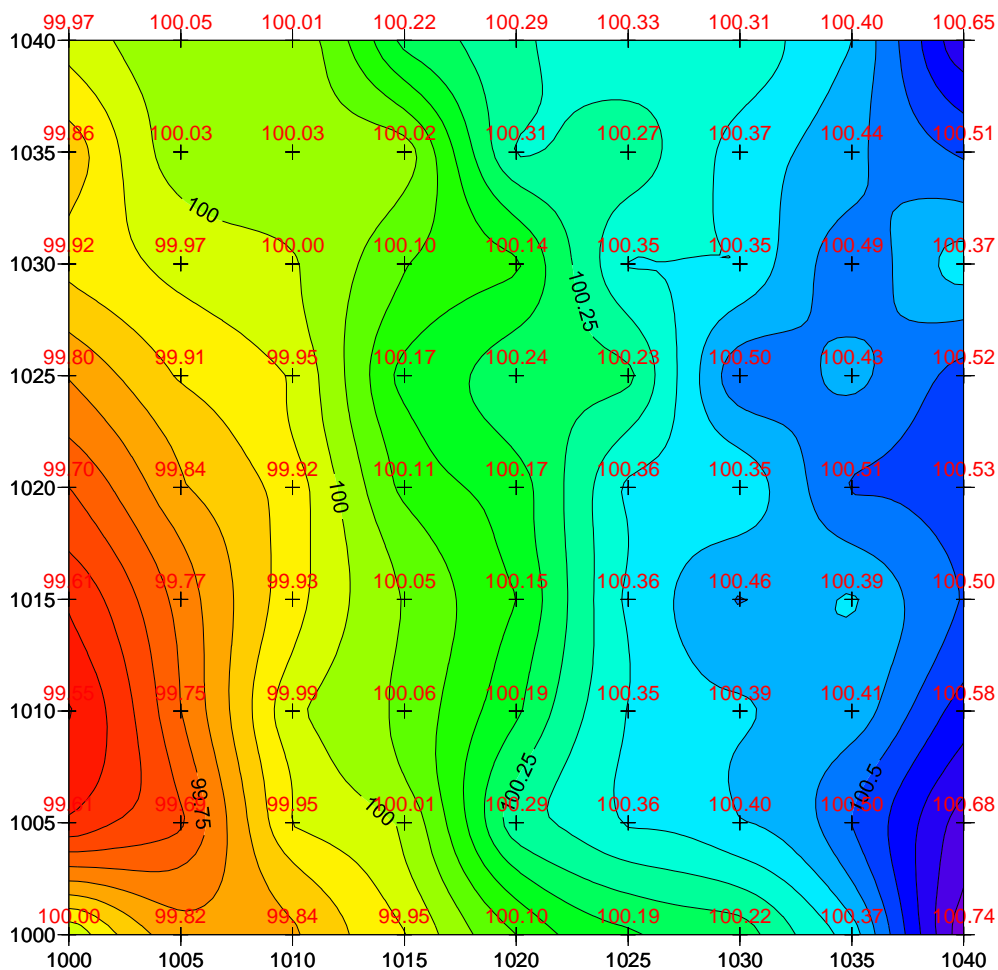
پس از انجام محاسبات برگه ترازیبی شعاعی، ارتفاع نقاط نسبت به ارتفاع مبنا تعیین می گردد و مختصات نقاط را می توان به صورت زیر در قالب یک فایل متنی ذخیره نمود.



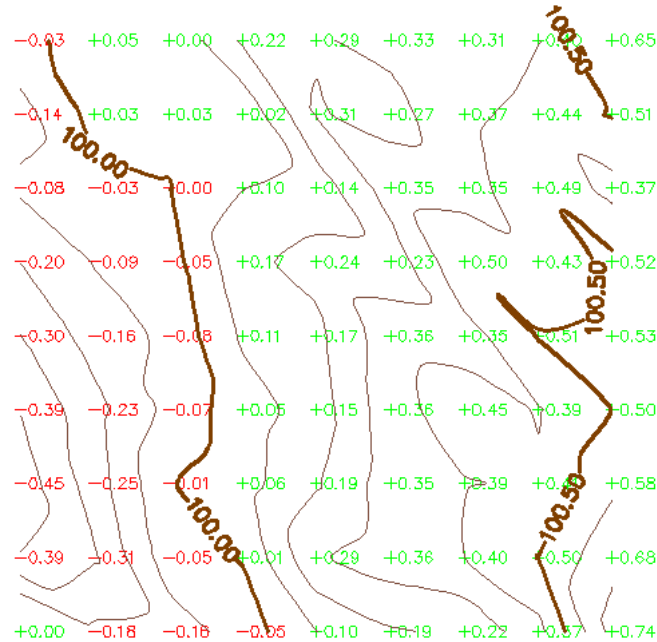
File	Edit	Format	View	Help
11,1000,1000,100				
12,1005,1000,99.819				
13,1010,1000,99.041				
14,1015,1000,99.947				
15,1020,1000,100.099				
16,1025,1000,100.191				
17,1030,1000,100.218				
18,1035,1000,100.178				
19,1040,1000,100.745				
21,1000,1005,99.605				
22,1005,1005,99.609				
23,1010,1005,99.954				
24,1015,1005,100.007				
25,1020,1005,100.287				
26,1025,1005,100.356				
27,1030,1005,100.399				
28,1035,1005,100.407				
29,1040,1005,100.675				
31,1000,1010,99.545				
32,1005,1010,99.750				
33,1010,1010,99.997				
34,1015,1010,100.067				
35,1020,1010,100.190				
36,1025,1010,100.352				
37,1030,1010,100.794				
38,1035,1010,100.414				

نقشه توپوگرافی زمین شبکه بندی شده بر اساس مختصات برداشت شده به صورت دستی (مطابق توضیحات ارائه شده در فصل 9) و یا به صورت نرم افزاری (مطابق توضیحات ارائه شده در فصل 10) ترسیم میگردد.





حال تصور کنید کارفرما از شما خواسته است زمین مورد نظر را در ارتفاع 100 متر تسطیح کنید. باید ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی را بر روی تک تک میخهای محاسبه کرده و مطابق شکل زیر بر روی آنها در زمین و روی نقشه یاد داشت کنید.



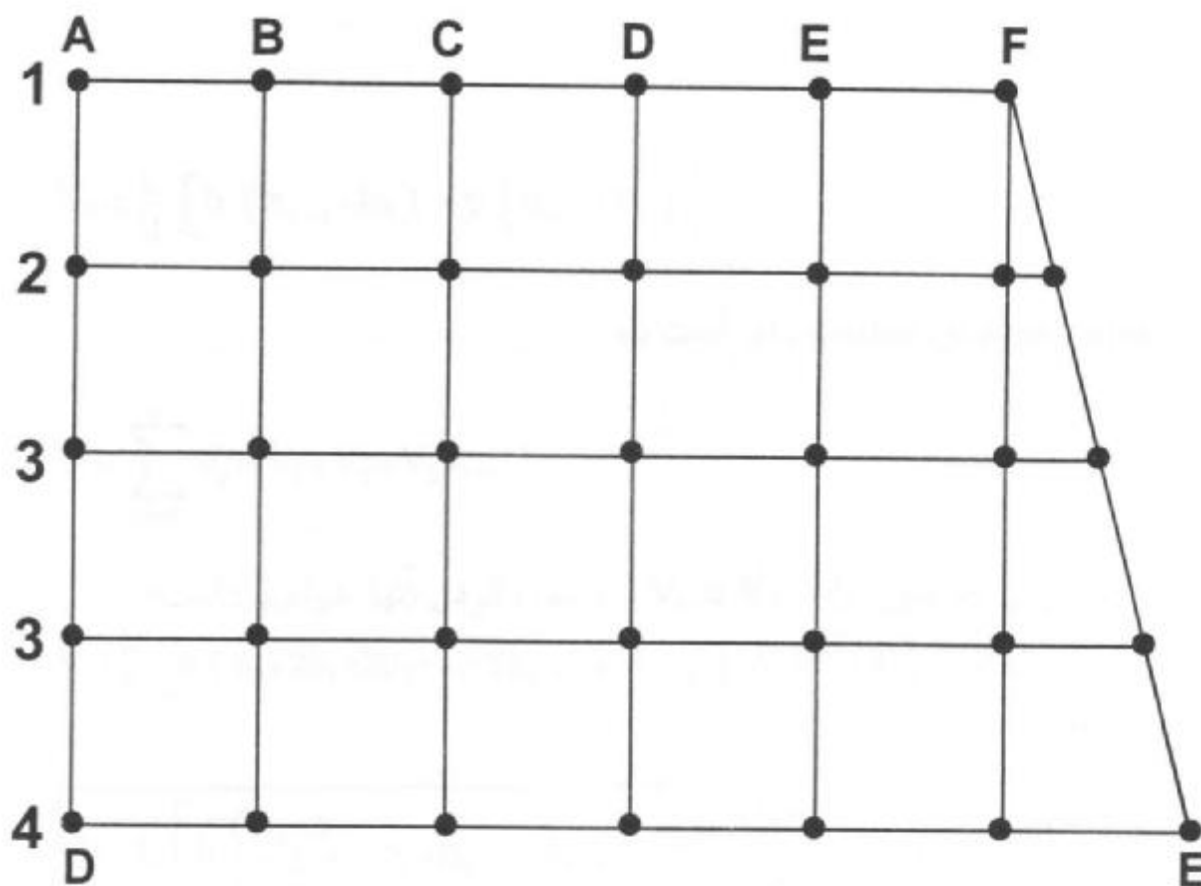
اما یکی دیگر از مزیت های روش شبکه بندی، افزایش دقت محاسبه حجم عملیات خاکی است. در صورتی که بتوانیم حجم عملیات خاکی را در تک تک سلول ها محاسبه کرده و میزان خاکبرداری ها را با هم و خاکریزی ها را نیز با هم برای کل زمین جمع کنیم، می توانیم برآورد خوبی از حجم عملیات خاکی جهت تسطیح زمین در ارتفاع مشخص را بدست آوریم. در ادامه جزئیات محاسبه حجم در شبکه بندی توضیح داده می شود.

### ۹-۱۳- محاسبه حجم عملیات خاکی به روش شبکه بندی

این روش برای محاسبه حجم عملیات خاکی وسیع مانند کارخانه های بزرگ، شهرک ها، میدان های ورزشی، گودبرداری ها و امثال آن مورد استفاده قرار می گیرد.

در این روش ابتدا سطح زمین را به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و ذوزنقه تقسیم بندی کرده و با انجام عملیات ترازیابی، برای کلیه رئوس شبکه ارتفاع تعیین می گردد.

پس از تعیین ارتفاع برای رئوس کلیه نقاط شبکه، ارتفاع سطح پروژه را که می بایست سطح زمین به آن ارتفاع برسد، طراحی و انتخاب می گردد.



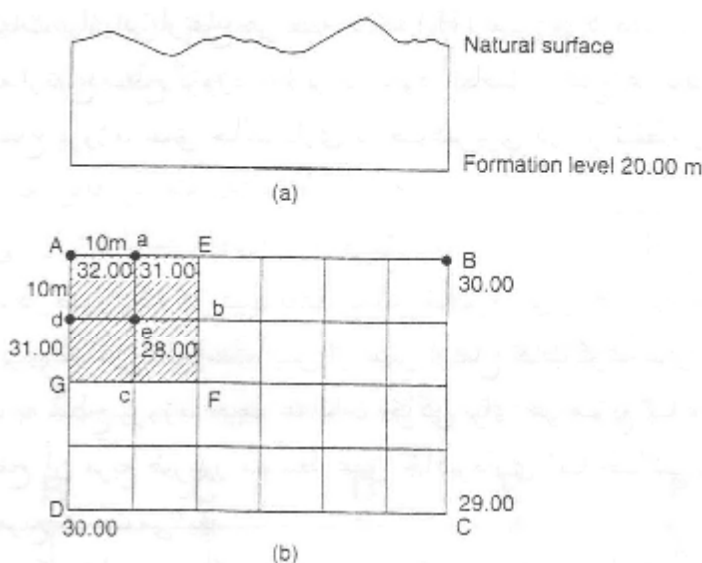
همانطور که گفته شد پس از انجام شبکه بندی منطقه، برای کلیه نقاط شبکه بندی و با انجام عملیات تراز یابی ارتفاع هر نقطه شبکه ( $H_i$ ) تعیین می گردد. در صورتیکه ارتفاع سطح پروژه  $H_p$  فرض شود، تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاکبرداری یا خاکریزی در آن نقطه را نشان می دهد.

$$h_i = H_i - H_p$$

(۱۳-۲۵)

بدیهی است، در صورتیکه  $h_i$  مثبت باشد نشانه خاکبرداری و اگر  $h_i$  منفی باشد نشانه خاکریزی در آن نقطه است. پس از تعیین ارتفاع نقاط گوشه های مربعات شبکه نسبت به سطح پروژه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت سطح آن مربع ضربدر متوسط عمق خاکبرداری (یا خاکریزی) در چهارگوشه مربع بدست می آید.

در شکل زیر یک قطعه زمین که برای احداث یک کارخانه در نظر گرفته شده است، ملاحظه می گردد. پس از انجام عملیات تراز یابی و تعیین ارتفاع کلیه نقاط و بررسی های همه جانبه مربوط به طراحی در منطقه مذکور، ارتفاع سطح پروژه از قرار ۲۰ متر در نظر گرفته شده است، که زمین مذکور باید تا این ارتفاع تسطیح گردد.



شکل (۱۳-۲۴) - (a) مقطع و (b) پلان

شبکه‌بندی صورت گرفته در شکل فوق، مربع‌های به طول 10 متر است. به عبارتی شبکه‌بندی انجام گرفته 10 متر در 10 متر می‌باشد. در صورتیکه بخواهیم حجم مربوط به مساحت Aaed را حساب کنیم خواهیم داشت:

$$V = \text{ارتفاع متوسط} \times \text{مساحت Aaed} \quad (13-36)$$

$$\text{ارتفاع متوسط} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad (13-37)$$

مطابق شکل ارتفاع نقاط گوشه‌های Aaed عبارتند از:

$$H_A = 32.00 \text{ m}$$

$$H_a = 31.00 \text{ m}$$

$$H_e = 28.00 \text{ m}$$

$$H_d = 31.00 \text{ m}$$

چون ارتفاع پروژه 20 متر است بنابراین عمق خاکبرداری رئوس برابر می‌شوند با:

$$h_A = H_A - H_p = 32.00 - 20.00 = 12 \text{ m}$$

$$h_a = H_a - H_p = 31.00 - 20.00 = 11 \text{ m}$$

$$h_e = H_e - H_p = 28.00 - 20.00 = 8 \text{ m}$$

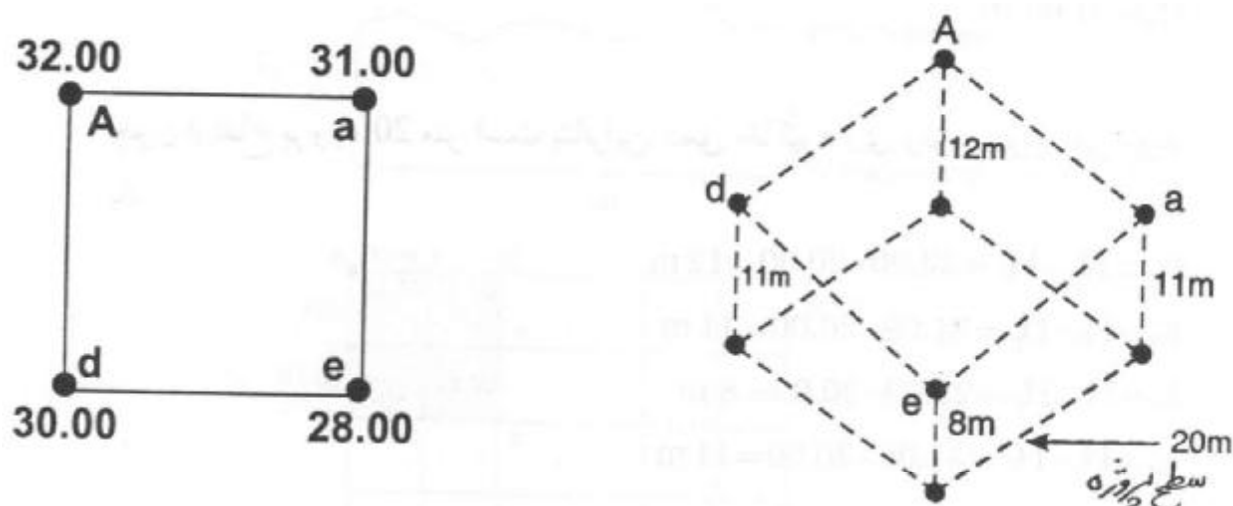
$$h_d = H_d - H_p = 31.00 - 20.00 = 11 \text{ m}$$

حجم عملیات خاکی سطح Aaed نسبت به سطح پروژه 20 متر برابر است با:

$$\text{مساحت Aaed} = 10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$$

$$V = 100 \times \frac{1}{4} (12 + 11 + 8 + 11) = 1050 \text{ m}^3$$

با کمی دقت در مطالب گفته شده ملاحظه می‌شود که هر یک از شبکه‌ها نسبت به سطح پروژه 20 متر، منشوری است که قاعده زیرین آن سطح تسطیح 20 متر و قاعده زیرین آن سطح طبیعی زمین می‌باشد که با هم موازی نبود و اختلاف ارتفاع رئوس آن نسبت به ارتفاع سطح تسطیح ( $H_p = 20 \text{ m}$ )، ارتفاع‌های چهارگانه منشور را تشکیل می‌دهد. همچنین باید توجه داشت که هرچه ابعاد شبکه‌بندی کوچکتر باشد دقت عملیات محاسبه حجم بالاتر خواهد بود.



شکل (۱۳-۲۵)

در شکل ۱۳-۲۴ اگر بخواهیم حجم قسمت هاشور خورده AEFG را حساب کنیم، کافیست حجم هر شبکه را محاسبه و با یکدیگر جمع کنیم.

$$V_{AEFG} = V_{Aaed} + V_{aEbe} + V_{decG} + V_{ebFc}$$

اگر مساحت هر شبکه مساوی و از قرار A باشد، خواهیم داشت:

$$V_{Aaed} = A \times \frac{1}{4} (h_A + h_a + h_e + h_d)$$

$$V_{aEbe} = A \times \frac{1}{4} (h_a + h_E + h_b + h_e)$$

$$V_{decG} = A \times \frac{1}{4} (h_d + h_e + h_c + h_G)$$

$$V_{ebFc} = A \times \frac{1}{4} (h_e + h_b + h_F + h_c)$$



با جمع روابط فوق نتیجه می گیریم که:

$$V_{AEFG} = A \times \frac{1}{4} [h_A + h_E + h_F + h_G + 2(h_a + h_b + h_c + h_d) + 4h_e]$$

به جهت ساده کردن مدل محاسبات، رابطه فوق را به شکل زیر بیان می کنیم.

$$V = A \times \frac{1}{4} \left( \sum h_1 + 2 \sum h_2 + 4 \sum h_4 \right) \quad (13-38)$$

$\sum h_1$  = مجموع عمق خاک رئوسی که در یک مربع قرار دارد.

$\sum h_2$  = مجموع عمق خاک رئوسی که فصل مشترک دو مربع می باشند.

$\sum h_4$  = مجموع عمق خاک رئوسی که فصل مشترک چهار مربع می باشند.

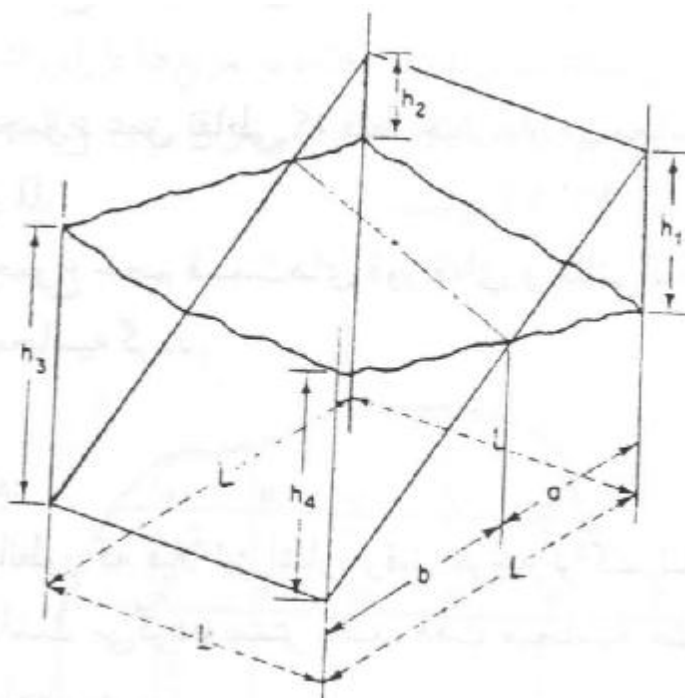
برخی نکات مهم:

**نکته ۱:** همانطور که قبلاً نیز اشاره رفت هرچه تراکم نقاطی که ارتفاع آن برداشت می‌گردد بیشتر باشد، دقت محاسبه حجم عملیات بالاتر خواهد بود.

**نکته ۲:** به منظور دقت بیشتر در کار، اضافه بر نقاط انتخاب شده شبکه، بعضی نقاط دیگر نیز که مورد نیاز باشد، از جمله نقاطی که در آن پستی و بلندی زمین به طور ناگهانی تغییر می‌کند و یا نقاطی از محدوده زمین که ارتفاع آن لازم و با اهمیت است، انتخاب و برداشت می‌گردد.

**نکته ۳:** معمولاً فاصله خطوط شبکه روی زمین، تا حد ممکن نزدیک به هم انتخاب می‌شود که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت.

**نکته ۴:** در مواردی که داخل یک شبکه حجم عملیات از خاکبرداری به خاکریزی (و یا بالعکس) تغییر یابد، باید دقت لازم را داشت و محاسبات را به صورت مستقل برای قسمت خاکبرداری و خاکریزی و محاسبه فاصله نقطه صفر تعیین نمود (مانند شکل زیر).



**6-3- در این جلسه انتظار میرود :**

در این جلسه انتظار می رود دانشجویان یک قطعه زمین به ابعاد حدوداً 50\*50 متر را شبکه بندی کرده و به روش دستی و نرم افزاری نقشه توپوگرافی آن را تهیه نمایند. همچنین به فرض تسطیح زمین تا ارتفاعی که توسط استاد درس به دانشجویان اعلام خواهد شد، حجم عملیات خاکی به روش دستی و نرم افزاری (Land یا surfer) باید محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه شوند.

**6-4- تجهیزات مورد نیاز**

1- شاخص و تراز نبشی 2 عدد برای هر گروه

2- تراز یاب یک دستگاه برای هر گروه

3- سه پایه یک عدد برای هر گروه

4- فرم یادداشت مشاهدات تراز یابی

5- پیکه چوبی به تعداد نقاط شبکه - میلگرد فلزی

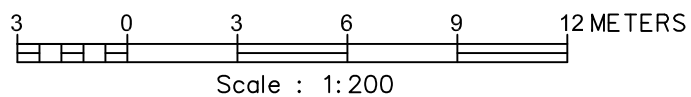
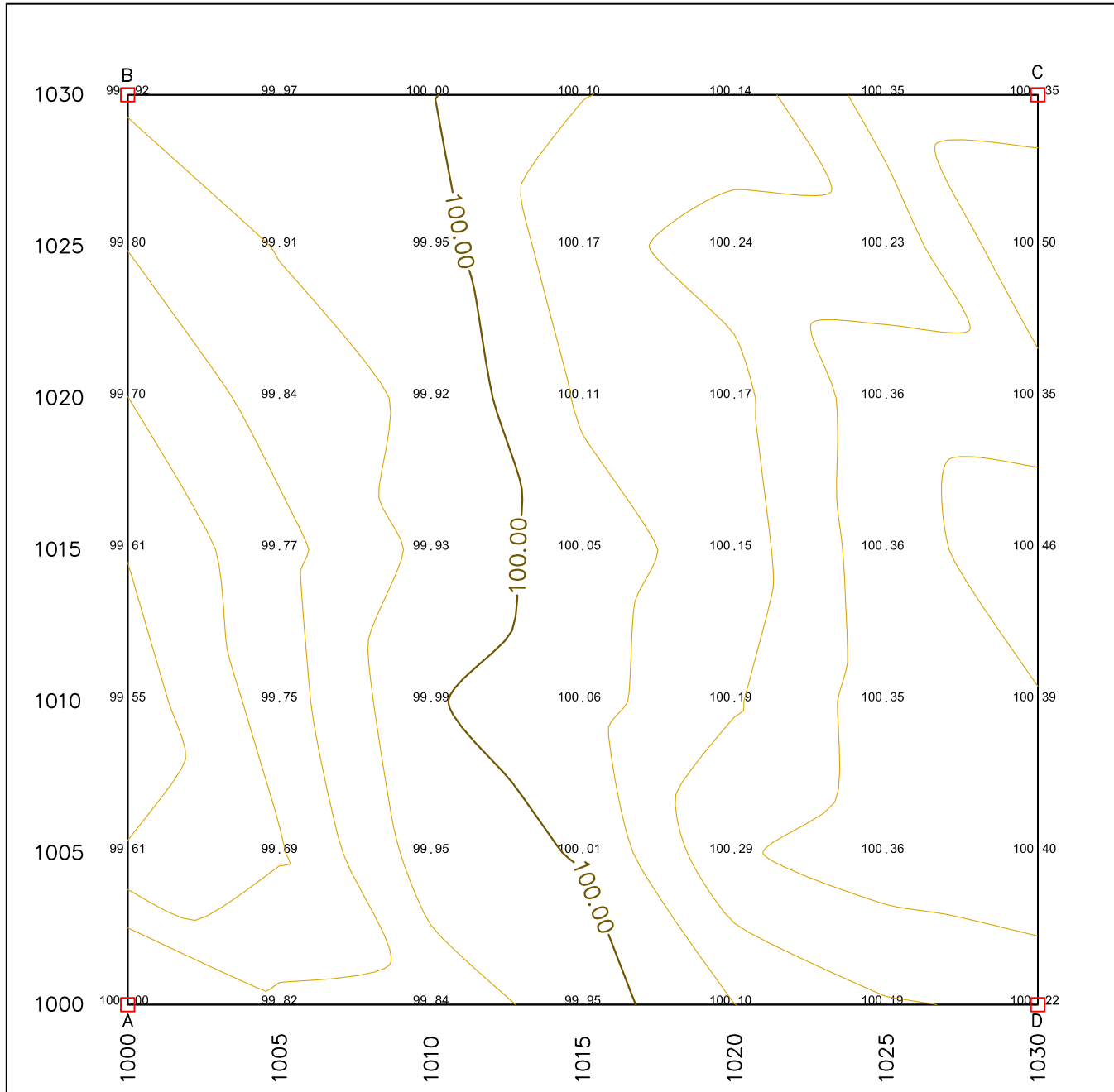
6- چکش

7- متر 50 متری فلزی

8- ژالون 1 عدد

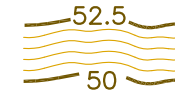


: ضبط



*LEGEND*

منحنی میزان



نقاط ارتفاعی

100.35

بنچ مارک-رٹوس پیمائش

POLYGON STATION

## ایستگاههای نقشه برداری

<i>NO</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
<i>A</i>	1000.00	1000.00	100.00
<i>B</i>	1000.00	1030.00	99.92
<i>C</i>	1030.00	1030.00	100.35
<i>D</i>	1030.00	1030.00	100.22

عنوان پروژه	سیستم مختصات محلی
کارفرما	سیستم تصویر
ناظر	مبنای ارتفاعی محلی
مشاور	استان زنجان شهر زنجان
تعداد نقشه	منطقه
شماره شیت	نقشه برداران
مقیاس افقی	
مقیاس قائم	تاریخ تهیه

## 7- فصل هفتم

دستور کار جلسه هفتم :

اخراج عمود با زاویه یاب (تئودولیت) از یک نقطه و پیکیتاژ 10 متری امتداد عمود به طول 30 متر



## 7-1- مقدمه

هدف اصلی در این جلسه شروع کار با زاویه یاب و آشنایی با آن می باشد. یکی از کاربردهای دستگاه زاویه یاب امتداد دهی و میخ کوبی یک مسیر مسقیم است. در این جلسه پس از آشنایی با اجزاء دستگاه و استقرار دستگاه زاویه یاب بر روی یک نقطه و قراولروی به نقطه دیگر، زاویه 90 درجه را به دوربین بسته و امتداد عمود را به فواصل 5 متر، تا 30 متر پیکیتاژ خواهیم کرد. دستور کار این جلسه در حقیقت حالت خاصی از پیاده کردن نقاط به روش قطبی با زاویه یاب را نیز شامل می شود. همچنین در این جلسه با متر کشی فاصله افقی زاویه یاب تا پای یک درخت و تعیین زاویه قائم رأس و پای درخت، ارتفاع درخت تعیین می گردد.

## 7-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه هفتم عملیات نقشه برداری

**زاویه یاب (تئودولیت)**

اولین دستگاه زاویه یاب به نام ترانزیت در سال ۱۶۹۰ برای مشاهدات نجومی ساخته شد. این دستگاه، تلسکوپی داشت که حول محور افقی دوران می نمود. پس از گذشت حدود یک قرن، با تکمیل تدریجی ساختمان زاویه یابهای قدیمی دستگاهی بنام تئودولیت ساخته شد که با حجمی کم دارای سرعت عمل و دقت بالایی بود.

برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم از این دستگاه استفاده می گردد. فاصله و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را نیز می توان به کمک این دستگاه اندازه گیری نمود. تئودولیتها به اقسام مختلف شده اند هرچند در ظاهر ممکن است متفاوت به نظر برسند ولی طرز کار اکثر آنها شبیه هم می باشد.

دستگاه تئودولیت برای آن که بتواند زوایای افقی و قائم را با دقت اندازه گیری کند از سه قسمت تشکیل شده است:

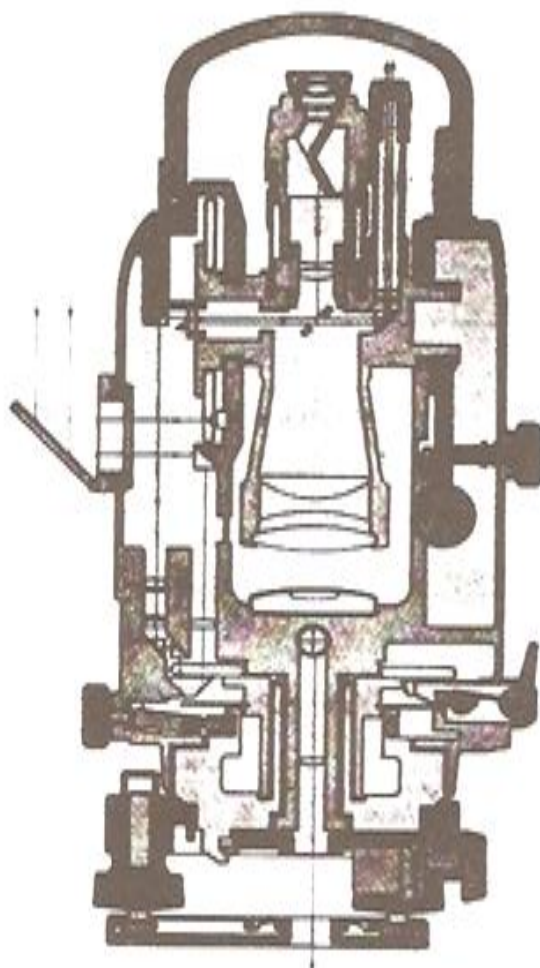
**الف) قسمت فوقانی:** از یک دو شاخه فلزی L شکل به نام آلیداد تشکیل شده است. موقعی که دوربین تنظیم شده باشد این دو شاخه در حالت قائم قرار می گیرد. برای آن که محور اصلی دستگاه در امتداد قائم قرار گیرد، باید تراز نصب شده بین دو شاخه آلیداد را به کمک پیچهای تنظیم پایه، تراز نمود.

یک محور افقی در بالای آلیداد وجود دارد که تلسکوپ دوربین نقشه برداری بر روی آن قرار گرفته و در یک صفحه قائم حول این محور افقی دوران می کند.

بر روی آلیداد همچنین نقاله قائم (لمب قائم Vertical Limb)، تراز لمب قائم (تراز لوبیایی)، تراز لمب افقی (تراز استوانه ای)، پیچ تنظیم تراز قائم و پیچهای حرکت کنند و کنند تلسکوپ و آلیداد قرار دارند.

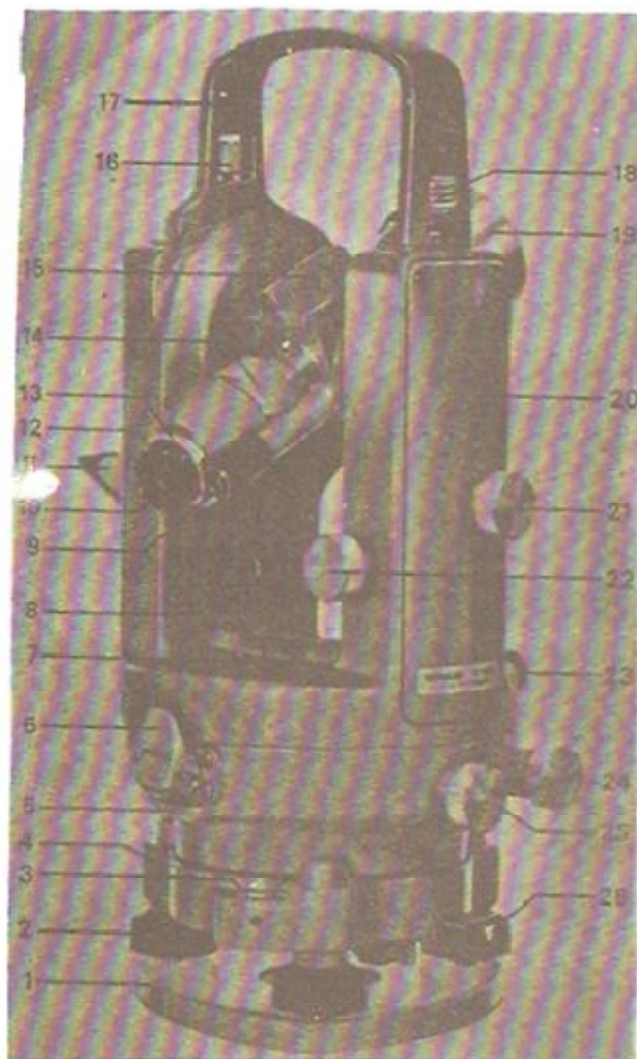
ب) قسمت میانی: محفظه‌ای است که درون آن یک دایره مدرج بصورت افقی قرار گرفته تا زوایای افقی به کمک آن اندازه‌گیری شود. این دایره مدرج را لمب افقی (Horizontal Circle) می‌نامند و امتداد محور اصلی دستگاه بر آن می‌گذرد.

ج) قسمت تحتانی: پایه‌ای است برای دو قسمت بالا و عبارت است از صفحه نگهدارنده دوربین که در اصطلاح (ترابرگ Three-broque) نامیده می‌شود که دارای سه کفشک می‌باشد و دستگاه بوسیله سه پیچ بنام پیچهای تراز کننده که به این پایه متصلند روی سه پایه تکیه می‌کند. دستگاه به کمک این پیچ‌ها تراز شده و محور اصلی‌اش به حالت قائم در می‌آید. تراز کروی برای تراز نمودن دوربین و شاقول اپتیکی برای مستقر نمودن دوربین بر روی نقاط موردنظر، جزو این قسمت محسوب می‌شوند.



مسیر نور در زاویه یاب اپتیکی





اجزاء تئودولیت

- ۱ - صفحه بیس
- ۲ - پیچهای تراز کننده
- ۳ - تراز کروی
- ۴ - بیس
- ۵ - سکوی کلید نگهدارنده دایره مدرج افقی
- ۶ - کلید نگهدارنده دایره مدرج افقی
- ۷ - تراز استوانه‌ای
- ۸ - دریچه روشنایی داخل آلیاد
- ۹ - میکروسکوپ قرائت زاویه
- ۱۰ - عدسی چشمی تلسکوپ
- ۱۱ - آئینه
- ۱۲ - آلیاد
- ۱۳ - پیچ باز کردن چشمی دوربین از آن
- ۱۴ - پیچ تنظیم تصویر
- ۱۵ - دستگاه نشانه روی
- ۱۶ - پیچ اتصال دستگیره به آلیاد
- ۱۷ - دستگیره حمل دوربین
- ۱۸ - ضامن آزادکننده دستگیره از آلیاد
- ۱۹ - عدسی شی تلسکوپ
- ۲۰ - نقطه شاخص محور تلسکوپ
- ۲۱ - پیچ بستن حرکت کند قائم تلسکوپ
- ۲۲ - پیچ حرکت کند قائم تلسکوپ
- ۲۳ - شاقول اپتیکی
- ۲۴ - پیچ حرکت کند افقی
- ۲۵ - پیچ بستن حرکت کند افقی دوربین
- ۲۶ - ضامن اتصال بیس و آلیاد

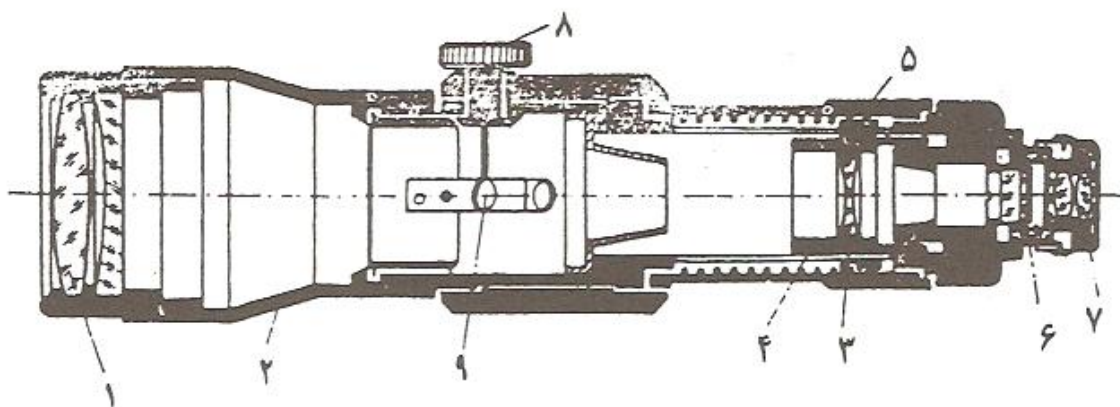


## اجزاء متشکله تئودولیت

### ۱) دوربین نقشه برداری (تلسکوپ)

لوله ای است استوانه ای شکل به طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر که از عدسی شی، عدسی چشمی، دیافراگم عدسی میزان، صفحه رتیکول و پیچ تنظیم تصویر تشکیل شده است. مگسک جهت نشانه روی اولیه بر روی دوربین و پیچ تنظیم عدسی میزان در کنار آن از اجزاء دیگر دوربین می باشند.

دوربین تراز یاب فقط در یک صفحه افقی جابجا می شود و نقشه بردار می تواند دوربین را به چپ یا راست بچرخاند ولی تئودولیت می تواند علاوه بر گردش به سمت چپ و راست، در صفحه قائم نیز حرکت کند.



- |               |                         |
|---------------|-------------------------|
| ۱- عدسی شیئی  | ۲- بدنه اصلی            |
| ۳- عدسی میزان | ۴- دیافراگم             |
| ۵- بدنه داخلی | ۶- صفحه رتیکول          |
| ۷- عدسی چشمی  | ۸- پیچ تنظیم عدسی میزان |
| ۹- مگسک       |                         |

## ۲) آلیداد

یک دو شاخه فلزی L شکل می باشد که دورین حول آن می چرخد. به همین سبب به آن «محور چرخش دورین» گفته می شود. خود آلیداد نیز حول محور قائم دستگاه (محور اصلی) دوران می کند.

## ۳) صفحات مدرج (لمب ها)

دو صفحه مدرج می باشند که یکی بصورت افقی و دیگری بصورت قائم قرار گرفته و درجات آنها به کمک ورنیه و میکرومتر قرائت می گردند. (ورنیه وسیله ای است که به کمک آن می توان دقت قرائت لمب را تا حد زیادی بالا برد)

تقسیمات لمب افقی در جهت حرکت عقربه های ساعت افزایش می یابد. تفاوت لمب افق و قائم در اکثر تئودولیتها در این است که صفر لمب قائم در جای ثابتی است و این مبناء قابل جابجا شدن نمی باشد ولی در لمب افقی به کمک پیچ یا دکمه مخصوص می توان قرائت زوایا را از صفر لمب شروع نمود. این عمل را صفر صفرکردن لمب و پیچ مربوطه را پیچ صفر صفر می نامند.



تئودولیت های دیجیتالی



#### ۴) ترازها

برای آن که بتوان محور اصلی دستگاه را بر امتداد قائم منطبق نمود بین دو شاخه آلیداد یک تراز نصب شده است. در بالای لمب قائم (صفحه مدرج قائم) تراز دیگری کار گذاشته شده که با پیچ مخصوص که در زیر آن است تنظیم می شود. در تراز یاب پس از تراز نمودن دستگاه، محور قراولروی در حالت افقی قرار می گیرد. ولی در تئودلیت محور قراولروی به سمت بالا و پایین حرکت می کند و برای تراز نمودن آن باید از لمب قائم استفاده نمود. در تئودلیتهای درجه ای موقعی که لمب قائم عدد ۹۰ یا ۲۷۰ را نشان دهد دوربین در حالت افقی می باشد. همچنین در تئودلیتهای گرادی زمانی که لمب قائم عدد ۱۰۰ تا ۳۰۰ را نشان دهد، دوربین حالت افقی دارد.

#### ۵) پایه

دستگاه تئودلیت بوسیله پایه که سه یا چهار پیچ عاج دار دارد در حالت افقی قرار می گیرد.

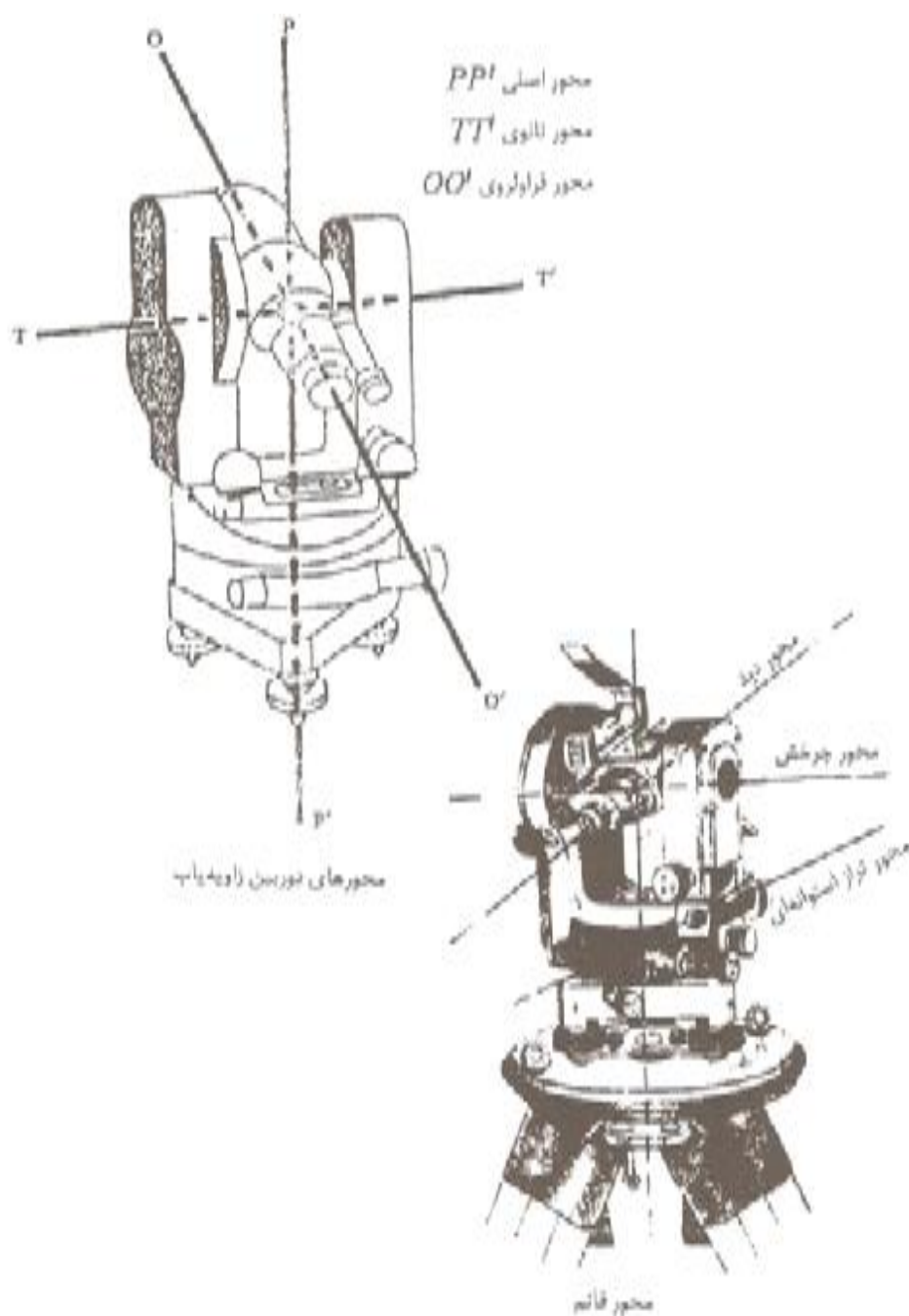
#### ۶) پیچ های کنترل حرکت

برای آن که حرکت دوربین و آلیداد و صفحه مدرج افقی (لمب افقی) قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ حرکت دهند و کنند استفاده می شود. موقعی که پیچ های حرکت جزیی را بچرخانیم، تئودلیت در سطح افق و قائم به آرامی حرکت می کند.

#### محورهای دوربین زاویه یاب

دوربین تئودلیت دارای سه محور فرضی می باشد:

- الف) محور اصلی (محور قائم): خط فرضی است که بر مرکز لمب افقی عمود می شود و آلیداد حول این محور می تواند دوران کند. (خط  $PP'$ )
- ب) محور افقی (محور ثانوی): خط فرضی است که بر مرکز لمب قائم عمود است و تلسکوپ دوربین حول آن دوران می کند. (خط  $TT'$ )
- ج) محور قراولروی (محور نوری دوربین): خط فرضی است که از مرکز عدسی ها و تارهای رتیکول تلسکوپ دوربین می گذرد (خط  $OO'$ ) و به آن محور دیدگانی نیز گفته می شود.



### استقرار زاویه یاب

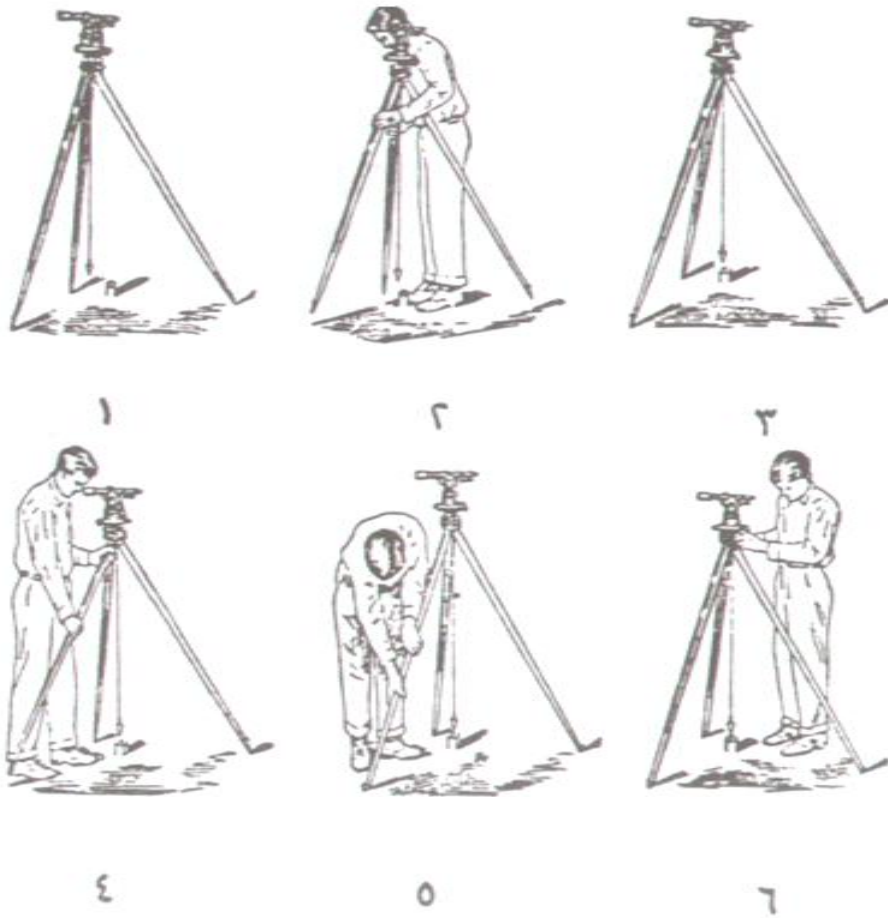
مقصود از استقرار تئودولیت، مستقر ساختن تئودولیت بر روی سه پایه به نحوی است که اولاً محور اصلی دستگاه از روی نقطه استقرار بگذرد و ثانیاً امتداد آن در راستای قائم (شاقول) باشد. به این ترتیب عمل استقرار شامل دو مرحله است، یکی تمرکز یا ایستگاه گذاری و دیگری تراز کردن.

برای استقرار ابتدا سه پایه را باز کرده و به گونه ای روی زمین قرار می دهیم که صفحه فلزی سه پایه حالت افقی داشته باشد و خط قائمی که از مرکز صفحه سه پایه می گذرد تقریباً بر روی نقطه مورد نظر قرار داشته باشد.

همچنین باید دقت شود که ارتفاع دوربین متناسب با قد فردی باشد که از پشت تلسکوپ دوربین قرائت ها را انجام خواهد داد.

حال دوربین را بر روی سه پایه قرار داده و در حالی یک دستمان بر روی دسته دوربین قرار دارد و آن را نگاه داشته ایم، با دست دیگر پیچ سه پایه را به ترابراج دوربین می بندیم. بعد از اطمینان کامل از بسته شدن کامل پیچ می توان دستگاه را رها نمود.

یکی از پایه های سه پایه را بر روی زمین محکم می کنیم. با دو دست دو پایه دیگر را کمی از روی زمین بلند نموده و همزمان از شاقول اپتیکی به محل نقطه نگاه میکنیم. دو پایه را جابجا می کنیم تا تارهای رتیکول شاقول اپتیکی بر روی نقطه قرار گیرند و پس از اطمینان از این موضوع دو پایه دیگر را نیز بر روی زمین قرار داده و آنها را نیز محکم می کنیم. حال با پیچ های تراز دستگاه شاقول اپتیکی را دقیقاً بر روی نقطه می اندازیم. با پیچهای پایه های سه پایه دستگاه را حدوداً تراز میکنیم. بعد با پیچهای تراز دستگاه، آنرا به صورت دقیق تراز می کنیم. نهایتاً در صورت جابه جایی جزئی شاقول اپتیکی از روی نقطه، می توان با شل کردن پیچ اتصال ترابراج به سه پایه و لغزاندن دوربین بر روی سه پایه، دستگاه را سانتراژ نمود.



در نقشه برداری اندازه گیری دو نوع زاویه افقی و قائم لازم است. زاویه افقی زاویه ای است که از تقاطع دو خط در صفحه افقی (صفحه مماس بر سطح تراز) ایجاد می شود. زاویه قائم یا زاویه شیب یک امتداد، زاویه ای است مثل V که این امتداد با صفحه افق می سازد. زاویه سمت الرأس یا زینینی یک امتداد زاویه ای است مثل Z که نسبت به امتداد قائم به طرف بالا ایجاد می شود. تئودولیت وسیله ای جهت اندازه گیری زوایای افقی و قائم امتداد ها بر روی زمین است. ساختمان و اجزاء تئولیت و نحوه استقرار (ایستگاه گذاری) آن را در صفحات قبل توضیح دادیم. در ادامه روش ساده اندازه گیری زاویه را در این جلسه توضیح می دهیم. در جلسه آینده نیز قرائت زوایای افقی به روش کوپل یا قرائت مضاعف را توضیح و انجام خواهیم داد.

## نشانه روی

پس از ایستگاه گذاری، تنظیم به مرکز (سانتراژ) و تراز کردن (یعنی استقرار تئودولیت به روش یاد شده) باید به نقطه های موردنظر که قبلاً میخکوبی یا علامتگذاری شده اند یا آنکه ژالون قائمی روی آنها قرار داده اند، نشانه روی کنیم. روش عمل به شرح زیر است:

ابتدا با مگسک دوربین یا چشمی آن و باز کردن پیچ حرکت سریع افقی و پیچ حرکت سریع قائم دستگاه، تار عمودی داخل دوربین را به حوالی نقطه موردنظر می آوریم؛ سپس پیچهای حرکت سریع را بسته و با پیچهای حرکت آهسته تقاطع تار افقی و تار عمودی وسط دوربین را دقیقاً به وسط و پایین شاغول و یا میخ چوبی و یا هر علامت و نشانه خاص یا نقطه می بریم. باید توجه داشت قبلاً با پیچ مخصوص تار رتیکول را رؤیت کنید؛ به طوری که نقطه نشانه و تارها به خوبی دیده شود و نیز توجه کنید که آینه طوری قرار گرفته باشد که نور به طور طبیعی و کامل به داخل دستگاه هدایت شود.

این نکته را از نظر نباید دور داشت که برای نشانه روی از حرکت ارتفاعی دوربین نیز باید استفاده شود؛ به این صورت که ابتدا پیچ حرکت سریع ارتفاعی دوربین را باز می کنیم و دوربین را به طرف بالا و یا پایین و به حدود نقطه موردنظر می بریم. سپس، پیچ حرکت سریع ارتفاعی را بسته و توسط پیچ حرکت آهسته آن، تار وسط داخل دوربین را روی نقطه موردنظر می بریم.

## قرائت زاویه افقی<sup>۱</sup> و زاویه قائم<sup>۲</sup>

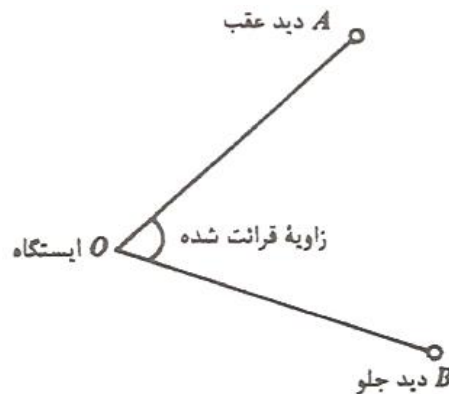
در روند قرائت امتداد افقی، پس از نشانه روی دقیق روی نقطه موردنظر، برای تعیین زاویه افقی، از داخل چشمی مربوط به قرائت زوایا، پس از روشن کردن صفحه داخل آن توسط آینه مخصوص آن، زاویه افقی را از درون کادر مخصوص، بدین ترتیب می خوانیم که ابتدا درجه را قرائت کرده و دقیقه ها و ثانیه های آن را در زیر نشانه آن، و در زیر عدد می خوانیم. در صورتی که منظور قرائت زاویه قائم باشد، به همین ترتیب از درون کادر مخصوص، زاویه قائم را می خوانیم.

1. Horizontal angle

2. Vertical angle

## اندازه گیری زاویه ها

اندازه گیری زاویه افقی. برای اندازه گیری زاویه افقی  $AOB$  (شکل ) پس از ایستگاه گذاری روی  $O$ ، به ترتیب به دو نقطه  $A$  و  $B$  نشانه روی کرده و قرائتهای لمب افقی مربوط به آنها را یادداشت کرده و از هم کم می کنیم. (توجه کنید که حرکت و درجه بندی لمب افقی در جهت عقربه های ساعت است.)



برای اینکه زاویه مشخصی را به کمک دوربین بر روی زمین پیاده کنید، باید پس از استقرار دوربین بر روی رأس زاویه، به نقطه امتداد مبنا صفر صفر کرده و دوربین را در جهت ساعتگرد آنقدر بچرخانید تا زاویه مورد نظر بر روی لمب افقی نشان داده شود.

در استقرار انواع دوربین بر روی سه پایه دقت شود که تا از بسته شدن کامل پیچ استقرار دوربین بر روی سه پایه اطمینان حاصل نکرده اید، دوربین را رها نکنید. در حمل و استقرار دوربین بر روی سه پایه، همواره دقت شود تا از ضربه خوردن دستگاه جلوگیری گردد. هرگز با هیچ دوربین نقشه برداری ای به سمت خورشید نشانه روی نکنید، این کار بلافاصله موجب کوری چشم شما خواهد شد.

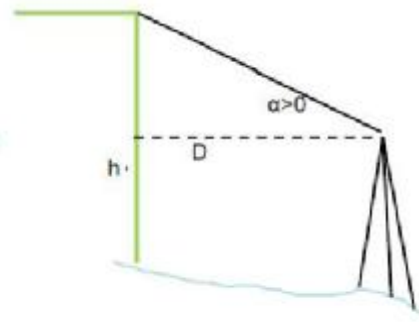
### 7-3- در این جلسه انتظار میرود :

پس از آشنایی با دستگاه زاویه یاب و نحوه استقرار آن، در این جلسه پس استقرار دستگاه بر روی یک نقطه و قراولروی به نقطه دیگر، زاویه 90 درجه را به دوربین بسته و امتداد عمود را به فواصل 5 متر، تا 30 متر پیکتاژ خواهیم کرد.

همچنین ارتفاع یک درخت را با اندازه گیری زوایای قائم رأس و پای درخت و متر کشی فاصله افقی زاویه یاب تا پای درخت، مطابق شکل و روابط زیر محاسبه نمایید.

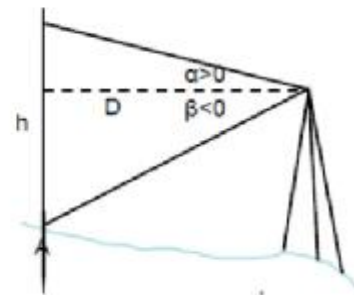
\* استفاده از زاویه قائم برای تعیین بلندی ساختمان:

$$h = \tan(\alpha) \times D + h_0$$



$$h = D(\tan \alpha + \tan \beta)$$

(زوایا با علامت مثبت قرار گیرند)



#### 7-4- تجهیزات مورد نیاز

1- متر فلزی 30 متری، برای هر گروه یک عدد

2- ژالون و تراز نبشی

3- پیکه چوبی به تعداد

4- چکش یک عدد برای هر گروه

5- زاویه یاب یک دستگاه برای هر گروه

6- سه پایه یک عدد برای هر گروه



## 8- فصل هشتم

دستور کار جلسه هشتم :

اندازه گیری زوایای داخلی یک مثلث و محاسبه و کنترل خطاها

## 8-1- مقدمه

تا کنون گفتیم که تئودولیت وسیله ای جهت اندازه گیری زوایای افقی و قائم می باشد. اجزای آن را معرفی نمودیم و نحوه استقرار و کار با آن را نیز بیان کردیم. در جلسه گذشته یکی از کاربردهای تئودولیت یعنی امتداد دهی و اخراج عمود (یا یک زاویه دلخواه) از یک نقطه نسبت به یک امتداد را بیان نموده و انجام دادیم. اما روشهای مختلفی برای قرائت زوایا با تئودولیت وجود دارد که از آن جمله می توان به روش های کوپل، تجدید، تکرار و... اشاره کرد. انتخاب این روشها برای اندازه گیری زوایا، تا حد زیادی به دقت مورد نظر و نوع پروژه بستگی دارد. در این جلسه قصد داریم قرائت زوایا به روش کوپل را معرفی نموده و انجام دهیم. این کار را با در نظر گرفتن 3 نقطه که تشکیل یک مثلث را می دهند، و استقرار تئودولیت بر روی رئوس آنها و قرائت هر یک از زوایا به دفعات 3 کوپل، 3 تکرار و 3 تجدید، تمرین می کنیم. سپس با محاسبه نتیجه نهایی برای زوایا، میزان خطای موجود را محاسبه و بین زوایا سرشکن می کنیم.

## 2-8- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه هشتم عملیات نقشه برداری

## اندازه‌گیری زاویه با دستگاه تئودولیت

در موقع اندازه‌گیری زاویه افقی با دستگاه تئودولیت باید به نکات زیر توجه نمود:

الف). چنانچه موقع قرائت زاویه، لمب قائم در سمت چپ نقشه‌بردار باشد، زاویه قائم قرائت شده را دایره به چپ می‌نامند. همچنین اگر لمب قائم در سمت راست نقشه‌بردار باشد، زاویه قرائت شده روی لمب افقی را دایره به راست می‌گویند.

ب). درجه‌بندی لمب افقی به گونه‌ای می‌باشد که با چرخش دوربین به طرف راست، اعداد روی لمب افقی بزرگتر می‌شوند.

## روش‌های اندازه‌گیری زاویه افقی

الف) روش ساده: برای اندازه‌گیری زاویه‌ای مانند AOB، دستگاه تئودولیت را در رأس زاویه قرار داده و به نقطه A قراولروی نموده و قرائت لمب افقی را ثبت می‌نماییم. سپس به نقطه B قراولروی نموده و قرائت لمب را ثبت می‌کنیم. باید دقت نمود که زاویه حاصله در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌باشد.

چنانچه  $RB < RA$  باشد داریم  $A\hat{O}B = RB - RA$

مثال ۱: با توجه به جدول زیر، زاویه  $A\hat{O}B$  برابر چند درجه می‌باشد؟

ایستگاه	نقاط	قرائت لمب افقی بر حسب درجه
O	A	۴۵' و ۱۳۵°
	B	۰۰ و ۱۵۲°

پاسخ:

زاویه  $A\hat{O}B$  برابر با مقدار تفاوت دو قرائت می‌باشد.

$$A\hat{O}B = ۱۵۲^{\circ} - ۱۳۵^{\circ}, ۴۵' = ۱۶^{\circ}, ۱۵'$$

پ) روش قرائت جفت (زوج - کوپل): در این روش هر قرائت لمب ۲ دفعه انجام می شود. یک دفعه در حالت دایره به راست که لمب قائم در سمت راست نقشه بردار قرار دارد و یک دفعه در حالت دایره به چپ که لمب قائم در سمت چپ نقشه بردار قرار دارد. این دو قرائت باید به اندازه  $180^\circ$  یا  $200^\circ$  با هم تفاوت داشته باشند ولی به سبب نقص فنی دستگاههای تئودولیت معمولاً اندکی با هم تفاوت دارند.

چنانچه قرائت به یک نقطه در حالت دایره به راست ( $\alpha$ ) درجه و در حالت دایره به چپ ( $\beta$ ) درجه باشد. معدل دو قرائت را باید در نظر گرفت:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\alpha + \beta - 180}{2} \\ \frac{\alpha + \beta - 200}{2} \end{array} \right.$$

موقعی که زوایا برحسب گراد باشند:

\* این روش از روشهای متداول در نقشه برداری و ژئودزی می باشد. در این روش خطاهایی مانند خطای کلیماسیون و خطای خارج از مرکزی لمب افقی بصورت عملی حذف می شود.

همواره در اندازه گیری زوایا، انواع خطاهای طبیعی، انسانی و دستگاهی دخیل می باشند که باعث می شوند مقدار اندازه گیری های ما با مقدار واقعی مشاهدات متفاوت باشند. برخی از این خطاها را میتوان با به کار گیری روشهای اندازه گیری خاص و یا با استفاده از روابط ریاضی موجود تا حد زیادی کم کرد. ولی همواره خطاهای اندازه گیری وجود خواهند داشت. با بحث خطاها در درس تئوری خطاها بیشتر آشنا خواهید شد.

برای کنترل درستی زوایای افقی اندازه گیری شده، باید مقدار خطای موجود در مجموع زوایا را محاسبه و آن را با مقدار مجاز مقایسه کنیم. چنانچه خطا بیش از حد مجاز خود باشد، زوایای اندازه گیری شده قابل اطمینان نبوده و باید دوباره اندازه گیری شوند. ولی در صورت مجاز بودن مقدار خطای اندازه گیری، آن را به تعداد اضلاع تقسیم نموده و با محاسبه میزان تصحیحات برای هر زاویه، مقدار خطا را با علامت مخالف بین زوایا سرشکن می کنیم.

در مورد چند ضلعی های بسته ، مجموع زوایای داخلی در چند ضلعی بسته برابر با:

$(\sum \alpha = (2n - 4) \times 90^\circ)$  است که در آن  $n$  تعداد اضلاع می باشد، بعد از محاسبه مجموع زوایای داخلی اندازه گیری شده، می توان مقدار خطای بوجود آمده را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$e_a = \sum_{i=1}^n a_i - (n - 2) 180^\circ$$

یا

$$e_a = \sum_{i=1}^n a_i - (2n - 4) 90^\circ$$

$180^\circ \times (n - 2)$  یا  $90^\circ \times (2n - 4)$ : مجموع واقعی زوایای داخلی  $n$  ضلعی بسته

$\sum_{i=1}^n a_i$ : مجموع زوایای داخلی اندازه گیری شده

$e_a$ : خطای بست زوایای

### حداکثر خطای مجاز بست زوایای

می توان حداکثر خطای مجاز بست زوایای را از رابطه زیر بدست آورد:

$$e_{Max} = \pm 2/5 d_\alpha \cdot \sqrt{\frac{n}{m}}$$

$n$ : تعداد زوایای اندازه گیری شده

$m$ : تعداد دفعات اندازه گیری هر زاویه

$d_\alpha$ : خطای اندازه گیری شده با دقت زوایای دستگاه تئودولیت

اگر  $|e_a| \leq e_{max}$  شود، با اعمال خطای بست زوایای  $e_a$  به زوایا، زوایا را تصحیح

می کنیم. مقدار تصحیح برای هر زاویه را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\varepsilon_a = \frac{-e_a}{n}$$

$e_a$ : خطای بست زوایای

$\pi$  تعداد زوایای اندازه گیری شده

$\varepsilon_a$ : مقدار تصحیح برای هر زاویه

زاویه تصحیح شده برابر است با:

$$\alpha'_i = \alpha_i + \varepsilon_a$$

مثال: زاویه های داخلی یک مثلث اندازه گیری شده است و مقادیر هر یک در زیر آورده شده است. اگر دستگاه تئودولیت دارای دقت زاویه ای ۸ ثانیه گرادی باشد، پس از محاسبه خطای بست زاویه ای و حداکثر خطای مجاز بست زاویه ای در صورت قابل قبول بودن خطای بست، زوایای تصحیح شده را محاسبه نمایید.

$$\alpha_1 = 125/3750 \text{ گراد}$$

$$\alpha_2 = 28/8230 \text{ گراد}$$

$$\alpha_3 = 45/7988 \text{ گراد}$$

پاسخ:

مجموع زوایای اندازه گیری شده:

$$\sum \alpha_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

$$\sum \alpha_i = 125/3750 + 28/8230 + 45/7988 = 199/9968 \text{ گراد}$$

مجموع زوایای داخلی یک سه ضلعی برحسب گراد:

$$\sum \alpha = (n - 2) \times 200^\circ$$

$$\sum \alpha = (3 - 2) \times 200 = 200^\circ$$

خطای بست زاویه ای:

$$e_a = \sum_{i=1}^n \alpha_i - (n - 2) 200^\circ$$

$$e_a = 199/9968 - 200 = -0/0032 \text{ گراد}$$

$$e_a = -32'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

با در نظر گرفتن دقت زاویه ای دستگاه تئودولیت داریم:

$$d_a = 8'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

$$e_{Max} = 2/5 d_{\alpha} \sqrt{\frac{n}{m}}$$

$$e_{Max} = 2/5 \times 8 \sqrt{\frac{3}{1}} = 34'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

چون قدرت مطلق خطای بست زاویه ای یعنی  $| -32 |$  ثانیه از حداکثر مقدار مجاز آن یعنی ۳۴ ثانیه کمتر است پس می توان اندازه گیری زوایا را قابل قبول دانسته و باید مقدار خطا را بر روی زوایا سرشکن کنیم:

$$e_a = |-32| = 32 < e_{max} = 34''$$

$$\varepsilon_a = \frac{-e_a}{n} = \frac{-(-32)}{3} \approx 11'' \text{ (ثانیه گرادی)} = 0.0011^g$$

زوایا تصحیح شده بصورت زیر می باشد:

$$\alpha'_1 = \alpha_1 + \varepsilon_a = 125/3750 + 0.0011 = 125/3761 \text{ گراد}$$

$$\alpha'_2 = \alpha_2 + \varepsilon_a = 28/8230 + 0.0011 = 28/8241 \text{ گراد}$$

$$\alpha'_3 = \alpha_3 + \varepsilon_a = 45/7988 + 0.0011 = 45/7999 \text{ گراد}$$

کنترل زوایای تصحیح شده:

$$125/3761 + 28/8241 + 45/7999 = 200/0001 \text{ گراد}$$



\* روش تکرار

ایستگاه	دور نشانه روی	نقطه نشانه	قرائت لمب افقی	اندازه زاویه افقی
O	۱	A	$a_1$	$b_1 - a_1$
		B	$b_1$	
	۲	A	$a_2 = b_1$	$b_2 - b_1$
		B	$b_2$	
	...	A	...	...
		B	...	
	...	A	...	...
		B	...	
	...	A	...	...
		B	...	
	n	A	$a_n = b_{n-1}$	$b_n - b_{n-1}$
		B	$b_n$	

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{b_n - a_1 + 360^\circ k}{n}$$

مثال زاویه ای را با پنج مرتبه تکرار اندازه گرفتیم. نتایج زیر به دست آمد. اندازه این زاویه را تعیین کنید.

ایستگاه	دور	نقطه نشانه	قرائت لمب افقی
O	۱	A	$123^\circ, 23', 30''$
	۱	B	$175^\circ, 36', 50''$
	۵	B	$24^\circ, 29', 40''$

حل: از تفاضل قرائت ها در دور اول مقدار تقریبی زاویه به دست می آید.

$$\alpha = 175^\circ, 36', 50'' - 123^\circ, 23', 30'' = 52^\circ, 13', 20''$$

مقدار این زاویه پس از ۵ مرتبه تکرار می شود.

$$5\alpha = 261^\circ, 06', 40''$$

و چون این مقدار را با قرائت A در دور اول جمع کنیم قرائت B در دور پنجم به دست می آید.

$$5\alpha + R_A = 284^\circ, 30', 10''$$

چون درجه بندی لمب بیش از  $360^\circ$  درجه نیست می توان دریافت که اندکس قرائت، یک بار از صفر رد شده است. یعنی  $k=1$  و در این صورت:

$$\alpha_m = \frac{b_5 - a_1 + 360^\circ}{5} = \frac{24^\circ, 29', 40'' - 123^\circ, 23', 30'' + 360^\circ}{5} = 52^\circ, 13', 14''$$

## روش تجدید

$$n: \text{تعداد تجدید} \quad \text{پریود مبداءهای لازم در روش تجدید} = \frac{360}{n}$$

$$\begin{aligned} 0 &\Rightarrow 30^\circ 0' 10'' & \alpha_1 &= 30^\circ 0' 10'' \\ 90 &\Rightarrow 120^\circ 0' 15'' & \alpha_2 &= 30^\circ 0' 15'' \\ 180 &\Rightarrow 210^\circ 0' 8'' & \alpha_3 &= 30^\circ 0' 8'' \\ 270 &\Rightarrow 300^\circ 0' 11'' & \alpha_4 &= 30^\circ 0' 11'' \\ \alpha &= \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{30^\circ 0' 10'' + 30^\circ 0' 15'' + 30^\circ 0' 8'' + 30^\circ 0' 11''}{4} = 30^\circ 0' 11'' \end{aligned}$$

## 8-3- در این جلسه انتظار میرود :

در این جلسه دانشجویان باید نقاط رئوس یک مثلث را ایجاد کرده و با استقرار تئودولیت بر هر یک از سه رأس، یکی از زوایا را 3 کوپل، یکی را 3 تجدید و زاویه سوم را 3 تکرار قرائت نمایند و مقدار زوایای نهایی را حساب کنند. سپس با محاسبه خطای بست زاویه‌ای و حداکثر خطای مجاز بست زاویه‌ای در صورت قابل قبول بودن خطای بست، زوایای تصحیح شده را محاسبه نمایند.

لازم به توضیح است که فرم قرائت زوایای افقی، برای قرائت 3 کوپل زاویه در انتهای این فصل قرار دارد. دانشجویان باید با تکمیل این فرم آن را عیناً در گزارش کار های خود قرار دهند.

## 8-4- تجهیزات مورد نیاز

- 1- ژالون و تراز نبشی 2 عدد برای هر گروه
- 2- زاویه یاب یک دستگاه برای هر گروه
- 3- سه پایه یک عدد برای هر گروه
- 4- فرم یادداشت مشاهدات اندازه گیری زاویه

## 8-5- سؤالات

- 1- انواع خطاهای طبیعی، انسانی و دستگاهی در زاویه یابی را نام ببرید.
- 2- چند مورد از کاربرد های دستگاه تئودولیت را نام ببرید.



نوع دستگاه :

شماره دستگاه :

شماره صفحه :

تاریخ :

عامل :

نویسنده :

برگه قرائت زوایای افقی

نام مؤسسه :

نام منطقه :

ایستگاه استقرار	نقطه قراولروی	حالت دستگاه	قرائت زاویه	نیم کوپل	یک کوپل	زاویه نهایی
1						
2						
3						

## 9- فصل نهم

### دستور کار جلسه نهم :

برداشت نقاط به روش تاکتومتری؛ ترسیم نقشه توپوگرافی به روش انتریپولاسیون دستی  
در دستور کار این جلسه قرار دارد

## 9-1- مقدمه

دو روش عمده نقشه برداری زمینی برای تهیه نقشه های توپوگرافی (پلان با منحنی تراز)، شبکه بندی و تاکنومتری می باشد. برای آشنایی با روش تاکنومتری در این جلسه قصد داریم پس از بیان اصول تئوری اولیه، هر گروه مختصات تعدادی نقاط ارتفاعی و مسطحاتی را به روش تاکنومتری برداشت نمایند. با جمع بندی مشاهدات خام تاکنومتری، مختصات نقاط برداشت شده مان را با روابط تاکنومتری محاسبه خواهیم کرد. سپس نقاط را به روش دستی روی کاغذ شطرنجی ترسیم کرده و نقشه توپوگرافی منطقه را ترسیم خواهیم نمود. با توجه به حجم بالای مشاهدات و محاسبات، دستور کار این فصل عموماً در دو جلسه برداشت مسطحاتی و ترسیم نقشه مسطحاتی؛ و برداشت ارتفاعی و ترسیم منحنی های میزان بر روی نقشه مسطحاتی انجام میگیرد.

## 9-2- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه نهم عملیات نقشه برداری

## اندازه گیری زاویه قائم با تئودولیت

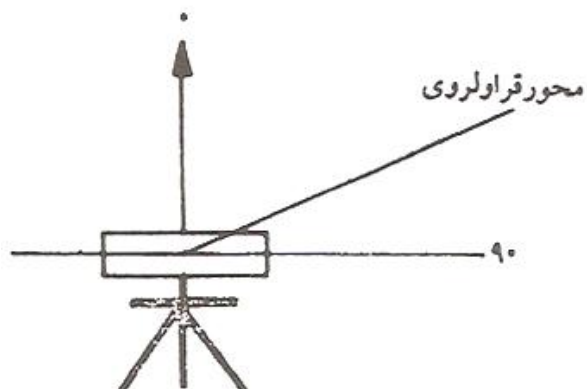
به کمک درجات لمب قائم می توان زاویه قائم را اندازه گیری نمود. منظور از سنجش زاویه قائم آن است که مقدار انحراف دوربین را از حالت افقی مشخص نماییم. به عنوان مثال چنانچه زاویه قرائت شده روی لمب قائم در یک تئودولیت ۱۰۹ درجه باشد یعنی این که زاویه قائم ۱۹ درجه است. به عبارت دیگر محور قراولروی به اندازه ۱۹ درجه از حالت افقی منحرف شده است.

\* اگر محور قراولروی در وضعیت افقی باشد، بر روی لمب قائم ۹۰ درجه (۱۰۰ گراد) یا ۲۷۰ درجه (۳۰۰ گراد) قرائت می شود.

\* اگر محور قراولروی در وضعیت سربالا باشد، زاویه قرائت شده روی لمب قائم کمتر از

۹۰ درجه یا (۱۰۰ گراد) است.

\* چنانچه محور قراولروی در وضعیت سرازیر باشد، زاویه قرائت شده روی لمب قائم بیشتر از ۹۰ درجه (۱۰۰ گراد) است.



زاویه لمب قائم از ۹۰ درجه کمتر است



زاویه لمب قائم از ۹۰ درجه بیشتر است



زاویه قرائت لمب از ۲۷۰ درجه بیشتر است



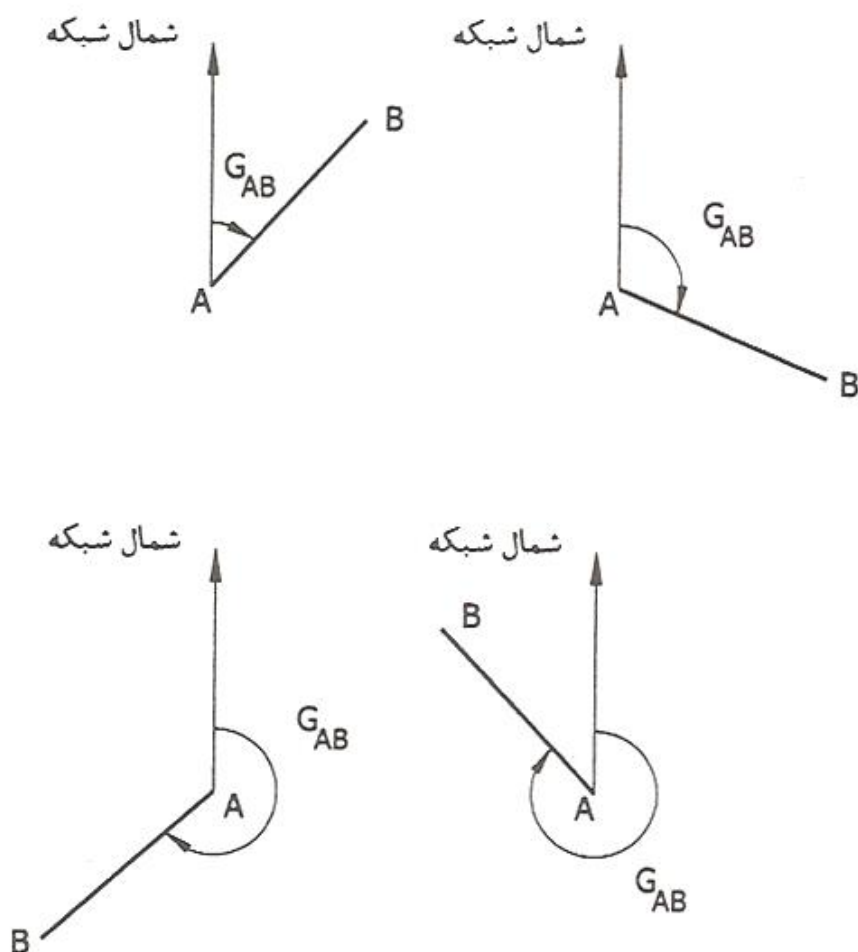
زاویه لمب قائم از ۲۷۰ درجه کمتر است

وضعیت لمب قائم و محور دوربین

## مختصات نقاط و امتدادها

### ژیزمان

زاویه هر امتداد با شمال شبکه در جهت حرکت عقربه های ساعت را ژیزمان آن امتداد گویند. در شکل زیر، ژیزمان امتدادی مانند  $AB$  بر روی نقشه در چهار وضعیت نشان داده شده است.



در صورتی که ژیزمان امتدادی مانند  $AB$  مشخص باشد  $(G_{AB})$ ، ژیزمان معکوس آن بصورت  $BA$  خوانده و به شکل  $(G_{BA})$  نشان داده می شود.

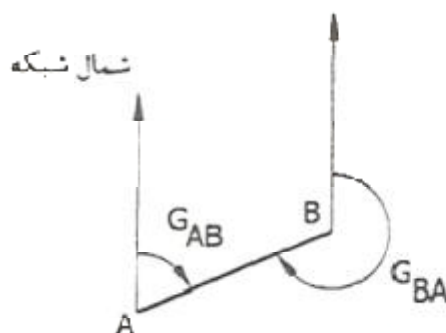


ژیزمان هر امتداد با ژیزمان معکوس خود همیشه  $180^\circ$  یا  $200^\circ$  تفاوت دارد. برای محاسبه ژیزمان و ژیزمان معکوس هر امتداد از روابط زیر استفاده می شود.

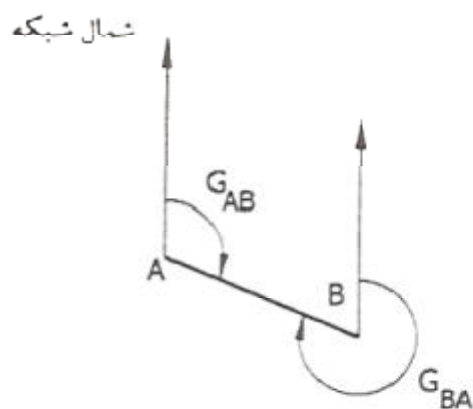
$$\text{اگر} \begin{cases} G_{AB} < 180^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ \\ G_{AB} < 200^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + 200^\circ \end{cases}$$

$$\text{اگر} \begin{cases} G_{AB} > 180^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - 180^\circ \\ G_{AB} > 200^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - 200^\circ \end{cases}$$

در شکل زیر ژیزمان امتداد AB و ژیزمان معکوس آن نشان داده شده است. در این شکل مشخص است که  $G_{AB}$  و  $G_{BA}$  به اندازه  $180^\circ$  یا  $200^\circ$  با هم تفاوت دارند.



مثالی دیگر: در این مثال نیز واضح است که  $G_{AB}$  و  $G_{BA}$  با هم به اندازه  $180^\circ$  یا  $200^\circ$  تفاوت دارند. پس یک قاعده کلی وجود دارد که ژیزمان هر امتداد با ژیزمان معکوس همان امتداد برابر  $180^\circ$  یا  $200^\circ$  تفاوت دارد.

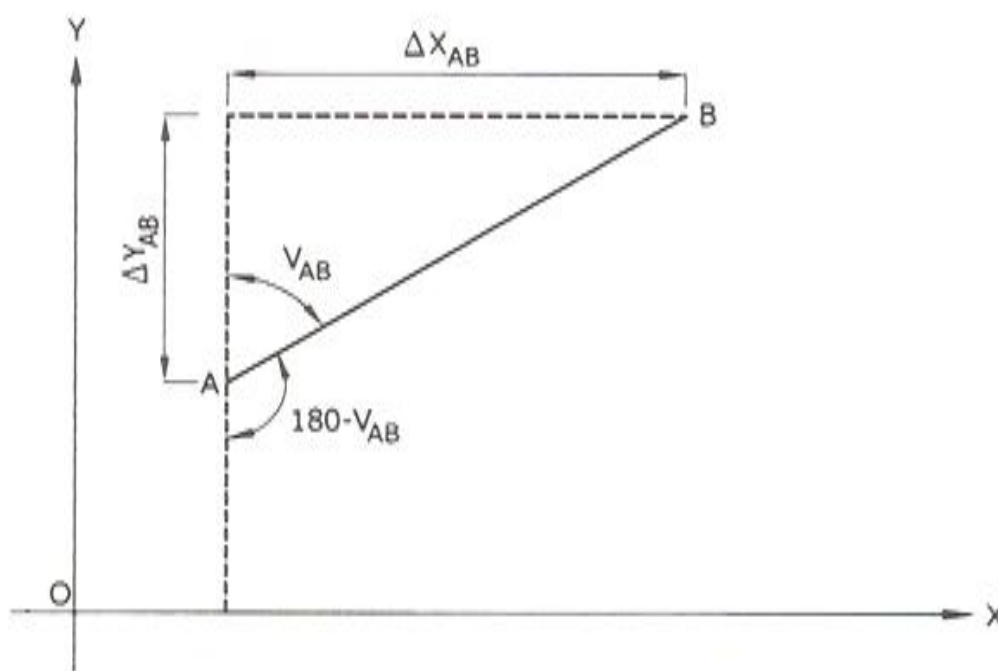


### زاویه حامل یک امتداد

موقعی که محورهای متعامد در یک صفحه ترسیم می گردند این محورها فضای صفحه را به چهار ناحیه تقسیم می کنند و هر امتداد ترسیم شده روی صفحه موقعی که محور yها را قطع

نماید، دو زاویه بوجود می آورد که کوچکترین آنها را زاویه حامل می نامند.  
پس می توان گفت:

کوچکترین زاویه ای که یک امتداد با محور  $y$  ها می سازد را زاویه حامل آن امتداد می گویند.  
در شکل زیر زاویه حامل امتداد  $AB$  با  $V_{AB}$  نشان داده شده است.

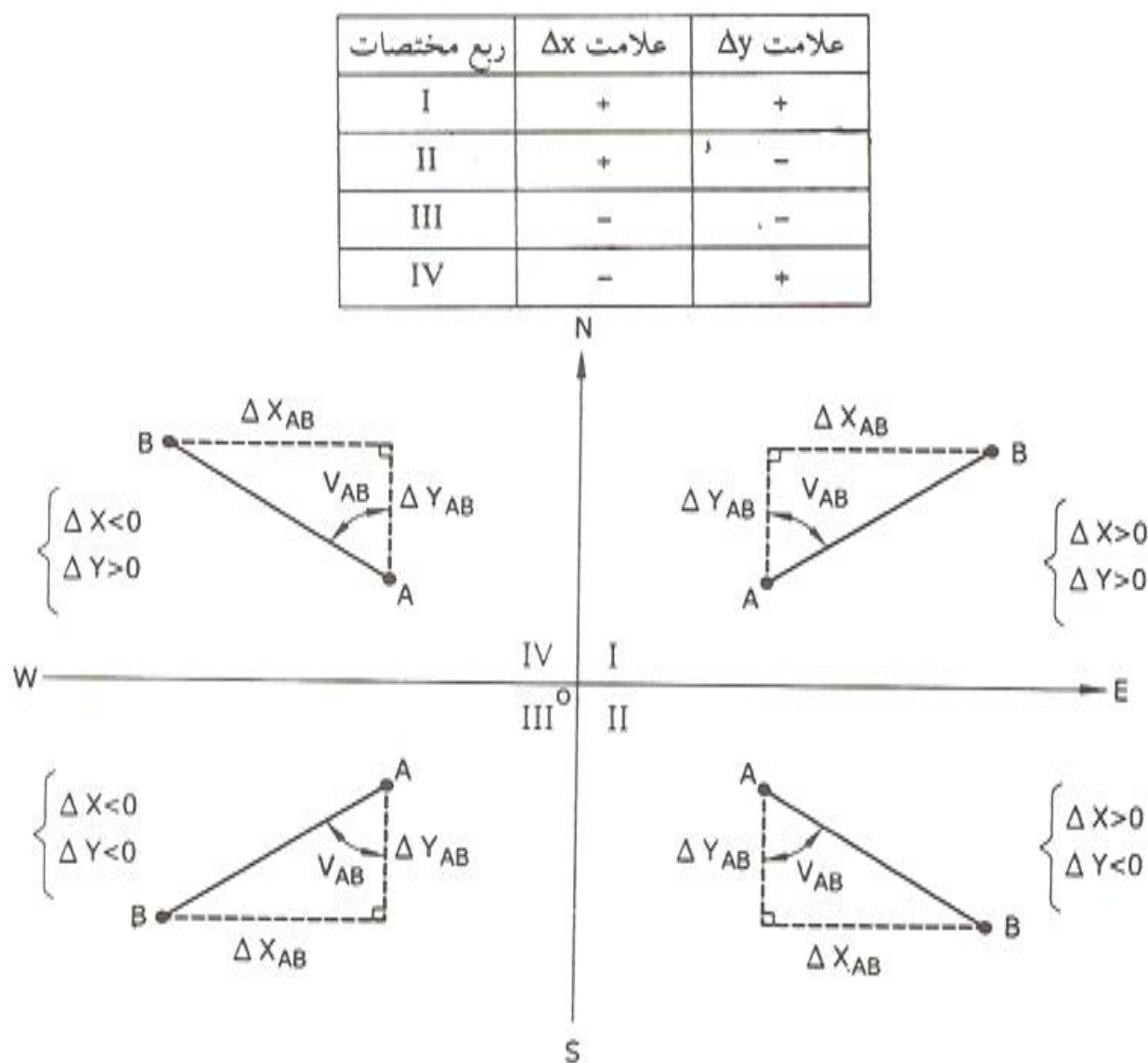


موقعی که مختصات قائم دو نقطه مانند  $A$  و  $B$  در دسترس باشد با داشتن  $\Delta x$  و  $\Delta y$  امتداد مورد نظر ( $AB$ ) چهار وضعیت می توان برای آن در نظر گرفت:

$$A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}, B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta y_{AB} = y_B - y_A \end{cases}$$

- موقعی که  $\Delta x > 0$  و  $\Delta y > 0$  باشند امتداد  $AB$  در ربع اول مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که  $\Delta x > 0$  و  $\Delta y < 0$  باشند امتداد  $AB$  در ربع دوم مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که  $\Delta x < 0$  و  $\Delta y < 0$  باشند امتداد  $AB$  در ربع سوم مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که  $\Delta x < 0$  و  $\Delta y > 0$  باشند امتداد  $AB$  در ربع چهارم مختصات قرار می گیرد.



### محاسبه ژیزمان یک امتداد به کمک زاویه حامل

در مثالهای قبلی با مشخص بودن زاویه میان دو امتداد و ژیزمان یکی از امتدادها، ژیزمان دیگر امتداد بدست می آمد. این روش در تعیین موقعیت و محاسبه مختصات نقاط مجهول بر روی زمین بسیار کاربرد دارد.

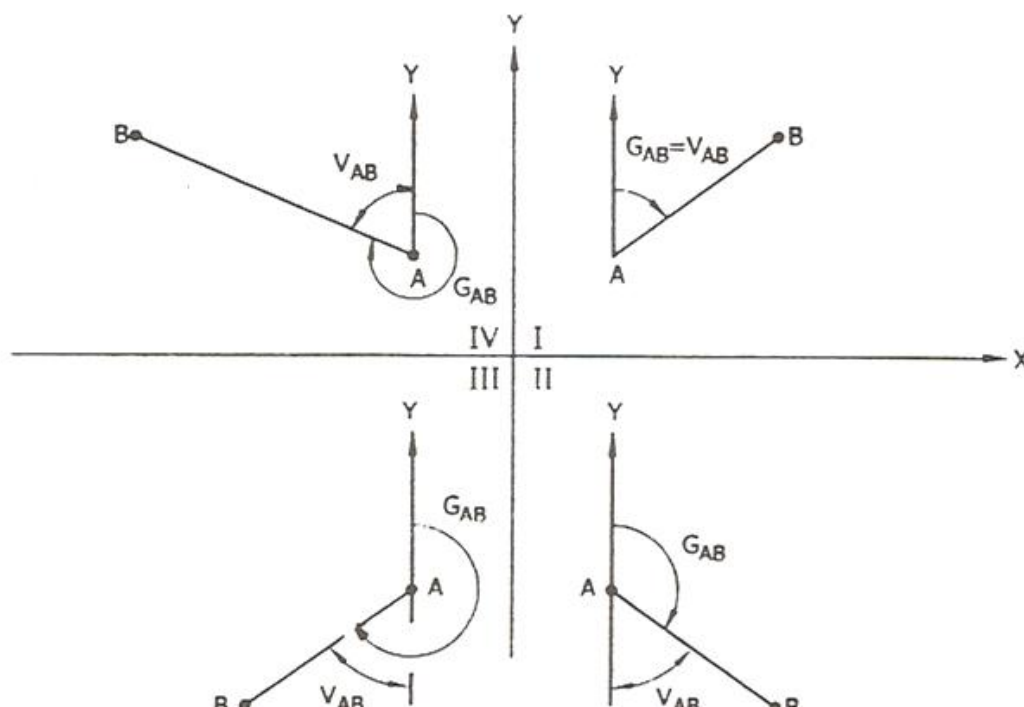
روش دیگری که مخصوصاً در پیاده نمودن نقشه از آن بسیار استفاده می شود مشخص نمودن ژیزمان امتدادهای مختلف به کمک مختصات نقاط روی آن امتدادهاست.

چنانچه یک امتداد مانند AB را در نظر بگیریم که مختصات دو نقطه واقع بر آن  $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$  و  $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$  باشد با توجه به جدول و شکل زیر، رابطه زیر را می توان نوشت:

$$\operatorname{tg} V_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| = \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right| \quad \text{یا} \quad V_{AB} = \operatorname{Arctg} \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right|$$

جدول تعیین علامت برای زاویه حامل

	ربع اول	ربع دوم	ربع سوم	ربع چهارم
$\Delta x$	+	+	-	-
$\Delta y$	+	-	-	+
$G_{AB} = V_{AB}$		$G_{AB} = ۲۰۰^{\circ} - V_{AB}$ یا $G_{AB} = ۱۸۰^{\circ} - V_{AB}$	$G_{AB} = ۲۰۰^{\circ} + V_{AB}$ یا $G_{AB} = ۱۸۰^{\circ} + V_{AB}$	$G_{AB} = ۴۰۰^{\circ} - V_{AB}$ یا $G_{AB} = ۳۶۰^{\circ} - V_{AB}$



## نقشه های توپوگرافی

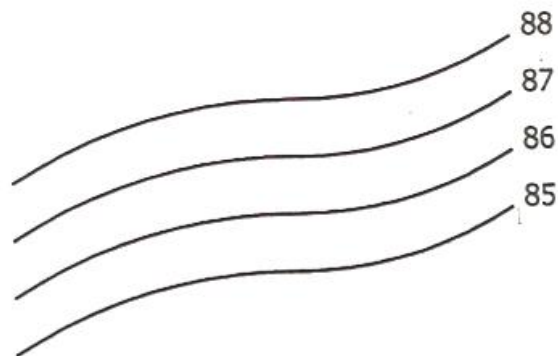
زمین دارای پستی و بلندی بی شمار می باشد. موقعی که منطقه ای از آن برای اجرای یک پروژه مهندسی در نظر گرفته می شود، بدون داشتن اطلاعات دقیق در زمینه این پستی ها و بلندی ها، هم طراحی پروژه و هم پیاده نمودن طرح از کاغذ بر روی زمین غیرممکن است. برای نشان دادن ارتفاعات نقاط روی زمین (ناهمواری های سطح زمین) از خطوط تراز استفاده می گردد و می توان بصورت زیر تعریف نمود:

اگر یک سطح تراز زمین را قطع نماید به فصل مشترک این سطح تراز با سطح خارجی زمین منحنی تراز گفته می شود. به عبارت دیگر چنانچه نقاط هم ارتفاع روی نقشه را به یکدیگر وصل نماییم یک منحنی بدست می آید که به آن خط تراز یا منحنی میزان گفته می شود. به پلانی که بر روی آن خطوط تراز ترسیم شده باشد پلان با منحنی های تراز یا پلان توپوگرافی گفته می شود.

با ترسیم نمودن خطوط منحنی تراز می توان فرورفتگی ها و برجستگی های زمین را تجسم نمود. به عنوان مثال چنانچه تپه ای با صفحات نازک افقی به فواصل مشخص قطع گردد، هر صفحه که تپه را قطع نماید برحسب شکل تپه در محل قطع شده، تولید خطوط پیچ و خم داری می نماید که در پایین تپه بزرگتر و در بالای آن کوچکترند، این ها همان منحنی های تراز می باشند.



معرف گودال

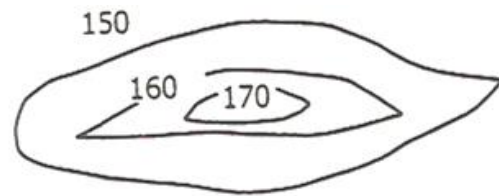


معرف دامنه و تغییر شیب

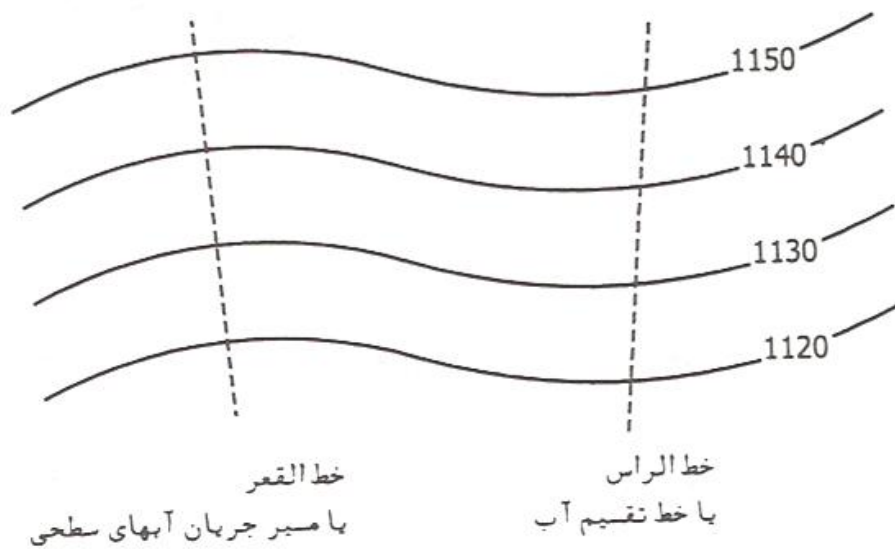
به عبارت دیگر منحنی میزان مکان هندسی کلیه نقاطی است که دارای ارتفاع یکسانی باشند. منحنی های میزان به طور معمول به صورت منحنی های بسته می باشند ولی ممکن است به سبب بزرگی شعاع آنها در یک نقشه بسته نشوند.



معرف دره و خط القعر



معرف تپه





### متساوی البعد

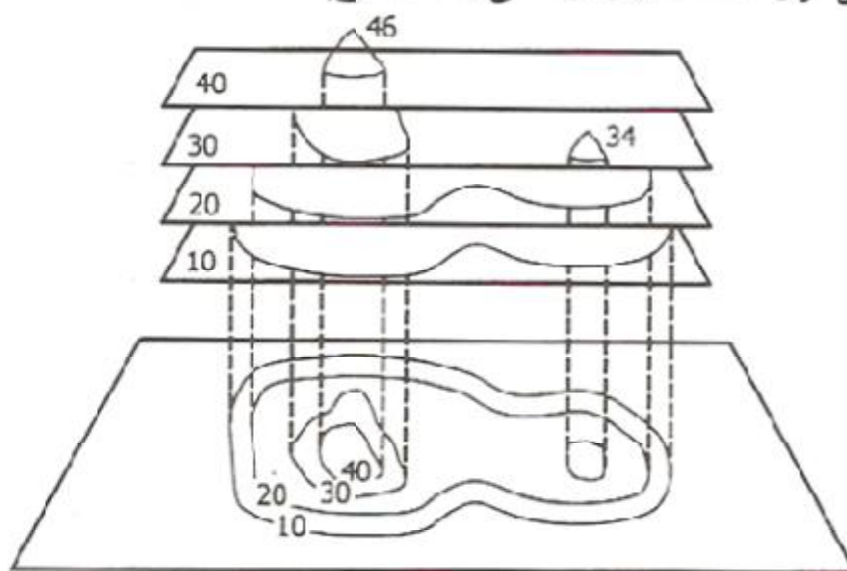
فاصله صفحاتی که زمین را قطع می کنند (که همان فاصله منحنی های تراز نسبت به یکدیگر هستند) را متساوی البعد می نامند.

به عبارت دیگر می توان گفت که اختلاف ارتفاع دو منحنی متوالی را متساوی البعد می نامند. هر چه متساوی البعد کمتر باشد شکل واقعی زمین بهتر مجسم می گردد. چنانچه خواسته شود که نقشه ای دارای دقت زیاد باشد، فواصل را تا حد امکان کم می گیرند.

ارتباط میان منحنی های تراز و متساوی البعد به عواملی از قبیل شکل زمین، دقت نقشه برداری، روش برداشت و بخصوص مقیاس نقشه بستگی دارد.

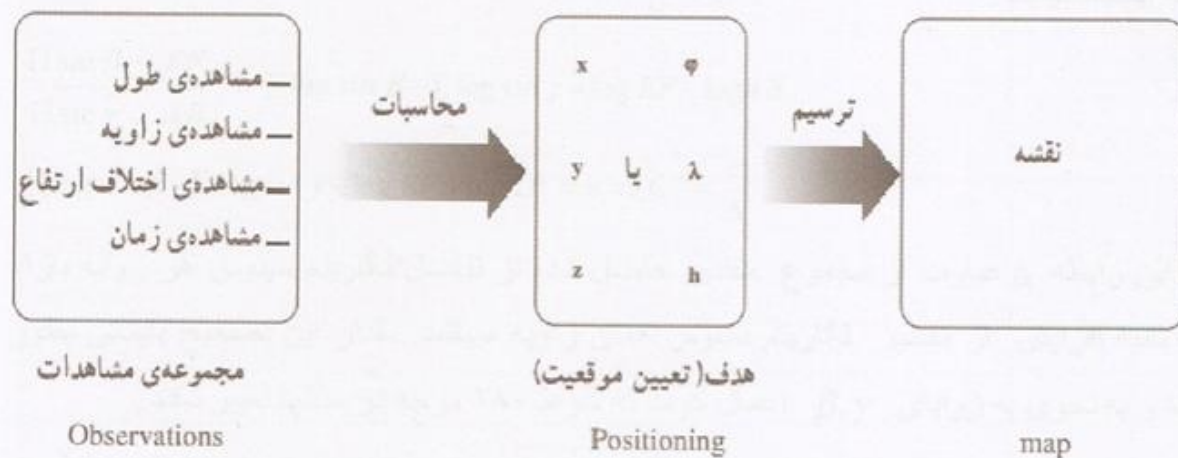
معمولاً فاصله صفحات فرضی متساوی البعد  $\frac{1}{10}$  عدد مقیاس برحسب سانتی متر می باشد. به عنوان مثال در نقشه ای با مقیاس  $\frac{1}{20000}$ ، باید فاصله صفحات متساوی البعد آن برابر  $20000 \div 10 = 2000 \text{ cm} = 2 \text{ m}$  باشد.

هر چه متساوی البعد کمتر و شیب زمین بیشتر باشد منحنی های نقشه به هم نزدیک ترند. برای سهولت قرائت منحنی های تراز، از هر ۵ تا ۱۰ منحنی تراز یکی را ضخیم ترسیم نموده که منحنی تراز اصلی نامیده می شود و میان منحنی های تراز اصلی منحنی های تراز فرعی با ضخامت کمتر ترسیم می شوند. خطوط منحنی تراز در طبیعت وجود ندارد، لیکن نقاطی که روی یک منحنی تراز هستند دارای ارتفاعی یکسان می باشند.



## اصول برداشت نقشه های توپوگرافی

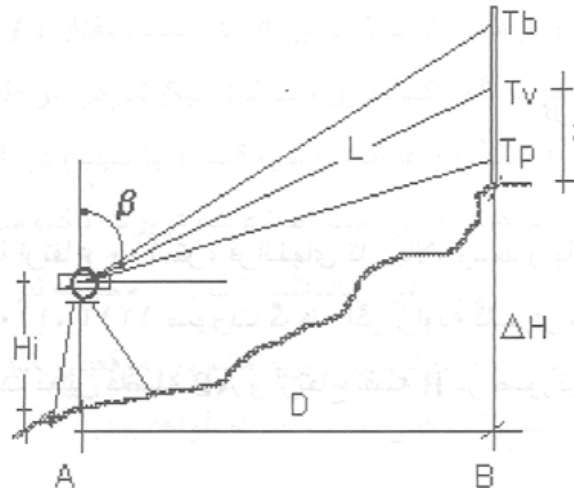
به مجموعه روشها و مشاهدات مربوط به جمع آوری اطلاعات از عوارض طبیعی و مصنوعی زمین که به منظور تهیه نقشه انجام میگیرد، عملیات برداشت گویند. منظور از برداشت اطلاعات کسب اطلاعات در مورد موقعیت عوارض  $(x, y, z)$ ، نوع عوارض و وضعیت نسبی آنهاست که در نهایت منجر به تهیه نقشه از یک منطقه میگردد. در واقع هدف اصلی از بیان روشهای اندازه گیری طول و زاویه و اختلاف ارتفاع و روشهای تعیین موقعیت که در فصلهای قبل اشاره گردید نهایتاً تهیه نقشه میباشد. در عمل پس از ساختمان نقاط پیمایش و انجام اندازه گیری طولها و زاویه ای و ترازیبی، نهایتاً مختصات نقاط پیمایش محاسبه میگردد. در مرحله بعد با استفاده از تکنیکی بنام تاکنومتری، با استقرار روی این نقاط اقدام به برداشت جزئیات از منطقه میکنند.



(شکل ۱-۷) - مراحل کلی تهیه نقشه

## روش تاکنومتری:

به عملیات مربوط به اندازه گیری هم زمان طول و اختلاف ارتفاع توسط زاویه یاب (تنودولیت) و میر تاکنومتری گویند. عملیات تاکنومتری با استفاده از تنودولیت های مکانیکی یا دیجیتالی در حد **T16** (با قرائت دقیقه) و با استفاده از میر، ژالون و تراز نبشی صورت میگیرد. شکل ذیل اساس کار و روابط مورد استفاده در تاکنومتری را بیان میکند.



(شکل ۷-۲)

$$L = T_b - T_p, \quad H_B = H_A + \Delta H$$

در شکل فوق و روابط ذیل  $T_p, T_v, T_b$  ترتیب اعداد قرائت شده (تار بالا، تار وسط و تار پایین) در روی میر بر حسب میلیمتر میباشند و  $\beta$  نشاندهنده زاویه قائم (زینتی) اندازه گیری شده توسط دوربین و  $H_i$  ارتفاع زاویه یاب و  $L$  طول مایل بین نقاط (A,B)،  $D$  طول افقی بین AB و  $\Delta H$  اختلاف ارتفاع بین AB میباشد. مقادیر  $D$  و  $\Delta H$  از روابط ذیل تعیین میگردند (اثبات بعهدہ دانشجو است).

$$D = 100(T_b - T_p) \sin^2 \beta$$

$$\Delta H = \frac{100(T_b - T_p)}{2} \sin(2\beta) + H_i - T_v$$

واحد تمام پارامترها در روابط فوق میلیمتر میباشند. در صورتیکه در زاویه یابی بجای زاویه قائم، زاویه شیب توسط زاویه یاب قرانت گردد (تئودولیت‌های روسی)، از رابطه ذیل برای تعیین طول افقی  $D$  استفاده می گردد (رابطه مورد استفاده برای تعیین اختلاف ارتفاع تغییری نمیکند).

$$D = 100.(T_b - T_p) . \cos^2 \beta$$

مثال ۱- از ایستگاه A با ارتفاع ۱۰۰ متر، قرائتهای تار بالا، وسط و پایین در روی میر نقطه B بترتیب برابر ۳۴۱۲، ۱۱۰۰، ۱۲۱۲ صورت گرفته اگر زاویه قائم قرانت شده برابر ۸۵ درجه و ۱۲ دقیقه باشد مطلوب است تعیین فاصله AB و ارتفاع نقطه B در صورتیکه ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱/۴۵ متر باشد.

$$D = 100 \times (3412 - 1212) \times \sin^2 (85^\circ 12') = 218459.5641mm = 218.459m$$

$$\Delta H = 100 \times \frac{(3412 - 1212)}{2} \times \sin(2 \times 85^\circ 12') + 1450 - 1100 = 18694.562mm = 18.694m$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 100 + 18.694 = 118.694m$$

## ۷-۲- روشهای قرانت در تاکنومتری

روش اول- به منظور سرعت در برداشت اطلاعات میتوان تار پایین زاویه یاب را روی عددی روند اختیار کرده و اختلاف  $L = T_b - T_p$  توسط عامل مستقیما قرانت گردد سپس تار وسط و زاویه قائم قرانت گردد.

روش دوم- به منظور تسهیل در محاسبه، عامل میتواند تار وسط زاویه یاب را روی ارتفاع دستگاه  $H_I$  بسته و سایر قرائنها را انجام میدهد بدیهی است در این حال بخش مربوط به  $H_I - T_p$  در رابطه  $\Delta H$  اتوماتیک حذف میگردد.

روش سوم - در روش عامل ابتدا با گذاشتن تار پایین روی عدد روند از میر و تفاضل ذهنی تار بالا از تار پایین اقدام به قرائت مستقیم  $L$  از میر بر حسب متر میکند. مثلاً "اگر تار پایین رتیکول را روی عدد ۱۰۰۰ قراردهیم و قرائت تار بالا برابر ۲۴۵۵ باشد، مقدار ( $L$  طول مایل) بر حسب متر برابر ۱۴۵۰ متر مستقیم" در برگه تاکنومتری یادداشت میگردد. در مرحله بعد عامل با گذاشتن تار وسط زاویه یاب روی ارتفاع دستگاه و قرائت زاویه قائم (یا شیب) در این حال عملیات را پایان میدهد. در این حال علاوه بر سرعت در برداشت اطلاعات، در برگه تاکنومتری نیز صرفاً مقدار طول مایل  $L$  و زاویه قائم (یا شیب) و زاویه افقی یادداشت شده و در محاسبه نیز ترم  $H_I - T_p$  اتوماتیک حذف میگردد. بدیهی است با توجه به قرائت زاویه قائم در موقعیتی خارج از وضعیت قرائتهای تارهای بالا و پایین این روش عملاً با کمی تقریب همراه خواهد بود.

با توجه به اینکه در این روش طول مایل بر حسب متر و تار وسط روی ارتفاع دستگاه قرائت شده، در این حال میتوان از روابط ذیل برای تعیین طول افقی و اختلاف ارتفاع (بر حسب متر) استفاده کرد.

$$D = 100L \cdot \sin^2 \beta, \quad \Delta H = \frac{100L}{2} \sin(2\beta)$$

مثال ۲- از ایستگاه A با ارتفاع ۱۰۰ متر روی میر نقطه B، قرائتهای تار وسط و طول مایل بترتیب برابر ۱۴۵۰ میلیمتر و ۲۲۰ متر صورت گرفته است اگر زاویه قائم قرائت شده برابر ۸۵ درجه و ۱۲ دقیقه باشد مطلوب است تعیین فاصله AB و ارتفاع نقطه B در صورتیکه ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱/۴۵ متر باشد.

$$D = 220 \times (\sin(85^\circ 12'))^2 = 218.459m$$

$$\Delta H = \frac{220}{2} \times \sin(2 \times 85^\circ 12') = 18.344m$$

$$H_B = 100 + 18.344 = 118.344$$

#### ۷-۴- جدول تاکنومتری

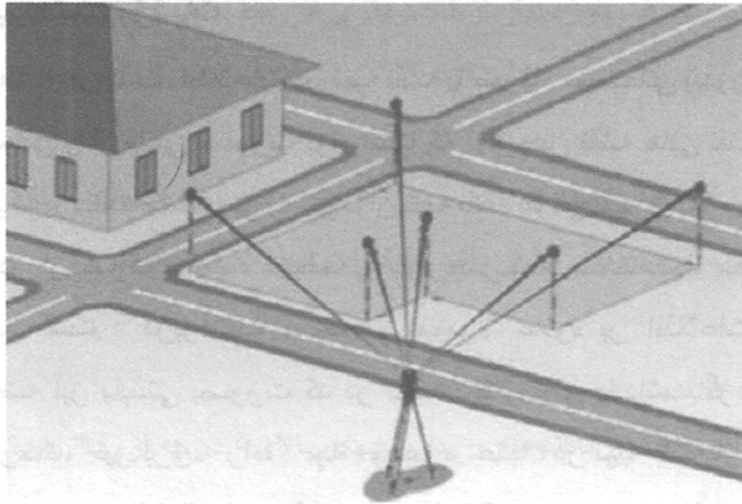
اطلاعاتی که در این جدول یادداشت میگردد شامل: شماره نقطه، کد نقطه (نوع عارضه)، (طول مایل بر حسب متر)، تار وسط، زاویه قائم (یا شیب) و زاویه افقی میباشد و از طریق روابط فوق مقادیر طول افقی، اختلاف ارتفاع و ارتفاع نقطه محاسبه میگردد. در بالای این برگه ها معمولا اطلاعاتی نظیر نام ایستگاه اصلی، نام ایستگاه صفر صفر شده توسط زاویه یاب، ارتفاع ایستگاه، ارتفاع دستگاه، نام عامل و نویسنده، نام و سریال دستگاه و تاریخ اجرای عملیات قید میگردد. در حاشیه برگه تاکنومتری معمولا محلی را برای درج کروکی نقاط برداشتی در نظر میگیرند. (شکل ۷-۷)

#### ۷-۵- اصول برداشت جزئیات

اصولا هدف از برداشت اطلاعات در تهیه نقشه یا صرفا "مسطحاتی (بدون اطلاعات ارتفاعی) است و یا مسطحاتی و ارتفاعی بصورت توأم است که به چنین نقشه هایی نقشه های توپوگرافی میگویند. نمونه یک برداشت مسطحاتی را می توان تهیه نقشه بلوکی شهری یا روستایی یا تهیه کروکی عنوان کرد که در آن صرفا موقعیت مسطحاتی عوارضی شامل ساختمانها، معابر، تیرهای برق و غیره مورد نظر است. در برداشت مسطحاتی معمولا علاوه بر اطلاعات تاکنومتری نقاط، مشخصات عارضه نیز بایستی بصورت کد در برگه تاکنومتری یادداشت گردد بعنوان مثال درج عنوان خانه، درخت، تیر برق، راه، چاه و غیره. غالبا در تهیه نقشه از عوارض مسطحاتی نیازی به تعیین ارتفاع نمیباشد، در این حالت بجای واژه تاکنومتری در برداشت از لغت استادیامتری استفاده میگردد.

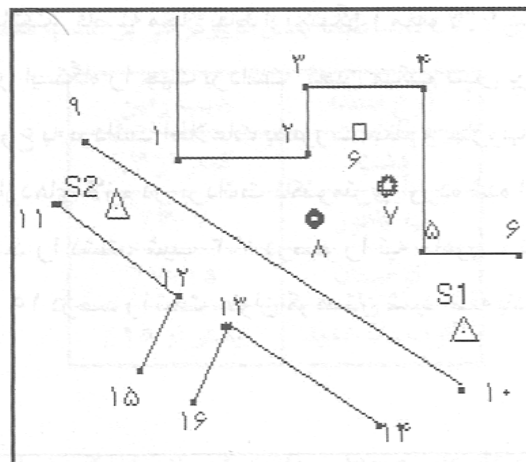
در نقشه های توپوگرافی علاوه بر موقعیت مسطحاتی عوارض، وضعیت ارتفاعی آنها نیز بایستی با ارائه رقوم ارتفاعی یا به صورت منحنی های میزان (در فصل آینده به تفصیل بحث خواهد شد) ارائه گردد. در برداشت از مناطق طبیعی نظیر تپه و ... جز در موارد خاص (نظیر محل آبریزها) نیازی به نوشتن کد نقطه نیست. عملیات برداشت عموما از طریق ایستگاههای پیمایش انجام میگردد بنحویکه با توجه به دید هر ایستگاه از اطراف آن، اطلاعات منطقه برداشت میگردد. در این حال از هر ایستگاه بسته به مقیاس نقشه، مجاز به برداشت اطلاعات در فاصله محدودی میباشیم لذا بایستی برنامه ریزی لازم بنحوی صورت گیرد که از هر ایستگاه حد اکثر استفاده لازم با توجه به فاصله مجاز فوق صورت پذیرد.





(شکل ۷-۵) - اصول برداشت بروش تاکنومتری

قبل از شروع عملیات برداشت بایستی ابتدا "از عوارض مشخص و قابل رؤیت از هر ایستگاه (از اطلاعات برنامه ریزی شده جهت برداشت) کروکی با دست تهیه کرد. کروکی فوق مشخص میکند که از آن ایستگاه چه اطلاعاتی و با چه ترتیبی بایستی توسط عامل برداشت گردد ضمناً" موقعیت تقریبی ایستگاه اصلی و ایستگاه فرعی و تمام اطلاعات عینی در آن مشخص میشود. تهیه کروکی دقیق از منطقه نقش موثری را در کاهش زمان برداشت اطلاعات و خصوصاً ترسیم نقشه خواهد داشت. برای شروع عملیات برداشت عامل روی ایستگاه مورد نظر زاویه یاب را مستقر کرده و با توجه به کروکی فوق، به ترتیب اقدام به برداشت عوارض مورد نظر با ذکر کد یا شماره نقطه عیناً" مشابه شماره های قید شده در کروکی و درج آن در برگه تاکنومتری میکند.



(شکل ۷-۶)

مطابق شکل فوق، عامل ابتدا موظف به برداشت تاکنومتری از مناطق مسکونی (شماره ۱-۵) با کد (خانه) یا (خ) در برگه تاکنومتری است، عارضه شماره ۶ نشانگر تیربرق، عارضه شماره ۷ نشانگر درخت تکی و عارضه شماره ۸ نشانگر چاه است. عوارض شماره های ۱۶-۹ نشانگر راه بوده و با کد راه در برگه تاکنومتری بایستی مشخص شوند.

در مورد برداشت نقاط ارتفاعی بایستی دقت کرد که عمل برداشت نقاط به صورت جاروب و به فرم شطرنجی در منطقه صورت گیرد و مناطق برداشت شده در هر ایستگاه به منظور جلوگیری از تکرار برداشت از ایستگاههای دیگر (جلوگیری از گپ)، دقیقاً نشانه گذاری و سنگ چینی گردند. فاصله نقاط برداشت شده در مقیاس ۱/۵۰۰ از یکدیگر نبایستی بیشتر از ۱۵ متر باشد. این مقدار در مقیاس های ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۲۰۰۰ تا ۳۰ متر نیز میتواند برسد. ضمناً در تمام جاهائیکه به نحوی زمین دچار تغییر شیب محسوس می گردد بایستی نقطه کافی برداشت گردد. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی هم در بالا و هم در پایین آنها، نقاط تاکنومتری کافی برداشت شود. این مسئله بایستی در برداشت نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاین) نیز مورد توجه قرار گیرد.

نکته مهم در برداشت نقاط پر کردن صحیح و کامل اطلاعات برداشت شده در سر برگ تاکنومتری است. در مورد عوارض نامشخص نظیر برداشت ناهمواری و توپوگرافی زمین، با توجه به مقادیر ارائه شده در جداول برداشت، فاصله مجاز نقاط از یکدیگر (معمولاً ۲ سانتیمتر در مقیاس نقشه) و حداکثر شعاع عمل از هر ایستگاه را جهت برداشت تعیین میکنیم سپس بر این اساس از هر ایستگاه در محدوده تعیین شده شروع به برداشت اطلاعات بصورت منظم و جاروب خطی مینمائیم. در جداول (۱-۷) تعدادی از استانداردهای لازم در برداشت تاکنومتری آورده شده است. در جداول ذیل زمین های با شیب تا ۳ درصد را دشت، شیب ۳-۷ درصد را تپه ماهور، شیب بین ۷-۱۵ درصد را کوهستان و شیب بیش از ۱۵ درصد را تحت عنوان کوهستان شدید طبقه بندی میکنند.

(شکل ۷-۷) - نمونه جدول تاکنومتری

نوع منطقه	شیب زمین
دشت	کمتر از ۳٪
تپه ماهور	۳-۷٪
کوهستان	۷-۱۵٪
کوهستان شنیله	بیشتر از ۱۵٪

۷-۱ ب - حداکثر فاصله نقاط برداشت شده از یکدیگر ( واحد به متر)

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۱۲,۵	۲۵	۵۰	۱۲۵
تپه ماهور	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰۰
کوهستان	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰۰
کوهستان شادید	۷,۵	۱۵	۳۰	۷۵

۷-۱ پ - حداکثر فاصله مجاز برداشت اطلاعات از هر ایستگاه - واحد به متر

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۱۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۲۰۰
تپه ماهور	۱۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۲۰۰
کوهستان	۸۰	۱۱۰	۱۴۰	۱۵۰

۷-۱ ج - حداقل تراکم نقاط برداشتی در واحد هکتار

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۲۵	۱۰	۵	۱
تپه ماهور	۲۵	۱۰	۵	۱
کوهستان	۱۰۰	۵۰	۲۰	۵

## ۷-۷ برداشت نقشه بروش شبکه بندی

چنانچه برای تهیه نقشه، دقت ارتفاعی و مسطحاتی بیشتر از دقت متعارف روش تائکومتری مورد نیاز باشد بایستی از روش شبکه بندی برای تهیه نقشه استفاده گردد. این روش معمولاً برای تهیه نقشه مناطق نسبتاً هموار، زمین های زراعی، سایت های صنعتی، شهرک سازی و محوطه سازی، آماده سازی زمین های ورزشی و ... بکار میرود.

در این روش اولین قدم ایجاد یک شبکه قائم الزاویه بفواصل مساوی در منطقه از طریق تئودولیت و مترکشی (یا طولیاب) و میخکوبی (یا بتون گذاری) نقاط تقاطع شبکه فوق میباشد. در این صورت عملاً امکان تعریف سیستم مختصات دکارتی برای تمام نقاط شبکه میسر میشود. به منظور

تعیین ارتفاع نقاط این شبکه معمولاً از روش ترازپایی هندسی بطور مستقل و با دقت میلیمتر استفاده میشود و تمام نقاط نسبت به نقطه مشخص یا دلخواه با ارتفاع معلوم ترازپایی شده و در نتیجه دارای ارتفاع میگردند. بدیهی است دقت ارتفاعی و مسطحاتی این روش به مراتب بهتر از روشهای دیگر خواهد بود. در جدول (۷-۲) فواصل شبکه بندی (به متر) نسبت به مقیاس و فواصل منحنی میزان آورده شده است.

جدول (۷-۲)

ابعاد شبکه مقیاس	۱:۱۰۰	۱:۲۰	۱:۵۰	۱:۱۰۰
۱/۵۰۰	۰,۲۵	۰,۵		
۱/۱۰۰۰	۰,۲۵	۰,۵		
۱/۲۰۰۰		۰,۵	۱	
۱/۵۰۰۰			۰,۵	۱

برای ترسیم نقشه ابتدا شبکه قائم الزاویه برداشت شده را ترسیم نموده و سپس ارتفاعات نقاط شبکه را بترتیب در نقاط تقاطع آنها یادداشت میکنیم. برای نام گذاری نقاط شبکه ابتدا "یک شماره گذاری حرفی (لاتین) در جهت طولی و یک شماره گذاری عددی در جهت عرضی انجام میگیرد بدین ترتیب هر نقطه از شبکه با یک حرف و عدد مشخص میشود. بطور مثال نقطه ای با شماره B3 نشانگر موقعیت نقطه ای در ردیف سوم و ستون دوم شبکه میباشد. از این روش امکان تهیه نقشه های با مقیاس ۱/۲۰۰ و منحنی تراز تا ۰,۲۵ سانتیمتر میسر میباشد.

در صورت تعریف یک سطح پروژه با ارتفاع معلوم میتوان با کسر ارتفاع تمام نقاط شبکه از ارتفاع فوق، اختلاف ارتفاع هر نقطه را تعیین کرده و در نتیجه مقدار خاکبرداری یا خاکریزی هر نقطه را بدقت تعیین کرد. در این حال با محاسبه و یادداشت اختلاف ارتفاع میانگین هر بلوک در داخل آن و نهایتاً تعیین میانگین کل اختلاف ارتفاع بلوکها میتوان نسبت به تعیین حجم عملیات خاکی از طریق روابط ذیل در کل شبکه اقدام کرد. در رابطه ذیل A نشانگر سطح مقطع یک بلوک از شبکه بر حسب مترمربع و V حجم تقریبی کل عملیات خاکی را مشخص میکند.

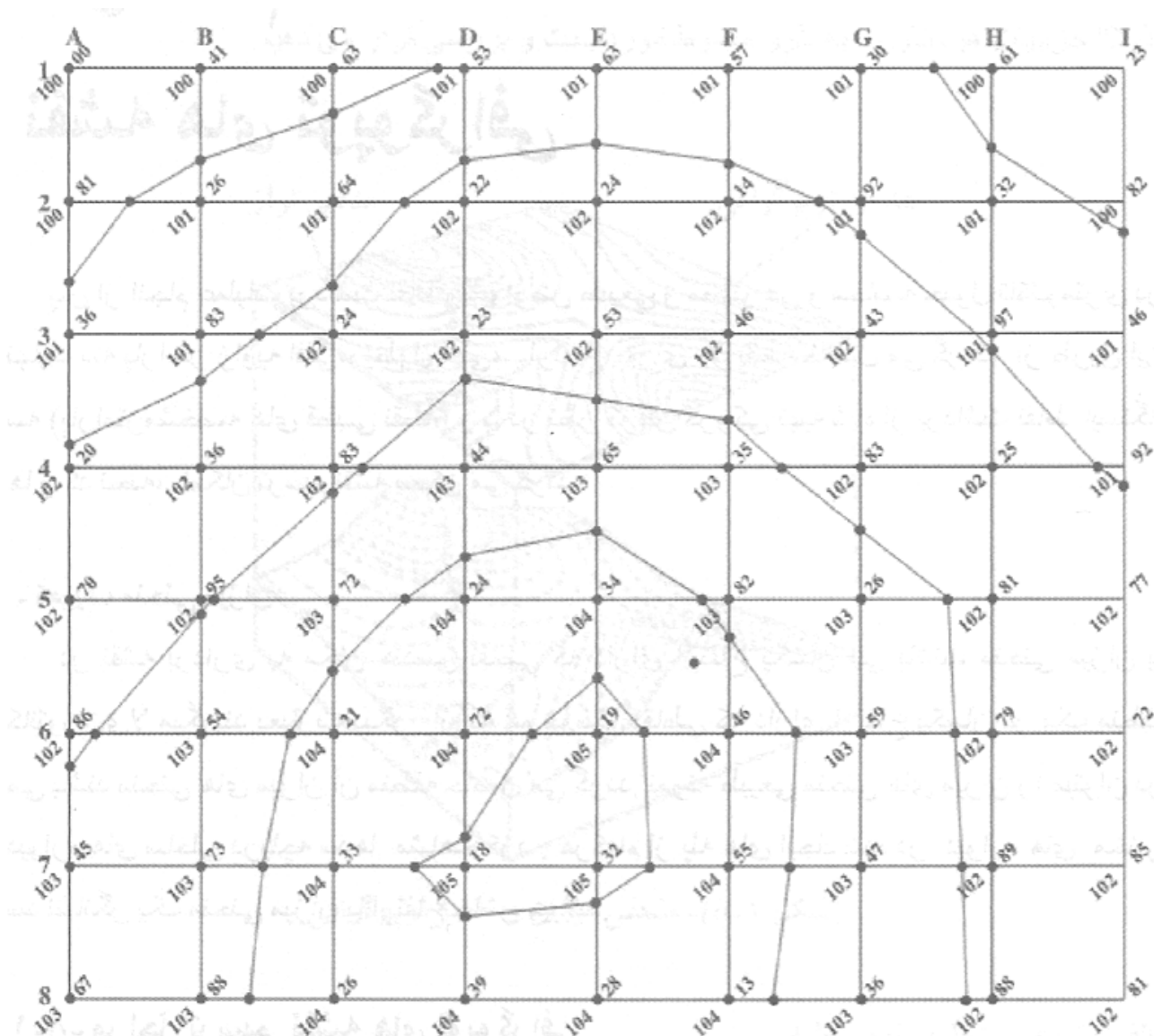
$$\bar{h} = \bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3 + \dots$$

$$V = \bar{h} \times A$$

اگر سطح قاعده توده مورد نظر مطابق شکل ذیل بصورت مجموعه ای از اشکال هندسی یکسان و مساوی (مربع، مستطیل، مثلث و...) تقسیم بندی شده باشد و  $h_1, h_2, h_3, h_4$  بترتیب ارتفاع رؤوسی باشند که فصل مشترک یک یا دو یا سه یا چهار شکل می باشد و  $A$  سطح مقطع مشترک قاعده آنها باشد، حجم کل منطقه از رابطه ذیل تعیین میگردد.

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

برای تعیین دقیق حجم عملیات خاکی میتوان از روش ترسیم پروفیل برای هر ردیف نقاط شبکه نیز استفاده کرد. بر این اساس پس از ترسیم پروفیل طولی ردیفهای نقاط شبکه، حجم عملیات خاکی با دقت مناسب قابل تعیین میگردد. (مراجعه شود به فصل ۸ و ۱۱) ضمناً برای ترسیم نقشه و تعیین حجم عملیات خاکی دقیق (در حالت شبکه بندی) میتوان از نرم افزارهای رایج (نظیر برنامه *SURFER*) نیز استفاده کرد. (علاقمندان میتوانند از راهنمای ترسیم نقشه با برنامه *SURFER* تالیف نگارنده استفاده نمایند).



(شکل ۹-۷) - اصول ترسیم نقشه منحنی میزان بروش شبکه بندی

### ترسیم نقشه های توپوگرافی

پس از انجام عملیات برداشت نقاط و عوارض طبیعی و مصنوعی و محاسبه جدول تاکنومتری در نهایت سه پارامتر زاویه افقی، طول افقی، ارتفاع برای هر نقطه حاصل می گردد. از طریق این سه (پارامتر مشخصه های قطبی نقطه) و با در نظر گرفتن کروکی تهیه شده از برداشت نقاط ایستگاه ها و کد نقطه، امکان ترسیم نقشه ممکن می گردد.



### - تعریف منحنی میزان،

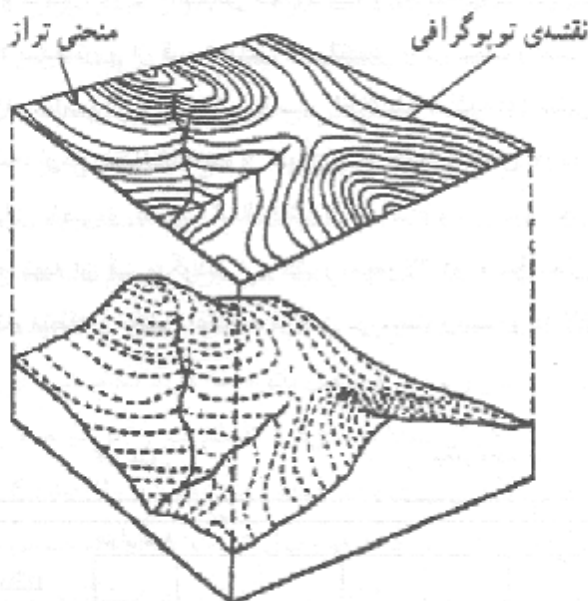
در نقشه برداری به مکان هندسی نقاطی که دارای ارتفاع یکسان می باشند، منحنی میزان یا کانتورن ی لا میگویند بعبارت دیگر از به هم پیوستن نقاطی که دارای ارتفاع یکسان در یک منطقه می باشند منحنی های میزان آن منطقه حاصل می گردد. نمونه طبیعی منحنی های میزان را میتوان در دیواره های ساحلی دریاچه سدها مشاهده کرد . هرکدام از پله های ایجاد شده در دیواره های مخزن سد نشانگر یک منحنی میزان با ارتفاع خاص میباشد.

### ۱-۸- مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

برای ترسیم نقشه های توپوگرافی مراحل ذیل را به ترتیب انجام میدهیم (روش ترسیم دستی):

- الف - تهیه شیت گریذبندی شده کالک یا ترانسپارت.
- ب - دادن مختصات به گریذهای نقشه و پیاده کردن نقاط پیمایش به روش مختصاتی در شیت.
- ج - پیاده کردن نقاط تاکنومتری روی شیت به روش قطبی.
- پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی.
- ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم منحنی های میزان.
- د- درج علائم اختصاری و اطلاعات حاشیه ای نقشه و کنترل نهایی.

ذیلا" جزئیات هریخش را به طور متوسط مورد بحث و بررسی قرار می دهیم.

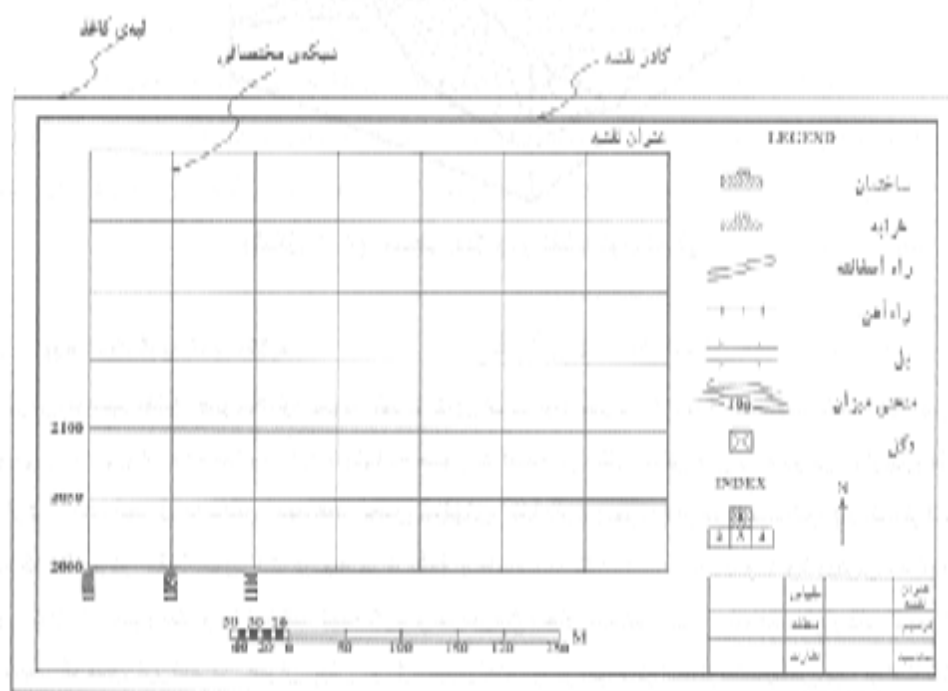


(شکل ۱-۸) - منحنی میزان و نقشه توپوگرافی

## الف - تهیه شیت گریذبندی نقشه

برای ترسیم نقشه عموماً از نمونه شیت های استاندارد سازمان نقشه برداری کشور (بصورت رقومی یا سنتی) استفاده میشود. این شیتها به صورت آماده در اکثر دفاتر فنی و همچنین سازمان نقشه برداری آماده تحویل یا تکثیر میباشند. جنس شیتهای استاندارد (نمونه) از نوع تپاکس (ترانسپارانت) بوده که مقاوم در مقابل تغییرات درجه حرارت و رطوبت میباشد. از شیتهای نمونه را میتوان به اندازه مورد نیاز ترانسپارانت و یا اوزالید تهیه کرد و در پروژه های مختلف مورد استفاده قرار داد. معمولاً از شیت کاغذی اوزالید به عنوان پیش نویس تهیه نقشه و از نوع ترانسپارانت آن برای ارائه نقشه نهایی استفاده مینمایند.

کادر داخلی و اصلی مورد کاربرد جهت تهیه نقشه عموماً در ابعاد  $80 \times 60$  سانتیمتر میباشد که معمولاً به صورت دقیق در ابعاد  $10 \times 10$  سانتیمتر شبکه بندی (گریذ بندی) شده است. ابعاد خارجی هر برگ نقشه با توجه به کادر دور نقشه و لژاند  $100 \times 75$  سانتیمتر میباشد. حاشیه نقشه با نوار باریک  $1.5$  سانتیمتر و با قلم  $0.9$  تا  $1$  میلیمتر محدود شده و فاصله لبه کاغذ با کادر اصلی از بالا  $3$  سانتیمتر، سمت چپ  $4$  سانتیمتر و از سمت پایین  $9$  سانتیمتر و در سمت راست  $10$  سانتیمتر میباشد. حاشیه سمت راست برای ترسیم لژاند، اندکس و سایر اطلاعات حاشیه ای (نظیر نام منطقه، مقیاس، تاریخ تهیه، شماره نقشه، ارگان نظارت کننده و عنوان کارفرما اختصاص آورده شده است. در وسط حاشیه پایینی نقشه مقیاس خطی و علامت شمال نقشه ترسیم شده و در سمت چپ آن نام تهیه کننده، سفارش دهنده و تاریخ تهیه آن قید میگردد. آرم کشور معمولاً در وسط بخش فوقانی نقشه ترسیم میشود. در این بخش نام منطقه و مقیاس نقشه به فارسی در سمت راست و به لاتین در سمت چپ قید میگردد.



(شکل ۲-۸) - نمونه اطلاعات حاشیه ای کادر نقشه

### ب - انتساب مختصات به گرید ها و پیاده کردن نقاط پیمایش

عموماً با توجه به حداقل  $x, y$  محاسبه شده برای نقاط پیمایش و شعاع برداشت اطلاعات از هر ایستگاه، عددی روند حتی الامکان از مضارب ۵ و ۱۰ به عنوان مبنای شروع  $x, y$  شبکه مختصاتی (گریدها) انتخاب میکنند، به نحوی که نقاط شبکه پیمایش پس از پیاده کردن در محدوده شیت قرار گیرند. با توجه به مقیاس نقشه هر ۱۰ سانتیمتر از گرید دارای ارزش خاص طولی می گردد. بطور مثال در مقیاس ۱/۱۰۰۰ هر یک سانتیمتر معادل ۱۰ متر میباشد، پس هر ۱۰ سانتیمتر گرید شیت معادل ۱۰۰ متر ارزش خواهد داشت. در صورتیکه وسعت منطقه زیاد باشد به نحوی که امکان ترسیم نقشه در یک شیت میسر نباشد بایستی از چند شیت برای ترسیم نقشه استفاده کرد.

پس از دادن مختصات در جهات  $x, y$  به شبکه نقشه، حال نوبت پیاده کردن نقاط پیمایش از طریق مختصات معلوم آنها می رسد در این حال باتوجه به گرید مختصاتی،  $x, y$  هر نقطه را در هر محور با خط کش بصورت دکاریتی دقیقاً جدا کرده و تقاطع آنها را در دو محور به عنوان مکان نقطه با علامت خاص (عموماً  $\Delta$ ) بر روی شیت نمایش می دهیم. پس از پیاده کردن تمام نقاط پیمایش، آنها را با خطی کمرنگ و نازک با مداد به هم وصل کرده و شکل چند ضلعی شبکه پیمایش را روی شیت نقشه احیاء میکنیم. عموماً در بالای علامت فوق، نام ایستگاه و در زیر آن ارتفاع نقاط را یادداشت می کنیم. در این حال مرکز مثلث مکان دقیق نقطه را نشان میدهد. روش دیگر نمایش ارتفاع نقطه روی نقشه، نوشتن ارتفاع نقطه به نحوی است که ممیز ارتفاع دقیقاً روی نقطه مشخصه مکان نقطه پیمایش (نقطه وسط علامت  $\Delta$ ) قرار گیرد.

### ج - پیاده کردن نقاط مسطحاتی و ارتفاعی (نقاط تائکونتری) روی شیت نقشه

در این مرحله با استفاده از جداول برداشت زمینی (تائکونتری)، که زوایه افقی، طول افقی و ارتفاع تمام نقاط آن تعیین گردیده و به کمک نقاط پیمایش پیاده شده و با توجه به ایستگاه اصلی برداشت نقاط و ایستگاه صفر صفر شده حالت عکس برداشت زمینی را بشرح ذیل دنبال میکنیم:

ابتدا با قرار دادن مرکز نقاله کاغذی یا طلقی در ایستگاه اصلی (زیر کالک یا کاغذ پوستی)، صفر نقاله را به سمت ایستگاه صفر صفر شده مطابق با برگه تائکونتری متمایل کرده و نقاله را با چسب محکم میکنیم سپس با استفاده از خط کش یا اشل و در مقیاس نقشه به ترتیب ابتدا "زوایه افقی نقطه

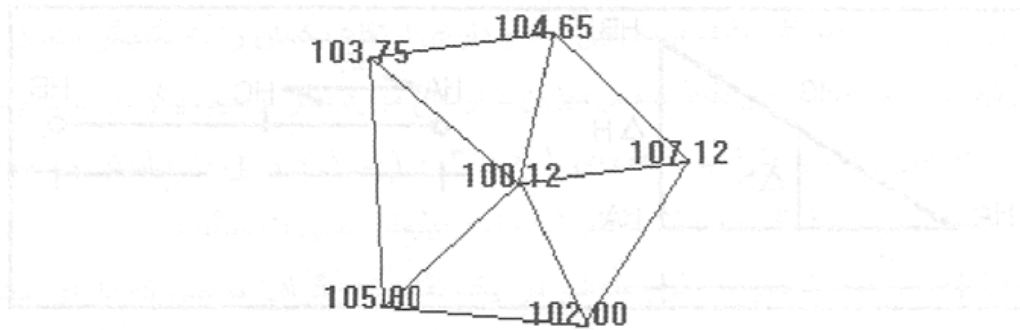
را از روی نقاله جدا کرده و سپس طول افقی نقطه را با اشل در جهت جدا شده توسط نقاله علامت میزنیم و جای نقطه را با علامت ( . ) مشخص میکنیم . چنانچه نقطه مورد نظر مسطحاتی باشد بایستی شماره نقطه را از مطابق کروکی ترسیم شده در برگه تاکنومتری استخراج و روی آن یادداشت کنیم در غیر اینصورت در مورد نقاط ارتفاعی، ارتفاع نقطه را در محل علامت ممیز ( . ) ایستگاه یادداشت میگردد. این کار را برای تمام نقاط و از تمام ایستگاهها به تدریج ادامه میدهیم تا کلیه نقاط برداشت شده به روش قطبی (طول و زاویه) در روی شیت نقشه پیاده گردند.

#### پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی

پس از پیاده کردن نقاط برداشتی، مرحله بعدی ترسیم بخش مربوط به عوارض مسطحاتی و اتصال نقاط ارتفاعی به صورت مثلث بندی است . در این مرحله با استفاده از کروکی و شماره نقاط برداشت شده به تدریج نقاط مورد نظر را به یکدیگر متصل نموده و از دنبال کردن آنها راهها، ساختمانها، تیرهای برق، بلوکهای شهری و روستایی و ... به تدریج به صورت اصلی آنها در مقیاس نقشه بر روی کاغذ احیا میگردند. در این مرحله بایستی توجه کافی را به علائم و سمبلهای استاندارد هر عارضه معطوف داشت و عوارض را با همان علامت خاص خویش روی نقشه مشخص کرد (این علایم در انتهای کتاب آورده شده است).

در مورد عوارض ارتفاعی (عوارضی که نشانگر عارضه نقطه ای خاص نیستند نظیر تپه ها و تغییرات ناهمواری طبیعی زمین) به منظور نشان دادن محسوس این تغییرات به شکل صحیح و پیوسته، بجز در مناطقی که تغییرات ارتفاعی محسوسی ندارند (نظیر دشتهای)، تمامی نقاط ارتفاعی را با استفاده از اشکال مثلثی (TIN) و با شرایط ذیل به هم وصل می کنیم:

- ۱ - مثلثهای ترسیم شده، شامل نزدیکترین نقاط ممکن به هم باشند.
- ۲ - مثلثهای ترسیم شده با نقاط حتی الامکان شکل متساوی الاضلاع را ایجاد نماید.
- ۳ - اضلاع مثلثها به هیچوجه یکدیگر را قطع نکنند. مثال:

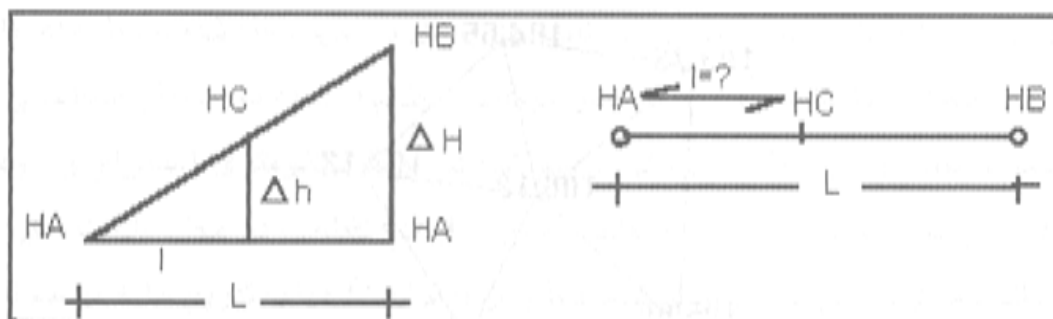


(شکل ۳-۸)

بدیهی است اگر در مناطقی نقاط ارتفاعی به حد کافی برداشت نشده باشد یا تغییرات ارتفاعی در حد رقم مورد نظر برای ترسیم منحنی میزان نباشد بایستی مثلث بندی صورت پذیرد. مناطقی که تراکم نقاط پیاده شده در آنها کم می باشد به عنوان مناطق گپ اطلاق گردیده و بایستی با اعزام دوباره اکیپ، در این مناطق نقاط اضافی جدیدی برداشت شده و به نقشه اضافه گردند. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی نقاط برداشت شده در بالا و پایین ترانشه بصورت مستقل از هم مثلث بندی گردند تا نتایج حاصله دچار اشتباه نگردد. این مسئله بایستی در مثلث بندی نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاینها) نیز مورد توجه قرار گیرد.

#### ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم نقشه

مفهوم ریاضی انترپلاسیون یعنی میانه یابی یا واسطه یابی خطی بین دو نقطه با مختصات معلوم. چون در ترسیم منحنی های میزان نقاط دارای ارتفاعات یکسان و دارای ارتفاع با مضارب روند (نیم متری، یک متری یا دومتری و...) به یکدیگر متصل می گردند. به منظور استخراج نقاط دارای ارتفاع روند بین دو نقطه با ارتفاع مختلف و اعشاری عموماً از روش انترپلاسیون استفاده می گردد. در این روش سوال این است که، با داشتن دو نقطه  $A, B$  به فاصله  $L$  از یکدیگر با ارتفاعات  $HA, HB$  به چه نحوی می توان محل نقطه دیگری را با ارتفاع  $HC$  تعیین کرد بنحویکه دارای ارتفاع مشخص باشد. مطابق شکل ذیل میتوان نوشت:



(شکل ۴-۸)

$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

در رابطه فوق مقادیر  $HA$ ,  $HB$ ,  $L$  از نقشه مثلث بندی شده بروش فوق و با مقیاس مربوطه قابل استخراج و اندازه گیری است. ترسیم کننده با معرفی ارتفاع  $HC$  روند مورد نظر، بین دو نقطه  $A, B$  مقدار  $l$  (فاصله نقطه  $C$  تا نقطه با ارتفاع پایین) را محاسبه کرده و سپس با استفاده از خط کش یا اشل مقدار آن روی خط  $AB$  جدا میکند و نهایتاً ارتفاع  $HC$  را روی آن یادداشت می کند.

مثال ۱- در شکل بالا اگر  $HA=101.72$ ,  $HB=104.16$  مترو فاصله بین نقاط ۵ سانتیمتر باشد، نقطه ارتفاعی ۱۰۳ متر در چه فاصله ای از نقطه  $A$  قرار میگیرد؟

$$l_{103} = \frac{5cm \times (103 - 101.72)}{(104.16 - 101.72)} = 2.62cm$$

بدین ترتیب نقطه ای به فاصله ۲٫۶۳ سانتیمتر از نقطه اول دارای ارتفاع ۱۰۳ می باشد. به منظور تعیین محل ارتفاعات مورد نظر برای بقیه نقاط میتوان به روش مشابه عمل کرده و محل نقاط را با ارتفاعات روند روی کلیه اضلاع مثلثهای ترسیم شده، نشانه گذاری کرده و یادداشت

نمانیم. پس از این مرحله کلیه نقاط میانه یابی شده و دارای ارتفاع یکسان را به یکدیگر متصل میکنند و بدین ترتیب با ادامه اتصال این نقاط منحنی میزان با ارتفاع مورد نظر ترسیم میگردد. ترسیم منحنی های میزان فرعی و اصلی بترتیب با قلمهای ۰.۱ و ۰.۳ (یا ۰.۲ و ۰.۴) میلیمتر و عوارض مسطحاتی نقشه های توپوگرافی معمولاً با قلم ۰.۲-۰.۳ میلیمتر صورت میگیرد.

معمولاً از هر پنج منحنی با رقوم متوالی در یک نقشه توپوگرافی منحنی که دارای مضارب صحیحی از پنج باشد به عنوان منحنی اصلی (متروس) انتخاب کرده و با قلم ضخیم تری ترسیم می کنند. ضمناً رقوم ارتفاعی منحنی های میزان را صرفاً روی منحنی اصلی و با فواصل مناسب و در جهت مناسب برای قرائت استفاده کننده یادداشت می کنند لذا در منحنی های فرعی نیازی به قید رقوم ارتفاعی نیست.

معمولاً جهت امکان بهره برداری بهتر از نقشه، لازم است تعدادی از کدهای ارتفاعی بکار رفته در ترسیم منحنی میزان را انتخاب مستقیماً بر روی نقشه با شابلن انتقال داد به چنین نقشه های، نقشه پلان کد اطلاق میکنند. این تعداد برای دشت ۱۰۰٪، برای تپه ماهور ۵۰٪ و برای کوهستان ۳۰٪ از نقاط میباشد. کلیه رقوم ارتفاعی نقشه در جهت شمال و با قلم ۰.۲ میلیمتر بایستی با شابلن نوشته شوند. در مناطقی که تغییرات توپوگرافی زمین محسوس نباشد (نظیر دشتهای عموماً) به خاطر اختلاف ارتفاع ناچیز منطقه امکان ترسیم منحنی میزان میسر نبوده و در این حال برداشت نقاط از طریق شبکه بندی و ترسیم نقشه بدون منحنی میزان و صرفاً با درج کدهای ارتفاعی برداشت شده خواهد بود.

منحنی میزان از روی عوارض مسطحاتی نظیر ساختمان و راه و... رد نمیشود و هیچوقت یکدیگر را قطع نمیکند و لذا شاخه شاخه نمیشوند. منحنی های میزان دارای لبه های تیز نیستند و یکدیگر را قطع نمیکند. منحنی های میزان در نهایت منحنی های بسته ای را تشکیل می دهند البته احتمال دارد که در تهیه نقشه در یک منطقه کوچک منحنی های بازی نیز وجود داشته باشد لکن در کل منطقه و نهایتاً خارج از نقشه منحنی ها بسته میشوند. ضمناً در یک نقشه ممکن است چند منحنی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف نقشه وجود داشته باشند بدون اینکه به یکدیگر متصل شوند، به عبارت دیگر در یک نقشه طبیعی است که نقاطی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف وجود داشته باشند. در مناطق خاص نظیر پرتگاه ها و ترانشه ها که نقاط بالا و پایین فاصله افقی کم و اختلاف



ارتفاع زیاد دارند عملاً" امکان ترسیم منحنی میزان ارتفاعات بین این دو نقطه میسر نمیگردد چون فشردگی منحنی های میزان به نحوی است که خطوط منحنی ها تقریباً بر هم مماس می گردند، در این حال مطابق شکل ذیل از علامت خاص ترانسه به جای زدن منحنی میزان بین دو نقطه استفاده میگردد.

۹۷,۰۰	۹۸,۰۰	۹۹,۰۰
۱۱۰,۰۰	۱۱۲,۰۰	۱۱۱,۰۰

(شکل ۵-۸) - ترسیم ترانسه

به منظور کنترل دقت ارتفاعی نقشه های ترسیم شده از طریق تاکنومتری ، ۹۰٪ از نقاط ارتفاعی استخراج شده از روی نقشه منحنی های میزان، بایستی دارای دقتی بهتر از ۱/۳ فاصله منحنی های میزان متوالی باشند. ( مثلاً" در نقشه بامنحنی میزان ۱ متری دقت نبایستی کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد) علاوه بر این برای مناطق دشت، تپه ماهور و کوهستان این دقت نبایستی بترتیب از ۱۵، ۳۰، ۵۰ سانتیمتر کمتر باشد.

مثال ۱: برای تعیین فاصله افقی بین دو نقطه به روش استادیومتری، قرائت تارهای رتیکول بر حسب میلیمتر برابر ۱۸۹۰ و ۱۵۴۰ و ۱۱۹۰ و زاویه شیب برابر ۲/۱۵ گراد محاسبه شده است. در صورتی که ارتفاع دستگاه برابر قرائت تار وسط باشد، فاصله افقی چند متر است؟

کارشناسی ناپیوسته عمران

۷۹/۳۶ (۴)

۵۶/۹ (۳)

۶۹/۹ (۲)

۶۹/۳۶ (۱)

پاسخ:

گزینه ۲

$$D_h = 100 \cdot L \cdot \cos^2 \alpha$$

$$D_h = 100 \cdot \left( \frac{1890 - 1190}{1000} \right) \cdot \cos^2 2/15 = 69/9 \text{ m}$$

لازم به یاد آوری است که برای تبدیل واحد های مختلف زوایا از رابطه زیر می توانیم استفاده کنیم.

$$\frac{D}{180} = \frac{R}{p} = \frac{G}{200}$$

دقت کنید که در تمامی این روابط واحد های طول و قرائت های میر بر حسب متر می باشد.

مثال ۲: دوربین تئودولیت در روی ایستگاه  $S_1$  به ارتفاع  $1256/16$  متر مستقر می‌باشد. پس از قراول روی به نقطه  $A$ ، قرائت تارها به ترتیب  $1260$  و  $1520$  و  $1780$  قرائت شده است. در صورتیکه زاویه قائم  $45'$   $85^\circ$  و زاویه افقی  $56''$   $18'$   $92^\circ$  قرائت شود. ارتفاع نقطه  $A$  چقدر است؟ (ارتفاع دوربین  $1/52$  متر و ضریب دوربین  $100$ )

کارشناسی ناپیوسته عمران

(۱)  $1258/48$  (۲)  $1260$  (۳)  $1260/02$  (۴)  $1264/29$

پاسخ:

گزینه ۲ زاویه شیب  $15'$   $4^\circ$   $45' = 4^\circ$   $90^\circ - 85^\circ = \alpha$

$$\Delta H = 100 L \sin \alpha \cdot \cos \alpha + h_1 - Z$$

$$\Delta H = 100 \left( \frac{1780 - 1260}{1000} \right) \cdot \sin 4^\circ, 15' \cdot \cos 4^\circ, 15' + 1/52 - 1/52$$

$$\Delta H = 3/84 \text{ m}$$

$h_1$ : ارتفاع دستگاه

$Z$ : تار وسط دوربین

$$H_A = H_{S_1} + \Delta H$$

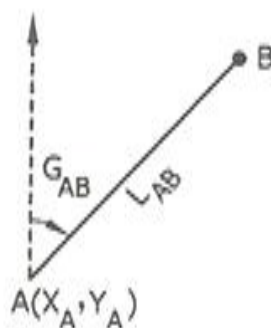
$$H_A = 1256/16 + 3/84 = 1260 \text{ m} \quad \text{ارتفاع نقطه } A$$

\* در این مسئله، زاویه افقی دوربین هیچ نقشی در محاسبات ندارد.

تمام برداشت ها در جداول مخصوص تاکنومتری که در انتهای این فصل نیز نمونه آن آورده شده است، درج می گردند. پس تا کنون گفتیم که چگونه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه و فاصله بین دو نقطه را به روش تاکنومتری محاسبه نماییم. حال می خواهیم با داشتن این پارامتر ها، مختصات نقطه استقرار دوربین را به نقطه مورد برداشت انتقال دهیم و مختصات آن را نیز در سیستم مختصاتمان محاسبه نماییم.

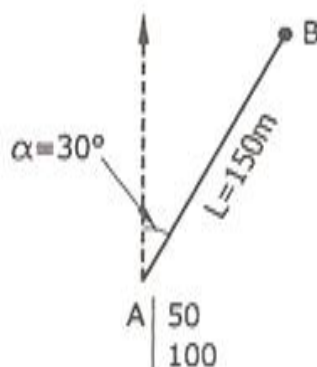
## محاسبه مختصات رئوس یک امتداد

با داشتن ژیرمان امتدادی، طول امتداد و مختصات یک نقطه، می توان مختصات نقطه بعدی را محاسبه نمود.



$$\begin{cases} x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha \\ y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

مثال ۱: اگر مختصات نقطه A برابر (۱۰۰ و ۵۰) و طول AB برابر ۱۵۰ متر و زاویه  $\alpha$  برابر ۳۰ درجه باشد. مختصات نقطه B برابر کدام است؟



پاسخ:

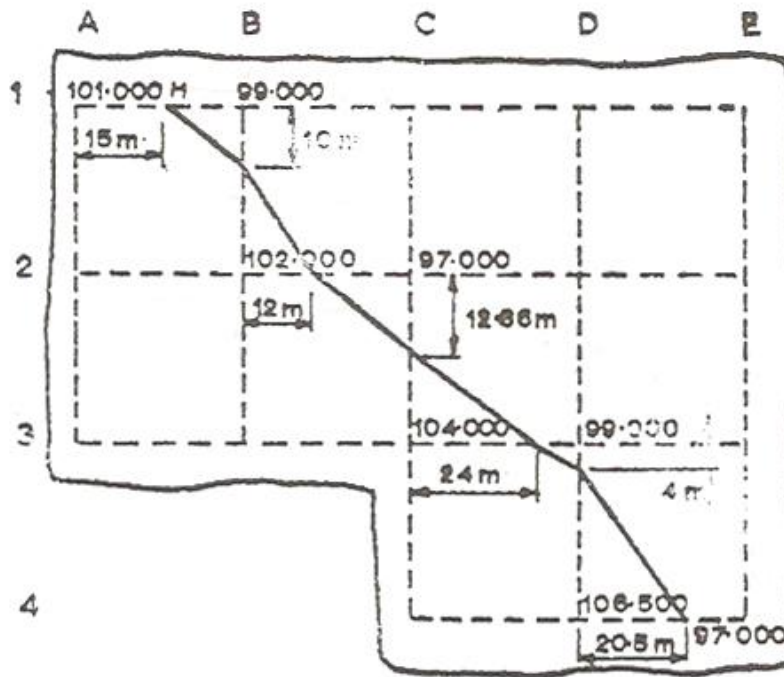
$$x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha$$

$$x_B = 50 + 150 \cdot \sin 30^\circ = 125 \text{ m}$$

$$y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha$$

$$y_B = 100 + 150 \cdot \cos 30^\circ = 230 \text{ m}$$

در برداشت تاکتومتری مان ارتفاع نقاط از فرمول های تاکتومتری و مختصات مسطحاتی را نیز از روابط تاکتومتری که بیان گردید می توانیم محاسبه کنیم. پس از محاسبه مختصات نقاط، آنها را روی کاغذ میلیمتری با مقیاس مورد نظر ترسیم می کنیم و منحنی میزان ها را نیز به روشی که بیان شد ترسیم می نماییم.



### 9-3- در این جلسه انتظار میرود :

طبق توضیحات داده شده، در این جلسه هر گروه از دانشجویان باید با استقرار بر روی یک نقطه، و صفر صفر کردن به نقطه ای در جهت شمال، حداقل 20 نقطه ارتفاعی و 10 نقطه مسطحاتی را به روش تاکتومتری برداشت نمایند. تمام مشاهدات باید در برگه های تاکتومتری ثبت شده و مختصات نهایی نقاط برداشتی طبق توضیحات داده شده محاسبه گردند.

مختصات برداشت شده را به صورت دستی روی کاغذ میلیمتری با مقیاس مشخص ترسیم کنید. ارتفاع نقاط را بر روی آنها به نحوی که ارتفاع عدد، 2 میلیمتر بر روی نقشه دیده شود ترسیم کنید.

ترسیم اولیه نقاط، مثلث بندی بین نقاط، درونیایی و محاسبات مربوطه و ترسیم منحنی میزان ها بر روی نقشه مثلث بندی شده، باید بر روی یک نقشه پیشنویس انجام گیرد و سپس منحنی میزان های ترسیم شده بر روی

نقشه اصلی منتقل شوند. مثلث بندی ها بر روی نقشه اصلی نباید ترسیم شوند و فقط نقاط با عدد ارتفاعیشان به نحوی که ممیز عدد ارتفاعی بر روی محل نقطه قرار گیرد باید درج شوند.

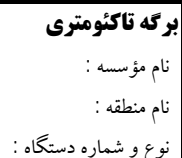
دقت کنید که فاصله ارتفاعی مورد نظر برای ترسیم منحنی های میزان، با توجه به نوع منطقه مورد برداشت به دانشجویان اعلام خواهد شد. طبق توضیحاتی که در صفحات قبلی در متن تئوری دستورکار نیز داده شد، منحنی میزان های اصلی و فرعی باید ترسیم گردند. عدد ارتفاعی منحنی ها معمولاً فقط بر روی منحنی های اصلی درج می گردد. ضخامت ترسیم منحنی های اصلی از فرعی بیشتر بوده و بین هر 2 منحنی میزان اصلی، 4 منحنی میزان فرعی قرار خواهد داشت.

#### 9-4- تجهیزات مورد نیاز

- 1- شاخص و تراز نبشی 1 عدد برای هر گروه
- 2- زاویه یاب یک دستگاه برای هر گروه
- 3- سه پایه یک عدد برای هر گروه
- 4- فرم یادداشت مشاهدات تاکنومتری
- 5- متر 5 متری برای اندازه گیری ارتفاع دوربین

#### 9-5- سوالات

- 1- روش محاسبه فاصله به روش اپتیکی با دستگاه تراز یاب و زاویه یاب را مقایسه کنید.
- 2- روش رابطه محاسبه مساحت با داشتن مختصات نقاط را توضیح دهید و برای 3 نقطه برداشت شده آن رابه کار ببرید.



کرو کی :





## 10- فصل دهم

دستور کار جلسه دهم :

آشنایی با نرم افزار **Surfer** و ترسیم نقشه توپوگرافی به کمک این نرم افزار و مقایسه نقشه خروجی این نرم افزار با نقشه ترسیم شده به روش دستی

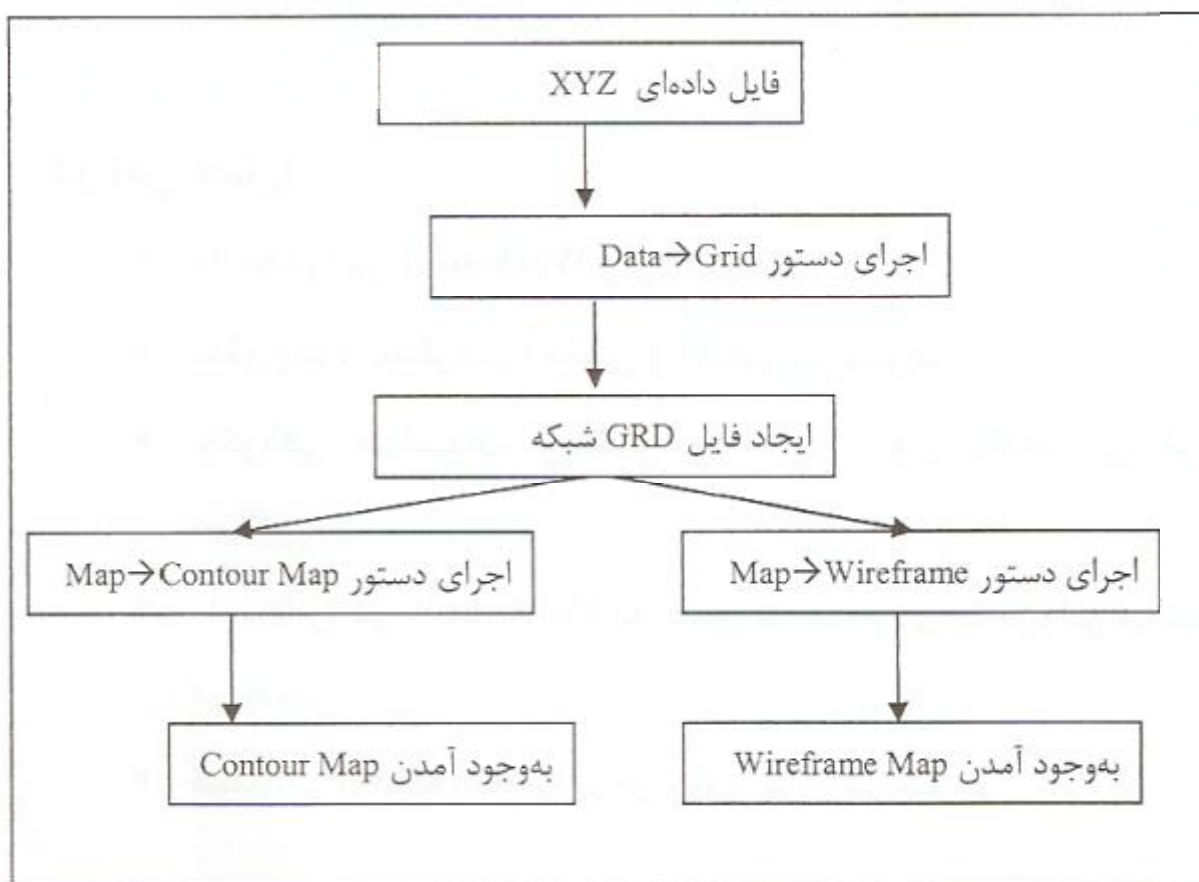
## 10-1- مقدمه

جهت آشنایی با اصول علمی و مبانی کار، تا کنون تمام ترسیمات شما به صورت دستی انجام گرفت. امروزه نرم افزار های کامپیوتری متنوع با امکانات فراوانی تولید گردیده اند، که بسیاری از ترسیمات و محاسبات امور نقشه برداری را، دقیق تر و سریع تر از روش های دستی می توان به کمک آنها انجام داد. آشنایی با اصول کلی کار با این گونه نرم افزار ها، برای هر فردی که قصد انجام امور نقشه برداری را دارد لازم است. نرم افزار Surfer به عنوان یکی از اینگونه نرم افزار ها است که با روشهای بسیار ساده و کاربردی امکان ترسیم نقشه توپوگرافی و سه بعدی و... را برای برداشت های نقشه برداری فراهم می کند. در این جلسه قصد داریم با بخشی از منوهای کاربردی تر این نرم افزار که امکان ترسیم کامپیوتری نقشه توپوگرافی را برای شما فراهم خواهد کرد، آشنا شویم. این جلسه از درس عملیات نقشه برداری در سایت کامپیوتری برگزار خواهد شد.

## 2-10- تئوری مطالب مورد نظر در جلسه دهم عملیات نقشه برداری

## طرز استفاده از Surfer

برنامه Surfer بر اساس ساخت شبکه (Grid) از فایل داده‌ای XYZ کار می‌کند. فایل‌های شبکه توسط اکثر فرامین موجود در منوی Map برای ایجاد نقشه‌ها استفاده می‌شوند. دستور  $\text{Grid} \rightarrow \text{Data}$ ، به منظور ایجاد یک فایل شبکه از یک فایل داده به کار می‌رود و نقشه‌های Base و Post از فایل‌های شبکه استفاده نمی‌کنند. چارت زیر توضیحاتی در مورد ارتباط بین فایل‌های داده‌ای شامل XYZ، Contour Map و Wireframe Map را نشان می‌دهند.



این نمودار، ارتباط بین فایل‌های داده‌ای XYZ، فایل‌های شبکه، Contour Map و Wireframe Map را نشان می‌دهد.

## ایجاد یک فایل شبکه

فایل شبکه برای ایجاد نقشه‌هایی که بر مبنای شبکه‌بندی به وجود می‌آیند، مورد نیاز است. نقشه‌های بر مبنای شبکه شامل Contour Map، Image Map، Shaded Relief Map، Grid Vector Map، 1-Grid، 2-Grid vector Map، Wireframe و Surface هستند. فایل شبکه با استفاده از دستور Grid→Data ساخته می‌شود. دستور Data به سه ستون داده نیاز دارد که یک ستون شامل داده‌های X، یک ستون شامل داده‌های Y و یک ستون شامل داده‌های Z است. یک فایل داده‌ای به نام TUTORWS.DAT، همراه با Surfer ارائه شده است که در این جا به عنوان مثال استفاده می‌شود.

به منظور تولید شبکه از TUTORWS.DAT به روش زیر عمل کنید:

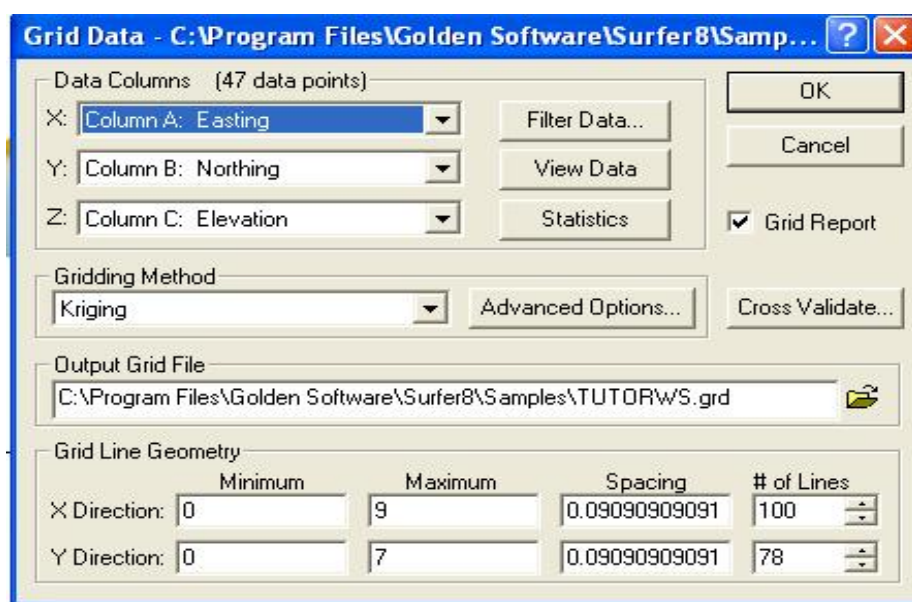
۱- چنانچه در صفحه Worksheet هستید، روی منوی Window کلیک کنید و دستور Plot را انتخاب کنید. همچنین می‌توانید از دستور File→New استفاده کنید و گزینه Plot Document را انتخاب کنید.

۲- دستور Grid→Data را اجرا کنید.

۳- در کادر محاوره Open روی TUTORWS.DAT کلیک کنید. (این فایل در پوشه Sample نرم‌افزار Surfer قرار دارد).

۴- روی Open کلیک کنید تا کادر محاوره Grid Data نمایش داده شود. همچنین می‌توانید روی فایل داده‌ای مورد نظر دابل کلیک کنید تا کادر محاوره ظاهر شود.

۵- کادر محاوره Grid Data این امکان را فراهم می‌کند که پارامترهای شبکه‌سازی را کنترل کنید. به گزینه‌های مختلف موجود در کادر محاوره توجه کنید اما این بار آن‌ها را تغییر ندهید و گزینه‌های پیش‌فرض را برای ایجاد فایل شبکه تأیید کنید.



در کادر محاوره Grid Data گزینه های عمل شبکه بندی مانند ستون های XYZ، روش شبکه بندی، محدوده شبکه و ... تنظیم می شوند

- قسمت Data Columns: برای مشخص کردن ستون های شامل مختصات X، Y و Z موجود در فایل داده به کار می رود.

- قسمت Grid Line Geometry: برای مشخص کردن محدوده شبکه XY، فضای بین شبکه ها و تعداد خطوط شبکه (با توجه به سطر و ستون) در فایل شبکه استفاده می شود.

- قسمت Gridding Method: برای مشخص کردن روش های میان یابی و تنظیم گزینه های میان یابی به کار می رود.

- قسمت Output Grid File: برای مشخص کردن مسیر و نام فایل شبکه ای خروجی به کار می رود.

- کادر علامت Grid Report: برای ایجاد یک گزارش از داده ها به کار می رود.

روی OK کلیک کنید. در نوار وضعیت زیر صفحه، وضعیت مراحل شبکه بندی نمایش داده می شود. با قبول پیش فرض ها، فایل شبکه در همان مسیر مشخص شده و با همان نام وارد شده ساخته می شود. این فایل پسوند [GRD] دارد.

Gridding using kriging with a search radius: filling the grid... 20% Time remaining: 7 sec (Est to Ca

به طور پیش فرض پس از شبکه بندی شدن داده ها، یک پیام نمایش داده می شود. در این کادر محاوره روی OK کلیک کنید.

چنانچه کادر علامت Grid Report فعال باشد، یک گزارش از عمل شبکه بندی نمایش داده خواهد شد.

به این ترتیب فایل \*.grd شما ساخته می شود.

## ایجاد یک Contour Map

دستور Map → Contour Map → New Contour Map، از یک فایل شبکه یک نقشه خطوط تراز می‌سازد، یک نقشه خطوط تراز، نمایش دوبعدی از داده‌های سه بعدی است. دو بعد اول مختصات XY هستند و بعد سوم (Z) توسط خطوط هم‌تراز نمایش داده می‌شود. فاصله نسبی خطوط تراز، شیب نسبی سطح را نمایش می‌دهد، منطقه بین دو خط تراز فقط شامل گره‌هایی از شبکه می‌باشند که مقدار Z آن‌ها بین دو خط تراز قرار می‌گیرد.

برای ایجاد یک نقشه تراز از فایل TUTORWS.GRD ساخته شده به روش زیر عمل کنید:

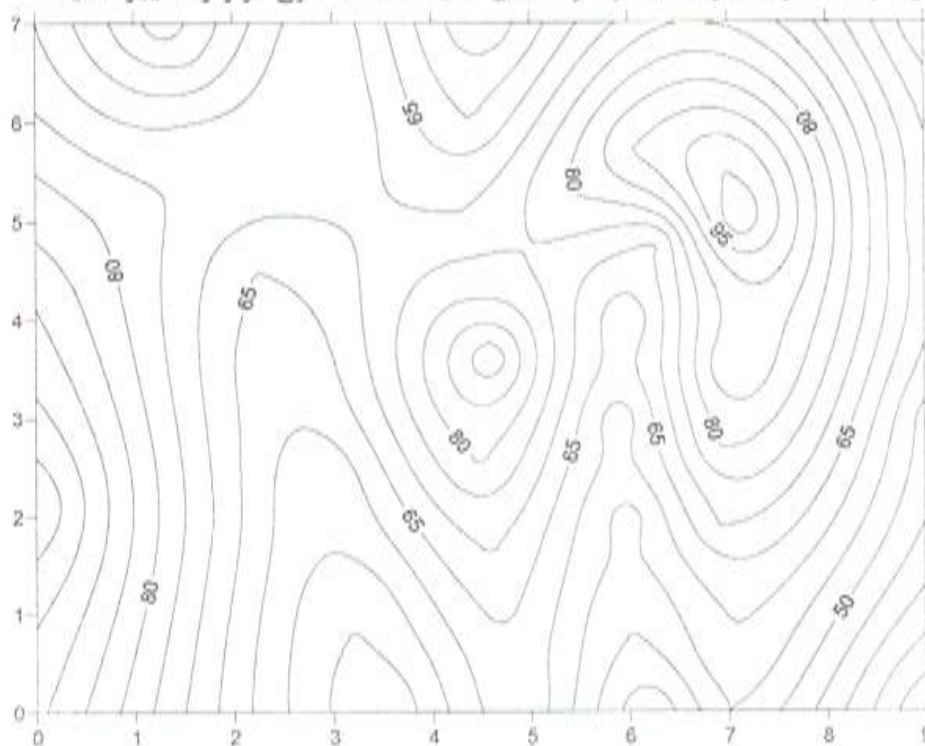
دستور Map → Contour Map → New Contour Map را اجرا کنید، یا روی دکمه  کلیک کنید.

در کادر محاوره نمایش داده شده Open Grid در کادر File Name فایل TUTORWS.GRD به صورت خودکار انتخاب شده است. چنانچه فایل انتخاب نشده است، آن را انتخاب کنید. دکمه Open را کلیک کنید تا نقشه ساخته شود.

نقشه با استفاده از تنظیمات پیش فرض ساخته می‌شود.

اگر می‌خواهید نقشه به صورت تمام نما در صفحه به نمایش درآید، دستور View → Fit to Window را اجرا کنید.

می‌توانید بعد از ایجاد نقشه، برای اعمال تغییرات در آن، کادر محاوره خصوصیات را با دابل کلیک کردن روی آن باز کنید و تغییرات دلخواه را اعمال کنید. مثلاً سطوح تراز را تغییر دهید.



نمونه نقشه Contour ایجاد شده توسط فایل TUTORWS.GRD



## معرفی Surface

Surface از امکانات جدید Surfer 8.05 است که شبیه Wireframe است، با این تفاوت که Surface دارای ۳ بعد رنگی و سایه دار است. Surface یک فضای ۳ بعدی از محل را برای ما تداعی می کند. Surface ها می توانند با هم هم پوشانی داده شوند و ممکن است هم دیگر را قطع کنند. Surface می تواند با هر نوع نقشه ای به جز نقشه Wireframe ترکیب شود.





این یک نمونه Surface از منطقه ای در Colorado است.

ارتفاع سطوح، برابر مقدار Z متناظر با گره های شبکه است. شبکه های متراکم، جزئیات بیشتری از سطح را نمایش می دهند. رنگ های مختلف می توانند به منظور نمایش ارتفاعات روی Surface به کار روند. ترکیب رنگ ها به شکل درجه بندی ملایمی است. هنگامی که رنگی انتخاب می شود، تغییرات روی نقشه ظاهر می گردد.

Surface ها می توانند با Bitmap ها، فایل های Vector و Surface های دیگر هم پوشانی داده شوند. شما می توانید انواع دیگری از نقشه ها را به غیر از Wireframe ها، روی Surface ها هم پوشانی دهید.

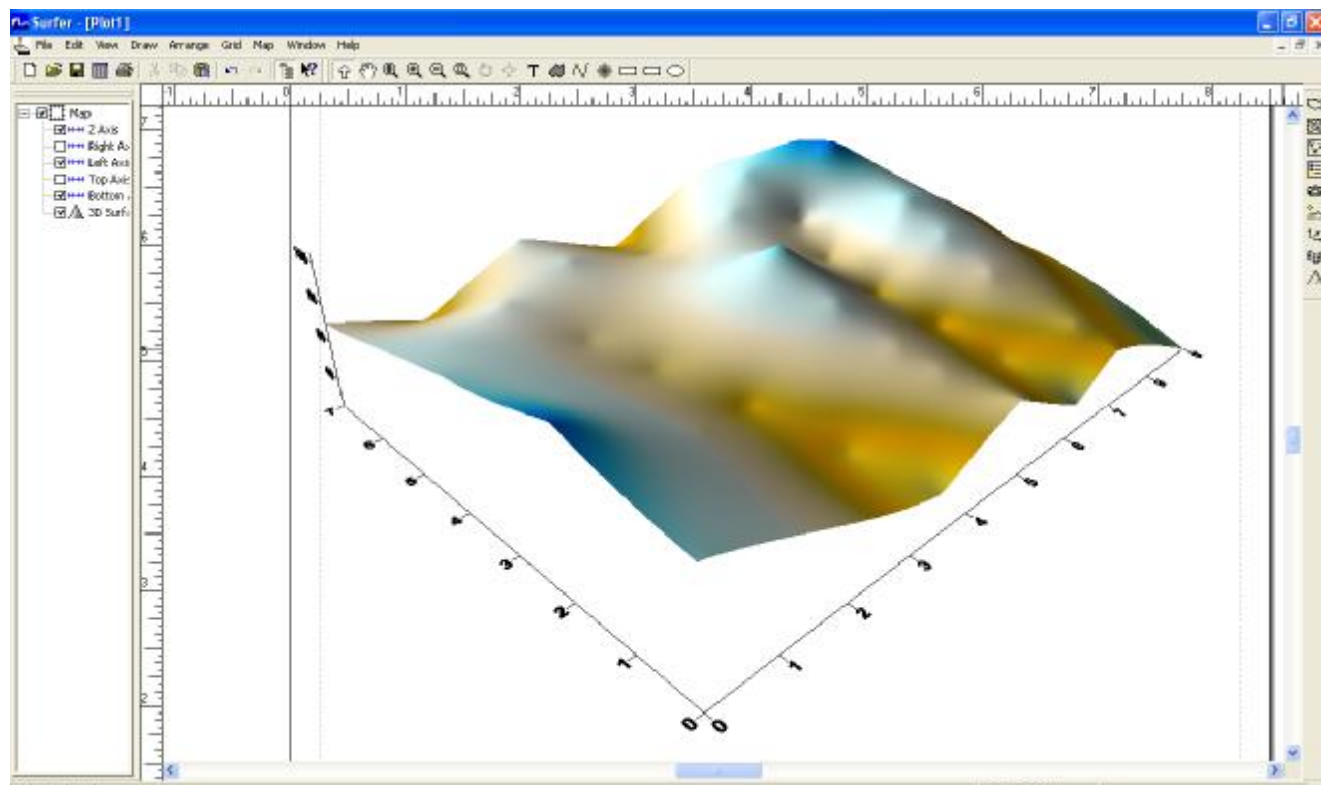
## ایجاد یک Surface

به منظور ایجاد یک Surface به روش زیر عمل کنید:

- ۱- دستور File → New را اجرا کنید. به جای این کار می توانید روی دکمه  کلیک کنید.
- ۲- در کادر محاوره ای ظاهر شده گزینه Plot Document را انتخاب کرده و OK کنید. یک صفحه Plot خالی نمایش داده می شود.
- ۳- دستور Map → Surface را اجرا کنید یا به جای آن دکمه  را کلیک کنید.



۴- فایل TUTORWS.GRD را از فهرست موجود در کادر محاوره Open Grid انتخاب کنید، سپس روی دکمه Open کلیک کنید. نقشه Surface با تنظیمات پیش فرض ساخته می شود.



یک نقشه Surface که با استفاده از فایل TUTORWS.GRD ساخته شده است.

### 10-3- در این جلسه انتظار می رود :

هدف ما در این جلسه ترسیم نقشه توپوگرافی برداشت هایتان به کمک نرم افزار Surfer 8 می باشد. برای این کار ابتدا باید فایل اطلاعات نقاط برداشتی تان را به فرمتی که قابل معرفی به نرم افزار باشد، ایجاد کنید.

فایل مورد نظر یک فایل متنی (\*.txt) باید باشد که در هر سطر از آن ابتدا شماره نقطه، بعد مختصات x نقطه سپس y و در آخر نیز z یا ارتفاع نقطه به نحوی که بین آنها با کاما (,) از هم جدا شده باشند، وارد شوند. نمونه ای از اطلاعات 5 نقطه در یک فایل متنی را در زیر مشاهده می کنید.

```
11,1000,1000,100
12,1005,1000,99.819
13,1010,1000,99.841
14,1015,1000,99.947
15,1020,1000,100.099
```

...

بعد از ساختن فایل متنی، به روشی که در بالا ذکر شد، این فایل را برای ساختن فایل \*.grd به نرم افزار معرفی نموده و سپس نقشه توپوگرافی را ترسیم نمایید.

#### 10-4- تجهیزات مورد نیاز

1- یک دستگاه کامپیوتر برای هر گروه

#### 10-5- سؤالات

1- چند نرم افزار تخصصی دیگر مدیریت برداشت های نقشه برداری و انواع ترسیمات را معرفی کنید.

#### منابع

- کتاب نقشه برداری مهندسی از تئوری تا عمل، تألیف دکتر رامین کیامهر، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی زنجان
- کتاب نقشه برداری مهندسی، تألیف مهندس محمود دیانتخواه، انتشارات دانشگاه اصفهان
- کتاب نقشه برداری مسیر و قوسها در راهسازی، جلد های 1 و 2 و 3، تألیف مهندس علیرضا سلیمانی، انتشارات آذرخش
- کتاب مجموعه جامع نقشه برداری، تألیف مهندس ابوالفضل رنجبر، انتشارات عمیدی
- کتاب مروری بر مسائل نقشه برداری، تهیه و تدوین مهندس مهدی پرنا، انتشارات آزاده
- آموزش نرم افزار Surfer، انتشارات دیباگران
- کتاب تحلیل مسائل نقشه برداری، تألیف مهندس علیرضا انتظاری، انتشارات شیخ صفی الدین
- دستور العمل های همسان نقشه برداری، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (نشریات 119)

((تنها کسانی خطا نمی کنند که کاری نمی کنند))

تألیف و گرد آوری توسط : مهندس فرید اسماعیلی

ویرایش سوم - زمستان 93