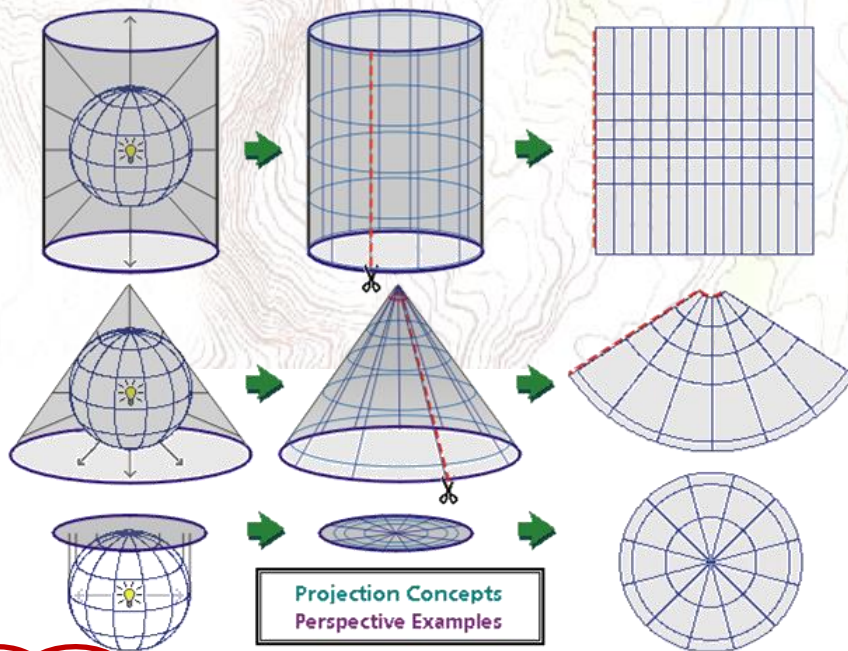


## کارتوگرافی و نقشه خوانی

### Map Reading And Cartography

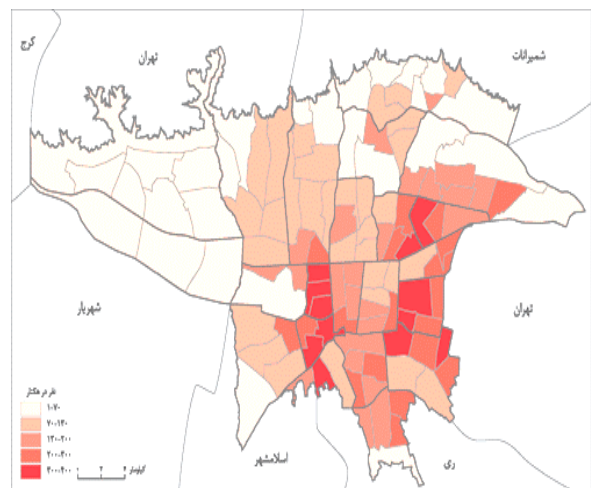


آخرین به روز رسانی  
۹۴/۱۰/۱۰

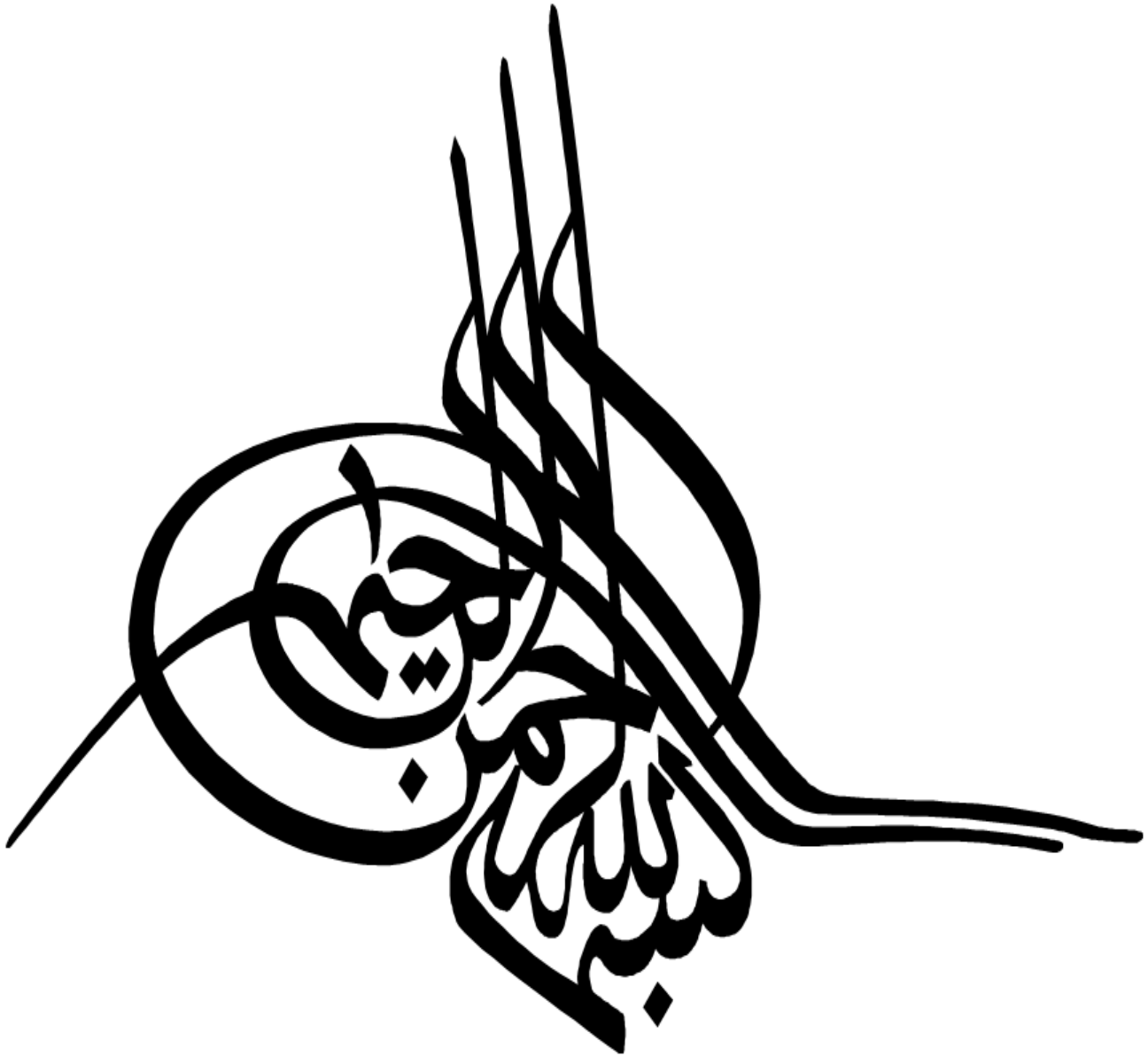
مهندس ابراهیم راستگو



[WWW.GeoGIS.ir](http://WWW.GeoGIS.ir)



[e\\_rastgou@yahoo.com](mailto:e_rastgou@yahoo.com)



تقدیر به بهترین‌های زندگی‌های ما

پیر

۱

مادر

مهربانم

## فهرست

صفحه	عنوان
۶	فصل نخست.....
۶	مقدمه.....
۶	تعریف و مفهوم کارتوگرافی.....
۶	۱- کارتوگرافی عام.....
۶	۲- کارتوگرافی خاص.....
۷	اصول کلی کارتوگرافی.....
۷	۱- مقیاس.....
۷	۲- سیستم تصویر.....
۸	۳- خلاصه‌سازی (جنرالیزه کردن).....
۹	۴- طراحی.....
۹	۵- ترسیم و تولید.....
۹	طبقه‌بندی نقشه‌ها.....
۹	۱- بر اساس کاربرد نقشه.....
۹	۲- بر اساس محتوا و موضوع نقشه.....
۹	۳- بر اساس مقیاس.....
۱۱	روش‌های تهیه اطلاعات برای تولید یک نقشه.....
۱۱	مقایسه نقشه و عکس.....
۱۴	دقت نقشه.....
۱۴	۱- دقت هندسی (دقت مکانی).....
۱۴	۲- دقت در نحوه ارائه اطلاعات.....
۱۷	تصحیح تبدیل طول به افق.....
۱۸	روش‌های بررسی دقت نقشه‌ها.....
۱۸	۱- استفاده از تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای.....
۱۸	۲- برداشت میدانی.....
۱۹	۳- بررسی نقشه با نقشه‌های پایه‌ای.....
۱۹	انواع مقیاس.....
۱۹	۱- مقیاس عددی یا کسری.....
۱۹	۲- مقیاس لفظی یا بیانی.....
۲۰	۳- مقیاس ترسیمی یا خطی.....
۲۲	مقیاس سطح.....
۲۲	روش‌های تغییر مقیاس.....
۲۲	۱- پانتوگراف.....
۲۳	۲- استفاده از عکس برداری و بزرگ‌نمایی.....
۲۳	علائم قراردادی.....
۲۴	انواع علائم قراردادی از لحاظ ساختار.....

- ۱- علائم قراردادی نقطه‌ای..... ۲۵
- ۲- علائم قراردادی خطی..... ۲۶
- ۳- علائم قراردادی سطحی..... ۲۶
- نمایش ارتفاعات در نقشه..... ۲۷
- روش‌های نمایش عوارض ارتفاعی به شرح زیر می‌باشد:..... ۲۷
- تعیین فاصله (اختلاف ارتفاع) بین منحنی‌میزان‌ها..... ۲۸
- ۱- انتخاب فاصله با استفاده از زاویه خط بزرگ‌ترین شیب منطقه:..... ۲۸
- ۲- انتخاب فاصله با استفاده از مقیاس نقشه:..... ۲۹
- ۳- انتخاب فاصله با استفاده از تعریف دقت ارتفاعی:..... ۲۹
- طبقه‌بندی مناطق بر اساس درصد شیب..... ۳۰
- نمایش منحنی‌تراز (منحنی‌میزان)..... ۳۰
- ۱- منحنی‌میزان‌های اصلی..... ۳۱
- ۲- منحنی‌میزان‌های فرعی..... ۳۱
- نمایش منحنی‌میزان‌های خاص..... ۳۱
- تعیین شیب از روی نقشه توپوگرافی..... ۳۶
- درون‌یابی (واسطه‌یابی)..... ۳۷
- طراحی نقشه..... ۳۸
- اطلاعات حاشیه‌ی نقشه..... ۴۰
- سیستم تصویر (Project system)..... ۴۰
- ۱- متشابه (حفظ زاویه) (conformal)..... ۴۱
- ۲- هم مساحت (equal valence)..... ۴۱
- ۳- هم فاصله (equal distance)..... ۴۱
- طبقه‌بندی سیستم‌های تصویر بر اساس سطوح قابل گسترش..... ۴۲
- سیستم تصویر صفحه‌ای (Azimuthal Projection)..... ۴۳
- سیستم تصویر مخروطی (Conical Projection)..... ۴۶
- سیستم تصویر استوانه‌ای (Cylindrical Projection)..... ۴۶
- انواع شمال..... ۵۲
۱. شمال حقیقی (شمال جغرافیایی) (TN)..... ۵۲
۲. شمال مغناطیسی (MN)..... ۵۲
۳. شمال شبکه (NN)..... ۵۲
- فصل دوم..... ۵۴
- نکاتی در مورد نقشه‌کشی..... ۵۹
- ترسیم مختصات..... ۵۹
- خط هماهنگی (Match Line)..... ۵۹
- ترسیم دیوار و ساختمان..... ۶۰
- ترسیم خطوط مسیر..... ۶۰
- ترسیم منحنی‌میزان..... ۶۲
- شیت‌بندی..... ۶۳

شیت‌بندی نقشه‌های عمومی..... ۶۳

شیت‌بندی نقشه‌های مسیر..... ۶۴

کارتوگرافی به عنوان علم نمایش و ارائه اطلاعات مکانی نقش مهمی در برقراری ارتباط بین تولیدکننده و کاربر نقشه ایفا می‌کند. پس آگاهی از اصول و مبانی کارتوگرافی یکی از ملزومات رشته نقشه مهندسی برداری (ژئوماتیک) به شمار می‌آید. آگاهی از این علم سبب می‌شود تا علاوه بر هماهنگی در روش‌های تولید نقشه افزایش یابد و توان بهره‌برداری از نقشه و ایجاد ممیزی قابل فهم برای کاربران به وجود آورد.

### تعریف و مفهوم کارتوگرافی

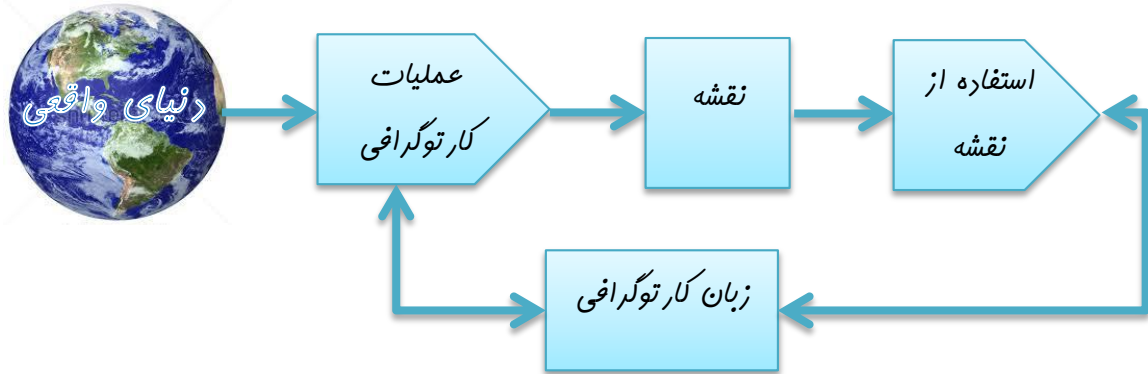
کارتوگرافی اساساً فنی است که با کوچک کردن خصوصیات فضایی (ابعادی) انواع مختلف اجسام و سطوح بزرگ مثل زمین‌های وسیع، قسمتی یا تمام کره زمین، یا یک کره سماوی دیگر سرکار دارد. این تکنیک معمولاً سطوح وسیع را کوچک می‌کند و آن را به نمایش در می‌آورد. به‌طور کلی دو معنا از کارتوگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

#### ۱- کارتوگرافی عام

هنر و فن سافت نقشه به‌گونه‌ای که کلیه مرامل سافت نقشه اعم از ژئودزی، عملیات زمینی، فتوگرامتری، ترسیم و چاپ نقشه را شامل می‌شود.

#### ۲- کارتوگرافی خاص

مرامل بعد از برداشت زمینی یا فتوگرامتری و یا کلیه اطلاعات اولیه برای تهیه نقشه را شامل می‌شود، به عبارتی کارهایی از قبیل: انتخاب شبکه، تعیین علائم قراردادی و نوشته‌ها، همگونی اطلاعات موجود در نقشه، سافتار اطلاعات، ماشیه نقشه، ترکیب اطلاعات موجود و استفاده از آن‌ها در نقشه، انتخاب روش ترسیم، چاپ و انتشار را همگی، مرامل کارتوگرافی را تشکیل می‌دهند.



### «نمودار روند بصری سازی و جایگاه کارتوگرافی»

**نقشه:** تصویر قائم از هر پدیده و یا عوارض سطح زمین بر روی صفحه‌ای افقی (کاغذ) که پدیده‌های سطح زمین به‌طور یکسان به یک نسبت در آن کوچک شده باشند. به عبارت دیگر نقشه وسیله‌ای است که عوارض سطح زمین را با دقت هندسی مشخص در یک مقیاس کوچک‌تر نسبت به سطح زمین نمایش می‌دهد.

**ارتوگونال:** تصویر قائم اجسام بر روی صفحه‌ای افقی، تصویر ارتوگونال نامیده می‌شود.

### اصول کلی کارتوگرافی

طبق نظر رابینسون اصول کارتوگرافی شامل ۵ جزء است:

- ۱- مقیاس
- ۲- سیستم تصویر
- ۳- جنرالیزه کردن
- ۴- طراحی
- ۵- ترسیم و تولید

#### ۱- مقیاس

بر اساس تعریفی که از نقشه صورت گرفت می‌توان فهمید که در کلیه نقشه‌ها، همه عوارض به یک نسبت کوچک فوهند شد، این به این معنا است که اولین قدم در کارتوگرافی تعیین نسبت کوچک نمایی است، میزان کوچک نمایی عوارض برای ترسیم آن‌ها را مقیاس گویند، به عبارتی نسبت طول بر روی نقشه به طول بر روی زمین را مقیاس گویند. تعیین مقیاس نقشه به عواملی همچون کاربرد نقشه، اندازه نقشه، روش و وسیله مورد استفاده در تهیه داده‌های اولیه نقشه و وسایل نمایش و رسم نقشه بستگی دارد.

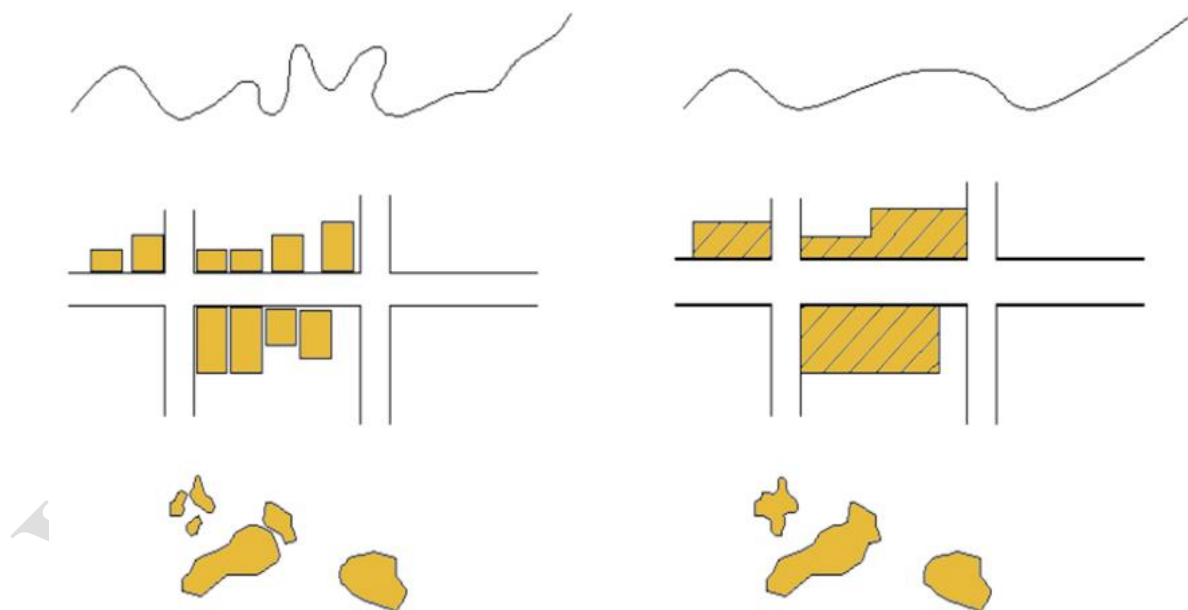
#### ۲- سیستم تصویر



نقشه‌ها به‌طور کلی وضوحیت اجسام را از سه بعد (طول، عرضی، ارتفاعی) بیان می‌کنیم، کارتوگرافی در اصل سطح سه‌بعدی زمین را با روش‌هایی به سطح دوبعدی (نقشه) تبدیل می‌کنیم؛ لازمه این کار تصویر کردن سطح کروی زمین بر روی یک سطح مستوی است که با این عملیات تغییرات اجتناب‌ناپذیری در جهت، طول، شکل و مسامت رخ می‌دهد. سیستم تصویر چارپوب و قواعدی است که به کمک آن بتوان سطح کروی را به سطح مستوی تبدیل نمود به‌گونه‌ای که بیشترین مطلوبیت را داشته باشد.

### ۳- خلاصه‌سازی<sup>۱</sup> (جنرالیزه کردن)

با توجه به این‌که پدیده‌ها حتی در یک بعد محدود از سطح زمین و همچنین خصوصیات آن‌ها بی‌شمار است و در مقاصد مختلف تهیه نقشه بخشی از این خصوصیات نیاز به نمایش دارند، از این سو همگی این خصوصیات مورد نیاز نبوده و باید مورد خلاصه‌سازی واقع گردد. نمونه و میزان خلاصه‌سازی به عوامل چون: مقیاس، شکل، نوع و نزدیکی عوارض به یکدیگر و اهمیت عوارض بستگی دارد.



خلاصه‌سازی باید با حفظ دقت هندسی و توصیفی نقشه و همچنین کیفیت زیبایی‌شناختی نقشه همراه باشد.

<sup>1</sup> Generalization

در کل دو نوع خلاصه‌سازی وجود دارد.

۱- خلاصه‌سازی گرافیکی: در این نوع خلاصه‌سازی شامل ساده‌سازی، بزرگ شدن، جابه‌جایی و یا ادغام نمادهای هندسی می‌شود.

۲- خلاصه‌سازی مفهومی: در این نوع خلاصه‌سازی به‌طور عمده به ویژگی‌ها و نیاز به آگاهی از ممتویات نقشه و اصول ریشه نقشه پرداخته می‌شود.

#### ۴- طراحی

این قسمت از کار شامل موارد زیر است:

۱- تعیین روش نمایش ۲- اندازه و نوع مروف ۳- ضخامت خطوط ۴- رنگ

۵- تن ۶- راهنمای نقشه ۷- هماهنگی عناصر مختلف کارتوگرافی

#### ۵- ترسیم و تولید

ترسیم آخرین مرحله از اصول کارتوگرافی برای تهیه نقشه است.

#### طبقه‌بندی نقشه‌ها

نقشه‌ها را از جنبه‌ها و دیدگاه‌های مختلف می‌توان طبقه‌بندی نمود ولی به صورت کلی نقشه‌ها از سه دیدگاه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

۱- بر اساس کاربرد نقشه

۲- بر اساس محتوا و موضوع نقشه

۳- بر اساس مقیاس

۱- بر اساس کاربرد نقشه: در این تقسیم‌بندی بر اساس کاربرد نقشه، نقشه‌ها عموماً به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

**الف) نقشه:** نمایشی از عوارض سطح زمین از لحاظ هندسی و جزئیات دقیق است.

**ب) چارت:** نقشه‌ای خاص که اطلاعاتی همچون مسیر خطوط کشتی‌رانی و یا مسیر خطوط هوایی و اطلاعات مربوط به آن بر روی آن درج شده می‌باشد، این‌گونه نقشه‌ها در ارتباط با ناوبری هوایی یا دریایی است.

**ج) پلان:** نقشه‌های بزرگ‌مقیاس از مناطق شهری و نوامی مسکونی با دقت بالا به صورت مسطحاتی است.

**۲- بر اساس محتوای و موضوع نقشه:** بر این اساس نقشه‌ها را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم نمود:

**الف) نقشه‌های عمومی:** نقشه‌هایی که هر یک از عوارض اهمیت واقعی خود را مفظ نموده و هیچ طبقه‌بندی از عوارض منحصراً مدنظر نباشد مانند نقشه‌های عمومی زیر:

۱- نقشه توپوگرافی ۲- نقشه پلانی گراف ۳- نقشه قاره‌ها یا کشورهای (نقشه‌های جغرافیایی)

**ب) نقشه‌های موضوعی:** در این نقشه‌ها برخی از عوارض بیش از سایر عوارض موردتوجه قرار می‌گیرد و اطلاعات و جزئیات بیشتری با توجه به موضوع نقشه در مورد آن عوارض در نقشه درج می‌گردد، مانند نقشه‌های زیر:

۱-چارت یا نقشه‌های ناوبری ۲- نقشه‌های مسیر راه ۳- نقشه‌های کاربری زمین ۴- نقشه‌های هیدروگرافی و هیدرولوژی ۵- نقشه‌های پوشش گیاهی ۶- نقشه‌های ثبتی یا کاداستر ۷- نقشه‌های زمین‌شناسی ۸- نقشه‌های معادن ۹- نقشه‌های پوشش جمعیتی.

**۳- بر اساس مقیاس:** نقشه‌ها را بر اساس مقیاسشان می‌توان به پنج دسته نیز تقسیم نمود:

**الف) اطلس:** این‌گونه نقشه‌ها را که به نمایش کل کره زمین یا چند قاره می‌پردازد را اصطلاحاً نقشه‌های جهان‌نما نیز می‌نامند.

**ب) کوچک‌مقیاس:** مقیاس این‌گونه نقشه‌ها کمتر از  $\frac{1}{200000}$  است مانند نقشه‌های جغرافیایی.

**ج) متوسط‌مقیاس:** مقیاس این‌گونه نقشه‌ها بین  $\frac{1}{200000}$  الی  $\frac{1}{10000}$  است مانند نقشه‌های توپوگرافی.

**د) بزرگ‌مقیاس:** مقیاس این‌گونه نقشه‌ها بین  $\frac{1}{10000}$  الی  $\frac{1}{1000}$  است مانند نقشه‌های ثبتی و کارهای ثبتی (نقشه کاداستر) و نقشه‌های اجرایی.

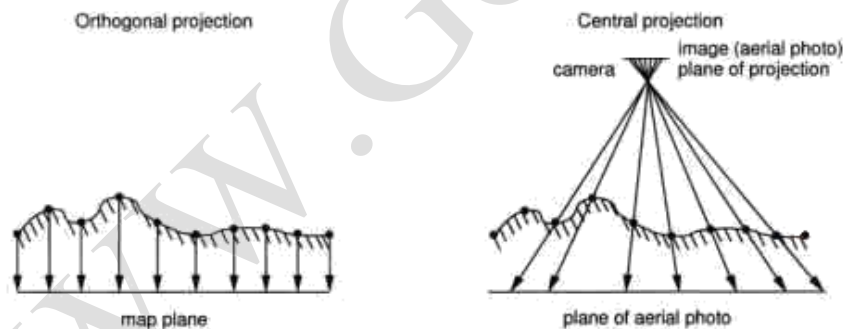
ه) فیلی بزرگ مقیاس (پلان): مقیاس این گونه نقشه ها بین  $\frac{1}{1000}$  الی  $\frac{1}{50}$  است مانند نقشه های سافتمانی.

## روش های تهیه اطلاعات برای تولید یک نقشه

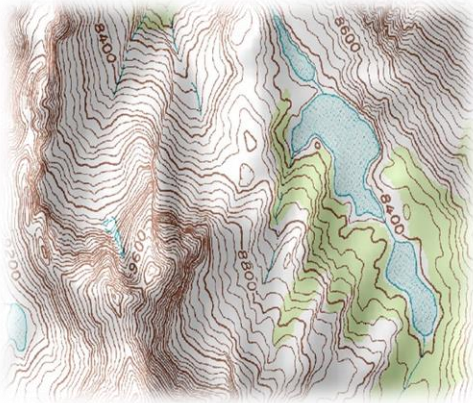
- ۱- روش نقشه برداری زمینی.
- ۲- روش نقشه برداری هوایی و فضایی (فتوگرامتری و سنجش از دور).
- ۳- روش تهیه اطلاعات از اسناد و مدارک موجود.
- ۴- استفاده از داده های لیدار (LIDAR).
- ۵- استفاده از داده های GPS.

## مقایسه نقشه و عکس

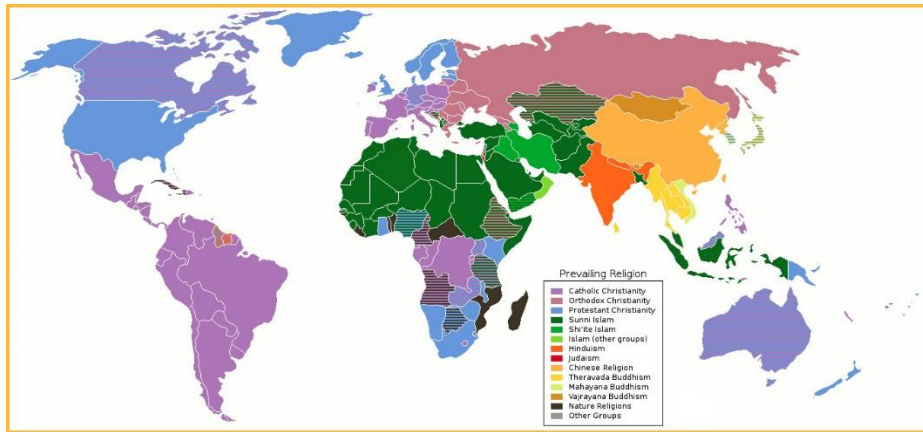
۱- عکس تصویری است مرکزی در حالی که نقشه تصویری است قائم (ارتوگونال)



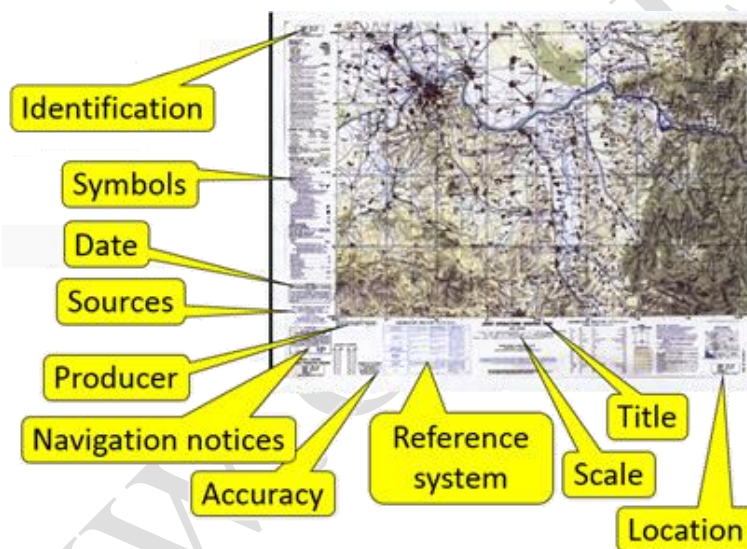
- ۲- مقیاس در عکس در تمامی سطوح آن یکسان نیست در صورتی که در نقشه مقیاس در تمامی نقاط آن یکسان است.
- ۳- یک تصویر به تنهایی نمی تواند عوارض ارتفاعی را نمایش دهد. (برای دستیابی به عوارض ارتفاعی نیاز به ایجاد مدلی با دو تصویر و ایجاد دید برجسته بینی است).



- ۴- برای درک عوارض در تصویر نیاز به مطالعه و تجربه درزمینه تفسیر عکس است که آن نیز در مقیاس‌های کوچک بسیار مشکل است، در صورتی‌که در نقشه این‌گونه نیست.
- ۵- عکس را به‌راحتی و با زمان بسیار کم نسبت به نقشه می‌توان تهیه نمود. (به‌فصوص اگر مقیاس کوچک باشد)
- ۶- در عکس کلیه عوارض و جزئیات موجود هوا سته یا نافوا سته وجود دارد در صورتی‌که در نقشه چنین نیست.
- ۷- معمولاً بزرگ کردن نقشه اشتباه است زیرا نقشه با توجه به مقیاس با دقتی پایین‌تر تهیه شده و زمانی که آن را بزرگ می‌کنیم باعث ایجاد فضا در نقشه می‌گردد در صورتی‌که در عکس این کار بسته به قدرت تفکیک مکانی (رزولوشن) عکس مانعی ندارد.
- ۸- به‌طورکلی فصوصیت کلی و کیفیت عکس از نقشه بیشتر است.
- ۹- امکان دید ۳ بعدی در نقشه وجود ندارد ولی به کمک ایجاد دید برجسته‌بینی با زوج عکس می‌توان یک نمای ۳بعدی ایجاد کرد.
- ۱۰- پنانپه مقیاس عکس کوچک باشد عوارض را نمی‌توان به‌راحتی شنا سایی نمود در صورتی‌که در نقشه چنین نیست.
- ۱۱- در نقشه امکان استفاده از علائم و رنگ‌های مختلف برای نمایش و بارز سازی عوارض وجود دارد در صورتی‌که در عکس تمامی عوارض بارنگ و شکل خود نمایش داده می‌شود.



۱۲- در نقشه می‌توان از راهنمای نقشه (نوشته‌ها و علائم) برای کمک به خوانایی نقشه استفاده نمود در صورتی‌که در عکس چنین نیست.



۱۳- چاپ و تکثیر نقشه نسبت به عکس در اندازه‌های بزرگ هزینه کمتری دارد و عملیاتی‌تر است.

۱۴- تصویر به دلیل ثبت واقعیات به صورت لمذهای امکان اشتباه در آن وجود ندارد در صورتی‌که در نقشه امکان وجود اشتباه است.

با توجه به این مقایسه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی نمی‌توان عکس و نقشه را جایگزین یکدیگر نمود و در واقع هرکدام کاربرد خاص خود را دارد و مکمل همدیگر هستند، در برخی مواقع نقشه جواب گوی اطلاعات مورد نیاز کاربر نبوده و در آن زمان می‌توان از عکس برداری برای دستیابی به این اطلاعات کمک گرفت.

## دقت نقشه

به طور کلی می‌توان دقت نقشه را با میزان تطابق اطلاعات نقشه با واقعیت سنجش نمود. دقت در نقشه‌ها به دو قسمت تقسیم می‌شود:

### ۱- دقت هندسی (دقت مکانی)

### ۲- دقت در نمونه ارائه اطلاعات

۱- دقت هندسی (دقت مکانی): دقت اطلاعات مسطحاتی و ارتفاعی که حاصل دقت در برداشته‌های نقشه برداری و دقت در روند کارتوگرافی آن (تهیه نقشه) است را شامل می‌شود. دقت مسطحاتی باید بهتر از یک‌دهم میلی‌متر در مقیاس نقشه و دقت ارتفاعی یک سوم فاصله منحنی‌میزان‌های متوالی است.

۲- دقت در نمونه ارائه اطلاعات: منظور از این دقت، میزان تطابق ویژگی‌های توصیفی عوارض موجود در نقشه است که شامل موارد زیر بوده و وظیفه کارتوگراف است:

- ۱- انتخاب و نمایش علائم قراردادی ۲- دسته‌بندی عوارض ۳- فلاصه‌سازی عوارض (جنرالیزه کردن)
- ۴- نمونه نمایش متون ۵- ماشیه نقشه و ...

**مقیاس و دقت نقشه:** در اصل مقیاس نقشه دقت نقشه را مستقیماً تحت تأثیر قرار می‌دهد یا به عبارتی می‌توان گفت که دقت نقشه رابطه مستقیم با مقیاس نقشه دارد، به عبارتی هر چه مقیاس نقشه کوچک‌تر باشد دقت آن نیز کمتر خواهد بود و بالعکس هر چه مقیاس نقشه بزرگ‌تر باشد دقت آن نیز بیشتر باید باشد.

با چند مثال زیر تا مدی به رابطه دقت نقشه و مقیاس پی خواهیم برد:  $\text{مقیاس} = \frac{\text{طول روی نقشه}}{\text{طول روی زمین}}$

**مثال:** اندازه‌ی طول زمینی  $10^m$  است، طول این زمین بر روی نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{100}$  و نقشه‌ای

با مقیاس  $\frac{1}{200}$  برای ترسیم چند میلی‌متر خواهد بود؟

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{1}{100} = \frac{ab}{10 \times 1000} \Rightarrow ab = 100^{mm}$$

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{1}{200} = \frac{ab}{10 \times 1000} \Rightarrow ab = 50^{mm}$$

### \* فضای ترسیم = دقت ترسیم

با توجه به ابزار ترسیم و از همه مهمتر قدرت بینایی می‌توان دقتی را برای ترسیم بیان کرد. اگر از ابزار دقیقی برای ترسیم استفاده شود (به‌عنوان مثال از قلمی با ضخامت  $0.1^{mm}$  استفاده شود) در نهایت این دقت زمانی معنا پیدا می‌کند که برای ما قابل تشخیص باشد، به این مقدار، فضای ترسیم یا دقت ترسیم گفته می‌شود. به عبارتی ما بتوانیم با پیشم غیرمسلح کوچک‌ترین جز ترسیم را ببینیم. پس می‌توان نتیجه گرفت که در ترسیم سنتی (ترسیم روی کاغذ) دقت ترسیم برابر با مد تشخیص پیشم یک انسان سالم (قدرت بینایی) است ولی در ترسیم دیجیتال و نمایش دیجیتال به علت قابلیت بزرگنمایی (Zoom) دقت ترسیم به این معنا نبوده و به قدرت نرم‌افزار، سفت‌افزار و ابزار نمایش بستگی دارد.

❖ لازم به ذکر است که در برخی منابع این مقدار  $0.2^{mm}$  ذکر شده است.

❖ با توجه به مطالب گفته شده فضای ترسیم یکی از معیارهای اصلی در تعیین دقت مکانی نقشه است. از این رو برای تهیه داده‌های مورد نیاز برای ترسیم باید دقت برداشت داده‌ها (دقت داده) به اندازه متناسب با مقیاس یا همان فضای ترسیم باشد یعنی دقت برداشت فیلد بیشتر یا کمتر از دقت ترسیم نباشد. رابطه فضای ترسیم و مقیاس به صورت زیر است:

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{دقت نقشه}}{\text{دقت برداشت}} = \frac{\text{فضای مجاز ترسیم}}{\text{فضای مجاز برداشت}}$$

**مثال:** برای تهیه نقشه‌ی مسطحاتی از دانشکده خود با مقیاس‌های  $\frac{1}{2500}$  و  $\frac{1}{100}$  در هر کدام،

کدام یک از وسایل زیر را متناسب می‌بینید؟

الف) قدم شمار      ب) متر      ج) دستگاه توتال استیشن

$$\frac{1}{100} = \frac{0.1}{e_{\max}} \rightarrow e_{\max} = 100 \times 0.1 = 10^{mm} = 1^{cm}$$



$$\frac{1}{2500} = \frac{0.1}{e_{\max}} \rightarrow e_{\max} = 2500 \times 0.1 = 250^{mm} = 25^{cm}$$

**پاسخ تشریحی:** برای تهیه نقشه با مقیاس  $\frac{1}{100}$  نیاز به دقت برداشتی به اندازه  $1^{cm}$  است برای این کار باید دستگاه دقیقی چون توتال استیشن استفاده نمود و برای تهیه نقشه با مقیاس  $\frac{1}{2500}$  دقت برداشتی در حد  $25^{cm}$  موردنیاز است که از بین وسایل موجود می‌توان از متر کمک گرفت تا دقت موردنیاز را برآورده کرد.

**تمرین:** آیا کارتوگراف می‌تواند در نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{1000}$  چاهی که شعاع آن بر روی زمین  $70^{cm}$  است را در نقشه به درستی ترسیم کند؟

$$\frac{1}{1000} = \frac{0.1}{e_{\max}} \rightarrow e_{\max} = 1000 \times 0.1 = 100^{mm} = 10^{cm}$$

$$d = 2 \times 70 = 140^{cm} \rightarrow 10^{cm} < 140^{cm}$$

با توجه به فضای مسطحاتی مجاز  $10^{cm}$  و قطر چاه  $140^{cm}$  می‌توان نتیجه گرفت که چاه متمان باید ترسیم شود.

$d$  : قطر چاه

**مثال:** آیا کارتوگراف می‌تواند در نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{15000}$  از ترسیم چاهی با شعاع  $74^{cm}$  بر روی زمین چنانچه چاه‌ها از عوارض اجباری نمایش نباشند صرف نظر کند؟

$$\frac{1}{15000} = \frac{0.1}{e_{\max}} \rightarrow e_{\max} = 15000 \times 0.1 = 1500^{mm}$$

$$74^{cm} \times 2 = 148^{cm} = 1480^{mm} \rightarrow 1480^{mm} < 1500^{mm}$$

قابل ترسیم نیست\*

**مثال:** برای تهیه نقشه مسطحاتی از یک ملک، شهرداری مقیاس  $\frac{1}{100}$  و اداره گاز مقیاس  $\frac{1}{3000}$  را درخواست نموده است. برای تهیه این دو نقشه میزان خطای مجاز مسطحاتی برای هرکدام چقدر است و برای هر برداشت نقشه استفاده از وسایل زیر مناسب است؟

الف) قدم شمار (ب) متر پارچه‌ای (ج) متر فلزی (د) تئودولیت به روش تاکنومتری  
ه) دستگاه توتال استیشن

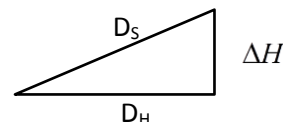
$$\frac{1}{100} = \frac{0.1}{\sigma_{xy}} \Rightarrow \sigma_{xy} = 100 \times 0.1 = 10^{mm} = 1^{cm}$$

$$\frac{1}{3000} = \frac{0.1}{\sigma_{xy}} \Rightarrow \sigma_{xy} = 3000 \times 0.1 = 300^{mm} = 30^{cm}$$

### تصحیح تبدیل طول به افق

به توجه به اینکه در ترسیم نقشه باید اندازه طولها به صورت افقی ترسیم شود پس در صورت اندازه گیری طول به صورت مایل باید به صول افقی تبدیل شود که از رابطه زیر مقدار این تصحیح بدست می آید:

$$C = D_H - D_S \approx -\frac{\Delta H^2}{2D_S}$$



**مثال:** اگر بخواهیم از زمین شیب‌داری به شیب ۱۰٪ نقشه‌ای به مقیاس ۱:۵۰۰۰ تهیه کنیم حداکثر تا چه فاصله‌ای می‌توان از تصحیح تبدیل به افق صرف نظر کرد؟ خطای ترسیمی ۰٫۲ میلی‌متر است.

مقیاس نقشه دو رابطه دارد:

$$S = \frac{\text{طول بر روی نقشه}}{\text{طول بر روی زمین}} = \frac{\text{خطا مسطحاتی بر روی نقشه (حد تشخیص بر روی نقشه)}}{\text{خطا مسطحاتی بر روی زمین (حداکثر خطای مسطحاتی مجاز)}} = \frac{d_{Map}}{D_{Ground}} = \frac{e_{M \max}}{E_{G \max}}$$

$$S = \frac{d_{map}}{D_g} = \frac{e_{M \max}}{E_{G \max}} \Rightarrow \frac{1}{5000} = \frac{0.2^{mm}}{E_{G \max}} \Rightarrow E_{G \max} = 1000^{mm} = 1^m$$

$d_{Map}$ : طول بر روی نقشه  $D_{Ground}$ : طول بر روی زمین  $E_{G \max}$ : مقدار حداکثر خطای مسطحاتی بر روی زمین

$e_{M \max}$ : مقدار حداکثر خطای مسطحاتی بر روی نقشه یا همان خطای ترسیم که مقدار آن برابر با ۰٫۲ میلی‌متر است.

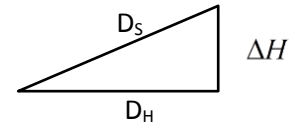
روش اول:

$$G\% = \frac{\Delta H}{D_H} \times 100 \Rightarrow \Delta H = \frac{G\%}{100} \times D_H = \frac{10}{100} \times D_H = 0.1 \times D_H$$

$$D_S = \sqrt{\Delta H^2 + D_H^2} = \sqrt{(0.1 \times D_H)^2 + D_H^2} = \sqrt{1.01} \times D_H$$

$$C = D_H - D_S \Rightarrow C = D_H - \sqrt{1.01} \times D_H = 1^m$$

$$\Rightarrow 1 = D_H (1 - \sqrt{1.01}) \Rightarrow D_H = 200.5^m \approx 200^m$$



روش دوم:

$$C = D_H - D_H \cos \alpha \quad , \quad \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta H}{D_H}\right) = \tan^{-1}(0.1)$$

$$\Rightarrow C = D_H (1 - \cos(\tan^{-1}(0.1))) = 1^m \Rightarrow D_H = \frac{1}{1 - \cos(\tan^{-1}(0.1))} = 201.5^m \approx 200^m$$

$C$ : تصحیح تبدیل به افق       $D_S$ : طول مایل       $D_H$ : طول افقی       $\Delta H$ : اختلاف ارتفاع       $G\%$ : درصد شیب

**دقت کمی نقشه:** معمولاً مراکز معتبر در کشورهای پیشرفته میزان فضای موجود در نقشه‌های مبنای خود را که در طی مراحل مختلف تهیه نقشه غیرقابل اجتناب است را به عنوان دقت کمی نقشه‌ها بیان می‌کنند، به عنوان مثال دقت کمی نقشه‌های  $\frac{1}{2500}$  سازمان نقشه برداری انگلستان  $0.5^m$  ذکر گردیده، دقت مسطحاتی و ارتفاعی معیار تعیین دقت کارتوگرافی است.

**روش‌های بررسی دقت نقشه‌ها:**

### ۱- استفاده از تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای

برای بررسی دقت نقشه‌ها می‌توان عوارض نقشه را با عوارض نظیر آن‌ها در یک تصویر هوایی یا ماهواره‌ای (تصویری از لحاظ زمانی و مکانی مشابه نقشه) مقایسه نمود و پی به میزان دقت نقشه برد.

### ۲- برداشت میدانی

در این روش به صورت تصادفی اقدام به برداشت عوارض که در نقشه موجود است بر روی زمین نموده و درستی آن را با نقشه چک می‌کنیم.

### ۳- بررسی نقشه با نقشه‌های پایه‌ای

در این روش همانند روش اول اقدام به مقایسه نظیر به نظیر عوارض در نقشه و نقشه‌ی پایه‌ای می‌نماییم، لازم به ذکر است که نقشه‌ی پایه‌ای بایستی نقشه‌ای باشد که شامل عوارض موجود در نقشه‌ی مورد قیاس بوده و از لحاظ صحت و دقت مورد بررسی قرار گرفته باشد و از لحاظ دقت مورد قبول باشد.

#### انواع مقیاس

##### ۱- مقیاس عددی یا کسری

در بیان این نوع مقیاس از کسری استفاده می‌شود که در صورت آن اندازه‌ی وادی در نقشه و در مفرج آن مقدار همان اندازه بر روی زمین نوشته می‌شود.  
\* معمولاً صورت کسر مقیاس را ۱ در نظر می‌گیریم.

📌 **نکته:** مقیاس فاقد واحد است، به این معنا که چنانچه واحد اندازه‌گیری بر روی نقشه در صورت ۵ سر مقیاس میلی‌متر یا واحد دیگری باشد در مفرج ۵ سر نیز واحد اندازه‌گیری زمینی نیز باید بر حسب میلی‌متر یا واحد دیگری (هم واحد با صورت کسر مقیاس) باشد.  
مقیاس عددی یا کسری معمولاً به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$1:1000 \quad 1:5000 \quad 1:25000 \quad \frac{1}{1000} \quad \frac{1}{5000} \quad \frac{1}{25000}$$

در برخی از منابع، در بیان مقیاس کسری یا عددی، صورت و مفرج کسر هم واحد در نظر گرفته نمی‌شود ولی واحد آن‌ها بیان می‌گردد. این نوع مقیاس را اصطلاحاً مقیاس ترکیبی گویند که بیشتر در کشورهای انگلیسی‌زبان به کار می‌رود؛ مانند موارد زیر:

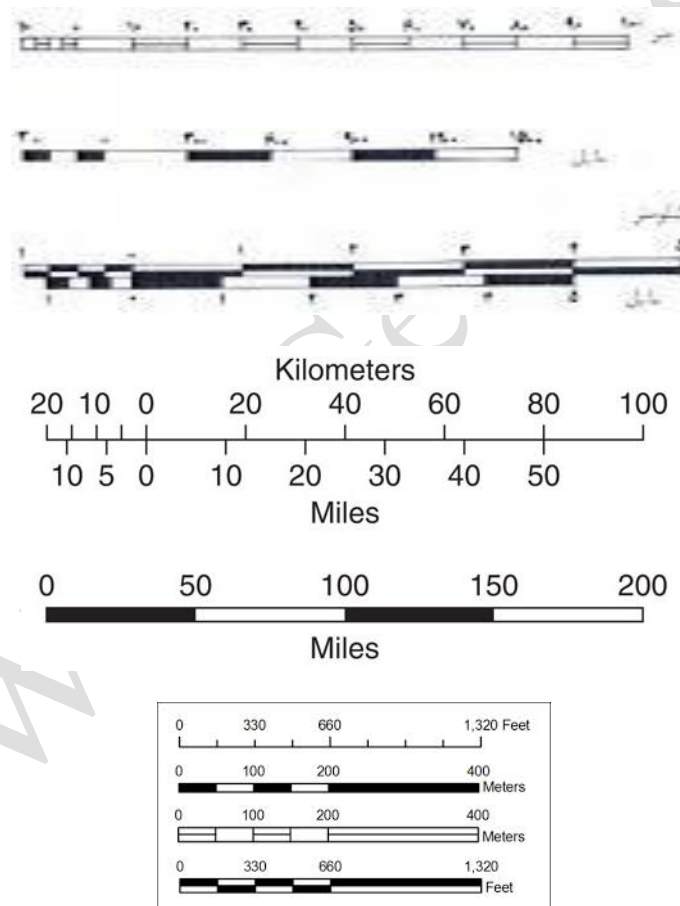
$$\frac{1^{in}}{120^{ft}} \quad \frac{2^{cm}}{1500^{km}}$$

##### ۲- مقیاس لفظی یا بیانی

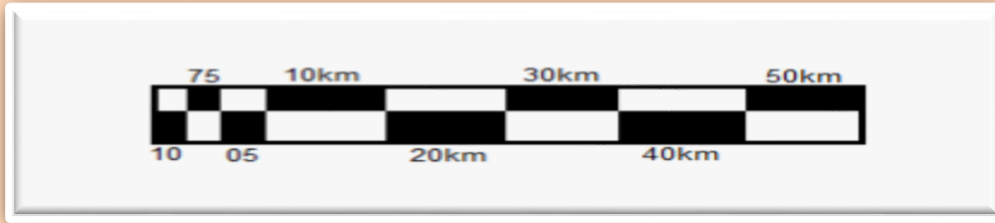
در این نوع مقیاس نسبت کوچک نمایی نقشه به صورت یک جمله بیان می‌شود. مثال: ۱ اینچ برابر با یک مایل است یا ده سانتیمتر مربع برابر با بیست هکتار است.

### ۳- مقیاس ترسیمی یا فطی

در فرایند تکثیر نقشه ممکن است تزییرات نافواسته‌ای در ابعاد نقشه رخ دهد، به‌عنوان مثال در فرایند کپی‌برداری. به این خاطر نمی‌توان تنها به مقیاس عددی که در پایان نقشه است اطمینان نمود، از این‌رو خط مدرجی معمولاً به طول  $12\text{cm}$  در پایان نقشه به‌عنوان مقیاس ترسیمی یا فطی ترسیم می‌گردد که در فرایند تکثیر این مقیاس نیز دست‌فروش تزییر قرار می‌گیرد و با علم به اندازه‌ی هر یک از قطعات این خط مندرج می‌توان به مقیاس جدید نقشه دست‌یافت. گفتنی است که شکل این شاخص (مقیاس فطی) استاندارد خاصی نداشته و به‌صورت سلیقه‌ای ترسیم می‌شود. در زیر برخی از متداول‌ترین شکل‌های ترسیم این نوع مقیاس آورده شده است.



**تمرین:** برای مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مقیاس ترسیمی رسم نمایید. (تا حد امکان اعدادی که در مقیاس ترسیمی نوشته می‌شود از تعداد ارقام کمی تشکیل شده باشد)



📌 **نکته:** واحد مقیاس ترسیمی را باید طوری در نظر گرفت که تعداد ارقام آن کم باشد.

📌 **نکته:** معمولاً در ماسشیه تمامی نقشه‌ها (ماسشیه پایین نقشه) هم مقیاس ترسیمی و هم مقیاس عددی آورده می‌شود.

**مثال:** پس از تکثیر یک نقشه با مقیاس  $\frac{1}{2500}$  و اندازه‌گیری یک قطعه  $2^{cm}$  از مقیاس ترسیمی، متوجه شدیم که مقدار آن به  $1.9^{cm}$  کاهش یافته، مطلوب است مقیاس واقعی نقشه تکثیر شده.

$$\frac{1}{2500} = \frac{2^{cm}}{L} \Rightarrow L = 5000$$

$$\frac{1.9}{5000} = \frac{1}{X} \Rightarrow X = 2631.579 \Rightarrow S = \frac{1}{2631.579}$$

**مثال:** فاصله میان دو نقطه A,B در روی نقشه به مقیاس  $1:5000$  برابر  $21.6$  میلی‌متر و فاصله همین نقطه روی یک نقشه برابر  $8.64$  سانتیمتر است مقیاس نقشه چقدر است؟

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{AB_{S_1}}{AB_{S_2}} = \frac{\frac{1}{5000}}{\frac{1}{8640}} = \frac{21.6^{mm}}{86.4^{mm}} \Rightarrow S_2 = \frac{1}{1250}$$

$AB_{S_2}$ : طول روی نقشه دوم

$AB_{S_1}$ : طول روی نقشه اول

$S_2$ : مقیاس نقشه دوم

$S_1$ : مقیاس نقشه اول

**تمرین:** مطلوب است مسامت قطعه زمینی به شکل مستطیل با ابعاد  $3 \times 5$  سانتی‌متر بر روی نقشه تکثیر شده‌ای که مقیاس عددی آن  $\frac{1}{1000}$  بوده و پس از تکثیر هر  $2 \text{ cm}$  آن به  $2.065 \text{ cm}$  تبدیل شده.

### مقیاس سطح

با توجه به اینکه سطح دارای دو بعد است در نتیجه رابطه مقیاس نیز برای سطح به توان دو می‌رسد. پس خواهیم داشت:

$$S^2 = \frac{a}{A} \rightarrow 2 = \frac{\text{مسامت روی نقشه}}{\text{مسامت روی زمین}} = \text{مقیاس به توان 2}$$

$$S^2 = \frac{a}{A}$$

**مثال:** مسامت قطعه زمینی بر روی نقشه  $\frac{1}{2000}$  برابر با ۲ اینچ مربع است، مطلوب است

مسامت واقعی این قطعه زمین بر ماسب فوت مربع، مترمربع و هکتار:

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2000^2} = \frac{2}{a} = \frac{8000000 \text{ in}^2}{12^2} = 55555.556 \text{ ft}^2$$

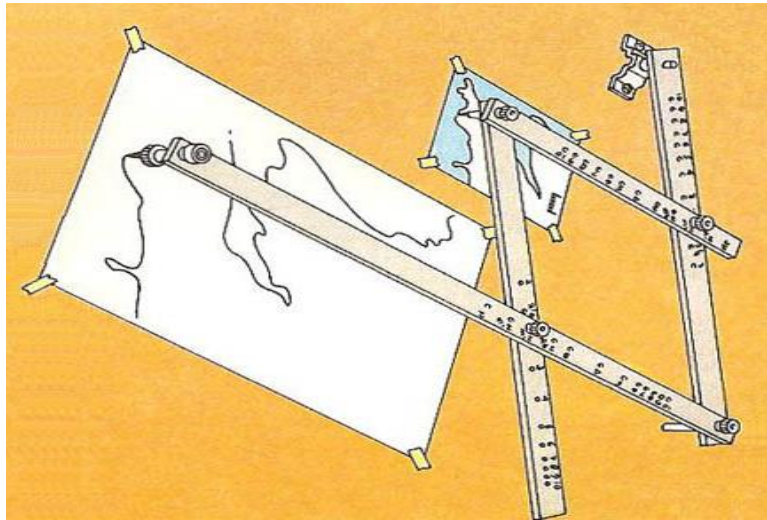
$$8000000 \times 2.54^2 = \frac{51612800}{100^2} = 5161.25 \text{ m}^2 = \frac{5161.25}{10000} = 0.516125 \text{ h}$$

$$1 \text{ h} = 10000 \text{ m}^2 \rightarrow \text{رابطه مهم}$$

### روش‌های تغییر مقیاس

#### ۱- پانتوگراف

و سیله‌ای است معمولاً مکانیکی برای بزرگ‌نمایی نقشه، این وسیله در سه نوع متوازی‌الاضلاع، لوزی و قطبی وجود دارد و به کار می‌رود.



**مثال:** سطح نقشه‌ای به مقیاس ۱:۵۰۰۰ برابر ۴۸۰ سانتیمتر مربع است. اگر این نقشه را با

پانتوگراف ۲/۵ برابر بزرگ‌تر نماییم مسامت نقشه چقدر می‌شود؟

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{a_{S_1}}{a_{S_2}} = \frac{\left(\frac{1}{5000}\right)^2}{\left(\frac{1}{5000} \times 2.5\right)^2} = \frac{480}{a_{S_2}} \Rightarrow a_{S_2} = 3000 \text{ cm}^2$$

$S_1$ : مقیاس نقشه اول     $S_2$ : مقیاس نقشه دوم     $a_{S_1}$ : مسامت روی نقشه اول     $a_{S_2}$ : مسامت روی نقشه دوم

## ۷- استفاده از عکس‌برداری و بزرگ‌نمایی

در این روش از فاصییت فاصله کانونی عدسی برای بزرگ‌نمایی استفاده می‌شود و همانند دستگاه‌های نوری مکانیکی فتوگرامتری برای ایجاد مدل کار می‌کند.

### علائم قراردادی

همان‌طور که در بیان تفاوت عکس و نقشه گفته شد در نقشه نمی‌توان عیناً عوارض را نشان داد، از این‌رو هر اورگان یا سازمان استاندارد برای قرارداد نمودن نمادهایی که بیان‌کننده پدیده‌های مختلف در طبیعت (پدیده‌هایی که آن ارگان در نقشه‌هایش با آن سروکار دارد) می‌باشند را تهیه کرده است به‌گونه‌ای که این نمادها به خواننده نقشه معنای عارضه را نشان می‌دهد.

در تهیه علائم قراردادی بایستی به سه مشخصه زیر دقت نمود:



۱- **شکل:** شکل علائم قراردادی باید به گونه‌ای تعیین گردد که نشان‌دهنده عارضه اصلی باشد و خواننده نقشه با دیدن آن علامت متوجه عارضه اصلی گردد، مانند چند نماد زیر:



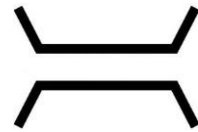
درخت



فرودگاه

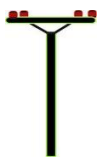


خط راه آهن



پل

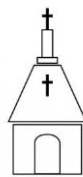
معمولاً بهترین شکل عارضه از دید قائم (دید پلان) است و در صورتی که نتوان شکل عارضه را به خوبی با این دید نشان داد از تصویر نیم رخ استفاده می‌شود:



تیر برق



ساختمان



کلیسا



پمپ سوخت



درخت

رودخانه

ساختمان

بزرگراه

مرداب

ارتفاع محل B.M. ۲۹۳

جاده

جنگل

منحنی میزان

کوره راه

پل

آب

گودی

راه آهن

۲- **اندازه:** اندازه علائم یا سمبل ارتباط مستقیم با مقیاس نقشه، اهمیت عارضه، تراکم عوارض و محدودی نمایش دارد، ولی معمولاً اندازه علائم بزرگ‌تر از مقدار واقعی عارضه نمایش داده می‌شود.

۳- **رنگ:** یکی از نکات مهم در گویا سازی علائم رنگ آن‌ها است به گونه‌ای که، رنگ سمبل به گونه‌ای انتخاب شود که با رنگ طبیعی آن مطابقت داشته باشد و به درک انسان نزدیک گردد اما در برخی از موارد برای بیان اهمیت یا درجه‌ی عارضه از رنگ‌های غیر همانند استفاده می‌شود تا اهمیت یک موضوع را بیان نماید.

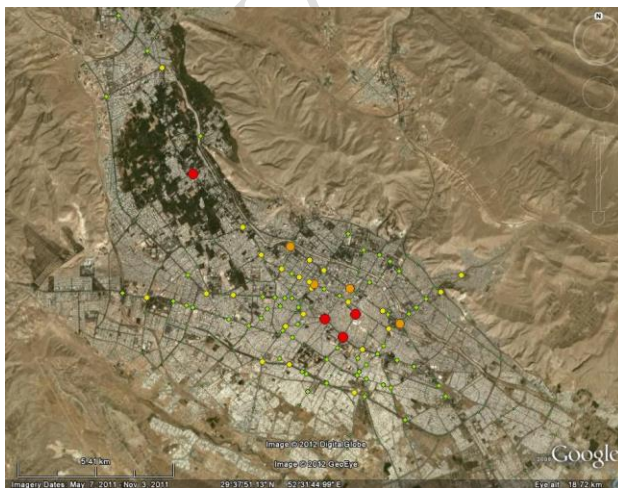
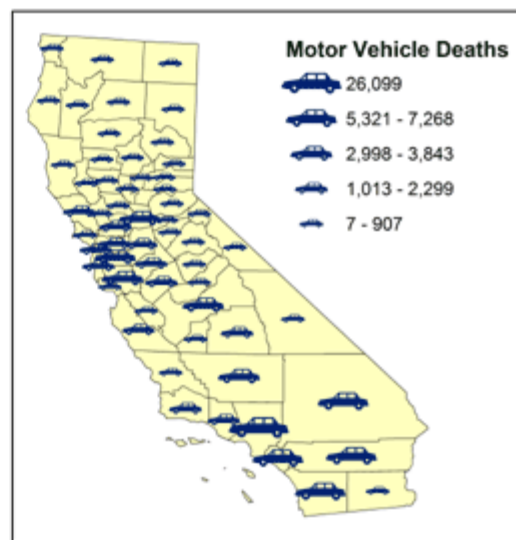
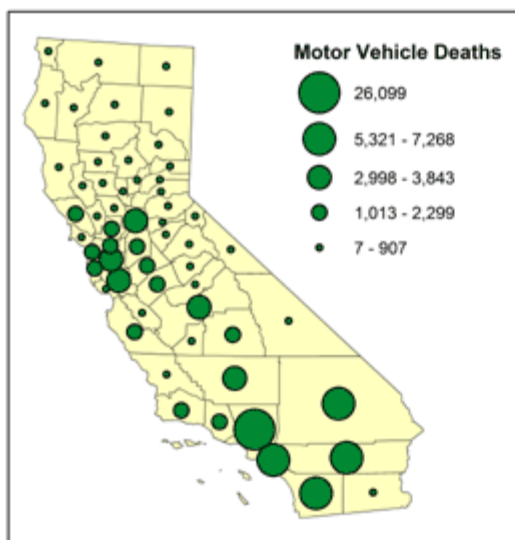
**انواع علائم قراردادی از لحاظ ساختار**

علائم قراردادی را می‌توان بر اساس نوع عارضه به سه دسته نقطه‌ای، فطی و سطحی تقسیم‌بندی نمود:

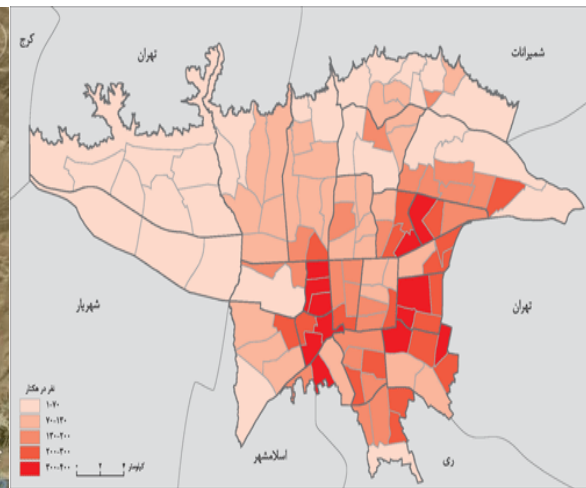
### ۱- علائم قراردادی نقطه‌ای

علائمی هستند که به صورت محدودده‌های کوچک به یکی از اشکال هندسی بسته مانند: دایره، مربع، شش ضلعی و ... نمایش داده می‌شود و با تغییر در اندازه، رنگ و تن آن می‌توان اهمیت عارضه را بیان کرد.

به عنوان مثال اگر با دایره بخواهیم جمعیت روستاها را نشان دهیم می‌توان با افزایش شعاع دایره یا چهارضلعی که جمعیت آن روستا بالاتر است را بیان نمود یا بالعکس:



نقشه نقاط گره ترافیکی شهر شیراز در ۱۴۰۰

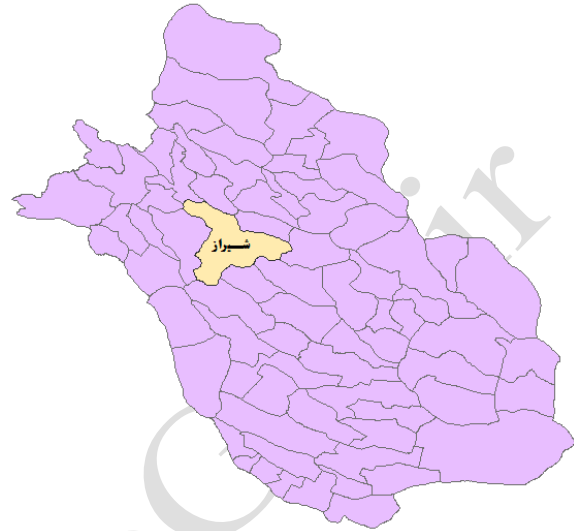


نقشه پتانسیل آتش‌سوزی شهر تهران

لازم به ذکر است که عوارض نقطه‌ای ارتباط مستقیم با مقیاس دارد، با عنوان مثال برای نمایش شهر شیراز در نقشه استانی از سمبل سطحی باید استفاده کرد ولی برای نمایش همین شهر در نقشه کشوری یا قاره‌ای باید از سمبل نقطه‌ای استفاده نمود:



نمایش شهر شیراز در نقشه کشوری



نمایش شهر شیراز در نقشه استانی

### ۲- علائم قراردادی فطی

از این نوع علائم که به صورت فطی هستند، برای نمایش عارضه‌هایی که ذاتاً فطی می‌باشند مانند: محدود، جاده‌ها، خطوط نیرو، آب‌های روان سطحی، محابر داخلی شهر، کانال‌های هدایت آب و ... استفاده می‌شود.



راه اصلی



راه فرعی



مرز محدود



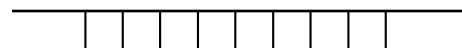
لوله نفت



خط انتقال نیرو



خط تلگراف



راه آهن

### ۳- علائم قراردادی سطحی

از این علائم برای نمایش مسامتی در نقشه که توسط یک عارضه اشغال شده است استفاده می‌گردد، شکل این عوارض معمولاً با شکل طبیعی عارضه مطابقت دارد و درون آن بارنگ یا هاشورهایی که بارنگ طبیعی عارضه هم‌خوانی داشته باشد پر می‌شود، مانند سافتمان‌ها، دریاچه‌ها، فضای سبز و...

### نمایش ارتفاعات در نقشه

نمایش ارتفاع عوارض نسبت به نمایش موقعیت عوارض از تنوع کمتری برخوردار است و از آنجایی که پیشم انسان عوارض را به صورت سه نما (*perspective*) می‌بیند بایستی نقشه‌هایی که نیاز به درک ارتفاع عارضه است را به گونه‌ای نشان داد که برای خواننده قابل درک باشد.

### روش‌های نمایش عوارض ارتفاعی به شرح زیر می‌باشد:

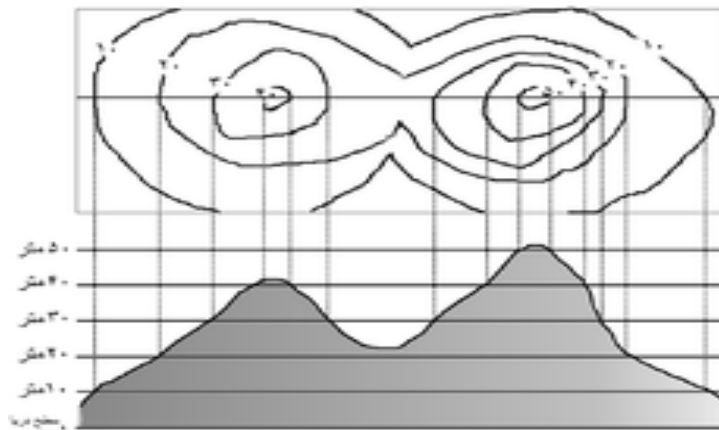
**الف) نقاط ارتفاعی:** برای بیان دو بعد مسطحاتی ( $X, Y$ ) در نقشه مشکلی وجود ندارد و از نقاط ارتفاعی ( $Z$ ) برای نمایش بعد سوم (ارتفاع عارضه) می‌توان استفاده کرد مانند شکل:

	A	B	C	D	E	F	Ave.
i	1.95	1.81	1.77	1.90	1.92	1.90	1.876
ii	1.80	1.71	1.62	1.78	1.69	1.68	1.712
iii	1.67	1.59	1.51	1.64	1.53	1.54	1.578
iv	1.43	1.39	1.46	1.51	1.53	1.54	1.455
v	1.21	1.32	1.46	1.50	1.52	1.48	1.418
vi	1.36	1.45	1.49	1.50	1.52	1.51	1.473
vii	1.48	1.47	1.49	1.47	1.48	1.51	1.484
viii	1.47	1.48	1.42	1.46	1.36	1.40	1.430
Ave.	1.549	1.529	1.531	1.599	1.575	1.560	1.557

1.47  
+ field grid point elevation

**ب) منحنی‌میزان:** یکی دیگر از ابزار نمایش ارتفاع استفاده از منحنی‌تراز است. منحنی‌تراز در اصل مکان هندسی کلیه نقاطی است که دارای ارتفاع یکسان می‌باشند، یا به عبارتی پهنای عارضه

موردنظر برای نمایش را با صفماتی افقی و موازی که فاصله مابین آنها یکسان است تقاطع دهیم سطح مقطع ایجادشده بر روی عارضه را منحنی تراز یا منحنی میزان یا متساوی البعد گویند.



**نکته:** گفتنی است که برای بیان ارتفاعات به صورت کیفی روش‌های دیگری نیز وجود دارد که در دسته نمایش ارتفاعات به وسیله رنگ‌ها قرار می‌گیرد.

### تعیین فاصله (اختلاف ارتفاع) بین منحنی میزان‌ها

#### ۱- انتخاب فاصله با استفاده از زاویه خط بزرگ‌ترین شیب منطقه:

برای به دست آوردن فاصله منحنی‌ترازها می‌توان از رابطه تقریبی زیر استفاده نمود:

$$C.I = \frac{S \times \tan \alpha}{2000}$$

$C.I$ : فاصله منحنی‌تراز بر ماسب متر       $S$ : عدد مقیاس       $\alpha$ : زاویه بزرگ‌ترین شیب منطقه

**مثال:** اگر بخواهیم نقشه توپوگرافی با مقیاس (یک هزارم)  $\frac{1}{2000}$  از منطقه‌ای که بیشترین شیب آن ۳۵ درجه است تهیه کنیم، برای ترسیم آن فاصله منحنی‌میزان‌ها چند متری خواهد شد.

$$CI = \frac{2000 \times \tan(35)}{2000} = 0.7^m$$

**مثال:** مطلوب است تعیین فاصله‌ی منمنی‌میزان نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{2000}$  از منطقه‌ای که بیشترین ارتفاع و کمترین ارتفاع و فاصله مابین این دو نقطه به ترتیب  $101^m$ ،  $120^m$  و  $780^m$  است.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{120-101}{780}\right) \Rightarrow CI = \frac{2000 \times \tan\left(\tan^{-1}\left(\frac{19}{780}\right)\right)}{2000} = 0.02^m = 2^{cm}$$

**نکته:** خط بزرگ‌ترین شیب، ارتباط دهنده بین ماکسیمم ارتفاع و مینیمم ارتفاع در سطح یک منطقه است.

### ۲- انتخاب فاصله با استفاده از مقیاس نقشه:

در اصل فاصله منمنی‌تراز به نوع منطقه و دقت ارتفاعی موردنیاز از نقشه (که به مقیاس نقشه نیز وابسته است) بستگی دارد. با توجه با مطالب گفته‌شده در هر مقیاسی می‌تواند فاصله منمنی‌های تراز متفاوت باشد. به‌طورمعمول فاصله منمنی‌های تراز  $\frac{1}{1000}$  یا  $\frac{1}{2000}$  عدد مقیاس نقشه انتخاب می‌شود.

**مثال:** مطلوب است تعیین فاصله‌ی منمنی‌میزان نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{2000}$ .

$$C.I = 2000 \times \frac{1}{1000} = 2^m = 200^{cm}$$

$$C.I = 2000 \times \frac{1}{2000} = 1^m = 100^{cm}$$

### ۳- انتخاب فاصله با استفاده از تعریف دقت ارتفاعی:

از سوی دیگر، بر اساس تعریفی دیگر دقت ارتفاعی نقشه برابر با  $\frac{1}{3}$  فاصله منمنی‌های تراز است. پس اگر دقت نقشه در دسترس باشد، می‌توان به فاصله منمنی‌های تراز دست‌یافت.

**دقت مسطحاتی نقشه:** دقت مسطحاتی یک نقشه برای یک عرض مشخص یا یک نقطه بایستی بهتر از  $1/1$  میلی‌متر در مقیاس نقشه باشد.

**دقت ارتفاعی نقشه:** دقت ارتفاعی یک نقشه با توجه به نوع منطقه از لحاظ طبقه‌بندی (دشت، تپه‌ماهور، کوهستان و ...)، باید بهتر از ۲ تا ۳ برابر دقت مسطحاتی همان نقشه باشد. (چنانچه منطقه دشت یا تپه‌ماهور باشد دو برابر و چنانچه منطقه کوهستان باشد سه برابر دقت مسطحاتی در نظر گرفته می‌شود).

**مثال:** مطلوب است تعیین فاصله‌ی منحنی‌میزان نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{2000}$ .

$$\sigma_H = 2 \times 0.1^{mm} \times 2000 = 400^{mm} \quad \text{در دشت}$$

$$\sigma_H = 3 \times 0.1^{mm} \times 2000 = 600^{mm} \quad \text{در کوهستان}$$

مال یا توجه به اینکه فاصله باید ۳ برابر (کمتر از ۳ برابر) دقت ارتفاعی نقشه باشد، داریم:

$$C.I = \sigma_H \times 3 = 400^{mm} \times 3 = 1200^{mm} = 120^{cm} \quad \text{در دشت}$$

$$C.I = \sigma_H \times 3 = 600^{mm} \times 3 = 1800^{mm} = 180^{cm} \quad \text{در کوهستان}$$

### طبقه‌بندی مناطق بر اساس درصد شیب

سطوح طبیعی زمین را بر اساس فضا بزرگ‌ترین شیب آن‌ها می‌توان به دسته‌هایی تقسیم نمود که این دسته‌ها معیاری برای تعریف ضوابط فنی و اقتصادی برداشت، ترسیم و اجرای نقشه در آن مناطق است.

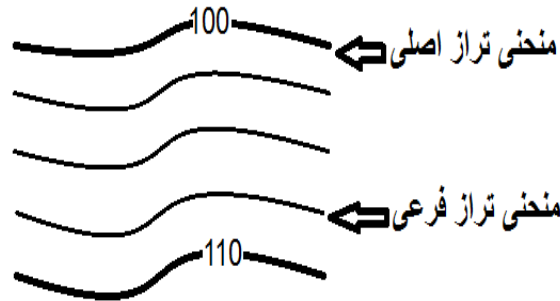
نوع منطقه	درصد شیب
دشت	کمتر از 3%
تپه‌ماهور	بین 3% تا 7%
کوهستان	بین 7% تا 20%
کوهستان سخت	بین 20% تا 60%
کوهستان خیلی سخت	بیشتر از 60%

نمایش منحنی‌تراز (منحنی‌میزان)

- در کل منحنی‌های میزان را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

### ۱- منحنی‌های میزان اصلی

منحنی‌های میزان اصلی معمولاً در نقشه‌های ضمیمه‌تر از منحنی‌های میزان دیگر نمایش داده می‌شود و ارتفاع هر منحنی نیز در این نوع منحنی‌های میزان بر روی آن به شکل زیر درج می‌گردد و همچنین معمولاً رنگ این منحنی بارنگ دیگر منحنی‌ها متفاوت است.



ضخامت منحنی‌های میزان اصلی معمولاً ۲ برابر ضخامت منحنی‌های میزان فرعی است. فاصله بین دو منحنی‌های میزان اصلی ۵ برابر فاصله ارتفاعی دو منحنی‌های میزان فرعی متوالی است.

### ۲- منحنی‌های میزان فرعی

همان‌طور که در تعریف منحنی‌های میزان اصلی بیان شد فاصله منحنی‌های میزان فرعی  $\frac{1}{5}$  فاصله منحنی‌های میزان اصلی است و می‌توان نتیجه گرفت که تعداد منحنی‌های میزان فرعی بسیار بیشتر از منحنی‌های میزان اصلی در یک نقشه توپوگرافی است.

معمولاً ارتفاع بر روی منحنی‌های میزان فرعی درج نمی‌شود و ضخامت این منحنی‌ها بین  $0.1^{mm}$  تا  $0.2^{mm}$  میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

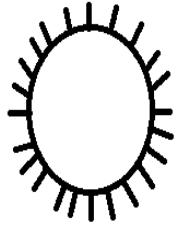
### نمایش منحنی‌های میزان خاص

- در برفی از موارد عوارضی در طبیعت وجود دارد که نمایش منحنی‌های میزان را غیر قابل‌درک یا غیرممکن می‌سازد، از این رو عوارضی که تعداد آن‌ها نیز محدود می‌باشد را علامت‌گذاری می‌کنند.

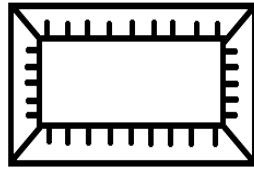




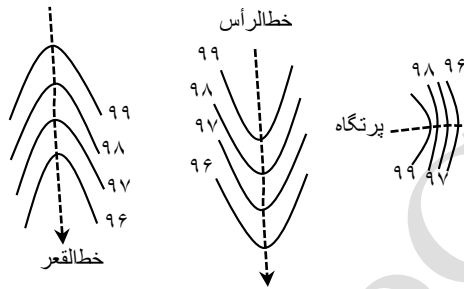
فرو رفتگی



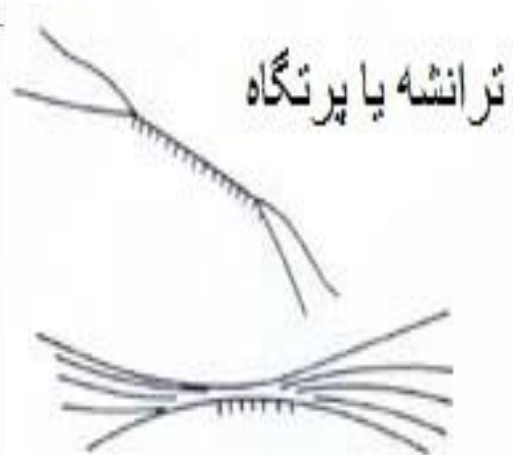
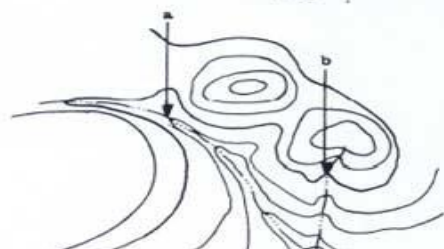
بالا آمدگی

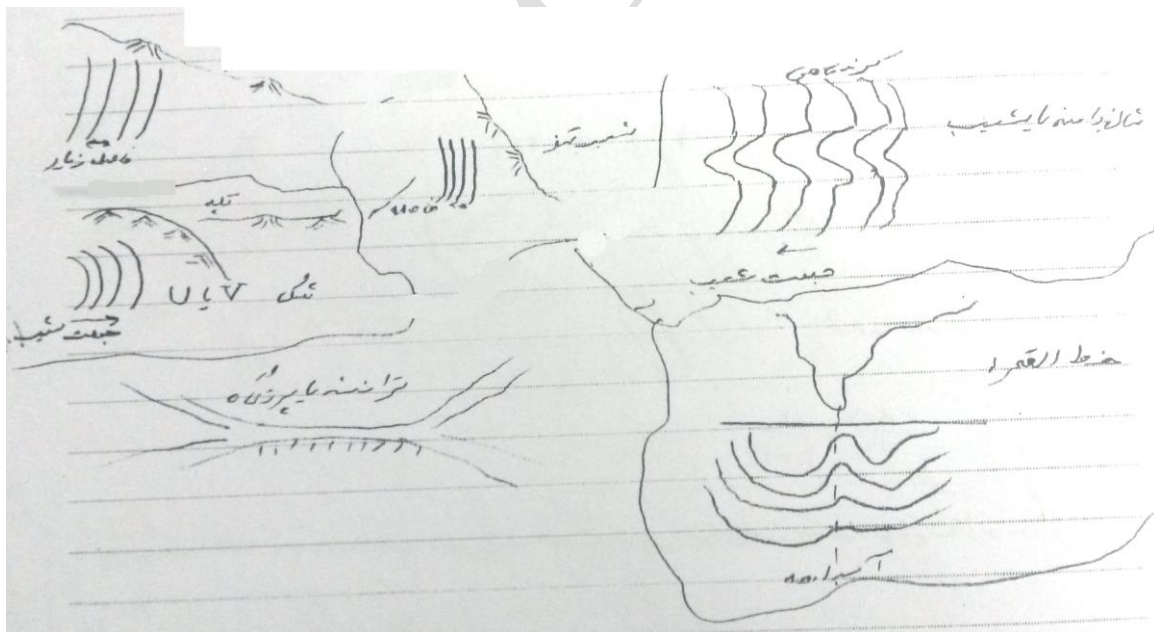
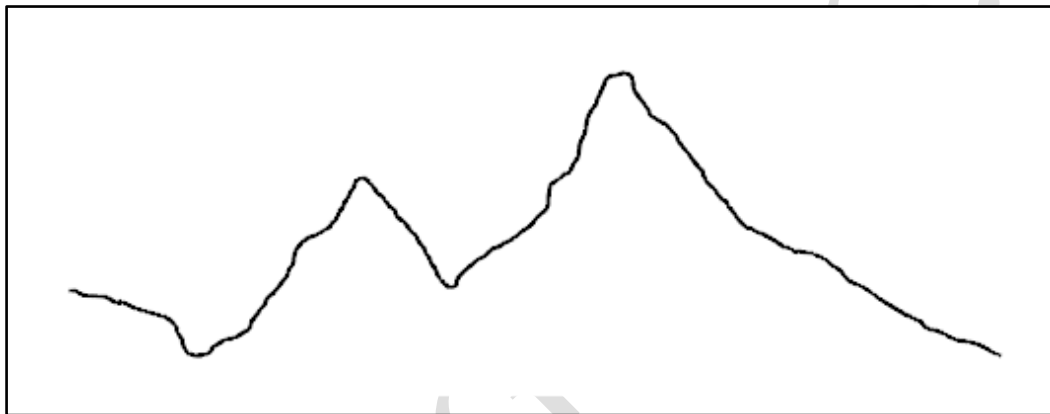
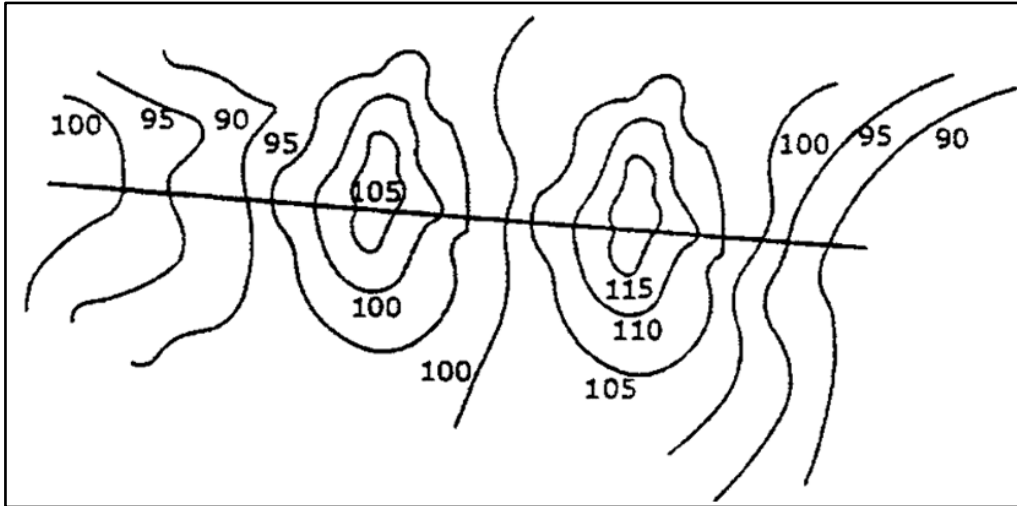


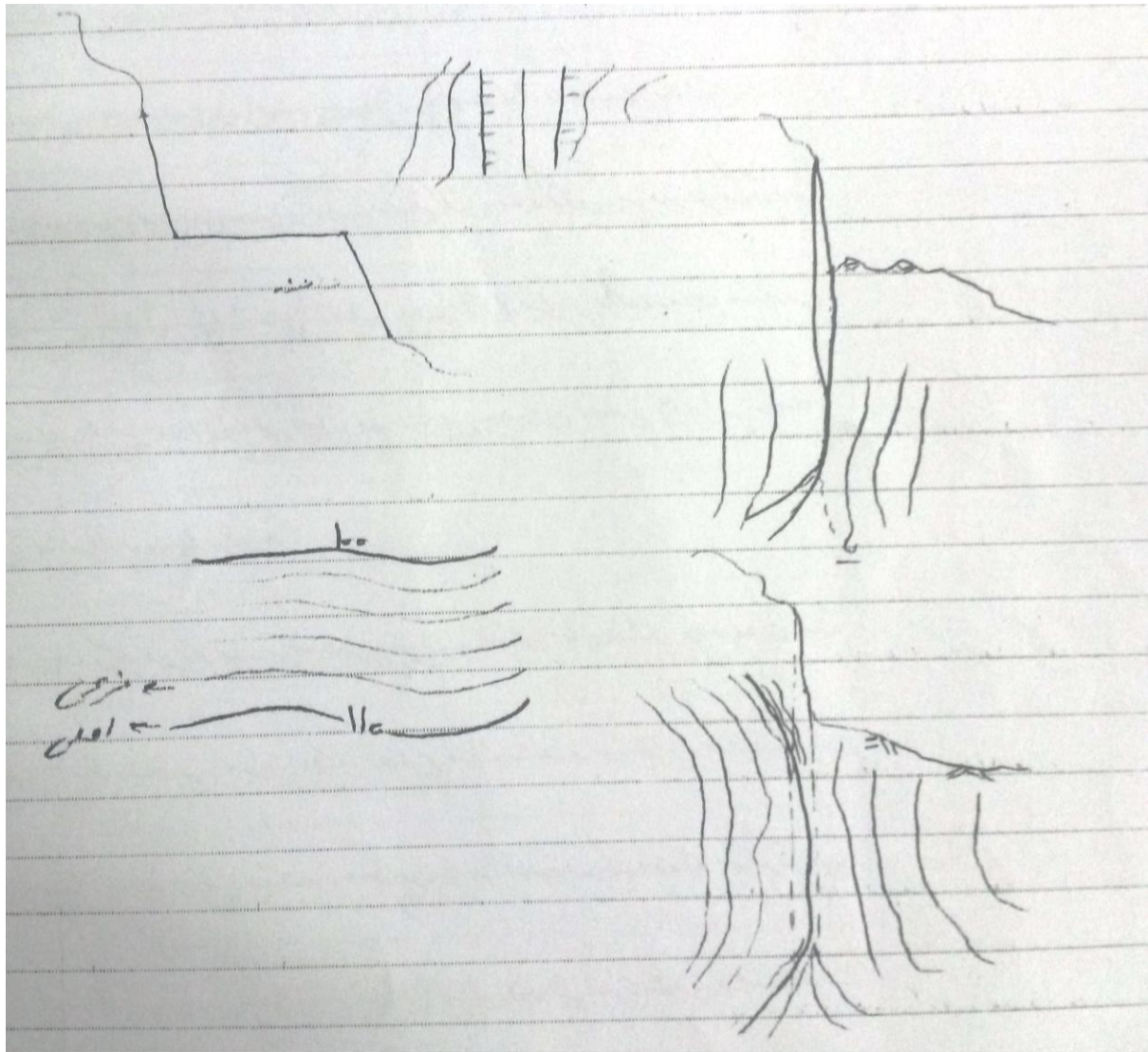
باکس، ترانشه یا بالا آمدگی



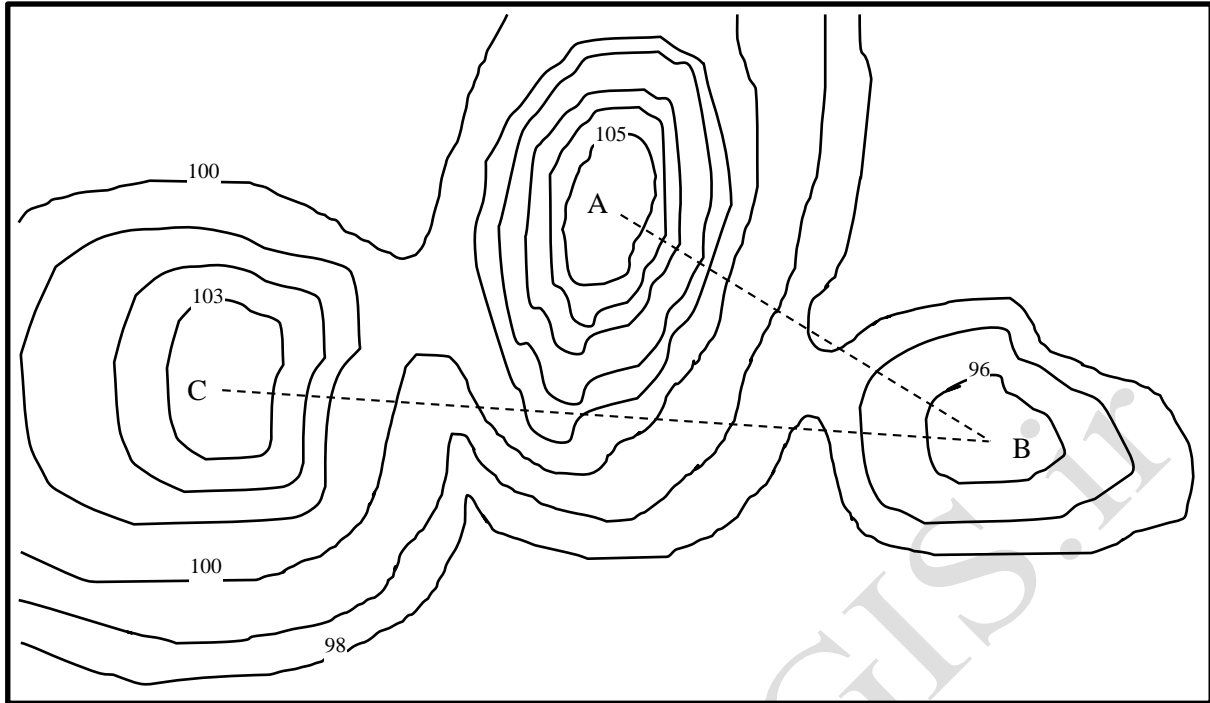
**شنا سایی عوارض ارتفاعی از روی شکل منمنی میزان:** شکل و سافتار منمنی میزان تعیین کننده برفی از عوارض می باشد که در شکل کنار و صفمه بعدی به آن ها اشاره می گردد.







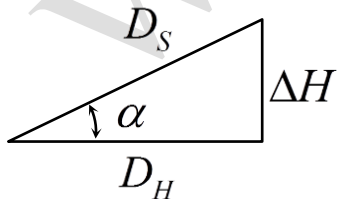
**تمرین:** پروفیل طولی از نقطه A به B و از B به C را رسم کنید (مقیاس طولی و ارتفاعی باهم برابر در نظر گرفته شود)



### انواع روش‌های بیان شیب:

شیب را معمولاً به ۳ روش می‌توان نمایش داد:

۱- زاویه شیب ( $\alpha$ ): زاویه است که صفحه مماس بر سطح با صفحه افق ایجاد می‌کند.



بسته به معلومات زاویه شیب را می‌توان از یکی از روابط زیر بدست آورد.

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta H}{D_H}\right) \quad , \quad \alpha = \sin^{-1}\left(\frac{\Delta H}{D_S}\right) \quad , \quad \alpha = \cos^{-1}\left(\frac{D_H}{D_S}\right)$$

۲- درصد شیب ( $S\%$ ): بیان‌کننده‌ی نسبت اختلاف ارتفاع به طول افقی به ازای ۱۰۰ واحد طولی است و با علامت  $G\%$  نشان داده می‌شود.

$$G\% = \frac{\Delta H}{D} \times 100$$

۳- نسبت شیب ( $h : v$ ): سومین روش برای نمایش شیب نمایش شیب به صورت نسبی است. در این روش باید ابتدا فاصله افقی و سپس اختلاف ارتفاع را بیان کرد. در این روش فاصله افقی را معمولاً یک نوشته و بر اساس آن اختلاف ارتفاع را می‌نویسند. در برخی از منابع ابتدا اختلاف ارتفاع بیان می‌شود سپس طول افقی.

**مثال:** اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه به فاصله مایل ۲۰ متر، ۴ متر باشد شیب بین این دو نقطه را به سه روش نشان دهید.

**مثال:** اگر مختصات دو مخزن آب ( $M$  و  $N$ ) به شرح زیر باشد، مطلوب است بیا شیب بین مخزن  $M$  و مخزن  $N$  بر حسب درصد شیب، زاویه شیب و نسبت شیب.

$$\begin{array}{l|l} 120 & 514 \\ N & M \\ 110 & 312 \\ 100 & 151 \end{array}$$

$$\Delta H = h_M - h_N = 151 - 100 = 51^m$$

$$D_{M,N} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(514 - 120)^2 + (312 - 110)^2} = 442.76^m$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{51}{442.76}\right) = 6^\circ 34' 14.47'' \quad , \quad G\% = \frac{\Delta H}{D_H} \times 100 = \frac{51}{442.76} \times 100 = 11.52\%$$

$$G = D_H : \Delta H = 442.76 : 51 = 1 : 0.12$$

تعیین شیب از روی نقشه توپوگرافی

برای نمایش شیب بین دو نقطه بر روی یک نقشه توپوگرافی (منمنی میزان) بایستی ابتدا فاصله افقی مابین این دو نقطه و سپس اختلاف ارتفاع این دو نقطه را به دست آورد تا بتوان به مقدار شیب دست یافت؛ با یک مثال ۳ روش نمایش شیب را می‌توان بیان کرد.

**مثال:** فاصله دو نقطه A و B بر روی نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{500}$ ،  $3^{cm}$  و اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B،  $7.8^m$  است، مطلوب است تعیین شیب به ۳ روش گفته شده:

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{1}{500} = \frac{3}{AB} \Rightarrow AB = 500 \times 3 = 1500^{cm} = 15^m$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta H}{D_H} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{7.8}{15} \right) = 27^\circ 28' 27.95''$$

$$G\% = \frac{\Delta H}{D_H} \times 100 = \frac{7.8}{15} \times 100 = 52\%$$

$$G = D_H : \Delta H = 15 : 7.8 = 1 : 0.52 \quad G = \Delta H : D_H = 7.8 : 15 = 1 : 1.923$$

### درونیابی (واسطه یابی)

درونیابی عبارت است از تخمین یک کمیت مجهول که در بین کمیت‌های معلومی واقع شده است. با توجه به تعداد معلوماتی که برای تخمین کمیت مجهول بکار می‌رود می‌توان برای درونیابی از معادله‌های خط، صفحه و رویه (چندیمله‌ای‌ها درجه سه به بالا) استفاده کرد. در اینجا ما از درونیابی فطی برای بدست آوردن مجهول استفاده می‌کنیم. در کل درونیابی تخمینی از یک کمیت مجهول را در اختیار ما قرار می‌دهد که دقت آن به تعداد و پراکندگی نقاط معلوم اطراف نقطه مجهول و مقدار همواری بین این نقاط بستگی دارد.

**مثال:** اگر فاصله افقی بین دو مخزن آب (M و N) ۴۰۰ متر و ارتفاع مخزن M=100 و ارتفاع مخزن N=150 متر باشد، مطلوب است:

الف) ارتفاع نقطه P که در فاصله ۱۲۰ متری از مخزن M قرار دارد.

ب) برای رسیدن به ارتفاع ۱۴۳ متر چند متر باید از مخزن M در راستای مخزن N به صورت مایل پیش رفت؟

$$\Delta H = h_N - h_M = 150 - 100 = 50^m$$

**مثال:** اگر طول خط AB روی نقشه توپوگرافی با مقیاس  $\frac{1}{1000}$  برابر با  $5^{cm}$  باشد و شروع خط (نقطه A) از روی منحنی میزان ۱۰۲ متری و انتهای آن (نقطه B) بر روی منحنی میزان ۸۳ متری باشد، مطلوب است طول خط مایل AB بر روی سطح زمین و در صد شیب آن.

$$DH_{AB} = 5 \times 1000 = 5000^{cm} = 50^m$$

$$G_{AB} \% = \frac{83 - 102}{50} = -38\%$$

$$DS_{AB} = \sqrt{19^2 + 50^2} = 53.48^m$$

**مماسبه دقت نسبی عوارض روی نقشه:** دقت نسبی از رابطه تقسیم میزان فضای کمیت به مقدار کل کمیت به دست می‌آید، با یک مثال شرح داده خواهد شد:

**مثال:** چنانچه در اندازه‌گیری طول AB با مقدار ۳۰۰ متر، خطایی به اندازه  $\pm 3^{cm}$  رخداده باشد، مطلوب است به دست آوردن دقت این اندازه‌گیری:

$$e_r = \frac{3}{30000} = \frac{1}{10000}$$

### طراحی نقشه

**طراحی نقشه:** تصمیم‌گیری درباره‌ی نحوه نمایش اطلاعات و برنامه‌ریزی برای عملیات کارتوگرافی می‌باشد که به دو صورت بیان می‌شود:

**۱- طراحی عام** (بدون در نظر گرفتن جزئیات): به نحوه‌ای صورت می‌گیرد که نقشه به موردی خاص اشاره نمی‌کند و به عبارتی اهمیت همه عوارض در نقشه به صورت همگن است.

**۲- طراحی خاص** (با در نظر گرفتن جزئیات): نقشه با هدفی خاص تهیه شده و بر روی یک موضوع متمرکز شده.

اصول طراحی:

در طراحی نقشه اصول بسیاری را باید در نظر گرفت که از مهم‌ترین آن‌ها ۳ اصل زیر است که به آن‌ها اشاره می‌گردد:

### ۱- ممتوای نقشه

### ۲- نمایش اهمیت و موضوع

### ۳- هماهنگی و تمایز

۱- **ممتوای نقشه:** در ممتوای نقشه باید دو نوع عوارض طبیعی و مصنوعی طبقه‌بندی گردد و با هر یک باید با توجه به ذات آن‌ها برخورد گردد.

۲- **نمایش اهمیت و موضوع:** در هر نقشه با توجه به کاربرد نقشه روی دستهای خاص از عوارض تأکید گردد و عمل جنرالیزاسیون (فلاصه‌سازی) بر روی عوارض دیگر صورت می‌گیرد، به‌عنوان مثال در نقشه‌های توپوگرافی فلاصه‌سازی بر روی منحنی‌های میزان صورت نمی‌گیرد و بیشتر متوجه عوارض مسطحاتی و دیگر عوارض می‌شود (زیرا این نقشه با باید تأکید بر نمایش سطح سه‌بعدی داشته باشد که این امر با نمایش کافی منحنی‌های میزان امکان‌پذیر خواهد شد).

۳- **هماهنگی و تمایز:** بایستی بین عوارض متفاوت هماهنگی ایجاد کرد و حداقل تفاوت لازم را در نظر گرفت، به‌طور کلی در طراحی علائم نقشه و دسته‌بندی آن‌ها ویژگی‌هایی از قبیل اندازه شکل، رنگ، جهت و موقعیت آن‌ها موردنظر می‌باشد.

نکات مهم در هنگام طراحی نقشه:

۱- **کاستن علائم فطی:** در نقشه بهتر است در حد امکان، از به‌کارگیری علائم فطی صرف‌نظر کرد.

۲- **استفاده از رنگ‌های متناوب:** رنگ به کار گرفته شده جهت نمایش هر عارضه بسته به نحوه ارائه نقشه بایستی متفاوت باشد، مثلاً چنانچه ارائه نقشه به صورت مانیتوری باشد (Soft Copy) بایستی رنگ‌هایی انتخاب کرد که با ذات عارضه هماهنگی دارد و این نکته باعث می‌شود که بیننده درک بهتری از عارضه داشته باشد و چنانچه نمایش به صورت Hard Copy (نمایش بر روی کاغذ) باشد علاوه بر نکته ۱ باید به این نکته نیز توجه داشت که رنگ‌ها به‌گونه‌ای انتخاب گردند که پس از چاپ نیز قابل رویت با توجه به پس‌زمینه باشند. (مثلاً رنگ زرد بر روی کاغذ سفید)



بسیار نامشخص است) نکته دیگری که در انتخاب رنگ باید رعایت کرد طبقه‌بندی عوارض با استفاده از رنگ است، مانند: طبقه‌بندی جاده‌ها، خطوط منحنی‌میزان، شیب، جمعیت و ...

## اطلاعات حاشیه‌ی نقشه

### اطلاعات ماشیهی نقشه شامل موارد زیر می‌شود:

- ۱- لژند (راهنمای نقشه) ۲- شمال و مقیاس نقشه ۳- نام منطقه ۴- شماره‌ی برگه‌ی نقشه
- ۵- تاریخ تهیه‌ی عکس‌برداری هوایی و یا تاریخ برداشت زمین ۶- نام تهیه‌کننده و سفارش‌دهنده
- ۷- ایندکس نقشه یا ایندکس نقشه ۸- سیستم تصویر، بیضوی مبنا، مبنا‌ی ارتفاعی و واحد اندازه‌گیری

### \* توصیه می‌شود قبل از پردازش‌های کارتوگرافی موارد زیر رعایت گردد:

۱- لژند نقشه باید با توجه به مقیاس و عوارض موجود در منطقه انتخاب گردد و در سمت راست برگه‌ی نقشه قرار داده شود.

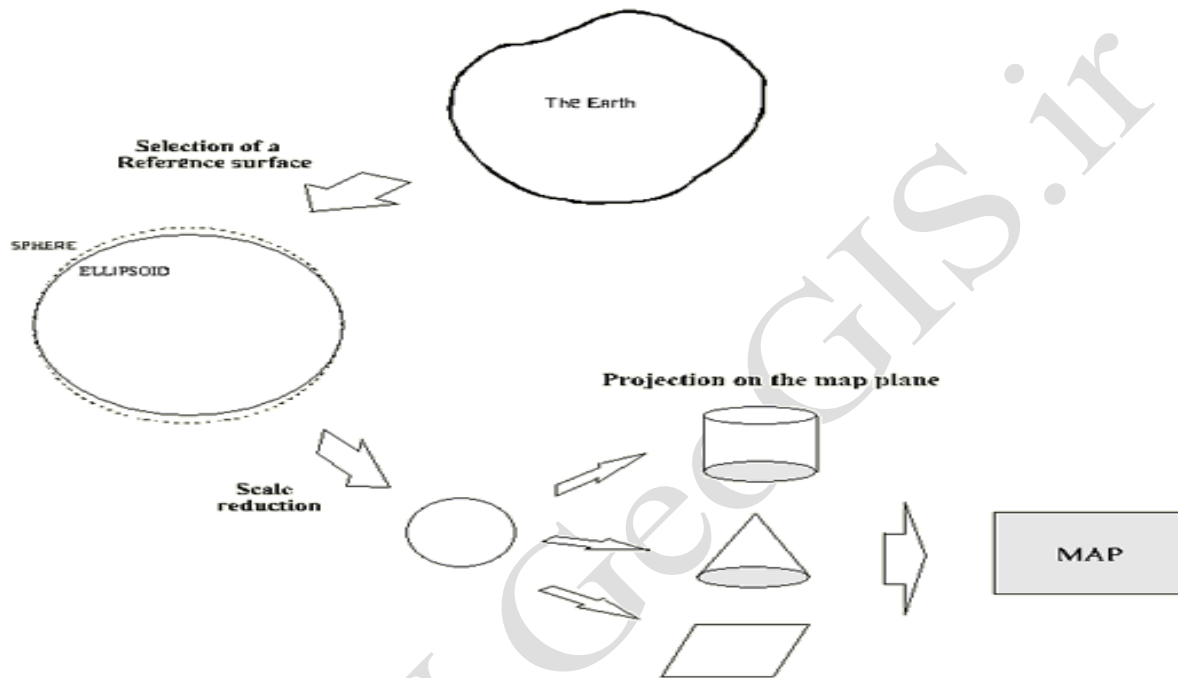
۲- شمال نقشه‌ها ۲ نوع است: الف) نقشه‌های بزرگ مقیاس (بزرگتر از ۱/۵۰۰۰) که شامل شمال شبکه فوهند بود. ب) نقشه‌های ۱/۵۰۰۰ و کوچک مقیاس تر در این نوع نقشه‌ها ۳ شمال ترسیم می‌شود که عبارت‌اند از: شمال شبکه، شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی.

این سه شمال در پایین گوشه سمت راست به شرح زیر ترسیم می‌گردد: شمال شبکه که همان امتداد محورهای سیستم مختصات است، شمال جغرافیایی که زاویه‌ی آن با شمال شبکه را تقارب نصف النهارات می‌نامند و برای مرکز هر برگه‌ی نقشه جداگانه، محاسبه می‌گردد. شمال مغناطیسی که در محل اندازه‌گیری می‌شود و انحراف سالیانه و دوره‌ای تناوب آن نیز در صورت امکان ثبت می‌گردد و پس از ترسیم شمال‌های یادشده جهت و انحراف محورهای آن‌ها از شمال شبکه روی شکل ترسیم و نوشته خواهد شد.

مقیاس فطی در صورت امکان در پایین نقشه و در قسمت وسط آن قرار داده شود.

سیستم تصویر (Project system)

سیستم تصویر: یکی از مهم‌ترین اهداف کارتوگرافی نمایش سطح کره زمین است. برای نمایش سطح کره بر روی نقشه دچار مشکل هستیم زیرا کره سطحی غیرقابل گسترش است. برای حل این مشکل باید عوارض سطح کره را به گونه‌ای بر روی یک سطح صاف (یک سطح قابل گسترش) تصویر نمود یا به عبارت دیگر سیستم تصویر تعریف کرد. سیستم تصویر در واقع سطح سه‌بعدی را برای ما بر روی دو برد بر روی نقشه نمایش خواهد بود.



بر اثر تبدیل سطح سه‌بعدی به سطح دوبعدی (نقشه) ناگزیر برخی از فضاها ایجاد می‌شود (برخی از عوارض تغییر شکل می‌یابد و مسامت آن‌ها یا زاویه یا ابعاد آن‌ها تغییر می‌کنند). با توجه به تأثیراتی که اعمال یک سیستم تصویر بر روی عوارض طبیعی می‌گذارد سیستم تصویرهای بسیاری به وجود آمده است که تعداد آن‌ها در حدود ۲۰ سیستم تصویر می‌باشد که در زیر ما به یک مورد مهم آن اشاره خواهیم کرد:

۱- **متشابه (مفظ زاویه) (conformal)**

۲- **هم مسامت (equal valence)**

۳- **هم فاصله (equal distance)**

۱- **سیستم تصویر متشابه (conformal):** در این نوع سیستم تصویر زوایای عوارض پس از تصویر و تهیه نقشه ثابت می‌ماند و در نتیجه شکل عارضه نیز مفظ خواهد شد. باید به این نکته اشاره

کرد که مفظ شکل در این سیستم تصویر به وسعت منطقه نیز بستگی دارد و چنانچه وسعت زیاد باشد تغییر شکل فوایدی داشته، این نوع سیستم تصویر به لحاظ مفظ زاویه موردا استفاده در چارت‌های دریایی، نقشه‌های نظامی و نقشه‌های توپوگرافی می‌باشد. در این نوع سیستم تصویر مدارات و نصف النهارات بر هم عمده فوایدی بود.

**۲- سیستم تصویر هم مسامت (Equal Area):** در این نوع سیستم تصویر مسامت کلیه عوارض نسبت به مقدار واقعی آن‌ها به یک اندازه تغییر می‌کند و همیشه مسامت بر روی نقشه به صورت نسبی کاملاً صحیح می‌باشد و زوایا و شکل عارضه تغییر فوایدی کرد.

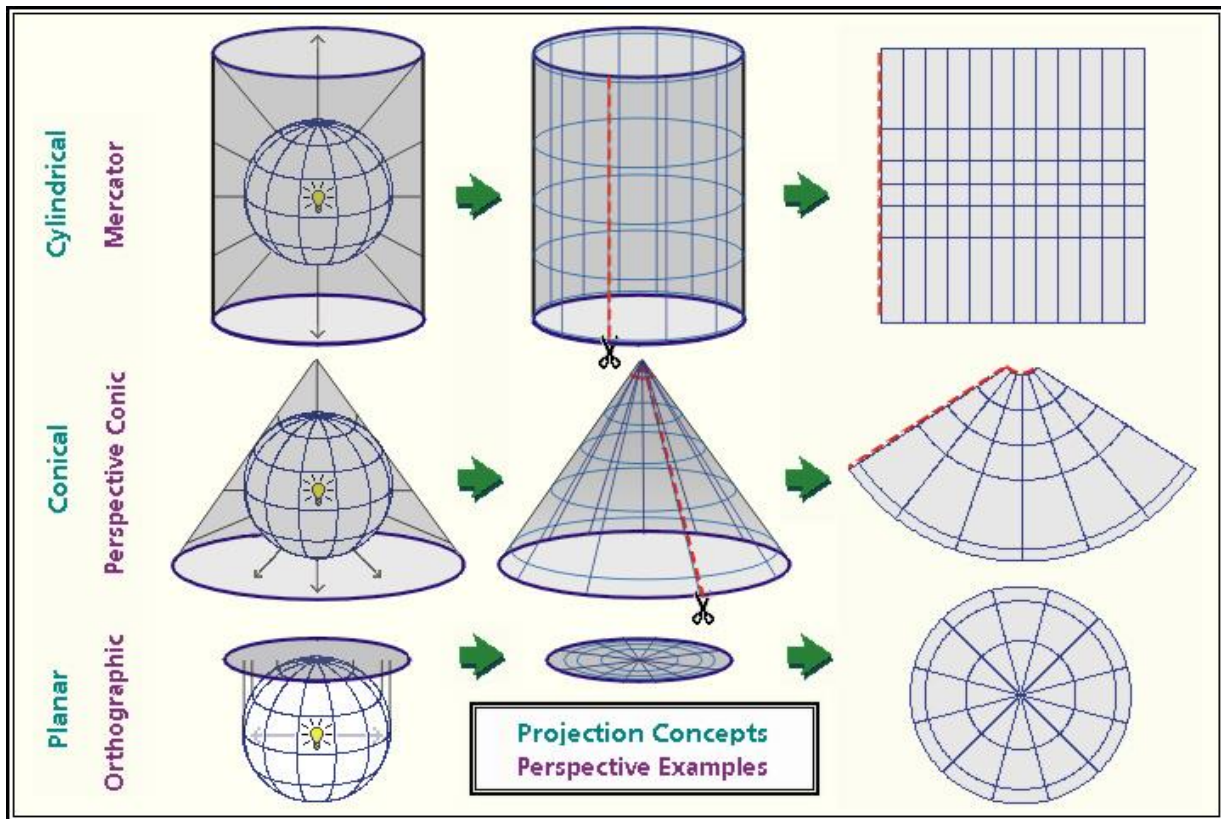
**۳- سیستم تصویر هم فاصله (Equal Distance):** در این نوع سیستم تصویر تمامی فاصله‌ها از یک نقطه و یا دو نقطه به صورت نسبی ثابت می‌ماند، این نوع سیستم تصویر کمترین کاربرد را نسبت به دو روش قبل دارد زیرا تنها فاصیبت آن مفظ فاصله بوده و کمتر اتفاق می‌افتد که بفوایدی فاصله را در یک جهت فاص اندازه‌گیری کنیم، لازم به ذکر است که شرایط سیستم تصویر متشابه و هم مسامت در تضاد باهم هستند و به وجود آوردن سیستم تصویر متشابه که یکی از فاصیبت دو سیستم تصویر دیگر را داشته باشد غیرممکن است.

### طبقه‌بندی سیستم‌های تصویر بر اساس سطوح قابل گسترش

طبقه‌بندی سیستم‌های تصویر بر اساس سطوح قابل گسترش سطح کروی زمین بر روی آن‌ها: یکی از متداول‌ترین روش‌های سیستم تصویر طبقه‌بندی بر اساس خصوصیات هندسی سطحی است که سطح کروی زمین را بر روی آن تصویر کرده و آن سطح را به یک سطح ۲ بعدی تبدیل نمود، از جمله این سطوح می‌توان به استوانه، مخروط و صفحه تخت اشاره نمود و بر اساس سطح موردا استفاده سیستم‌های تصویر نام‌گذاری می‌شود، چنانچه از سطح استوانه استفاده شود آن را سیستم تصویر استوانه‌ای و چنانچه از سطح مخروط استفاده شود آن را سیستم تصویر مخروطی و چنانچه از صفحه تخت استفاده شود آن را سیستم تصویر صفحه‌ای یا سمتی یا آزیموتال می‌نامند.



(چه آسان تماشاگر سبقت ثانیه‌هاییم و به عبورشان می‌فندیم، چه آسان لمظه‌ها را به کام هم تلخ می‌کنیم و چه ارزان به افعی می‌فروشیم لذت باهم بودن را، چه زود دیر می‌شود و نمی‌دانیم که شاید فردایی نباشد، شاید فردایی باشد و ما نباشیم!)



### سیستم تصویر صفحه‌ای (Azimuthal Projection)

در این نوع سیستم تصویر یک صفحه بر یکی از شعاع‌های زمین عمود می‌شود و ممکن است این حالت به‌گونه‌ای رخ دهد که صفحه در یک نقطه بر زمین مماس شده یا کره را قطع کند، نقطه تماس صفحه با سطح کره دارای هیچ تغییری در مقیاس نبوده و در عین حال نقطه تقارن نیز ممسوب می‌شود، در کلیه تصاویر تغییرات ضریب مقیاس از مرکز تصویر در تمام جهات یکسان می‌باشد، کلیه دوائر عظیمه از مرکز تصویر عبور می‌نمایند به صورت فوطی مستقیم ظاهر می‌شود و آزیموت این امتدادها از مرکز تصویر مقداری صمیع می‌باشد، در این نوع سیستم با تغییر فودی (مرکز سیستم تصویر) نمونه تصویر عوارض سطح کره متفاوت خواهد بود، بر این اساس ۳ نوع سیستم تصویر به وجود می‌آید:

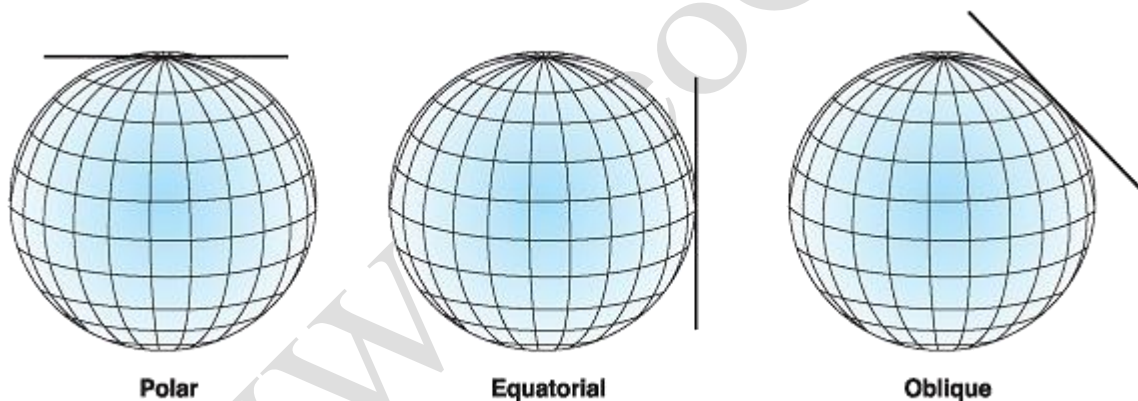
۱- **اورتوگرافیک<sup>۱</sup>**: در این نوع سیستم تصویر معمولاً صفحه بر یکی از قطبین مماس بوده و مرکز تصویر در بی‌نهایت می‌باشد. (شکل الف)

**کاربرد:** کاربرد این نوع سیستم تصویر در نقشه‌های نجومی از اجرام سماوی می‌باشد.

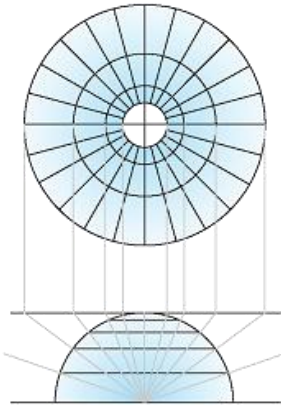
۲- **ستروگرافیک<sup>۲</sup>**: در این نوع سیستم تصویر صفحه بر یکی از قطب‌ها مماس می‌شود و منبع نوری در قطب دیگر قرار می‌گیرد، یا به عبارتی منبع نوری در سمت نادیر نقطه مماس می‌باشد. (شکل ب)

۳- **گنومونیک<sup>۳</sup>**: در این نوع سیستم تصویر صفحه بر یکی از قطبین مماس شده و منبع نوری در مرکز کره واقع می‌باشد. (شکل ج)

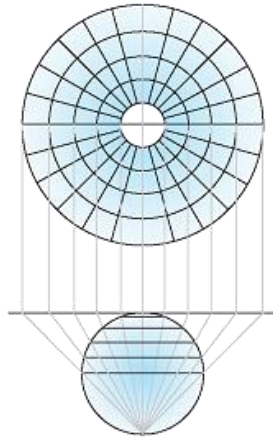
✓ در سیستم تصویر صفحه‌ای بسته به این‌که منبع نوری در چه مکانی واقع است فاصله‌ی دوائر عظیمه متغیر خواهد بود، مانند شکل زیر:



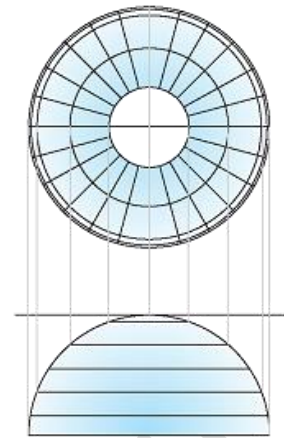
<sup>1</sup> Orthographic  
<sup>2</sup> Stereographic  
<sup>3</sup> Gnomonic



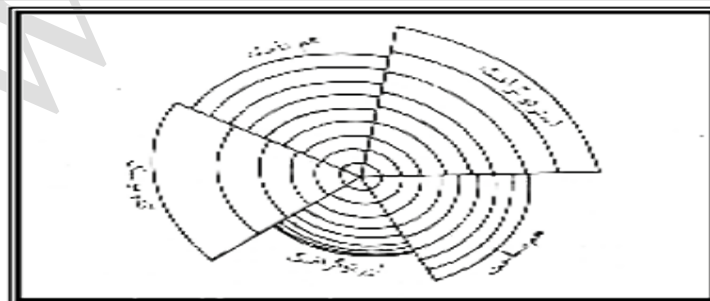
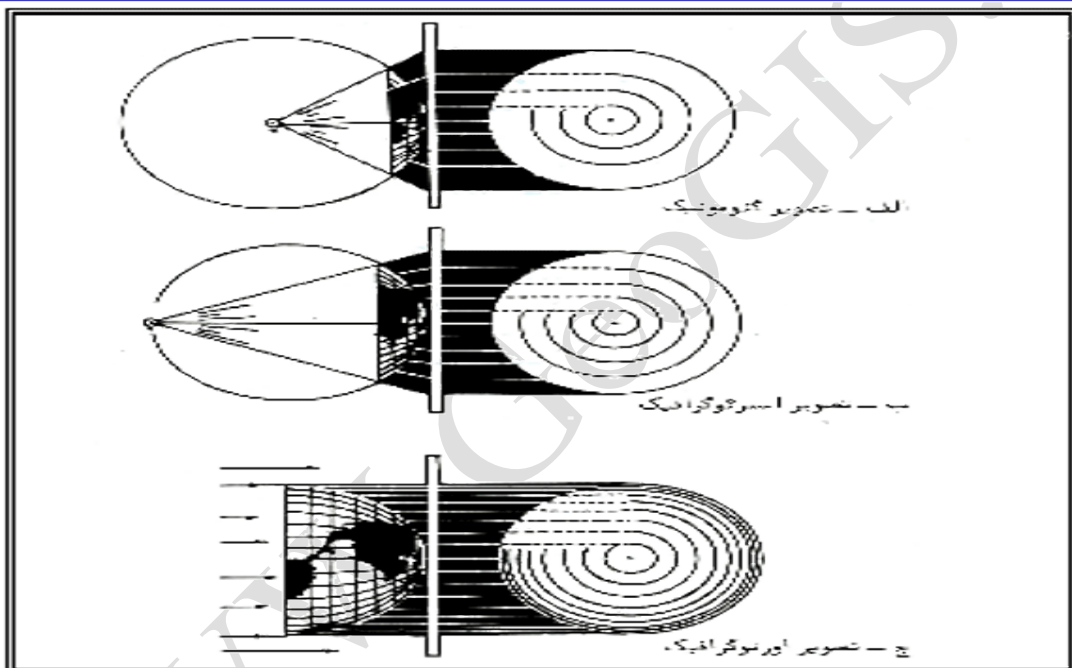
Gnomonic



Stereographic



Orthographic



نحوه ظهور مدارات و نصف النهارات در تصویرهای صفحه ای

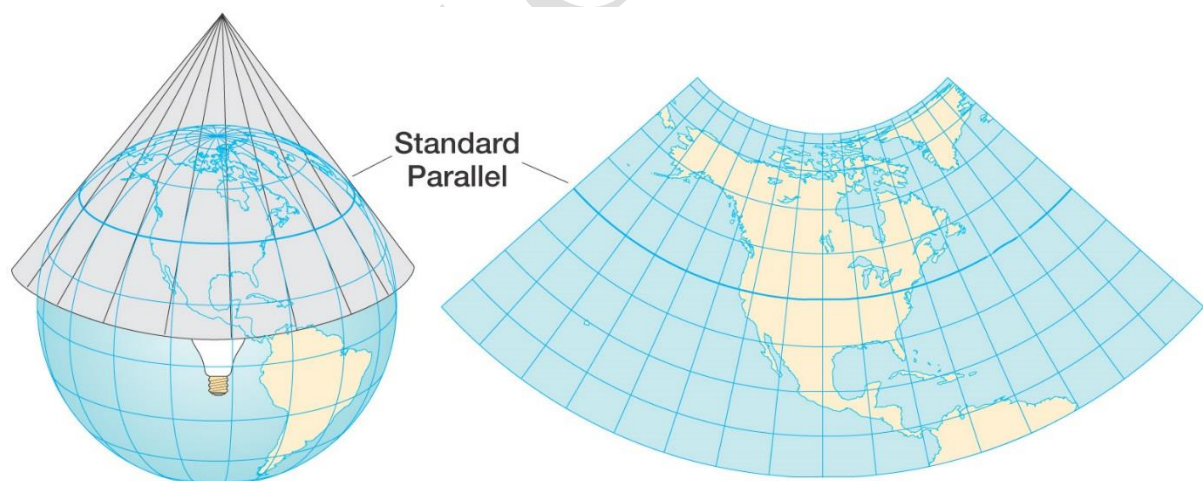
**نکته:** چنانچه در سیستم تصویر استوانه‌ای طول نصف‌النهارها یا سطح استوانه مماس باشد، اصطلاحاً به این سیستم تصویر استوانه‌ای جانبی گفته می‌شود و چنانچه مدار سطح استوانه با مدار استوا مماس باشد سیستم تصویر در حالت معمولی می‌باشد.

در مورد سیستم تصویر سمتی یا آزیموتی چنانچه صفا در نقطه‌ای در استوا با کره مماس گردد به آن حالت استوایی گفته می‌شود و چنانچه با قطب مماس باشد به آن حالت قطبی و چنانچه در نقطه دیگر مماس باشد به آن حالت مایل گفته می‌شود و همچنین اگر صفا کره را قطع کند به آن حالت متقاطع گفته می‌شود. در مورد سیستم تصویر استوانه‌ای نیز چنانچه استوانه با مدارات یا نصف‌النهارها مماس نباشد به آن حالت مایل گفته می‌شود و همچنین در مورد سیستم تصویر مخروطی چنانچه مخروط سطح کره را قطع کند به آن حالت متقاطع گفته می‌شود.

**نکته:** قابل‌ذکر این است که ضریب مقیاس در محل مماس (تماس) یا تقاطع سطح قابل‌گسترش با کره یک می‌باشد، به عبارتی در این مکان‌ها تغییر مقیاس رخ نمی‌دهد.

### سیستم تصویر مخروطی (Conical Projection)

نوعی سیستم تصویر نقشه که در آن فرض شده کره زمین با یک مخروط کاغذی اطافه شده که رأس آن در بالای قطب قرار دارد. نقشه مورد نظر در روی مخروط مربوط پیاده می‌شود و سپس مخروط باز می‌شود فطوط مستقیمی که از رأس مخروط منشعب می‌شوند نمایشگر نصف النهارات دواير متمدالمركز نمایشگر فطوط موازی عرض‌های جغرافیایی هستند.

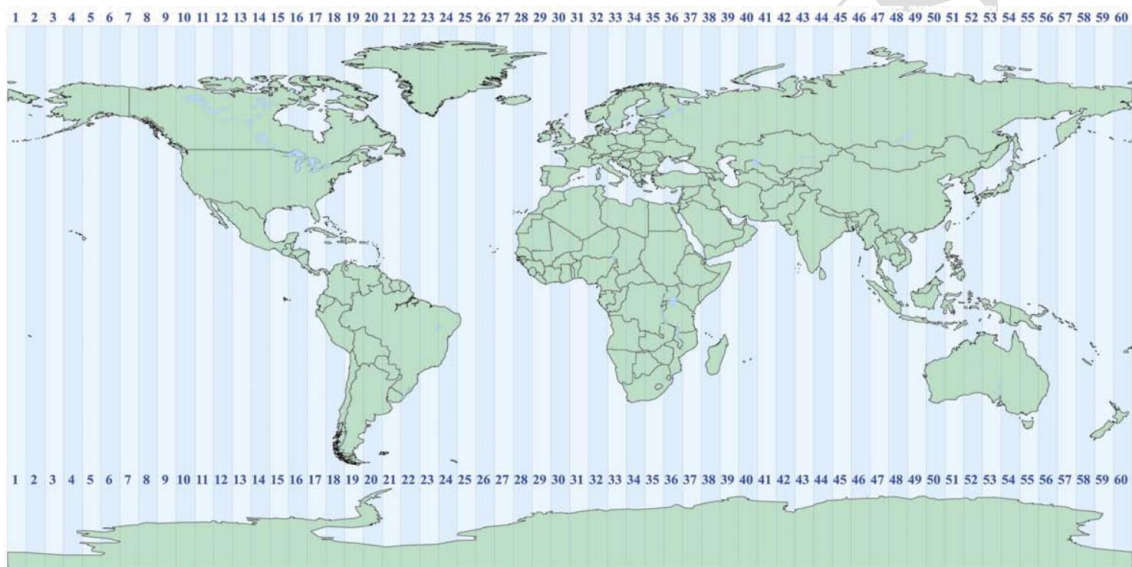


### سیستم تصویر استوانه‌ای (Cylindrical Projection)

بر اساس این‌که استوانه بر مدارات یا نصف‌النهارها مماس گردد دو نوع سیستم تصویر خواهیم داشت اما این نوع سیستم تصویر باز دارای اعوجاجات زیادی خواهد بود و تنها در محل‌های تماس یا تقاطع کاربرد خواهد داشت، از این‌رو برای تعریف یک سیستم تصویر جهانی و درعین‌حال

دارای کمترین اعوجاجات سیستم تصویری ابداع گردید به نام *UTM*، در این سیستم تصویر کره زمین به ۶۰ قاچ ۶ درجه تقسیم گردید و برای هر یک از این قاچ‌ها یک سیستم تصویر استوانه‌ای تعریف گردید به‌گونه‌ای که استوانه مماس با نصف‌النهارها باشد و از آن‌پس اکثر کشورهای جهان این سیستم را به‌عنوان سیستم مبنای تصویر خود در جهت تهیه نقشه قرار دادند و همچنین سطح مبنای این سیستم تصویر بیضوی *WGS84* بوده که سیستم تعیین موقعیت جهانی ماهواره‌ای (*GPS*) نیز این سیستم را به‌عنوان سیستم تصویر خود در نظر گرفته است. گفتنی است که این سیستم تصویر یک سیستم تصویر متشابه (*Conformal*) است.

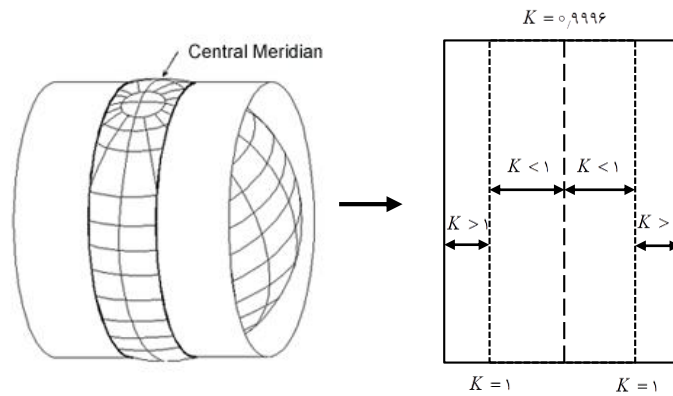
### UTM Zone Map for the World



### خصوصیات سیستم تصویر *UTM*:

- ۱- سطح مبنای: بیضوی *WGS84* ۲- سطح قابل‌گسترش: استوانه ۳- موقعیت سطح قابل‌گسترش: استوانه قابل‌گسترش یا نصف‌النهارها ۴- مبدأ سیستم مختصات: تقاطع نصف‌النهار مرکزی هر قاچ با مدار استوا است. ۵- مبدأ  $X$  سیستم مختصات:  $500000^m$  است.
- ۶- مبدأ  $Y$  سیستم تصویر: در نیم‌کره شمالی برابر با صفر و در نیم‌کره جنوبی برابر با  $10000000^m$  است.
- ۷- ضریب مقیاس نصف‌النهار مرکزی برابر  $0.9996$  است.

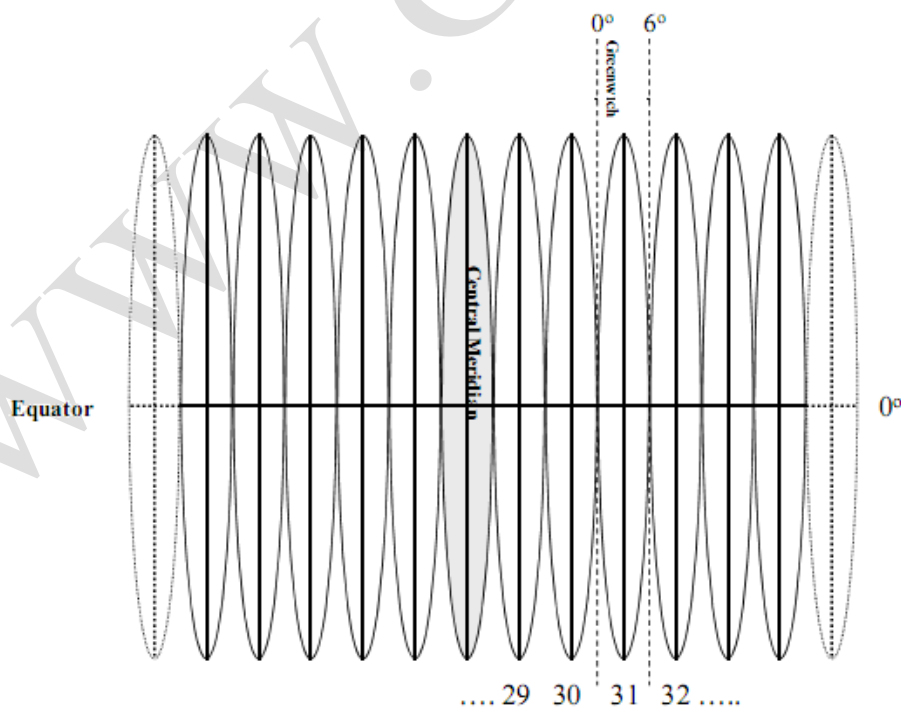




این سیستم تصویر تا عرض ۸۰ درجه شمالی و ۸۴ درجه جنوبی کاربرد دارد و برای عرض‌های بالاتر و پایین‌تر، از سیستم تصویرهای دیگر استفاده می‌شود.

منطقه ممصور بین طول جغرافیایی ۸۰ درجه تا ۱۷۴ درجه غربی را *zoon* یک شماره‌گذاری کردند به همین ترتیب در جهت خلاف عقربه‌های ساعت یعنی از غرب به شرق شماره‌گذاری‌ها ادامه می‌یابد تا به منطقه ممصور بین عرض جغرافیایی ۱۷۴ درجه تا ۱۸۰ درجه شرقی را قاع شماره ۶۰ می‌نامند ادامه می‌یابد، لازم به ذکر است که ایران در زون‌های ۳۸ تا ۴۱ واقع گردیده است.

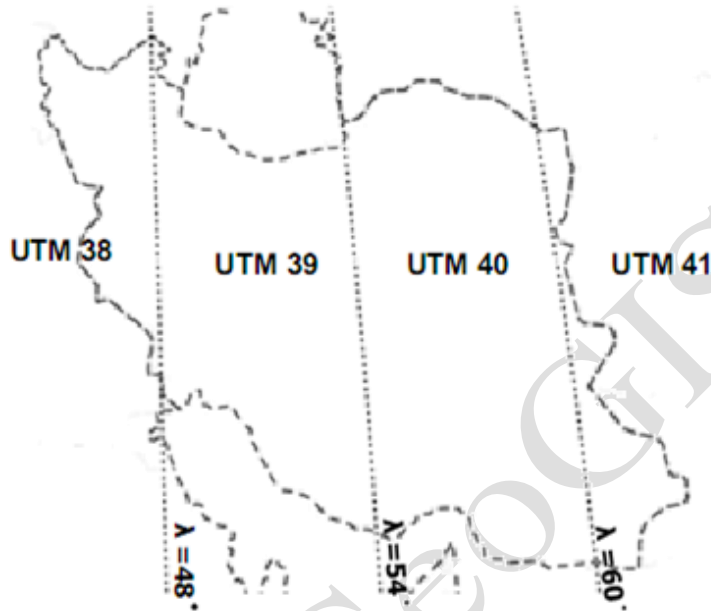
مطابق شکل زیر:



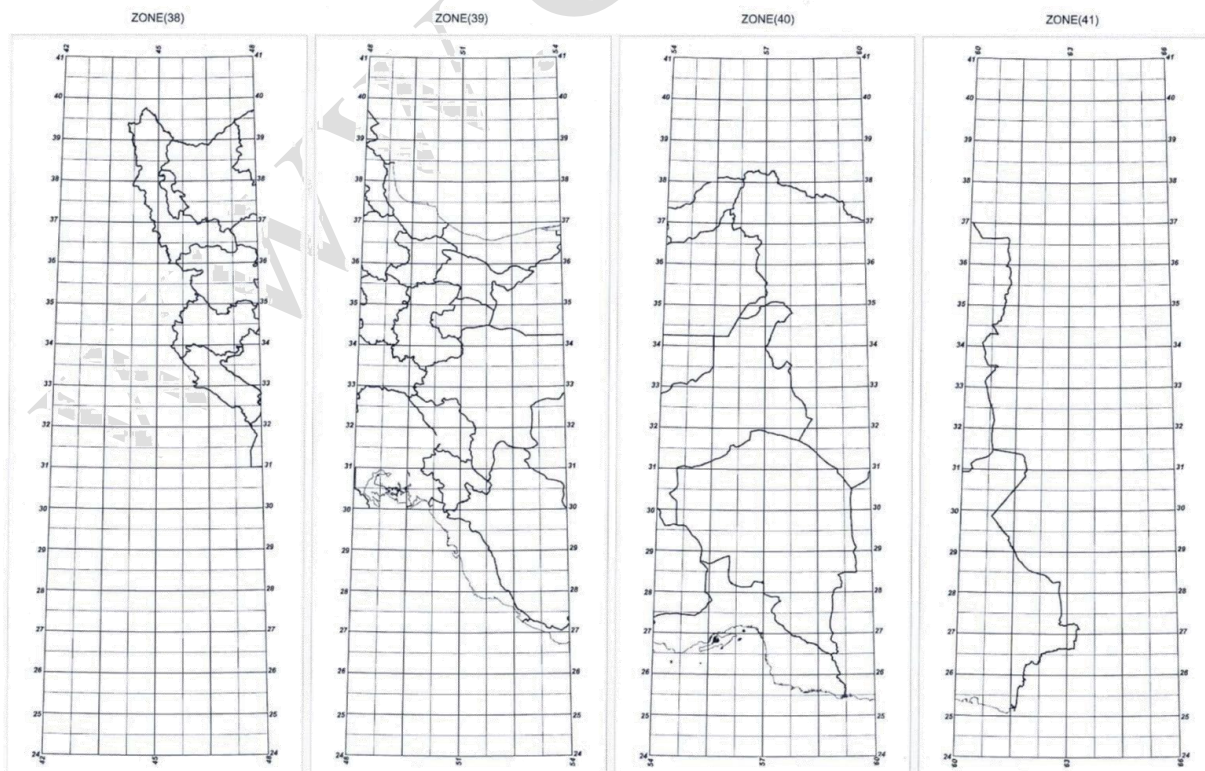
برای به دست آوردن شماره هر قاع با توجه به طول جغرافیایی آن از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

$$Z_n = \left[ \frac{\lambda}{6} \right] + 31$$

**نکته:** اگر طول جغرافیایی منفی باشد یا به عبارتی منطقه غربی باشد باید مقدار طول جغرافیایی نیز به صورت منفی در رابطه بالا بکار رود.



منطقه بندی ایران بر اساس سیستم UTM



بر اساس شکل بالا نواحی ایران به ۱۲۰۰ منطقه در سیستم *UTM* تقسیم‌بندی می‌شود هر منطقه با یک عدد برای طول جغرافیایی و یک حرف برای عرض جغرافیایی نشان داده می‌شود.

**مثال:** مطلوب است شماره قاع منطقه‌ای که در طول جغرافیایی  $52^{\circ} 22'11''$  قرار دارد.

$$Z_n = \left[ \frac{52^{\circ} 22'11''}{6} \right] + 31 = 39$$

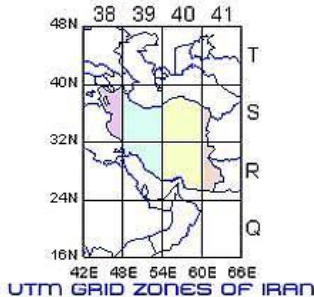
برای به دست آوردن نصف‌النهار مرکزی هر قاع می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$\text{طول جغرافیایی نصف‌النهار مرکزی} = \left[ \frac{\lambda}{6} \right] \times 6 + 3$$

**مثال:** مطلوب است طول جغرافیایی نصف‌النهار مرکزی منطقه‌ای که در طول جغرافیایی  $52^{\circ} 22'11''$  قرار دارد.

$$\lambda_{Z_{center}} = \left[ \frac{52^{\circ} 22'11''}{6} \right] \times 6 + 3 = 51$$

هر قاع یا هر زون با زون جانی خود در حدود یک کیلومتر هم‌پوشانی دارد، بیشترین ضریب مقیاس در ابتدا در انتهای قاع رخ می‌دهد و مقدار آن برابر با 1.006 می‌باشد.



\* کشور ایران از لحاظ جغرافیایی در بین طول جغرافیایی  $44^{\circ} 5'$  تا  $63^{\circ} 18'$  (در زون‌های ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱) و در بین عرض جغرافیایی  $25^{\circ} 03'$  تا  $39^{\circ} 47'$  قرار دارد.

رابطه‌های تبدیل مختصات ژئودتیکی به *UTM* و برعکس

$$X = \frac{1}{2} Rk_0 \ln \left[ \frac{(1+B)}{(1-B)} \right]$$

یا

$$X = Rk_0 \operatorname{arctanh} B$$

$$Y = Rk_0 \left[ \operatorname{arctan} \left[ \frac{\tan \varphi}{\cos(\lambda - \lambda_0)} \right] - \varphi_0 \right]$$

$$k = k_0 / (1 - B^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$B = \cos \varphi \sin(\lambda - \lambda_0)$$

$$\varphi = \arcsin \left[ \frac{\sin D}{\cosh(x / Rk_0)} \right]$$

$$\lambda = \lambda_0 + \operatorname{arctan} \left[ \frac{\sinh(x / Rk_0)}{\cos D} \right]$$

$$D = Y / (Rk_0) + \varphi_0$$

**مثال:** چنانچه سطح مبنای سیستم تصویر UTM در دایره‌ای به شعاع  $6400^{km}$  در نظر بگیریم  
مطلوب است مختصات مکان‌های زیر در سیستم مختصات UTM.

$$A = \lambda : 50^{\circ}17'12.1'' \rightarrow \varphi : 21^{\circ}01'52''$$

$$B = \lambda : -50^{\circ}17'12.1'' \rightarrow \varphi : -21^{\circ}01'52''$$

$$N_{ZA} = \left[ \frac{50^{\circ}17'12.1''}{6} \right] + 31 = 39$$

$$\lambda_{Zcenter A} = \left[ \frac{50^{\circ}17'12.1''}{6} \right] \times 6 + 3 = 51^{\circ}$$

$$\Delta\lambda = 50^{\circ}17'12.1'' - 51 = 0^{\circ}42'47.9''$$

$$\Delta\chi = \Delta\lambda \times R = -79.677^{km}$$

$$\chi A = 500 + (-79.677) = 420.323^{km} = 420323$$

$$N_{ZB} = \left[ \frac{-50^{\circ}14'12.1''}{6} \right] + 31 = 23$$

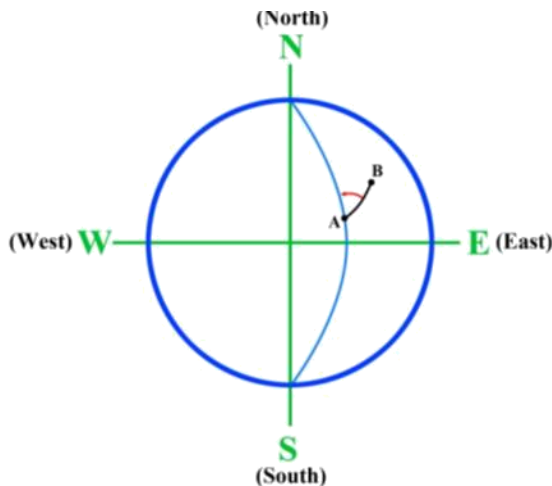
$$\lambda_{Zcenter B} = \left[ \frac{50^{\circ}17'12.1''}{6} \right] \times 6 + 3 = 51^{\circ}$$

$$\Delta X = \Delta \lambda \times R = \frac{0^{\circ}17'12.1''}{180} \times \pi \times 6400000 = 32024.07^m$$

$$\Delta Y = \varphi \times R = \frac{21^{\circ}1'53''}{180} \times \pi \times 6400000 = 2349197.659$$

$$Y_B = 10000000 - 2349197.659 = 7950802.341$$

## انواع شمال



### ۱. شمال حقیقی<sup>۱</sup> (شمال جغرافیایی) (TN)

دو نقطه A, B را بر روی سطح مقایسه فرض کنید کمان نصف‌النهار را که از نقطه‌ی A عبور می‌کند در نهایت به قطب شمال منتهی می‌شود را امتداد شمال حقیقی یا شمال جغرافیایی یا شمال ژئودتیکی می‌گویند و زاویه‌ای که امتداد  $\overline{AB}$  با شمال حقیقی یا شمال ژئودتیکی در جهت عقربه‌های ساعت می‌سازد را آزیموت جغرافیایی یا آزیموت حقیقی می‌گویند.

### ۲. شمال مغناطیسی<sup>۲</sup> (MN)

زمین به دلیل حرکت دوانی و دائم به مول محور خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که باعث انحراف عقربه مغناطیسی قطب‌نما می‌شود. در نتیجه این انحراف سمت جنوبی عقربه مغناطیسی به سمت شمال زمین قرار می‌گیرد. (دلیل این امر آن است که در آهن‌ربا قطب‌های غیر هم نام یکدیگر را جذب می‌کنند) به این ترتیب امتدادی را که نوک جنوبی عقربه مغناطیسی نشان می‌دهد شمال مغناطیسی، و زاویه‌ی بین این شمال و امتداد مفروض زمینی را آزیموت مغناطیسی می‌گویند.

### ۳. شمال شبکه<sup>۳</sup> (NN)

<sup>1</sup> True North

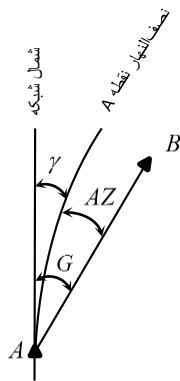
<sup>2</sup> Magnetic North

<sup>3</sup> Network North

به دلیل دوبردی بودن نقشه مشخص کردن موقعیت نقاط در نقشه از روی مختصات جغرافیایی آن‌ها به آسانی میسر نیست؛ بنابراین سعی می‌شود که موقعیت هر نقطه در نقشه در سیستم مختصات قائم‌الزاویه و به وسیله  $x, y$  معین شود که معمولاً محور  $y$  را شمال شبکه گویند.

**نکته:** مطابق دستورالعمل تهیه و ترسیم، یکی از اطلاعات ما شیهای، شمال است لذا برای نقشه‌هایی با مقیاس  $1:5000$  و کوچک‌تر الزامی است.

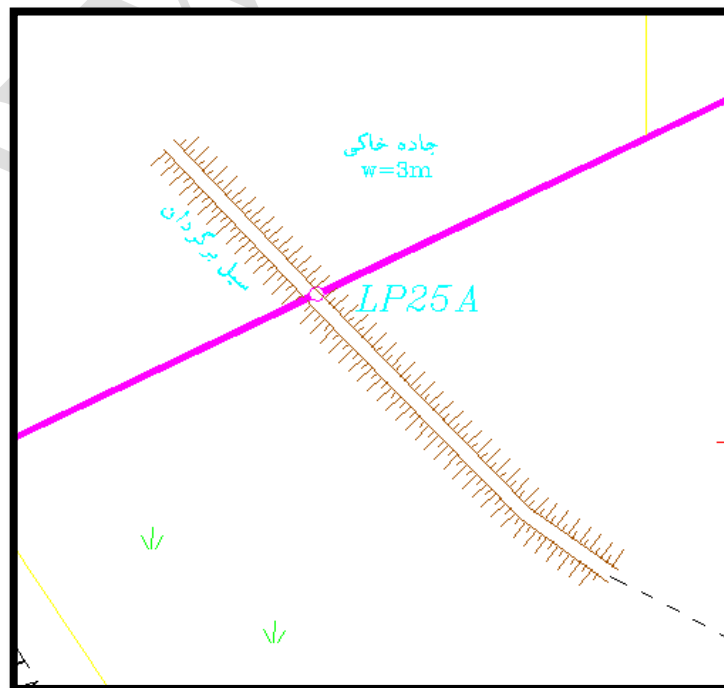
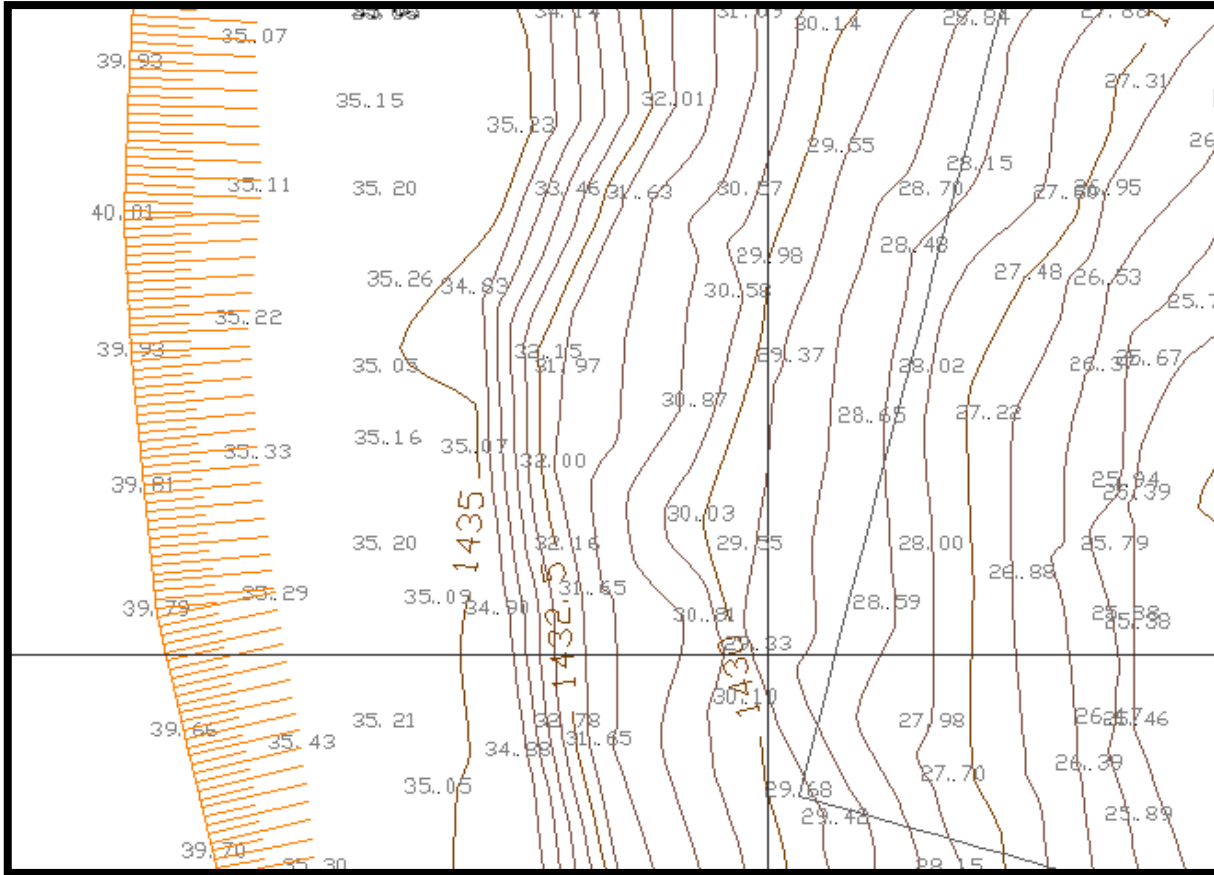
#### تفاوت آزیموت و ژیزمان



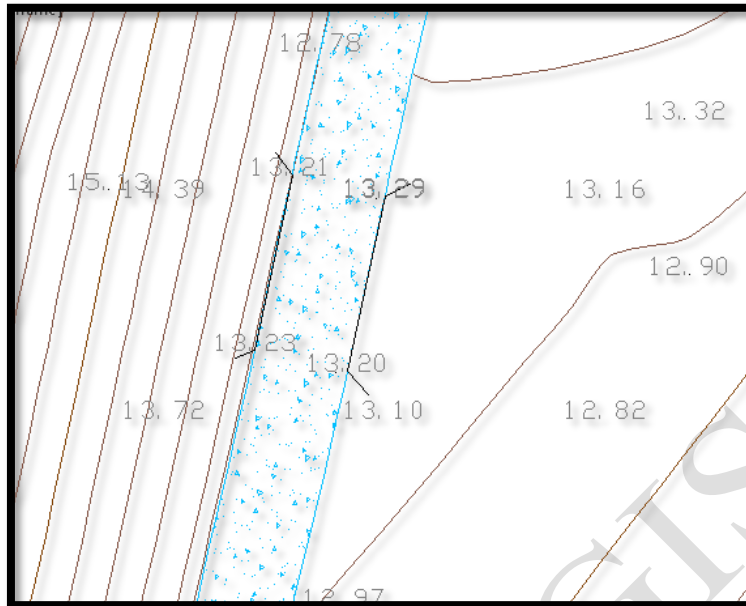
در اصل، تفاوت آزیموت و ژیزمان در زاویه‌ی تقارب نصف‌النهار است. زاویه‌ی تقارب نصف‌النهار، زاویه‌ای است که بین امتداد شمال شبکه و شمال ژئودتیکی (سمت نصف‌النهار ممل) ایجاد می‌شود. از این رو آزیموت زاویه‌ای است که یک امتداد با شمال جغرافیایی (شمال ژئودتیکی) در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد و ژیزمان زاویه‌ای است که، یک امتداد با شمال شبکه (مانند شمال شبکه‌ی سیستم مختصات  $UTM$ ) می‌سازد.



### نمونه نقشه توپوگرافی با وجود ترانشه



نمونه نقشه باوجود پل بر روی آبراهه



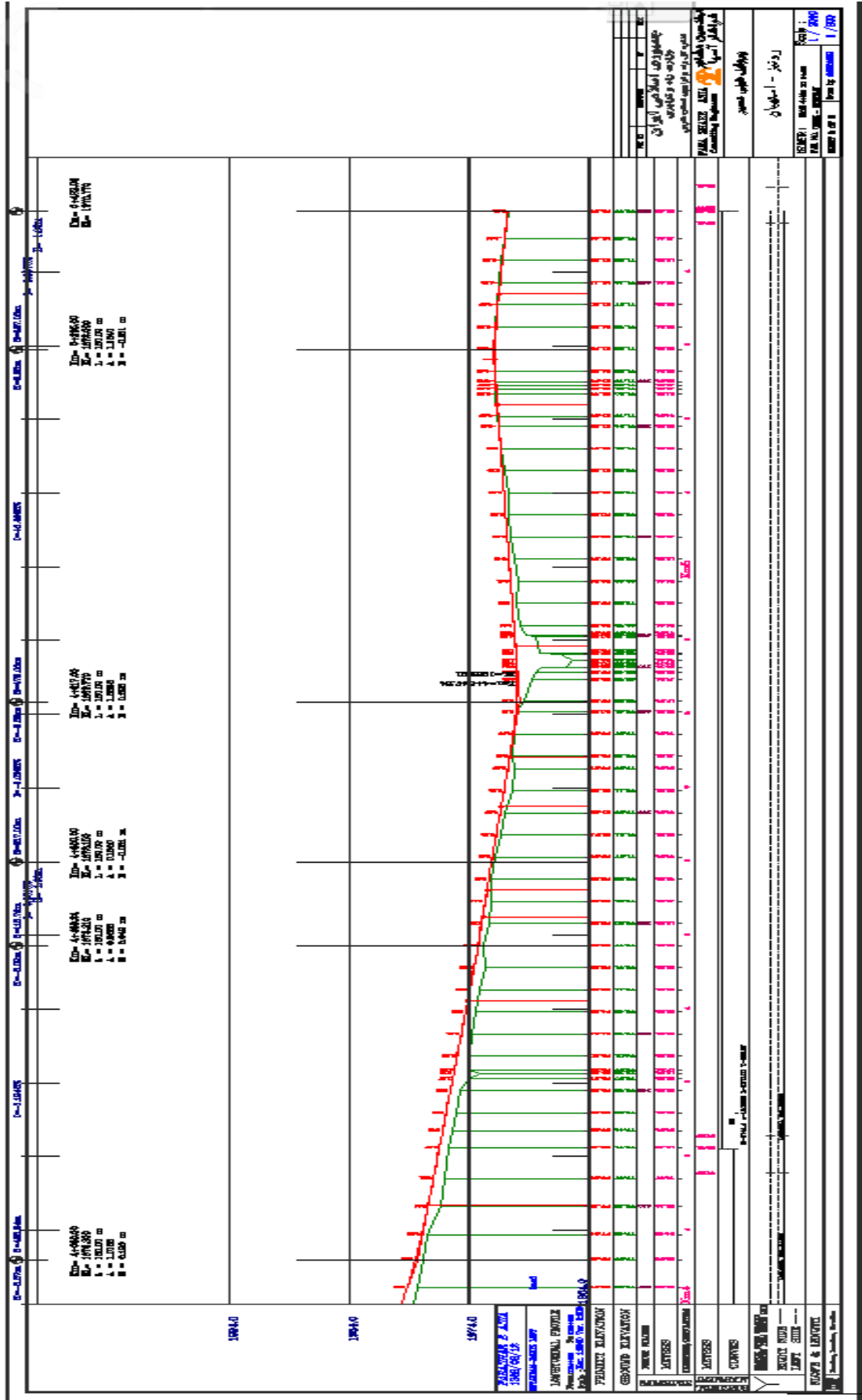
نمونه باند زیر پروفیل طولی

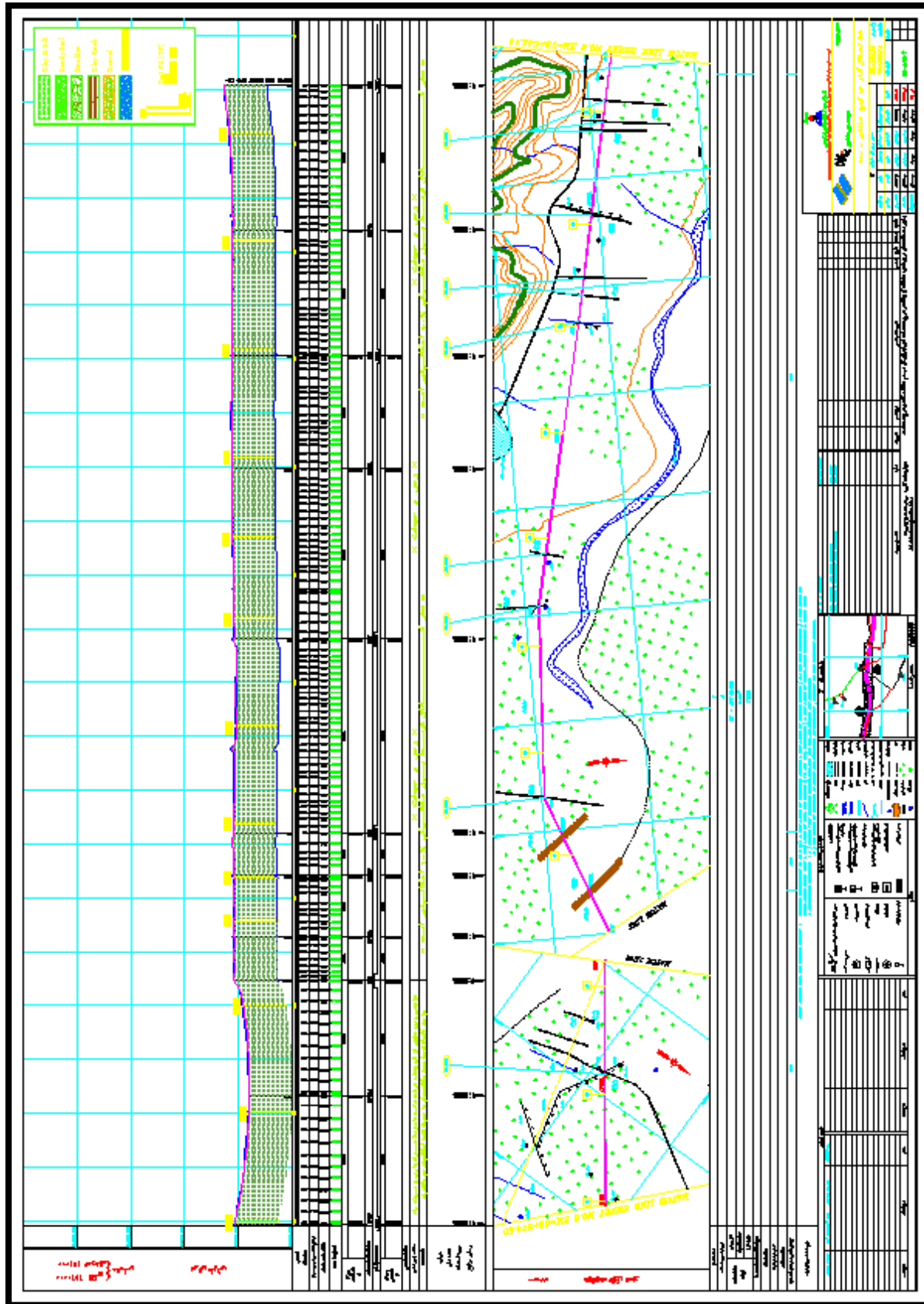
ELEVATION + 130.00	
اسم خیابان	NUMBER OF SECTION شماره پروفیل عرضی
	HEIGHT ارتفاع مقطع جاده
	NATURAL GROUND ارتفاع زمین طبیعی
ST-104	LENGTH طول
	METER متر
	HECTOMETER هکتومتر
	KILOMETER کیلومتر
NAME OF STREET	SLOP, VER, CURVE شیب و قوسهای قائم
	LEFT CURVE قوسی چپ
	RIGHT CURVE قوسی راست
	SUPEREL. LEFT --- چپ +2.0
	SUPEREL. RIGHT --- راست -2.0

نمونه مقطع عرضی





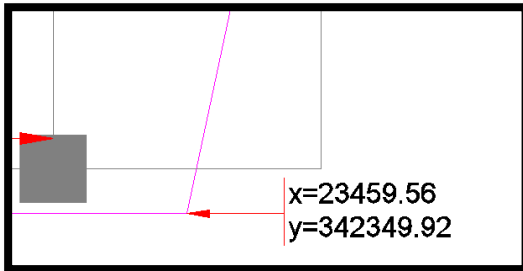




## نکاتی در مورد نقشه‌کشی

### ترسیم مختصات

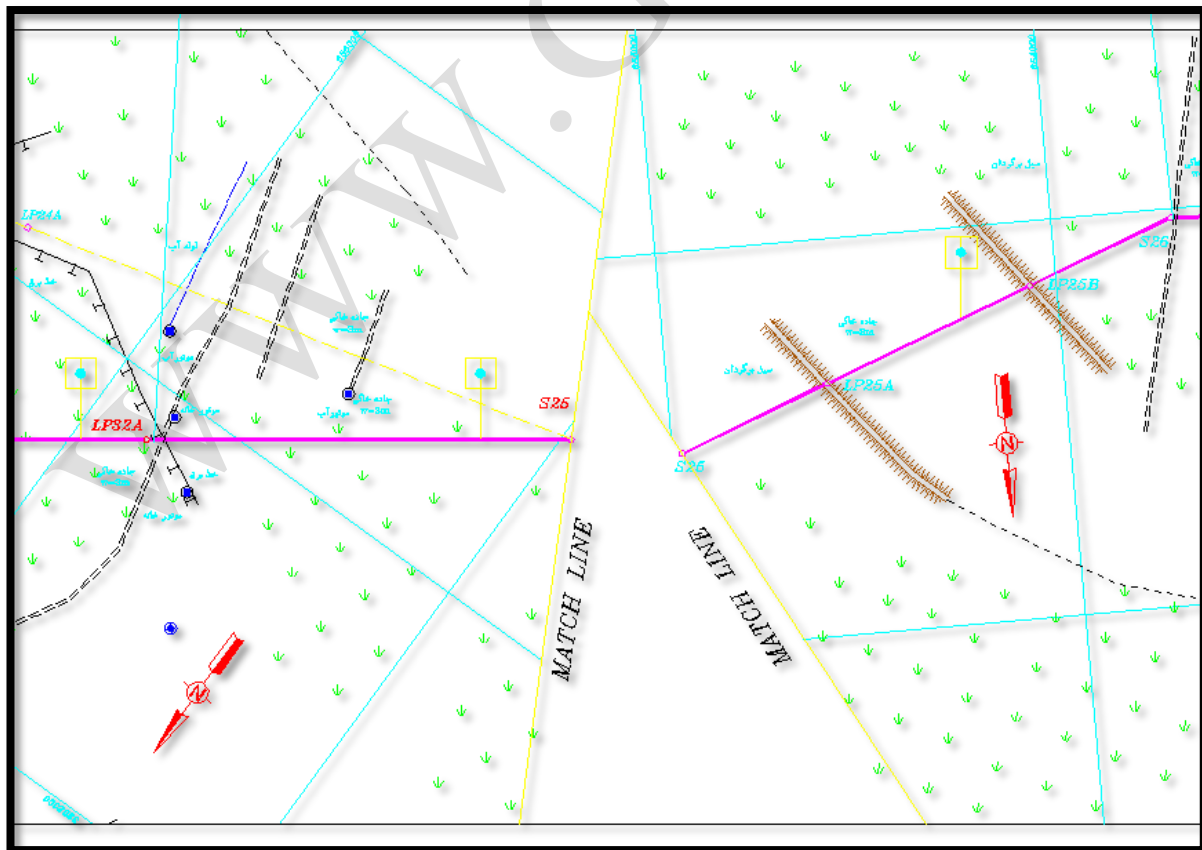
برای ترسیم مختصات باید به شکل زیر عمل کرد:



### خط هماهنگی (Match Line)

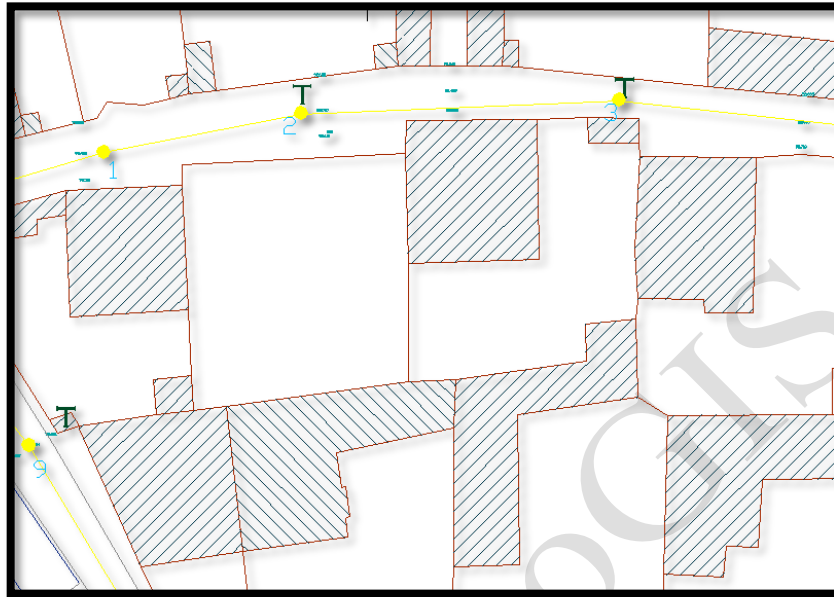
اگر بخواهیم در یک فضای مشخص پلانی را قرار دهیم که دارای انحراف است و قسمتی از آن در فضای مورد نظر جا نشود در قسمتی که دارای بیشترین انحراف است فطی تقریباً عمود بر مسیر انحراف ترسیم می‌شود و با مفاظ خط ترسیم شده که در اصطلاح به آن خط هماهنگی (Match Line) گفته می‌شود، اقدام به پرفش قسمتی از پلان که انحراف دارد می‌کنیم به‌گونه‌ای که در فضای مورد نظر پلان جای شود؛ مانند شکل زیر.

**نکته:** در هر قسمت از پلان کنار Match Line باید سمت شمال ترسیم شود.



## ترسیم دیوار و ساقتمان

ساقتمان‌ها و دیوارها باید با قلمی به ضخامت  $0.2^{mm}$  ترسیم شوند و برای ترسیم خطوط ممتد هاشور ساقتمان‌ها باید زاویه  $45^\circ$  داشته باشند.

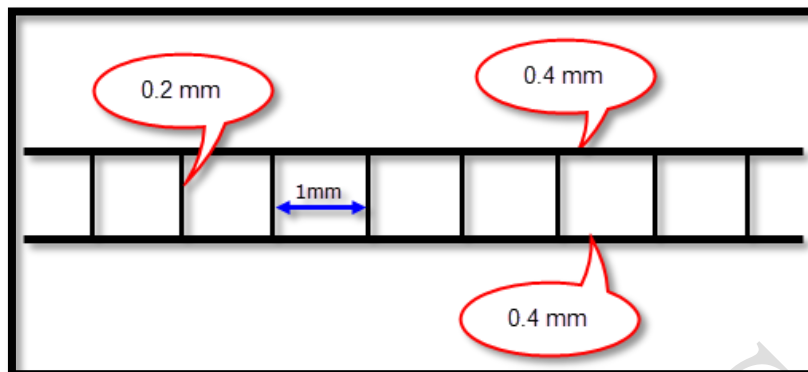


ساقتمان‌های نیمه‌تمام همانند ساقتمان‌ها تمام‌کار ترسیم می‌شوند ولی برای هاشور آن‌ها از خط چینی که طول خط آن‌ها  $2^{mm}$  و فاصله بین آن‌ها  $0.5^{mm}$  است استفاده می‌شود.



## ترسیم خطوط مسیر

- خط راه آهن با قلمی به ضخامت  $0.4^{mm}$  و خطوط عمود بر آن با قلم  $0.2^{mm}$  و فاصله بین این خطوط  $1^{mm}$  به شکل زیر ترسیم شود.

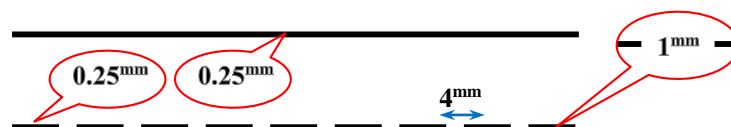


- اگر خط راه آهن در حال اجرا باشد با ویژگی‌های بالا ترسیم می‌شود و تنها فاصله بین خطوط عمود از  $1^{mm}$  به  $1^{cm}$  تغییر می‌کند؛ مانند شکل زیر

- مسیرهای آسفالتی با دو خط ممتد به ضخامت  $0.25^{mm}$  و فاصله‌ای به اندازه عرض مسیر به شکل زیر ترسیم می‌شوند.



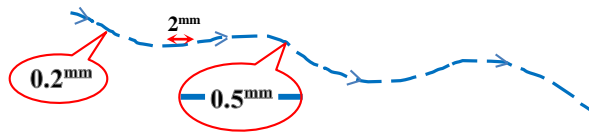
- مسیرهای شن‌ریزه با دو خط به فاصله عرض واقعی مسیر ترسیم می‌شوند که ضخامت این دو خط  $0.25^{mm}$  است ولی یکی از آن‌ها به صورت ممتد و دیگری منقطع است. خط منقطع به طول  $4^{mm}$  و فاصله‌ی  $1^{mm}$  به شکل زیر ترسیم می‌شود.



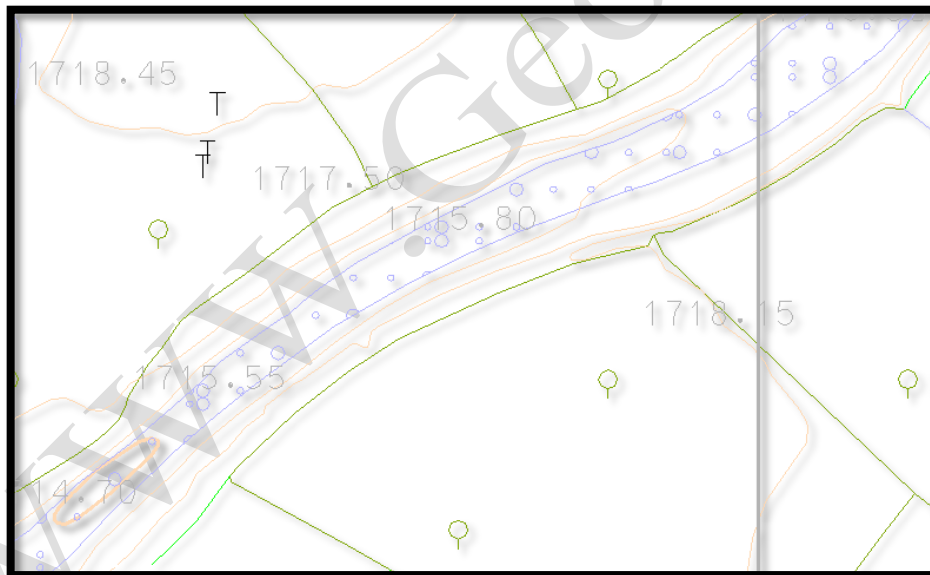
- مسیرهای جیبی رو با دو خط به فاصله عرض واقعی مسیر ترسیم می‌شوند که ضخامت این دو خط  $0.25^{mm}$  است که این دو خط به صورت منقطع است و با طول  $4^{mm}$  و فاصله‌ی  $1^{mm}$  به شکل زیر ترسیم می‌شوند.



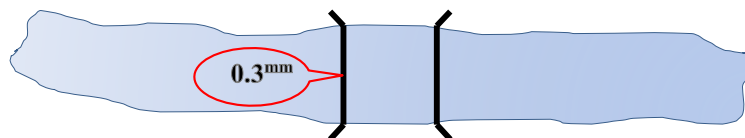
- مسیر آبراهه یا آبریز با یک خط منقطع که ضخامت آن  $0.25^{mm}$  است و با طول  $2^{mm}$  و فاصله‌ی  $0.5^{mm}$  به شکل زیر ترسیم می‌شوند. گفتنی است که جهت حرکت آبراهه نیز بر روی این خط به فاصله  $1^{cm}$  مشخص می‌شود و رنگ این خطوط آبی روشن انتخاب می‌شود.



- مد رودخانه‌ها با دو خط ممتد به ضخامت  $0.2^{mm}$  و به رنگ آبی ترسیم می‌شود. کانال‌ها نیز به همین ویژگی به شکل زیر ترسیم می‌شوند با این تفاوت که خطوط ترسیم کانال‌ها نسبت به رودخانه‌ها مستقیم‌تر است.



- پل‌ها با عرض واقعی خود و با قلمی به ضخامت  $0.3^{mm}$  به شکل زیر ترسیم می‌شوند.



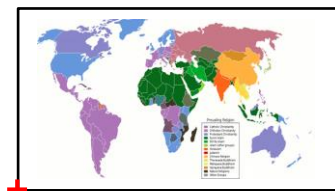
📌 **نکته:** اکثر عوارض در نقشه با قلمی به ضخامت  $0.2^{mm}$  ترسیم می‌شوند.

**ترسیم منمنی‌میزان**

- در مناطقی که شیب زیاد است (تپه‌ماهور و کوهستان) منحنی‌میزان‌های اصلی با قلمی به ضخامت  $0.3^{mm}$  و فرعی‌ها با قلمی به ضخامت  $0.1^{mm}$  ترسیم می‌شوند؛ و در مناطق دشت به ترتیب با ضخامت‌های  $0.4^{mm}$  و  $0.2^{mm}$  ترسیم می‌شود.

- برای منحنی‌میزان‌های اصلی حداقل یک برپسب ارتفاعی باید وجود داشته باشد. منحنی‌میزان‌ها در مناطق جنگلی با فاصله بین با طول  $1^{cm}$  و فاصله  $1^{mm}$  ترسیم می‌شود.

- ارتفاع نقاط در نقشه‌های توپوگرافی با قلمی به ضخامت  $0.2^{mm}$  و با حداقل دو رقم اعشار ترسیم می‌شوند.



Orgin

### شیت بندی

#### شیت بندی نقشه‌های عمومی

مقتصات مبدأ شیت گوشه سمت چپ پایین نقشه است

مقتصات مبدأ همیشه  $\frac{1}{10}$  مضرب عدد مقیاس است. مثلاً اگر مقیاس  $\frac{1}{1000}$  باشد، باید مقتصات مبدأ مضربی از ۱۰۰ باشد.

برای نقشه‌های موردی و منطقه‌ای ابعاد داخلی برگ‌های نقشه  $60 \times 80^{cm}$  بوده و شبکه قائم‌الزاویه  $10^{cm}$  با ضخامت  $0.1^{mm}$  به صورت ممتد و در پشت نقشه ترسیم می‌گردد. کادر ضمیمی با ضخامت  $0.6^{mm}$  الی  $1^{mm}$  و فاصله‌ی  $1.5^{cm}$  از اطراف کادر داخلی ترسیم می‌شود. لژند در سمت راست قرار می‌گیرد و ایندکس نقشه، نام کلی منطقه، مقیاس، شماره برگ نقشه، تاریخ تهیه نقشه، نام تهیه‌کننده و سفارش‌دهنده آورده می‌شود.

**مثال:** مطابق استاندارد کارتوگرافی در نقشه ۱:۵۰۰۰ هر برگ نقشه چه وسعت منطقه‌ای را پوشش می‌دهد؟

**پاسخ:** با توجه به ابعاد شیت استاندارد ( $60^{cm} \times 80^{cm}$ ) و رابطه‌ی طول کمان به پاسفی نزدیک به گزینه‌ی صحیح نیز رسید.



$$X = 5000 \times 0,6 = 3000^m = 3^{km} \quad , \quad Y = 5000 \times 0,8 = 4000^m = 4^{km}$$

$$L = R \times \theta_{Rad} \Rightarrow \theta = \frac{L}{R} \Rightarrow \theta_X = \frac{X}{R} = \frac{3}{6400} \times \frac{18^\circ}{\pi} = 0^\circ 1' 36,69''$$

$$\theta_Y = \frac{Y}{R} = \frac{4}{6400} \times \frac{18^\circ}{\pi} = 0^\circ 2' 18,92''$$

$X$ : پوشش عرضی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین  $Y$ : پوشش طولی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین

$\theta_X$ : پوشش عرضی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین بر حسب زاویه  $R$ : شعاع زمین بر حسب کیلومتر

$\theta_Y$ : پوشش طولی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین بر حسب زاویه  $L$ : طول بر روی سطح زمین

**مثال:** طول و عرض شهری مستطیل شکل  $3^\circ$  کیلومتر شرقی-غربی در  $4$  کیلومتر شمالی-جنوبی

است چنانچه بخواهیم نقشه این شهر را در مقیاس  $\frac{1}{2000}$  تهیه نماییم تعداد برگه‌های نقشه این

شهر چند شیت است؟ ابعاد استاندارد نقشه  $60^m \times 48^m$  است.

$$n = \frac{3000000}{2000 \times 48} = 18,75 = 19$$

$$\Rightarrow n_{sheet} = n \times m = 19 \times 4 = 76^{sheet}$$

$$m = \frac{400000}{2000 \times 60} = 3,33 = 4$$

ولی اگر شیت‌ها را عرض قرار دهیم تعداد شیت موردنیاز  $75$  عدد خواهد بود.

$$n = \frac{3000000}{2000 \times 60} = 25$$

$$\Rightarrow n_{sheet} = n \times m = 25 \times 3 = 75^{sheet}$$

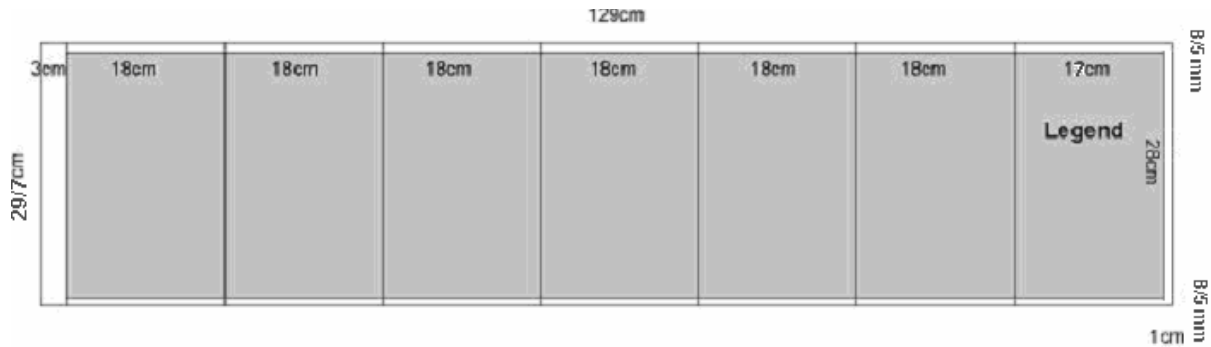
$$m = \frac{400000}{2000 \times 48} = 2,5 = 3$$

$n$ : تعداد شیت نقشه در عرض زمین

$m$ : تعداد شیت نقشه در طول زمین

### شیت‌بندی نقشه‌های مسیر

اکثر مسیرهایی که طراحی می‌شوند دارای عرض کم ولی طول زیاد هستند پس اندازه کاغذ استاندارد آن‌ها و شیت‌بندی آن‌ها ویژه خواهد بود. شیت استاندارد نقشه مسیر دارای طول  $129 \times 29,7^{cm}$  است (عرض آن به اندازه طول برگ A4 است). کادر اصلی نقشه در این شیت به صورتی است که از سمت چپ  $3$  سانتیمتر و از سمت راست،  $1$  سانتیمتر و از بالا و پایین  $8,5^{mm}$  از لبه فاصله دارد. در نتیجه فضای نقشه در کادر طولی  $125$  سانتیمتر خواهد بود که  $108$  سانتیمتر شش لا تا  $18$  سانتیمتری می‌شود و یک تا  $18$  سانتیمتری دیگر را شامل می‌شود که راهنمای نقشه در آن ترسیم می‌شود. در کل شیت استاندارد مسیر دارای  $7$  لا تا  $1$  است؛ مانند شکل زیر.



در صورتی که عرض مسیر بیش از ۲۸ سانتیمتر در مقیاس نقشه فضا نیاز داشته باشد، از شیت استاندارد نقشه‌های عمومی (۸۰×۶۰<sup>cm</sup>) استفاده می‌شود. نوشته‌ها و اعداد موجود در متن نقشه باید موازی طول نقشه و به سمت شمال شیت کاغذ نقشه باشد. شیت بندی با توجه به مسیر طولی به نمودی انتخاب می‌شود که از حداکثر سطح کاغذ استفاده شود. شبکه قائم‌الزاویه نیز با ضخامت ۰.۱<sup>mm</sup> مانند شیت بندی نقشه‌های عمومی ترسیم خواهد شد. شماره گذاری شیت‌ها نیز از کیلومتر اول شروع آغاز شده و به سمت کیلومتر آخر پایان افزایش می‌یابد؛ مانند شکل زیر.



برای نقشه‌های مسیر ایندکس طولی ترسیم می‌شود که در هر برگ نمونه اتصال نقشه مورد نظر با برگ قبلی و بعدی به همراه زاویه تقریبی دوران آن مشخص می‌شود. به این ترتیب هر ایندکس سه برگ نقشه را نشان خواهد داد به جز ایندکس برگ اول و آخر مسیر که شامل دو برگ است.

**مثال:** اگر طول مسیری ۱<sup>km</sup> باشد و بخواهیم در مقیاس  $\frac{1}{1000}$  آن را ترسیم کنیم داریم:

$$\frac{1000000}{1000} = 1000 + 170 + 10 + 30 = 1210 \div 180 = 6.72 \Rightarrow 7 \Rightarrow 7 \times 180 = 1260^{mm}$$

کتاب کارتوگرافی تالیف سید جعفر مقیمی و مجید همراه  
دستور العمل همسان نقشه برداری جلد چهارم (کارتوگرافی)، نشریه ۴-۱۱۹  
کارتوگرافی دیجیتال راستگو