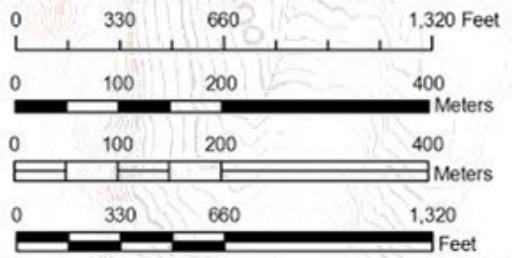
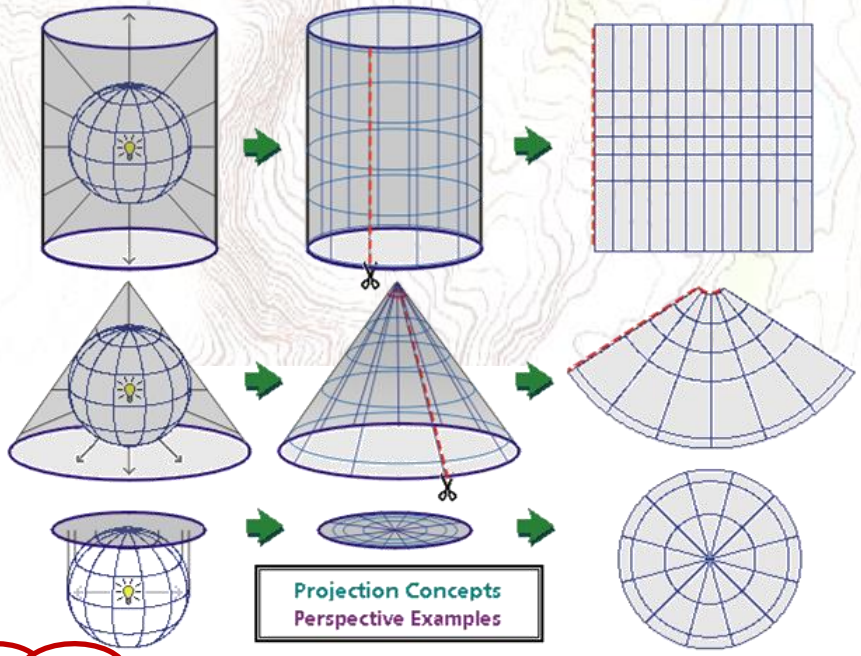
www.geogis.ir



کارتوگرافی و نقشه‌خوانی

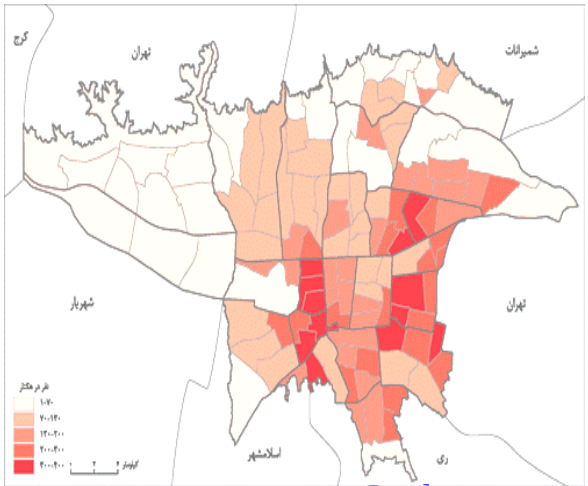
Map Reading And Cartography



آخرین به‌روزرسانی
۹۴/۱۰/۱۰

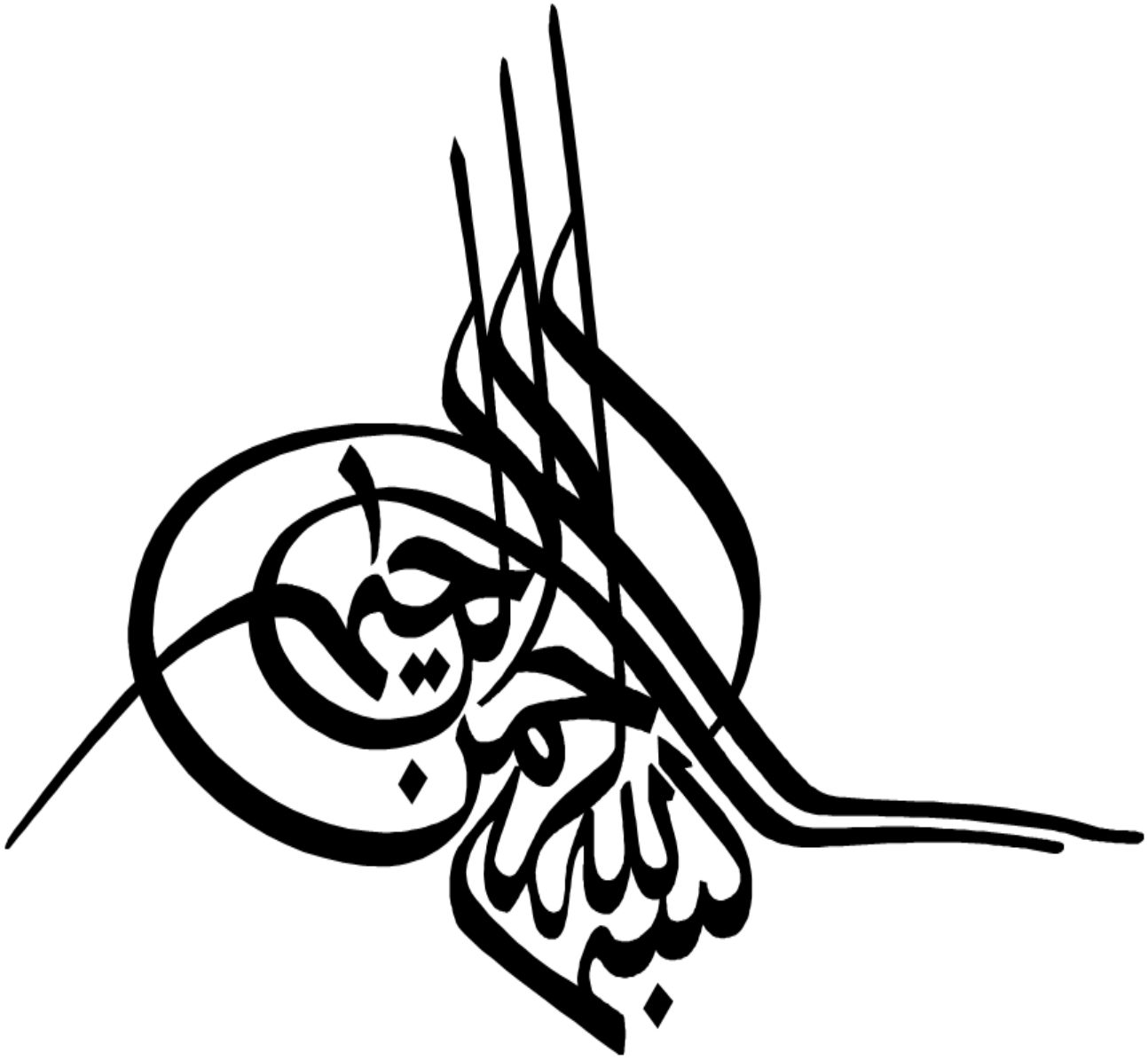
مهندس ابراهیم راستگو

پائیز ۹۳



WWW.GeoGIS.ir
e_rastgou@yahoo.com

www.jozve.org



www.jozve.org

تقدیم به بهترین‌های زندگانی‌ام

پدر

و

مادر

مهربانم

WWW.GeoGIS.ir

e_rastgou@yahoo.com

www.jozve.org

فهرست

عنوان **صفحه**

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

www.jozve.org

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 (واسطه یابی) 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 قابل‌گسترش 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

www.jozve.org

شیت‌بندی نقشه‌های عمومی..... ۶۳
شیت‌بندی نقشه‌های مسیر..... ۶۴

www.GeoGIS.ir

www.jozve.org

فصل نخست

مقدمه

کارتوگرافی به‌عنوان 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 می شود تا علاوه بر هماهنگی در روش‌های تولید نقشه افزایش یابد و توان بهره‌برداری از نقشه و ایجاد محیطی قابل‌فهم برای کاربران به وجود آورد.

تعریف و مفهوم کارتوکرافی

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.

به‌طورکلی دو معنا از کارتوگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

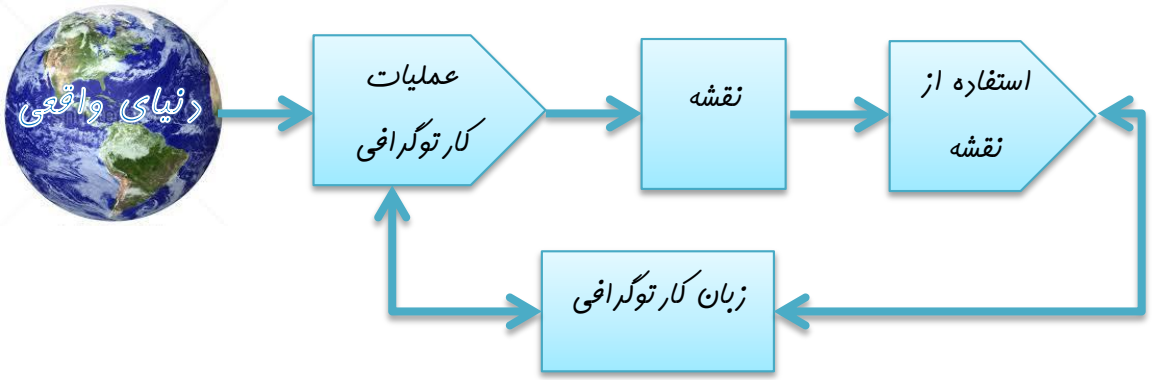
۱- کارتوگرافی عام

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

۲- کارتوگرافی خاص

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

www.jozve.org



«نمودار روند بصری سازی و جایگاه کارتوگرافی»

نقشــه: تصــویر قائم از هر پدیده و یا عوارض ســطح زمین بر روی صــفحه‌ای افقی (کاغذ) که پدیده‌های سطح زمین به‌طور یکسان به یک نسبت در آن کوچک شده باشند. به‌عبارت‌دیگر 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 صفحه‌ی 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 خواهند شد، این به این معنا است که اولین قدم در کارتوگرافی تعیین نسبت کوچک نمایی اســت، میزان کوچک نمایی عوارض برای ترســیم 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

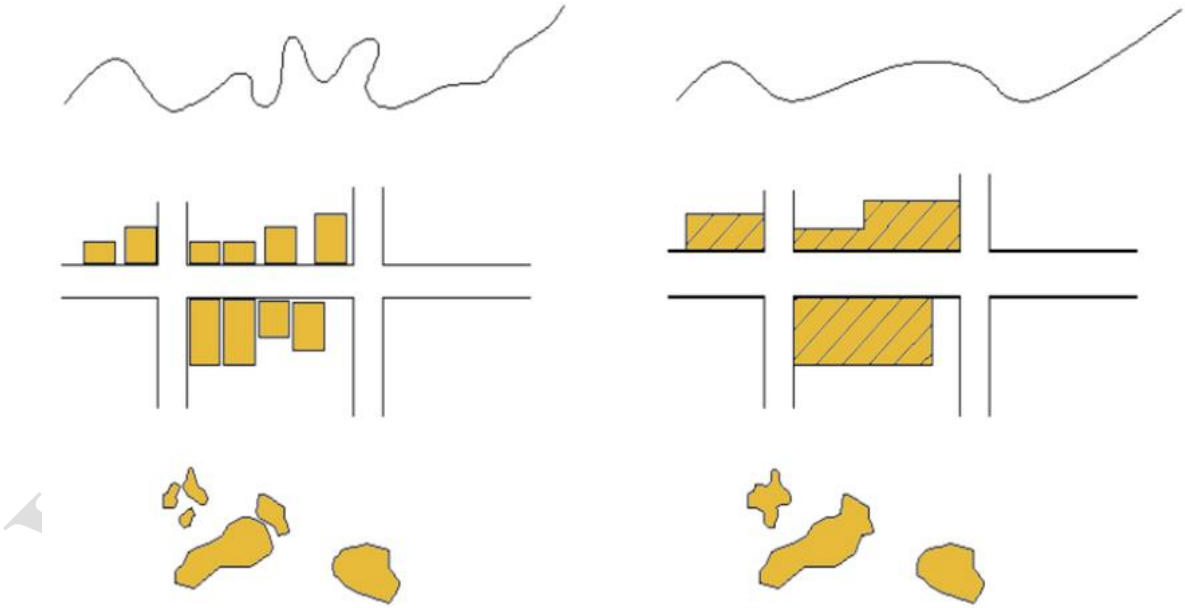
www.jozve.org

نقشه‌ها به‌طورکلی وضعیت اجسام را از سه بعد (طولی، 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 مساحت رخ می‌دهد. سیستم تصویر چارچوب 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[1] (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 این‌رو همگی این خصوصیات موردنیاز نبوده و باید مورد خلاصه‌سازی واقع گردد.

نحوه و میزان خلاصه‌سازی به عوامل چون: مقیاس، شکل، نوع و نزدیکی عوارض به یکدیگر و اهمیت عوارض بستگی دارد.



خلاصه سازی باید با حفظ دقت هندسی و توصیفی نقشه و همچنین کیفیت زیبایی شناختی نقشه همراه باشد.

[1] *Generalization*

www.jozve.org

در کل دو نوع خلاصه‌سازی وجود دارد.

۱- خلا صه سازی گرافیکی: در این نوع خلا صه سازی شامل ساده سازی، 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 محتویات 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 حروف 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 ازلحاظ 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 درج‌شده می‌باشد، این‌گونه نقشه‌ها در ارتباط با ناوبری هوایی یا دریایی است.

www.jozve.org

ج) پلان: نقشه‌های بزرگ‌مقیاس از مناطق شهری و نواحی مسکونی با دقت بالا به‌صورت 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 حفظ نموده و هیچ طبقه‌بندی از عوارض منحصراً مدنظر نباشد مانند نقشه‌های عمومی زیر:

۱- نقشه توپوگرافی ۲- نقشه پلانی گراف ۳- نقشه قاره‌ها یا کشورها (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) متوسط مقیاس: 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.

www.jozve.org

ه) خیلی بزرگ‌مقیاس (پلان): مقیاس این‌گونه نقشه‌ها بین $\frac{1}{1000}$ الی $\frac{1}{50}$ است مانند نقشه‌های ساختمانی.

روش‌های تهیه اطلاعات برای تولید یک نقشه

۱- روش نقشه‌برداری زمینی.

۲- روش نقشه‌برداری هوایی و فضایی (فتوگرامتری و سنجش‌ازدور).

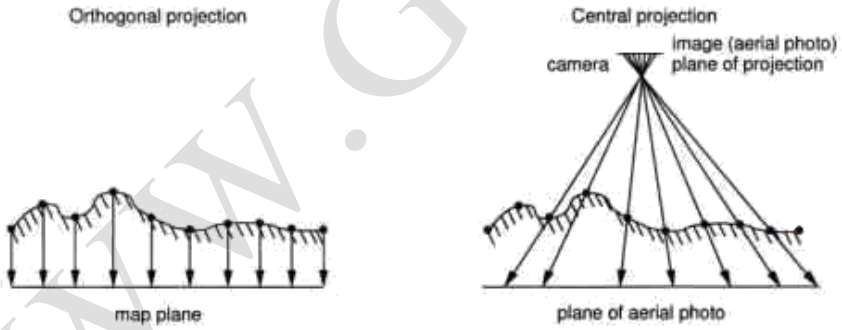
۳- روش تهیه اطلاعات از اسناد و مدارک موجود.

۴- استفاده از داده‌های لیدار (*LIDAR*).

۵- استفاده از داده‌های *GPS*.

مقایسه نقشه و عکس

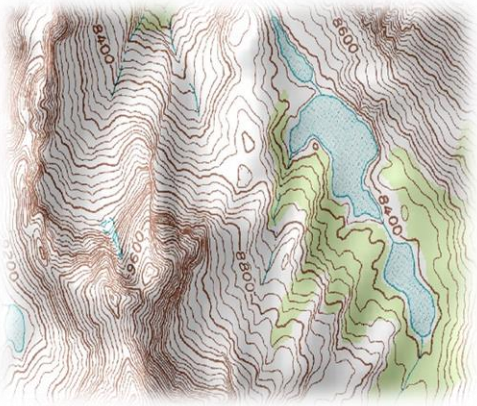
۱- عکس تصویری است مرکزی درحالی‌که نقشه تصویری است قائم (ارتوگونال)



۲- مقیاس در عکس در تمامی سطوح آن یکسان نیست درصورتی‌که در نقشه مقیاس در تمامی نقاط آن یکسان است.

۳- یک تصویر به‌تنهایی نمی‌تواند عوارض ارتفاعی را نمایش دهد. (برای دستیابی به عوارض ارتفاعی نیاز به ایجاد مدلی با دو تصویر و ایجاد دید برجسته‌بینی است).

www.jozve.org



۴- برای درک عوارض در تصویر نیاز به مطالعه و تجربه درزمینه تفسیر عکس است که آن نیز در مقیاس‌های کوچک بسیار مشکل است، درصورتی‌که در نقشه این‌گونه نیست.

۵- عکس را به‌راحتی و با زمان بسیار کم نسبت به نقشه می‌توان تهیه نمود. (به‌خصوص اگر مقیاس کوچک باشد)

۶- در عکس کلیه عوارض و جزئیات موجود خواسته یا ناخواسته وجود دارد در صورتی‌که در نقشه چنین نیست.

۷- معمولاً بزرگ کردن نقشه اشتباه است زیرا نقشه با توجه به مقیاس با دقتی پایین‌تر تهیه‌شده و زمانی که آن را بزرگ می‌کنیم باعث ایجاد خطا در نقشه می‌گردد درصورتی‌که در عکس این کار بسته به قدرت تفکیک مکانی (رزولوشن) عکس مانعی ندارد.

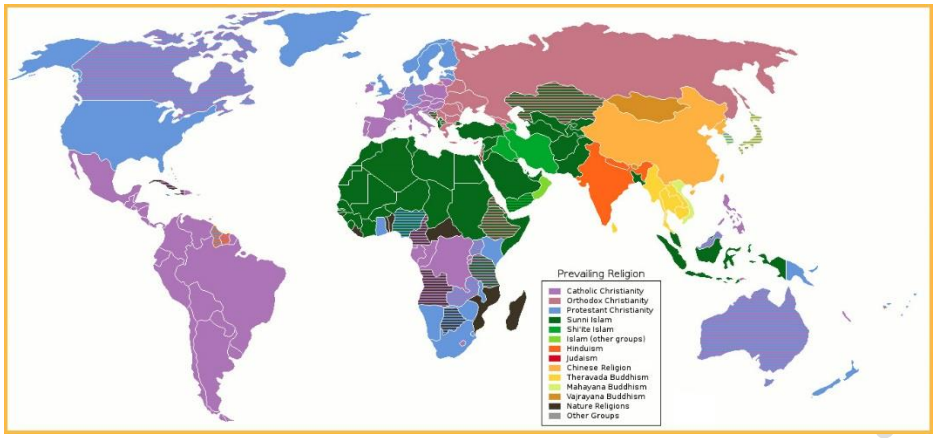
۸- به‌طورکلی خصوصیت کلی و کیفیت عکس از نقشه بیشتر است.

۹- امکان دید ۳ بعدی در نقشه وجود ندارد ولی به کمک ایجاد دید برجسته‌بینی با زوج عکس می‌توان یک نمای ۳بعدی ایجاد کرد.

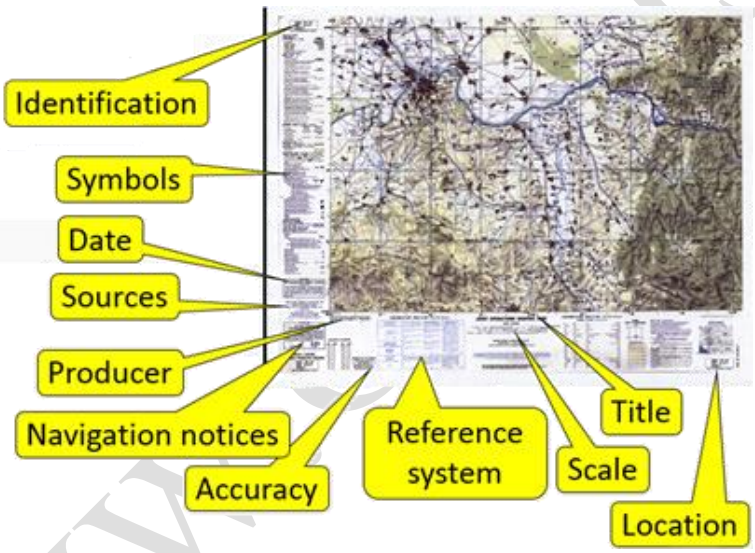
۱۰- چنانچه مقیاس عکس کوچک باشد عوارض را نمی‌توان به‌راحتی شناسایی نمود درصورتی‌که در نقشه چنین نیست.

۱۱- در نقشه امکان استفاده از علائم و رنگ‌های مختلف برای نمایش و بارزسازی عوارض وجود دارد درصورتی‌که در عکس تمامی عوارض بارنگ و شکل خود نمایش داده می‌شود.

www.jozve.org



۱۲- در نقشه می‌توان از راهنمای نقشه (نوشته‌ها و علائم) برای کمک به خوانایی نقشه استفاده نمود درصورتی‌که 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 به‌صورت لحظه‌ای امکان اشتباه در آن وجود ندارد درصورتی‌که در نقشه امکان وجود اشتباه است.

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

www.jozve.org

دقت نقشه

به‌طورکلی 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 نحوه ارائه اطلاعات

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

۲- دقت در نحوه 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- خلاصه‌سازی عوارض (جنرالیزه کردن) ۴- نحوه نمایش متون ۵- حاشیه 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 بلعکس هر چه مقیاس نقشه بزرگ‌تر باشد دقت آن نیز بیشتر باید باشد.

با چند مثال زیر تا حدی 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؟

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

www.jozve.org

$$S=\frac{ab}{AB}=\frac{1}{200}=\frac{ab}{10\times1000}\Rightarrow ab=50^{mm}$$

❇ خطای ترسیم=دقت ترسیم

با توجه به ابزار تر سیم و از همه مهمتر قدرت بینایی می‌توان دقتی را برای تر سیم بیان کرد. اگر از ابزار دقیقی برای ترسیم استفاده شود (به‌عنوان‌مثال از قلمی باضخامت 0.1^{mm} استفاده شود) درنهایت این دقت زمانی معنا پیدا می‌کند که برای ما قابل‌تشخیص باشد، به این مقدار، خطای ترسیم یا دقت ترسیم گفته می‌شود. به عبارتی ما بتوانیم با چشم غیرمسلح کوچک‌ترین جز ترسیم را ببینیم. پس می‌توان نتیجه گرفت که در ترسیم سنتی (ترسیم روی کاغذ) دقت ترسیم برابر با حد تشخیص چشم 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، سخت‌افزار و ابزار نمایش بستگی دارد.

❇ لازم به ذکر است که در برخی منابع این مقدار 0.2^{mm} ذکرشده است.

❇ با توجه به مطالب گفته‌شده خطای ترسیم یکی از معیارهای اصلی در تعیین دقت مکانی نقشه است. ازاین‌رو برای تهیه داده‌های موردنیاز برای ترسیم باید دقت برداشت داده‌ها (دقت داده) به‌اندازه متناسب با مقیاس یا همان خطای ترسیم باشد یعنی دقت برداشت خیلی بیشتر یا کمتر از دقت ترسیم نباشد. رابطه خطای ترسیم و مقیاس به‌صورت زیر است:

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

مثال: برای تهیه نقشه‌ی مسطحاتی از دانشکده خود با مقیاس‌های $\frac{1}{100}$ و $\frac{1}{2500}$ در هرکدام، کدام‌یک از وسایل زیر را متناسب می‌بینید؟

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

$$\frac{1}{100}=\frac{0.1}{e_{\max}}\rightarrow e_{\max}=100\times0.1=10^{mm}=1^{cm}$$

www.jozve.org

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

پاسخ تشریحی: برای تهیه نقشه با مقیاس $\frac{1}{100}$ نیاز به دقت برداشتی به‌اندازه 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 به‌درستی 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 خطای مسطحاتی مجاز 10^{cm} و قطر چاه 140^{cm} می‌توان نتیجه گرفت که چاه حتمان 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 صرف‌نظر 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*

www.jozve.org

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 کدام‌یک از وسایل زیر مناسب است؟

الف) قدم شمار ب) متر پارچه‌ای ج) متر فلزی د) تئودولیت به روش تاکئومتری

ه) دستگاه توتال استیشن

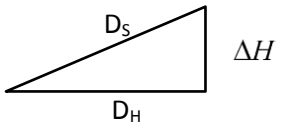
$$\frac{1}{100}=\frac{0.1}{\sigma_{xy}} \Rightarrow \sigma_{xy}=100\times 0.1=10^{mm}=1^{cm}$$

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

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:

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



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 صرف‌نظر 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 ۰٫۱ میلی‌متر است.

www.jozve.org

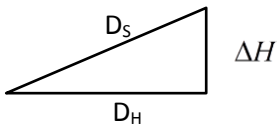
روش اول:

$$G\% = \frac{\Delta H}{D_H} \times ۱۰۰ \Rightarrow \Delta H = \frac{G\%}{۱۰۰} \times D_H = \frac{۱۰}{۱۰۰} \times D_H = ۰/۱ \times D_H$$

$$D_S = \sqrt{\Delta H^۲ + D_H^۲} = \sqrt{(۰/۱ \times D_H)^۲ + D_H^۲} = \sqrt{۱/۰۱} \times D_H$$

$$C = D_H - D_S \Rightarrow C = D_H - \sqrt{۱/۰۱} \times D_H = ۱^m$$

$$\Rightarrow ۱ = D_H (۱ - \sqrt{۱/۰۱}) \Rightarrow D_H = ۲۰۰/۵^m \approx ۲۰۰^m$$



روش دوم:

$$C = D_H - D_H \cos\alpha \quad , \quad \alpha = \tan^{-۱}(\frac{\Delta H}{D_H}) = \tan^{-۱}(۰/۱)$$

$$\Rightarrow C = D_H (۱ - \cos(\tan^{-۱}(۰/۱)) = ۱^m \Rightarrow D_H = \frac{۱}{۱ - \cos(\tan^{-۱}(۰/۱))} = ۲۰۱/۵^m \approx ۲۰۰^m$$

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

دقت کمی نقشه: معمولاً مراکز معتبر در کشورهای پیشرفته میزان خطای موجود در نقشه‌های مبنای خود را که در طی مراحل مختلف تهیه نقشه غیرقابل‌اجتناب است را به‌عنوان دقت کمی نقشه‌ها بیان می‌کنند، به‌عنوان‌مثال دقت کمی نقشه‌های $\frac{1}{2500}$ سازمان نقشه‌برداری انگلستان $۰/5^m$ 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 ازلحاظ 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.

www.jozve.org

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 ازلحاظ صحت و دقت موردبررسی قرار گرفته باشد و ازلحاظ دقت موردقبول باشد.

انواع مقیاس

۱-مقیاس عددی یا کسری

در بیان این نوع مقیاس از کسری استفاده می‌شود که در صورت آن اندازه‌ی واحدی در نقشه و در مخرج 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 کسر مقیاس میلی‌متر یا واحد دیگری باشد در مخرج کسر نیز واحد اندازه‌گیری زمینی نیز باید برحسب میلی‌متر یا واحد دیگری (هم واحد با صورت کسر مقیاس) باشد.

مقیاس عددی یا کسری معمولاً به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

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

در برخی از منابع، در بیان مقیاس کسری یا عددی، صورت و مخرج 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:

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

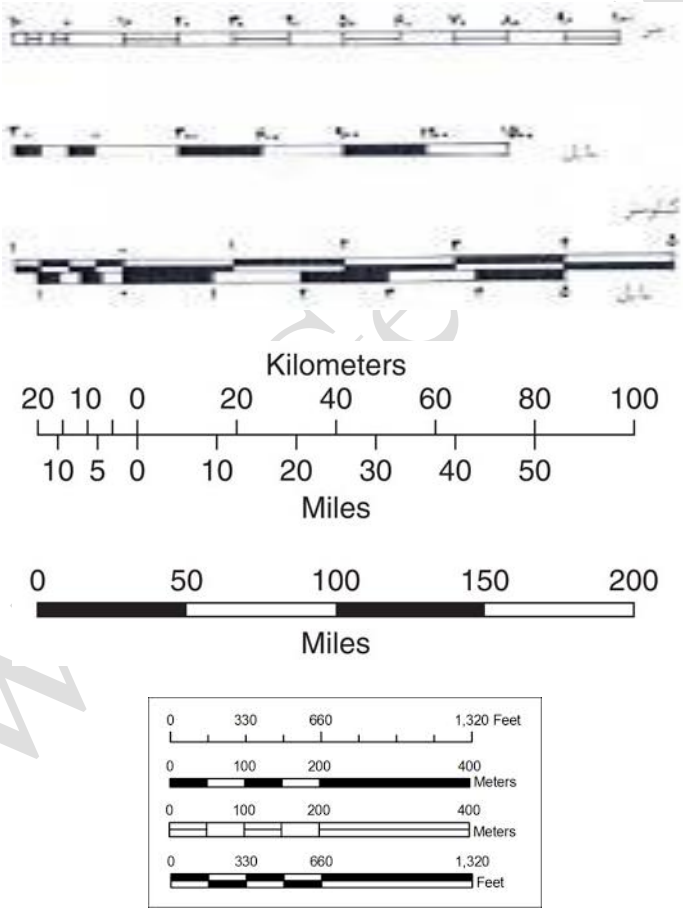
۲- مقیاس لفظی یا بیانی

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

www.jozve.org

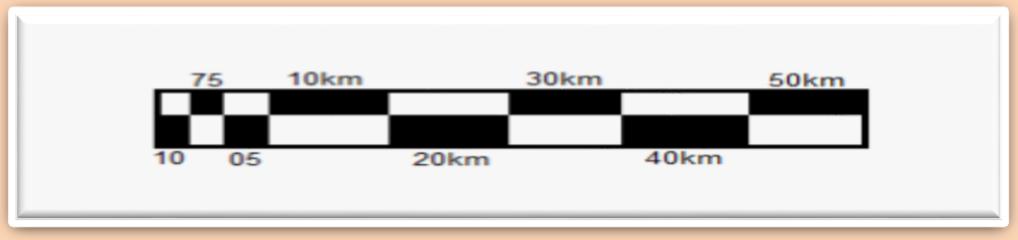
۳- مقیاس ترسیمی یا خطی

در فرایند تکثیر نقشه ممکن است تغییرات ناخواسته‌ای در ابعاد نقشه رخ دهد، به‌عنوان‌مثال در فرایند کپی‌برداری. به این خاطر نمی‌توان تنها به مقیاس عددی که در پایان نقشه است اطمینان نمود، ازاین‌رو خط مدرجی معمولاً به طول 12^{cm} در پایان نقشه به‌عنوان مقیاس ترسیمی یا خطی ترسیم می‌گردد که در فرایند تکثیر این مقیاس نیز دستخوش تغییر قرار می‌گیرد و با علم به‌اندازه‌ی هر یک از قطعات این خط مندرج می‌توان به مقیاس جدید نقشه دست‌یافت. گفتنی است که شکل این شاخص (مقیاس خطی) 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)

www.jozve.org



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

نکته: معمولاً در حاشیه تمامی نقشه‌ها (حاشیه 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 ۱:۵۰۰۰ برابر ۲۱٫۶ میلی‌متر و فاصله همین نقطه روی یک نقشه برابر ۸٫۶۴ سانتیمتر است مقیاس نقشه چقدر است؟

$$\frac{S_1}{S_2}=\frac{AB_{S_1}}{AB_{S_2}}=\frac{\frac{1}{5000}}{S_2}=\frac{21/6^{mm}}{86/4^{mm}}\Rightarrow S_2=\frac{1}{1250}$$

S_1: مقیاس نقشه اول | S_2: مقیاس نقشه دوم | AB_{S_1}: طول روی نقشه اول | AB_{S_2}: طول روی نقشه دوم

www.jozve.org

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

مقیاس سطح

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

رابطه مقیاس برای عوارض سطحی : $\text{مقیاس به توان 2} = \frac{\text{مساحت روی نقشه}}{\text{مساحت روی زمین}} \rightarrow S^2 = \frac{a}{A}$

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

مثال: مساحت قطعه زمینی بر روی نقشه $\frac{1}{2000}$ برابر با ۲ اینچ مربع است، مطلوب است مساحت واقعی این قطعه زمین برحسب فوت مربع، مترمربع و هکتار:

$$1^{ft} = 12^{in} = 2.54^{cm}$$

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

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

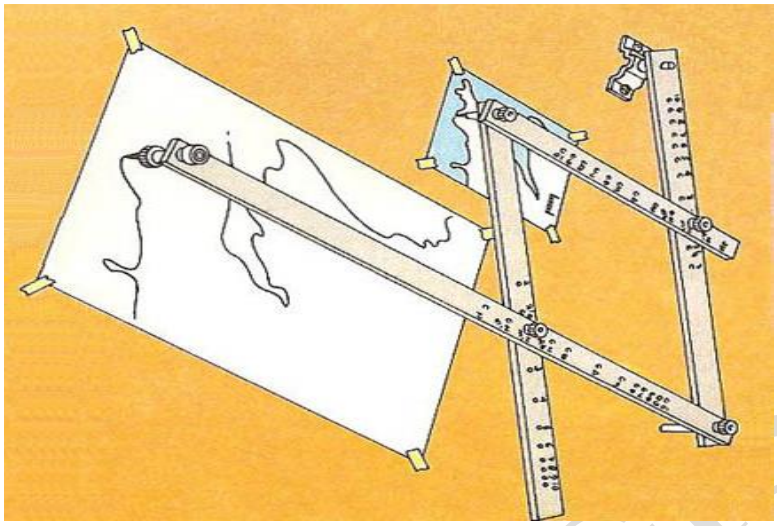
$1^h = 10000m^2 \rightarrow$ رابطه مهم

روش‌های تغییر مقیاس

۱- پانتوگراف

www.jozve.org

و سیله‌ای ا ست معمولاً مکانیکی برای بزرگ‌نمایی نقشه، این و سیله در سه نوع متوازی‌الا ضلاع، 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 مساحت نقشه چقدر می‌شود؟

$$\frac{S_1^2}{S_2^2}=\frac{a_{S_1}}{a_{S_2}}=\frac{\left(\frac{1}{5000}\right)^2}{\left(\frac{1}{5000}\times 2/5\right)^2}=\frac{480}{a_{S_2}}\Rightarrow a_{S_2}=3000^{cm^2}$$

S_1: مقیاس نقشه اول S_2: مقیاس نقشه دوم a_{S_1}: مساحت روی نقشه اول a_{S_2}: مساحت روی نقشه دوم

۲- استفاده از عکس‌برداری و بزرگ‌نمایی

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

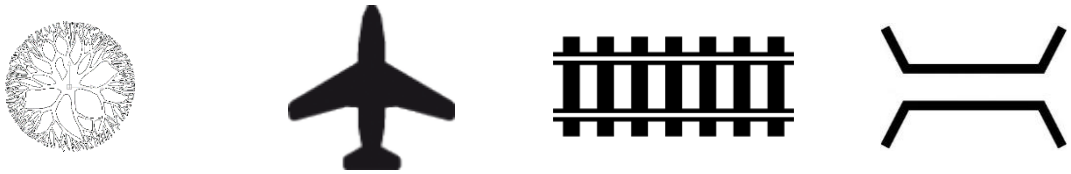
علائم قراردادی

همان‌طور که در بیان تفاوت عکس و نقشه گفته شد در نقشه نمی‌توان عیناً عوارض را نشان داد، ازاین‌رو هر اورگان یا سازمان استانداردی 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:

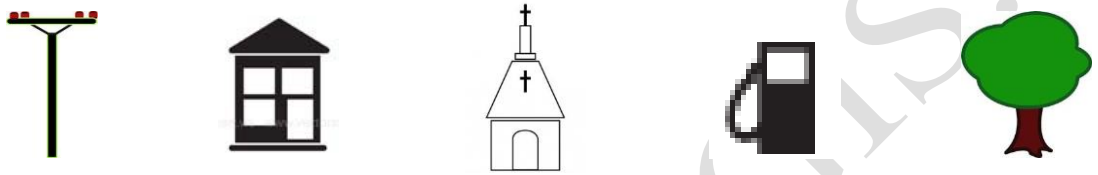
www.jozve.org

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



پل　　خط راه‌آهن　　فرودگاه　　درخت

معمولاً بهتری شکل عارضه از دید قائم (دید پلان) است و درصورتی‌که نتوان شکل عارضه را به‌خوبی با این دید نشان داد از تصویر نیم‌رخ استفاده می‌شود:



درخت　　پمپ سوخت　　کلیسا　　ساختمان　　تیر برق

۲- اندازه: اندازه علائم یا سمبل ارتباط مستقیم با مقیاس نقشه، اهمیت عارضه، تراکم عوارض و محدوده‌ی 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 به‌گونه‌ای که، رنگ سمبل به‌گونه‌ای 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 می شود تا اهمیت یک موضوع را بیان نماید.

انواع علائم قراردادی از لحاظ ساختار

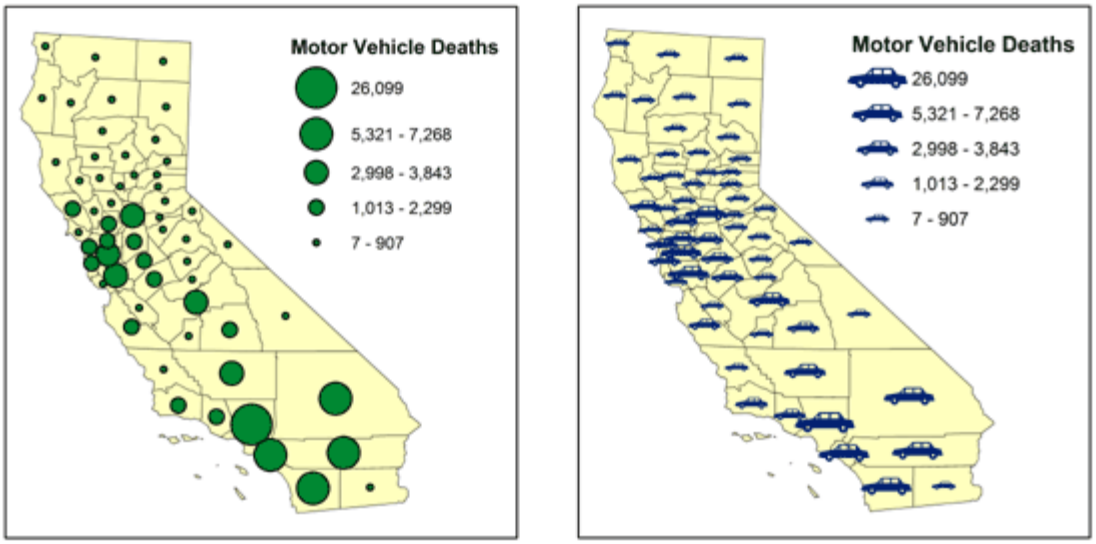
www.jozve.org

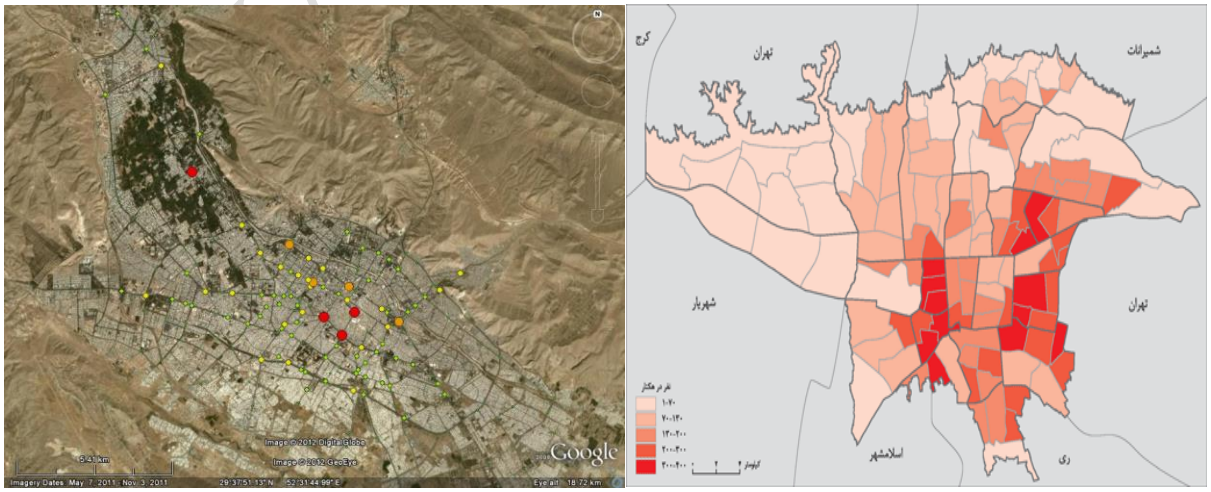
علائم قراردادی را می‌توان بر اساس نوع عارضه به سه دسته نقطه‌ای، خطی و سطحی تقسیم‌بندی نمود:

۱- علائم قراردادی نقطه‌ای

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

به‌عنوان‌مثال 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 بلعکس:

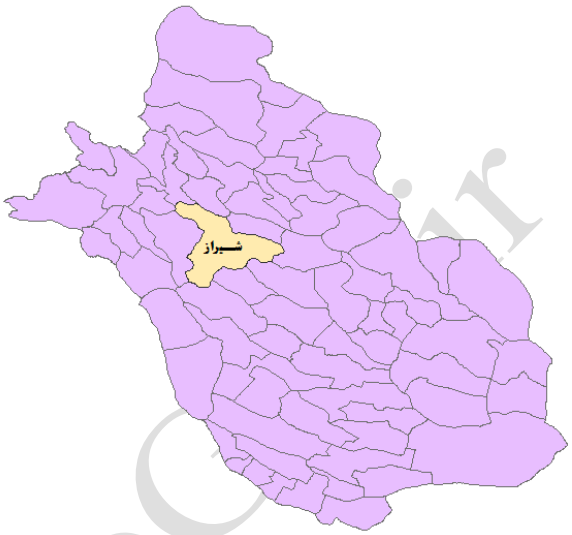




نقشه نقاط گره ترافیکی شهر شیراز در ۱۴۰۰ — نقشه پتانسیل آتش‌سوزی شهر تهران

www.jozve.org

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 استانی

نمایش شهر شیراز در نقشه کشوری

۲- علائم قراردادی خطی

از این نوع علائم که به‌صورت خطی هستند، برای نمایش عارضه‌هایی که ذاتاً خطی می‌باشند مانند: حدود، جاده‌ها، خطوط نیرو، آب‌های روان سطحی، معابر داخلی شهر، کانال‌های هدایت آب و ... استفاده می‌شود.

لوله نفت

خط انتقال نیرو

خط تلگراف

راه‌آهن

راه اصلی

راه فرعی

مرز حدود

۳- علائم قراردادی سطحی

www.jozve.org

از این علائم برای نمایش مساحتی 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 ساختمان‌ها، دریاچه‌ها، فضای سبز و...

نمایش ارتفاعات در نقشه

نمایش ارتفاع عوارض نسبت به نمایش موقعیت عوارض از تنوع کمتری برخوردار است و ازآنجایی‌که چشم انسان عوارض را به‌صورت سه نما (*perspective*) می‌بیند بایستی نقشه‌هایی که نیاز به درک ارتفاع عارضه است را به‌گونه‌ای نشان داد که برای خواننده قابل‌درک 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:

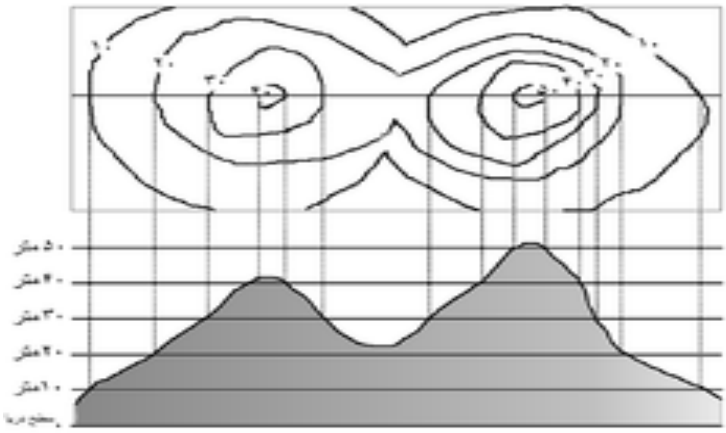
	A	B	C	D	E	F	Ave.
i	1.95	1.81	1.77	1.90	1.92	1.90	1.876
ii	1.80	1.71	1.62	1.78	1.69	1.68	1.712
iii	1.67	1.59	1.51	1.64	1.53	1.54	1.578
iv	1.43	1.39	1.46	1.51	1.53	1.54	1.455
v	1.21	1.32	1.46	1.50	1.52	1.48	1.418
vi	1.36	1.45	1.49	1.50	1.52	1.51	1.473
vii	1.48	1.47	1.49	1.47	1.48	1.51	1.484
viii	1.47	1.48	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 می‌باشد، یا به عبارتی چنانچه عارضه

www.jozve.org

موردنظر برای نمایش را با صفحاتی افقی و موازی که فاصله مابین آن‌ها یکسان است تقاطع دهیم سطح مقطع ایجادشده بر روی عارضه را منحنی‌تراز یا منحنی‌میزان یا متساوی‌البعد گویند.



✌ **نکته:** گفتنی است که برای بیان ارتفاعات به‌صورت کیفی روش‌های دیگری نیز وجود دارد که در دسته نمایش ارتفاعات به‌وسیله رنگ‌ها قرار می‌گیرد.

تعیین فاصله (اختلاف ارتفاع) بین منحنی‌میزان‌ها

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 برحسب متر S: عدد مقیاس α: زاویه بزرگ‌ترین شیب منطقه

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

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

www.jozve.org

مثال: مطلوب اســت تعیین فاصــله‌ی منحنی‌میزان نقشــه‌ای با مقیاس $\frac{1}{2000}$ از منطقه‌ای که بیشــترین ارتفاع و کمترین ارتفاع و فاصــله مابین این دو نقطه به ترتیب 120^m,101^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 منحنی‌تراز به نوع منطقه و دقت ارتفاعی موردنیاز از نقشه (که به مقیاس نقشه نیز وابســته اســت) بســتگی دارد. با توجه با مطالب گفته‌شــده در هر مقیاســی می‌تواند فاصــله منحنی‌های تراز متفاوت باشــد. به‌طورمعمول فاصــله منحنی‌های تراز $\frac{1}{1000}$ یا $\frac{1}{2000}$ عدد مقیاس نقشه انتخاب می‌شود.

مثال: مطلوب است تعیین فاصله‌ی منحنی‌میزان 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 منحنی‌های تراز است. پس اگر دقت نقشه در دسترس باشد، می‌توان به فاصله منحنی‌های تراز دست‌یافت.

دقت مسطحاتی نقشه: دقت مسطحاتی یک نقشه برای یک عرضه مشخص یا یک نقطه بایستی بهتر از 0.1 میلی‌متر در مقیاس نقشه باشد.

www.jozve.org

دقت ارتفاعی نقشه: دقت ارتفاعی یک نقشه با توجه به نوع منطقه ازلحاظ 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 $\frac{1}{2000}$.

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

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

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

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

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

طبقه‌بندی مناطق بر اساس درصد شیب

سطوح طبیعی زمین را بر اساس خط 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%

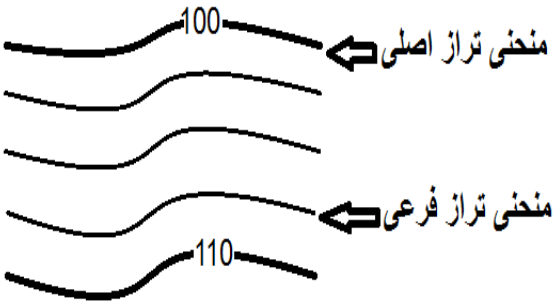
نمایش منحنی‌تراز (منحنی‌میزان)

www.jozve.org

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

۱- منحنی‌میزان‌های اصلی

منحنی‌میزان اصلی معمولاً در نقشه‌های ضخیم‌تر از منحنی‌های میزان دیگر نمایش داده می شود و ارتفاع هر منحنی نیز در این نوع منحنی‌میزان بر روی آن به شـــکل زیر درج می‌گردد و همچنین معمولاً رنگ این منحنی بارنگ دیگر منحنی‌ها متفاوت است.



ضخامت منحنی‌میزان‌های اصلی معمولاً ۲ برابر ضخامت منحنی‌میزان‌های فرعی است.

فاصله‌ی بین دو منحنی‌میزان اصلی ۵ برابر فاصله ارتفاعی دو منحنی‌میزان فرعی متوالی است.

۲- منحنی‌میزان‌های فرعی

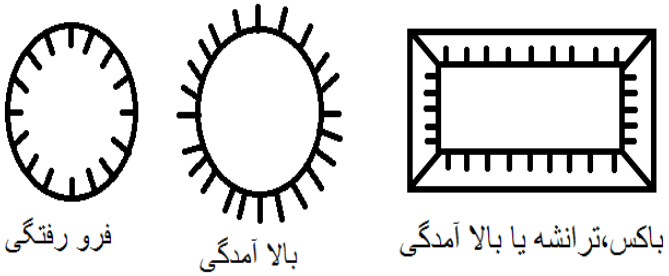
همان‌طور که در تعریف منحنی‌میزان اصلی بیان شد فاصله‌ی منحنی‌میزان‌های فرعی $\frac{1}{5}$ فاصله‌ی منحنی‌میزان‌های اصـــلی اســـت و می‌توان نتیجه گرفت که تعداد منحنی‌میزان‌های فرعی بســـیار بیشتر از منحنی‌میزان‌های اصلی در یک نقشه توپوگرافی است.

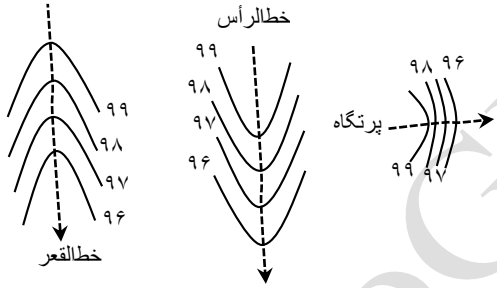
معمولاً ارتفاع بر روی منحنی‌میزان فرعی درج نمی‌شـــود و ضـــخامت این منحنی‌ها بین 0.1^{mm} تا 0.2^{mm} میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

نمایش منحنی‌میزان‌های خاص

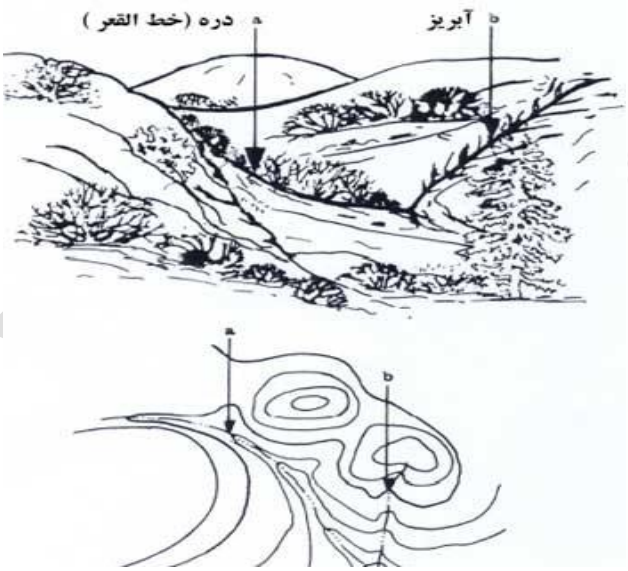
-در برخی از موارد عوارضـــی در طبیعت وجود دارد که نمایش منحنی‌میزان را غیرقابل‌درک یا غیرممکن می‌سازد، ازاین‌رو عوارضی که تعداد آن‌ها نیز محدود می‌باشد را علامت گزاری می‌کنند.

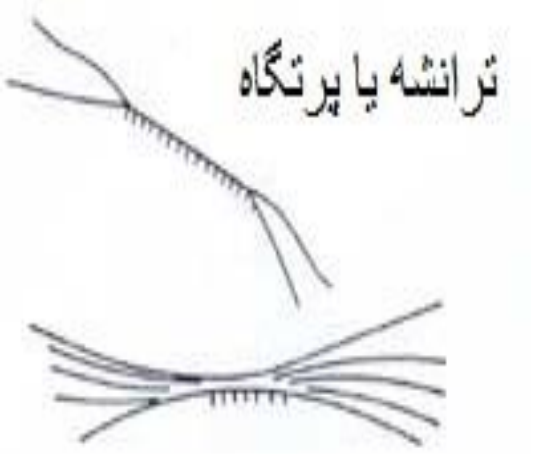
www.jozve.org



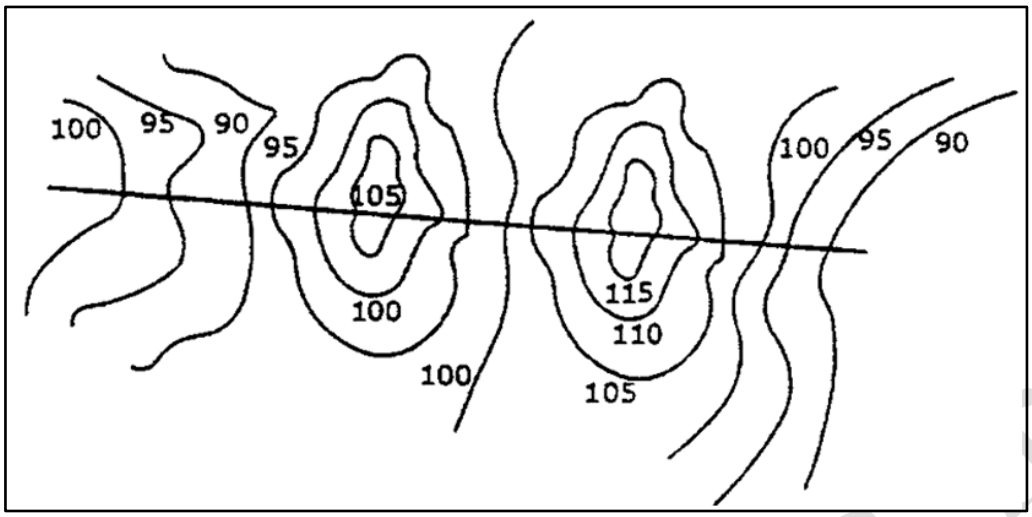


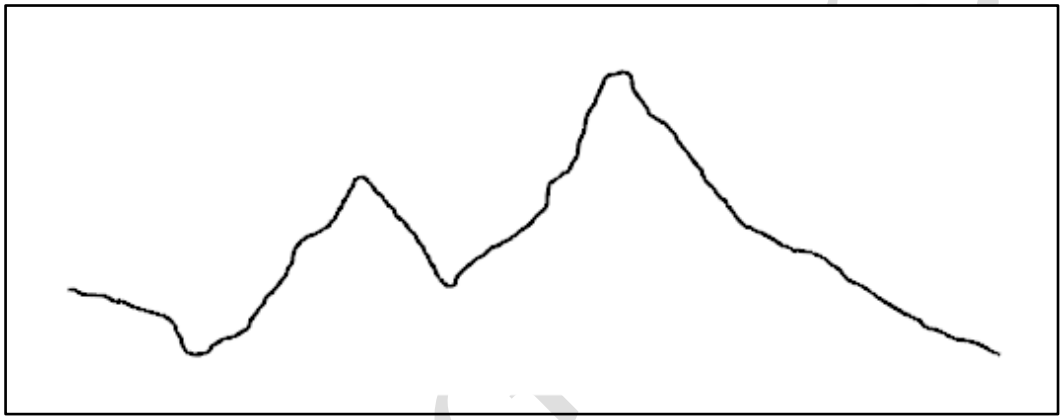
شناسایی عوارض ارتفاعی از روی شکل منحنی‌میزان: شکل و ساختار منحنی‌میزان تعیین‌کننده برخی از عوارض می‌باشد که در شکل کِنار و صفحه بعدی به آن‌ها اشاره می‌گردد.

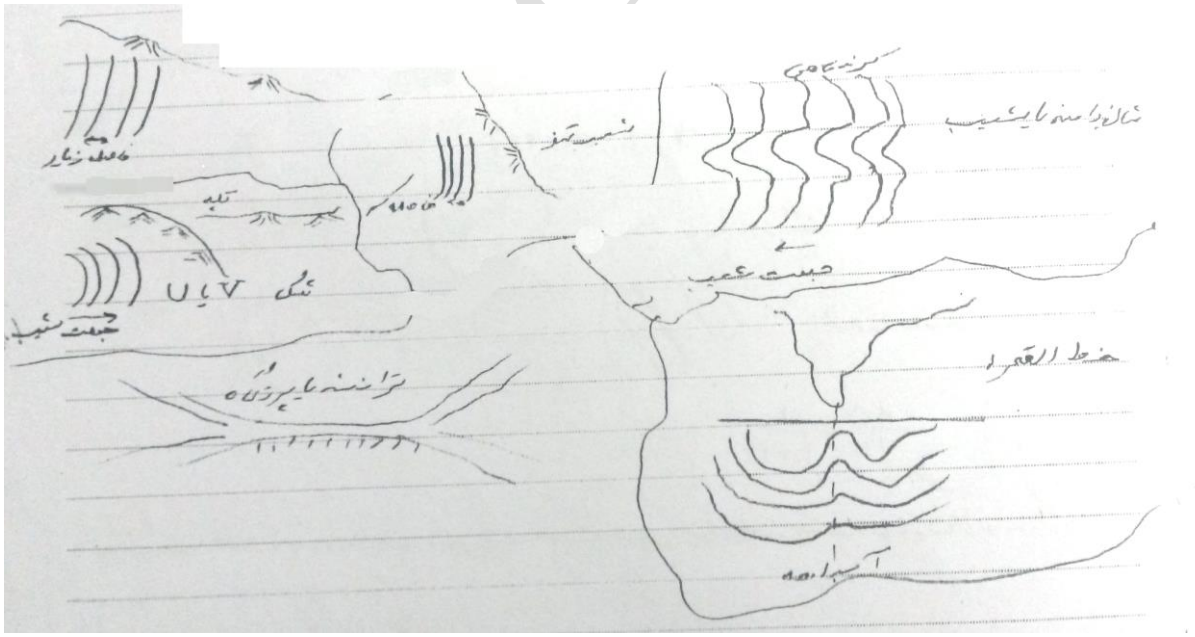




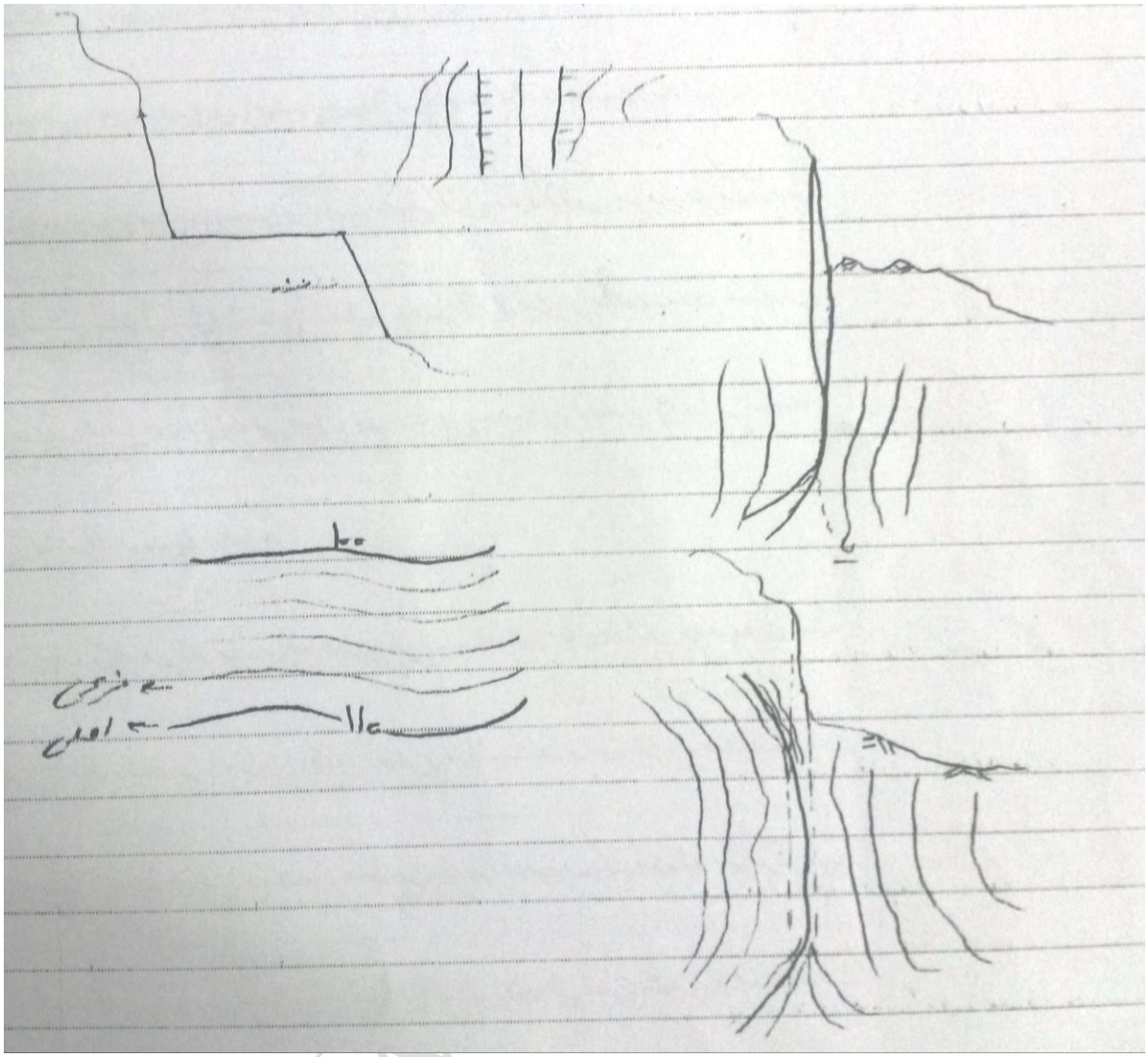
www.jozve.org



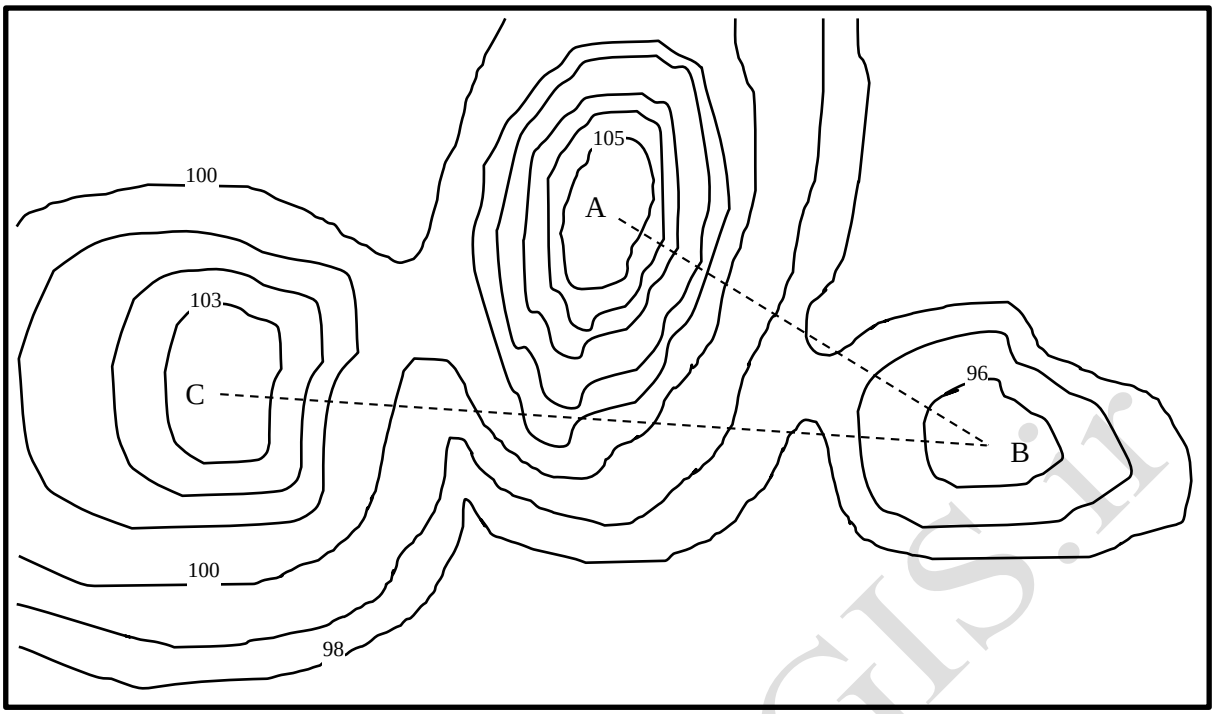




www.jozve.org



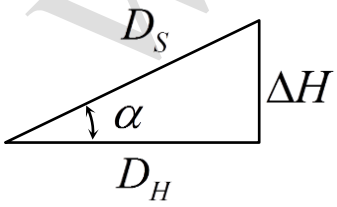
تمرین: پروفیل طولی از نقطه *A* به *B* و از *B* به *C* را رسم کنید (مقیاس طولی و ارتفاعی‌ای باهم برابر در نظر گرفته شود)



انواع روش‌های بیان شیب:

شیب را معمولاً به ۳ روش می‌توان نمایش داد:

۱-زاویه شیب (α): 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.

www.jozve.org

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

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 به‌صورت نسبی است. در این روش باید ابتدا فاصله افقی و سپس اختلاف ارتفاع را بیان کرد. در این روش فاصله افقی را معمولا 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 (N و M) به شرح زیر باشد، مطلوب است یا شیب بین مخزن M و مخزن N برحسب درصد شیب، زاویه شیب و نسبت شیب.

N	120	M	514
	110		312
	100		151

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

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

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

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

برای نمایش شـــیب بین دو نقطه بر روی یک نقشـــه توپوگرافی (منحنی‌میزان) بایســـتی ابتدا فاصله‌ی 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:

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

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

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

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

درونیابی (واسطه یابی)

درونیابی عبارت اســـت از تخمین یک کمیت مجهول که در بین کمیت‌های معلومی واقع شـــده اســـت. با توجه به تعداد معلوماتی که برای تخمین کمیت مجهول بکار می‌رود می‌توان برای درونیابی از معادله‌های خط، صـفحه و رویه (چندجمله‌ای‌ها درجه سه به بالا) اسـتفاده کرد. در اینجا ما از درونیابی خطی برای بد ست آوردن مجهول ا ستفاده 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 فاصـــله افقی بین دو مخزن آب (N و M) 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 ر سیدن به ارتفاع ۱۴۳ متر چند متر باید از مخزن M در را ستای مخزن N به صورت مایل پیش رفت؟

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

www.jozve.org

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 منحنی‌میزان ۱۰۲ متری و انتهای آن (نقطه B) بر روی منحنی‌میزان ۸۳ متری باشد، مطلوب است طول خط مایل AB بر روی سطح زمین و در صد شیب آن.

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

$$G_{AB}\% = \frac{83-102}{50} = -38\% \qquad DS_{AB} = \sqrt{19^2 + 50^2} = 53.48^{m}$$

محاسبه دقت نسبی عوارض روی نقشه: دقت نسبی از رابطه تقسیم میزان خطای 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 به‌اندازه $\pm 3^{cm}$ 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 به‌صورت همگن است.

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

اصول طراحی:

www.jozve.org

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

۱- محتوای نقشه

۲- نمایش اهمیت و موضوع

۳- هماهنگی و تمایز

۱-محتوای نقشه: در محتوای 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 دسته‌ی خاص از عوارض تأکید گردد و عمل جنرالیزاسیون (خلاصه‌سازی) بر روی عوارض دیگر صورت می‌گیرد، به‌عنوان‌مثال در نقشه‌های توپوگرافی خلاصه سازی بر روی منحنی‌های میزان صورت نمی‌گیرد و بیشتر متوجه عوارض مسطحاتی و دیگر عوارض می‌شود (زیرا این نقشه با باید تأکید برنمایش 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، به‌طورکلی 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 خطی: در نقشه بهتر است در حد امکان، از به‌کارگیری علائم خطی صرف‌نظر کرد.

۲- استفاده از رنگ‌های متناسب: رنگ به کار گرفته شده جهت نمایش هر عارضه بسته به نحوه ارائه نقشه بایستی متفاوت باشد، مثلاً چنانچه ارائه نقشه به‌صورت 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 به‌صورت *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 رؤیت با توجه به پس‌زمینه باشند. (مثلاً رنگ زرد بر روی کاغذ سفید

www.jozve.org

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 حاشیه‌ی 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 اندکس 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 خواهند 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.

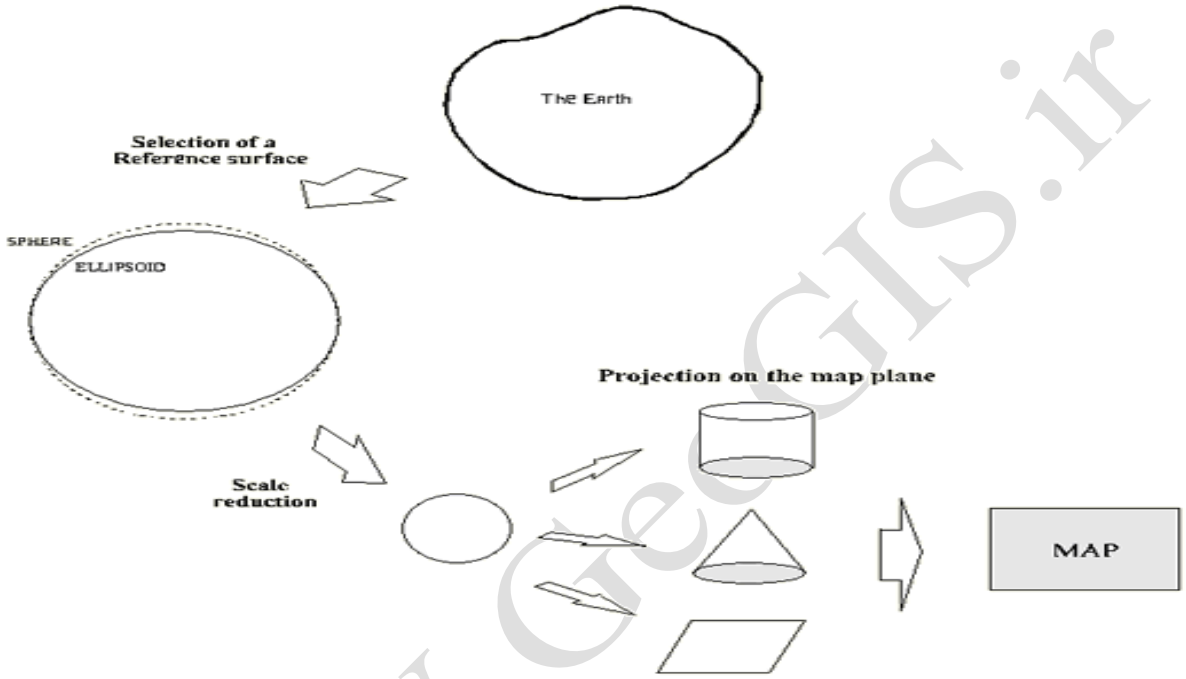
این سه شمال در پایین گوشه‌ی سمت راست به شرح زیر ترسیم می‌گردد: شمال شبکه که همان امتداد محورهای سیستم مختصات است، شمال جغرافیایی که زاویه‌ی آن با شمال شبکه را تقارب نصف النهارات می‌نامند و برای مرکز هر برگه‌ی نقشه جداگانه محاسبه می‌گردد. شمال مغناطیسی که در محل اندازه‌گیری می شود و انحراف سالیانه و دوره‌ای 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 خطی در صورت امکان در پایین نقشه و در قسمت وسط آن قرار داده شود.

سیستم تصویر (Project system)

www.jozve.org

سیستم تصویر: یکی از مهم‌ترین اهداف کارتوگرافی نمایش سطح کره‌ی زمین است حال برای نمایش سطح کروی بر روی نقشه دچار مشکل هستیم زیرا کره سطحی غیرقابل‌گسترش است برای حل این مشکل باید عوارض سطح کره را به‌گونه‌ای بر روی یک سطح صاف (یک سطح قابل‌گسترش) تصویر نمود یا به عبارت یک سیستم تصویر تعریف کرد سیستم تصویر درواقع سطح سه‌بعدی را برای ما بر روی دو برد بر روی نقشه نمایش خواهد بود.



براثر تبدیل سطح سه‌بعدی به سطح دوبعدی (نقشه) ناگزیر برخی از خطاها ایجاد می‌شود (برخی از عوارض تغییر شکل می‌یابد و مساحت آن‌ها یا زاویه یا ابعاد آن‌ها تغییر می‌کنند). با توجه به تأثیراتی که اعمال یک سیستم تصویر بر روی عوارض طبیعی می‌گزارد 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 (حفظ زاویه) (conformal)

۲- هم مساحت (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 درنتیجه شکل عارضه نیز حفظ خواهد شد. باید به این نکته اشاره

www.jozve.org

کرد که حفظ شکل در این سیستم تصویر به وسعت منطقه نیز بستگی دارد و چنانچه وسعت زیاد باشد تغییر شکل خواهیم داشت، این نوع سیستم تصویر به لحاظ حفظ زاویه مورداستفاده در چارت‌های دریایی، نقشه‌های نظامی و نقشه‌های توپوگرافی می‌باشد. در این نوع سیستم تصویر مدارات و نصف النهارات بر هم عمد خواهند بود.

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

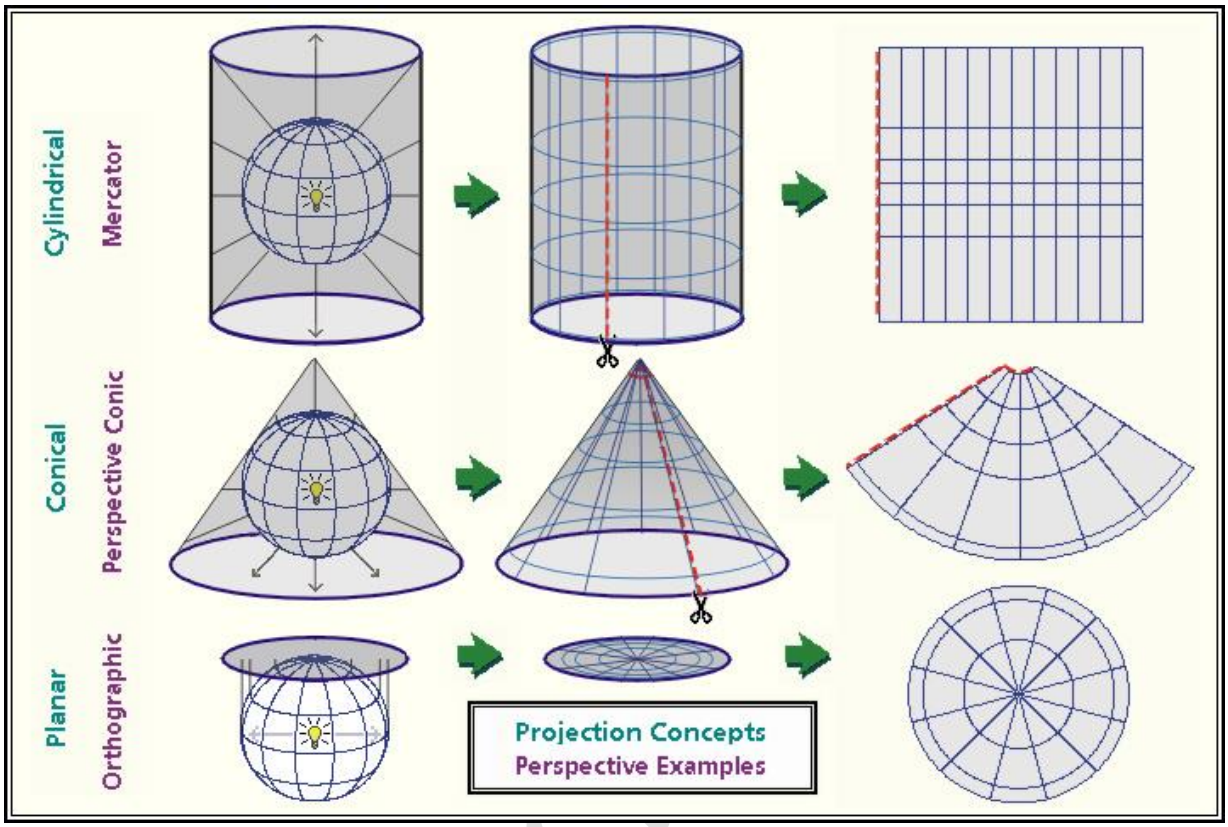
۳-سیستم تصویر هم فاصله (Equal Distance): در این نوع سیستم تصویر تمامی فاصله‌ها از یک نقطه و یا دو نقطه به‌صورت نسبی ثابت می‌ماند، این نوع سیستم تصویر کمترین کاربرد را نسبت به دو روش قبل دارد زیرا تنها خاصیت آن حفظ فاصله بوده و کمتر اتفاق می‌افتد که بخواهیم فاصله را در یک جهت خاص اندازه‌گیری کنیم، لازم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

طبقه‌بندی سیستم‌های تصویر بر اساس سطوح قابل‌گسترش

طبقه‌بندی سیستم‌های تصویر بر اساس سطوح قابل‌گسترش 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، ازجمله این سطوح می‌توان به استوانه، مخروط و صفحه تخت اشاره نمود و بر اساس سطح مورداستفاده سیستم‌های تصویر نام گزاری 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.

www.jozve.org

(چه آسان تماشاگر سبقت ثانیه‌هاییم و به عبورشان می‌خندیم، چه آسان لحظه‌ها را به کام هم تلخ می‌کنیم و چه ارزان به اخمی می‌فروشیم لذت باهم بـودن 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 می شود 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 درعین‌حال نقطه تقارن نیز محسوب می‌شود، در کلیه تصاویر تغییرات ضریب مقیاس از مرکز تصویر در تمام جهات یکسان می‌باشد، کلیه دوایر عظیمه از مرکز تصویر عبور می‌نماید به‌صورت خطوطی مستقیم ظاهر می شود و آزیموت این امتدادها از مرکز تصویر مقداری صحیح می‌باشد، در این نوع سیستم با تغییر خودی (مرکز سیستم تصویر) نحوه تصویر عوارض سطح کره متفاوت خواهد بود، بر این اساس ۳ نوع سیستم تصویر به وجود می‌آید:

www.jozve.org

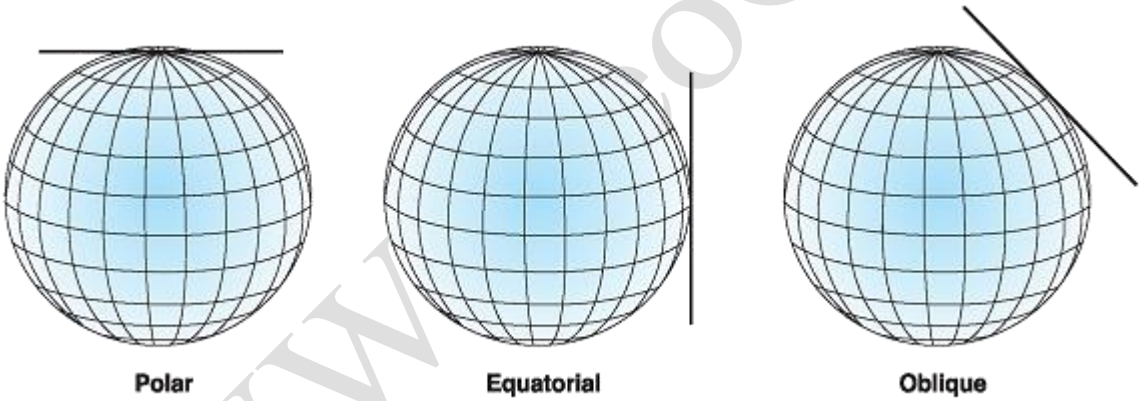
۱- اورتوگرافیک[1]: در این نوع سیستم تصویر معمولاً صفحه بر یکی از قطبین مماس بوده و مرکز تصویر در بی‌نهایت می‌باشد. (شکل الف)

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

۲-۱ استروگرافیک[2]: در این نوع سیستم تصویر صفحه بر یکی از قطب‌ها مماس می شود و منبع نوری در قطب دیگر قرار می‌گیرد، یا به عبارتی منبع نوری در سمت نادیر نقطه مماس می‌باشد. (شکل ب)

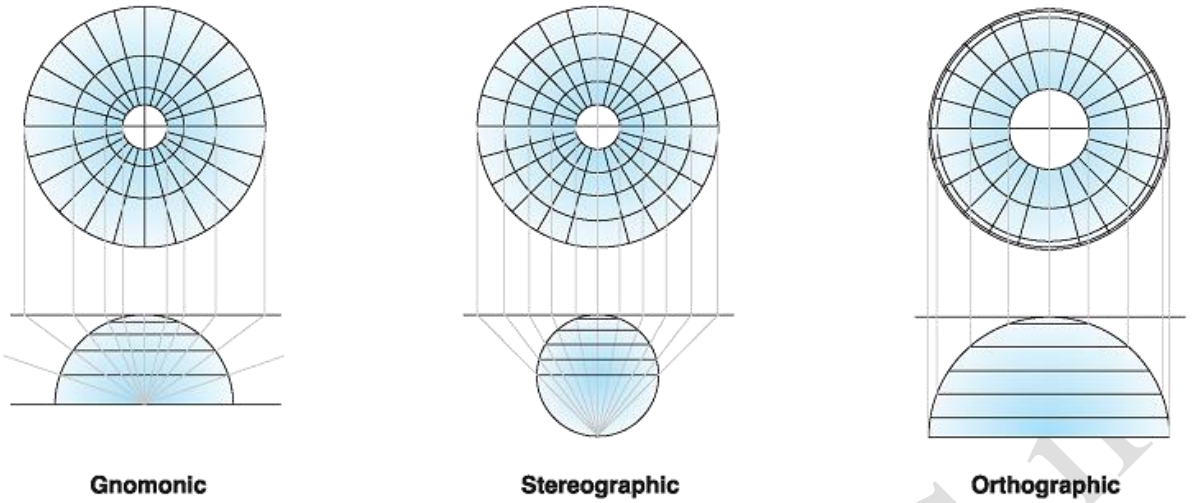
۳-گنومونیک[3]: در این نوع سیستم تصویر صفحه بر یکی از قطبین مماس شده و منبع نوری در مرکز کره واقع می‌باشد. (شکل ج)

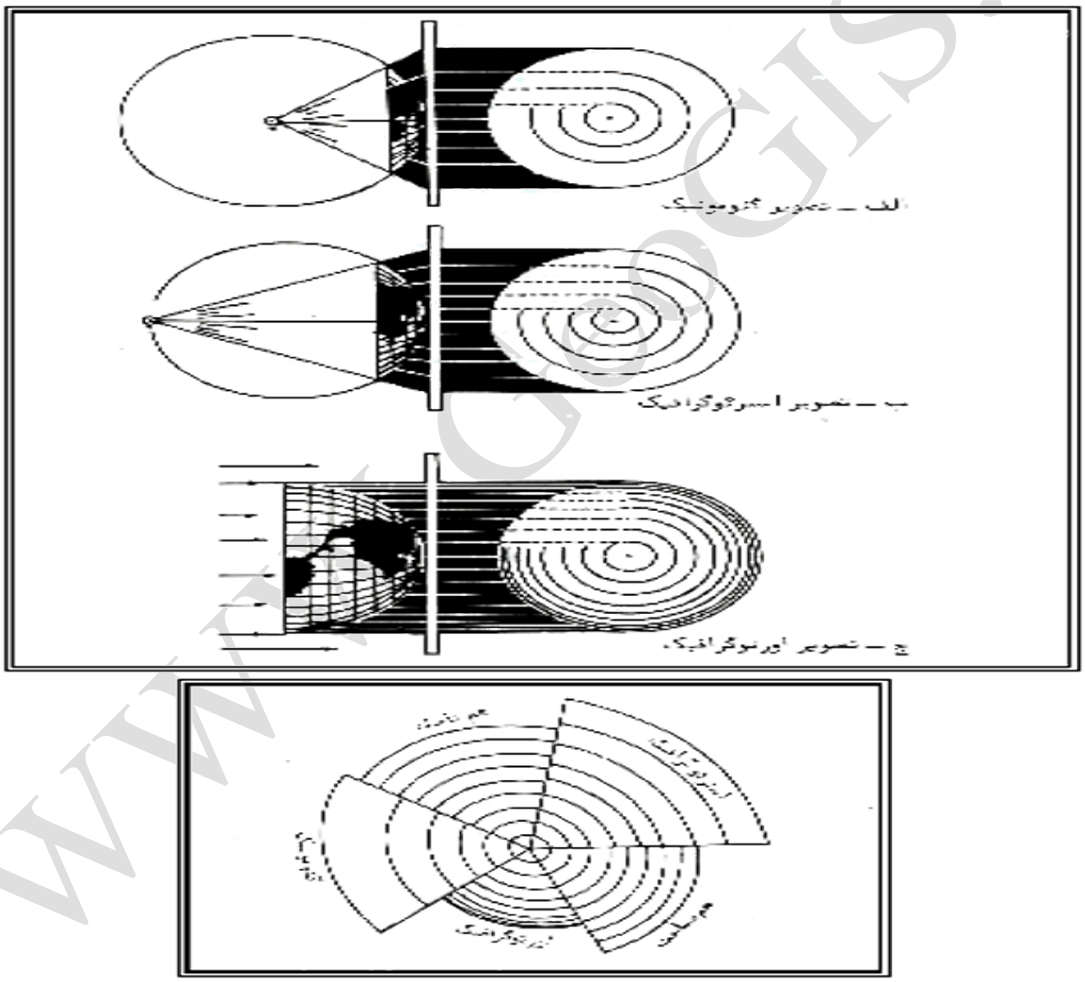
✓ در سیستم تصویر صفحه‌ای بسته به این‌که منبع نوری در چه مکانی واقع است فاصله‌ی دوایر عظیمه متغیر خواهد بود، مانند شکل زیر:



[1] Orthographic
[2] Stereographic
[3] Gnomonic

www.jozve.org





نحوه ظهور مدارات و نصف النهارات درتصویرهای صفحه ای

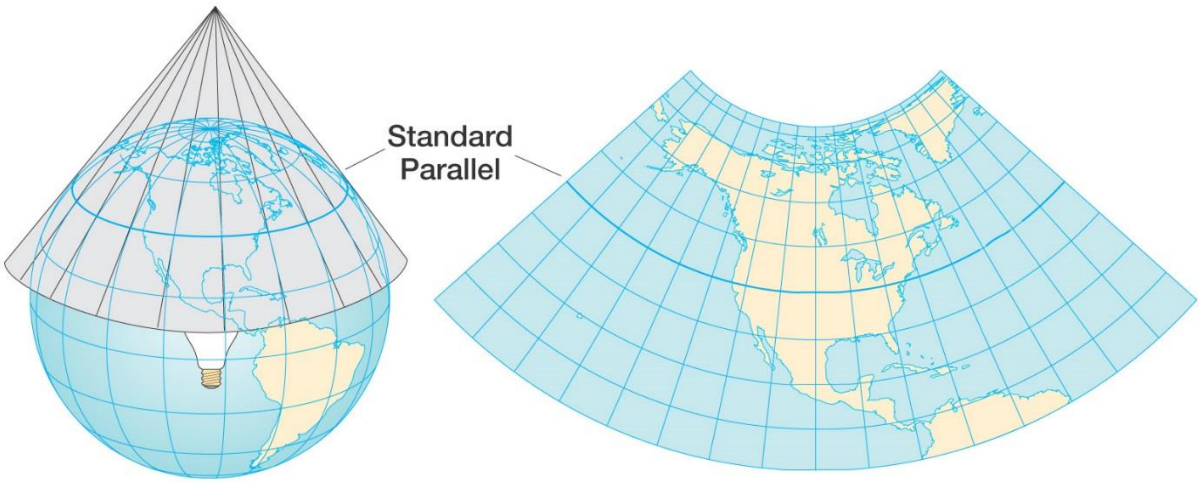
نکته: چنانچه در سیستم تصویر استوانه‌ای طول نصف‌النهارها یا سطح استوانه مماس باشد، اصطلاحاً به این سیستم تصویر استوانه‌ای جانبی گفته می شود و چنانچه مدار سطح استوانه با مدار استوا مماس باشد سیستم تصویر در حالت معمولی می‌باشد.

در مورد سیستم تصویر سمتی یا آزیموتی چنانچه صفحه در نقطه‌ای در استوا با کره مماس گردد به آن حالت استوایی گفته می شود 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 صفحه 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 احاطه شده که رأس آن در بالای قطب قرار دارد. نقشه مورد نظر در روی مخروط مربوط پیاده می‌شود و سپس مخروط باز می‌شود خطوط مستقیمی که از رأس مخروط منشعب می‌شوند نمایشگر نصف النهارات دوایر متحدالمرکز نمایشگر خطوط موازی عرض‌های جغرافیایی هستند.



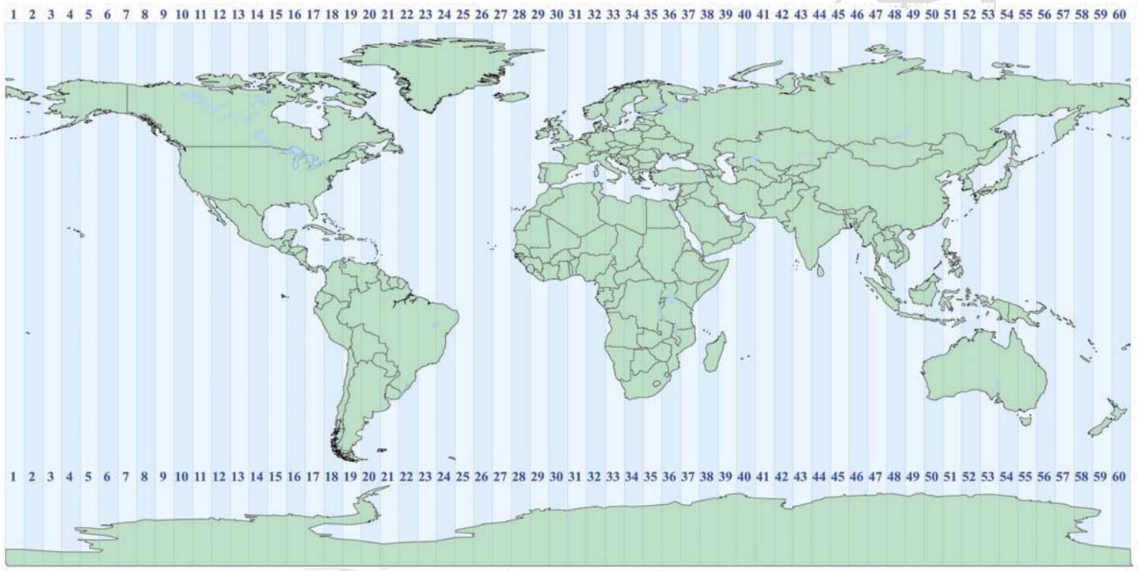
سیستم تصویر استوانه‌ای (Cylindrical Projection)

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، ازاین‌رو برای تعریف یک سیستم تصویر جهانی و درعین‌حال

www.jozve.org

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 ازآن‌پس اکثر کشورهای جهان این سیستم را به‌عنوان سیستم مبنای تصویر خود در جهت تهیه نقشه قرار دادند و همچنین سطح‌مبنای 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 سستم تصویر متشابه ((*Conformal*) است.

UTM Zone Map for the World

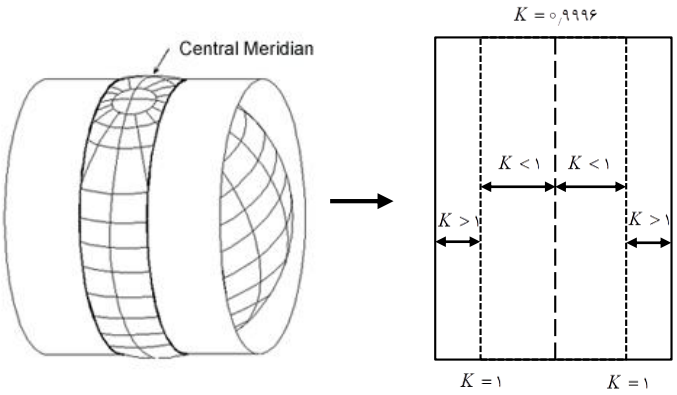


خصوصیات سیستم تصویر UTM:

۱-سطح‌مبنای: 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 0.9996است.

www.jozve.org

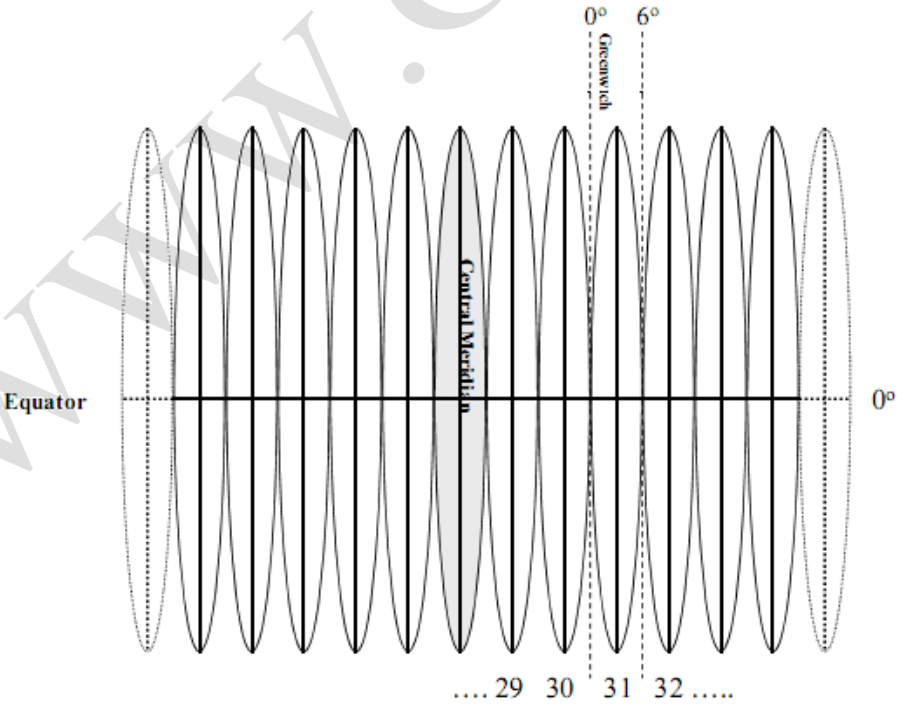
www.geogis.ir



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 محصور 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 محصور بین عرض جغرافیایی ۱۷۴ درجه تا ۱۸۰ درجه شرقی را قاچ شماره ۶۰ می‌نامند ادامه می‌یابد، لازم به ذکر است که ایران در زون‌های ۳۸ تا ۴۱ واقع گردیده است.

مطابق شکل زیر:

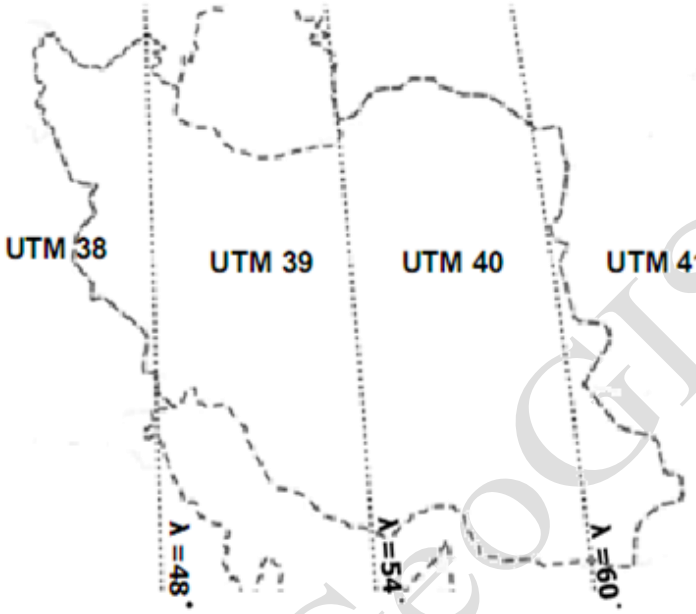


برای به دست آوردن شماره هر قاچ با توجه به طول جغرافیایی آن از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

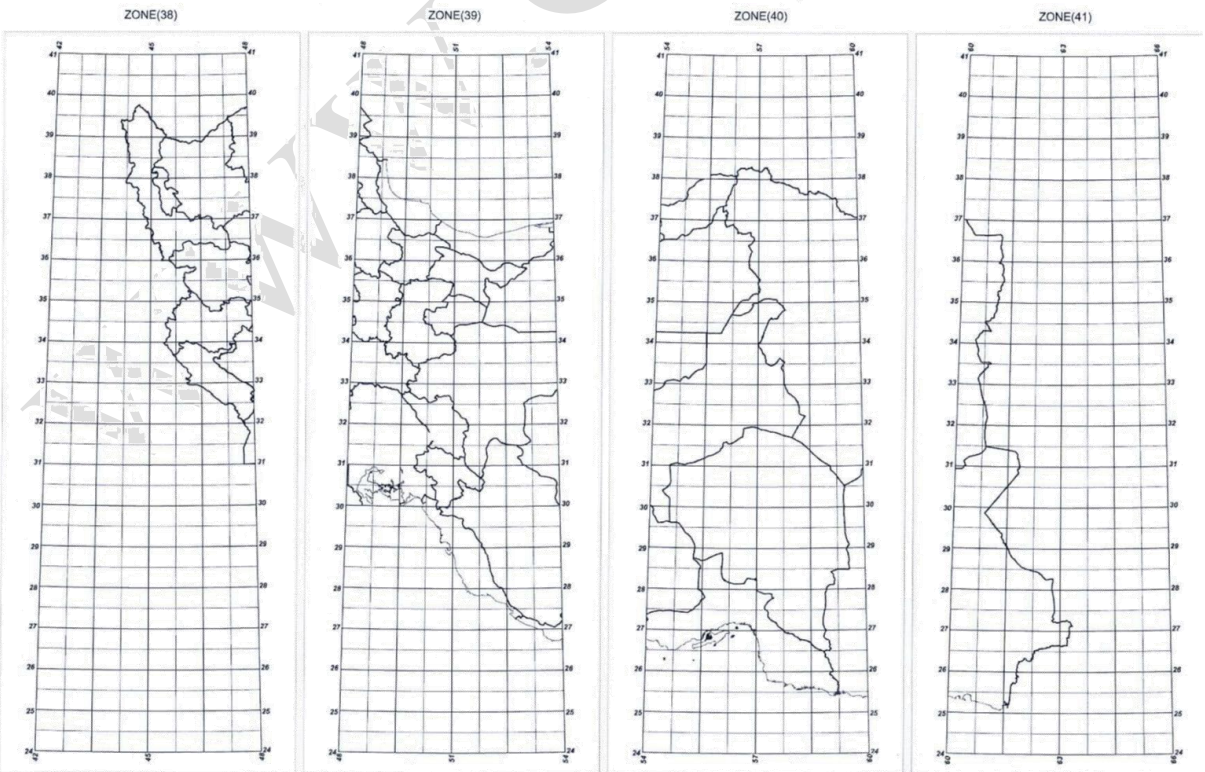
www.jozve.org

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

✌ **نکته:** اگر طول جغرافیایی منفی باشـــد یا به عبارتی منطقه غربی باشـــد باید مقدار طول جغرافیای نیز به‌صورت منفی در رابطه بالا بکار رود.



منطقه بندی ایران بر اساس سیستم UTM



www.jozve.org

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 قاچ 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 قاچ می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

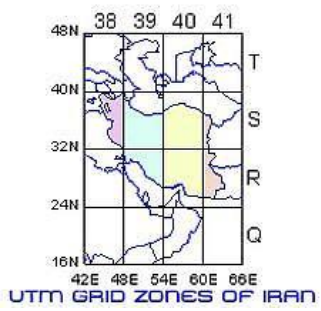
$$\text{طول جغرافیایی نصف‌النهار مرکزی} = \left[\frac{\lambda}{6}\right] \times 6 + 3$$

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

* کشـــور ایران ازلحاظ جغرافیایی در بین طول جغرافیایی ′۵ °۴۴ تا ′۱۸ °۶۳ (در زون های ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱) و در بین عرض جغرافیایی ′۰۳ °۲۵ تا ′۴۷ °۳۹ قرار دارد.



رابطه‌های تبدیل مختصات ژئودتیکی به **UTM** و برعکس

www.jozve.org

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

یا

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

$$Y=Rk_0[\arctan[\tan\varphi/\cos(\lambda-\lambda_0)]-\varphi_0]$$

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

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

$$\varphi=\arcsin[\sin D/\cosh(x/Rk_0)]$$

$$\lambda=\lambda_0+\arctan[\sinh(x/Rk_0)/\cos D]$$

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

مثال: چنانچه سطح‌مبنای سیستم تصویر UTM در دایره‌ای به شعاع 6400^{KM} در نظر بگیریم مطلوب است مختصات مکان‌های زیر در سیستم مختصات UTM.

$$A=\lambda:50^\circ17'12.1''\rightarrow\varphi:21^\circ01'52''$$

$$B=\lambda:-50^\circ17'12.1''\rightarrow\varphi:-21^\circ01'52''$$

$$N_{ZA}=\left[\frac{50^\circ17'12.1''}{6}\right]+31=39$$

$$\lambda_{Z\,center\,A}=\left[\frac{50^\circ17'12.1''}{6}\right]\times6+3=51^\circ$$

$$\Delta\lambda=50^\circ17'12.1''-51=0^\circ42'47.9''$$

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

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

$$N_{ZB}=\left[\frac{-50^\circ14'12.1''}{6}\right]+31=23$$

$$\lambda_{Z\,center\,B}=\left[\frac{50^\circ17'12.1''}{6}\right]\times6+3=51^\circ$$

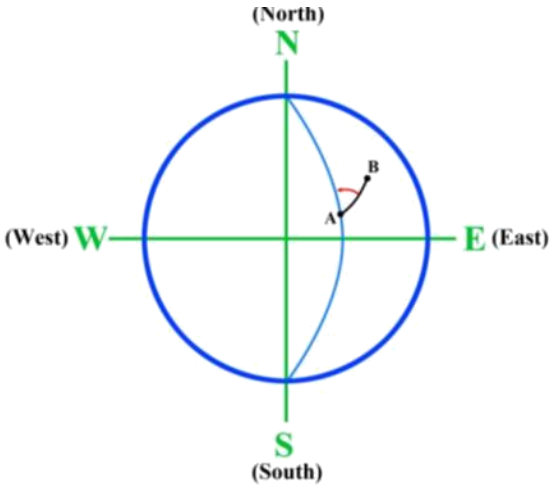
www.jozve.org

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

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

$$Y_B = 10000000 - 2349197.659 = 7950802.341$$

انواع شمال



۱. شمال حقیقی[1] (شمال جغرافیایی) (TN)

دو نقطه A,B را بر روی سطح مقایسه فرض کنید کمان نصف‌النهاری را که از نقطه‌ی A عبور می‌کند درنهایت 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[2] (MN)

زمین به دلیل حرکت دوانی و دائم به حول محور خود یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند که باعث انحراف عقربه مغناطیسی قطب‌نما می‌شود. درنتیجه 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) به‌این‌ترتیب 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[3] (NN)

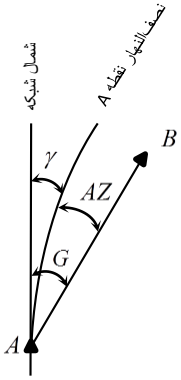
[1] True North
[2] Magnetic North
[3] Network North

www.jozve.org

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

نکته: مطابق د ستورالعمل تهیه و تر سیم، یکی از اطلاعات ما شیه‌ای، شمال ا ست لذا برای نقشه‌هایی با مقیاس 1:5000 و کوچک‌تر الزامی است.

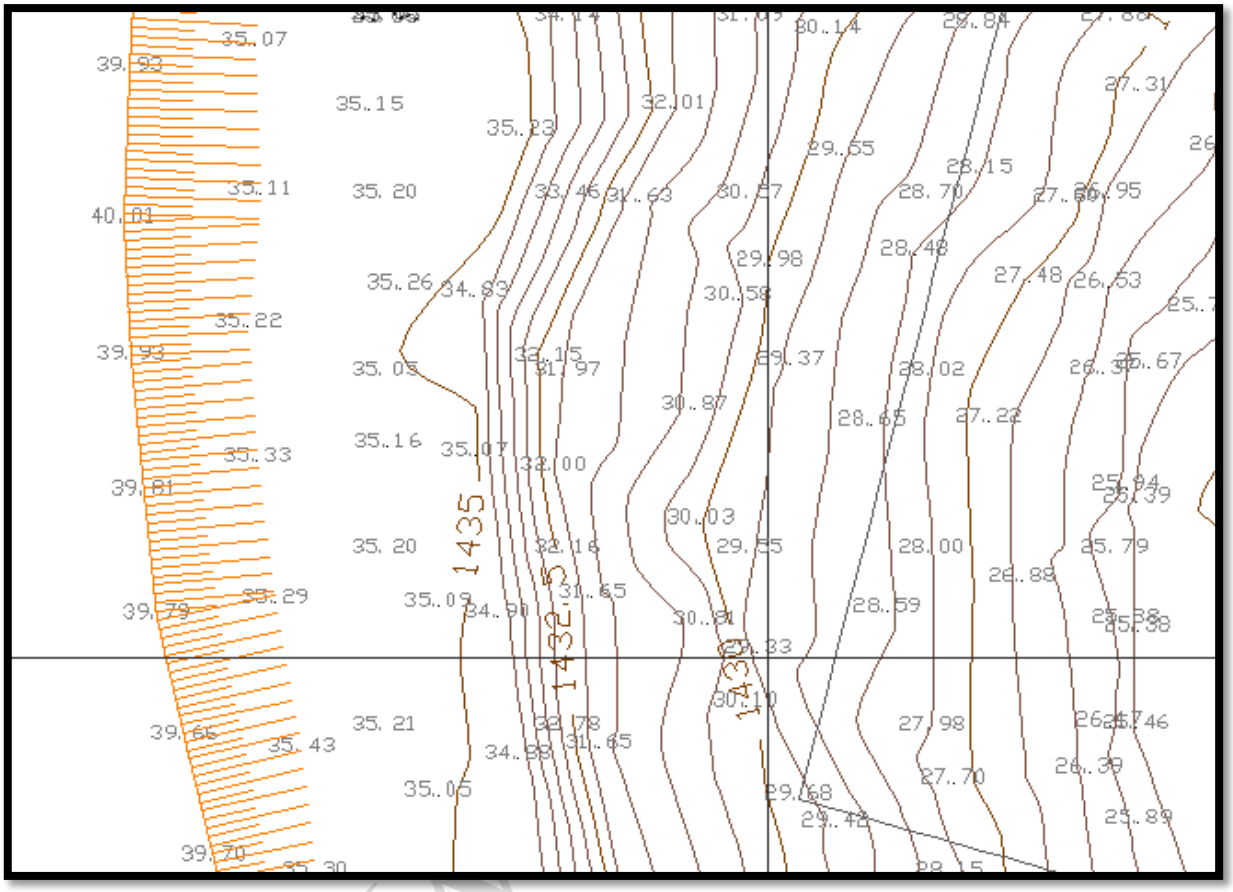
تفاوت آزیموت و ژیزمان

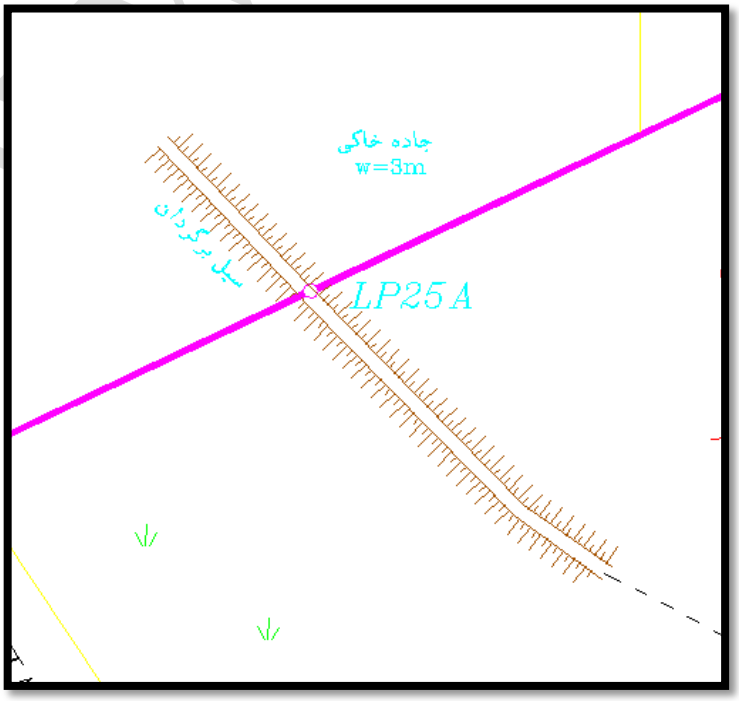


در اصل، تفاوت آزیموت و ژیزمان در زاویه‌ی تقارب نصف‌النهاری است. زاویه‌ی تقارب نصف‌النهاری، زاویه‌ای است که بین امتداد شمال شبکه و شمال ژئودتیکی (سمت نصف‌النهار محل) ایجاد می شود. ازاین‌رو آزیموت زاویه‌ای است که یک امتداد با شمال جغرافیایی (شمال ژئودتیکی) در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد و ژیزمان زاویه‌ای است که، یک امتداد با شمال شبکه (مانند شمال شبکه‌ی سیستم مختصات *UTM*) می‌سازد.

www.GeoGIS.ir

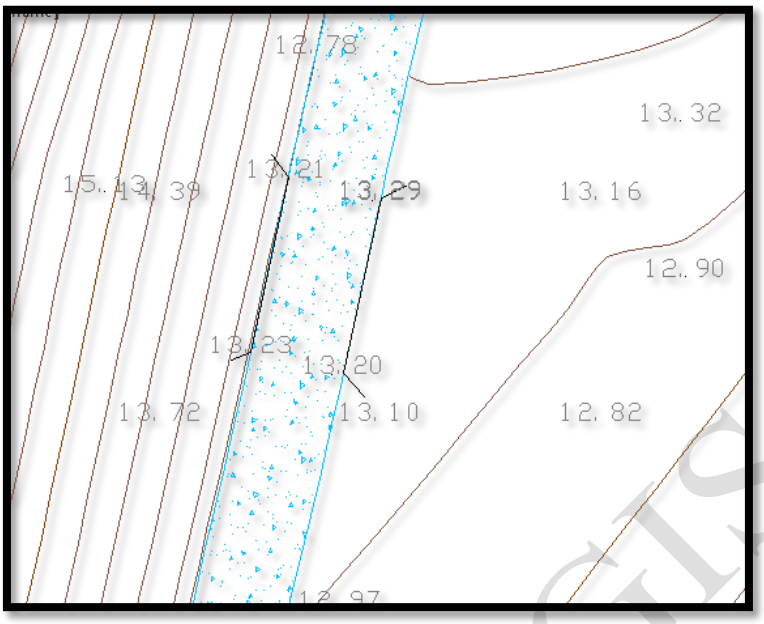
نمونه نقشه توپوگرافی باوجود ترانشه



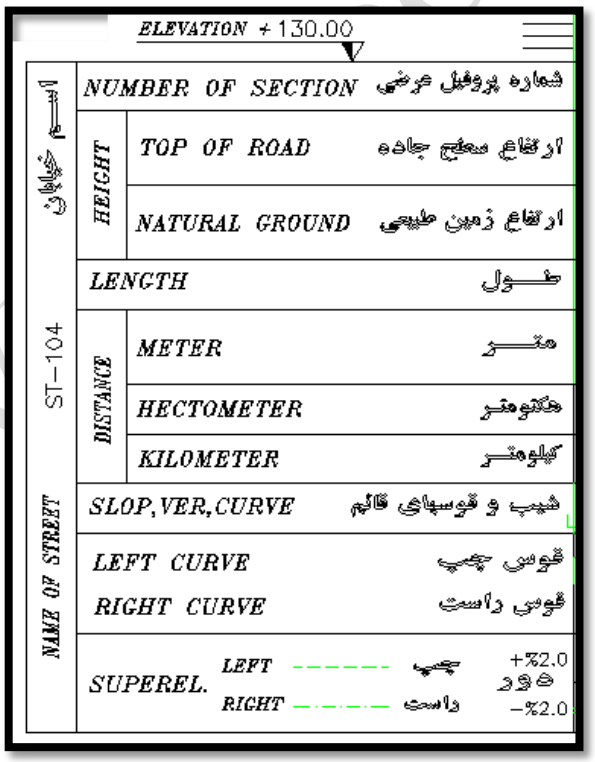


www.jozve.org

نمونه نقشه باوجود پل بر روی آبراهه

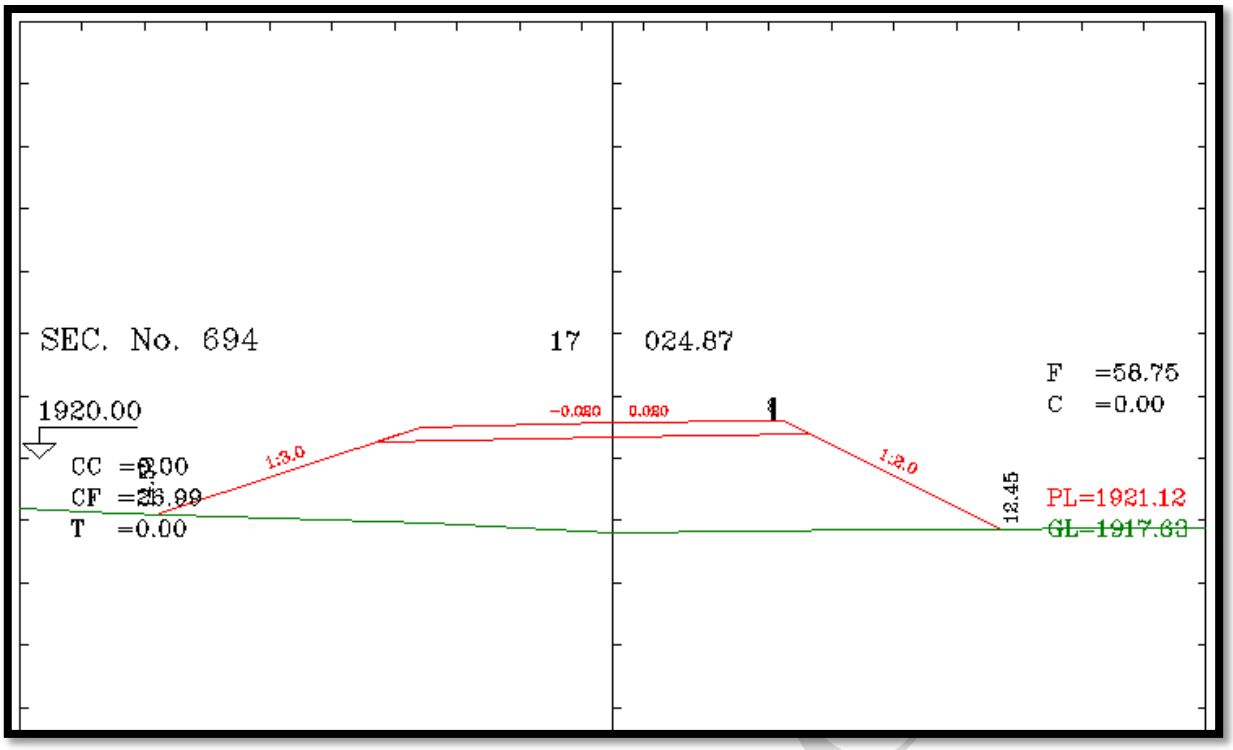


نمونه باند زیر پروفیل طولی



نمونه مقطع عرضی

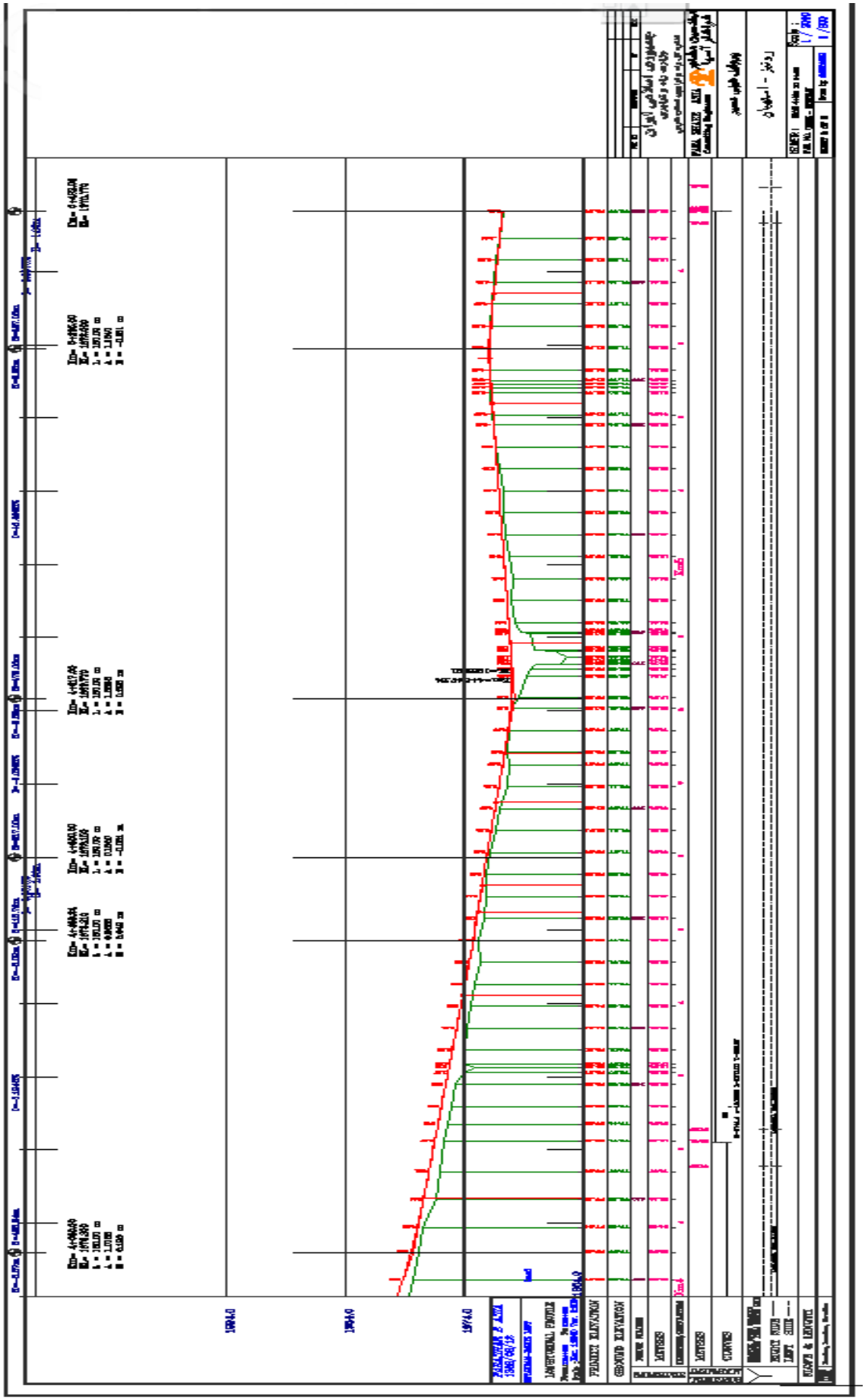
www.jozve.org



نمونه پروفیل طولی

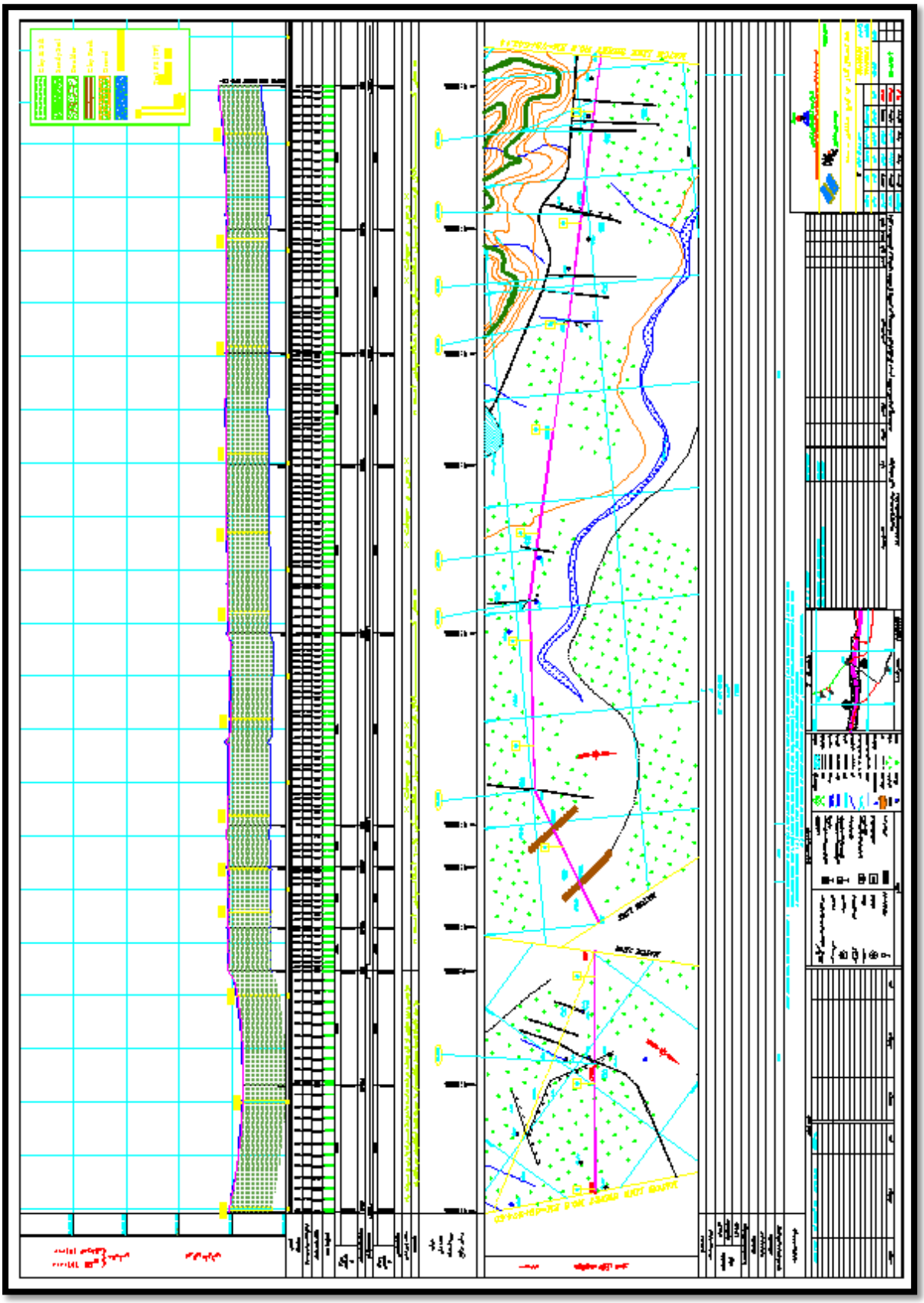
WWW.GeoGIS.ir

www.geogis.ir



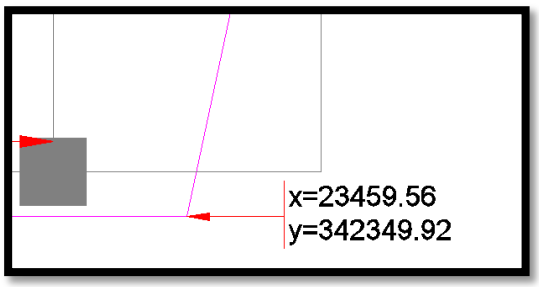
www.jozve.org

نمونه پلان و پروفیل طولی



نکاتی در مورد نقشه‌کشی

ترسیم مختصات

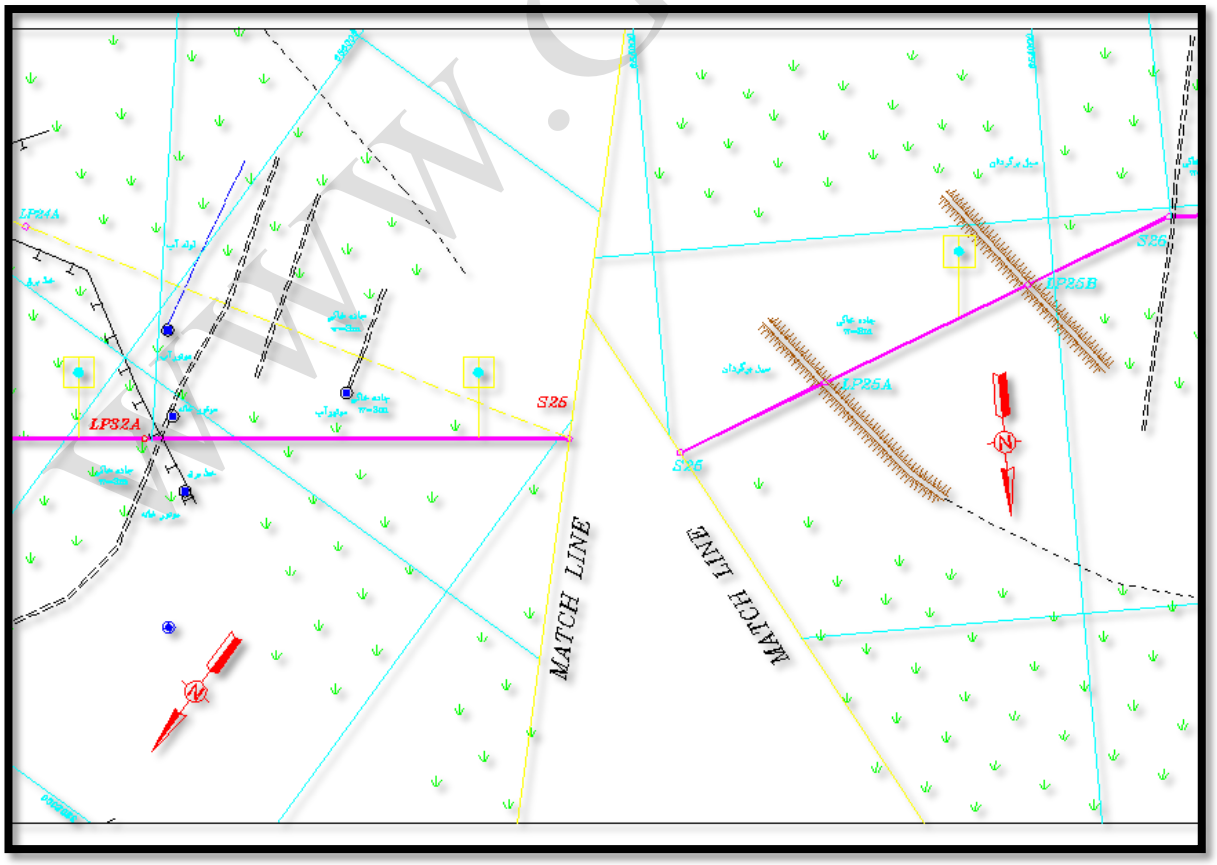


برای ترسیم مختصات باید به شکل زیر عمل کرد:

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 خطی تقریبان عمود بر مسیر انحراف ترسیم می‌شود و با حفظ خط ترسیم شده که در اصطلاح به آن خط هماهنگی (*Match Line*) گفته می‌شود، اقدام به چرخش قسمتی از پلان که انحراف دارد می‌کنیم به‌گونه‌ای که در فضای مورد نظر پلان جای شود؛ مانند شکل زیر.

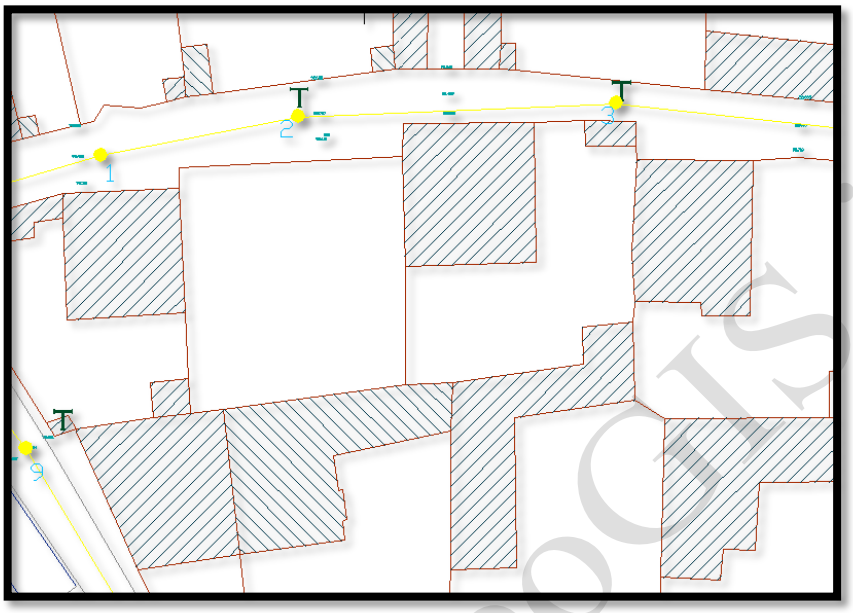
✍ **نکته:** در هر قسمت از پلان کنار *Match Line* باید سمت شمال ترسیم شود.



www.jozve.org

ترسیم دیوار و ساختمان

ساختمان‌ها و دیوارها باید با قلمی به ضخامت 0.2^{mm} ترسیم شوند و برای ترسیم خطوط ممتد هاشور ساختمان‌ها باید زاویه 45° داشته باشند.

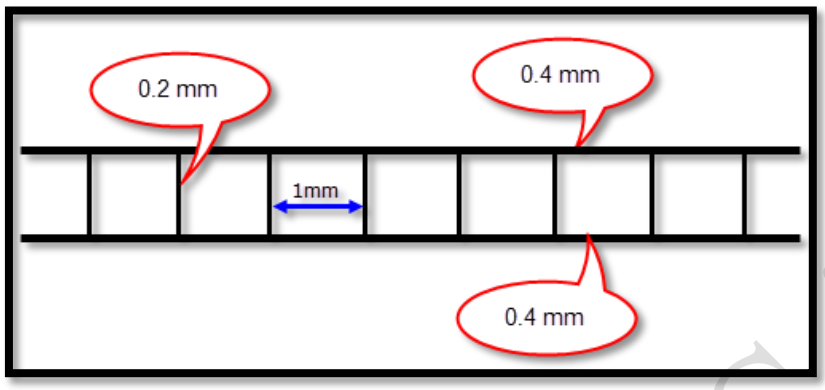


ساختمان‌های نیمه‌تمام همانند ساختمان‌ها تمام‌کار ترسیم می‌شوند ولی برای هاشور آن‌ها از خط چینی که طول خط آن‌ها 2^{mm} و فاصله بین آن‌ها 0.5^{mm} است استفاده می‌شود.

ترسیم خطوط مسیر

www.jozve.org

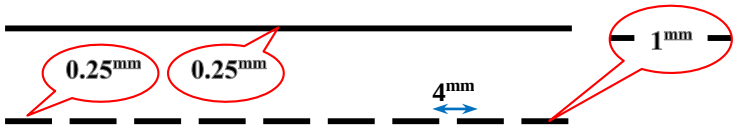
- خط راه‌آهن با قلمی به ضخامت 0.4^{mm} و خطوط عمود بر آن با قلم 0.2^{mm} و فاصله بین این خطوط 1^{mm} به شکل زیر ترسیم شود.



- اگر خط راه‌آهن 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 آسفالته با دو خط ممتد به ضخامت 0.25^{mm} و فاصله‌ای به‌اندازه عرض مسیر به شکل زیر ترسیم می‌شوند.

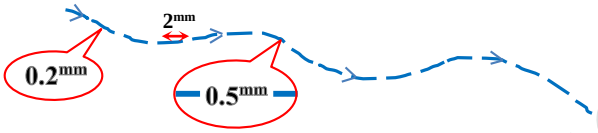
- مسیرهای شوسه با دو خط به فاصله عرض واقعی مسیر ترسیم می‌شوند که ضخامت این دو خط 0.25^{mm} است ولی یکی از آن‌ها به صورت ممتد و دیگری منقطع است. خط منقطع به طول 4^{mm} و فاصله‌ی 1^{mm} به شکل زیر ترسیم می‌شود.



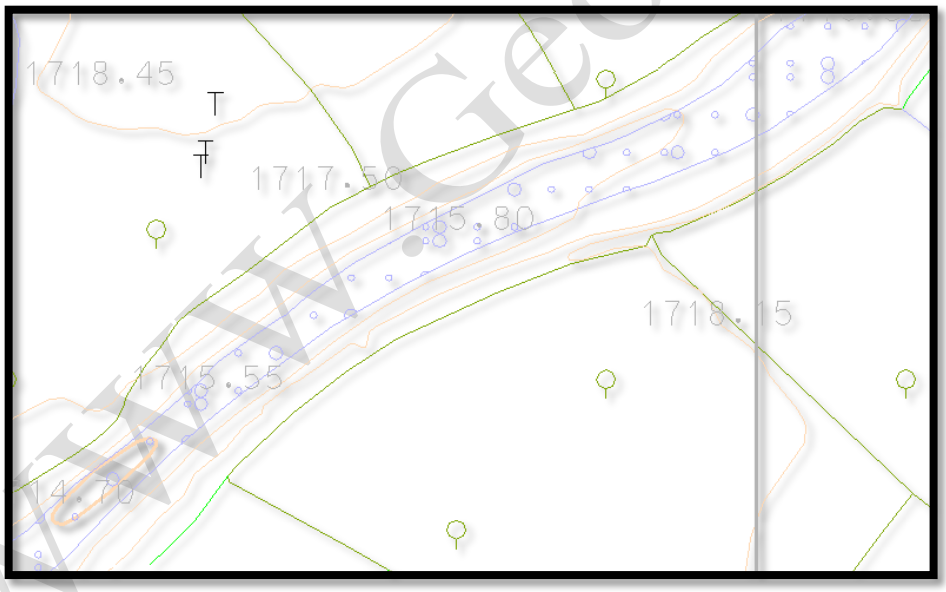
- مسیرهای جیپ رو با دو خط به فاصله عرض واقعی مسیر ترسیم می‌شوند که ضخامت این دو خط 0.25^{mm} است که این دو خط به‌صورت منقطع است و با طول 4^{mm} و فاصله‌ی 1^{mm} به شکل زیر ترسیم می‌شوند.

www.jozve.org

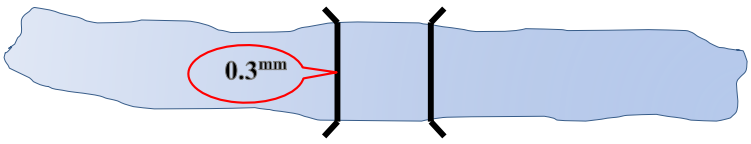
- مسیر آبراهه یا آبریز با یک خط منقطع که ضخامت آن 0.2^{mm} است و با طول 2^{mm} و فاصله‌ی 0.5^{mm} به شکل زیر ترسیم می‌شوند. گفتنی است که جهت حرکت آبراهه نیز بر روی این خط به فاصله 1^{cm} مشخص می‌شود و رنگ این خطوط آبی روشن انتخاب می‌شود.



- حد 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.

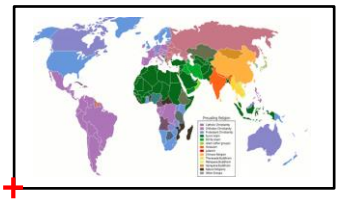
www.jozve.org

- 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 می شوند؛ و در مناطق دشت به ترتیب باضخامت‌های 0.4^{mm} و 0.2^{mm} ترسیم می‌شود.

- برای منحنی‌میزان‌های اصلی حداقل یک برچسب ارتفاعی باید وجود داشته باشد. منحنی‌میزان‌ها در مناطق جنگلی با خطچین 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.

شیت‌بندی



شیت‌بندی نقشه‌های عمومی

مختصات مبدأ شیت گوشه سمت چپ پایین نقشه است

Orgin

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

برای نقشه‌های موردی و منطقه‌ای ابعاد داخلی برگ‌های نقشه 80×60^{cm} بوده و شبکه قائم‌الزاویه 10^{cm} باضخامت 0.1^{mm} به‌صورت ممتد و در پشت نقشه ترسیم می‌گردد. کادر ضخیمی باضخامت 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 تهیه‌ی 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 ($۶۰^{cm}\times۸۰^{cm}$) و رابطه‌ی طول کمان به پاسخی نزدیک به گزینه‌ی صحیح نیز رسید.

www.jozve.org

$$X = ۵۰۰۰ \times ۰/۶ = ۳۰۰۰^{m} = ۳^{km} \quad , \quad Y = ۵۰۰۰ \times ۰/۸ = ۴۰۰۰^{m} = ۴^{km}$$

$$L = R \times \theta_{Rad} \Rightarrow \theta = \frac{L}{R} \Rightarrow \theta_X = \frac{X}{R} = \frac{۳}{۶۴۰۰} \times \frac{۱۸۰}{\pi} = ۰^{\circ}\ ۱'\ ۳۶/۶۹''$$

$$\theta_Y = \frac{Y}{R} = \frac{۴}{۶۴۰۰} \times \frac{۱۸۰}{\pi} = ۰^{\circ}\ ۲'\ ۸/۹۲'$$

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

θ_X : پوشش عرضی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین برحسب زاویه R : شعاع زمین برحسب کیلومتر

θ_Y : پوشش طولی هر برگ شیت استاندارد بر روی زمین برحسب زاویه L : طول بر روی سطح زمین

مثال: طول و عرض شهری مستطیل شکل ۳۰ کیلومتر شرقی-غربی در ۴ کیلومتر شمالی-جنوبی است چنانچه بخواهیم نقشه این شهر را در مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ تهیه نماییم تعداد برگه‌های نقشه این شهر چند شیت است؟ ابعاد استاندارد نقشه $۶۰^{cm} \times ۸۰^{cm}$ است.

$$n = \frac{۳۰۰۰۰۰۰}{۲۰۰۰ \times ۸۰} = ۱۸/۷۵ = ۱۹$$
$$m = \frac{۴۰۰۰۰۰}{۲۰۰۰ \times ۶۰} = ۳/۳۳ = ۴$$
$$\Rightarrow n_{sheet} = n \times m = ۱۹ \times ۴ = ۷۶^{sheet}$$

ولی اگر شیت‌ها را عرض قرار دهیم تعداد شیت موردنیاز ۷۵ عدد خواهد بود.

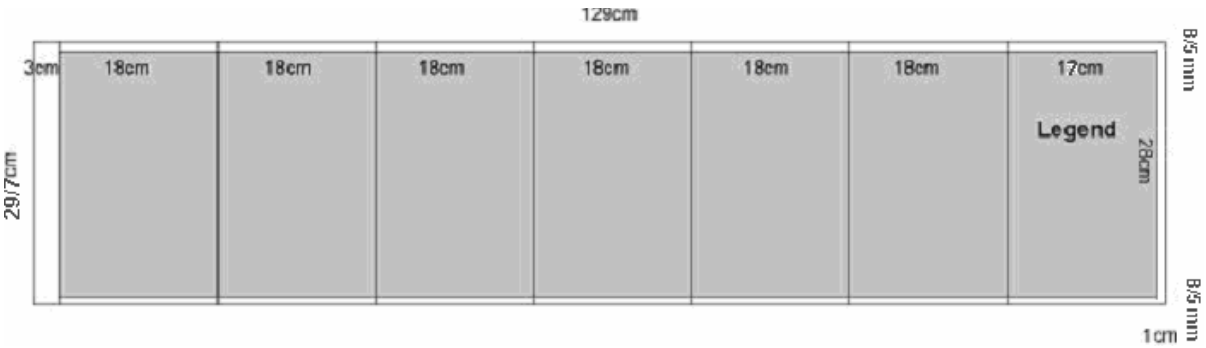
$$n = \frac{۳۰۰۰۰۰۰}{۲۰۰۰ \times ۶۰} = ۲۵$$
$$m = \frac{۴۰۰۰۰۰}{۲۰۰۰ \times ۸۰} = ۲/۵ = ۳$$
$$\Rightarrow n_{sheet} = n \times m = ۲۵ \times ۳ = ۷۵^{sheet}$$

m : تعداد شیت نقشه در طول زمین n : تعداد شیت نقشه در عرض زمین

شیت‌بندی نقشه‌های مسیر

اکثر مسیرهایی که طراحی می‌شوند داری عرض کم ولی طول زیاد هستند پس اندازه کاغذ استاندارد آن‌ها و شیت‌بندی آن‌ها ویژه خواهد بود. شیت استاندارد نقشه مسیر دارای طول 129×29.7^{cm} است (عرض آن به‌اندازه طول برگ $A4$ است). کادر اصلی نقشه در این شیت به صورتی است که از سمت چپ ۳ سانتیمتر و از سمت راست، ۱ سانتیمتر و از بالا و پایین 8.5^{mm} از لبه فاصله دارد. درنتیجه فضای نقشه در کادر طولی ۱۲۵ سانتیمتر خواهد بود که ۱۰۸ سانتیمتر شش تا ۱۸ سانتیمتری می شود و یک تا ۱۸ سانتیمتری دیگر را شامل می شود که راهنمای نقشه در آن ترسیم می شود. در کل شیت استاندارد مسیر دارای ۷ تا است؛ مانند شکل زیر.

www.jozve.org



در صورتی‌که عرض مسیر بیش از ۲۸ سانتیمتر در مقیاس نقشه فضا نیاز داشته باشد، از شیت استاندارد نقشه‌های عمومی (80×60^{cm}) استفاده می‌شود. نوشته‌ها و اعداد موجود در متن نقشه باید موازی طول نقشه و به سمت شمال شیت کاغذ نقشه باشد. شیت‌بندی با توجه به مسیر طولی به نحوی انتخاب می شود که از حداکثر سطح کاغذ استفاده شود. شبکه قائم‌الزاویه نیز باضخامت 0.1^{mm} مانند شیت‌بندی نقشه‌های عمومی ترسیم خواهد شد. شماره‌گذاری شیت‌ها نیز از کیلومتراژ شروع آغاز شده و به سمت کیلومتراژ پایان افزایش می‌یابد؛ مانند شکل زیر.

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

مثال: اگر طول مسیری 1^{km} باشد و بخواهیم در مقیاس $\frac{1}{1000}$ آن را ترسیم کنیم داریم:

$$\frac{1000000}{1000}=1000+170+10+30=1210\div180=6.72\Rightarrow7\Rightarrow7\times180=1260^{mm}$$

www.jozve.org

منابع

کتاب کارتوگرافی تالیف سید جعفر مقیمی و مجید همراه

دستور العمل همسان نقشه برداری جلد چهارم (کارتوگرافی)، نشریه ۴-۱۱۹

کارتوگرافی دیجیتال راستگو

WWW.GeoGIS.ir