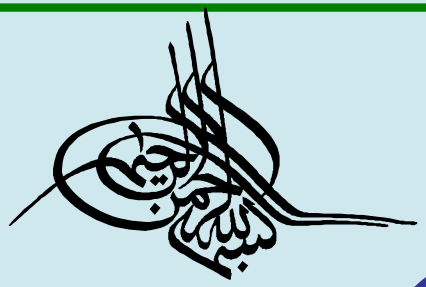


کارتوگرافی رقومی

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش اول: مقدمه

Introduction

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

کارتوگرافی: (Cartography)

از دو لغت زیر تشکیل شده است:

Charta : به معنی کاغذ

Graphin: به معنی نوشتن و ترسیم

که در نهایت *کارتوگرافی* به معنی *نقشه نگاری* می شود

کارتوگرافی:

به معنای خاص: به مجموعه عملیات ترسیم و چاپ گویند.

به معنی عام: به مجموعه عملیات تهیه نقشه شامل برداشت، محاسبات و ترسیم گویند.

تاریخچه :

- تهیه نقشه جهان نما در قرن نهم قبل از میلاد.
- ترسیم نقشه ها روی لوحه های سنگی
  خشت های گلی
  کاغذ و فلزات
- حدود ۱۵۰ سال قبل از میلاد بطلمیوس نقشه هایی با مبنای صحیح و طول و عرض جغرافیایی ترسیم نمود. تا قرنها مورد استفاده قرار می گرفت.
- نقشه های دریانوردی در ۱۳۰۰ م ترسیم شد.
- در اوایل قرون وسطی کلیه نقشه ها با دست چاپ می شد.

تاریخچه (ادامه):

- اختراع صنعت چاپ کمک شایانی به کارتوگرافی بود.
- در اواخر قرن ۱۷ م برداشتهای دقیق نقشه برداری به کمک اختراع زاویه یاب ها ممکن شد.
- در خلال جنگ های مختلف، علوم مرتبط با نقشه پیشرفتهای چشمگیری نمودند.
- در قرن نوزدهم میلادی انواع نقشه های موضوعی، توپوگرافی و ... تولید شدند.
- قرن بیستم قرن پیشرفت چشمگیر وسایل ترسیم و تهیه نقشه بود.
- در اوایل ۱۹۵۰م اولین کوششها برای ترسیم رقومی نقشه انجام گرفت.

کارتوگرافی رقومی:

- Digital Cartography
- Computer Assisted Cartography

- به نوعی از کارتوگرافی گفته می شود که با داده های رقومی سر و کار دارد و از کامپیوتر به عنوان جزئی لاینفک در فرآیند ترسیم نقشه، تولید داده ها یا چاپ و تکثیر آن استفاده می شود.
- استفاده از کامپیوتر در کارتوگرافی رقومی:
  ۱- اتوماسیون فعالیت های ترسیم
  ۲- استفاده از وسایل پیرامونی
- مفهوم کارتوگرافی اتوماتیک را می توان در سیستم های اطلاعات جغرافیایی(GIS) به طور کامل تری یافت.

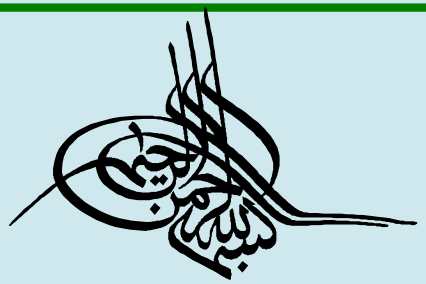
مزایای کارتوگرافی رقومی:

۱- هزینه پایین برای تولید نقشه های مورد نیاز
۲- تولید سریعتر و دقیقتر
۳- قابلیت انعطاف بیشتر در خروجی (چاپ در مقیاسهای مختلف و محصولهای مختلف)
۴- حذف کارهای تکراری و خسته کننده (درون یابی ...)
۵- تسهیل روند کنترل تولید (Undo , ...)
۶- خصوصیات و مزایای نقشه های رقومی

- ❑ حجم کمتر
- ❑ نگهداری کم هزینه و آسانتر
- ❑ حمل و نقل آسان
- ❑ اندازه گیری دقیق تر و راحت تر
- ❑ آمادگی جهت ورود به GIS

معایب کارتوگرافی رقومی:

۱- حذف حجم زیادی از نیروی انسانی
۲- حضور تغییرات سریع در فن آوری
۳- لزوم آموزش
۴- تهیه ملزومات خاص



کارتوگرافی رقومی

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش دوم : داده ها

Data

تهیه کننده: فاطمی

۱۳۸۶

انواع داده (Data):

- ✓ داده ها به دو دسته کلی تقسیم می گردند:

۱- داده های مکانی (Spatial):

آن دسته از داده ها هستند که به یک مکان خاص بستگی دارند و اطلاعاتی در مورد موقعیت و هندسه عوارض در اختیار ما قرار می دهند:

مانند محیط، طول، مساحت و مختصات

۲- توصیفی (Non-Spatial): Attribute

لزوما مکانمند نیستند.

اطلاعاتی در مورد ویژگیهای عوارض در اختیار ما قرار می دهند.

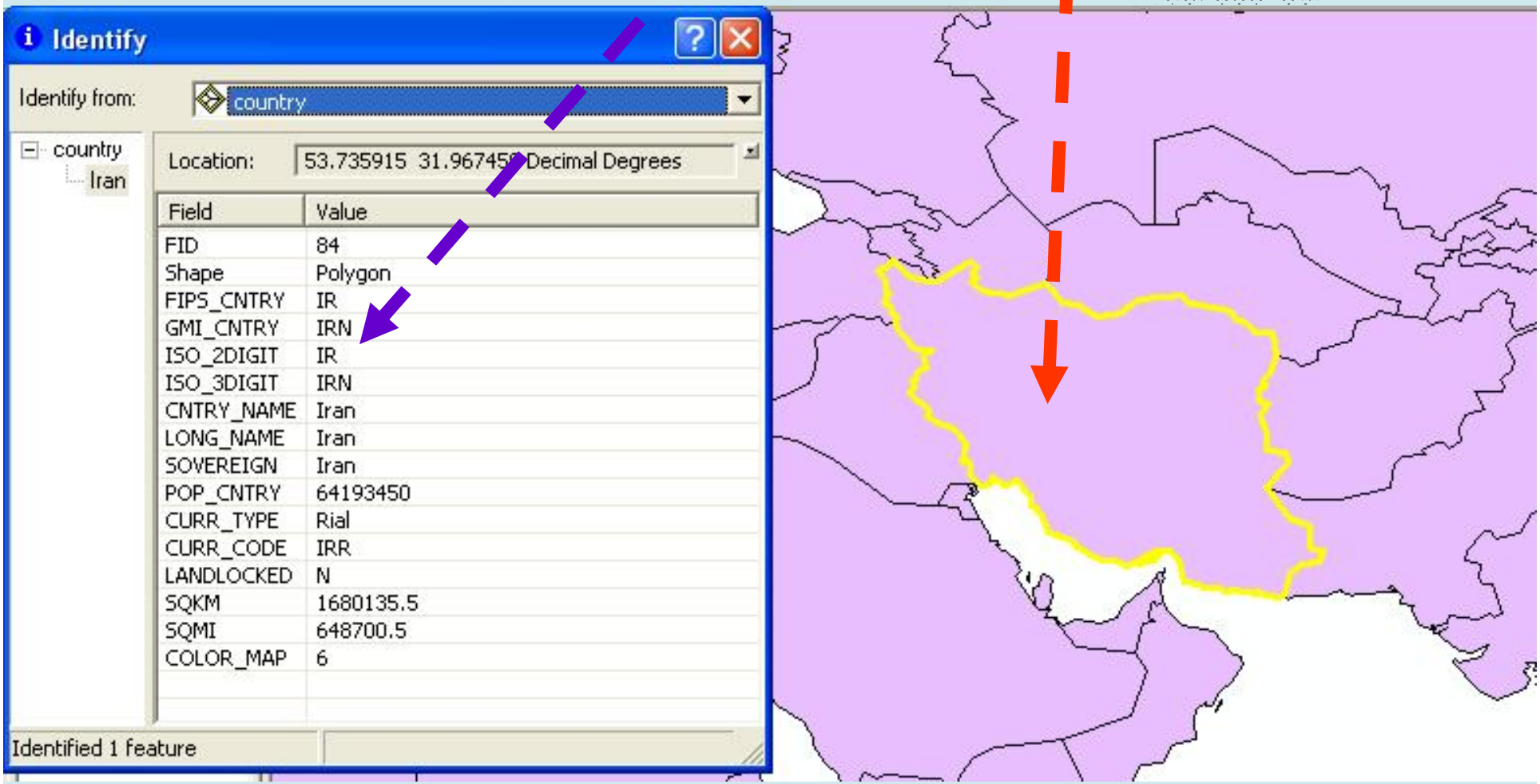
مانند: نام، نوع کاربرد، مشخصات محلی و ...

مثال: یک رودخانه:

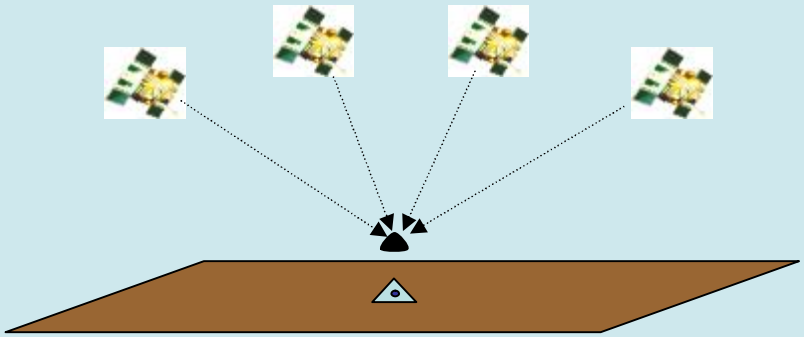
نام: دبی: عرض متوسط: نوع

داده های توصیفی

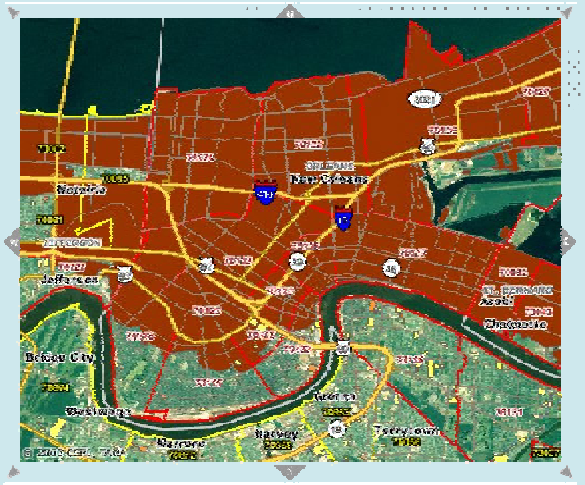
داده های مکانی



انواع داده های مکانی



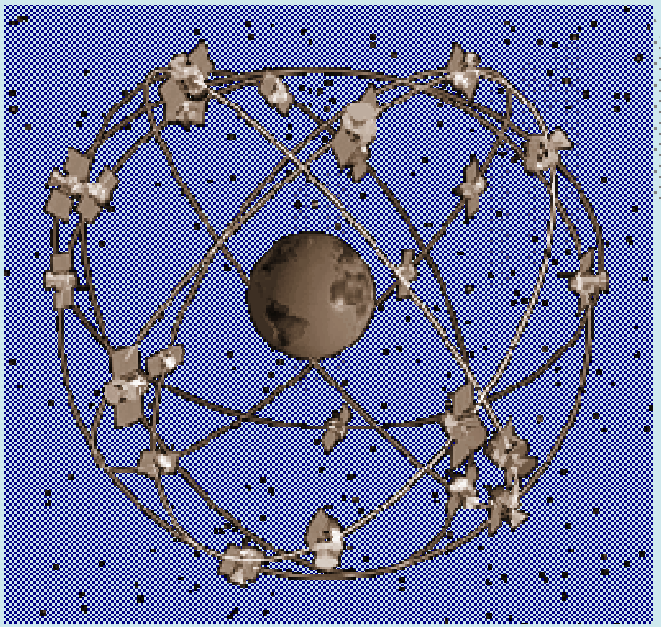
- انواع نقشه ها
- عکسهای هوایی
- تصاویر ماهواره ای
- عکسهای فتوگرامتری برد کوتاه
- برداشتهای مجزا (مانند GPS)
- تولیدات مختلف (نظیر DEM; OrthoPhoto و . . . .)



منابع داده های مکانی

❊ اندازه گیری های نقشه برداری (Field surveying & GPS)

- ✓ نقشه های بزرگ مقیاس
- ✓ محدوده های کوچک که استفاده از روشهای دیگر میسر یا مقرون به صرفه نیست
- ✓ به منظور بهنگام سازی و برداشتهای موردی



منابع داده های مکانی

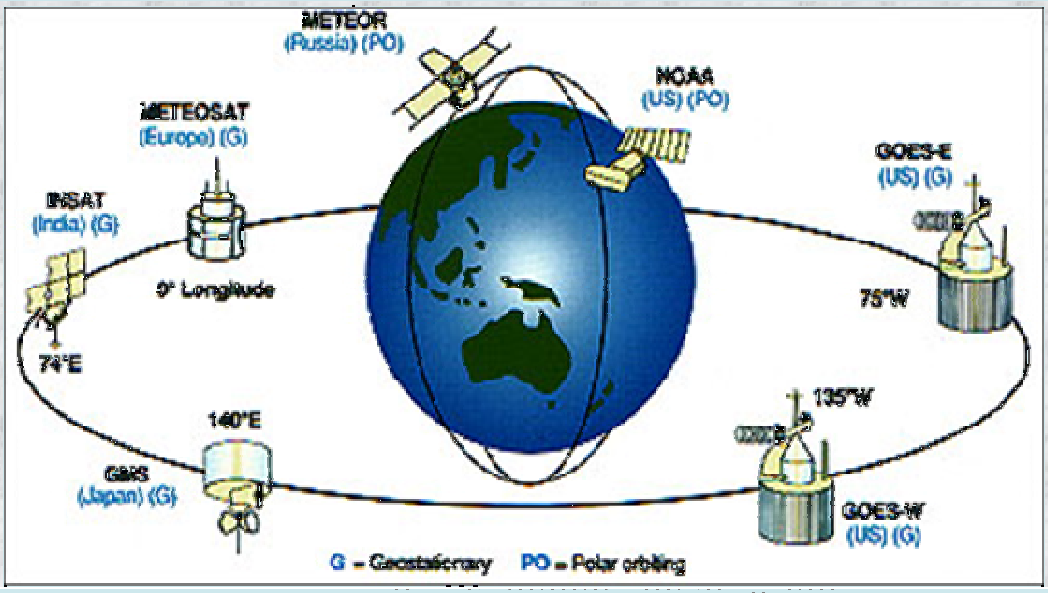
برداشت های هوائی (Photogrammetry)

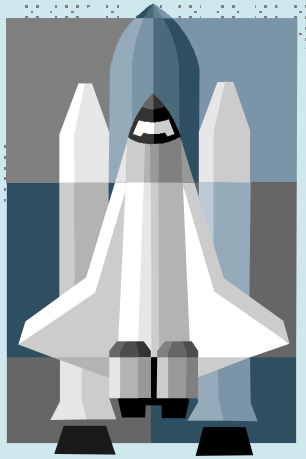
- ✓ فتوگرامتری هوایی
- ✓ فتوگرامتری برد کوتاه
- ✓ Laser Scanning

- ✓ تولید نقشه در مقیاس های مختلف
- ✓ محدوده های وسیع
- ✓ اطلاعات سه بعدی و دو بعدی
- ✓ قابل مدیریت و برنامه ریزی

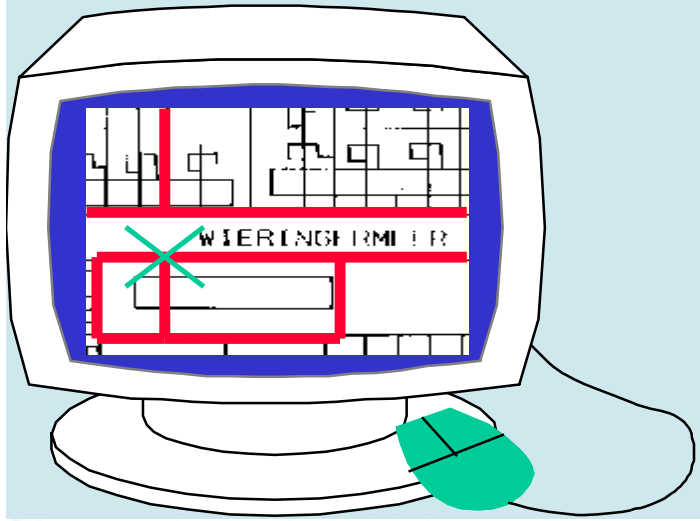
منابع داده های مکانی

سنجش از دور
(Remote Sensing)



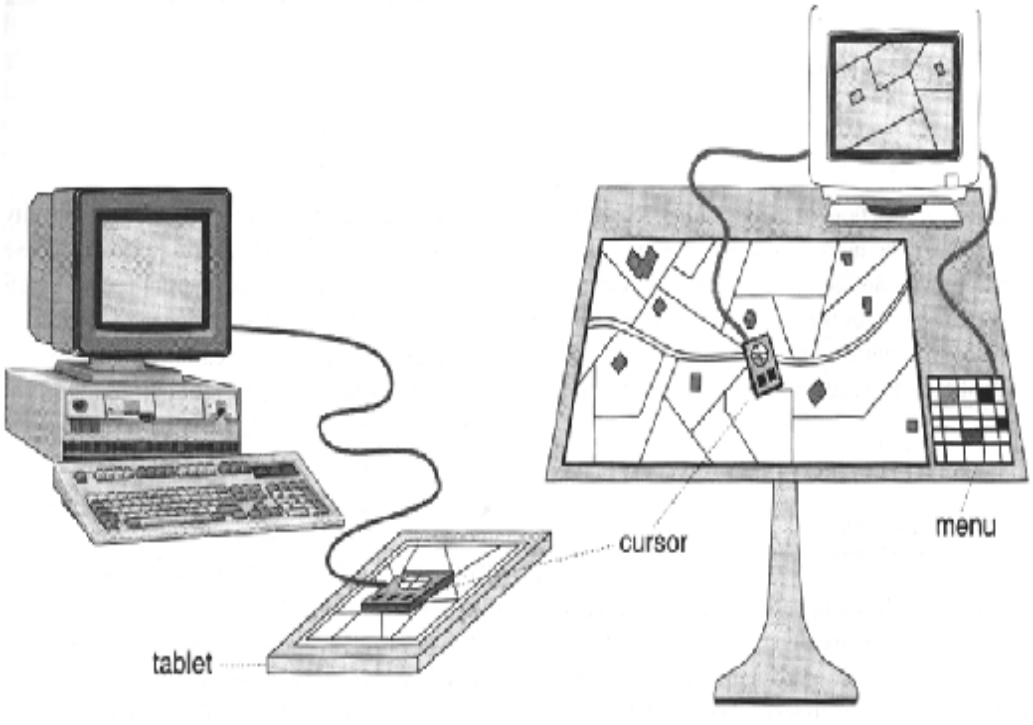


- تولید نقشه در مقیاس های متوسط و کوچک
- محدوده های وسیع با پوشش مناسب
- تصاویر نسبتا به هنگام
- تنوع داده
- هزینه کمتر



منابع داده های مکانی

- نقشه ها و مدارک موجود (Existing (maps & documents
- اسکن کردن Scanning
- دیجیتایز کردن Digitizing



- ✓ در صورت وجود
- ✓ هزینه ارزان نسبت به روشهای دیگر
- ✓ در نظر گرفتن دقت و زمان

مسایل و مشکلات:

- **استفاده از نقشه های کهنه. کثیف و غیر استاندارد**
- **استفاده از دستگاه های با قدرت تفکیک متفاوت**

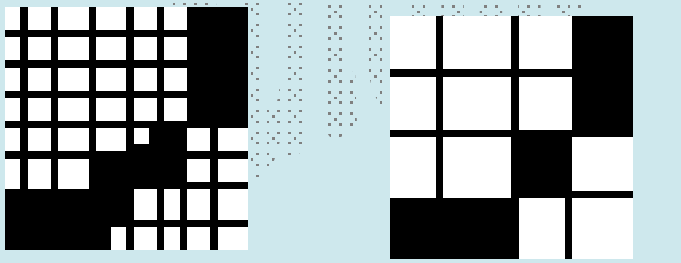
خصوصیات دستگاه اسکنر

+ قدرت تفکیک (Resolution)

تنظیم قدرت تفکیک دستگاه بسیار مهم است.

با قدرت تفکیک کم خطها درشت شده و درهم میشوند (مانند منحنی میزانها)

+ نوع سیاه و سفید یا رنگی
+ اندازه دستگاه (A0, A3 , A4)
+ نوع: تخت یا غلطان



قدرت تفکیک بالاتر قدرت تفکیک پایین

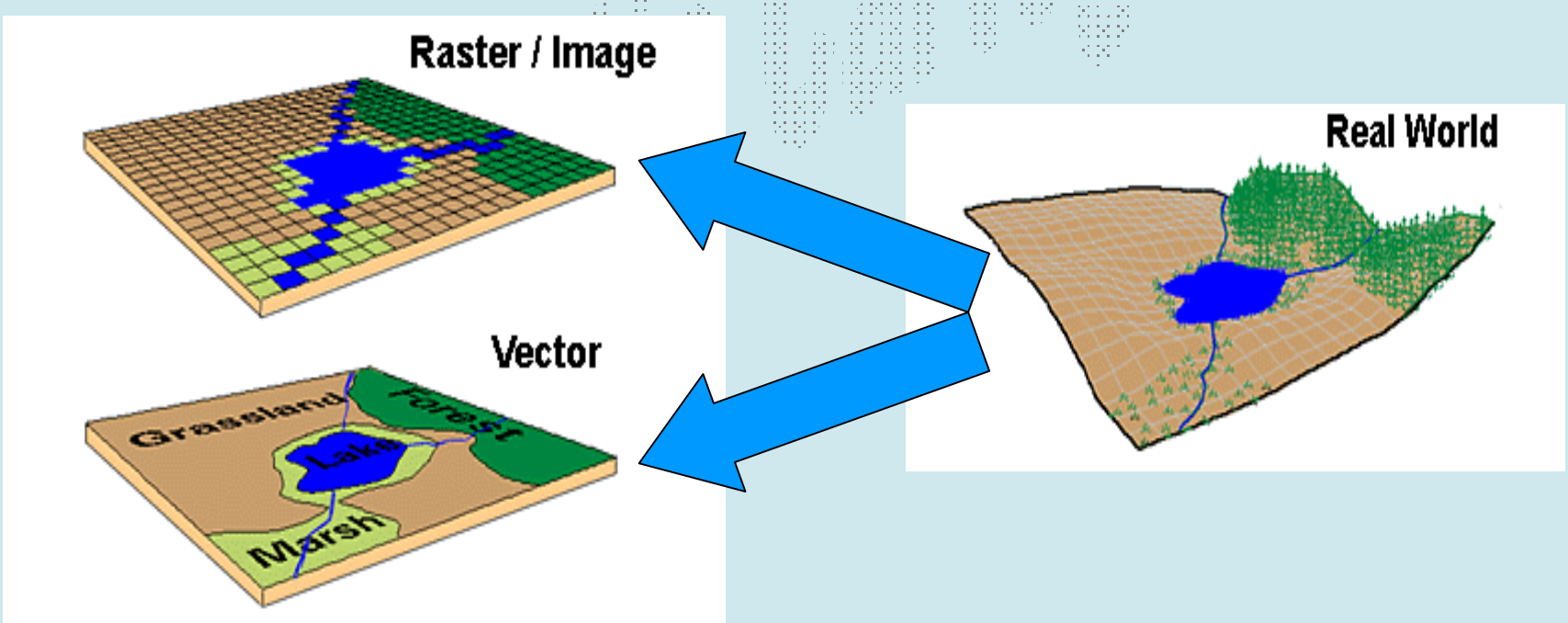
نحوه ذخیره سازی و نمایش داده های مکانی (Data Model)

قوانینی که برای تبدیل تغییرات جغرافیایی واقعی به اشیاء گسسته بکار می روند مدل داده ای اطلاق می شوند.

دو نوع مدل داده ای اصلی:

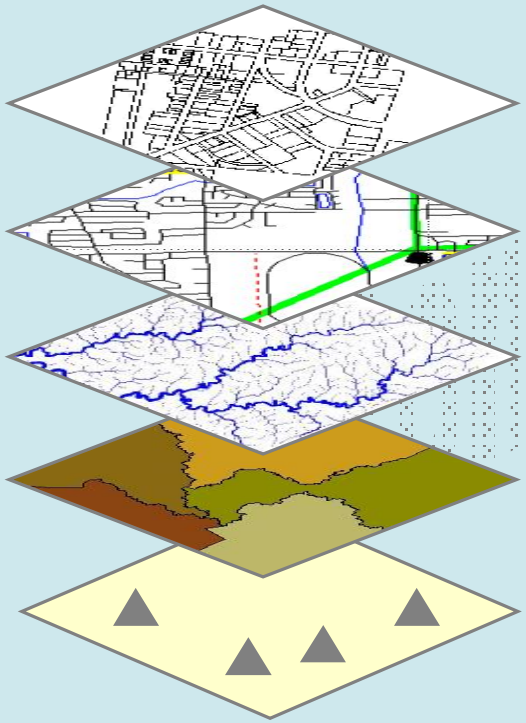
برداری (Vector): نقطه، خط، پلیگون

رستری (Raster): پیکسل و مقدار آن



مدلهای ذخیره سازی داده های مکانی

داده های برداری



مرز املاک

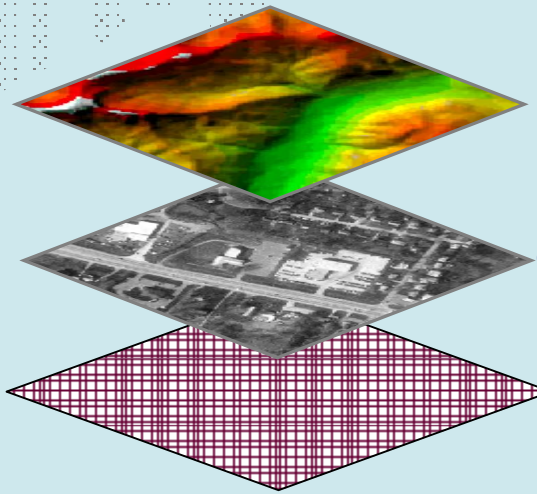
شبکه حمل و نقل

شبکه آبراهه ها

مرز های سیاسی

نقاط مختصات دار

داده های رستری



ارتفاعات

عکسهای اسکن شده

نقشه موضوعی

مدل برداری (Vector Data)

در این مدل از سه المان اصلی استفاده می شود:

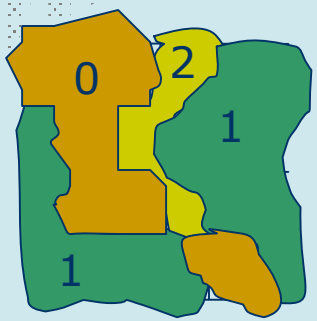
نقطه (Point) ، چند خطی (Polyline) و پلیگون (Polygon)

* کوچکترین المان در این مدل نقطه است.

(رئوس خطها و پلیگونها همه نقطه هستند)

* عوارض گسسته (مرزها، راه ها و شهرها) با استفاده از اتصال پاره خطها تشکیل می شوند.

* مدل برداری تنها عوارض برداشت شده را نشان داده. داده های مربوط به آنها را نگهداری می کند بنابراین حجم کمتری معمولا نیاز دارد.

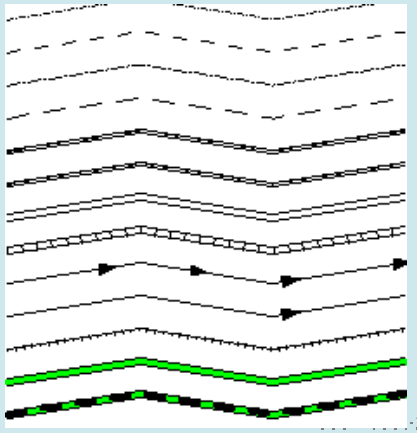


Attributes of Theme2.shp

Shape	ID	LANDUSE
Polygon	0	WATER
Polygon	1	HIGHLAND
Polygon	2	WETLAND

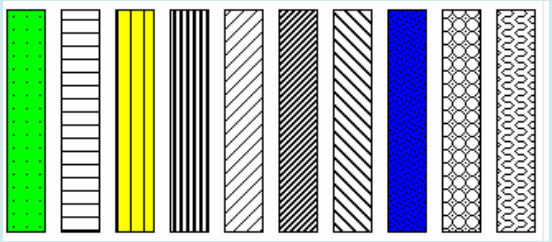
سه المان اصلی مدل برداری برای نمایش عوارض:

* **نقطه:** عوارض بدون بعد (مقیاس) و جهت
نمایش با نماد و رنگ (مانند چاه)

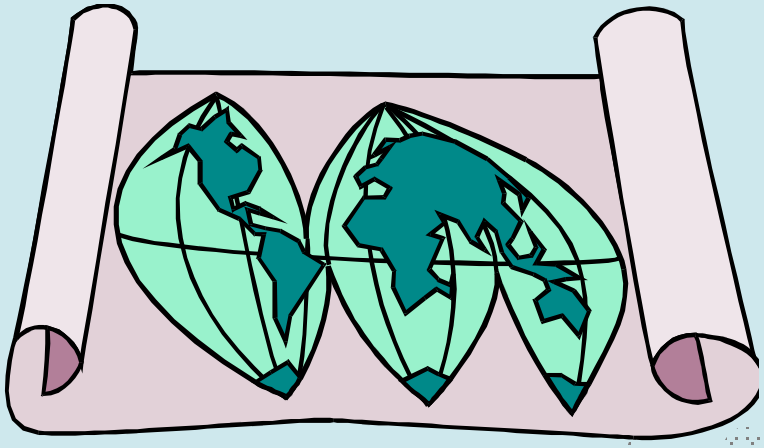


* **خط:** عوارض با طول و جهت و موقعیت
نمایش با نوع. ضخامت و رنگ خط
(مانند راه ها مقیاس)

* **پلی گون:** عوارض با ماهیت سطحی
نمایش با هاشور. متن و رنگ و مرز عارضه
(مانند دریاچه ها و مرزهای سیاسی)

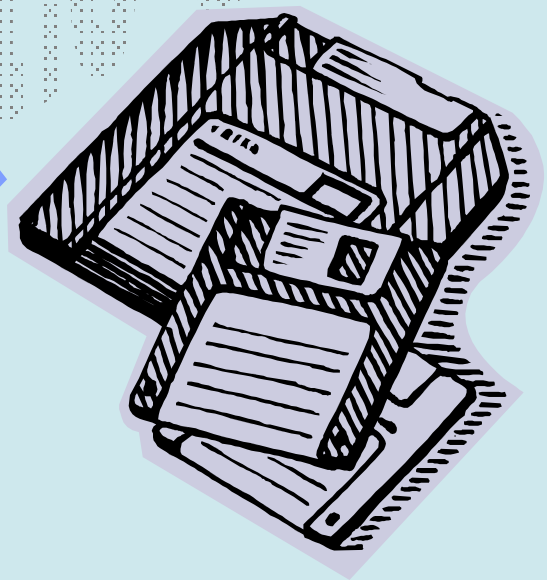


داده های برداری به دو صورت وجود دارند:



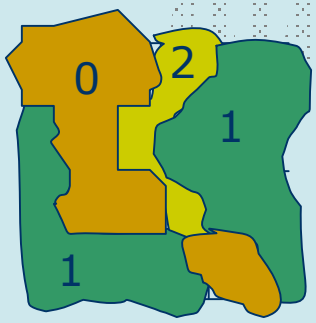
۱- آنالوگ (Hard Copy)

۲-رقومی (Digital / Soft Copy)



مدل رستری

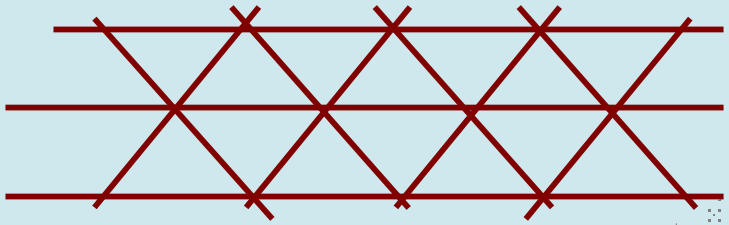
- مدل رستری کل منطقه را به شبکه ای منظم از سلولها با یک ترتیب معین تقسیم می‌کند.که در آن هر سلول یک مقدار مشخص و واحد دارد.
- با این مدل داده ای کل منطقه توسط سلولها پوشیده می شود (Space Filling) چرا که به ازای هر منطقه با ابعاد مشخص یک سلول (پیکسل) در داده وجود دارد.
- داده های رستری نیز می توانند لایه لایه باشند ولی لزوما رقومی هستند.
- از نمونه های داده های رستری: تصاویر. تصاویر ماهواره ای. نقشه های اسکن شده. DEM



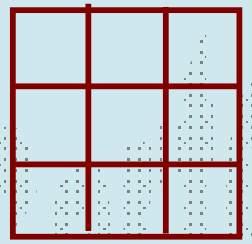
0	0	0	2	1	1
1	0	2	1	1	1
1	0	0	2	1	1
1	1	1	1	0	1

0 : WATER
1 : HIGHLAND
2 : WETLAND

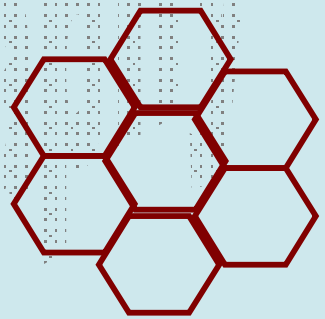
انواع شکل سلول: شکل منظم. پوشش کامل بدون گپ



Triangular



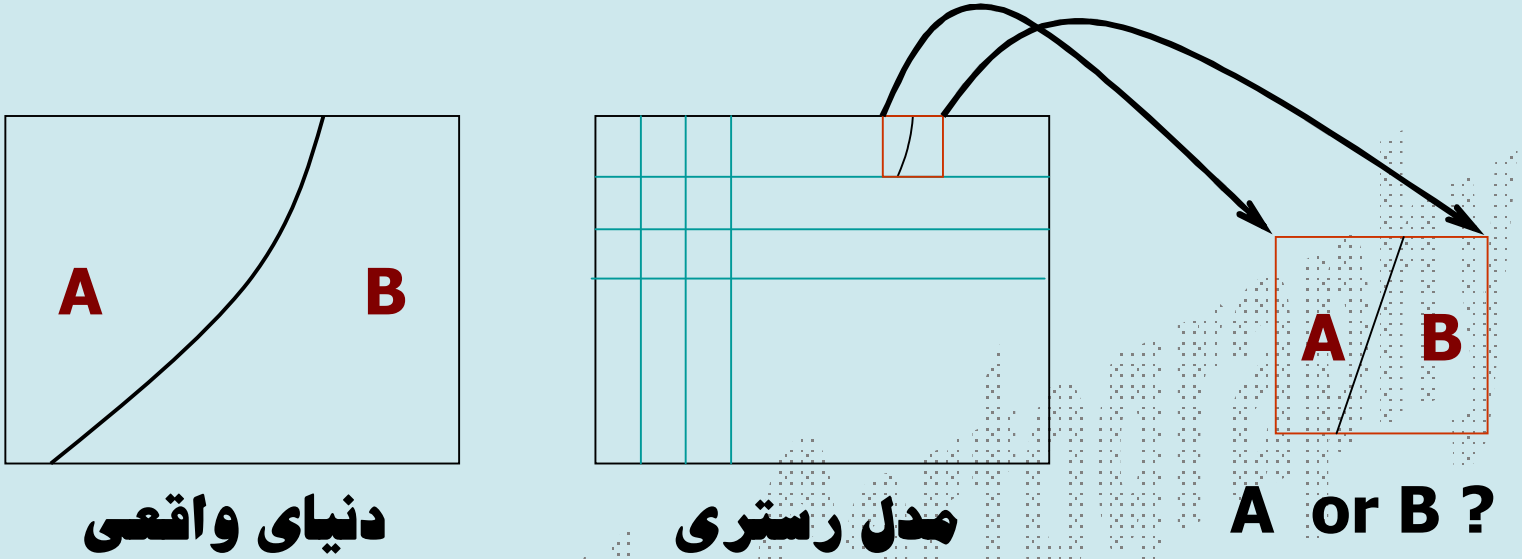
Square



Hexagonal

* معمول ترین شکل نوع مربعی است.

* در مدل رستری فرض است که در هر سلول یک مقدار وجود دارد که منطبق با واقعیت زمینی است ولی این همیشه صحیح نیست چرا که داده های رستری بر اساس منطق اکثریت ایجاد می شوند.

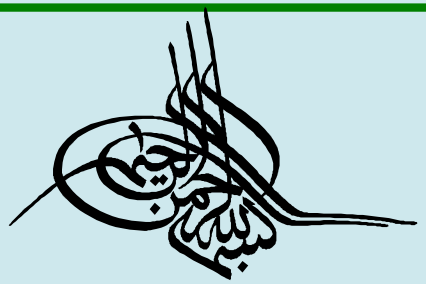


این مسئله در مرزها ایجاد می شود (مثلا دونوع خاک)

مگر اینکه نوع مقادیر پیکسل ها به طور ذاتی فازی باشند. مثلاً درصد حضور نوعی پوشش در پیکسل مشخص گردد.

مقایسه مدل برداری و رستری

عملیات	Raster	Vector
عوارض	ضمنی	صریح (بر اساس شیء)
مختصات	ضمنی (سطر و ستون)	صریح
حجم ذخیره سازی	زیاد	کم
نمایش عوارض	عدد- رنگ	خط، نقطه، پلیگون، نماد، رنگ
ورودی داده	سریع	کند
دقت هندسی	پایین	بالا
ساختار داده	ساده	پیچیده
اندازه گیری فاصله	ضعیف	خوب
نمایش تغیرات زمین	خوب	ضعیف (مرز بین عوارض)
همپوشانی	ساده	پیچیده
کیفیت نمایش عوارض	ضعیف	خوب



کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش سوم: رقومی سازی
Digitizing

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

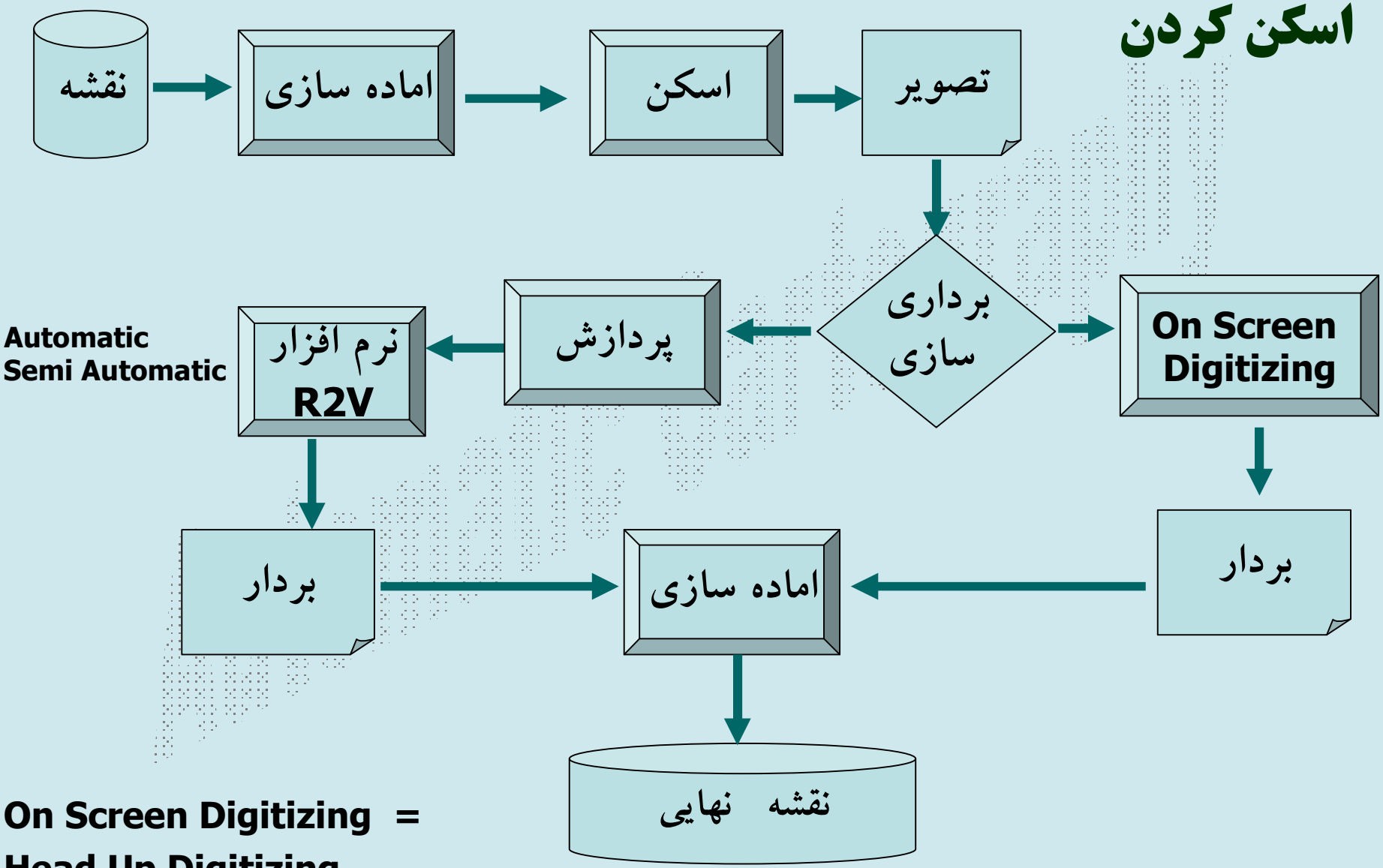
روش های رقومی سازی نقشه ها و مدارک موجود

- **اسکن کردن** (Scanning): **برای برداری سازی سه روش دارد:**

  - Manually (**دستی**)
  - Automatic (**اتوماتیک**)
  - Semi Automatic (**نیمه اتوماتیک**)

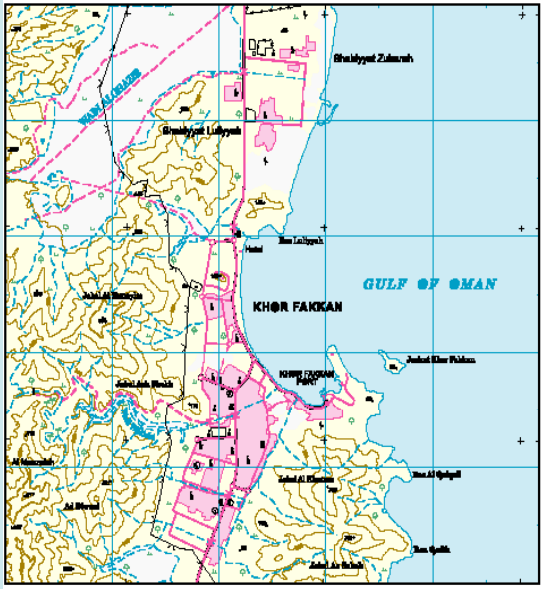
- **رقومی سازی مستقیم** (Direct Digitizing)

اسکن کردن

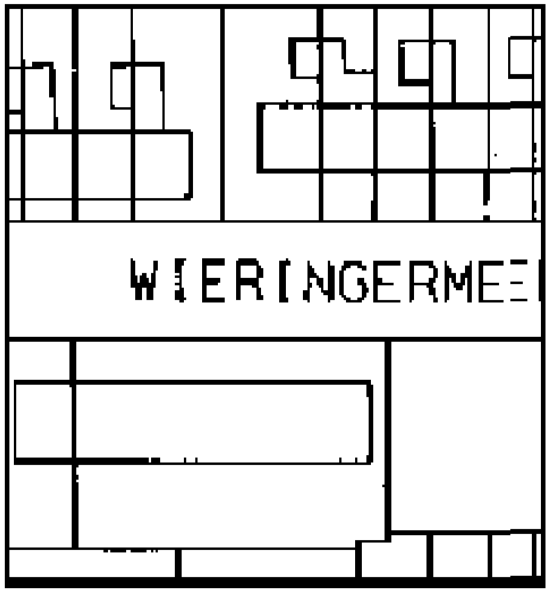


On Screen Digitizing =
Head Up Digitizing

سه روش تولید بردار از نقشه های اسکن شده



Manual digitising
(on-screen or tablet)



Semi-automatic
digitising

Automatic digitising

مسایل و مشکلات موجود

- نقشه تصویری حجم بیشتری نسبت به نقشه های برداری می گیرد (و کار ذخیره سازی مشکل می شود)
- متون و نمادها مشکل ایجاد می کنند
- پله ای شدن خطوط باعث پایین آمدن دقت می شوند
- انعطا ف پذیری کم (تمامی عوارض رقومی می شوند بدون هیچ انتخابی)
- هزینه بالای خرید اسکنر دقیق

اسکن کردن لزوما مقداری خطا وارد فرایند تولید نقشه رقومی می کند که باید:

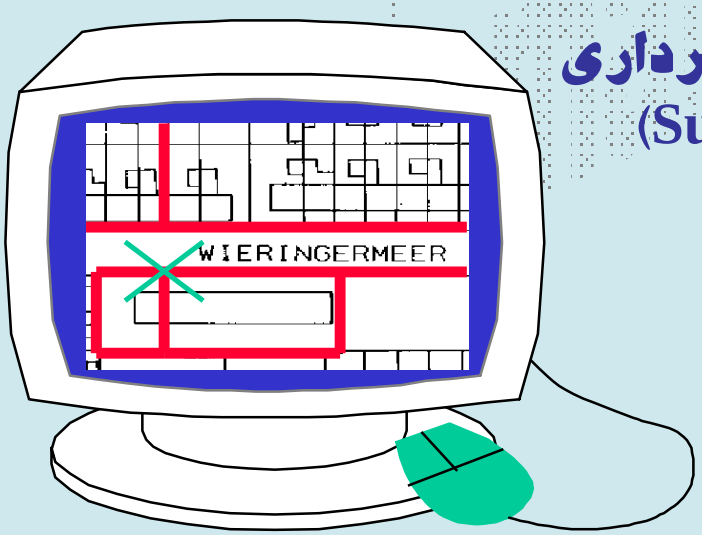
- از آنها آگاه بود
- تا حد ممکن اثر آنها را کاهش داد

خطا: خطوط مستقیم در محیط رستری شکسته می شوند

مهمترین مزیت این روش رقومی سازی سرعت بالای آن است

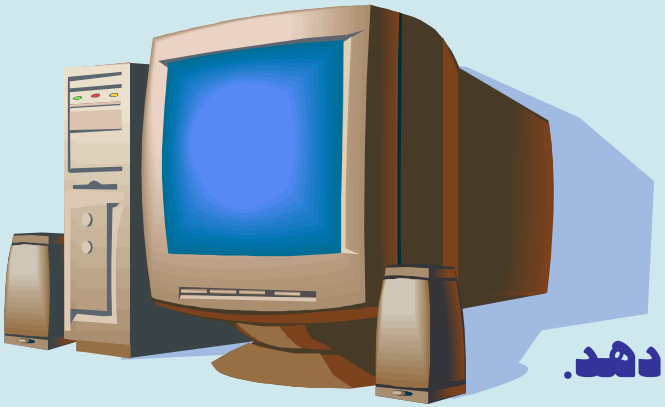
روش دستی:

- در این روش اپراتور با استفاده از تجربه خطوط برداری را روی نقشه رستری ترسیم می کند.(Superimpose)
- دقیق ترین و سخت ترین روش است.
- در اکثر محیط های ترسیم قابل انجام است



روش نیمه اتوماتیک:

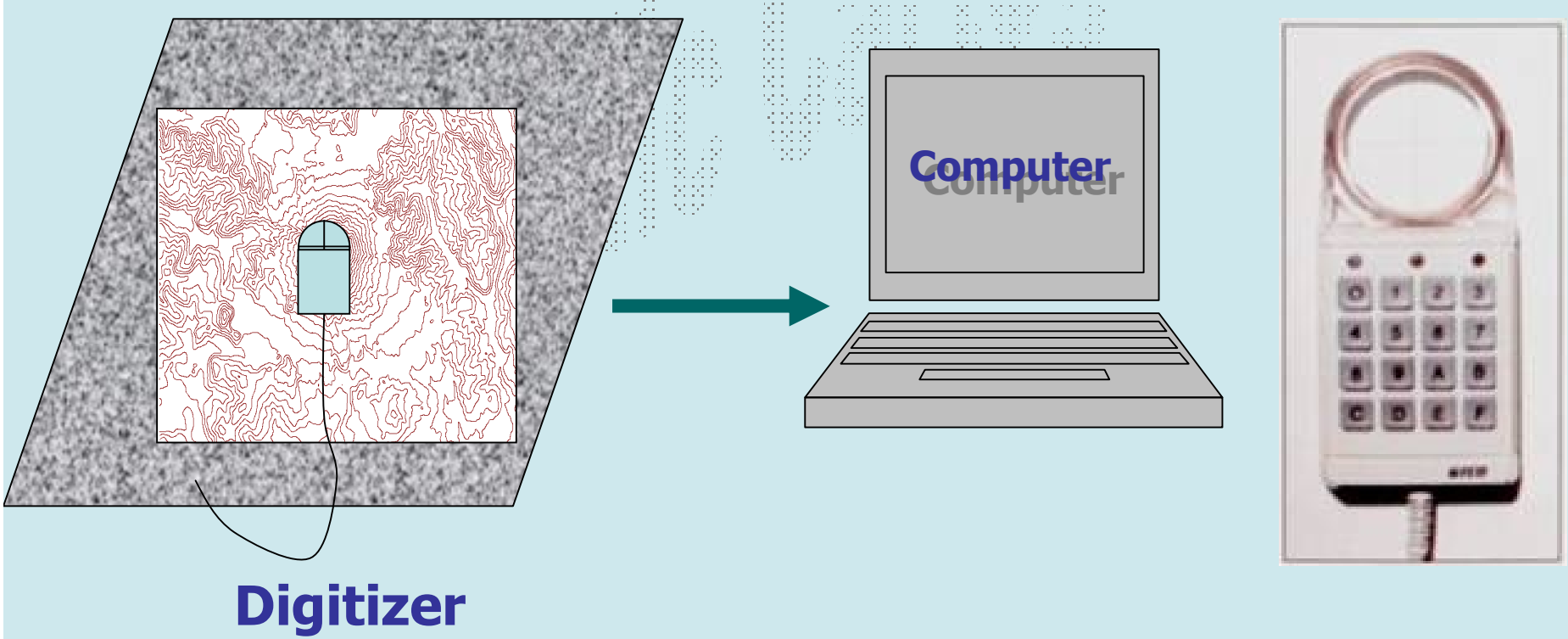
- در این روش اپراتور روی یک خط مشخص در تصویر کلیک می کند.
- نرم افزار تا جایی که به ابهام برنخورد خط را بر اساس درجات خاکستری تصویر دنبال می کند.
- نرم افزار حین کار به راهنمایی های اپراتور نیاز دارد
- روش خوبی است به شرط آنکه تصویر خوب آماده شده باشد.
- نرم افزارهایی نظیر : Easy Trace, R2V, CAD Overlay, Scan TO CAD
- نیاز به آموزش نرم افزاری دارد



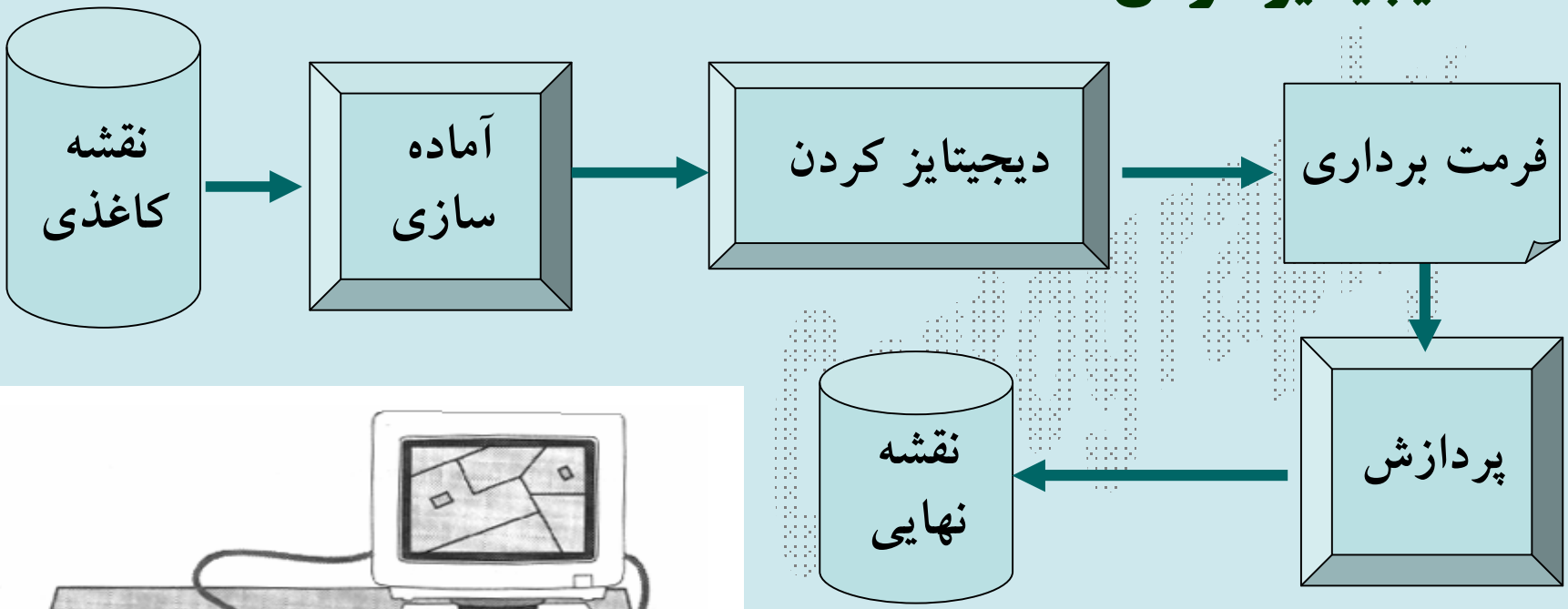
روش اتوماتیک:

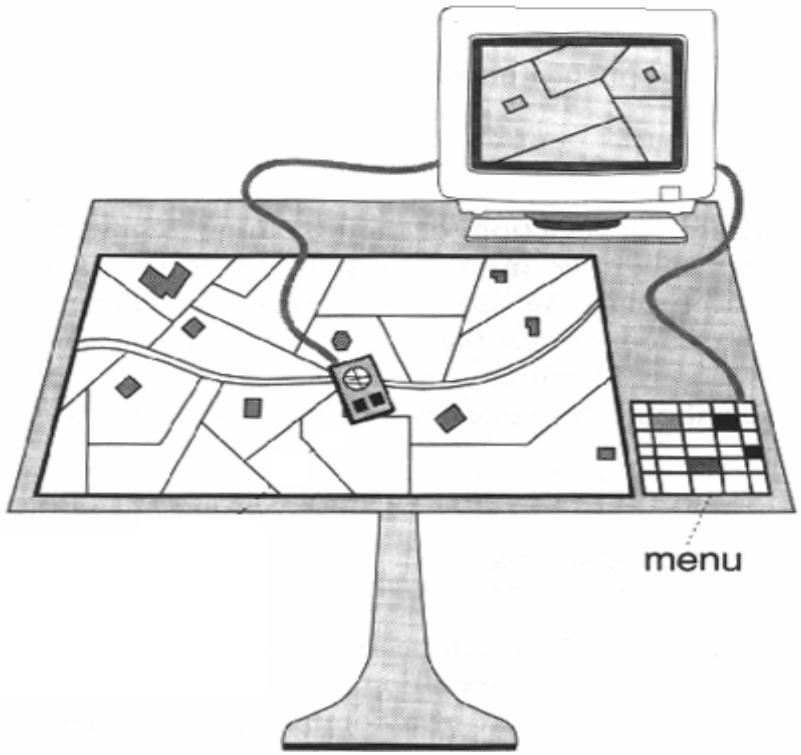
- در این روش اپراتور کار خاصی انجام نمی دهد.
- نرم افزار خطوط را بر اساس درجات خاکستری تصویر دنبال می کند.
- تصویر حتما باید آماده شده باشد.
- نرم افزارهایی نظیر : Easy Trace, R2V,
- نیاز به آموزش نرم افزاری و همچنین آشنایی با مبانی پردازش تصویر دارد

دیجیتایز کردن: کاملا به صورت دستی انجام می پذیرد.
نقشه روی میز قرار گرفته و نشانگر بر روی خطوط حرکت داده شده عوارض رقومی می شوند .
میز دستگاه شبکه ای از سیمهای متقاطع را تشکیل می دهند .
در نشانگر هم سیم پیچ تولید کننده امواج الکترو مغناطیس وجود دارد که با حرکت آن بر روی سیم ها موقعیت تشخیص داده شده و ثبت می شود.



دیجیتایز کردن





مراحل رقومی سازی

۱ آماده سازی

۲ نصب نقشه

۳ ترانسفورماسیون

۴ رقومی کردن

۱ - آماده سازی Preparing Paper Maps

* ترمیم نقشه: از لحاظ فیزیکی و گرافیکی

* ترسیم مجدد: + کیفیت نا مطلوب نقشه اصلی
+ اهمیت نقشه اصلی
+ حذف عوارض اضافی (Filter out)

* قطعه قطعه کردن اندازه دستگاه
راحتی کار با قطعات کوچکتر

منظور از آماده سازی: ۱- بالا بردن دقت ۲- راحتی کار

۲ - نصب نقشه بر روی میز رقومی کننده Installing Map

* نقشه بایستی : + محکم چسبیده باشد

+ بدون باد کردن و جمع شدگی

در چسباندن سعی شود نقشه موازی سیستم مختصات دستگاه (شبکه سیم ها) قرار گیرد.

۳ - تبدیل مختصات Transformation

* سیستم مختصات دستگاه ← تبدیل } سیستم مختصات واقعی نقشه / حذف بعضی اعوجاجات

* انواع تبدیلات

Conformal (۴ پارامتری و بدون حذف خطا)
Affine (۶ پارامتری)
Projective (۸ پارامتری)
Polynomial (متغیر)

مراحل تعیین نقاط کنترل

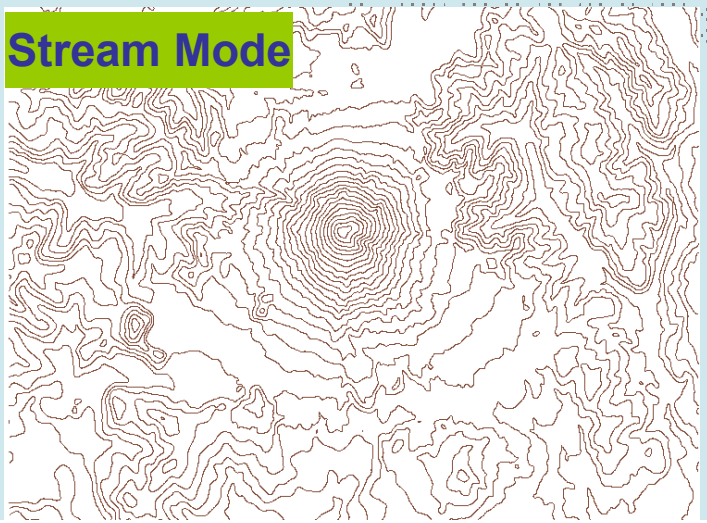
- مشخص کردن نقاط کنترل بر روی نقشه کاغذی(Tics)
- تعیین نقطه کنترل بر روی نقشه توسط نشانگر
- ورود مختصات واقعی
- تمام نقاط وارد می شوند

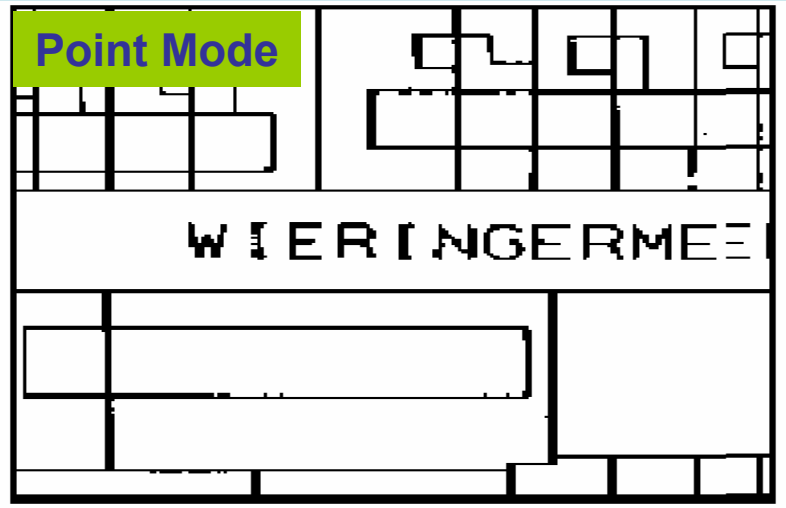
۴ - رقومی نمودن Digitizing

* Point Mode : + برای اشکال با شکل هندسی نسبتا منظم
(مناطق شهری) + کاربر نقطه ها و رئوس را تک تک انتخاب می کند.

* Stream Mode : نشانگر به طور پیوسته بر روی عارضه حرکت کرده و یک سری نقطه (با توجه به مبنای انتخاب نقاط) از عارضه انتخاب و ثبت می شوند. (منحنی میزانها)

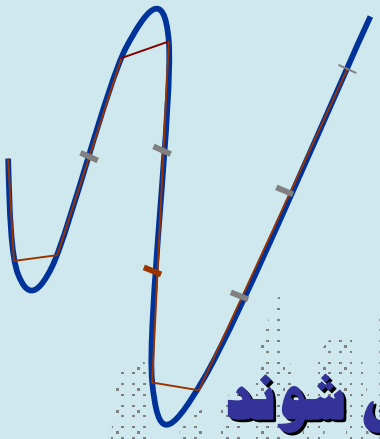
انتخاب نقاط : بر اساس فواصل مکانی (Distance Interval)
بر اساس فواصل زمانی (Time Interval)





* **مد مکان** مقداری پیچیدگی دارد و در پیچ و خمهای زیاد، درست عمل نمی کند (دستور Sketch AutoCAD)

* **مد زمانی** در این حالت بهتر عمل می کند چرا که اپراتور در پیچ و خمها با حوصله عمل می کند



در حالت Stream معمولا یک سری نقاط اضافه برداشت می شوند که با استفاده از برنامه های کامپیوتری آنها را حذف می کنند نقاط میان یک خط مستقیم.

نکاتی که بایستی در رقومی سازی رعایت شوند:

* **Stability** : ثابت بودن میز رقومی کننده در حین عمل رقومی سازی
(میز باید با اندازه مناسب و محکم باشد)

حرکت نقشه به علت:

* محکم نچسباندن نقشه
* رقومی سازی در چند نوبت (جمع کردن نقشه)
* عدم ثبت صحیح نقاط کنترل

* **Skew** : قائم نگاه کردن به نشانه گر دستگاه
(کج نگاه کردن باعث جابجائی می شود).

* **Drift**: اختلاف زمانی بین زمان کالیبراسیون دستگاه و زمان رقومی سازی
(هر چه زمان بیشتری باشد خطای کار احتمالا بالا می رود)

* شرایط محیطی :

یکسانی شرایط محیطی (شرایط استاندارد) با شرایط جاری کار (مثلا حرارت)

نکاتی که بایستی در رقومی سازی رعایت شوند (ادامه) :

*عملیات رقومی سازی: اپراتور

* از لرزش دست خود داری شود

*دقت در رقومی سازی Overshot , Undershot

* مدت محدود کار، مدت زیاد دقت کمتر، حد اکثر ٤ ساعت

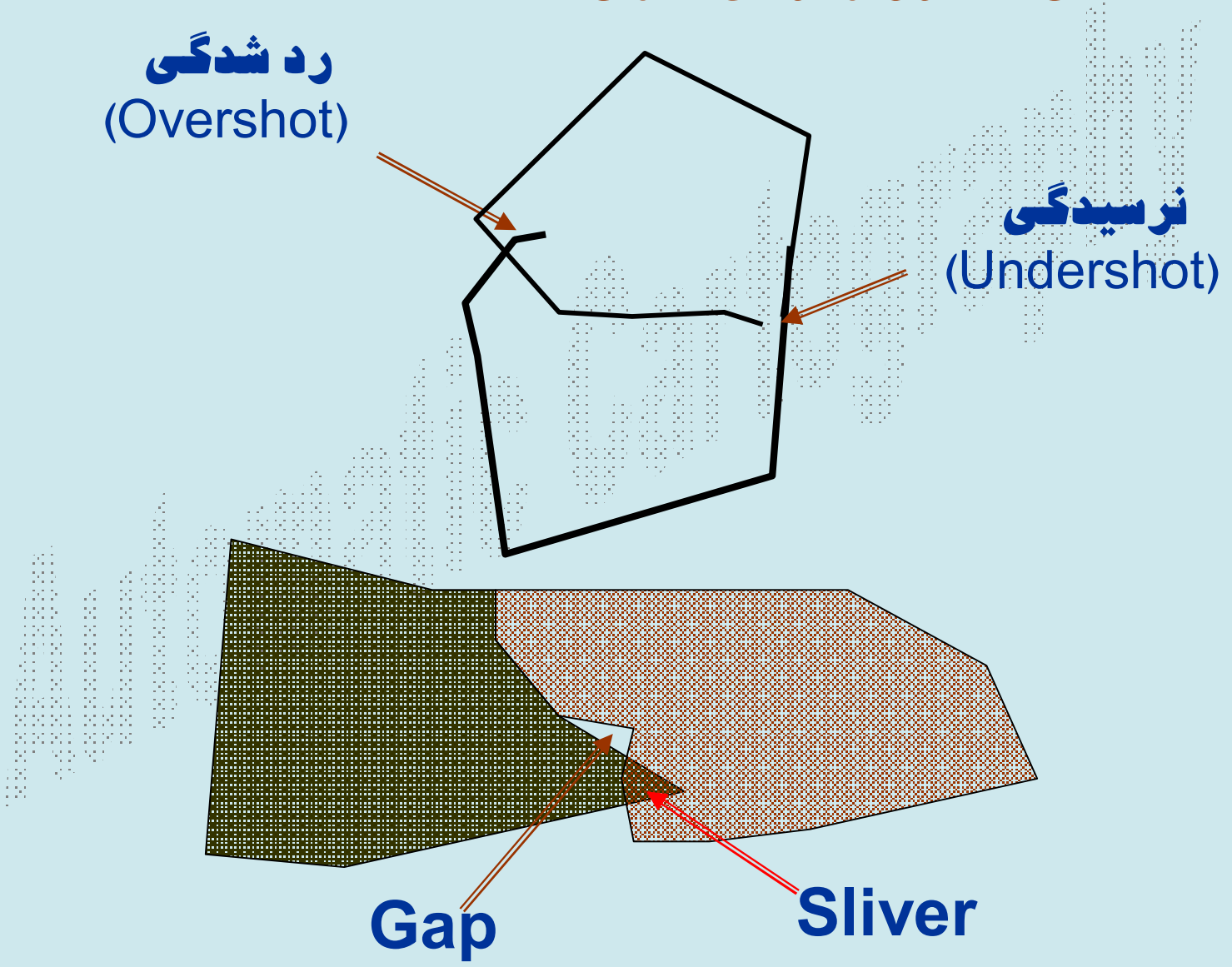
*مسائل نقشه های موجود : (رفع آنها و یا تصمیم گیری در مورد آنها)

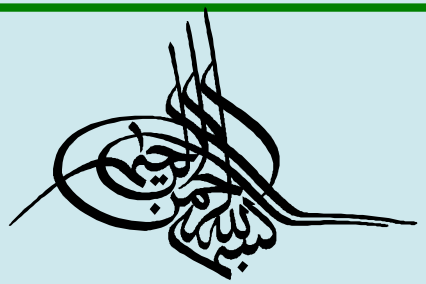
* کثیف بودن و یا تغییر بعد آنها

* کارتوگرافی (نمادها، ضخامت خطوط، متنها)

* Resolution: کوچکترین فاصله ای است که دستگاه می تواند تشخیص دهد که جزء مشخصات فنی دستگاه است.

خطاهای معمول رقومی سازی





کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش چهارم : ذخیره سازی داده های رستری

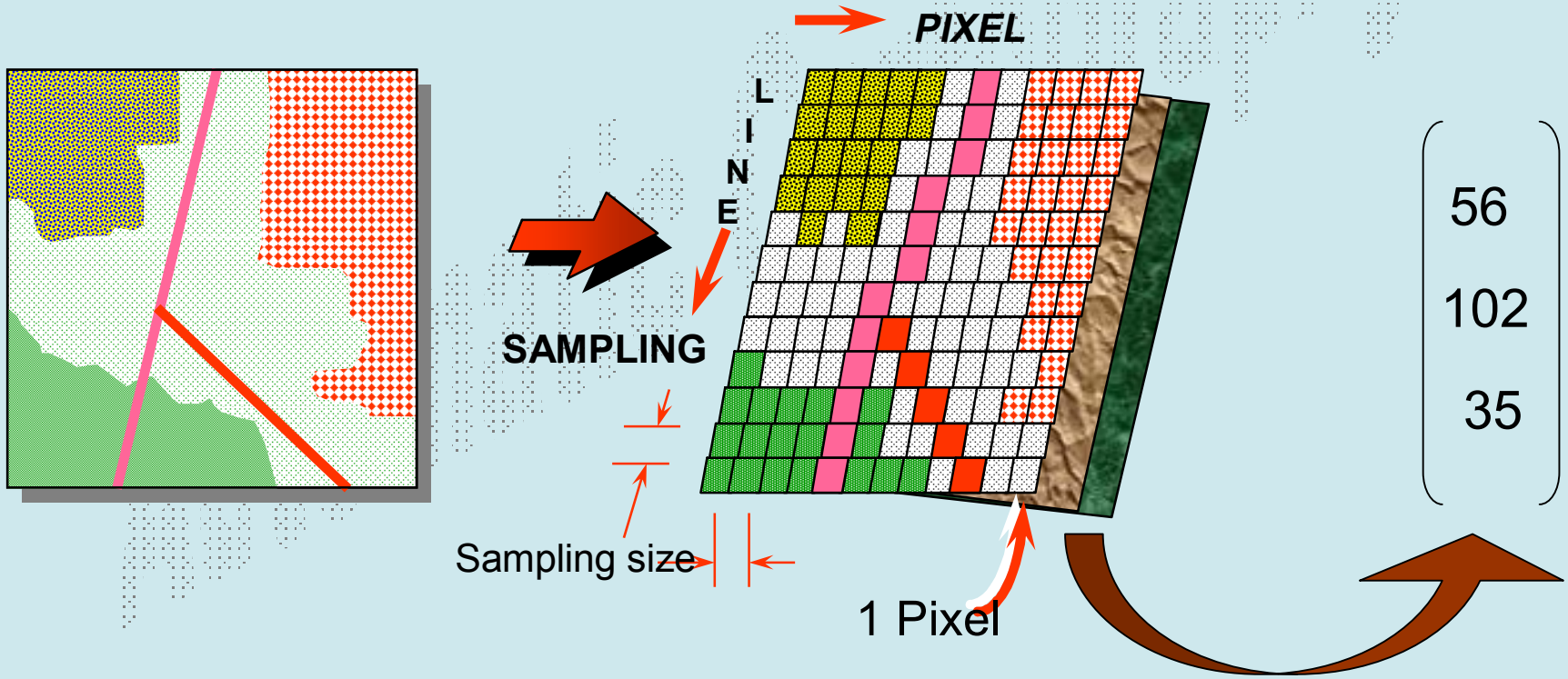
Raster Formats

تهیه کننده: فاطمی

۱۳۸۶

ذخیره سازی داده های رستری

هر تصویر از باند های مختلفی تشکیل شده است. به این معنی که برای یک پیکسل به تعداد باند ها مقدار وجود دارد



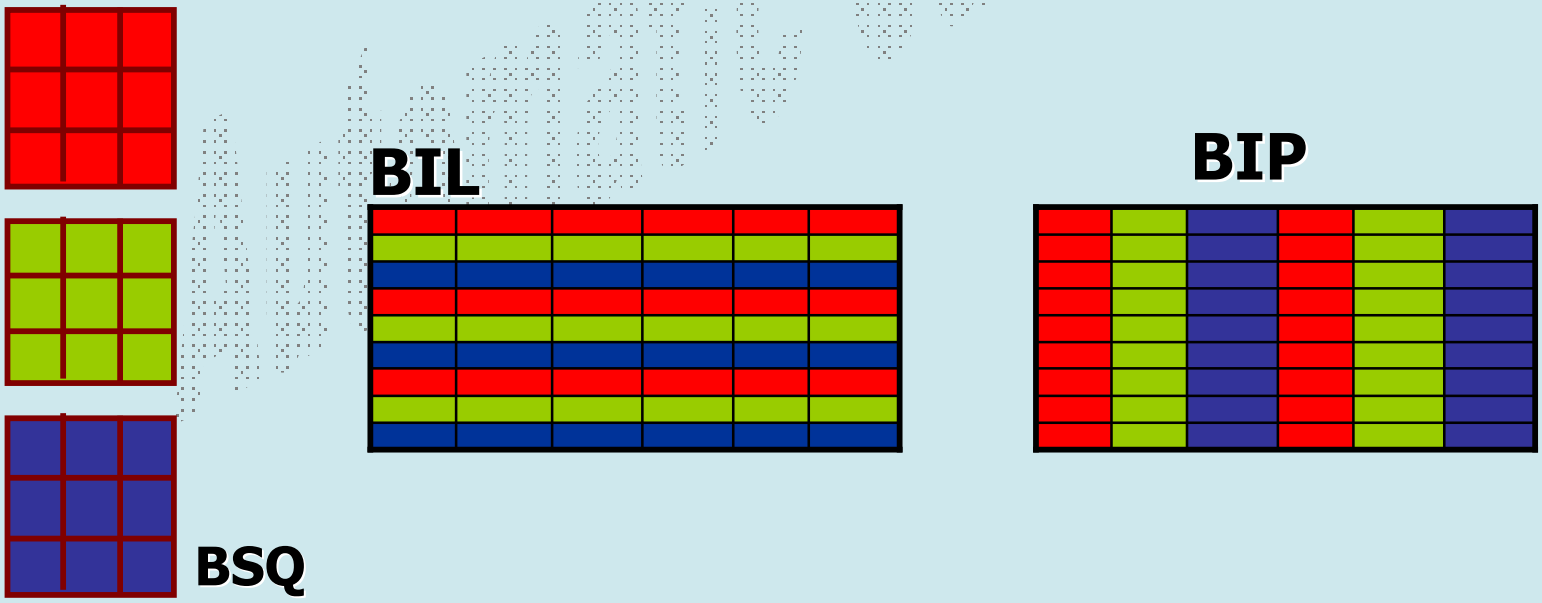
روش های ذخیره سازی داده های رستری

داده های رستری به سه روش معمول ذخیره می شوند

۱- ترکیب صفحه ای: Plan (Band) Sequential (BSQ)

۲- ترکیب خطی: Line Sequential (Band-interleaved-by-line, BIL)

۳ - ترکیب نقطه ای: Point Sequential (Band-interleaved-by-pixel ,BIP)



روش های استاندارد فشرده سازی داده های رستری

روشهای ذخیره سازی رستری به علت خاصیت Space Filling **باعث ایجاد حجم زیاد فایل ها شده و بنابراین نیاز به روشهای فشرده سازی می باشد. دو نوع کلی:**

۱- بدون کاهش اطلاعات: Lossless

- *آن دسته از روشها هستند که در هنگام فشرده سازی هیچگونه اطلاعاتی از فایل کم نمی شود.*
- *و پس از باز کردن* (Decompression) *هیچ نوع تغییر حادث نخواهد شد.*
- *میزان فشردگی در این روشها محدود و کم است.*

۲- با کاهش اطلاعات: **Loosely**

- **قابلیت بیشتری برای فشرده سازی دارند مقداری از اطلاعات از بین می رود.**

Lossless **مانند:** BMP GeoTiff, …

Lossely **مانند:** JPG, GIF, TIF

روش های استاندارد فشرده سازی بدون کاهش اطلاعات

روش کد گذاری طول رشته (Run Length Encoding)

- اساس آن: پیکسلهای مجاور معمولا (مخصوصا در نقشه های موضوعی) دارای مقادیر مشابه هستند
- به جای ذخیره تک تک مقادیر یک مقدار ذخیره شده و تعداد تکرار آن ذخیره می شود

A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
D	D	D	D	B	B	B	B	B	B
D	D	D	D	D	B	B	B	B	B
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C

Value	Length	Row
A	10	0
A	10	1
A	4	2
B	6	2
A	3	3
B	7	3
D	4	4
B	6	4
D	5	5
B	5	5
D	5	6
C	5	6
D	5	7
C	5	7

روش کد گذاری طول رشته استاندارد

کد گذاری طول رشته به روش Value point Encoding

A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
A	A	A	B	B	B	B	B	B	B
D	D	D	D	B	B	B	B	B	B
D	D	D	D	D	B	B	B	B	B
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	C	C	C	C	C

Value	Point
A	23
B	29
A	32
B	39
D	43
B	49
D	54
B	59
D	64
C	69
D	74
C	79
D	84
C	89

- در این روش به سلولها شماره های مکانی داده می شود.
- شماره گذاری از صفر و از سمت چپ بالا شروع می شود. و به سمت راست و پایین پیش می رود.
- درجه فشردگی به دست آمده بستگی کاملی به پیچیدگی نقشه دارد.

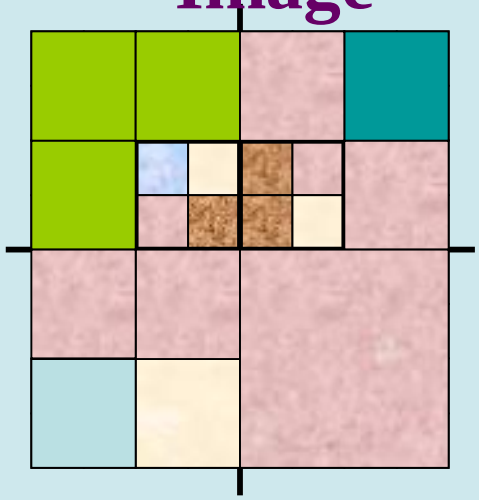
روش های استاندارد فشرده سازی بدون کاهش اطلاعات

روش کد های چهارتایی یا درخت چهارگانه (Quad Trees)

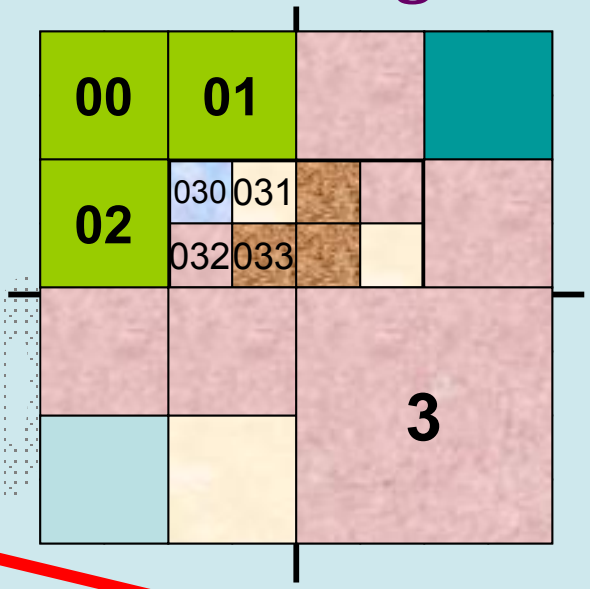
- **این روش از یک شبکه سلولی با اندازه متغیر استفاده می کند.**
- در مقابل روش رستری ساده که همه پیکسلها اندازه یکسان دارند در این روش **تنها جایی که جزییات بیشتر وجود دارد (مورد نیاز است) از سلول های بیشتر یا به عبارت بهتر تقسیمات ریزتر استفاده می شود.**
- اگر فرض کنیم یک نقشه دارای یک کلاس باشد آنگاه می توان آن را با یک سلول (با ابعاد بزرگ) نمایش داد. در صورتیکه اینکار در فرمت ساده رستری با تعداد زیادی پیکسل مشابه انجام می شود.
- اگر تعداد کلاسها از یکی بیشتر باشد آنگاه نقشه به چهار قسمت (مربعی) تقسیم شده و آزمایش مشابهی برای همگنی هر قسمت انجام می شود. هر مربعی که شامل بیش از یک کلاس باشد دوباره به چهار مربع دیگر تقسیم می گردد.
- در حالیکه مربعهای همگن تقسیم نمی گردند.
- عمل تقسیم به دو عامل بستگی دارد : حداکثر تکرار انتخاب شده

  اندازه پیکسل تصویر (به عنوان حداکثر امکان تقسیم)

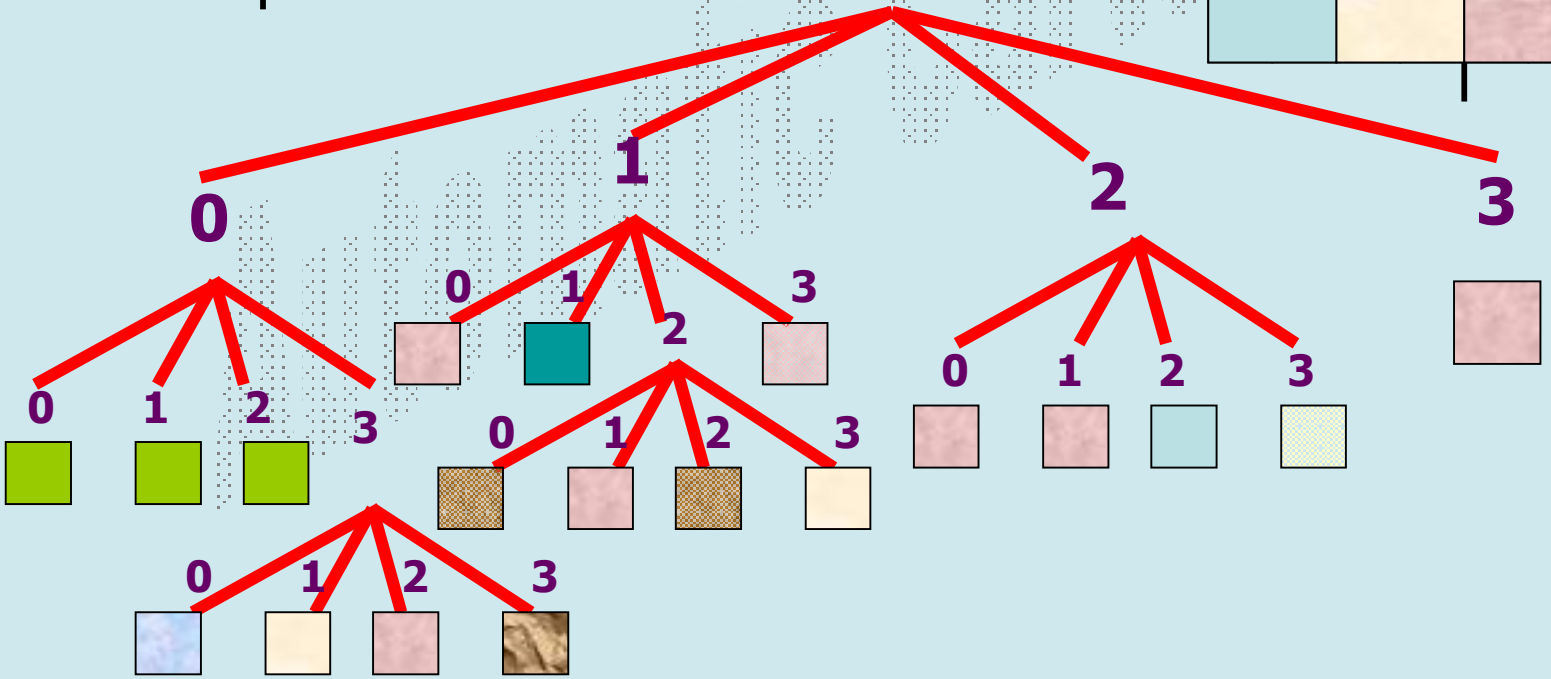
Image



Encoding



Steucture



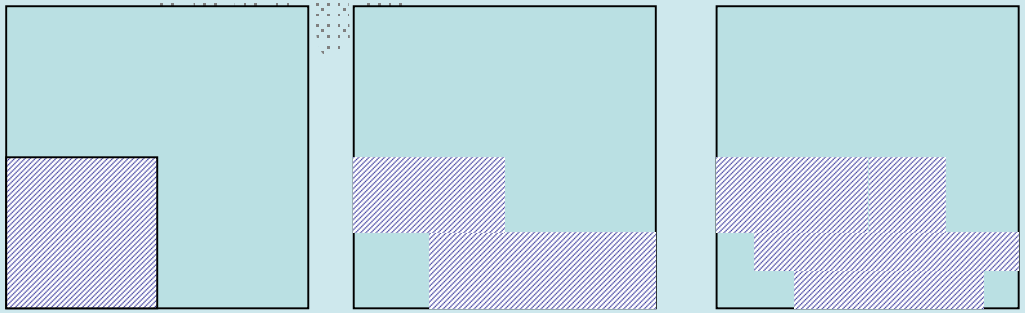
مزایای روش کد های چهارتایی

- همسایگان هر سلول به راحتی شناخته می شوند که می تواند در بعضی آنالیزها کمک کننده باشد. (مثلا همسایگان سلول ۲۱۲ سلولهای 21X هستند)

- باعث فشرده سازی و حجم کمتر یک فایل رستری می شود.

- برای بعضی عملیاتهای همسایگی نظیر نزدیکترین همسایگی نقطه انتخاب شده و جستجوی نقطه در پلی گون بسیار سریع عمل می کند.

- این نوع کدگذاری جنرالیزاسیون داده ها در هر سطح و بازیابی در سطح جزییات دلخواه را ممکن و نسبتا آسان می سازد



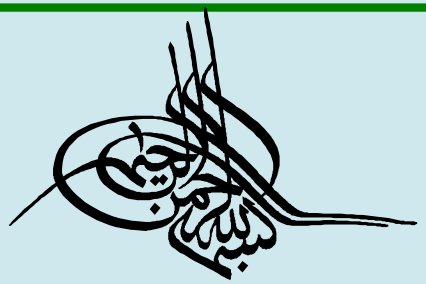
جنرالیزاسیون یک نقشه در سطوح پردازشی مختلف

معایب روش کد های چهارتایی

* در صورتیکه نقشه همگن نباشد و کلاسهای متعددی در نقشه حضور داشته باشند (مخصوصا در نواحی کوچک) حجم بیشتری نسبت به مدل رستری ساده می گیرد

* زمان زیادی برای ایجاد و اصلاح آن لازم است
هرچه ساختار پیچیده تر زمان بیشتر

* زمانی که تغییری در نقشه پدید می آید ساختار چهارگانه نیز باید تغییر کند که زمان زیادی را می طلبد



کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش پنجم: تبدیل رستر به بردار

Raster To Vector

تهیه کننده: فاطمی

۱۳۸۶

تبدیل رستر به بردار و بالعکس

در برخی موارد نیاز به تبدیل این دو نوع قا لب ذخیره سازی داده های مکانی داریم نظیر:

- نیاز به توابعی که تنها روی یک نوع مدل کار می کنند
- نیاز به قالبی که یک نرم افزار تنها آن قالب را می پذیرد
- تبدیل به قالب درخواست کاربر نهایی
- تبدیل به رستر برای نمایش روی صفحه نمایش و پرینتر نرم افزار به طور اتوماتیک

هر دو اینها تا حدی دقت دارند و کامل نیستند

تبدیل بردار به رستر

- به طور تقریبی انجام می پذیرد
- در رستری کردن یک خط. مکان پیکسل ها به گونه ای انتخاب می شوند که تا حد ممکن نزدیک به مکان حقیقی انها روی نقاط نمونه تولید شده توسط تابع ریاضی (که خط را تولید می کند) باشد.
- در مورد پلی گونها باید پیکسل های داخلی نیز تشخیص داده شوند

- مختصات دو سر خط اندازه گیری می شود

$$Dx = | x_2 - x_1 |$$

- اختلاف مختصاتی دو سر خط محاسبه می شود

$$Dy = | y_2 - y_1 |$$

- محاسبه جهت بزرگتر یا همان جهت کشیدگی

$$D\max = Max(D_x, D_y)$$

- شروع از یک سر خط

❊ محاسبه میزان جابجایی یک پیکسل از پیکسل قبلی

تعداد پیکسلهای تشکیل دهنده خط

$$n = D_{\max} + 1$$

❊ بنابراین در جهت کشیدگی

مقدار جهش یک و بعدی کوچکتر از یک است

$$inc\ x = D_x / D_{\max}$$

$$inc\ y = D_y / D_{\max}$$

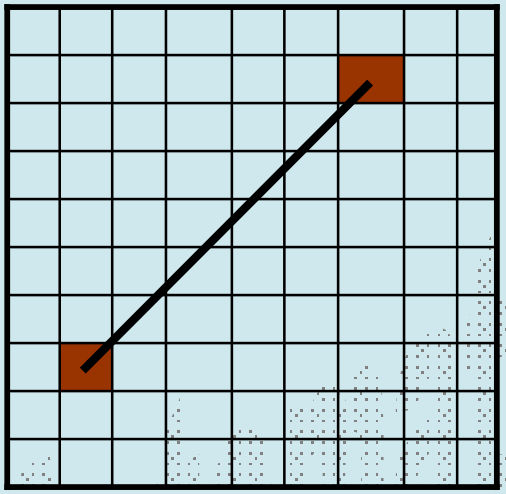
مقدار به دست آمده به نزدیکترین عدد صحیح گرد می شود:

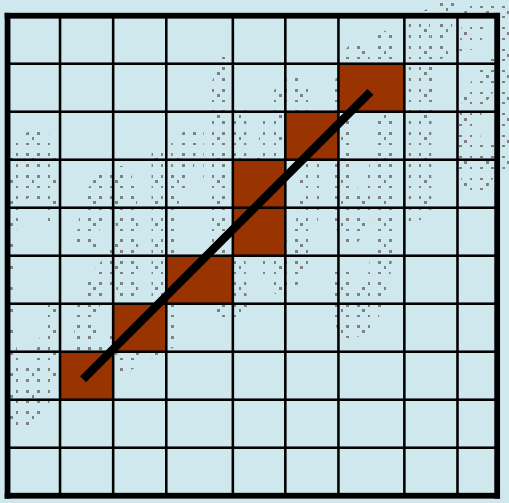
$$x' = x + inc\ x$$

$$y' = y + inc\ y$$

Round (x', y')

یک مثال





$$D_x = 6$$

$$D_y = 7$$

$$D_{\max} = D_y = 7$$

$$n = 7 + 1 = 8$$

$$\begin{cases} inc\ y = 1 \\ inc\ x = 6/7 \end{cases}$$

تبدیل رستر به بردار

* به ۳ صورت انجام می شود:

دستی نیمه اتوماتیک اتوماتیک

* پیش پردازش روش اتوماتیک شامل:

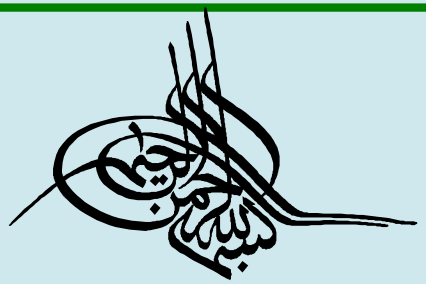
۱- بارزسازی لبه ها (Edge Detection)

۲- باینری کردن

۳- نازک سازی (Skeletonization)

۴- پیوسته سازی

کارتوگرافی اتوماتیک



کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش ششم: خصوصیات گرافیکی

Graphical Settings

تهیه کننده: فاطمی

۱۳۸۶

اطلاعات توصیفی

به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- اطلاعات مربوط به عارضه: مانند نام یک ساختمان ، تعداد طبقات آن و ...

۲- اطلاعات مربوط به نمایش و مدیریت اجزای نقشه: مانند رنگ، نماد، نوع لایه بندی و ...

- **اطلاعات توصیفی گرافیکی مجموعا مشخص کننده اجزای نقشه و نحوه نمایش آنها می باشد.**
- **این خصوصیات به گونه ا ی باید انتخاب شوند که :**
  - **گویایی نقشه را دچار اشکال نسازند**
  - **مدیریت اجزای نقشه را آسان نمایند**
  - **در هنگام چاپ مشکلی ایجاد نشود**
  - **در تبدیل فرمت دستخوش تغییرات زیاد نشوند**

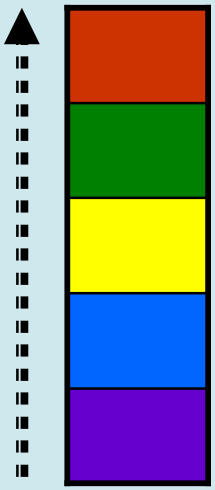
عمده اطلاعات توصیفی غیر گرافیکی عبارتند از

- **رنگ** (Color)
- **لایه** (Layer)
- **ضخامت** (Thickness)
- **نوع** (Style , Type)
- **نماد** (Symbol)
- **فونت** (Font)

۱- رنگ (Color)

- **انتخاب رنگ مناسب بسیار مهم است**
- **استفاده از استانداردهای موجود:** منحنی میزان
- **گویا بودن رنگ :** رنگ متناسب با عارضه باشد، سبز برای پوشش گیاهی و ..
- **رنگ ها معمولا در سیستم های** RGB **ارایه می شوند ولی سیستم های** CYM , HSV **نیز استفاده می شوند.**

ازدیاد حساسیت



- حساسیت انسانها به رنگها به ترتیب
- رنگها در نرم افزار با شماره و نام معین می شوند.
- غیر از نام رنگ می توان درجه رنگ را نیز می توان انتخاب نمود
  مثلا: قرمز با شدت ۰ - ۲۵۵

- رنگ می تواند وابسته به لایه باشد

چندین رنگ در دنیای کارتوگرافی به صورت استاندارد درآمده اند.

سیاه: برای عوارض انسانی، صخره ها، اسامی و نوشته ها

خاکستری: برای رنگ تکمیلی و سایه روشن ها

قهوه ای: نمایش ارتفاعات و منحنی میزانها

سبز: پوشش گیاهی

آبی تند: شبکه آب، کانال و عوارض آبی

آبی کمرنگ: برای مناطق کم عمق، دریاچه ها و دریاها

نارنجی: برای منحنی میزانها

قرمز تند: برای علایم ویژه، شبکه راهها و راه آهن

قرمز کمرنگ: برای مناطق مرتفع

زرد: برای زراعت و دامنه ای از ارتفاعات که در نور مستقیم خورشید قرار دارد.

(بر گرفته شده از دستورالعمل کارتوگرافی سازمان نقشه برداری)

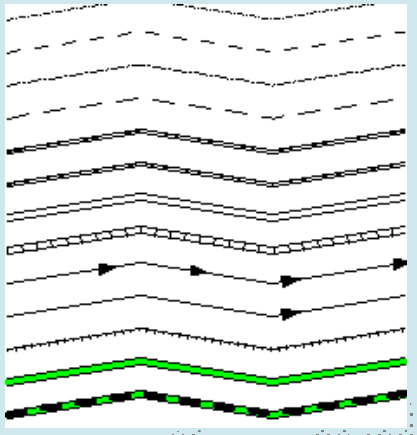
۲- نماد (Symbol) و نوع (Type)

سه المان اصلی مدل برداری برای نمایش عوارض:

❊ **نقطه:** عوارض بدون بعد (مقیاس) و جهت

نمایش با نماد و رنگ (مانند چاه)

اندازه این عوارض با توجه به مقیاس نقشه انتخاب می شود.



❊ **خط:** عوارض با طول و جهت و موقعیت

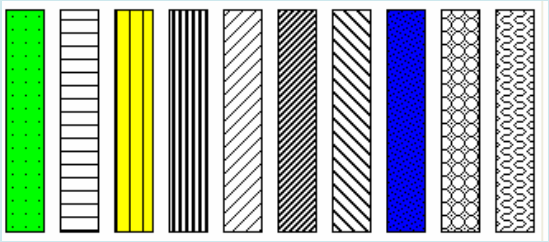
نمایش با نوع، ضخامت و رنگ خط

(معمولا عوارض کم اهمیت تر با خطوط مقطع و کم رنگ تر نمایش داده می شوند)

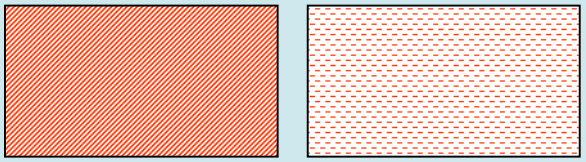
❊ **پلی گون:** عوارض با ماهیت سطحی

نمایش با هاشور، متن و رنگ و مرز عارضه

(مانند دریاچه ها و مرزهای سیاسی)



پارامترهای هاشور (Hatch)

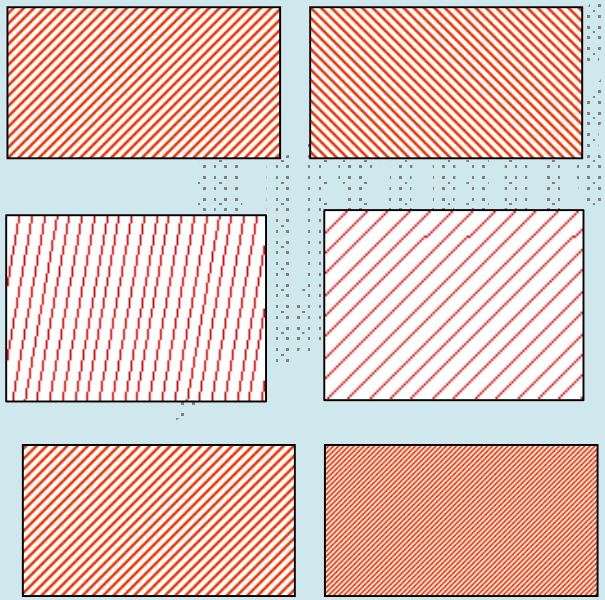


۱- الگو (Pattern)

الگو باید به نوعی بازگو کننده عارضه باشد

۲- زاویه

* زاویه هاشور باید کاملا رعایت شود.
* هاشورهای موازی لبه های عارضه یا نقشه (هاشور های خطی) معمولا استفاده نمی شود.
* عوارض کنار هم اگر از جنبه ای جدا از یکدیگرند باید کمی زاویه را تغییر داد.



۳-مقیاس

می تواند به گونه ای برای تاکید یا تمایز به کار رود

کنترل اندازه نمادها

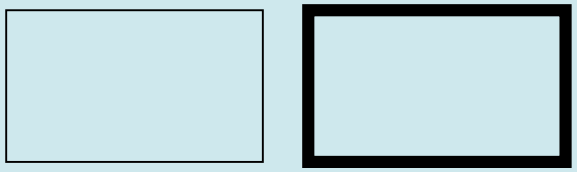
- برای کنترل اندازه نمادها قبل از پلات
- اندازه ها در محیط رقومی باید به صورت واقعی باشند
- مقیاس تنها در هنگام پلات اعمال می شود
- یک اندازه ثابت در نظر گرفته می شود (مثلا طول یک GRID)
- بزرگنمایی با یک خط کش کنترل می شود
- آنگاه تمامی نمادها و عوارض به اندازه واقعی بر روی مانیتور ظاهر می شوند.

S= 1: 500

10 cm

50 m

۲- ضخامت (Thickness)



ضخامت در مورد خطوط به کار می رود

- **لبه ها و کادر نقشه**
- **ایجاد تفاوت میان عوارض**
- **تاکید روی عوارض (منحنی میزانهای فرعی و اصلی)**
- **زیبا سازی نقشه**

ضخامت به هنگام پلات

- معمولا سعی می شود عوارض نقشه با تعداد رنگ های محدود ترسیم شوند
- چون نرم افزارها بر اساس رنگ می توانند ضخامت مختلف نیز در هنگام پلات اعمال نمایند. مثلا:

Red: 0.4 mm Yellow: 0.3 mm

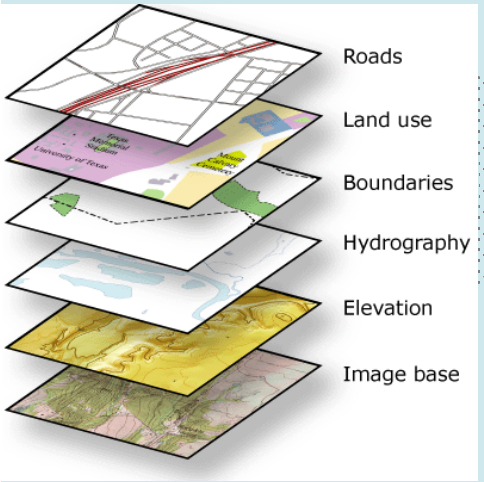
- دستگاه پلاتر با چنین دستوراتی اگر ضخامت در هنگام ترسیم هم رعایت نشده باشد. در حین پلات رعایت می کند.

۴- لایه بندی

* در سیستم های رقومی امکان لایه بندی عوارض هست که به مدیریت عوارض کمک می کند.
مثلا لایه آبها، لایه منطقه مسکونی، لایه جنگل
* لایه ها در نرم افزار های مختلف نامهای مختلف دارند:

AutoCad: *Layer* Microstation: *Level*

ArcView: *Theme* ArcInfo: *Coverage*



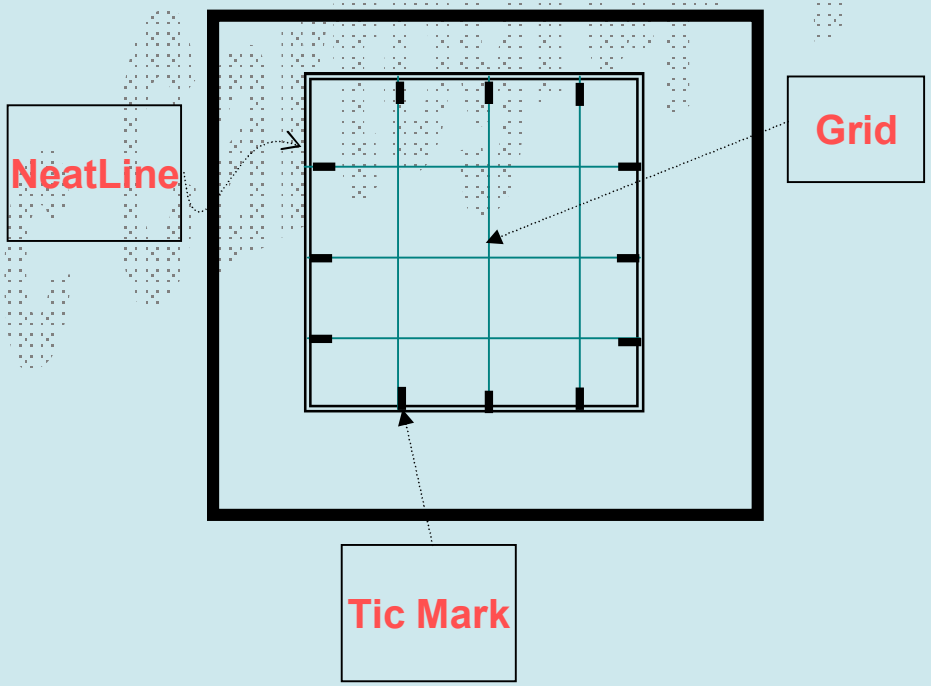
مزایا:

* انتخاب سریع و آسان المانهای گرافیکی
* دسترسی سریع و آسان
* مدیریت بهتر در : حذف، چاپ، Exportو .....
* تنظیم آسانتر خصوصیات عوارض ... .
* خصوصیات یک لایه : On/Off, Color, LineType, Freez

۵- Annotation

- به هر جزء توضیحی اضافه شده به نقشه گویند.
- Annotation در شکل های زیر ظاهر می شود:

Scale Bar, Legend, NeatLine, GridLines, Tick mark, North Arrow, Labels



- در برخی نرم افزارها به متون توضیحی Annotation گفته می شود.

۶- جایگذاری متون (Lettering)

- موضوع قراردادن متون در نقشه بسیار مهم است
- سه پارامتر مهم برای حروف نقشه ها در نظر گرفته می شود:

۱- فضای بین حروف (Letter Spacing)

۲- توجیه (Orientation)

۳- موقعیت (Position)

- **چند نکته مهم:**

+ نام ها نباید روی مرزها نوشته شوند بلکه باید داخل پلی گون نوشته شوند
+ توجیه نامها باید با توجیه کلی نقشه همخوانی داشته باشند.
+ یعنی موازی لبه های نقشه (در مقیاسهای بزرگ) یا موازی مدارها (در نقشه های مقیاس کوچک) باشند.
+ حروف مستقیم نوشته شود. مگر در مواقع لزوم
+ فضای بین حروف تا حد تا ممکن کوچک در نظر گرفته شود (Kerning)

جایگذاری متون (ادامه)

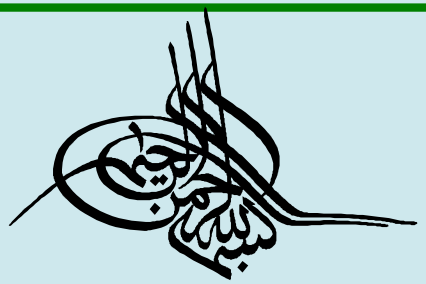
- در موقعی که تزاحم متن با خطوط یا رنگ نقشه پیش می آید متن باید حفظ شود.
- حروف یک متن به هیچ وجه نباید وارونه یا معکوس نوشته شوند.
- متن نمادهای نقطه ای (مثلا نام یک چاه یا شهر) در بالا یا پایین آن به سمت راست نوشته شود (برای متون انگلیسی)
- بین حروف عوارض خطی (نظیر رودخانه ها و جاده ها) نباید فاصله بیفتد. در صورت نیاز تکرار شود (نام در بالای عارضه)
- برای نمایش جهت رودخانه می توان حروف را به سمت آن جهت کج نمود (Italic)
- رنگ متون باید سیاه باشد. مگر در موقعی که رنگ های دیگر به قرائت نقشه کمک کند.

۷- فونت (Font)

+ مربوط به متن ها است.
+ هر نرم افزار فونت های مخصوص به خود دارد.
+ از فونت های عمومی تحت Windows نیز می توان استفاده کرد.
+ سه مورد مهم برای فونت: نوع، اندازه و رنگ

قواعد عملی:

+ از فونتهای غیر رسمی پرهیز کنید.
+ از تعداد فونت زیادی استفاده نکنید (یک یا دو فونت)
+ بیشتر از ٦ نوع اندازه فونت استفاده نکنید
+ متون مهم با حروف بزرگ و متون کم اهمیت تر با حروف کوچک نوشته شوند
+ حروف بزرگتر مشکل تر قرائت می شوند.



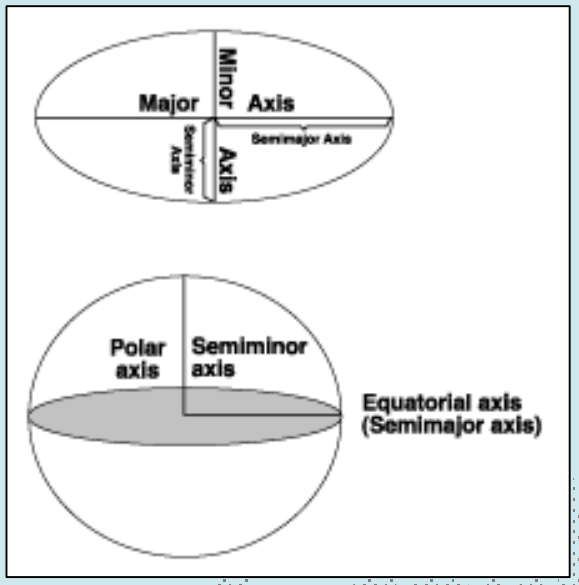
کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش هفتم: سیستمهای مختصات
Coordinate Systems

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

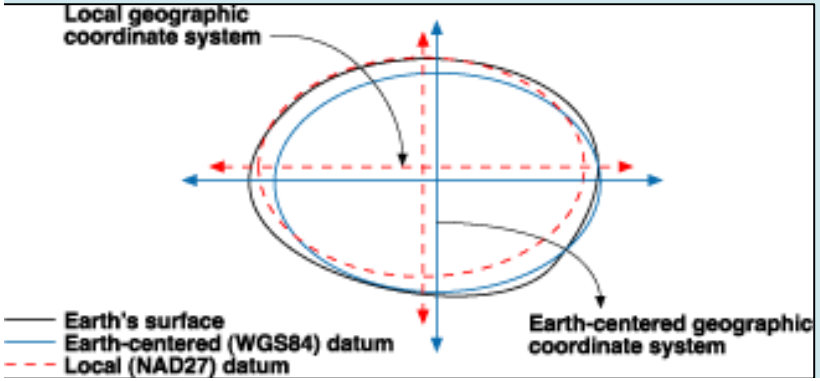
سیستمهای مختصات

اطلاعات مکانی همگی باید در یک سیستم مختصات مشخص قرار داشته باشند.



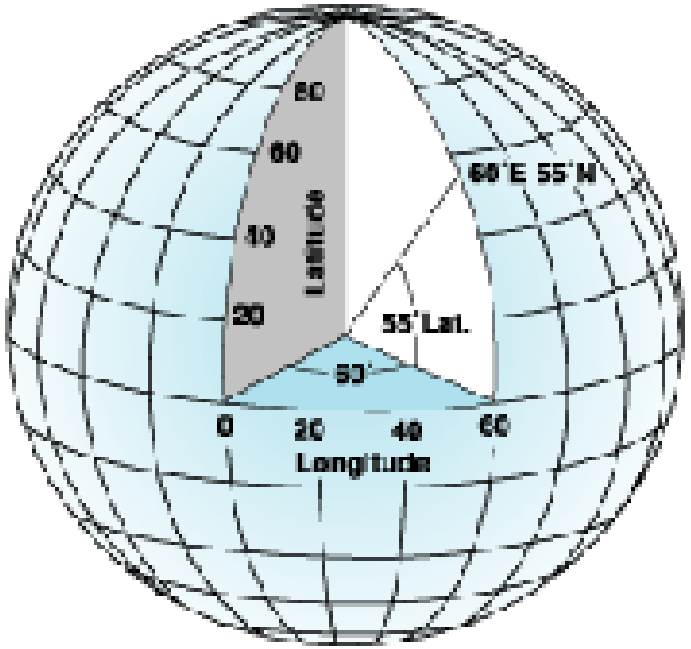
* **هر سیستم مختصات چند مشخصه اصلی دارد:**

۱- نوع (مثلا کارتزین یا قطبی)
۲- بیضوی (Ellipsoid) شکل زمین
۳- توجیه (جهت)
۴- واحد اندازه گیری یا مقیاس (متر، درجه و ....)
۵- سطح مبنای مسطحاتی (Datum) و مبداء
۶- مشخصات سیستم تصویر



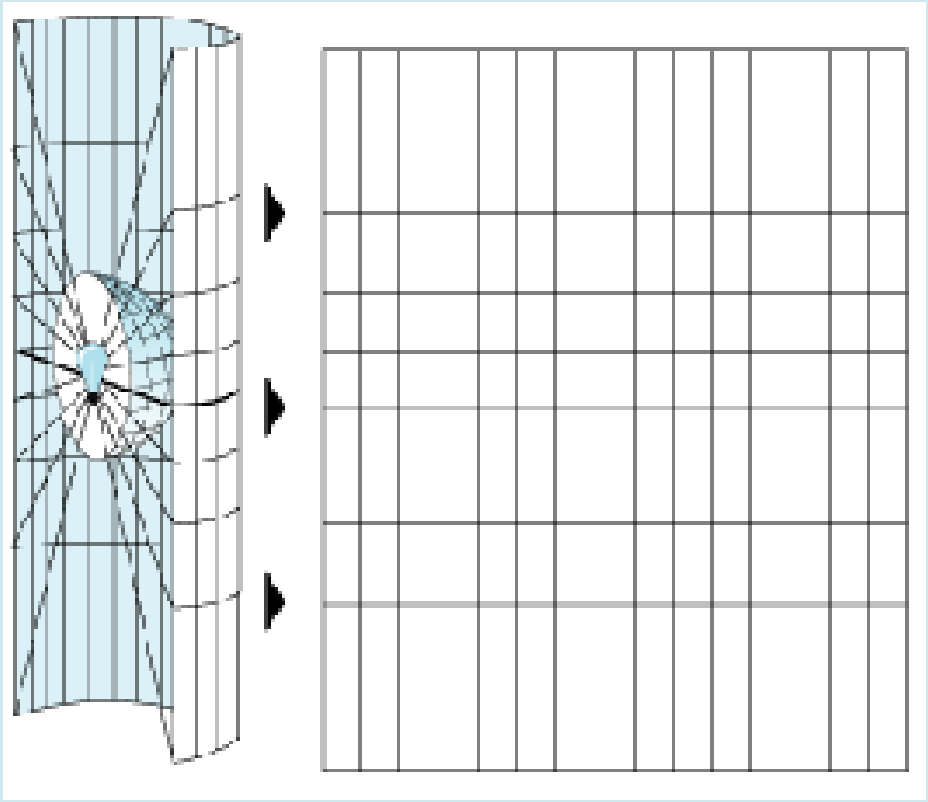
سیستمهای جغرافیایی

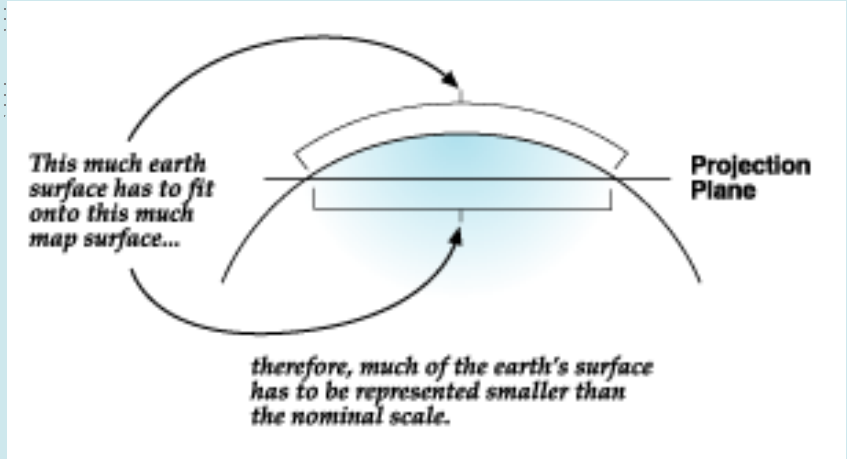
- در این سیستمها مختصات بر اساس طول و عرض جغرافیایی بیان می شود.
- واحد معمولا درجه است.
- برای مناطق وسیع و نقشه های کوچک مقیاس مناسب ترند.
- محاسبه طول و مساحت روی آنها مشکل است.
- در نقشه های رستری باعث کمی اعوجاج می شوند.



سیستم تصویر

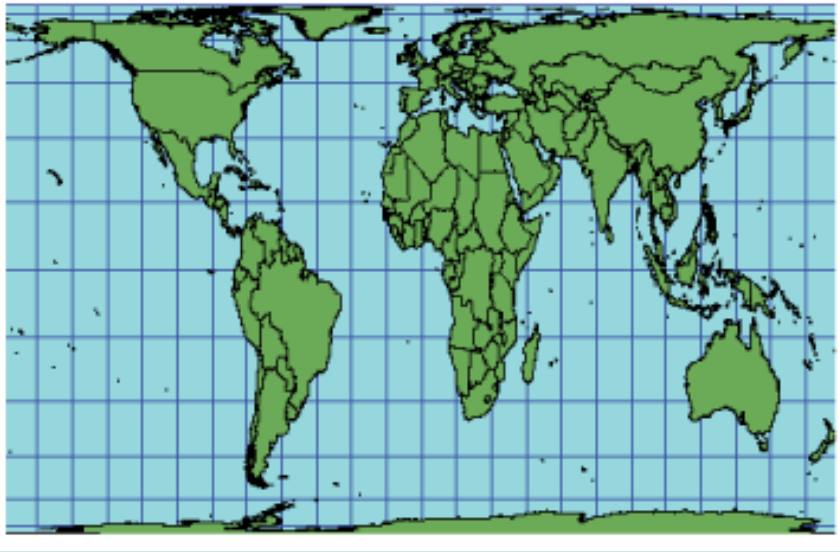
- سیستمهای تصویر برای تبدیل سطح کروی به صفحه مسطح به کار می روند.
- انتقال از سطح کره به سطح صفحه باعث اعوجاج در خصوصیات عوارض می شود.

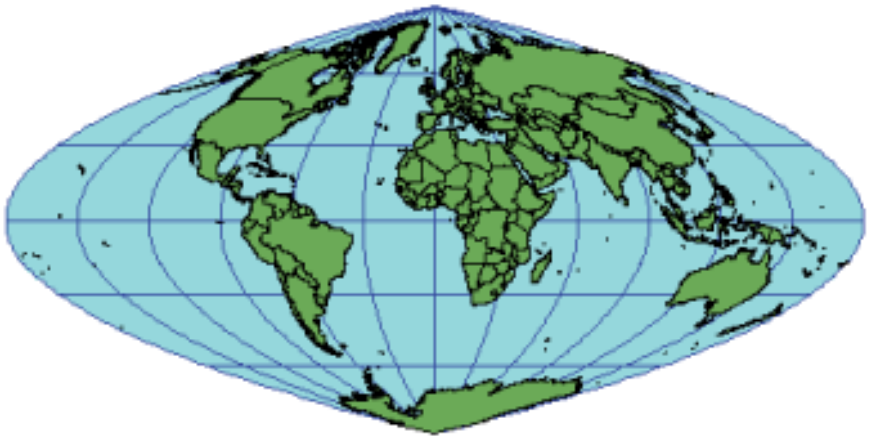


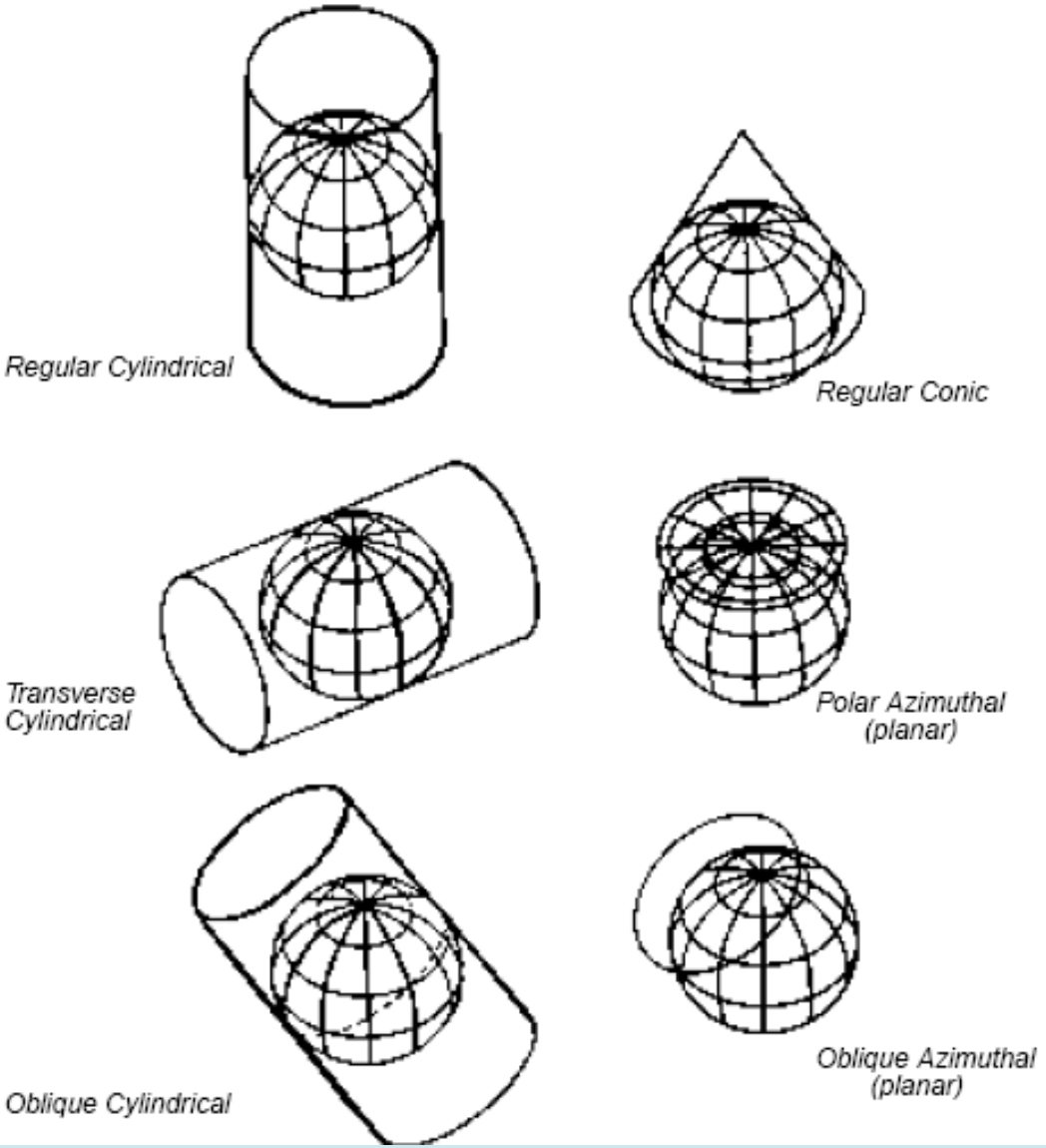


سیستم تصویر (ادامه)

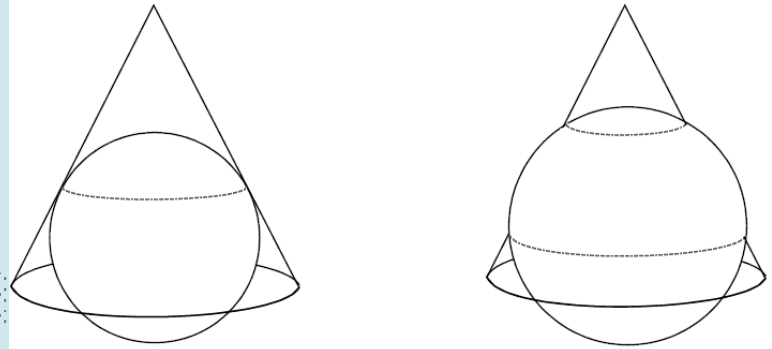
* انتقال از سطح کره به سطح صفحه باعث اعوجاج در خصوصیات عوارض می شود.
* انواع سیستمهای تصویر وجود دارند:
  + متشابه
  + هم مسافت
  + هم مساحت







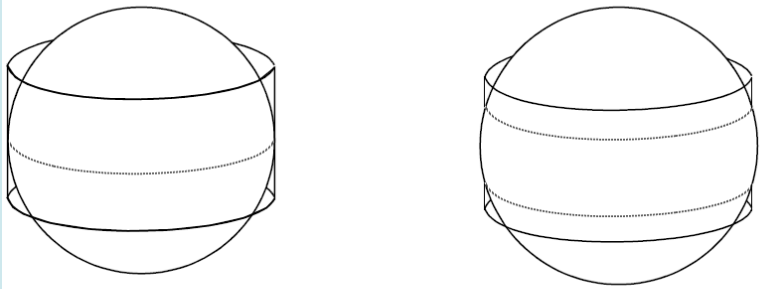
Tangent and Secant Cones



Tangent
one standard parallel

Secant
two standard parallels

Tangent and Secant Cylinders



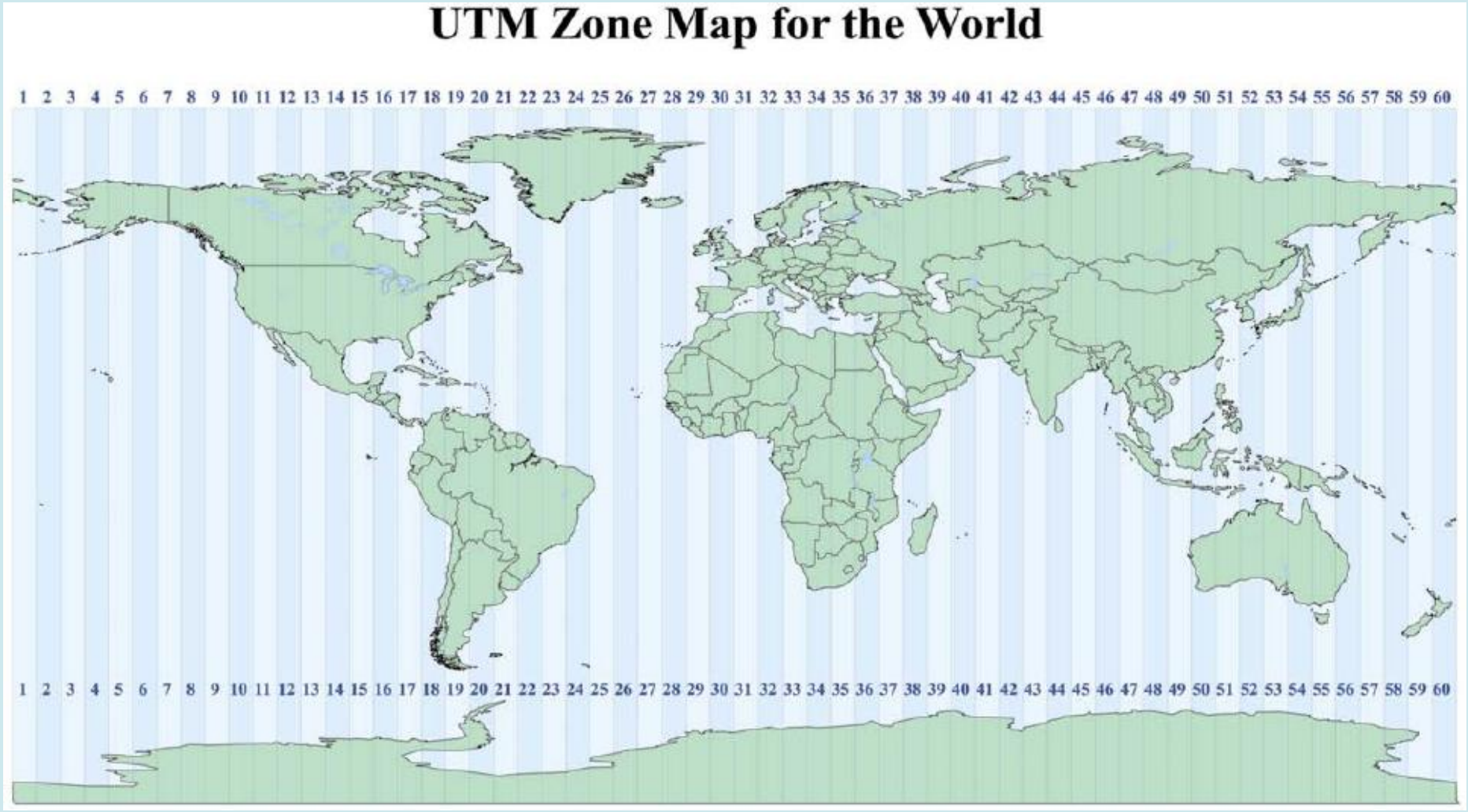
Tangent
one standard parallel

Secant
two standard parallels

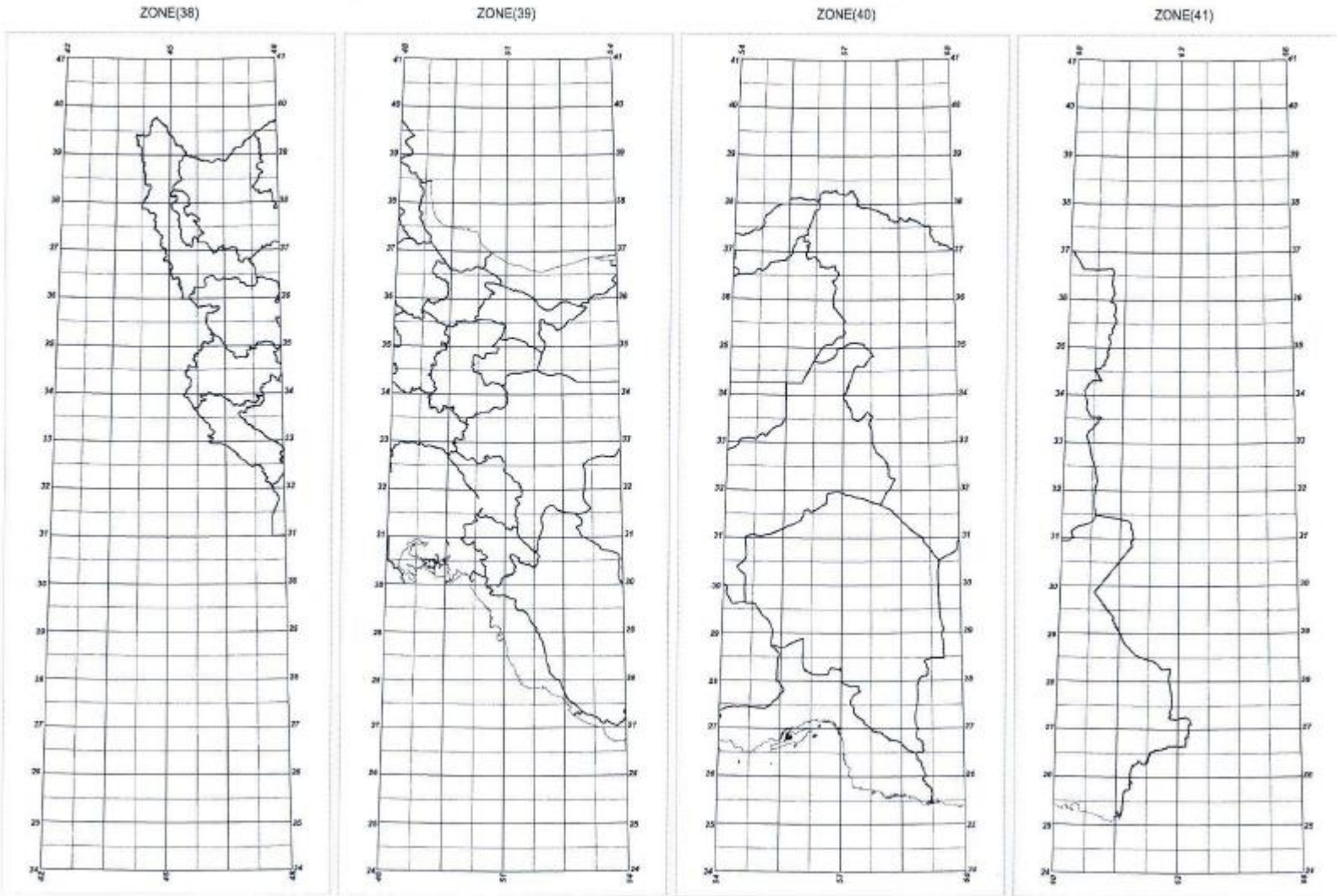
- پرکاربرد ترین سیستم تصویر در حال حاضر (Universal Transverse Mercator) UTM است که یک سیستم تصویر متشابه است.
- این سیستم تصویر کره زمین را به ۶۰ قاچ (Zone) ۶ درجه مساوی تقسیم می نماید که ایران در زونهای ۳۸ تا ۴۱ قرار دارد.
- اندازه گیری های هندسی روی بسیاری از سیستمهای تصویر آسان و مستقیم است.
- مختصات کارتزین آنها برای کاربران عادی و غیر حرفه ای مناسب تر است.
- بزرگترین مشکل UTM ناحیه بندی آن است.

Zone	Central Meridian	Range
38	45E	42E-48E
39	51E	48E-54E
40	57E	54E-60E
41	63E	60E-66E

- UTM از لحاظ عرضهای جغرافیایی نیز تقسیم می شود.
- از عرض جغرافیایی ۸۰- تا ۸۴ درجه شمالی
- ۲۰ ناحیه که با حروف انگلیسی از C تا X نام گذاری می شوند.
- حروف I و O به علت اشتباه شدن با 1 و 0 حذف شده اند.
- ۱۹ ناحیه ۸ درجه ای و شمالی ترین ناحیه که ۱۲ درجه پهنا دارد..


UTM Zone Map for the World
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60

منطقه بندی UTM در ایران



تغییر سیستم مختصات (Reprojection)

- **تبدیل بین سیستمهای مختصات به منظورهای مختلف لازم می شود:**
  - ۱- اتصال نقشه های مختلف
  - ۲- همپوشانی نقشه های مختلف
  - ۳- انجام محاسبات (تبدیل جغرافیایی به سیستم تصویر)
  - ۴- پلات نقشه

- **قبل از تغییر سیستم مختصات حتما باید سیستم مختصات فعلی نقشه تعریف شده باشد.**

مکان مرجع نمودن (Georeferencing)

در صورتی انجام می شود که:

۱- نقشه هیچگونه مختصاتی نداشته باشد

۲- نقشه به صورت اسکن شده وجود داشته باشد.

- اینکار با گرفتن یک سری نقاط معلوم در دو سیستم مختصات انجام می پذیرد.
- با ایجاد یک رابطه ریاضی میان سیستم مختصات جاری نقشه و سیستم مختصات مورد نظر و یافتن پارامترهای آن می توان کل نقشه را به سیستم مختصات جدید انتقال داد.

$$X = F(x, y) \qquad Y = G(x, y)$$

مراحل کار:

۱- ایجاد یک رابطه ریاضی (مدل) بین سیستم مختصات نقشه و سیستم مختصات مورد نظر

۲- انجام تبدیل مختصات برای تمامی اجزای نقشه

مکان مرجع نمودن (ادامه)

برای حل معادلات تبدیل

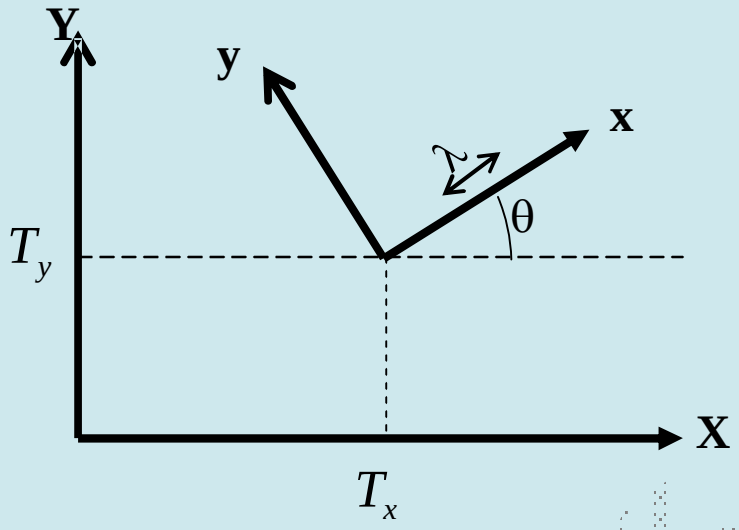
از یک سری نقاط معلوم در دو سیستم مختصات استفاده می کنیم. به این ترتیب با تشکیل معادلات پارامترهای مجهول بدست می آید.

* **پس از آن مختصات جدید رئوس با استفاده از معادلات تبدیل محاسبه شده و ذخیره می شوند.**

تبدیل های مهم سیستم مختصات (Transformations)

Conformal	(۴ پارامتری و بدون حذف خطا)
Affine	(۶ پارامتری)
Projective	(۸ پارامتری)
Polynomial	(متغیر)

تبدیل (Conformal)



- این تبدیل هیچگونه خطایی را مدل نمی کند و فقط باعث تبدیل مختصات از یک سیستم به سیستم دیگر می شود.
- با داشتن دو نقطه معلوم می توان معادلات را حل نمود.
- و نقاط بیشتر سرشکنی را ممکن می سازد

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \lambda R_\theta \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax - by + T_x \\ bx + ay + T_y \end{bmatrix}$$

$$R_\theta = \begin{bmatrix} COS\theta & -SIN\theta \\ SIN\theta & COS\theta \end{bmatrix}$$

$$a = \lambda\, Cos\,\theta$$

$$b = \lambda\, Sin\,\theta$$

تبدیل ۶ پارامتری Affine

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax + by + e \\ cx + dy + f \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & b & e \\ c & d & f \end{bmatrix} ?$$

- اگر اعوجاجاتی در نقشه وجود داشته باشد باید پارامترهایی را برای این خطاها در مدل در نظر گرفت..
- این تبدیل ٦ پارامتری است.
- با داشتن سه نقطه معلوم می توان معادلات را حل نمود
- دو انتقال، دو دوران و دو مقیاس (در دو جهت مختصات) ٦ پارامترهای این تبدیل هستند.

تبدیل چند جمله ای (Polynomial)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{j=0}^{m}\sum_{k=0}^{m-j} a_{jk} x^j y^k \\ \sum_{j=0}^{m}\sum_{k=0}^{m-j} b_{jk} x^j y^k \end{bmatrix}$$

- تعداد جمله های چند جمله ای دلخواه و کاملا وابسته به میزان خطای موجود در نقشه مورد نظر است.
- از این مدل بیشتر در تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای استفاده می شود..
- درجات چند جمله ای ممکن است اثر معکوس داشته باشند.
- یک نمونه از یک چند جمله ای بسط داده شده:

$$X = a_{00} + a_{01}y + a_{02}y^2 + a_{03}y^3 + a_{10}x + a_{11}xy \ + \ldots$$

روش کلی انجام مکان مرجع نمودن (تصحیح هندسی)

شامل مراحل زیر است:

۱- انتخاب یک سری نقاط کنترل که مختصات آنها در دو سیستم (نقشه و سیستم جاری) مشخص باشد.

۲- تعیین مختصات نقاط معلوم (کنترل)

۳- تعیین مدل تبدیل (شامل نوع مدل و به دست آوردن پارامترهای آن)

۴- انجام تبدیل سیستم مختصات نقشه

چند نکته:

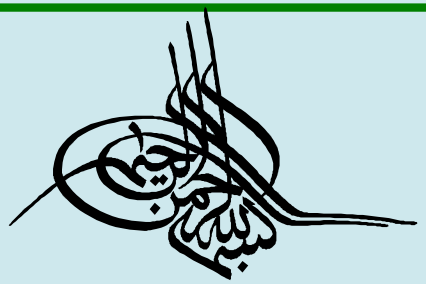
- در انجام تبدیل اگر نقشه برداری باشد همین مراحل کافیست.
- اگر نقشه رستری باشد پارامترهای دیگری را نیز باید تعیین نمود: نظیر ابعاد پیکسلها در مقدار واقعی و گاهی روش نمونه برداری مجدد.
- پس از انتخاب نقاط کنترل و مدل تبدیل مقدار خطای آن نیز محاسبه می شود که می توان نقاط را حذف کرده یا مدل را تغییر داد:

$$\Delta x = x_i^{c} - x_i^{co}$$

check — Computed

$$r_i^2 = \Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum r_i^2}}{n}$$



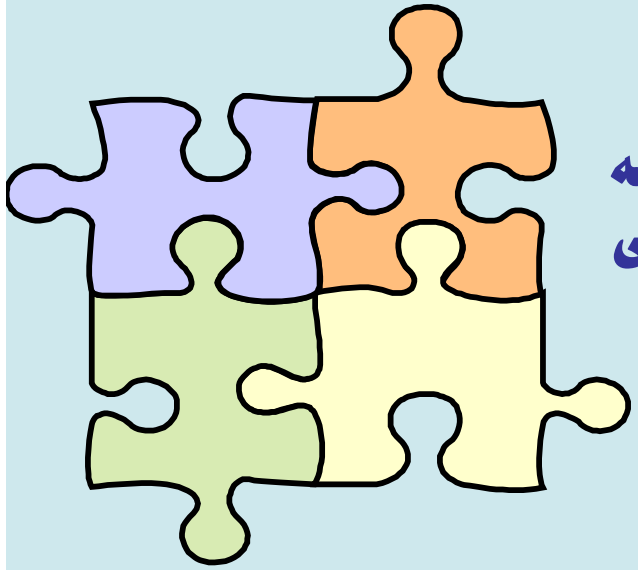
کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش هشتم: تولید موزاییک

Mosaicking

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶



تعریف

موزاییک از کنار هم چیدن نقشه ها یا تصاویر مرتبط به هم (از لحاظ مکانی) و ایجاد یک نقشه یا تصویر کلی تولید می شود.

که به منظورهای زیر تولید می شود:

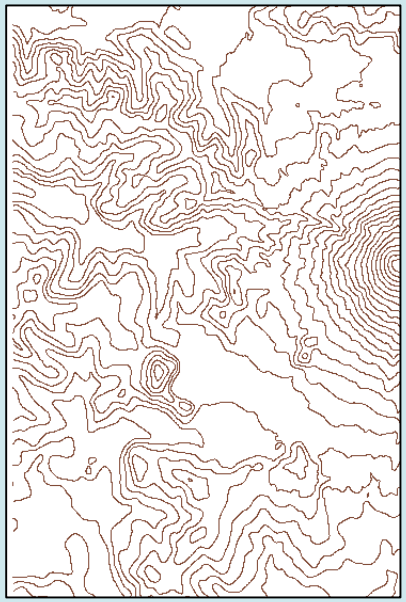
۱- بررسی کلی یک منطقه

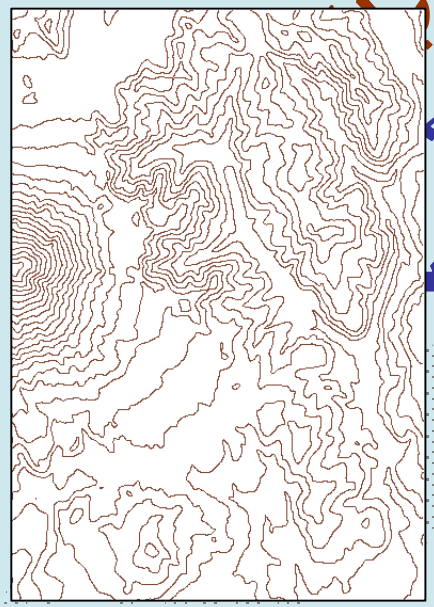
۲- ایجاد پایگاه داده های یکپارچه (Seemless)

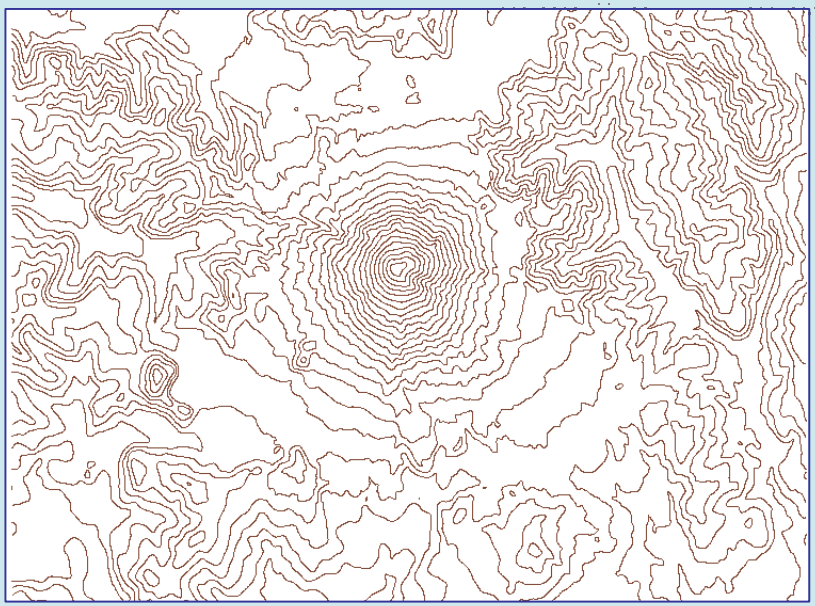
۳- بررسی عوارضی که در چند شیت نقشه حضور دارند

۴- انجام آنالیز روی عوارض گسترده

شرایط تولید موزا







- از لحاظ مکانی قطعات به هم مرتبط باشند. (در صورت لزوم هم مختصا باشند)
- در صورت استفاده از تصاویر ترکیب رنگی یکسان داشته باشند.
- خصوصیات کارتوگرافی یکسان داشت باشند

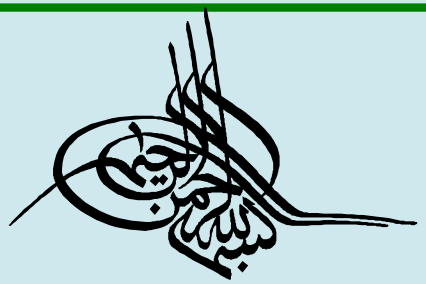
موزاییک را می توان به صورت کنترل شده یا کنترل نشده تولید نمود:

۱- **کنترل نشده**: بدون استفاده از مختصات و فقط با استفاده از انطباق عوارض نقشه های یا تصاویر در کنار یکدیگر قرار می گیرند.

۲- **کنترل شده**: تمامی قطعات دارای مختصات بوده و بر اساس مختصات کنار یکدیگر قرار می گیرند.

معمولا برای قطعات کنار هم چیده شده یک index (**راهنما**) تهیه می کنند.

شرایط لبه ها باید کنترل شود



کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش نهم : داده‌های ارتفاعی

Digital Terrain Elevation Data

تهیه کننده: فاطمی

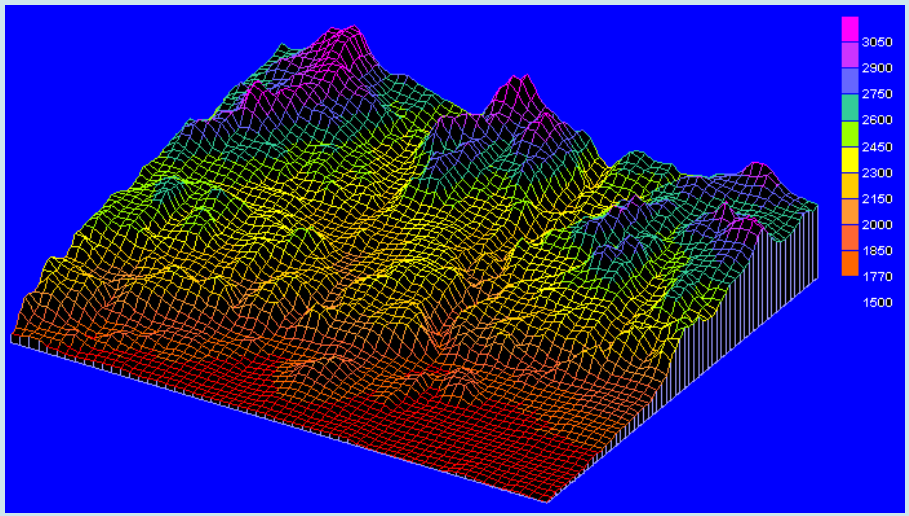
۱۳۸۶

تعریف

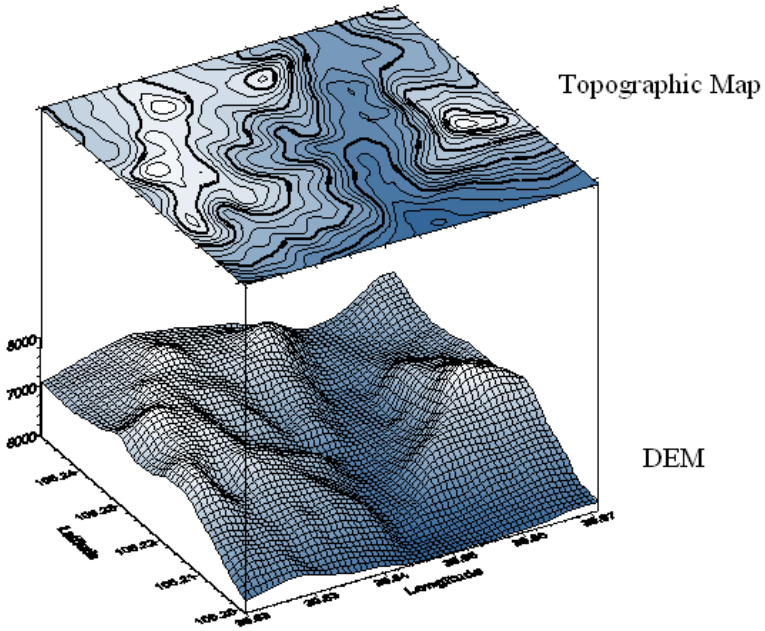
DTM نمایش آماری از سطح پیوسته زمین توسط نقاطی انتخابی با موقعیت سه بعدی معلوم (X Y Z) است.

- **این مفهوم اولین بار در موسسه MIT در سال ۱۹۵۸ م توسط دو مهندس امریکایی تعریف گردید که بلافاصله توسط جوامع علمی پذیرفته و به کار گرفته شد.**
- **این اصطلاح مترادف های زیادی دارد که عبارتند از:**

DTM: Digital Terrain Model
DEM: Digital Elevation Model
DHM: Digital Height Model
DGM: Digital Ground Model
DTED: Digital Terrain Elevation Data
DSM: Digital Surface Model



- گرچه اغلب اوقات این اصطلاحات مترادف و برای یک منظور به کار می روند ولی به طور دقیق تفاوت هایی نیز دارند:
- DEM: نوعی داده ارتفاعی است که بر حضور ارتفاع در داده ها و مخصوصا ارتفاع از یک سطح مبنای مشخص حکایت دارد.
- DTM: علاوه بر ارتفاع داده های دیگر نظیر نقشه پوششی و.. را نیز در بر می گیرد.
- DSM: سطوح عوارض روی زمین (درختان. ساختمانهاو ..) را نیز در بر می گیرد.



مدل های مختلف DTM

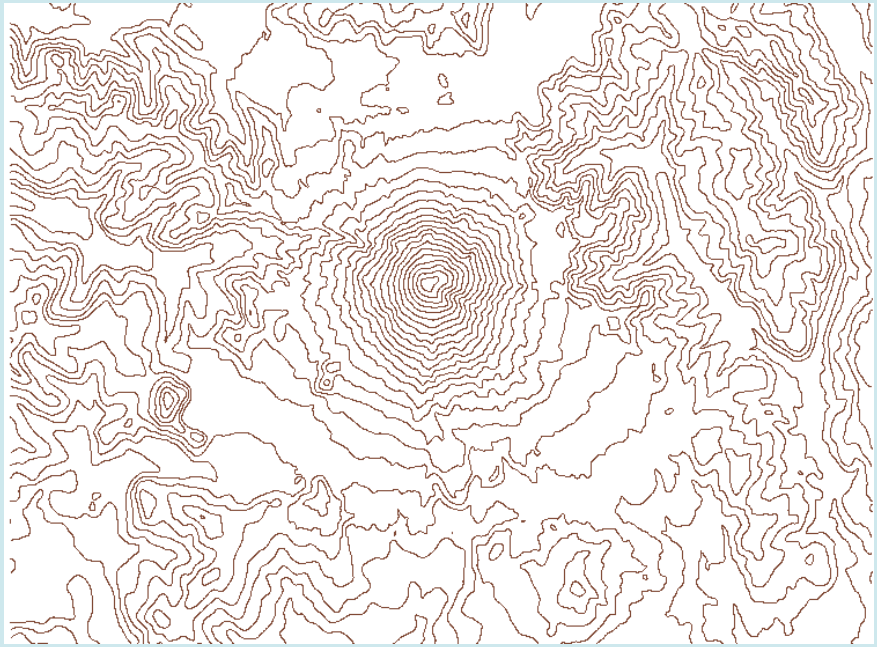
* **داده های ارتفاعی** DEM **به شکل های مختلفی ذخیره می شوند که معروفترین آنها عبارتند از:**

۱- **خطوط تراز** (Contours)

۲- **شبکه های منظم** (Grids)

۳- **شبکه های مثلث بندی نامنظم** (TIN)

۱- **منحنی میزان: شکل سنتی نمایش ارتفاعات در نقشه های توپوگرافی است.**



۱- بی نظمی را خوب نمایش می دهند

۲- ارتفاع صریح ارایه می شود

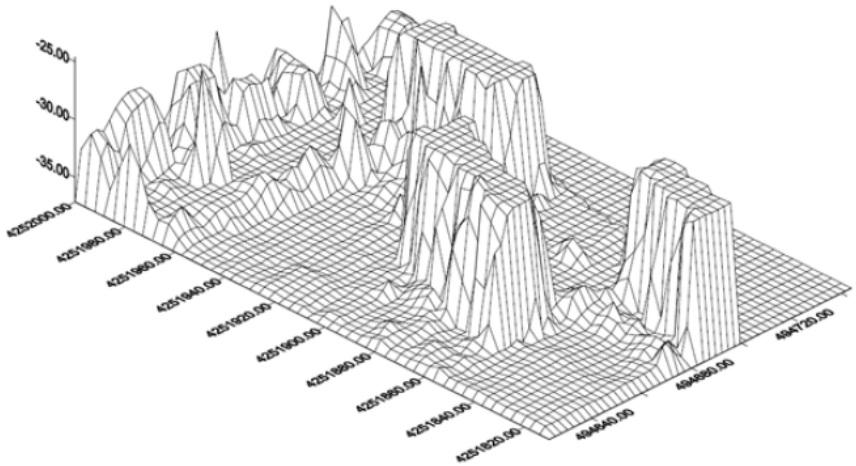
۳- اتوماتیک نمودن آنها برای کاربردهای بعدی مشکل است.

٤- استخراج اطلاعات از آنها نسبتا مشکل است.

٥- اطلاعات میان منحنی میزانها نامعلوم است.

۱۰۲۵	۱۰۳۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۶۰۰
۱۲۳۰	۱۴۰۰	۱۵۱۲	۱۶۰۰	۱۵۲۳
۱۴۲۰	۱۶۰۰	۱۵۴۰	۱۸۵۶	۱۴۲۳
۱۲۰۰	۱۶۰۰	۱۳۵۰	۱۵۴۲	۱۸۵۲
۱۲۱۵	۱۵۲۴	۱۲۳۱	۱۲۶۵	۱۸۵۲

RasterDEM



۲- شبکه های منظم (رستری): شکل جدید و متداول نمایش ارتفاعات در سیستم های رقومی است.

۱- به فرمت رستری ذخیره می شوند

۲- ارتفاع برای هر سلول ارایه می شود که می تواند میانگین ارتفاعات محدوده آن سلول باشد.

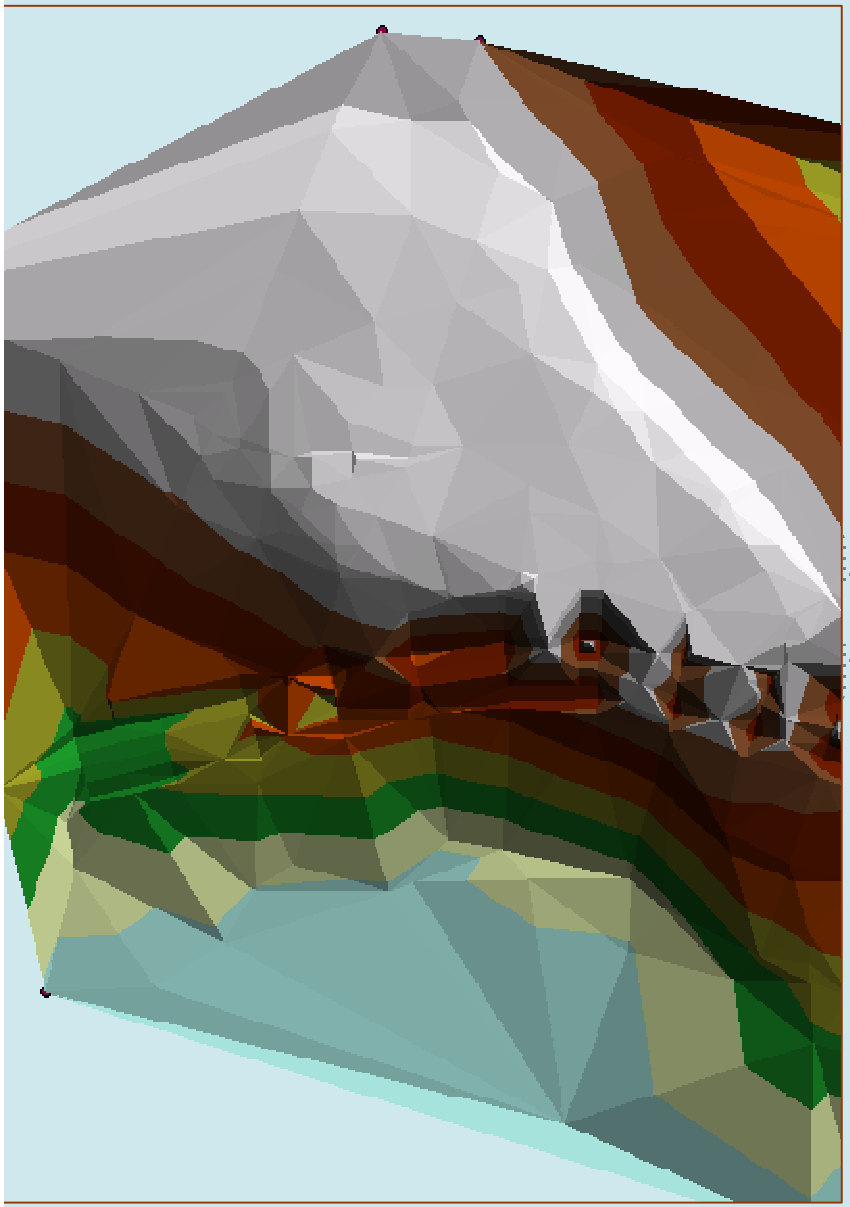
۳- اتوماتیک نمودن آنها برای کاربردهای بعدی آسان است.

٤- معروف به DEM هستند.

٥- دقت آنها به خاطر درون یابی و میانگین گیری پایین است.

٦- دقت آنها وابستگی زیادی به ابعاد سلول ها دارد. با چگال تر شدن شبکه، دقت بالا می رود.

۷- نقاط شکست در تولید این نوع مدل داده های ارتفاعی گاهی از دست می روند.



۲- شبکه های نامنظم مثلثی
Triangulated Irregular Network,) (TIN:

شکل جدید و متداول نمایش ارتفاعات در سیستم های رقومی است.

۱- به هر سه نقطه، یک صفحه (مثلثی) برازش داده می شود . به گونه ای که تمام نقاط در این درون یابی شرکت کنند.

۲- فضای بین نقاط درون یابی می شود.

۳- مسایل مربوط به آنها کمی پیچیده است.

٤- گاهی از درون یابی دقیق تری نسبت به دو نوع قبلی برخوردارند.

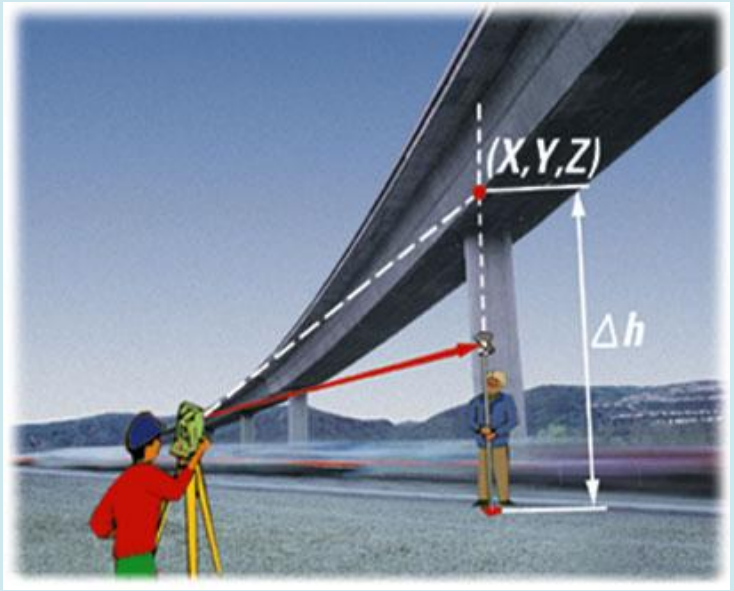
٥- زیاد متداول نیستند.

٦- برای تولید DEM به کار می رود.

روش های تولید داده های ارتفاعی

* **روش های عمده:**

۱- نقشه برداری زمینی
۲- فتوگرامتری
۳- Laser Scanning
۴- سنجش از دور
۵- نقشه های موجود



۱- نقشه برداری زمینی:

۱- داده هایی دقیق
۲- وقت گیر
۳- برای تکمیل پروژه ها
٤- به صورت نیمه اتوماتیک انجام می شود.
٥- محصول معمولا منحنی میزان است ولی شکل های دیگر نیز ممکن است.

۲- فتوگرامتری:

۱- بیشتر فتوگرامتری هوایی و فضایی

۲- اتوماتیک کردن فرایند تولید DEM

۳- در مناطق وسیع

٤- نیاز به اطلاعات زمینی دارد

٥- دقت در سطح متوسط

٦- گاه از روشهای غیر مستقیم (سازمان نقشه برداری کشور و نقشه های ۱:۲۵۰۰۰)

۷- عکسهای هوایی استریو نیاز است

۴- Laser Scanning:

۱- بیشتر هوایی و زمینی

۲- در این سیستم امواج لیزر تحت زاویه خاصی به سمت اشیاء فرستاده می شود و پرتوهای بازگشتی از نقاط به طور منظم و به تعداد زیاد ثبت می شوند.

۳- نقاط برداشت شده آنقدر زیاد است که وقتی در محیطی نمایش داده شوند به نظر می رسد که سطح بازسازی شده است. این داده ها در اصطلاح ابر نقطه ای (Point Cloud) نامیده می شوند.

۴- این سیستم مختصات نقاط را به طور مستقیم به همراه زوایا و Offset ها برداشت می کند.

۵- سرعت برداشت بسیار بالاست. بلافاصله بعد از برداشت در کمترین زمان DEM قابل تولید است.

۶- دقت کار بسیار بالاست. دقت دستگاه می تواند برای اهداف کوچک از یک میلیمتر تا ۲۵ میلی متر در فواصل بالای ۲۵۰ متری حاصل شود.

Laser Scanning (ادامه) :

- **عیب این سیستم ها این است که:**
  - **بر خلاف فتوگرامتری تصویر مشخص از عوارض تولید نمی کنند که تفسیر داده ها را مشکل می سازد.**
  - **فقط سطح اولیه عوارض را برداشت می کند (یعنی عملا DSM) و برای تهیه DEM مشکل ایجاد می کند.**
  - **در لیزرهای جدید مختصات به همراه درجه شدت خاکستری برداشت می شود.**
- **مجموعه لیزر اسکنرهای هوایی از سه بخش اصلی تشکیل شده است:**
  Laser (برای فاصله)، GPS (برای مختصات)، INS (برای توجیه و زاویه)
- **نوع زمینی لیزر اسکن نیز وجود دارد که برای برداشت توپوگرافی مناطق صعب العبور بسیار مفید است.**

Laser Scanning (ادامه) :

❊ برای تهیه DEM از طریق داده های لیزر اسکن مراحل زیر انجام می شود:

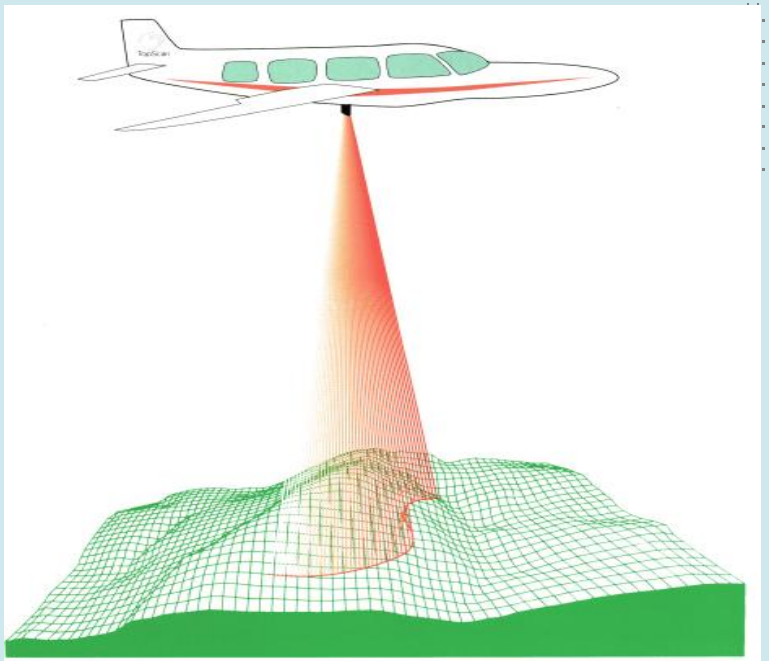
۱- جمع آوری داده ها

۲- فیلتر کردن داده های خام شامل:

تقلیل داده ها. رفع اشتباهات. کسر مشاهدات (در جنگل و تپه)

۳- انتخاب نقاط و درون یابی (TIN)

۴- تولید انواع DEM



۴- سنجش از دور:

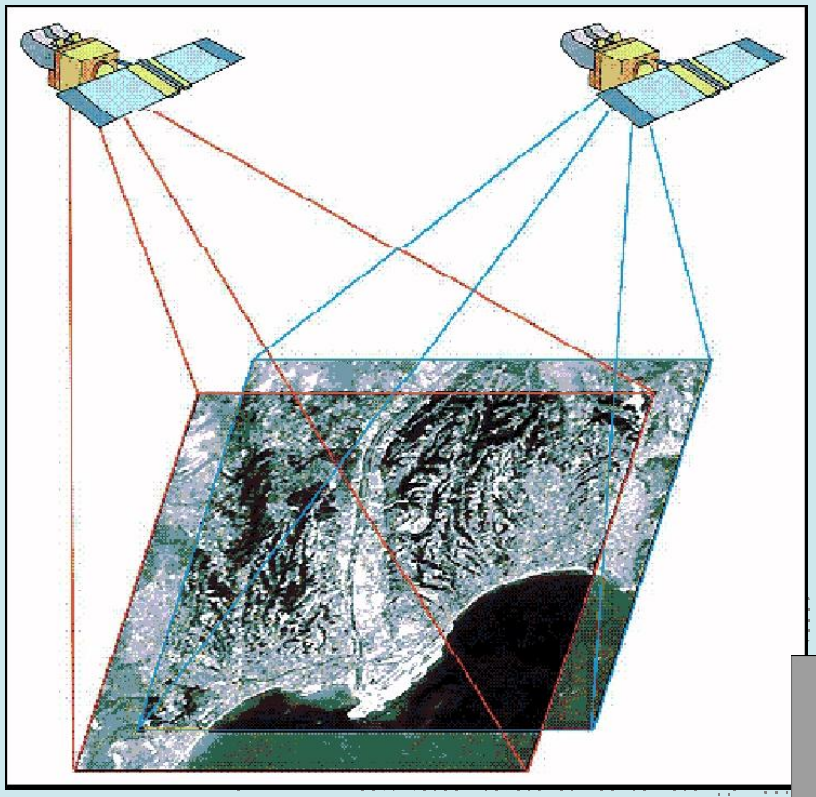
برای تولید DEM های معمولا نیمه دقیق به کار می روند.

- **دو نوع اصلی : + تصاویر نوری استریو مانند SPOT, Ikonos**
  + تصاویر راداری (رادار اینترفرومتری)

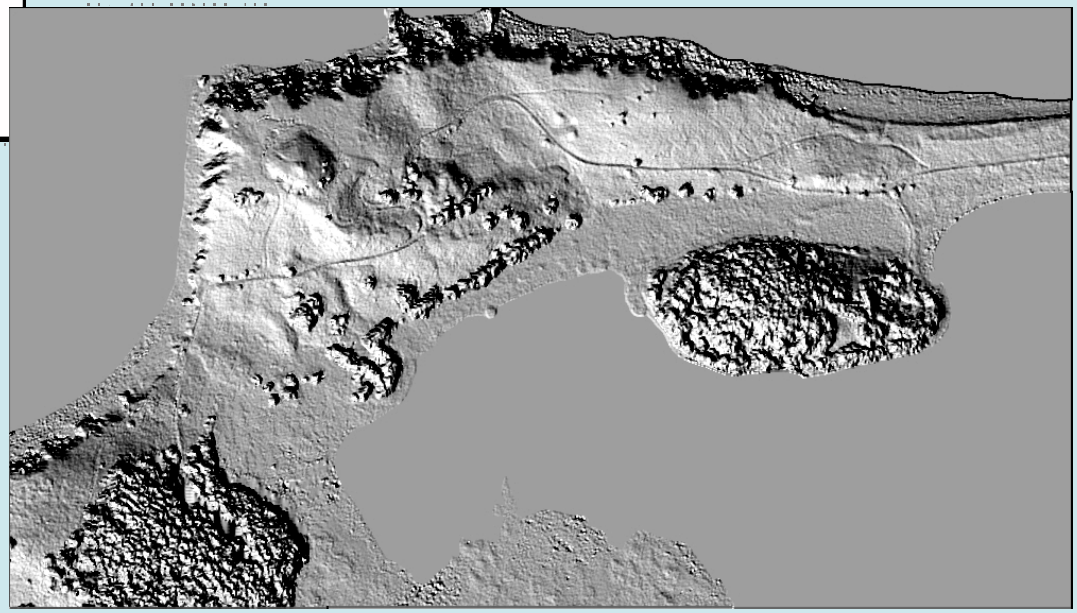
- **داده های ارتفاعی نیز می توانند توسط آلتیمتر ها برداشت شوند. (دقت ارتفاعی بالا)**

- **مدل ریاضی هر سنجنده باید تشکیل شود تا مدل های استریویی بتوانند اطلاعات سه بعدی ایجاد نمایند.**

- **به طور کلی داده های راداری اطلاعات سه بعدی دقیق تری می توانند تولید نمایند.**



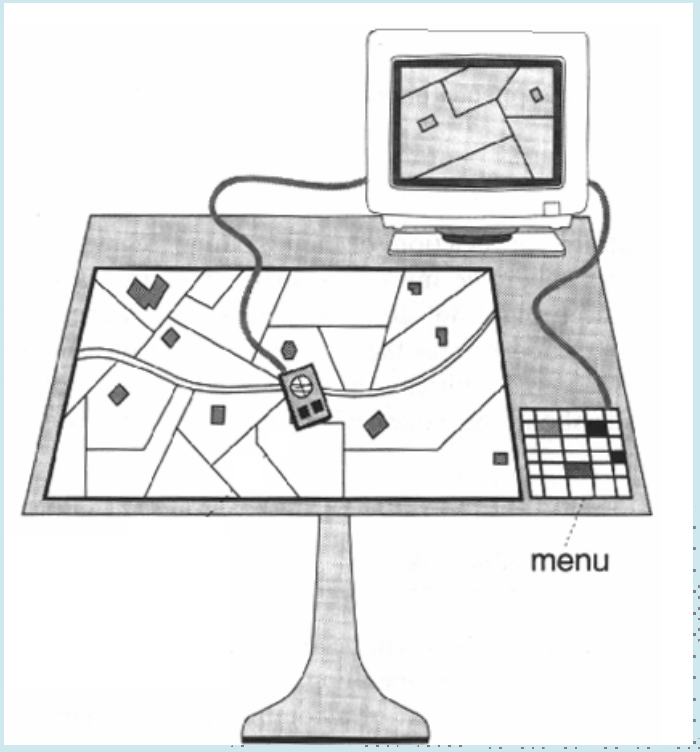
دید استریو امکان تولید داده های سه بعدی را فراهم می آورد. (فتوگرامتری و دورکاوی)

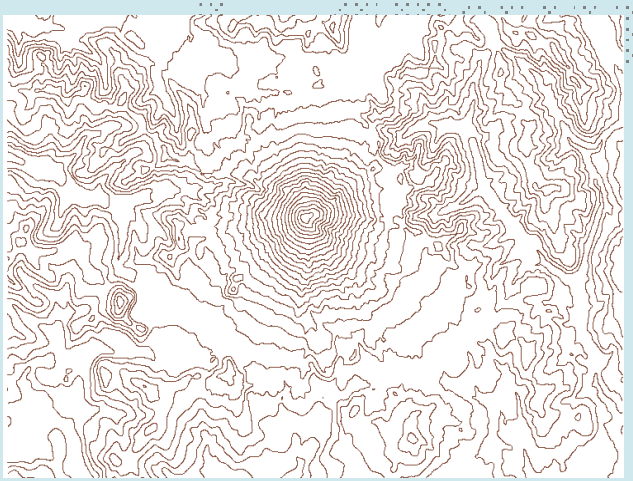


۵- نقشه های موجود:

- سطح وسیعی از داده های توپوگرافی در سطح جهان به صورت نقشه های کاغذی موجود است.
- برای ایجاد مدلهای رقومی به یک سری مقدمات نیاز است.

  (رقومی سازی. ویراش. درون یابی)
- نقشه های موجود منابع ارزان تولید مدل های رقومی ارتفاعی محسوب می شوند.
- دقت نهایی به دقت نقشه مورد استفاده دارد.



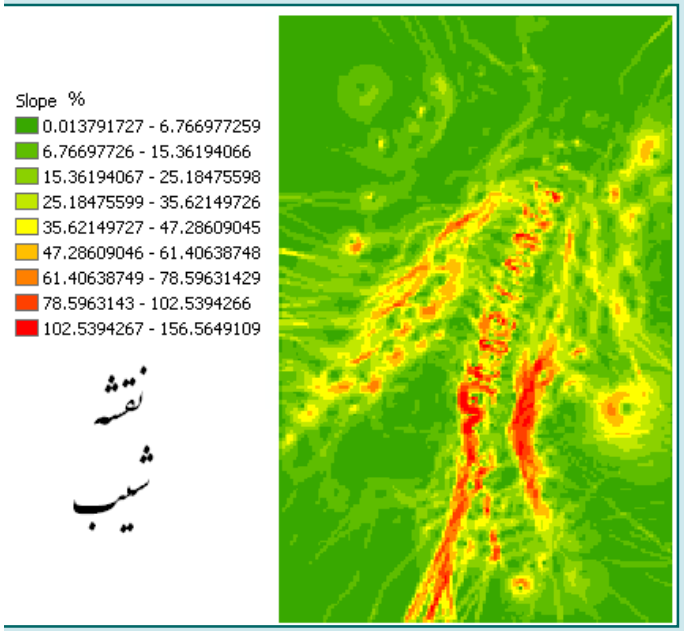


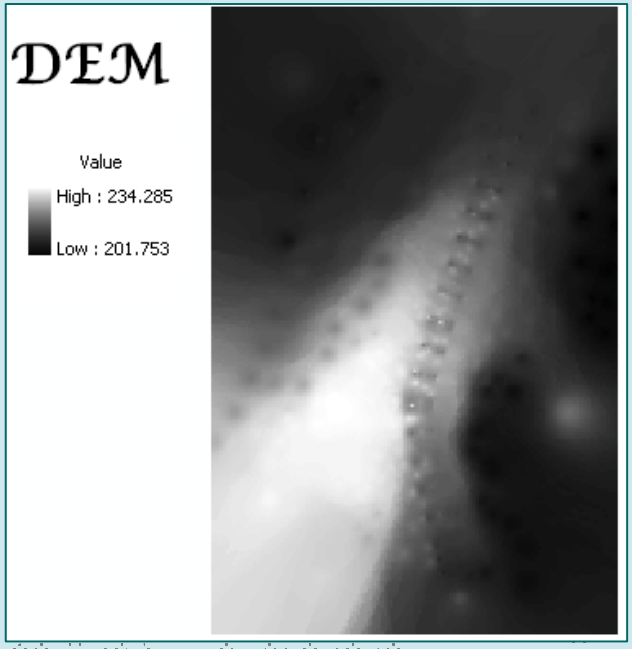
محصولات DEM

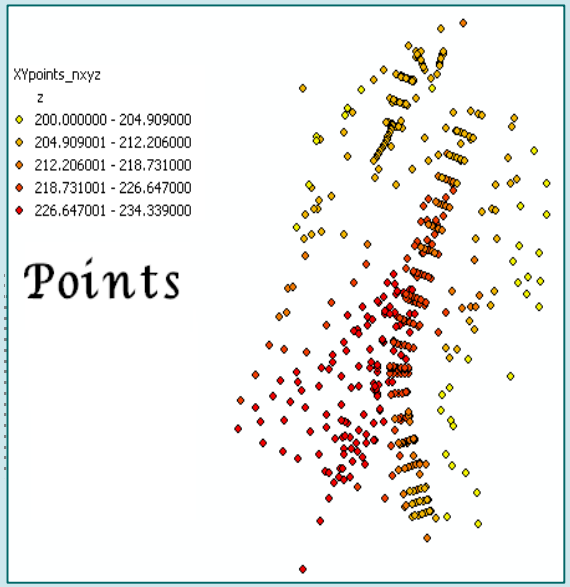
- منظور اطلاعاتی است که از DEM تولید می شوند. مانند:
  - + **نقشه شیب** (Slop Map) : نقشه نرخ تغییر ارتفاع است. به این معنی که اولین مشتق DEM است که بر حسب درصد یا درجه بیان می شود.
  - + **نقشه جهت شیب** (Aspect Map): در این نقشه جهت شیب (نسبت به شمال، جنوب و ...) را مشخص می کند. به این معنی که تغییر ارتفاع در کدام سمت و سو است.
  - + **نقشه انحنا** (Curvature Map): انحنای شکل زمین اندازه ای از نرخ تغییر شیب ها است.
  - + **منحنی میزان** (Contour): در نقشه های توپوگرافی استفاده می شوند.
  - + **سایه سه بعدی** (Hill Shading) : به صورت نمای سه بعدی رنگی (یا درجات خاکستری) تولید می شود.
  - + **نقطه دید** (Intervisibility) : مناطق قابل مشاهده از یک نقطه خاص را نشان می دهد.
- نقشه های شیب و جهت آنها در حوضه های آبریز استفاده می شوند.

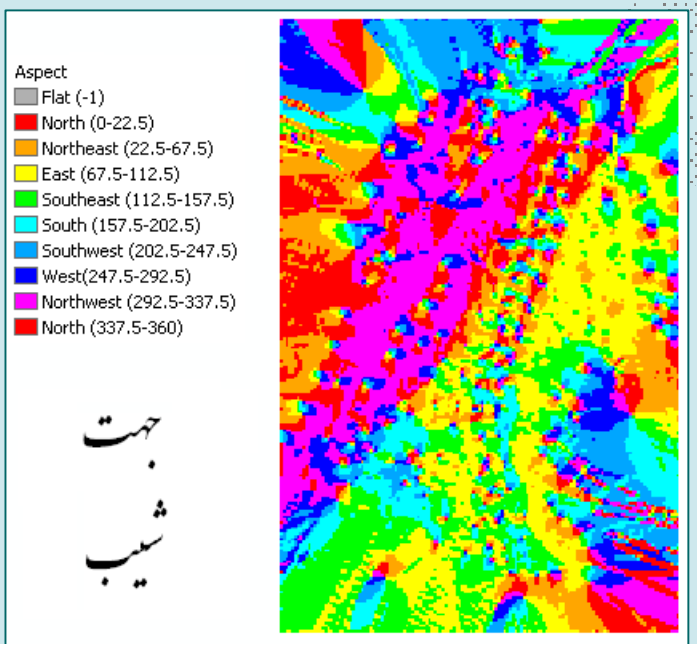
S.B.Fatemi

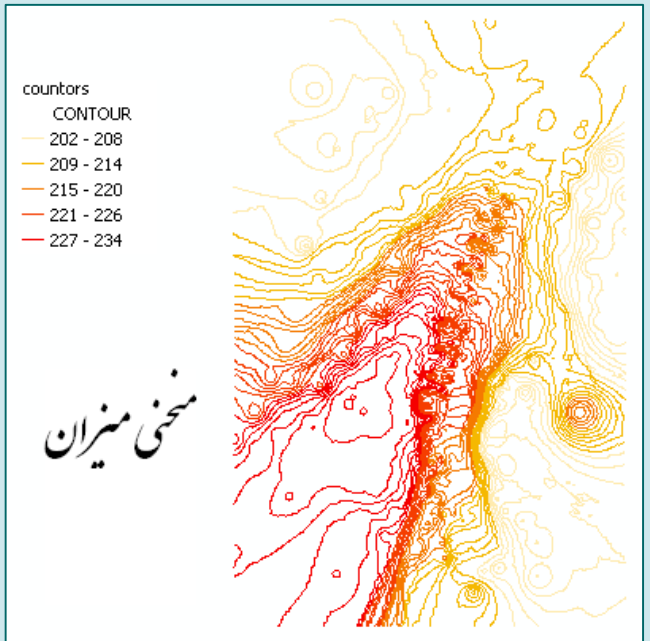
کارتوگرافی اتوماتیک

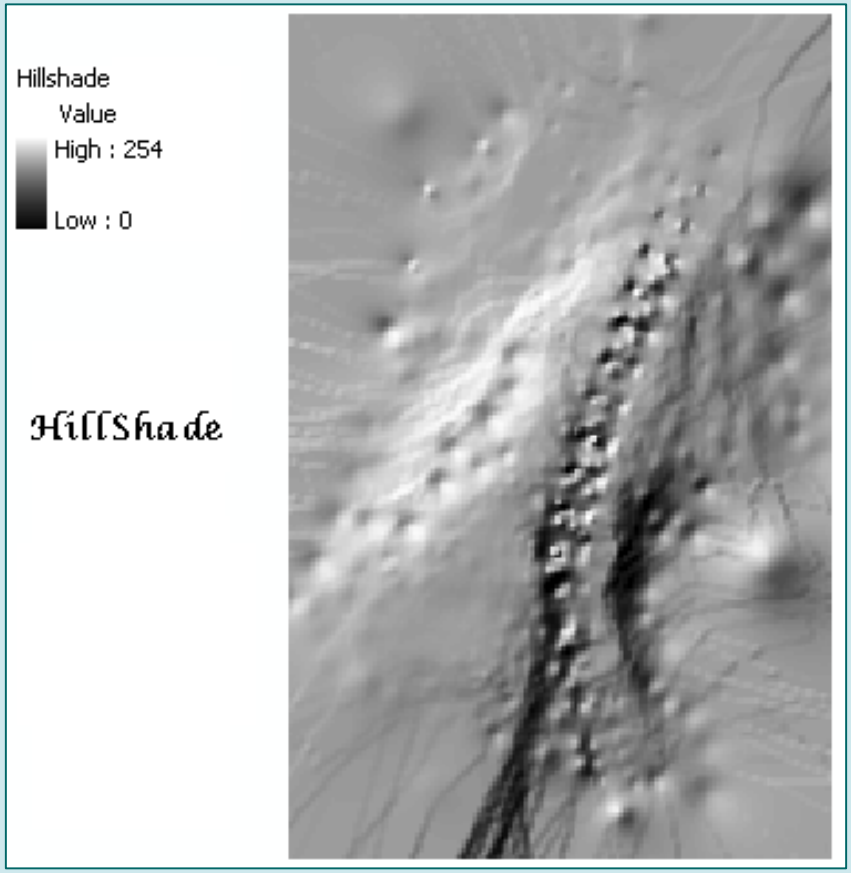


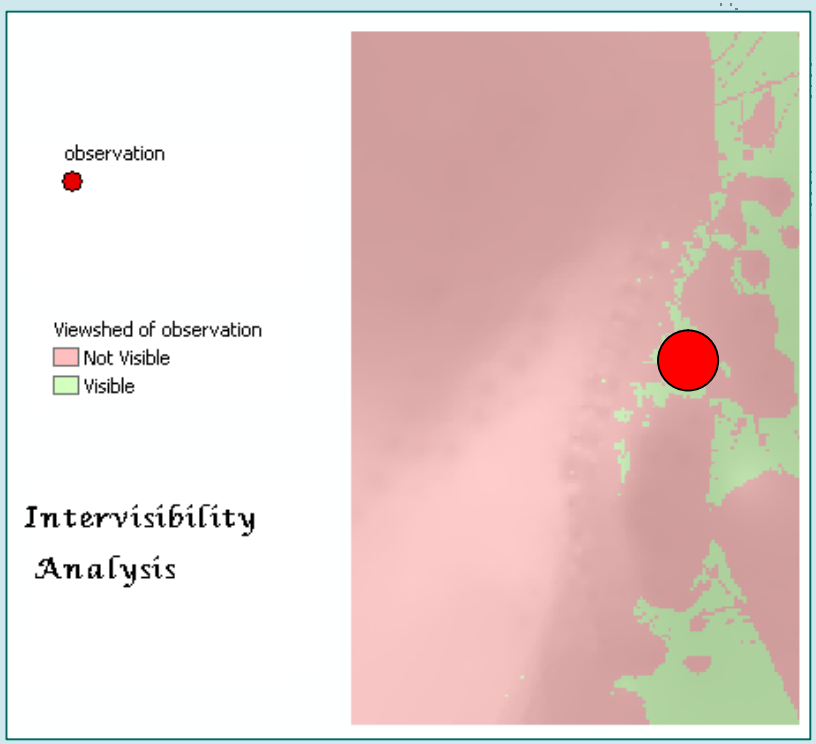








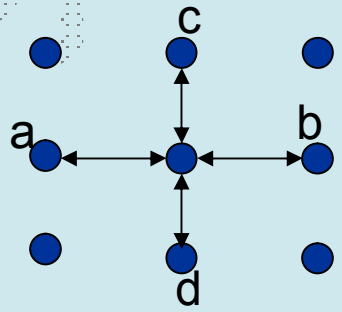

Hillshade
Value
High : 254
Low : 0
HillShade


observation
Viewshed of observation
Not Visible
Visible
Intervisibility
Analysis

محاسبه شیب

* در یک پنجره متحرک ۳*۳ محاسبه برای پیکسل مرکزی انجام می پذیرد.

با استفاده از چهار همسایه:



Z(1,1)	Z(1,2)	Z(1,3)
Z(2,1)	Z(2,2)	Z(2,3)
Z(3,1)	Z(3,2)	Z(3,3)

$$\frac{\delta f}{\delta X} = \frac{Slop(a) + Slop(b)}{2}$$

$$= 0.5 \times \left[\frac{z(2,2) - z(2,1)}{D} + \frac{z(2,3) - z(2,2)}{D} \right]$$

$$= \frac{z(2,3) - z(2,1)}{2D}$$

$$\frac{\delta f}{\delta Y} = \frac{Slop(c) + Slop(d)}{2}$$

$$= 0.5 \times \left[\frac{z(2,2) - z(1,2)}{D} + \frac{z(3,2) - z(2,2)}{D} \right]$$

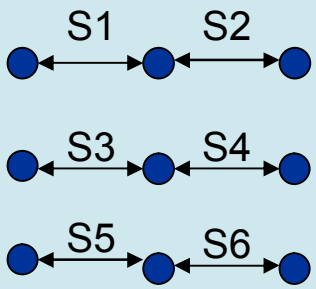
$$= \frac{z(3,2) - z(1,2)}{2D}$$

$$Slop = \sqrt{\left(\frac{\delta f}{\delta X}\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{\delta Y}\right)^2}$$

D اندازه پیکسل هاست.

محاسبه شیب

* با استفاده از هشت همسایه:



$$\frac{\delta f}{\delta X} = \frac{\sum_{1}^{6} Slop(S_i)}{6}$$

$$= \left[\frac{z(1,3) + z(2,3) + z(3,3) - z(1,1) - z(2,1) - z(3,1)}{6D} \right]$$

$$\frac{\delta f}{\delta Y} = \frac{\sum_{1}^{6} Slop(S_i)}{6}$$

$$= \left[\frac{z(3,1) + z(3,2) + z(3,3) - z(1,1) - z(1,2) - z(1,3)}{6D} \right]$$

$$Slop = \sqrt{(\frac{\delta f}{\delta X})^2 + (\frac{\delta f}{\delta Y})^2}$$

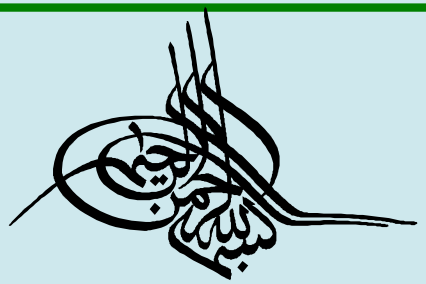
کاربردهای DEM

* **موارد بسیاری را می توان نام برد:**
  + **علوم مهندسی : به منظور :** محاسبه حجم عملیات خاکی به طور اتوماتیک
    طراحی مسیر
  + **علوم زمینی : شاخه های مختلفی از علوم که روی موارد مختلفی از زمین کار می کنند.**
    مطالعات حوضه آبریز
    روان آب (مدل سازی)
    تهیه نقشه های شیب برای مطالعات زمین شناسی
  + **مدیریت و برنامه ریزی و مدیریت منابع : شامل شاخه های مختلفی از علوم:** سنجش از دور، کشاورزی، خاک شناسی، هواشناسی، اقلیم شناسی، محیط زیست، برنامه ریزی شهری، جنگلداری، .. . **کاربردها:**

استفاده در تفسیر تصاویر ماهواره ای، تصحیح هندسی، بررسی فرسایش خاک و مدل های آن، بررسی محیط های مساعد کشت انواع محصولات، وزش باد و مدلهای پراکنش آلودگی

کاربردهای DEM (ادامه)

- **نقشه برداری و فتوگرامتری :**
  - تولید اورتوفتو
  - ارزیابی کیفیت تولیدات
  - تولید نقشه های توپوگرافی
- **علوم نظامی :**
  - شناخت منطقه عملیاتی
  - قابلیت دید
  - ایجاد محیط مجازی
  - شبیه سازی پرواز
  - هدایت سلاح ها و ابزار آلات



کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش دهم: کلی سازی
Generalization

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

مقدمه

- **با توجه به محدودیت فضای نقشه، انتخاب عوارض و نوع ترسیم انها صورت می پذیرد.**
- **در فرایند جنرالیزه کردن، پدیده ها یا عوارض را در فضای نقشه تقلیل داده و یا بر حسب اندازه، شکل و تعداد اطلاعات در قالب فضای نقشه تغییر داده می شوند.**
- **دو عمل جنرالیزاسیون :** تقلیل عوارض
  تغییر شکل و اندازه عوارض و نمایش عوارض
- **در ترسیم نقشه ها مقیاس مهمترین عامل است ولی تنها عامل نیست.**
- **عوامل موثر بر روی ترسیم:**
  ۱- مقیاس
  ۲- اهمیت عارضه
  ۳- تراکم عوارض در یک منطقه
  ٤- کاربرد نقشه (نقشه های توریستی)
- **جنرالیزاسیون را می توان تصحیح نقشه بر اساس مقیاس و واقعیتها و خواست ها تعریف نمود.**

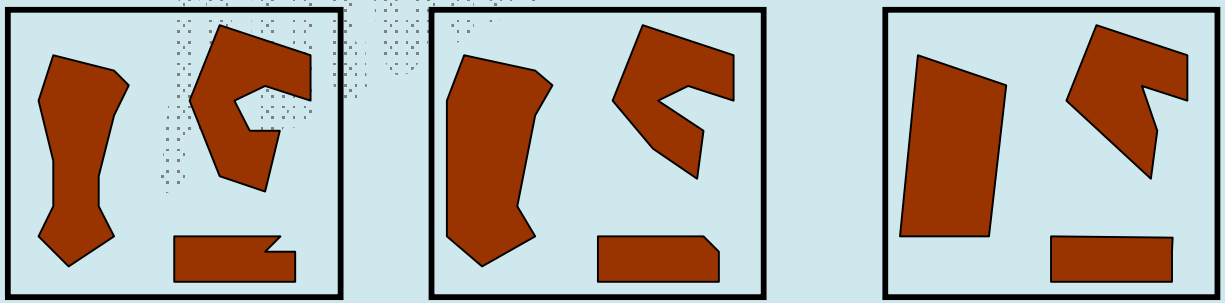
مولفه های جنرالیزاسیون

- عبارتند از:

ساده کردن طبقه بندی علایم گذاری قیاس

ساده کردن

- کنار گذاشتن جزئیات ناخواسته و تقویت عوارض مهم.
- با توجه به مقیاس و موضوع و هدف نقشه اینکار انجام می پذیرد.
- هدف اصلی حفظ ویژگیهای ذاتی و اصلی عوارض توپوگرافی. زمین شناسی، و آماری بر حسب وضعیت، شکل، بافت تغییرات نسبی، یا هرگونه خصوصیات کمی، کیفی یا زمانی آنها می باشد.
- ساده سازی باید تحت نظر متخصصین فن انجام پذیرد.

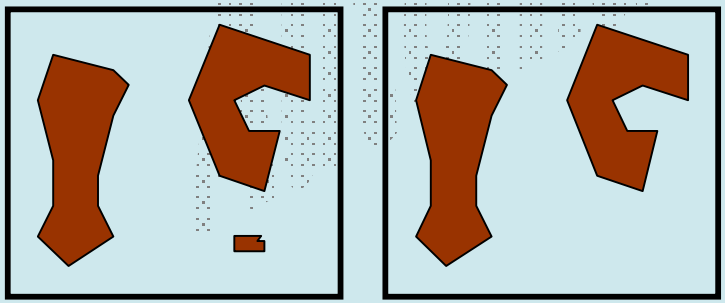


نمونه ساده سازی: ====>.... کوچکتر شدن مقیاس

طبقه بندی

* عوارض را می توان در سطوح مختلف از جنبه های مختلف طبقه بندی نمود و بسته به اهمیت جنرالیزاسیون را اعمال نمود.
* جنبه ها و پارامترهای طبقه بندی بسیار متنوعند شامل:
  - دقت اندازه گیری
  - نوع کاربرد عارضه (نوع جاده، دسترسی، خاکی...)
  - وضعیت تاثیرگذاری (رودخانه های دائمی فصلی و مسیل)
  - . . .
* نتیجه :

مثلا حذف رودخانه های درجه ۲ یا فصلی
یا حذف ساختمانهای تکی



علایم گذاری

- از بسیاری از علایم به جای شکل عوارض می توان استفاده نمود.
- علایم و نمادها
  - تابعی از مقیاس نقشه
  - تابعی از هدف نقشه
  - هرچه ساده تر کردن قرائت نقشه
- هرچه مقیاس کوچکتر شود استفاده از علایم سطحی تبدیل به علایم نقطه ای می شود.
- علایم: نقطه ای، خطی، سطحی ... .

قیا س

- منظور از قیاس. استنتاج از جزء به کل است.
- بیشتر موجب تغییر شکل نمایش عوارض می شود.
- درون یابی از مهمترین جلوه های آن است.
- منحنی های میزان و هم دما و هم باران نمونه های ان به شمار می روند.

دلایل جنرالیزاسیون

اهداف نقشه ساختار داده ها نمایش داده ها کاربرد نقشه

هدف نقشه

- **مثلا نقشه های کادستر که جنرالیزاسیون در آنها کم می باشد. چون دقت بالا با جزییات نیاز است.**

ساختار داده ها

- **بسیاری از تبدیل ها نیازمند درک ساختار داده ها می باشند.**
  - ترسیم منحنی میزان و درون یابی
  - ساده سازی عوارض خطی، سطحی، و نقطه ای: بر اساس ساختار داده ای که انها نمایش می دهند.

مثال : عوارض خطی در مقیاسهای کوچک از لحاظ ضخامت کمی بزرگنمایی می شوند ولی از لحاظ پیچ و خم ساده تر (موقعیت مکانی)

نمایش داده ها

- نمایش بهتر عوارض با جنرالیزاسیون ممکن می شود.
- در نقشه های موضوعی بسیار موثر است. نقشه را خواناتر می کند

کاربرد نقشه ها

- میزان جزییات مورد نظر کاربر و کاربرد
- اهمیت موضوعات
- نوع استفاده

نظامی: ساده تر و صریح تر

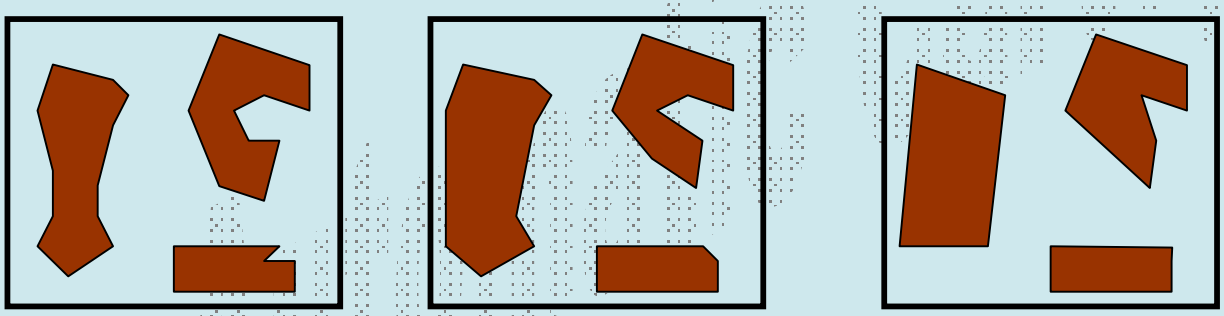
مهندسی: دقیق تر و فنی تر

روش های جنرالیزاسیون

تقلیل حذف ترکیب نرم نمودن

تقلیل

- به نوعی کاهش عوارض متراکم می باشد.
- نوعی دیگر کوچک سازی و تعمیم شکل ها

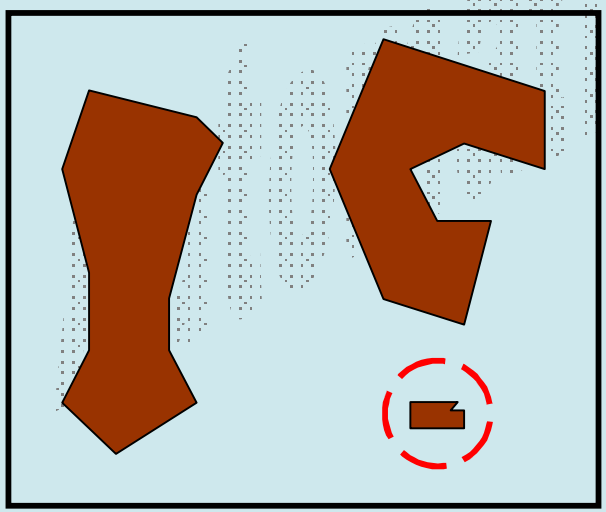


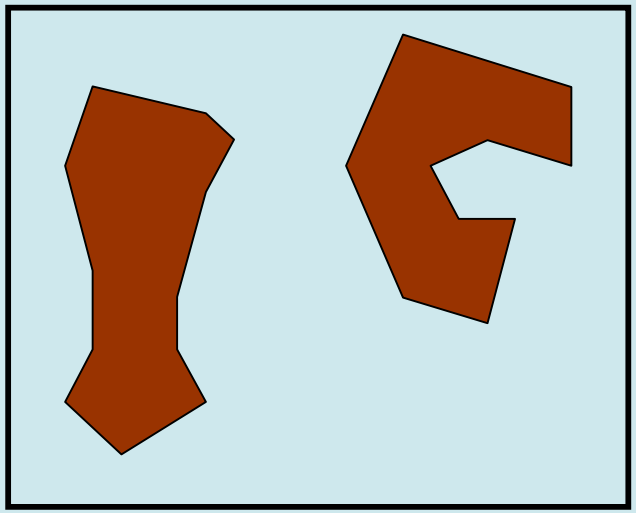
نمونه تقلیل: ====>.... کوچکتر شدن مقیاس

حذف

* در هنگام برداشت، ترسیم، یا تالیف

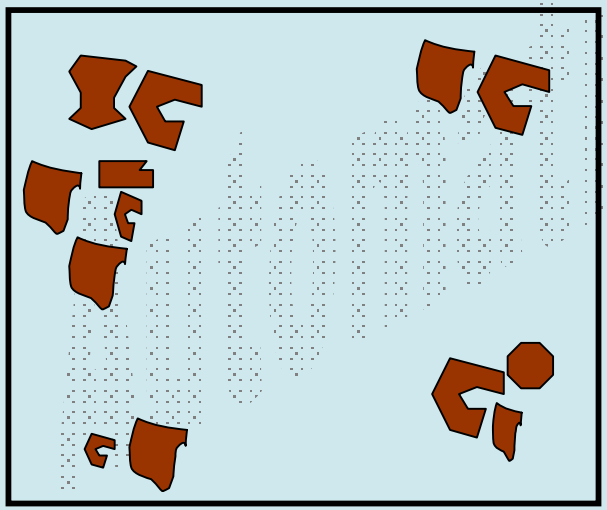
نقشه با توجه به مبانی جنرالیزاسیون از بعضی عوارض صرفنظر می شود.

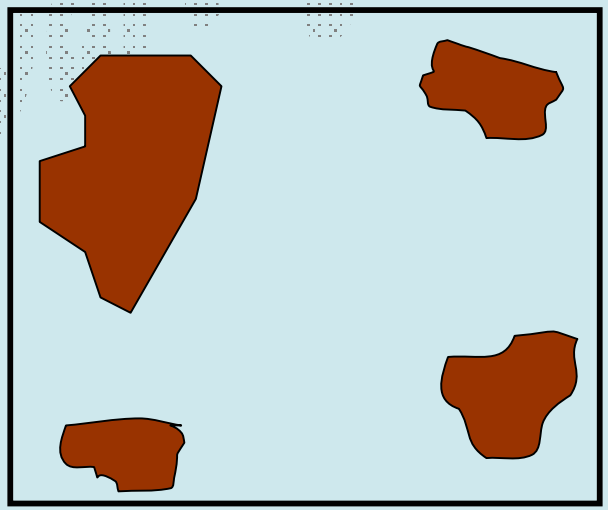




ترکیب

* عوارض پراکنده شبیه و نزدیک به هم با توجه به بعضی پارامترها ترکیب می گردند.

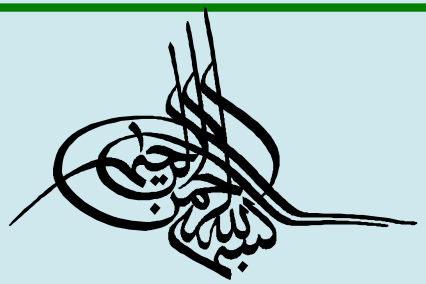




نرم نمودن

* دو نوع خط در نقشه :
  خطوط راست برای عوارض مصنوعی
  خطوط منحنی برای عوارض طبیعی

* مراحل:
  - انتخاب نقاط مهم و شکست اصلی
  - اتصال این نقاط
  - نرم نمودن نقاط اتصال
* نتایج
  - حذف برخی پیچیدگی ها
  - کم حجم شدن (فایل های رقومی)



کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش یازدهم : انواع نقشه
Map Types

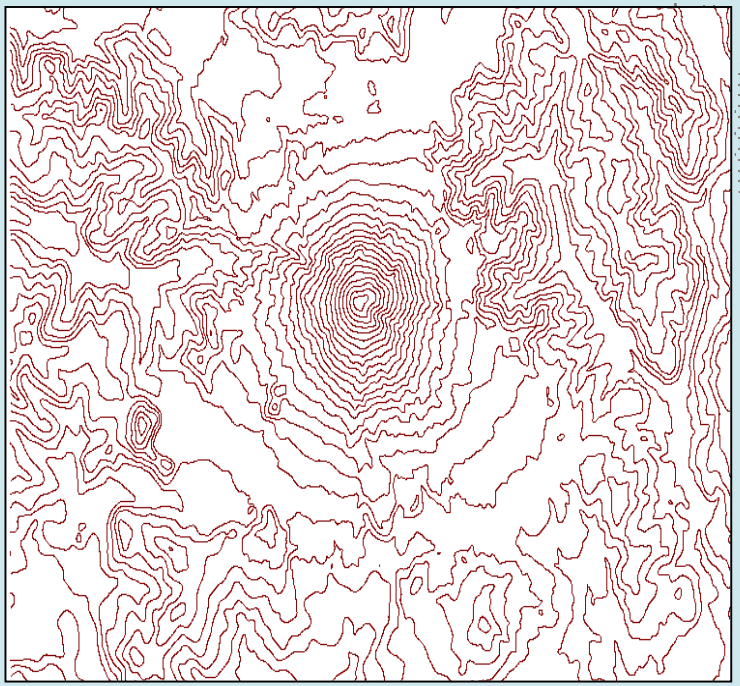
تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

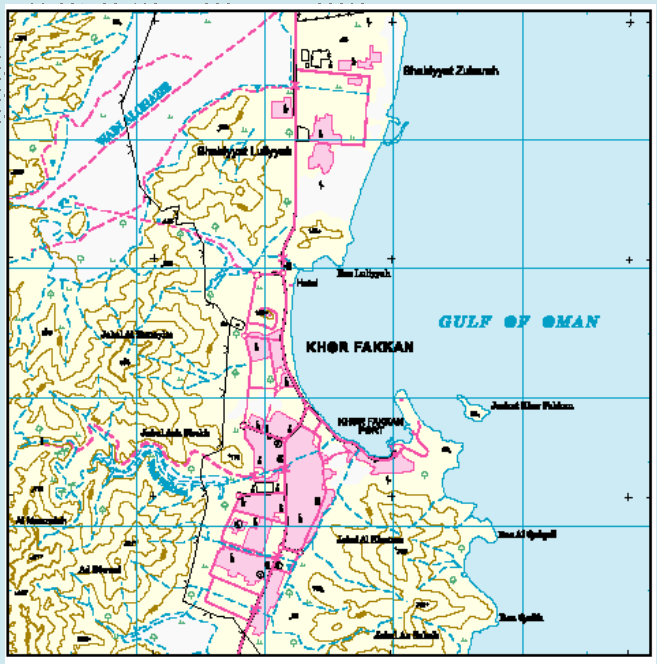
انواع نقشه

نقشه پایه (Base) : نقشه ای است که اطلاعات اصلی زمینه را شامل می شود. نقشه های پایه معمولا موقعیت و محدوده عوارض را نشان می دهند.

تصاویر ماهواره ای. اورتوفتو ها می توانند به عنوان نقشه پایه استفاده می شوند.

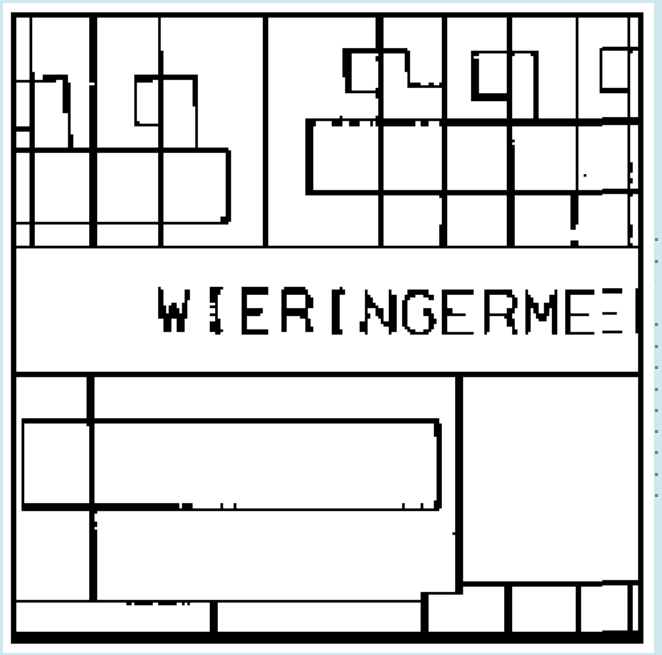
نقشه توپوگرافی (Topography / Contour Map) : نقشه ای که به نحوی ارتفاع در آن درج شده باشد.





انواع نقشه (ادامه)

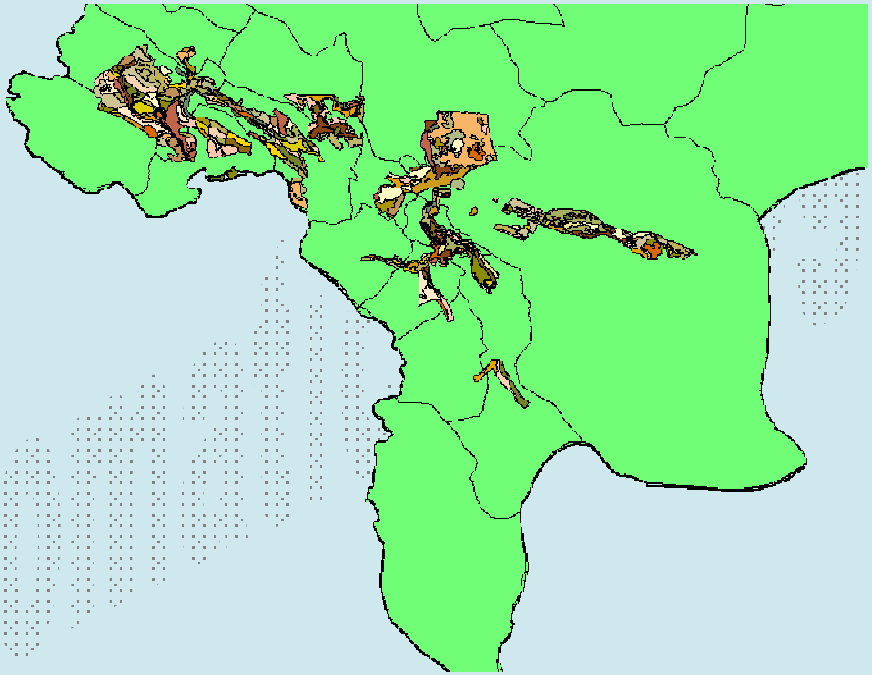
نقشه کاداستر (Cadastral Map) : نقشه ای که در آن مرز قطعات زمین نمایش داده شده اند. این مرزها بر اساس مالکیت یا مالیات است.



نقشه عمق نما (Bathymetric Map) : نقشه ای که شکل یک عارضه آبی همراه با منحنی های هم عمق (IsoBath) را نشان می دهد.

انواع نقشه (ادامه)

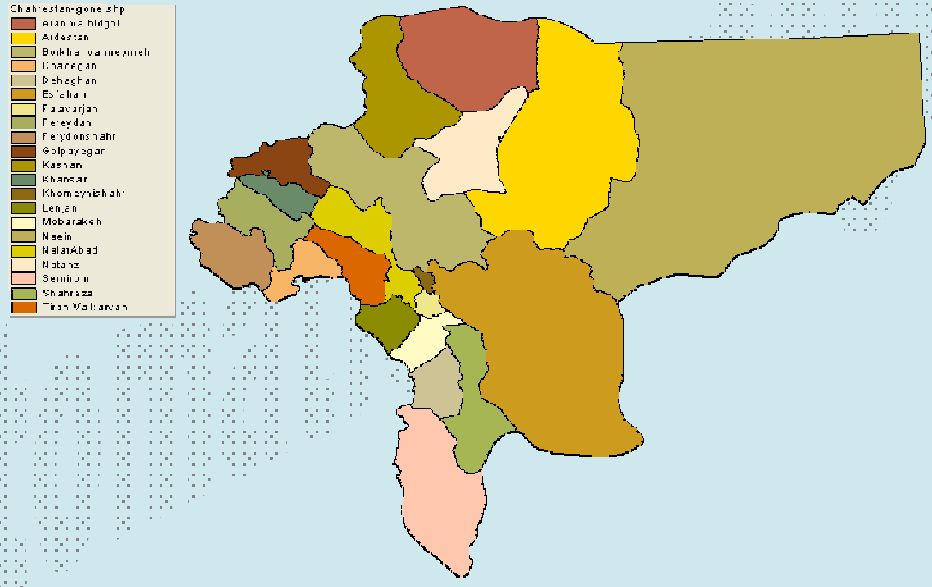
نقشه ترکیبی (Composite Map) : نقشه ای که در آن اطلاعات ترکیبی چندین نقشه (موضوعی) نمایش داده شده است.



نقشه مشتقه (Derivative Map) : نقشه ای که از تغییر، ترکیب یا آنالیز نقشه های دیگر ایجاد می شود.

انواع نقشه (ادامه)

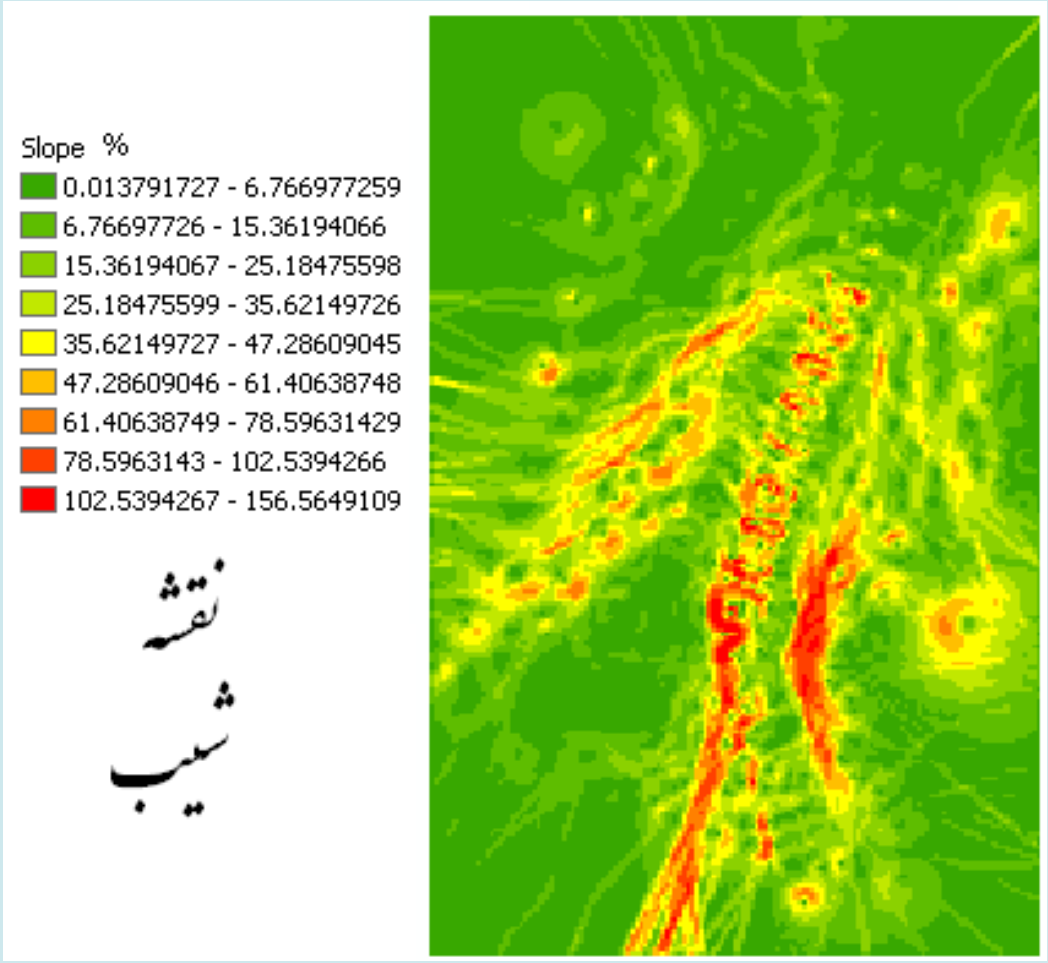
نقشه محدوده (Outline Map) : نقشه ای که محدوده مجموعه ای از عوارض را نشان می دهد. مانند نقشه مرز استانها یا شهرستانها. معمولا سطح جزییات در این نقشه ها بسیار پایین است.



نقشه MorphoMetric : نقشه ای که اطلاعات ریخت شناسی سطح زمین را شامل می شود.

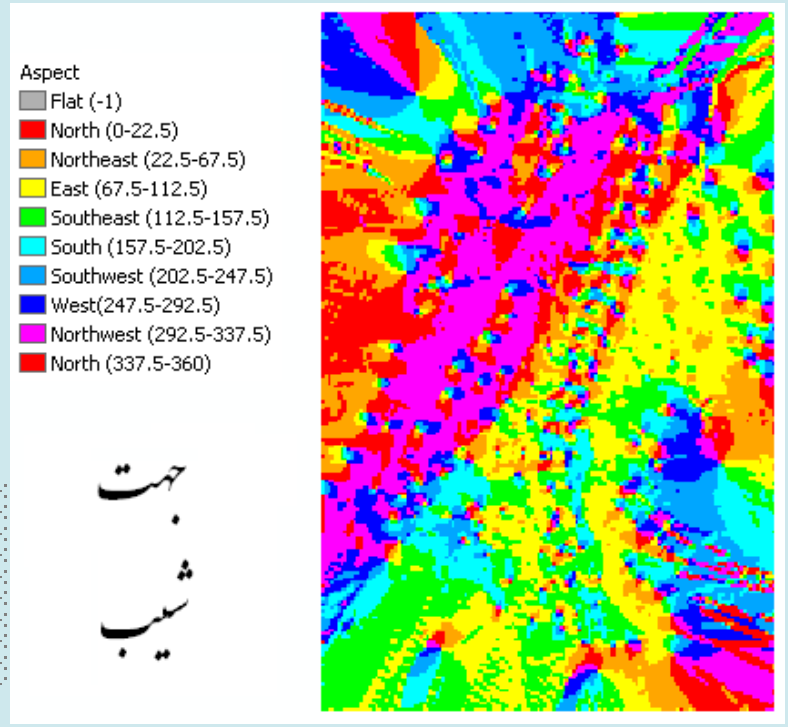
انواع نقشه (ادامه)

نقشه شیب (Slop Map) : نقشه ای که تغییر ارتفاع در فاصله را به دست می دهد. بر حسب درصد یا درجه بیان می کند.



انواع نقشه (ادامه)

نقشه Aspect : نقشه جهت شیب است که بر اساس درجه یا جهات اصلی بین می شود.



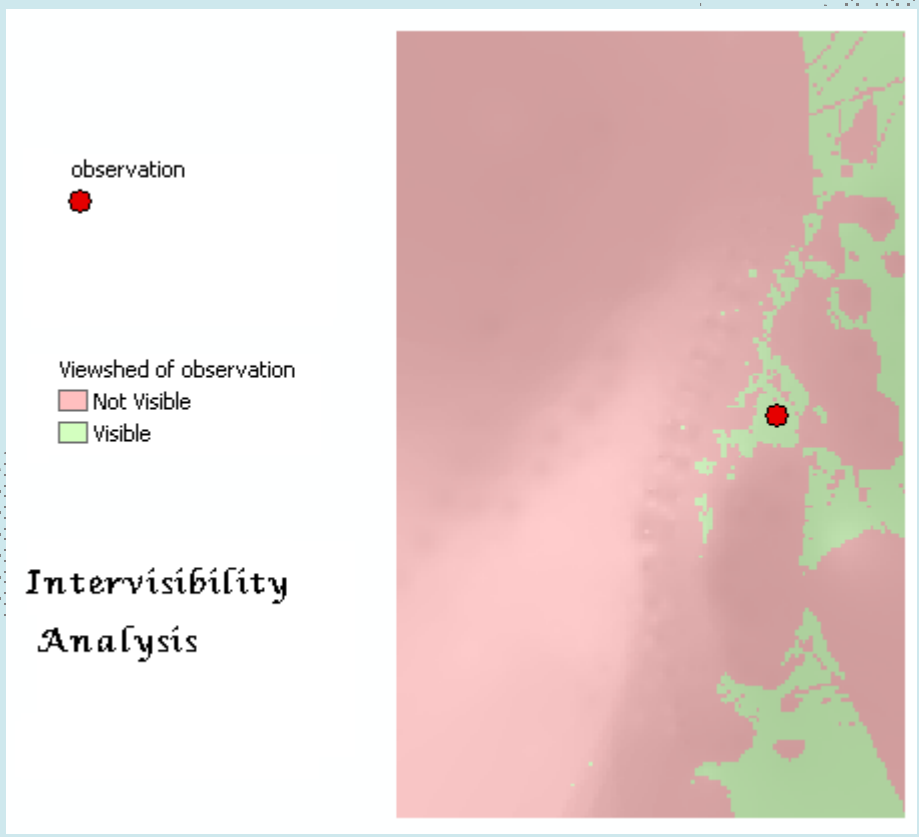
نقشه Planimetric : نقشه ای با اطلاعات مسطحاتی

انواع نقشه (ادامه)

نقشه برجسته (Shaded Relief Map) : نقشه ای که با نور پردازی ارتفاعات را نشان می دهد. به اختصارنقشه Relief هم نامیده می شود.

انواع نقشه (ادامه)

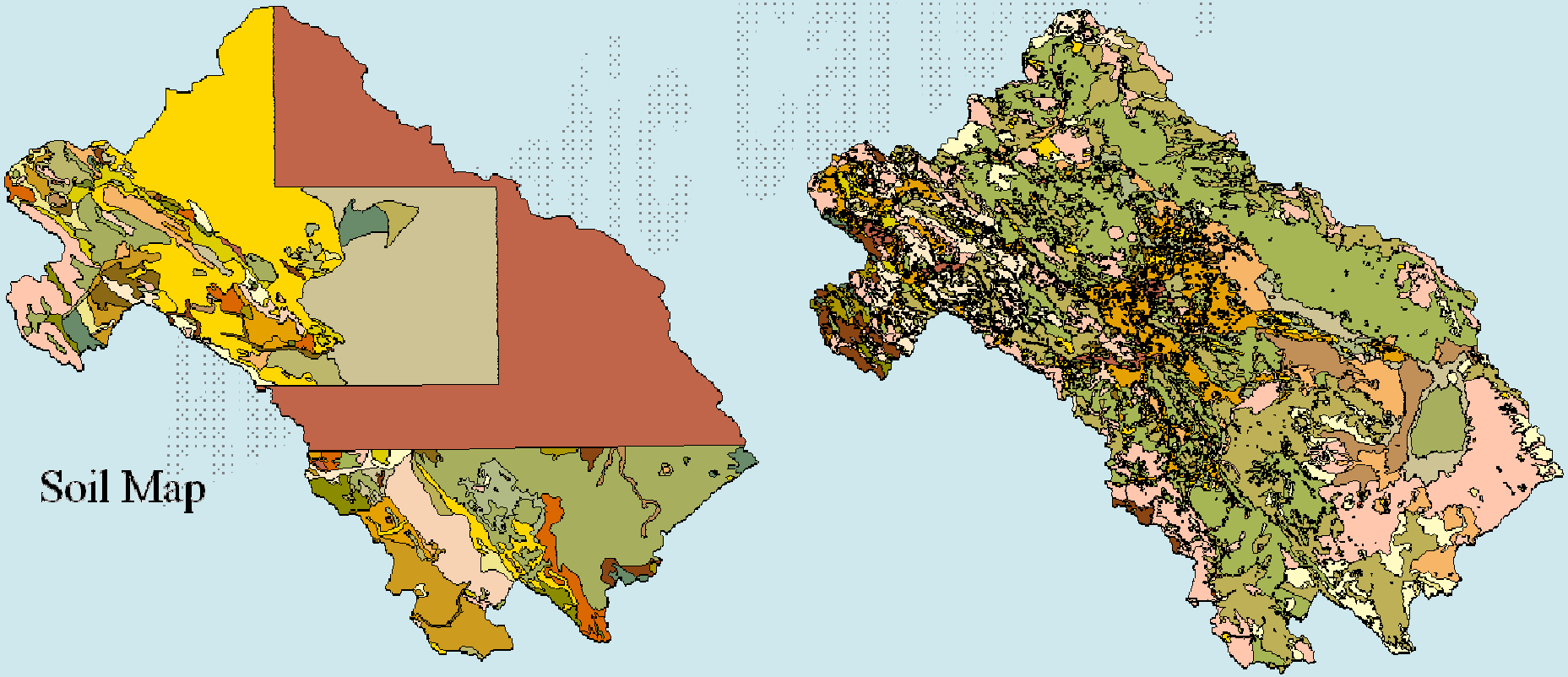
نقشه قابلیت دید (ViewShed) : نقشه ای که مناطق قابل دید از یک نقطه خاص را نشان می دهد. به آن Line of Sight هم می گویند.



انواع نقشه (ادامه)

نقشه موضوعی (Thematic) : نقشه ای که خصوصیات یک کلاس خاص را نشان می دهد. مثلا نقشه خاک شناسی یا پراکندگی گیاهی و ... .

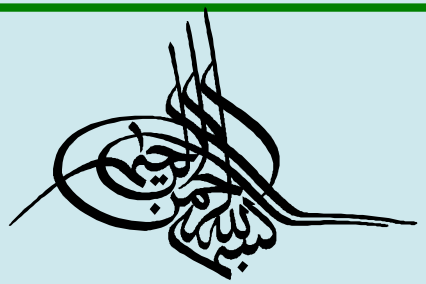
نقشه کاربری (Thematic) : نقشه ای که کاربری مناطق مختلف را (مانند مسکونی، کشاورزی، تجاری، و ...) نشان می دهد.



انواع نقشه (ادامه)

نقشه پوششی (Thematic) : نقشه ای که پوشش طبیعی مناطق مختلف را (مانند پوشش گیاهی، رودخانه، دریاچه، بیابان و ...) نشان می دهد.

نقشه کاربری/ پوششی (Thematic) : نقشه ای که کاربری و پوشش مناطق مختلف را طبق نظر کاربر نشان می دهد.



کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش دوازدهم : وسایل ورودی و خروجی
Input/Output

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

وسایل ورودی و خروجی

وسایل ورودی:

اسکنر
دیجیتایزر
دوربینهای رقومی
وسایل ورودی کامپیوتری (صفحه کلید، ماوس و ....)

وسایل خروجی:

مانیتور
چاپگر
پلاتر (رسام)

وسایل ورودی

اسکنر ها

- با حرکت دادن یک سنسور الکترونیکی در سطح نقشه یک تصویر رقومی تهیه می شود.
- خروجی دیجیتالی می‌تواند سیاه و سفید و یا رنگی باشد.
- داده ها به هنگام اسکن کردن به ساختار رستری درمی آیند ودرصورت لزوم باید به برداری تبدیل شوند.

دونوع اسکنر متداول عبارتند از:

صفحه تخت (Flatbed)

استوانه ای (Drum Type)

البته انواع دیگر نیز وجود دارند نظیر

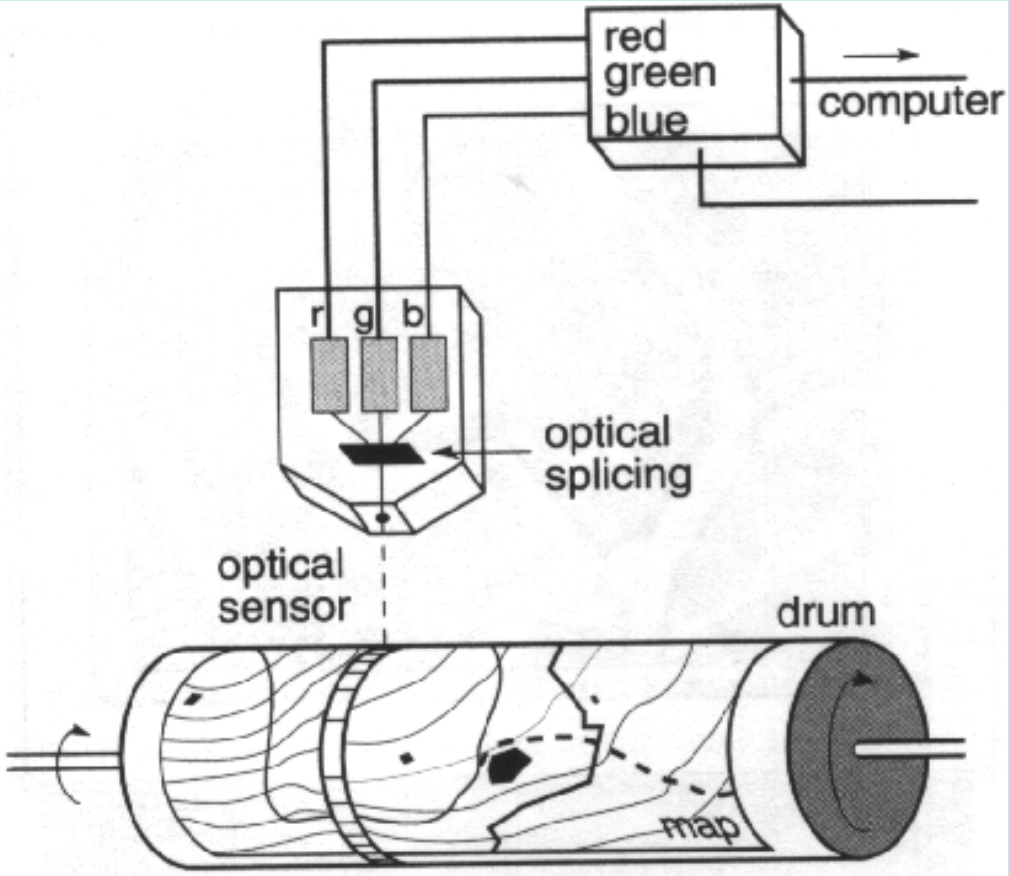
Sheet Fed , Handheld

Handheld

Sheet fed

صفحه تخت

استوانه ای



مدهای اسکن کردن

- به صورت باینری یعنی دو رقمی 0 و 1.
- سیاه و سفید (Grey Scale): که اعداد 0 تا 255 را می توانند پیکسل ها داشته باشند.
- رنگی (RGB Color) : که تا ۱۶ میلیون رنگ را می توانند پشتیبانی و تولید کنند.

قدرت تفکیک:

این مسئله بسیار مهم است و معمولا به صورت DPI (Dot Per Inch) یا بر حسب تعداد پیکسل ها در هر بعد ارایه می شود : مثلا ۱۷۰۰ * ۲۴۰۰ پیکسل

قدرت تفکیک برای اسکن نقشه های معمولی: 300 – 600 dpi

برای اسکن عکس های هوایی: 800 – 2400 dpi

دوربین های رقومی Digital Cameras

* انواع از لحاظ خصوصیات هندسی : ۱- متریک ۲-غیر متریک.

* مشخصات مهم دوربین:
  ۱- قدرت تفکیک
  ۲- مشخصات اپتیکی نظیر فاصله کانونی و ...
  ۳- حافظه
  ۴- مشخصات ایستگاه (مختصات و ...)

* کاربردها
  ۱-فتوگرامتری برد کوتاه
  ۲- ایجاد Texture
  ۳- ایجاد Demo

وسایل خروجی

چاپگرها Printers

- مهمترین نوع چاپگرها دو دسته هستند:
  - لیزری
  - جوهر افشان (Injection)

- چاپگرها برای تولید هاردکپی به کار می روند.
- این وسایل ندرتا برای چاپ نقشه به منظور کارهای مهندسی به کار می روند ولی برای بازدیدهای زمینی و کارهای کوچک می توان از آنها استفاده نمود.
- خروجی در چاپگرها به صورت ماتریسی (رستری) انجام می پذیرد.

وسایل خروجی

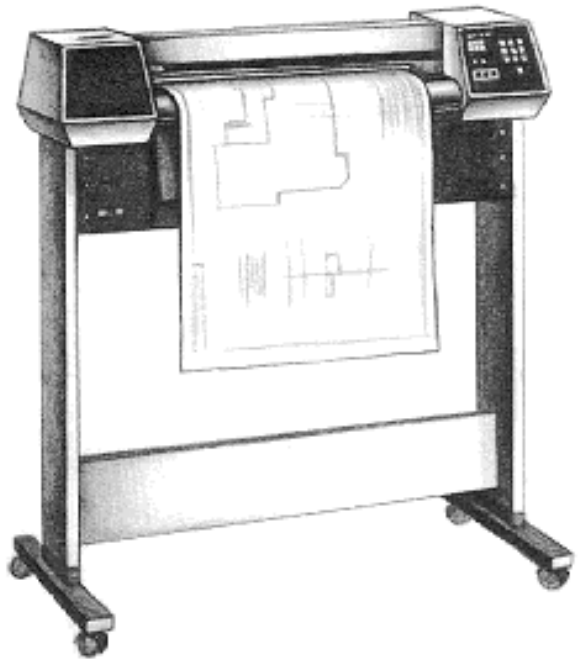
رسام ها Plotters

* مهمترین نوع پلاترها دو دسته هستند:

مسطح

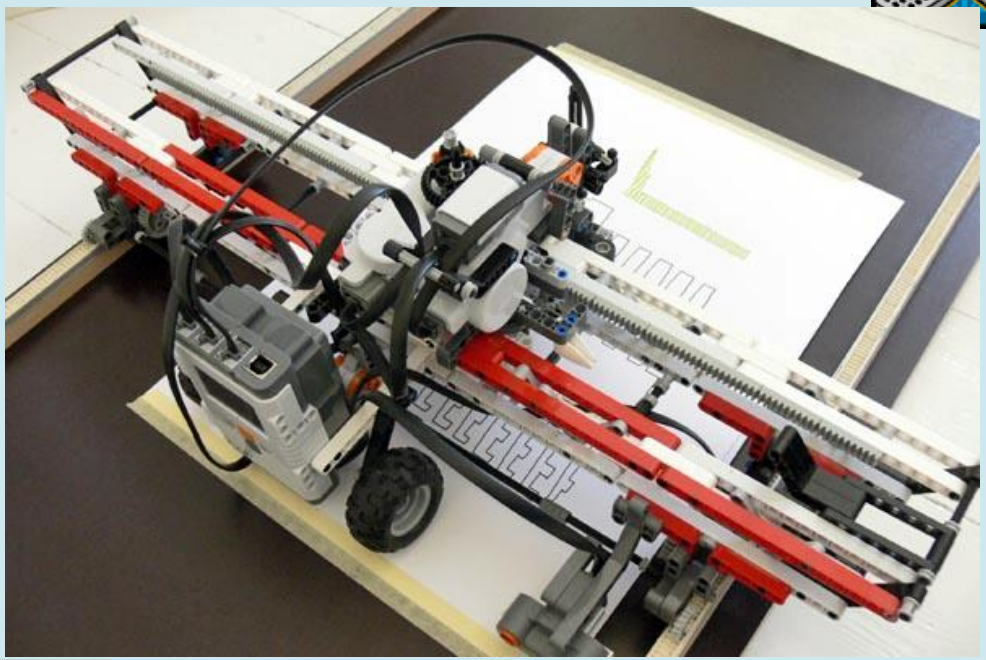
استوانه ای (دقت پایین تر)

From Computer Desktop Encyclopedia
© 1998 The Computer Language Co. Inc.



پلاترهای استوانه ای

پلاترهای مسطح



مهمترین جزء رسام قلم است:

۱- مداد ۲- قلم ترسیم

۳- اسکرایبینگ

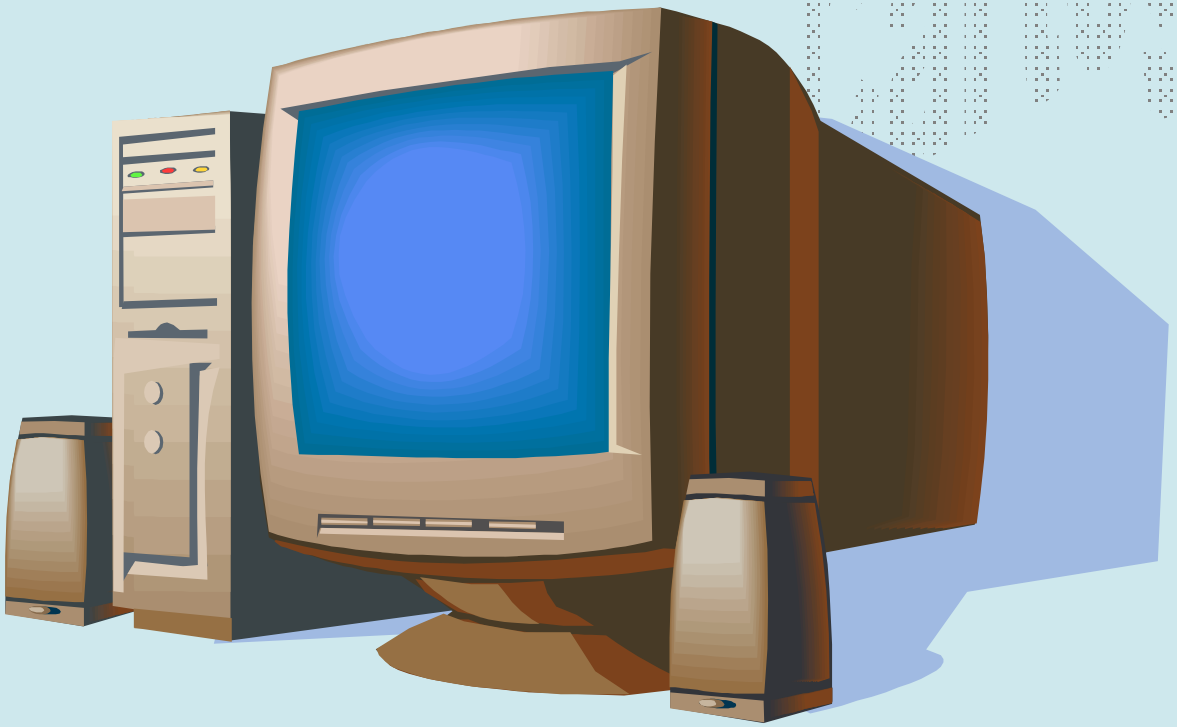
۴- برش (Cutter Plotter)

۵- نور (فیلم)

وسایل خروجی

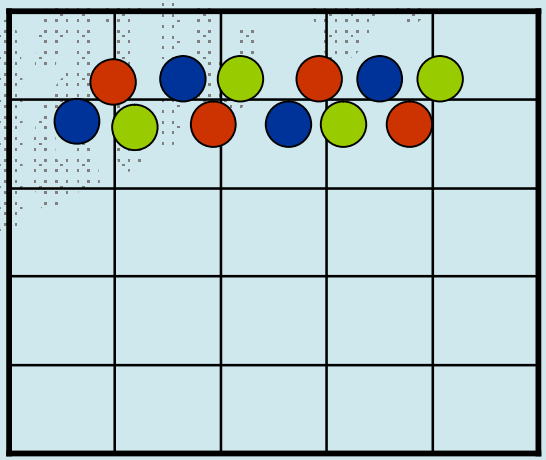
صفحات نمایش Monitors

* مانیتورها دو دسته تقسیم می شوند:
  - تک رنگ که بیشتر برای متن استفاده می شوند.
  - رنگی که برای کارهای گرافیکی استفاده می شوند.

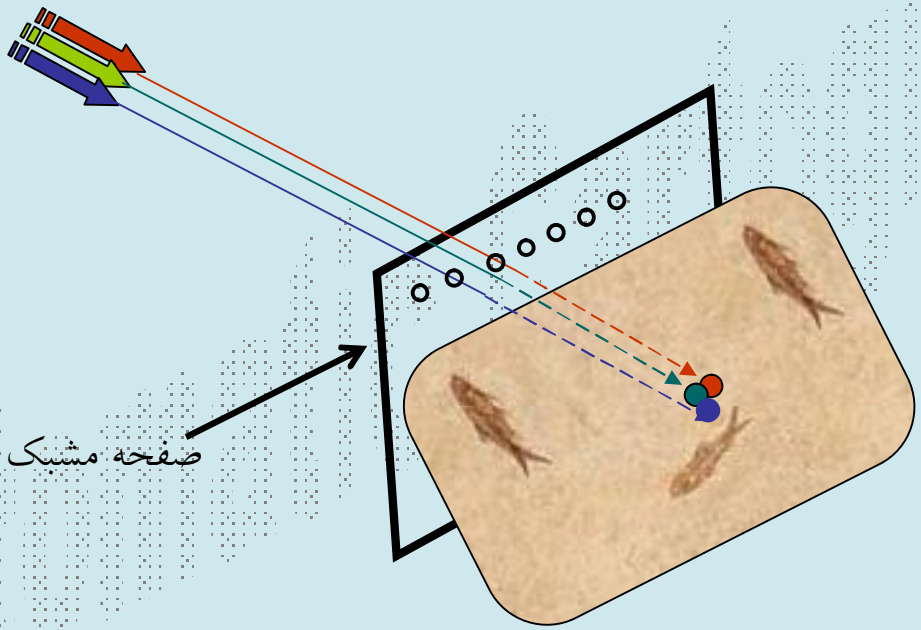


ساختار مانیتورهای با لامپ اشعه کاتدی CRT

- لامپ اشعه کاتدی یک لوله شیشه ای خلاء (یا گاز بی اثر کم فشار) است.
- سطح داخلی نمای جلوی لامپ با فسفر پوشانده شده است.
- با برخورد الکترونها به فسفر نور تولید می شود.
- در مانیتورهای رنگی هر پیکسل از سه فسفر RGB تشکیل شده است.
  هرچه فاصله نقاط کوچکتر باشد کیفیت نمایش بالاتر می رود.



* قبل از سطح فسفری یک صفحه مشبک با سوراخ های میکروسکپی قرار دارد که باعث می شود الکترون ها دقیقا به فسفر مورد نظر برخورد کنند.

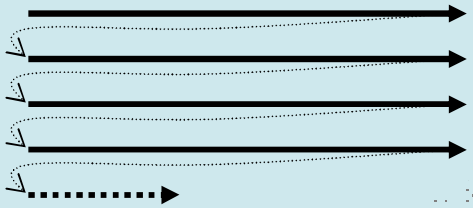


* **همگرایی**: هدایت الکترونها به طور همزمان برای سه تفنگ الکترونی RGB بسیار مهم است و اگر درست انجام نشود کیفیت مطلوب حاصل نمی شود.

Refresh:

- شروع شلیک اکترونها از خط اول بالا از سمت چپ به سمت راست است.
- پس از تمام شدن یک خط از شروع خط بعدی نوردهی انجام می شود.
- این عملیات در کسری از ثانیه انجام می شود. هر سطر مثلا در ۵ میلی ثانیه کل صفحه در ۰.۷ ثانیه اسکن می شود.

انتقال الکترونها:



- در ابتدای لوله قطعه ای به نام کاتد وجود دارد که در اثر گرمای زیاد الکترون آزاد می نماید.

صفحه جلوی لامپ اشعه کاتدی هم به عنوان قطب مثبت عمل کرده و الکترونها را به سمت خود می کشد.

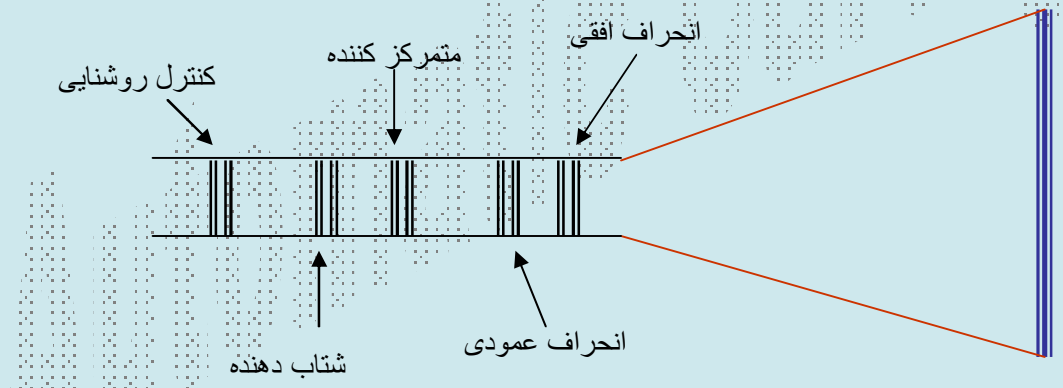
- با برخورد الکترونها نور توسط فسفرها ایجاد می شود.
- مشخصات مهم فسفرها :

پایداری: مدت زمانی که در اثر انرژی نور تولید می کنند.

فرسایش: اسکرین سیور ها برای همین کار تعبیه شده اند.

اجزای تمرکز دهنده و شتاب دهنده:

- شبکه شتاب دهنده سرعت الکترونها را افزایش داده و به سمت صفحه نمایش می راند.
- شبکه متمرکز کننده پرتوها را باریک کرده و پس از تراکم پرتوهای الکترونی سه گانه، سیم پیچ های انحرافی افقی و قائم با اعمال نیروی مغناطیسی پرتو الکترونی را به نقاط مختلف صفحه نمایش هدایت می کند.



انواع دیگر صفحه نمایش:

۱- صفحه نمایش LCD

۲- صفحه نمایش پلاسما