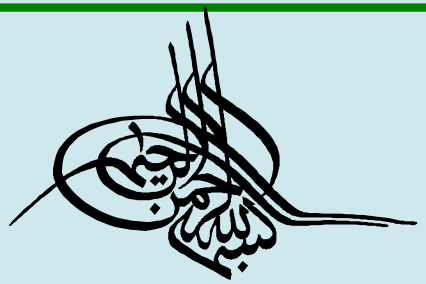


کارتوگرافی اتوماتیک

Digital Cartography

(Digital Mapping)

بخش نهم : داده‌های ارتفاعی

Digital Terrain Elevation Data

تهیه کننده: فاطمی

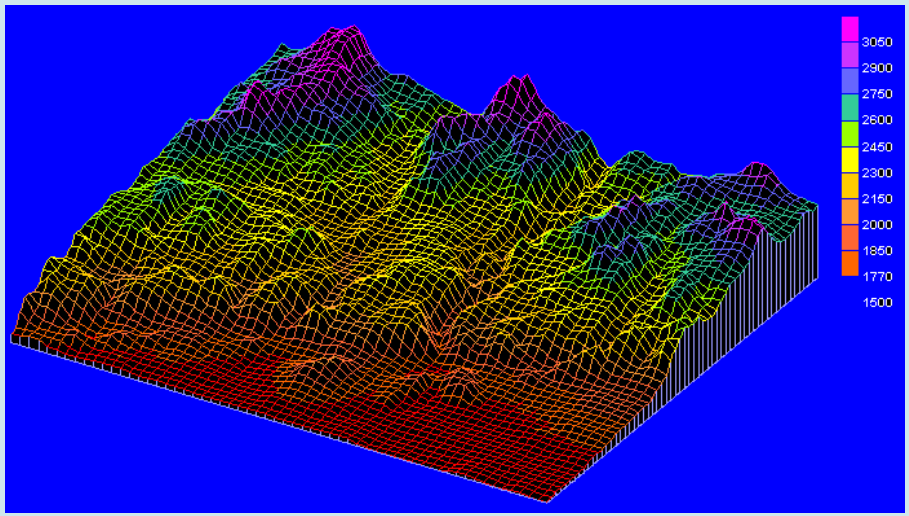
۱۳۸۶

تعریف

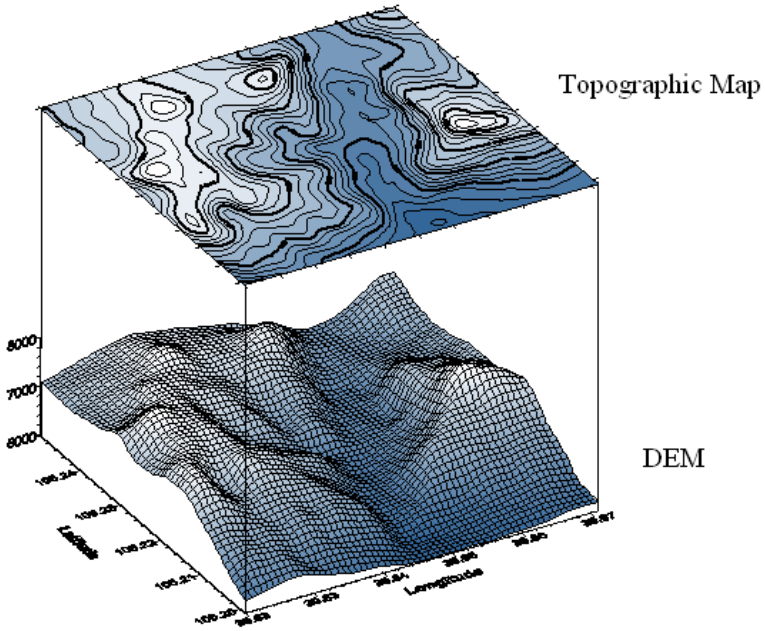
DTM نمایش آماری از سطح پیوسته زمین توسط نقاطی انتخابی با موقعیت سه بعدی معلوم (X Y Z) است.

- **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

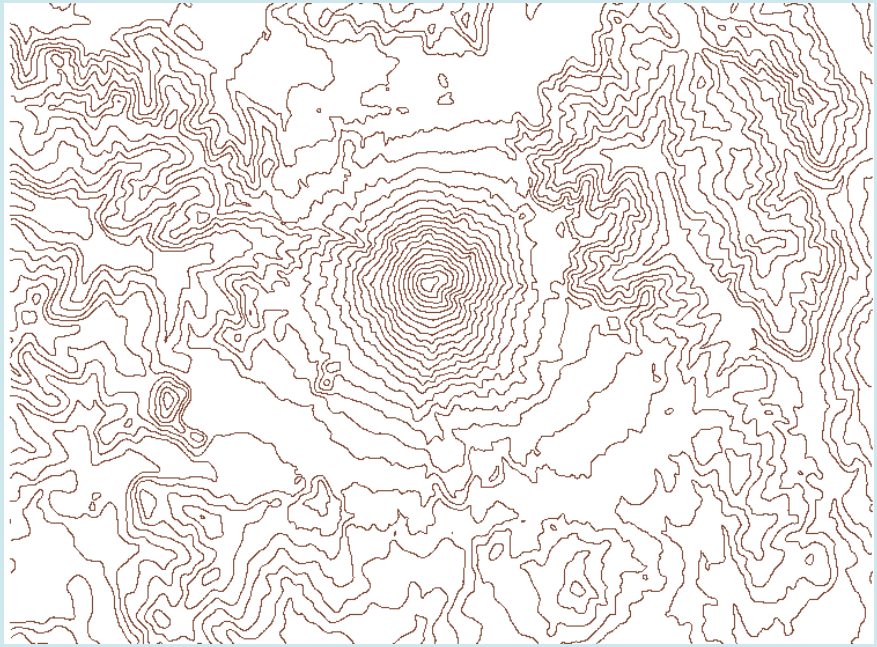
* **داده های ارتفاعی** DEM **به شکل های مختلفی ذخیره می شوند که معروفترین آنها عبارتند از:**

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

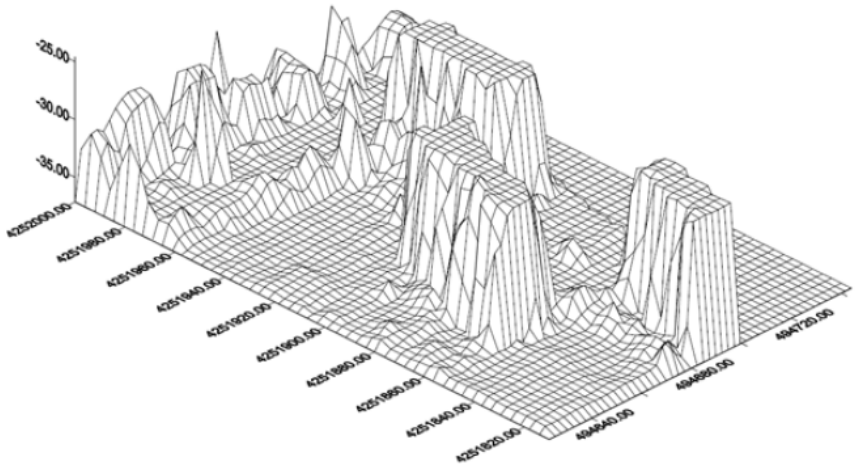
۳- اتوماتیک نمودن آنها برای کاربردهای بعدی مشکل است.

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.

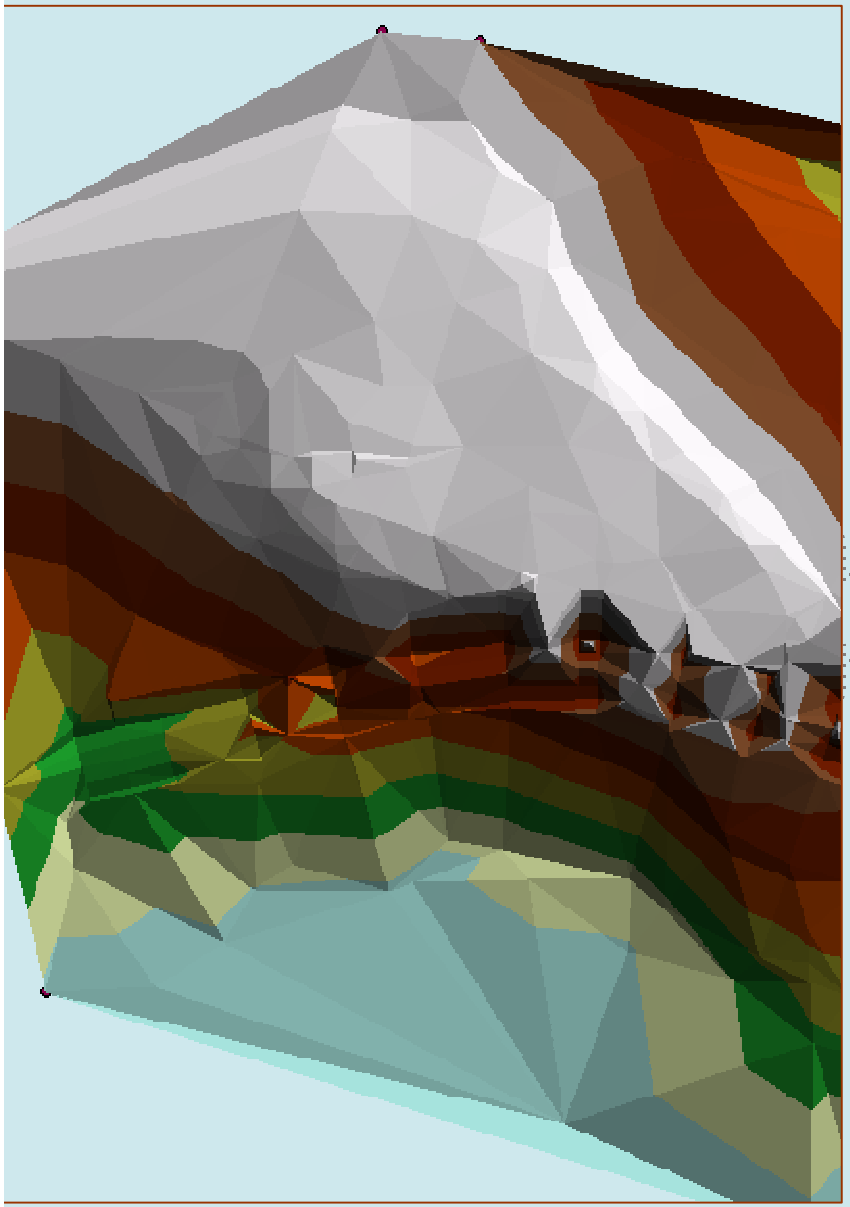
۳- اتوماتیک نمودن آنها برای کاربردهای بعدی آسان است.

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.

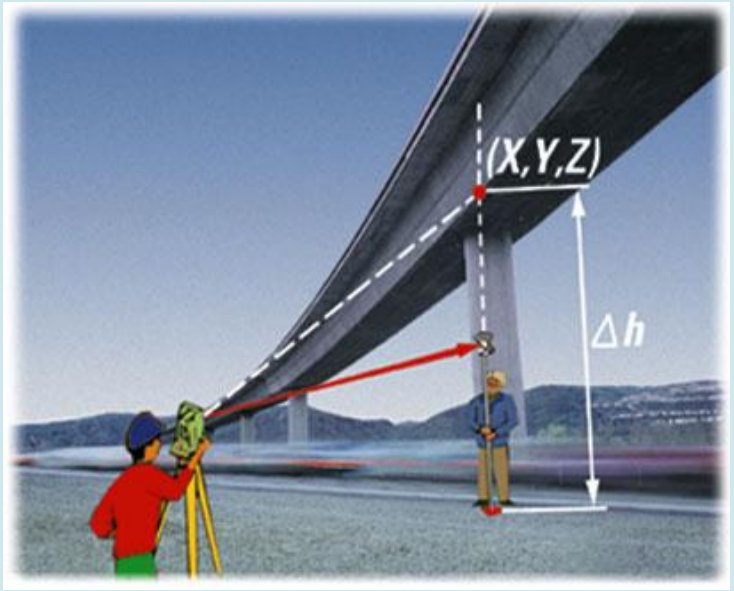
٥- زیاد متداول نیستند.

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:

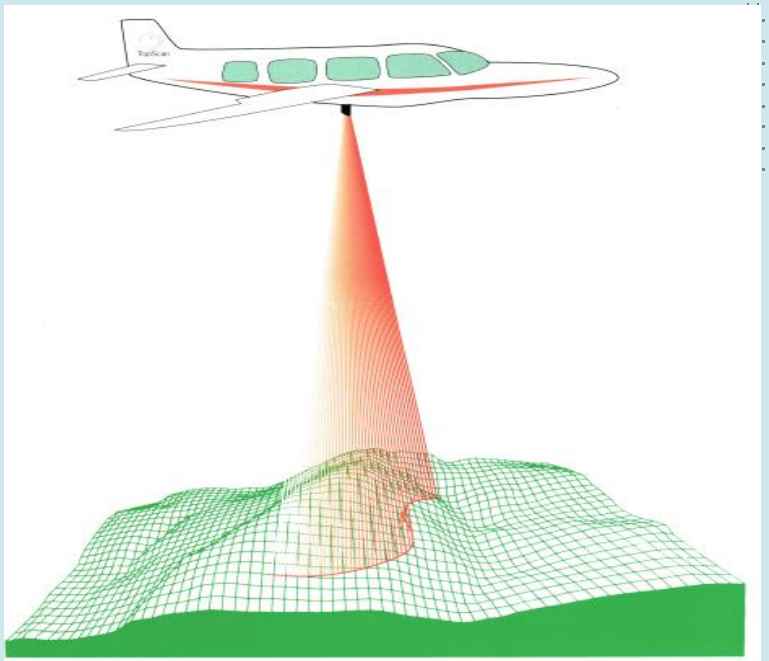
۱- جمع آوری داده ها

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:

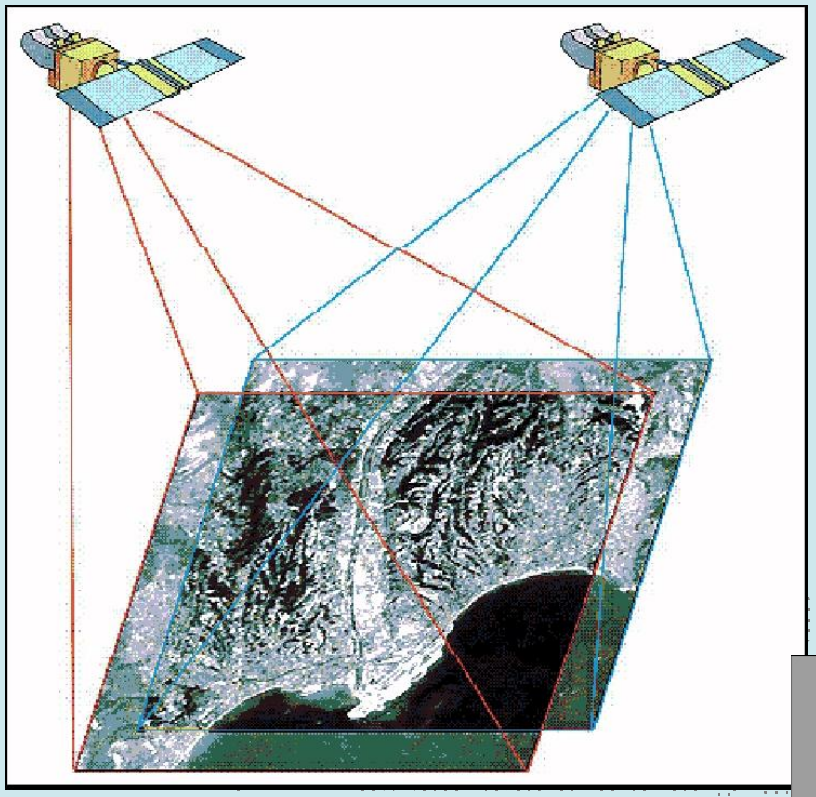
برای تولید DEM های معمولا نیمه دقیق به کار می روند.

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

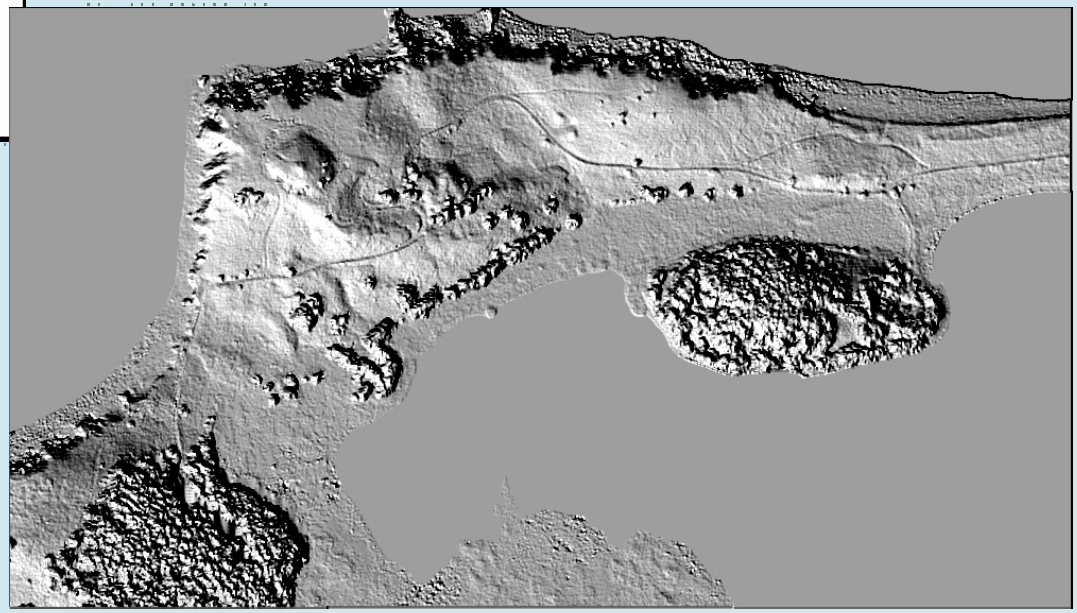
- **داده های ارتفاعی نیز می توانند توسط آلتیمتر ها برداشت شوند. (دقت ارتفاعی بالا)**

- **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.**



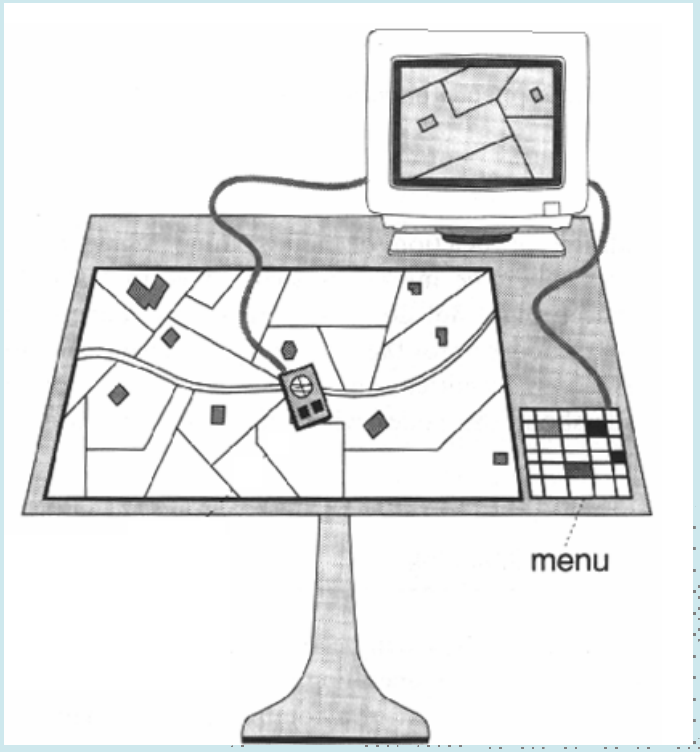
دید استریو امکان تولید داده های سه بعدی را فراهم می آورد. (فتوگرامتری و دورکاوی)

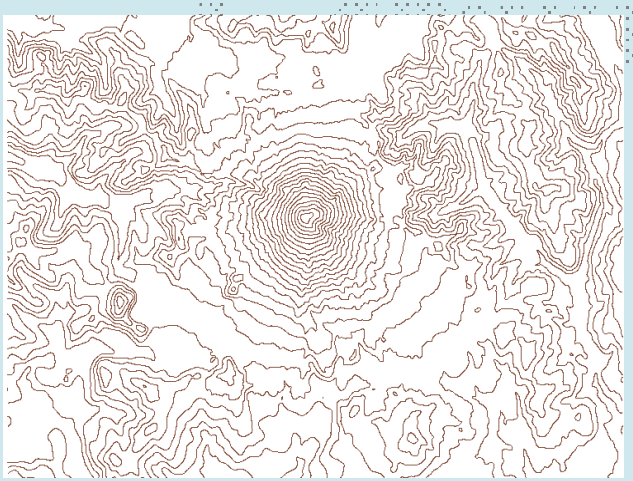


۵- نقشه های موجود:

- 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.



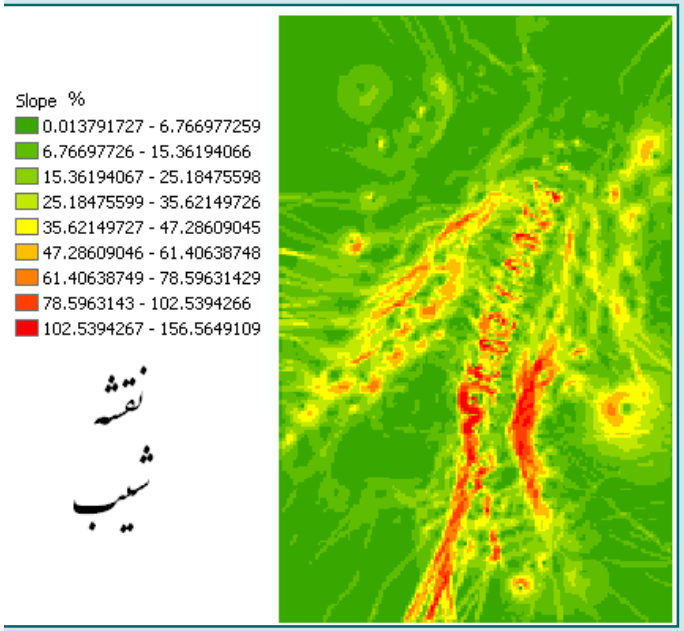


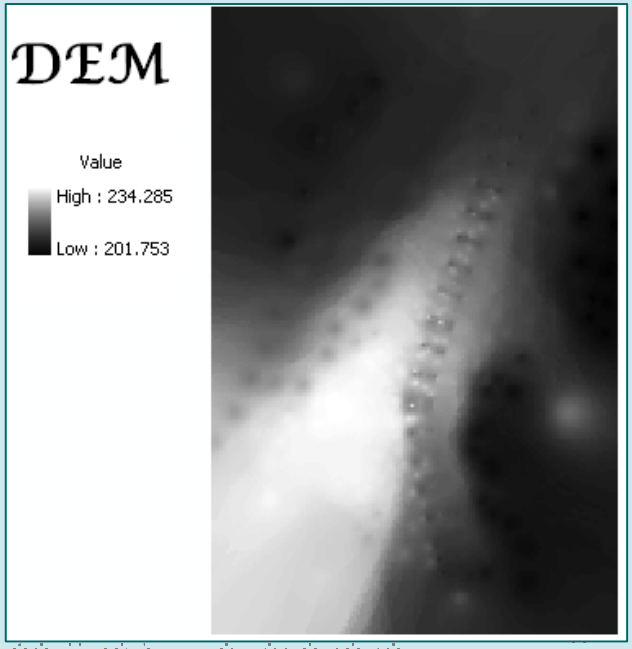
محصولات DEM

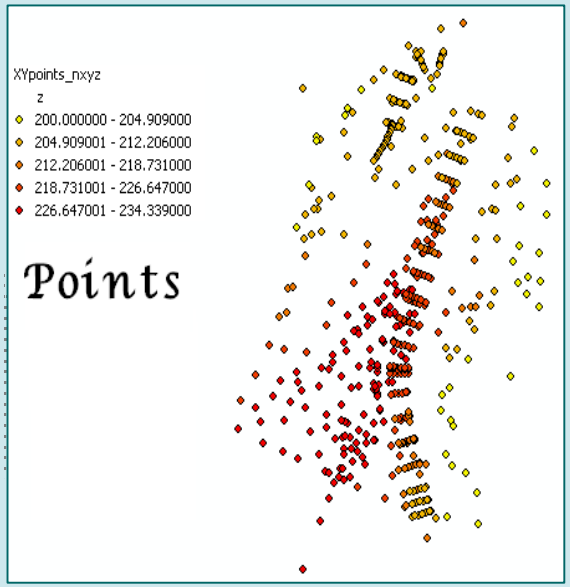
- منظور اطلاعاتی است که از DEM تولید می شوند. مانند:
  - + **نقشه شیب** (Slop Map) : نقشه نرخ تغییر ارتفاع است. به این معنی که اولین مشتق DEM است که بر حسب درصد یا درجه بیان می شود.
  - + **نقشه جهت شیب** (Aspect Map): در این نقشه جهت شیب (نسبت به شمال، جنوب و ...) را مشخص می کند. به این معنی که تغییر 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.

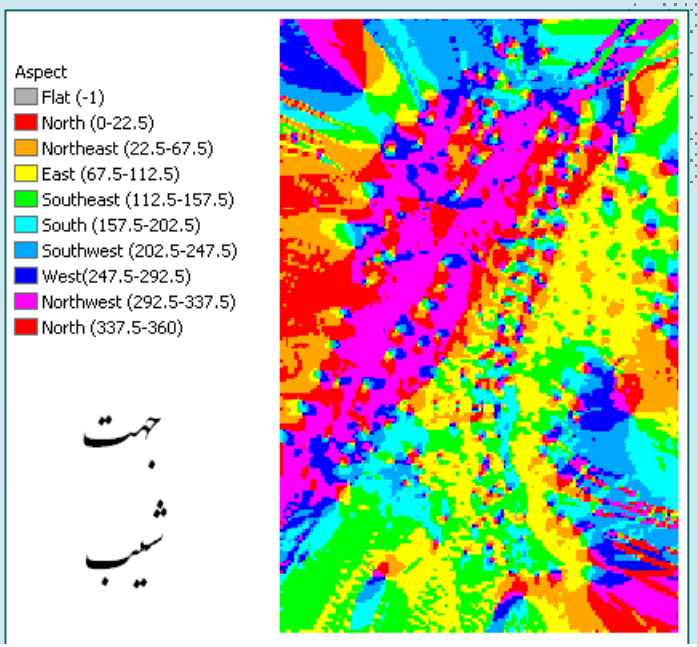
S.B.Fatemi

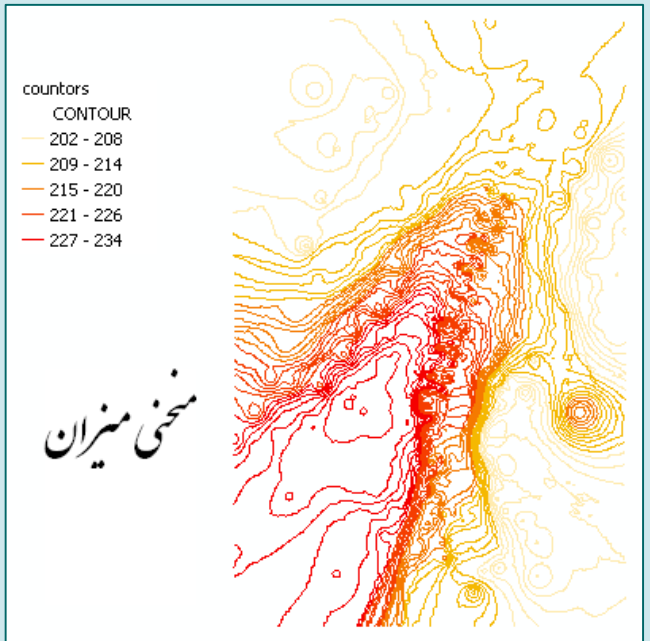
کارتوگرافی اتوماتیک

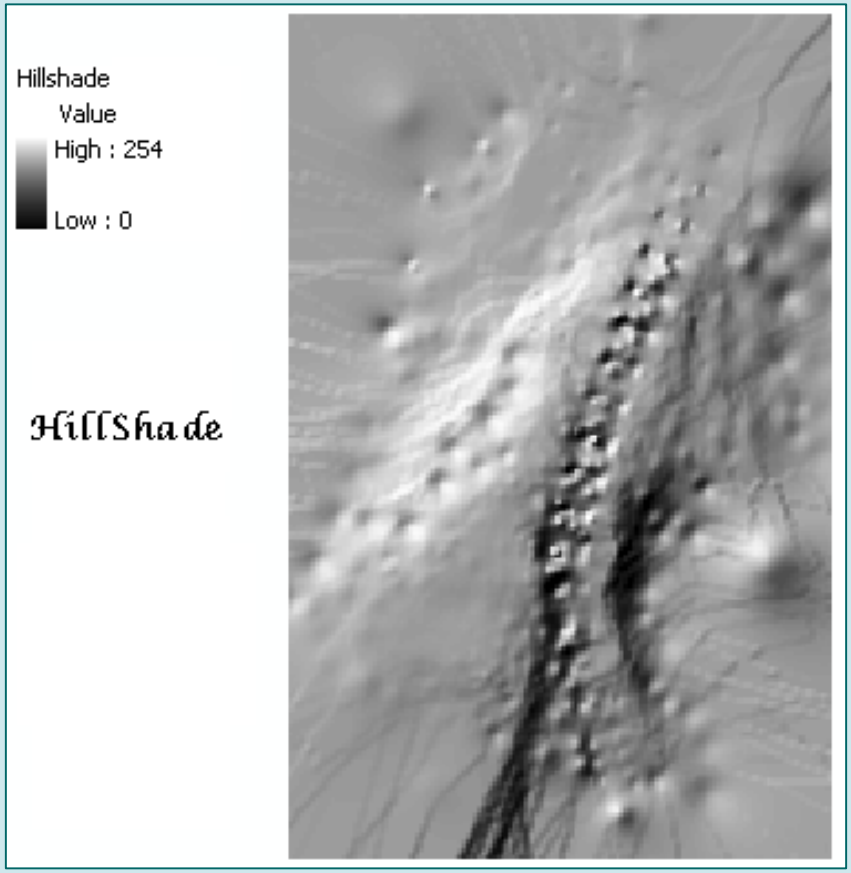


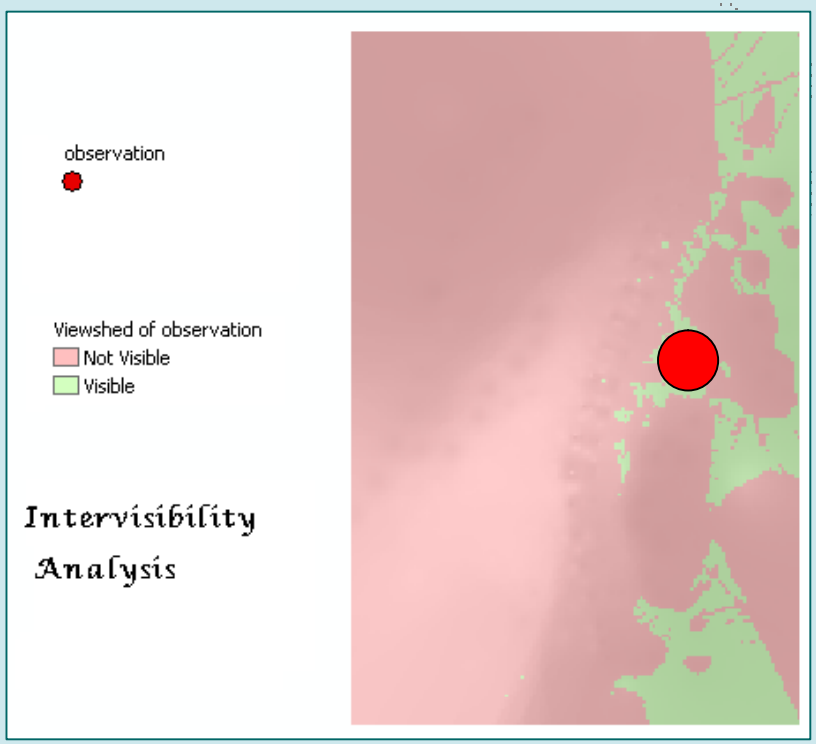








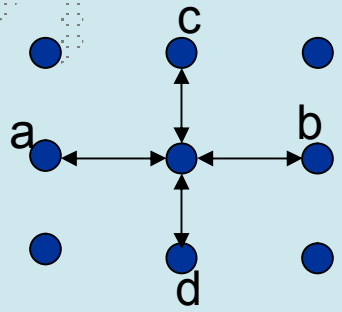

Hillshade
Value
High : 254
Low : 0
HillShade


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)

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

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

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

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

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

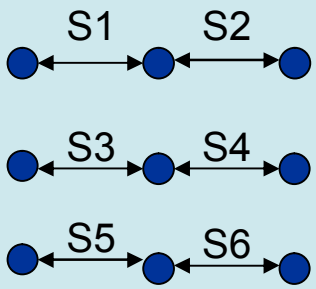
$$= \frac{z(3,2) - z(1,2)}{2D}$$

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

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