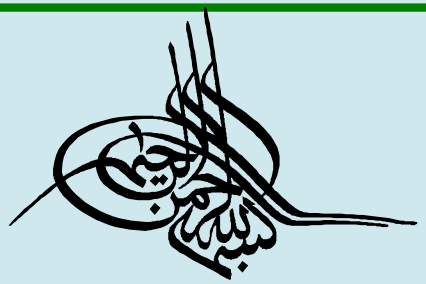


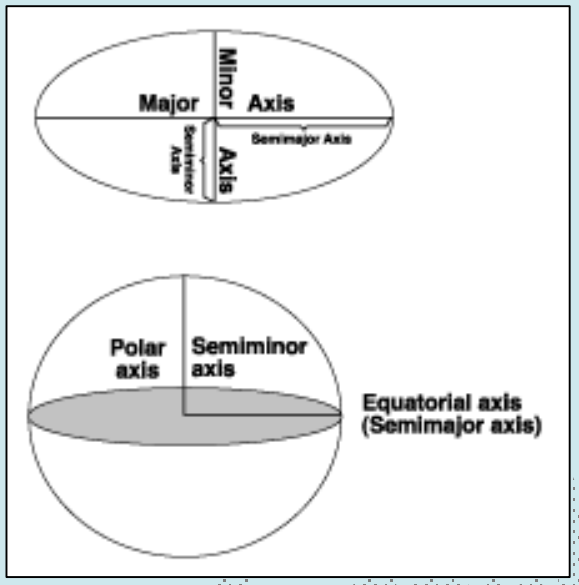
کارتوگرافی اتوماتیک
Digital Cartography
(Digital Mapping)

بخش هفتم: سیستمهای مختصات
Coordinate Systems

تهیه کننده: فاطمی
۱۳۸۶

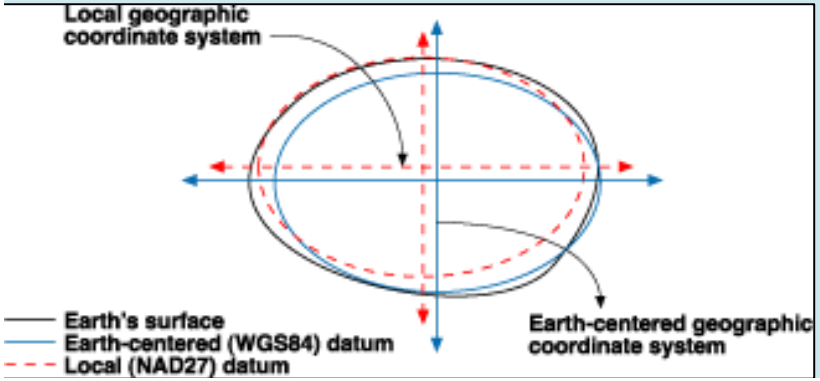
سیستمهای مختصات

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



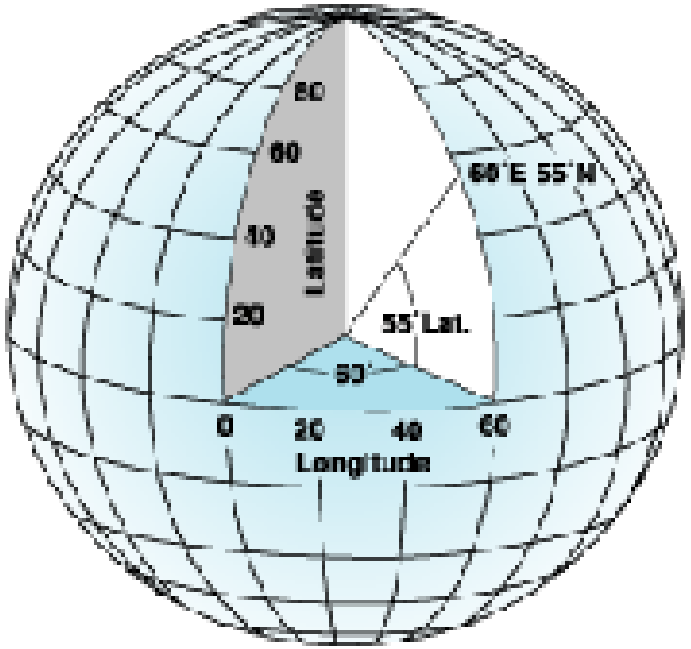
* **هر سیستم مختصات چند مشخصه اصلی دارد:**

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



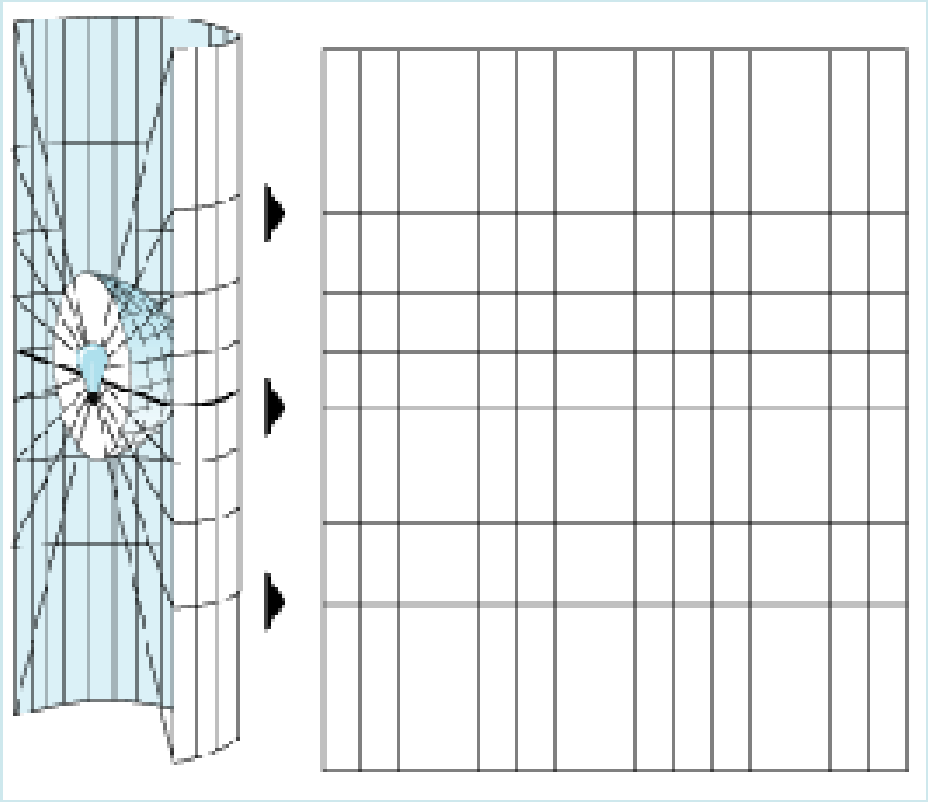
سیستمهای جغرافیایی

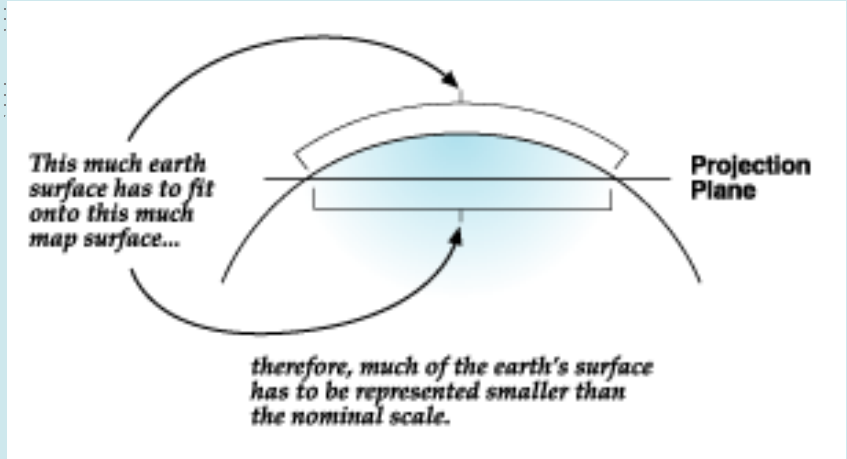
- در این سیستمها مختصات بر اساس طول و عرض جغرافیایی بیان می شود.
- واحد معمولا درجه است.
- برای مناطق وسیع و نقشه های کوچک مقیاس مناسب ترند.
- محاسبه طول و مساحت روی آنها مشکل است.
- در نقشه های رستری باعث کمی اعوجاج می شوند.



سیستم تصویر

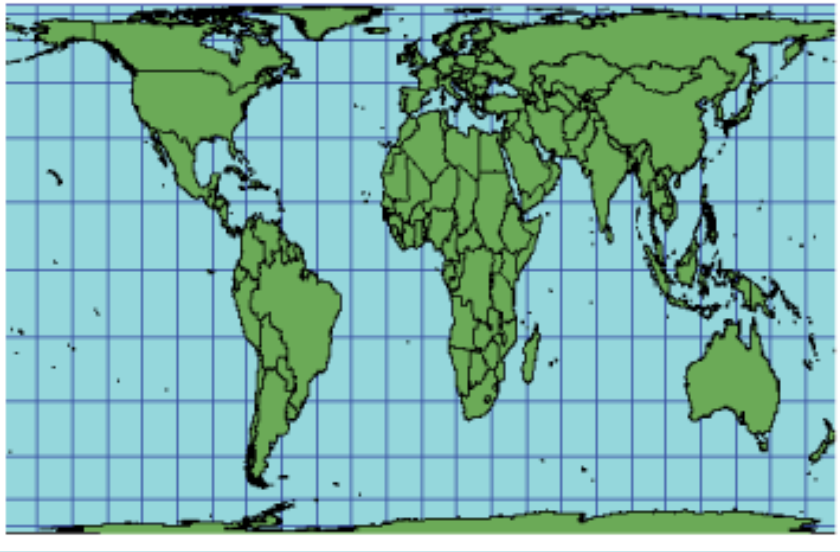
- سیستمهای تصویر برای تبدیل سطح کروی به صفحه مسطح به کار می روند.
- انتقال از سطح کره به سطح صفحه باعث اعوجاج در خصوصیات عوارض می شود.

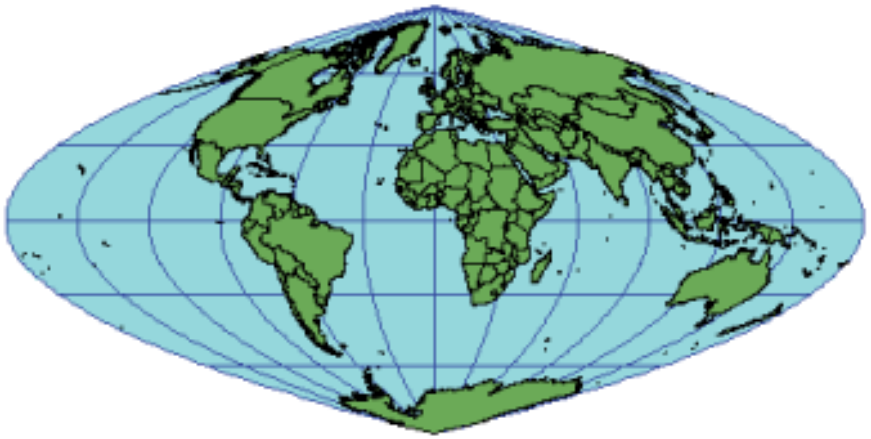


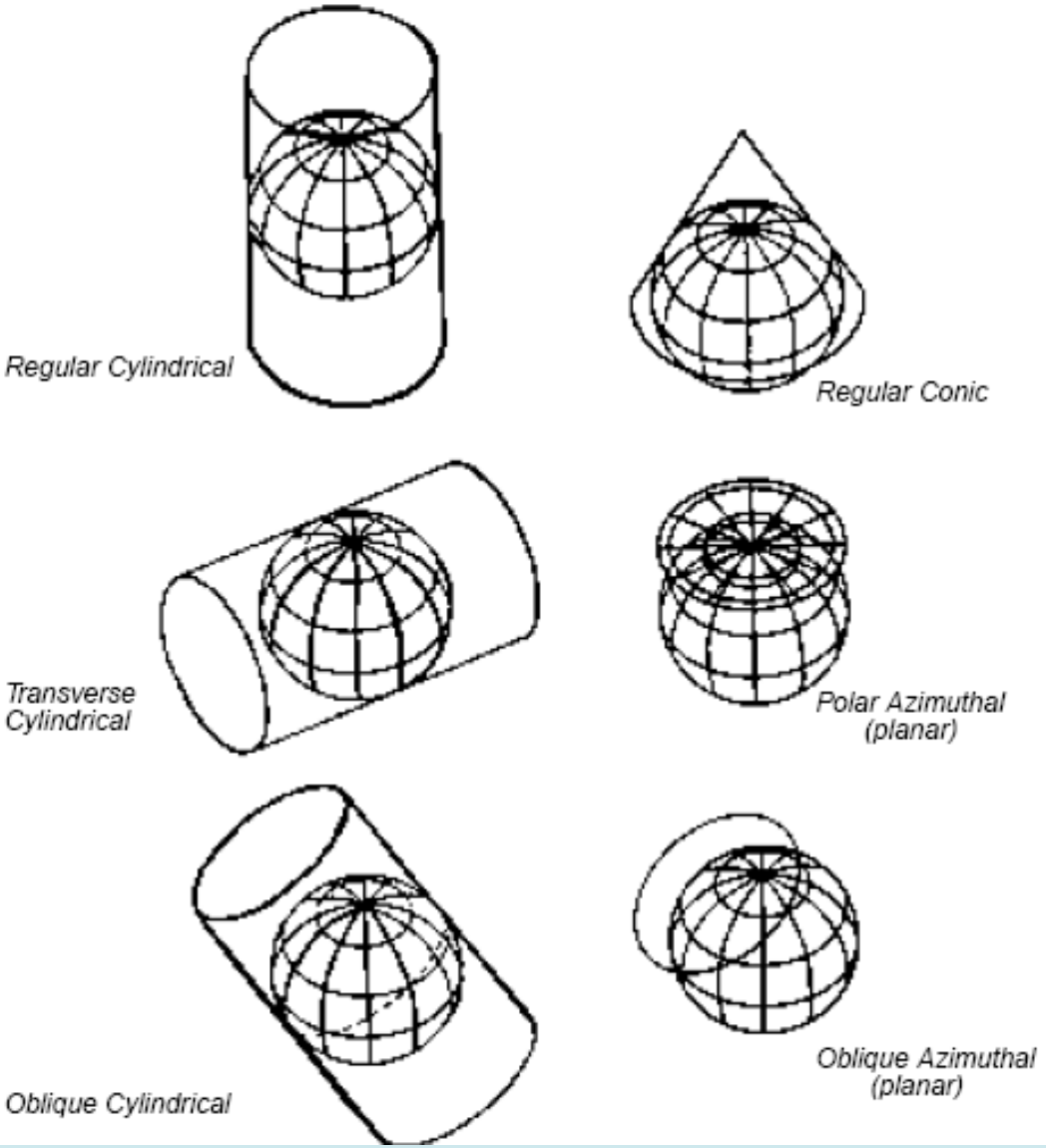


سیستم تصویر (ادامه)

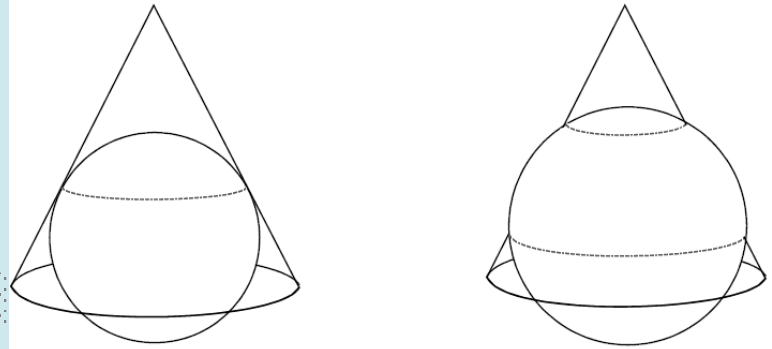
* انتقال از سطح کره به سطح صفحه باعث اعوجاج در خصوصیات عوارض می شود.
* انواع سیستمهای تصویر وجود دارند:
  + متشابه
  + هم مسافت
  + هم مساحت







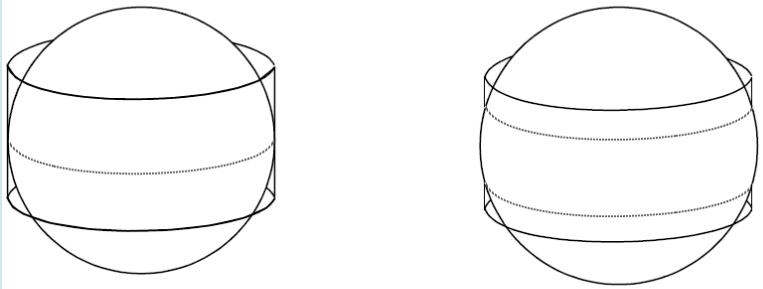
Tangent and Secant Cones



Tangent
one standard parallel

Secant
two standard parallels

Tangent and Secant Cylinders



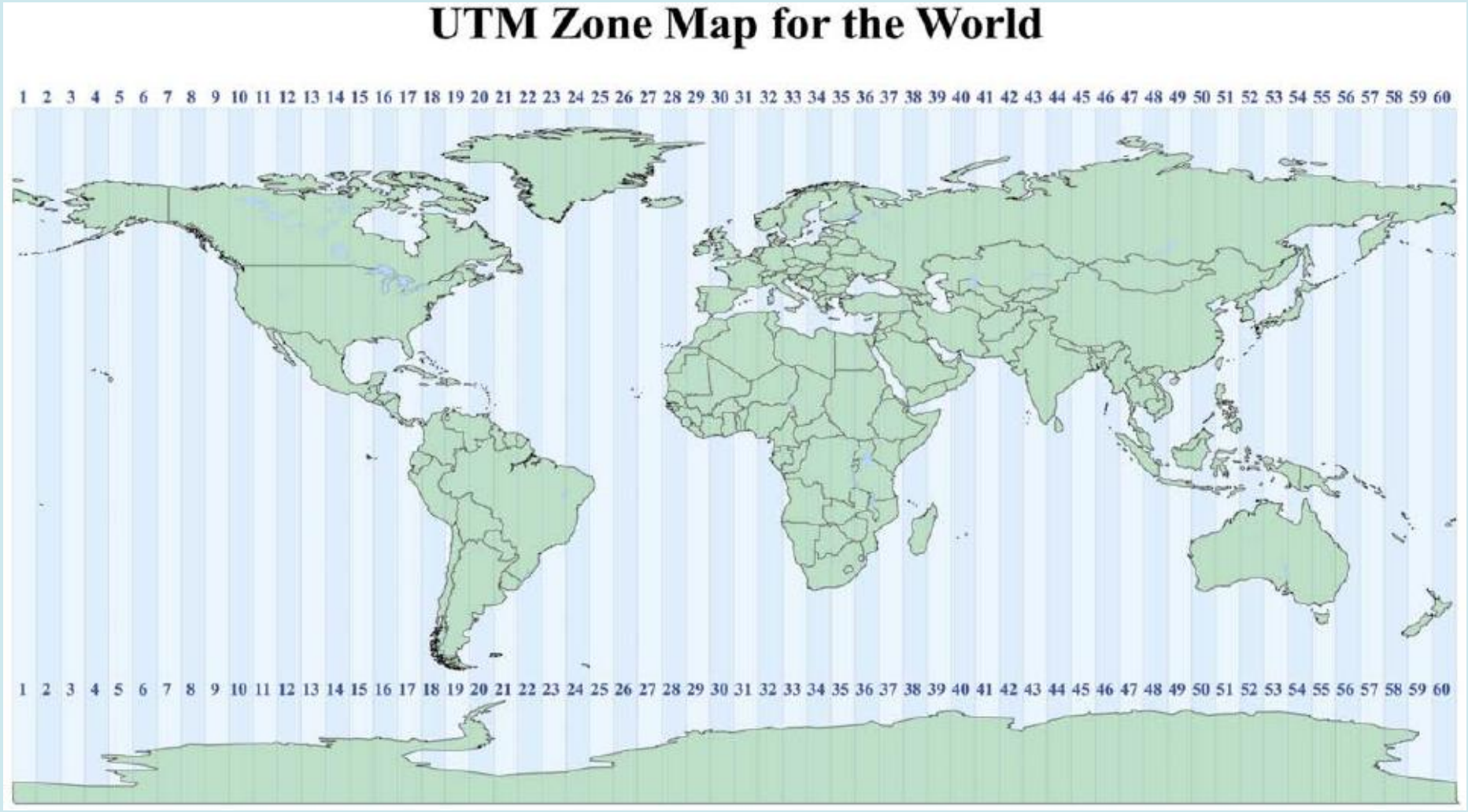
Tangent
one standard parallel

Secant
two standard parallels

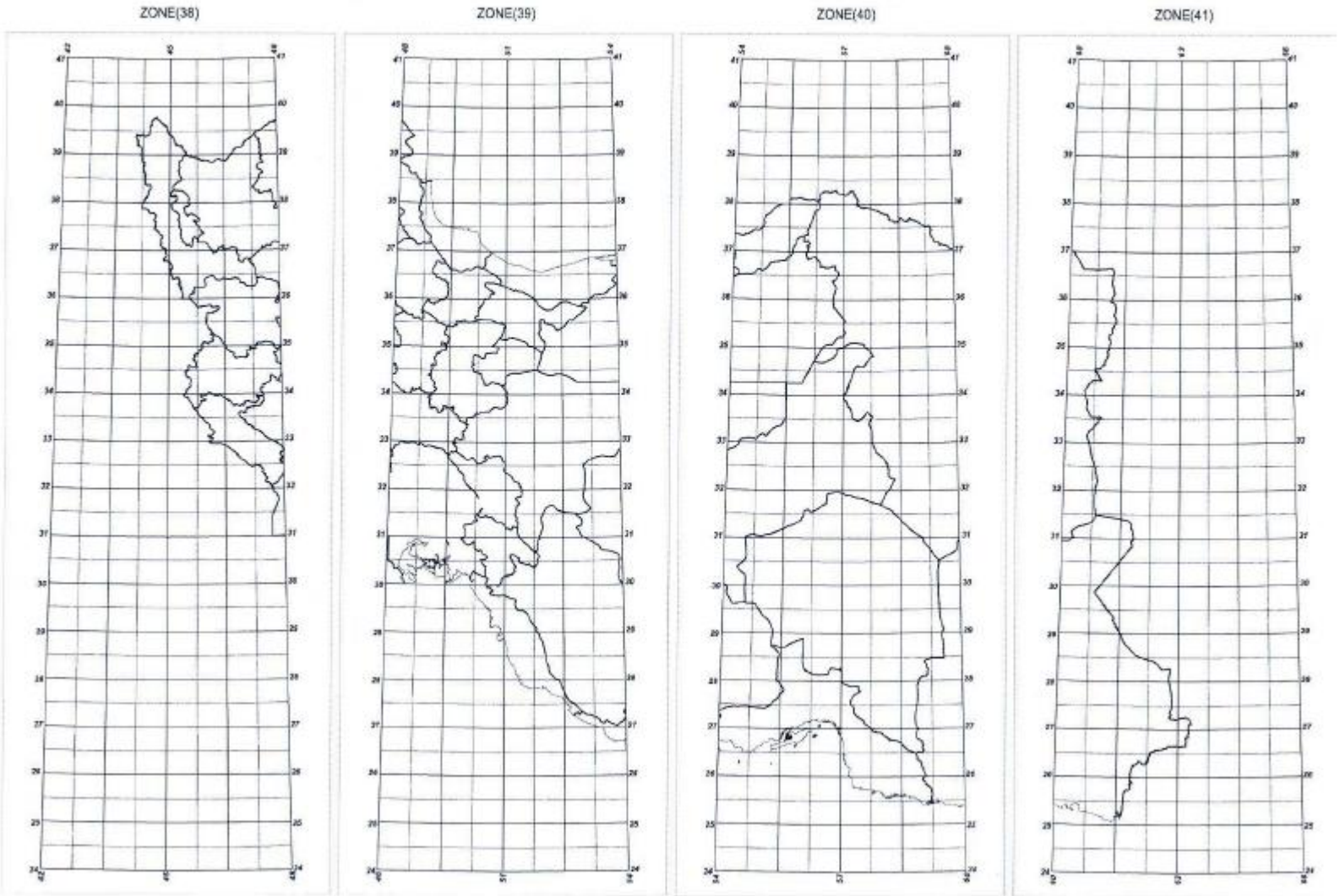
- پرکاربرد ترین سیستم تصویر در حال حاضر (Universal Transverse Mercator) UTM است که یک سیستم تصویر متشابه است.
- این سیستم تصویر کره زمین را به ۶۰ قاچ (Zone) ۶ درجه مساوی تقسیم می نماید که ایران در زونهای ۳۸ تا ۴۱ قرار دارد.
- اندازه گیری های هندسی روی بسیاری از سیستمهای تصویر آسان و مستقیم است.
- مختصات 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

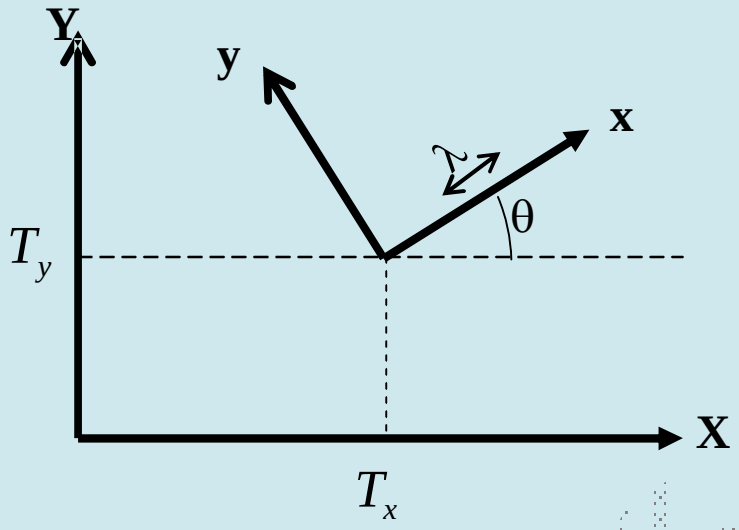
از یک سری نقاط معلوم در دو سیستم مختصات استفاده می کنیم. به این ترتیب با تشکیل معادلات پارامترهای مجهول بدست می آید.

* **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

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

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