

بسم الله الرحمن الرحيم

## فصل دوم

# سیستم مختصات در ژئودزی ماهواره ای

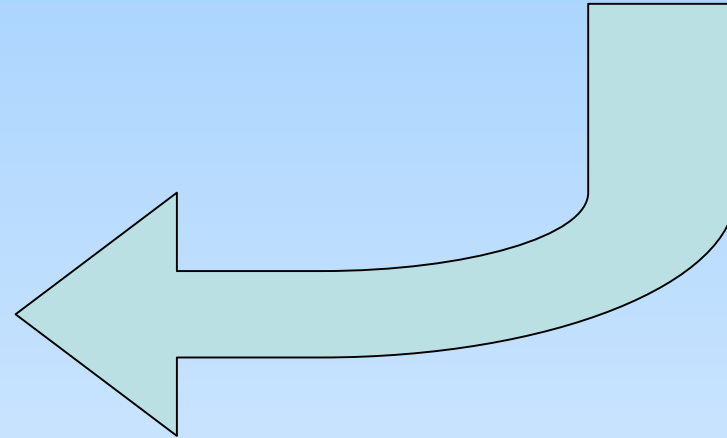
توسط: سید قاسم رستمی

عضو هیئت علمی گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت

[ghrostami@taftiau.ac.ir](mailto:ghrostami@taftiau.ac.ir)

**تعریف مختصات:** وارد کردن اعداد از ریاضیات به هندسه نقاط.

یک کار مهندسی  
یک علم کاربردی  
مبانی ترسیم نقشه  
مبانی ناوبری  
و ...



**سیستم رفرانس:** مرجع تئوری برای تعریف مختصات نقاط است.

**فریم رفرانس:** مرجع عملی از نقاط معلوم در یک سیستم است.



# سیستم های مختصات مورد استفاده در ژئودزی ماهواره ای

سیستم های مداری ماهواره OR

سیستم مختصات زمین ثابت CT

سیستم مختصات فضا ثابت CIS

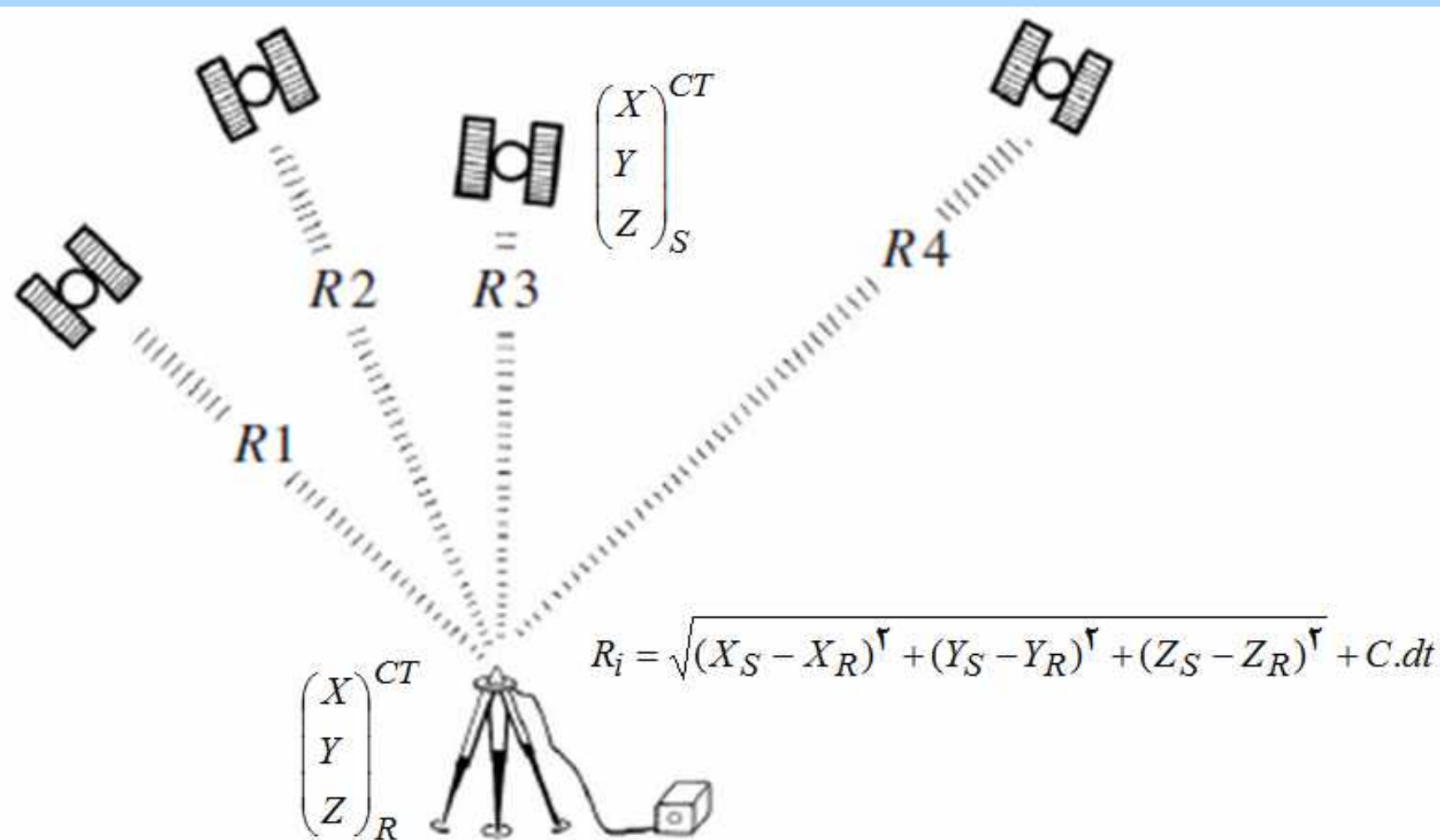
سیستم مختصات ژئودتیک G

سیستم مختصات UTM

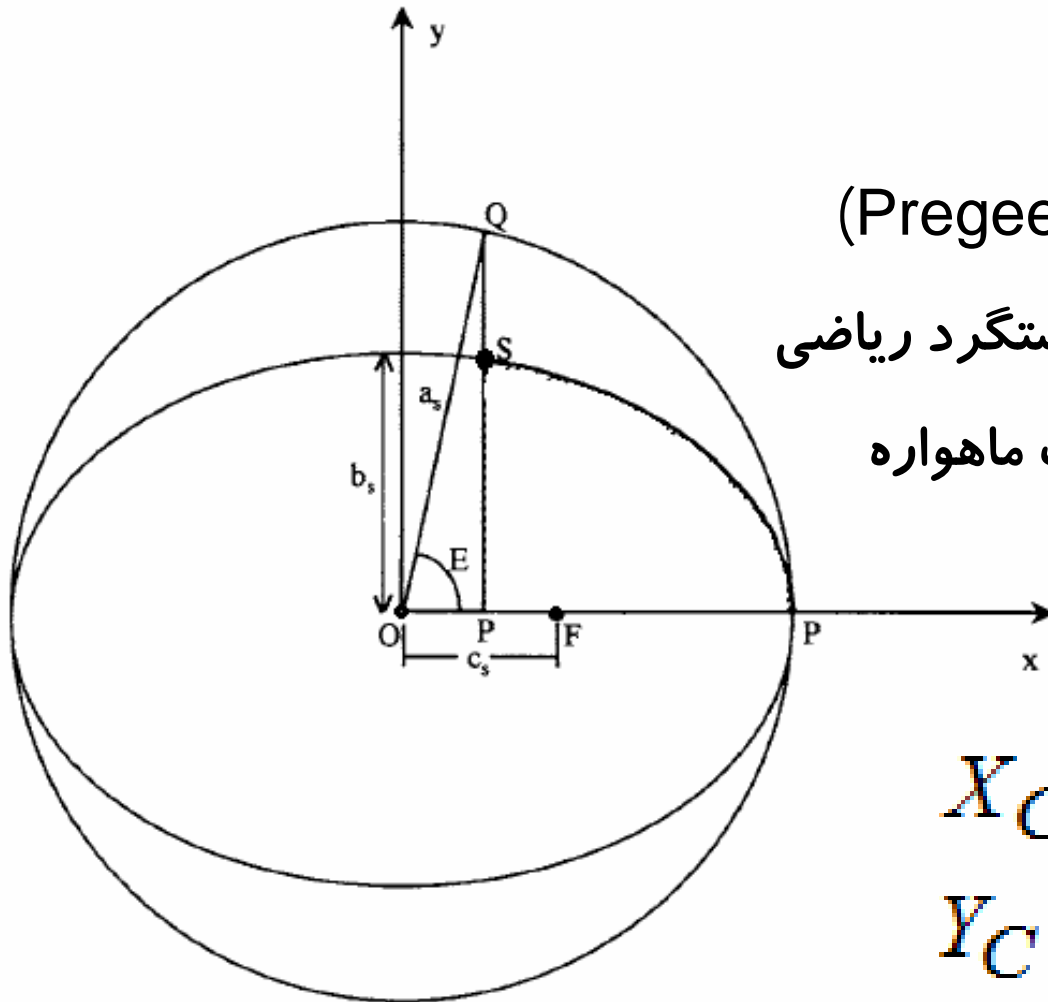
## مراحل تبدیل مختصات در تعیین موقعیت ماهواره ای

- 1- تعیین موقعیت لحظه ای ماهواره در سیستم مداری ماهواره
- 2- انتقال مختصات ماهواره از سیستم مداری به سیستم ثابت فضایی
- 3- انتقال مختصات از سیستم ثابت فضایی به سیستم ثابت زمینی
- 4- انتقال مختصات ثابت زمینی به سیستم مختصات لحظه ای ژئوسنتریک
- 5- به کار بردن مختصات ماهواره در سیستم لحظه ای زمینی در تعیین موقعیت مجهول نقاط زمینی

## چرا تعیین موقعیت ماهواره ؟



## سیستم مختصات مداری مرکزی



مبدأ: مرکز ثقل زمین  
محور X: به سمت نقطه حضیض (Pregee)  
محور Y: عمود بر X و سیستم راستگرد ریاضی  
زاویه E: انامولی خروج از مرکزیت ماهواره

$$X_C = a \cdot \cos E$$

$$Y_C = b \cdot \sin E$$

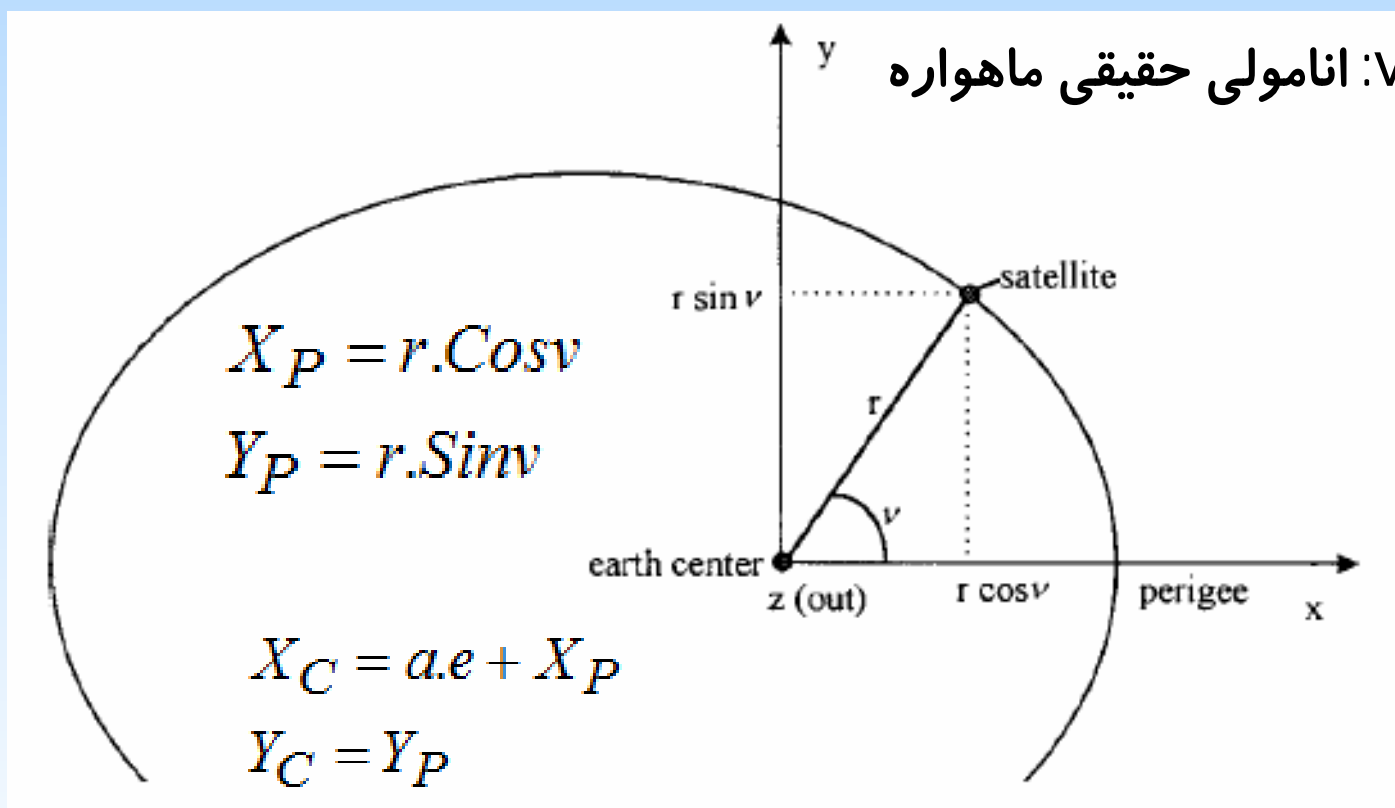
## سیستم مختصات مداری کانونی - حضيضی

مبدأ: مرکز ثقل زمین

محور X: به سمت نقطه حضيض (Perigee)

محور Y: عمود بر X و سیستم راستگرد ریاضی

زاویه  $v$ : انامولی حقیقی ماهواره





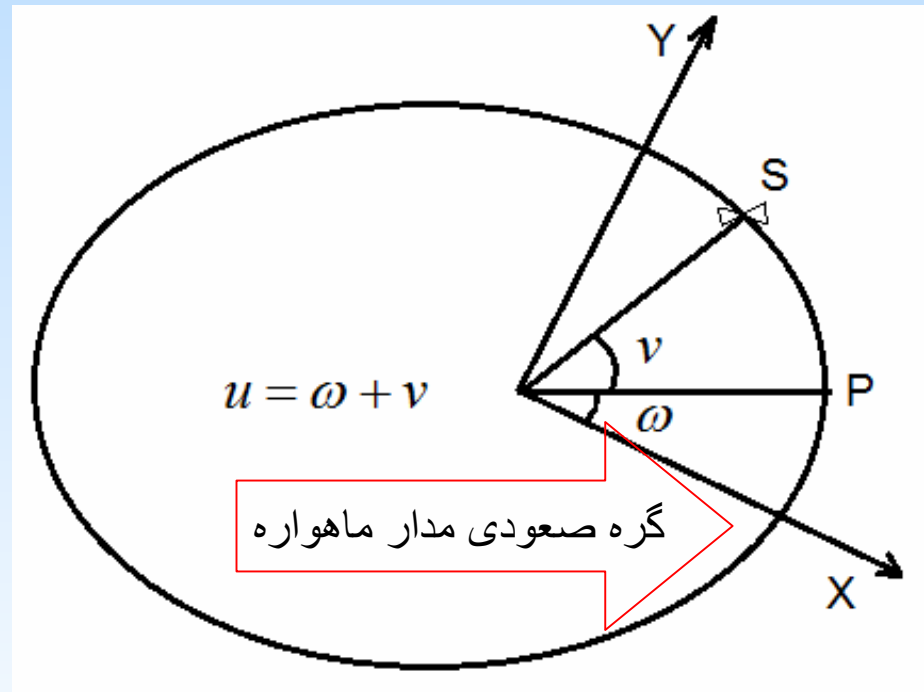
## سیستم مختصات مداری کانونی - گره ای

مبدأ: مرکز ثقل زمین

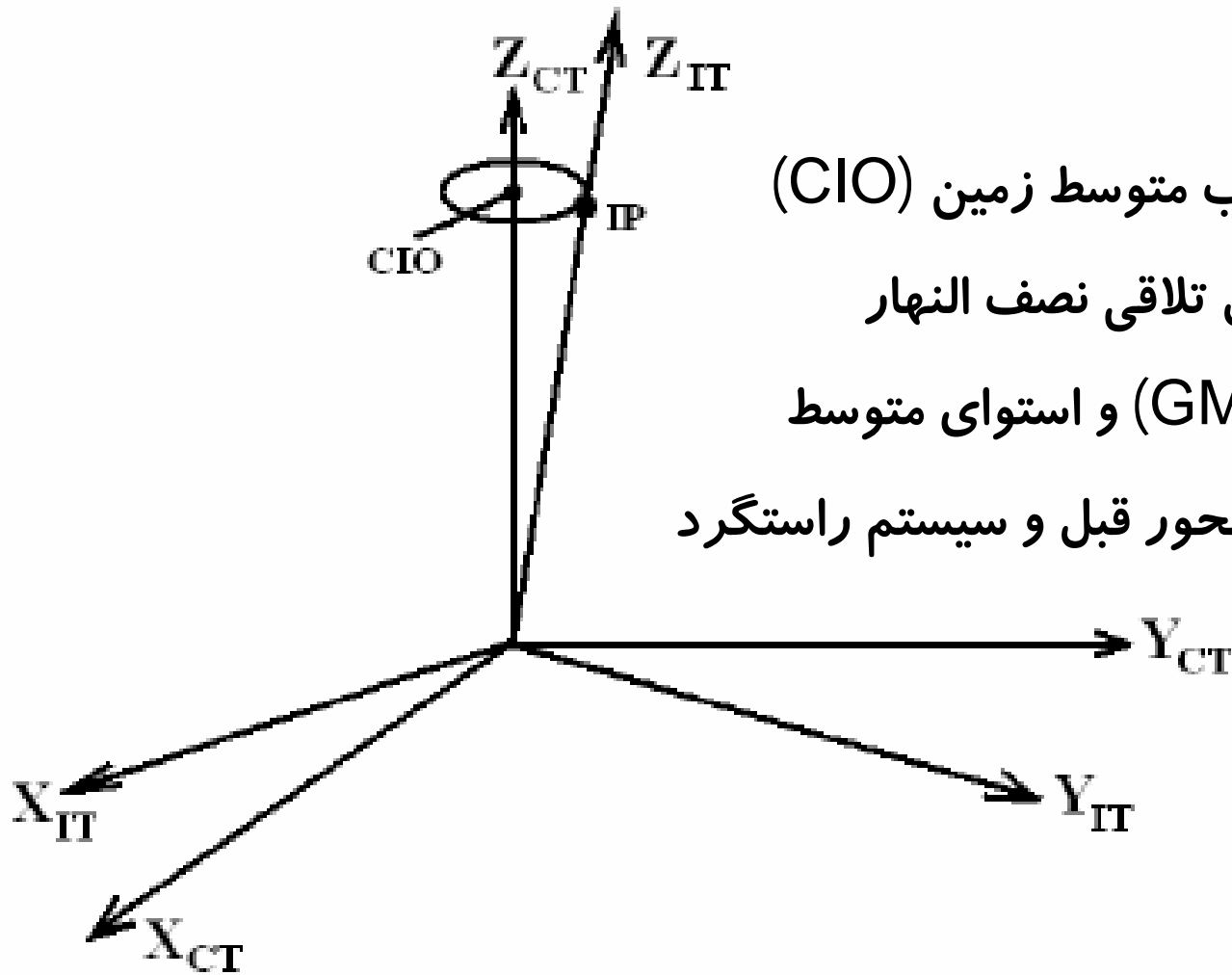
محور X: به سمت نقطه حضیض (Pregee)

محور Y: عمود بر X و سیستم راستگرد ریاضی

زاویه u: آرگومان عرض شامل آرگومان حضیض و انامولی حقیقی



## سیستم مختصات زمین ثابت CT



مبدأ: مرکز ثقل زمین

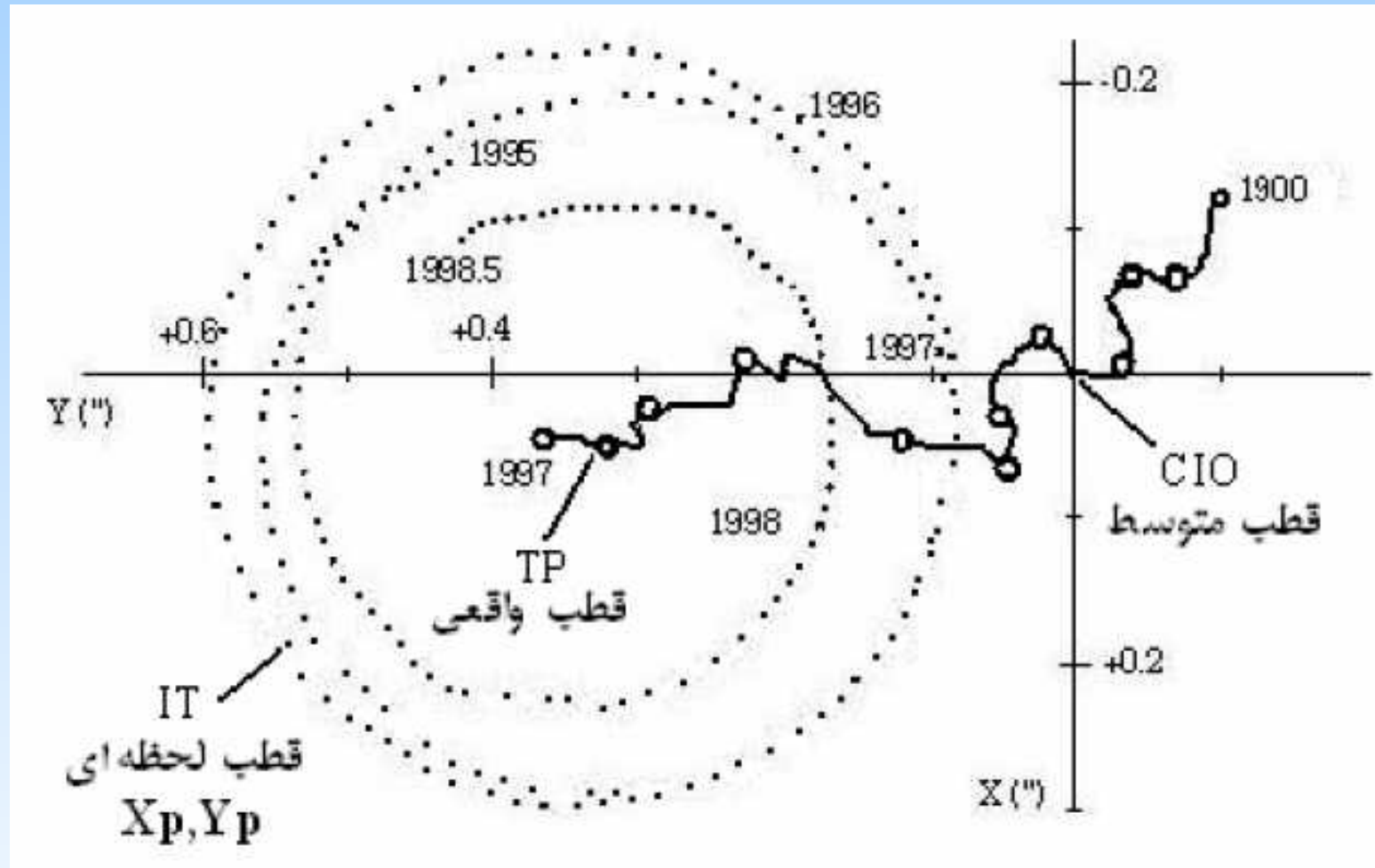
محور  $Z$ : به سمت قطب متوسط زمین (CIO)

محور  $X$ : به سمت محل تلاقی نصف النهار

متوسط گرینویچ (GMO) و استوای متوسط

محور  $Y$ : عمود بر دو محور قبل و سیستم راستگرد

## انواع قطب و حرکت قطبی زمین



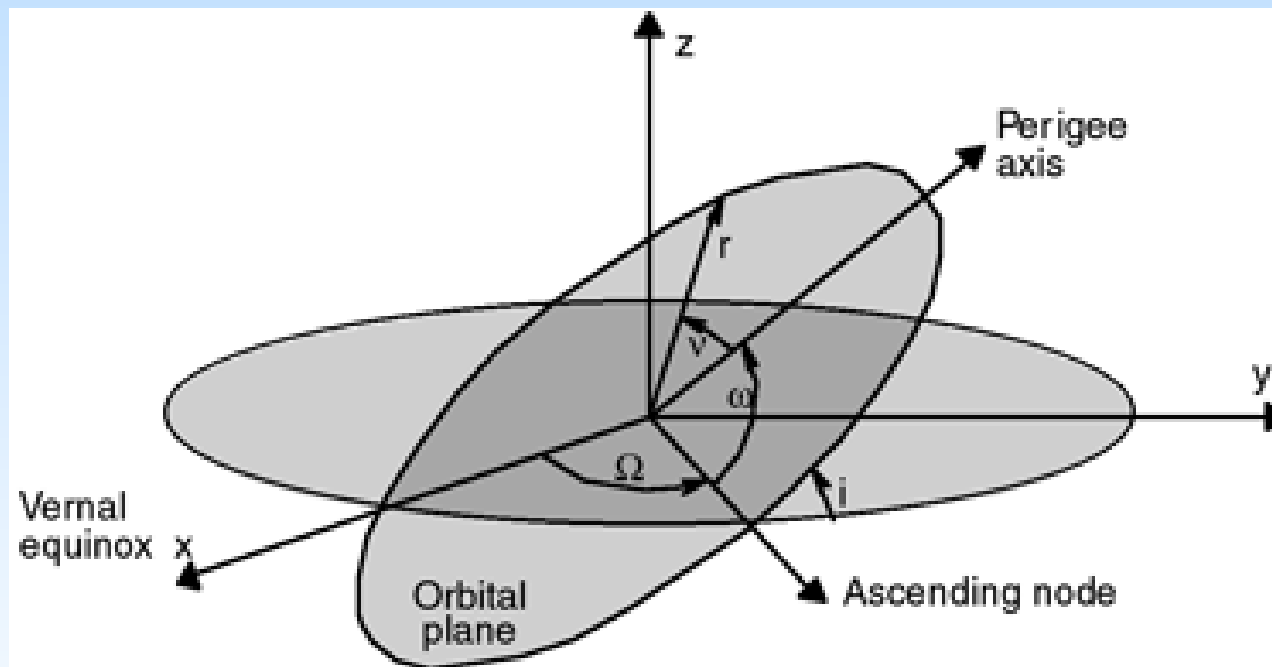
## سیستم مختصات فضا ثابت CIS

مبدأ: مرکز ثقل زمین

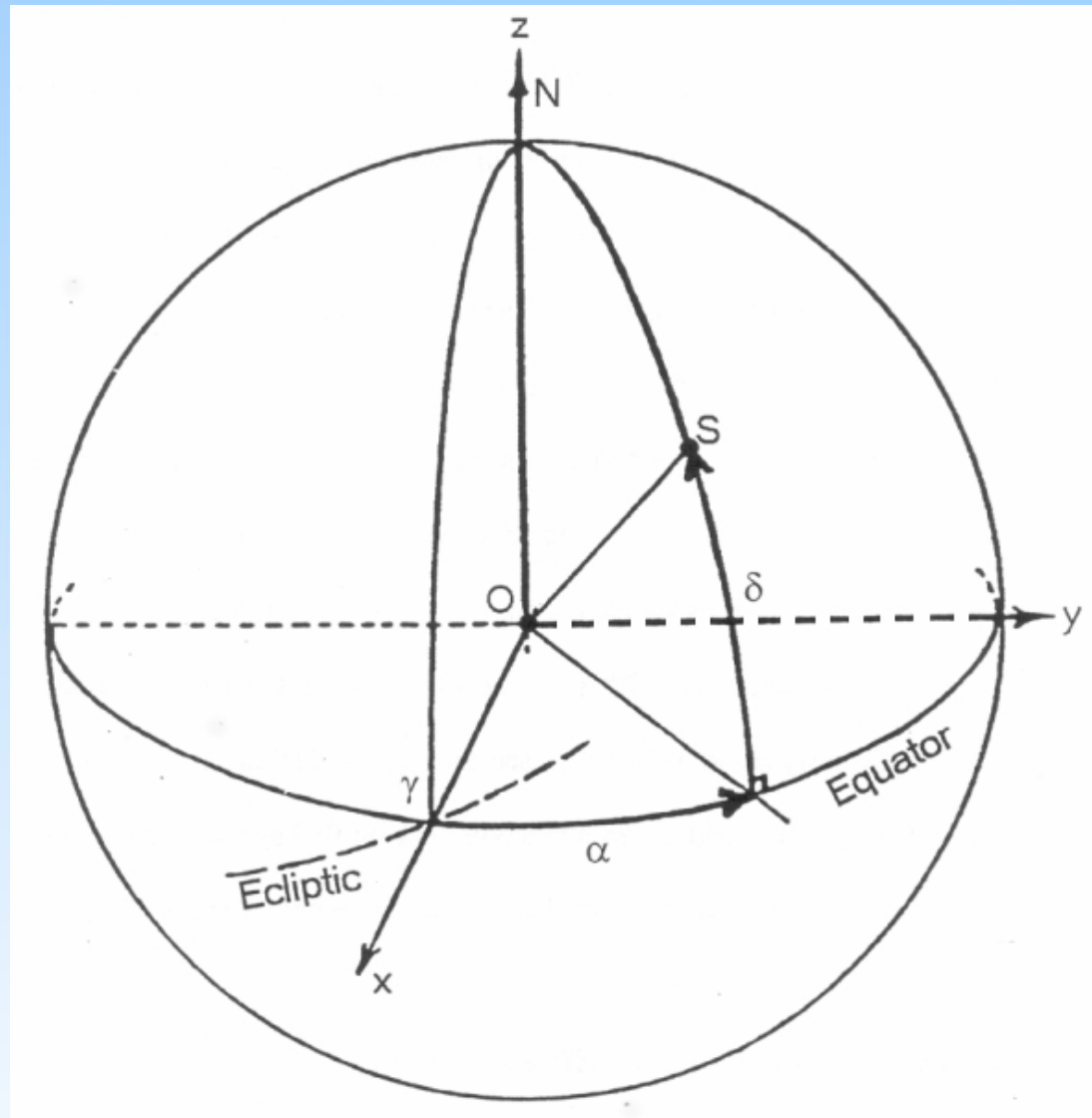
محور  $Z$ : به سمت قطب لحظه ای زمین (IP)

محور  $X$ : به سمت نقطه اعتدال بهاری در صورت فلکی حمل

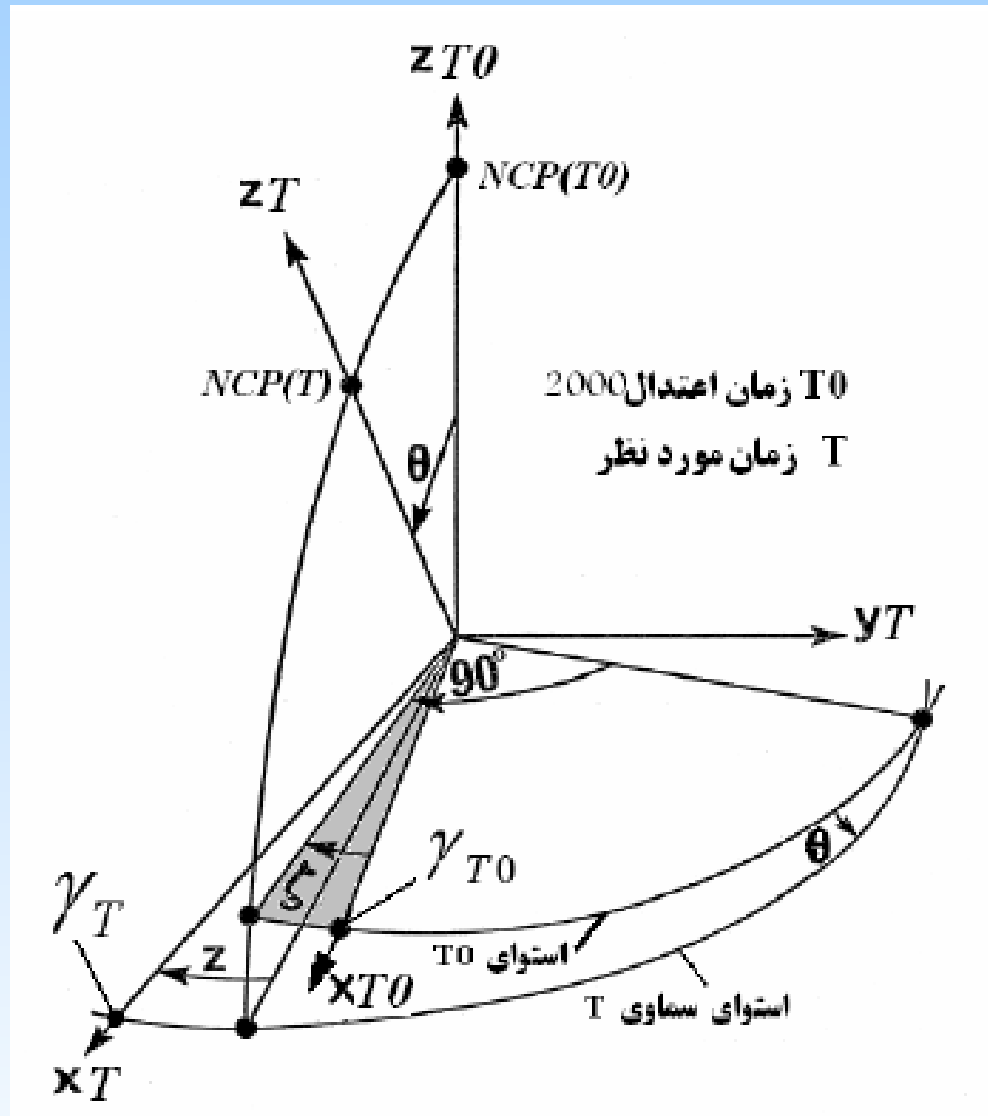
محور  $Y$ : عمود بر دو محور قبل و سیستم راستگرد ریاضی



## سیستم مختصات فضا ثابت CIS

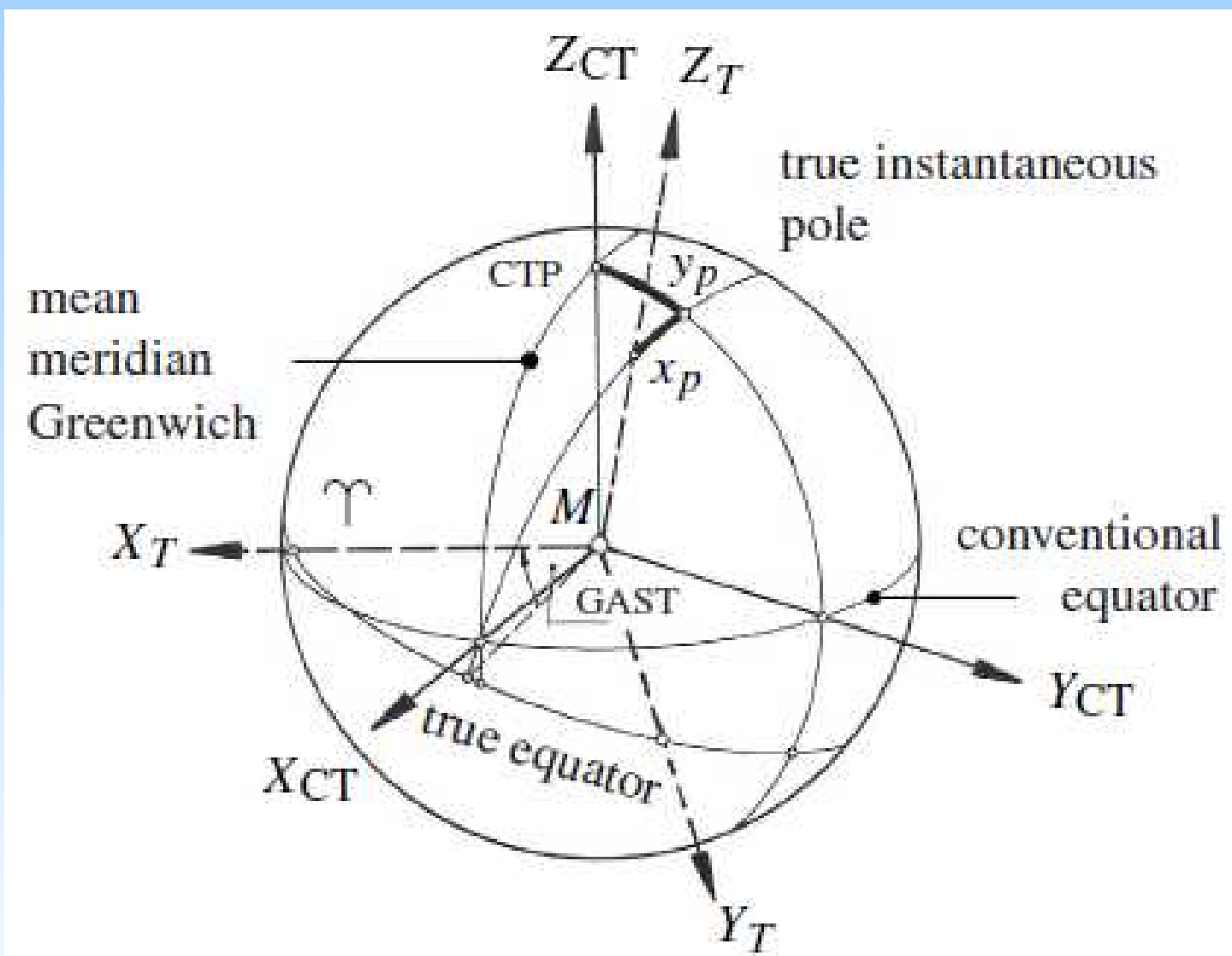


## ارتباط دو سیستم مختصات زمین ثابت و فضا ثابت



اثرات حرکت پرسپیشن و نوتیشن  
 اثر حرکت قطبی محور دوران زمین  
 اثر حرکت دورانی و انتقالی زمین  
 به دور خودش و خورشید

## ارتباط دو سیستم مختصات لحظه ای و متوسط زمین



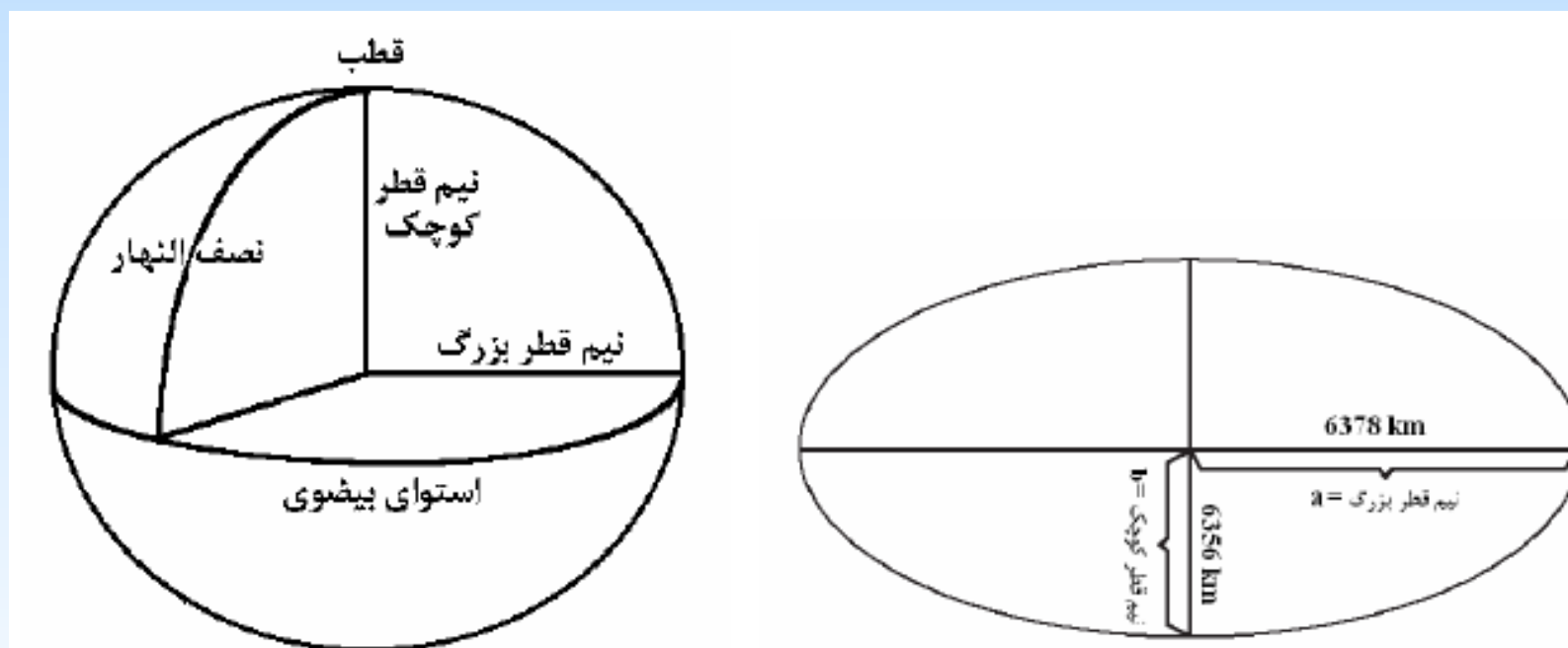
## سیستم مختصات ژئودتیک G

تعیین مختصات منحنی الخط نسبت به بیضوی دو محوری زمین

سطح مرجع اول: نسبت به دایره استوا

سطح مرجع دوم: نسبت به نصف النهار ژئودتیک بیضی شکل گرینویچ

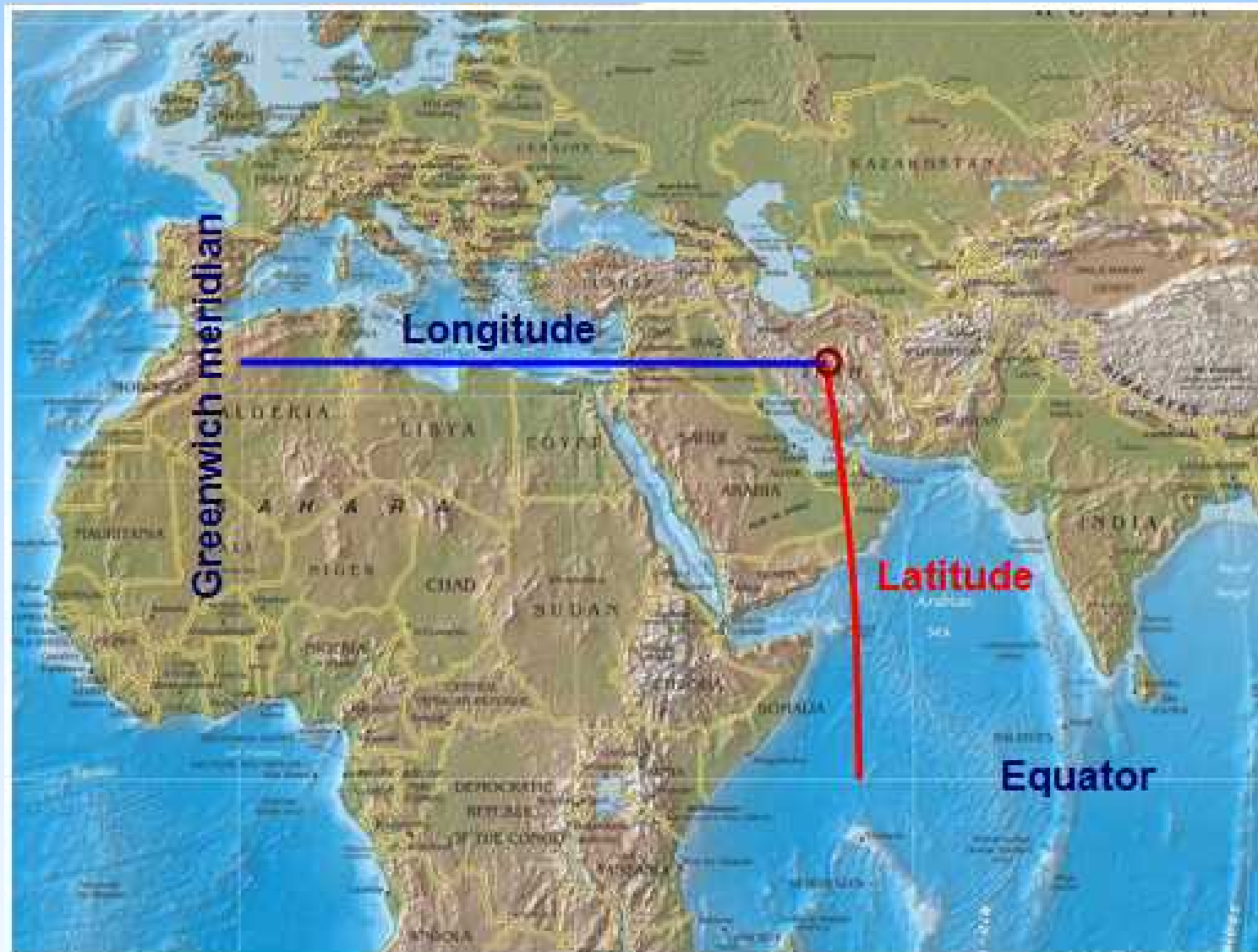
سطح مرجع اندازه گیری مختصات: نصف النهار ژئودتیک بیضی شکل هر نقطه







# طول و عرض ژئودتیک



## بیضوی دو محوری زمین



## چند نمونه از بیضوی های جهانی مرجع زمین

معکوس فشردگی	نیم قطر کوچک	نیم قطر بزرگ	سال	نام بیضوی
۲۹۷/۶۵	۶۳۵۶۷۷۲/۴۷۳	۶۳۷۸۲۰۱	۱۹۶۰	آکسفورد
۲۹۸/۳	۶۳۵۶۷۷۳/۳۲۰	۶۳۷۸۱۵۵	۱۹۶۰	فیشر
۲۹۸/۳	۶۳۵۶۷۸۳/۲۸۷	۶۳۷۸۱۶۵	۱۹۶۰	WGS <sup>3</sup>
۲۹۸/۲۵	۶۳۵۶۷۵۹/۷۶۹	۶۳۷۸۱۴۵	۱۹۶۶	
۲۹۸/۲۴۷	۶۳۵۶۷۷۵	۶۳۷۸۱۶۰	۱۹۶۷ <sup>۴</sup>	
۲۹۸/۲۶	۶۳۵۶۷۵۰/۵۲۰	۶۳۷۸۱۳۵	۱۹۷۲	
۲۹۸/۲۵۷۲۲۳۵۶	۶۳۵۶۷۵۲/۳۱۴	۶۳۷۸۱۳۷	۱۹۸۴	
۲۹۸/۲۵۷۶۷۴۲۳	۶۳۵۶۷۵۱/۹۲۰	۶۳۷۸۱۳۶/۵۷۲	۱۹۹۹	

# نمونه ای از مختصات های ژئودتیک



6 طبقه دانشگاه آزاد یزد



سی و سه پل اصفهان



میدان آزادی تهران



## سیستم مختصات UTM

انتقال مختصات از روی بیضوی به روی استوانه تلاقی پیدا کرده از قطبین زمین

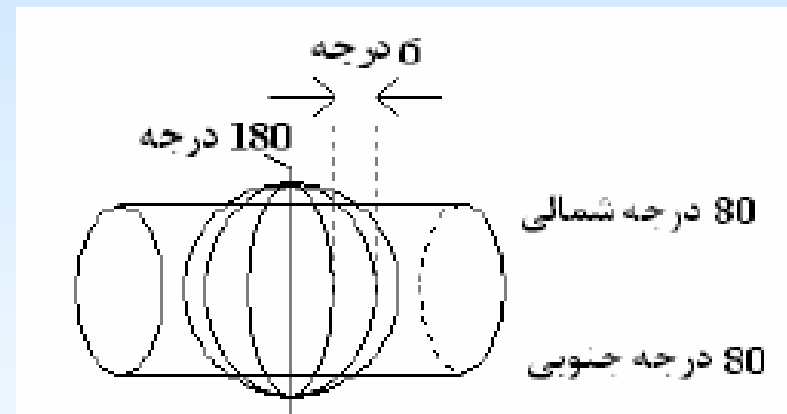
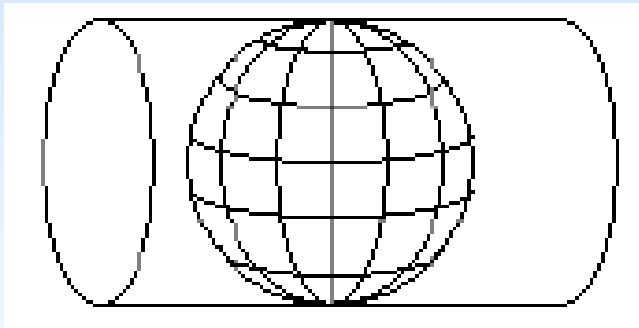
تقسیم بیضوی زمین به 60 قاچ 6 درجه ای

زیر قاچ های 8 درجه ای از 80 درجه جنوبی تا 84 درجه شمالی

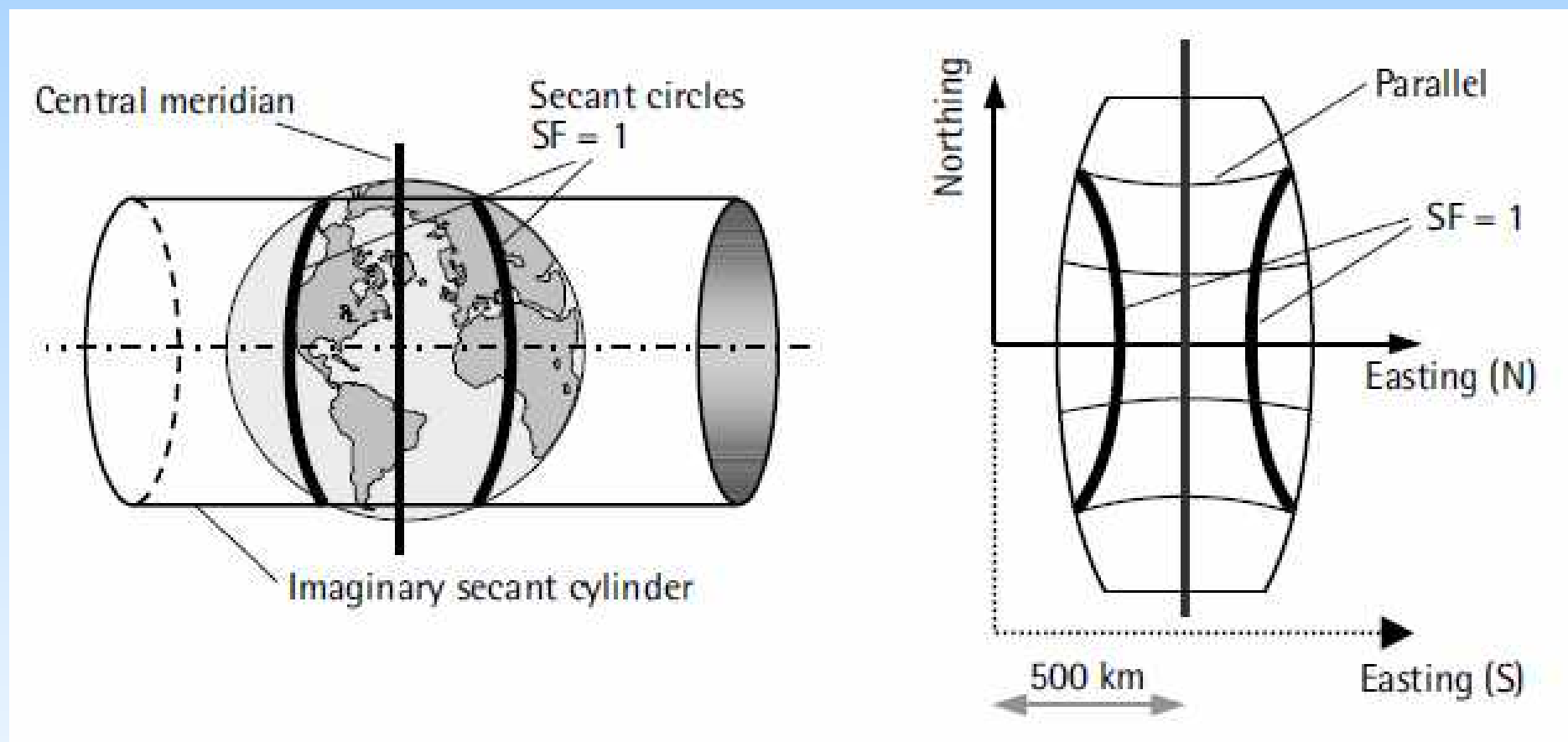
ضریب مقیاس نصف النهار مرکزی برابر با 0/9996

در طرفین آن به فاصله 180 کیلومتر دو خط استاندارد با ضریب مقیاس 1 قرار دارد.

مختصات مبدأ 500 هزار و 10 میلیون متر است تا هیچ مختصات منفی نداشته باشیم.

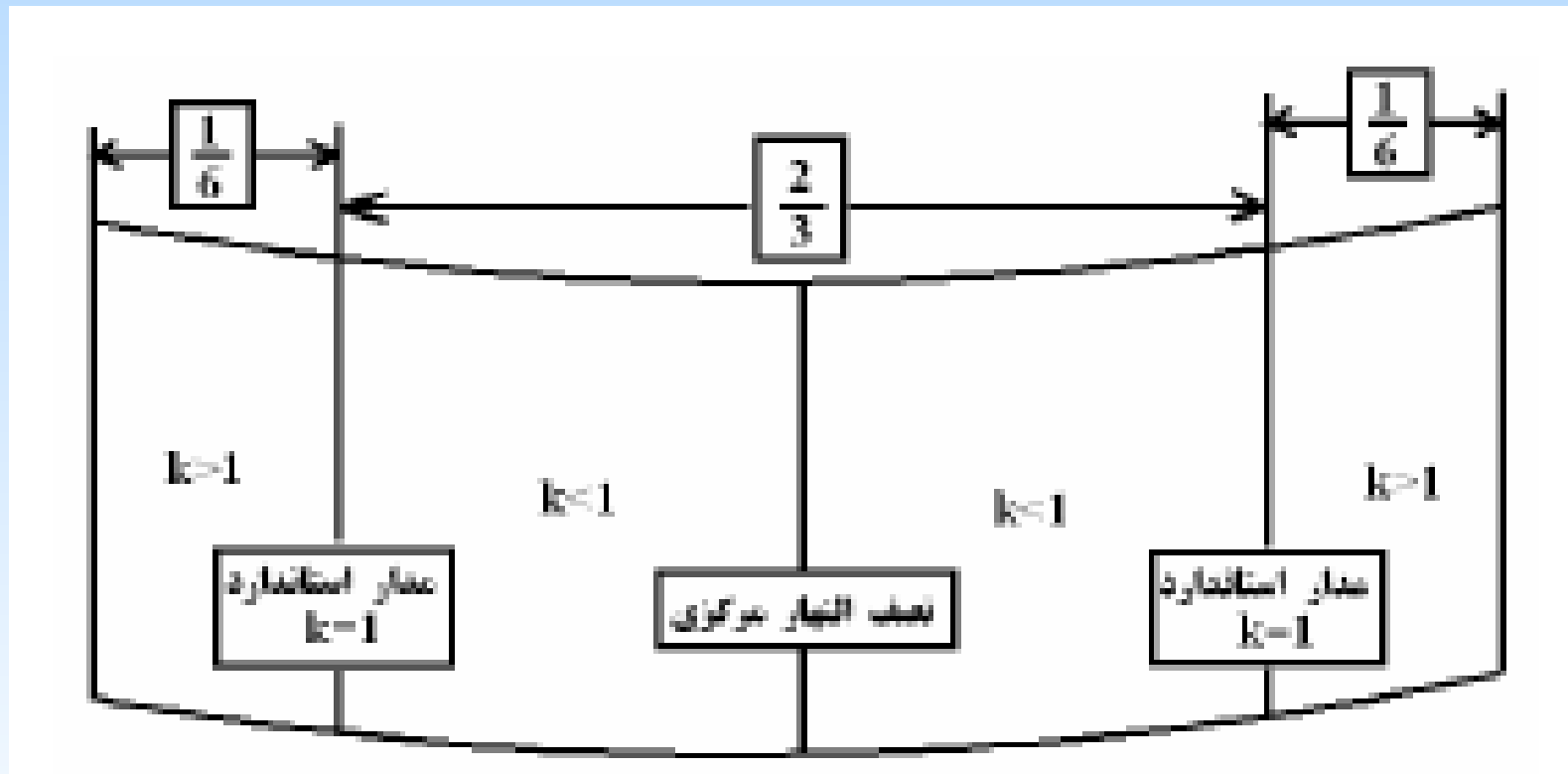


## شکل زون در سیستم مختصات UTM



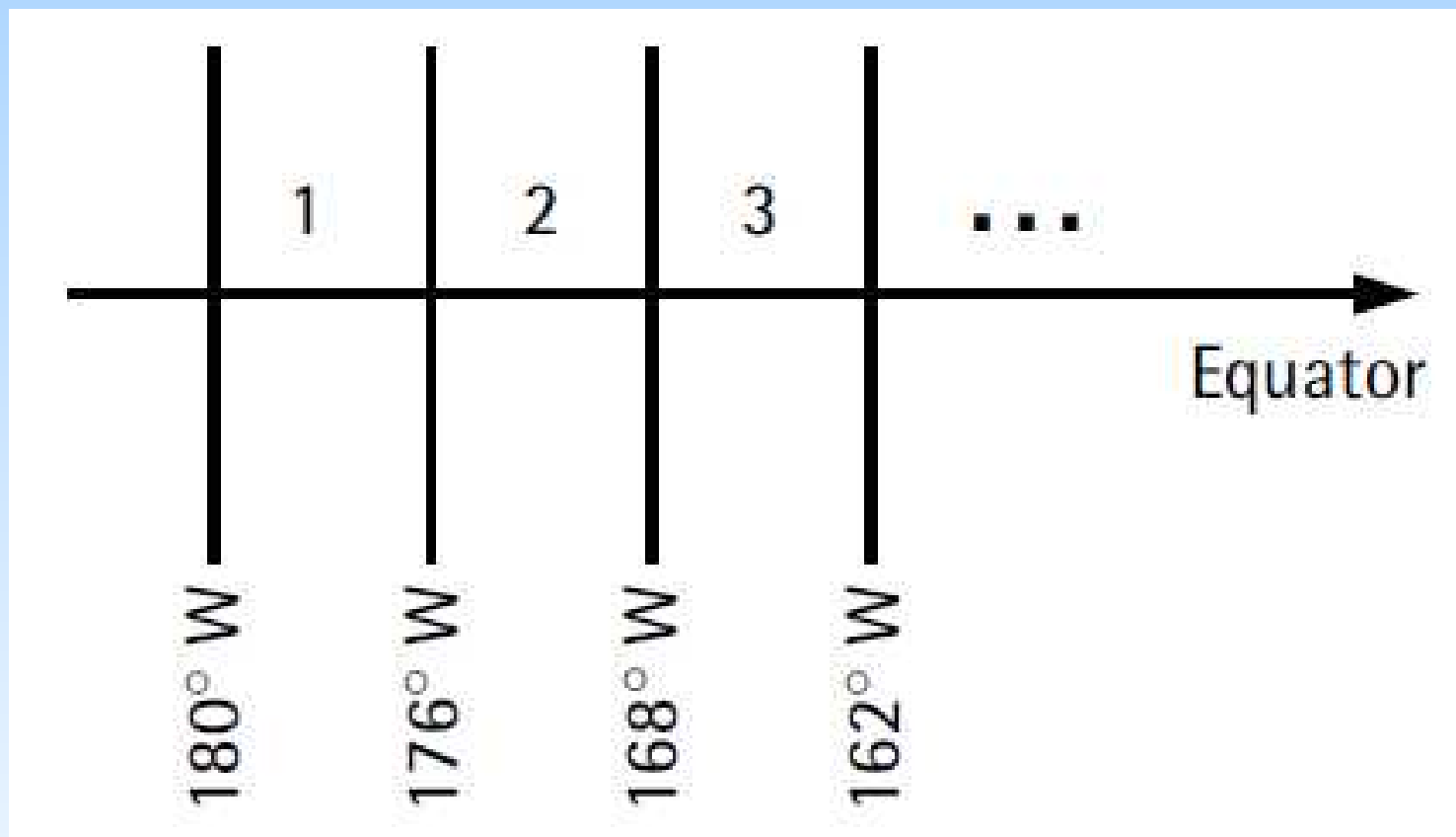
## رابطه ضریب مقیاس در سیستم مختصات UTM

$$k = k_0 \left( 1 + \frac{\Delta\lambda^2 \cos^2 \varphi}{2} \right) \quad k_0 = 0.99996 \quad \Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$$





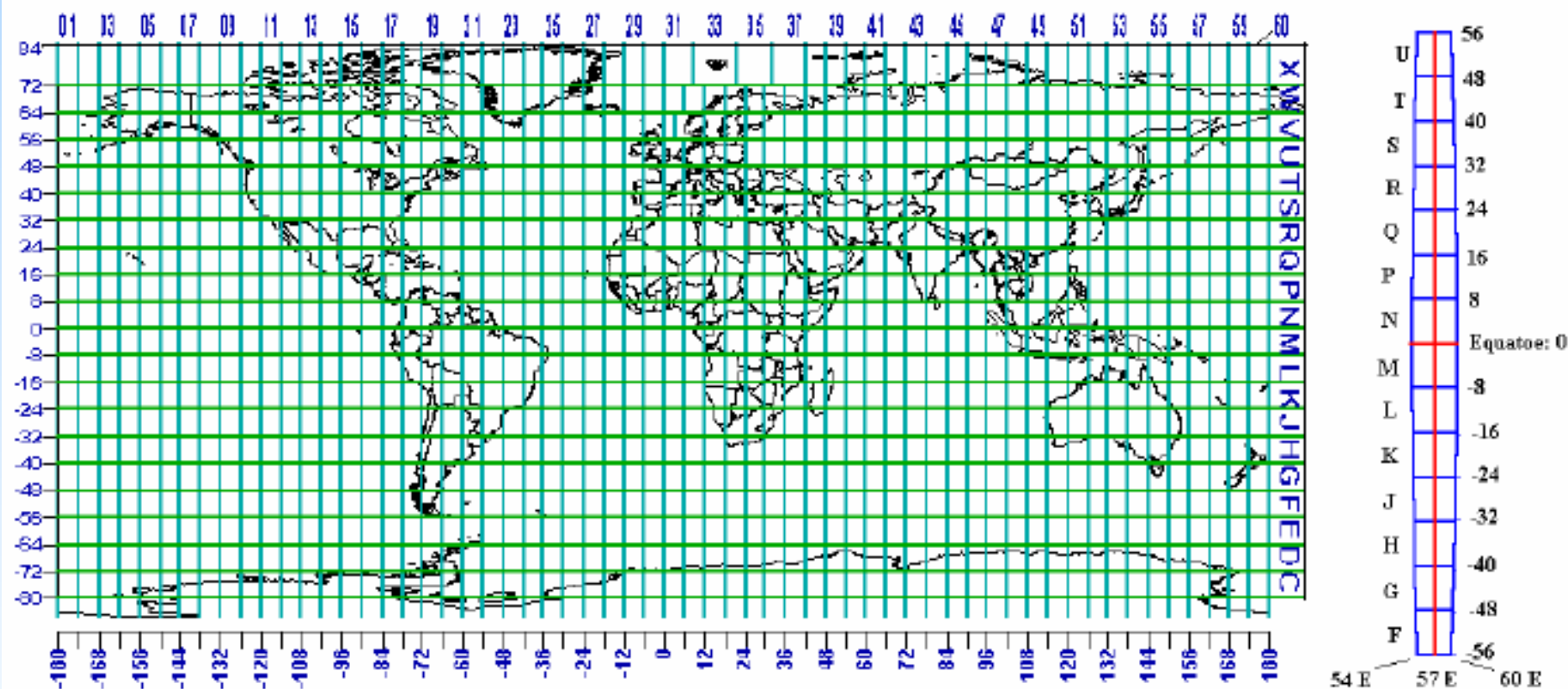
## شماره گذاری زونها در سیستم مختصات UTM



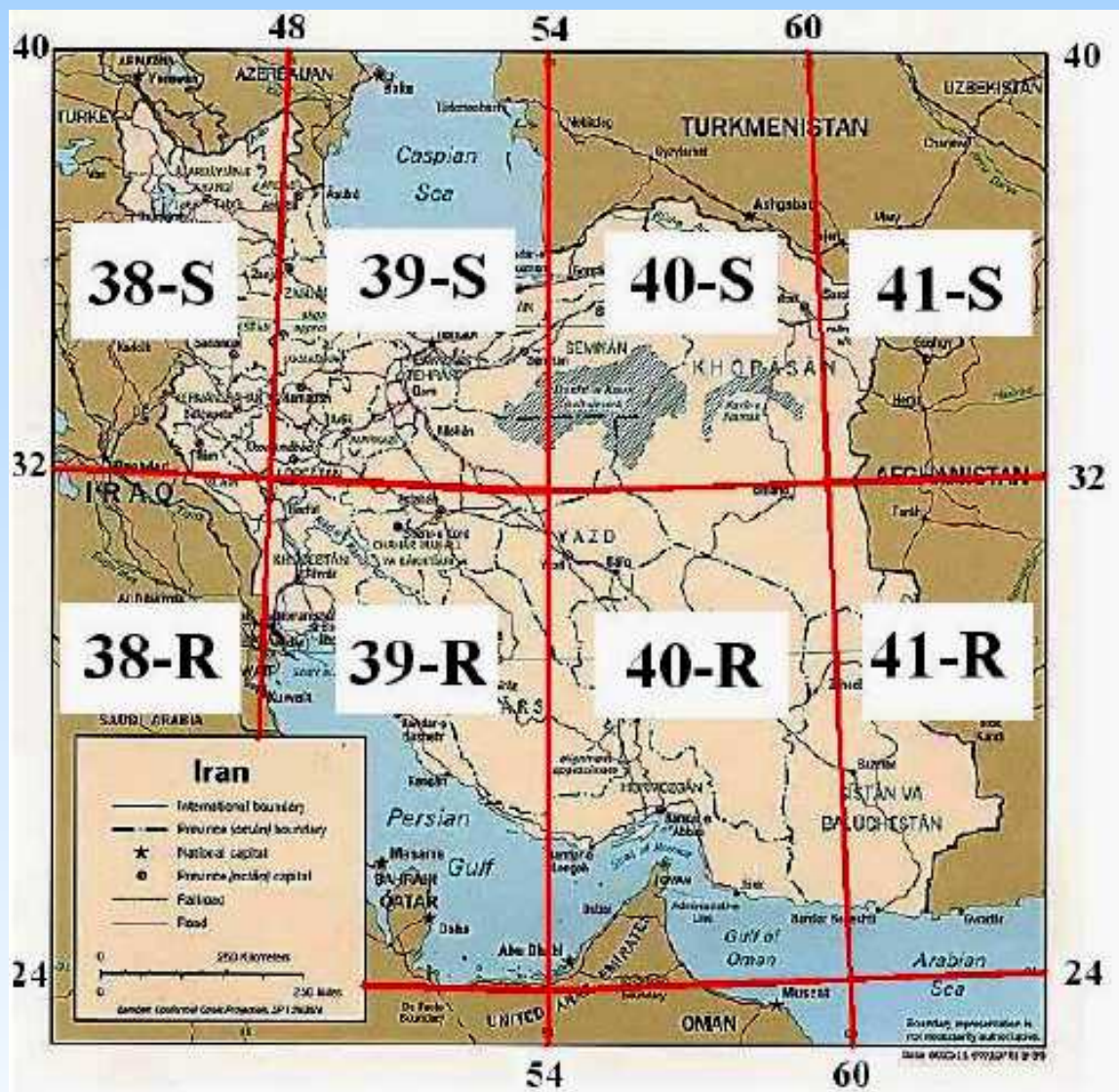
$$n = 31 + [\lambda \div 6]$$

$$\lambda_0 = (n - 31) \times 6 + 3$$

## شمارهٔ زیر زون های UTM



# شماره زون ها و زیر زونهای UTM در ایران



# نمونه ای از مختصات UTM

شاه گلی (اٹل گلی) تبریز



میدان پارک ملت مشهد



دروازه قرآن شیراز





## تبدیل مختصات ژئودتیک به UTM و بالعکس (فرمولهای کروگر)

$$x = Fx + k_0 [S_\varphi + T_1 \Delta\lambda^r + T_2 \Delta\lambda^f + T_3 \Delta\lambda^s + T_4 \Delta\lambda^a]$$

$$y = Fy + k_0 [T_5 \Delta\lambda + T_6 \Delta\lambda^r + T_7 \Delta\lambda^s + T_8 \Delta\lambda^a]$$

$$T_1 = \frac{N \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}{2} \quad T_2 = \frac{N \cdot \sin \varphi \cdot \cos^3 \varphi}{24} (\Delta + 9e^r \cdot \cos^2 \varphi + 4e^f \cdot \cos^4 \varphi - \tan^2 \varphi)$$

$$T_3 = \frac{N \cdot \sin \varphi \cdot \cos^5 \varphi}{720} [61 + 270 \cdot e^r \cdot \cos^2 \varphi + 44\Delta e^f \cdot \cos^4 \varphi + 324e^{fs} \cdot \cos^6 \varphi + 111e^{fa} \cdot \cos^8 \varphi + \tan^2 \varphi - \tan^4 \varphi \cdot (\Delta + 330 \cdot e^r \cdot \cos^2 \varphi + 680 \cdot e^f \cdot \cos^4 \varphi + 600 \cdot e^{fs} \cdot \cos^6 \varphi + 192e^{fa} \cdot \cos^8 \varphi)]$$

$$T_4 = \frac{N \cdot \sin \varphi \cdot \cos^7 \varphi}{40320} [1385 - 3111 \tan^2 \varphi + 543 \tan^4 \varphi - \tan^6 \varphi] \quad T_5 = N \cdot \cos \varphi$$

$$T_6 = \frac{N \cdot \cos^3 \varphi}{6} (1 + e^r \cdot \cos^2 \varphi - \tan^2 \varphi) \quad T_7 = \frac{N \cdot \cos^5 \varphi}{5040} [61 - 479 \tan^2 \varphi + 179 \tan^4 \varphi - \tan^6 \varphi]$$

$$T_8 = \frac{N \cdot \cos^7 \varphi}{120} [\Delta + 14e^r \cdot \cos^2 \varphi + 12e^f \cdot \cos^4 \varphi + 4e^{fs} \cdot \cos^6 \varphi + \tan^2 \varphi - \tan^4 \varphi \cdot (18 + 511e^r \cdot \cos^2 \varphi + 64e^f \cdot \cos^4 \varphi + 24e^{fs} \cdot \cos^6 \varphi)]$$

## تبدیل مختصات ژئودتیک به UTM و بالعکس (فرمولهای کروگر)

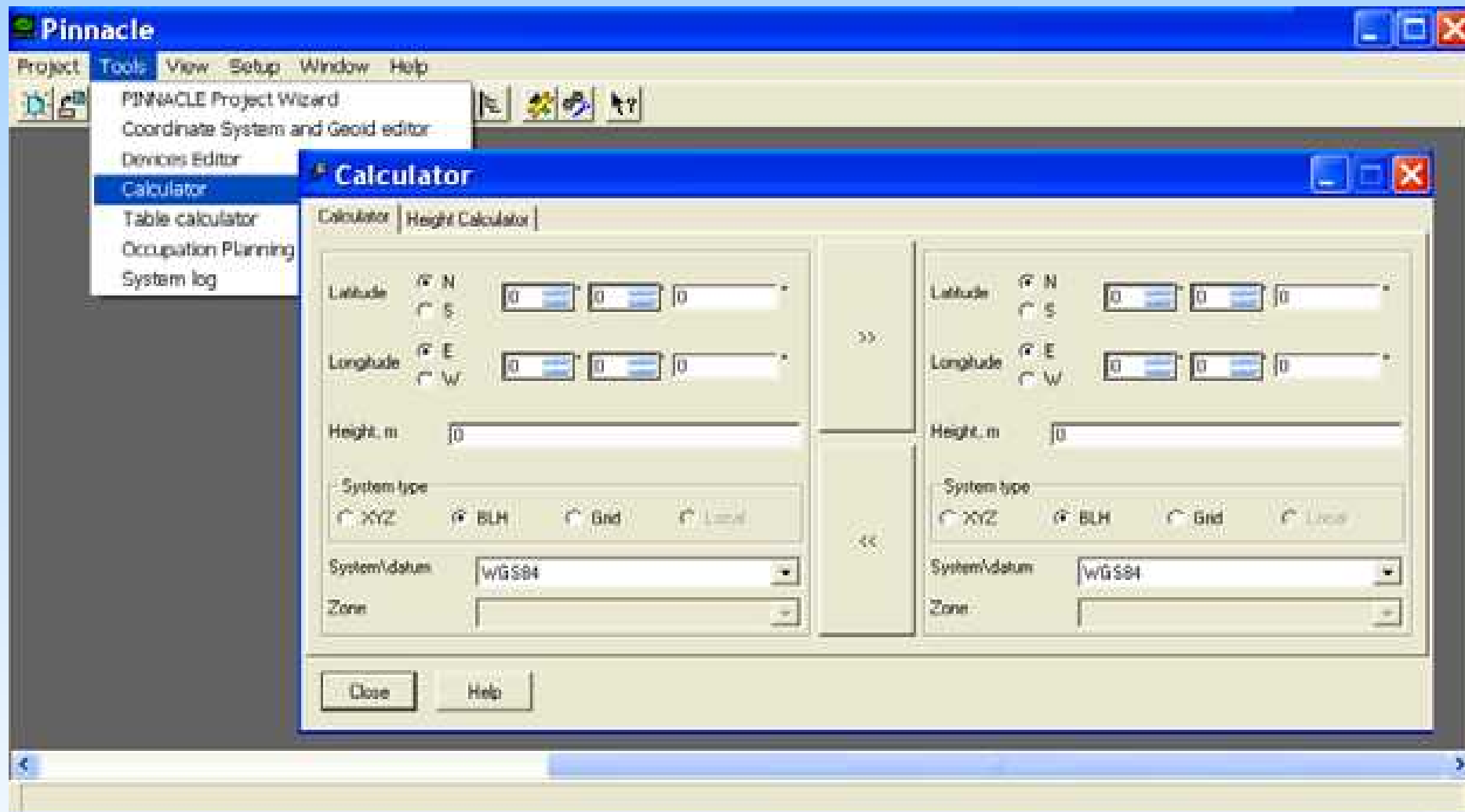
$$k = k_0 (1 + T_{\lambda\lambda} \Delta\lambda^2 + T_{\lambda\phi} \Delta\lambda^2 + T_{\phi\phi} \Delta\lambda^2)$$

$$T_{\lambda\lambda} = \frac{\cos^2 \phi}{2} (1 + e'^2 \cos^2 \phi)$$

$$T_{\lambda\phi} = \frac{\cos^2 \phi}{24} [\Delta + 14e'^2 \cos^2 \phi + 13e'^4 \cos^4 \phi + 4e'^6 \cos^6 \phi - \tan^2 \phi \cdot (4 + 24e'^2 \cos^2 \phi + 48e'^4 \cos^4 \phi + 24e'^6 \cos^6 \phi)]$$

$$T_{\phi\phi} = \frac{\cos^2 \phi}{720} (61 - 148 \tan^2 \phi + 16 \tan^4 \phi)$$

# تبدیل مختصات ژئودتیک به UTM و بالعکس (نرم افزار Pinnacle)



## نمونه نقاط تبدیل شده بین دو مختصات

شماره زون	X	Y	عرض	طول	نقطه
40 S	۲۳۱۱۰۵	۳۵۱۶۲۹۴	۳۱°،۴۵'،+۲"	۵۴°،+۹'،۴۱"	رصدخانه دانشگاه آزاد تفت
40 S	۲۴۹۳۷۴	۳۵۲۵۶۰۴	۳۱°،۵۰'،۱۹"	۵۴°،۲۱'،+۶"	۶ طبقه دانشگاه آزاد یزد
39 R	۵۳۰۵۸۳	۳۹۵۰۶۹۷	۳۵°،۴۱'،۵۹"	۵۱°،۲۰'،۱۷"	میدان آزادی تهران
39 R	۵۶۲۶۳۰	۳۶۱۲۱۳۰	۳۱°،۴۵'،+۲"	۵۱°،۴۰'،+۴"	سی وسه پل اصفهان
40 S	۷۲۸۰۸۶	۴۰۲۱۹۰۰	۳۶°،۱۸'،۵۵"	۵۹°،۳۲'،۲۶"	میدان پارک ملت مشهد
38 S	۶۱۹۸۷۳	۴۲۰۹۵۴۱	۳۸°،+۱'،۳۲"	۴۶°،۲۱'،۵۷"	رستوران شاه کلی تبریز
39 R	۶۵۱۲۲۵	۳۲۷۹۴۱۷	۲۹°،۳۸'،+۸"	۵۲°،۳۳'،۴۴"	دروازه قرآن شیراز
41 R	۲۹۱۸۹۵	۳۲۶۰۲۳۸	۲۹°،۲۷'،۱۶"	۶۰°،۵۱'،۱۵"	مسجد دانشگاه آزاد زاهدان



# یک منبع فارسی برای سیستم های مختصات

