www.EngClubs.net

A site for all Engineers

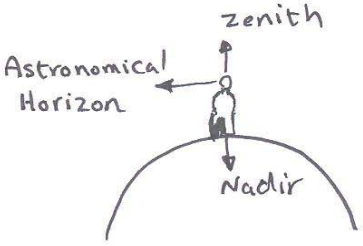
نجوم ژئودزی

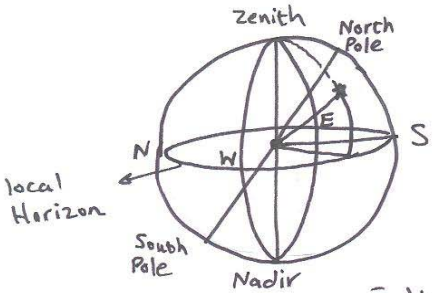
کلاسهای آمادگی کنکور کارشناسی ارشد ۸۷

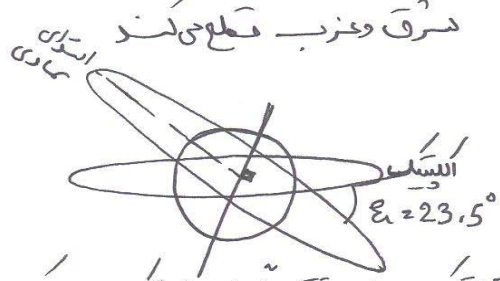
انجمن مهندسین نقشه بردار تهران

مقدمه و تعاریف :

- فاصله زمین تا نزدیکترین ستاره بیش از 10^9 برابر شعاع زمین است ، لذا می توان از ابعاد زمین در مقایسه با فواصل نجومی صرفنظر نمود .
- در مشاهدات نجومی تنها زاویه بین امتدادها اندازه گیری می شود لذا می توان فرض کرد ستارگان در فاصله مساوی با زمین و بر روی سطح کره ای که آن را کره سماوی می نامند واقع هستند .
- ابعاد کره سماوی آنقدر بزرگ فرض می شود که زمین و در واقع منظومه شمسی در مقابل آن بعنوان یک نقطه در مرکز انگاشته می شود .
- NCP و SCP ← محور دورانی لحظه ای زمین کره سماوی را در دو قطب شمال و جنوب قطع می نماید .
- استوای سماوی ← صفحه عمود بر محور دوران لحظه ای زمین و مارّ بر مرکز جرم زمین (C) ، کره سماوی را در دایره ای قطع می کند که استوای سماوی نام دارد .
- مدار ← هر صفحه بموازات استوای سماوی کره سماوی را در دایره ای قطع می کند که به آن مدار گفته می شود .
- نصف النهار سماوی ← هر دایره عظیمه گذرنده بر قطبین ، نصف النهار سماوی نامیده می شود که نصف النهارات بر مدارات بالاخص استوای سماوی عمودند .
- سمت الرأس (zenith) ، سمت القدم (Nadir) ← امتداد بردار جاذبه (قائم محل) مشاهده کننده کره سماوی را در بالای سر و پایین او قطع می کند که این دو بترتیب zenith و Nadir نامیده می شود
- افق سماوی ← دایره عظیمه ساخته شده بوسیله صفحه عمود بر قائم محل و گذرنده بر مرکز کره سماوی
- دایره قائم ← هر صفحه شامل قائم محل کره را در دایره ای به نام دایره قائم قطع می کند .
- دایره قائم اولیه ← دایره قائمی که بر نصف النهار سماوی ناظر عمود باشد ، این دایره صفحه افق را در امتداد شرق و غرب قطع می کند







اکلیپتیک سماوی تقریباً دایره ایستگه مسیر حرکت زمین را نشان می دهد و محل برخوردش با استوای سماوی اعتدالین است

آدرس: تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از تقاطع جلال آل احمد، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ساختمان مرکزی، گروه مهندسی نقشه برداری.

19:10:2007
فروتن

فروتن 19 : 10 : 2007

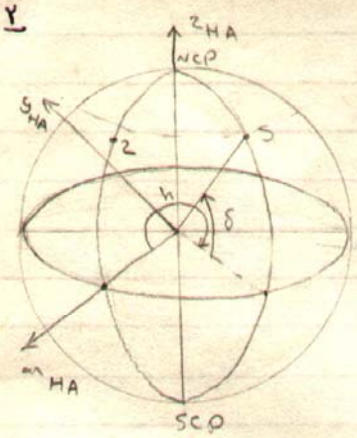
مقدمه و تعاریف

فاصله زمین تا نزدیکترین ستاره بیش از ۱۵ برابر شعاع زمین می باشد. ابعاد زمین در مقایسه با فاصله ستارگان از زمین بسیار جزئی می باشد. ستارگان کهکشان ما نسبت به کهکشان ثابت هستند اما خود کهکشان به نظر می رسد با سرعتی نزدیک به سرعت نور در حال حرکت باشد بنابراین می توان از ابعاد زمین در مقایسه با فواصل نجومی صرفنظر کرد. در مشاهدات نجومی فقط زاویه بین امتدادها اندازه گیری می شود بنابراین می توان فرض کرد که ستارگان در فواصل مساوی با زمین و بر روی سطح کره ای که آن را کره سماوی می نامیم واقع باشند. ابعاد این کره بقدری بزرگ فرض می شود که زمین و در واقع منظومه شمسی را می توان در مقابل آن بعنوان یک نقطه در مرکز آن انگاشت. محور دورانی لحظه ای زمین کره سماوی را در دو قطب شمال و جنوب این کره قطع می نمایند که به ترتیب به NCP و SCP نشان داده می شوند. صفحه استوای زمین (صفحه عمود بر محور دوران لحظه ای و عبور بر مرکز جرم زمین (C)) کره سماوی را در طول دایره ای به نام استوای سماوی قطع می کند هر صفحه به موازات استوای سماوی کره سماوی را در دایره ای قطع می کند که به آن مدار گفته می شود هر دایره عظیمه گذرنده بر قطبین نصف النهار سماوی نامیده می شود. واضح است که نصف النهار سماوی بر مدارات بالاخص استوای سماوی عمود می باشد. امتداد بردار جاذبه (قائم محل) مشاهده کننده کره سماوی را در بالای سر ناظر و پایین او قطع می کند که این دو نقطه به ترتیب سمت الراس (zenith) و سمت القدم (nadir) نامیده می شوند. دایره عظیمه ساخته شده به وسیله صفحه عمود بر قائم محل و گذرنده بر مرکز کره افق سماوی نامیده می شوند. هر صفحه شامل قائم محل کره را در دایره ای به نام دایره قائم قطع می کند. دایره قائمی که بر نصف النهار سماوی ناظر عمود باشد دایره قائم اولیه نامیده می شود این دایره صفحه افق را در نقاط شرق و غرب قطع می کند. نصف النهار سماوی < ناظر / دایره ساعتی .

دایره قائم گذرنده بر ۶ و نصف النهار سماوی ناظر و دایره ساعتی مثلث را تشکیل می دهند که مثلث نجومی نامیده می شود

اکلیپتیک دایره ای است که به طور تقریب مسیر ظاهری خورشید به دور زمین را نمایش می دهد. اکلیپتیک استوای سماوی را در دو نقطه که هر کدام را نقطه اعتدال به معنای شب و روز مساوی قطع می نماید. نقطه ای که خورشید در مسیرش از جنوب به شمال استوای سماوی را قطع می نماید اعتدال بهاری و به نقطه مقابل آن اعتدال پاییزی می نامند.

سیستم های مختصات نجومی



صفحه مرجع اولیه ← xoy

صفحه مرجع ثانویه ← zoz

۱ـ سیستم مختصات زاویه ساعتی (HA)

مبداء : هلیوسنتریک

محور x : محور x محل برخورد نصف النهار سماوی ناظر و استوای سماوی

محور z : از NCP می گذرد

محور y : طوری تعریف می شود که سیستم چپ گرد شود.

مختصات ستاره ای مانند S در این سیستم با میل δ و زاویه ساعتی h مشخص می شود (مختصات سنجی النظر). میل δ زاویه بین استوای سماوی و S است که در صفحه دایره ساعتی گذرنده بر این ستاره از -90° تا 90° اندازه گیری می شود. زاویه ساعتی ستاره S زاویه بین دایره ساعتی S و نصف النهار سماوی ناظر است که 0^h تا 24^h در جهت حرکت عقربه های ساعت در صفحه استوای سماوی اندازه گیری می شود. ارتباط سیستم مستقیم النظر و سنجی النظر در زیر آمده است :

$$\vec{r}_S = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}^S = \begin{pmatrix} \cos\delta \cos h \\ \cos\delta \sin h \\ \sin\delta \end{pmatrix}_{HA} \qquad -\frac{\pi}{2} \le \delta \le \frac{\pi}{2} \qquad 0 \le h < 24$$

نکته : در این سیستم مختصات h با زمان تغییر می کند ولی δ ثابت است.

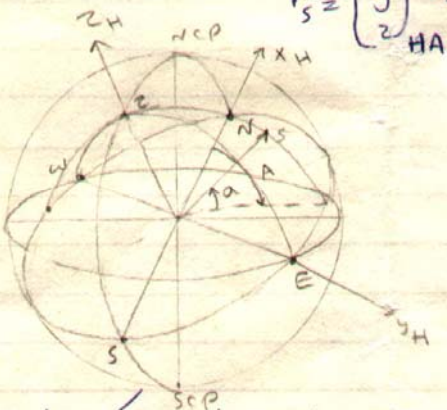
۲ـ سیستم مختصات افقی (H) :

مبداء : هلیوسنتریک

محور z : از سمت الرأس (zenith) عبور می کند.

محور x : محل برخورد نصف النهار سماوی ناظر و افق سماوی و جهت آن به سمت شمال است.

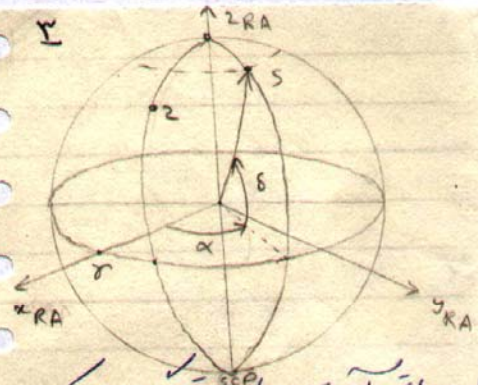
محور y : طوری تعریف می شود که سیستم چپ گرد شود.



در این سیستم ستاره ای مانند S با ارتفاع a و آزیموت A مشخص می شود. ارتفاع یک ستاره مانند زاویه بین افق سماوی و ستاره است که در صفحه دایره قائم بین 0° تا 90° اندازه گیری می شود. منتهی آن فاصله سمت الرأسی یا زنیتی نامیده می شود. آزیموت یا سمت A زاویه بین نصف النهار سماوی ناظر و دایره قائم گذرنده بر ستاره S که در صفحه افق سماوی بین 0° تا 360° و در جهت حرکت عقربه های ساعت (شمال به شرق) اندازه گیری می شود.

$$\vec{r}_S = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}^S = \begin{pmatrix} \cos a \cos A \\ \cos a \sin A \\ \sin a \end{pmatrix}_H \qquad a = \sin^{-1} z \qquad A = \tan^{-1}\frac{y}{x}$$

$$-90^\circ \le a \le 90^\circ \qquad 0 \le A < 360^\circ$$



۳- سیستم مختصات بعدی (RA):

مبداء: هلیوسنتریک

محور z: از NCP می‌گذرد

محور x: از نقطه اعتدال بهاری می‌گذرد

محور y: طوری تعریف می‌شود که سیستم دست راستی شود.

امتداد یک ستاره مانند S در این سیستم با بعد α و میل δ تعیین می‌گردد که بعد یک ستاره عبارت است از زاویه بین دایره ساعتی آن ستاره و دایره ساعتی گذرنده بر γ که در صفحه استوای سماوی از 0^h-24^h از مبداء نقطه اعتدال بهاری در خلاف جهت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA} = \begin{pmatrix} \cos\delta \cos\alpha \\ \cos\delta \sin\alpha \\ \sin\delta \end{pmatrix} \qquad \alpha = tg^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \quad , \delta = \sin^{-1} z$$

این سیستم مهمترین سیستم سماوی است و جداول نجومی مختصات ستارگان را نسبت به این سیستم چاپ و منتشر می‌کنند.

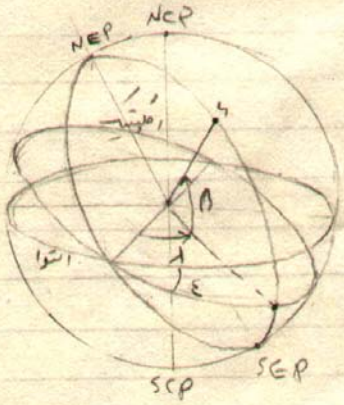
۴- سیستم مختصات AP

مبداء: ژئوسنتریک

محور x: از γ می‌گذرد

محور z: از NCP می‌گذرد

محور y: طوری تعریف می‌شود که سیستم دست راستی باشد.



۵- سیستم مختصات اکلیپتیک:

مبداء: هلیوسنتریک

محور z: از NEP می‌گذرد

محور x: از γ می‌گذرد

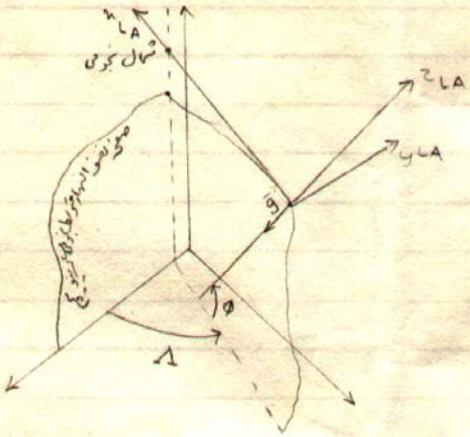
محور y: طوری تعریف می‌شود که سیستم دست راستی باشد.

این سیستم دارای خاصیت اینرشیال می‌باشد ولی کاملاً اینرشیال نمی‌باشد (به علت اثر ستارگان روی سیستم زمین خورشید).

شمال اکلیپتیکی (NEP) محل برخورد محور اکلیپتیک با کره سماوی می‌باشد. دایره عظیمه گذرنده بر قطبین اکلیپتیکی، نصف النهار اکلیپتیکی نامیده می‌شود. امتداد یک نقطه مانند S بر روی کره سماوی در این سیستم با عرض اکلیپتیکی β و طول λ مشخص می‌شود. عرض اکلیپتیکی S زاویه بین S و اکلیپتیک است که در صفحه نصف النهار اکلیپتیکی گذرنده بر S اندازه‌گیری می‌شود. طول اکلیپتیکی زاویه بین نصف النهار اکلیپتیکی نقاط γ و S است که در صفحه اکلیپتیک و در خلاف جهت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ s \end{bmatrix}_{E} = \begin{pmatrix} \cos\beta \cos\lambda \\ \cos\beta \sin\lambda \\ \sin\beta \end{pmatrix} \qquad \beta = \sin^{-1} z \qquad \lambda = tg^{-1}\frac{y}{x}$$

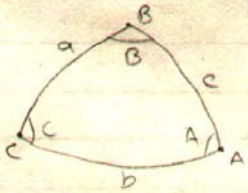
تبدیل سیستم های مختصات نجومی



۱- تبدیل LA به CT:

$$\vec{e}^{\,CT} = R_3(\pi-\Lambda)\,R_2\left(\frac{\pi}{2}-\phi\right)P_2\,\vec{e}^{\,LA}$$

۲- تبدیل افقی به زاویه ساعتی و برعکس: قبل از بدست آوردن روابط، روابط موجود در مثلث کروی را یادآوری می کنیم:

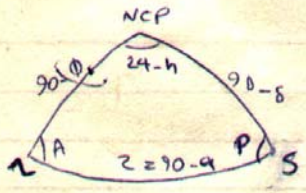


رابطه سینوسها: $\dfrac{\sin a}{\sin A} = \dfrac{\sin b}{\sin B} = \dfrac{\sin c}{\sin C}$

رابطه کسینوسها: $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$

رابطه پنج جزئی: $\cos A \sin b = \sin c \cos a - \cos c \sin a \cos B$

نکته: اگر سیستم دست چپی بود ماتریس های دوران تغییر نمی کند اما جهت های مثبت دوران معکوس می شود.



ابتدا با استفاده از مثلثات کروی رابطه بین مختصات منحنی الخط دو سیستم را بدست می آوریم.

رابطه سینوسها: $\dfrac{\sin(90-a)}{\sin(24-h)} = \dfrac{\sin(90-\delta)}{\sin A} \Rightarrow \sin A \cos a = -\sin h \cos\delta$ ①

رابطه پنج جزئی: ② $\cos A \sin z = \sin\delta \cos\phi - \sin\phi \cos\delta \cos h \Rightarrow \dfrac{①}{②} \Rightarrow$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\sin h}{\sin\phi \cos h - \operatorname{tg}\delta \cos\phi}$$

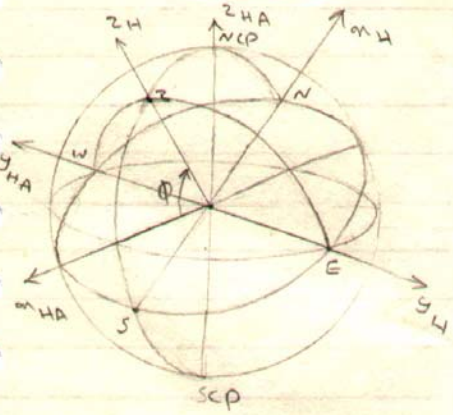
$$\cos z = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos h$$

۵

$$tgh = \frac{\sin A}{\cos A \sin\phi - \cot z \cos\phi}$$

$$\sin\delta = \cos z \sin\phi + \sin z \cos A \cos\phi$$

برهمین ترتیب برای تبدیل $(A,z) \rightarrow (h,\delta)$ داریم:



$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_H = R_3(\pi) R_2\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA}$$

$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA} = R_2\left(\phi - \frac{\pi}{2}\right) R_3(\pi) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_H \quad \text{or} \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA} = R_3(\pi) R_2\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \begin{bmatrix} y \\ x \\ z \end{bmatrix}_H$$

۳ - تبدیل زاویه ساعتی و بعدی به یکدیگر:

$$LAST = h + \alpha$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA} = P_2 R_3(LAST) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA} \quad \text{or} \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA} = R_3(-LAST) P_2 \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA}$$

$$\text{or} \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA} = P_2 R_3(LAST) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{HA}$$

۴ - تبدیل افقی و بعدی به یکدیگر:

اول بهار	$\delta = 0$
اول تابستان	$\delta = 23.5^\circ$
اول پاییز	$\delta = 0$
اول زمستان	$\delta = -23.5^\circ$

$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_H = R_3(\pi) R_2\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) P_2 R_3(LAST) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA}$$

۵ - تبدیل بعدی و اکلیپتیک به یکدیگر:

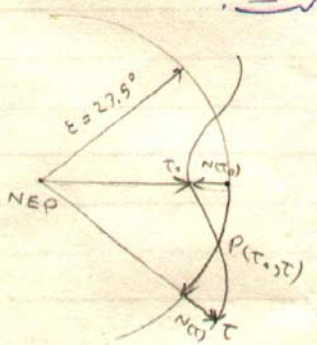
$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_E = R_1(\varepsilon) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA}$$

$$\begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_{RA} = R_1(-\varepsilon) \begin{bmatrix} m \\ y \\ z \end{bmatrix}_E$$

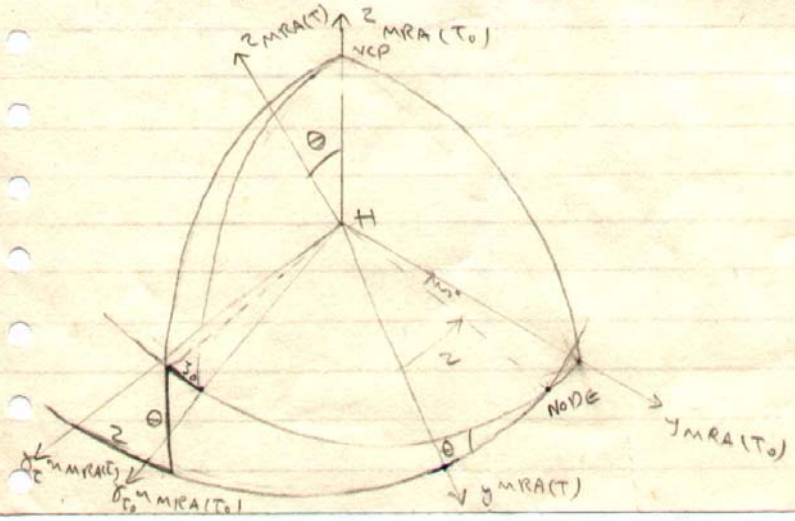
فروتن 2007 : 10 : 19

تبدیل MRA به TRA : مختصات نجومی در یک لحظهٔ خاص τ_0 در $MRA(\tau_0)$ داده می‌شود درحالی که مشاهدات در زمان τ انجام می‌گیرد بنابراین مختصات α و δ ستاره در $\tau - \tau_0$ تغییر کرده است. بنابراین α و δ باید به روز شوند و MRA به TRA تبدیل شود. به عملیات تبدیل MRA به AP اصطلاحاً به روز کردن مختصات α و δ می‌گویند. ترانسفورماسیون از τ_0 به τ در سه مرحله انجام می‌شود. در مرحله اول تأثیرات پرسیشن و حرکت مخصوص لحاظ می‌شود و در مرحله دوم نوتیشن و در آخرین مرحله پارالاکس سالیانه و ابریشن سالیانه و پارالاکس روزانه و ابریشن روزانه و انکسار تأثیر داده می‌شود.

مرحله اول: می‌دانیم که محور دوران لحظه‌ای زمین حول اکلیپتیک دارای حرکت مخروطی موج‌دار به شکل زیر است.



در اولین مرحله update لازم است که مقدار تابع انتقال $P(\tau, \tau_0)$ که حرکت پرسیشن را مدوله می‌کند در لحظه τ محاسبه شود. مقدار P را می‌توان برحسب سه پارامتر (ζ_0 و θ و z) بط داد. این سه پارامتر در شکل زیر نشان داده شده‌اند و معادلات برحسب زمان این سه پارامتر در حدود سال 1900 بوسیله سیمون نیوکامب به دست آمد. با معلوم بودن مقادیر فوق می‌توان یک ترانسفورماسیون از $MRA(\tau_0)$ به $MRA(\tau)$ انجام داد.



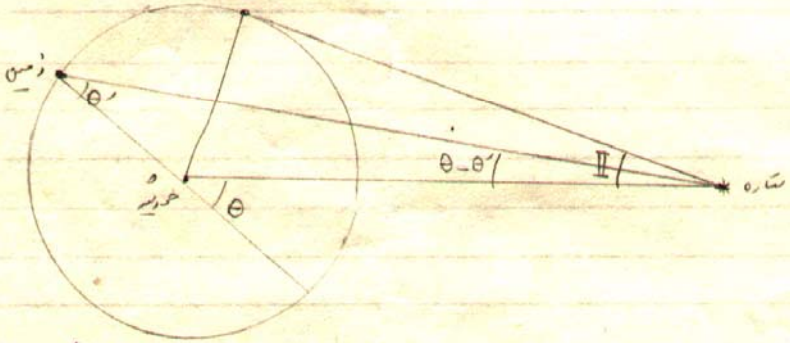
$$\vec{e}^{\,MRA(\tau)} = R_3(-z)\, R_2(\theta)\, R_3(-\zeta_0)\, \vec{e}^{\,MRA(\tau_0)}$$

در این مرحله تأثیر حرکت مخصوص ستارگان (proper motion) نیز باید لحاظ شود.

مرحله دوم: در دومین مرحله لازم است مقدار نوتیشن محاسبه و تأثیر آن لحاظ شود و این کار با استفاده از تابع $N(\tau)$ که حرکت نوتیشن را مدوله می‌کند و مقداردهی آن در زمان τ میسر می‌شود. تابع $N(\tau)$ را می‌توان برحسب دو پارامتر $\Delta\psi$ (nutation in longtitude) و $\Delta\varepsilon$ (Nutation in abliquity) بسط داد. شکل (15-10) از کانپیت.

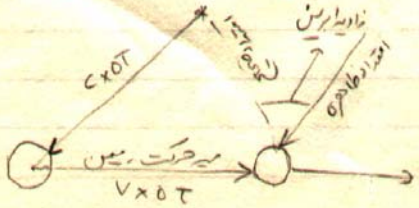
$$\vec{e}^{\,TRA(\tau)} = R_1(-\varepsilon-\Delta\varepsilon)R_3(-\Delta\psi)R_1(\varepsilon)\,\vec{e}^{\,MRA(\tau)}$$

مرحله سوم (انتقال سیستم مختصات TRA به AP): می‌دانیم که مرکز سیستم مختصات AP بر مرکز ثقل زمین منطبق است ولی مرکز سیستم مختصات TRA بر هلیو. بدین ترتیب واضح است که تغییر اصلی تغییری است که از انتقال مبدأ از مرکز خورشید به مرکز ثقل زمین ایجاد می‌شود. در این انتقال دو عامل فیزیکی تأثیر خواهند داشت. ۱- پارالاکس سالیانه بعلت انتقال مبدأ ۲- ابریشن سالیانه که منشأ آن چرخش مبدأ جدید به دور خورشید می‌باشد. پارالاکس سالیانه را می‌توان به عنوان زاویه پارالاکتیک شعاع مسیر حرکت زمین قطع شده توسط ستاره در نظر گرفت. برای نزدیکترین ستاره این تصحیح در حدود $0.8''$ می‌باشد.



θ : امتداد هلیوسنتریک
θ' : امتداد ژئوسنتریک
II : پارالاکس سالیانه

با توجه به این حقیقت که مشاهدات از زمین در حال حرکت انجام می‌شود نور ستاره به نظر خواهد آمد که از یک امتداد کمی متفاوت از امتداد واقعی می‌آید. به طور کلی ابریشن عبارتست از جابجایی ظاهری یک جرم سماوی که علت آن ترکیب دو عامل سرعت انتشار نور و حرکت نسبی ناظر و آن جرم است. این تأثیر از $20''$ تجاوز نمی‌کند. این تصحیح با تأثیر ثابت ابریشن $(\frac{V}{c})$ محاسبه می‌شود.



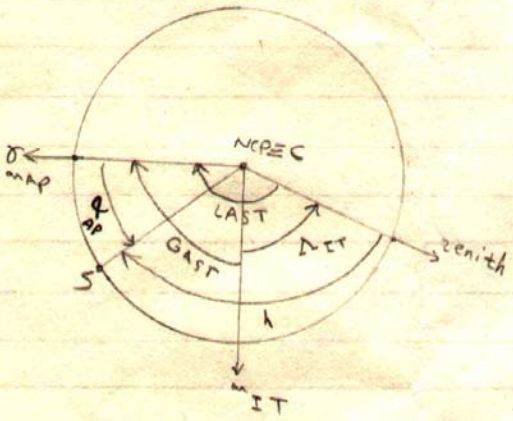
در انتقال از سیستم LA به AP باید سه تأثیر را در نظر گرفت ۱- پارالاکس روزانه ۲- ابرش روزانه ۳- انگ رنجوی.

پارالاکس روزانه زاویه پارالاکتیک شعاع زمین قطع شده توسط ستاره می باشد یعنی اختلاف بین امتداد توپوسنتریک و ژئوسنتریک.

منشاء ابرش روزانه چرخش زمین به دور خودش می باشد و ثابت ابرش روزانه $\frac{V}{c}$ $\left(V < \frac{2\pi R}{day}\right)$ می باشد.

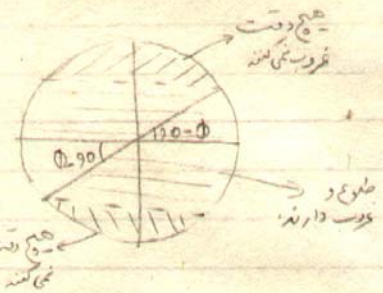
انگ رنجوی: جابجایی ظاهری اجرام سماوی را بعلت گذشت نور از آنها و بر خورد این اشعه با جو زمین را انگ رنجوی گوییم.

تبدیل AP و IT به یکدیگر:



$$\vec{e}^{AP} = R_3(-GAST)\,\vec{e}^{IT}$$

طلوع و غروب ستارگان



شرط کلی برای طلوع و غروب یک ستاره عبارت است از $\phi - 90 < \delta < 90 - \phi$

$|\delta| < 90 - \phi$

زاویه ساعتی: می خواهیم بدانیم هنگام طلوع و غروب یک ستاره و یا بعد از این ستاره دارای چه زاویه ساعتی خواهد بود:

$\cos x = 2k\pi \pm \alpha$

$\sin x = \begin{cases} 2k\pi + \alpha \\ 2k\pi + \pi - \alpha \end{cases}$

$\operatorname{ctg} x = k\pi + \alpha$

$\operatorname{tg} x = k\pi + \alpha$

رابطه کسینوسها: $\cos z = \sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos h \cos\phi \xrightarrow{z=90^\circ} \boxed{\cos h = -\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\phi}$

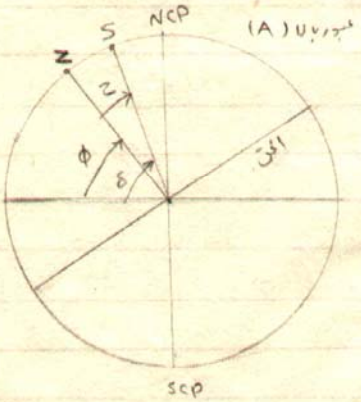
آزیموت:

رابطه سینوسها $\sin z \sin A = -\cos\delta \sin h \Rightarrow \boxed{\sin A = -\cos\delta \sin h}$

مجموعه قوانین زیر برای زوایای ساعتی و آزیموتها در تعیین طلوع و غروب ستارگان بکار می روند

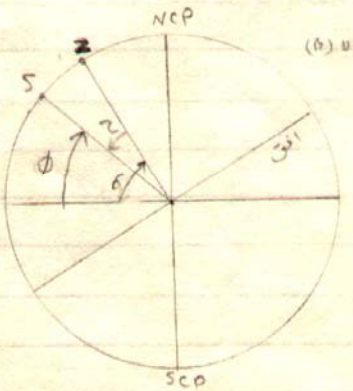
$\delta > 0$	طلوع	$12^h < h < 18^h$	$0 < A < 90$
	غروب	$6^h < h < 12^h$	$270^\circ < A < 360^\circ$
$\delta = 0$	طلوع	$h = 18^h$	$A = 90$
	غروب	$h = 6^h$	$A = 270$
$\delta < 0$	طلوع	$18^h < h < 24^h$	$90 < A < 180$
	غروب	$0^h < h < 6^h$	$180 < A < 270$

عبور ستاره از نصف النهار محل (گرانزیت): زمانیکه دایره ساعتی ستاره‌ای منطبق بر نصف النهار سماوی ناظر باشد گوییم ستاره دهال عبور است. عبور بالا (UC) حالتی است که ستاره از طرف سمت الرأس دایره ساعتی از نصف النهار محل عبور نماید. در این حالت می تواند در شمال یا جنوب سمت الراس واقع باشد. عبور پایین (LC) در طرف سمت القدم دایره ساعتی است و برای ناظری که در نیمکره شمالی است همواره در شمال سمت الرأس قوع می یابد.



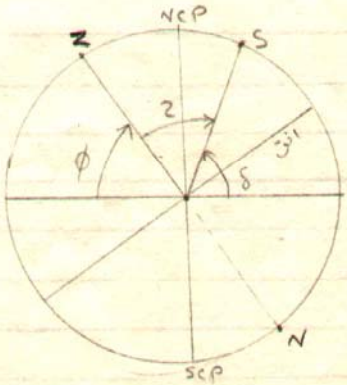
عبور بالا (A)

$z = \delta - \phi$



عبور بالا (B)

$z = \phi - \delta$



عبور پایین

$z = 180 - (\phi + \delta)$

برخورد ستاره با دایرهٔ قائم اولیه: برای اینکه ستاره‌ای دایره قائم اولیه را قطع نماید باید شرط زیر برقرار باشد. $0 < \delta < \phi$

رابطه سمت جزئی: $\cos A \sin z = \cos(90-\delta)\sin(90-\phi) - \sin(90-\delta)\cos(90-\phi)\cos 24-h$

$A = 90$ یا 270

$\downarrow$

$0 = \sin\delta\cos\phi - \cos\delta\sin\phi\cos h \Rightarrow \boxed{\cos h = \tan\delta\cot\phi}$

و

$\cos(90-\delta) =$

ترانزیت ← در چه زمانی؟ $h=0$ یا $h=12^h$; در چه ارتفاعی؟ ; در چه آزیموتی؟ $A=0$ یا $A=180$

ترانزیت بالا برای ستاره شمالی: $a_N^u = 90 - (\delta_N - \phi)$

ترانزیت بالا برای ستاره جنوبی: $a_S^u = 90 - (\phi - \delta_S)$

ترانزیت پایین: $\phi + (90-a) + \delta = 180$

برخورد ستاره با دایره قائم اولیه $\delta < \phi$ ← در چه ارتفاعی؟ ; در چه آزیموتی؟ ; در چه زمانی؟

$\sin\delta = \sin\phi\sin a + \cos\phi\cos a\cos 90 \Rightarrow \boxed{\sin a = \frac{\sin\delta}{\sin\phi}}$

$A = 90$ یا 270

$\frac{\cos\delta}{1} = \frac{\cos a}{-\sin h} \Rightarrow \boxed{\sin h = -\frac{\cos a}{\cos\delta}}$

elongation حالت $\delta > \phi$ ← در چه آزیموتی؟ ; در چه ارتفاعی؟ ; در چه زمانی؟

$\frac{\cos\phi}{1} = \frac{\cos\delta}{\sin A} \Rightarrow \boxed{\sin A = \frac{\cos\delta}{\cos\phi}}$

$\cos(90-\phi) = \sin a\sin\delta + \cos\delta\cos\delta\cos 90 \Rightarrow \boxed{\sin a = \frac{\sin\phi}{\sin\delta}}$

$\boxed{\sin h = -\frac{\cos a}{\cos\phi}}$

نکات: در حالت ترانزیت بالا a_{max} و در حالت ترانزیت پایین a_{min} است.

در حالت elongation حتماً به یک ستاره شمالی برخورد می‌کند و این حالت لحظه‌ای است. که دایره قائم گذرنده بر ستاره ما بر مسیر حرکت ستاره عمود باشد. یا به عبارت دیگر زاویه پارالاکتیک $P=90$ می‌باشد. در elongation ستاره برای مدتی تقریباً روی دایره قائم حرکت می‌کند و ستاره بیشترین انحراف را نسبت به محور دوران (شمال واقعی) دارد. در حالت ترانزیت ستاره کمترین انحراف را نسبت به شمال واقعی دارد.

برای تعیین ϕ ← ترانزیت — برای تعیین λ ← ستاره‌گان شرقی و غربی (برخورد با دایره قائم اولیه) — برای تعیین آزیموت ← elongation (بیشترین انحراف)

ستاره شمالی ← $\delta > \phi$ — برای محل ما خورشید ستاره جنوبی است اما در استوا نیمی از سال شمالی و نیمی دیگر جنوبی است.

ستاره جنوبی ← $\delta < \phi$

← ادامه در صفحه بعد (پشت برگه)

فروتن 2007 : 10 : 19

۱۰/B

طلوع و غروب

- در چه زمانی ? $\cos 90 - a = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos h \Rightarrow \boxed{\cos h = -\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\phi}$ ①
- در چه ارتفاعی ? $a = 0$
- در چه آزیموتی ? $\frac{C\delta}{\sin A} = \frac{1}{-\sin h} \Rightarrow \boxed{\sin A = -\sin h \cos\delta}$

معادله ① دو جواب دارد ($h_1 = \alpha$, $h_2 = 2\pi - \alpha$) که جواب کوچکتر مربوط به غروب و جواب بزرگتر مربوط به طلوع .

IRAN FORM

فروتن 2007 : 10 : 19

زمان

برای تعریف زمان باید سه جزء تشکیل دهنده آن تعریف شود:
- ۱- مبداء زمان معلوم باشد. (epoch)
- ۲- فاصله زمانی مشخص باشد. (Time interval)
- ۳- مقیاس زمان معلوم باشد. (Time scale)

نقطه اعتدال بهای متوسط: درصورتی که اثر نوتیشن را از α واقعی حذف کنیم به α متوسط خواهیم رسید. پس در نقطه اعتدال متوسط تنها اثر پرسیشن در نظر گرفته می‌شود ولی در نقطه اعتدال حقیقی هر دو اثر پرسیشن و نوتیشن در نظر گرفته می‌شود.

در ژئودتیک به طور کلی دو زمان تعریف می‌شود:
- ۱- زمان نجومی
- ۲- زمان خورشیدی

زمان نجومی (مبداء):
- زمان نجومی متوسط محلی (LMST = LST): مدت زمانی است که نقطه اعتدال بهاری متوسط از ترانزیت بالای نصف النهار محل عبور کرده باشد.
- زمان نجومی متوسط گرینویچ (GMST = GST): " " " " " " " " " " " " " نصف النهار گرینویچ " " " .
- زمان نجومی محلی ظاهری (LAST): " " " " " اعتدال بهاری حقیقی " " " نصف النهار محل " " " .
- زمان نجومی ظاهری گرینویچ (GAST): " " " " " " " " " " " " " نصف النهار گرینویچ " " " .

روز نجومی (فاصله زمانی): به فاصله زمانی دو عبور متوالی (ترانزیت بالا) از نصف النهار محل روز نجومی گویند.

مقیاس: هر روز نجومی به 24 قسمت مساوی (ساعت) و هر ساعت به ۶۰ قسمت (دقیقه) و هر دقیقه به ۶۰ قسمت مساوی (ثانیه) تقسیم می‌شود.

1 روز نجومی = 24h
1 ساعت = 60 m
1 دقیقه = 60 s

زمان خورشیدی:
- زمان خورشیدی متوسط محلی (LMMT = LMT): مدت زمانی است که خورشید متوسط از ترانزیت پایین نصف النهار محل عبور کرده باشد.
- زمان خورشیدی متوسط گرینویچ (GMMT = GMT): " " " " " " " " " " " " " نصف النهار گرینویچ " " " .
- زمان خورشیدی محلی ظاهری (LAMT): " " " " " خورشید حقیقی " " " نصف النهار محل " " " .
- زمان خورشیدی ظاهری گرینویچ (GAMT): " " " " " " " " " " " " " نصف النهار گرینویچ " " " .

نکته: به علت حرکت انتقالی روز نجومی < روز خورشیدی

سال تروپیکال (خورشیدی): مدت زمان یک دوران کامل زمین به دور خورشید.

روز خورشیدی = 365.2422 = سال تروپیکال

روز نجومی = 366.2422 = سال تروپیکال

ضریب مقیاس تبدیل زمان خورشیدی به نجومی $\frac{366.2422}{365.2422} = 1.002737909$

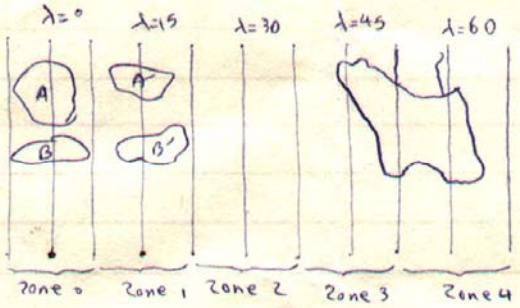
روز نجومی $= 1.002737909$ روز خورشیدی

نکته: اختلاف بین LMST و LAST یا بین GMST و GAST به معادله اعتدالین مرسوم است یعنی

$Eq.E = LAST - LMST = GAST - GMST$

علت وجود معادله اعتدالین وجود nutation باشد و دارای تغییرات متناوبی با دامنه حداکثر یک ثانیه است.

زمان استاندارد (zone time (ZT)): مدت زمانی است که خورشید متوسط از تراز نیت یا بین یک نصف النهار استاندارد عبور کرده باشد. برای تعریف این زمان کره زمین را به 24 منطقه (zone) 15° تقسیم کرده‌اند. طول جغرافیایی استاندارد ایران $\lambda = 52.5°$ می باشد.



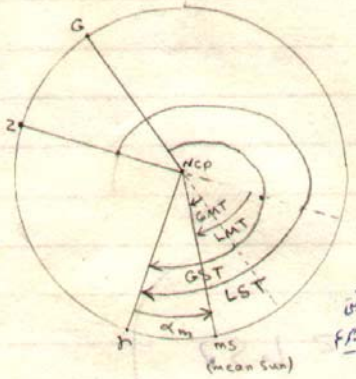
کشورهای A و B یک ساعت زمان استانداردشان جلوتر از A و B است.

زمان جهانی: UT (universal time): مدت زمانی است که خورشید متوسط از تراز نیت یا بین نصف النهار $\lambda = 0$ گرینویچ عبور کرده است. UT = GMT

UT:
- UT0: اگر زمان جهانی را برحسب نصف النهار لحظه‌ای گرینویچ بنویسیم
- UT1: اثر تغییر قطب لحظه‌ای (نوسان آزاد) را از بین برده‌ایم ← در نجوم به‌دردی خورد.
- UT2: اگر به UT1 تصحیح تغییرات فصلی (تغییرات فصلی روی سرعت دوران زمین تأثیری گذارد) را اعمال کنیم به UT2 می‌رسیم.
- UTC: اگر زمان UT را با ساعت اتمی (AT) هماهنگ کنیم به UTC می‌رسیم.

فروتن 2007 : 10 : 19

روابط بین زمانها



۱- UT و Zt :

$$UT = Zt \pm \Delta Z$$

اختلاف Zone

برای ایران در شش ماهه اول +4.5

برای ایران در شش ماهه دوم +3.5

- برای شرق

+ برای غرب

ایران ← $UT = Zt - \Delta Z$

$Zt - 3.5^h$

۲- LMT, GMT :

$$LMT = GMT \pm \frac{\Lambda}{15}$$

می‌توانیم ± نگذاریم اما Λ حقیقی را بکار ببریم

ضریب تبدیل درجه به ساعت (هر ساعت 15°ات)

+ محل در شرق گرینویچ

- محل در غرب گرینویچ

در رابطه بالا اگر $0 \leq \Lambda \leq \pi$ آنگاه $\Lambda = \Lambda$ و اگر $\pi < \Lambda < 2\pi$ آنگاه $\Lambda = \Lambda - 2\pi$

۳- LMT, Zt :

$$LMT = Zt + \frac{\Lambda - 52.5^\circ}{15}$$

۴- رابطه LST, GST :

$$LST = GST \pm \frac{\Lambda}{15}$$

+ محل در شرق گرینویچ

- محل در غرب گرینویچ

نکته: می‌توانیم از رابطه $LST = GST + \frac{\Lambda}{15}$ استفاده کنیم به شرطی که Λ تبدیل یافته باشد و اگر حاصل از 24 ساعت بیشتر شد، 24 ساعت از آن کم می‌کنیم.

۵- رابطه GMT و GST :

۱- از لحاظ مبداء : 12^h

۲- از لحاظ معیار سنجش

۳- مقیاس : زمان نجومی × 1.002737909 × زمان خورشیدی

$$GST = GMT \times Scale + 12 + \alpha_m \Rightarrow GST = UT \times 1.002737909 + \phi_{UT}$$

۶- رابطه Zt و LST :

$$LST = \underbrace{\underbrace{(Zt - 3.5^h)}_{UT} \times 1.002737909 + \phi_{UT}}_{GST} + \frac{\Lambda}{15}$$

واقعی تبدیل یافته

LST

مثال ۱: اگر $\Lambda_{\text{قاکو}} = 45^\circ$ و $\Lambda_{\text{مشهد}} = 60^\circ$ بیان کنید برای $2t = 8^h 50^m$ ، LMT هرکدام از محل های فوق چقدر خواهد بود؟

$$LMT_{\text{قاکو}} = 8^h 50^m + \frac{45-52.5}{15} = 8^h 20^m \qquad LMT_{\text{مشهد}} = 8^h 50^m + \frac{60-52.5}{15} = 9^h 20^m$$

مثال ۲: بیان کنید ظهر شرعی در ماکو و مشهد چه ساعتی اتفاق می افتد:

if $LMT = 12^h$ ظهر شرعی

$$LMT = 2t + \frac{\Lambda - 52.5^\circ}{15} \Rightarrow \text{قاکو}\ 2t = 12 + 0.5 = 12.5 \qquad \text{مشهد}\ 2t = 11.5$$

مثال ۳: برای بدست آوردن Λ تقریبی یک محل ژالن را به طور عمودی در آن محل قرار داده و با بررسی وضعیت سایه ژالن متوجه شده ایم که کوتاهترین سایه در ساعت $2t = 11^h 50^m$ اتفاق افتاده. مطلوبست محاسبه Λ تقریبی محل:

$$LMT = 2t + \frac{\Lambda - 52.5^\circ}{15} \Rightarrow 12^h = 11^h 50^m + \frac{\Lambda - 52.5}{15} \Rightarrow \Lambda = 55^\circ$$

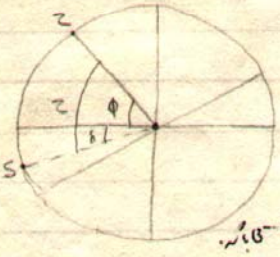
مثال ۴: در صورتی که طول سایه ژالن 2^m در این محل در حال min برابر 2.1^m باشد و روز مشاهده 18 دسامبر 2002 باشد مطلوبست محاسبه ϕ محل؟

خورشید $\delta = -23^\circ\ 22'\ 32''$

خورشید $\alpha = 17^h\ 42'\ 05''$

$$tg\, a = \frac{2}{2.1} \Rightarrow a = 43^\circ 35' 10''$$

از آنجا که طول سایه min است پس طهرات و خورشید از نصف النهار محل عبور می کند.



نکته: اگر خورشید در شمال ناظر بود $z = +$ و اگر خورشید در جنوب ناظر بود $z = -$:

$$\phi = \delta + z \Rightarrow \phi = -23^\circ 22' 32'' + (90 - a) = 23^\circ 01' 18''$$

نکته: خورشید روی اکلیپتیک حرکت می کند بنابراین در اول تابستان میل آن 23.5° درجه و در اول دی میل آن -23.5° می باشد.

نکته: زاویه ارتفاعی وقتی max می شود که خورشید ترانزیت کرده باشد.

مثال ۵: ستاره ای با مشخصات زیر در روزی که $\phi_{UT} = 15^h$ بوده و ϕ تقریبی محل 36° و Λ تقریبی محل 51° باشد را در نظر می گیریم. مطلوبست محاسبه ترانزیت بالای ستاره فوق:

$\delta = -18^\circ$

$\alpha = 8^h$

در لحظه ترانزیت $h = 0 \Rightarrow LST = \alpha = 8^h$

$$2t = \left[\left(LST - \phi_{UT} - \frac{\Lambda}{15}\right) / 1.002737909\right] + 3.5 = 17^h\ 03^m\ 45^s$$

تعیین مختصات نجومی

ترتیب: $\overset{1}{\phi} \longrightarrow \overset{2}{\Lambda} \longrightarrow \overset{3}{Az}$

الف - تعیین ϕ

شرایط تعیین ϕ:

۱- برای حذف خطای انکسار باید از زوج ستارگان شمالی و جنوبی استفاده کنیم.

۲- حالت ترانزیت بهترین حالت برای تعیین ϕ است.

۳- ستاره قطبی بهترین ستاره شمالی است. (در ایران)

۴- ارتفاع ستاره باید بین $30^\circ < a < 40^\circ$ ← بخاطر انکسار

بخاطر اپراتور

۵- $mag < 5$ میزان روشنایی ستاره ← (هرچه mag ستاره بیشتر باشد کم نورتر است)

۶- اختلاف ارتفاع ستاره شمالی و جنوبی نباید بیشتر از ± 5 باشد ← به خاطر انکسار

۷- [redacted] $2\phi - 95 < \delta_s < 2\phi - 85$

۸- خاتمه عملیات $LST < \alpha_s < LST$ شروع عملیات

مدل ریاضی عرضی نجومی را می توان از ترانسفورماسیون بین AP و LA بدست آورد: $\vec{e}^{LA} = R_3(\pi) R_2(\frac{\pi}{2}-\phi) P_2 R_3(LAST)\, \vec{e}^{AP}$

اگر ماتریس های بالا را تشکیل و در هم ضرب کنیم و پس مولفه های بردار دو طرف تساوی را مساوی هم قرار دهیم داریم:

$$① \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos h - \cos z = 0 \Rightarrow ② \operatorname{tg} A = \frac{+\sin h}{\sin\phi \cos h - \operatorname{tg}\delta \cos\phi}$$

البته این روابط را با استفاده از مثلثات کروی در بخش انتقال سیستم های مختصات نیز بدست آوردیم. حال اگر از رابطه دیفرانسیل کامل بگیریم داریم:

$$\cos(90-a) = \cos(90-\phi)\cos(90-\delta) + \sin(90-\phi)\sin(90-\delta)\cos(24-h) \Rightarrow \sin a = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos h \Rightarrow$$

$$\xRightarrow{\text{دیفرانسیل}} \cos a\, da = \cos\phi \sin\delta\, d\phi - \sin\phi \cos\delta \cos h\, d\phi - \sin h \cos\phi \cos\delta\, dh \Rightarrow$$

$$\cos a\, da = (\cos\phi \sin\delta - \sin\phi \cos\delta \cos h)\, d\phi - (\sin h \cos\delta) \cos\phi\, dh \Rightarrow \cos a\, da = (\cos A \cos a)\, d\phi + \sin A \cos a \cos\phi\, dh$$

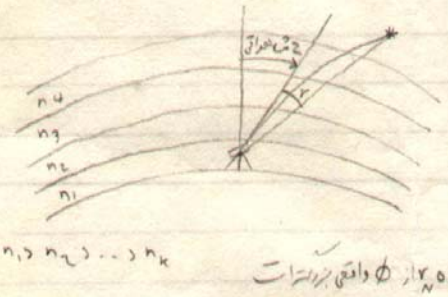
$$\Rightarrow 3\ d\phi = -\sec A\, dz - \cos\delta\, \operatorname{tg} A\, dh$$

با توجه به رابطه بالا می توان گفت که دقت تعیین ϕ به دقت اندازه گیری z و زمان دارد. حال اگر $A = \pi$ or $A = 0$ مقدار $d\phi$ اپتیمم می شود به عبارت دیگر اگر مشاهدات هنگام ترانزیت ستاره انجام شود آنگاه ϕ با بهترین دقت تعیین می شود. در روش ترانزیت دقت اندازه گیری زمان تأثیری در دقت ϕ ندارد.

$$4\ d\phi = -dz$$

روش ترازیت در تعیین ϕ :

گفتیم روش ترازیت بهترین روش در تعیین ϕ می باشد. اما می دانیم که به علت وجود اتمسفر با لایه‌های دارای ضریب شکست متفاوت فوریه ستاره یک مسیر منحنی شکل را در اتمسفر طی می‌کند که این باعث ایجاد خطا در قرائت زاویه قائم می شود بنابراین لازم است به طریقی خطای انکسار را حذف یا مینیمم کنیم برای این منظور ابتدا نحوه تاثیر خطای انکسار را می سنجیم :



$$Z_{\text{واقعی}} = Z_{\text{شاهدی}} + r$$

$$\phi_{\text{واقعی}} = \delta_N - Z_N = \delta_N - (Z_N + r_N) = (\delta_N - Z_N) - r_N$$

$\phi_{\text{شاهدی}}$

ϕ شاهدی به اندازه r_N از ϕ واقعی بزرگتر است

$$\phi_{\text{واقعی}} = \delta_S + Z_S = \delta_S + (Z_S + r_S) = (\delta_S + Z_S) + r_S$$

ϕ شاهدی به اندازه r_S از ϕ واقعی کوچکتر است.

$$\phi = \frac{\delta_N + \delta_S + (Z_S - Z_N) + (r_S - r_N)}{2}$$

در روش ترازیت اگر یک جفت ستاره متقارن در نزدیک به زنیت مشاهده شود اثر انکسار تقریباً حذف می‌شود. علت حذف خطای انکسار به خاطر ترکیب متقارن آن نسبت به سمت الرأس می باشد بنابراین فرمول تعیین ϕ برای نیمکره شمالی به صورت زیر است :

نیمکره شمالی

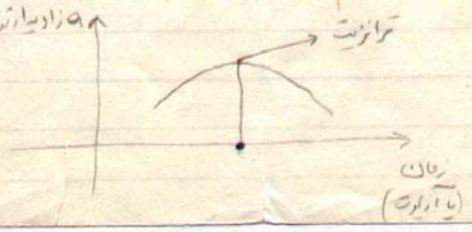
$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_N + \delta_S) + \frac{1}{2}(Z_S - Z_N)$$

نیمکره جنوبی

$$\phi = \frac{1}{2}(\delta_S - \delta_N) + \frac{1}{2}(Z_S - Z_N) + \frac{\pi}{2}$$

در نجوم در حدود ۲۵ جفت ستاره ترازیت می شود در نجوم درجه ۲، ۶ تا ۸ جفت ستاره ترازیت می شود.

نکته : در روش ترازیت با یک دوربین را در نصف النهار توجیه کنیم. برای این کار دوربین را به طور تقریبی در نصف النهار توجیه می کنیم و ستاره را قبل از ورود به نصف النهار تعقیب کرده و زاویه ارتفاعی آن را ثبت می کنیم و پس از خروج از نصف النهار نیز آنرا تعقیب می کنیم. لحظه ترازیت زمانی است که زاویه ارتفاعی ماکزیمم می شود.



فروتن 2007 : 10 : 19

ب - تعیین طول نجومی:

می دانیم که $\Lambda = LAST - GAST$ که در این رابطه پارامتر GAST را می توان از UT با همزمان سازی یک کرنومتر با یک زمان ایستگاه بدست آورد. و پارامتر LAST نیز از رابطه زیر بدست می آید.

بوسیله سیگنالهای زمانی رادیو HF بدست آورد.

$$LAST = h + \alpha \Rightarrow \cos h = \frac{\cos z - \sin\delta \sin\phi}{\cos\delta \cos\phi} \Rightarrow \Lambda = \arccos\frac{\cos z - \sin\delta\sin\phi}{\cos\delta\cos\phi} + \alpha - GAST$$

در معادله بالا ϕ معلوم است و چشمه می شود. برای بدست تعیین Λ از معادله بالا دیفرانسیل کامل می گیریم:

$$d\Lambda = -\sec\phi \cos A\, d\phi - \sec\phi \cos ec A\, dz - dT - d\Delta T$$

در رابطه بالا اگر $A = \frac{\pi}{2}$ یا $A = \frac{3\pi}{2}$ یعنی ستاره در روی دایره قائم اولیه مشاهده شود اثر ϕ از بین می رود و اثر z مینیمم می شود. برای مینیمم کردن اثر انکسار جفت ستارگان شرقی و غربی مشاهده می شوند در حالت ترانزیت $h = 0$ در نتیجه $\Lambda = \alpha - GAST$.

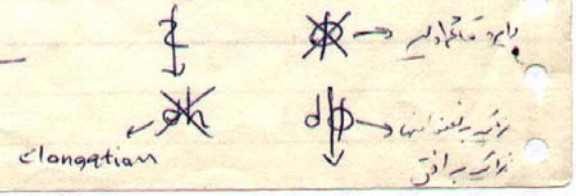
روش های دیگر تعیین Λ در مبحث زمان آورده می شود.

ج - تعیین آزیموت نجومی:

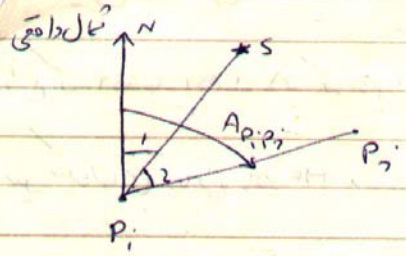
برای تعیین آزیموت نجومی یک ستاره از رابطه $\tan A = \frac{\sin h}{\sin\phi\cos h - \tan\delta\cos\phi}$ استفاده می شود که در این رابطه ϕ مشخص است و $h = GAST + \Lambda - \alpha$ خواهد بود که GAST از UT بدست می آید و Λ مشخص است. دقت تعیین آزیموت نجومی از رابطه زیر بدست می آید:

$$dA = \sin A \cot z\, d\phi + \cos\phi\,(\tan\phi - \cos A \cot z)\, dh$$

در رابطه بالا اگر مشاهده نزدیک به نصف النهار و در نزدیک سمت راس انجام شود تاثیر $d\phi$ مینیمم می شود. و تاثیر dh حذف می شود اگر $\tan\phi = \cos A \cot z$ که به معنی elongation می باشد یعنی وقتی نصف النهار رو دایره قائم ستاره بر هم عمود شوند. به یاد است که هر دو شرایط بالا با هم نمی توانند اتفاق بیفتند.



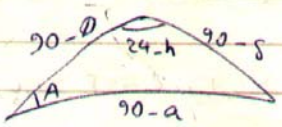
۱۷,B



$$Az_{P_iP_j} = \hat{1} + \hat{2}$$

2: قابل مشاهده و متغیر نسبت به زمان

1: آزیموت ستاره که قابل محاسبه است.



دورش برای محاسبه آزیموت

روش I) با داشتن δ و φ و a آزیموت را محاسبه می‌کنیم

$$\sin\delta = \sin\phi \sin a + \cos\phi \cos a \cos A$$

$$\Rightarrow \cos A = \frac{\sin\delta - \sin\phi \sin a}{\cos\phi \cos a}$$

روش مشاهده: به محض اینکه ستاره وسط نارتیکول قرار گرفت زاویه قائم و زاویه افق را می‌خوانیم

این روش زمانی که زمان سنج خوبی نداشته باشیم مورد استفاده قرار می‌گیرد اما به دلیل خطای انکسار دقت خوبی ندارد.

روش II) با داشتن δ و φ و Λ و Zt و α آزیموت را محاسبه می‌کنیم.

$$LST = (\underbrace{2t}_{\text{مشاهده شده}} - 3.5) \times 1.002737909 + \overset{\text{معلوم}}{\phi_{UT}} + \overset{\text{معلوم}}{\frac{\Lambda}{15}} \longrightarrow h = LST - \underbrace{\alpha}_{\text{معلوم}} \Rightarrow tg A = \frac{\sin h}{\cos h \sin\phi - tg\delta \cos\phi}$$

نکات:

ستاره قطبی برای آزیموت مناسب است تا خطای زمان را کم کنیم.

حالت elongation مناسب‌تر است.

IRAN FORM

فروتن 2007 : 10 : 19