دکتر حسن شمسی

# GPS. در نقشه برداری (۲)

اجزای نقشه برداری ماهواره

گفتیم نقشه برداری ماهواره نیازمند درک مجتمع از مباحث آمار، نجوم، ژئودزی و الکترونیک می‌باشد. چون ماهواره درفضا حرکت می‌کند، احتیاج به ارتباط دادن دستگاههای مختصات ثابت شده به فضا وثابت شده به زمین وجوددارد.(زمان هم دست کم به دو طرز داخل می‌شود. یکی آنکه دستگاههای مختصات رامربوط می‌کند و دوم آنکه تعیین زمان سیگنالهای انتقال داده شده بوسیلهٔ ماهواره ها اساس برای اندازه گیریست). همچنین درک تواناییها و محدودیتهای نقشه برداریGPSمحتاج به اطلاع از مکانیک حرکت مداری و پدیده هایی می‌باشد، که مسیر ماهواره ها را مورد تأثیر قرار می‌دهد.

## ۱) دستگاههای مختصات ژئوستریک و حرکتهای آنها

هر چه دستگاههای اندازه گیری پیشرفته تر و دقیقتر شوند، برای یافتن تعریفهای مناسب جهت دستگاههای مختصات مشکلتر می‌گردند. اساساً دو نوع دستگاه مختصات وجود دارد. دستگاه ثابت شده یا پیوسته به فضا و دستگاه ثابت شده یا پیوسته به زمین. با اینکه در روزهای اولیهٔ نجوم ژئودتیک محاسبهٔ حرکت محور دوران زمین در فضا(دستگاه مختصات پیوسته به فضا) بر مبنای الگوی زمینی صلب که بوسیلهٔ کشش خورشید و ماه رانده می‌شود بسنده به نظر می‌رسید، اینک لازم است الگوهای واقع بنیانه تری از زمین به کار برده شود از قبیل الگوهای قابل ارتجاع الاستیک و الگوهای با اندرون مایع، که در آنها رفتار غیر صلبی زمین هم منظور می‌شود. فنونGPS، تعیین برد لیزری ماه(LLR)، تعیین برد لیزری ماهواره(SLR)، اینتر فروستری خط مبنای خیلی طویل(VLBI)، همه نیازمند دستگاههای مختصاتی هستند که به طور دقیق تعریف شده باشند.

LLRکوته نوشتLunar Laser Ranging است.

SLRکوته نوشتSatellite Laser Rangingاست.

VLBIکوته نوشتVery Long Basline Interferometry است.

در دههٔ اخیر پژوهشهایی دربارهٔ تعریف دستگاههای مختصات به عمل آمده است. روی این موضوع نشستهای بین المللی متعددی با راهنمایی انجمن جهانی اخترشناسی (I A U)انجام گرفته است.A U اکوته نوشت.

International Astronomic Unionاست.

عبارتهای ریاضی که موضع محور دوران زمین را در فضا به صورت تابعی اززمان توصیف می‌کند، نظریهٔ جنبش محوری سال ۱۹۸۱ انجمن جهانی اخترشناسی است. این راWahrدر سال ۱۹۸۱ اعلام کرده است و آن شامل تمام حرکاتی‌می‌باشد که از خارج به محور دوران تحمیل شده است . در نتیجهٔ این تئوری، دیگر هیچگونه از مؤلفه های حرکت روزانهٔ تحمیلی در خصوص دستگاههای مختصات چسبیده به فضا یا به زمین وجود ندارد[1]. این قطب مراجعهٔ جدید را **قطب افه مریس آسمانی**(CEP)[2] در نظر می‌گیرند، و نه، قطب شمال آسمانی(NCP)[3] به صورتی که در زمانهای اولیه معمول بود.

آنچه که تعریف دستگاه مراجعهٔ چسبیده به زمین را پیچیده یا بغرنج می‌سازد تقسیم **لیتوسفر**زمین(۱۰۰ کیلومتر بیرونی تر قشر جامد زمین) به ۲۰ صفحهٔ تقریباً صلب می‌باشد که به نظر می آیند به طور مستقل حرکت می‌کنند. این صفحات به طور آهسته حرکت می‌کنند(یک تا ده سانتیمتر در هر سال)که به نیروهای رانندهٔ حاصل از حرکات درداخل زمین پاسخ می‌دهند. با اینکه این حرکات ربط زیادی به نقشه برداری محلی و ناحیه ای ندارند، در ژئودزی دارای اهمیت هستند زیرا اندازه گیری این حرکات به درک ژئوفیزیک و وقوع زلزله کمک می‌کند.

سرانجام، آن رصدخانه هایی که برای تعیین موضع محور دوران زمین نسبت به پوستهٔ زمین(حرکت قطبی)شرکت می‌کنند باید حرکت خودشان رامورد نظر قرار دهند، زیرا آنها به طور محکم و سخت به صفحات مربوط به خود چسبیده(یا ثابت شده)هستند. یک معرفی عالی در مورد تئوریهای جدید توجیه زمین و تعریف دستگاه مختصات توسطMueller , Moritzدر سال ۱۹۸۷ داده شده است.

## ۲)سبقت و جنبش محوری

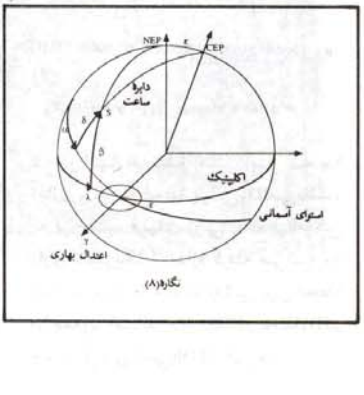
سبقت[۴] و جنبش محوری[۵] به حرکت محور دوران زمین در فضا رجوع می‌شوند. برای توصیف و متصورسازی این حرکات، تصور یک **کره توجیه** را به کارمی‌بریم. محل این کره اهمیت ندارد، زیرا فقط برای نمایش دادن جهتها به کار برده می‌شود. هر جهت، از قبیل جهت محور دوران زمین، می‌تواند به طور موازی آنقدر تغییر محل داده شود تاازمرکز کره، هر جایی که در نظر داریم این مرکز باید قرار داشته باشد، عبور کند(نگارهٔ ۸). محل تلاقی جهت محور دوران این طور تغییر محل یافتهٔ زمین را با کرهٔ توجیه باCEPنشان می‌دهیم. اندازهٔ واقعی کره و فاصلهٔ آن تایک شیئی نیز بی اهمیت است. فقط تقاطع کره با جهت است که مهم می‌باشد. بنابراین منطقی است که، مثلاً CEPرا موضع قطب افه مریس آسمانی روی کرهٔ توجیه بنامیم. در این معنا،NEPموضع قطب اکلیپتیک شمالی[۶] را نشان می‌دهد.

صفحات اکلیپتیک و استوا، که متوالیاً بر جهتهای NEP وCEP عمود می‌باشند، به طور موازی آن قدر تغییر محل داده شده اند که شامل مرکز کره می‌باشند و کره رادر دو دایرهٔ بزرگ متمایز قطع می‌کنند. تقاطع اکلیپتیک و استوا، به نوبت، جهت اعتدال بهاری $\gamma$ را تعیین می‌کند. زاویه $\varepsilon$ بین اکلیپتیک و استوا را میل یا کجی[۷] می‌نامند.

درنگارهٔ(۸)دستگاههای مختصات آسمانی مشاهده می‌شود. استوا و اکلیپتیک و تقاطع آنها مراجعه های اساسی برای دستگاههای مختصات آسمانی می‌باشند.

همان طور که اشاره شد جهتها و صفحاتی که بدین ترتیب توصیف شده اند به عنوان مراجعهٔ اساسی برای تعریف دستگاههای مختصات آسمانی(چسبیده به فضا) به کار می‌روند. فرض می‌کنیم Sموضع یک شیئ آسمانی، از قبیل، یک ستاره باشد. صفحه ای که به توسط CEP – Sومرکز کره تعیین می‌شود کرهٔ توجیه را در دایرهٔ بزرگ دیگری موسوم به **دایرهٔ ساعت**[۸] قطع می‌کند. حالا می‌توان موضع ستارهٔ S(یا هر شیئ فضایی طبیعی یا مصنوعی دیگر) را به توسط **صعود راست** $\alpha$ **وانحراف** $\delta$ تعیین کرد.صعود راست‌زاویه ای است واقع در صفحهٔ استوا که از اعتدال بهاری تا دایره ساعت در خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت اندازه گرفته می‌شود. انحراف عبارت است از زاویه شیئ آسمانی در فوق یا در زیر صفحهٔ استوا که در صفحهٔ دایرهٔ ساعت اندازه گرفته می‌شود؛ این زاویه برای مواضع واقع در نیمکرهٔ شمالی مثبت و در نیمکرهٔ جنوبی منفی درنظر گرفته می‌شود. به طور مشابه، می‌توان موضع یک شیئ آسمانی را نسبت به دستگاه اکلیپتیک به توسط طول جغرافیایی اکلیپتیک $\lambda$ و عرض جغرافیایی اکلیپتیک $\beta$ تعیین کرد. این دو دسته مختصات از طریق کجی $\varepsilon$ به هم مرتبط می‌باشند.

اگر مرکز کرهٔ توجیه در خورشید قرار گرفته باشد، مواضع اشیاً آسمانی را مواضع از مرکز خورشید حساب شده و یا هلیوسنتریکی[۹] می‌گویند. اگر مرکز کرهٔ توجیه در مرکز زمین باشد، موضع یک شیئ آسمانی را موضع از مرکز زمین حساب شده یا موضع **ژئوسنتریکی** آن می‌گویند. اگر مرکز کرهٔ توجیه درایستگاه ناظر روی سطح زمین باشد آنوقت، موضع یک شیئ آسمانی را نسبت بآن موضع **توپوسنتریکی**، یا از **محل حساب شدهٔ** آن شیئ می‌گویند. این موضعها برای ستاره ها به علت فاصلهٔ بزرگ تا آنها خیلی‌زیاد اختلاف ندارند. ولی، برای ماهواره های زمین بین موضعهای ژئوسنتریک و توپوسنتریک یک اختلاف بزرگ موجود می‌باشد.



نگاره(۸)

متأسفانه، عرض و طول جغرافیایی اکلیپتیکی و صعود راست و انحراف توابعی هستند از زمان؛ یعنی، جهتهای مربوطهٔNEP , CEPدر فضا ثابت نمی‌باشند. حرکتNEP و از این قرار اکلیپتیک، را **سبقت سیاره ای** می‌گویند. این در واقع یک حرکت خیلی آهسته است.CEPو بنابراین استوای آسمانی یک حرکت پریودیک طولانی(به نام سبقت خورشیدی قمری) و تعداد زیادی حرکتهای پریودیک کوتاه (به نام جنبش محوری)[۱۰] اجرا می‌کنند. علت سبقت و جنبش محوری، نیروی جاذبهٔ مدام در حال تغییر خورشید و ماه (و همچنین مقدار اندکی هم سیارات) بر زمین می‌باشد. به موجب قانون جاذبه نیوتون، نیروی جاذبه بین دو جسم به طور مستقیم متناسب است باجرمهای آنها و به طور معکوس متناسب است با مجذور فاصلهٔ آنها. به علت حرکات مداری زمین و ماه، جدایی خورشید، ماه و زمین به طور پیوسته تغیر می‌کند. چون این تغییرها پریودیک می‌باشند، سبقت و جنبشهای محوری حاصله نیز توابع پریودیک از زمان هستند؛ که این پریودیکی بودن را در حرکات مداری خورشید و ماه منعکس می‌سازند؛ تنها استثناء سبقت سیاره ای (کوچک) می‌باشد. به علت قانون جاذبهٔ نیوتون، شکل و فرم توزیع جرم زمین برای محاسبهٔ دقیق سبقت و جنبش محوری بحرانی(با انتقاد آمیز) است. مهمترین موردها عبارت اند از پهن شدگی زمین و عدم تطابق صفحهٔ استوایی با اکلیپتیک(و عدم تطابق صفحهٔ مداری ماه با اکلیپتیک). اثرات غیر

صلب بودن زمین روی جنبشهای محوری رامی‌توان با دستگاههای اندازه گیری دقیق امروزی مشاهده کرد. یک زمین کروی با توزیع یکنواخت چگالی، نه دارای سبقت و نه جنبش محوری است.

نگارهٔ(۹)، بزرگ شدهٔ بخش کوچکی از نگارهٔ(۸) می‌باشد. در این نگاره جهت اعتدال بهاری متوسط $\gamma_e$ از تلاقی اکلیپتیک متوسط و استوای متوسط به دست می آید. این نگاره محل اکلیپتیک و استوا رابرای یک لحظهٔ آغازی $T_s$ وقتی که فقط به توسط سبقت رانده شده اند نشان می‌دهد. اگر فقط سبقت را در نظر بگیریم، استوا و اکلیپتیک در لحظهٔ $T_e$ نسبت به مواضع آنها در لحظهٔ $T_s$ فرق خواهد داشت.

حال یک دستگاه مختصات کارتزین در نظر می‌گیریم که محورهای اول و سوم آن، به طور متوالی، با اعتدال بهاری $\gamma_s$ وCEPدر لحظهٔ $T_s$ منطبق باشند( به نگارهٔ ۸ هم توجه کنید). جهت محور دوم طوری است که یک دستگاه مختصات دست راستی راتکمیل می‌سازد. به سهولت دیده می‌شود که تبدیل بین این دو لحظه چنین است:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha_{m_e},\delta_{m_e}} = P \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha_{m_s},\delta_{m_s}} \qquad (1)$$

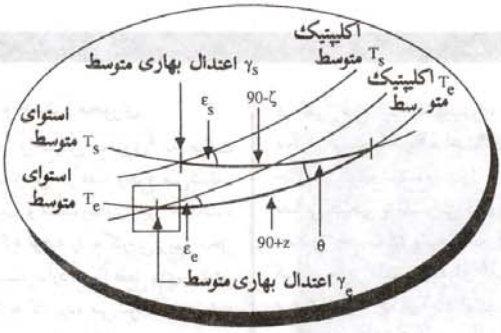
که در آن:

$$P = R_3(-90 - Z)\, R_1(\theta)\, R_3(90 - \zeta) \qquad (2)$$

(به تبصرهٔ ۱ در انتهای مقاله برای یک تعریف از ماتریسهای دورانی $R_i$رجوع کنید) زیرنویس mنشانهٔ موضع متوسط که فقط از سبقت به دست آمده است می‌باشد. بدین ترتیب $m_e$ ، $m_s$ به طور متوالی، نشانه های موضعهای متوسط در لحظه های $T_s$ ، $T_e$ می‌باشند. صعود راست و انحراف ازعبارت کلی زیر حساب می‌شوند.

$$\alpha_m = \mathrm{Tan}^{-1}\frac{y}{x} \qquad (3)$$

$$\delta_m = \tan^{-1}\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \qquad (4)$$




نگارهٔ(۹)

توجه داشته باشیدکه علامت جبری صورت و مخرج(۳)ربع[11] صعود راست را تعیین می‌کند، که $0^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ می‌باشد. دستگاه مختصات رانده شده فقط به توسط سبقت را دستگاه مختصات متوسط آسمانی و موضعهای مربوطه را موضعهای متوسط آسمانی می‌گویند؛ بدین ترتیب صحبت از صعود راست متوسط وانحراف متوسط می‌شود.

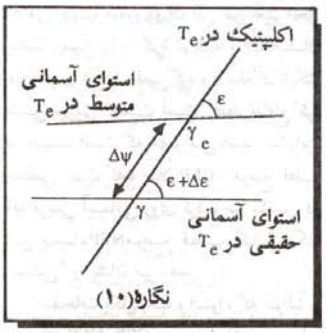
زاویه های( $\theta$ ،Z، $\zeta$ )راپارامترهای سبقت استوایی می‌نامند. می‌توان آنها را به صورت زیر محاسبه کرد(کاپلان در ۱۹۸۱):

$$\zeta = (2306".2181 + 1".39656\,T - 0".000139\,T^2)t + (0".30188 - 0".000344\,T)t^2 + 0".017998\,t^3 \qquad (5)$$

$$z = (2306".2181 + 1".39656\,T - 0".000139\,T^2)t + (1".09468 + 0".000066\,T)t^2 + 0".018203\,t^3 \qquad (5)$$

$$\theta = (2004".3109 - 0".85330\,T - 0".000217\,T^2)t - (0".42665 + 0".000217\,T)t^2 - 0".041833\,t^3 \qquad (6)$$

که در آنها tفاصلهٔ زمانی بین لحظهٔ آغازی $JD_s$[12] و لحظهٔ پایانی $JD_e$می‌باشد، که بر حسب قرنهای ژولی زمان دینامیکی باری سنتریک[13]اندازه گرفته می‌شود Tو عبارت است از فاصلهٔ زمانی بین لحظهٔ مراجعه(با استاندارد)2000.0Jو لحظهٔ $JD_s$بر حسب قرنهای ژولیTDBاز این قرار:




نگارهٔ(۱۰)

$$t = (JD_e - JD_s) / 36525 \qquad (7)$$

$$T = (JD_s - 2451545.0) / 36525 \qquad (8)$$

اصطلاحات تاریخ ژولی، قرن ژولی، و زمان دینامیکی باری سنتریک در بند(۵)تعریف خواهد شد.

کجی متوسط $\varepsilon$ ، یعنی، زاویه بین اکلیپتیک و استوای آسمانی به صورت رانده شده به توسط سبقت چنین می‌باشد:

$$\varepsilon = 23^\circ 26'21".448 - 46".8150\,T - 0".00059\,T^2 + 0".001813\,T \qquad (9)$$

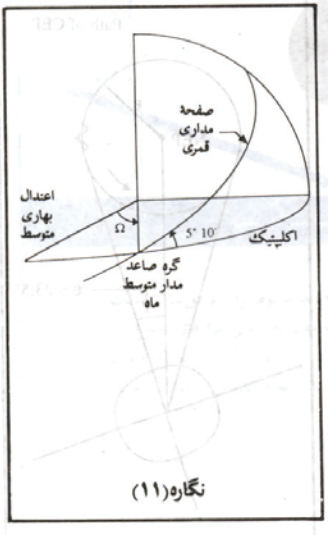
استوای آسمانی حقیقی بر محور دوران زمین عمود است و به توسط سبقت وجنبش محوری رانده می‌شود. از این قرار استوای حقیقی آسمانی با استوای متوسط به اندازه جنبشهای محوری که برای لحظهٔ مطلوب $JD_e$حساب شده باشند اختلاف دارد. نگارهٔ(۱۰) که بزرگ شدهٔ بخش

جدول(۳): صورت بندی بخشی جنبشهای محوری IAU, 1980

| | آرگومان | | | | | پریود | طول جغرافیایی | | کجی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l | l′ | F | D | Ω | (روزها) | 0".0001 | | 0".0001 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6798.4 | −171996 | −174.2T | 92025 | 8.9T |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3399.2 | 2062 | 0.2T | −895 | 0.5T |
| 3 | 0 | 0 | 2 | −2 | 2 | 182.6 | −13187 | −1.6T | 5736 | −3.1T |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 365.3 | 1426 | −3.4T | 54 | −0.1T |
| 5 | 0 | 1 | 2 | −2 | 2 | 121.7 | −517 | 1.2T | 224 | −0.6T |
| 6 | 0 | −1 | 2 | −2 | 2 | 365.2 | 217 | −0.5T | −95 | 0.3T |
| 7 | 0 | 0 | 2 | −2 | 1 | 177.8 | 129 | 0.1T | −70 | 0.0T |
| 8 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 13.7 | −2274 | −0.2T | 997 | −0.5T |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27.6 | 712 | 0.1T | −7 | 0.0T |
| 10 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 13.6 | −386 | −0.4T | 200 | 0.0T |
| 11 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 9.1 | −301 | 0.0T | 129 | −0.1T |
| 12 | 1 | 0 | 0 | −2 | 0 | 31.8 | −158 | 0.0T | −1 | 0.0T |
| 13 | −1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 27.1 | 123 | 0.0T | −53 | 0.0T |

$$L = 485866''.733 + (1325^r + 71522''.633)T + 31''.310T^2 + 0''.064T^3$$
$$L = 1287099''.804 + (99^r + 1292581''.224)T - 0''.577T^2 - 0''.012T^3$$
$$F = 335778''.877 + (1342^r + 295263''.137)T - 13''.257T^2 + 0''.011T^3$$
$$D = 1072261''.307 + (1236^r + 1105660''.328)T - 6''.891T^2 + 0''.019T^3$$
$$\Omega = 450160''.280 + (5^r + 482890''.539)T + 7''.455T^2 + 0''.008T^3 \qquad 1^r = 360^\circ = 1296000''$$

این آخرین دستهٔ جنبشهای محوری غیر صلبی بودن زمین را مورد نظر قرار می‌دهد.



نگاره(۱۱)

کوچکی از نگارهٔ(۹) می‌باشد جنبش محوری را در طول جغرافیایی $\Delta\Psi$ و در کجی $\Delta\varepsilon$ نشان می‌دهد. در این نگاره جهت اعتدال بهاری حقیقی به توسط تقاطع اکلیپتیک و استوای حقیقی آسمانی تعیین می‌شود.

دوباره اگر یک دستگاه مختصات کارتزین را طوری در نظر بگیریم که محور اولش براعتدال بهاری متوسط تاریخ منطبق باشد، و محور سوم آن بر استوای متوسط تاریخ عمود باشد، و محور دوم آن یک دستگاه مختصات دست راستی را تکمیل نماید، چنین نتیجه می‌شود:

(۱۰)
$$\begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix}_{\alpha,\delta} = N \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix}_{\alpha_{m_e},\ \delta_{m_e}}$$

که در آن،

$$N = R_1(-\varepsilon - \Delta\varepsilon)\, R_3(-\Delta\Psi)\, R_1(\varepsilon) \qquad (11)$$

می‌توان صعود راست حقیقی $\alpha$ و انحراف حقیقی $\delta$ را از معادلات(۱۰) و (۱۱) محاسبه کرد. تبدیل کامل از مواضع متوسط در لحظه $JD_s$ تا مواضع حقیقی در لحظهٔ $JD_e$ چنین اجرا می‌شود:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha,\delta} = NP \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \qquad (12)$$

اجزای جنبش محوری به توسط عبارتهای زیر داده می‌شوند(کاپلان در ۱۹۸۱):

(۱۳)

$$\Delta\varepsilon = -(17''.1996 + 0''.01742\,T)\sin(\Omega) - (0''.2062 + 0''.00002\,T)\sin(2\Omega) + \cdots$$
$$+ (1''.3187 + 0''.00016\,T)\sin(2F - 2D + 2\Omega) + \cdots$$

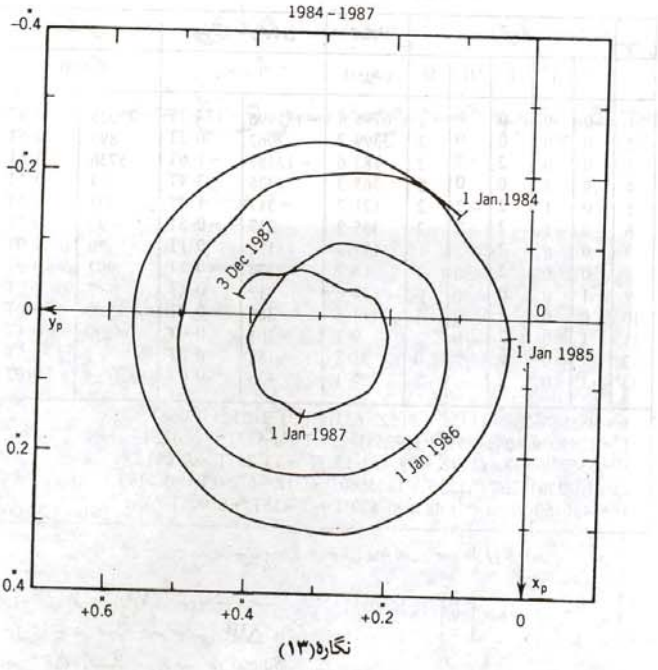
(۱۴)

$$\Delta\psi = (9''.2025 - 0''.00089\,T)\cos(\Omega) + (-0''.0895 + 0''.00005\,T)\cos(2\Omega)$$
$$- (0''.5736 - 0''.00031\,T)\cos(2F - 2D + 2\Omega) + \cdots$$

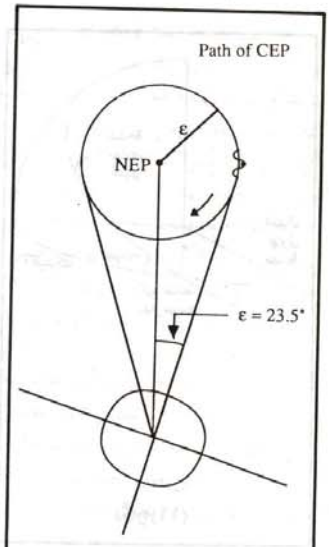
جدول(۳) حاوی تمام جمله ها با ضرایب بزرگتر از $0''.01$ می‌باشد. دستهٔ کامل جنبشهای محوری حاوی ۱۰۶ فقره است. پریودهای جنبشهای محوری تقریباً از 18.6 سال(6798.4روز) تا ۵ روز تغییر می‌کند. اجزای $(\Omega, D, F, l', l)$ موضعهای متوسط خورشید و ماه را توصیف می‌کنند. $\Omega$ که بصورت یک آرگومان در جملهٔ اول معادلات(۱۳)و(۱۴) ظاهر می‌شود، دارای جالبی خاصی است. این بزرگترین جنبش محوری بایک پریود 18.6سال می‌باشد، که با یک دوران کامل صفحهٔ مداری قمری بدور قطب اکلیپتیک متناظر است( به نگارهٔ ۱۱ توجه کنید). همان پدیدهٔ فیزیکی که مسؤل برای جنبشهای محوریست برای ایجاد پریود جزر و مدی18.6سال نیز مسؤل می‌باشد. چون جزر و مدها و جنبش محوری به سبب جاذبه ثقلی خورشید و ماه بوجود می آیند، تبدیل کردن سری ریاضی جنبشهای محوری به سری متناظرهٔ جزر و مدها، در واقع، امکان پذیر می‌باشد.

در نگارهٔ(۱۱) دوران صفحهٔ مداری قمری نشان داده شده است. با اینکه ماه یک گذرمداری رادر یک ماه تمام می‌کند، برای یک گردش کامل صفحهٔ مداری به دور قطب اکلیپتیک 18.6سال طول می‌کشد.

نگارهٔ(۱۲) حرکتCEPناشی از سبقت و جنبش محوری ماه و خورشیدی را خلاصه می‌کند. تکمیل دایرهٔ سبقتی‌در حدود26,000سال طول می‌کشد. طرح(یا پاترن) جنبش محوری در هر 18.6 سال تکرار می‌شود. نگارهٔ(۱۲) سبقت و جنبش محوری ماه و خورشیدی[۱۴]را نشان می‌دهد.CEPجهت محور دوران زمین است؛ حرکت فضایی آن تابعی است از سبقت و جنبش محوری.




نگاره(۱۳)




نگاره(۱۲)

سبقت و جنبش محوری ماه و خورشیدی

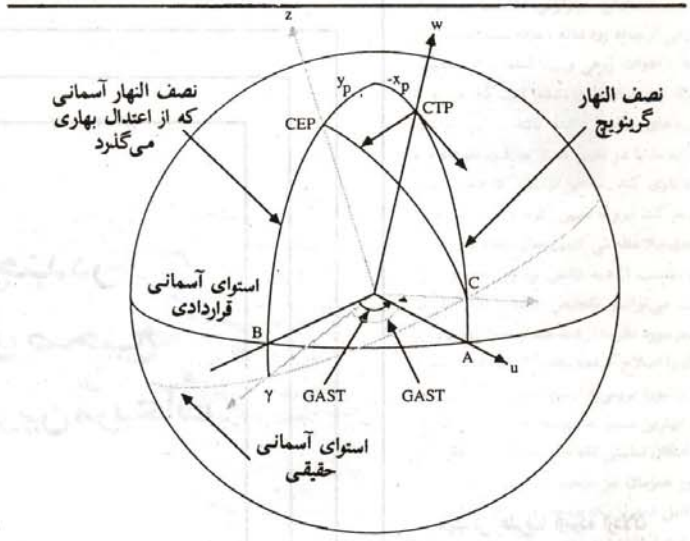
## ۳) سیستم مراجعهٔ زمینی قراردادی

تعریف یک سیستم مراجعهٔ زمینی قراردادی[15] باید به حرکت محور دوران زمین نسبت به پوستهٔ زمین[16] نیز پاسخ دهد. این حرکت را حرکت قطبی می‌گویند. مسیر محور دوران در نگارهٔ(۱۳) برای زمانهای از1984تا1988نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود، حرکت کمی پریود یک است. طیف کامل حرکت قطبی حاوی یک پریود تقریباً 434روز می‌باشد که آن را پریود شمع ساز[17] می‌نامند. دامنه تغییر می‌کند ولی به نظر از ۱۰ متر تجاوز نمی‌کند. علل حرکت قطبی هنوز به طور رضایت بخش تعبیر نشده است. تکنیکهای جدید از ژئودزی فضایی به طور امیدبخش به یک درک بهتر از این پدیده منجر خواهدشد. درنگارهٔ(۱۳) حرکت قطبی نشان داده می‌شود. محور دوران زمین نسبت به پوسته زمین حرکت می‌کند. تعیین دقیق این حرکت یکی از اهداف ژئودزی فضایی امروزی است.

درCTPمی‌باشد، محورxدر طول نصف النهار گرینویچ، و محورyدر طول نصف النهار270مثبت است. مختصات قطبی به توسط مشاهدات اپتیکی ستاره تعیین می‌شدند ولی حالا از طریق تکنیکهای ژئودتیک فضایی معین می‌شوند از قبیل تعیین پردازی ماه[20]، تعیین پردازی ماهواره[21]، و اینترفرومتری باخط مبنای خیلی‌طویل[22]. توجه کنید که مرکز شکل قطبی امروزی شامل‌CTPنیست. آنجا به نظر سرگردانی قطبی[23] وجود دارد( تغییر محل تدریجی مرکز شکل به خارج‌CTP). این پدیده منتظر یک تغییر علمی رضایت بخش نیز می‌باشد.

مرکز شکل حرکت قطبی برای سالهای(۱۹۰۰تا۱۹۰۵)، که تا سالهای اخیر مبدأ بین المللی قراردادی[18] نامیده می‌شد، برای تعیین موضع محور سومCTRSبه کار برده شده است. با معرفی دستهٔ اصلاح شده از جنبشهای محوری، این نقطه از این پس **قطب زمینی قراردادی**[19] نامیده می‌شود. CEPبه وسیلهٔ مختصات حرکت قطبی($x_p$ ، $y_p$) بهCTPمراجعه داده می‌شود. مبدأ دستگاه مختصات حرکت قطبی درCTPمی‌باشد، محور xدر طول نصف النهار گرینویچ، و محور yدر طول نصف النهار 270مثبت است. مختصات قطبی به توسط مشاهدات اپتیکی ستاره تعیین می‌شدند ولی حالا از طریق تکنیکهای ژئودتیک فضایی تعیین می‌شوند از قبیل تعیین بردلیزری ماه[20] تعیین بردلیزری ماهواره[21] و اینترفرومتری با خط مبنای خیلی طویل[22] توجه کنید که مرکز شکل حرکت قطبی امروزی شامل‌CTP نیست. آنجا به نظر سرگردانی قطبی[23] وجود دارد (تغییر محل تدریجی مرکز شکل به خارج CTP). این پدیده منتظر یک تعبیر علمی رضایت بخش نیز می‌باشد.

استوای زمینی قراردادی بر راستایCTPعمود است. محور سوم دستگاه مختصات زمینی قراردادی باCTPمنطبق




نگاره(۱۴)

می‌باشد؛ محور اول به توسط تقاطع استوای زمینی و نصف النهارگرینویچ تعیین می‌شود. این نقطه در نگارهٔ(۱۴) با Aنشان داده شده است. در این نگاره سیستم(یا دستگاه) زمینی قراردادی مشاهده می‌شود. برای پرهیز از وابستگی مواضع ایستگاههای زمینی به زمان،CTRSبه CTPو نصف النهارگرینویچ مراجعه داده می‌شود. در بند بعد شرح اضافی راجع به تعریف نصف النهارگرینویچ داده خواهد شد. محور دوم طوری است که یک دستگاه مختصات دست راستی شده را تکمیل می‌سازد. چون مختصات حرکت قطبی در مقایسهٔ با قوس90درجه ای از قطب تا استوا کوچک می‌باشند، می‌توان به سهولت محقق ساخت که زاویهٔ از اعتدال بهاری تا نقطهٔCکه روی استوای آسمانی حقیقی اندازه گرفته می‌شود، و زاویهٔ ازBتاAکه روی استوای زمینی اندازه گرفته می‌شود، برای تمام منظورهای عملی ممکن است یکسان در نظر گرفته شوند. این زاویه، زمان سیدرال گرینویچ[۲۴] را نمایش می‌دهد. از آنجا چنین نتیجه می‌شود:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{Gr} = R_3(GAST) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{\alpha,\delta} \qquad (۱۵)$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} = R_{\gamma 1}(-X_p) R_{\gamma 2}(-Y_p) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \qquad (۱۶)$$

دستگاه مختصات $_{Gr}(X)$ به طورکامل به زمین چسبیده نمی‌باشد زیرا محور سوم با حرکت قطبی حرکت می‌کند؛ آنرا بعضی اوقات **دستگاه مختصات انی زمینی** می‌گویند.

۱)Mueller, Leickدر سال ۱۹۷۹

2)Celestial Ephemeris Pole

3)North Celestial Pole

4)Precession

5)Nutation

6)North Ecliptic Pole

7)Obliquity

8)Hour Circle

9)Heliocentric

10)Nutation

11)quadrant

12)JD:Julian date تاریخ ژولی

13)TDB

14)Lunisolar

15)CTRS

16)Lithospher

17)Chandler Period

18)CIO

19)CTP

20)LLR

21)SLR

22)VLBI

23)Polar Wander

24)GAST

اخبارG.P.S

## دسترسی انتخابی[۱] یاSAمجدداً روشن شد

چندی پیش پنتاگون اعلام کرد که ازاوّل جولای ۱۹۹۱ ساعت ۴ به وقت گرینویچ اعمالSAرا بر روی سیگنال. G.P.Sآغاز کرده است.SAکه تنها برای ماهواره های بلوک ۲ وجود دارد موجب کاهش دقت قابل دسترس استفاده کنندگان غیر نظامی.G.P.S(استفاده کنندگانی که به گیرنده های غیر نظامی یا معمولی دسترسی دارند) به میزان ۱۰۰ متر می‌گردد.

SAدر اوت ۱۹۹۰ با آغاز بحران خلیج فارس خاموش گردید. در جریان جنگ خلیج فارس آمریکا ازG.P.Sبه صورت بسیار موثری بهره برد. به طوری که در طی این عملیات وزارت دفاع آمریکا اقدام به خرید چند هزار گیرندهٔ معمولی(غیر نظامی).G.P.Sکرد.SAدر تمام طول جنگ خاموش بود و بدین خاطر گیرنده های معمولی(غیرنظامی) قادربودند که از دقت بالای .G.P.Sبرخوردار گردند.

اگر چه روش تفاضلی می‌تواند اثرSAرا خنثی سازد، اما وزارت دفاع آمریکا همچنان در به کارگیری سیاستSA مُصِر است.

1)SA : Selective Availability