



روش هندسی برای تعیین ژئوئید

ترجمه و تنظیم: مهندس حسین نهاوندچی

راه حل هندسی برای تعیین ژئوئید

پیشگفتار

صرفاً اختلاف ارتفاع ژئوئید، از روش زوایای انحراف قائم به دست می آید. معادلات مربوط به شیب ε ژئوئید در هر امتدادی (نگاره ۲) با افزایش ارتفاع ژئوئید به اندازه dN ، تعمیم فرمولهای زیر است:

مؤلفه نصف النهاری انحراف قائم

$$\xi = -\frac{1}{R} \frac{\delta N}{\delta \varphi}$$

مؤلفه قائم اولیه انحراف قائم ξ و η

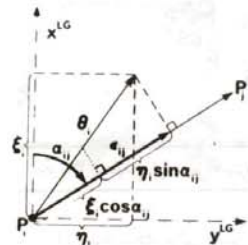
$$\eta = -\frac{1}{R \cos \varphi} \frac{\delta N}{\delta \lambda}$$

با تثبیت علامت قراردادی ξ و η می توانیم رابطه زیر را بنویسیم:

$$\varepsilon = -\frac{dN}{dS}$$

ارتباط بین ε و مؤلفه های انحراف قائم به وسیله فرمول زیر به دست می آید:

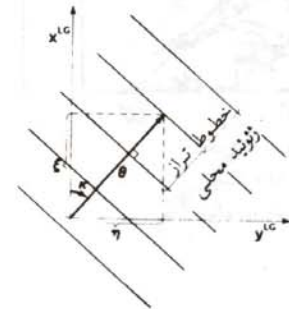
$$\varepsilon_{ij} = \xi_{ij} \cos \alpha_{ij} + \eta_{ij} \sin \alpha_{ij}$$



نگاره ۲ تصویر انحراف قائم در آزیموت دلخواه α_{ij}

که اگر مختصات نجومی با مختصات ژئودتیک برابر باشد، شیب ژئوئید صفر می شود، و ژئوئید در آن نقطه موازی با بیضوی رفرانس ژئودتیک می شود.

می دانیم که بیضوی رفرانس مورد نیاز برای تعیین موقعیت ژئودتیکی به ندرت، ژئوستریک می باشد. بنابراین ژئوئید تعیین شده از روش زوایای انحراف نجومی به ندرت به یک بیضوی ژئوستریک نسبت داده می شود. (برعکس روش گراویمتری و ماهواره ای که برای تعیین ارتفاع ژئوئید (N) از بیضوی ژئوستریک استفاده می کنند).



نگاره ۱ مؤلفه های انحراف قائم و شیب ژئوئید

همچنین به علت اینکه، ارتباط بین مؤلفه های انحراف قائم و ارتفاع ژئوئید، اکیداً محلی می باشد، فقط اطلاعات زاویه انحراف قائم از ناحیه مورد نظر برای فراهم کردن ژئوئید در آن ناحیه لازم می باشد.

همان طور که می دانید، ارتفاع ژئوئید (N) یکی از پارامترهای مهم در فیزیکال ژئودزی می باشد، که یکی از کاربردهای اساسی آن تعیین بهترین بیضوی مرجع (رفرانس) است، برای تعیین ژئوئید از روشهای مختلف ماهواره ای، هندسی و فیزیکی استفاده می شود که مقاله فوق یکی از روشهای تعیین هندسی ژئوئید می باشد.

بدیهی است که، انحراف قائم روی ژئوئید، ماکزیمم شیب ژئوئید نسبت به بیضوی رفرانس است. همچنین می دانیم که می توان انحراف قائم روی ژئوئید را از انحراف قائم روی سطح زمین به دست آورد، که با استفاده از تصحیحی برای اثر انحنا خط شاقولی واقعی مابین سطح زمین و ژئوئید، میسر می باشد.

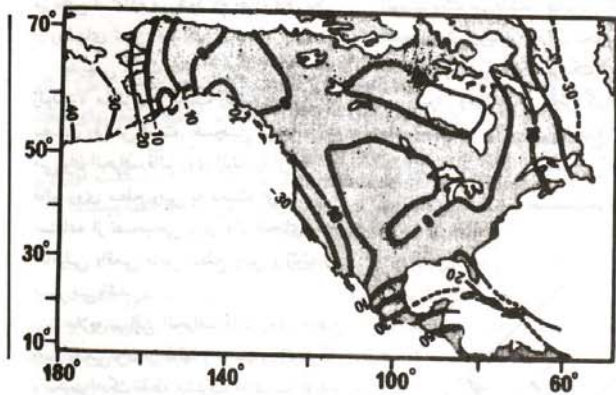
علاوه بر این انحراف قائم روی سطح زمین را می توان از طولها و عرضهای ژئودتیک و نجومی یک نقطه مشترک به دست آورد، که در عمل زاویه انحراف نجومی یا زاویه انحراف استروژئودتیک^۱ نامیده می شود. بنابراین، با صرف نظر کردن از انحنا خط شاقولی، مختصات نجومی λ و φ و مختصات ژئودتیکی φ و λ یک نقطه در روی سطح زمین، همه اطلاعات لازم درباره شیب ژئوئید در آن نقطه را به ما می دهد. که این اطلاعات عبارت اند از: امتداد انحراف قائم که با امتداد ماکزیمم شیب منطبق می شود، و اندازه انحراف که مساوی اندازه شیب است (نگاره ۱).

بدیهی است که شیب مشخص شده در این روش، به بیضوی ژئودتیک رفرانسی نسبت داده می شود، که در آن مختصات ژئودتیکی در نظر گرفته شده اند. واضح است



باید معلوم باشد. طبیعی است که از مبداء شبکه ارتفاعی برای این منظور استفاده کنیم، از آنجایی که ارتفاع ژئوئید (مقداری که اختلاف بیضوی فرانس تا ژئوئید را تثبیت (فیکس) می‌کند.) تعریف شده است. با این وجود هر نقطه دیگر به عنوان ارتفاع ژئوئید مورد نظر، می‌تواند استفاده شود.

مثالی از ژئوئید به دست آمده از روش استروژئودتیک در قاره آمریکای شمالی در نگاره (۴) نشان داده شده است [فیشر و همکارانش - 1967]. این ژئوئید به بیضوی NAD27 مربوط می‌شود.



نگاره ۴ سرویس تهیه نقشه ارتش آمریکا ژئوئید ۱۹۶۷ (مربوط به NAD27) منحنی میزانها به متر هستند.

افقی، پیمایشهای مختلفی ممکن است انتخاب شود، که از مسیرهای مختلف انجام می‌شود. این پیمایشها می‌تواند به هم متصل شود، تا شبکه ای را بسازند. مشابه روشی که در شبکه های ترازیبی یا گراویتی انجام می‌شود.

شبکه ترازیبی استروژئودتیک می‌تواند با استفاده از روشهای متداول تعدیل، (سرشکنی یا اجسمنت) در شبکه های ترازیبی تعدیل شود.

برای تبدیل اختلاف ارتفاع ژئوئید تعدیل شده به ارتفاعات ژئوئید، حداقل ارتفاع ژئوئیدیک نقطه، ترجیحاً نقطه انحراف قائم،

حال فرض می‌کنیم که مؤلفه های انحراف قائم در طول یک منحنی روی ژئوئید معلوم هستند، پس اختلاف ارتفاع ژئوئید مابین دو نقطه A و B انتهای منحنی می‌تواند به صورت زیر به دست آید.

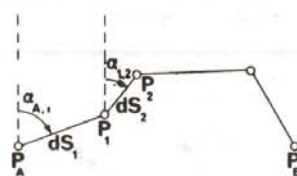
$$N_B - N_A = \int_A^B dN = - \int_A^B \epsilon \, ds = - \int_A^B (\xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha) \, ds$$

در عمل مؤلفه های انحراف قائم فقط در بعضی از نقاط کنترل ژئوئیدیک معلوم هستند، که به عنوان نقاط انحراف قائم معروف می‌باشند. و بهترین کاری که می‌توانیم انجام دهیم، این است که دو انتهای نقاط را به وسیله پیمایشی شامل، نقاط با انحراف قائم قابل دسترسی، متصل نماییم. همان طوری که در نگاره ۳ نشان داده شده است؛ اختلاف ارتفاع ژئوئید، از فرمول تقریبی زیر به دست می‌آید:

$$N_B - N_A = - \sum_{i=1}^n \epsilon_i \, ds_i$$

جایی که می‌توانیم، ϵ_i را از فرمول زیر محاسبه کنیم:

$$\epsilon_i = \frac{1}{2} [(\xi_{i-1} + \xi_i) \cos \alpha_{i-1,i} + (\eta_{i-1} + \eta_i) \sin \alpha_{i-1,i}] N^0$$



نگاره ۳ پیمایش ترازیبی استروژئودتیک

این تکنیک برای اولین بار بوسیله هلمرت [1880] پیشنهاد شد و هم اکنون به عنوان ترازیبی استروژئودتیک شناخته می‌شود. واضح است که در یک شبکه

- 1) Astro - Geodetic
- 2) HELMERT
- 3) FISCHER

() از کتاب Geodesy the Concepts