



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مرجع کامل کنکور

ژئودزی

به همراه شرح کامل مطالب درسی

- سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده با پاسخ تشریحی
- کارشناسی به کارشناسی ارشد
- کارشناسی ارشد به دکتری
- کاردانی به کارشناسی
- متقاضیان آزمون‌های نظام مهندسی
- ارائه نکات جامع و کلیدی

قابل استفاده دانشجویان دانشگاه سراسری و آزاد اسلامی و ...

شامل دروس:

- ژئودزی ۱ و ۲
- ژئودزی فیزیکی
- نجوم ژئودزی
- ژئودزی ماهواره‌ای
- میکرو ژئودزی

مؤلفین:

مهندس محمد میرزاعلی

کارشناس ارشد ژئودزی دانشگاه تهران

مهندس محمدرضا عبدالمحمدی

کارشناس ارشد سنجش از دور و مدرس دانشگاه

سرشناسه	میرزاعلی، محمد، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	مرجع کامل کنکور ژئودزی به همراه شرح کامل مطالب درسی/مولفان محمد میرزاعلی، محمدرضا عبدالمحمدی.
مشخصات نشر	تهران: نوآور
مشخصات ظاهری	۵۱۲ ص.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۱۲-۷
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	ژئودزی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	ژئودزی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
شناسه افزوده	عبدالمحمدی، محمدرضا، ۱۳۶۵ -
رده بندی کنگره	۱۳۹۲ م ۹۳۵۸۶۳ / LB۲۳۵۳
رده بندی دیویی	۳۷۸/۱۶۶۴
شماره کتابشناسی ملی	۳۲۰۶۲۱۳

مرجع کامل کنکور ژئودزی

مهندس محمد میرزاعلی - مهندس محمدرضا عبدالمحمدی
 نوآور
 ۵۰۰ نسخه
 ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۱۲-۷

مؤلفین:
 ناشر:
 شمارگان:
 شابک:



نشر نوآور

مرکز فروش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه

ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول، واحد ۳

تلفن: ۹۲ - ۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.

📧 www.noavarpub.com

📞 <https://telegram.me/noavarpub>

📷 <https://www.instagram.com/noavarpub/>

فهرست مطالب

پیشگفتار مؤلفین.....	۷
فصل اول: ژئودزی ۱	۹
۱-۱- زمین و حرکات آن.....	۹
۲-۱- زمین و میدان ثقل آن.....	۱۵
۳-۱- زمین، شکل و اندازه آن.....	۲۲
۴-۱- زمین و تغییر شکل زمانی آن.....	۲۶
۵-۱- زمین و اتمسفر آن.....	۳۶
تست‌های فصل اول: ژئودزی ۱.....	۴۰
پاسخ تست‌های فصل اول: ژئودزی ۱.....	۵۴
فصل دوم: ژئودزی ۲	۷۰
۱-۲- سیستم‌های مختصات در ژئودزی.....	۷۰
۲-۲- سطوح مبنای مختصات ژئودتیک:.....	۸۲
۳-۲- سیستم‌های مختصات توپوسنتریک:.....	۸۷
۴-۲- تبدیلات بین سیستم‌های مختصات.....	۸۹
۵-۲- محاسبات تعیین مختصات بر روی بیضوی.....	۹۰
۶-۲- مقاطع قائم مستقیم و معکوس و آزیموت آن‌ها:.....	۹۳
۷-۲- تبدیل مشاهدات ژئودتیک زمینی به سطح بیضوی مقایسه.....	۹۶
۸-۲- انواع تصحیحات هندسی.....	۹۷
۹-۲- سیستم‌های تصویر متشابه.....	۹۹
تست‌های فصل دوم: ژئودزی ۲.....	۱۱۳
پاسخ تست‌های فصل دوم: ژئودزی ۲.....	۱۳۰
فصل سوم / ژئودزی فیزیکی	۱۵۶
۱-۳- قانون جاذبه نیوتن.....	۱۵۶
۲-۳- فرم ریاضی قانون نیوتن.....	۱۵۶
۳-۳- پتانسیل جاذبه.....	۱۵۹

۱۶۰	..... ۴-۳- میدان نیرو و پتانسیل گرینز از مرکز
۱۶۱	..... ۵-۳- میدان نیرو و پتانسیل ثقل
۱۶۳	..... ۶-۳- تئوری پتانسیل
۱۶۷	..... ۷-۳- مسائل مقدار مرزی (BVP)
۱۸۹	..... ۸-۳- میدان ثقل نرمال
۱۹۴	..... ۹-۳- تعیین ژئوئید
۲۱۵	..... ۱۰-۳- ثقل سنجی
۲۲۱	..... ۱۱-۳- سطح مبنای ارتفاعات
۲۲۷	..... تست‌های فصل سوم: ژئودزی فیزیکی
۲۴۹	..... پاسخ تست‌های فصل سوم: ژئودزی فیزیکی
۲۷۵	..... فصل چهارم / نجوم ژئودزی
۲۷۵	..... مقدمه
۲۷۶	..... ۱-۴- تعاریف اساسی و مفاهیم پایه
۲۸۲	..... ۲-۴- سیستم‌های مختصات سماوی
۳۱۱	..... ۳-۴- سیستم‌های سنجش زمان
۳۲۸	..... تست‌های فصل چهارم
۳۳۳	..... پاسخ تست‌های فصل چهارم
۳۳۹	..... فصل پنجم / ژئودزی ماهواره‌ای
۳۳۹	..... ۱- ۵- تعیین موقعیت
۳۴۲	..... ۲- ۵- هندسه تعیین موقعیت
۳۴۳	..... ۳- ۵- سیستم‌های مختصات
۳۴۸	..... ۴- ۵- نیروهای وارد بر ماهواره‌ها
۳۴۸	..... ۵- ۵- قوانین کپلری
۳۵۳	..... ۶- ۵- مفهوم زمان
۳۵۸	..... ۷- ۵- انواع سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای
۳۶۷	..... ۸- ۵- سیستم تعیین موقعیت (GPS)
۴۲۴	..... ۹- ۵- سیستم تعیین موقعیت و ناوبری GLONASS
۴۲۶	..... تست‌های فصل پنجم: ژئودزی ماهواره‌ای
۴۵۱	..... پاسخ تست‌های فصل پنجم: ژئودزی ماهواره‌ای

۴۸۲	فصل ششم / میکروژئودزی
۴۸۲	۱- کانسترینت
۴۸۴	۲- دیفکٲ (DEFECT)
۴۸۷	۳- مدل شرط
۴۹۲	۴- انواع شبکه‌های موجود در نقشه‌برداری
۴۹۲	۵- طراحی شبکه‌های میکروژئودزی
۴۹۵	۶- ماتریس آزادی ($R_{n \times n}$)
۴۹۵	۷- قابلیت اطمینان
۴۹۷	۸- طراحی شبکه‌های میکروژئودزی
۵۰۰	تست‌های فصل ششم
۵۰۶	پاسخ تست‌های فصل ششم
۵۱۲	منابع

هشدار

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی دی اف از کتاب، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و **شرعاً حرام** است و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور بصورت فایل ورد یا پی دی اف و موارد اینچنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات که مسئولیت اداره سایت این انتشارات را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هر گونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر شرعی حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت ارشاد و نیز سایر مراجع قانونی اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار گرفته و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که کتابفروشی اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، افست و غیره از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و موزعین محترم، از طریق وزارت ارشاد، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیر اصل کتاب شرعاً حرام است.

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق مراتب را از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایید تا از تضييع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید. و نیز به عنوان تشکر و قدردانی از کتب انتشارات نوآور هدیه دریافت نمایید.

پیشگفتار مؤلفین

خدای متعال را سپاس گوئیم که توفیق داد بتوانیم به عنوان عضوی از جامعه نقشه‌برداری گامی هرچند کوچک در جهت رفع کمبود کتب مناسب مرجع و آموزشی در مبحث ژئودزی مربوط به کنکور کارشناسی ارشد و دکترا برداریم.

کتاب حاضر در برگزیده‌ی خلاصه‌ای مفید از سرفصل‌های درسی است که در دانشگاه‌های داخلی تدریس می‌شوند و شامل ژئودزی ۱، ژئودزی ۲، ژئودزی فیزیکی، نجوم ژئودزی، ژئودزی ماهواره‌ای و میکروژئودزی می‌باشد. در نگارش کتاب حاضر سعی شده همه مباحث بطور جامع و کامل پوشش داده شوند تا نیازی به مراجع و منابع مختلف نباشد.

در هر فصل از کتاب درس‌نامه آورده شده و در انتها، تست‌های آن مبحث اضافه گردیده است. هدف اصلی تدوین کتاب، آماده‌سازی داوطلبین برای آزمون‌های مختلف به خصوص آزمون کارشناسی ارشد، دکترا، نظام مهندسی و کاردانی به کارشناسی می‌باشد. ولی قطعاً برای دانشجویان در حال تحصیل نیز به نوبه خود می‌تواند مفید واقع شود.

از آنجا که آزمون‌های برگزار شده، یکی از مهم‌ترین منابع برای ارزیابی آموخته‌ها و آشنایی با نحوه طرح سؤالات است، لذا توجه به تست‌های هر فصل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات مهندس عباس شهبازی و مهندس حمید غیور نجف‌آبادی، کارشناسان ارشد ژئودزی دانشگاه تهران که ویرایش علمی و بازنگاری و همچنین گردآوری اشکال کتاب را بر عهده داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را به عمل آوریم.

لازم می‌دانیم از برادران محترم نصیرنیا در انتشارات نوآور و کلیه عوامل فنی که در نشر کتاب همکاری نموده‌اند تشکر و قدردانی نمائیم.

دشواری تألیف کتاب خانواده مؤلفان را نیز بی‌نصیب نمی‌گذارد، لذا، از پدر و مادر و برادران و خواهر عزیزمان و همچنین سرکار خانم مهندس مریم متقیان‌فر و سرکار خانم حمیده محمد امینی، همسران مولفین بی‌نهایت سپاسگزاریم. این اثر ناچیز را به همه عزیزانمان تقدیم می‌کنیم.

امیدواریم این کتاب با تمام کاستی‌های آن، مورد قبول اساتید، دانشجویان و داوطلبان عزیز قرار گیرد، لذا خواهشمند است انتقادات و پیشنهادات خود را به آدرس اینترنتی Info@noavarpub.com ارسال فرمائید. در پایان از شما عزیزان خواهش می‌شود در صورت مفید دانستن کتاب آن را به دوستان خود معرفی نمایید و به ترویج و دیده شدن آن کمک نمایید.

با تشکر

محمد میرزاعلی

محمد رضا عبدالمحمدی

پیشگفتار ویرایش جدید

در این ویرایش کتاب، به سال ۱۳۹۸ سعی شده است تا کلیه نکات مهم کنکوری در قالب حل سوالات آزمون‌های مختلف ارائه شود تا داوطلبان آزمون‌های مختلف مثل کارشناسی ارشد، دکتری، نظام مهندسی، کارشناسان رسمی دادگستری و آزمون‌های استخدامی مختلف در حل سوالات بخش‌های مختلف دروس ژئودزی به مشکل بر نخورده و مهارت لازم را برای حل سوالات گوناگون داشته باشند. همچنین تمام سوالات آزمون‌های کارشناسی ارشد، دکتری، آزمون ورود به حرفه مهندسان از سال ۸۰ تا سال ۹۷ در این ویرایش گردآوری و به روز شده و به تمام سوالات پاسخ تشریحی داده شده است. سوالاتی که در چاپ‌های قبلی کتاب نیز بدون جواب تشریحی بوده اند نیز به طور کاملاً تشریحی در این ویرایش حل شده اند. همچنین سعی شده است همه مباحث بطور جامع و کامل پوشش داده شوند تا نیازی به مراجعه به منابع مختلف نباشد

آرش طایفه رستمی

فصل اول

ژئودزی ۱

۱-۱- زمین و حرکات آن

انواع حرکات زمین عبارتند از:

- ۱- حرکت زمین به همراه کهکشان ما نسبت به سایر کهکشان‌ها.
 - ۲- دوران زمین به همراه منظومه شمسی در داخل کهکشان ما.
 - ۳- گردش زمین به همراه دیگر سیارات منظومه شمسی حول خورشید (جرم نقطه‌ای)
 - ۴- دوران زمین حول محور دوران لحظه‌ای خودش (ژیروسکوپ)
- حرکت سالیانه زمین (گردش زمین به دور خورشید) را می‌توان با استفاده از مکانیک سماوی که در آن اجرام سماوی به شکل نقاط کوچک مادی فرض می‌شوند تشریح نمود. برای بیان حرکت روزانه زمین (دوران زمین حول محور خودش) و دیگر حرکات‌های ناشی از آن به نام‌های پرسشن و نوتیشن لازم است که زمین به صورت یک جسم وزین بزرگ ژيروسکوپ در نظر گرفته شود.

۱-۱-۱- قوانین کپلر

- ۱-۱-۱- مسیر حرکت (مدار) هر سیاره به دور خورشید یک بیضی است که خورشید در یکی از کانون‌های آن قرار دارد.
- ۲-۱-۱- هر سیاره در مسیر خود با سرعت سطحی ثابت حرکت می‌کند. منظور از سرعت سطحی ثابت یعنی مساحتی که بردار وضعیت سیاره (\vec{r}) در فاصله زمانی ثابت (Δt) جاروب می‌کند، در طول مسیر ثابت است.
- ۳-۱-۱- نسبت مجذور پریود حرکت (T) به مکعب نصف قطر بزرگ‌تر مسیر (a) برای تمامی سیارات مقدار ثابتی است (مقدار ثابت بستگی به جرم خورشید دارد).

$$\frac{T^2}{a^3} = \text{const} = \frac{4\pi^2}{\mu} \quad , \quad \mu = G \cdot M_s \quad (1-1)$$

G : ثابت جهانی جاذبه و M_s : جرم خورشید هستند.

نکته: در قوانین کپلر، ابعاد زمین و سایر اجرام سماوی نسبت به منظومه شمسی بسیار کوچک

(قابل صرف نظر کردن) فرض می‌شوند.

طبق قانون دوم کپلر، سرعت سطحی ثابت است ولی سرعت خطی زمین در مسیر خود وقتی نزدیک به خورشید باشد، بیشتر از جاهای دیگر است.

$$\left. \begin{aligned} U + K &= \text{const} \\ U &= M_e r \omega_e = M_e r \frac{2\pi}{T} \\ k &= \frac{1}{r} M_e V^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow r_1 < r_2 \Rightarrow U_1 < U_2 \Rightarrow k_1 > k_2 \Rightarrow v_1 > v_2 \quad (1-2)$$

در رابطه بالا، U : انرژی پتانسیل، k : انرژی جنبشی، M_e : جرم زمین، ω_e : سرعت زاویه‌ای چرخش زمین، v : سرعت خطی چرخش زمین می‌باشند.

T : پریود گردش است که با تغییر جاذبه جرم مرکزی و تغییر فاصله از جرم مرکزی، تغییر می‌کند.

– **اکلیپتیک**^۱: صفحه مسیر حرکت زمین به دور خورشید است.

– **نقطه حضیض**^۲: نزدیک‌ترین نقطه مسیر حرکت زمین به دور خورشید است که در یک انتهای قطر بزرگ‌تر مسیر قرار دارد (در حال حاضر ۳ ژانویه یا ۱۴ دی ماه است).

– **نقطه اوج**^۳: دورترین نقطه مسیر حرکت زمین به دور خورشید که در انتهای دیگر قطر بزرگ‌تر مسیر قرار دارد (در حال حاضر ۳ جولای یا ۱۴ تیر ماه است).

– **جسم صلب**^۴: جسمی است که در اثر اعمال نیرو تغییر شکل نمی‌دهد.

– **ژیروسکوپ**^۵: جسم صلبی که حین گردش به دور جسم دیگری، حول محوری از خودش به دور خود می‌چرخد.

وقتی ژیروسکوپ تحت تأثیر ممان خارجی یا جفت نیرو قرار می‌گیرد، محور دوران آن در یک امتداد ثابت باقی نمانده بلکه حرکتی مخروطی (رأس آن در مرکز ثقل ژیروسکوپ) را طی می‌کند.

زمین در یک دور گردش خود به دور خورشید (سال بوتانیکال) تعداد ۳۶۶/۲۵۶۴ دوران نسبت به ستاره‌ها (روز نجومی) و یا ۳۶۵/۲۵۶۴ دوران نسبت به خورشید (روز خورشیدی) انجام می‌دهد.

نیروی گریز از مرکز (جانب مرکز) ناشی از گردش زمین حول محور دوران خودش باعث بیضوی شدن شکل زمین شده است.

۱-۱-۲- پرسشن^۶ (رقص محوری)

حرکت محور دوران زمین به صورت مخروطی که عمدتاً ناشی از خورشید است.

پریود پرسشن ۲۶۰۰۰ سال (سال پلتونیک^۷) و زاویه مخروط آن ۴۷° و دامنه آن ۲۳/۵° است.

1. Ecliptic
2. Perigee
3. Apogee
4. Solid body (rigid body)
5. Gyroscope
6. Precession
7. Platonic

آن نقاط می‌رسد، طول شب و روز برابر با دوازده ساعت خورشیدی می‌گردد. یکی از این نقاط زمانی است که بهار به نیمکره شمال می‌آید (خورشید از نیمکره جنوبی به شمال می‌آید) که همان نقطه ورنال است.

۱-۲-۴- نقطه ورنال^۱: فصل مشترک صفحات اکلیپتیک و استوای سماوی است. امتداد این فصل مشترک در میان ستاره‌ها، امتداد تقریباً ثابتی است. نقطه ورنال در یک سال پلتونیک (۲۶۰۰۰ سال) یک دور کامل از مسیر گردش زمین به دور خورشید را طی می‌کند یعنی در هر سال با سرعت $50/3$ ثانیه در سال $0/14$ درجه را در جهت عقربه‌های ساعت طی می‌کند.

حال به بیان چند جهت مهم حرکت زمین می‌پردازیم:
- وقتی از قطب شمال نگاه کنیم، جهت حرکت محور دوران زمین در مخروط پرسشن در جهت عقربه‌های ساعت است.

- جهت گردش زمین به دور خورشید در خلاف جهت عقربه‌های ساعت است.
- جهت حرکت محور دوران زمین در نوتیشن آزاد (حرکت قطبی) در خلاف جهت عقربه‌های ساعت است، اگر از قطب شمال نگاه کنیم.

- صفحه افق: صفحه گذرنده از مکان استقرار ناظر و عمود بر راستای شاغولی است.
- عرض جغرافیایی: زاویه بین راستای قائم بر افق و صفحه استوا است و مکان یک شخص نسبت به استوا را نشان می‌دهد.

جابجایی قطب مغناطیسی به علت حرکت مواد مذاب درون زمین در طول سال بسیار زیاد است ولی قطب واقعی زمین سالانه جابجایی کمی دارد.

۱-۳- نوتیشن^۲ یا پرسشن ناشی از ماه

حرکت اضافی محور دوران زمین به علت حضور ماه را نوتیشن می‌نامند.
- ماه در مسیری به دور زمین دوران می‌کند که با اکلیپتیک زاویه $5^{\circ}17'$ می‌سازد.^۳
- خط نودال^۴: فصل مشترک صفحه گردش ماه به دور زمین با صفحه اکلیپتیک است.
دوره نوتیشن $18/6$ سال است یعنی هر $18/6$ سال خط نودال یک‌بار به دور خودش می‌چرخد.
زاویه مخروط نوتیشن $18/42''$ است و دامنه حرکت آن $9/21''$ است.
پرسشن و نوتیشن باعث جابجایی نقطه ورنال (۷) می‌شوند.

۱-۴- سایر حرکات ناشی از موقعیت‌های پرئودیک ماه و خورشید

۱-۴-۱- پرئود نیم ساله با دامنه $0/5''$

۱-۴-۲- پرئود ۱۴ روزه با دامنه $0/1''$

سیستم مختصات طبیعی زمین بر اساس خصوصیات فیزیکی زمین تعریف می‌شود؛ یک نوع سیستم طبیعی که مبدأ آن منطبق بر گرانیگاه زمین و متکی بر محورهای ماکزیمم اینرشایای زمین است را سیستم زمین مرکز و یا ژئوسنتریک می‌نامند. به عبارت دیگر محورهای آن منطبق بر بردارهای ویژه تانسور اینرشایای زمین هستند و این سیستم دست راستی است.

1. Vernal Point
2. Nutation
3. Lunar plane
4. Nodal Line

با دوران جسم حول محورهای ماکزیمم اینرسی هیچ‌گونه ممان یا گشتاور اضافی تولید نمی‌شود. از آن جایی که زمین واقعی غیرصلب است، محورهای بیضوی اصلی اینرشیای آن، نسبت به زمان متغیر و تابع توزیع لحظه‌ای جرم هستند.

۱-۱-۵ - نوتیشن آزاد^۱ (حرکت قطبی^۲)

این حرکت به دلیل عدم تطابق محور سوم ماکزیمم اینرشیا بر محور دورانی زمین ایجاد می‌شود و هیچ نیروی خارجی در ایجاد آن دخالت ندارد. نوتیشن آزاد وابسته به دینامیک دورانی زمین است و باعث جابجایی مکان قطب روی زمین (بین ۵ تا ۱۰ متر) می‌شود.

- معادله دیفرانسیل اولر^۳ که برای تشریح حرکت نوتیشن آزاد استفاده می‌شود عبارتست از:

$$\vec{J} \times \vec{\omega} + \vec{\omega} \times \vec{J} \vec{\omega} = 0$$

$$\begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\omega_2 & \omega_3 \\ \omega_2 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 & 0 & 0 \\ 0 & I_2 & 0 \\ 0 & 0 & I_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = 0 \quad (5-1)$$

امتداد بردار $\vec{\omega}$ در هر لحظه‌ای نشان‌دهنده امتداد محور دوران لحظه‌ای زمین در سیستم مختصات (x, y, z) است.

\vec{J} در سیستم مختصات طبیعی زمین یک ماتریس قطری است.

- قانون بقا اندازه حرکت زاویه‌ای برای دستگاهی از ذرات:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\omega} \times \vec{J} \vec{\omega} + \vec{J} \times \vec{\omega} = \vec{T}^{ext} \quad (6-1)$$

$$\vec{\omega} \times \vec{J} \vec{\omega} + \vec{J} \times \vec{\omega} = 0 \quad (7-1)$$

رابطه (۶-۱) توصیف‌کننده پرسش ناشی از خورشید و ماه (نوتیشن) و معادله (۷-۱) توصیف‌کننده نوتیشن آزاد (توصیف‌کننده ریاضی اجسام صلب دوران‌کننده) است.

اینرسی استوایی زمین یعنی I_1, I_2 تا حدود زیادی مساوی هم بوده ولی به اندازه قابل ملاحظه‌ای از I_3 ، ممان اینرسی قطبی زمین متفاوت هستند.

$$f = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{300} \quad \text{- فشردگی هندسی زمین:}$$

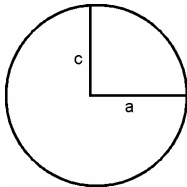
$$\frac{I_3 - I_1}{I_1} = \frac{1}{305} \quad \text{- فشردگی دینامیکی زمین:}$$

علت اختلاف کم میان فشردگی هندسی و دینامیکی زمین این است که توزیع چگالی درون زمین خیلی هم نامتقارن نیست.

- ابعاد و شکل بیضوی اینرشیا بستگی به شکل هندسی و نحوه توزیع (پراکندگی) چگالی درون جسم دارد.

- بیضوی مقایسه ۲ محوری دارای ۲ مقطع است که عبارتند از:

$$1- \text{مقطع استوایی که به شکل دایره است: } a = c$$



1. Free nutation
2. Polar motion
3. Euler differential equation