

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ژئودزی ۱

با نگاهی به کلیات و اصول ژئودزی

مولفان:

مهندس نفیسه فخر واعظی،^{**} مهندس عبدالعزیز حاجی زاده فر

^{*} کارشناس مهندسی ژئوماتیک (نقشه برداری)

^{**} کارشناس ارشد ژئودزی هیدروگرافی دانشگاه تهران

از سری کتابهای دانشگاهی موسسه آموزشی تحقیقاتی ورنال (نقطه اعتدال بهاری)

سرشناسه	فخر واعظی، نفیسه، ۱۳۶۳ -
عنوان و نام پدیدآور	ژنودزی: با نگاهی به کلیات و اصول ژنودزی/ مولفان نفیسه فخر واعظی، عبدالحسین حاجی زاده فر.
مشخصات نشر	تهران: انتشارات ماهواره، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۳۸۶ص: مصور، جدول، نمودار: ۲۹ × ۲۲ سم.
فروست	... سری کتابهای دانشگاهی موسسه آموزشی تحقیقاتی ورنال (نقطه اعتدال بهاری).
شابک	978-600-92162-3-9
وضعیت فهرست نویسی	فیبیا
یادداشت	کتابنامه.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	نمایه.
موضوع	ژنودزی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	نقشه برداری -- راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزوده	حاجی زاده فر، عبدالحسین، ۱۳۶۳ -
رده بندی کنگره	۱۳۹۰ ۳۵۹/۳۸۱ QF
رده بندی دیویی	۱/۵۲۶
شماره کتابشناسی ملی	۷۳۴۰-۵۲

نام کتاب: ژنودزی ۱ (با نگاهی به کلیات و اصول ژنودزی)

مولفان: نفیسه فخر واعظی، عبدالحسین حاجی زاده فر

تاریخ چاپ: چاپ اول، پاییز ۹۰

انتشارات: تهران، ماهواره

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۳۵۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۱۶۲-۳-۹

مدیر و ناظر چاپ: سید رضا یوسفی، عزیزالله حاجی زاده

محل پخش عمده:

۱) تهران، خ ولی عصر (عج)، میدان ونک، بالاتر از تقاطع میرداماد و ولی عصر (عج)، انتشارات دانشگاه خواجه نصیر ۸۸۷۷۲۲۷۷

۲) موسسه ورنال، ۰۹۱۹۶۲۷۰۵۷۸، www.vernal.ir

پیشگفتار

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

همواره در تاریخ در تمامی اعصار و مکان‌ها انسان‌هایی بوده‌اند و هستند که علم‌ورزی و دانش را به دیده شناخت پروردگار خود نگریسته‌اند و از این طریق به معبود هستی خود تقرب جسته‌اند و سعی در شناخت اسرار هستی و عالم به طریق کشف قوانین فیزیکی و ریاضی نمودند. یکی از مواردی که همیشه منشأ سؤال و تعجب انسان‌های روشنفکر و خداجو بوده است محیط زندگی انسان‌ها یعنی کره زمین و اطراف آن است که علاوه بر اسرار و عجایبی می‌باشد که ذهن انسان‌های خلاق و کنجکاو را به تکاپو در شناخت هر چه بیشتر این عالم بی‌انتهایا، رهنمود می‌سازد. از طرفی تمامی این حقایق برای انسان‌هایی که فکر می‌کنند و جویای حقیقت هستی هستند در قرآن کریم:

"کتاب حقیقی هستی و پراندرز که داعیه اثبات وجود یگانگی آفریننده‌ی هستی بخش است" نهفته شده است که بارها خالق آن نیز به انسان‌های متفکر این اسرار را گوشزد می‌سازد به عنوان نمونه:

يُقَالِبُ اللَّهُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّأُولِي الْأَبْصَارِ ! النور: ۴۴ !

«خداوند شب و روز را به گردش درمی‌آورد و هر کدام را جایگزین دیگری می‌کند. به راستی در این جابجایی برای اهل بصیرت نشانه و عبرتی است»

لَخَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ أَكْبَرُ مِنْ خَلْقِ النَّاسِ وَلَكِنَّ أَكْثَرَ النَّاسِ لَا يَعْلَمُونَ ! انفطار: ۵۷ !

«البته خلقت زمین و آسمان‌ها بسیار بزرگ‌تر و مهم‌تر از خلقت بشر است و لیکن اکثر مردم این معنا را درک نمی‌کنند»

در قرآن کریم آیات بسیاری است که انسان را به تفکر در آفرینش آسمان‌ها و زمین‌ها، خورشیدها، ماه‌ها، ستارگان، کوه‌ها، دریاها، نباتات، حیوانات و انسان و نظام شگفت‌آوری که در هر یک از آن‌ها نهان است دعوت می‌کند و آن را راه علم لدنی پروردگار هستی معرفی می‌نماید که انسان را متذکر می‌شود در راه رسیدن به حقیقت واقعی چاره‌ای جز فکر، اندیشه و تأمل ندارند.

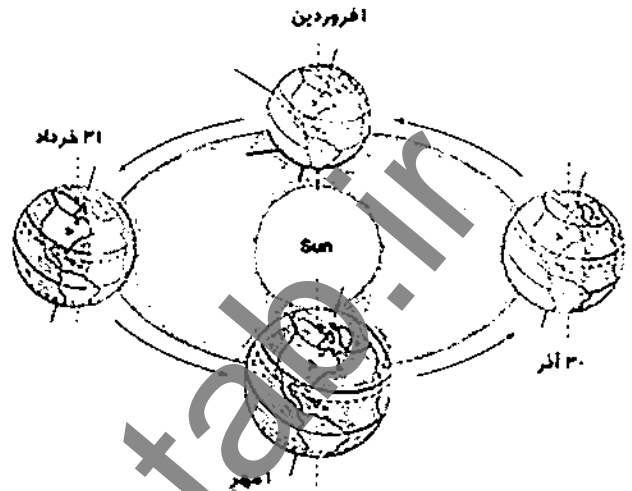
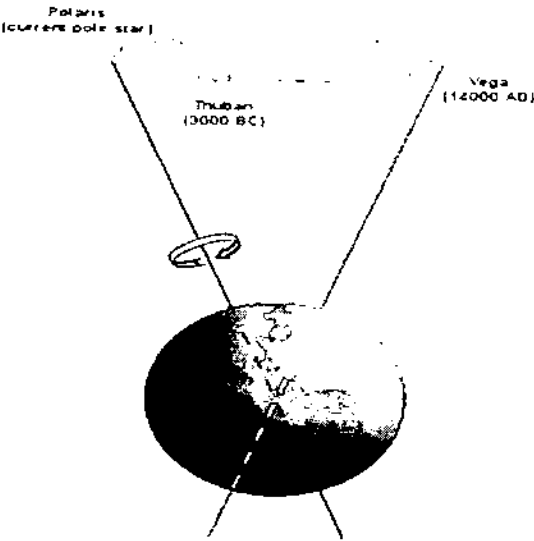
انسان‌ها با تمام تلاش‌ها و تکنولوژی‌ها تا دور دست‌های فضا و کهکشان‌ها را با تلسکوپ‌های عظیم بررسی کرده‌اند، به اعماق زمین و دریاها رفته‌اند، به مطالعه اتم‌ها پرداختند، به بررسی موارد پزشکی انسان‌ها، جانوران و گیاهان پرداخته‌اند، به کرات آسمانی سفر نموده‌اند که ماحصل آن کشف عجائب هستی و مجهولاتی بوده که قرن‌ها پیش، خداوند آن‌ها را در کتاب سعادت آورده است و به همگان اعلام کرده است که در قرآن بیندیشید و تفکر کنید که تمام مجهولات و اسرار هستی در آن نهفته است.

به عنوان مثال:

(۱) "حرکت وضعی زمین"

أَلَمْ نَجْعَلِ الْأَرْضَ مِهَادًا إِنْبَاء: ۶!!!

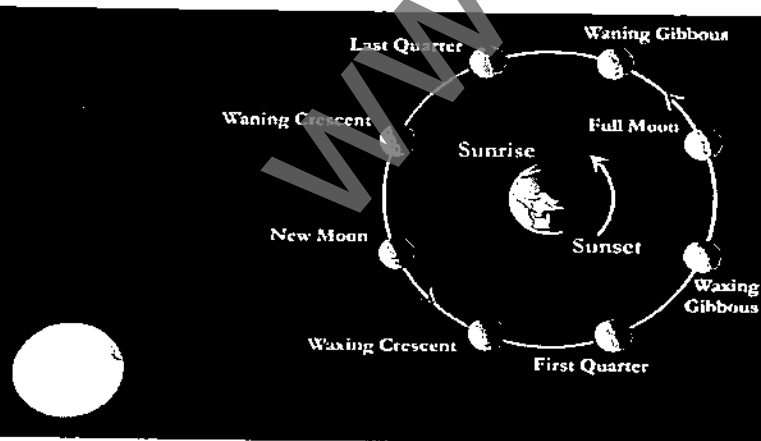
« ما زمین را گهواره وار نمودیم »



(۲) "حرکت زمین"

خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ بِالْحَقِّ يُكَوِّرُ اللَّيْلَ عَلَى النَّهَارِ وَيُكَوِّرُ النَّهَارَ عَلَى اللَّيْلِ وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ يَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى إِنَّا هُوَ الْغَفِيرُ الْفَقَارُ !

« آسمان‌ها و زمین را هر کدام بجا و به مورد آفرید. شب را بر روز می‌پیچاند در حالیکه روز را بر شب می‌پیچاند و خورشید و ماه را مناسب نمود تا هر یک به وقت معین گردش کنند، آگاه باشید که او خدای مقتدر و آمرزنده است »

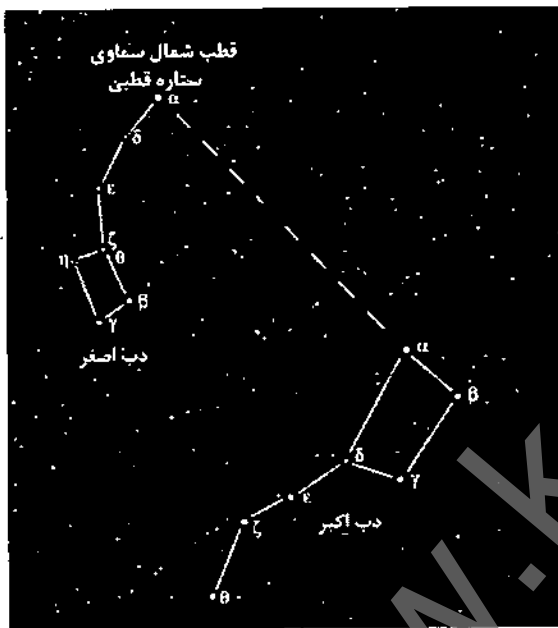


نکته آیه: سیارات، زمین، خورشید و ماه تا زمان تعیین شده‌ای در حرکت خواهند بود و همه‌ی آن‌ها نسبت به هم تناسب دارند.

(۳) "راهنمای مسیر یابی زمین"

وَاللّٰهُ جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ بِسَاطًا ۝ ۱۹ ! يَتَسَلَّكُوا مِنْهَا سُبُلًا فِجَا۟جًا ۝ ۲۰ !
 « و همینطور خدا زمین را برای شما نشانه‌دار درست کرد تا بتوانید راه‌های باز آن را طی کنید »

نکته آیه: به طوری که در شکل‌های زیر مشاهده می‌کنید، به کمک اجرام سماوی از جمله خورشید و ستاره قطبی و یا صورت‌های فلکی، می‌توان جهت و مسیر مشخصی را پیدا نموده و دنبال کرد.



(۴) "تشبیه زمین به حیوان خوش سوار"

هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْاَرْضَ ذَلُولًا فَامْشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا مِن رِّزْقِهِ ۚ وَإِلَيْهِ النُّشُورُ ۝ ۱۵ !

« اوست کسی که زمین را برای شما رام گردانید پس در فراخنای آن رهسپار شوید و از روزی (خداوند) بخورید و بازگشت همه به سوی اوست »

نکته آیه: با اینکه زمین حرکات مختلف دارد انسان بر روی آن احساس ثبات و آرامش می‌کند، حرکات آن را احساس نمی‌کند...

(۵) "لایه های جوی و طبقات درون زمین"

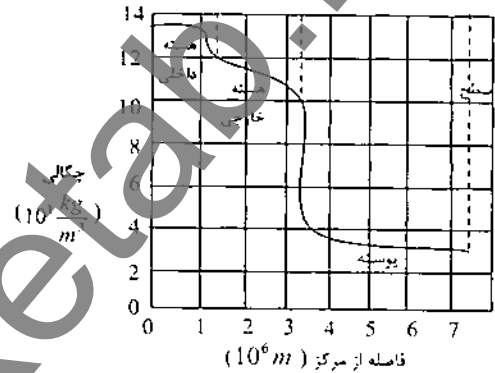
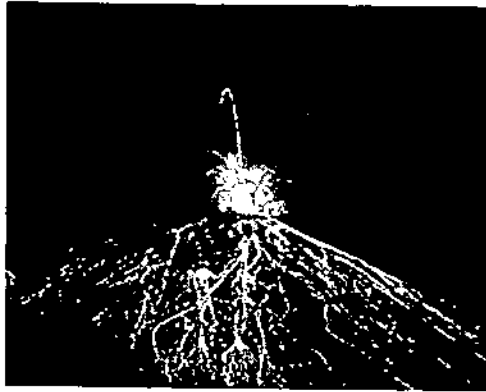
اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا! اطلاق: ۱۲!

«خدا آن کسی است که هفت آسمان را آفرید و مانند آن آسمان‌ها از (هفت طبقه) زمین خلق نمود و امر نازل خود را در بین هفت آسمان و زمین نازل نمود تا بدانید که خدا بر هر چیز توانا و به احاطه‌ی علمی بر همه‌ی امور آگاه است.»

(۶) "سنگینی مواد درون زمین"

إِنَّا زَلَّلْنَا الْأَرْضَ زِلْزَالًا! زلزله: ۱! وَأَخْرَجْنَا الْأَرْضَ أَثْقَالًا! زلزله: ۲!

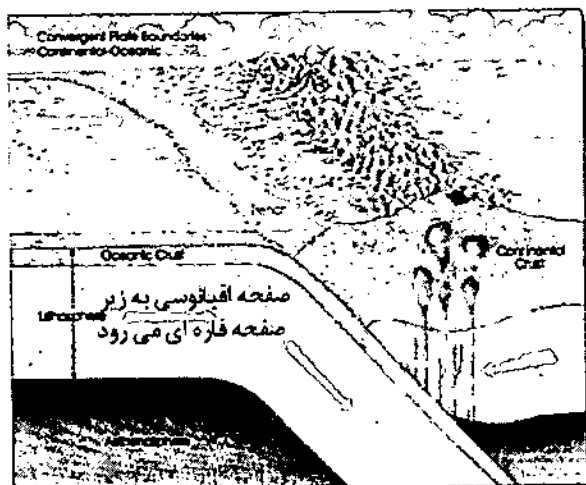
«آنگاه که زمین لرزش خود را بلرزد - و آنگاه که زمین اسرار خویش (سنگینی‌های خود) را بیرون بیاورد»



(۷) "به زیر رفتن زمین در دریا"

أَفَأَمِنتُمْ أَنْ يُخَفِّفَ بِكُمْ جَانِبَ الْبَرِّ أَوْ يُزِيلَ عَلَيْكُمْ حَاصِبًا ثُمَّ لَا تَجِدُوا لَكُمْ وَكِيلًا! ابْنی اسرائیل (اسراء): ۶۸!

«مگر ایمن شدید از اینکه شما را در کنار خشکی در زمین فرو برد یا بر شما طوفانی از سنگریزه‌ها بفرستد؟ سپس برای خود نگاهبانی نیابید»



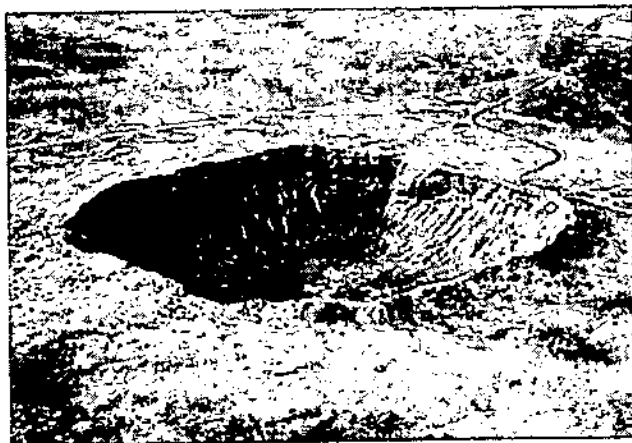
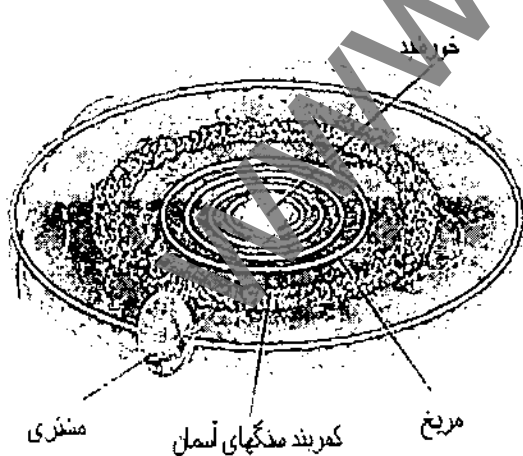
نکته آیه: اینکه آیه به زیر رفتن کنار خشکی را امری غیر ممکن نمی‌داند و توجه انسان را به آن جلب می‌کند، به این معنی است که در آنجا اتفاقاتی می‌افتد که احتمال و امکان به زیر رفتن و حرکت کردن کنار خشکی (صفحه قاره‌ای) به زیر صفحه اقیانوسی را امکان‌پذیر می‌داند. به عبارت دیگر خشکی‌ها می‌توانند به زیر اقیانوس‌ها حرکت کنند. براساس تئوری‌های تکتونیکی، صفحه‌ها یا پلیت‌های زمین انواع مختلفی از حرکت‌ها را دارا می‌باشند که می‌توانند با حرکت در امتدادهای مختلف ایجاد گسل و شکاف کرده و یا مناطقی را به زیر مناطقی دیگر فرو ببرند.

۸) "زمین نشست می‌کند، گسل ایجاد می‌شود و از آسمان اجرام بزرگ آسمانی می‌افتد"

أَقْلَمُ يَرَوْنَ إِلَى مَا بَيْنَ أَيْدِيهِمْ وَمَا خَلْفَهُمْ مِنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ إِنَّ ثُنَا نَخِيفُ بِهِمُ الْأَرْضَ أَوْ نَسْقِطُ عَلَيْهِمْ كِسْفًا مِّنَ السَّمَاءِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّكُلِّ غَبِيٍّ مُّبِينٍ ۝۹

«آیا به آسمان و زمین که پیش روی آنان و پشت سرشان است نظرنیفکنده‌اند؟ اگر بخواهیم زمین را می‌شکافیم و آنان را فرو می‌بریم و یا پاره‌هایی از آسمان بر آنان می‌افکنیم و هلاکشان می‌کنیم. همانا در این اندرز و اخطار برای هر بنده‌ای که از نافرمانی خدا به اطاعت او روی آورد نشانه‌ای است»

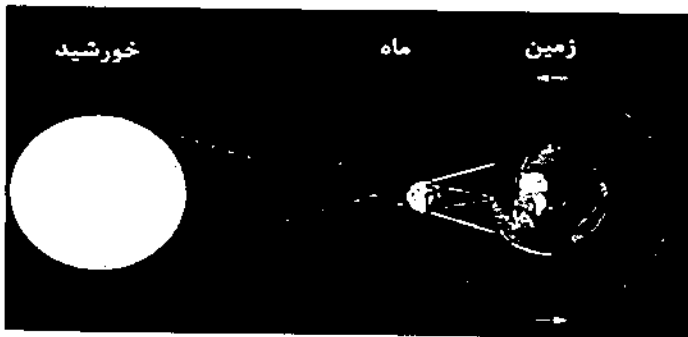
نکته آیه: در فضای دور و نزدیک ما اجسام کوچک و بزرگ زیادی وجود دارد. پاره‌های کوچک وقتی به طرف زمین می‌آیند جو زمین آن‌ها را می‌سوزاند و بودر می‌شوند. ولی پاره‌های بزرگ آن‌ها گاه گاهی به طرف زمین می‌آیند و در بین راه کاملاً نابود نمی‌شوند به عنوان مثال حفره‌ای که در تصویر زیر می‌بینیم مربوط به سقوط سنگ آسمانی در استرالیا است.



(۹) "نظم در قرار گرفتن اجرام آسمانی"

الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ بِحُسْبَانٍ! الرَّحْمَنُ: ۵!

«خورشید و ماه در تناسب هستند»

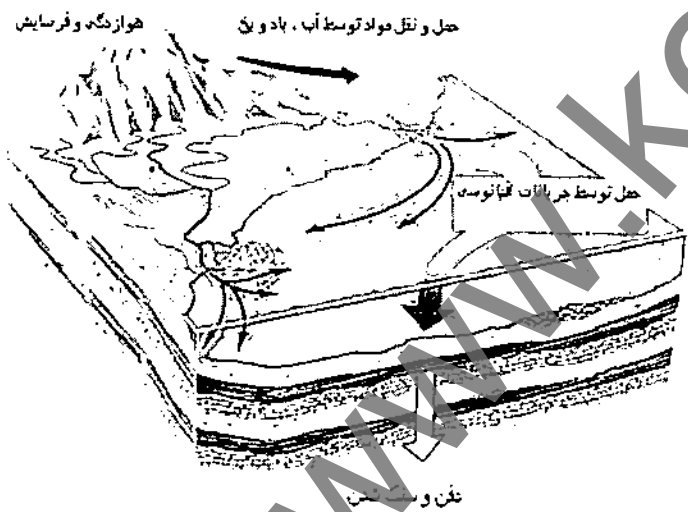


نکته آیه: خورشید و ماه و زمین و هر یک از اجرام سماوی دیگر در یک مدار مخصوص به خود و با نظمی خاص حرکت می‌کنند و موقعیت ماه و خورشید نیز با یکدیگر متناسب‌اند.

(۱۰) "تغییر شکل زمین"

أَلَمْ نَجْعَلِ الْأَرْضَ كِفَاتًا! مَرسلات: ۲۵!

«آیا سطح زمین را فرآیند عوض شدن ندادیم؟»



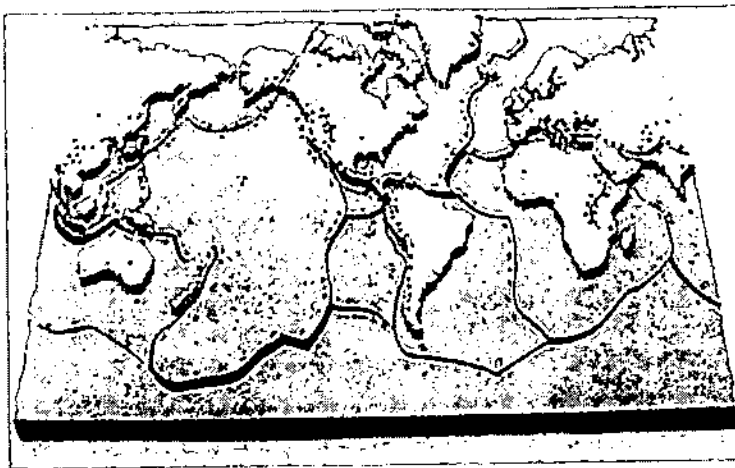
نکته آیه: آیه اظهار می‌کند که زمین (سطح آن) پیوسته پایین می‌رود و درون آن بالا می‌آید، یعنی سطح آن عوض می‌شود.

در حقیقت سطح زمین، دریاها، اقیانوس‌ها و جو بالای آن دائماً در حال فرآیندهای چرخشی هستند که این فرآیندها باعث تغییراتی در زمین می‌شود. با توجه به فرسایش‌ها و زلزله‌های سطح زمین، کوه‌ها و دریاها به طور پیوسته در حال تغییر می‌باشند، کشف بعضی شهرهای باستانی گویای این مطلب است.

(۱۱) "تغییر شکل خشکی‌های زمین (قاره‌های زمین)"

أَنَّا صَبَّيْنَا الْمَاءَ صَبًّا! عَبس: ۲۵! ثُمَّ شَفَقْنَا الْأَرْضَ شَقًّا! عَبس: ۲۶!

«و اینکه ما آب‌ها را ریختیم ریختنی - بعدها خشکی را شقه کردیم شقه کردنی»



نکته آیه: صفحات یا پلیت‌های قاره‌ای به مرور زمان بر اثر فعالیت و واکنش‌های درونی زمین تحت تأثیر عوامل گوناگون از یکدیگر جدا شدند. همان‌طور که می‌دانید قرن‌ها پیش خشکی‌های زمین به صورت یک قاره‌ی واحد بودند ولی با گذشت زمان از هم دور شدند و به حالت فعلی و جدا از هم در آمدند.

کتاب حاضر رهنمودی است جهت بیشتر آشنا شدن با اسرار آفرینش زمین و مقایسه نتایج بدست آمده از طریق مشاهدات و کشفیات انسان‌ها با آیات موجود در قرآن. واثبات این نکته که مرور زمان بر این کتاب آسمانی (قرآن کریم) اثر کهنگی نداشته و این کتاب همچنان، بدیع و تازه است و جویندگان علم و اسرار را همیشه سیراب می‌گرداند.

کتاب حاضر از چهار فصل تشکیل شده که به ترتیب شامل:

- ۱- حرکات زمین
- ۲- میدان ثقل زمین
- ۳- شکل و اندازه زمین
- ۴- تغییر شکل زمانی زمین

می‌باشد که در ابتدای هر فصل زندگی‌نامه یکی از دانشمندان مرتبط با مباحث علمی ژنودزی آورده شده است. در هر فصل مباحث به صورت روشن به همراه اشکال و نمودارهای واضح و جامع تشریح شده است. در انتهای فصول، پیوست‌های متعددی گذاشته شده است که به درک و فهم بیشتر مطالب کمک به سزایی می‌نماید، به عنوان مثال یکی از روش‌هایی که می‌تواند به درک کامل تئوری مباحث ذکر شده در فصول کمک شایانی نماید آوردن مسایل کاربردی است که در این کتاب به این امر پرداخته و در قالب پیوست آورده شده است. پیوست دیگری که می‌تواند برای استفاده کنندگان کاربردی فراوان داشته باشد، قسمت فرهنگ لغات می‌باشد که در قالب نمایه برای دسترسی ساده‌تر به مطالب ارائه شده است و در آخر پیوستی با عنوان "تحقیق کنید که" در انتهای کتاب با هدف تحقیق بیشتر و شناخت بیشتر از جهان آورده شده است که بعضی موارد نظریات مولفان بوده است که به صورت تحقیق و پروژه به علاقه‌مندان واگذار می‌گردد.

در انتها بر خود لازم می‌دانیم که از کلیه اساتید و مسئولین مؤسسه تحقیقاتی ورنال و دوستانی که در این راه ما را یاری نمودند، سپاسگزاری نماییم.

لازم به ذکر است که این کتاب سرمایه و پس انداز ماه‌ها تلاش و کوشش مولفان بوده است که خود را محروم از عیب و اشتباهات علمی و ویراستاری ندانسته و از تمامی خوانندگان محترم تقاضا می‌شود که پیشنهادات، انتقادات، تشویق‌های خود را به سمع و نظر مولفان برسانند تا از این طریق بتوانیم کتابی پربارتر و جامع‌تر در چاپ‌های بعدی ارائه نماییم و امیدواریم توانسته باشیم با این اقدام دین خود را به جامعه ژئوماتیک کشور ادا کرده باشیم.

و من الله التوفیق

مولفان: فخر و اعظمی - حاجی زاده

مختصری درباره کره زمین و ژئودزی

بسم الله الرحمن الرحيم

از آنجایی که کره زمین محل زندگی انسان‌ها می‌باشد بنابراین لازم است شناختی نسبت به این سیاره داشته باشیم. همان‌طور که می‌دانیم کهکشان ما، راه شیری نام دارد که در آن همانند کهکشان‌های دیگر، اجرام سماوی بسیار زیادی وجود دارد. در این کهکشان، سیستمی به نام منظومه شمسی وجود دارد که کره زمین یکی از سیاره‌های این منظومه می‌باشد که دارای حرکات مختلف نسبت به خود و نسبت به سایر سیارات و خورشید است. کره زمین همانند جو اطراف آن، دارای لایه‌هایی است که هر کدام دارای خصوصیت‌ها و ویژگی‌های مختلفی هستند و در همه آن‌ها دانسیته و جاذبه وجود دارد و این جاذبه به تمام اجسامی که در فاصله‌ای از زمین قرار دارند بر طبق قانون جاذبه نیوتن نیرو وارد می‌شود. علاوه بر این نیروها، نیروهای دیگری نیز تعریف می‌شوند که در فصل‌های مختلف این کتاب تشریح شده‌اند.

کره زمین به طور کلی دارای دو طبیعت مختلف یعنی محیط خشکی و دریایی می‌باشد که محیط دریایی ۷۰ درصد سطح زمین را می‌پوشاند، به همین خاطر می‌توان آن را به عنوان مبنا و سطح تقریباً جامعی از سطح فیزیکی کل زمین در نظر گرفت لذا به دلیل تعریف سطح متوسط دریاها، سطوح دیگری به دنبال آن و با دقت بیشتر تعریف شده‌اند که برای انجام محاسبات و عملیات مختلف به کار می‌روند و ماحصل انجام محاسبات بر روی آن‌ها، تعیین موقعیت نقاط مجهول می‌باشد ولی این موقعیت‌ها به علت نیروها و اجرام سماوی اطراف زمین، دچار خطا می‌شوند که به عنوان مثال می‌توان به تأثیر نیروهای اجرام سماوی نظیر خورشید و ماه اشاره نمود که یکی از تأثیرات آن‌ها، بوجود آمدن جزرومد در دریاها است، که برای بررسی و تجزیه و تحلیل این تأثیرات و نیروها و نتیجه آن‌ها بر روی موقعیت نقاط مجهول بر روی زمین، نیاز به دانش و علمی است که تمامی آن‌ها را به دقت و صحت بالا مورد بررسی قرار دهد. لذا از بین تمامی علوم، می‌توان به علم ژئودزی که خود ترکیبی از علوم ریاضی (هندسه) و فیزیک است اشاره نمود. ژئودزی از نقطه نظر لغوی بدین تعریف است: "Geodesy" کلمه‌ای است که ریشه یونانی داشته و از دو بخش "Geo" به معنای زمین و "Desy" به عنوان علمی که در تقسیم‌بندی زمین‌ها و اراضی در یونان قدیم استفاده می‌شده، تشکیل شده است.

ژئودزی با تلفظ /dʒiːˈɒdʒi/ یا ژئودتیک (Geodetics)، شاخه‌ای از علوم مربوط به زمین است که به اندازه‌گیری‌ها، نمایش زمین، میدان ثقل زمین، پدیده‌های ژئودینامیکی نظیر حرکات پوسته، جزرومد و حرکت قطبی می‌پردازد. ژئودزی را می‌توان به دو قسمت ژئودزی پیشرفته (Higher Geodesy) که فعالیت آن در اندازه‌گیری‌های روی زمین در مقیاس جهانی است و دوم ژئودزی عملی (Practical Geodesy) یا ژئودزی مهندسی (Engineering Geodesy) که مقیاس آن در سطح منطقه‌ای است که این قسمت را می‌توان همان نقشه برداری زمینی عنوان نمود، تقسیم کرد.

لازم به ذکر است ژئودزی را می‌توان به عنوان علم کاربردی از دو علم پایه ریاضی و فیزیک برشمرد که توجه قابل ملاحظه‌ای به هندسه و موقعیت دارد. در زیر چند تعریف از ژئودزی آورده شده است:

- ژئودزی علم اندازه‌گیری و نمایش زمین است که به تعیین موقعیت در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای، محلی و یا فراتر، در کپکشان‌ها و منظومه شمسی و مطالعه اندازه و شکل زمین، میدان ثقل آن و پدیده‌های ژئودینامیکی از جمله گسل‌ها و آتشفشان‌ها و ...، بر اساس مشاهدات ژئودتیکی نظیر مشاهدات طولی، زاویه‌ای، ترازایی و ماهواره‌ای می‌پردازد.
- جامعه ژئودزی نوین ژئودزی را علم اندازه‌گیری شکل، اندازه، ابعاد، هندسه زمین و عوامل فیزیکی تأثیرگذارنده بر آن می‌داند. ژئودزی این قدیمی‌ترین علم بشر، در دنیای کنونی نیز دارای کاربردهای بسیاری در علوم مهندسی و زندگی روزمره بشر می‌باشد. که به عنوان مثال برای مشخص کردن عوامل رخداد زلزله، سونامی، سیل، بالا آمدن سطح آب دریاها، رانش زمین و طوفان به عنوان نمونه‌هایی از قابلیت این علم در کاهش خسارات سوانح طبیعی و کاربردهای مهندسی مانند تهیه نقشه، تهیه ارتفاع از سطح دریا، استفاده از حل معکوس میدان ثقل در پی‌سازی سدها، پل‌ها، آسمان خراش‌ها و برآورد حجم عملیات خاکی و بهیچه‌یابی در ساخت ابنیه‌ها، و یافتن محل بهینه برای احداث سد اشاره نمود."

فخر واعظی - حاجی‌زاده

nfakhrvaczi@yahoo.com
hajizadch6331@gmail.com

فهرست مطالب

مطالب	شماره صفحه
تقدیم به	۳
پیشگفتار	۵
مقدمه	۱۳
فهرست	۱۵
فصل اول: حرکات زمین	۲۵
مقدمه	۲۶
۱-۱- پیدایش منظومه شمسی و آشنایی با سیاره زمین	۲۶
بیشتر بدانیم: انقلاب علمی	۲۸
۲-۱- تعاریف اولیه	۲۸
۱-۲-۱- حرکات کره زمین	۲۸
حرکت سالیانه	۳۰
حرکت روزانه	۳۰
بیشتر بدانیم: حرکت وضعی زمین	۳۱
۲-۲-۱- زمان نجومی و خورشید	۳۱
۳-۲-۱- مدار	۳۲
۴-۲-۱- قانون عمومی جاذبه	۳۲
۵-۲-۱- اکلیپس	۳۳
- صفحه‌ی اکلیپس	۳۳
۶-۲-۱- خط ورنال و نقطه ورنال	۳۴
۷-۲-۱- حرکات ماه	۳۵
۸-۲-۱- حرکات خورشید	۳۶
پدیده ایجاد فصول	۳۶

۳۸	نقاط اعتدال
۳۸	نقاط انقلاب
۳۹	بیشتر بدانیم: جسم صلب
۴۰	حرکت جسم صلب
۴۰	الف) انتقال
۴۱	ب) دوران
۴۲	بیشتر بدانیم: تعریف بیضی
۴۲	۱-۳-۱- قوانین کیپلر
۴۳	فرضیات حرکت کیپلری
۴۵	۱-۳-۱- قانون اول کیپلر
۴۷	بیشتر بدانیم: اصطلاحات و زمان‌های نقاط حضیض و اوج در سال‌ها و اجرام سماوی مختلف
۴۹	۱-۳-۲- قانون دوم کیپلر (قانون مساحت‌ها - مساوی)
۵۱	انرژی جنبشی و پتانسیل در حرکت سیاره‌ای
۵۲	۱-۳-۲-۱- قانون سوم کیپلر
۵۲	۱-۴-۲-۱- اثبات قوانین کیپلر
۵۲	حرکت سیارات و ماهواره‌ها
۵۴	معادلات حرکت در مختصات قطبی
۵۵	شرایط اولیه مختصات حرکت سیارات
۵۶	۱-۴-۲-۱- اثبات قانون دوم کیپلر
۵۹	۱-۴-۲-۲- اثبات قانون اول کیپلر
۶۰	۱-۴-۲-۳- اثبات قانون سوم کیپلر
۶۱	انحراف از قوانین کیپلر
۶۱	بیشتر بدانیم: ژيروسکوپ
۶۵	گشتاور
۶۵	۱-۴-۱- حرکات محور دورانی زمین
۶۶	۱-۴-۱-۱- انواع حرکات محور دورانی زمین
۶۶	بیشتر بدانیم: جفت نیرو
۶۶	۱-۴-۱-۱- حرکت پرسش (حرکت تقدیمی - رقص محوری)
۷۲	حرکت دورانی
۷۴	دلایل ایجاد حرکت پرسش
۷۵	بیشتر بدانیم: حرکت پرسش و ستاره‌های شمالی
۷۷	۱-۴-۱-۲- حرکت نوتیشن اجباری
۷۷	تأثیرات نوتیشن
۷۹	صفحه مدار ماه
۷۹	۱-۴-۱-۳- حرکت نوتیشن آزاد
۸۲	بررسی حرکت دورانی زمین و اندازه حرکت زاویه‌ای و خطی آن
۸۳	تفاضل بین اندازه حرکت زاویه‌ای و اندازه حرکت خطی
۸۳	اثبات معادله دیفرانسیلی حرکت اولر
۸۵	یادآوری درباره بردار و مشتق آن
۸۶	تحلیل حرکت نوتیشن آزاد
۸۶	سیستم مختصات طبیعی زمین
۸۸	بررسی معادله حرکت محور دورانی زمین به کمک معادله اولر
	فرضیات اولر

۹۲	۵-۱- پربود حرکت قطبی
۹۲	۱-۵-۱- پربود اولر
۹۲	۲-۵-۱- پربود چندلر
۹۳	۳-۵-۱- انواع قطب‌های زمین
۹۳	۴-۵-۱- مشاهدات حرکت قطبی و سیستم مختصات قطبی زمین
۹۷	۶-۱- انواع تغییرات در موقعیت قطب
۹۸	حرکت قطبی اجباری
۱۰۰	۷-۱- تغییرات در اندازه سرعت محور دورانی زمین
۱۰۰	۱-۷-۱- عوامل تغییر سرعت دورانی
۱۰۱	بیشتر بدانیم، سونامی
۱۰۳	فصل دوم: میدان ثقل زمین
۱۰۴	مقدمه
۱۰۴	۱-۲- اهمیت ثقل در تعیین موقعیت
۱۰۵	بیشتر بدانیم، جرم و وزن
۱۰۶	۲-۲- نیروی ثقل
۱۰۶	۱-۲-۲- نیروی جاذبه
۱۰۹	مشکلات در برآورد نیروی جاذبه با استفاده از انتگرال نیوتن (در رابط با کره زمین)
۱۱۰	شتاب جاذبه
۱۱۱	مشاهدات جاذبه
۱۱۲	۲-۲-۲- نیروی گریز از مرکز
۱۱۳	نیروی جانب مرکز
۱۱۵	تفاوت نیروی گریز از مرکز و جانب مرکز
۱۱۶	بیشتر بدانیم، شدت گرانش چقدر است؟
۱۱۶	عوامل تغییر دهنده نیروی گریز از مرکز
۱۱۷	۳-۲- بررسی مقدار نیروی ثقل در زمین
۱۱۹	۱-۳-۲- عوامل تغییر دهنده شتاب ثقل در نقاط مختلف زمین
۱۲۰	بیشتر بدانیم، دوردن یک پیچ با اتومبیل و چرخش به دور زمین
۱۲۱	۴-۲- مدل‌سازی میدان ثقل
۱۲۳	۵-۲- شتاب ثقل نرمال
۱۲۵	۶-۲- آنامولی ثقل
۱۲۷	نوسان جاذبه
۱۲۷	۷-۲- پتانسیل ثقل
۱۲۸	۱-۷-۲- میدان غیر دورانی
۱۳۰	پتانسیل ثقل نرمال
۱۳۰	۲-۷-۲- بررسی مقدار پتانسیل ثقل
۱۳۱	بیشتر بدانیم، نیروی گرانشی و سیاهچاله‌ها
۱۳۱	۸-۲- آنامولی پتانسیل
۱۳۲	۱-۸-۲- سطوح هم پتانسیل
۱۳۳	۲-۸-۲- خصوصیات سطوح هم پتانسیل
۱۳۶	۹-۲- خطوط شاقولی (خطوط نیرو)
۱۳۸	۱-۹-۲- خصوصیات خطوط شاقولی

۱۳۹	امتداد خط شاقولی
۱۴۰	۱-۲-۱۰- ژئوئید (زمین وار)
۱۴۱	۱-۲-۱۰-۱- پتانسیل ژئوئید
۱۴۱	۱-۲-۱۰-۲- جدائی ژئوئید و بیضوی
۱۴۲	۱-۲-۱۰-۳- رابطه کائولا
۱۴۴	۱۱-۲- زاویه انحراف قائم
۱۴۶	۱-۱۱-۲- انواع زاویه انحراف قائم
۱۴۷	۱-۱۱-۲- مؤلفه‌های زاویه انحراف قائم
۱۴۸	۱-۱۱-۲- قسمت‌های عمده انحراف قائم
۱۵۱	فصل سوم: شکل و اندازه زمین
۱۵۲	مقدمه
۱۵۲	۱-۲- شکل واقعی زمین
۱۵۳	۲-۲- شبکه‌های ژئودزی
۱۵۴	بیشتر بدانیم: شبکه‌های نقل
۱۵۴	۱-۲-۲- مزایا و معایب استفاده از شبکه‌های ژئودزی
۱۵۵	۲-۲-۲- طبقه بندی شبکه‌های ژئودزی
۱۵۵	۱-۲-۲-۱- شبکه‌ها بر مبنای وسعت منطقه مورد مطالعه یا ابعاد شبکه مورد نظر
۱۵۵	۲-۲-۲-۲- شبکه‌ها از نظر نوع هدف و موقعیت نقاط
۱۵۵	۲-۲-۲-۳- انواع شبکه‌ها از نقطه نظر فاصله و دقت
۱۵۶	دقت در شبکه‌های ارتفاعی
۱۵۸	دقت در شبکه‌های مسطحانی
۱۵۹	۲-۲-۲-۳- تراز یابی در شبکه‌های با درجات مختلف
۱۵۹	بیشتر بدانیم: سطح مبنای عمق یابی دریاچه ها:
۱۶۰	۱-۲-۲-۳-۱- ایجاد شبکه‌های کنترلی
۱۶۳	بیشتر بدانیم: تراز یابی دقیق
۱۶۳	۲-۲-۲-۴- تکنیک‌های تعیین موقعیت سه مولفه‌ای (X, Y, Z)
۱۶۴	۱-۲-۲-۴-۱- سیستم جهانی ناوبری ماهواره‌ای جهانی
۱۶۶	بیشتر بدانیم: سیستم مختصات در GPS
۱۶۸	۲-۲-۴-۲- سیستم تعیین موقعیت دایر (سیستم ترازیت)
۱۶۹	۲-۲-۴-۳- فاصله‌یابی لیزری ماه (LLR)
۱۷۰	۲-۲-۴-۴- فاصله‌یابی لیزری ماهواره‌ای (SLR)
۱۷۱	۲-۲-۴-۵- تداخل سنجی با طول باز بسیار بلند (VLBI)
۱۷۳	۲-۲- ژئوئید به عنوان شکل زمین
۱۷۵	۱-۲-۲- تقریب ژئوئید زمین در مقطع مداری و نصف النهاری
۱۷۶	۲-۲-۲- ارتباط توپوگرافی سطح دریا (SST) و ژئوئید
۱۷۷	۲-۲-۲- تقریب ژئوئید با یک سطح هندسی دارای معادله ریاضی ساده
۱۷۸	۲-۴- بیضوی دو محوری (بیضوی دورانی)
۱۸۱	۲-۵- بیضوی سه محوری
۱۸۴	۲-۶- روش‌های مختلف تعیین شکل و ابعاد زمین
۱۸۴	۲-۶-۱- روش اراتستن
۱۸۵	۲-۶-۲- استفاده از روش آکادمی علوم فرانسه

۱۸۶	۳-۶-۳- استفاده از بیضوی بهترین تقریب
۱۸۹	۷-۳- انواع فشردگی‌های زمین ارتباط میان آنها
۱۸۹	۱-۷-۲- فشردگی هندسی (فشردگی قطبی)
۱۸۹	۲-۷-۲- فشردگی جاذبی (فشردگی ثقل)
۱۹۰	۳-۷-۲- فشردگی دینامیکی
۱۹۰	۴-۷-۲- فشردگی هیدروستاتیکی
۱۹۱	۸-۲- انواع بیضوی
۱۹۲	۱-۸-۲- بیضوی رفرنس مسطحاتی
۱۹۲	۱-۱-۸-۲- بیضوی جهانی
۱۹۴	۲-۱-۸-۲- بیضوی محلی
۱۹۵	۳-۱-۸-۲- بیضوی‌های ملی
۱۹۵	۲-۸-۲- بیضوی مولد میدان ثقل
۱۹۵	۳-۸-۲- بیضوی تعادل هیدروستاتیکی
۱۹۶	۹-۳- سایر اشکال زمین
۱۹۶	۱-۹-۳- تلوروئید
۱۹۷	۲-۹-۳- شبه ژئوئید
۱۹۷	جدایی ژئوئید و شبه ژئوئید (اختلاف $N - \zeta$)
۱۹۸	آنومالی ارتفاعی (ζ)
۱۹۸	۱۰-۳- انواع ارتفاع براساس فاصله از دو سطح
۱۹۹	۱-۱۰-۳- ارتفاع ارتومتریک (H^s)
۲۰۰	۲-۱۰-۳- ارتفاع نرمال (H^N)
۲۰۰	۳-۱۰-۳- ارتفاع ژئوئید (N)
۲۰۱	محاسبه ارتفاع ژئوئید
۲۰۱	۴-۱۰-۳- ارتفاع دینامیکی (H)
۲۰۲	۵-۱۰-۳- ارتفاع ژئودتیکی (h)
۲۰۳	میزان جدایی سطوح از یکدیگر به طور خلاصه در قالب شکل و جدول

فصل چهارم: تغییر شکل زمانی زمین

۲۰۵	مقدمه
۲۰۶	۱-۴- تغییر شکل زمین از نقطه نظر زمانی
۲۰۷	۱-۱-۴- تغییرات دائمی (خطی و آهسته):
۲۰۷	۱-۲-۴- تغییرات پریودیک (پریودهای کسری از ثانیه تا چندین ده سال):
۲۰۷	۱-۳-۴- تغییرات نامنظم (با شتاب‌های افزایشنده و کاهشنده ناگهانی):
۲۰۷	۲-۴- نیروهای تغییر شکل دهنده‌ی زمین
۲۰۸	۱-۲-۴- پارامترهای حرکت یک جسم تغییر شکل پذیر تحت اثر یک نیروی خارجی
۲۰۹	۲-۲-۴- رفتار یک جسم در مقابل نیروهای تغییر شکل دهنده
۲۰۹	جسم الاستیک
۲۰۹	جسم ویسکوز
۲۰۹	جسم ویسکوالاستیک
۲۱۰	۲-۲-۴- رفتار زمین در مقابل نیروهای تغییر شکل دهنده
۲۱۱	۲-۴- جزرومد

۲۱۱	۱-۳-۴- تعریف جزرومد
۲۱۲	جریان‌های جزرومدی
۲۱۲	۲-۳-۴- علل بررسی جزرومد
۲۱۳	۲-۳-۴- نیروهای جزرومدی
۲۱۶	بیشتر بدانیم: مشاهده جزرومد زمین حاصل از نقل سنجی
۲۱۷	۱-۳-۳-۴- تغییرات حاصل از نیروهای جزرومدی
۲۱۷	جزر و مد متغیر
۲۱۷	جزر و مد ثابت
۲۱۷	۲-۳-۳-۴- عوامل پربودیک بودن نیروهای جزرومدی
۲۱۹	۲-۳-۴- عکس العمل آب‌های کره زمین در مقابل نیروهای وارده از اجرام سماوی
۲۲۰	۵-۳-۴- اثرات جزرومدی بر زمین
۲۲۱	۱-۵-۳-۴- جزرومد پوسته
۲۲۱	۲-۵-۳-۴- جزرومد دریا
۲۲۱	۳-۵-۳-۴- بارگذاری جزرومد دریا
۲۲۲	۶-۳-۴- شتاب جزرومد
۲۲۲	۱-۶-۳-۴- شتاب جزرومدی حاصل از ماه و خورشید در نقاط مختلف زمین
۲۲۶	۷-۳-۴- پتانسیل جزرومد حاصل از ماه و خورشید
۲۲۹	محاسبه پتانسیل جزرومد در نقطه A
۲۳۱	۱-۷-۳-۴- پتانسیل جزرومد و رابطه دودسون
۲۳۲	۲-۷-۳-۴- تغییر شکل‌های حاصل از پتانسیل جزرومد
۲۳۲	۳-۷-۳-۴- رفتار سطوح هم پتانسیل زمین در اثر جزرومد
۲۳۵	۴-۷-۳-۴- مؤلفه‌ها و متغیرهای پتانسیل جزرومد
۲۳۷	۵-۷-۳-۴- پتانسیل جزرومد تابعی از موقعیت جسم جاذب
۲۳۹	۸-۳-۴- مؤلفه‌های جزرومدی
۲۳۹	۱-۸-۳-۴- مؤلفه Sectorial (جزرومد نیمروزانه)
۲۴۰	۲-۸-۳-۴- مؤلفه Tesseral (جزرومد روزانه)
۲۴۲	۳-۸-۳-۴- مؤلفه Zonal (جزرومد حاصل از ترکیب ماه خورشید، جزرومد یا پیریوسلند)
۲۴۲	خلاصه‌ای از مؤلفه‌های جزرومدی
۲۴۵	۹-۳-۴- فرکانس‌های موجود در جزرومد
۲۴۸	۱۰-۳-۴- فازهای کره ماه
۲۴۹	بالا ترین حد آب (مهگشند) (Spring Tide)
۲۵۰	پایین ترین حد آب (کهکشند) (Neap Tide)
۲۵۲	۱۱-۳-۴- سطوح جزرومدی
۲۵۲	۱-۱۱-۳-۴- سطح واقعی دریا
۲۵۳	۲-۱۱-۳-۴- سطح متوسط جزرومدی
۲۵۳	۳-۱۱-۳-۴- سطح متوسط دریا (MSL)
۲۵۵	تعیین MSL از طریق مشاهدات
۲۵۵	بیشتر بدانیم: سطح MSL
۲۵۶	۴-۱۱-۳-۴- چارت دیتوم
۲۵۷	بیشتر بدانیم: محاسبه سطح مبتنی عمق یابی
۲۵۷	۵-۱۱-۳-۴- تعاریف مختلف
۲۵۸	MHWs
	Solstitial Tide

۲۵۸	Traction Force
۲۵۸	HAT - LAT
۲۵۸	Co-Tidel Chart (نقشه‌های هم‌فاز یا هم‌زمان)
۲۵۸	Co-Range Chart (نقشه هم‌دامنه یا هم‌ارتفاع)
۲۶۰	۴-۱۱-۶- انواع ژئوئید بر اساس اثر مؤلفه‌های جزرومد
۲۶۰	بیشتر بدانیم. لایه‌های مختلف زمین
۲۶۰	لایه جامد (لایه لیتوسفر)
۲۶۱	لایه منتل (چینه‌آگوشته)
۲۶۲	هسته
۲۶۳	۴-۴- تغییر شکل حاصل از افزایش یا کاهش بار پوسته زمینی
۲۶۵	۴-۴-۱- تغییر شکل بر اثر بارگذاری
۲۶۶	۴-۴-۲- تغییر شکل بر اثر باربرداری (کاهش بار)
۲۶۷	۴-۴-۳- تغییر شکل ناشی از حرکات تکتونیکی زمین
۲۶۸	۴-۵- تئوری تکتونیک صفحه‌ای
۲۶۸	۴-۵-۱- انواع حرکات تکتونیکی
۲۶۸	الف) حرکت در امتداد عمود بر مرز مشترک و در جهت یکدیگر (همگرایی)
۲۷۱	نقاط داغ
۲۷۲	ب) حرکت در امتداد عمود بر مرز مشترک و در خلاف جهت یکدیگر
۲۷۳	ج) حرکت در امتداد مرز مشترک و در خلاف جهت یکدیگر
۲۷۴	بیشتر بدانیم. تکتونیک صفحه‌ای،
۲۷۴	۴-۶- گسل‌ها
۲۷۵	۴-۶-۱- انواع گسل‌ها
۲۷۵	گسل‌های امتداد لغز (راستا لغز)
۲۷۶	گسل‌های شیب لغز
۲۷۶	۴-۷- تغییر شکل ناشی از ساخت بشر و سایر تغییر شکل‌ها
۲۷۶	۴-۷-۱- تغییر شکل ساخت بشر
۲۷۷	۴-۷-۲- تغییر شکل حاصل از زلزله
۲۷۷	۴-۷-۳- ارتعاشات و تکان‌های مختلف
۲۷۷	۴-۷-۴- تغییر شکل زمین و میدان جاذبه زمین، ناشی از حرکات قلبی
۲۷۷	۴-۷-۵- امواج جاذبه ناشی از اجرام سماوی خارج از منظومه شمسی و تغییرات دانسی ثابت جاذبه
۲۷۷	نمونه‌ای از تغییر شکل‌ها
۲۷۹	۴-۸- ایزوستازی
۲۷۹	۴-۸-۱- تعادل ایزوستازی
۲۸۰	۴-۸-۲- نظریه‌های تعادل ایزوستازی
۲۸۰	۴-۸-۲-۱- مدل پرات
۲۸۳	۴-۸-۲-۲- مدل ایری
۲۸۳	۴-۸-۲-۳- مدل وینینگ منیز
۲۸۵	۴-۸-۳- رجعت ایزوستازی بعد از دوران یخبندان

پیوست ها

۲۸۷	پیوست اول: مطالب تکمیلی فصل های کتاب
۲۸۷	
۲۸۸	۱-۱- کره سماوی
۲۸۹	۲-۱- اتمسفر زمین
۲۹۰	۱-۲-۱- تقسیمات عمودی لایه های جوی
۲۹۰	۳-۱- مرکز جرم و مرکز ثقل
۲۹۱	۱-۳-۱- مرکز جرم
۲۹۳	معادله حرکت سیستم ذرات
۲۹۳	۲-۳-۱- حالت های کلی مرکز جرم
۲۹۳	الف) مرکز جرم Barycenter
۲۹۴	ب) مرکز جرم Center of Mass (com)
۲۹۶	۳-۳-۱- تعریف مرکز ثقل (com)
۲۹۶	۴-۱- تعریف نیرو
۲۹۶	۱-۴-۱- نیروهای بنیادی
۲۹۷	۲-۴-۱- نیروهای پایستار
۲۹۸	۳-۴-۱- نیروهای مجازی
۲۹۹	شتاب گریولیس
۲۹۹	۵-۱- قوانین نیوتن
۲۹۹	۱-۵-۱- قانون اول نیوتن
۳۰۰	۲-۵-۱- قانون دوم نیوتن
۳۰۱	۳-۵-۱- قانون سوم نیوتن
۳۰۱	۶-۱- قانون جهانی گرانش
۳۰۳	۱-۶-۱- تعیین ثابت جهانی گرانش
۳۰۳	۲-۶-۱- گرانش و لختی
۳۰۳	۳-۶-۱- تغییرات شتاب گرانشی
۳۰۳	۴-۶-۱- انرژی پتانسیل
۳۰۴	۷-۱- تئوری میلانکوویچ
۳۰۵	۸-۱- اندازه حرکت خطی
۳۰۶	۹-۱- گشتاور
۳۰۶	گشتاور و رابطه آن با نیرو
۳۰۹	۱۰-۱- اندازه حرکت زاویه ای
۳۱۰	۱۱-۱- انرژی جنبشی جسم صلب
۳۱۰	۱۲-۱- چگالی
۳۱۰	۱۳-۱- مفهوم نوسورها
۳۱۴	۱۴-۱- معادله و توابع لرزنده
۳۱۵	۱۵-۱- هارمونیک ها
۳۱۶	۱۶-۱- تعریف سیستم مختصات
۳۱۷	۱-۱۶-۱- سیستم مختصات ها از نقطه نظر هندسی
۳۱۷	۲-۱۶-۱- سیستم مختصات ها از نقطه نظر فیزیکی
۳۱۷	سیستم مختصات اینرشیا (لخت)
۳۱۸	سیستم مختصات ثابت نسبت به فضا
	سیستم مختصات غیراینرشیا (غیر لخت)

۳۱۹	۱-۱۶-۳ - سیستم مختصات‌ها از نقطه نظر ژئودزی (تعیین موقعیت)
۳۱۹	۱-۱۷-۱ ویژگی‌ها و خصوصیات کره ماه
۳۲۰	۱-۱۸-۱ ویژگی‌ها و خصوصیات خورشید
۳۲۱	پیوست دوم: مسائل حل شده
۳۴۵	پیوست سوم: تحقیق کنید
۳۲۷	پیوست چهارم: جداول
۳۵۳	پیوست پنجم: فرمول‌های ریاضی
۳۶۷	پیوست ششم: واژه نامه
۳۷۷	پیوست هفتم: منابع و مأخذ
۳۸۵	پیوست هشتم: شماری از مولات...