

پدیده ایزو استازی و بیان قرآن در نقش میخواری کوه‌ها

ربابه کیانی هرچگانی^{*۱}

چکیده

یکی از حوزه‌های تحقیق و پژوهش، عرصه مباحث نوین علمی و عرضه آن به آموزه‌های علمی و وحیانی است که محققان قرآنی با دانش‌ها و مطالعات ژرف خویش در این راه توفیق خوبی داشته‌اند بی‌تردید رشد چشم‌گیر دانش بشر در عصر جدید و کشفیات جدید در علوم مختلف، صحت حقانیت اشارات و اعجاز علمی قرآن را بیشتر اثبات کرده است اشاره به نقش میخواری کوه‌ها یکی از موارد اعجاز علمی قرآن است، زیرا قبل از نزول آیات مربوطه کسی از آن اطلاع نداشته است. مدت‌ها بلکه قرن‌ها پس از نزول آیه، این دستاورد علمی توسط زمین‌شناسان کشف شده است. نوشتار حاضر تلاش نموده است تا با ژرف کاوی مفهوم میخواری در آیات قرآن و مفهوم واژه ایزو استازی یعنی به رفتار قشر بیرونی زمین در برابر بارگذاری یا برداشته شدن بارهای بزرگ در علم زمین‌شناسی، به بیان و تبیین آن بپردازد و به مبانی و آثار و فواید آن را اشارت نماید، و به این نتیجه دست‌یافته است که تفسیر علمی آن آیات، گویای اعجاز علمی قرآن می‌باشد. و در این میان به روایات رسیده از معصومین نیز اشاره شده است

واژگان کلیدی: زمین، کوه، ایزو استازی، می‌خواری.

مقدمه

فلسفه نزول قرآن هدایتگری بشر به خوشبختی ابدی و بیان معارف دینی می‌باشد، بحث از اعجاز قرآن در گونه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است که یکی از ابعاد اعجاز قرآن، اعجاز علمی قرآن کریم است، اگرچه اعجاز علمی قرآن و تفسیر علمی قرآن متمایز از یکدیگر است در این نوشتار تلاش شده است در این نوشتار تلاش شده تا به یک معجزه از اعجاز قرآن اشارت رود و ادله خود را ارائه نماید

ایزوستازی (Isostasy) یکی از مفاهیم بنیادی در علوم زمین است. این مفهوم بر پایه قرار گرفتن پوسته کم چگال، روی گشته با چگالی بالاتر بنا نهاده شده است. ایزوستازی بیان‌کننده یک حالت معمول است، حالتی که قرار گرفتن گشته و پوسته در وضعیت تعادل، در نبود نیروهای برهم زننده تعادل، را توصیف می‌کند، اما فرآیندهای سطحی زمین مثل شکل‌گیری توده‌های یخ، رسوب‌گذاری در حوضه‌ها یا شکل‌گیری کوه‌های آتشفشانی که حجم عظیمی از جرم را به صورت یک وزنه بزرگ روی پوسته ایجاد می‌کند می‌تواند این وضعیت تعادل را برهم زند (watts, A.B., 2001. Isostasy and Flexure of the lithosphere). ایزوستازی واژه‌ای یونانی و به معنای «هم ایستایی» (Equal standing) است. این واژه برای اولین بار در ۱۸۸۲ میلادی معرفی شد اما مفهوم آن مدت‌ها قبل؛ یعنی در عصر رنسانس مورد بحث قرار گرفت. برای اولین بار لئوناردو داوینچی (۱) به مفهوم ایزوستازی اشاره کرد. وی بیان کرد «که هر چه یک توده جرمی از مرکز خود فاصله بیشتری داشته باشد، سبکی بیشتری پیدا می‌کند. با فرسایش کوه‌ها و انتقال رسوبات به دریاها، مناطق فرسایش یافته سبک‌تر می‌شوند.» بعد از حدود ۲۰۰ سال از بیان این تفکر، اولین تلاش‌ها برای مشخص کردن شکل زمین از سوی انگلستان و فرانسه شروع شد. انجمن سلطنتی انگلستان به رهبری نیوتن^۲ معتقد بودند که کره زمین در قطب‌ها دچار مسطح شدگی گردیده و در مقابل فرانسوی‌ها به رهبری کاسینی^۳ به مسطح شدن در استوا اعتقاد داشتند. بر این اساس گروهی برای اندازه‌گیری میزان درجه انحراف نصف‌النهار در نقاط مختلف زمین اعزام شدن و با اندازه‌گیری‌هایی که در اکوادور در نزدیکی استوا و در فنلاند در نزدیکی قطب شمال صورت گرفت مشخص شد که زمین در قطب‌های خود دچار مسطح شدگی است. اما بعدها بوگر^۴، ریاضی‌دان و ستاره‌شناس فرانسوی که عضو این تیم تحقیقاتی بود با توجه به این مسئله که اندازه‌گیری صورت گرفته در کوه‌های آند بوده و در کنار توپوگرافی بلندتری نسبت به فنلاند قرار داشته این موضوع رو مورد ارزیابی قرار داد. وی بیان کرد که جرمی که در اکوادور وجود داشته موجب خطا در اندازه‌گیری شده اما خطای به دست آمده بسیار کمتر از میزان خطایی بود که آن جرم می‌باید در اندازه‌گیری ایجاد می‌نمود. این صورت مسئله‌ای بود که منجر به شکل‌گیری مفهوم علمی ایزوستازی شد.

این مطالعه به روش تحقیق تحلیلی توصیفی تطبیقی انجام پذیرفته است تلاش شده است با ارائه یک نمونه از اعجاز علمی قرآن در حوزه زمین‌شناسی و بیان سیر مراحل علمی که منجر به کشف این حقیقت علمی شده، گامی کوتاه در بیان عظمت قرآن کریم بردارد. در قرآن کریم در بیش از هزار آیه به بیان مباحث علوم مختلف اشاره نموده است (طباطبایی، ۱۳۷۹: ۹۴). که بخشی از آیات به اعجاز علمی قرآن اشاره دارد. این دسته از آیات به مباحث علمی اشاره دارد که تا پیش از نزول آن هیچ‌کس بدان آگاهی نداشته است و حتی تا قرن‌ها هم در برخی از آن بشر بدان معرفت نداشته است. تفسیر علمی قرآن با پیشینه‌ای دراز از قرن سوم و چهارم قمری در آثار مکتوب بوعلی سینا دیده می‌شود (رضایی اصفهانی، ۱۳۸۱: ۲۹۳). اما آنچه به عنوان اعجاز علمی قرآن به شمار می‌رود در عصر حاضر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مواردی چون حرکت‌های خورشید «والشمس تجری لمستقر لها ذلک تقدیر العزیز العظیم» (یس/۳۸) - و خورشید به سوی قرارگاه خود روان است - که به حرکت انتقالی خورشید درون کهکشان راه شیری، حرکت وضعی خورشید به دور خود، به حرکات درونی و انفجارات هسته‌ای خورشید اشاره دارد نکات بسیاری از این آیات می‌توان بدست آورد. این از اعجاز علمی و رازگویی قرآن محسوب می‌شود که بشر تا قرن‌ها بعد بدان آگاهی نداشته بلکه تمامی باورها خلاف آن بوده است. بحث زوجیت نیز از این اعجاز علمی قرآن می‌باشد. در قرآن کریم آیات متعددی بر این نکته علمی اشارت دارند «ومن کل الثمرات جعل فیها زوجین اثین» (رعد/۳) - واز هر گونه میوه‌ای در آن جفت جفت قرار

1 Leonardo da Vinci (1452-1519).

2 I. Newton (1642-1727).

3 J. Cassini (1677-1756).

4 P. Bouguer (1698-1758).

- ۸- وَالْأَرْضَ مَدَدْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَ أَلْبَنَّا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ (ق/۷).
- و زمین را گسترده کردیم و در آن لنگر [آسا کوه] ها فرو افکندیم و در آن از هر گونه جُفت دل‌انگیز رویانیدیم.
- ۹- وَ جَعَلْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ شَامِخَاتٍ وَ أَسْقَيْنَاكُمْ مَاءً قُرَاتًا (مرسلات/۲۷).
- و کوه‌های بلند در آن نهادیم و به شما آبی گوارا نوشانیدیم.
- ۱۰- وَ الْجِبَالَ أَوْتَادًا (نبأ/۷).
- کوه‌ها را میخ‌های زمین قرار دادیم
- ۱۱- وَ الْجِبَالَ أَرْسَمَهَا (نازعات/۳۳).
- کوه‌ها را ثابت و اسنوار نمود.

مفهوم شناسی واژگان

الف -رواسی:

این کلمه از ریشه رسا، یرسو، رسوا و رساء و جمع راسیه به معنی کوه. در لسان العرب این کلمه را ثبوت و رسوخ و ریشه داشتن دانسته است. (ابن منظور، ۱۴۱۴ هـ ق: ج ۱۴، ۳۲۱). راغب در مفردات این کلمه را به معنی ثبوت دانسته است (راغب اصفهانی، ۱۴۱۲ هـ ق: ج ۱، ۳۵۴). رست السفینه؛ یعنی لنگر انداختن کشتی، این کلمه در عربی برای وصف قرار گرفتن جسم سخت بر روی جسم سیال، استفاده می‌شود، همچنین رواسی یعنی همچون میخ‌های سر کج که در اعماق پوسته جامد زمین به هم دوخته شده‌اند (صادقی تهرانی، ۱۳۸۰: ۲۱۰).

ب - تمید:

ماد، یمید، میدا و میدانا از ریشه مید به معنی اضطراب راغب در مفردات تمد را اضطراب چیز بزرگ مثل زمین معنی کرده. (راغب اصفهانی، ۱۴۱۲: ج ۱: ۷۸۲). بعضی از مفسرین از جمله طبرسی در تفسیر مجمع البیان آن را لغزیدن به راست و چپ گفته‌اند (طبرسی، ۱۳۷۲: ج ۶: ۵۴۴).

ج - اوتاد:

از ماده وتد به معنی ثابت ساختن چیزی، میخ

لیتوسفر یا سنگ کره:

بیرونی‌ترین لایه مقاوم زمین است که بر روی سست کره قرار دارد و از پوسته و بخش بالایی گوشته تشکیل شده است. سنگ کره به صفحه‌هایی تقسیم می‌شود که بخش پوسته‌ای آن می‌تواند اقیانوسی یا قاره‌ای باشد که این صفحه‌ها بر روی سست کره حرکت می‌کنند. ضخامت سنگ کره اقیانوسی ۶۰ تا ۷۰ کیلومتر، در حالی که ضخامت سنگ کره قاره‌ای ۱۱۰ تا ۱۵۰ کیلومتر است. هنگامی که روی سطح زمین بارگذاری می‌شود سنگ کره با خمش رو به پایین رفتار می‌کند. این امر در نواحی قاره‌ای مثل رشته‌کوه‌ها و حوضه‌های رسوبی بزرگ به فراوانی دیده می‌شود، اما در اقیانوس‌ها کمتر رایج است. (کری، فیلیپ و فردریک وان، زمین ساخت جهانی، ترجمه جمشید حسن‌زاده و سروش مدبری، ۱۳۸۴، ۷۹-۸۲).

استنوسفر یا سست کره:

لایه‌ای زیر لیتوسفر که تا عمق ۷۰۰ کیلومتری زمین ادامه دارد و صفحه‌های لیتوسفر روی آن حرکت می‌کنند، این لایه مکانی در گوشته را شامل می‌شود که به نقطه ذوب نزدیک است، ولی به طور کامل مذاب نیست، زیرا امواج S از آن عبور می‌کنند (کری، فیلیپ و فردریک وان، زمین ساخت جهانی، ترجمه جمشید حسن‌زاده و سروش مدبری، ۱۳۸۴، ۷۹-۸۲).

سه عامل باعث شده که در این آیه کوه‌ها را لنگرهای زمین، معرفی کنند. ۱- کوه‌ها از ریشه‌های به هم پیوسته تشکیل شده‌اند که زمین را از لرزشی که در اثر فشار گازهای درونی ایجاد می‌شود محافظت می‌کند. ۲- باعث مقاومت پوسته زمین در برابر جاذبه ماه می‌شوند. ۳- از قدرت طوفان‌های شدید و بادهای بر پوسته زمین می‌کاهند. علت بیان نهرها را در کنار کوه‌ها این است که کوه‌ها

به‌عنوان مخازنی برای ذخیره آب محسوب می‌شوند. منظور از راه‌ها را بریدگی‌هایی بیان کرده که در میان کوه‌ها وجود دارند؛ چراکه در جاهایی که کوه وجود ندارد مثل کویرها پیدا کردن راه بسیار مشکل است و چه بسا کسانی که به این بیابان‌ها رفته و دیگر برنگشته‌اند (مکارم شیرازی، ۱۳۷۴، ج ۱: ۱۸۲).

بعضی از مفسران با نگاه معنوی و جدا از معنای لفظی این آیه به تفسیر آن پرداخته‌اند یعنی همان‌گونه که زمین نیاز به کوه‌های استوار دارد که مانع از اضطراب آن شود ساکنان آن نیز نیاز به انسان‌های استوار دارد تا مایه آرامش آن‌ها باشد که این کوه‌های استوار اهل بیت (ع) هستند که باعث هدایت انسان‌ها در انتخاب راه معنوی خود هستند. (قرآنی، محسن، تفسیر نور، ج ۶ ص ۳۷۵-۳۷۶؛ قرشی، سیدعلی اکبر، تفسیر احسن الحدیث، ج ۵، تهران، ۴۱۷-۴۱۸).

روایات :

۱- الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي لَا يَبْلُغُ مِدْحَتَهُ الْقَائِلُونَ وَلَا يُحْصِي نِعْمَاءَهُ الْعَادُونَ وَلَا يُؤَدِّي حَقَّهُ الْمُجْتَهِدُونَ الَّذِي لَا يُدْرِكُهُ بَعْدُ الْهَمَمُ وَلَا يَنَالُهُ غَوْصُ الْفِطْنِ الَّذِي لَيْسَ لِصِفَتِهِ حَدٌّ مَحْدُودٌ وَلَا نَعْتٌ مَوْجُودٌ وَلَا وَقْتُ مَعْدُودٌ وَلَا أَجَلٌ مَمْدُودٌ فَطَرَ الْخَلَائِقَ بِقُدْرَتِهِ وَنَشَرَ الرِّيَّاحَ بِرَحْمَتِهِ وَوَدَّ بِالصُّخُورِ مَيِّدَانَ أَرْضِهِ: (شریف الرضی، ۱۴۱۴ه.ق: ۳۹).

سپاس خداوندی را که سخنوران از ستودن او عاجزند و حسابگران از شمارش نعمت‌های او ناتوان و تلاشگران از ادای حق او درمانده‌اند. خدایی که افکار ژرف اندیش، ذات او را درک نمی‌کنند و دست غواصان دریای علوم به او نخواهد رسید پروردگاری که برای صفات او حدّ و مرزی وجود ندارد، و تعریف کاملی نمی‌توان یافت و برای خدا وقتی معین، و سر آمدی مشخص نمی‌توان تعیین کرد. مخلوقات را با قدرت خود آفرید، و با رحمت خود بادها را به حرکت در آورد و به وسیله کوه‌ها اضطراب و لرزش زمین را به آرامش تبدیل کرد.

در این خطبه بعد از سپاس خداوند به حرکت بادها اشاره کرده و بعد کوه‌ها را با تعبیر صخوربه نقش آن‌ها در پایداری زمین پرداخته است.

۲- كَبَسَ الْأَرْضَ عَلَى مَوْرٍ أَمْوَاجٍ مُسْتَفْجِلَةٍ وَ لَجَجَ بِحَارٍ زَاخِرَةٍ تَلْتَطِمُ أَوَاذِي أَمْوَاجِهَا وَ تَصْطَفِقُ مُنْقَادَاتُ أَثْبَاجِهَا وَ تَرَعُو زَبْدًا كَالْفُحُولِ عِنْدَ هِيَاجِهَا فَخَضَعَ جَمَاحُ الْمَاءِ الْمَتَلَطِّمِ لِثِقَلِ حَمْلِهَا وَ سَكَنَ هَيْجُ ارْتِمَائِهِ إِذْ وَطِئَتْهُ بِكُلِّكَلِمَا وَ ذَلَّ مُسْتَخْذِيًا إِذْ تَمَعَّكَتْ عَلَيْهِ بِكَوَاهِلِهَا فَأَصْبَحَ بَعْدَ اصْطِخَابِ أَمْوَاجِهِ سَاجِيًا مَقْهُورًا وَ فِي كَمَةِ الدَّلِّ مُنْقَادًا أَسِيرًا وَ سَكَتَتِ الْأَرْضُ مَدْحُوءَةً فِي لَجَّةِ تَيَّارِهِ وَ رَدَّتْ مِنْ نَحْوَةِ بَأْوِهِ وَ اعْتَلَّاهُ وَ شَمُوخَ أَنْفِهِ وَ سُمُو غُلُوَّائِهِ وَ كَعَمْتَهُ عَلَى كِظَّةٍ جَرِيَّتِهِ فَهَمَدَ بَعْدَ نَزَقَاتِهِ وَ لَبَدَ بَعْدَ زَيْفَانِ وَ ثَبَاتِهِ فَلَمَّا سَكَنَ هَيْجُ الْمَاءِ مِنْ تَحْتِ أَكْنَفِهَا وَ حَمَلَ شَوَاهِقَ الْجِبَالِ الشَّمَخِ الْبُدْخِ عَلَى أَكْنَفِهَا فَجَرَ يَتَابِعُ الْعُيُونِ مِنْ عَرَانِينِ أَنْوْفِهَا وَ فَرَقَهَا فِي سُهُوبٍ بِيدِهَا وَ أَخَادِيدِهَا وَ عَدَّلَ حَرَكَاتِهَا بِالرَّأْسِيَّاتِ مِنْ جَلَامِيدِهَا وَ دَوَاتِ الشَّنَاخِيْبِ الشَّمِّ مِنْ صَيَاخِيدِهَا فَسَكَتَتْ مِنَ الْمَيِّدَانِ لِرُسُوبِ الْجِبَالِ فِي قِطْعِ أَدِيمِهَا وَ تَغْلُغْلِهَا مُسْرَبَةً فِي جَوَابِ خِيَاشِيمِهَا وَ رُكُوبِ. (شریف الرضی، ۱۴۱۴ه.ق: ۱۳۱-۱۳۵).

زمین را به موج‌های پر خروش و دریاهای مواج فرو پوشاند موج‌هایی که بالای آن‌ها به هم می‌خورد و در تلاطمی سخت، هر یک دیگری را واپس می‌زد. چونان شتران نر مست، فریاد کنان و کف بر لب، به هر سوی روان بودند. پس، قسمت‌های سرکش آب از سنگینی زمین فرو نشست و هیجان آن‌ها بر اثر تماس با سینه زمین آرام گرفت؛ زیرا زمین با پشت بر آن می‌غلطید و آن همه سر و صدای امواج ساکن و آرام شده، چون اسب افسار شده رام گردید. خشکی‌های زمین در دل امواج، گسترده، و آب را از کبر و غرور و سرکشی و خروش باز داشت و از شدت حرکتش کاسته شد، و بعد از آن همه حرکت‌های تند ساکت شد، و پس از آن همه خروش و سرکشی متکبران به جای خویش ایستاد. پس هنگامی که هیجان آب در اطراف زمین فرو نشست و کوه‌های سخت و مرتفع را بر دوش خود حمل کرد، چشمه‌های آب از فراز کوه‌ها بیرون آورد آب‌ها را در شکاف بیابان‌ها و زمین‌های هموار روان کرد، و حرکت زمین را با صخره‌های عظیم و قلّه کوه‌های بلند نظم داد، و زمین به جهت نفوذ کوه‌ها در سطح آن، فرو رفتن ریشه کوه‌ها در شکاف‌های آن و سوار شدن بر پشت دشت‌ها و صحراها، از لرزش و اضطراب باز ایستاد.

در این خطبه بیان کرده که زمین به وسیله صخره‌های عظیم و قلّه کوه‌های بلند حرکتش تعدیل شد. در قسمت پایانی خطبه بیان کرده که زمین به جهت عوامل زیر از حرکات ایستاد: ۱- نفوذ کوه‌ها در سطح آن ۲- فرو رفتن ریشه کوه‌ها در شکاف‌های آن. ۳-

سوار شدن کوهها در پشت دشتهها و صحراها، با جمع بندی این مطالب می‌توان به این نتیجه رسید که در این خطبه به نقش موثر کوهها در پایداری زمین اشاره کرده است. همچنین به خصوصیت میخواری کوهها پرداخته است

۳- وَ كَانَ مِنْ اَقْتِدَارِ جَبْرُوتِهِ وَ بَدِيعِ لَطَائِفِ صَنَعَتِهِ اَنْ جَعَلَ مِنْ مَاءِ الْبَحْرِ الزَّائِرِ الْمُتْرَاكِمِ الْمُتَقَاصِفِ يَبَسًا جَامِدًا ثُمَّ فَطَرَ مِنْهُ اَطْبَاقًا فَفَتَقَهَا سَبْعَ سَمَاوَاتٍ بَعْدَ اَرْبَعِيْنَهَا فَاسْتَمْسَكَتْ بِاَمْرِهٖ وَ قَامَتْ عَلٰى حَدِّهٖ وَ اَرْسٰى اَرْضًا يَحْمِلُهَا الْاَخْضَرُ الْمُشْتَعْرِجُ وَ الْقَمَقَامُ الْمُسَخَّرُ قَدْ ذَلَّ لِاَمْرِهٖ وَ اَدْعَنَ لِهَيْبَتِهِ وَ وَقَفَ الْجَارِي مِنْهُ لِخَشِيَّتِهِ وَ جَبَلَ جَلَامِيْدَهَا وَ نَشُوْرَ مُتُوْنِهَا وَ اَطْوَادَهَا [اَطْوَادَهَا] فَارْسَاَهَا فِي مَرَاسِيْهَا وَ اَلْرَمَهَا قَرَارَاتِهَا [قَرَارَاتِهَا] فَمَضَتْ رُءُوْسُهَا فِي الْهَوَاِ وَ رَسَتْ اَصُوْلُهَا فِي الْمَاءِ فَاَنْهَدَ جِبَالَهَا عَنْ سُهُوْلِهَا وَ اَسَاخَ قَوَاعِدَهَا فِي مُتُوْنٍ اَقْطَارِهَا وَ مَوَاضِعِ اَنْصَابِهَا فَاَشْهَقَ قَلَالَهَا وَ اَطَالَ اَنْشَاَزَهَا وَ جَعَلَهَا لِلْاَرْضِ عِمَادًا وَ اَرَزَهَا فِيْهَا اَوْتَادًا فَسَكَنْتْ عَلٰى حَرَكَتِهَا مِنْ اَنْ تُمِيْدَ بِاَهْلِهَا اَوْ تَسِيْخَ بِحِمْلِهَا اَوْ تَزُوْلَ عَنْ مَوَاضِعِهَا فَسُبْحَانَ مَنْ اَمْسَكَهَا بَعْدَ مَوْجَانِ مِيَاهِهَا وَ اَجْمَدَهَا بَعْدَ رَطُوْبِيْهِ اَكْنَفَهَا فَجَعَلَهَا لِخَلْقِهَا مِهَادًا وَ بَسَطَهَا لَهُمْ فِرَاشًا فَوْقَ بَحْرِ لَجِيٍّ رَاكِدٍ لَا يَجْرِيُّ وَ قَائِمٍ لَا يَسْرِيُّ تُكْرِكِرُهُ الرِّيَّاحُ الْعَوَاصِفُ وَ تَمْخُضُهُ الْعَمَامُ الدَّوَارِفُ- اِنْ فِيْ ذٰلِكَ لَعِبْرَةٌ لِّمَنْ يَخْشٰى (شريف الرضى، ۱۴۱۴هـ.ق: ۲۱۱).

از نشانه‌های توانایی و عظمت خدا، و شگفتی ظرافت‌های صنعت او آن است که از آب دریای موج زنده، و امواج فراوان شکنده، خشکی آفرید، و به طبقاتی تقسیم کرد، سپس طبقه‌ها را از هم گشود، و هفت آسمان را آفرید، که به فرمان او برقرار ماندند، و در اندازه‌های معین استوار شدند. و زمین را آفرید که دریایی سبز رنگ و روان آن را بر دوش می‌کشد، زمین در برابر فرمان خدا فروتن، و در برابر شکوه پروردگاری تسلیم است، و آب روان از ترس او ایستاد سپس صخره‌ها، تپه‌ها، و کوه‌های بزرگ را آفرید، آن‌ها را در جایگاه خود ثابت نگاه داشت، و در قرارگاه‌شان استقرار بخشید. پس کوهها در هوا و ریشه‌های آن در آب رسوخ کرد، کوهها از جاهای پست و هموار سر بیرون کشیده و کم کم ارتفاع یافتند، و ریشه آن در دل زمین ریشه دوانید، قلّه‌ها سر به سوی آسمان بر افراشت، و نوک آن‌ها را طولانی ساخت تا تکیه‌گاه زمین، و میخ‌های نگهدارنده آن باشد، سپس زمین با حرکات شدیدی که داشت آرام گرفت، تا ساکنان خود را نلرزاند، و آنچه بر پشت زمین است سقوط نکند، یا از جای خویش منتقل نگردد. پس پاک و منزّه است خدایی که زمین را در میان آن همه از امواج نا آرام، نگه داشت، و پس از رطوبت آن را خشک ساخت و آن را جایگاه زندگی مخلوقات خود گردانید و چون بستری بر ایشان بگستراند، روی دریایی عظیم و ایستاده‌ای که روان نیست. و تنها بادهای تند آن را بر هم می‌زند، و ابرهای پر باران آن را می‌جنباند «و توجه به این شگفتی‌ها درس عبرتی است برای کسی که بترسد»

در این خطبه اشاره کرده که ریشه کوهها در آب رسوخ کرده که شاید منظور از آب همان مایع بودن آن می‌باشد، همچنین در این خطبه اشاره کرده که نوک کوهها را طولانی ساخت تا تکیه‌گاه زمین و میخ نگهدارنده آن باشند و بیان کرده که زمین حرکات شدیدی داشت ولی کوهها باعث شدند که زمین نلرزد و آنچه بر پشت آن است سقوط نکند و منتقل نشود. که با جمع بندی از این عبارات به این نتیجه می‌رسیم که امام علی (ع) در این خطبه نیز به نقش موثر کوهها در پایداری زمین اشاره کرده است.

بیان پدیده ایزوستازی و سیر مراحل تکوین و تکمیل این پدیده در طول زمان

ایزوستازی یا هم ایستایی

اولین بار واژه جبران^۱ از سوی ستاره‌شناس و ریاضی‌دان ایتالیایی بوسکوویچ^۲ بیان شد. وی بیان نمود که «انبساط گرمایی^۳ در مواد اعماق زمین منجر به ایجاد بالا آمدگی^۴ در لایه‌های سطحی زمین می‌شود و این بالا آمدگی دلیلی بر وجود جرم اضافی در اعماق نیست و این مسئله در کوهها منجر به جبران جرمی برای جرم اضافه در سطح می‌شود.» در طی یک قرن بعد دانشمندان بر اساس مشاهدات و اندازه‌گیری‌های که در طبیعت و آثار انسان انجام دادند سعی در درک و گسترش مفهوم ایزوستازی کردند، از این میان می‌توان به آثار بالا و پایین رفتن ستون‌های معبد سراپیس^۵ در ایتالیا و یا خمش محور شاقولی در کنار کوه‌های

^۱ Compensates.

^۲ R. G. Boscovich (1711-1787).

^۳ Thermal expansion.

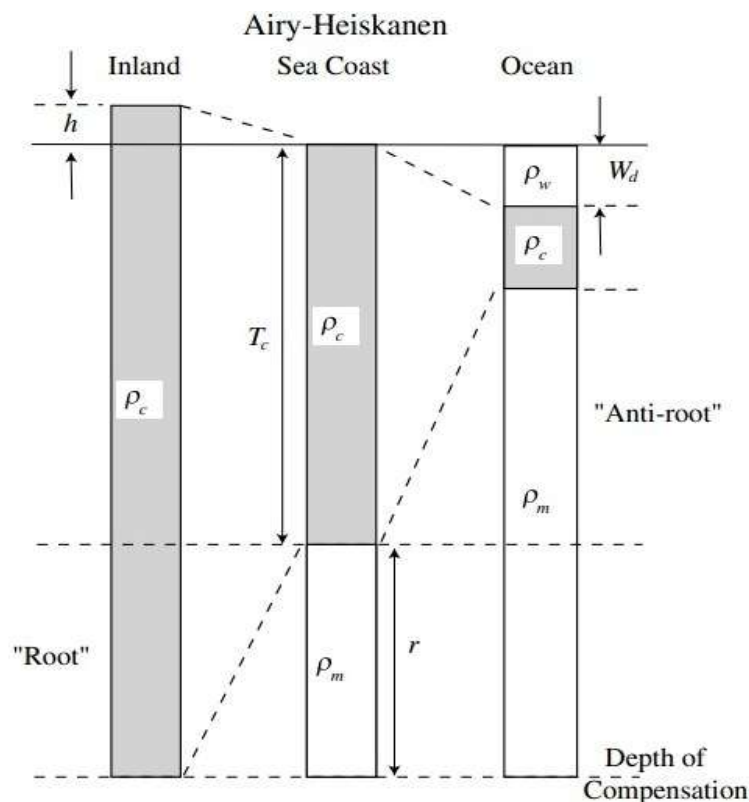
^۴ Uplift.

^۵ Serapis.

همیالیا در هندوستان اشاره کرد. این مشاهدات در نهایت به دو فرضیه بنیادی آیری ۱ و پرات ۲ منجر شد.
(watts,A.B.,2001.Isostasy and Flexure of th lithosphere)

الف) ایزوستازی بر مبنای آیری

آیری اعتقاد داشت که پوسته با چگالی پایین روی لایه مایعی با چگالی بیشتر از پوسته شناور است. وی وضعیت پوسته ای که بر روی گدازه شناور است را با تکه های الوار روی آب مقایسه کرد. با این فرضیه وی این گونه متصور شد که نواحی مرتفع ریشه ای با چگالی کمتر دارند. در نگاه وی آنومالی گرانشی محلی، متاثر از جاذبه مثبت مناطق مرتفع و جاذبه منفی پوسته کم چگال است. مطابق تصویر ۱-۱، به صورت خلاصه وی چگالی پوسته را به صورت قائم در مناطق مختلف متفاوت می دانست.
(watts,A.B.,2001.Isostasy and Flexure of th lithosphere)



شکل ۱- مدل ایزوستازی بر مبنای Airy-Heiskanen بر این مبنای ضخامت ستون سنگی روی سطح compensation ثابت است اما چگالی تغییر می کند (Watts, 2001).

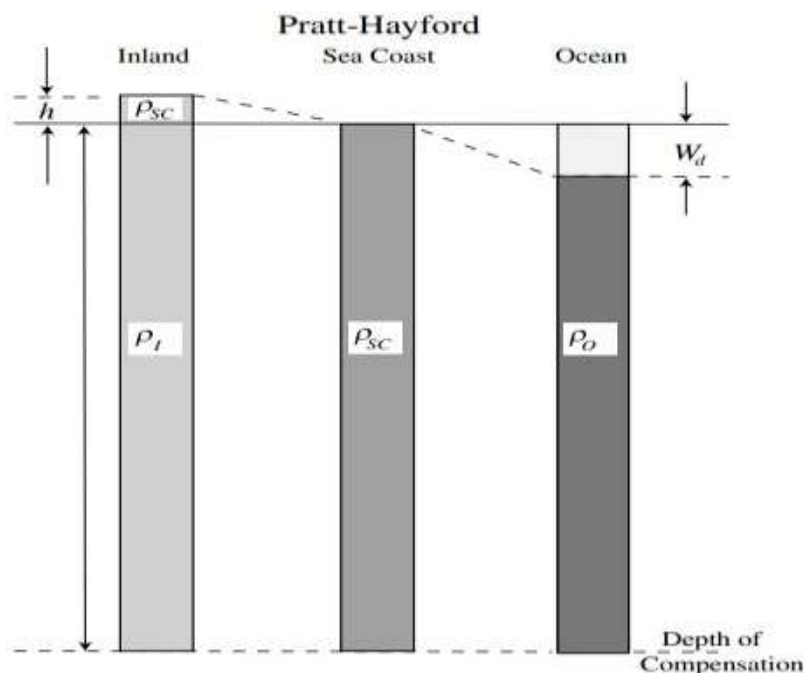
ب) ایزوستازی بر مبنای پرات

پرات، نظریه آیری را که بر ۳ مبنای، فرض کردن پوسته نازک، کم چگال بودن پوسته و این که بر مبنای مدل های زمین شناسی قرن ۱۹ نبود، مورد انتقاد قرار داد و مدل خود را در سال ۱۸۵۹ ارائه کرد. وی پوسته را با ضخامت ۱۵۰ کیلومتر در نظر گرفته و پوسته را ضخیم می دانست و این گونه متصور می کرد که در مناطق کم ارتفاع مانند دشت ها، چگالی مواد در عمق زیاد و در مناطق

1 G.B. Airy (1801-1892).

2 J. H. Pratt (1809-1871).

مرتفع و کوهستانی چگالی مواد تشکیل دهنده پوسته در اعماق کم می‌شود، در نتیجه مطابق تصویر ۲ تغییر چگالی به صورت جانبی و نه قائم اعتقاد داشت (atts,A.B.,2001.Isostasy and Flexure of th lithosphere).



شکل ۲- مدل ایزوستازی بر مبنای Pratt- Hayford بر این مبنا ضخامت ستون سنگی روی سطح compensation متغیر است اما چگالی ثابت است (Watts, 2001).

تا پایان قرن نوزدهم، ایزوستازی تنها یک ایده بود و شواهد مؤثری در رابطه با آن وجود نداشت تا این که در اواخر قرن، هیفورد^۱ رئیس سازمان مساحی و نقشه‌برداری ایالات متحده به خطایی در نقشه‌برداری مناطق ساحلی برخورد کرد که حتی با تصحیح اثر توپوگرافی این خطا هنوز غیرقابل قبول می‌نمود. بنابراین برای اولین بار تصحیح ایزوستازی به صورت محلی به کار گرفته شد. هیفورد به دلایل نامشخص نظریه پرات را به صورت عملی درآورد و مدل پرات-هیفورد را ارائه کرد. با پیشرفت فناوری و تهیه مقاطع عرضی لرزه‌ای از ساختارهای پوسته و گوشته در دهه‌های ۴۰ و ۵۰ میلادی مشخص شد که ضخامت پوسته در قاره‌ها بسیار ضخیم‌تر از اقیانوس‌ها بود و به این ترتیب مشخص شد که نظریه آیری بسیار به واقعیت نزدیک است، اما با اینکه مفهوم ایزوستازی به خوبی از سوی پژوهشگران ژئودزی درک شده بود، همچنان در علوم زمین این مفهوم بسیار غریب و غیرملموس می‌نمود. لازم به ذکر است که بر اساس مشاهدات و تجربیات نقشه‌برداران این میزان تصحیح ایزوستازی برای اطلاعات آن‌ها کافی می‌نمود و آن‌ها پدیده ایزوستازی را کاملاً محلی می‌دانستند (watts,A.B.,2001.Isostasy and Flexure of th lithosphere).

ایزوستازی ناحیه‌ای و خمشی سنگ کره

با نزدیک شدن به قرن بیستم بسیاری از زمین‌شناسان با مدل‌های ارائه شده برای ایزوستازی مشکل داشتند. دلیل آن این بود که در این مدل‌ها به هیچ‌عنوان بحثی از اندازه جرم‌ها یا پدیده‌های زمین‌ساختی صورت نمی‌گرفت و هر ساختاری با هراندازه‌ای به صورت محلی جبران ایزوستازی را باعث می‌شد. این در حالی بود که برخی از آن‌ها همچون گیلبرت^۲ زمین‌شناس آمریکایی بر این باور بودند که استحکام پوسته و لایه زیرین آن می‌تواند تا حدی جبران ایزوستازی را مانع شود. به عبارت دیگر در مدل‌های که

1 J. F. Hayford (1868-1925).

2 G. K. Gilbert (1843- 1919).

تا آن زمان ارائه شده بود اشاره‌ای به استحکام و مقاومت این لایه‌ها در برابر بارگذاری نشده بود. عملکرد این فاکتور در فرآیند ایزوستازی به معنی ناحیه‌ای بودن این پدیده بود. این باور از سوی باررل ۱ نقشه‌بردار آمریکایی به شدت مورد توجه واقع شد. وی با انتشار مقالاتی تحت عنوان «استحکام پوسته زمین ۲» به نقش استحکام لایه‌ها در فرآیند ایزوستازی پرداخت. وی عقیده داشت در حالی که پدیده‌های بزرگی همچون اقیانوس‌ها و قاره‌ها در تعادل ایزوستازی هستند، ساختارهای کوچک‌تر مانند تپه‌ها یا کوه‌های کوچک و رسوبات دلتایی در رودخانه‌ها، توسط سختی خمشی پذیری ۳ پوسته حمایت می‌شوند و رشته‌کوه‌ها در جایی میان این دو عضو نهایی قرار دارند. به عبارت دیگر، بخشی از بار رشته‌کوه‌ها یا مجمع‌الجزایر توسط پوسته و با عبور کردن میزان بار آن‌ها از حد تحمل پوسته، توسط ایزوستازی حفظ می‌شوند (Watts, 2001; Kirby and Swain, 2006; Tassara et al., 2007). باررل برای اولین بار به این نکته پی برد که آنومالی‌های گرانشی حاوی اطلاعاتی درزمینهٔ ویژگی‌های پوسته و گوشته هستند. وی همچنین اشاره به لایه‌ای مستحکم به نام سنگ کره و لایه‌ای ضعیف در زیر آن به نام سست کره ۴ نمود، چون اعتقاد داشت که ضخامت قسمت مقاوم با ضخامت پوسته متفاوت است. واژه سنگ کره اولین بار از سوی دانا ۵ در سال ۱۸۹۶ استفاده شد اما واژه سست کره برای اولین بار از سوی باررل قبل از شکل‌گیری نظریه تکتونیک صفحه‌ای استفاده شد که بعدها به طور گسترده به کار گرفته شد (Watts 2001).

با پیشرفت علوم زمین و جمع‌آوری اطلاعات زمین‌شناختی و ژئوفیزیکی در نواحی مختلف شواهد مستحکمی برای عملکرد ناحیه‌ای ایزوستازی بدست آمد. ون مینز ۶ ژئوفیزیک دان هلندی اولین شواهد مستحکم را در این مورد ارائه نمود. بعدها بر اساس تصاویر لرزه‌ای از ساختار زمین و شواهد مغناطیس سنجی مشخص شد که سنگ کره در حضور بار دچار خمش می‌شود. این پدیده در پشته‌های میان‌اقیانوسی، توده‌های عظیم یخ و نهشته‌های رسوبی ضخیم به‌خوبی شناسایی شد (Watts 2001).

لرزه‌شناسی

شاخه‌ای از ژئوفیزیک است که با استفاده از موج‌های لرزه‌ای طبیعی یا مصنوعی به مطالعه ساختار درونی زمین می‌پردازد. درواقع این علم مانند استفاده پزشکان از پرتو ایکس به درون بدن انسان است و به وسیله آن می‌توان اطلاعات ارزشمندی از درون زمین بدست آورد. روش‌های لرزه‌ای را بر حسب چشمه و تولید کننده موج‌های لرزه‌ای به دو شاخه تقسیم می‌شود ۱- شاخه لرزه‌شناسی زمین لرزه که با مطالعه موج‌های طبیعی حاصل از زمین لرزه به خواص فیزیکی و ساختمان درون زمین پی می‌برند ۲- شاخه لرزه‌شناسی انفجاری یا اکتشافی که به مطالعه موج‌های لرزه‌ای حاصل از چشمه‌های انفجاری مصنوعی می‌پردازد و اطلاعاتی درباره ساختارهای منطقه‌ای یا محلی می‌دهد (توکلی، شهاب، *زلزله شناسی*، ۱۳۸۲: ۶۸).

فرآیند تولید موج‌های لرزه‌ای

هنگامی که تنش تجمع یافته در سنگ از حد کشسانی تجاوز کند گسیختگی به وقوع می‌پیوندد و جرم زیادی از سنگ جابجا و موج‌های لرزه‌ای تولید و منتشر می‌شود. انواع موج‌های لرزه‌ای شامل الف-موج‌های پیکری ب-موج‌های سطحی می‌باشند. (توکلی، شهاب، *زلزله شناسی*، ۱۳۸۲، ص ۶۸).

الف-موج‌های پیکری:

این موج‌ها از پیکره و درون زمین عبور می‌کنند و به دو گروه موج P و موج S تقسیم می‌شود (شکل ۳). موج P موج تراکمی یا کششی است و حرکت آن مشابه موج صوتی است و راستای ارتعاش ذرات در راستای انتشار موج قرار دارند، این موج اولین موج لرزه‌ای است که روی لرزه نگاشت ثبت می‌شود و آن را موج اولیه می‌نامند. موج S یک موج عرضی یا برشی است، راستای

1 J. Barrell (1869- 1919).

2 The strength of the Earth's crust.

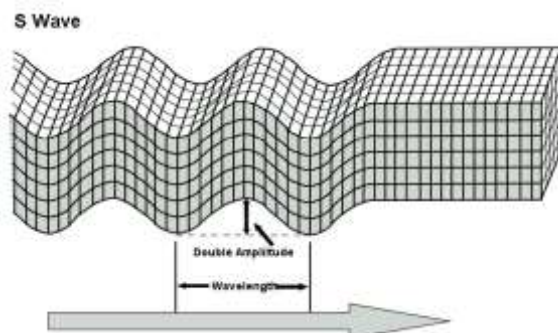
3 Rigidity.

4 Asthenosphere.

5 Dana.

6 F. A. Vening Meinesz (1887- 1966).

ارتعاش ذرات عمود بر امتداد انتشار موج است از آن جایی که این موج دومین موج لرزه‌ای است که روی یک لرزه نگاشت ثبت می‌شود آن را موج ثانویه می‌نامند. این موج قادر به عبور از سیالات نیست این موج حرکات برشی در جهت قائم و افقی ایجاد می‌کند و انرژی بیشتری دارد و همین حرکات برشی باعث آسیب رساندن به سازه‌ها و ساختمان‌هاست. (توکلی، شهاب، **زلزله شناسی**، ۱۳۸۲، ص ۶۸).



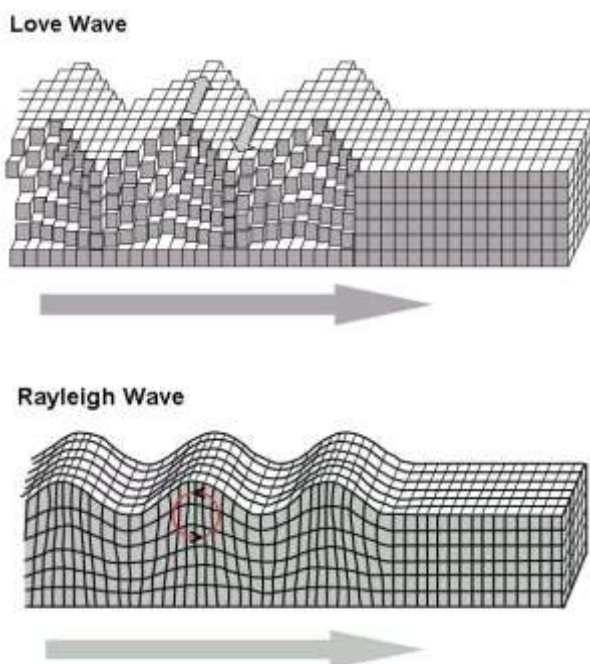
شکل ۳- امواج پیکری P و S و نحوه ارتعاش و حرکت آن‌ها در سنگ. اقتباس از..
توکلی، شهاب، ژئوفیزیک، تهران، دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۳

ب- موج‌های سطحی

این موج‌ها در امتداد سطح آزاد زمین یا دیگر سطوح ناپیوسته درون زمین منتشر می‌شوند حرکت این موج‌ها مشابه چین و شکن‌های سطح آب است که در سطح یک دریاچه انتشار می‌یابد (شکل ۴). این موج‌ها به دو دسته موج‌ها تقسیم بندی می‌شوند:

- ۱- موج‌های ریلی (LR) در این موج‌ها حرکت ذرات در محیط به صورت بیضوی پس گراست و در یک صفحه قائم در امتداد انتشار موج است.
- ۲- موج لاو (LQ) حرکت ذرات در این موج در راستای عمود بر انتشار موج و در صفحه افقی است.

موج لاو که روی لرزه نگاشت‌های افقی قابل ثبت است معمولاً زودتر از موج ریلی ثبت می‌شود. لرزه نگاشت‌های قائم نمی‌توانند موج لاو را ثبت کنند در حالی که موج ریلی روی مؤلفه قائم به خوبی قابل تشخیص است (توکلی، شهاب، زلزله شناسی، ۱۳۸۲: ۷۱).



شکل ۴- امواج سطحی لاو و ریلی و نحوه ارتعاش و انتشار آن‌ها در سنگ. اقتباس از توکلی، شهاب، ژئوفیزیک، تهران،
دانشگاه پیام نور، ۱۳۸۳.

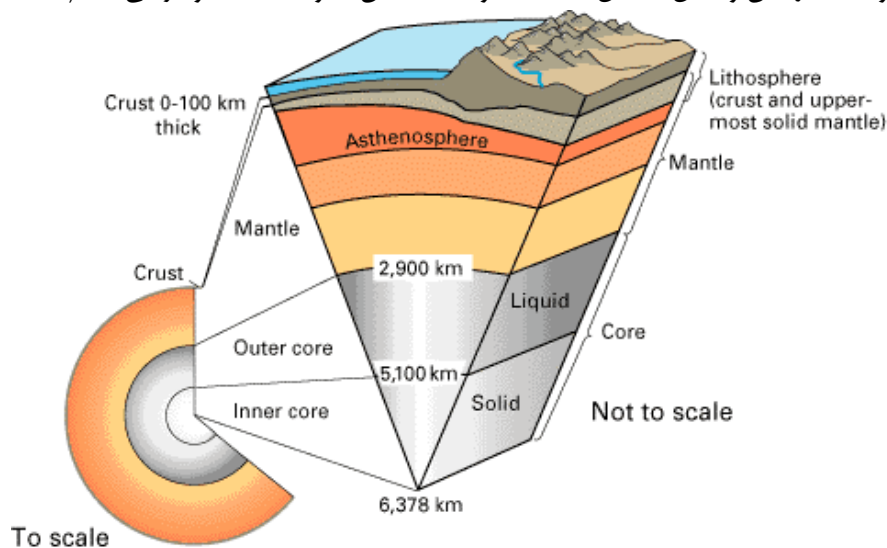
۴-۱-۴-۴ لرزه نگاشت‌ها

لرزه نگارها در لرزه‌شناسی نقشی مشابه نقش دستگاه‌های پرتو ایکس در پزشکی یا تلسکوپ‌ها در ستاره‌شناسی ایفا می‌کنند. این دستگاه‌ها ماهیت بخش‌های غیر قابل مشاهده زمین را آشکار می‌کنند، امروزه انواع متعدد دستگاه‌های لرزه نگاشت وجود دارد. به طور کلی لرزه نگار، دستگاهی است که ارتعاشات زمین را که ناشی از ورود موج‌های لرزه‌ای است همراه با کلیه اطلاعات زمانی بسیار دقیق اندازه گیری و به صورت تابعی پیوسته از زمان ثبت می‌کند. یک لرزه سنج در حالت کلی از یک سیستم حساس متحرک که بر اثر وقوع زمین لرزه به حرکت درمی‌آید، تشکیل شده است و نوسان‌های حاصل در آن پس از تقویت در یک دستگاه ثبات به ثبت می‌رسد. قسمت اصلی یک لرزه سنج، قسمت نوسان کننده آن است که به صورت یک میدل لرزه‌ای به الکتریکی عمل می‌کند و به جابجایی، شتاب، و جنبش زمین، حساس است. ثبت موج‌های لرزه‌ای به روش‌های گوناگونی صورت می‌گیرد. در لرزه نگارهای قدیمی، حرکات ارتعاشی، به وسیله قلم جوهری ظریف متصل به آونگ روی کاغذ معمولی یا توسط سوزن محکم روی کاغذ دوده‌ای ثبت می‌شدند. برخی دیگر از دستگاه‌ها از ثبت نوری مکانیکی استفاده می‌کردند، آینه‌ای که به آونگ یا دیگر بخش‌های متحرک متصل است، حرکات ارتعاشی آونگ را با باز تاباندن پرتو نوری بر روی کاغذ حساس عکاسی امکان پذیر می‌ساخت. اکثراً در دستگاه‌های امروزی از ثبت الکترومغناطیسی یا در مواردی الکترواستاتیکی استفاده می‌شود. در این گونه لرزه نگاشت‌ها از حرکات نوسانی آونگ استفاده می‌کنند و با افزودن یک سیم پیچ مغناطیسی، حرکات نوسانی آونگ را به یک جریان الکتریکی متغیر تبدیل می‌کنند (توکلی، شهاب، زلزله شناسی: ۹۴).

روش لرزه نگاری و اطلاعات ثبت شده توسط لرزه نگاشت‌ها نیز یکی دیگر از روشهایی است که بوسیله آن اطلاعات دقیق و مفصلی از اعماق زمین بدست می‌آید که داده‌هایی که دانشمندان از این طریق بدست می‌آورده اند گویای خصوصیت میخواری کوه‌ها و نفوذ ریشه کوه‌ها در اعماق زمین است.

ساختمان زمین

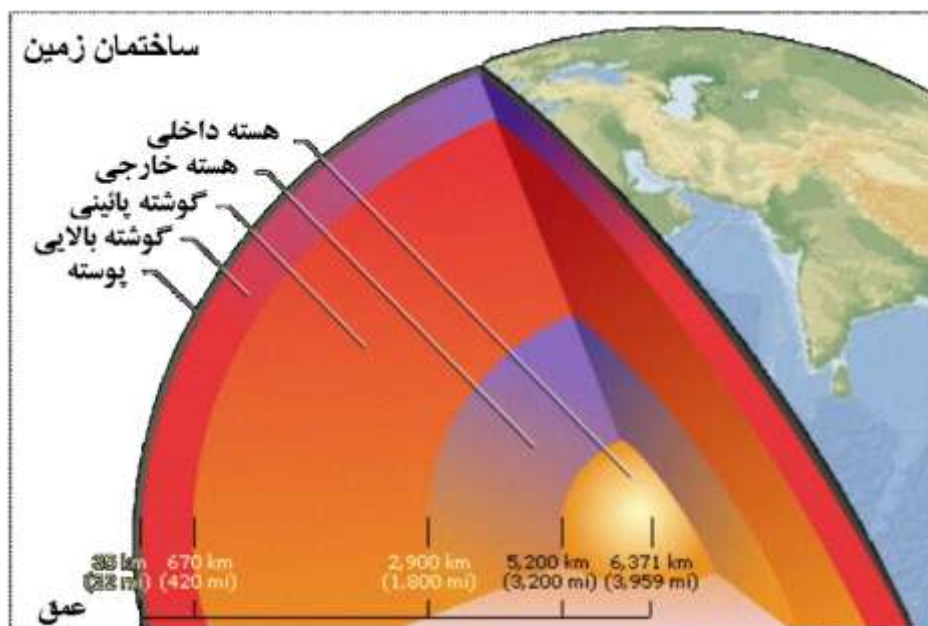
کره زمین از سه لایه اصلی پوسته، جبه (گوشته) و هسته تشکیل شده است. خارجی‌ترین لایه کره زمین پوسته می‌باشد. این لایه در مقایسه با دیگر لایه‌های زمین ضخامت کمتری دارد. ضخامت آن در زیر اقیانوس‌ها کمتر و در زیر قاره‌ها تا حدود ۱۰۰ کیلومتر هم می‌رسد. در زیر پوسته، جبه یا گوشته قرار دارد. این لایه ضخامت بالایی (در حدود ۲۹۰۰ کیلومتر) دارد. گوشته از سه قسمت بیرونی، میانی و درونی تشکیل شده است که گوشته میانی حالت نیمه جامد و خمیری دارد ولی دو قسمت دیگر گوشته (بیرونی و درونی) جامد هستند. در زیر گوشته، سومین لایه زمین یعنی هسته قرار دارد. این لایه از دو قسمت به نام‌های هسته بیرونی و هسته درونی تشکیل شده است. هسته بیرونی مذاب است و دارای ضخامتی در حدود ۲۲۰۰ کیلومتر می‌باشد. هسته درونی جامد است و عمدتاً از آهن و نیکل تشکیل شده است و ضخامت آن حدود ۱۲۵۰ کیلومتر می‌باشد (www.iiees.ac.ir).



شکل ۵- لایه‌های تشکیل دهنده کره زمین

قسمت فوقانی کره زمین (شامل پوسته و گوشته فوقانی) که از مواد سخت تشکیل شده است به نام سنگ کره یا لیتوسفر شناخته می‌شود. لایه زیرین سنگ کره، سست کره یا استنوسفر نام دارد. این قسمت که زیر سنگ کره قرار می‌گیرد از ضخامت بین ۸۰ تا ۲۰۰ کیلومتر برخوردار است. سنگ کره بر روی جبهه یا گوشته حالت شناور دارد. جابجایی سنگ کره بر روی سست کره عامل و منشا بسیاری از پدیده‌ها و تغییرات در سطح زمین (از جمله زمین لرزه و آتش فشان) است. (www.iiees.ac.ir).

نکته قابل توجه در بیان قرآن در بکار بردن واژه رواسی در مورد کوهها که بخشی از پوسته زمین هستند همانطور که اشاره شد یکی از معانی واژه رواسی قرار گرفتن جسم سخت بر روی جسم سیال است صادقی تهرانی، ۱۳۸۰: ۲۱۰). که دقیقاً با آنچه در مورد پوسته زمین و لایه زیر آن که حالت سیال دارد صادق است چراکه پوسته جامد و استنوسفر بر روی استنوسفر مایع قرار گرفته است.



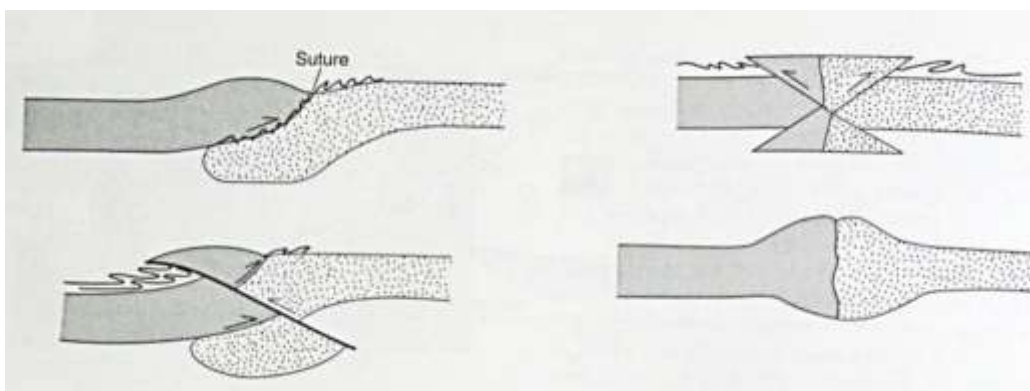
شکل ۶- ساختمان زمین. اقتباس از..

Monroe, J.S. and Wicander, R., *The Changing Earth, Exploring Geology and Evolution*, USA, Brooks Cole Publisher, Third edition, 2002

نتیجه‌گیری

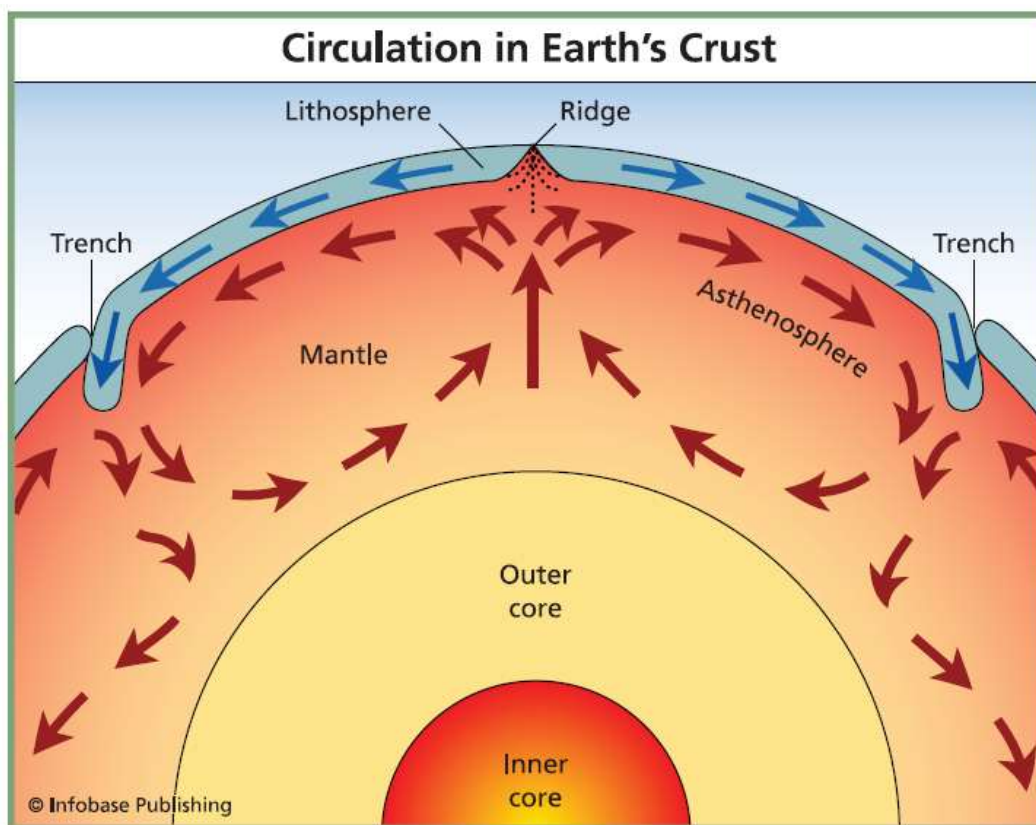
به رفتار قشر بیرونی زمین در برابر بارگذاری یا برداشته شدن بارهای بزرگ پدیده ایزوستازی یا هم‌ایستایی گفته می‌شود، بنابراین وقتی که کوه سبک شود به طرف بالا می‌آید وقتی که سنگین‌تر باشد داخل گوشته بیشتر فرو می‌رود (شکل ۷ و ۹) در واقع بر اساس پدیده ایزوستازی کوهها توسط مناطقی با اختلاف چگالی در ژرفنا جبران می‌شود که وجود این جبران زیرسطحی توسط تغییرات میدان گرانشی زمین در نواحی وسیع تأیید می‌شود. علاوه بر آن داده‌های بازتاب لرزه‌ای که اطلاعات دقیق و کاملی از عمیق‌ترین نقاط زمین در اختیار دانشمندان قرار می‌دهد نیز این حقیقت را تأیید می‌کند که پوسته زمین در زیر کوهها مانند میخی که در یک تخته فرو رفته باشد داخل گوشته فرو رفته است. بر اساس پدیده ایزوستازی در کوهها و ارتفاعات وقتی که فرسایش مواد را از بین می‌برد پوسته بالا می‌آید. در نواحی رسوب‌گذاری و مناطق فعال آتشفشانی وزن مواد باعث فرونشست پوسته زمین می‌شود، یکی از عواملی که باعث به هم خوردن تعادل ایزوستاتیکی یک منطقه می‌شود فرسایش است در واقع در ابتدا که کوه در حال تعادل ایزوستاتیکی است ریشه کوه تا درون گوشته فرو رفته است اما به تدریج که فرسایش کوه ادامه پیدا می‌کند ریشه کوه بالا می‌آید و همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌کنید دیگر ریشه کوه کاملاً بالا آمده و با از بین رفتن کوه، ریشه آن نیز بالا آمده است. و به سطح مبنا که همان سطح دریاها است رسیده است و در آن فرسایش و رسوب‌گذاری رخ نمی‌دهد با دقت در شکل ۷ و ۹ و ۱۰ دیده می‌شود که قسمت عمده هر کوهی زیرزمین قرار دارد که این با آیات بیان شده که با تعبیر رواسی و اوتاد کوهها را

میخ‌های زمین معرفی کرده کاملاً تطابق دارد چراکه همان‌طور که می‌دانیم، میخ، قسمت عمده‌اش در درون زمین قرار دارد و این حقیقت علمی که با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی و نظریه ایزوستازی به دست آمده است کاملاً با این آیات تطابق دارد.



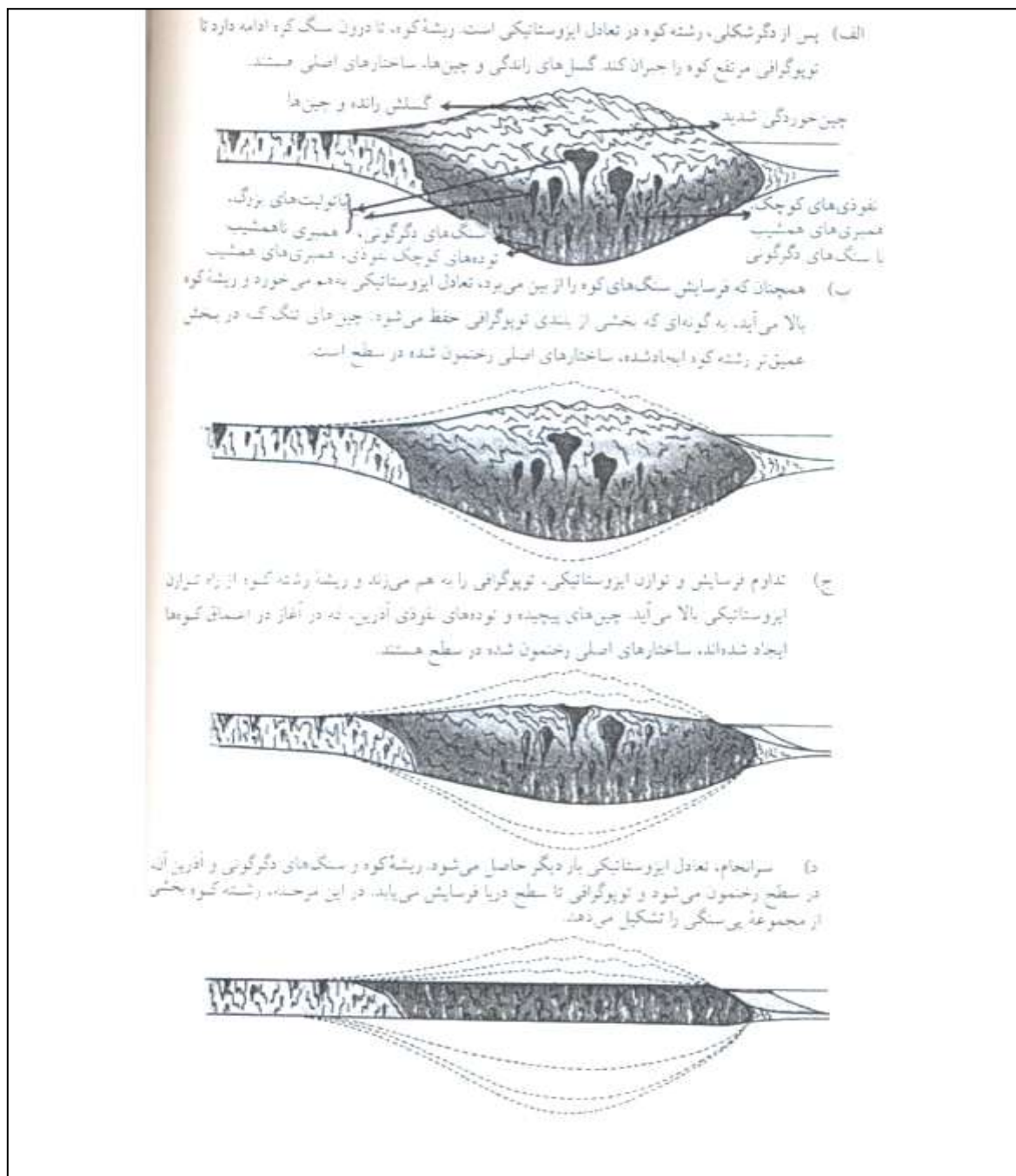
شکل ۷- حالت‌های مختلف برخورد بین دو صفحه قاره‌ای و ایجاد رشته‌کوه. به گسترش و ایجاد ریشه کوه‌ها و ضخیم شدن پوسته توجه شود. اقتباس از... ص ۲۳۶

Moore, E.M., and Twiss, R.J., *Tectonics*, New York, Freeman and Company, 1995.



شکل ۸- لایه‌های زمین و جریان‌های همرفتی در گوشته زمین. اقتباس از ص ۸۷.

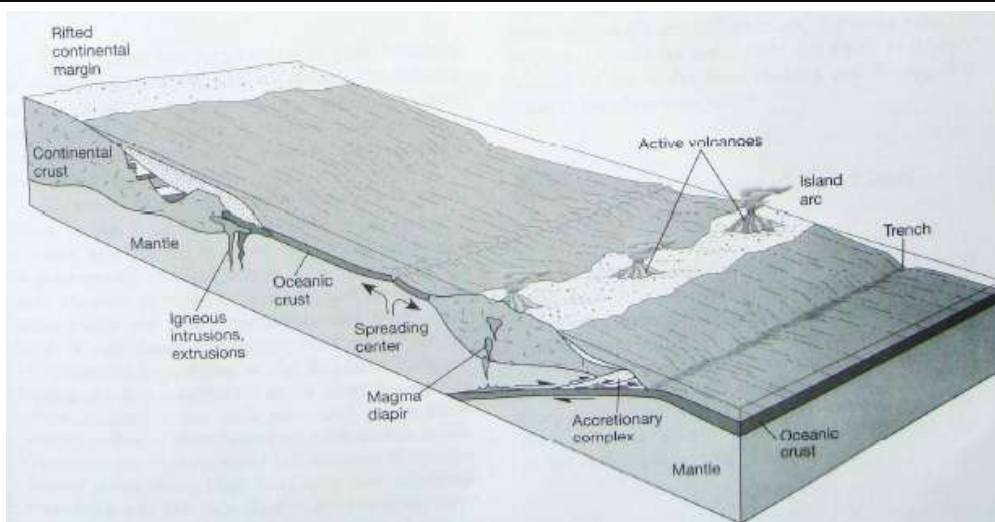
Tomecek, S.M., *Science foundations: Plate Tectonics*, Chelsea House Publishers, 2009.



شکل ۹- تعادل ایزو استاتیکی به امتداد کوه در زیرزمین که همچون میخی در اعماق زمین پیداکرده است.

اقتباس از ...

مر، فریدوسروش مدبری، زمین ساخت صفحه ای و فرایندهای زمین ساختی، شیراز، کوشا مهر، ۱۳۸۶



شکل ۱۰- ساختمان پوسته و موقعیت قرارگیری کوه‌های آتشفشانی. اقتباس از... ص ۴۷.
Moore, E.M., and Twiss, R.J., *Tectonics*, New York, Freeman and Company, 1995

پی‌نوشت‌ها

- Leonardo da Vinci (1452-1519).
 I. Newton (1642-1727).
¹ J. Cassini (1677-1756)
¹ P. Bouguer (1698-1758).
¹ Compensates
¹ Compensates.
¹ R. G. Boscovich (1711-1787).
¹ Thermal expansion.
¹ Uplift.
¹ Serapis.
¹ G.B. Airy (1801-1892).
¹ J. H. Pratt (1809-1871)
¹ J. F. Hayford (1868-1925).
¹ G. K¹ J. Barrell (1869- 1919).
¹ The strength of the Earth's crust.
¹ Rigidity.
¹ Asthenosphere.
¹ Dana.
¹ F. A. Vening Meinesz (1887- 1966).. Gilbert (1843- 1919).

منابع

- ۱- قرآن کریم، ترجمه محمد مهدی فولادوند (۱۴۱۵ق)، تهران: دارالقرآن الکریم (دفتر مطالعات تاریخ و معارف اسلامی).
- ۲- ابن منظور، محمد بن مکرم (۱۴۱۴)، لسان العرب، مصحح جمال‌الدین میردامادی، بیروت: دار الفکر للطباعة و النشر و التوزیع- دار صادر.
- ۳- توکلی، شهاب (۱۳۸۲)، *زلزله شناسی*، تهران: دانشگاه پیام نور.
- ۴- راغب اصفهانی، حسین بن محمد (۱۳۷۴)، *ترجمه و تحقیق مفردات الفاظ قرآن*، ترجمه غلامرضا خسروی حسینی، تهران: مرتضوی.
- ۵- راغب اصفهانی، حسین بن محمد (۱۴۱۲)، *مفردات الالفاظ القران*، بیروت - دمشق: دار القلم _ دار الشامیه.
- ۶- رضایی اصفهانی، محمد علی (۱۳۸۱)، پژوهشی در اعجاز علمی قرآن، رشت: کتاب مبین.

- ۷- شریعتی، محمد تقی (۱۳۸۱)، تفسیر نوین، تهران: دفتر نشر فرهنگ اسلامی.
- ۸- شریف الرضی، محمد بن حسین (۱۳۷۹)، نهج البلاغه، ترجمه محمد دشتی، قم: مشهور.
- ۹- شریف الرضی، محمد بن حسین (۱۴۱۴)، نهج البلاغه (للصبحی صالح)، قم: هجرت.
- ۱۰- طباطبایی، سیدمحمدحسین (۱۴۱۷)، المیزان فی تفسیر القرآن، قم: انتشارات اسلامی جامعه‌ی مدرسین حوزه علمیه قم.
- ۱۱- طبرسی، فضل بن حسن (۱۳۷۲)، مجمع البیان فی تفسیر القرآن، تهران: ناصر خسرو.
- ۱۲- قرآتی، محسن (۱۳۸۳)، تفسیر نور، تهران: مرکز فرهنگی درس‌هایی از قرآن.
- ۱۳- قرشی، سیدعلی اکبر (۱۳۷۷)، تفسیر احسن الحدیث، تهران: بنیاد بعثت.
- ۱۲- کری، فیلیپ و فردریک وان (۱۳۸۴)، زمین ساخت جهانی، ترجمه جمشید حسن زاده و سروش مدبری، تهران: دانشگاه تهران.
- ۱۴- مر، فرید و سروش مدبری (۱۳۸۶)، زمین ساخت صفحه‌ای و فرایندهای زمین ساختی، شیراز: کوشا مهر.
- ۱۵- مکارم شیرازی، ناصر (۱۳۷۴)، تفسیر نمونه، تهران: دار الکتب الإسلامیة.
- ۱۶- مصطفوی، حسن (۱۳۶۰)، التحقیق فی کلمات القرآن الکریم، تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب.
- 17-Moores, E.M, and Twiss,RJ, *Tectonics*, NewYork, Freeman and Company, 1995.
- 18-Monroe,j.s .and Wicander,R.,*The changing earth,exploring geology and evolution*,USA,Brooks Cole Publisher,Third edition,2002
- 19-Kirby, J.F., Swain, C.J. 2006. Mapping the mechanical anisotropy of the lithosphere using a 2D wavelet coherence, and its application to Australia. *Phys. Earth Planet. Int.* 158, 122-138.
- 20-.Stacey F.D and Ioper D.E., Thermal histories of the core and mantle, *Phys. Earth Planet, Interiors* 36, 99-115, 1984.
- 21-Tassara, A., Swain, C., Hackney, R., Kirby, J.F., 2007. Elastic thickness structure of South America estimated using wavelets and satellite-derived gravity data. *Earth and Planetary Science Letters.* 253: 17-36.
- 22-Tomecek, S.M., *Science foundations: Plate Tectonics*, Chelsea House Publisher, 2009.
- 23-Van der Pluijm, B.A., and Marshak, S., *Earth structure*, New York, London, W.W. Norton and company, second edition, 2004.
- 24-watts,A.B.,2001.Isostasy and Flexure of th lithosphere, Cambridge university press,Cambridge
- 25-www.iiees.ac.ir