راهنمای آموزش تکتونیک صفحه‌ای برای دبیران

طهورا شیخی *

مقدمه

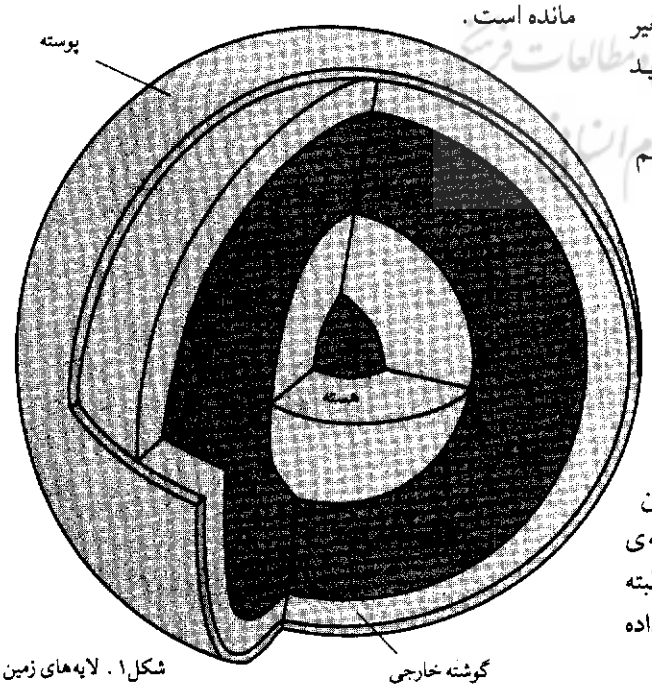
تکتونیک[1] (زمین‌ساخت صفحه‌ای) تئوری نسبتاً جدیدی است که تفکر زمین‌شناسان را درباره‌ی کره‌ی زمین متحول کرده است. بر اساس این تئوری، سطح زمین به صفحات بزرگی شکسته می‌شود. ابعاد و موقعیت این صفحات در هر زمان متغیر است. مرزهای این صفحات محل فعالیت‌های شدید زمین‌شناسی مانند: زلزله، آتشفشان و کوهزایی هستند.

تئوری زمین‌ساخت صفحه‌ای، از دو دیدگاه نزدیک به‌هم تشکیل شده است: ۱. اشتقاق قاره‌ها[2]؛ ۲. گسترش بستر اقیانوس[3].

اشتقاق قاره‌ها، یعنی حرکت قاره‌ها و تغییر موقعیت آن‌ها نسبت به یکدیگر. و گسترش بستر اقیانوس، یعنی ایجاد پوسته‌ی جدید اقیانوسی در محل پشته‌ی میان اقیانوسی[4] و دور شدن آن از محل پشته. در مقاله‌ی حاضر، این مباحث با شرحی در مورد لایه‌های فیزیکی و شیمیایی زمین شروع می‌شوند و سپس پیشرفت‌هایی که در مورد زمین ساخت صفحه‌ای رخ داده‌اند، بیان می‌گردند. در خاتمه‌ی بحث، شرح موقعیت و مدل مرزهای صفحات آمده است. البته این مباحث خیلی گسترده‌تر از آن هستند که این‌جا شرح داده می‌شوند.

لایه‌های زمین

زمین از لحاظ شیمیایی به سه لایه تقسیم می‌شود: هسته[5]، جبه[6] و پوسته[7]. هسته از آهن و نیکل فراوان تشکیل شده که با گذشت ۴/۵ میلیارد سال از سرد شدن زمین، همچنان گرم باقی مانده است.



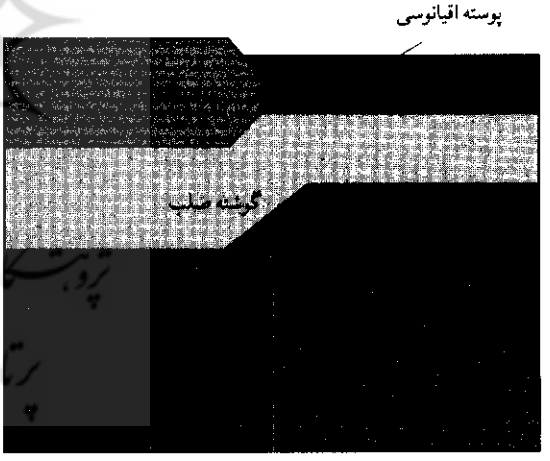
شکل ۱. لایه‌های زمین

هسته به دو لایه تقسیم می‌شود: هسته‌ی داخلی که حالت جامد دارد و هسته‌ی خارجی که مایع است. لایه‌ی میانی زمین جبه (گوشته) نام دارد که از کانی‌هایی غنی از موادی مانند آهن، منیزیم، سیلیکات و اکسیژن تشکیل شده است. پوسته، غنی از اکسیژن و سیلیکات است و مقدار کمی آلومینیوم، آهن، منیزیم، کلسیم، پتاسیم و سدیم دارد. دو نوع پوسته وجود دارد:

۱. پوسته‌ی اقیانوسی که از مواد نسبتاً چگالی به نام بازالت[8] تشکیل شده است.

۲. پوسته‌ی قاره‌ای که از سنگ‌هایی با چگالی کم‌تر، مانند گرانیت[9] و آندزیت[10] ایجاد شده است.

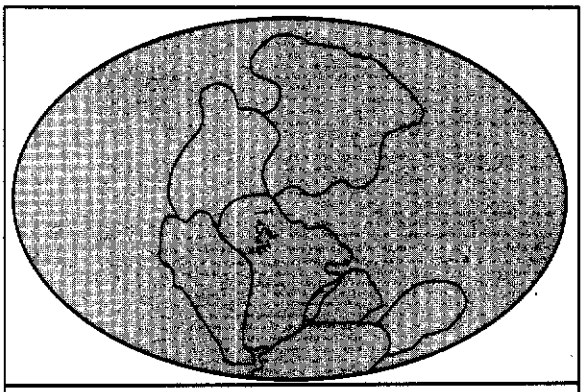
بیرونی‌ترین لایه‌ی زمین از لحاظ فیزیکی به لیتوسفر[11] (سنگ کره) و استنوسفر[12] (سست کره) تقسیم می‌شود. لیتوسفر سخت‌ترین لایه‌ی زمین است که از پوسته و قسمت بالایی گوشته تشکیل شده است. لیتوسفر همان مفهوم صفحه را در تئوری زمین ساخت صفحه‌ای در بر دارد. استنوسفر قسمتی از گوشته است که جریان دارد و از رفتاری پلاستیک مانند برخوردار است. امکان دارد جریان مواد در حالت جامد نامأنوس باشد، ولی یک مثال خوب برای توصیف آن، حرکت خمیر دندان در تیوپ است. جریانات استنوسفری بخشی از حرکات گوشته است که مهم‌ترین نقش را در حرکت صفحات لیتوسفری دارد.



شکل۲. خارجی‌ترین لایه‌ی زمین، صفحات از پوسته و گوشته‌ی سخت بالایی تشکیل شده‌اند.

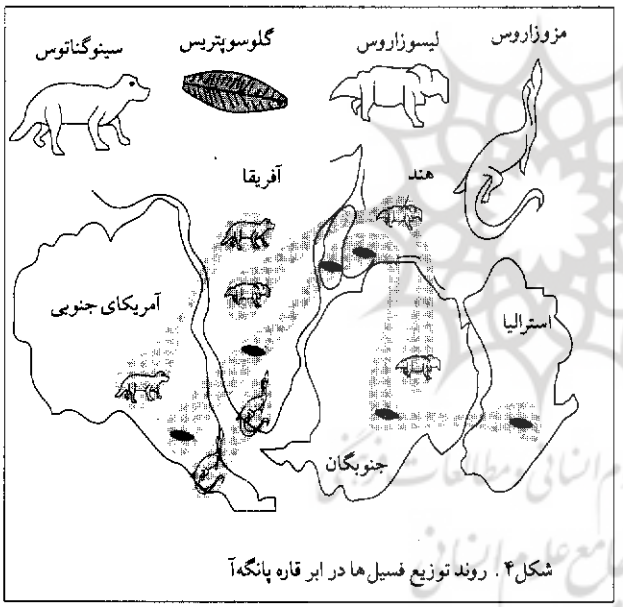
اشتقاق قاره‌ها

اشتقاق قاره‌ها توسط هواشناس آلمانی، **آلفردوگنر** پیشنهاد شد. وگنر از تناسب قاره‌ها، توزیع و پراکندگی فسیل‌ها، توالی‌های مشابه چینه‌ای در سنگ‌های مناطق گوناگون، آب و هوای گذشته، و سرگردانی ظاهری قطب‌های[13] زمین برای اثبات ایده‌اش استفاده کرد. او با استفاده از مدارک و شواهد تئوری خود را پیشنهاد کرد که بر اساس آن، تمام قاره‌های امروزی، در گذشته بخشی از ابر قاره‌ی پانگه‌آ[14] بوده‌اند.



شکل۳. نقشه‌ی جهان در ۲۰۰ میلیون سال پیش. در آن زمان، تمام قاره‌های امروزی جزئی از ابر قاره‌ی پانگه‌آ بوده‌اند.

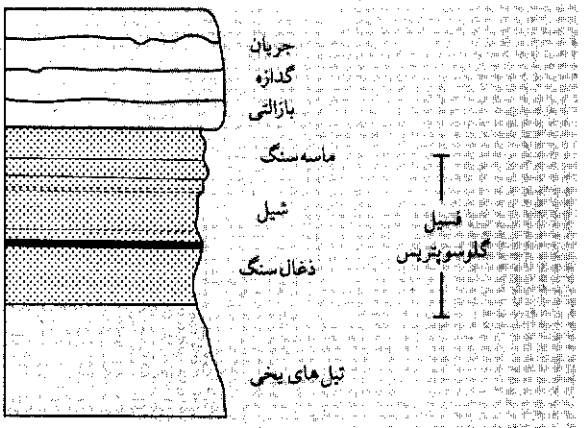
اشتقاق قاره‌ها: شواهد فسیلی



شکل۴. روند توزیع فسیل‌ها در ابر قاره پانگه‌آ

فسیل‌هایی از گونه‌های مشابه در قاره‌های متفاوت کشف شده‌اند. وگنر اظهار می‌دارد، این گونه‌ها زمانی که قاره‌ها به‌هم نزدیک بوده‌اند، پخش شده‌اند و سپس بر اساس اشتقاق قاره‌ها حمل شده و در موقعیت فعلی‌شان قرار گرفته‌اند. مثلاً «گلوسوپتریس» که نوعی سرخس است، در آمریکای جنوبی، آفریقا، هند و استرالیا کشف شده است. اگر قاره‌ها را در گذشته شبیه پانگه‌آ تصور کنیم، توزیع گلوسوپتریس را می‌توان با موقعیت جغرافیایی مجاور هم قاره‌ها توجیه کرد. روند توزیع سایر گونه‌ها را نیز می‌تواند با پراکندگی اولیه‌ی آن‌ها در پانگه‌آ و به دنبال آن، شکستگی ابر قاره و حرکت آن‌ها به طرف موقعیت فعلی قاره‌ها شرح داد.

اشتقاق قاره‌ها: توالی سنگ‌ها



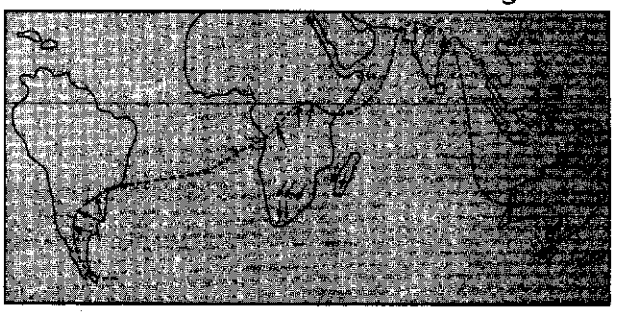
شکل ۵. لایه‌هایی از سنگ‌های مشابه که در جنوبگان، استرالیا، آمریکای جنوبی، آفریقا و هند، قبل از شکسته شدن پانگه‌آ، تشکیل شده‌اند. فسیل گلوسوپتریس در سنگ‌های همه‌ی قاره‌ها کشف شده است.

توالی سنگ‌ها در آمریکای جنوبی، آفریقا، هند، جنوبگان و استرالیا شباهت‌هایی استثنایی را نشان می‌دهند. وگنر نشان داد، سه لایه‌ی مشابه در تمام این مناطق دیده می‌شود. پائین‌ترین لایه (قدیمی‌ترین لایه) را «تیلیت»[16] می‌نامند که بقایای یخچال‌هاست. لایه‌ی میانی از ماسه سنگ‌ها، شیل[17] و لایه‌های ذغالی تشکیل شده است. فسیل گلوسوپتریس در لایه‌ی پائینی و میانی دیده می‌شود. لایه‌های بالایی (جوان‌تر) از گدازه‌ها تشکیل می‌شوند. این سه لایه با نظمی مشابه در مناطقی جدا و دور افتاده از هم قرار دارند. وگنر پیش‌بینی می‌کند، این لایه زمانی که تمام این قاره‌ها جزئی از ابر قاره‌ی پانگه‌آ بوده‌اند، شکل گرفته‌اند. سپس از هم جدا شده و در مناطق متفاوت قرار گرفته‌اند.

اشتقاق قاره‌ها: یخساری شدن

پوشیده از یخ بودن بخش‌هایی از آمریکای جنوبی، آفریقا، هند و استرالیا، بهترین توضیح برای اتصال قاره‌ها در گذشته است. به عقیده‌ی وگنر، طی دوران یخساری، قاره‌ها به یکدیگر نزدیک بوده‌اند. بنابراین، توزیع یخچال‌ها در محدوده‌ی کوچکی در نیم‌کره‌ی جنوبی رخ داده و مسلماً روی آب و هوای نیم‌کره‌ی شمالی تأثیری نداشته و آب و هوای نیم‌کره‌ی شمالی گرم بوده است.

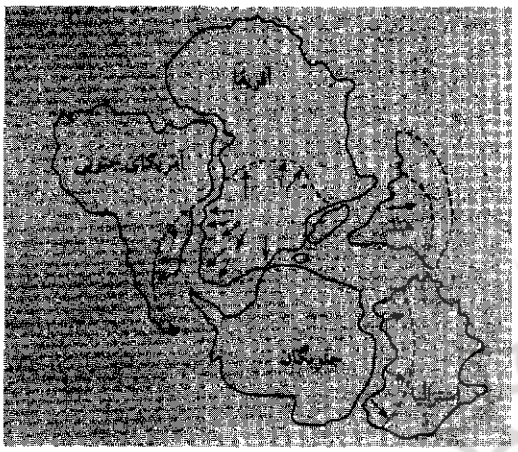
شکل ۶. ایجاد شیارها توسط یخچال‌ها که با فلش نشان داده شده است، مدارک لازم را برای اشتقاق قاره‌ها فراهم می‌سازد. این دیاگرام موقعیت فعلی قاره‌ها را نشان می‌دهد.



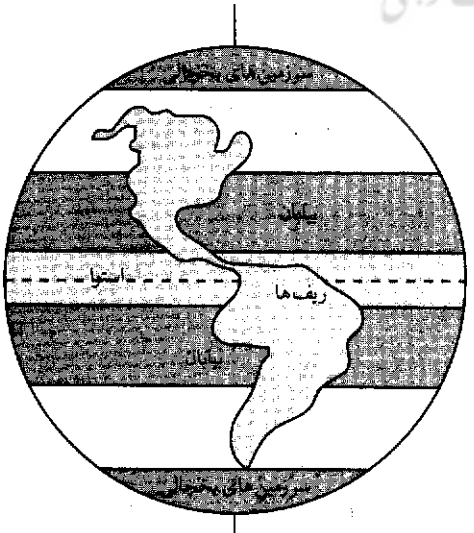
وگنر از نحوه‌ی پراکندگی سنگ‌های گوناگون برای تعیین پراکندگی آب و هوای گذشته‌ی زمین استفاده کرد. برای مثال، شیارها و تیل‌های مخصوص مناطق قطبی، تلماسه‌های مخصوص بیابان‌ها و ریفت‌های مرجانی مربوط به مناطق حاره‌ای هستند.

آب و هوای فعلی جهان در شکل ۸ مشخص است. توضیحات فوق مشخص می‌کند که چگونه چرخش و تغییر موقعیت قطب‌های زمین در پراکندگی یخچال‌ها، بیابان‌ها و ریفت‌ها مؤثر بوده است.

شکل ۷. پراکندگی و نحوه‌ی توزیع یخچال‌ها، بهترین توضیح برای آن است که قاره‌ها جزئی از پانگه‌آ بوده‌اند.



با استفاده از توزیع انواع سنگ‌ها، وگنر توانست توزیع زون‌های اقلیمی مربوط به زمان‌های مشخصی در گذشته را بازسازی کند. او کشف کرد، بر خلاف روند توزیع کنونی زون‌ها نسبت به استوا، زون‌ها در گذشته در موقعیت‌های کاملاً متفاوتی ساکن بوده‌اند. البته او پیشنهاد دیگری هم ارائه داد که بر اساس

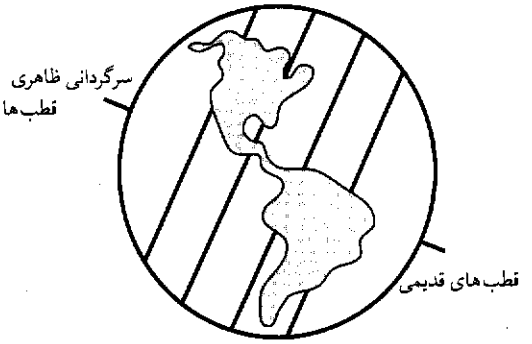


شکل ۸. وضعیت فعلی آب‌وهوا و نحوه‌ی ارتباط آن با طرح چگونگی قرار گرفتن قطب‌های زمین و سرگردانی قطب‌ها

آن، زون‌های آب و هوایی ثابت مانده و موقعیت قاره‌ها نسبت به آن تغییر کرده است.

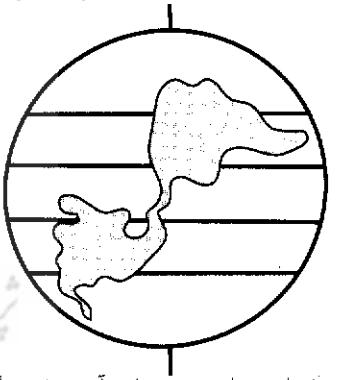
وگنر با استفاده از روند توزیع آب و هوا، موقعیت قطب‌ها را در زمان‌های متفاوت بازسازی کرد. او دریافت، موقعیت قطب‌ها در زمان‌های متفاوت تغییر کرده است. این حرکت ظاهری قطب‌ها بعداً سرگردانی قطبی نامیده شد. البته وگنر برای این مسأله توضیح دیگری هم داشت و آن ثابت بودن قطب‌ها و حرکت و تغییر موقعیت قاره‌هاست.

اگر قاره ها موقعیت ثابتی داشته باشند و قطب‌ها سرگردان باشند:



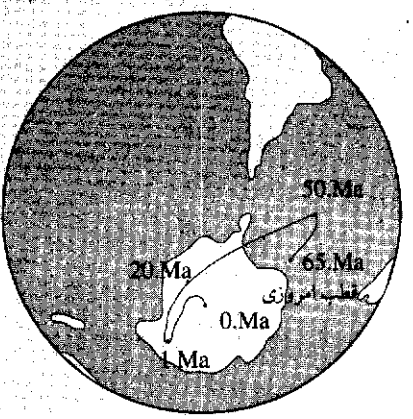
اگر قطب‌ها ثابت فرض شوند و قاره‌ها متحرک باشند:

محل قرارگیری قطب‌ها در گذشته (مشابه موقعیت امروزی)



شکل ۹. دو طرح پیشنهادی درباره‌ی توزیع نواحی آب و هوایی در گذشته‌ی زمین

وگنر اظهار داشت، قطب‌ها موقعیت ثابتی دارند و قاره‌ها دائم تغییر موقعیت می‌دهند.

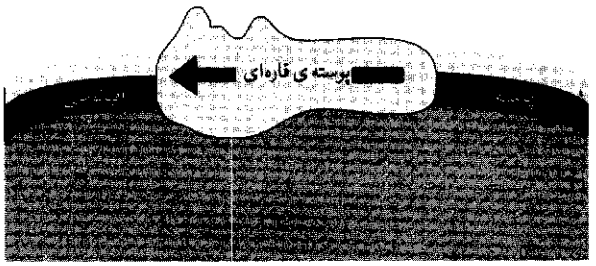


شکل ۱۰. سرگردانی ظاهری قطب جنوب جغرافیایی در ۶۵ میلیون سال قبل

مشکلات وگنر در رابطه با اشتقاق قاره‌ها

مدل وگنر مورد تأئید تمامی زمین شناسان قرار نگرفت. بعضی فکر می‌کردند، پراکندگی گونه‌های فسیلی را می‌توان با جریان‌های باد یا اقیانوس توجیه کرد. گروهی دیگر فکر می‌کردند، قطب‌ها حرکت می‌کنند و موقعیت قاره‌ها ثابت باقی می‌ماند. بیش‌تر زمین شناسان معتقد بودند، دلایل وگنر کافی نیست.

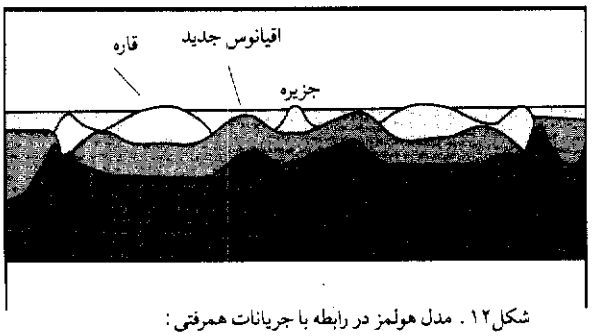
عقیده‌ی وگنر مبنی بر این که کفه‌ی قاره‌ای روی پوسته‌ی اقیانوسی حرکت می‌کند، مورد قبول سایر زمین شناسان قرار نگرفت.



شکل ۱۱. حرکت کفه‌ی قاره‌ای روی پوسته‌ی اقیانوسی

مهم‌ترین اشکال وارد بر تئوری وگنر، نبود سازوکار برای حرکت قاره‌ها بود. وگنر اظهار داشته بود که چرخش زمین سبب حرکت قاره‌ها می‌شود. با توجه به اطلاعات دانشمندان، این ایده غیر ممکن بود.

سازوکار حرکت قاره‌ها توسط **آرتور هولمز**، زمین شناس **اسکاتلندی** (۱۹۲۸) مطرح شد. او عقیده داشت، گرمای درون زمین سبب ایجاد جریانات همرفتی[۱۸] می‌شود. این جریانات زیرزمینی سبب رشد پوسته به سمت بالا، سپس حرکت به طرفین، و نهایتاً حرکت به طرف پائین آن می‌شود. جریان همرفتی زیر قاره‌ها ایجاد می‌شود (اکنون زمین شناسان می‌دانند که سنگ‌های جامد جریان نمی‌یابند و جریان همرفتی در گوشته رخ می‌دهد). متأسفانه وگنر در سال ۱۹۳۰ هنگام مطالعه‌ی یخچال‌های گرینلند در گذشت و مجال آن را نیافت تا نظریات هولمز را با مشاهدات خود تطبیق دهد.

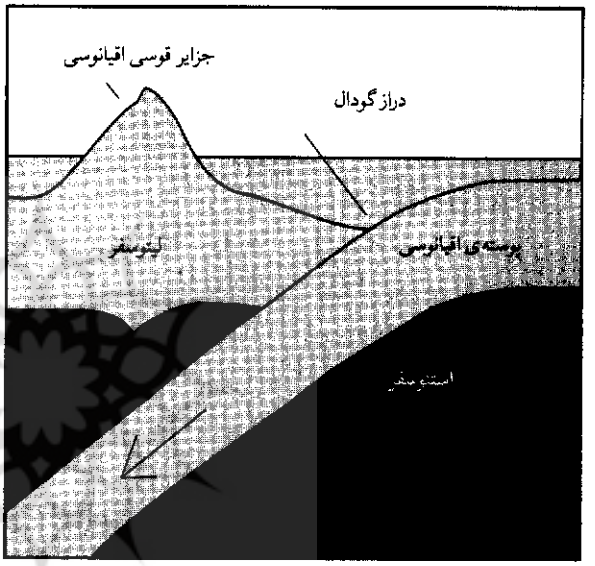


شکل ۱۲. مدل هولمز در رابطه با جریانات همرفتی:
A) مناطق بالا رونده؛ B) مناطق پائین رونده و ذوب شونده.

احیای فرضیه‌ی اشتقاق قاره‌ها

طی دهه‌ی ۱۹۴۰، پیشرفت‌های زیادی در زمینه‌ی اطلاعات زمین‌شناسان درباره‌ی «بستر اقیانوس» و «خواص مغناطیسی سنگ‌ها» به‌دست آمد. هر دوی این زمینه‌ها مدارک زیادی برای اثبات حرکت تدریجی قاره‌ها فراهم آورند. زمین‌شناسان بیش از یک قرن است که از وجود پشته در میان اقیانوس مطلع هستند. در سال ۱۹۵۰، لرزه‌شناسان نشان دادند، سیستم جهانی پشته‌های میان اقیانوسی، کمربندهای لرزه خیز یا زون‌های لرزه‌ای هستند.

گسترش بستر اقیانوس



شکل۱۳. گسترش بستر اقیانوس

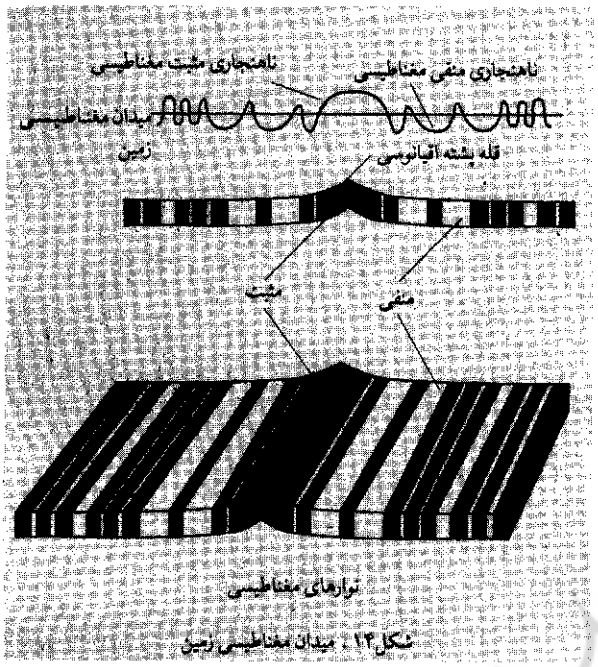
در سال ۱۹۶۲، زمین‌شناسان توضیحی در مورد سیستم جهانی ریفت[19] ارائه دادند. هری هس اظهار داشت، پوسته‌ی اقیانوسی در محل پشته‌های میان‌اقیانوسی ایجاد می‌شود و سپس به‌طور جانبی حرکت می‌کند و در محل «دراز گودال‌های اقیانوسی»[20]، به زیر پوسته‌ی قاره‌ای فرو می‌رود.

دراز گودال، شامل دره‌ای با دیواره‌های پرشیب روی بستر اقیانوس و در مجاورت حاشیه‌ی قاره‌هاست. مثلاً پوسته‌ی اقیانوسی ایجاد شده توسط بالا آمدن شرق اقیانوس آرام، در محل کوه‌های آند در غرب آمریکای جنوبی فرورانش می‌کند. در مدل هس، حرکات همرفتی باعث حرکت پوسته‌ی اقیانوسی از محل پشته‌ها به طرف دراز گودال می‌شود؛ درست شبیه به حرکت نوار نقاله.

در همین زمان، روبرت دتیز مستقلاً مطالعاتی انجام داد و به مدلی مشابه دست یافت. مدل او، مدلی ترکیبی بود. او احتمال داد که سطح لغزنده زیر لیتوسفر قرار داشته باشد، نه زیر پوسته.

آزمون فرضیه‌ی گسترش بستر اقیانوس

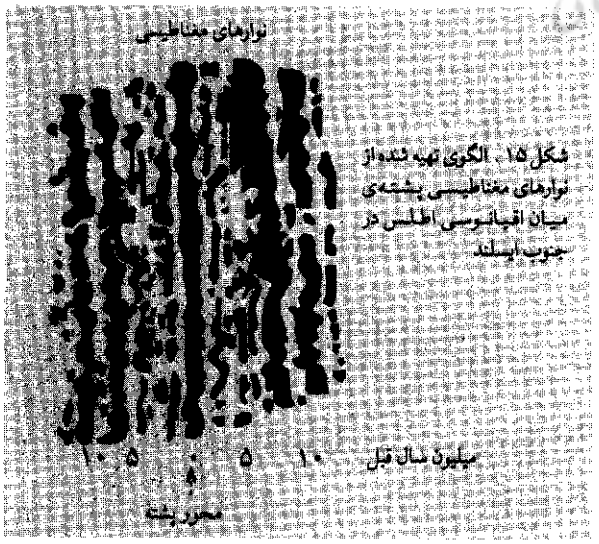
در سال ۱۹۵۰، نقشه‌ی علمی میدان مغناطیسی زمین از روی سنگ‌های بستر اقیانوس آرام تدوین شد.



شکل۱۴. میدان مغناطیسی زمین

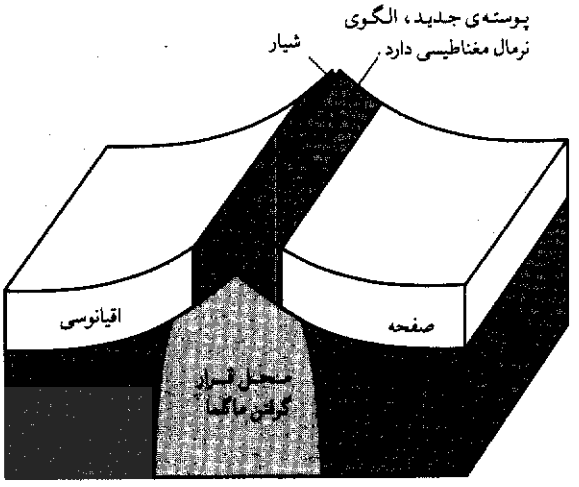
سنگ‌های ولکانیکی در کف بستر اقیانوس، دارای خواص مغناطیسی هستند. به این علت که هنگام سرد شدن، کانی‌هایی که خواص مغناطیسی دارند، در جهت میدان مغناطیسی زمین ردیف می‌شوند. شدت میدان مغناطیسی که با این روش به دست آمد، با شدت‌های پیش‌بینی شده تفاوت‌های زیادی داشت. بنابراین دانشمندان به ناهنجاری‌های مغناطیسی[21] از مکانی به مکان دیگر پی بردند که شامل ناهنجاری‌های مثبت و منفی مغناطیسی است.

ناهنجاری‌های مثبت مغناطیسی مناطقی هستند که میدان مغناطیسی در آن‌ها قوی‌تر از میزان پیش‌بینی شده است. این



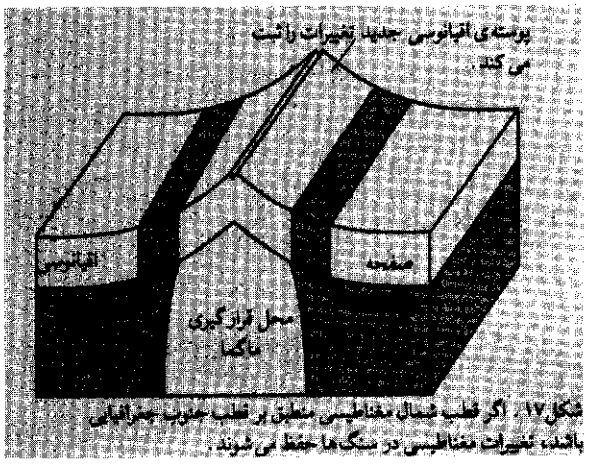
شکل ۱۵. الگوی تهیه شده از نوارهای مغناطیسی پشته‌ی میان اقیانوسی اطلس در جنوب ایسلند

ناهنجاری‌ها نشان می‌دهند، سرد و سخت شدن سنگ‌ها زمانی رخداده است که قطب شمال میدان مغناطیسی بر قطب شمال جغرافیایی منطبق بوده است. اما ناهنجاری‌های منفی مغناطیسی، مناطقی هستند که میدان مغناطیسی در آن‌ها ضعیف‌تر از حد پیش‌بینی شده است. این ناهنجاری‌ها نشانگر سنگ‌های سرد و سخت در زمانی هستند که قطب شمال میدان مغناطیسی زمین، منطبق بر قطب جنوب جغرافیایی بوده است.

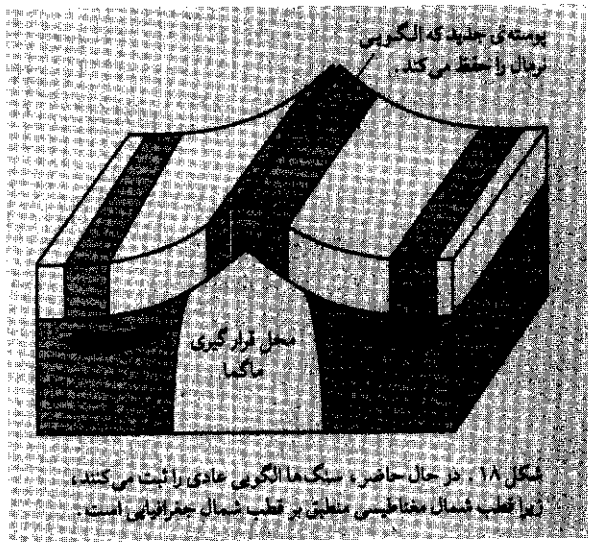


شکل ۱۶. ماگمای منجمد شده در لبه‌ی صفحات اقیانوسی ثبت کننده تغییرات مغناطیسی زمین هستند. در این جا قطب شمال مغناطیسی منطبق بر قطب شمال جغرافیایی است.

وقتی از ناهنجاری‌ها نقشه‌ای تهیه شده، ناهنجاری‌ها طرحی مانند راه‌راه‌های روی پوست گورخر ایجاد کردند که از باندهای مثبت و منفی ایجاد شده بودند. تئوری دیگری در سال ۱۹۶۳ توسط **فرد وین و دراموند متئو**، این طرح را تشریح کرد. آن‌ها اظهار داشتند، فوران گدازه‌ها در زمان‌های متفاوت از پشته‌ی میان اقیانوسی، باعث ایجاد آنومالی‌های متفاوتی می‌شود و آن‌ها را حفظ می‌کند. برای مثال، فوران‌های آتشفشانی در زمان‌های گذشته، وقتی که قطب شمال مغناطیسی زمین با قطب شمال جغرافیایی منطبق بوده، باعث حفظ آنومالی‌های مثبت مغناطیسی شده است.



شکل ۱۷. اگر قطب شمال مغناطیسی منطبق بر قطب جنوب جغرافیایی باشد، تغییرات مغناطیسی در سنگ‌ها حفظ می‌شوند.



شکل ۱۸. در حال حاضر، سنگ‌ها الگوی عادی را ثبت می‌کنند، زیرا قطب شمال مغناطیسی منطبق بر قطب شمال جغرافیایی است.

وین و متئو، فوران‌های آتشفشانی در کف بستر اقیانوس به اطراف ریفت، به عقیده‌ی سرد و از محل ریفت دور می‌شوند. حال اگر میدان مغناطیسی زمین بین دو فوران آتشفشانی تغییر کند، این تغییر در میدان مغناطیسی به صورت باندهای موازی در گدازه‌های آتشفشانی ثبت می‌شود. این تئوری پشتیبان محکمی برای گسترش بستر اقیانوس است.

فرورانش[۲۲]

اگر در محل پشته‌های میان اقیانوسی، پوسته‌ی جدیدی متولد می‌شود، پس پوسته‌های قدیمی کجا می‌روند؟ در سال ۱۹۳۵، **واداتی**[۲۳]، لرزه‌شناس ژاپنی نشان داد، زمین‌لرزه‌هایی که در بخش درونی قاره‌ی آسیا رخ می‌دهند، ژرفای عمیقی دارند، اما زمین‌لرزه‌هایی که زیر اقیانوس آرام رخ می‌دهند، کم‌عمق‌ترند.

شکل ۱۹. ماگما در محل فرورانش بر اثر فرورفتن پوسته‌ی اقیانوسی سنگین به زیر پوسته‌ی قاره‌ای سبک ایجاد می‌شود.

دور شدن لیتوسفر اقیانوسی از محل پشته‌ی میان اقیانوسی توسط سلول‌های همرفتی قابل توضیح است. وقتی لیتوسفر به لبه‌ی قاره‌ها می‌رسد، به دلیل چگالی بالاتر از لیتوسفر قاره‌ای به زیر آن کشیده می‌شود و تا استنوسفر پائین می‌رود و ذوب می‌شود. اکثر زمین‌لرزه‌ها در همین مناطق رخ می‌دهند. عمق

صفحاتی که به زیر قاره‌ها فرو می‌روند، در روند توزیع زمین لرزه‌ها مؤثر است. ماگمای حاصل از ذوب لیتوسفر فرو رونده، اگر به سطح زمین برسد، آتشفشان تولید می‌کند.

تولد علم زمین ساخت صفحه‌ای

در سال ۱۹۶۵، **توزوویلسون**[۲۴] پوسته‌ی زمین را به قطعات کوچکی تقسیم کرد. در سال ۱۹۶۷، **جاسون مورگان**[۲۵] پیشنهاد کرد که سطح زمین به ۱۲ قطعه که در کنار هم حرکت می‌کنند، تقسیم شود. دو ماه بعد مدلی را منتشر کرد که موقعیت و نوع مرزهای صفحات و حرکت آن‌ها را نشان می‌داد.

در حدود دهه‌ی ۶۰، مدل زمین ساخت و با دقت امتحان شد. وقتی با موفقیت مورد آزمایش قرار گرفت، تئوری زمین ساخت صفحه‌ای توسط تمام زمین‌شناسان مورد قبول واقع شد.

موقعیت مرزهای صفحات

زلزله و آتشفشان از نشانه‌های فعالیت زمین هستند. زلزله‌ها به صورت کمربندهایی از خطوط باریک بر سطح زمین پراکنده شده‌اند. بعضی از کمربندهای زلزله، عمقی کم در حدود ۳۵کیلومتر دارند؛ مانند پشته‌ی میان‌اقیانوسی اطلس و اقیانوس آرام. در مقایسه، بعضی کمربندهای دیگر مانند غرب آمریکای جنوبی یا جنوب آسیای مرکزی، زلزله‌ها عمقی در حدود ۷۰-۳۰ کیلومتر و یا حتی بیش‌تر در حدود ۷۰۰-۷۰کیلومتر دارند.

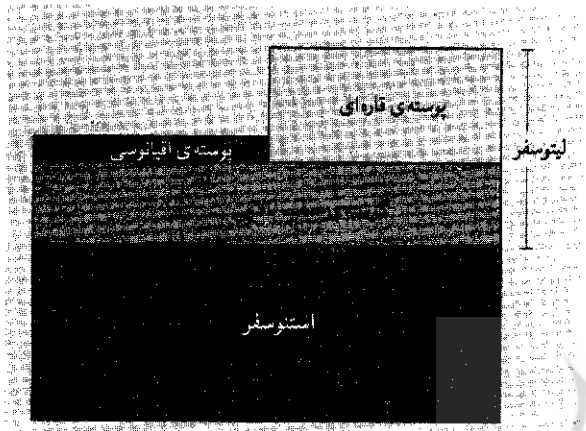
آتشفشان‌ها نیز به همین صورت با کمربندی باریک به دور زمین کشیده شده‌اند. مثال جالب آن، خطی آتشفشانی است که تقریباً به دور اقیانوس آرام کشیده شده است. این کمربند را حلقه‌ی آتش می‌نامند و علت آن، وقوع فعالیت‌های مکرر آتشفشانی است.

روند توزیع زمین‌لرزه‌ها و آتشفشان‌ها در اکثر مناطق بر هم منطبق است. که حلقه‌ی آتش، مثال خوبی برای آن است.

زمین‌شناسان معتقدند، مناطقی از نظر زمین‌شناسی فعال محسوب می‌شوند که فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای، آتشفشانی و یا کوهزایی داشته باشند. این مناطق منطبق بر مرزهای صفحات لیتوسفری هستند. طبق روند توزیع آتشفشان‌ها و زمین‌لرزه‌ها، لیتوسفر به ۷قطعه‌ی بزرگ و ۲۰ قطعه‌ی کوچک تقسیم می‌شود.

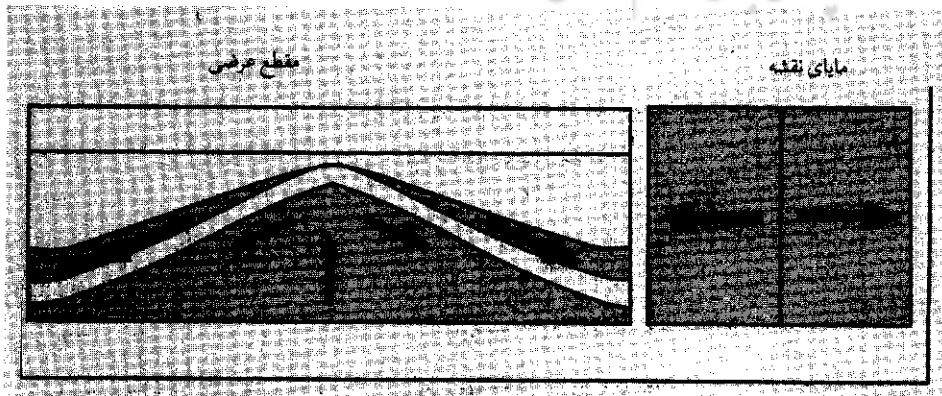
«نازکا» و «جاند فوکا»[۲۷] تنها صفحاتی هستند که تماماً لیتوسفری اقیانوسی دارند. صفحه‌ی آرام شامل مقدار زیادی لیتوسفر اقیانوسی و تنها قطعه‌ی کوچکی از صفحه‌ی قاره‌ای در جنوب کالیفرنیا و باجا مکیزیکوست. ولی بیش‌تر قطعات دیگر از صفحات مشترک اقیانوسی و قاره‌ای تشکیل شده‌اند.

انواع صفحات متحرک



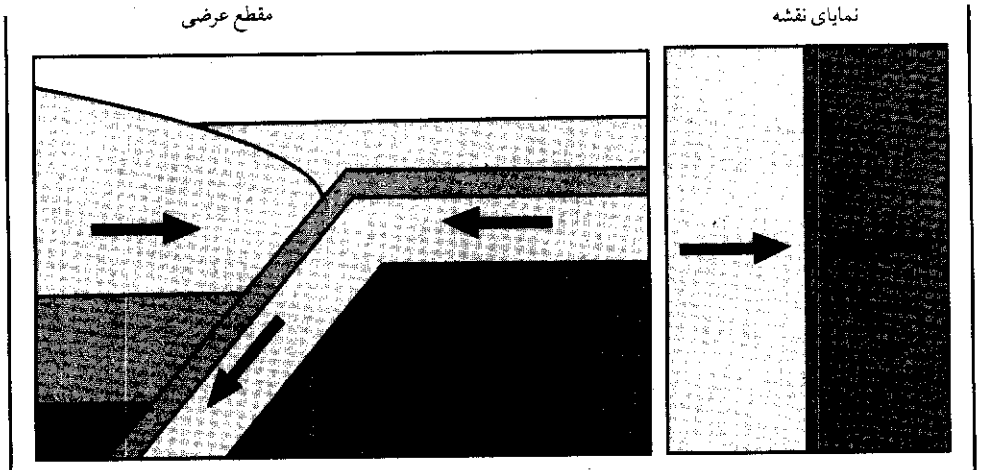
شکل ۲۲. به خارجی‌ترین لایه‌ی زمین لیتوسفر گفته می‌شود. این لایه از بالای گوشته به‌علاوه پوسته تشکیل شده است. لیتوسفر روی استنوسفر- قسمتی از گوشته که جریان دارد- می‌لغزد.

حرکات متقابل صفحات بستگی به حرکت نسبی آن‌ها و اقیانوسی و یا قاره‌ای بودن صفحات لیتوسفری دارد. حرکت صفحات به صورت دور شدن، نزدیک شدن و لغزیدن در کنار هم است. زمین‌شناسان اصطلاحاً مرزهای صفحات را واگرا[۲۸]، همگرا[۲۹] و ترادیسی[۳۰] می‌نامند.

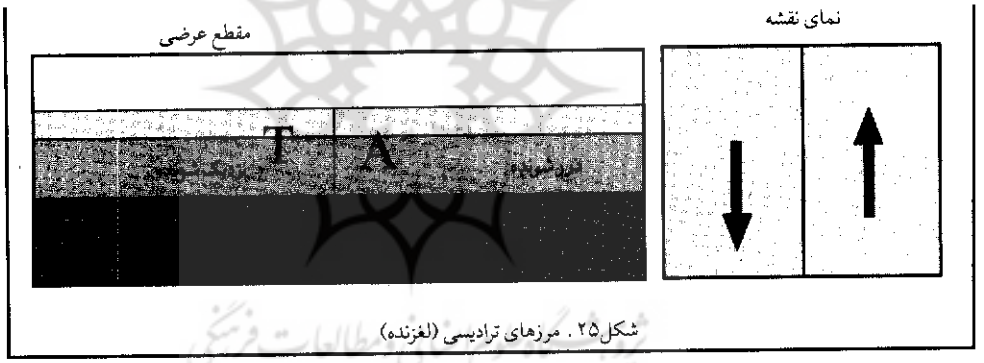


شکل ۲۳. مرزهای واگرا

در حرکات واگرا، مرز صفحات لیتوسفری از یکدیگر دور می‌شوند. پشته‌ی میان‌اقیانوسی اطلس و نواحی مرتفع نزدیک میان اقیانوس اطلس، مثالی برای مرزهای واگرا است. در مرزهای نزدیک‌شونده، صفحات لیتوسفری به طرف هم حرکت می‌کنند. حاشیه‌ی غربی آمریکای جنوبی، محلی که صفحه‌ی اقیانوسی نازکا به طرف و زیر بخشی از صفحه‌ی قاره‌ای آمریکای جنوبی فشار وارد می‌کند، نمونه‌ای از صفحات همگراست. در مرزهای لغزنده یا ترادیسی، صفحات در کنار هم می‌لغزند. گسل سن‌آندریاس در کالیفرنیا، محلی که صفحه‌ی آرام در کنار صفحه‌ی آمریکای شمالی می‌لغزد، مثالی برای مرزهای لغزنده است.



شکل۲۴. مرزهای همگرا



شکل۲۵. مرزهای ترادیسی (لغزنده)

* دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی

زیرنویس

1. Plate Tectonic
2. Continental Drift
3. Sea-floor Spreading
4. Mid-ocean-rift
5. Core
6. Mantle
7. Crust
8. Basalt
9. Granite
10. Andesite
11. Lithosphere
12. Asthenosphere
13. Polar Wondering
14. Pangea
15. Glossopteris
16. Tillite
17. Shale
18. Convection Current
19. Rift
20. Trench
21. Magnetic Anomaly
22. Subduction
23. Wadati
24. Tuzo Wilson
25. Jason Morgan
26. Xavierle Pichon
27. Juanda Fuca
28. Divergent
29. Convergent
30. Transform

منبع

http://volcano.und.nodak.edu/

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی