ترجمه و تلخیص: محمود صداقت

کوهزایی[1]

خلاصه:

فرضیه جابجایی کف اقیانوسها و زمین ساخت (تکتونیک) صفحه‌ای در مورد مسائلی مثل تولید پوستهٔ اقیانوسی، نحوهٔ حرکت صفحات لیتوسفر و علل این حرکت به بحث می‌پردازد. اما این فرضیه‌ها محدود به رویدادهای ۲۰۰ میلیون سال اخیرند و درباره وقایع گذشته‌های خیلی دور زمین توضیحی نمی‌دهند. آیا جداشدگی کف اقیانوسها در تمامی طول تاریخ زمین‌شناسی عمل کرده، و آیا صفحات لیتوسفر همواره در سطح زمین سرگردان بوده‌اند؟ اگر چنین است، چگونه می‌توانیم به این موضوع پی ببریم؟ واضح است که در قاره‌ها باید به دنبال دلیل باشیم، زیرا پوستهٔ قاره‌ای برخلاف پوستهٔ اقیانوسی، که ۲۰۰ میلیون سال بیشتر از عمر آن نمی‌گذرد، بسیار قدیمی است.

در این مقاله «جان سوتن» استاد زمین‌شناسی امپریال کالج، فرایند تشکیل کوهها را بررسی کرده و خاطر نشان می‌کند که رشته کوههای مهمی که امروزه سطح زمین را آراسته‌اند در محلی ایجاد شده‌اند که صفحات متحرک با یکدیگر برخورد کرده و یکی به زیر دیگری رانده شده است. با بررسی تاریخ تحولات ساختمانی و ترکیبی حاشیه‌های کوهستانی قاره‌ها، که در ضمن همین برخوردها ایجاد شده‌اند، می‌توان ساختمان داخلی قاره‌ها را دوباره بررسی کرد و نشان داد که رشته‌کوههای قدیمی غیر فعال، در واقع همان حاشیه‌های قدیمی صفحات هستند.

پستی و بلندیهای بزرگ سطح زمین از مشخصات بارزی است که زمین را از دیگر اجرام منظومه شمسی متمایز می‌کند. ما می‌دانیم که سطح سریع و ماه نیز مثل زمین از برجستگیها و فرورفتگیهایی ساخته شده و از بعضی جهات شبیه سطح زمین است. ولی علیرغم این شباهتها، [illegible] بین سطح زمین با سطح مریخ و ماه وجود دارد. زمین علاوه بر پستی و بلندیهای وسیع ساختمانهای بزرگ دیگری نیز دارد که ظاهراً مریخ وماه فاقد آنند. این ساختمانها اشکال خطی بزرگ مقیاسی هستند که در قاره‌ها و بستر اقیانوسها قرار گرفته، و ما امروزه می‌دانیم که حاصل حرکت صفحات بزرگی از پوستهٔ زمین‌اند که با سرعتهای خیلی کم، در حدود چند سانتیمتر در سال، نسبت به هم حرکت می‌کنند. از این گونه ساختمانها شاید رشته کوهها از همه شناخته شده‌تر باشند و لذا باید قبل از همه مورد بررسی علمی قرار گیرند.

واژه **کوهزایی**[2] اول بار توسط «جیلبرت»[3] در ۱۸۹۰ برای توضیح فرایند کوهسازی عنوان گردید. کوههایی که او در نظر داشت کوههای معروفی مثل راکی یا آلپ بودند که غالباً «کمربندهای کوههای چین‌خورده»[4] خوانده می‌شوند. زیرا از سنگهای چین‌خوردهٔ حاصل از فشردگی پوستهٔ زمین ساخته شده‌اند. ولی رشته کوههای دیگری وجود دارند که به طریقی کاملا متفاوت ساخته شده‌اند.

[illegible] واقعی این کوهها در زمان جیلبرت هنوز شناخته نشده بود. این کوهها، رشته کوهها و برآمدگیهای اقیانوسی‌اند که به صورت شبکه‌ای به طول ۶۰۰۰۰ کیلومتر در کف اقیانوسها گسترده شده‌اند. اصطلاح کوهزایی در مورد آنها به‌کار نمی‌رود، زیرا که طی فرایندی کاملا متفاوت با رشته کوههای موجود در قاره‌ها تشکیل شده‌اند.

امروزه می‌دانیم که بطور کلی سطح کرهٔ زمین از ساختمانهای نسبتا باریکی تشکیل شده که برروی بخشهای اساسی پوسته زمین، یعنی پوستهٔ اقیانوسی و پوستهٔ قاره‌ای، قرار گرفته‌اند. شش ساختمان از اهمیت

ویژه‌ای برخوردارند، که عبارتند از: رشته کوههای اقیانوسی[5]، دره‌های شکافی[6]، شیبهای قاره‌ای[7] (مرز بین قاره‌واقیانوس)، دراز گودالهای اقیانوسی[8]، جزایر قوسی[9] و کمربندهای چین‌خورده[10]. تمامی این ساختمانها نتیجهٔ جا بجایی صفحات پوسته با سرعتهای چند سانتیمتر درسال است. وجود این ساختمانها نشان می‌دهد که بخشهای عمیق‌تر کرهٔ زمین طوری حرکت می‌کند که می‌تواند لیتوسفر خارجی آن را به صورت قطعات بزرگی شکسته و جابجا کند.

کمربندهای چین‌خورده، جزایر قوسی و دراز گودالهای اقیانوسی براثر نزدیك شدن صفحات پوسته به‌هم و در جایی که یك صفحه به زیر صفحهٔ دیگر فرو می‌رود، ایجاد می‌شوند. رشته کوههای اقیانوسی و دره‌های شکافی مشخصه نواحی کششی هستند، که در آنها قطعات پوسته از هم دور می‌شوند. شیبهای قاره در اطراف اقیانوسها نیز نتیجه شکستگی قاره‌های بزرگتر قبلی و دورشدن آنها از هم است و بنابراین از اشکال کششی هستند.

طول عمر ساختمانهای پوستهٔ قاره‌ای و اقیانوسی تفاوت زیادی دارد. پوستهٔ قاره‌ای، سنگها و ساختمانهایی به قدمت ۳۵۰۰ میلیون سال دارد. در حالیکه پوستهٔ اقیانوسی چنان به سرعت ساخته شده و از بین می‌رود، که در کف اقیانوسهای فعلی سنگهای قدیمی‌تر از ۱۵۰ میلیون سال به ندرت یافت می‌شود. نمونه‌های بسیاری از ریشه‌های رشته کوههای قدیمی و غیر فعال شناخته‌شده‌اند که بعضی از آنها مربوط به پره‌کامبرین هستند. مطالعهٔ این کمربندهای کوهزایی قدیمی، کوششی است برای پی‌بردن به تغییرات ساختمانی بزرگی که طی دوره‌های طولانی گذشته در پوستهٔ زمین رخ داده است.

موقعیت رشته کوهها

رشته کوههای فعال زمین در زمان حاضر در کمربند آلپ و کمربندهای دور اقیانوس آرام قرار دارند. می‌دانیم که براساس تئوری زمین ساخت صفحه‌ای پوستهٔ‌زمین از تعدادی صفحه تشکیل شده که نسبت به هم در حال حرکت هستند. موقعیت و ساختمان رشته کوههای فعال حاکی از آنست که کوهزایی در جایی رخ می‌دهد که یك صفحه قاره‌ای ضمن حرکت و جابجایی با صفحهٔ دیگری برخورد می‌کند. مثلا کوههای هیمالیا نتیجه برخورد دو پوستهٔ قاره‌ای است البته امروزه اکثر رشته کوههای فعال در پوسته قاره‌ای و در محل برخورد آن با پوسته اقیانوسی قرار دارند. ولی این موضوع را نمی‌توان یك قاعده کلی در تاریخ گذشته زمین‌شناسی دانست.

موقعیت محل برخورد صفحات پوسته دائماً تغییر می‌کند و این امر بر روی پراکندگی کمربندهای کوهزایی اثر می‌گذارد. برای درك بهتر این مسأله باید به‌حرکت قاره‌ها توجه‌کنیم. درمحل برخورد پوسته اقیانوسی باپوسته قاره‌ای، پوستهٔ اقیانوسی به زیر سنگهای قاره‌ای رانده شده (شکل ۲) و به تدریج ذوب و توسط جبه هضم می شود. به این ترتیب در این محلها پوسته اقیانوسی به تدریج از بین می‌رود. در محل محور رشته کوههای اقیانوسی با بالا آمدن مواد مذاب همواره پوسته جدید تولید می‌شود. با ساخته شد نپوستهٔ جدید صفحات لیتوسفر از هم دور می‌شوند. دور شدن این صفحات با سرعت تقریباً یکسان صورت می‌گیرد. حال صفحه‌ای را در نظر بگیرید که لبهٔ پیشرونده آن از سنگهای قاره‌ای و لبهٔ عقبی آن‌از پوسته اقیانوسی است (شکل ۱). چنین‌صفحه‌ای تدریجاً بزرگتر می‌شود. زیرا در لبهٔ پیشروندهٔ، پوسته قاره‌ای تقریباً از بین نمی‌رود، در حالیکه در لبهٔ عقبی آن پوستهٔ اقیانوسی جدیدی تولید می‌شود. رشد این صفحه با کوچك شدن صفحه دیگری باید جبران شود. نتیجه آنکه موقعیت محل برخورد صفحات با صفحات دیگر، نسبت به محل تولید آنها، یعنی محور رشته کوههای اقیانوسی، دائماً تغییر می‌کند. به عبارت دیگر قاره‌ها ضمن جابجائی، مناطق فشردگی را، که در امتداد آنها رشته کوهها به وجود می‌آیند، در حاشیه‌های پیشروندهٔ خود جا بجا می‌کنند. بنابراین وقتی بخواهیم جابجائی افقی در حین کوهزایی را بررسی کنیم با مسأله پیچیده‌ای سروکار داریم. در حالیکه قطعات پوسته زمین درامتدادکمربندهای کوهزایی به هم نزدیك می‌شوند، در نتیجه حرکت این قطعات خود کمربندهای کوهزایی نیز ممکن است جابجا شوند.

شکل ۱ ـ مقطعی از وضعیت کلی صفحات آفریقا و آمریکا

ساختمان داخلی رشته کوهها

ساختمان زمین‌شناسی یك رشته کوه از جهات مختلف ممکن است با مناطق اطراف آن متفاوت باشد که با مطالعه آنها می‌توان به تاریخ زمین‌شناسی ناحیه کوهزایی و به مراحل تشکیل کوه پی‌برد. اطلاعاتی را که از بررسی ساختمان داخلی کوههای جدید به دست می‌آید، می‌توان در مطالعه کمربندهای کوهزایی قدیمی‌تر، که آثار فرسایش از بین رفته‌اند، نیز به‌کاربرد. در این وارد تنها با شناخت ساختمانهای درونی آنها، که عمیقاً فرسایش یافته‌اند، می‌توان به‌درستی آنها را تشخیص داد. کمربندهای کوهزایی را می‌توان با مشخصاتی که در زیر می‌آیند شناخت، البته هرکدام به تنهائی برای تشخیص کافی نیست، بلکه معمولا با مطالعه ویژگیهای مختلف است که می‌توان کمربندهای فرسایش‌یافته قدیمی‌تر را شناخت.

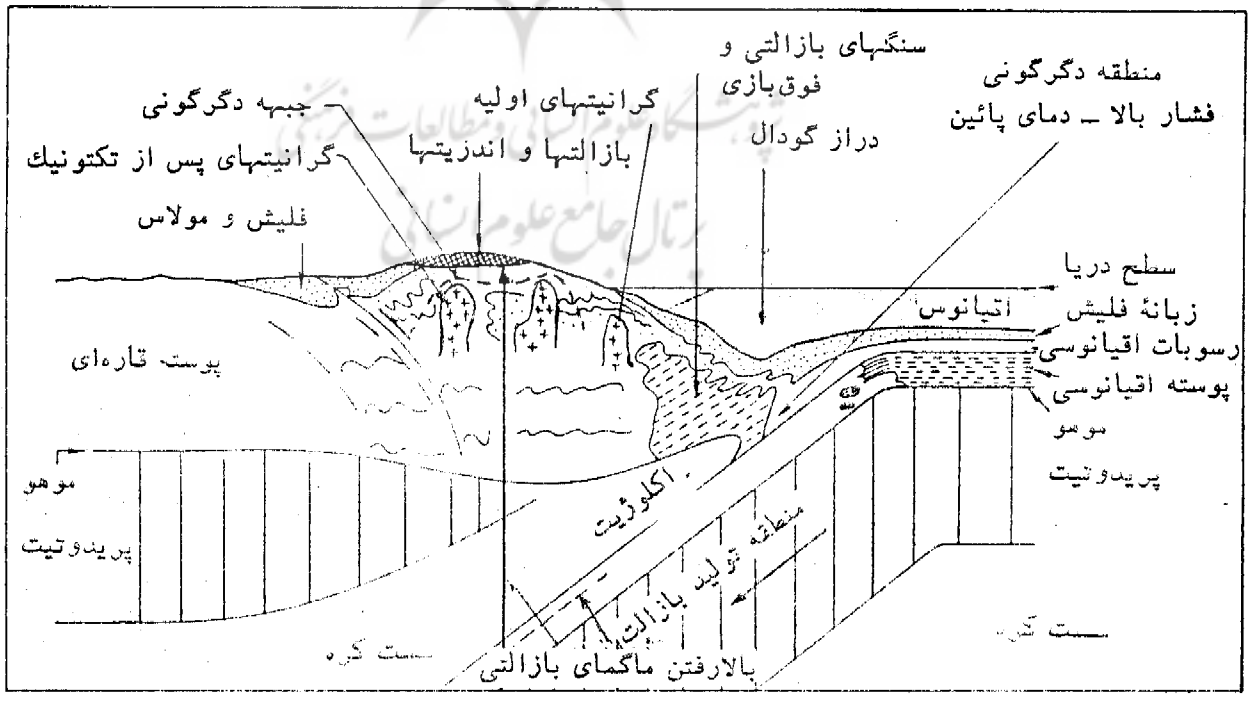
۱ـ رسوب‌گذاری در کمربندهای کوهزایی

بعضی از کمربندهای کوهزایی در امتداد حوضه‌های رسوبی طویلی که قبلا وجود داشته تشکیل شده‌اند. در این حوضه‌ها ضخامت رسوبات خیلی بیشتر از رسوباتی است که در همان فاصله زمانی، درخارج از این‌حوضه‌ها بجای گذاشته شده است. البته شواهد موجود نشان می‌دهند که برای تشکیل کوهها حتماً نباید ضخامتهای فوق‌العاده زیادی از رسوبات، یا سنگهای آتشفشانی وجود داشته باشد.

رسوباتی که همزمان با کوهزایی و پس از آن‌درست می‌شود رابطهٔ نزدیکتر بین رسوبگذاری و کوهسازی نشان می‌دهد. این رسوبات اولین بار در زمان مطالعه کوههای آلپ شناخته و معرفی شدند. اصطلاح **فلیش** برای توضیح ماسه سنگهای ناخالص و سنگهای رسی دریایی کرتاسه پایینی تا اولیگوسن عنوان شد، که توالی ضخیمی از رسوبات در حوضه‌های شمالی کوههای آلپ، که در حال برخاستن بود، تشکیل می‌داد. **مولاس**[۱۲] به مارنهای رسی و ماسه سنگهای غالباً قاره‌ای گفته شد که در حین و بلافاصله بعد از آخرین مرحله **بالازدگی**[۱۳] آلپ در الیگوسن بالایی ومیوسن، در فرورفتگیهای شمال این کوه تشکیل گردید. گرچه شاید بهتر باشد که این اصطلاحات درمورد رشته کوههای دیگر به کاربرده نشود، ولی این نامگذاری به روشنی نشان می‌دهد که انواع معینی از رسوبگذاری با تشکیل کوه در ارتباط است. (محل این رسوبات در شکل ۲ نشان داده شده است).

۲ـ تغییر شکل، چین‌خوردگی و رانده‌شدن سنگها در خلال کوهزایی

شاید مهمترین مشخصهٔ رشته کوههای امروزی تغییر شکل سنگها در آنها باشد. چون دربعضی از نواحی، اینگونه تغییر شکلها را در سنگهای قدیمی‌تر نیز می‌توان مشاهده کرد، دلیل بر آن است که این نواحی ریشه‌های



شکل ۲ ـ نمایش ساختمانهایی که در یك کمربند کوهزایی، با فرورفتن منطقه اقیانوسی به زیر یك صفحهٔ قاره‌ای که در جهت مخالف آن در حرکت است، ایجاد می‌شود.

قدیمی کوههای فرسایش یافته‌اند. تمام رشته کوهها دارای سنگهای چین‌خورده و یا رانده‌شده‌اند. راندگیها سطوح کم شیبی هستند که در امتداد آنها سنگها حرکت کرده و برروی سنگهایی که در اصل با آنها فاصله داشته، قرار گرفته‌اند (شکل ۳). لذا راندگی قاعدتاً با کوتاه شدگی افقی پوسته همراه است. بسیاری از راندگیها برروی سنگهای عمیق اثر می‌کنند. پی‌سنگ‌ها[14] که عموماً متشکل از سنگهای آذرین ودگرگونی بوده و در اصل در زیر لایه‌های رسوبی قرار گرفته‌اند، ممکن است بر اثر راندگی یك یا چند بار بر روی ردیفهای رسوبی تکرار شوند.

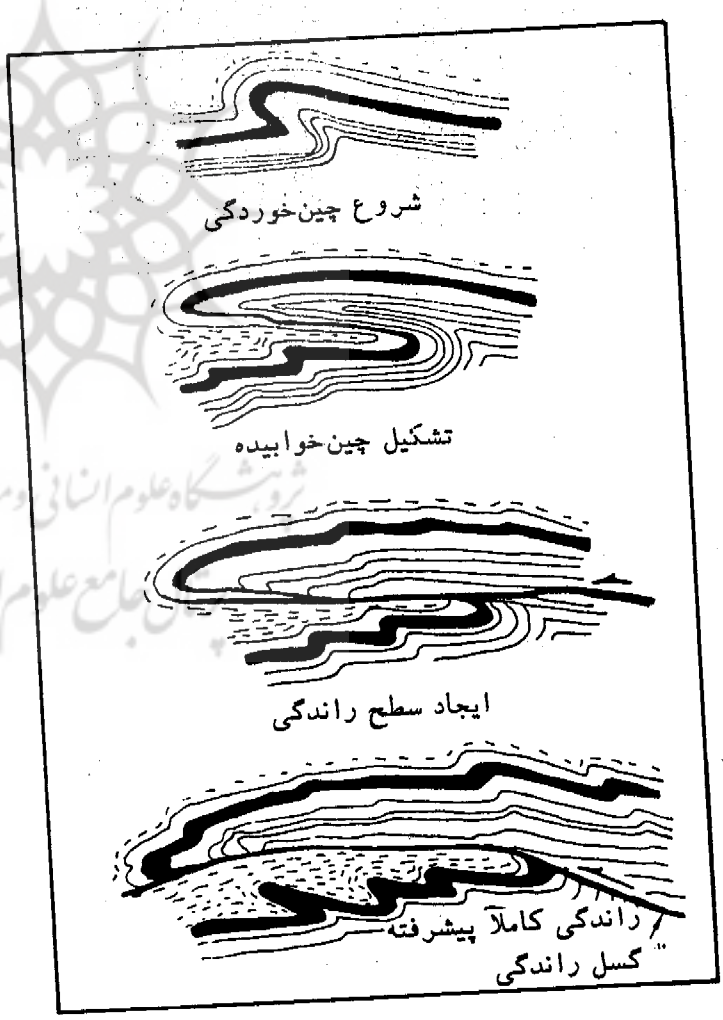
در بسیاری از رشته کوهها ساختمانهایی به نام **نپ**[15] دیده می‌شود. نپ به یك توده رانده شده یا چین‌خورده‌ای اطلاق می‌شود که چین آن از نوع خوابیده است، یعنی چینی که پهلوهای آن موازی و تقریباً افقی باشد. در این ساختمانها سنگها ممکن است به شدت تغییر شکل یافته باشند. قلوه سنگهای کروی ممکن است به صورت میله‌های طویلی به شکل معما درایند. در بخشهای‌عم رشته کوهها، سنگها به آرامی و به‌طور خمیری تغییر می‌دهند. احتمالا همین نوع تغییر شکل است که در پوسته در زیر یك رشته کوه تأثیر می‌کند، و بم جهت ضخامت پوسته در یك رشته کوه جدید ممکن ا به ۷۰ کیلومتر برسد، در حالیکه خارج از آن ۲۵ تا کیلومتر باشد.

سنگهای تغییر شکل یافته در اکثر کوهها از بخ از پوستهٔ قاره‌ای منشاء گرفته‌اند، چون یا بیشتر متش از سنگهای گرانیتی هستند و یا متشکل از سنگهای‌رسو و آتشفشانی‌اند که گرچه اکنون تغییر یافته‌اند ولی می توان تشخیص داد که بر روی پی سنگی از سنگهای متبلو قاره‌ای قرار داشته‌اند.

۳ـ فعالیتهای آذرین و دگرگونی در خلال کوهزایی

در زمان حاضر تقریباً تمام سنگهای آذرین درامتد دو کمربند متحرك زیر به سطح زمین می‌رسند: ۱ـ د امتداد شکافها و رشته کوههای اقیانوسی، بین قطعا جدا شوندهٔ پوسته (کمربندهای کششی) ۲ـ در امتـــدا جزایر قوسی و رشته کوههایی که در محل برخورد قطعا تشکیل می‌شوند (کمربندهای فشردگی). ماگمای بازالتی هم در کمربندهای فشردگی و هم کششی نفوذ می‌کند. این ماگما احتمالا دراعماق ۶۰کیلومتری یا بیشتر تشکیل‌شده و لذا از جبه منشاء گرفته است. سنگهای فوق بازی نیز در هر دو کمربند وجود دارند. در مقابل، سنگهای‌گرانیتی، گرچه به مقدار جزیی درامتداد شکافهای پوستهٔ اقیانوسی، مثلا در ایسلند، تشکیل می‌شوند ولی عمدتاً به کوهسازی وابسته‌اند. زیرا در این حالت پوستهٔ قاره‌ای سبك تحت فشار قرار گرفته و درضمن گرم شدن ممکن است بخشی از آن ذوب شده و ماگمای گرانیتی ایجاد کند. دربخشهای عمیقتر بسیاری از رشته کوهها، میگماتیتهای گرانیتی به طور وسیعی یافت می‌شود (میگماتیت به سنگ مرکبی گفته می‌شود که در اثر تزریق ماگمای گرانیتی بین‌صفحات یا ورقه‌های شیست یا گنیس تشکیل می‌شود)

در کمربندهای کوهزایی ماگمای گرانیتی اساسا به این صورت تشکیل می‌شود که ابتدا در نقاط زیادی، سنگ شروع به ذوب شدن می‌کند و میگماتیتها تشکیل می‌شوند. سپس ماگمای جدید گردهم آمده و به صورت توده‌های مذاب در پوسته بالا می‌رود و گرانیتهای نفوذی را به وجود می‌آورد که می‌تواند در قسمتهای بالای‌پوسته منجمد شود. این سری گرانیتی را که از میگماتیتها شروع و به‌توده‌های گرانیتی ختم می‌شود، می‌توان به فراینـــد واقعی کوهسازی مرتبط کرد. میگماتیتها، مثل بسیاری



شکل ۳ـ مراحل تشکیل راندگیها

گرانیتهای اولیه، همزمان با فعالیتهای زمین ساختی
تونیك) تشکیل می‌شوند. ولی آخرین گرانیتها، بعد
خاتمه فعالیتهای زمین ساختی و بلافاصله بعد از بالا-
ئی نفوذ می‌کنند. این آخرین گرانیتها رسوبات مولاس
ندی را که تقریباً با آنها همزمانند قطع می‌کنند.
ه‌های گرانیتی مزبور غالباً با سنگهای آتشفشانی اسید
راهند که ممکن است به مقدار زیادی در پوسته بالا
ه و به‌چند کیلومتری سطح زمین برسند. دراین موارد،
متی ا زماگما، طی فعالیت آتشفشانی به سطح زمین راه
دا می‌کند. بنابراین سنگهای آتشفشانی و نفوذی، از
لر زمان و مکان، در ارتباط نزدیك با همند.

عقیدهٔ عمومی برآنست که فورانهای بازیك دراوایل
کامل یك رشته کوه به فورانهای اسیدی تبدیل می‌شود.
ین عقیده تنها به صورتی بسیار کلی می‌تواند فرضیه
رستی باشد. شاید بهتر باشد که به‌فعالیتهای آذرین از
ظر مکانی نیز توجه کنیم. از نظر مکانی با توجه به
شکل ۲، از محل برخورد صفحات به داخل قاره‌ها، ابتدا
سنگهای بازیك (باقیماندهٔ پوسته اقیانوسی به صورت
دایك، سیل یا گدازه) وسپس سنگهای حدواسط، بخصوص
اندزیت (براثر ذوب‌بخشی پوسته اقیانوسی در ضمن فرو
رفتن پوسته به‌اعماق) و بالاخره سنگهای اسید، در حین و
بعد از تغییر شکل پوسته قاره‌ای تشکیل می‌شود.

سنگهای دگرگونی نیز به صورت مناطقی (با درجات
دگرگونی متفاوت) در امتداد کمربندهای‌کوهزایی‌گسترش
می‌یابند. کانیهای دگرگونی هر منطقه نشانگر دما و
فشاری است که تحمل کرده است. درجهٔ دگرگونی، به‌طور
کلی به‌سمت پایین و نیز به‌سمت محور مرکزی رشته کوه
افزایش می‌یابد. در بعضی از رشته کوهها نیز ممکن‌است
اصولا شرایط دگرگونی فراهم نشده باشد. نوع دگرگونی
در یك رشته کوه نیز ممکن است تغییر کند.

تعیین زمان کوهزایی

فرایندی که سرانجام به‌بالا آمدن کوهها منجر می-
شود، فرایندی طولانی است که غالباً صدها میلیون سال
طول می‌کشد. ولی بالازدگی واقعی که پایان فرایند
کوهزایی است، به‌زبان زمین‌شناسی، نسبتاً به سرعت رخ
می‌دهد. حرکات قائم در رشته کوههای فعال می‌تواند به
چندین کیلومتر در چند میلیون سال برسد.

اگر علت اصلی تشکیل کوه را فشردگی پوسته، در
جایی که صفحات بزرگ پوسته به هم نزدیك می‌شوند،
و تولید پوستهٔ جدید در جای دیگر بدانیم؛ در اینصورت
فرضیه‌ای در دست داریم که می‌توانیم به طرق مختلف،
از جمله بررسی تاریخ برخی از رشته کوهها، صحت آنرا
مورد آزمایش قرار دهیم.

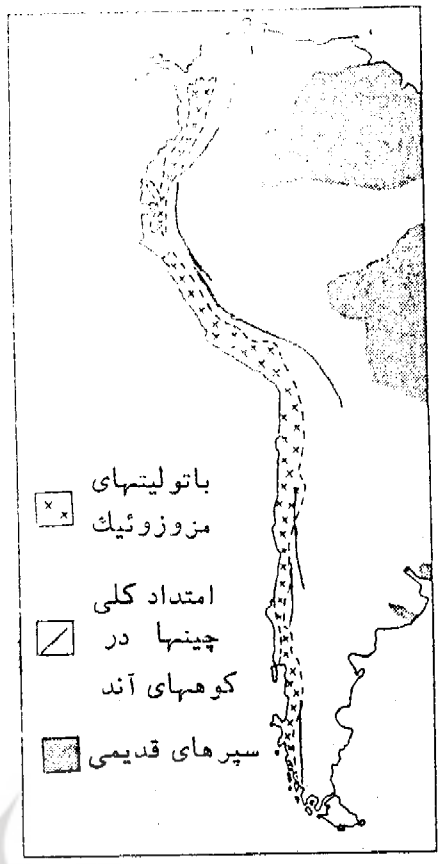
به طور کلی چهار پدیده زمین‌شناسی وجود دارندکه
ممکن است منشاء آنها مربوط به نزدیك شدن صفحات
پوسته به هم بوده و می‌توانند اثراتی دائمی در پوسته
باقی گذارند. اولین مورد، امکان تشکیل فرورفتگیهای
گسترده‌ای به عرض دهها یا صدها کیلومتر و به عمق چند
کیلومتر در پوسته است. گرچه این ساختمانها در مقایسه
با شعاع زمین ناچیزند ولی تأثیرات مهمی در تجمع
رسوبات دارند. رسوبات در این فرورفتیگها یا «بزرگ
ناودیسها»[16] ته‌نشین می‌شوند و به‌این‌ترتیب‌حوضه‌های‌طویلی
که با مواد تخریبی نواحی بالاتر پرشده به‌وجود می‌آیند.

دومین تأثیر اینگونه حرکات پوسته، تغییر شکل
پوسته در نتیجه فشردگی است. فشردگی اثری دائمی در
شکل سنگها باقی می‌گذارد. مثلا «سنگ لوح[17]» که سنگی
دگرگونی است، در اثر فشار ساختمان کاملا جدیدی پیدا
می‌کند، به‌طوری که نوعی تورق در سنگ تشکیل می‌شود.
این تورق نتیجه آرایش موازی کانیهای دگرگونی است
که در حین تغییر شکل رشد کرده‌اند. از اثرات دائمی
دیگری که نتیجه فشردگی است، راندگیها و چینهای
موجود در رشته کوههاست. تعیین سن بسیاری از این
ساختمانها امکان‌پذیر بوده و از این راه می‌توان جدول
زمانی تغییر شکل در یك کمربند کوهزایی را تهیه کرد.

سومین تأثیر، فعالیتهای دگرگونی و ماگمایی می-
باشد که نتیجه افزایش غیر عادی حرارت است. واقعیت
آن است که منشاء این حرارت هنوز کاملا روشن نیست.
تغییر شکل و دگرگونی غالباً با هم به یك منطقه اثر کرده
و با هم نیز از بین می‌روند .ارتباط نزدیکی بین زمان
تغییر شکل و دگرگونی وجود دارد.

بین فعالیتهای ماگمایی و کوهسازی پیوندهای
متعددی وجود دارد. بسیاری از رشته کوهها دارای توده-
های گرانیتی‌اند که به ناحیه کوهزایی محدود بوده و در
طول آن ممکن است صدها کیلومتر امتداد داشته و به‌عکس
به‌طور جانبی، در خارج از کمربند کوهزایی، گسترشی
نداشته باشند. این گرانیتها همزمان با فعالیتهای‌تکتونیك
یا بعد از آن، به فاصلهٔ کمی پس از پایان کوهزایی،
تشکیل شده‌اند. بنابراین ارتباط زمانی و مکانی نزدیکی
بین انواع مختلفی از فعالیتهای ماگمایی، دگرگونی‌ناحیه‌ای
و کوهسازی وجود دارد.

آخرین تأثیر خود بالازدگی است که رشته کوه را
در پایان دوره کوهسازی ایجاد می‌کند. بالازدگی نشانه-
هایی دائمی از خود به‌جای می‌گذارد. یکی از نشانه‌ها
تغییر ماگماهای رسوبگذاری است و زمانی رخ می‌دهد که
اولین رسوبات تخریبی دانه درشت شروع به تجمع می-



شکل ۴ـ پراکندگی باتولیتهای وسیع امریکای جنوبی که حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش در پوسته نفوذ کرده‌اند.

کنند. ظهور گرانیتهای پس از تکتونیك و پایان یافتن هرگونه فعالیتهای آذرین نیز از نشانه‌های دیگر است. در کوههای جوان که هنوز چندان فرسایش نیافته‌اند، شاید بتوان سن زمینها را تعیین کرد. این زمینها درجایی که بر اثر بالازدگی گسیخته یا کج شده باشند، می‌توانند حد بالایی فاصله زمانی را که کوهسازی در آن فاصله باید رخ داده باشد تعیین کنند. زمینهایی‌که براثر ساختمانهای بالازده قطع شوند، ممکن است حد زیرین سن احتمالی کوهسازی را مشخص کنند.

با استفاده از چهار نوع نشانه‌های پیش گفته، یعنی: طبیعت و پراکندگی حوضه‌های رسوبی پیش از کوهزایی، طبیعت و سن تغییر شکل، زمان و طبیعت فعالیتهای آذرین و زمان بالازدگی نهایی، می‌توان تاریخ یك کمربند کوهزایی را مشخص کرد.

دورهٔ فعالیت یك رشته کوه

نخستین کوههایی که مورد مطالعه قرار گرفتند طبعاً جوانترین آنها بودند. بسیاری از اطلاعات اساسی دربارهٔ تشکیل کوهها از مطالعه کوههای آلپ به دست آمده است.

براساس مطالعات فوق و مطالعاتی که بر روی کمربندهای چین‌خورده دیگر صورت گرفته، در اواخر قرن نوزدهم برای اولین‌بار، تصویری از کوهسازی در فانروزوئیك[۱۸] ارائه گردید. حاصل این مطالعات اولیه مدلی بود که‌نشان می‌داد، کلیه مراحل عملیات کوهسازی به یك دورهٔ تقریباً ۲۰۰ میلیون ساله نیاز دارد. این چرخه شامل رسوب‌گذاری پیش از کوهزایی، تغییر شکل، رسوب‌گذاری هم‌زمان با تکتونیك، پلوتونیسم، بالازدگی و بالاخره آغاز فرسایش رشته کوه تازه تشکیل شده است. در آن زمان یك دید کلی از رشته کوههای فعال زمین وجود نداشت، زیرا هنوز بسیاری از آنها از نظر زمین‌شناسی بررسی نشده بودند. پیشرفت اطلاعات زمین‌شناسی که به‌فرضیه‌های اخیر در مورد تکتونیك کرهٔ زمین منجر شده، تا آنجا که به کوهسازی مربوط می‌شود، بیشتر از دو جهت بوده است. اولا کشف ساختمانهای زمین‌شناسی آسیا، افریقا، استرالیا و آمریکای جنوبی بود که همراه با نتایج بررسی کف اقیانوسها چهارچوبی اساسی از واقعیات، درباره ساختمان پوسته‌ای زمین فراهم کرد. ثانیاً توانایی تعیین سن سنگهای بدون فسیل و کانیها به روش پرتو سنجی، در واقع تعیین سن هر نوع ساختمان زمین‌شناسی، و به دنبال آن بررسی کوهزایی پره کامبرین را امکان‌پذیر کرد.

وقتی مطالعه کمربندهای چین‌خورده پره‌کامبرین شروع گردید، معلوم شد که طو لزندگی یك کمربند کوهزایی، عملا ممکن است خیلی بیش از ۲۰۰ میلیون سال باشد. مثلا کوهزایی کالدونین در شمال غربی اروپا و قطب شمال که با رسوب‌گذاری پره‌کامبرین پسین آغاز شده بود، تا ۵۰۰ میلیون سال بعد از آن یعنی تا زمان دونین نیز کامل نگردید. به علاوه معلوم شد که کمربندهای کوهزایی خیلی قدیمی‌تر نیز در پره‌کامبرین وجود داشتند که زندگی فعال آنها در همان پره‌کامبرین خاتمه یافته است. این موضوع اول بار از تجزیه و تحلیل ساختمانی سپرهای[۱۹] پره‌کامبرین روشن شد. این سپرها در بعضی موارد، مثل سپر کانادا، شامل بیرون‌زدگیها وسیعی از سنگهای پره‌کامبرین به وسعت میلیونها کیلو متر مربع است. بعدها معلوم شد که این سپرها از مجموعه‌ای از کمربندهای کوهزایی ساخته شده‌اند که از جها تزیادی، مشابه بخشهایی از رشته کوههای جوانتر هستند. گرچه اکنون این سپرها چنان فرسایش یافته‌اند که رشته کوه قابل رویتی باقی نمانده، ولی شباهتهای زیاد آنها با بخشهای عمیقتر کوههای جوان ثابت می‌کند که این سپرها زمانی محل کمربندهای کوهزایی پره‌کامبرین بوده‌اند.

کمربندهای پره کامبرین نیز در محدوده زمانی ۸۰۰ تا ۲۰۰ میلیون سال فعال باقی مانده‌اند. در کمربندهای پرعمرتر پره‌کامبرین، تاریخ پیچیده‌ای از تغییر شکل و دگرگونی را می‌توان مشخص کرد که همراه با فعالیتهای آذرین متوالی و گاهگاهی تجدید رسوب‌گذاری، آتشفشانی و فرسایش است. رسوبات مورد نظر بیشتر همزمان با تکتونیک‌اند. یك مشخصه برجسته کمربندهای پرعمرتر آنست که هیچ نشانه‌ای از بالازدگی ناحیه‌ای و تجمع رسوبات پس از تکتونیك از نوع مولاس در هیچ دوره‌ای در طول زندگی رشته کوه، قبل از بالازدگی نهایی نشان نمی‌دهند.

بنابراین نتیجه می‌گیریم فرایندی که به کوهزایی خاتمه می‌دهد با پدیده‌های اولیه که همراه کوهزایی است، از بعضی جهات متفاوت می‌باشد. پدیده‌های اولیه گرچه ممکن است تکرار شوند، ولی بالازدگی و به دنبال آن تجمع مولاس رویدادی است که فقط یك‌بار، در طول زندگی یك رشته کوه اتفاق می‌افتد. به‌نظر می‌رسد که در آن موقع دورهٔ زندگی کمربند متحرك به پایان می‌رسد. پوستهٔ سخت پایداری که به‌این ترتیب تشکیل می‌شود ممکن است بعداً نیز حرکات قائمی را تحمل کند، ولی در این حال به صورت یك قطعه حرکت می‌کند. کمربندهای چین خورده پره‌کامبرین، که با صفحات سختتر و پایدارتری محدود شده‌اند، از حدود ۲۸۰۰ میلیون سال پیش تشکیل شده‌اند. در زمانهای باز هم پیشتر (بین ۴۰۰۰ تا ۲۸۰۰ میلیون سال پیش) احتمالا تمامی پوسته چنان متحرك بوده که تشخیص بین کمربندهای چین‌خورده و قطعات پایدار بسیار مشکل است.

روابط زمانی دگرگونی و تغییر شکل به تفصیل مورد مطالعه قرار گرفته است. با بررسی دسته‌های متوالی ساختمانهایی نظیر تورق موجود در سنگها و ساختمانهای خطی مثل چینها می‌توان پراکندگی مکانی وز مانی آنها را مشخص کرد. براساس این بررسی‌ها می‌توان نشان داد، حداقل در بخشهای فوقانی یك رشته کوه که قابل بررسی است، سنگها در حین کوهسازی به طریق زیر تغییر شکل پیدا می‌کنند. راندگیهای بزرگی تشکیل می‌شوند و سپس چندین بار چین می‌خورند که در خلال این زمان دگرگونی ممکن است آغاز گردد. به‌عبارت دیگر، بعد از تغییر شکل اولیه، دما در بخشهای بالایی رشته کوه افزایش می‌یابد. این توالی رانده شدن و بعد چین‌خوردن، در مقیاس کوچکتر، همراه با دگرگونی بیشتر یا بدون آن، ممکن است بارها تکرار شود.

بالازدگی که آخرین مرحله کوهسازی است می‌تواند در بخش خیلی بزرگتری از پوسته، بیش از خود کمربند چین خورده، تأثیر کند. یك مثال در این مورد شرایط موجود در دونین اروپا و امریکا شمالی است. در اوایل دونین در پایان چین‌خوردگی کالدونین، رسوبات «ماسه سنگهای سرخ قدیمی[۲۵]» در امتداد ناحیه‌ای که فعالیتهای آذرین خاتمه یافته بود، در امتداد رشته کوههای کالدونی تشکیل گردید. در همان زمان نهشته‌های ماسه‌سنگ سرخ قدیمی قاره‌ای د رناحیه‌ای بسیار وسیعتر شروع به تشکیل شدن کرد. این ناحیه که اصطلاحا قاره ماسه سنگ سرخ قدیمی خوانده می‌شود، از ناحیه لنینگراد تا دشتهای کانادا گسترده بوده و خط ساحلی جنوبی آن از جنوب جزایر بریتانیا و از نزدیك نیویورك عبور می‌کرد. رسوبات دریایی در زمان دونین در اطراف این قاره، بخصوص در جنوب آن تشکیل گردید. پیدایش قارهٔ ماسه سنگ سرخ قدیمی از نظر زمین‌شناسی بسیار جالب‌توجه است، زیرا نشان می‌دهد که بالازدگی خیلی دورتر از کمربند کوهزایی نیز اتفاق افتاده و ناحیه وسیعتری از پوسته، به طریقی تحت تأثیر قرار گرفته بود. بعلاوه از آن زمان به بعد کوهزایی دیگری در این ناحیه رخ نداده، در حالیکه مناطق جنوبی، که شرایط دریایی در آن غلبه داشته، تا پایان پالئوزوئیك تحت تأثیر کوهسازی بوده است.

نتیجه آنکه، سری طولانی حوادث در یك رشته کوه حاکی‌از نزدیك‌شدن قطعات متحرك پوسته به‌هم است که موجب فشردن مناطق باریکی می‌شود که در امتداد همین مناطق فعال سرانجام کوهها سر برمی‌آورند. بالازدگی نشانه خاتمه حرکت دو صفحه به سوی هم و جوش خوردن آنهاست. از آن به‌بعد دو صفحه به‌صورت قطعه پایدار واحدی عمل می‌کند و ممکن است صدها میلیون سال در همان شرایط باقی بماند. وقتی که سرانجام کوهزایی یك بار دیگر به چنین قطعه پایداری اثر کند، سیستم کاملا جدیدی از رشته کوهها تحول خواهد یافت.

توالی کوهزاییها

سرعت تشکیل سنگها و کانیهای آذرین در طول زمان زمین‌شناسی ثابت نیست. در زمانهای مختلف در مناطق بزرگی از پوسته، به وسعت میلیونها کیلومتر مربع، فعالیتهای آذرین خاتمه پیدا می‌کند. با استفاده از روشهای پرتوسنجی می‌توان زمانهایی را که مقادیر زیادی از سنگهای آذرین د دگرگونی در یك دوره سرد شده‌اند، مشخص کرد. این دوره‌ها، موقعیتهایی است که مناطق بزرگی از پوسته بالا آمده، پایدار شده و سرد شده است. و مشخص‌کننده تغییر از شرایط کوهزایی به شرایط غیر کوهزایی در هر بخشی از پوسته می‌باشد.

با رسم منحنی تغییرات فعالیتهای پلوتونیك برحسب زمان زمین‌شناسی می‌توان نشان داد که پوسته قاره‌ای تدریجاً مناطق بزرگتری از پوسته را پایدار می‌کند. هر بار چنین شود، شبکه کمربندهای فعال از نظر اندازه کوچك شده و سطح پوسته پایدار شده افزایش می‌یابد. در طول ۳۰۰۰ میلیون سال گذشته اثر بسیاری از این‌گونه تغییرات را می‌توان یافت. مثلا اگر حجم فعالیتهای کوهزایی از پره کامبرین پسین را در نظر بگیریم، می‌بینیم که کمربندهای کوهزایی زیادی در افریقا، در کامبرین که در بخشهای بزرگی از این قاره بالازدگی رخ داده، غیر فعال شده‌اند. آنگاه بالازدگی دونین، موجب پیدایش قاره ماسه سنگ سرخ قدیمی در نیمکرهٔ شمالی شده و با بالازدگی ترياس، که به کوهسازی هرسی‌نین (پالئوزوئیك فوقانی) خاتمه داده، دنبال شده است. نتیجه این کار محدود شدن کمربندهای کوهزایی فعال در زمان ترشیاری به‌کمربندهای دوراقیانوس‌آرام ورشته‌کوههای آلپ است که از اندونزی تا اروپای غربی و افریقای‌شمالی امتداد دارد. تغییرات تقریباً مشابهی که منجر به محدود شدن کوهسازی گردید در فاصله تقریباً ۲۸۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیون سال پیش و همچنین ۱۸۰۰ تا ۱۲۰۰ میلیون سال پیش اتفاق افتاد. در مقابل به‌نظر می‌رسد که در شروع سه دوره طولانی از زمان زمین‌شناسی که از ۲۸۰۰، ۱۹۰۰ و ۱۱۰۰ میلیون سال پیش آغاز شده، کمربندهای کوهزایی جدید و وسیعی برپا شده باشد. از این نظر تاریخ کوهزایی، تناوبی از دوره‌های نسبتاً کوتاه تشکیل کمربندهای کوهزایی وسیع و دوره‌های بسیار طولانی‌تر تخریب آنهاست.

اگر به تشکیل کوهها، در ارتباط با دیگر پدیده‌های بزرگ مقیاس زمین‌شناسی نگاه کنیم، رابطهٔ بسیار ساده‌ای می‌یابیم. وقتی کوهزایی خاتمه می‌یابد، بالازدگی روی می‌دهد و پوستهٔ قاره‌ای پایداری تشکیل می‌شود که در آن چند صفحهٔ کوچکتر پوسته به وسیله کمربندهای متحرك تازه پایدار شده‌ای به هم می‌پیوندند تا قطعهٔ بسیار وسیعتری از پوستهٔ سخت ایجاد کند. با تشکیل قطعات پایدار دیگر، وسعت پوسته سخت تدریجاً افزایش می‌یابد. در مرحله‌ای، بین قطعات پایدار شکافهایی به وجود می‌آید که آنها را چند پاره می‌کند و در بین آنها پوسته اقیانوسی تشکیل می‌شود. در خلال‌این گسیختگی، در لبه‌های پیشروندهٔ قاره‌های جدا شده، رشته کوهها به تکامل خود ادامه می‌دهند. رشته‌کوههای‌قدیمی‌تر در درون قطعات، در این مرحله به عمر فعال خویش خاتمه می‌بخشند. از آنجا که زمین کروی است، با پراکندگی قطعات قاره‌ای، سرانجام این قطعات با ترکیب جدیدی دوباره گردهم آمده، یك یا دو ابرقاره تشکیل می‌دهند. با تولید پوسته جدید در اقیانوسهای اطراف این ابر قاره‌ها تحت فشار قرار می‌گیرند. به این ترتیب است که احتمالا سیستم جدیدی از کمربندهای چین‌خورد در داخل ابرقاره‌های جدید، شروع به تکامل می‌کنند. گذشت زمان این توده‌های قاره‌ای مجدداً پایدار شده شکسته می‌شوند و به این ترتیب یك دوره دیگر پراکندگی قاره‌ای آغاز می‌شود.

براساس چنین دیدگاهی از تاریخ زمین‌شناسی نسبتی از پوستهٔ قاره‌ای که در کوهسازی شرکت داشته در طول زمان زمین‌شناسی، در چرخه‌هایی طولانی درحدود ۸۰۰ میلیون سال یا بیشتر، تغییر کرده است.

یادداشتها

۱- این مقاله خلاصه‌ای است از مقالهٔ Orogeny اثر John Sutton از کتاب Understanding The Earth که به‌وسیله دانشگاه Open University انگلستان در سال ۱۹۷۴ منتشر شده است

2- Orogeny
3. G. K. Jilbert
4- fold moutain belts
5- Oceanic ridges
6- rift valleys
7- continental stopes
8- Oceanic trenches
9- island arcs
10- fold belts
11- flysch
12- molase
13- aplift
14- basement
15- nappe
16- geosynclines
17- slate

۱۸- فانروزوئیك phanerozoic شامل دورانهای پالئوزوئیك، مزوزوئیك و سنوزوئیك است

۱۹- سپر Shield هابخشهای بزرگی از قاره‌ها هستند که در طول یك دوره طولانی نسبتاً پایدار بوده‌اند و غالباً از سنگهای پرکامبرین تشکیل شده‌اند.

20- Old Red Sandstone