مفهوم زمان و طیف‌ها و مقیاس‌های آن در پژوهش‌های ژئومورفولوژی

(با نگاه تحلیلی بر مفهوم زمان در سیستم‌های طبیعی)

دکتر مریم بیاتی خطیبی
استادیار گروه پژوهشی جغرافیا- دانشگاه تبریز

چکیده

در علم ژئومورفولوژی، سیستم‌های طبیعی پویا مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در این مطالعات، میزان پویایی و تغییرات پدیده‌ها در بستر مکان و در قالب سیستم‌های بزرگ‌تر، با زمان و واحدهای آن سنجیده می‌شود. در این سنجش، زمان شروع تغییرات، روند و پایان آن‌ها و هم‌چنین میزان و نوسانات نرخ تغییرات (در طول زمان)، مدنظر قرار می‌گیرند. با این سنجش و داده‌های حاصل از آن، می‌توان نحوه و نوع تغییرات در پدیده‌ها و شدت و ضعف رخدادهای ژئومورفولوژیکی در مقاطع زمانی ویژه را تفسیر و تحلیل کرد. متناسب با نوع پدیده‌ها و روند تغییرات و شدت و ضعف و یا مقیاس رخدادها، طیف‌های زمانی مورد انتخاب و مطالعه، متفاوت خواهند بود. در پژوهش‌های ژئومورفولوژی، با توجه به هدف و نوع مطالعه و هم‌چنین تنوع در مقیاس پدیده‌ها و رخدادها، طیف‌های مورد نظر، از چند ثانیه تا میلیون‌ها سال متفاوت‌اند. در این مقاله سعی شده است ضمن ارائه‌ی طیف‌ها و مقیاس‌های زمانی مورد نظر در مطالعات ژئومورفولوژی، نقش توجه به عامل زمان، در کرکرد سیستم‌ها و هم‌چنین ایجاد انواع تعادل در سیستم‌ها، تحلیل شود.

کلیدواژه‌ها: زمان، مقیاس‌های زمانی، طیف زمانی، ژئومورفولوژی، سیستم‌های طبیعی

مقدمه

شناخت مسائل و نحوه‌ی عملکرد پدیده‌های طبیعی، خواه به‌منظور برخورداری از مواهب طبیعی یا برای مقابله با عوارض نامطلوب آن، باید با مشاهده و تفسیر پدیده‌ها همراه باشد. تفسیر درست و تحلیل دقیق نتایج حاصل از مشاهدات، مستلزم داشتن اطلاعات لازم و کافی از نحوه‌ی رخدادها و تاریخ گذشته‌ی پدیده‌هاست. در پدیده‌های طبیعی، مانند لغزش و زلزله، به شناخت لحظه‌ای، یا سیر زمانی تغییرات و مقایسه‌ی تاریخی میزان تغییرات، توجه می‌شود. ژئومورفولوژیست‌ها به‌خوبی می‌توانند این مهم را بررسی کنند و در مطالعات خود، در گستره‌ی بزرگ زمین، به نحوه‌ی تغییرات کوتاه‌مدت هنگام رویداد پدیده‌ها توجه کنند و با بررسی روند تغییرات بلندمدت و با استناد به تغییرات کوتاه‌مدت، نتایج را به آینده تعمیم دهند و شدت و بزرگی رخدادهای آینده را پیش‌بینی کنند.

بنابراین می‌توان گفت که علم ژئومورفولوژی، تعادل لحظه‌ای پدیده‌ها را درک می‌کند و یا حداقل درصدد درک آن است و حتی در مقیاس تاریخ انسان، زمان را به گذشته برمی‌گرداند و تا آینده‌ی دور جلو می‌برد. به عبارت دیگر، شکل امروزی زمین و تغییرات کنونی پدیده‌های مورد نظر، از امور اصلی مورد توجه متخصصان علم ژئومورفولوژی است، اما برای بررسی دقیق آن، همواره به وجود اطلاعات دقیق از گذشته نیاز داریم. هم‌چنین برای بهره‌برداری‌های

درازمدت از منابع طبیعی، با استناد به روند کنونی و اطلاعات گذشته، به‌اجبار، به پیش‌بینی‌هایی در مورد روند آینده نیز نیاز است. خوشبختانه امروزه با گسترش ارتباطات، امکان بسط دامنه‌ی این گونه مطالعات به فضاهای گوناگون با ویژگی‌های متنوع و هم‌چنین زمینه‌ی جمع‌آوری اطلاعات بیشتر فراهم آمده و از سوی دیگر، با استفاده از روش‌ها، فنون و امکانات جدید، افق دید به گذشته و در مواردی به آینده نیز وسیع‌تر شده است. البته مقدمات نظری چنین روندی در گذشته ریخته شده بود و در واقع رسیدن ژئومورفولوژی به چنین مرحله‌ای، مدیون کارهای عملی و نظری اندیشمندان متقدم است.

اوایل دهه‌ی ۱۹۰۰ که افکار دیویس[1] و نظرات «سیکل زمانی فرسایش» وی که در سال ۱۸۹۹ مطرح شد، بر مطالعات ژئومورفولوژی سایه افکنده بود. به این نظریات، یعنی طرح مبانی ژئومورفولوژی، بعداً مدل‌های وابسته به زمان در مورد نحوه‌ی تحول حوضه‌های زهکشی (بلوغ، جوانی و پیری) نیز اضافه شد که در تمامی آن‌ها، سایه‌ی نظریات تکامل انواع داروین احساس می‌شد. عقاید گیلبرت[2] در مورد پدیده‌ها و طرح مدل‌های غیر وابسته به زمان[3] که تأکید آن‌ها بیشتر بر دبی، شیب و بار رسوبی رودخانه‌ها بود، با عقاید دیویس- وابسته به زمان- کاملاً تفاوت داشت. انتشار مقاله‌ی شیوم ولیشتی[4] در سال ۱۹۶۵ که در واقع تلاشی بود برای ایجاد سازش بین این دو عقیده، یکی در مورد سیستم‌های بسته (دیویس) و دیگری در مورد سیستم‌های باز (گیلبرت)، انقلابی در مطالعات ژئومورفولوژی و در طرح مسائل زمانی در بررسی اشکال ژئومورفولوژی پدید آورد [http://www.utexas.edu/depts/grg/hudson/grg338c/schedu/1_intro/time_space_03.htm].

بعد از دوره‌ای که دوره‌ی طرح و تعمیق مبانی نظری ژئومورفولوژی و نگرش سیستمی به‌نحوه‌ی تحول اشکال در سیر زمان محسوب می‌شد، پرداختن به مبانی نظری و نگاه جامع به عملکرد فرایندها، برای مدت‌ها به فراموشی سپرده شد. اما در سال‌های اخیر، پیشرفت در ابزارهای مشاهده و تجهیز امکانات جمع‌آوری اطلاعات، به ژئومورفولوژیست‌ها این امکان را داده است که مواردی را که دیویس و پنک[5] فقط می‌توانستند در ذهن خود بپرورانند، عملاً و به عینه تجربه و مشاهده کنند و نگرش سیستمی را به نحوه‌ی تحول پدیده‌ها در سیر زمان، با مسلح شدن به داده‌های مستندتر، حیات مجدد بخشند [http://www.geolsoc.org.uk/tem/].

مفهوم زمان از دیدگاه علم ژئومورفولوژی

در تمامی علوم، عامل زمان به عنوان معیاری برای سنجش میزان تغییرات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هرچند مفهوم زمان از دیدگاه علوم مختلف، تقریبا یکسان است، اما در طیف‌های زمانی مورد مطالعه، بین علوم تفاوت‌هایی مشاهده می‌شود. گاه هدف از مطالعات و یا در مواردی تفاوت در میزان تغییرات، تعیین کننده‌ی میزان توجه به عامل زمان است.

از دیدگاه علم فلسفه، زمان حقیقی، عددیه، ذاتی و مقداری است، بنابراین محدود و متناهی است. از این دیدگاه، مقداری از زمان که تاکنون وجود یافته، از کل زمان کمتر است و یا نصف تمامی زمان، از کل آن قطعاً کمتر است [میلانی، ۱۳۷۷ : ۷۷]. از این‌رو، زمان نمی‌تواند نامتناهی و نامحدود باشد، پس به ناچار آغازی دارد. به همین دلیل مجاز هستیم که بپرسیم، ابتدای زمان کی بوده است؟ با این دیدگاه که نگرش تمامی علوم نسبت به عامل زمان محسوب می‌شود، وقوع تغییرات آغاز، تداوم و پایانی دارد، و در فضا و در طول زمان مفهوم پیدا می‌کند.

انسان و همه‌ی اشکال طبیعی و به‌طور کلی تمامی موجودات، در مقطعی از زمان، به‌وجود می‌آیند، تحول می‌یابند و از شکلی به شکل دیگر در می‌آیند. پیدایش و تکامل اشکال و موجودات، با عامل زمان قابل توجیه است. در عین حال، تفسیر زمان منوط به وجود موجودات است. با عنایت به موارد مذکور که تمامی آن‌ها دارای تکیه‌گاه منطقی و عقلی هستند، می‌توان گفت که زمان حادث و مسبوق به عدم است [میلانی، ۱۳۷۷ : ۸۱]. چون زمان و هم‌چنین مکان دارای مقدار هستند، بررسی کلیه‌ی تغییرات در بستر مکان و در طول زمان، با توسل به ابزار و شواهد، امکان‌پذیر است. نرخ تغییرات نیز با توجه به تقسیمات زمانی قابل تعیین است. در مواقعی که برای ظهور موجودات، آغازی قائل می‌شویم و بین دو محدوده‌ی زمانی، برای تغییرات تقسیماتی انجام می‌دهیم، در واقع، به زمان ویژگی نسبی می‌بخشیم. از دیدگاه بیشتر علوم زمینی، به‌ویژه ژئومورفولوژی، زمان و با این ویژگی مفهوم پیدا می‌کند [Doyle et al. 2001: 35]. به عبارت دیگر، از دیدگاه ژئومورفولوژی، زمان دارای مفهوم نسبی است.

بازخوانی گذشته، زمینه‌ای برای پیش‌بینی آینده در علم ژئومورفولوژی

ژئومورفولوژی، به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخه‌های جغرافیای طبیعی، تغییرات پدیده‌ها را در سیر زمان مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد. چون بخشی از تغییرات، قبل از شرایط حال آغاز شده‌اند و بخشی در شرایط کنونی در حال انجام هستند، پیش‌بینی آینده نیز مستلزم بازخوانی گذشته و درک درست شرایط کنونی است، بنابراین، حال و آینده‌ی پدیده‌های ژئومورفولوژی، در ارتباط با گذشته است. با عنایت به موارد مذکور و با توجه به اهمیت «مدل‌واره‌ها»[6] در علم ژئومورفولوژی، توجه به گذشته برای پیش‌بینی آینده و تفسیر شرایط کنونی از الزامات محسوب می‌شود. در این علم، بخش [illegible] بدون اطلاع از گذشته، در بیشتر موارد امکان‌پذیر نیست. [illegible] از محققین معتقد هستند که [illegible] ژئومورفولوژی از شناخت [illegible] گذشته ناتوان است [illegible] Vitek [illegible] [p.] و وظیفه‌ی اصلی آن، در واقع درک شرایط کنونی است.

این نظریه نمی‌تواند به دلایلی درست باشد؛ زیرا عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژی در داخل یک سیستم قابل بررسی و توجیه است و چون تنظیمات در داخل سیستم، توسط فرایندهایی صورت می‌گیرد که کارکرد آن‌ها از گذشته شروع شده است، بنابراین، بررسی‌های مقطعی از پدیده‌ها، بدون بازخوانی داستان گذشته‌ی آن‌ها، اصولاً امکان‌ناپذیر و یا حداقل نگرشی محدود و ناقص خواهد بود. ناتوانی در پیش‌بینی نحوه‌ی عملکرد فرایندها در آینده، حداقل در قالب احتمالات، به‌منزله‌ی درک‌نکردن سازوکار و نحوه‌ی کارکرد فرایندها در گذشته و حال است؛ چرا که با درک آهنگ تغییرات کنونی، که استناد آن‌ها به تاریخ تحولات گذشته است و هم‌چنین با دخیل دانستن اثر تغییرات احتمالی آینده در عملکرد فرایندها، همراه با در نظر گرفتن وزنه‌ی تأثیر عوامل گوناگون در نحوه‌ی تغییر ویژگی‌های پدیده‌ها در سیر زمان، پیش‌بینی روند تغییرات آینده چندان دشوار نخواهد بود. با چنین نگرش و عملکردی، مدیریت محیطی و کاربردی‌کردن نتایج مطالعات و هم‌چنین اعتلای ژئومورفولوژی کاربردی، امکان‌پذیر خواهد شد.

سایر[7] (۱۹۸۴، به نقل از: Schumm)، معتقد بود که پیش‌بینی آینده و تفسیر وضعیت کنونی، از اهداف علوم مختلف زمینی است، اما وی حالت دیگری را نیز تعیین کرد که بین این دو حالت قرار می‌گیرد. توضیح این‌که در مواردی ما وضع کنونی را تفسیر و طبق شرایط فعلی پیش‌بینی می‌کنیم، اما ممکن است هریک بدون دیگری نیز صورت گیرند؛ یعنی ممکن است پیش‌بینی بدون تفسیر[8] و تفسیر بدون پیش‌بینی[9] نیز انجام شود. موضوع مورد بحث، با ذکر مثال ملموس‌تر خواهد شد: جست‌وجو برای کشف نفت، تفسیری بدون پیش‌بینی است. یک زمین‌شناس می‌تواند تمامی شرایط وجود نفت را توضیح دهد، اما نمی‌تواند به‌طور قطع بگوید که در منطقه‌ی مورد نظر، واقعاً نفت وجود دارد یا خیر؛ مگر این‌که با عمل حفاری، احتمالات را ثابت کند. به‌علاوه در اغلب موارد، نمی‌توان پدیده پیش‌بینی‌شده را تفسیر کرد و یا اصولاً در مواردی برای تفسیر ضرورتی وجود ندارد. برای مثال، ممکن است بتوانیم شرایط جوی را برای مدت ۲۴ ساعت و یا کمی بیشتر پیش‌بینی کنیم، اما ضرورتی برای تفسیر وضعیت حاکم احساس نمی‌شود. یا ممکن است که ثابت و یا پیش‌بینی کنیم که رابطه‌ی بین جابه‌جایی ماسه‌ها با تغییرات دبی، از نوع درجه‌ی ۳[10] است، اما برای این‌که چرا چنین رابطه‌ای وجود دارد، تفسیر صحیحی ارائه نشود [Schumm, 1993: 8] و یا اصولاً پاسخی برای آن نداشته باشیم.

امروزه، به‌کارگیری تکنیک‌های توسعه‌یافته و استفاده از یافته‌های رشته‌های علمی دیگر، به برجسته‌شدن عامل زمان و به‌کارگیری دقیق آن در حیطه‌ی مطالعات کمک کرده و ترسیم افق‌های روشن‌تر آینده را در علم ژئومورفولوژی، به سادگی امکان‌پذیر ساخته است و پیشرفت در ابزارهای علمی، هم‌چنین امکان دست‌رسی به اطلاعات کمی و کیفی درباره‌ی نحوه‌ی تغییرات پدیده‌ها را در طول زمان فراهم کرده است. به این ترتیب، علم ژئومورفولوژی با تکیه بر این اطلاعات توانسته است، در مورد بسیاری از مسائل مبهم کنونی که ریشه در گذشته دارند، اظهارنظر کند.[11]

ژئومورفولوژی و رشته‌های علمی دیگر، به‌ویژه علوم زمینی، تحت‌تأثیر تغییرات در سراسر دنیا، رشد سریعی را تجربه می‌کنند. توسعه و پیشرفت در علم ژئومورفولوژی در ۲۰ سال اخیر که به آن توان بازسازی زمان گذشته و پیش‌بینی تغییرات آینده را می‌دهد، مرهون موارد زیر است:

۱. افزایش در تعداد مطالعات ژئومورفولوژی
۲. استفاده از فناوری‌های جدید در تحقیقات ژئومورفولوژی
۳. توسعه در سایر رشته‌های مجاور
۴. سعی در کاربردی کردن علم ژئومورفولوژی

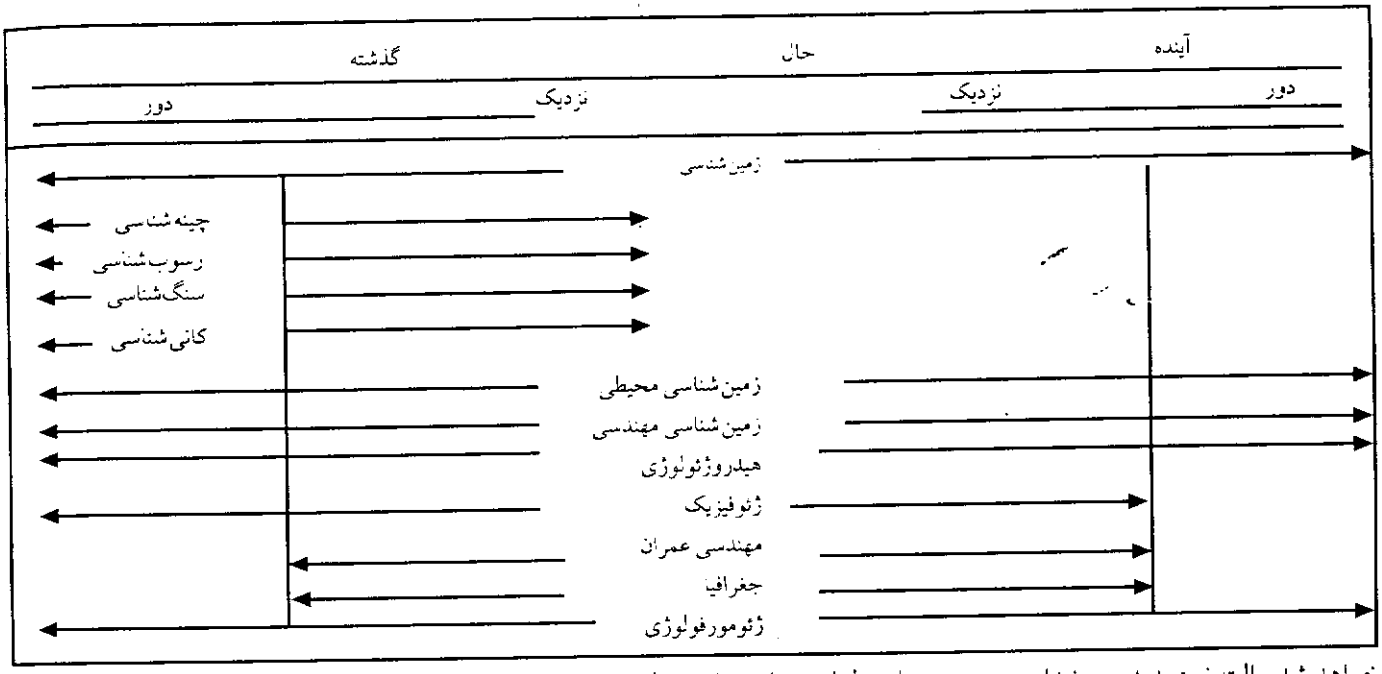
طیف و مقیاس‌های زمانی در مطالعات علم ژئومورفولوژی

علمی که درصدد بررسی تحول اشکال سطحی است و بخشی از وظیفه‌ی آن را تفسیر نحوه‌ی عملکرد فرایندها و رخدادهای طولانی‌مدت تشکیل می‌دهد، با نگاه به نحوه‌ی تغییرات در یک طیف زمانی کوتاه، نمی‌تواند روند تغییرات در آینده و حتی توجیه شرایط کنونی را استنتاج کند. بنابراین، خواه‌ناخواه باید مطالعات خود را بیشتر به عقب برگرداند و گذشته‌ی دور را مدنظر قرار دهد و با بازخوانی بخش عمده‌ای از تاریخ تحول اشکال، رخدادهای آینده‌ی دور و نزدیک را پیش‌بینی کند.

مدل‌های گوناگونی در ژئومورفولوژی توسط محققین ارائه شده، که حاصل تفسیر شرایط کنونی و با تکیه بر مستندات تاریخی و اشکال موروثی هستند و هدف نهایی آن‌ها پیش‌بینی آینده است. طیف زمانی مطالعات، در برگشت به گذشته و بازخوانی تاریخ حوادث و دید به آینده به‌منظور انجام پیش‌گویی‌هایی در مورد آینده، در علوم گوناگون متفاوت است. این محدوده‌ی زمانی در جدول ۱ ارائه شده است. (جدول ۱ صفحه ۶)

زمین‌شناسی که به مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی علاقه‌مند است، می‌داند که ساختارهای ویژه (چین‌خوردگی، گسل و...)، ممکن است، طی میلیون‌ها سال گذشته پدید آمده باشند. بنابراین حیطه‌ی زمانی مطالعات او، باید بسیار گسترده باشد (جدول ۱). اما برای مهندس عمرانی که پروژه‌هایی را در محدوده‌ی زمانی زندگی یک انسانی انجام می‌دهد، داشتن اطلاعات در مورد آینده و گذشته‌ی خیلی دور، زیاد ضرورتی ندارد و ژئومورفولوژیست یا یک زمین‌شناس زیست‌محیطی، نه‌تنها باید مجهز به داده‌های مستند از آینده و گذشته‌ی نزدیک باشد، بلکه اطلاعات وی باید گذشته‌ی دور را نیز دربرگیرد و افق پیش‌بینی‌های وی تا آینده دور گسترش یابد [Schumm, 1993: 7]. محققین ژئومورفولوژی بر این باورند که مطالعات ژئومورفولوژی ممکن است طیف زمانی میلیون‌ها سال را دربرگیرد. اما هر چه این طیف بلندمدت‌تر باشد، از دقت بازخوانی و پیش‌بینی‌های محقق کاسته

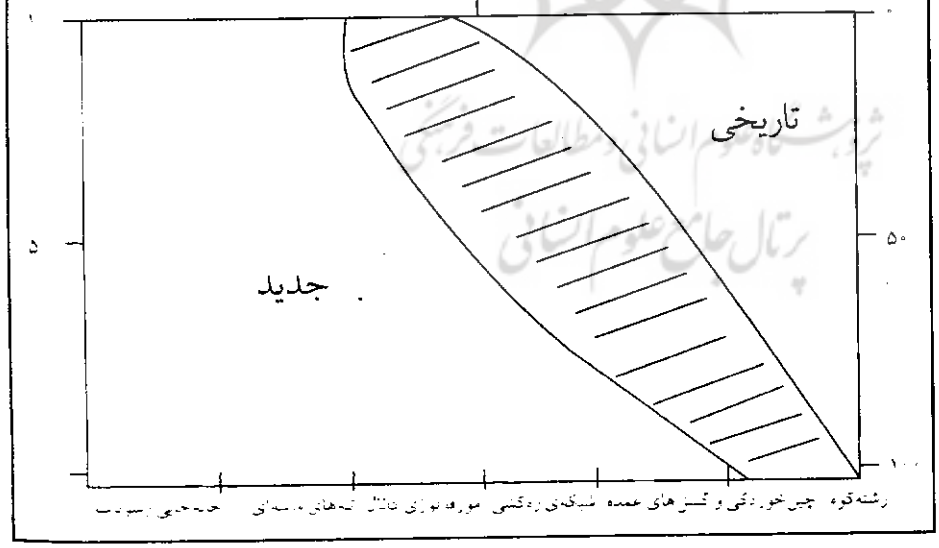
جدول ۱. محدوده‌ی مطالعات زمانی جغرافیا و سایر علوم مربوط به زمین [*Schumm, 1993: 7*] در این جدول، گذشته و آینده‌ی نزدیک (۵۰ سال قبل و بعد) و آینده و گذشته‌ی دور (۵۰ تا ۱۰۰۰۰، قبل و بعد) را در بر می‌گیرد.



خواهد شد. البته نوع پدیده و رخداد، محدوده‌ی این طیف زمانی را مشخص خواهد کرد. در بررسی بعضی از پدیده‌های ژئومورفولوژی، تنها با تکیه بر طیف زمانی بلند، نمی‌توان به نتایج مقبولی دست یافت و طبق این نتایج به پیش‌بینی‌هایی در مورد آینده دست زد و یا در مورد تغییرات، در حد متوسط‌ها، اظهارنظر کرد. در این مورد می‌توان نتایج مطالعات **لینتون**[۱۲] و شیوم در سال‌های ۱۹۵۷ و ۱۹۶۳م را نام برد. لینتون نشان داد که تبدیل یک پدیده ژئومورفولوژی از شکلی به شکل دیگر، ممکن است در طیف زمانی بلندمدت صورت گیرد که بررسی آن با داده‌های کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نباشد. برای مثال، تبدیل یک تپه به یک دشتگون، می‌تواند ۱۰ تا ۱۱۰ میلیون سال به طول انجامد که بررسی چنین تبدیلاتی به داده‌های معرف از تغییرات بلندمدت نیاز خواهد داشت. به‌دنبال وی، شیوم با در نظر گرفتن نتایج حاصل از یافته‌های خود در مورد نحوه‌ی فرسایش در پدیده‌ها و مدنظر قرار دادن میزان بالاآمدگی تکتونیکی در درازمدت، توانست میزان برهنگی و میزان کوه‌زایی را مقایسه کند و با این مقایسه، متوسط برهنگی را یک متر در هر هزار سال و میزان کوه‌زایی را ۸ متر در هر هزار سال، برآورد سازد [Gregory, 1985: 172]. این گونه مطالعات و اظهارنظرها نه‌تنها بیانگر تفاوت در طیف‌های زمانی است، بلکه، نمایانگر توان و یا ضرورت پیش‌بینی در مورد روند تغییرات در اشکال سطحی در علم ژئومورفولوژی نیز هست.

در تفسیر رخدادهای گذشته و در توضیح اشکال کنونی، باید در نظر داشت که ممکن است تنها بخشی از یک پدیده و یا رخداد ژئومورفولوژی (برای مثال، ۶۰ یا ۷۰ درصد آن) در شرایط کنونی قابل تفسیر باشد و در بخشی دیگر به تفسیرهای تاریخی نیاز داشته باشد و باید در مورد این بخش، به نحوه‌ی رخدادها در دوران گذشته توجه شود. یا پدیده و رخدادی باشد که باید تمامی داستان آن را در گذشته بازخوانی کرد و نتوان با تکیه به شرایط کنونی، به بازخوانی داستان واقعی این پدیده یا رخداد ویژه پرداخت (شکل ۱).

شکل ۱. درصد تفسیرهای تاریخی و مدرن در پدیده‌های طبیعی در علم ژئومورفولوژی [*Schumm, 1993: 53*].



همچنان که در شکل ۱ نیز مشخص شده است، تفسیر بخشی از تغییرات زمانی پدیده‌ها به نوع پدیده‌ی بستگی دارد. [illegible] بالایی نشان‌دهنده‌ی حوادث تاریخی است. بخش [illegible] حوادث مدرن را نشان می‌دهد. [illegible] رخداد، معرف دامنه‌ی تغییرات است. برای مثال، ۱۰ تا ۲۰ درصد

توضیح و تفسیر در مورد مورفولوژی بستر رودخانه‌ها، ممکن است مستلزم ارائه‌ی توضیحات تاریخی باشد. درحالی که صددرصد بحث و بررسی در موزد کوه‌زایی و برهنگی یک رشته‌کوه، ممکن است مستلزم بررسی‌های تاریخی باشد. در مقابل، صددرصد بحث در مورد نحوه‌ی جابه‌جایی رسوبات در بستر رودخانه‌ها و یا تپه‌های ماسه‌ای می‌تواند از تفسیرهای تاریخی بی‌نیاز باشد. به این ترتیب، می‌توان گفت، چنان‌که اندازه و سن یک شکل و یا پدیده ژئومورفولوژی افزایش یابد، توضیح شرایط شکل‌گیری آن و نحوه‌ی رخداد آن، به بررسی‌های تاریخی نیاز بیشتری خواهد داشت. اشکال ریز و حوادثی مانند نحوه‌ی حرکات رسوبات و تشکیل نهشته‌های کناره‌ای در بستر یک رودخانه، ممکن است بدون بررسی‌های تاریخی طولانی‌مدت، قابل درک و توضیح باشد، اما در بررسی نحوه‌ی شکل‌گیری بستر و تحلیل شکل آن، ارائه‌ی توضیحات تاریخی ضرورت دارد؛ زیرا جابه‌جایی رودخانه در دره و در سطح دشت‌های سیلابی و مخروط افکنه‌ها، اغلب توسط حوادث پلیستوسن تعیین می‌شود. بنابراین باید در توضیح آن‌ها به رخدادهای گذشته توجه شود و به نحوه‌ی تغییرات در گذشته حتماً اشاره گردد [Schumm, 1993: 57].

پدیده‌های ژئومورفولوژی در مقیاس‌ها و طیف‌های زمانی متفاوت رخ می‌دهند. با عنایت به تنوع این پدیده‌ها، مقیاس‌ها، ابزارهای مطالعه و معیارهای سنجش تغییرات آن‌ها در طول زمان نیز متفاوت خواهد بود. مقیاس‌های وقوع رخدادهای ژئومورفولوژیکی متنوع هستند، اما می‌توان آن‌ها را در قالب مقیاس‌های عمده‌ی زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱. رخدادهای بزرگ مقیاس[۱۳]

۲. رخدادهای متوسط مقیاس[۱۴]

۳. ریز رخدادها یا رخدادهای کوچک مقیاس[۱۵]

۴. طیف‌های زمانی بدون رخداد ویژه[۱۶]

بسته به نوع مقیاس پدیده‌ها و مقیاس‌های رخداده، طیف زمانی می‌تواند ۱۰ میلیون سال (مانند ساخته شدن کوهستان‌ها) یا ۱۰۰ هزار سال (مانند تشکیل یخچال‌های قاره‌ای) یا ۱۰۰ سال (مانند انفجارات آتشفشانی) یا ۱۰ سال (تغییرات پیچان رودها و برش پای دامنه‌ها) یا یک سال (تشکیل و توسعه‌ی خندق‌ها) و یا یک روز (تشکیل شیارهای آبی یا وقوع لغزش‌ها) باشد.

ممکن است یک رخداد ژئومورفولوژی بزرگ یا کوچک، برحسب نرخ تغییرات، در طیف زمانی یا در مقیاس دیگری قرار گیرد[۱۷] (جدول ۲). باید در نظر داشت که ابعاد حوادث در طیف زمانی بلند، بزرگ‌تر می‌شوند [Schumm, 1993: 40]. اما استثناهایی هم در این مورد وجود دارد. ممکن است، یک حادثه با ابعاد بزرگ در طول یک روز نیز رخ دهد (مانند لغزش). یک قاعده‌ی کلی در ژئومورفولوژی وجود دارد و آن این است که هرچه طیف زمانی بلندتر و ناحیه‌ی مورد نظر بزرگ‌تر باشد، از صحت بازخوانی گذشته و پیش‌بینی‌های آینده کاسته می‌شود. دلیل این امر آن است که هرچه طیف زمانی طولانی‌تر باشد، امکان ناپدید شدن بسیاری از شواهد کلیدی در تفسیر علل رخدادها بیشتر خواهد بود. هم‌چنین هرچه منطقه بزرگ‌تر باشد، متغیرهای دخیل در آن ـ که گاه مطالعه‌ی همه‌ی آن‌ها امکان‌ناپذیر است ـ بیشتر خواهد شد. پیش‌بینی‌های ژئومورفولوژیک برای دوره‌های بیشتر از هزار سال، باید با در نظر گرفتن نقش تغییرات بلندمدت، مانند تغییرات اقلیمی، فعالیت‌های تکتونیکی و تغییرات سطح اساس، و همراه با احتیاط صورت گیرد؛ چرا که این تغییرات می‌توانند روند تحول اشکال را کاملاً دگرگون سازند.

در علم ژئومورفولوژی، تفسیر تاریخی از نحوه‌ی وقوع حوادث، بسته به سن و بزرگی رخدادها متفاوت خواهد بود. «گذشته»، آشکارکننده‌ی بسیاری از ابهامات در مورد اشکال عمده و هم‌چنین

جدول ۲. وجود رخدادهای ژئومورفولوژی در طیف‌های زمانی و مقیاس‌های گوناگون [Schumm, 1993: 40].

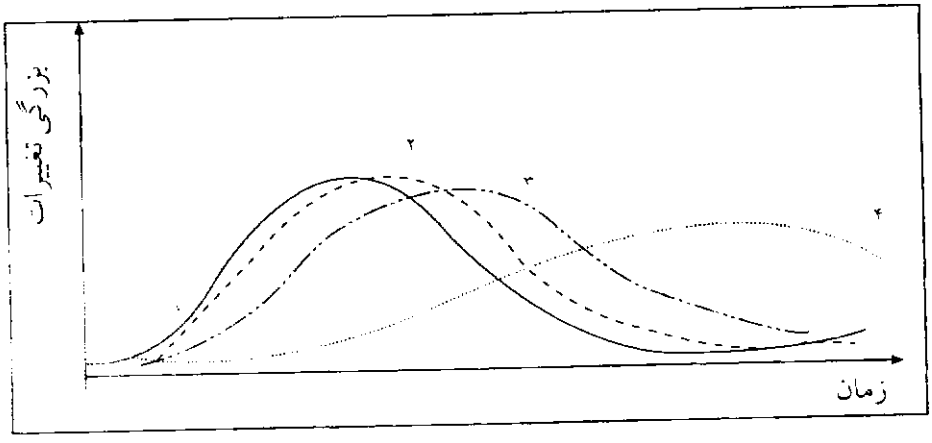
بزرگی حادثه	یک روز	یک سال	۱۰ سال	10^2 سال	10^3 سال	10^4 سال	10^5 سال	10^6 سال
بزرگ مقیاس	لغزش و یا لیزش محلی خاک‌های سطحی	تشکیل خندق	برش در قوس یک پیچان	انفجارات آتشفشانی	تشکیل تراس‌ها	چین‌خوردگی‌های بزرگ	تشکیل یخچال‌های قاره‌ای	برش در قوس یک پیچان
متوسط مقیاس	تشکیل شیارهای آبی	لغزش و یا لیزش	تشکیل خندق	برش در قوس یک پیچان	انفجارات آتشفشانی	تشکیل تراس‌ها	تشکیل یخچال‌های قاره‌ای	چین‌خوردگی‌های بزرگ
ریز مقیاس	حرکت دانه به دانه‌شن	تشکیل شیارهای آبی	لغزش و یا لیزش	تشکیل خندق	برش در قوس یک پیچان	انفجارات آتشفشانی	تشکیل تراس‌ها	تشکیل یخچال‌های قاره‌ای

بازگوکننده‌ی اطلاعات زیادی در مورد فرایندهایی با عملکرد کند است، اما در مورد اشکال ریزونه چندان بزرگ، ممکن است گذشته چیزی برای گفتن نداشته باشد.

چنان‌که ملاحظه شد، برخی از پدیده‌های ژئومورفولوژی در یک طیف زمانی کوتاه و برخی دیگر در طیف زمانی بلند رخ می‌دهند. بنابراین، در توصیف‌ها و تحلیل‌ها باید به این طیف‌ها توجه شود. اما پدیده‌هایی نیز هستند که باید در توصیف و تحلیل آن‌ها، هر دو طیف زمانی مدنظر قرار گیرند. برای مثال، رودخانه‌ها در طول کوره‌ی سیلابی، پهن‌تر و در طول دوره‌های خشکی باریک‌تر می‌شوند. بنابراین ژئومتری چنین رودخانه‌هایی در دوره‌های گوناگون، متفاوت خواهد بود. اثرات دوره‌های خشک و مرطوب در طیف زمانی کوتاه (۲ تا ۱۵ سال) در پدیده‌های ژئومورفولوژی بسیار متغیرتر از دوره‌های بلندمدت (۳۰ تا ۵۰ سال و بیشتر) است. بنابراین، در تفسیرها باید به این موارد توجه شود. هم‌چنین، بستر این رودخانه‌ها، در طول زمان تغییراتی افقی و عمودی را متحمل می‌شوند. تغییرات افقی که در اثر حرکات جانبی حاصل می‌شوند، با آثار ویژه و نحوه‌ی نهشته‌گذاری خاص همراه هستند و شواهد آن در کوتاه‌مدت قابل بررسی‌اند. اما تغییرات عمودی که با تشکیل تراس‌ها مشخص می‌شوند، باید در بلندمدت مورد بررسی قرار گیرند.

مسائل مربوط به مقیاس‌ها و مسائل مربوط به نرخ تغییرات زمانی پدیده‌ها، به آسانی از یکدیگر قابل تفکیک نیستند. ممکن است پدیده‌های با مقیاس‌های متفاوت، نسبت به تغییرات رخداده، عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دهند و یا تغییرات رخداده از نظر بزرگی، اثرات کاملاً متفاوتی بر اشکال بزرگ و کوچک سطحی بگذارند. توضیح این که، اشکال بزرگ نسبت به تغییرات رخداده (برای مثال، نسبت به تغییرات اقلیمی) سریع‌تر عکس‌العمل نشان می‌دهند. هرچه پدیده‌ی ژئومورفولوژی بزرگ‌تر باشد، عکس‌العمل آن نسبت به تغییرات رخداده، با تأخیر زمانی بیشتری همراه خواهد بود و شدت عکس‌العمل نیز کاهش خواهد یافت (شکل ۲). بنابراین در تفسیر رخدادهای تاریخی ژئومورفولوژی باید مقیاس‌ها و تأخیرهای زمانی نیز همواره مدنظر قرار گیرند.

شکل ۲. تأخیر زمانی عکس‌العمل اشکال سطحی، با اندازه‌های متفاوت، نسبت به تغییرات اقلیمی در طول زمان. منحنی ۱، نشان‌دهنده‌ی تغییرات اقلیمی، منحنی ۲ مربوط به عکس‌العمل ریز پدیده، منحنی ۳ نشان‌دهنده‌ی عکس‌العمل اشکال متوسط مقیاس، و منحنی ۴، نشان‌دهنده‌ی عکس‌العمل اشکال بزرگ مقیاس است [به اقتباس Trudgill, 1976, Schumm, 1993: 52].



اهمیت تعیین نرخ تغییرات زمانی پدیده‌های ژئومورفولوژی در مدیریت محیطی

پدیده‌های ژئومورفولوژی در طول زمان تغییر می‌یابند. میزان و یا نرخ این تغییرات در طیف زمانی ویژه، از اهمیت خاصی برخوردار است؛ چرا که هرچه میزان تغییرات در مدت زمان کوتاه بیشتر باشد، به همان اندازه آثار تخریبی رخدادهای ناشی از تغییر اشکال سطحی بیشتر خواهد شد. به همین دلیل، در ژئومورفولوژی کاربردی، تعیین نرخ تغییرات در طول زمان، با هدف شناسایی تغییرات تهدیدآمیز در حیطه‌ی زیست انسان‌ها، بسیار مهم است. البته این بدین معنی نیست که تغییرات کند و درازمدت، نمی‌توانند آثار تخریبی در محیط زیست انسان‌ها داشته باشند. بسیاری از رخدادهای ژئومورفولوژیکی هستند که به لحاظ بطئی بودن، نمودهایی از آن‌ها در طبیعت، از نگاه‌ها پنهان می‌مانند، اما در درازمدت، اثرات جبران‌ناپذیری بر تأسیسات انسانی وارد می‌سازند؛ مانند وقوع خزش در سطوح شیب‌دار نواحی کوهستانی.

شاید ارائه‌ی یک نمونه‌ی ژئومورفولوژیکی، اهمیت تعیین نرخ تغییرات زمانی چنین پدیده‌هایی را در انجام مدیریت محیطی بهتر جلوه‌گر سازد. از رخدادهای ژئومورفولوژیکی که در نواحی کوهستانی، امروزه به لحاظ تغییرات کاربری و آب و هوایی از آن‌ها به عنوان بحران محیطی و یا حداقل شواهدی از بروز بحران‌های محیطی یاد می‌شود، تشکیل و توسعه‌ی خندق‌هاست. رشد و توسعه‌ی خندق‌ها در طول زمان، بیانگر شدت تغییرات محیطی است. به همین دلیل، بررسی نرخ تغییرات خندق‌ها و طویل شدن سر آن‌ها در طول زمان، در تعیین میزان بحران‌های محیطی و انجام اقدامات حفاظتی اهمیت دارد. برای مثال، در بررسی میزان ناپایداری دامنه‌ها، کاهش میزان رسوبات وارده به رودخانه‌ها و جلوگیری از تلف شدن خاک‌های قابل کشت و یا زیرکشت سطوح شیب‌دار و کلا در مدیریت‌های محیطی، باید تغییرات سرخندق‌ها در طول زمان، به‌عنوان شاخصه‌ی مهم تغییرات محیطی، مد نظر قرار گیرد.

به دلیل این که عامل زمان شدت تغییرات را نشان می‌دهد، در بررسی میزان رشد خندق‌ها از مفهوم ویژه‌ای برخوردار است. شاید ارائه‌ی نموداری از رشد خندق‌ها در طول زمان، اهمیت توجه به عامل زمان را در بررسی این پدیده‌های ژئومورفونوژی و اقدامات حفاظتی به‌موقع (با توجه به نرخ تغییرات) ملموس‌تر سازد (شکل ۳). زمانی که در سطوح شیب‌دار، به‌دلایل انسانی و یا طبیعی، تغییراتی رخ می‌دهد، خندق‌ها به شرط وجود سازندهای مستعد، سریعاً تشکیل می‌شوند و رشد می‌کنند، اما خندق‌هایی [illegible] می‌توانند [illegible] برخوردار [illegible] ۳، ۴ [illegible]

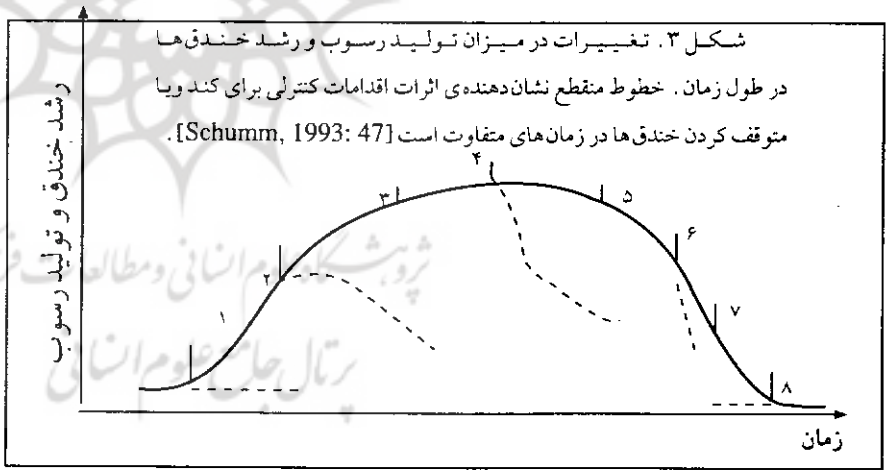
آسانی قابل کنترل است و می‌توان با اتخاذ تدابیری آن‌ها را کاملاً متوقف کرد، اما معمولاً در این شرایط، به لحاظ کوچک بودن، چنین پدیده‌هایی مورد توجه قرار نمی‌گیرند (شکل ۴).

یکی از ویژگی‌های مهم این پدیده‌ها، رشد سریع آن‌ها بعد از تشکیل است. در مرحله‌های زمانی ۳ و ۴ که شرایط طبیعی و محلی برای رشد سریع آن‌ها کاملاً مساعد می‌شود (یعنی اوج بروز تغییرات محیطی)، حداکثر رشد خندق‌ها و حداکثر ورود رسوبات به رودخانه‌ها صورت می‌گیرد (شکل ۵). از این مراحل به بعد، رشد این پدیده‌ها کند می‌شود و در واقع از زمان‌های ۶ تا ۸، می‌توان روند رشد آن‌ها را کنترل کرد. در این مرحله‌ی زمانی، خندق‌ها گاه به شرایط خودکنترلی نیز می‌رسند. کنترل خندق‌ها در مراحل زمانی ۲ تا ۴، با کنترل خندق‌هایی که در مراحل ۵ تا ۸ هستند، یکسان نخواهد بود. در واقع، تلاش برای کنترل خندق‌ها در زمان‌های ۱ و ۲، موفق‌تر از زمان‌های ۶ تا ۸ است. در مقابل، کنترل رشد خندق‌هایی که به مرحله‌ی زمانی ۴ رسیده‌اند؛ بسیار دشوار، پرهزینه و در مواردی، غیرممکن است. البته نمونه‌های زیاد دیگری از پدیده‌های ژئومورفولوژی می‌توان ارائه کرد که در آن‌ها توجه به عامل زمان بسیار مهم است. این مثال و مثال‌های مشابه نشان می‌دهند، توجه به عامل زمان در کنترل بحران‌های محیطی که ریشه در تغییرات و نرخ رخداد پدیده‌های ژئومورفولوژیکی دارند، تا چه حد می‌تواند مهم باشد [Schumm, 1993: 47].

مسائل و مشکلات بررسی تغییرات پدیده‌های ژئومورفولوژی در طی زمان و ابزارهای تعیین نرخ تغییرات

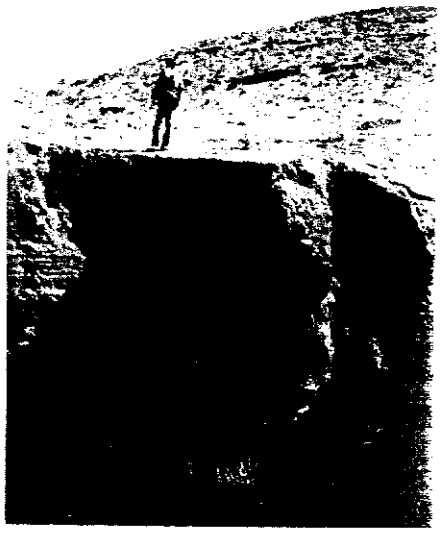
پیشرفت در تکنیک‌های تاریخ‌نگاری و سایر ابزارهای سنجش، و به‌کارگیری آن‌ها در بررسی فرایندهای ژئومورفولوژی، به امر جمع‌آوری اطلاعات ژئومورفولوژی کمک زیادی کرد و بهره‌گیری از چنین تکنیک‌هایی، پیشرفت قابل ملاحظه‌ای را در تحلیل نحوه‌ی فعالیت فرایندهای ژئومورفولوژی و نحوه‌ی تحول اشکال در طی زمان فراهم کرد [Goudie, Bull & Derbyshire, 1983]. اما شاید یکی از مهم‌ترین حیطه‌های استفاده از این فناوری‌ها، در حیطه‌ی ژئومورفولوژی رودخانه‌ای بود که موجب شد، محققین با استفاده از آن، توسعه‌ی دامنه‌ها را توسط فرایندهای آبی بررسی کنند. یکی از پیشگامان این امر شیوم بود که با انتشار مقاله‌ای، در درک فرایندهای ژئومورفولوژی و هیدرولوژی دیرینه، انقلابی پدید آورد. در این مقاله، شیوم با استفاده از میانگین بارندگی، دبی و بار رسوبی رودخانه‌ها و هم‌چنین دما، توانست مفهوم تغییرات در ویژگی‌های ژئومورفولوژی بستر رودخانه‌ها و خصوصیات هیدرولوژی رودخانه‌ها را طی زمان تفسیر کند، تغییرات بستر رودخانه‌ها را با تغییرات پارامترهای یاد شده، در رابطه گذارد، نحوه‌ی تحول نیمرخ رودخانه‌ها را توضیح و تفسیر کند، و براساس نتایج حاصل، در مورد نحوه‌ی تحول آینده‌ی نیمرخ رودخانه‌ها نظریاتی ارائه دهد که امروزه به عنوان نظریات کلاسیک، مورد قبول بیشتر دانش‌پژوهان هستند و غالباً در بررسی‌ها به آن‌ها استناد می‌شود [Scheidegger, 1991:42].

بررسی تغییرات پدیده‌ها در طی زمان و تعیین نرخ تغییرات، از



شکل ۳. تغییرات در میزان تولید رسوب و رشد خندق‌ها در طول زمان. خطوط منقطع نشان‌دهنده‌ی اثرات اقدامات کنترلی برای کند و یا متوقف کردن خندق‌ها در زمان‌های متفاوت است [Schumm, 1993: 47].

شکل ۵. تشکیل خندق بزرگ چند سر که به سرعت در حال پیشروی به طرف شیب‌های بالاتر در دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ است (خندق بسیار فعال در مرحله‌های زمانی ۳ تا ۵).



شکل ۴. مراحل اولیه‌ی تشکیل یک خندق (مرحله‌های زمانی ۱ تا ۲) ـ در پای دامنه‌های قوشه‌داغ.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

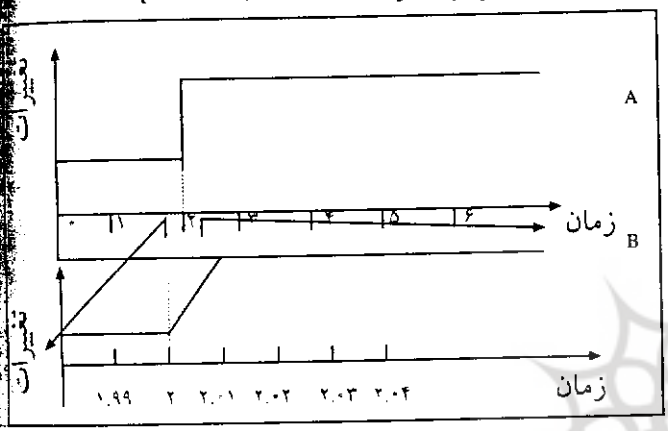
مشکل‌ترین مباحث مطرح در مطالعات ژئومورفولوژی محسوب می‌شود. زیرا گاه استفاده از ابزارها نیز نمی‌تواند محقق را به سمت نتایج مطلوب سوق دهد. طول زمان از نظر نوع پدیده و هم‌چنین سرعت عملکرد فرایندها متفاوت است.[۱۸] هرچند که تعیین میزان تغییرات، اساس مطالعات ژئومورفولوژی را تشکیل می‌دهد، اما در این بررسی‌های زمانی، مشکلات عدیده‌ای وجود دارد که یکی از آن‌ها، نبودن امکان دست‌رسی به داده‌های درازمدت در بعضی از زمینه‌های مطالعاتی است. در مطالعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، برای تحلیل رخدادها، غالباً باید اطلاعات و داده‌های درازمدتی در دست‌رس باشند تا بتوان به نتایج و تفسیرهای قابل قبول نائل شد. برای دست‌رسی به داده‌های درازمدت، ابزارهای زیادی وجود دارند، اما می‌توان گفت که کشف رادیواکتیو و بهره‌گیری از زوال آن در طول زمان که امکان بررسی درازمدت را به زمین‌شناسان و ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد، انقلابی را در مطالعات پدیده‌های سطحی فراهم آورد و تا حد زیادی توانست، نیاز محققین را در بازخوانی داستان گذشته‌ی اشکال سطحی برطرف سازد.

موضوع مهم دیگر در رابطه با زمان که در بررسی فرایندهای ژئومورفولوژی خودنمایی می‌کند، این است که عملکرد سیستم‌های طبیعی، در طیف‌های زمانی گوناگون صورت می‌گیرد. این تفاوت در طیف‌های زمانی، امکان مقایسه‌ی سیستم‌های طبیعی را با یکدیگر و حتی بخش‌های گوناگون یک سیستم را با هم، دچار مشکل می‌سازد. گاه روند سیستم‌های طبیعی به‌وسیله‌ی تغییرات آنی تعیین می‌شود و این در حالی است که سیستم‌های طبیعی، در صورت واقع نشدن تغییرات آنی، می‌توانند روند تحول عادی خود را طی کنند. برای مثال، حرکات توده‌ای و تجمع مواد سطوح شیب‌دار در پای دامنه‌های مشرف به دره‌ها، که در اغلب موارد به صورت لحظه‌ای صورت می‌گیرد، می‌تواند فرایندهای طبیعی محدوده‌ی وقوع خود را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد و مسیر و روند تحول دره‌ها را دچار تغییرات اساسی کند. شایان ذکر است که تحول نیمرخ طولی یک دره، در درازمدت صورت می‌گیرد. این تغییرات آنی و وقوع تغییرات دیگری مانند تغییرات تکتونیکی و تغییرات در ویژگی‌های اقلیمی در بخش‌های متفاوت یک کوهستان، ممکن است حتی در تحول دره‌هایی که زمان پیدایش آن‌ها یکسان است نیز ناهمگونی‌هایی پدید آورد که مثال بارز آن، وجود ناهمگونی در نیمرخ طولی دره‌های سهند ـ با زمان پیدایش و ساختار یکسان ـ است (شکل ۶).

موضوع دیگری که در مورد پیش‌بینی تغییرات زمانی پدیده‌ها در درازمدت و یا کوتاه‌مدت پیش می‌آید، این است که در انج
پیش‌بینی‌هایی برای درازمدت، گاه طیف زمانی چنان بلند درنظر گر
می‌شود که از اثرات تغییرات کوتاه‌مدت غفلت می‌شود. این ا
می‌تواند از صحت پیش‌بینی‌های آینده و از دقت بازخوانی گذشته بکا
(شکل ۷). دلیل این کاهش در دقت و میزان صحت، در این طیف زما
بلند، ممکن است تغییرات کوتاه‌مدت، اما با شدت بالا باشد که ک
رخدادهای عادی یک سیستم طبیعی را مختل می‌سازند. بنابراین، بدو
درنظر گرفتن این رخدادهای کوتاه‌مدت، توجیه و توضیح ادامه‌ی رو
تغییرات، امکان‌پذیر نخواهد بود.

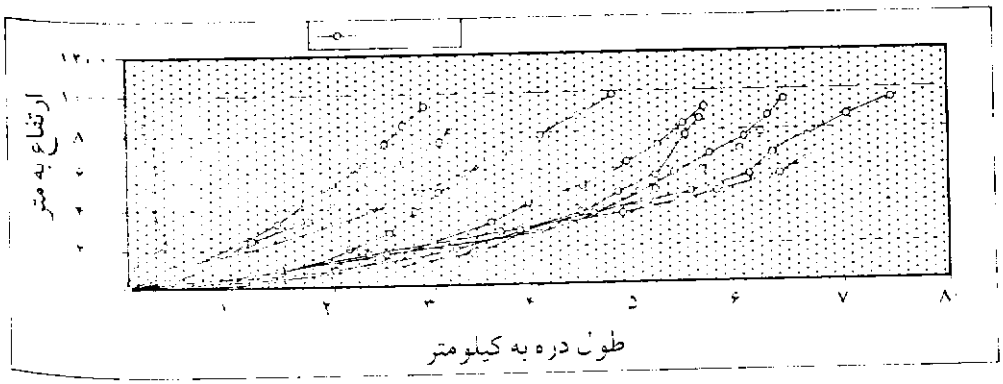
برعکس مورد فوق نیز ممکن است رخ دهد. به این صورت که گ

شکل ۷. تغییرات در طیف زمانی بلند (A) و تغییرات جزئی‌تر در همان زمان، در طیف زمانی کوچک‌تر (B) [Schumm, 1993:42].



طیف زمانی چنان کوتاه‌مدت درنظر گرفته می‌شود که از اثرات تغییرات بلندمدت مورد غفلت قرار می‌گیرد [Gretener, 1984]. در چنین مواردی، این احتمال وجود دارد که تمامی و یا بخشی از پیش‌بینی‌های آینده، به نحو بارزی مخدوش شود. برای مثال، تغییرات ایزوستازی که از ده هزار سال قبل شروع شده‌اند و هنوز هم ادامه دارند، می‌توانند تغییرات مداوم و بلندمدتی را در سیستم به‌وجود آورند. تداوم چنین تغییراتی در بلندمدت ممکن است، کارکرد سیستم‌های ژئومورفولوژی را تحت تأثیر قرار دهد که اگر به اثر چنین تغییراتی در عملکرد سیستم‌ها کم‌توجهی شود، پیش‌بینی در نرخ تغییرات آینده، نمی‌تواند با واقعیات چندان منطبق باشد.

موضوع دیگر در رابطه با تحلیل پدیده‌ها در طی زمان، تفاوت در طول زمان و نحوه‌ی وقوع پدیده‌ها در طیف‌های زمانی متفاوت است. برای مثال، ممکن است یک پدیده در طیف‌های زمانی متفاوت،



شکل ۶. نیمرخ طولی ۱۱ دره‌ی اصلی توده‌ی کوهستانی سهند

عملکردهای مشابهی را از خود نشان دهد، اما شاخصه‌های زمانی آن از ابعاد گوناگون، بسیار متفاوت باشند. برای نمونه، وقوع رگبار در اغلب موارد، به‌ویژه در صورت وجود سازندهای مستعد، با فرسایش در بخشی و نهشته گذاری در بخش دیگر حوضه‌ی زهکشی، همراه است. اما ابعاد مکانی و ویژگی‌های چنین عملکردهایی از نظر ضخامت (از چند میلی متر تا صدها متر) و گستره (یک آبراهه و یا یک منطقه‌ی بزرگ) در طول یک روز، یک سال و حتی در طول هزاران سال، متفاوت خواهد بود. با توجه به‌این تفاوت، طیف‌های زمانی مورد توجه و مورد انتخاب متخصصین نسبت به بررسی این رخدادهها نیز متفاوت خواهد بود. برای مثال، برای مهندس عمران، بررسی میزان فرسایش و یا میزان نهشته گذاری در طول سال و یا حداقل چند سال متوالی، مهم است. اما برای زمین‌شناس یا ژئومورفولوگ، نرخ فرسایش و نهشته گذاری در طول هزاران و یا حتی میلیون‌ها سال مهم است.

موضوع دیگر در رابطه با زمان که باید حتماً درنظر گرفته شود، این است که در بررسی‌های ژئومورفولوژی، تفاوت در مقیاس‌ها، گاه یک متغیر وابسته را به عنوان متغیر مستقل جلوه‌گر می‌سازد و در بررسی‌های دیگر برعکس. برای مثال، در مطالعه‌ی دره‌ها، متغیرهایی مانند دبی، رسوب و شیب بستر، نسبت به طیف زمانی مورد انتخاب، گاه متغیر وابسته و گاه متغیر مستقل محسوب می‌شوند. توضیح این‌که وقتی در اثر تغییرات در ویژگی‌های هیدرولوژیکی در مسیر رودخانه، پیچان‌رود ایجاد می‌شود، به مرور برش پیچان‌رود شیب بستر را افزایش می‌دهد که در این مرحله‌ی زمانی، شیب بستر متغیر وابسته است. اما به تدریج میزان سایش و بار رسوبی آب‌های جاری افزایش می‌یابد و در این مرحله‌ی زمانی، شیب متغیر مستقل و رسوب متغیر وابسته خواهد بود. هم‌چنین نهشته شدن این رسوبات ممکن است در بخشی از بستر، شیب را افزایش دهد که در این مرحله‌ی زمانی، رسوب، متغیر مستقل و شیب متغیر وابسته است. به این ترتیب، در مقاطع زمانی متفاوت، جای متغیرهای وابسته و مستقل، به طور متناوب عوض شود.

علاوه بر این‌ها، در مطالعات ژئومورفولوژی، انتخاب وسیله‌ی سنجش نرخ تغییرات پدیده‌ها در طی زمان، متناسب با ویژگی‌های متغیر موردنظر اهمیت زیادی دارد. در واقع، تنها در این صورت است که با استناد به این ابزارها و شاخصه‌های متفاوت، می‌توان در گستره‌ی حال، در مورد گذشته اظهارنظر و خط سیر تغییرات را در آینده تعیین کرد [Berger and Jams, 1996:8]. در مطالعات ژئومورفولوژی، بررسی شاخصه‌های کلیدی و ابزارهای مناسب و با قدرت تفکیک بالا، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اطلاعات مستخرج توسط آن‌ها، که ابزارهای مهمی در بررسی‌ها محسوب می‌شوند، می‌تواند بسیاری از ابهامات در مورد گذشته‌ی اشکال سطحی را روشن کند و امکان پیش‌بینی آینده را فراهم سازد (جدول۳). اما نباید فراموش کرد که تجربیات خود محقق و قدرت تحلیل وی، از ابزارهای مهم محسوب می‌شوند و تبحر یک ژئومورولوژیست در امر مشاهده‌ی زمینی، می‌تواند بسیاری از ابهامات موجود در مورد وضعیت حال، آینده و گذشته‌ی پدیده‌ها را روشن سازد.

نحوه‌ی کارکرد سیستم‌های ژئومورفولوژی در سیر زمان

جدول۳. ابزارهای مورد استفاده در بازخوانی تاریخی رخداده‌ها [Berger and Jams, 1996، به نقل از: Eday, 1992].

نوع مغزه	قدرت تفکیک	گستره‌ی زمانی (هزار سال)
حلقه‌های درختی	فصل / سال	۱۴
رسوبات دریاچه‌ای	فصل / سال	۱۰۰۰
مغزه‌های یخی یخچال‌ها	سال	۲۰۰
سنگ‌های رسوبی	سال	۱۰۰۰۰
لس‌ها	۱۰ سال	۳۰۰۰
گرده‌ها	۱۰ سال	۱۰۰۰۰
خاک‌های دیرینه	۱۰۰ سال	۱۰۰۰۰۰

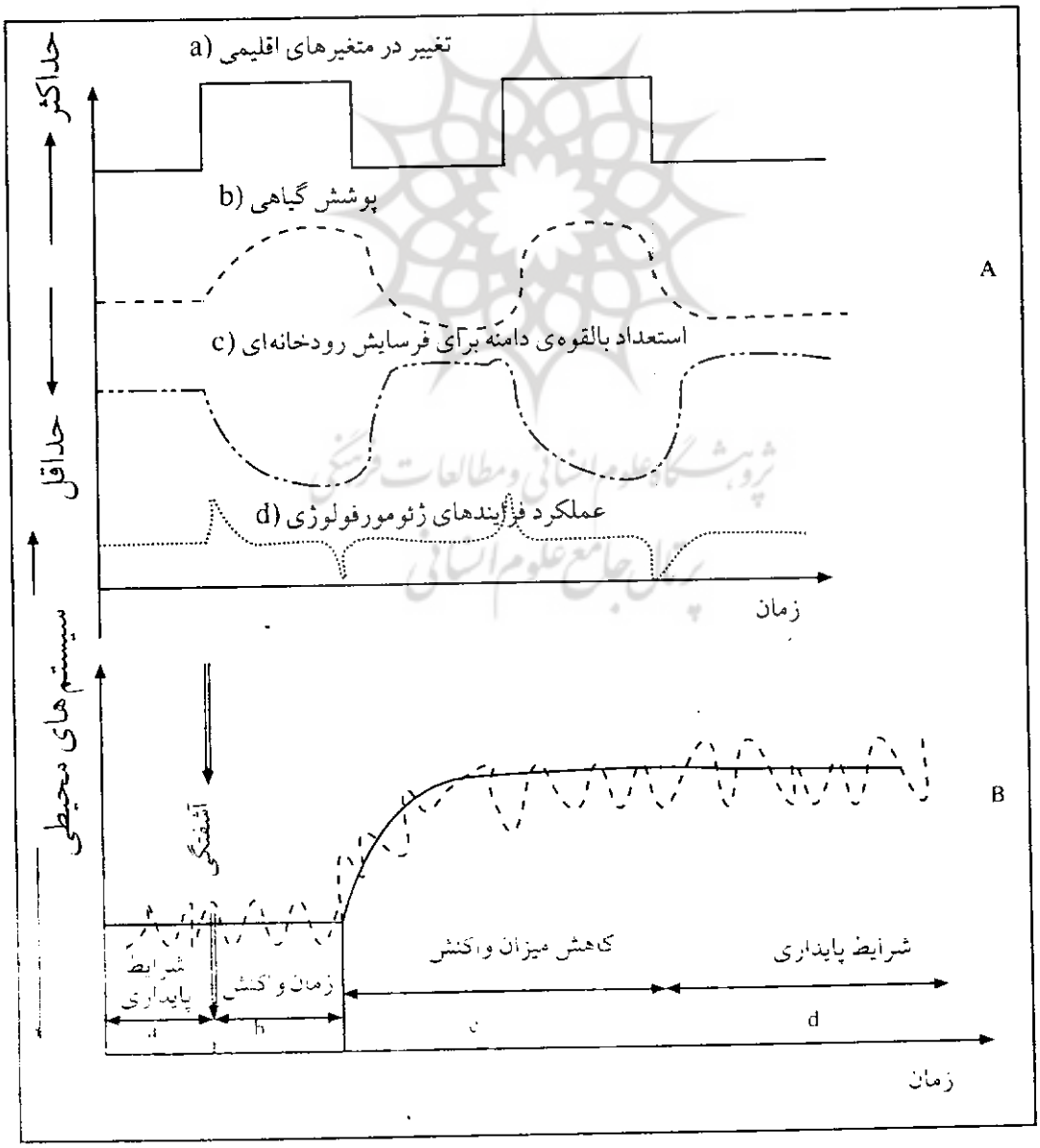
در علم ژئومورفولوژی، برای بررسی مسائل زمان، یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی، نگرش سیستمی به کارکرد فرایندها و درنظر گرفتن مراحل تغییرات، در مقاطع زمانی متفاوت است. در واقع، درک درست نحوه‌ی فعالیت فرایندها در داخل سیستم‌های بسته و باز ژئومورفولوژی در طول زمان، در یک دوره‌ی نسبتاً طولانی امکان‌پذیر است. تحلیل سیستمی پدیده‌های ژئومورفولوژی، در واقع مفهوم جدیدی از تغییرات در زمان را ارائه می‌دهد که چنین تحلیلی، قابل تعمیم به دیگر بخش‌های جغرافیای طبیعی نیز هست. با چنین نگرشی می‌توان تغییرات پدیده‌ها را در طول زمان، با دقت بیشتری تحلیل کرد. نگرش سیستمی در بررسی پدیده‌ها در علم ژئومورفولوژی، از سابقه‌ای طولانی برخوردار است. تا سال ۱۹۷۰، تغییرات در سیستم‌های طبیعی در کوتاه‌مدت، با توجه به نگرش به روند تغییرات طولانی‌مدت صورت می‌گرفت. چنین نگرشی که با تأکید بر نگاه به کل در طولانی مدت، همراه با توجه به اجزا در کوتاه‌مدت بود، در دوره‌ی خاصی، به فراموشی سپرده شد. اما دوباره در سال‌های اخیر به آن توجه زیادی معطوف شده است. امروزه با در اختیار داشتن اطلاعات دقیق از نحوه‌ی عملکرد فرایندهای کنونی (با استناد به داده‌های معرف مربوط به داستان طولانی مدت از عملکرد فرایندها)، بازسازی تغییرات آینده در سیستم‌های گوناگون طبیعی، امکان‌پذیر شده است.

در تحلیل کارکرد عوامل در یک سیستم کلی، زمان و نحوه‌ی کارکرد فرایندها و بررسی میزان تغییرات در طی زمان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گراف[۲] پیشنهاد کرده است، از «قانون نرخی»[۳] در بررسی فرایندهای ژئومورفولوژی استفاده شود که توصیف و تحلیل سیستم‌ها را شفاف‌تر می‌سازد. با استفاده از این قانون می‌توان ثابت

کرد که چگونه تعادل یک سیستم، در یک مرحله‌ی خاص زمانی بر هم می‌خورد و یا این تعادل به هم خورده، چگونه توسط بازخوردهای منفی[۲۲]، در طی زمان جبران می‌شود. برای مثال، زمانی که تعادل حاکم در سیستم رودخانه‌ای توسط تغییرات اقلیمی، تکتونیکی و یا دخالت‌های انسانی به هم می‌خورد، با تشدید فرایندهای کاوشی در بخشی و یا فرایندهای انباشتی در بخش دیگر، جبران می‌شود. برای جبران آشفتگی که به عللی در یک سیستم به‌وجود می‌آید، سرعت عملکرد فرایندها طی زمان، ممکن است کاهش و یا افزایش یابد (شکل۸). برای مثال، در سیستم رودخانه‌ای که دچار آشفتگی شده است، پیشروی سرخندق ویژه‌ای به میزان یک متر که ممکن بود قبل از آشفتگی در طول پنج سال صورت گیرد (یک متر در پنج سال در شرایط فرسایش عادی در مناطق نیمه‌خشک)، ممکن است بعد از بروز میزان آشفتگی، به یک متر در سال و حتی کمتر از یک سال تقلیل یابد.

ژئومورفولوژیکی، از جمله سیستم‌های رودخانه‌ای، بادی، یخچالی و اشکال حاصل از آن‌ها، مستلزم داشتن اطلاعات کافی از گذشته، حال و آینده است. به عبارت دیگر، ترسیم تابلویی از نحوه‌ی کارکرد کنونی سیستم‌ها و تحلیل مرحله‌ی تحول اشکال ژئومورفولوژیکی در داخل یک سیستم ویژه با یک دید جامع، مستلزم بازخوانی داستان پیشین روند تحول اشکال کنونی و نحوه‌ی کارکرد فرایندهای فعلی و با استناد به شواهدی فعلی از کارکرد گذشته و پیش‌بینی نحوه‌ی تحول گذشته است. در چنین شرایطی است که می‌توان، تابلوی آینده را با دقت و وضوح بیشتری ترسیم کرد. اما در این امر باید دقت کرد که پیش‌بینی آینده و بازخوانی گذشته، در یک طیف زمانی نسبتاً کوتاه صورت گیرد؛ چرا که هرچه این طیف زمانی کوتاه‌تر باشد، به همان اندازه دقت بازخوانی‌ها و پیش‌بینی‌ها بالاتر خواهد بود [Schumm, 1993:6]. البته باید بُعد زمانی نگاه به گذشته، از بعد زمانی نگاه به آینده بیشتر باشد. برای مثال، زمانی که قصد داریم رفتار آینده‌ی رودخانه‌ای را در یک سیستم رودخانه‌ای و در یک محدوده‌ی ویژه پیش‌بینی کنیم، باید داده‌های متفاوتی را در طیف زمانی ۱۰۰ سال

تفسیر درست از نحوه‌ی عملکرد فرایندها در سیستم‌ها و زیرسیستم‌های شکل۸. وقوع تغییرات اقلیمی و واکنش پوشش گیاهی و سایر پدیده‌های ژئومورفولوژیکی نسبت به این تغییرات (A)، و عملکرد آن‌ها در طی زمان، درون یک سیستم بزرگ (B) [*Gregory, 1988:176*].



گذشته از مورفولوژی، دبی، رسوب و پارامترهای دیگر نیز در اختیار داشته باشیم تا بتوانیم، رفتار ۵۰ سال آینده‌ی رودخانه را ترسیم کنیم. در پیش‌بینی رفتار آینده‌ی پدیده‌ها، تغییرات احتمالی آینده را نیز باید مدنظر داشت و آلترناتیوها، احتمالات و اثرات آن‌ها را در رفتار سیستم، دخالت داد.

از ویژگی‌های مهم سیستم‌های طبیعی این است که هر تغییری در آن رخ می‌دهد، در طول زمان به نحوی جبران می‌شود و در واقع هر سیستم طبیعی، در نهایت به تعادل می‌رسد (شکل‌های ۹ و ۸). اما در مقاطع زمانی متفاوت، نحوه‌ی تعادل به گونه‌های متفاوت ظاهر می‌شود. به مقتضای مرحله و نوع پدیده و محدوده‌ی مکانی ویژگی‌های بستر رخداد، ممکن است تعادل برقرار شده از نوع «تعادل استاتیکی»[۲۳]، «تعادل پایدار»[۲۴] و یا «تعادل میرا»[۲۵] باشد (شکل ۹).

زمانی که سیستم در حال تعادل پایدار است، در واقع تغییرات در سیستم بسیار کند صورت می‌گیرد. اما میزان آن هرگز به صفر نمی‌رسد. برای مثال، اگر یک حوضه‌ی زهکشی به صورت یک سیستم درنظر گرفته شود، فرسایش در آن، که سطح آن عمدتاً از سنگ‌های دگرگونی و یا آذرین تشکیل شده است، بسیار ناچیز خواهد بود (البته در شرایط عادی و بدون وقوع تغییرات عمده). بنابراین، تعادل برقرارشده، از نوع تعادل پایدار خواهد بود. در حالی که اگر سطح این حوضه از شیل‌ها تشکیل شده باشد، تعادل برقرارشده از نوع تعادل استاتیک یا تعادل میرا خواهد بود.

برای درک درست از انواع تعادل در سیستم‌های ژئومورفولوژی، باید «سیکل زمانی»[۲۶] که محدوده‌ی زمانی بسیار طولانی را شامل می‌شود، حتماً مدنظر قرار گیرد. برای ایجاد تعادل در این طیف زمانی طولانی، انرژی بالقوه‌ای در سیستم‌ها وجود دارد که تنظیمات داخلی آن را انجام می‌دهد، اما انرژی جنبشی ناشی از انواع تغییرات، گاه‌گاهی به آن تزریق می‌شود. در اثر ورود این انرژی، مواد در داخل آن به طور مداوم جابه‌جا می‌شوند و در اثر آن، ویژگی‌های سیستم‌ها در طول زمان تغییر می‌یابند. اگر از این دیدگاه به سیستم‌های طبیعی نگریسته شود، این سیستم‌ها به صورت سیستم‌های بازی جلوه‌گر خواهند شد که تغییرات مداومی را در اثر ورود انرژی متحمل می‌شوند (تعادل پایدار).

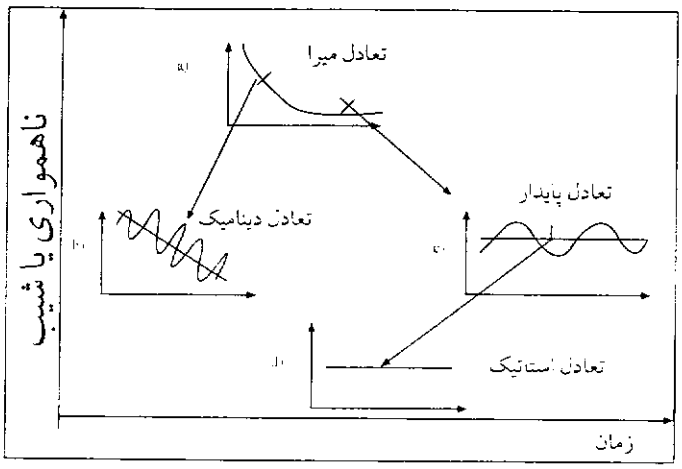
در حالت تعادل دینامیکی، مقطع زمانی مورد انتخاب برای بررسی، در مقایسه با یک زمان سیکلی یا زمان طولانی، بسیار کوتاه‌تر است. به عبارت دیگر، تغییرات سیستم، در یک مقطع زمانی ویژه و کوتاه، مورد بررسی قرار می‌گیرند. تغییرات در چنین مقطعی، بسیار برجسته‌تر و عمده‌تر جلوه می‌کنند، اما باید درنظر داشت که در یک سیستم ویژه، بازخوردهای منفی (یا خودتنظیم‌کننده‌ها) نیز وجود دارند که اثرات تغییرات رخ داده را به نحوی کاهش می‌دهند و در طی زمان از بین می‌برند (تعادل دینامیکی). از این دیدگاه، اثرات تغییرات پیشرونده، هم در طول یک زمان طولانی (سیکل زمانی) و هم در طی زمانی کوتاه، قابل ملاحظه، و برخی از نوسانات نیز در قالب میانگین‌ها قابل بررسی هستند (شکل ۹ b).

در تعادل استاتیکی که طیف زمانی کوتاه‌تر را شامل می‌شود، تغییر عمده و قابل ملاحظه‌ای درسیستم رخ نمی‌دهد، اما در چنین سیستم‌هایی نیز جریان پایداری از انرژی در داخل سیستم وجود دارد (شکل ۹ c) که جریان ماده و انرژی را در طول زمان امکان‌پذیر می‌سازد. با توجه به این که در مطالعات با هدف‌های گوناگون، طیف‌های زمانی متفاوتی انتخاب می‌شوند، نوع تعادل نیز متفاوت خواهد بود. بر این اساس، مهندس محیط‌زیست که با تعادل استاتیکی و پایدار در رابطه است، با زمین‌شناسی که بیشتر با سیکل زمانی و یا با تعادل کلی و پایدار در رابطه است، تعریف‌های متفاوتی از تغییرات سیستم ارائه می‌دهند.

باید درنظر داشت که سطح زمین و یا به عبارت بهتر، اشکال سطحی، همیشه در یکی از مراحل چرخه‌ی فرسایش و یا تعادل دینامیکی هستند که این تعادل نیز با وزنه‌های متفاوتی از نیروها در رابطه است و می‌توان نحوه‌ی فعالیت فرایندهای فرسایشی و نهشته‌ای را در مقاطع گوناگون زمانی و با توجه به هدف مطالعه درنظر گرفت و مطالعات را در مقطع ویژه‌ای از زمان انجام داد. برای مثال، سیستم‌های رودخانه‌ای در مقیاس بزرگ ممکن است در حالت پایدار باشند و در مقطع زمانی کوتاه، پایداری خود را از دست بدهند. اما مسلم است، شرایط پایداری در کوتاه‌مدت و یا بلندمدت، توسط فرایندهای متفاوت دوباره برقرار خواهد شد (شکل ۱۰).

شیوم و لیشتی[۲۷] خاطرنشان کرده‌اند که ممکن است زمان در مطالعه‌ی سیستم‌های ژئومورفیک، در مواردی منحرف‌کننده باشد. آن‌ها بیان داشته‌اند، تشخیص بین علت و معلول در بررسی اشکال ژئومورفولوژیکی، به طیف زمانی، نوع و اندازه‌ی سیستم مورد بررسی بستگی دارد. با توجه به موارد مذکور، ارتباط بین علت و معلول ممکن است پیچیده و یا بسیار ساده به نظر برسد و با توجه به طیف زمانی و مقطع مورد بررسی، سیستم و کارکرد آن از دیدگاه‌های متفاوت، به گونه‌های متنوع توصیف شود [Gregory, 1988:177].

شکل ۹. انواع تعادل در سیستم‌های طبیعی: a) تعادل میرا؛ b) تعادل دینامیک؛ c) تعادل پایدار؛ d) تعادل استاتیک [Schumm, 1993: 43].



مفهوم آستانه‌های زمانی در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی

یک چشم‌انداز یا سیستم طبیعی ممکن است در یک طیف زمانی نسبتاً کوتاه، پایدار به نظر برسد. اما با عملکرد کند و در عین حال منظم،

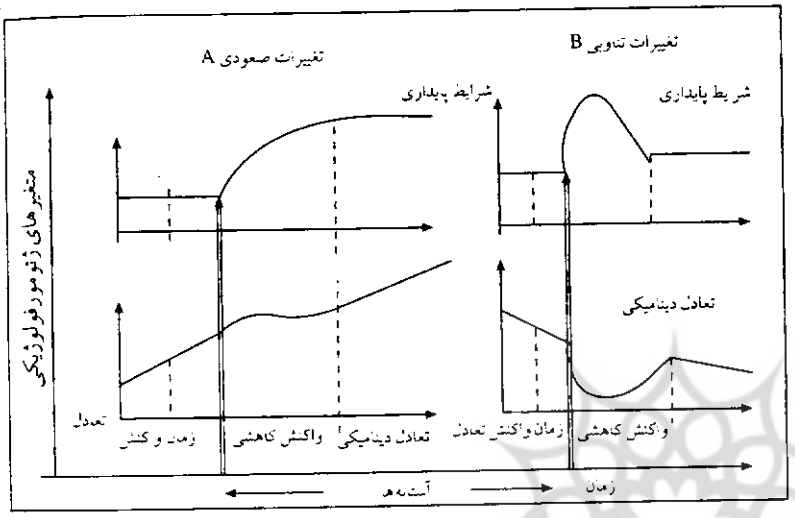
خود را با تغییرات تدریجی محیط منطبق سازد. ممکن است رفتار منظم سیستم در اثر تغییرات ناگهانی و یا تغییراتی با شدت بیشتر از گذشته، به‌هم بخورد. زمان انعکاس این تغییرات در رفتار سیستم‌ها، معرف زمان آستانه‌ها[28]ست. واژه‌ی آستانه که توسط شیوم و فاربریج[29] (۱۹۸۰) به حیطه‌ی مطالعات ژئومورفولوژی وارد شد، در واقع معرف لحظه‌ای است که یک سیستم به عامل بیرونی (مانند بروز تغییرات اقلیمی) عکس‌العمل نشان می‌دهد. مفهوم آستانه‌های ژئومورفولوژیکی، در واقع بیان‌کننده‌ی شرایطی است که عملکرد یک فرایند ویژه در صدد رساندن سیستم به تعادل جدید است که این شرایط، از ناحیه‌ای به ناحیه‌ی دیگر، در رابطه با ویژگی‌های محلی و نحوه‌ی ترکیب عوامل با یکدیگر، متفاوت است. توجه به زمان آستانه‌ها، به منظور درک تغییرات زمانی، بسیار ارزشمند است؛ به این علت که آن‌ها شرایط مرزی در وقوع تغییرات را نشان می‌دهند و عملکرد فرایندها را تعیین می‌کنند. در اثر وقوع این تغییرات، دوباره در سیستم‌ها تنظیمات مورفولوژیکی اتفاق می‌افتند. با توجه به موارد مذکور، می‌توان گفت که رمز درک میزان تحول چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی، با تعیین آستانه‌ها و زمان بروز تغییرات عمده، در رابطه است [Vitek and Giardino, 1993:65].

پیوستگی و تسلسل فضایی در سیستم‌ها، از انواع متفاوتی از سازوکارهای درونی و بیرونی حاصل شده است. این تسلسل، به مرور در بستر فضایی، در اثر آشفتگی‌های متفاوت، تجزیه می‌شود. آشفته شدن یک سیستم ژئومورفیک و به‌هم خوردن تعادل آن در مقاطع زمانی ویژه که همان آستانه‌ها هستند، می‌تواند از عوامل بیرونی و یا از ناپایداری درونی و ذاتی ناشی شود. در این مورد می‌توان به بروز آشفتگی در سطوح دامنه‌ها (آشفتگی در اثر عوامل بیرونی و درونی)، فرسایش در لبه‌ی سیرک‌ها (آشفتگی در اثر عوامل بیرونی)، و تشکیل آبشارها در مسیر رودخانه‌ها (آشفتگی در اثر عوامل بیرونی) اشاره کرد [Scheidgger, 1991:261].

در بحث آستانه‌ها که در مطالعات ژئومورفولوژی در قالب مفاهیم زمانی مطرح می‌شوند، بررسی انقطاع‌های زمانی در روندهای عادی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با توجه به این که تغییرات در اشکال ژئومورفولوژیکی، در مقاطع زمانی ویژه صورت می‌گیرند، بررسی‌های زمانی در رخدادهای ژئومورفولوژیکی، بیشتر به بررسی آستانه‌ها معطوف شده است. اگر چندین حالت شبه‌پایداری در یک سیستم ویژه وجود داشته باشد، ممکن است تغییراتی ناگهانی بین آن‌ها رخ دهد. این تغییرات که از عوامل درونی یا بیرونی ناشی می‌شوند، شرایط ناپایداری را در سیستم به‌وجود می‌آورند و آن‌ها را به مرز آستانه‌ها سوق می‌دهند [Scheidgger, 1991:261]. گاه تغییرات رخ داده ناگهانی هستند (مانند وقوع لغزش) و در مواردی وقوع تغییر در روند یک سیستم، از تغییرات در ویژگی‌های چندین عامل ناشی می‌شود که در نهایت سیستم را به ناپایداری سوق می‌دهد (مانند بروز خشکسالی که به تغییر در پوشش گیاهی، تشدید فرسایش خندقی و... منجر می‌شود). در ژئومورفولوژی، هر دو حالت، چه کند و چه ناگهانی، حاکی از بروز ناپایداری در سیستم‌های طبیعی هستند. رخدادها و تغییرات، چه بزرگ و چه کوچک باشند، روند سیستم درنهایت به سوی برقراری پایداری مجدد است.

تغییرات در وزنه‌ی عوامل بیرونی و میزان دخالت آن‌ها در بروز تغییرات، ممکن است سیستم‌ها را بلافاصله به حد آستانه‌ها نرسانند و

شکل ۱۰. آستانه‌ها و تغییرات تناوبی و صعودی در سیستم‌های ژئومورفولوژی [Vitek and Giardino, 1993: 65]



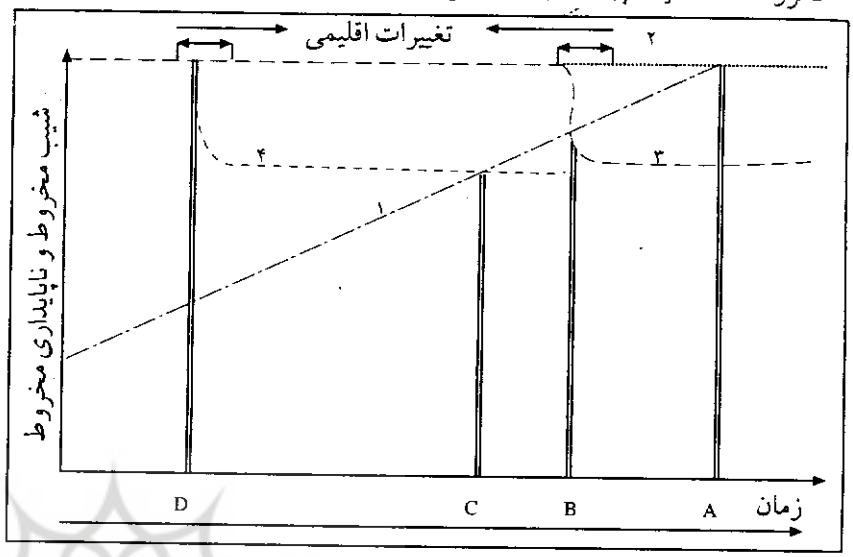
یا با بروز تغییرات در ویژگی‌های عوامل، ممکن است تغییراتی پدید آید و به این ترتیب، حد آستانه‌ها، افزایش و یا در مواردی کاهش یابد. برای مثال، مخروط افکنه‌ها به عنوان زیرسیستم‌هایی در داخل یک سیستم بزرگ‌تر زهکشی، نسبت به تغییرات اقلیمی، سطح اساس، و تکتونیک حساس هستند. ممکن است در اثر تغییرات رخ داده، میزان فرسایش و نهشته‌گذاری افزایش یابد و در اثر این افزایش، به تدریج شیب بخش مخروط نیز بیشتر شود. این افزایش، تا زمان آستانه‌ی ژئومورفیک مخروط ادامه می‌یابد. از این حد به بعد، مواد بخش مخروط ناپایدار و به بخش‌های پایین‌تر سرازیر می‌شوند. شیب بحرانی مخروط افکنه‌ها معمولا ۲/۷ درجه است که زمان آستانه نیز محسوب می‌شود. البته این میزان تحت شرایط اقلیمی، هیدرولوژیکی، لیتولوژیکی و... می‌تواند متفاوت باشد.

تغییرات در میزان شیب بحرانی، آستانه‌ی پایداری مخروط را تغییر خواهد داد. برای مثال، تکتونیک ممکن است شیب مخروط و درنتیجه زمان آستانه را تغییر دهد. با کج شدگی شیب را تغییر داده، پایداری و مخروط افکنه را افزایش داده، مخروط کنونی را [illegible] شده را تشکیل دهد. از دیگر سو ممکن است تغییرات اقلیمی آستانه‌ی پایداری را با تغییر در میزان [illegible] تغییر دهد. تغییر در ویژگی پوشش گیاهی، بروز آتش‌سوزی و به‌طور کلی فرسایش‌پذیری سطوح، ممکن است آستانه‌ی جدیدی پدید آورد و طول

مخروط را کوتاه‌تر و یا بلندتر سازد (شکل ۱۱). بنابراین، در تفسیر و تعیین آستانه‌ها در طول دوره‌های متفاوت، باید تغییرات اقلیمی و تکتونیکی نیز مورد توجه قرار گیرد.

هم‌چنان که در شکل ۱۱ نیز ملاحظه می‌شود، شیب بخش مخروط، در رابطه با تغییرات

شکل ۱۱. اثرات تغییرات اقلیمی روی زمان واکنش مخروط افکنه‌ها [*Schumm, 1993, p83*].



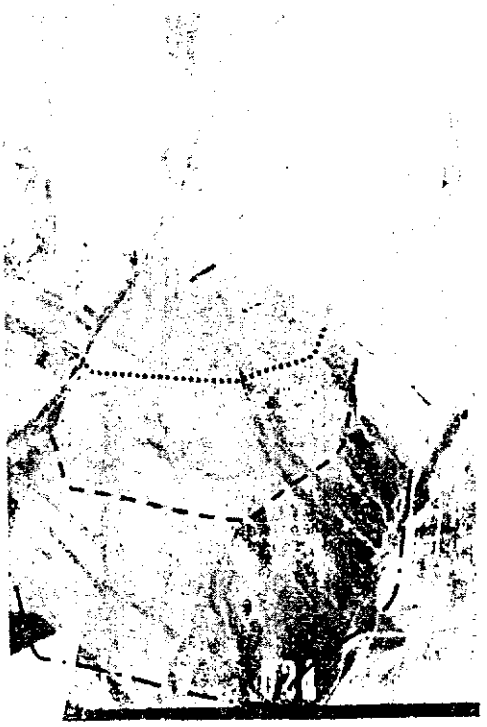
اقلیمی در طی زمان تغییر می‌کند. خط ۱ نشان‌دهنده‌ی افزایش مخروط افکنه در رابطه با زمان است. در مواردی که شرایط تغییر نیابد (خط ۲)، شیب سر مخروط، آستانه‌ی پایداری خود را طی زمان افزایش خواهد داد (شکل ۱۱، زمان A). با تداوم تغییرات، حالت جدیدی پدید می‌آید و زمان آستانه‌ی پایداری کاهش می‌یابد (خط ۳). اگر میزان این تغییرات طی زمان بیشتر شود، طول زمان رسیدن به آستانه نیز به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت (در شکل ۱۱، زمان D) و درنتیجه میزان پایداری مخروط بیشتر خواهد شد. گاه در اثر عوامل بیرونی مانند تشکیل شیارهای آبی، سطح مخروط شیار شیار می‌شود (شکل ۱۲) که این امر تغییراتی را در میزان پایداری مخروط پدید می‌آورد (در شکل ۱۱، زمان C). این تغییرات با تغییرات اقلیمی در رابطه نیست (خط ۴ در شکل ۱۱)، بلکه به تغییرات عادی و الزام در تخلیه‌ی آب‌های سطحی بالادست و عبور آن‌ها از سطح مخروط افکنه‌ها مربوط است.

نتیجه گیری

به نظر می‌رسد که پرداختن به مبانی نظری در علم ژئومورفولوژی در بین ژئومورفولوژیست‌ها، چندی است که به فراموشی سپرده شده. این در حالی است که طرح‌ریزی تئوری‌ها و قالب‌ریزی نحوه‌ی کارکردها در یک سیستم و به عبارت کلی‌تر، تعمیق مبانی نظری، اساس مطالعات ژئومورفولوژی و وظیفه‌ی اصلی ژئومورفولوژیست‌ها را تشکیل می‌دهد و هم‌چنین، از ضروریات اولیه برای راهبری مبانی ژئومورفولوژی و اعتلای ژئومورفولوژی کاربردی است. در واقع، اساس تحلیل‌ها در علم ژئومورفولوژی کاربردی، توضیحات، توصیفات و تئوری‌پردازی‌های قوی است که رسیدن به مدل‌های نهایی را در مطالعات سهل‌تر و هر دو سوی پدیده‌های ژئومورفولوژی را روشن‌تر می‌سازد. روشن کردن ابهامات کنونی که ریشه در گذشته دارند (سوی پیشین پدیده‌ها)، و پیش‌بینی وضعیت آینده‌ی اشکال (سوی پیشین پدیده‌ها) که بیانگر تحلیل درست عملکرد فرایندها و نرخ تغییرات پدیده‌ها طی زمان است، از الزامات بررسی‌های ژئومورفولوژیکی محسوب می‌شود.

بنابراین، علم ژئومورفولوژی که میزان پویایی سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها را در بستر مکان و با ابزار زمان می‌سنجد و نرخ تغییرات کنونی را نسبت به زمان گذشته (مفهوم نسبی زمان) ارزیابی می‌کند، با مفهوم زمان و واحدهای آن در ارتباط تنگاتنگ است. به عبارت دیگر، با بی‌نظمی‌هایی که در کارکرد عناصر در بستر مکان و در داخل سیستم بزرگ‌تر وجود دارد، تمامی این عناصر، خصوصیات لازم برای تحلیل طی زمان را دارا هستند و می‌توان در مورد آن‌ها، با درنظر گرفتن محدوده‌ی دقت در طیف‌های زمانی متفاوت، دست به پیش‌بینی‌هایی زد.

با عنایت به موارد مذکور، می‌توان گفت که علم ژئومورفولوژی، به عنوان علم بررسی تغییرات زمانی اشکال، بی‌نیاز از تاریخ‌نگاری نیست و با شناخت روند تغییرات، به اجبار و برای پاسخ‌گویی به انتظارات از این علم، به عنوان کاربردی‌ترین شاخه‌ی جغرافیای طبیعی، باید دست به پیشگویی‌هایی نیز بزند. اما در این پیشگویی‌ها، باید اصول چندی نیز رعایت شود. پیشگویی‌ها و تاریخ‌نگاری‌ها، آینده و گذشته‌ی دور و نزدیک را دربر می‌گیرند، اما نباید فراموش کرد که صحت تمامی بازگویی‌ها و پیش‌بینی‌ها در طیف‌های زمانی متفاوت یکسان نخواهد بود. پیش‌بینی‌هایی که برای یک دهه، حتی یک قرن صورت می‌گیرند، ممکن است تا حدی صحیح باشند، اما پیش‌بینی برای هزاران سال که استناد آن به شرایط کنونی است، از صحت چندانی برخوردار نخواهد بود؛ مگر این‌که میزان تغییرات احتمالی، دقیقاً در پیش‌بینی و هم‌چنین اثرات کلیه‌ی تغییرات در سیستم‌های ویژه، مدنظر قرار گیرد. برای مثال، زمانی که محققین در مورد تحول آینده‌ی دامنه‌ها و یا دره‌ها بررسی و مطالعه می‌کنند، و در صدد پیش‌بینی تحول آینده‌ی آن‌ها هستند، باید اثرات تغییرات اقلیمی، تغییرات سطح اساس، تغییرات تکتونیکی و تغییرات به دست انسان در روند تحول دامنه‌ها و دره‌ها، دخالت داده شوند. موردی که باید همواره درنظر گرفت، این است که در پیش‌بینی نحوه‌ی رفتار سیستم‌ها در طی زمان، اول باید تعریف استاندارد شوند و سپس تئوری‌ها و فرضیات در مورد نحوه‌ی کارکرد سیستم‌ها، با استناد به داده‌های واقعی از گذشته و شرایط کنونی، به مدل تبدیل و نهایی شوند.



شکل ۱۲. کوچک و بزرگ شدن مخروط افکنه در اثر تغییرات اقلیمی و شیاردارشدن سطح مخروط افکنه در اثر آب‌های سطحی (دامنه‌های شمالی قوشه‌داغ، بین اهر و مشکین‌شهر).

در این شکل، خطوط منقطع نشان‌دهنده‌ی محدوده‌های گسترش در مقاطع زمانی متفاوت و فلش‌ها معرف شیارهای ایجاد شده است (شماره‌ی عکس‌ها ۱۴۱۵ و ۰۲۴ و ۰۲۳، در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، بین اهر و مشکین‌شهر).

زیرنویس

1. Daivis
2. Gilbert
3. Time independent
4. Schumm and Lichty, 1965
5. Daivis and Penck
6. Paradigms
7. Sayer
8. Non-Explantory Prediction
9. Non-Predication Explantory
10. Cubic

۱۱. به‌عنوان مثال، این اطلاعات به محققین امکان داده است که میزان فرسایش و میزان برهنگی اشکال ژئومورفولوژیکی را در طی زمان تحلیل کنند و با تکیه بر نتایج به‌دست آمده از این تحلیل‌ها، پیش‌بینی‌های نسبتاً دقیقی در مورد نحوه‌ی تحول آن‌ها ارائه دهند و به این ترتیب، بررسی‌های ژئومورفولوژی، بیشتر به سمت تحلیل سوق یابد.

12. Linton
13. Mega-event
14. Meso-events
15. Micro-events
16. Non-event

۱۷. گاه عملکرد سریع فرایندهای ژئومورفولوژی، بررسی‌های تاریخی رخدادها را دچار مشکل می‌سازد. توضیح این که ممکن است بخشی از آثار رخداد بزرگ مقیاس، در طول یک طیف زمانی کوتاه ناپدید و یا به نحوی مدفون گردد. برای مثال، ممکن است در اثر وقوع سیل، بخشی از یک پیچان و یا تمامی قسمت‌های آن کاملاً سایش یابد و یا در زیر رسوبات سیلاب‌رفت‌ها مدفون شود.

۱۸. ابزار و وسیله‌ی سنجش میزان تغییرات در پدیده‌ها، زمان است که واحدهای متفاوت، یعنی ثانیه، دقیقه و سال دارد و شاخصی برای صرف انرژی، کار صورت گرفته و تغییرات رخ داده محسوب می‌شود.

۱۹. در عدم ژئومورفولوژی، تحلیل سیستمی، بررسی عملکرد فرایندهای ژئومورفولوژی را طی زمان، به‌ویژه میان‌مدت، امکان‌پذیر می‌سازد.

20. Graf
21. Rate law
22. Negative Feed backs
23. Static equlibrium
24. Steady equlibrium
25. Decay equlibrium
26. Cyclic time
27. Lichty
28. Threshold
29. Fairbridge

منابع

۱. بیاتی خطیبی، مریم، (۱۳۸۳). نگرش سیستمی به نحوه‌ی تحول دامنه‌ها. نشریه‌ی دانشکده‌ی علوم انسانی و اجتماعی. شماره‌ی ۱۵.

۲. فقیه، نظام‌الدین (۱۳۸۳). سیستم‌های پویا، اصول و تعیین هویت. انتشارات سمت.

۳. معتمد، احمد، (۱۳۸۳). جغرافیای کواترنر. انتشارات سمت.

۴. میلانی، حسن (۱۳۷۷). «زمان و مکان چگونه موجود شده‌اند». کیهان اندیشه. شماره‌ی ۸۰.

5. Ager, D (1993). ***The stratigraphical record***. J. Wiley.

6. *Berger, A. R* and *W. J. Jams* (1996). ***Geoindicators, changing in earth systems***. Balkema.

7. Brice, L (2004). ***Laboratory studies in earth history***.

8. *Doyle, P. M., Bennett* and *A. N. Baxter* (2001). ***The key to earth history***. J. Wiley.

9. *Gregory, K. J* (1988). ***The nature of physical geography***. Arnold.

10. *Johnston, R. J* (1988). ***Geography and geographers***. Chapman and Hall.

11. *Monkhouse, F. J* (1990). ***Principles of physical geography***. BPCC.

12. *Ollier, C* (1991). ***Ancient landforms***. Belhaven press.

13. *Schumm, S. A* (1993). ***To interpret the earth***. Cambridge uni press.

14. *Scheidegger, A. E* (1991). ***Theoretical geography***. Springer.

15. *Tinkler, K. J* (1985). ***A short history of geomorphology***. Croom Helm.

16. *Thomas, M. F* and *J. R. Goudie* (1993). ***Geomorphology: the research frontier and beyond***. Elsevier.

17. http://www.utexas.edu/depts/grg/mudsonrge3ss6c/scinetic/1_intro/time_space_03.htm

18. http://www.geolsoc.org.uk/gtm