



مفهوم آستانه‌ها در ژئومورفولوژی

دکتر محمد مهدی حسین‌زاده

استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

سعید رحیمی هرآبادی

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

چنانچه ژئومورفولوژیست‌های سنتی مانند دیویس، پنک و ... با مطرح نمودن مدل‌هایی در رابطه با چرخه‌های فرسایش تلاش داشته‌اند که تعادل ژئومورفیک را در اثر تغییرات دوره‌ای به اثبات برسانند و همچنین به پیش‌بینی واکنش‌های فرم‌ها و فرایندهای سطح زمین در برابر شرایط اقلیمی و سایر تغییرات محیطی بپردازند (Philips 2006, 366). چگونگی روند تغییرات در پدیده‌های ژئومورفولوژی، اعم از کند و تدریجی و یا وقوع بحران‌های ناگهانی؛ در هر دو حالت، حاکی از عملکرد فرایندهای طبیعی است. این رخدادها و تغییرات، می‌توانند باعث بروز ناپایداری در مقیاس‌های بزرگ مانند ابعاد قاره‌ای و یا کوچک مانند حوضه‌های آبریز باشند، که هر دو در نهایت، روند سیستم‌ها را به سوی تعادل و پایداری هدایت می‌کند. به عنوان مثال در دوره‌ی دراز مدت و حالت تدریجی، که قدرت مواد، باعث کاهش میزان شیب می‌شود اما در نهایت، تنظیم شیب و وقوع جنبش توده‌ای مواد به وجود می‌آید. (Goudie, 2004, 1051-1052)

ژئومورفولوژی در مقیاس وسیعی با فعالیت انسان‌ها و مسائل آن‌ها در ارتباط است. در این علم برای دستیابی به مدیریت محیط و دستیابی به تعادل، مسائل ژئومورفولوژیک می‌بایست متناسب با دینامیک محیط و با در نظر گرفتن نقش عوامل مورفوتکتیک تنظیم شود. به همین دلیل، مطالعات ژئومورفولوژی نیازمند تعریف مفاهیمی اساسی برای فراهم آوردن اطلاعات دقیق از مورفودینامیک محیط و شناخت مناطق با ثبات و ناپایدار و محاسبه‌ی میزان پایداری و واکنش‌های سیستم‌های ژئومورفیک است و در این صورت می‌تواند در زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی‌های محیطی مورد استفاده قرار گیرد. برای دستیابی به این مهم از جنگ جهانی دوم به بعد در ژئومورفولوژی استفاده از نگرش سیستمی با اهمیت خاصی مورد توجه قرار گرفته است (رجائی، ۱۳۷۳، ۱۷). امروزه در علم ژئومورفولوژی، هدف اصلی تبیین و تحلیل فرم و فرایندهای ژئومورفیک موجود در سطح زمین است. این موضوع حاکی از حاکمیت دیدگاه سیستمی بر این علم می‌باشد (موسوی و تمی‌زاده، ۱۳۸۹، ۳۰). در دیدگاه سیستمی یا مدل جریان ماده و انرژی، تحلیل‌های ژئومورفیک براساس رابطه‌ی میان فرم و فرایند صورت می‌گیرد (رامشت، ۱۳۸۲، ۱۸). استفاده از تحلیل سیستمی، در پژوهش‌های ژئومورفیک، به عنوان یک متدولوژی مناسب، می‌تواند ما را در رسیدن به اهداف و نتایج مورد نظر کمک نماید، زیرا راهکارهای سیستمی به مثابه یک چارچوب

چکیده

یکی از موضوعات محوری در مطالعات ژئومورفولوژیک، بررسی چگونگی روند تغییرات در اشکال سطح زمین است. امروزه ماهیت مطالعات ژئومورفولوژی را تبیین و تحلیل فرم و فرایندهای ژئومورفیک موجود در سطح زمین تشکیل می‌دهد. این موضوع حاکی از حاکمیت دیدگاه سیستمی بر این علم است. در دیدگاه سیستمی تحلیل‌های ژئومورفیک براساس رابطه‌ی میان فرم و فرایند صورت می‌گیرد. آستانه‌های ژئومورفیک به این علت که شرایط مرزی در وقوع تغییرات را نشان می‌دهند و نیز به منظور درک تغییرات زمانی، یکی از مفاهیم اساسی در تئوری سیستمی است، از اهمیت قابل توجهی در ژئومورفولوژی برخوردار است. این مقاله که مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و استخراج مفاهیم نظری و کاربردی در حیطه‌ی آستانه‌ها و تعادل در راستای تحلیل‌های سیستمی با بهره‌گیری از منابع متعدد فارسی و لاتین است، تلاش دارد آستانه‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها در ژئومورفولوژی را مورد مطالعه قرار دهد. همچنین، در ادامه نمونه‌هایی از مسائل ژئومورفولوژی مانند فرسایش خندقی، سیستم‌های مخروط افکنه‌ای و رودخانه‌ای به منظور درک بهتر موضوع، مورد بررسی اجمالی قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد آستانه‌های ژئومورفیک به عنوان جدا کننده‌ی حالت‌های متفاوت یک سیستم از یکدیگر قابل شناسایی است. در واقع با وقوع آستانه، فرایندهای حاکم بر سیستم‌های ژئومورفیک تغییر پیدا می‌کند. این مفهوم اساساً بیان کننده‌ی شرایطی است که عملکرد یک فرایند درصدد رسیدن یک سیستم به تعادل جدید است. از نظر «شیوم» آستانه‌های ژئومورفیک به دو دسته‌ی ۱) درونی؛ که مربوط به درون یک سیستم ژئومورفیک است و ۲) بیرونی؛ که تحت تأثیر متغیرهای بیرونی مانند تغییرات اقلیمی و تکتونیک و ... قرار دارد طبقه‌بندی شده است.

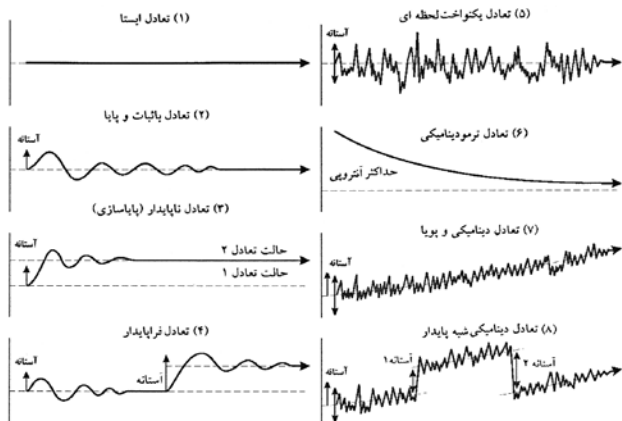
واژه‌های کلیدی: آستانه‌های ژئومورفیک، تعادل، تحلیل سیستمی، ژئومورفولوژی

مقدمه

یکی از موضوعات محوری در مطالعات ژئومورفولوژیک، بررسی و تفسیر چگونگی روند تغییرات در اشکال سطح زمین است (Gutiérrez et al, 2001: 19)



فرایندهای سیستم‌های ژئومورفیک تغییر پیدا می‌کند. (Hugget, 2007, 20)، (نگاره-۱) این موضوع در ابتدا به عنوان شرایطی که در آن تغییرات سطح زمین تحت تأثیر عوامل طبیعی قرار دارد تعریف شد. در این شرایط تغییرات قابل توجهی در سطح زمین بدون تغییر در عوامل کنترل‌کننده‌ی خارجی از قبیل سطح اساس، تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی و بهره‌برداری از زمین وجود دارد. (Schumm, 1979, 485)



نگاره ۱: طبقه‌بندی انواع تعادل در ژئومورفولوژی و موقعیت آستانه‌های ژئومورفیک
Source: Hugget, 2007, 20

مفهوم آستانه‌های ژئومورفولوژیکی بیان‌کننده‌ی شرایطی است که عملکرد یک فرایند به ویژه درصد 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. ممکن است رفتار منظم سیستم در اثر تغییرات ناگهانی و یا تغییراتی با شدت بیشتر از گذشته‌های معرف هم بخورد. زمان انعکاس این تغییرات در رفتار سیستم، معرف زمان آستانه‌هاست (بیاتی خطی، ۱۳۸۶، ۱۲). به این ترتیب بحران‌ها در مقیاس مکانیسم تحول ناهمواری‌ها هر چه باشند سرانجام به تغییرات قطعی ساختمان سیستم‌های شکل‌زایی منجر می‌شود. لازمه‌ی چنین تغییرات شدید در بعضی از ارزش‌های بحران‌زا، توسط عواملی است که فعالیت فرایندهای حاکم را منظم می‌سازد. در چنین شرایط حساسی از توجیه ژئومورفولوژی، مفهوم حد آستانه یا آستانه تحول دخالت می‌کند. (کک، ۱۳۷۸، ۳۵۰) حد آستانه با علل داخلی و خارجی ارتباط دارد. آستانه ممکن است از عوامل خارجی تأثیرپذیرد. برای مثال وقوع تغییرات شدید اقلیمی و در نتیجه تغییرات اساسی در دینامیک بیرونی زمین باعث اضمحلال پوشش گیاهی شده و زمین را در معرض فرسایش قرار می‌دهد و در نتیجه فرم زمین را با گذشته متمایز می‌سازد. (چورلی و دیگران، ۱۳۸۰، ۳۱) «شوم» (۱۹۷۹) آستانه‌های ژئومورفیک را به دو دسته داخلی (درونی) و خارجی (بیرونی) طبقه‌بندی نموده است (Hugget, 2007, 20). تفاوت اصلی میان انواع آستانه‌های درونی و بیرونی در این است که آستانه‌های درونی باعث تغییر در ساختار سیستم‌ها نمی‌شوند. ولی آستانه‌های بیرونی تحت تأثیر متغیرهای بیرونی، درون یک سیستم ژئومورفیک

روش‌شناسی در تحقیقات ژئومورفولوژیکی مطرح هستند (عشقی، ۱۳۸۱، ۳۷۱). ارزیابی نقش آنالیز سیستمی در مطالعات ژئومورفولوژیکی پایه، حاکی از آن است که نگرش سیستماتیک به واحدهای ژئومورفولوژیک و همچنین روابط متقابل بین فرایندها و فرم‌ها از جمله مواردی هستند که باید در پژوهش‌های ژئومورفولوژی مورد توجه قرار گیرند. در این روش و به خصوص در سیستم‌های فرآیند واکنش می‌توان یک ارزیابی مناسب از «آستانه‌ی عمل» در هر واحد ژئومورفولوژیک به عمل آورد که توسط آن می‌توان حوادث غیرمترقبه را پیش‌بینی نمود (عشقی، ۱۳۸۱، ۳۷۱). آستانه‌های ژئومورفیک از جمله مفاهیم اساسی در تئوری است (Charlton 2008, 15) زیرا آستانه‌ها از جمله مفاهیمی است که در مطالعه‌ی تغییرات سیستم‌های ژئومورفیک به کار می‌رود. 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 سیستم تنظیمات مورفولوژیکی اتفاق می‌افتد (بیاتی خطی، ۱۳۸۶، ۱۲). در این مقاله تلاش شده است آستانه‌های وقوع ژئومورفیک به عنوان یکی از اساسی‌ترین مفاهیم در تحلیل‌های سیستمی در ژئومورفولوژی به منظور شناسایی تعادل ژئومورفیک مورد بررسی قرار گیرد.

روش تحقیق

مقاله‌ی حاضر، بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و با بهره‌گیری از منابع متعدد فارسی و لاتین و استخراج مفاهیم نظری مرتبط با تحلیل‌های سیستمی در دیدگاه‌های فلسفی ژئومورفولوژی تدوین شده است. از نظر روش‌شناسی از نوع بنیادی و نیز شیوه‌ی مورد استفاده آن توصیفی-تحلیلی است. اساساً هدف از طرح چنین مفاهیمی، شناخت یکی از مفاهیم بنیادی در این شاخه‌ی علمی است، که می‌تواند در تحلیل‌های مربوط به فرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژیک و دیدگاه‌های علمی آن‌ها نقش مؤثری را بر جای بگذارد.

بحث و یافته‌ها

مفهوم و طبقه‌بندی آستانه‌های ژئومورفیک

به دلیل محدودیت چرخه‌ی فرسایش و همچنین پیچیدگی در بخش‌های مختلف سیستم‌های زهکشی (مانند پادگانه‌ها، سیستم‌های آبرفتی و...); نیازمند آن است که واکنش‌های محیطی آن‌ها در برابر متغیرهای بیرونی مانند اقلیم، تکتونیک، تغییرات ایزوستاسیک و تغییرات آنتروپوژنتیک کاربری زمین مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه مطالعات آزمایشگاهی و میدانی در تعدیل درک بهتر از این سیستم‌ها نقش مهمی در دست‌یابی اطلاعات بیشتر در این ارتباط دارد با این حال ارزیابی جامع از واکنش‌های سیستم‌های ژئومورفیک در برابر فرایندها، نیازمند مطالعه‌ی آستانه‌ها است. (Schumm, 1973, 299) واژه‌ی آستانه که توسط شیوم و فاربریچ در سال ۱۹۸۰ به حیطه‌ی مطالعات ژئومورفولوژی وارد شد، در واقع معرف لحظه‌ای است که یک سیستم به عامل بیرونی مانند بروز تغییرات اقلیمی واکنش نشان می‌دهد (بیاتی خطی، ۱۳۸۶، ۱۲). به طور کلی آستانه‌های ژئومورفیک، جداکننده‌ی حالت‌های متفاوت یک سیستم از یکدیگر می‌باشد. در واقع با وقوع آستانه،



را دچار تغییر و دگرگونی می‌کند. (Elverfeldt, 2012:40)

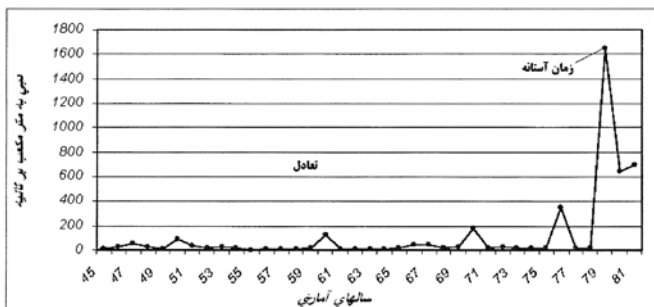
یک سیستم ژئومورفیک تنها با تغییر در متغیرهای بیرونی با آستانه‌های خارجی مواجه خواهد شد. مانند واکنش سیستم‌های مخروط افکنه، رودخانه‌ها، یخچال‌ها و... به تغییرات اقلیمی یا تکتونیک که باعث خواهد شد تا سیستم ژئومورفیک تغییر کرده و خود را با شرایط جدید سازگار کند. (Hugget, 2007, 20). زمانی که حد آستانه در نتیجه‌ی فرایندهای بیرونی روی می‌دهد آستانه‌ی خارجی نامیده می‌شود. (Charlton, 2008, 15) آستانه‌های بیرونی توسط تعدادی فیلد شناخته شده است. شاید شناخته شده‌ترین سرعت آستانه‌های بیرونی مربوط به الگوی جابه‌جایی و اندازه‌ی رسوبات باشد. در این راستا با افزایش پیوسته در سرعت الگوی رسوبگذاری، سرعت آستانه به حد کافی به جابه‌جایی رسوب می‌رسد و با کاهش تدریجی سرعت، سرعت آستانه متوقف خواهد شد. (Goudie, 2004, 1051-1052)

آستانه‌های داخلی مربوط به خود سیستم ژئومورفیک هستند. یعنی تغییر در متغیرهای داخل سیستم باعث رویارویی سیستم با شرایط آستانه خواهد شد. به عنوان مثال چرای بی‌رویه در حوضه‌ی آبریز، وضعیت فرسایش و رسوب را برهم خواهد زد. (Hugget, 2007, 20). یا این که رسوبات متراکم سیستم‌های رودخانه‌ای در اثر شیب‌های تند آستانه‌ای به حالت عدم تعادل درآیند و پدیده‌های فرسایشی را افزایش دهند. (چورلی و دیگران، ۱۳۸۰، ۳۱) اساساً لندفرم‌های محیط‌های مختلف و سیستم‌های ژئومورفیک مانند سیستم‌های فلوویال یا رودخانه‌ای، دامنه‌ای، ساحلی، فرایندهای مسلط در مناطق خشک و... از حساسیت بالایی نسبت به فرایندها و سیستم‌های شکل‌زایی برخوردار هستند و الگوی شکل‌گیری و تکامل آن‌ها به دقت توسط حد آستانه‌های ژئومورفیک از قبیل اقلیم و هوازگی، بالآمدن سطح آب دریاها، تغییرات انسانی در کاربری اراضی کنترل می‌شود؛ از این رو شرایط تعادل از حالت یکنواخت به حالت‌های دیگر تغییر پیدا می‌کند. (Slymarker, 2008, 7). به طور کلی حد آستانه تلاش برای دست‌یابی به ایجاد تعادل در پدیده‌های ژئومورفیک جدید دارد. (چورلی و دیگران، ۱۳۸۰، ۳۱). با توجه به موارد مذکور می‌توان گفت که رمز درک میزان تحول چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی با تعیین آستانه‌ها و بروز تغییرات عمده در ارتباط است. در این مورد می‌توان به بروز آشفستگی در سطوح دامنه‌ها، فرایندهای فرسایشی در لبه‌ی سبک‌ها و تشکیل آبشارها در مسیر رودخانه‌ها اشاره نمود (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۶، ۱۲). در ادامه نمونه‌هایی از عملکرد آستانه‌های ژئومورفیک مورد مطالعه‌ی اجمالی قرار گرفته است:

- در رابطه با شرایط آستانه‌ی ژئومورفیک در وقوع فرسایش خندقی می‌توان گفت؛ مفهوم فرسایش ناشی از اثر آستانه‌های درونی مانند شیب... و آستانه‌های بیرونی مانند عامل اقلیمی... قرار دارد. در این میان فرسایش آبی به ترتیب اهمیت و شکل‌گیری، در چهار دسته شامل فرسایش پاشمانی، فرسایش جویباری یا آبراهه‌ای^(۱)، خندق‌های زودگذر (باشیاری)^(۲) و فرسایش خندقی^(۳) طبقه‌بندی می‌شوند (Gong et al, 2011, 203). به عبارت دیگر وقوع فرسایش خندقی دارای سیر تکوینی است که هر کدام دارای شرایط و حد آستانه‌ی مخصوص به خود است. بدین ترتیب ارزیابی آستانه‌ی ژئومورفیک فرسایش خندقی و شکل‌گیری آن یکی از مهمترین راهکارها

در رابطه با مدیریت محیط در مکان‌هایی که دارای استعداد فرسایش خندقی هستند، می‌باشد. زیرا با شناخت حد آستانه‌ی وقوع شکل‌گیری انواع فرسایش آبی می‌توان از پیشرفت فرسایش خندقی جلوگیری نمود. به عنوان نمونه «نظری سمانی و همکاران» در مقاله‌ای به مطالعه‌ی شرایط آستانه‌ی ژئومورفیک در روند فرسایش خندقی در جنوب شرق ایران پرداختند. (Nazari Samani et al, 2009, 180)

- در مطالعه‌ی سیستم‌های مخروط افکنه‌ای، وقوع تغییرات اقلیمی و حرکات زمین ساختی به عنوان آستانه‌ی ژئومورفیک عمل می‌کنند و سیستم مخروط افکنه از قبیل مکان رسوبگذاری، شیب، مجراهای سطحی، اندازه‌ی رسوبات و سایر اجزای سیستم را دچار دگرگونی می‌کند (محمدنژاد آروق، ۱۳۹۰، ۴۸). به این ترتیب مخروط افکنه‌ها پس از تشکیل در مسیر رسیدن به حد آستانه و تعادل، تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرند؛ برخی از این متغیرها درونی هستند و ممکن است ناشی از حوضه‌ی آبریزی باشد که مخروط افکنه در خروجی آن تشکیل شده است. مانند مقدار، جنس و نوع رسوب و نحوه‌ی جریان رودخانه و یا ممکن است این متغیرها عملکردی گسترده و بیرونی داشته باشند و از این طریق مخروط افکنه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این عامل می‌توان به تغییرات سطح اساس در نتیجه‌ی تغییرات اقلیمی و یا تکتونیک اشاره کرد (مقصودی و محمدنژاد آروق، ۱۳۹۰، ۳۱)



نگاره ۲: مقادیر حداکثرهای دبی لحظه‌ای حوضه مادر سو (ایستگاه هیدرومتری تنگراه) منبع: یمانی و دیگران، ۱۳۸۰، ۳ با تغییرات

- حد آستانه‌ها و شرایط بحرانی در فرایندهای رودخانه‌ای و سیلابی نیز می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. با توجه به این نکته که آستانه‌های ژئومورفیک در مفهوم اصلی آن با پایداری پدیده‌های ژئومورفولوژی در ارتباط است. با استفاده از این موضوع می‌توان شرایط ارزیابی مخاطرات ناشی از فرایندهای رودخانه‌ای و درک ارتباط آن با پایداری دشت‌های سیلابی را مورد بررسی قرار داد. (Dust and Wohl, 2010, 146). به این معنا که وقوع مخاطرات سیلابی و رودخانه‌ای در راستای مطالعه‌ی شرایط تعادل و آستانه‌ی ژئومورفیک قابل بررسی است. به عنوان مثال در مردادماه سال ۱۳۸۰ به دنبال وقوع بارشی شدید و ناگهانی، سیلابی ویرانگر و عظیم در شرق استان گلستان در بخشی از حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی گرگانود (حوضه‌ی رودخانه مادر سو) رخ داد که از نظر زمان وقوع، میزان دبی و شدت عملکرد، حداقل در یکصد سال اخیر بی‌سابقه بوده است. مقادیر دبی و شدت این سیلاب در مقایسه با میانگین سیلاب‌های سالانه و همین‌طور



مقادیر حداکثر دبی‌های لحظه‌ای ثبت شده ۵ دهه‌ی اخیر حوضه، بی‌سابقه بوده است (یمانی و دیگران، ۱۳۸۹، ۱) (نگاره-۲) همانطور که در نگاره ۲ مشاهده می‌شود وقوع سیلاب‌های مرداد ماه سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ که از نوع سیلاب‌های استثنایی یا کاتاستروفیک هستند، باعث شد تا میزان پایداری و تعادل دبی لحظه‌ای در این حوضه تغییرات اساسی به وجود آید که می‌توان آن را در ارتباط با شرایط بحرانی و زمان آستانه‌های تحول ارزیابی نمود.

نتیجه‌گیری

یکی از موضوعات محوری در تحلیل‌های سیستمی ژئومورفولوژی مربوط به تعادل و آستانه‌ی عمل آن است. به طور کلی فرایندهای طبیعی از قبیل تکتونیک، تغییرات اقلیمی و بالا آمدن سطح آب دریاها و تغییرات محیطی ناشی از مداخلات ناآگاهانه‌ی انسان در واحدهای بزرگ مورفولوژیکی به گذر از حد تعادل در سیستم‌های آن واحد می‌انجامد و بحران‌های زیست محیطی یا حوادث ناگوار غیرمترقبه‌ای را به وجود می‌آورد. بررسی و تحلیل آستانه‌های ژئومورفیک در درک بیشتر ژئومورفولوژیست‌ها به منظور بررسی شرایط بحرانی و تغییرات محیطی در سیستم‌های ژئومورفیک کمک فراوانی می‌کند. زیرا زمان آستانه‌ها به دلیل این که در آن پایداری‌های ژئومورفیک با دگرگونی روبرو می‌شود مسائل مهمی را در ارتباط با ویژگی‌های ژئومورفیک یک محیط به وجود می‌آورد و بیان‌کننده‌ی شرایطی است که عملکرد یک فرایند به ویژه در صدد رساندن یک سیستم به تعادل جدید است. به طور کلی می‌توان گفت فرایندهای ژئومورفولوژیک با مفهوم آستانه‌ها در ارتباط قرار دارد. شناسایی این فرایند و درک ارتباط آن با زمان آستانه از مهم‌ترین وظایف ژئومورفولوژیست‌ها محسوب می‌شود. زیرا درک چگونگی تحول چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیک با تعیین آستانه‌ها و بروز تغییرات عمده‌ی آن در ارتباط است. آستانه‌ها مطابق مباحث مطرح شده در دویخش درونی و بیرونی طبقه‌بندی می‌شود که واکنش‌های سیستم‌های ژئومورفیک مانند سیستم‌های مخروط افکنه‌ای، رودخانه‌ای و... در چارچوب آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این مقاله همچنین به بررسی اجمالی چند نمونه از آستانه‌ها در پدیده‌های ژئومورفولوژیک به منظور درک اهمیت مطالعه‌ی آستانه‌ها در ژئومورفولوژی پرداخته شد.

منابع و مآخذ

- ۱- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۶): مفهوم زمان، طیف‌ها و مقیاس‌های آن در پژوهش‌های ژئومورفولوژی (با نگاهی تحلیلی بر مفهوم زمان در سیستم‌های طبیعی)، رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست و دوم، شماره ۲، زمستان ۱۳۸۶، صص ۳-۱۶.
- ۲- چورلی، ریچارد جی، شوم، استانی، سوند، دیویدای (۱۳۸۰): ژئومورفولوژی، جلد اول (دیدگاه‌ها)، ترجمه‌ی احمد معتمد و ابراهیم مقیمی، تهران: سمت. چاپ دوم.
- ۳- رامشت، محمدحسین، (۱۳۸۲): نظریه کیاس در ژئومورفولوژی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۱۳۸۲، صص ۱۳-۳۶.
- ۴- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳): ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای، تهران: انتشارات قومس.
- ۵- عشقی، ابوالفضل (۱۳۸۳): تحلیل سیستمی به عنوان یک الگوی پایه در روش تحقیق ژئومورفولوژی، رشد آموزش جغرافیا، سال نوزدهم، صص ۲۲-۲۹.
- ۶- کک، رژه (۱۳۷۸): ژئومورفولوژی (جلد دوم- ژئومورفولوژی اقلیمی)،

پی‌نوشت

ترجمه‌ی فرج ... محمودی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.
۷- محمدنژاد آروق، وحید (۱۳۹۰): تحلیل مقایسه‌ای تحول مخروط افکنه‌های دامنه‌ی جنوبی البرز شرقی (دامغان تا گرمسار) رساله‌ی دکتری در رشته جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، به راهنمایی مجتبی یمانی.

۸- مقصودی، مه‌رمان. محمودنژاد آروق، وحید (۱۳۹۰): ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۹- موسوی، حجت، تقی‌زاده، عبدالحکیم (۱۳۸۹): فرم و فرایندهای رودخانه‌ای دشت خوزستان در کواترنر، رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست و چهارم، شماره‌ی تابستان ۱۳۸۹، صص ۳۰-۳۵.

۱۰- یمانی، مجتبی، جداری عیوضی، جمشید، جداری طرقي، مهناز (۱۳۸۹): انواع جریان سیلابی رخ داده در رودخانه مادرسو (در اثنای سیلاب‌های کاتاستروفیک مرداد ماه سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، تابستان ۱۳۸۹، صص ۱-۲۰.

11-Charlton,R (2008) Fundamentals of Fluvial Geomorphology, Routledge Pub

12-Dust D,W,Wohl,E,E. (2010), Quantitative technique for assessing the geomorphic thresholds for floodplain instability and braiding in the semi-arid environment, Nat Hazards, No 55: pp,145- 160

13-Elverfeldt K,V.(2012) , System Theory in Geomorphology, Challenges, Epistemological Consequences and Practical Implications

14-Gong, J.G,Jia,Y,W.Zhou,Z.H,Wang Y,Wang W.L.,Peng,

H(2011):An experimental study on dynamic processes of ephemeral gully erosion in loess landscapes, Geomorphology No125,pp. 203-213

15-Goudie,A.S.(2004) Encyclopedia of Geomorphology (Volume 1,A-I), Routledge Pub.

16-Gutierrez, M.,Sese,M.V.H.,(2001), Multiple talus flatirons, variations of scarp retreat rates and the evolution of slopes in Almazan Basin (semi-arid central spin). Geomorphology, No38,pp.19-29.

17-Huggett,R,J,(2007), Fundamentals of Geomorphology, Routledge Pub, Second Edition.

18-Nazari Samani, A .Ahmadi, H. Jafari, M.Boggs,Ghoddousi,J. Malekian,A. (2009), Geomorphic threshold conditions for gully erosion in Southwestern Iran (Boushehr-Samal watershed), Journal of Asian Earth Sciences, No,35,pp,180-189

19-Phillips, J.D(2006),Evolutionary geomorphology: thresholds and nonlinearity in landform response to environmental change, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. No,3,pp,365-394

20-Schumm S,A.(1979)Geomorphic thresholds. The concept and its applications. Trans Inst Br Geographer 4(4): pp,85-515

21-Schumm,S.A.(1973). Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. In M.Morisawa, ed., Fluvial Geomorphology. New York: Binghamton, pp.299-310

22-Slaymaker, O.Spencer, T.Embleton-Hamann,C.(2009), Geomorphology and Global Environmental Change, Cambridge University Press.

1-Rill

2-Ephemeral Gully

3-Gully erosion