تحلیل سیستمی به عنوان یک الگوی پایه در روش تحقیق ژئومورفولوژی

دکتر ابوالفضل عشقی
استادیار و مدیر گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده

استفاده از تحلیل سیستمی، در پژوهش‌های ژئومورفیک، به‌عنوان یک متدولوژی مناسب، می‌تواند ما را در رسیدن به هدف‌ها و نتایج موردنظر کمک کند. زیرا، راهکارهای سیستمی به‌مثابه یک چارچوب روش‌شناسی در تحقیقات ژئومورفولوژیکی مطرح هستند.

در مقالهٔ حاضر، به مفاهیم و ارزیابی کلی از تحلیل سیستمی و نیز کاربرد آن در مطالعات ژئومورفولوژیک پرداخته شده است. به‌ویژه بر انواع سیستم‌های ژئومورفیک و مفهوم «آستانهٔ عمل» که طی دهه‌های اخیر، مورد بحث بوده‌اند، تأکید شده است. به‌منظور استنباط بهتر از نگرش سیستمی، از مثال‌های ژئومورفولوژیکی در سیستم‌های باز استفاده شده است تا از این طریق بتوان، روابط متقابل عناصر را در هر سیستم مورفولوژیکی باز شناخت.

ارزیابی از نقش تحلیل سیستمی در مطالعات ژئومورفیکی پایه، حاکی از آن است که، نگرش سیستماتیک به واحدهای ژئومورفیک و همچنین، روابط متقابل بین فرایندها و فرم‌ها، از جمله مواردی هستند که در پژوهش‌های زمین ریخت‌شناسی باید مورد توجه قرار گیرند.[1]

در این روش و به‌خصوص در سیستم‌های فرایند- واکنش می‌توان یک ارزیابی مناسب از «آستانهٔ عمل» در هر واحد ژئومورفولوژیک به‌عمل آورد و حوادث غیرمترقبه را پیش‌بینی کرد. نقشه‌سازی و مدل‌سازی دقیق از سیستم‌های ژئومورفیکی نیز می‌تواند، به استنباط صحیح از فرایندهای مؤثر بر پدیده‌های ایجادشده، کمک کند. نگرش سیستمی خود مبتنی بر روش‌های میدانی، مدل‌های کمّی و قابلیت‌های نقشه‌سازی فرم‌ها در تحقیقات ژئومورفولوژیکی است.

در این مقاله، همچنین به نقش انرژی‌های ورودی و خروجی در سیستم‌های ژئومورفیکی باز و تأثیرات آن‌ها بر شدت و ضعف فرایندهای دینامیکی اشاره شده است. هدف‌های اصلی مقالهٔ حاضر عبارتند از:

الف) تبیین نقش تحلیل سیستمی در مطالعات ژئومورفیکی.

ب) تشخیص آستانه‌های عمل در هر سیستم ژئومورفی از طریق نگرش سیستمی در آن.

مقدمه و تاریخچه

از نظر تاریخی شاید بتوان سابقهٔ تحقیقات جدید ژئومورفیک را به کارهای سه ژئومورفولوژیست نیمهٔ دوم قرن نوزدهم، یعنی داتون[2]، گیلبرت[3] و پاول[4] نسبت داد (راودزو تورن، ۱۹۹۶).

آن‌ها با یک انتظام علمی دقیق، به‌ویژه در شیوه‌های مطالعات میدانی، به اصول پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمک مؤثری کردند. این سه دانشمند تحقیقاتی روی ارتباط بین ساختار سنگ و لند فرم‌های (زمین شکل‌های) حاصل از آن و نیز طبقه‌بندی ژنتیکی کوهستان‌ها، دره‌ها و سیستم‌های زهکشی (در مناطق نیمه‌خشک) انجام دادند. گیلبرت اولین دانشمندی بود که مفهوم تحلیل سیستمی را وارد ادبیات ژئومورفولوژی کرد و روابط متقابل نیروهای فرسایشی و مقاومت سنگ‌ها را از طریق آن در سطح زمین تشریح کرد (سامر فیلد، ۲۰۰۰).

از میان دیگر پیشگامان نظریهٔ تحلیل سیستمی در ژئومورفولوژی، می‌توان از استرالر[5] در آمریکا، چورلی[6] و کندی[7] در بریتانیا نام برد. دو جغرافیدان اخیر، مجموعه‌ای از تمامی گزارشات ژئومورفولوژیک دانشمندان پیشین را در زمینهٔ تحلیل سیستمی گردآوری کردند تا بتوان از آن‌ها در بررسی‌های زمین ریخت‌شناسی دیگر نواحی استفاده کرد (براسل راود و کولین تارن، ۱۹۹۶).

بخش دیگری از توسعهٔ نظریه تحلیل سیستمی مرهون وارد شدن روش‌های کمّی (ریاضیات کاربردی و آمار) در تحقیقات ژئومورفولوژیک بوده است. برای مثال، هورتون[8] در سال ۱۹۴۵ مدل‌های کمّی شبکه‌های زهکشی را در حوضه‌های آبریز مطرح و آن‌ها را تحلیل آماری کرد. به‌ویژه از دههٔ ۱۹۷۰ به بعد، روابط بین عناصر و فرایندها در سیستم‌های ژئومورفیک (مانند سیستم دره، سیستم‌های کارست، سیستم دامنه و...) از طریق روش‌های کمّی توسعهٔ شگرفی یافت. از این دهه به بعد، دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی پیشرفت کرد و ارتباط بین فرایندها و فرم‌ها از طریق این دیدگاه تشریح می‌شد؛ به‌طوری که مدل‌سازی روابط مابین عناصر در واحدهای ژئومورفولوژیک متفاوت بسط یافت و مسائل نسبتاً زیادی از دههٔ ۱۹۸۰ در مورد سیستم‌های زمین ریخت‌شناسی مطرح شد.[9] همچنین، در پژوهش‌های مورفومتری[10] و ژئومورفومتری زمین‌شکل‌ها[11]، به موضوع همبستگی عناصر و فرایندها و درجهٔ شدت و ضعف آن‌ها در

هر سیستم، توجهی خاص مبذول شد.

کارهای ویلیام موریس دیویس[12] را نمی‌توان در بسط دیدگاه تحلیل سیستمی نادیده انگاشت. اگرچه انتقاداتی به نظریات او وارد شد، ولی این دانشمند با ارائهٔ «سیکل ژئومورفولوژی» در سال ۱۸۹۹ توانست، روند تحول شکل‌های ناهمواری‌ها را توضیح دهد و روابط متقابل تکتونیک و ناهمواری‌ها را از دیدگاه سیستمی تجزیه و تحلیل کند.[13]

به‌طور کلی، همهٔ تحقیقات ژئومورفولوژیکی باید از یک سلسله هدف‌های فلسفی و پایه‌ای برخوردار باشند. به‌عبارت دیگر، باید چارچوب و قالب اصلی هر تحقیق ژئومورفیک کاملاً مشخص باشد تا بتوان براساس آن، به تشریح رابطهٔ فرایندها و فرم‌ها و سپس نتیجه‌گیری از واقعیت نائل آمد. ارزیابی از فرایند غالب نیز در این زمینه بسیار حائز اهمیت است. بدین‌ترتیب، از سال ۱۹۷۵ به بعد موضوع تحلیل سیستمی در کتاب‌های درسی دانشجویان وارد و در پژوهش‌های ژئومورفولوژی به آن توجهی اساسی مبذول شد (باکر، ۱۹۹۳).

از نظر تعریف، سیستم به مجموعه عناصر ساختاری شده‌ای اطلاق می‌شود که مجموعاً با یک ارتباط درونی بین عناصر و فرایندها، فرم‌ها، همراه است. چنانچه یکی از حلقه‌های ارتباطی سیستم دچار تحول شود، بسته به درجهٔ تأثیرپذیری آن، می‌تواند بر کل سیستم مؤثر واقع شود.[14]

نکتهٔ حائز اهمیت در دیدگاه سیستمی آن است که راهکارهای سیستمی شامل خوددادههای ژئومورفولوژیکی نیستند، بلکه روش یا فنونی برای تجزیه و تحلیل یا آنالیز دادهها به شمار می‌روند. در دیدگاه‌های سیستمی، نکات مورد توجه برای پژوهشگری عبارتند از: شدت و ضعف روابط بین عناصر، غالب بودن یک یا چند فرایند موجود در سیستم که می‌تواند بر کل سیستم اثر فراگیر داشته باشد، روابط کمّی متقابل عناصر در درون سیستم، چگونگی تأثیرپذیری عناصر از یکدیگر، ژئومورفومتری فرم‌ها، روابط فرایند-فرم، مسیر ورودی و خروجی انرژی در سیستم، تشخیص و بررسی آستانه‌های عملکرد و نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی با تمام جزئیات در نقشه‌سازی و مدل‌سازی از سیستم.

انواع سیستم‌ها در مطالعات ژئومورفولوژی

در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان سه نوع سیستم را از یکدیگر تفکیک کرد:

الف) سیستم‌های بسته که در آن‌ها ورودی و خروجی، هم برای جرم و هم برای انرژی، بسته است.

ب) سیستم‌های نیمه بسته که در آن‌ها تبدیل جرم به انرژی امکانپذیر است، ولی انتقال انرژی به جرم امکانپذیر نیست.

ج) سیستم‌های باز که در آن‌ها انتقال جرم و انرژی به یکدیگر امکانپذیر است.

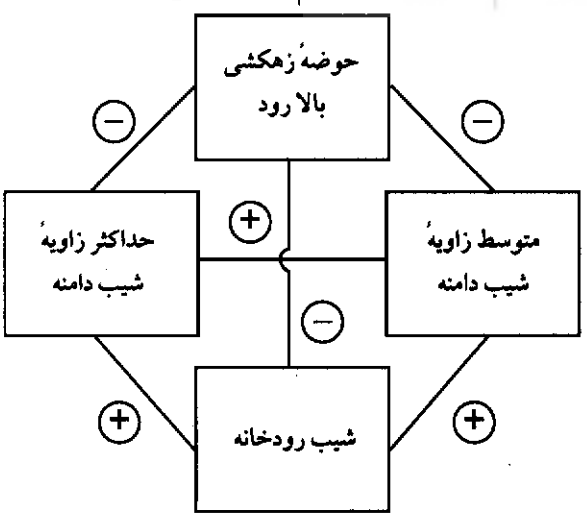
تقریباً تمامی سیستم‌های ژئومورفیکی در طبیعت از نوع سیستم باز هستند. برای مثال، در چرخهٔ آب ملاحظه می‌شود که آب بارندگی پس از جاری شدن یا نفوذ در خاک، به تبخیر (انرژی) تبدیل می‌شود و مجدداً طی تراکم یا صعود اروگرافیکی، باران (جرم) می‌بارد. در ژئومورفولوژی سه نوع سیستم قابل تشخیص و حائز اهمیت هستند.[15]

۱. سیستم‌های مورفولوژیکی

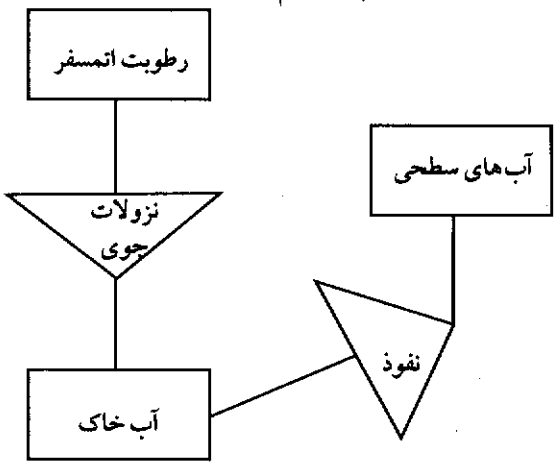
در این نوع سیستم‌ها، روابط متقابل آماری بین داده‌های حاصل از بررسی فرایندهای زمین شکل‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. معمولاً، ارتباط ساختاری دقیقی بین عناصر، فرایندها و فرم‌های حاصله در این نوع سیستم‌ها وجود دارد (شکل ۱). برای مثال در یک سیستم زهکشی حوضهٔ آبریز، آبراههٔ اصلی از ترکیب رده‌های اول، دوم، سوم و رده‌های بعدی تشکیل می‌شود. تمامی رده‌های آبراهه‌ای همراه با یک پیوستگی خاص و دقیق در شکل‌گیری سیستم زهکشی آن حوضه و نیز میزان بار جامد آورده شده، دخیل هستند (استرالر، آرتور، ۱۹۸۱).[16] همچنان‌که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، وضعیت ارتباطات متقابل متغیرها در چندین سیستم مهم ژئومورفولوژیکی آورده شده است. در حالت الف، ارتباط بین عناصر یا متغیرها در مورد شبکهٔ زهکشی و زاویهٔ شیب دامنه مشخص است. این یک سیستم موروفولوژیکی است که در آن، ارتباط مثبت و یا منفی بین متغیرها با علامت مشخص شده است. هنگام مطالعهٔ این نوع سیستم‌های موروفولوژیکی باید به ارتباط دقیق بین متغیرها و متغیر یا فرایند غالب توجهی اساسی مبذول داشت.

نیز در نگرش سیستمی مطالعات ژئومورفیک، باید مرزها و یا محدوده‌های هر سیستم را کاملاً تعیین کرد.[17] همچنان‌که قبلاً توضیح داده شد، در سیستم‌های باز، هم انتقال انرژی و هم انتقال موادّ، امکانپذیر است و از این نظر، هرگونه تغییر انجام شده در

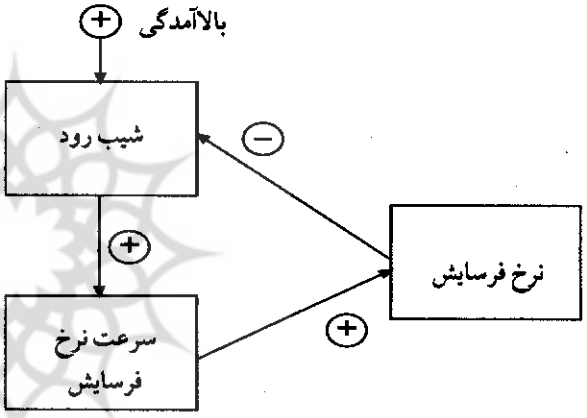
الف) سیستم مورفولوژیکی



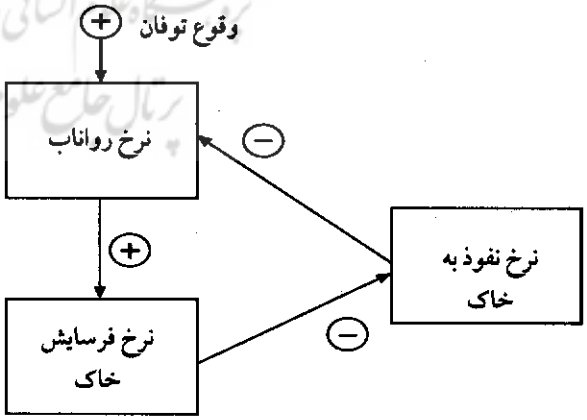
ب) سیستم کاسکید



ج) سیستم فرایند- واکنش (فیدبک منفی)



د) سیستم فرایند- واکنش (فیدبک مثبت)

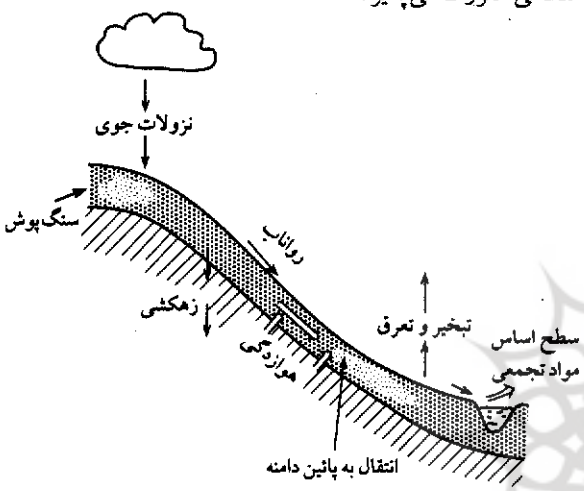


شکل ۱ . نمونه‌هایی از چند سیستم ژئومورفولوژیکی و ماهیت ارتباطات متقابل بین متغیرها

الف) سیستم مورفولوژیکی . ب) سیستم کاسکید (حامل و هادی) . ج) سیستم فرایند- پاسخ (فیدبک منفی) . د) سیستم فرایند- پاسخ (از نوع فیدبک مثبت) . (سامر فیلد، میشل، ۲۰۰۰)

ورودی انرژی یا جرم می‌تواند بر وضعیت خروجی یا بازدهی[18] آن مؤثر واقع شود.

در شکل ۲ ، یک سیستم دامنه با بخش‌های تأثیرگذار بر آن نشان داده شده است . ملاحظه می‌شود که ورودی انرژی و مواد از منابع متفاوتی مانند تابش خورشیدی، بارندگی و مواد محلول و ذرات موجود در اتمسفر و نیز واریزه‌های حاصل از هوازدگی مواد مادری تأمین می‌شوند، درحالی‌که خروجی مواد و انرژی از طریق فرایندهای تبخیر و تعرق، نفوذ آب و انتقال مواد محلول به خاک و سنگ بستر زیرین و شست‌وشوی مواد روی دامنه توسط رواناب سطحی صورت می‌پذیرد.



شکل ۲ . متغیرهای مرتبط با یک سیستم دامنه[19] . ورودی‌ها با علامت ↓ و خروجی‌ها با علامت‌های ↑ و ⇑ مشخص شده‌اند.

تغییر هریک از عناصر سیستم مذکور می‌تواند، بر کل سیستم یک دامنه مؤثر واقع شود و سرانجام به عبور از حد آستانه بینجامد و مثلاً حرکات توده‌ای[20] یا فرسایش خاک را سبب شود.[21] گاهی این مسأله بر بخشی از ساختار زیر سیستم‌ها در یک سیستم مورفولوژیکی مؤثر واقع می‌شود و درنتیجه، میزان عملکرد فرایندهای ژئومورفیک را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد.

یک ویژگی عمومی سیستم‌های ژئومورفولوژیک، پس‌خور منفی[22] است که منظور از آن، شرایطی است که به موجب آن، ساختار سیستم مورفولوژیکی، مستعد سازگاری با حداقل تأثیرات حاصل از تغییرات بیرونی باشد. همچنین، دارای توانایی «خودتنظیمی»[23] باشد؛ بدین معنا که سیستم بتواند حالت پایداری در تعادل خود را حفظ کند.[24]

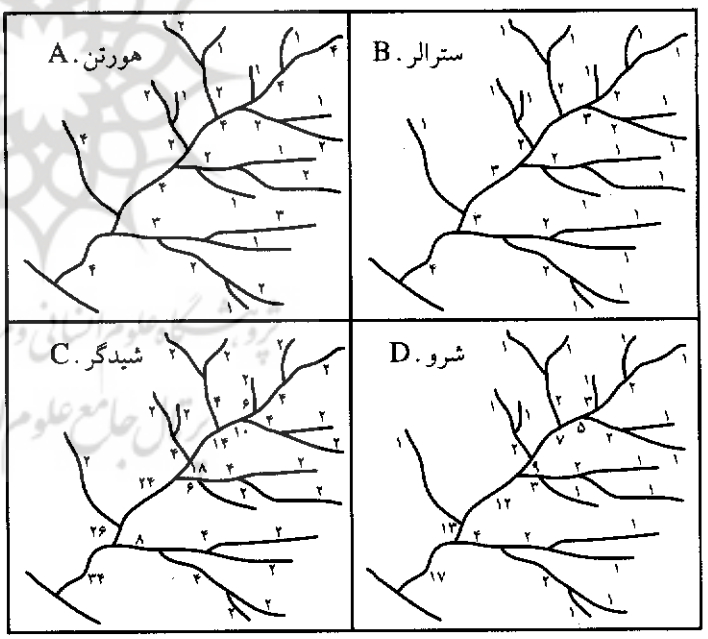
برای مثال، چنانچه در مسیر بستر یک رودخانه، گسل خوردگی رخ دهد، به افزایش ناگهانی شیب رودخانه منجر خواهد شد و به تبعیت از آن، سرعت جریان آب افزایش می‌یابد و میزان فرسایش (بریدگی) در بستر رود بیش‌تر می‌شود. البته با همهٔ این مراحل،

سرانجام شیب آبراهه طی زمان کاهش خواهد یافت و مجدداً تعادل به سیستم برمی‌گردد.

از دیگر ویژگی‌های سیستم‌های مورفولوژیکی، خاصیت سلسله مراتبی آن‌هاست.[۲۵] هر سیستم ویژه، حاصل ترکیب چندین زیرسیستم است، ولی هریک از این زیرسیستم‌ها خود، جزئی از یک سیستم کلی هستند و تغییرات در آن‌ها می‌تواند بر کل سیستم اثر بگذارد.

بهترین مثال در مورد سلسله مراتب سیستمی در ژئومورفولوژی، شبکه‌های زهکشی یک حوضهٔ آبریز است. هر حوضهٔ آبریز از تعداد زیادی انشعابات آبراهه‌ای تشکیل شده است و هریک از آبراهه‌های کوچک‌تر نیز دارای حوضهٔ زهکشی مخصوص به خود هستند (یک زیرسیستم دارند). ولی همهٔ آن‌ها به صورت سلسله مراتبی یک سیستم زهکشی بزرگ را در حوضه تشکیل می‌دهند (شکل ۳). حال چنانچه در یکی از زیرسیستم‌ها تغییراتی رخ دهد، میزان تأثیرگذاری آن بر کل سیستم با درجهٔ سلسله مراتبی آبراهه در آن سیستم مرتبط خواهد بود.

۲. سیستم‌های حامل و هادی (کاسکید)



شکل ۳. نظام سلسله مراتبی و انواع رتبه‌بندی آبراهه‌ها در سیستم زهکشی از نظر استرالر، هورتن، شرو، وشیدگر[۲۶]

در چنین سیستم‌هایی، حرکت مواد و یا جریان انرژی در داخل چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی صورت می‌گیرد. مثلاً حرکات اتمسفری به نزولات جوی می‌انجامد و بارندگی به صورت روانات درمی‌آید و در خاک نفوذ می‌کند. طی این مسیر، مقادیری مواد سطحی نیز به درون قشرهای خاک وارد می‌شوند (شکل ۱ـب). در مورد کاسکید هوازدگی سنگ بستر نیز وضعیت مشابهی وجود دارد، به طوری که سنگ مادر در بالادست دامنه، تحت تأثیر هوازدگی مکانیکی خرد می‌شود و مواد آواری به طرف پائین دامنه جریان می‌یابند و نهشته‌های آواری را تشکیل می‌دهند. کاسکیدهای واریزه‌ای در دوره‌های یخچالی و کاسکیدهای امواج در سواحل از جمله موارد دیگر هستند. در چنین سیستم‌هایی، نکتهٔ حائز اهمیت، ارتباط بین ورودی مواد در بالادست حوضهٔ زهکش و خروجی آن در پائین‌دست است. به‌عبارت دیگر، مسیرهای ورودی تا خروجی مواد در سیستم باید مورد مطالعه و پژوهش قرار گیرند.

۳. سیستم‌های فرایند ـ واکنش

این سیستم‌ها را تحت عنوان سیستم فرایند ـ پاسخ نیز می‌نامند و از تلفیق سیستم‌های ژئومورفولوژیکی و سیستم‌های کاسکید حاصل می‌شوند و حالت میان مقطعی دارند. حالت فرایند ـ واکنش در ژئومورفولوژی ممکن است لحظه‌ای و زودگذر باشد، ولی اهمیت آن زیاد است. مثلاً نابودی کامل پوشش جنگلی دامنه به ایجاد زمین‌لغزش منجر می‌شود (زمردیان، ۱۳۷۹). در این سیستم، فرایندهای ویژه، فرم‌های غالب را می‌سازند و فرایند غالب به واکنش مهم در سیستم منجر می‌شود. در شکل (۱ـد)، سیستم فرایند ـ واکنش در مورد وقوع یک توفان و فرسایش خاک نشان داده شده است.

درجهٔ بزرگی ورودی و خروجی مواد، در این سیستم‌ها به عوامل دخیل در سیستم و عمدتاً وقوع حادثهٔ رخ‌داده در آن وابسته است. برای مثال، در سیستم فرایند ـ واکنش یک دامنه، عواملی مانند زمین‌شناسی، آب و هوا و پوشش گیاهی، بر فرم‌ها یا مورفولوژی دامنه مؤثر واقع می‌شوند. ولی عامل غالب ممکن است نیروهای درونی باشند که فرم اصلی را ساخته‌اند و این‌ها فقط عوامل جانبی ولی مؤثر باشند. در مورد میزان فرسایش، عامل سنگ بستر و پوشش گیاهی فرایندهای اصلی محسوب می‌شوند.[۲۷]

تعادل و آستانهٔ عمل در سیستم‌های ژئومورفیک

در همهٔ سیستم‌های باز طبیعی، ارتباط متقابلی بین عناصر آن‌ها وجود دارد که سرانجام، تعادل پایه را در سیستم تشکیل می‌دهند. اگر در میزان ورودی انرژی به سیستم و یا یکی از عناصر آن، تغییراتی رخ دهد، تعادل به‌هم می‌خورد. در برخی موارد، تغییرات ناشی از مداخلهٔ غیرمعقولانهٔ انسان در هر بخش از سیستم می‌تواند خسارت‌بار باشد.

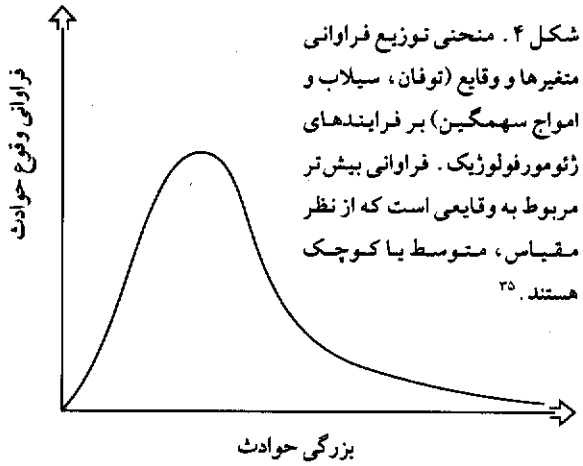
مک کین[28] سال‌ها قبل ثابت کرد که پسخورهای مثبت در ژئومورفولوژی اهمیت زیادی دارند و می‌توانند منجر به حوادث غیرمترقبه شوند.[29] برای مثال، شخم دامنه‌های پرشیب در ارتفاعات هزار مسجد (شمال خراسان) به سست شدن خاک‌های جوان انجامید و طی بارش‌های سنگین به روانه‌های گلی منتج شد که خسارات زیادی را در پایین‌دست دامنه‌ها به سکونتگاه‌های روستایی وارد آورد.[30] برگشت به حالت تعادل در چنین دامنه‌هایی که در آن‌ها روانه‌های گلی رخ داده است، درازمدت خواهد بود.

یکی از روش‌های بررسی و مطالعهٔ شرایط تعادل و یا گذر از آن در سیستم‌های ژئومورفیکی، استفاده از همبستگی‌های آماری بین متغیرهای سیستم و به‌ویژه تأکید بر روی R^2 (آر. اسکوور)، به‌منظور تعمیم مسأله است. اما تکنیک مهم‌تر از آن، بررسی حداکثر عملکرد یا گذر از حد آستانه است که آن را «آستانهٔ عمل» می‌نامند.[31] مثلاً استرالر ارتباط بین رتبهٔ رود و تعداد شاخه‌های رود را از طریق همبستگی مطالعه کرد و دریافت که اگر نسبت انشعاب، در یک حوضهٔ کشیده بیش‌تر از ۳/۵ باشد، وقوع سیلاب و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از آن امکانپذیر است.[32] بنابراین می‌توان از طریق تکنیک‌های آماری به میزان روابط بین متغیرهای سیستم پی‌برد.

در برخی موارد، انسان به‌عنوان یک مداخله‌گر می‌تواند، تغییراتی را بین ورودی تا خروجی در سیستم‌های ژئومورفیک به‌وجود آورد. این تغییرات را «نقطهٔ انعکاس» می‌نامند که از یک سیستم به سیستم دیگر متفاوت است. برای مثال، تخریب پوشش گیاهی از نوع تاغ و گز توسط انسان، در نواحی خشک شرق و جنوب خراسان باعث شد که ماسه‌های روان در عرض چندین ساعت توفان، ده‌ها کیلومتر مربع اراضی زراعی را بپوشانند.[33] از این نظر، زمان انعکاس ممکن است کوتاه، ولی مؤثر باشد.

در شرایط طبیعی، گذر از آستانهٔ عمل، زمانی به‌وقوع می‌پیوندد که وقایع بزرگ ژئومورفیکی رخ دهند. ولی مطالعات نشان می‌دهند که فراوانی این گونه وقایع بزرگ، بسیار کم‌تر از وقایع کوچک ژئومورفیک است.[34] در شکل ۴، رابطهٔ بین بزرگی وقایع و حوادث ژئومورفیک (با فراوانی وقوع آن‌ها) نشان داده شده است. همچنان‌که ملاحظه می‌شود، حوادث بزرگ ژئومورفولوژیکی از فراوانی کم‌تری برخوردارند و تکرار دورهٔ برگشت آن‌ها نیز بسیار طولانی خواهد بود. درحالی‌که وقایع متوسط مقیاس و کوچک مقیاس ژئومورفوژیکی دارای فراوانی بیش‌تری هستند؛ مگر در صورتی‌که انسان در سیستم مداخلهٔ عمدی یا غیرعمدی داشته باشد.

مفهوم «آستانهٔ عمل» در تحلیل سیستمی طی دههٔ اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. ولی مطالعات اولیه در مورد آستانهٔ عمل به



شکل ۴. منحنی توزیع فراوانی متغیرها و وقایع (توفان، سیلاب و امواج سهمگین) بر فرایندهای ژئومورفولوژیک. فراوانی بیش‌تر مربوط به وقایعی است که از نظر مقیاس، متوسط یا کوچک هستند.[35]

گزارشات چورلی و کندی (۱۹۷۱) برمی‌گردد.[36] در ادبیات ژئومورفولوژی اولین بار اصطلاح «حد آستانه» توسط شوم[37] مورد استفاده قرار گرفت و بعدها توسط دانشمندانی چون کوتس و وتیک[38] توسعه یافت.[39] آستانهٔ عمل به‌ویژه در مورد دینامیک رودخانه و مخروط افکنه‌ها کاربرد زیادی دارد. منظور از آستانهٔ عمل شرایطی است که در یک سیستم مشخص، انتقال از یک حالت یا وضعیت به دیگر حالت اتفاق می‌افتد و این عمل می‌تواند تا یک حد بحرانی پیش رود (کاتاستروفیسم رخ دهد). بنابراین، بیگانه شدن یا شوک وارده به یک سیستم مورفولوژیکی، زمانی اتفاق می‌افتد که سیستم از حالت تعادل نسبی به یک حالت دیگر تبدیل شود و گذر از حد آستانه رخ دهد.

مثال‌ها می‌توانند درک موضوع را تسهیل کنند. دبی رودخانه وقتی به نقطهٔ سرریز برسد، سیلاب یا طغیان رخ می‌دهد. بنابراین آستانهٔ سیلاب، شاخصی است که می‌تواند طغیان‌ها را پیش‌بینی کند. تغییرات اساسی‌تر زمانی اتفاق می‌افتند که مقدار آستانه از حد تعادل خود بسیار تجاوز کند. مثلاً مطالعات انجام شده در حرکات توده‌ای دامنه‌های رسی‌لندن نشان داده است که گذر از حد آستانه، زمانی حادث می‌شود که مقدار شیب از ۱۰ درجه گذر کند. در این صورت زمین‌لغزش‌ها، لغزش‌های پله‌ای و رانش‌های زمین به‌وجود خواهند آمد. این نکته قابل ذکر است که تعیین حد آستانه در تحلیل سیستمی، زمانی با واقعیت انطباق خواهد داشت که اطلاعات و داده‌های ژئومورفولوژیکی دقیق باشند.

به هر حال، گذر از حد آستانه به معنای وقوع برخی وقایع ژئومورفیک است؛ مثلاً ایجاد مآندرها و اسارت رودخانه از آن جمله است. از طریق منحنی شیب دامنه و آبراهه‌ها می‌توان آستانه دبی طغیانی شعب رودخانه و موقعیت مآندرشدگی را، به‌راحتی از یکدیگر تفکیک کرد. البته باید توجه داشت که در همهٔ مطالعات ژئومورفیک، حد آستانه، کمّی نیست بلکه ممکن است تعیین

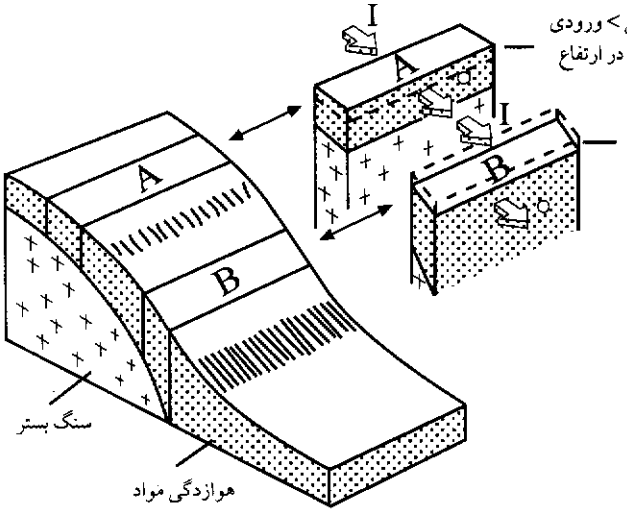
شاخص آستانه، استنتاجی باشد. تفاوت‌هایی که بین آبراهه‌هایی با سنگ بستر یکنواخت (هموژن)، آبراهه‌های با بستر آبرفتی دانه ریز و آبراهه‌های با بستر آبرفتی دانه درشت وجود دارد، از این جمله هستند؛ زیرا رفتار حمل رسوب و یا رسوبگذاری در هر رودخانه‌ای متفاوت است. یا حد آستانه‌ای که بین میزان فرسایش سطحی در دامنه‌های گرانیتی و هوازدگی شیمیایی زیرسطحی آن‌ها در مناطق مرطوب وجود دارد، مثال دیگری در این زمینه است.

گذر از مرز آستانه در اغلب سیستم‌های ژئومورفیک، برگشت‌ناپذیر است. مثلاً وقتی که زمین‌لغزه‌ای رخ می‌دهد، دیگر توده لغزیده شده به مکان اولیهٔ خود باز نخواهد گشت. به این ترتیب، این نکته اهمیت دارد که در مطالعات سیستم‌ها به حد آستانه، گذر از حالت تعادل یا آستانه و شدت پسخور توجه گردد. اگر خود تنظیمی در سیستم‌های ژئومورفیک شکسته شود، گذر از مرز آستانه اتفاق می‌افتد و سیستم با بحران دینامیکی روبه‌رو می‌شود. نقش انسان به عنوان مداخله‌کننده در سیستم‌ها می‌تواند به افزایش در گذر از آستانه‌ها و یا تعادل سیستم (به دلیل برخورد آگاهانه با سیستم) منجر شود.

نقشه‌سازی و مدل‌سازی از سیستم‌های ژئومورفیک

زمین شکل‌ها و فرایندهای مربوط به آن‌ها را در هر سیستم ژئومورفولوژیکی می‌توان روی نقشه نمایش داد و یا آن‌ها را به صورت مدل‌هایی، شبیه‌سازی کرد. چنین نقشه‌ها و مدل‌هایی در آمایش زمین و برنامه‌ریزی‌های مکان‌گزینی سکونتگاه‌ها و نیز مناطق پرخطر، اهمیت زیادی دارند. معمولاً در مطالعات ژئومورفولوژیکی و توپوگرافی، نقشه‌های با مقیاس بزرگ ارزش بیش‌تری دارند (E=۱/۲۵۰۰۰، و بزرگ‌تر). از طرف دیگر، نوع علائم مربوط به لندفرم‌ها، فرایندها، لیتولوژی، سن لندفرم‌ها و عناصر مربوط به آن‌ها، باید در نقشه گویا و بارز باشند.

نقشه‌های ژئومورفولوژیکی ابزار دقیقی برای برنامه‌ریزی‌ها هستند و نقش کلیدی و مرجع دارند. برای مثال، در مناطقی که کارست پوشیده یا مدفون شده وجود دارد، نقشه‌های شکل‌های کارست می‌توانند مبنای کارهای عمرانی و مهندسی ساخت و ساز روی تودهٔ کارستیک باشند. اگر نقشه‌های ژئومورفیک با نقشه‌های شیب همراه باشند، اهمیت آن‌ها بیش‌تر خواهد بود. این کار توسط نرم‌افزارهای سیستم G.I.S به سهولت انجام‌پذیر است. معمولاً در

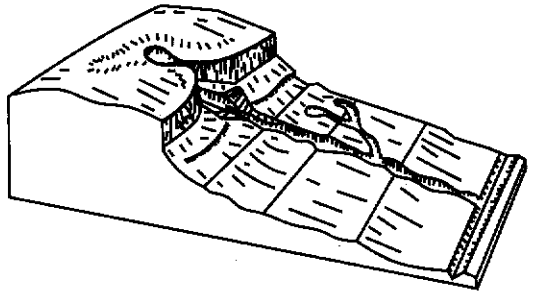


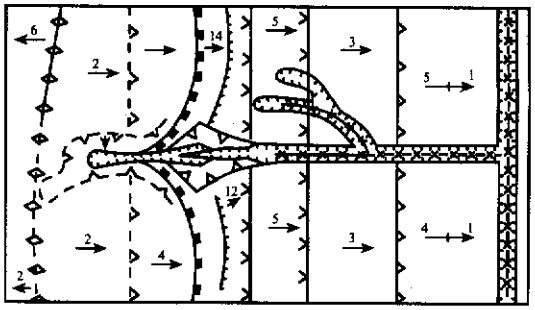
شکل ۵. مدل سه‌بعدی از یک مقطع شیبدار ساحلی و تعیین ورودی و خروجی[۴۰]

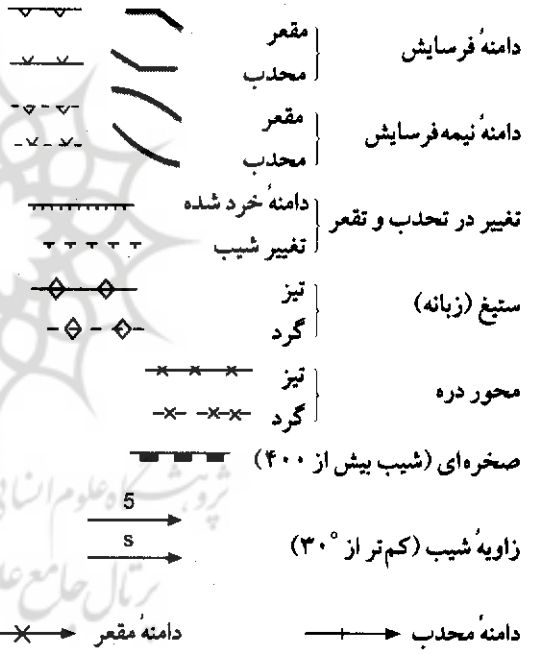
تهیهٔ نقشه‌های ژئومورفیک، از تصویرهای هوایی، نقشه‌های مبنا، تصویرهای ماهواره‌ای، پیمایش‌های میدانی و تحلیل‌های آزمایشگاهی به عنوان منابع و اطلاعات پایه در تجزیه و تحلیل مسائل استفاده می‌شود.

موضوعات حائز اهمیت در مدل‌سازی از سیستم‌های مورفولوژیک عبارتند از: شناسایی فرایندها و فرم‌ها (لندفرم‌ها)، تشخیص روابط بین عناصر موجود در سیستم، کشف عوامل غالب و مؤثر در سیستم و بررسی ورودی و خروجی مواد و انرژی در آن. در شکل ۵، مدل‌سازی از یک پروفیل یا مقطع ساحلی نشان داده شده است. همچنان‌که ملاحظه می‌شود، در قسمت فوقانی (A) میزان خروجی مواد بیش از ورودی آن است و در اثر هوازدگی سنگ بستر، و فرسایش آن، به‌تدریج از ارتفاع طبقهٔ A کاسته می‌شود. درحالی‌که در طبقهٔ B، به‌دلیل افزایش ورودی مواد نسبت به خروجی آن، افزایش در ارتفاع صورت می‌گیرد. جهت فلش‌ها، مسیر انتقال مواد را در سیستم مشخص می‌کنند.

همچنین می‌توان از طریق تهیهٔ مدل‌ها و یا نقشه‌برداری از نقاط و به‌کارگیری تصویرهای ماهواره‌ای و هوایی، نقشه‌های ژئومورفولوژیکی را طوری تهیه و ترسیم کرد که در آن‌ها جزئیات بهتر نمایش داده شوند. این نقشه‌ها به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین فرایندهای تحقیق می‌توانند در اجرای پروژه‌ها مطرح شوند.[۴۱] در شکل ۶، نمونه‌ای از مدل سه‌بعدی و تبدیل آن به نقشهٔ ژئومورفولوژی با علائم استاندارد آن نشان داده شده است. حتی عوامل آنتروپوژنیک یا دخل و تصرف‌های انسانی و پیامدهای ژئومورفولوژیکی آن را می‌توان با علائم ویژه، نقشه‌سازی کرد.







شکل ۶. یک مدل سه‌بعدی از پرتگاه دامنه و قسمت‌های فرسایش آن همراه با نقشهٔ ژئومورفولوژی و علائم آن. انطباق دادن مدل سه‌بعدی با نقشه، استنباط از فرم‌ها را تسهیل می‌کند (دورنکامپ و کینگ، استرالر، گاردینر و داکومب-چو، ترجمهٔ جمشید فریفته، ۱۳۶۹).

نتیجه‌گیری

تحلیل سیستمی به‌عنوان یک الگوی پژوهشی در تحقیقات ژئومورفیک اولین‌بار توسط گیلبرت مطرح شد و سپس با وارد شدن روش‌های کمّی در مطالعات ژئومورفولوژیکی، توسعه‌ای شگرف یافت. ارتباطات متقابل بین فرایندهای ایجادکنندهٔ فرم‌های ژئومورفولوژی و نیز رابطهٔ بین فرم و فرایند در هر سیستم مورفولوژیکی، از جمله مهم‌ترین مسائل مورد توجه در تحلیل سیستمی هستند؛ به‌طوری‌که بسیاری از حوادث غیرمترقبه مربوط به لغزش‌ها را امروزه از طریق همین ارتباطات و مطالعات کمی روی آن‌ها، پیش‌بینی می‌کنند.

تقریباً همهٔ سیستم‌های ژئومورفیکی در طبیعت از گروه سیستم‌های باز هستند و تبدیل جرم به انرژی و برعکس در آن‌ها امکانپذیر است. سه نوع سیستم قابل تشخیص در مطالعات ژئومورفیکی عبارتند از:

الف) سیستم‌های مورفولوژیکی که بر ارتباط دقیق ساختار عناصر یا فرایندها و فرم‌های حاصله مبتنی هستند و استفاده از مدل‌های کمی و آماری در بررسی این سیستم‌ها بر دقت و صحت نتیجه‌گیری‌ها مؤثر می‌شوند.

ب) سیستم‌های کاسکید یا جریانی یا حامل و هادی که در آن‌ها حرکت یا جریان مواد طی فرایندهای ثقلی یا شوک وارده یا سیالات در درون یک واحد یا چشم‌انداز ژئومورفولوژیک انجام می‌شود. مسیر ورودی و خروجی مواد و نیز فرایندهای تأثیرگذار بر جریان مواد، از جمله مهم‌ترین موارد قابل توجه در این سیستم‌ها هستند و استفاده از مدل‌های ریاضی و فیزیکی در شناخت بهتر جزئیات این سیستم‌ها مؤثر است.[۴۲]

ج) سیستم‌های فرایند- واکنش یا فرایند- پاسخ که در آن‌ها ممکن است عملکرد عوامل طبیعی یا انسان به پسخور مثبت یا منفی بینجامد. در این سیستم‌ها، فرایندهای غالب به شکل‌گیری فرم‌های اصلی در آن واحد ژئومورفیک منجر می‌شوند. بنابراین، شناسایی فرایندهای اصلی برای محقق از اهمیت خاصی برخوردار است.

موضوع بررسی شرایط حد تعادل و آستانهٔ عمل (حتی گذر از حد آستانه) از جمله موارد مهم در تحلیل سیستمی محسوب می‌شود. مداخلات ناآگاهانه یا عمدی انسان در واحدهای بزرگ مورفولوژیکی به گذر از حد تعادل در سیستم‌های آن واحد می‌انجامد و بحران‌های زیست‌محیطی یا حوادث ناگوار غیرمترقبه را به‌وجود می‌آورد. سؤال اساسی در این گونه مطالعات آن است که برگشت‌پذیری به حالت تعادل در طی چه زمانی به‌وقوع می‌پیوندد و خصوصیات گذر از حد آستانه در هر سیستم چیست؟ تحقیقات اخیر که به‌ویژه در آن‌ها برای تلفیق از GIS استفاده شده است، توانسته‌اند موضوع تجزیه و تحلیل هر سیستم و ویژگی‌های ژئومورفیکی آن را به سهولت تعیین و ارزیابی کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

زیرنویس

1. Rhoads and Thorn, 1999.
2. Dutton.
3. Gibert.
4. Powell.
5. Strahler, 1961.
6. Chorley, 1972.
7. Kenedy, 1971.
8. Hurton.
۹. کوک و دورکمپ، ترجمهٔ گودرزی‌نژاد، ۱۳۷۷.
10. Morphometic.
11. Land forms.
12. Davis.
۱۳. روژه کک، ترجمهٔ فرج‌الله محمودی (۱۳۷۹) و خیام مقصودی (۱۳۷۹).
14. Dock. Peter, 2000.
15. Dutton, 1989.
16. Strahler, A, 1981.
۱۷. پیتر هاگت، ترجمهٔ شاپور گودرزی‌نژاد، ۱۳۷۳.
18. Strahler, A, 1981.
19. David Briggs. and peter smithson, (2000) p. 187.
20. mass movement.
۲۱. دورنکامپ و کینگ، استرالر، گاردینر و داکومب-چو، ترجمهٔ جمشید فریفته، ۱۳۶۹.
22. negative Feed back.
23. homeostasis.
24. Johneston, 1986.
25. Rhoads and thorn, 1996.
۲۶. دورنکامپ و کینگ: استرالر، گاردینر و داکومب-چو، ترجمهٔ جمشید فریفته، ۱۳۶۹، ص ۹.
۲۷. بدیعی، محمد، ۱۳۷۸.
28. Mackeen.
29. Guld, peter, 1985.
۳۰. عشقی، ابوالفضل ۱۳۷۴.
۳۱. پتیک، جان، ۱۹۸۹ و علیجانی، بهلول، ۱۳۷۹.
۳۲. استرالر، ۱۹۹۰.
۳۳. عشقی، ابوالفضل ۱۳۷۹.
34. summer field, michael, 2000.
35. summer field, Michael, 2000, PP. 23.
۳۶. جانستون، ۱۹۸۶.
37. schome, 1973.
38. kots and wotic, 1980.
۳۹. سامر فیلد، ۲۰۰۰.
40. pethic, John, 1989.
۴۱. رجائی، عبدالحمید، ۱۳۷۸، ص ۶۹.
42. Gaudie, PP. 98.

منابع

۱. بدیعی، محمد (۱۳۷۸). طرح تفصیلی آبخیزداری حوضه کارده. ادارهٔ کل منابع طبیعی خراسان.
۲. خیام، مقصود، (۱۳۷۹). مبانی ژئومورفولوژی. انتشارات دانشگاه تبریز.
۳. دورنکامپ و کینگ، استرالر، گاردینر و داکومب-چو، ترجمهٔ جمشید فریفته (۱۳۶۹). تحلیل‌های کمی در ژئومورفولوژی. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. رجائی، عبدالحمید، (۱۳۷۸). کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش زمین و مدیریت محیط. انتشارات قومس. تهران.
۵. زمردیان، جعفر (۱۳۷۹). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
۶. عشقی، ابوالفضل (۱۳۷۴). طرح مطالعات طبیعی زیست‌بوم‌های عشایری شمال خراسان. ادارهٔ کل امور عشایری. جهاد کشاورزی خراسان.
۷. عشقی، ابوالفضل (۱۳۷۹). عوامل مؤثر در ایجاد توفان‌های شن در جنوب و شرق خراسان. جهاد کشاورزی استان.
۸. علیجانی، بهلول (۱۳۷۹). فنون و روش‌های میدانی در جغرافیا. انتشارات سمت، تهران.
۹. کک، روژه. ترجمهٔ فرج‌الله محمودی (۱۳۷۹). ژئومورفولوژی ساختمانی. انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. کوک، آر، یو و دور کمپ، جی. سی. ترجمهٔ شاپور گودرزی‌نژاد (۱۳۷۷). ژئومورفولوژی و مدیریت محیط. جلد اول. انتشارات سمت. تهران.
11. Rhoads. B. L. and thorn. c. E (1999). contem porary philosophical perspectives on physical Geography whit emphasis on Geomorphology. u. s.
12. Burcel. Rhoads, and coline, thorn (1996). The scientific nature of Geomorphology. pub. wiley. England.
13. Summerfield, Michael. A (2000). Global Geomorphology. Department of Geography. university of Edinburgh. Longman. London.
14. Baker, V. R (1993). Extraterresterial fluvial geomorphology: science and philosphy of earth like planetary Landscape. U. S.
15. Dutton. C. E (1989). Applied Geomor Phology. u. k.
16. Briggs, David and smithson, peter (2000). Fundamentals of physical Geography. London. pp. 189.
17. Johneston, R. J. (1986). Philosphy and Human Geography. London.
18. Guld, Peter (1985). the Geography at work. London Arnold. Pu.
19. Pethic, John (1989). An introduction in coastal Geomorphology. New York.
20. Strahler, A. (1990). Physical Geography. U. S. A.
21. Dock, peter (2000). the earth, An introduction to physical Geology. U. S. A.
22. Gaudie, Andrew (1997). Human Impact. E. Arnold. England.

* * *