نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۴، بهار ۱۴۰۱

بررسی دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی با تأکید بر مناطق یخچالی (نمونه موردی، اشترانکوه)

دریافت مقاله: ۹۸/۵/۱۸ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۱۰/۹
صفحات: ۴۶۰-۴۴۵

ابراهیم مقیمی: استاد، ژئومورفولوژی، علوم جغرافیایی، دانشگاه تهران[۱]
Email: emoghimi@ut.ac.ir
محمد فتح الله زاده: دانشجوی دکتری، ژئومورفولوژی، علوم جغرافیایی، دانشگاه تهران
Email: fathallahzadeh.m@ut.ac.ir

چکیده

سیستم به مجموعه‌ای از اجزای به هم پیوسته گفته می‌شود که بین آن‌ها ارتباطی منظم وجود دارد، از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند، برهم اثر می‌گذارند، به صورت یک کل عمل می‌کنند و هدف‌دار هستند. نگرش سیستمی دیدگاهی است که به ما اجازه می‌دهد تا نیروها و متغیرهایی که در محیط خارج و داخل یک مجموعه تأثیر اساسی دارند را بشناسیم و به عملکرد و جایگاه آن‌ها در مجموعه پی‌ببریم. به طورکلی بهم پیوستگی فرم و فرآیند در اشکال زمین براساس بررسی‌های سیستماتیک و تجزیه و تحلیل محققان و آثار برجای مانده این تغییرات صورت می‌گیرد. در این پژوهش به بررسی سیستم‌های ژئومورفیک یخچالی با در نظرگرفتن رویکرد سیستمی و ارتباط متقابل بین فرم و فرآیند در یخچال‌های اشترانکوه پرداخته می‌شود. بررسی ژئومورفومتری سیرک‌های یخچالی منطقه اشترانکوه نشان می‌دهد این لندفرم‌ها برخلاف معمول سیرک‌های یخچالی بیشتر در جهت افقی و سطحی گسترش یافته‌اند تا در راستای عمق و در جهت عمودی، برای توجیه این مسئله ژنز و سنگ‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد این منطقه، سازندی اغلب آهکی و کربناته دارد و خصوصیت کربناته بودن محیط موجب فعال شدن فرآیند انحلال در محیط شده است. بنابراین در این سیستم یخچالی عامل انحلال بیشتر از سایر عناصر فعال و تأثیرگذار است.

کلید واژگان: ویژگی‌های سیستم، دیدگاه سیستمی، یخچال‌های طبیعی، ژئومورفولوژی یخچالی.

۱-نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

مقدمه

اساس تحلیل‌های ژئومورفولوژی کارکردی بر مبنای دیدگاه سیستمی است. ژئومورفولوژی سیستمی براساس شناسایی فرم‌ها و فرآیندهای ژئومورفیک و روابط بین آن‌ها عمل می‌کند. کارایی این دیدگاه زمانی که روابط متقابل بین اجزاء و عناصر سیستم برقرار است، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد(صفاری و همکاران، ۱۳۹۲). سیستم به مجموعه‌ای از اجزای بهم پیوسته گفته می‌شود که بین آن‌ها ارتباطی منظم وجود دارد، از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند، بر هم اثر می‌گذارند، به صورت یک کل عمل می‌کنند و هدف‌دار هستند. کلیت که از ویژگی‌های هر سیستم است از سلسله مراتب تبعیت می‌کند، به طوری که هر سیستم در درون سیستم دیگر عمل می‌کند و با یکدیگر نیز ارتباط دارند. نگرش سیستمی دیدگاهی است که به ما اجازه می‌دهد تا نیروها و متغیرهایی که در محیط خارج و داخل یک مجموعه تأثیر اساسی دارند را بشناسیم و به عملکرد و جایگاه آن‌ها در مجموعه پی‌ببریم. در دهه‌های اخیر، انقلاب عظیمی در علوم طبیعی رخ داده است. این انقلاب در شیوه‌ی درک و تبیین پدیده‌ها به وسیله‌ی اندیشمندانی صورت گرفته است که در سال‌های قبل تبیین‌های خود را در قالب‌های منظم و مشخصی ارائه می‌دادند و جهان را مجموعه‌هایی از سیستم ها تصور می‌کردند که مطابق با قوانین جبر طبیعی به طریقی مشخص و قابل پیش بینی در حرکت هستند(شایان و همکاران، ۱۳۹۵). علم شناسایی زمین یک رشته بلوغ یافته‌است که منجر به تولید نوآوری در روش شناختی و مشاهدات تجربی می‌شود(لامبین[1] و همکاران، ۲۰۰۶؛ تورنر[2] و همکاران، ۲۰۰۷؛ وربورگ[3] و همکاران، ۲۰۱۵). به طور کلی بهم‌پیوستگی فرم و فرآیند در اشکال زمین براساس بررسی‌های سیستماتیک و تجزیه و تحلیل محققان و آثار برجای مانده این تغییرات صورت می‌گیرد(مگلیوکا[4] و ون ولیت[5]، ۲۰۱۶). گیلبرت[6] 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(سامرفیلد[7]، ۲۰۰۰). در طول دهه ۱۹۵۰ چندین تلاش ارزشمند توسط استرالر[8]، کالینگ[9]، هاچ[10] و گودلت[11] برای بکارگیری تئوری سیستمی با توجه به موضوع، اهداف و روش‌های آن در ژئومورفولوژی انجام شد(چورلی[12]، ۱۹۶۲). از میان دیگر پیشگامان نظریه تحلیل سیستمی در ژئومورفولوژی می‌توان چورلی و کندی[13] را نام برد. دو جغرافیدان اخیر، مجموعه‌ای از تمامی گزارش‌های ژئومورفولوژیک دانشمندان دیگر را در زمینه تحلیل سیستمی گردآوری کردند تا بتوانند از آن‌ها در بررسی‌های ژئومورفولوژیک دیگر نواحی استفاده کنند(راود[14] و تارن[15]، ۱۹۹۹). بخشی از گسترش تحلیل سیستمی در ژئومورفولوژی را می‌توان مرهون توسعه روش‌های کمی

1. Lambin
2. Turner
3. Verburg
4. Magliocca
5.Vanvlait
6. Gilbert
7. Sumerfield
8. Straler
9. kaling
10. hatch
11. Gudlet
12. Chorley
13. kenedi
14. Rhoad
15. Thorn

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

به ویژه کارهای هورتن در سال ۱۹۴۵ دانست. سیستم‌های ژئومورفیک در ژئومورفولوژی کلاسیک که توسط دیویس[1] و پنک[2] مطرح شد بیشتر بر مبنای مطالعات تاریخی و بررسی مکانی و تشابهی و کمی لندفرم‌های منطقه‌ای در محدوده مطالعات براساس فرایند تجربی و نظری استوار بود(چورلی، ۱۹۶۲). از دهه ۱۹۷۰ به بعد بیان روابط بین فرم و فرآیند در سیستم‌های ژئومورفیک با استفاده از روش‌های کمی و مورفومتریک توسعه شگرفی یافت و موجب شد دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی برای بیان روابط بین فرم و فرآیند بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد(عشقی، ۱۳۸۳). در زمینه کاربرد دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی کارهای گسترده‌ای صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

(یمانی، ۱۳۸۶) در پژوهشی به اندازه‌گیری حرکت سالیانه یخچال علم‌کوه براساس اندازه‌گیری‌های زمینی با استفاده از دوربین تئودوریت در یک بازه زمانی ۴ ساله پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد یخچال‌های علم‌کوه به دلیل گرم شدن اقلیم در عصر حاضر نسبت به گذشته از فعالیت بیشتری برخوردارند و وجود هسته‌های یخی که تا انتهای زبانه یخچالی حرکت کرده‌اند، تغییر در ضخامت یخرفت‌های زبانه سطحی و وجود شکاف ریمای در انتهای سیرک‌های یخچالی از مشخص‌ترین شواهد فعالیت و حرکت زبانه‌های یخچالی در علم‌کوه می‌باشند. در این پژوهش ارتباط متقابل اجزای سیستم عملگر یخچالی(میزان حرکت یخچال) و شرایط محیط(تغییرات اقلیم) مورد بررسی قرار گرفته است. (سیف، ۲۰۱۵) در پژوهشی با استفاده از شناسایی رسوبات و مورن‌های روی دامنه به بررسی و تعیین ارتفاع خط تعادل آب و یخ سیرک‌های یخچالی منطقه اشترانکوه در دوره کواترنر پرداخت و ارتفاع ۱۳۸۰ متر را به عنوان خط تعادل آب و یخ در دوره‌ی بیشترین توسعه یخچالی محاسبه کرد اما ارتفاع برای زمان حال حاضر به ۳۱۲۱ متر رسیده است که تغییرات اقلیمی و افزایش دما(عامل محیطی تغییر در روابط بین عناصر سیستم یخچالی) موجب این تغییر ارتفاع(پس‌خوراند مثبتی که موجب به وجود آمدن تعادل جدیدی در سیستم شد) شده است. (باس[3]، ۲۰۰۷) به پیچیدگی سیستم‌ها در ژئومورفولوژی فرسایش بادی پرداخت و نشان داد در تجزیه و تحلیل حلقه بازخورد از همپوشانی مرز لایه-جریان، رسوب-حمل‌ونقل و بستر فرسایش بادی براساس مدل‌های سیستمی معاصر اساساً در برابر ثبات ناپایدار است و احتمالا رفتار آشفته‌ای را نشان می‌دهد اما مطالعات میدانی و تجربی بر روی جریان‌های فرسایش بادی و الگوهای حمل‌ونقل فضایی و زمانی، نشان می‌دهد که با این حال حمل و نقل شن و ماسه توسط باد ممکن است به طور کامل توسط یک آشفتگی خود مشابه در جریان لایه مرزی کنترل شده باشد و جنبه‌های کلیدی زمان رویداد حمل‌ونقل می‌تواند به طور کامل ترکیبی از عوامل خود سازماندهی شده شامل تحریک، آستانه حرکت و جابجایی و سکون باشد. (کورنبلیت[4] و همکاران، ۲۰۱۱) در پژوهش خود به بررسی پیشرفت‌های اخیر در زمینه ژئومورفولوژی که مربوط به ارتباط متقابل بین فرآیندهای سطح زمین و شکل‌های آن و فرآیندهای اکولوژیکی و تکاملی است پرداختند. هدف آن‌ها بررسی مفاهیم زیست محیطی و تکاملی جامعه علوم زمین و تحولات مفهومی اخیر برای اتصال ژئومورفولوژی و زیستگاه مرتبط بود. نوآوری دیدگاه پیشنهادی آن‌ها این است که در حضور گونه‌های ژئومورفولوژی مهندسی، که دینامیک رسوب و شکل زمین را اصلاح می‌کند، انتخاب طبیعی در مقیاس ارگانیسم ممکن است عواقبی برای

1. Davis
2. Penck
3. Baas
4. Corenblit

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

اجزای فیزیکی اکوسیستم و به ویژه فرآیندهای سطح زمین و شکل‌های زمین داشته باشد و دوم اینکه تغییرات فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و شکل‌های زمین، اغلب به ویژگی‌های اکولوژیکی(ساختار و عملکرد) و در نتیجه به ویژگی‌های زیستی گونه‌های مهندسی و یا گونه‌های دیگر(سازگاری و شکل‌گیری) بر می‌گردد. (الورفلدت[1] و گلید[2]، ۲۰۱۱) به تحلیل نظریه سیستمی در ژئومورفولوژی به عنوان یک چالش و آنالیز اینکه چگونه یک ژئومورفولوژیست تحقیقش را هدایت می‌کند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بدون یک چارچوب تئوریک ژئوموفولوژی، سیستم ژئومورفیک، باز در نظر گرفته می‌شود که دارای ورودی و خروجی بوده و محیط اطراف قابلیت تأثیرگذاری بالایی بر سیستم دارد. همزمان سیستم‌های باز ژئومورفیک تعریف پیچیدگی‌ها در سیستم را به وجود می‌آورند و عدم تعادل را با مفهوم تعادل و روابط علت و اثر نشان می‌دهند.

(لاستوکین[3] و همکاران، ۲۰۱۸) اقدام به بررسی رویکرد مورفولوژیک سیستمی به عنوان رویکردی متفاوت در تحقیقات مورفولوژی و نقشه‌های ژئومورفولوژی کردند و به این نتیجه رسیدند که هدف رویکرد سیستم‌های مورفولوژیکی تقسیم‌بندی سطح زمین شامل اشکال خطی، نقطه‌ای، و عناصر سطحی توپوگرافی به عنوان یک سطح دو بعدی در نظر گرفته شده بدون توجه به جنس زمین‌شناسی است، شناسایی بیشتر ساخت‌های بزرگتر شامل سیستم‌های ژئومورفیکی و منطقه‌ای در دیدگاه سیستمی رخ می‌دهد، آنالیز روابط ساختاری و تقارن توپوگرافی در این دیدگاه مد نظر قرار می‌گیرد، دینامیک‌های مختلف شامل(سنگ‌شناسی، دینامیک یخچالی، تکتونیک و غیره) در دیدگاه سیستمی مشخص می‌شود و در نهایت تفسیر مورفولوژی مشاهده شده سطح زمین انجام می‌شود. همچنین روش سیستمی می‌تواند علاوه برای مطالعه مورفولوژی توپوگرافی سطح در مواردی که رابط‌های کمتری برای مطالعه در دسترس است مانند سطوح زیر دریا و یخچال نیز استفاده شود. (میوفرودیت[4] و همکاران، ۲۰۱۸) نظریه‌های میانی سیستم تغییرات زمین را مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند دیدگاه‌ها در این زمینه را بر روی علل تغییرات سیستم زمین از نظر تئوریک و معرفت‌شناختی از حوزه‌های گوناگون دانش و ساختن از قیاس، ابداع، و رویکردهای القایی تمرکز می‌کنند. اما همچنان یک نظریه مهم و یکپارچه در مورد تغییر سیستم زمین باقی ماند، با این حال این محققین نشان دادند که نظریه‌های میان‌رده که در اینجا به عنوان اصطلاحات متنی تعریف شده‌اند، زنجیره‌ای از مکانیسم‌های سببی را که توضیح طیف وسیعی از پدیده‌ها و همچنین شرایطی که باعث آن می‌شوند را توصیف می‌کنند و فعال‌کردن یا جلوگیری از این زنجیره‌های علی، مسیر را به سمت دانش عمومی در مورد سیستم‌های زمین هدایت می‌کند. این دانش می‌تواند پیشرفت را در راستای سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیک پایدار پشتیبانی کند.

در این پژوهش به بررسی سیستم‌های ژئومورفیک یخچالی و عناصر آن با در نظر گرفتن رویکرد سیستمی و ارتباط متقابل فرم و فرآیند به صورت موردی در یخچال‌های اشترانکوه پرداخته می‌شود.

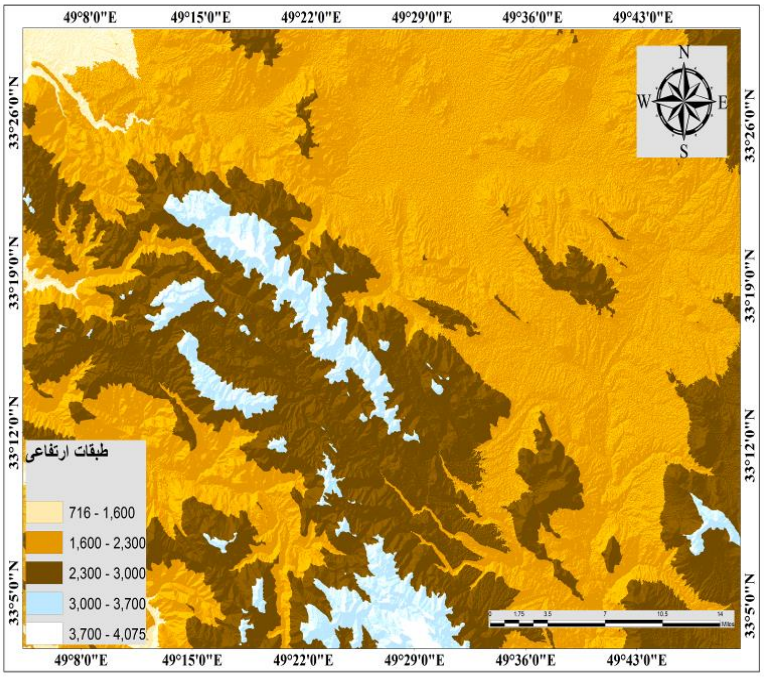
1. Elverfeldt
2. Glade
3. Lastochkin
4. Meyfroidt

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

اشترانکوه نام رشته‌کوهی در شرق استان لرستان و یکی از بلندترین کوه‌های زاگرس می باشد. منطقه مطالعاتی مورد نظر در حد فاصل ۳۳ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی قرارگرفته و مساحتی حدود ۳۱۵ کیلومتر مربع دارد و حداکثر ارتفاع آن ۴۰۷۵ و مربوط به قله سن بران است. از نظر موقعیت جغرافیایی در استان لرستان، از غرب به شهرستان دورود، از جنوب و شرق به شهرستان الیگودرز و از شمال به شهرستان ازنا منتهی می‌شود. قله‌های اشترانکوه به دلیل قرارگیری پشت سرهم که حالتی شبیه کوهان شترهای یک کاروان دارند در بین خود فرو رفتگی‌هایی را جای داده‌اند که شرایط را برای شکل‌گیری برفچال و یخچال‌های طبیعی فراهم کرده است شکل(۱).



شکل(۱). موقعیت جغرافیایی منطقه اشترانکوه

داده و روش کار

جهت بررسی دیدگاه سیستمی در فرم و فرآیندهای قلمروی یخچالی با توجه به روش اسنادی و کتابخانه‌ای به جمع‌آوری و مطالعه کتب و مقالات در زمینه دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی اقدام شد سپس با بررسی خصوصیات یخچال‌های طبیعی اشترانکوه و ژئومورفومتری سیرک‌های موجود در این منطقه جنبه‌های مختلف دیدگاه سیستمی در این قلمرو و کاربرد آن به طور خاص مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

نگرش سیستمی

از نیمه دوم قرن بیستم به بعد، با ارائه نظریه سیستمی تحول عظیمی در ژئومورفولوژی ایجاد شد. استفاده از تحلیل سیستمی در پژوهش‌های ژئومورفیک، به عنوان یک روش‌شناسی مناسب، می‌تواند ما را در رسیدن به هدف‌ها و نتایج مورد نظر کمک کند. نگرش سیستماتیک به واحدهای ژئومورفیک و همچنین، روابط متقابل بین فرم‌ها و فرآیندها، از جمله مواردی هستند که در پژوهش‌های ژئومورفولوژی باید مورد توجه قرارگیرند. نکته حائز اهمیت در دیدگاه سیستمی آن است که راهکارهای سیستمی روش یا فنونی برای تجزیه و تحلیل یا آنالیز داده‌ها به شمار می‌روند. با توجه به این‌که سیستم‌های ژئومورفیک در طبیعت سیستم‌هایی باز و با بازخورد منفی هستند، می‌توانند به شرایطی برسند که از طریق دریافت مستمر مواد، انرژی و اطلاعات به داخل خود به تعادلی پویا دست یابند(شایان و همکاران، ۱۳۹۵). به عبارت دیگر سیستم‌های ژئومورفیک، سیستم‌های بازی هستند که دارای فرآیندها یا متغیرهای درونی و بیرونی بوده و از طریق پراکنش انرژی(انرژی خورشیدی، بالاآمدگی زمین ساختی و بارش) در حالت موازنه و تعادل قرار می‌گیرند. سیستم‌های ژئومورفیک شامل سیستم مورفولوژیک، سیستم آبشاری یا جریانی، سیستم فرآیند-واکنش و سیستم کنترل می‌باشند. به طور کلی می‌توان گفت نگرش سیستمی راه و روش فکرکردن و قالب ذهنی خاصیست که برای در نظر گرفتن عوامل درونی و بیرونی سیستم به عنوان یه کل متشکل است و پدیده‌ها را با در نظر گرفتن کل عوامل بررسی می‌کند و علاوه بر کلیت، ارتباط بین اجزای متشکله سیستم را نیز مورد توجه قرار می‌دهد. نگرش سیستمی به ماهیت پدیده‌ها توجه نمی‌کند بلکه رفتار آن‌ها را با توجه به روابط عناصر با خود و محیط اطرافشان تحلیل می‌کند(رامشت، ۱۳۸۰). برای بررسی سیستم ژئومورفیک یخچالی ابتدا به تعریف چند اصطلاح اساسی در نظریه سیستمی می‌پردازیم سپس فرآیندهای قلمروی یخچالی را در قالب آن بررسی می‌کنیم.

سیستم عبارت است از مجموعه‌ای از عوامل گوناگون است که روی یکدیگر به طور دینامیکی اثر می‌گذارند و در جهت رسیدن به هدفی خاص حرکت می‌کنند. سیستم‌ها به طور کلی به دو گروه بسته و باز تقسیم‌بندی می‌شوند.

سیستم بسته: فاقد محیط است و یا با محیط اطراف خود هیچگونه تبادل انرژی و ماده ندارد. در طبیعت یک سیستم بسته می‌تواند به صورت کل عالم قابل تصور باشد که در حیطه مطالعات تجربی قرار نمی‌گیرد اما می‌توان سیستم‌های متناهی و قابل مطالعه تجربی را نیز از دیدگاه‌های خاص و به منظور تحلیل نظری، بسته در نظر گرفت.

سیستم باز: سیستم‌هایی که دارای محیط‌اند و به تبادل انرژی و ماده با محیط پیرامون خود می‌پردازند و با گذشت زمان میزان آنتروپی مثبت در آن‌ها کاهش می‌یابد و بر نظم سیستم افزوده می‌شود. تقریبا همه سیستم‌های ژئومورفیک از نوع سیستم باز هستند به همین دلیل در هنگام بررسی آن‌ها باید محدوده هر سیستم را مشخص و تعیین کرد.

درونداد(داده یا ورودی): هر آن‌چه که به نحوی وارد سیستم می‌شود و فعالیت سیستم را امکان‌پذیر می‌کند درونداد یا ورودی سیستم نام دارد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

فرآیند تبدیل: جریان تغییر و تبدیلی که به واسطه کاری که سیستم روی داده ها انجام می دهد فرآیند تبدیل و تغییر در سیستم نام دارد.

برونداد: داده‌های ورودی به سیستم پس از تحت تأثیر قرار گرفتن فرآیند سیستم طی نظمی مشخص از سیستم خارج می‌شوند و یا با شکلی جدید ظاهر می‌شوند که به آن‌ها برونداد یا خروجی سیستم می‌گویند.

بازخور: طبق نظر برتالنفی[1] بازخور فرآیندی درونی است که در آن بخشی از ستاده به عنوان اطلاعات درونداد بازخورانده می‌شود و سیستم را خودکنترل می‌کند. به عبارت دیگر واکنشی که یک سیستم در برابر تغییر ایجاد شده در آن از خود نشان می‌دهد بازخور سیستم نامیده می‌شود. بازخور خود بر دو نوع مثبت و منفی است که بازخور مثبت سبب افزایش آنتروپی و بی‌نظمی سیستم می‌شود و بازخور منفی بی‌نظمی سیستم را کاهش می‌دهد و موجب افزایش میل سیستم به حفظ وضعیت کنونی می‌شود.

محیط سیستم: فضای پیرامون سیستم که می‌تواند با سیستم تبادل انرژی و ماده دارد و به طور متقابل بر سیستم تأثیر می‌گذارد و از آن تأثیر می‌پذیرد را محیط سیستم می‌نامند. در استفاده از دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی باید نکاتی را مورد توجه قرار داد که از آن جمله آگاهی از شدت و ضعف روابط بین عناصر در درون سیستم ژئومورفیک است، چرا که غالب بودن یک یا چند فرآیند موجود در سیستم می‌تواند بر کل سیستم اثر فراگیر داشته باشد. از نکات دیگر مورد توجه در دیدگاه سیستمی روابط کمی متقابل عناصر در درون سیستم، چگونگی تأثیرپذیری عناصر از یکدیگر، ژئومورفولوژی لندفرم‌ها، روابط فرآیند_فرم، مسیر ورودی و خروجی انرژی در سیستم، تشخیص و بررسی آستانه‌های عملکرد و نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی با تمام جزئیات در تحلیل و مدلسازی از سیستم می‌باشد(عشقی، ۱۳۸۳).

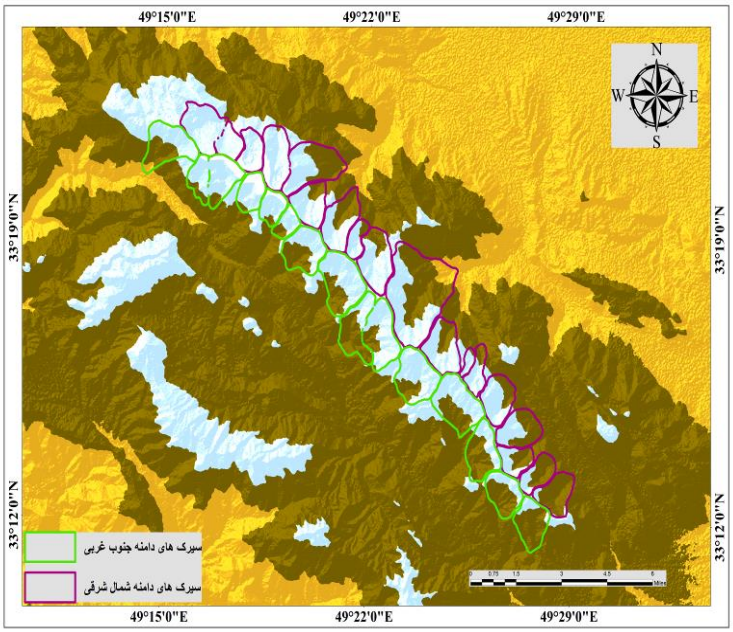
نتایج

به طور کلی سیستم‌ها در ارتباط با محیط اطرافشان مطالعه می‌شوند و روابط متقابل بین اجزای آن‌ها بررسی می‌شود و ماهیت عناصر و اجزای تشکیل دهنده قلمروی آن‌ها فراتر از ماده است و شامل معقولات و متافیزیک و تأثیرات آن نیز می‌شود. با این دید قلمروی یخچالی با توجه به ویژگی‌هایی که برای فرآیندهای یخچالی از قبیل متوسط دما، وجود برف و یخ و خصوصیات توپوگرافی و لندفرمی که در یخچال‌های کوهستانی و روابطی که بین این عناصر وجود دارد تعریف می‌شود. همچنین بررسی وسعت سطوح برفی و تغییرات زمانی و مکانی آن‌ها، یکی از پارامترهای اساسی در مطالعات آب و هواشناسی و هیدرولوژیکی به حساب می‌آید(یاراحمدی و همکاران، ۱۳۹۷). در قلمروی یخچالی علاوه بر اجزای مادی گفته شده نیروها و عناصر متافیزیکی دیگری نیز وجود دارد که می‌تواند به صورت نیروی جاذبه یا گرمای ناشی از تابش دریافتی بر روی دامنه‌ها ظاهر شده و موجب حرکت زبانه یخچالی بر روی دامنه‌ها به صورت کند و پیوسته در یک بازه زمانی معین شود و به مرور اشکال کاوشی یخچالی از قبیل سیرک‌ها و دره‌های یخچالی را ایجاد کند. در این حالت لندفرم‌های برجای مانده معلول این فرآیندها هستند که با ایجاد ارتباط متقابل و به صورت معکوس می‌توانند علت‌ها را شناسایی و معرفی کنند مثلا یک دره U شکل یا فرورفتگی‌های کاسه‌ای شکل در ارتفاعات نسبتاً بالا که به سیرک یخچالی معروف

1. Bertalanffy

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

است لندفرمی است که از طریق آن می‌توان پی به وجود دیگر اجزای سیستم ژئومورفیک یعنی بارش برف، کاهش میانگین دما، پیدایش یخچال، وجود حرکت در این یخچال‌ها و در نهایت ایجاد فرسایش بر روی دامنه و شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی برد شکل(۲).



شکل(۲). سیرک‌های یخچالی در دو دامنه اشترانکوه

در دستگاه سیستمی مقوله ارزش‌ها نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و برنامه‌ریزی با توجه به اهداف صورت می‌گیرد و جزء به جزء فعالیت‌های رخ داده در سیستم با در نظر گرفتن ارتباط آن‌ها با هدف، تعریف و شناسایی می‌شود. در مورد این ویژگی دیدگاه سیستمی در قلمروی یخچالی باید گفت که چنان‌چه هدف شناسایی اثر تغییرات اقلیمی رخ داده در یک منطقه باشد می‌توان بر مبنای اندازه‌گیری اختلاف برف‌مرز، این تغییر را شناسایی کرد. در این حالت آثار لندفرمی برجای مانده مثل ارتفاع سیرک‌های یخچالی، حد گسترش فرسایش یخچال‌ها بر دامنه و ارتفاع برف‌مرز در گذشته را برای ما بازگو می‌کند و اندازه‌گیری ارتفاع برفچال‌ها و یخچال‌های کنونی ارتفاع برف‌مرز در زمان حال را نشان می‌دهد. بنابراین با اندازه‌گیری جزبه‌جز فرآیندهای اتفاق افتاده و آثار آن‌ها می‌توان به روند تغییرات رخ داده در برف‌مرزهای منطقه که در اینجا بیانگر اثرات تغییرات اقلیمی است دست یافت. برای تعیین ارتفاع برف‌مرز دوره کواترنری در اشترانکوه از روش ارتفاع کف سیرک پورتر که یکی از پنج روشی است که پورتر در مطالعه کوهستان‌های یخچالی برای عرض‌های پایین جهت بازسازی ارتفاع خط تعادل(ELA[1]) ارائه داده است استفاده می‌کنیم. از میان روش‌های پنجگانه پورتر، روش مطالعه کف سیرک برای سیرک‌هایی مناسب است که از نظر توسعه یافتگی به مرحله بلوغ رسیده باشند، زیرا براساس نظر پورتر، هنگامی

1. Equilibrium Line Altitude

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

که یخچالی فقط سیرک را پر می‌کند، (ELA) دائمی آن خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک(CF) نیست بنابراین روش ارتفاع کف سیرک برای تعیین ارتفاع(خط های تعادل) به‌کار می‌رود(پورتر، ۲۰۰۱) شکل(۳). برای مقایسه ارتفاع متوسط سیرک‌های یخچالی و ارتفاعی که سیرک‌ها بیشترین فراوانی را در آن دارند، باید میانگین حسابی و مد(نما) ارتفاع کف هر یک از سیرک‌ها مشخص شود(یمانی و همکاران، ۱۳۹۰).

پس از تعیین ارتفاع کف هر یک از سیرک‌ها با استفاده از رابطه(۱) محاسبه نما یا مد، صورت می پذیرد:

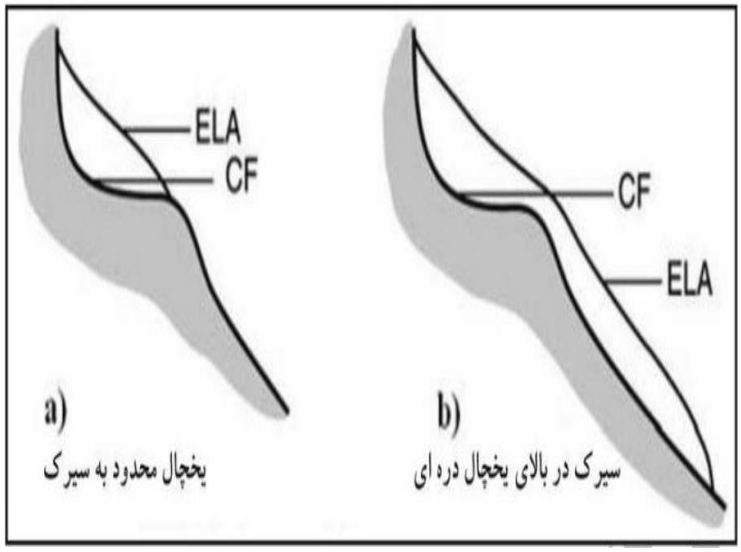
$$Mo = L + (d_1/(d_1+d_2))\times h$$ رابطه(۱)

L: حد پایین رده نمادار

d_1: تفاضل فراوانی رده ماقبل رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

d_2: تفاضل فراوانی رده مابعد رده نمادار، از فراوانی رده نمادار

h: فاصله رده ها



شکل(۳). سیرک‌هایی که در روش ارتفاع کف سیرک پورتر استفاده می شوند

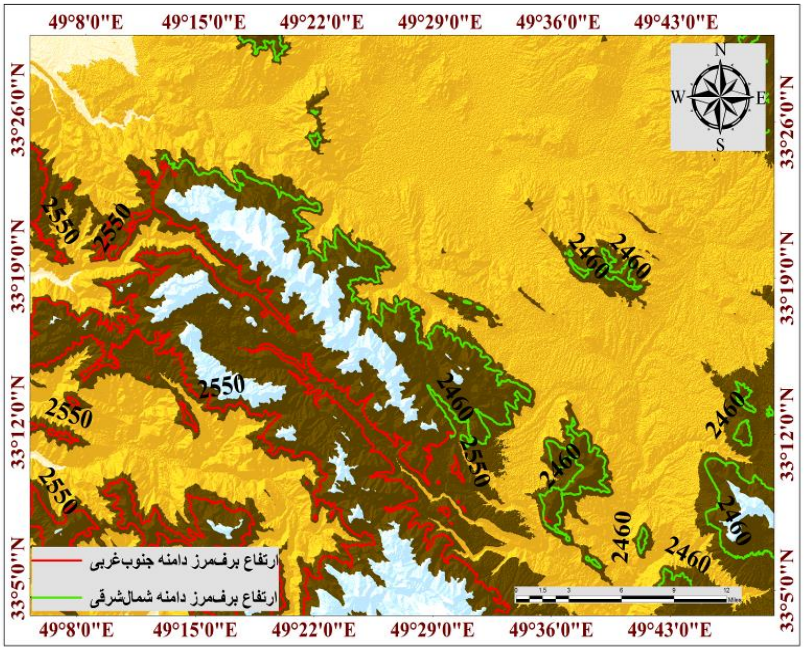
جدول(۱). توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در اشترانکوه

درصد	دامنه شمال شرقی	دامنه جنوب غربی	فراوانی سیرک	طبقات ارتفاعی
۶/۰۶	۱	۱	۲	۲۱۰۰-۲۲۰۰
۶/۰۶	۲	-	۲	۲۲۰۰-۲۳۰۰
-	-	-	-	۲۳۰۰-۲۴۰۰
۶/۰۶	۲	-	۲	۲۴۰۰-۲۵۰۰
۲۷/۲۷	۵	۴	۹	۲۵۰۰-۲۶۰۰
۲۴/۲۴	۳	۵	۸	۲۶۰۰-۲۷۰۰
۱۲/۱۲	-	۴	۴	۲۷۰۰-۲۸۰۰

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

۲۸۰۰-۲۹۰۰	۲	۱	۱	۶/۰۶
۲۹۰۰-۳۰۰۰	۳	-	۳	۹/۰۹
۳۰۰۰-۳۱۰۰	-	-	-	-
۳۱۰۰-۳۲۰۰	-	-	-	-
۳۲۰۰-۳۳۰۰	۱	-	۱	۳/۰۳
جمع	۳۳	۱۵	۱۸	۱۰۰
میانگین ارتفاع	-	۲۶۲۱	۲۶۲۶	۲۶۲۳
نما	-	۲۵۵۰	۲۴۶۰	۲۵۰۵
سیرک های دامنه شمال شرقی		مقدار نما		۲۴۶۰
سیرک های دامنه جنوب غربی		مقدار نما		۲۵۵۰
ΔELA		اختلاف در دو دامنه		۹۰

بنابراین ارتفاع برف‌مرز در دوره کواترنر برای هریک از دامنه‌ها با استفاده از روش ارتفاع کف سیرک پورتر تعیین و مشخص می‌شود شکل(۴) و جدول(۱).



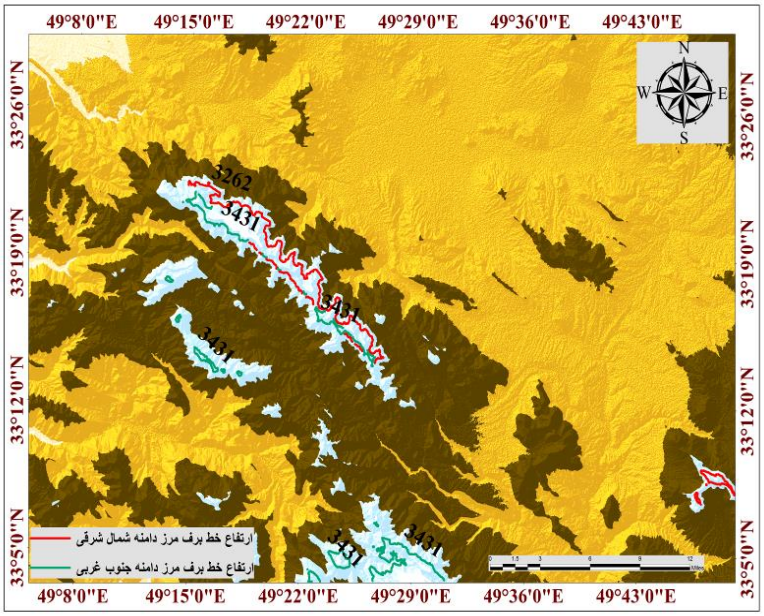
شکل(۴).تعیین ارتفاع برف مرز دوره کواترنری در اشترانکوه با استفاده از ارتفاع کف سیرک‌های یخچال

برای محاسبه ارتفاع سطوح برفی و یخچالی کنونی منطقه اشترانکوه با استفاده از تکنیک سنجش از دور و بکارگیری شاخص سطح نرمال شده پوشش برفی(NDSI[1]) و با در نظر گرفتن سطوح ارتفاعی بالاتر از ۳۰۰۰ متر به کمک مدل رقومی ارتفاعی، تصحیح خطاهای ناشی از بازتابش سطوح شبه برف انجام و در نهایت با تعیین

1. Normalized Difference Snow Index

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

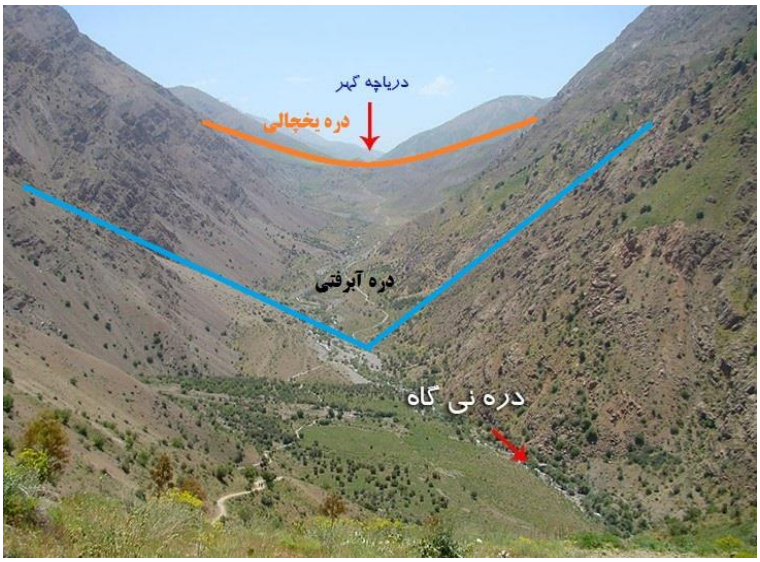
ارتفاع متوسط سطوح پوشیده از برف و یخ در منطقه اشترانکوه، ارتفاع برف‌مرز در دامنه‌های جنوب غربی ۳۴۳۱ متر و برای دامنه‌ی شمال شرقی ۳۲۶۲ متر تعیین و مشخص شد شکل(۵).



شکل(۵).تعیین ارتفاع برف مرز حال حاضر در اشترانکوه با استفاده از شاخص سطح نرمال شده پوشش برفی(NDSI)

یکی دیگر از ویژگی‌های سیستم ژئومورفیک جایگاه خاص انسان در این دیدگاه است. در قلمروی ژئومورفولوژی یخچالی، انسان به طور غیر مستقیم بر فرآیندها و لندفرم‌های این مناطق تأثیرگذار است. گرمایش جهانی در نتیجه فعالیت‌های توسعه طلبانه انسانی است که از طریق انتشار فزاینده گازهای گلخانه‌ای رخ می‌دهد. افزایش دمای میانگین کره زمین در دهه‌های اخیر موجب افزایش ذوب یخچالی و عقب‌نشینی آن‌ها به ارتفاعات بالاتر شده است که همین امر موجب تغییر مرزهای ژئومورفیک از یخچالی به مجاوریخچالی و از مجاور یخچالی به فلوویال در دامنه‌ها شده است. تغییر در نوع فرآیندهای یک سیستم ژئومورفیک به نوبه خود موجب تغییر در لندفرم‌های آن سیستم می‌شود برای مثال تغییر شکل کف دره‌های U شکل از حالت افقی به حالت V شکل و رخداد یک توالی بیانگر تغییر فرآیند از حالت فرسایش یخچالی به رودخانه‌ای می‌باشد شکل(۶).

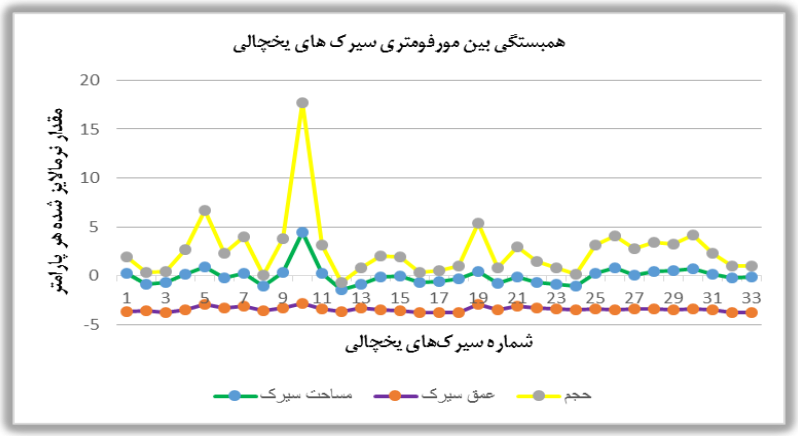
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]



شکل(۶). تغییر در نوع فرآیند از فرسایش یخچالی به فرسایش رودخانه‌ای در منطقه اشترانکوه(دید از جنوب غرب)

ویژگی دیگر دستگاه سیستمی این است که علیت تنها الزام کافی و لازم در تبیین عملکرد سیستم‌ها به شمار نمی‌آید. برای درک این موضوع می‌توانیم منطقه‌ای را در نظر بگیرم که ممکن است در یک دوره زمانی کوتاه مدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، شاهد شکل‌گیری یخچال طبیعی شده باشد اما به دلیل کوتاهی دوره، فرآیندهای یخچالی(علت) نتوانسته آثار تخریبی و فرسایشی خود را بر چهره زمین برجای گذارد بنابراین لندفرم‌های یخچالی(معلول) در سطح وجود ندارد که به واسطه آن‌ها بتوان ارتباط بین فرم و فرآیند را برقرار و به تشریح آن پرداخت. توصیف گذشته منطقه در این حالت نه براساس رابطه علیت بلکه با توجه به شرایط حاکم بر محیط اطراف و ارتباطی که می‌توان بین آنها برقرار کرد صورت می‌گیرد. به طور کلی متدولوژی بکار رفته در دستگاه سیستمی بدین صورت است که اولین موضوعی که به آن پرداخته می‌شود کشف روابط موجود بین عناصر سیستم و محیط است. برای مثال بررسی ژئومورفومتری سیرک‌های یخچالی منطقه اشترانکوه نشان می‌دهد این لندفرم ها برخلاف معمول سیرک‌های یخچالی بیشتر در جهت افقی و سطحی گسترش یافته‌اند تا در راستای عمق و در جهت عمودی، برای توجیه این مسئله ژنز و سنگ‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد این منطقه سازندی اغلب آهکی و کربناته دارد. بنابراین هنگام حرکت زبانه یخچالی بیش از آن‌که خراش ناشی از وزن یخچال و ذرات سنگ‌ریزه‌ای که یخچال به آن مجهز است در شکل‌گیری و توسعه سیرک‌های این منطقه موثر باشند، فرآیند انحلال وارد عمل می‌شود و موجب گسترش افقی سیرک‌ها می‌شود. در این حالت برقراری ارتباط بین ژنز و مورفومتری سیرک‌های یخچالی ارتباط بین فرم و فرآیند را بیان می‌کند و خصوصیت کربناته بودن محیط که موجب فعال شدن فرآیند انحلال در محیط می‌شود را به عنوان یک جز از سیستم یخچالی بیشتر از سایر عناصر مرتبط، برجسته می‌کند جدول(۱) و شکل(۷).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]



شکل(۷). همبستگی بین پارامترهای مورفومتریک سیرک‌های یخچالی منطقه اشترانکوه

جدول(۲). پارامترهای مورفومتریک سیرک‌های دامنه شمال شرقی(سمت چپ) و دامنه جنوب غربی(سمت راست) اشترانکوه

شماره سیرک	مساحت KM^2	شیب درجه	میانگین ارتفاع KM	شماره سیرک	مساحت KM^2	شیب درجه	میانگین ارتفاع KM
۱	۳,۷۲۴	۲۲,۷۵	۰,۸۵	۱	۴,۱۱۲	۳۷,۸۲	۱,۶۰
۲	۱,۶۲۶	۳۲,۵۹	۰,۹۸	۲	۱,۸۶۰	۳۳,۹۹	۱,۱۰
۳	۲,۰۷۴	۲۸,۸۴	۰,۸۰	۳	۲,۹۵۵	۳۳,۹۶	۱,۴۰
۴	۳,۶۰۵	۳۰,۸۸	۱,۰۸	۴	۲,۰۶۰	۴۲,۸۱	۱,۲۹
۵	۴,۹۳۲	۳۷,۰۸	۱,۶۰	۵	۱,۶۹۰	۴۲,۴۰	۱,۲۰
۶	۲,۹۳۵	۳۷,۴۳	۱,۲۱	۶	۱,۳۰۲	۴۰,۸۰	۱,۰۹
۷	۳,۷۳۳	۴۰,۹۳	۱,۴۰	۷	۳,۶۳۳	۳۷,۳۱	۱,۲۰
۸	۱,۳۸۰	۳۸,۵۷	۰,۹۴	۸	۴,۷۸۸	۳۳,۳۴	۱,۱
۹	۳,۹۲۹	۳۶,۴۲	۱,۲۷	۹	۳,۴۴۳	۳۳,۰۶	۱,۱۷
۱۰	۱۱,۳۲۴	۳۸,۱۲	۱,۶۷	۱۰	۴,۱۰۷	۳۳,۶۹	۱,۱۳
۱۱	۳,۶۴۷	۴۱,۲۰	۱,۲۰	۱۱	۴,۱۹۸	۳۳,۲۱	۱,۰۶
۱۲	۰,۵۷۹	۳۶,۹۰	۰,۸۷	۱۲	۴,۶۴۰	۳۶,۸۰	۱,۱۶
۱۳	۱,۶۰۷	۳۶,۳۴	۱,۲۴	۱۳	۳,۴۷۳	۳۶,۳۲	۱,۰۲
۱۴	۳,۰۳۹	۳۷,۷۱	۱,۰۸	۱۴	۲,۸۶۶	۳۰,۸۷	۰,۷۷
۱۵	۳,۱۶۷	۳۵,۹۰	۰,۹۸	۱۵	۳,۰۲۴	۲۷,۲۱	۰,۷۴
۱۶	۱,۹۶۰	۳۶,۴۳	۰,۷۸				
۱۷	۲,۱۳۸	۳۲,۹۹	۰,۸۱				
۱۸	۲,۷۵۰	۳۱,۳۴	۰,۸۰				

همان‌طور که در شکل(۷) مشخص است تغییرات حجم سیرک‌های یخچالی در دو دامنه بیشتر تابع تغییرات مساحت سیرک‌ها می‌باشد تا تغییرات ناشی از عمق که نسبتاً کم است و پارامتر تعیین کننده در توسعه هر سیرک، مساحت آن است. برای شناسایی یک سیستم ژئومورفیک نیاز است که پس از شناسایی اجزای سیستم به بررسی و درک نوع روابط موجود بین اجزای تشکیل دهنده سیستم پرداخته شود. در قلمروی یخچال‌های

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

کوهستانی اجزای سیستم شامل توده برف و یخ، شکل فرو رفتگی‌های توپوگرافی منطقه که محل تجمع و حرکت زبانه یخچالی می‌باشند. شکل‌گیری سیرک‌های یخچالی بدین صورت است که در ابتدا یخچال‌ها در فرورفتگی‌ها و شیارهایی که در دامنه وجود دارند شکل می‌گیرند و با گذشت زمان و رخداد فرسایش یخچالی در نتیجه حرکت یخچال از محل ابتدایی خود به مرور کف این شیارها و فرورفتگی‌ها کندوکاو شده و عمق آن‌ها افزوده می‌شود تا جایی که یک سیرک یخچالی شکل می‌گیرد. این پدیده در اثر حرکت یخ برفی در قسمت زیرین انجام می شود که در نتیجه این اعمال در پشت برجستگی خروجی، قطعه سنگ‌ها تا کف سیرک ظاهر می‌شوند(مقیمی، ۱۳۸۷). در این حالت تعادل بین لندفرم و فرآیند به طور دینامیک برقرار است یعنی با اضافه شدن بر حجم توده برف و یخ در نتیجه بارش میزان فشار ناشی از وزن زبانه یخچال بر سطح اضافه می‌شود. نتیجه این امر افزایش پس‌خوراند مثبت در سیستم است که سیستم(یخچال) برای تعدیل آن شروع به حرکت می‌کند و با فرسایش بیشتر کف سیرک این پسخوراند را تعدیل کرده و حالت تعادلی جدیدی با حجم یخچال بیشتر و اندازه سیرک بزرگتر به وجود می‌آورد. چنان‌چه ارتباط بین حجم یخچال و اندازه سیرک دچار پس‌خوراند منفی شود روند تغییرات رخ داده در سیستم تعادلی بدین صورت خواهد بود:

ابتدا در نتیجه خشک‌سالی و کاهش بارش یا افزایش میانگین دمای محیط، میزان ورودی برف و یخ به یخچال مورد نظر کاهش می‌یابد. این کاهش ورودی، و ذوب و تبخیر از سوی دیگر موجب بیلان منفی یخچال(نسبت ذوب یخچال بیشتر از ورودی برف و یخ آن می‌شود) در طول زمان می‌شود که حاصل آن کاهش حجم یخچال می باشد. در این حالت توده یخچال به تغییر رخ داده در ورودی سیستم واکنش نشان می‌دهد و با کاهش حجم در طول زمان به تدریج به سطح سیرک محدود می‌شود و حالت تعادل جدیدی با شرایط جدید به وجود آمده را شکل می‌دهد. در دیدگاه خودسازماندهی، سیستم با محیط خود تکامل می‌یابد به گونه‌ای که پس از مدتی، دیگر سیستم در طبقه‌بندی قبلی خود نمی‌گنجد. در اینجا عملکردها و وظایف سیستم به گونه‌ای تعریف می‌شوند که چگونگی ارتباط آن‌ها با جهان وسیع خارج از سیستم مشخص می‌شود. در سیستم‌های ژئومورفیک، آشفتگی‌های به وجود آمده، در نهایت، سیستم را به سوی تعادلی جدید سوق می‌دهد. در این دیدگاه نمی‌توان تعادل را به مفهوم پایداری مطلق دانست، به عبارت دیگر زمانی که از تعادل بین فرم و فرآیند صحبت می‌شود یعنی نوعی گرایش در آن‌ها برای رسیدن به پایداری دیده می‌شود. مراحل مختلفی که کل سیستم برای رسیدن به حالت تعادل سیر می‌کنند دلیلی بر وجود خودتنظیمی در سیستم است(شایان و همکاران، ۱۳۹۵). همانطور که ملاحظه می‌شود در دیدگاه سیستمی علاوه بر این‌که هر یک از اجزای تشکیل دهنده یک سیستم به آسانی بررسی و فهمیده می‌شود، درک رابطه بین آن‌ها نیز با وجود پیچیدگی بسیار خاصی که دارند، امکان‌پذیر است. در صورتی که اگر مطالعه عوامل به طور مجزا و مجرد و بدون توجه به نحوه ارتباط با سایر عوامل انجام پذیرد، آن مطالعه ناقص خواهد بود و ارزش کاربردی نخواهد داشت(رامشت و همکاران، ۱۳۸۰).

نتیجه گیری

سیستم مجموعه‌ای از اجزای به هم پیوسته است که بین آن‌ها ارتباطی منظم وجود دارد، از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند، بر هم اثر می‌گذارند، به صورت کل عمل می‌کنند و به سوی هدفی معینی در حرکتند. نگرش سیستمی دیدگاهی است که به ما اجازه می‌دهد تا نیروها و متغیرهایی که در محیط خارج و داخل یک مجموعه تأثیر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

اساسی دارند بشناسیم و به عملکرد و جایگاه آن‌ها در مجموعه پی ببریم. در ژئومورفولوژی به علت وجود و مشارکت نیروهای گوناگون در غالب فرآیندهای مختلف از یک سو و حضور عناصر و عوامل متعدد در شکل‌گیری نهایی یک لندفرم، دیدگاه سیستمی بسیار کاربردی و مورد استفاده است. به تدریج و با گسترش بیان روابط بین فرم و فرآیند در سیستم‌های ژئومورفیک با استفاده از روش‌های کمی و مورفومتریک موجب شد دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی بیش از پیش مورد توجه قرارگیرد. با استفاده از دیدگاه سیستمی در ژئومورفولوژی، ویژگی‌های قلمرو و فرم ها و فرآیندهای یخچالی از قبیل متوسط دما، وجود برف و یخ و لندفرم‌های یخچالی که در این مناطق شکل می‌گیرند و روابط بین آن‌ها همگی به عنوان یک سیستم ژئومورفیک یخچالی تعریف می‌شود. در این پژوهش به بررسی سیستم‌های ژئومورفیک یخچالی با در نظرگرفتن رویکرد سیستمی و ارتباط متقابل فرم و فرآیند در یخچال‌های اشترانکوه پرداخته شد. بررسی ژئومورفومتری سیرک‌های یخچالی منطقه اشترانکوه نشان می‌دهد این لندفرم ها برخلاف معمول سیرک‌های یخچالی بیشتر در جهت افقی و سطحی گسترش یافته‌اند تا در راستای عمق و در جهت عمودی، برای توجیه این مسئله ژنز و سنگ‌شناسی منطقه مورد بررسی قرارگرفت و نتایج نشان داد این منطقه، سازندی اغلب آهکی و کربناته دارد و خصوصیت کربناته بودن محیط موجب فعال شدن فرآیند انحلال در محیط شده است. بنابراین در این سیستم یخچالی عامل انحلال بیشتر از سایر عناصر فعال و تأثیرگذار است به طوری که کل سیستم را تحت تأثیر خود قرار داده و روند تغییرات در سیستم را هدایت می‌کند.

منابع

شایان، سیاوش؛ مقصودی، مهران؛ گل علیزاده، موسی؛ کرم، امیر(۱۳۹۵). **تئوری پیچیدگی و رویکرد کلاژیسم در سیستم های ژئومورفیک**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، **۶ (۲۶)**.

صفاری، امیر؛ رامشت، محمدحسین؛ حاتمی فرد، رامین(۱۳۹۲). **تبیین تحولات پالئوهیدروژئومورفولوژی منطقه کوهدشت**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۱۴(۳۳)**، ۷۵-۵۱.

رامشت، محمد حسین؛ نادری، محمد؛ فتوحی، صمد(۱۳۸۰). **نگرش سیستمی به ژئومورفولوژی**، رشد آموزش جغرافیا، **۵۸**.

عشقی، ابوالفضل(۱۳۸۳). **تحلیل سیستمی به عنوان یک الگوی پایه در روش تحقیق ژئومورفولوژی**، رشد آموزش در جغرافیا، **(۶۸)**، ۲۲-۲۹.

مقیمی، ابراهیم(۱۳۸۷). **ژئومورفولوژی اقلیمی، قلمروی سرد یخچالی**، انتشارات دانشگاه تهران.

یاراحمدی، داریوش؛ فتح نیا، امان اله؛ شرافت، مهدی(۱۳۹۲). **ارزیابی دمایی خط برف و شناسایی مناطق دارای پتانسیل ریزش برف در کوه های البرز با تصاویر NOAA-AVHRR**، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،**۲۰ (۵۶)**، ۳۰۴-۱۹۳.

یمانی، مجتبی(۱۳۸۶). **اندازه‌گیری حرکت سالیانه یخچال‌های علم‌کوه**، پژوهش های جغرافیای طبیعی، **(۶۷)**، ۵۲-۳۱.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]

Alexander, N. Lastochkin & Andrey, I. Zhirov & Sergei, F. Boltramovich. (2018). **System-morphological approach: Another look at morphology research and geomorphological mapping**, Geomorphology, **303**: 486–503.

Andreas C.W. Baas. (2007). **Complex systems in aeolian geomorphology, Geomorphology**, **91**: 311–331.

Berkes, F., Folke, C., Colding, J. (Eds.). (1998). **Linking Social and Ecological Systems**: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience, Cambridge University Press.

Dov Corenblit & Andreas C.W. Baas & Gudrun Bornette & José Darrozes & Sébastien Delmotte & Robert A. Francis & Angela M. Gurnell & Frédéric Julien & Robert J. Naiman & Johannes Steiger.(2001). **Feedbacks between geomorphology and biota controlling Earth surface processes and landforms**: A review of foundation concepts and current understandings, Earth-Science Reviews,**106**: 307–331.

Kirsten von Elverfeldt & Thomas Glade. (2001). **Systems theory in Geomorphology A challenge**, Zeitschrift für Geomorphologie, **55(3):** 087-108.

Lambin, E.F., et al. (2006). **Introduction: local processes with global impacts. In: Lambin, E.F., Geist, H. (Eds.), Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts**, Springer, Berlin Heidelberg, 1–8.

M.C. Thoms & H. Piégay & M. Parsons. (2018). **What do you mean, 'resilient geomorphic systems?**, Geomorphology, **305**: 8–19.

Magliocca, N.R., Rudel, T.K., Verburg, P.H., McConnell, W.J., Mertz, O., Gerstner, K., Heinimann, A., Ellis, E.C. (2015). **methodological patterns, challenges, and guidelines. Reg. Environ**, Synthesis in land change science Change, **15(2)**: 211–226.

Michael A. Summerfield. (2000). **Geomorphology and Global Tectonics**, wiley.

P. Meyfroidt & R. Roy Chowdhury & A. de Bremond & E.C. Ellis & K.-H. Erb & T. Filatova & R.D. Garrett & J.M. Grove & A. Heinimann & T. Kuemmerle & C.A. Kull & E.F. Lambin & Y. Landon & Y. le Polain de Waroux & P. Messerli & D. Müller & J.Ø. Nielsen & G.D. Peterson & V. Rodriguez García & M. Schlüter & B.L. Turner II & P.H. Verburg. (2018). **Middle-range theories of land system change**, Global Environmental Change, **53**: 52–67.

Rhoads. B.L and Thorn. C.E. (1999). **contern porary philosophical perspectives on physical Geograghy with emphasis on Geomorphology**, U.S.

Richard J. Chorley. (1962). **Geomorphology and General Systems Theory**, theoretical papers in the hydrologic and geomorphic sciences, 500-B.

Seif, A.(2015). **Equilibrium-line altitudes of Late Quaternary glaciers in the Oshtorankuh Mountain, Iran**, Quaternary International, **374**: 126-143.

Turner, B.L., Lambin, E.F., Reenberg, A.(2007). **The emergence of land change science for global environmental change and sustainability**, Proc. Natl. Acad. Sci, **104 (52)**: 20666–20671.

Verburg, P.H., Crossman, N., Ellis, E.C., Heinimann, A., Hostert, P., Mertz, O., Nagendra, H., Sikor, T., Erb, K.H., Golubiewski, N., Grau, R. (2015). **Land system science and sustainable development of the earth system: a global land project perspective**, Anthropocene, **12**: 29–41.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.2.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.64.445]