جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای (دوفصلنامه)
سال اول، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۸۹

حوضه‌های آبریز از دیدگاه سیستمی

(مطالعه موردی: حوضه آبریز رودگاماسیاب)

دکتر محمد حسین رامشت[۱]، عبدالمجید احمدی[۲]، هایده آراء[۳]

دریافت: ۱۳۸۹/۲/۱۲ پذیرش: ۱۳۸۹/۵/۳۰

چکیده

با ورود به نیمه‌دوم قرن بیستم، تحول بزرگی در دانش ژئومورفولوژی به وقوع پیوست که این تحول عظیم، چیزی غیر از به‌کارگیری نظریه سیستمی در زمینه‌های مختلف این دانش نبود و این امر باعث شد تا ژئومورفولوژی با به‌کارگیری این دستگاه معرفت‌شناسی در حل و تشریح پدیده‌های طبیعی، بیش‌ازپیش بر جنبه‌های کاربردی خود بیفزاید. ژئومورفولوژیست‌ها بویژه در ایران برای تحلیل مسائل خود به همان روش‌های قدیمی توسل می‌جویند و اگر در به‌کارگیری نظریه سیستمی، نیز کاری صورت گرفته باشد، بیش‌تر به تبیین این نگرش و چارچوب فکری آن توجه شده تا جنبه کاربردی و عملی آن برای تحلیل پدیده‌ها و حل مشکلات. به همین علت، نگاه سیستمی به حوضه‌های آبریز به عنوان یک سیستم فرایند – واکنش که قادر به تبادل جریانی از انرژی، ماده و اطلاعات است و بررسی و تحلیل اجزای تشکیل‌دهنده این سیستم، از جمله اهداف این مقاله است.

امروزه در جغرافیا و بویژه در ژئومورفولوژی و با توجه به ماهیت آن، نیاز به تجدیدنظر در روش و متدولوژی داریم؛ زیرا دیگر ژئومورفولوژی تنها تشریح هندسی پدیده‌ها و تنها ماده و انرژی نیست، بلکه پدیده‌هایی که فراتر از ماده حرکت می‌کنند و ما به آنها اطلاعات می‌گوییم را نیز دربرمی‌گیرد. این تحول است که سبب کاربردی شدن این دانش می‌شود (رامشت، ۱۳۸۰: ۱۳). داده‌های موردنیاز در این تحقیق، از طریق روش اسنادی و بررسی‌های کتابخانه‌ای (بررسی مقالات و کتب داخلی و خارجی) و جستجوهای اینترنتی به دست آمده است و در نهایت نتایج به دست آمده را در یکی از حوضه‌های آبریز مطرح کشور به‌کار گرفته و در این زمینه از داده‌ها و آمار اقلیمی و هیدرولوژیکی در دسترس در رابطه با حوضه مورد مطالعه نیز استفاده شده است.

کلیدواژه‌ها: ژئومورفولوژی، نظریه سیستمی، حوضه آبریز، سیستم‌های فرایند واکنش، گاماسیاب.

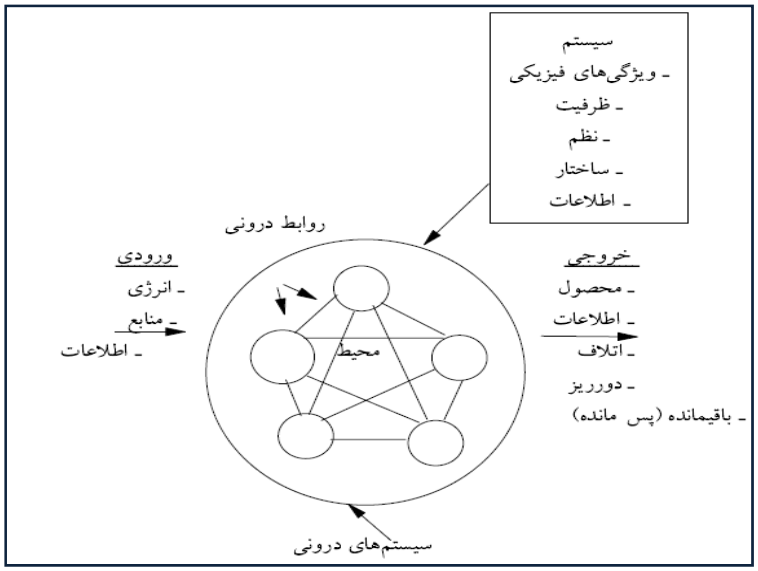
---

۱. دانشیار دانشگاه اصفهان.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس.
۳. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تربیت مدرس.

مقدمه

سیستم از نظر واژه‌شناسی دارای معانی گوناگونی است اما در متداول‌ترین معنا سیستم این‌گونه تعریف شده است: **"مجموعه یا طرز استقرار اجزایی که به‌گونه‌ای به هم مرتبط هستند و یک کل ترکیبی یا یکپارچه را بوجود می‌آورند"**، نظیر منظومه شمسی، سیستم مدرسه، سیستم بزرگراه‌ها و غیره. سیستم به هرگونه‌ای که باشد ماهیت وجودی آن به منظور تحقق هدف یا اهداف خاصی است و دارای اجزایی است که ماهیت وجودی سیستم بر آنها مبتنی است و یاری‌رسان سیستم در تحقق اهداف آن است. این اجزاء شامل ورودی، خروجی، پردازش، کنترل و بازخورد هستند. علاوه برآنها هر سیستم دارای محیطی است که متمم اجزای یک سیستم است (عشقی، ۱۳۸۳: ۲۵ – ۲۲). از جمله دیدگاه‌ها و نگرش‌هایی که چارچوب روش‌شناختی جهت تحقیق و بررسی ساخت و کارکرد یک سیستم فراهم می‌آورد، نگرش سیستمی است (صادقی، ۱۳۷۷: ۱۱- ۲۶). در همین رابطه، نگرش سیستمی که انقلابی در شیوه‌های تفکر به‌شمار می‌آید، آمیزه‌ای از روش قیاسی و استقرایی است که ضمن برخورداری از محاسن هر دو روش، فاقد عیوب آنهاست. در این نگرش هم کلّیت پدیده‌ها و هم ارتباط بین اجزای تشکیل‌دهنده آن مورد توجه قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر تنها به بررسی اجزاء اکتفا نمی‌شود، زیرا کُلّ موجود، کلّیتی دارد که با تک‌تک اجزاء متفاوت است. در عین حال نحوه ارتباط متقابل اجزاء با یکدیگر، تغییراتی در کل آن پدید می‌آورد که توجه به آن الزامی است.

چارچوب منطقی و علمی نگرش سیستمی با سایر نگرش‌ها متفاوت است که از چند بُعدی‌بودن آن ناشی می‌شود، لذا افرادی که قالب ذهنی خود را بر مبنای نگرش سیستمی استوار می‌سازند به شناخت کامل‌تری از محیط خود دست می‌یابند و با آگاهی از سیستم‌های گوناگون، روابط آنها و شناخت نقش و موقعیت خود در هر یک از آنها، میزان تأثیر و تأثراتشان را بر یکدیگر ارزیابی می‌کنند. از جمله مهمترین ویژگی‌های این دستگاه معرفت‌شناسی موارد زیر هستند.



شکل ۱ : تصویر عمومی از یک سیستم

۱. در این روش، سیستم در ارتباط با اطرافش مطالعه می‌شود، به عبارت دیگر، در این دستگاه معرفت‌شناسی درک روابط اجزاء مورد نظر است و نه ماهیت عناصر و اجزا؛
۲. قلمرو آن فراتر از ماده است و معقولات را نیز شامل می‌شود؛
۳. مقوله ارزش‌ها در این دستگاه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛
۴. در این روش، برنامه‌ریزی با توجه به اهداف صورت می‌گیرد نه با توجه به اجزاء فعالیت‌ها؛
۵. انسان در این دیدگاه جایگاه خاصی دارد؛
۶. علیت، تنها الزامی کافی و لازم در تبیین عملکرد سیستم‌ها به شمار نمی‌آید (رامشت، ۱۳۸۰:۱۳).

روش تحقیق

روش تحقیق از نوع توصیفی ـ تحلیلی است. که در این زمینه از روش اسنادی و بررسی‌های کتابخانه‌ای، جستجوهای اینترنتی، بررسی نقشه‌ها و عکس‌های هوایی منطقه موردمطالعه و بررسی‌های میدانی نیز بهره گرفته شده است. و در نهایت نتایج به دست‌آمده را در یکی از حوضه‌های آبریز مطرح کشور به‌کار گرفته و در این زمینه از داده‌ها و آمار اقلیمی و هیدرولوژیکی مرکز آمار ایران و مرکز هواشناسی کشور در رابطه با حوضه نیز استفاده شده است.

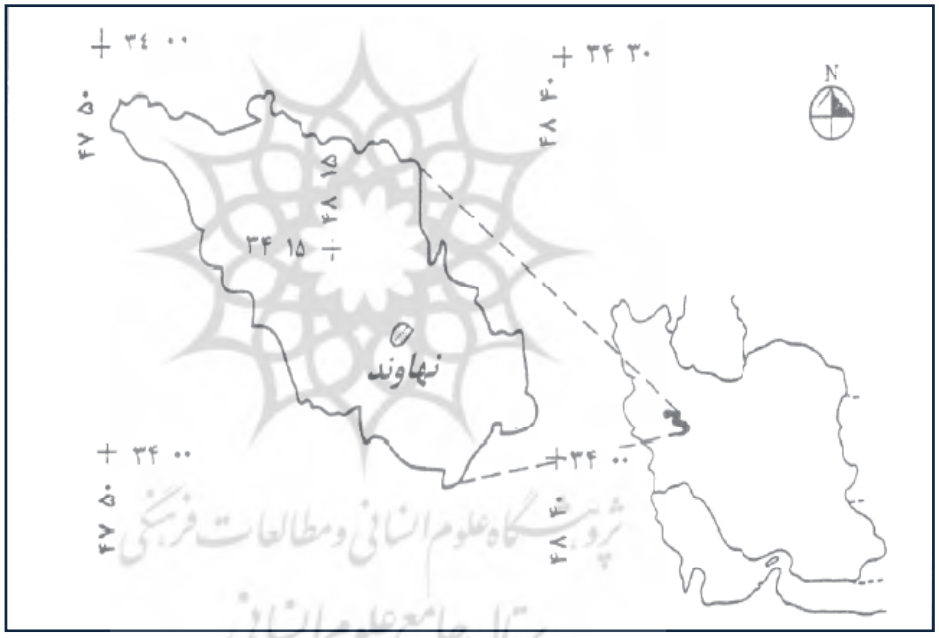
پیشینه تحقیق

نگرش سیستمی پیشینه‌ای بسیار قدیمی دارد. از زمان‌های دور دانشمندانی چون *ارسطو*، *افلاطون*، *ابن‌خلدون*، *مولوی* و بعدها *هگل*، *هرمان هسه* و .... به مفهوم سیستم توجه داشته‌اند. علاوه بر این ادیان بزرگ الهی نیز با تکیه بر توحید محض جلوه‌ای از جهان‌بینی کل‌گرایانه را به نمایش گذاشته‌اند. در قرن حاضر *هنری کندال* از پیشروان کاربرد این نگرش است با این حال، می‌توان واضع نظریه عمومی سیستم‌ها را *لودویک فون برتالانفی*، فیلسوف شهیر اتریشی دانست (موحددانش، ۱۳۷۳). این نگرش برای اولین بار توسط شوله در جغرافیای طبیعی و *گیلبرت* (که روابط متقابل نیروهای فرسایشی و مقاومت سنگ‌ها را از طریق آن در سطح زمین تشریح کرد)، در ژئومورفولوژی مطرح شد و با پیشگامی افرادی چون *استرالر* و *چورلی* از دهه ۱۹۵۰ میلادی به طور اصولی در ژئومورفولوژی توسعه یافت. این دو جغرافیدان، مجموعه‌ای از تمامی گزارش‌های ژئومورفولوژیک دانشمندان پیشین را در زمینه تحلیل سیستمی گردآوری کردند تا بتوان از آن‌ها در بررسی‌های زمین ریخت‌شناسی دیگر نواحی استفاده کرد. بخش دیگری از توسعه نظریه تحلیل سیستمی مرهون وارد شدن روش‌های کمی (ریاضیات و آمار) در تحقیقات ژئومورفولوژیک بوده است. برای مثال *هورتون*، در سال ۱۹۴۵، مدل‌های کمی شبکه‌های زهکشی را در حوضه‌های آبریز مطرح و آن‌ها را تحلیل آماری کرد. از دهه ۱۹۷۰به بعد، روابط بین عناصر و فرایندها در سیستم‌های ژئومورفیک (مانند سیستم دره، سیستم‌های کارست، سیستم دامنه و...) از طریق روش‌های کمی توسعه 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، به طوری که مدل‌سازی روابط میان عناصر در واحدهای ژئومورفولوژیک متفاوت بسط یافت و مسائل نسبتاً زیادی از دهه ۱۹۸۰ در مورد سیستم‌های زمین ریخت‌شناسی مطرح شد (علیجانی، ۱۳۷۴، ۳۵). اما، جدیدترین مطالعات سیستماتیک محیط‌های جریانی مرهون تلاشهای افرادی چون *واسون* (۱۹۹۶)، *اوانز* (۲۰۰۳)، *لانگ* (۲۰۰۳) و *والینگ* (۲۰۰۳) است (Lewin, 1995, 115).

موقعیت و مساحت منطقه مورد مطالعه

این حوضه در غرب کشور، در محدوده استان‌های همدان، کرمانشاه و لرستان واقع شده است. رود گاماسیاب از چشمه کارستیک گاماسیاب در۲۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر نهاوند و در فاصله

اندکی از جاده ارتباطی نهاوند به نورآباد لرستان، از ارتفاع ۱۸۶۰ متری سرچشمه می‌گیرد. این رود پس از طی مسیری نسبتاً طولانی در استان همدان، وارد استان کرمانشاه شده و در قلمرو این استان، رود جامیشان و قره‌سو را دریافت می‌کند. این رودخانه تا محل تلاقی گاماسیاب با قره‌سو "گاماسیاب" نامیده می‌شود. رودخانه گاماسیاب در منطقه بیستون به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد و رودخانه سیمره را تشکیل می‌دهد (کرستن، ۱۰:۱۳۸۵)، سپس وارد استان لرستان شده و در نهایت پس از دریافت شاخه‌ای به نام کشکان در استان خوزستان، کرخه نامیده می‌شود. بنابراین گاماسیاب از سرشاخه‌های اصلی سیستم کرخه محسوب می‌شود (Absalon 2007, 92-106). این حوضه، تنها حوضه غیربسته ایران است و اگر مجموعه حوضه‌های مرکزی را یک حوضه درنظر نگیریم، بزرگترین حوضه منطقه‌ای کشور به شمار می‌رود (نقیب‌زاده، ۲۶۶:۱۳۷۳). مختصات جغرافیایی این محدوده، ´۵۷ و°۳۳ تا ´۲۷و°۳۴درجه عرض‌شمالی و ´۵۳ و°۴۷ تا ´۳۷ و°۴۸ طول‌شرقی و مساحت آن، برابر با ۱۷۰۶/۳۸کیلومترمربع است (شایان،۱۳۷۹: ۲۳و۲۲).



شکل ۲: نقشه موقعیت حوضه آبریز گاماسیاب در غرب کشور

بحث

انواع سیستم در ژئومورفولوژی

ساخت سیستم‌ها، ممکن است در سه مقوله جدا از هم مورد بحث قرار گیرد: سیستم‌های بسته که به دلیل بسته‌بودن مرزهایشان، در آنها هیچ نوع ورودی و خروجی صورت نمی‌گیرد. سیستم‌های باز که در آنها ورود و خروج جریان انرژی، مواد و اطلاعات در جهت پایداری سیستم، انجام می‌گیرد و در نهایت سیستم‌های نیمه‌بسته که در این گونه سیستم‌ها، تبدیل جرم به انرژی صورت گرفته، اما انتقال انرژی به جرم امکان‌پذیر نیست. تقریباً تمامی سیستم‌های ژئومورفولوژیکی موجود در طبیعت از نوع سیستم‌های باز بوده و جریانی از تبادلات انرژی و مواد، میان این‌گونه سیستم‌ها و محیط حائل‌کننده آنان وجود دارد. به منظور آشنایی با انواع سیستم در ژئومورفولوژی، نگاهی اجمالی به سه سیستم مطرح در این علم ضروری به نظر می‌رسد.

الف) سیستم‌های مورفولوژیکی

در این نوع سیستم‌ها، روابط متقابل آماری بین داده‌های حاصل از بررسی فرایندهای زمین شکل‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و معمولاً ارتباط ساختاری دقیقی بین عناصر، فرایندها و فرم‌های حاصله در این نوع سیستم وجود دارد. به عبارت دیگر، یک سیستم مورفولوژیکی، به صورت بسیار ساده از خواص آنی – فیزیکی تشکیل شده است که به وسیله رابطه‌های قوی بین خواص مورفولوژیکی روشن می‌گردد (مقیمی،۱۳۸۷: ۲۱ـ۲۲). برای مثال در یک سیستم زهکشی حوضه آبریز، آبراهه اصلی از ترکیب رده‌های اول، دوم، سوم و رده‌های بعدی تشکیل می‌شود. یکی از مهمترین ویژگی‌های سیستم‌های مورفولوژیکی، خاصیت سلسله مراتبی آن‌هاست. هر سیستم ویژه، حاصل ترکیب چندین زیرسیستم است، اما هر یک از این زیرسیستم‌ها، خود جزئی از یک سیستم کلی هستند و تغییرات در آن‌ها می‌تواند بر کل سیستم اثر بگذارد.

ب) سیستم‌های حامل و هادی (کاسکید)

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 رواناب درمی‌آید و در داخل خاک نفوذ می‌کند. طی این مسیر، مقادیری مواد سطحی نیز به درون قشرهای خاک وارد می‌شوند (علیجانی،۳۵:۱۳۷۴). بیشتر تغییرات در این سیستم ناشی از ورود انرژی خورشید به اتمسفر زمین است که به اشکال مختلفی تبدیل شده و در نهایت سیستم را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

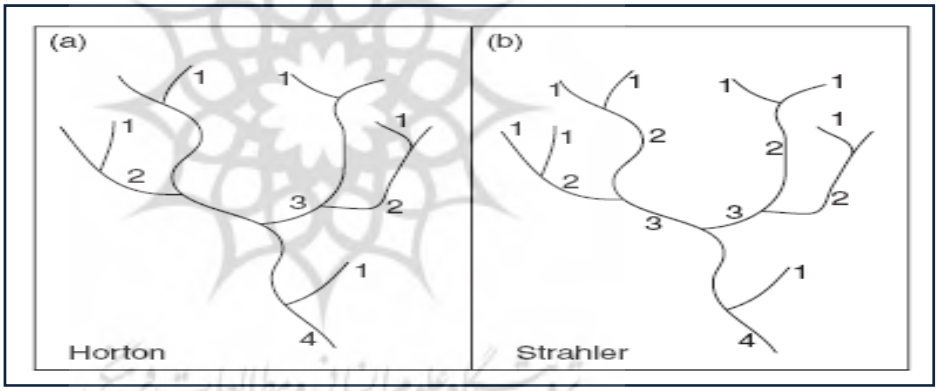
ج) سیستم‌های فرایند – پاسخ (روند - واکنشی)

این سیستم حداقل از تعامل یک سیستم مورفولوژیکی و یک سیستم جریانات منتظم ماده و انرژی تشکیل شده است. معمولاً این نوع از سیستم برای رسیدن به تعادل بین متغیرهای مورفولوژیکی در یک حداقل زمانی عمل می‌کند. عملکرد این سیستم‌ها معمولاً از طریق مکانیزم‌های خود نظم صورت می‌گیرد. یک نمونه از خودنظمی در متغیرهای مورفولوژیکی را ممکن است در ارتباطات معمولی جویبارهای یک دامنه پیداکرد. جابجایی مواد رسوبی به وسیله فرایندهای رودخانه‌ای مثال روشنی از این مورد است. به عبارت دیگر تغییرات در متغیرهای مورفولوژیکی ممکن است بر روی عملکرد سیستم جریانات منتظم ماده و انرژی تأثیر بگذارد (مقیمی، ۱۳۷۸، ۲۱- ۲۲).

حوضه آبریز از دیدگاه سیستمی

از میان سیستم‌های باز، بسته و نیمه‌بسته، سیستم‌های باز در جغرافیا و بویژه در ژئومورفولوژی از اهمیت خاصی برخوردارند. شاید بتوان یکی از دلایل اصلی اهمیت سیستم‌های باز را، پویایی و فعل‌وانفعالات سیستم طبیعت چه در مقیاس کلان و در حدتبادلات آن با فضای کیهان و چه در مقیاس‌های ریزتر و در حدتبادلات یک حوضه آبریز با محیط پیرامون و به‌دنبال آن دریافت ورودی‌های خاص از محیط خود و خروج این ورودی‌ها به شکل دیگری و باز هم به همان محیط احاطه‌کننده سیستم دانست.

حوضه آبریز، به عنوان چارچوب و واحد ژئومورفولوژیکی دربرگیرنده مورفوسیستم‌های رودخانه‌ای است (زمردیان،۱۳۸۱:۹۴)، که شوم آن را منطقه وسیعی شامل زهکش‌های تقسیم‌شده در محل تجمع آب و رسوبات، مسیر کانال و دره‌های حوضه زهکش و منطقه نهشته‌گذاری رسوبات همچون اقیانوس‌ها تعریف می‌کند (Patrick 2003, 2086)، به دلیل تبادلات انرژی و ماده‌ای که این حوضه‌ها در قلمرو خود دارند، می‌تواند به عنوان یک سیستم باز قلمداد گردند. گذشته از جریان تبادلات انرژی، ماده و اطلاعات در یک حوضه آبریز با محیط پیرامونش، الگو و وضعیت آرایش زهکش‌ها در یک حوضه نیز می‌تواند حاکی از حاکمیت قواعد و اصول سیستمی در آن‌ها باشد. در یک رتبه‌بندی دقیق، استرالر، روشی را برای رتبه‌بندی شاخه رودها به کار گرفته است که بر اساس آن، در یک سیستم زهکشی حوضه آبریز، آبراهه 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، دخیل هستند. در این روش، شاخه رودهای کوچک می‌تواند در سرنوشت رتبه یا زهکش اصلی که آبها را از منطقه خارج می‌کند مؤثر باشد (رامشت، ۱۳۷۵:۱۴۴).



شکل ۳: طبقه‌بندی آبراهه‌ها به روش هورتن (الف) و استرالر (ب (۲۷)

در صورت پذیرش حوضه‌های آبریز به عنوان یک سیستم باز، دانستن مفاهیمی اساسی و خاص لازم به نظر می‌رسد. این مفاهیم را *استرالر* در سال ۱۹۷۳ چنین بر شمرده است:

- قلمرو و حوزه سیستم‌ها دارای مرزهایی است که می‌تواند حقیقی یا اعتباری باشد.
- سیستم‌ها قادر به تبادل انرژی و ماده در درون خود و خارج از خود هستند.
- در یک سیستم، معابر انتقال و عبور انرژی و ماده وجود دارد.
- در درون یک سیستم، مواد می‌توانند از مکانی به مکان دیگر جابه‌جا شوند و یا به واسطه‌ی کنش‌های شیمیایی تغییر یابند.
- سیستم‌های باز به نوعی تعادل دینامیکی یا پایداری تمایل دارند و این حالت (پایداری) تا زمانی که میزان انرژی و ماده ورودی سیستم با میزان انرژی و ماده خروجی از آن برابری کند، ابقاء می‌شود.
- وقتی تغییری در تعادل میزان ورودی و خروجی یک سیستم (باز) به وجود می‌آید، سیستم درصدد دست‌یابی به یک تعادل دینامیکی جدید برمی‌آید. مدت‌زمانی که برای دستیابی به تعادل جدید به طول می‌انجامد، حالت گذار آن تلقی می‌شود. طول این مدت به حساسیت‌های سیستم بستگی خواهد داشت.
- میزان ذخیره انرژی و ماده در یک سیستم با میزان جریان انرژی و ماده به درون سیستم، تغییر می‌یابد. این تغییر سیری هماهنگ با افزایش و کاهش مقدار انرژی و ماده ورودی به سیستم دارد.
- هرچه ظرفیت ذخیره‌سازی سیستم بیشتر بوده باشد، به همان نسبت حساسیت آن در برابر تغییرات کمتر خواهد بود (جرارد، ۳۷:۱۳۷۵).

اجزا و عناصر حوضه‌های آبریز

الف) ورودی‌های یک سیستم حوضه آبریز

درون‌داد یا داده‌ها عبارتند از کلیه آنچه که به نحوی وارد سیستم می‌شوند و فعالیت سیستم را امکان‌پذیر می‌سازند. در یک حوضه آبریز، ورودی‌ها به صورت انرژی حرارتی (از خورشید)، انرژی جنبشی و پتانسیل (از بارش)، انرژی پتانسیل (از فعالیت تکتونیکی) و انرژی شیمیایی (در نتیجه فرایندهای هوازدگی و تخریب سنگ‌ها) است (مساح و مرید، ۱۳۸۴: ۱۸ـ۱۷).

بر اساس موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه، میزان دریافت انرژی خورشیدی برابر با ۱۴۰ کیلوکالری بر هر سانتی‌مترمربع است که از طریق حاصلضرب این عدد بر مساحت حوضه به سانتی‌مترمربع، میزان انرژی خورشیدی وارد شده به حوضه، معادل ۲۳۸۸۹۳۲۰۰۰۰ کیلوکالری است (White,1992: 306). دامنه نوسانات دمای سالانه در حوضه به ۷۶ درجه سانتی‌گراد بالغ می‌شود. همچنین میزان بارندگی متوسط سالیانه حوضه، ۴۲۴/۵ میلی‌متر بوده که ۴۵ تا ۵۰ درصد این بارش‌ها، در فصل زمستان، ۱۹ تا ۲۶/۸ درصد در فصل بهار، ۰/۲۸ تا ۰/۹۹ درصد در فصل تابستان و ۲۸/۳۷ تا ۳۲ درصد در فصل پائیز است. بخش اعظم بارندگی‌ها در ماههای سرد سال صورت می‌گیرد، به همین علت، اغلب ریزش‌های جوی منطقه به شکل برف نازل می‌شوند و بر سطح ارتفاعات انباشته شده و ذخایر آبی منطقه را تشکیل می‌دهند. شدت بارندگی ۲۴ ساعته در محدوده مورد مطالعه، به حداکثر ۴۸ میلیمتر در ماه مه می‌رسد. به علت تفاوت در دریافت انرژی خورشیدی بین دامنه‌های رو به آفتاب و پشت به آفتاب، دامنه‌های شمالی و جنوب‌شرقی منطقه تا مدت زیادی از سال ذخیره برف خود را حفظ می‌کنند و دامنه‌های به سمت داخل حوضه، به همین علت مرطوب‌تر و سرسبزتر و برف‌گیرتر از دامنه‌های به سمت خارج حوضه هستند. این تفاوت در دریافت ریزش‌های جوی و انرژی خورشیدی، حتی سبب تفاوت در فرایندهای تحول ناهمواری‌ها و عوارض ویژه آن‌ها در مکان‌های متفاوت حوضه می‌شود (شایان، ۱۳۷۹: ۲۳و۲۲).

ب) فرایند تبدیل

درون‌دادی که به سیستم وارد می‌شود، طبق فرایند سیستم، در جریان تغییر و تبدیل قرار می‌گیرد. در واقع، در سیستم کاری انجام می‌شود و در داده‌ها تغییر پدید می‌آید. در درون سیستم‌های جریانی نیز، می‌توان شاهد تغییر و تبدیل صور مختلف انرژی بود، در واقع، این سیستم‌ها نیروی خود را از تبدیل شدن انرژی پتانسیل خورشیدی و نیروی جاذبه به انرژی جنبشی و حرارتی می‌گیرند. بخش قابل توجهی از انرژی در اثر اصطکاک حاصل از تلاطم و آشفتگی درونی جریان از بین می‌رود، اما ۲ تا ۴ درصد از کل انرژی پتانسیل جریان آب در جریان فرسودن بستر صرف فعالیت‌های مکانیکی فرسایشی و انتقالی می‌شود ((Bogarrt, 2003,20-86). به

عبارت دیگر، استفاده از انرژی در سیستم جریانی به دو صورت انجام می‌گیرد: بیش از ۹۵ درصد، صرف غلبه بر کشش اصطکاک حاشیه آبراهه می‌شود که میزان این انرژی، بسته به اندازه و شکل آبراهه و زبری بستر و ساحل آن متغیر خواهد بود. در این حالت، این انرژی مصرف شده به گرما تبدیل شده و از طریق تابش و رسانش (هدایت) از بین می‌رود. باقیمانده انرژی وارده به انرژی مکانیکی تبدیل شده و برای انتقال نهشته‌ها و فرسایش صرف می‌شود. همچنین، در طول زمان بارش، بخشی از بارش‌ها مستقیماً بر سطح مجرا می‌ریزد، که این میزان زمانی که حوضه منطقه‌ی وسیعی را در بر می‌گیرد، بیشتر خواهد بود. بخشی از این آب بر سطح دامنه‌ها و حوضه جریان می‌یابد، اما بخش دیگری از آن به آب‌های زیرزمینی نشت می‌کند، (به عنوان برون‌ریز آبراهه)، و یا در سدهای مصنوعی یا طبیعی ذخیره می‌شود که خود بعدها ممکن است از طریق نشت ذخایر آب‌های زیرزمینی مجدداً به آبراهه بازگردد یا مورد مصرف قرار گیرد. از سوی دیگر بخشی از این ورودی آبی، از طریق تبخیر از بین می‌رود. در منطقه مورد مطالعه، بخش عمده‌ای از انرژی جریانی رود صرف اصطکاک با بستر و کناره‌ها و موانع موجود برسر راه جریان آب و قسمتی از این انرژی که باقی می‌ماند، صرف فرسایش کناره‌ای مجرا و حمل مواد منفصل می‌شود. بر اساس محاسبات انجام شده، میزان تولید رسوب سالیانه در هر کیلومترمربع در حوضه مورد مطالعه برابر با ۲۳۰/۷۴ تن است که مسئولیت بخشی از تولید این حجم رسوب، علاوه بر فعالیت فرسایشی خود سیستم جریانی گاماسیاب، متوجه نوع فعالیت‌های انسانی و برخوردهای بشر با محیط زندگی خویش است. همچنین مقدار رسوب سالیانه که با استفاده از روش‌های آماری موجود و همچنین داده‌های مرکز هواشناسی و ... به دست آمده است، در کل حوضه ، برابر با ۱۸۶۵/۴۲ تن در روز است و دِبی ویژه رسوب در آن، برابر با ۲۳۰/۷۴ تن در کیلومتر مربع در سال است (وزارت کشاورزی، ۱۳۷۵). پراکندگی و میزان بار معلق، در ایستگاه انتهایی حوضه (دوآب و در ارتفاع ۱۴۲۰ متری) در صورت وجود آبدهی حدود ۱۰۰ متر مکعب در ثانیه، ممکن است در یک روز به ۱۱۰ هزار تن برسد، این در حالی است که این رقم در ایستگاه اولیه حوضه (سنگ سوراخ در ارتفاع ۱۸۰۰ متری) در روز حداکثر به ۱۰ هزار تن می‌رسد. تفاوت در جنس مواد تشکیل‌دهنده حوضه (در سنگ سوراخ، اغلب آهکی و در دوآب، اغلب ترکیبی از انواع

سنگ‌های آهکی، دگرگونی و کنگلومرایی)، وسعت حوضه و پوشش گیاهی از جمله عوامل دخیل در میزان تفاوت در رسوب تولید شده است (شایان، ۱۳۷۲: ۲۳ـ۲۲). همان‌گونه که ذکر شد، بخشی از ورودی آبی در یک حوضه آبریز، از طریق تبخیر مستقیم از بین می‌رود که در این رابطه و بر اساس آمارهای ارائه شده ایستگاه تبخیرسنجی فیروزآباد، میزان تبخیر سالیانه اندازه‌گیری شده در حوضه، ۱۵۸۶ میلی‌متر برآورد شده است (Marsh, 2002, 69). از سوی دیگر با توجه به غلبه آهک‌ها در ناهمواری‌های منطقه و رژیم کاستی آب‌ها و تشدید فعالیت‌های انحلالی در آهک‌ها در فصل سرد سال، می‌توان به اهمیت ریزش‌های جوی زمستانی در منطقه پی برد. بخش عمده این برف‌ها تا اواسط و یا اواخر فصل گرم سال برجای می‌مانند و درون پلیه‌ها، درزها و شکافها و حفره‌های متعدد موجود در ناهمواری‌های آهکی منطقه جای می‌گیرند و ذوب تدریجی آن‌ها سبب تداوم جریان چشمه‌های کارستیک موجود در منطقه می‌شود و رژیم جریانی قابل اطمینانی را برای فعالیت‌های کشاورزی در فصول کم آبی و خشک فراهم می‌آورند. همچنین استقرار برف و ذوب تدریجی آن در سازندهای آهکی منطقه، سبب تداوم و تشدید عمل انحلال شده و در تشکیل ناهمواری‌های کارستیک و تحولات آن‌ها نقش انکارناپذیری دارد (شایان، ۱۳۷۹: ۲۳ـ۲۲). وجود مخروط افکنه‌ها با نفوذپذیری مناسب، واریزه‌های دامنه‌ای در حاشیه دشت و تعدد چشمه‌های کارستیک در حاشیه دشت نهاوند و رسوب‌های آبرفتی در دشت مذکور، همگی سبب شده‌اند که میزان قابل توجهی از آب حوضه گاماسیاب، جذب سفره‌های آب زیرزمینی گردد که به طرق مختلف (چاه عمیق و نیمه‌عمیق، قنات‌ها و چشمه‌ها)، دوباره به سطح زمین راه یافته و مورد بهره‌برداری متمرکز قرار می‌گیرند. آبدهی سالیانه چشمه‌های منطقه از ۱۵۰۰ لیتر در ثانیه تا یک لیتر در ثانیه تغییر می‌کند. تخلیه چشمه‌های منطقه، ۱۱۷ میلیون مترمکعب در سال و دبی لحظه‌ای کل چشمه‌ها برابر با ۳۷۱۰ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شده است. همچنین قنات‌های منطقه دارای آبدهی نسبتاً مناسبی هستند و آبدهی آن‌ها از ۱۱۰ لیتر در ثانیه تا یک لیتر در ثانیه متغیر است. حجم کل آبی که توسط قنات‌ها تخلیه می‌گردد، ۶۰/۴۷ میلیون مترمکعب در سال اندازه‌گیری شده است (وزارت کشاورزی، ۱۳۷۵) .

ج) برون‌داد سیستم

از کل حوضه مورد مطالعه، در هر سال، ۲۳۹/۷ میلیون مترمکعب آب به شکل روان‌آب‌های زمستانه خارج می‌شود. هچنین، سالیانه ۸۴۲۲۰/۱ تن رسوب، به شکل بار محلول از منطقه خارج می‌شود. همچنین حداکثر آب‌دهی متوسط سالانه در نقطه خروجی حوضه و در ایستگاه دوآب، ۲۰/۲۳ مترمکعب در ثانیه و با ضریب تغییرات ۴۵/۲ درصد است که این میزان به طول رود و تعداد شاخه‌هایی که در طول مسیر حرکت دریافت می‌کند و استفاده از آب برای فعالیت‌های زراعی و باغداری در طول مسیر جریان و تغییر در میزان دریافت بارش‌ها بستگی خواهد داشت. بررسی میزان آبدهی فصلی در سیستم گاماسیاب، نشان‌دهنده این مورد است که فصل بهار، مرطوب‌ترین فصل و فصل تابستان، خشک‌ترین فصل در این سیستم محسوب می‌شود. ضریب تغییرات ماهیانه آبدهی در این حوضه، حداکثر ۱۷۲/۶ درصد و حداقل ۲۱/۹ درصد بوده است (شایان، ۱۳۷۹: ۲۳ـ۲۲).

د) بازخورد

هرگاه دو سیستم **الف** و **ب** را که به طور دینامیکی با یکدیگر مرتبط‌اند درنظر بگیریم، ارتباط این دو سیستم می‌تواند به دو صورت باشد: نخست ارتباط یک طرفه بدین معنی که مثلاً سیستم **الف** و رفتار آن بر روی سیستم **ب** تأثیر بگذارد اما سیستم **ب** و رفتار آن بر روی سیستم **الف** تأثیری نداشته باشد. مورد دوم این است که ارتباط دو سیستم **الف** و **ب** به‌گونه‌ای باشد که دارای روابط دو جانبه باشند. در این حالت، که دو سیستم بر یکدیگر تأثیر متقابل دارند، گفته می‌شود که بین آن دو سیستم بازخورد یا پس خوراندگی وجود دارد. بازخورد را می‌توان در حکم فرایندی دانست که به وسیله آن هرگاه تغییری در یکی از متغیرهای سیستم صورت گیرد، این تغییر، سرانجام به سراسر ساختار سیستم انتقال می‌یابد. در مکانیسم بازخورد سیستم‌های مکانیکی و سیستم‌های طبیعی به صور مختلف پیچیدگی وجود دارد. از جمله در سیستم‌های باز که با محیط خارج از خود در حال نوعی دادوستد هستند، مکانیسم بازخورد دیده می‌شود (مقیمی، ۱۳۷۸: ۲۲ـ۲۱).

براساس نگرش *لودویگ فون برتالنفی*، بازخورد فرایندی درونی است که در آن، بخشی از ستاده به عنوان اطلاعات به درون‌داد بازخورانده می‌شود و به‌این ترتیب، سیستم خود را کنترل می‌کند. بازخورد بر دو نوع است:

- **بازخورد مثبت** که سبب افزایش آنتروپی در سیستم می‌شود. به عبارت دیگر بازخورد مثبت، هنگامی رخ می‌دهد که تغییر در درون‌داد بر اثر عملکرد سیستم زیاد شود، به طوری که تأثیر آن تشدید شود یا ادامه یابد (چورلی، ۱۳۷۵). این نوع بازخورد در حکم اطلاعاتی است که به مکانیسم‌های کنترلی هشدار می‌دهد که روند عملکرد سیستم در جهت مطلوب نیست و باید از تحریکات وارد به سیستم کاسته شود (مقیمی، ۱۳۷۸: ۲۲ـ۲۱). به‌عنوان مثال و بر اساس تحقیقات میدانی، تجربیات آزمایشگاهی و مدل‌های رقومی، تغییر شکل بستر، در اثر بالاآمدگی که باعث ایجاد اغتشاش در شبکه‌های جریانی می‌گردد را می‌توان به عنوان یک بازخورد مثبت دانست.
- **بازخورد منفی** بی‌نظمی سیستم را کاهش می‌دهد و میل به حفظ وضع موجود دارد. به عبارت دیگر، در بازخورد منفی، دریافت اطلاعات موجود منجر به تقویت جریان ورودی و تحریک و ادامه رفتار سیستم در وضع کنونی می‌گردد. *گیلبرت*، مفهوم بازخورد منفی را برای بیان وضعیت درجه‌بندی شده‌ای به کار گرفت که در آن یک رود تا جایی که می‌تواند باری را جابه‌جا می‌کند اما اگر مقدار بیرونی تخلیه بار یا خرده‌های تخریبی تغییر نکند، رود در زمانی کوتاه، نه فرسایش می‌دهد و نه رسوب می‌کند. اگر جریان درجه‌بندی شده به بخشی با شیب تندتر برسد، سرعت آن افزایش یافته، جابه‌جایی بیشتر و بار و فرسایش زیادتری را دربرمی‌گیرد و سبب کم شیب‌تر شدن بستر می‌شود. رسیدن جریان به بخشی با شیب کمتر، تأثیر معکوس داشته، سبب افزایش شیب بستر بر اثر رسوب‌گذاری می‌شود. بدین‌ترتیب، جریان درجه‌بندی شده بین فرسایش، جابه‌جایی، رسوب‌گذاری و خراشیدگی در همه بخش جریانی خود تعادل ایجاد می‌کند تا "نیمرخ تعادلی" صاف و طولانی خود را ترسیم کند (چورلی، ۱۳۷۵).

به طور کلی بازخورد مثبت و منفی در داخل همه اکوسیستم‌های طبیعی با هم کار می‌کنند تا تعادل لازم در اکوسیستم برقرار گردد، اما رسیدن به این تعادل ممکن است که در زمانی کوتاه و یا طولانی صورت گیرد (مقیمی، ۱۳۷۸: ۲۲ـ۲۱).

دامنه‌ها و مجاری رودها در حوضه گاماسیاب، از عمده عوارض ژئومورفولوژیک‌اند که انسان در آن‌ها تغییرات بیشتری را ایجاد کرده است. مجاری رودها به این علت که دارای عوارض نسبتاً پویایی هستند، به خاطر آب و تدارک رسوب و چسبندگی کناره‌هایشان، عمدتاً در معرض تغییرات انسانی و تأثیرات وی قرار گرفته‌اند (Ribolini, 2008: 253). از جمله فعالیت‌های تخریبی بشر در سطح این حوضه به عنوان نوعی بازخورد مثبت که در جهت عدم‌تعادل در سیستم عمل می‌کند عبارتند از:

۱) بهره‌برداری از معادن روباز، همچون معادن سنگ ساختمانی (تراورتن)؛
۲) بهره‌برداری از منابع شن و ماسه بستر و کناره‌های رود گاماسیاب؛
۳) گودبرداری و استفاده از نهشته‌های دامنه‌ای؛
۴) افزایش رسوبدهی حوضه وتغییر شکل هیدرولوژیکی از طریق افزایش سطوح نفوذناپذیر؛
۵) تغییر در هندسه مجاری و ایجاد مخازن در اکثر نواحی منطقه و کوهپایه‌ها (شایان، ۱۳۷۹: ۲۳ـ۲۲).

با توجه به موارد ذکر شده، می‌توان دریافت که هرگونه تلاش در زمینه رفع این بازخوردهای مثبت که باعث افزایش آنتروپی در سیستم جریانی موردمطالعه گردیده است، مستلزم انجام اقدامات مدیریتی سنجیده و منظم در سطح منطقه است.

ه) محیط سیستم

هر سیستم به‌طورکلی، در محیطی قرار دارد. سیستم از عوامل محیطی تأثیر می‌پذیرد و بر آن‌ها تأثیر می‌گذارد. مشخص کردن مرز و محدوده هر سیستم بویژه سیستم‌های باز بسیار مشکل است (رامشت، ۱۳۸۰: ۱۳). در سیستم‌های باز، امکان تبادل ماده و انرژی با محیط سیستم وجود دارد و در این صورت سیستم قادر است که از افزایش آنتروپی جلوگیری نماید و از سوق یافتن به سوی

بی‌نظمی که تقدیر سیستم‌های بسته است جلوگیری کند. شبکه‌های زهکش در یک حوضه آبریز، ضمن تعریف سازمندی و نحوه ارتباط در یک ناحیه، وسعت و قلمرو آن واحد طبیعی را مشخص می‌کند و مساحتی که بدین‌نحو تعریف می‌شود، کمتر از یک تا چند کیلومترمربع را در بر می‌گیرد. به عبارت دیگر، محدوده قلمرو یک حوضه آبریز، گاه به یک منطقه و ناحیه کوچک محدود می‌شود و زمانی ابعاد ملی و یا قاره‌ای به خود می‌گیرد (رامشت، ۱۳۸۴: ۱۹). بنابراین هرگونه تغییر در محیط پیرامون این حوضه می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی در آن ایجاد کند که این تغییرات گاهی از طریق محیط پیرامون حوضه و گاهی نیز ممکن است از طریق محیط‌های کلان‌تر بر حوضه موردنظر اعمال گردد. شوم معتقد است که، سیستم‌های جریانی به تغییرات عکس‌العمل نشان نخواهند داد مگر زمانی که برخی آستانه‌ها افزایش یابند. برخی از این آستانه‌ها داخلی و برخی دیگر بیرونی و مربوط به محیط پیرامون سیستم هستند. شاید عکس‌العمل سیستم به شرایط اقلیمی، همچون، پدیده گرمایش جهانی مثال خوبی در این رابطه باشد (آن هم در مقیاس قاره‌ای و جهانی). تغییر اقلیم منتج از انتشار گازهای گلخانه‌ای، باعث ایجاد تغییرات در رژیم هیدرولوژی جریان‌ها در چند دهه اخیر در سطح جهان شده است. به طوری که بارندگی و جریان‌های سطحی در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانی بیشتر و در عرض‌های پائینی کمتر شده است و احتمال مواجهه با رخدادهای حداکثر اقلیمی، مانند سیلاب و خشکسالی افزایش یافته است. به دلیل تغییر اقلیم و اثراتی که می‌تواند روی منابع آبی داشته باشد، در سال‌های اخیر، تأثیر این امر در حوضه‌های آبریز در سطح کره زمین مدنظر قرار گرفته است (معافی،۱۳۶۷: ۳۶). پدیده تغییر اقلیم در سطح کره زمین به عنوان یک محیط بزرگ مقیاس، به دلیل تغییر در نرخ تبخیر، نوع و خصوصیات بارندگی‌ها، توزیع گیاهان، کاهش تحمل گیاهان، تغییر در سطح تراز آب‌ها، ذوب شدن یخچال‌ها و تأثیر در فعالیت‌های انسانی، ثاثیرات بسیاری در سطح حوضه‌های آبریز خواهد داشت (Herget,2007:103). منطقه موردمطالعه، از نظر موقعیت جغرافیایی در غرب کشور و در دامنه‌های شرقی رشته کوه‌های زاگرس قرار گرفته است. طبعاً، این منطقه متأثر از توده‌های هوای مرطوبی است که در فصل زمستان بر دامنه‌های غربی و شرقی زاگرس تأثیر می‌گذارند. این توده‌های هوایی، همان سیکلون‌های مدیترانه‌ای هستند که پس از تشکیل بر روی دریای مدیترانه

و جذب رطوبت آن، توسط امواج فروبلند مدیترانه‌ای به ایران هدایت می‌شوند (علیجانی، ۵۳:۱۳۷۵) و مسلماً هرگونه تغییری در رژیم این سیکلون‌ها، تغییرات قابل‌توجهی را در میزان دریافت بارش‌ها و متعاقب آن، میزان دبی، نرخ فرسایش و میزان بار رسوبی جریان و به‌طورکلی، تغییرات قابل توجه در میزان ورودی و خروجی سیستم آبریز مورد نظر، به دنبال خواهد داشت.

نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

از نیمه دوم قرن بیستم، دانش ژئومورفولوژی با به‌کارگیری دیدگاه سیستمی و نظریه سیستم‌ها در حل و تشریح موضوعات و پدیده‌ها بر جنبه‌های کاربردی خود افزود. امروزه در جغرافیا و بویژه در ژئومورفولوژی، نیاز به تجدید نظر در روش و متدولوژی داریم زیرا دیگر ژئومورفولوژی تنها تشریح هندسی پدیده‌ها نیست، بلکه پدیده‌هایی که فراتر از ماده حرکت می‌کنند و ما به آن‌ها اطلاعات می‌گوییم را دربرمی‌گیرد.

با توجه به آنچه که در این تحقیق شرح داده شد باید گفت که سیستم‌های مورفولوژیکی، سیستم‌های کاسکید و سیستم‌های فرایندـکنشی، سه نوع از سیستم‌های ژئومورفولوژیکی هستند و به عنوان مثال حوضه‌های آبریز، به دلیل تبادلات انرژی و ماده‌ای که این حوضه‌ها در قلمرو خود دارند، به عنوان یک سیستم فرایند ـ کنشی از نوع باز قلمداد می‌گردند. این حوضه‌ها چه به صورت مستقیم و چه غیرمستقیم، از تغییرات رخ داده در شرایط محیطی متأثر می‌شوند: درون‌داد یک سیستم حوضه آبریز، فرایند تبدیل، بازخورد در یک حوضه آبریز، برون‌داد سیستم حوضه آبریز و محیط سیستم حوضه، مهمترین اجزاء و عناصر آن هستند.

در نهایت با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در حوضه گاماسیاب مشاهده شده دامنه‌ها و مجاری رودها، از عمده عوارض ژئومورفولوژیک‌اند که انسان در آن‌ها تغییرات بیشتری را ایجاد کرده است و این تغییرات نیز بازخوردهایی را در سیستم به دنبال داشته است و هر گونه تلاش در زمینه رفع این بازخوردهای مثبت که باعث افزایش آنتروپی در سیستم جریانی مورد مطالعه گردیده است، مستلزم انجام اقدامات مدیریتی سنجیده و منظم در سطح منطقه است.

در این ارتباط پیشنهاد می‌شود که با برنامه‌ریزی اصولی همراه با مطالعات علمی در حوضه گاماسیاب اولاً در جهت حذف و یا کاهش اثرات و تغییرات زیان‌بار انسان بر این حوضه اقدام شود و ثانیاً بر مبنای همین برنامه و طرح‌های مطالعاتی مدیریت و آمایش حوضه در دستور کار

قرار گرفته تا تغییراتی که باعث افزایش آنتروپی در سیستم جریانی مورد نظر می‌شوند به حداقل ممکن برسند.

منابع

۱. جرارد،ای، جی (۱۳۷۵)، خاک از دیدگاه سیستمی، ترجمه رامشت، رشدجغرافیا، ش۴۱، ص ۳۷.

۲. چورلی، ریچاردجی و دیگران، ۱۳۷۵، ژئومورفولوژی، ترجمه معتمد، سمت، جلداول، تهران.

۳. رامشت، محمدحسین (۱۳۷۵)، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی‌منطقه‌ای، اصفهان، ۱۴۴.

۴. رامشت، محمدحسین (۱۳۸۰)، نگرش سیستمی به ژئومورفولوژی، رشد، شماره ۵۸، ص۱۳.

۵. رامشت، محمدحسین (۱۳۸۴)، نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، سمت، تهران، ص۱۹.

۶. رجایی، عبدالمجید (۱۳۷۳)، ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، قومس، تهران، ص ۲۵۳.

۷. زمردیان، محمدجعفر(۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی ایران، دانشگاه مشهد، جلد دوم، تهران، ص ۹۴.

۸. شایان، سیاوش (۱۳۷۹)، تحلیل آثار تراکمی- فرسایشی دینامیک بیرونی کواترنر و نقش آن در مدیریت محیط‌های کوهستانی (مورد: دشت نهاوند)، رساله دوره دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، تهران، صص ۲۳و۲۲.

۹. صادقی، ایرج (۱۳۷۷)، تجزیه و تحلیل سیستم‌ها، انتشارات احمدی، تهران، صص۱۱- ۲۶.

۱۰. عشقی، ابوالفضل (۱۳۸۳)، تحلیل سیستمی به‌عنوان یک الگوی پایه در روش تحقیق ژئومورفولوژی، فصلنامه رشد آموزش جغرافیا، شماره ۶۸، صص ۲۵ – ۲۲.

۱۱. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴)، آب وهوای ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ص۳۵.

۱۲. علیجانی، بهلول وکاویانی، محمدرضا (۱۳۷۵)، مبانی آب‌وهواشناسی، سمت، تهران،ص ۵۳.

۱۳. قنواتی، عزتا... (۱۳۸۲)، مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش۷۱، مشهد، ص۱۷۶.

۱۴. کرستن، منینگ و دیگران (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی زیست‌محیطی رهیافتی به علم سیستم زمین، ترجمه محمد بهرامی، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران، ص۱۰.

۱۵. کوک، آر. یو و دور کمپ، جی.سی (۱۳۷۵)، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ترجمه شاپور گودرزی نژاد، انتشارات سمت، جلد اول، تهران، ص ۲۷۵.

۱۶. مساح، علیرضا و مرید، سعید (۱۳۸۴)، اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان، فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال نهم، شماره ۴، ص ۱۸-۱۷.

۱۷. معافی، محمود (۱۳۶۷)، نگرش سیستمی به جغرافیای طبیعی، فصلنامه رشد آموزش جغرافیا، شماره ۱۴، ص ۳۶.
۱۸. مقیمی، شوکت (۱۳۷۸)، نگرش سیستمی و جایگاه آن در آموزش جغرافیا، فصلنامه رشد آموزش جغرافیا، ش۵۲، صص۲۱- ۲۲ .
۱۹. موحددانش، اصغر (۱۳۷۳)، هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
۲۰. نقیب‌زاده ماهیدشتی، بهنام (۱۳۷۳)، کاربرد تکنیک‌های آماری در بررسی و برآورد پیش‌بینی سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها در منطقه حوضه آبریز گاماسیاب، پروژه پایانی در رشته آب‌های سطحی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، تهران، ص ۲۶۶.
۲۱. مهندسین مشاورجاماب (۱۳۷۰)، طرح جامع آب کشور، وزارت نیرو، منابع آبهای زیر زمینی حوضه کرخه ودز علیا، تهران، ص ۳۶
۲۲. وزارت کشاورزی (۱۳۷۵)، طرح جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوضه آبریز رودخانه‌های کرخه و دزعلیا، جلد اول ـ آب‌های سطحی، معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی، تهران.

23. Absalon, Damian & Matysik, Magdalena, (2007), Changes inwater quality and runoff in the upper Oder River Basin, Geomorphology Review 92, Elsevier , p106.
24. Bloom, Arthur, (1998), Geomorphology, 3d edition, Prentice – Hall In, p198.
25. Bogarrt, Patrick W. & et al., (2003), Process-Based modeling of fluvial system response to rapid climate change – model formulation and generic applications, Quaternary Science Review 22, Elsevier LTD , p2086.
26. Goudie, Andrew, (2003), Encyclopedia of Geomorphology, vol. 1, Routledge, p370.
27. Goudie, Andrew S.,(2006), Global warming and fluvial geomorphology, Geomorphology Review 79, Elsevier, p385 .
28. Herget, Jurgen & et al, (2007), The fluvial System – Research perspectives of it's past and present dynamics and controls, Geomorphology Review 92, Elsevier, p 103 Http://www.gsi.ir.
29. Lewin, John & Macklin, M, (1995), Mediterranean Quaternary River Environment, Balkema, Rotterdam, Brookfield , p115.
30. Marsh, William M., Grossa, John M., (2002), Environmental geography science, land use and earth system, 2nd Edition, Wiley, p69.
31. Ribolini, Adriano, Spagnolo, Matteo, (2008), Drainage network geometry versus tectonic in the Argentera Massif (French-Italian Alps), Geomorphology Review 93, Elsevier, p253.
32. White, I .D, Mottershead, D.N., Harrison, S.J., (1992), Environmental Systems, An Introductory text, Second edition, Chapman & Hall, p306