

تحلیل تطبیقی رفتار هیدرولوژیک رودخانه‌ی کر در شبکه‌ی ژئونروتیک^۱

چکیده

بیشتر رودخانه‌هایی که از ارتفاعات زاگرس (تاق و پاتاق) ایران سرچشمه می‌گیرند، جزو رودخانه‌های دائمی و پرآب کشور به شمار می‌آیند و باره‌ای از آنها بسیار طغیانی و سرکش‌اند. این رفتار آبی سبب شده که در طول دوران چهارم، قبض و بسط و وسعت برخی حوضه‌ها و استسارت رودخانه‌های در این منطقه امری عادی تلقی شود.

نکته‌ی قابل تأمل در مورد سطوح اساس محلی در زاگرس میانی، تغییرات مداومی است که در کواترنرتحمل شده‌اند. بسیاری از سطوح اساس محلی در این ناحیه، نوسانات آبی را در طول دوران چهارم به صورت شواهد ژئومرفیک، یعنی تراسهای دریاچه‌ای، در خود جا داده‌اند و با توجه به این که تغییر سطح آب دریاچه‌های داخلی در ایران، به عنوان شواهدی از تغییرات اقلیمی عهد چهارم به حساب می‌آیند، نبود چنین شواهدی در دریاچه‌ی طشک، که سطح اساس رودخانه‌ی کر است، یک پدیده‌ی غیر معمول باید تلقی شود، زیرا با توجه به تجربه‌ی تغییرات و نوسانات اقلیمی در این ناحیه، وجود چنین پدیده‌هایی از نظر ژئومرفولوژی امری طبیعی است.

نمود آثار تراسی در حاشیه‌ی سطح اساس رودخانه‌ی کر، این سؤال را مطرح می‌کند که عامل اصلی تفاوت این حوضه با حوضه‌های مجاور، که همگی دارای اسارت‌های رودخانه‌ای و تراسهای دریاچه‌ای پیرامون سطوح اساس خود هستند، به چه عاملی می‌تواند نسبت داده شود. تحلیل رفتار آبی حوضه‌ی کر با سیستم شبکه‌ی عصبی بر اساس دیدگاه سیستمی، روشی است که برای پاسخ به این سؤال برگزیده شده است. نتایج حاصل از این طرح پژوهشی که با حمایت مالی مرکز اقلیم‌شناسی ایران انجام شد، نشان می‌دهد که بسیاری از رفتارهای حوضه‌های آبی در چارچوب شبکه‌های عصبی قابل

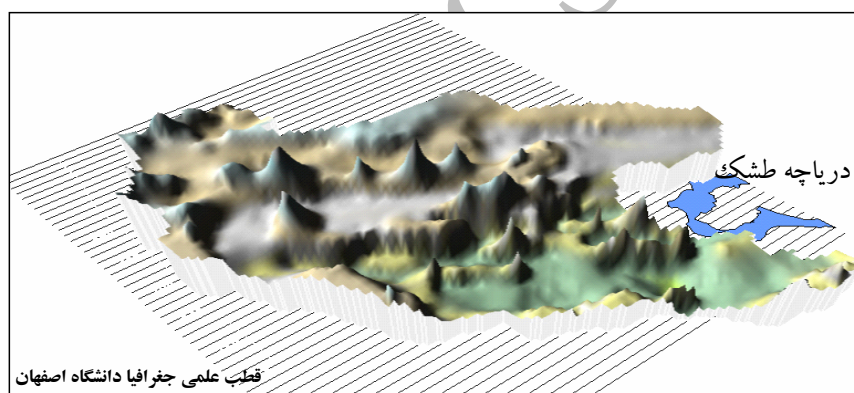
1. The Comparative Analysis of Hydrologic Behavior of Kour-River in Geoneurotic System

تفسیر است و برخلاف تعبیرهای تعینی، رفتار آبی در این حوضه قبل از آن که به حجم نزولات جوئی و مسائلی نظیر آن بستگی داشته باشد، تابعی از روابط سیرنیتیک سیستم نرویتیک شبکه‌ی زهکش‌ها و ژئورونهای مجازی، توپوگرافیک و کارستیک در منطقه است.

واژگان کلیدی: شبکه‌ی عصبی، سیناپس، سیرنیتیک، سیستم، آکسون برداری

درآمد:

رودخانه‌ی کر یکی از جریانهای آبی در رشته کوههای زاگرس^(۱) است، که بخش عمده‌ی آن در سطوح آکاردئون^(۲) یا زاگرس چین خورده تکوین یافته است. حوضه‌ی آبی این رودخانه، که بالغ بر ۲۱۸۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد، نهایتاً به چاله‌ی طشت ختم می‌شود. (شکل ۱)



شکل (۱) نمای سه بعدی حوضه‌ی آبی کر

از ویژگیهای بارز این حوضه‌ی آبی، حفظ استقلال سطح اساس محلی آن در طول کواترنر و عدم انعکاس تغییرات اقلیمی این ناحیه در عملکردهای ژئومرفیک این رودخانه است، به ویژه آن که دریاچه‌ی طشک در حاشیه‌ی خود نوسانات ناشی از این تغییرات، که وقوعشان در کواترنر بدیهی است، را نشان نمی‌دهد. از آن گذشته رفتار آبی این رودخانه، علی‌رغم داشتن شرایط نسبتاً برابر با دیگر حوضه‌های مجاور، بسیار آرامتر عمل می‌کند. برگزیدن نگرش سیستمی در توجیه چنین عملکردی و طرح یک الگوی ژئورونیتیک، به جای

تمسک به توجیحات تعینی سستی، سبب می‌شود تا ضمن آن که ادبیات جدیدی را در مباحث ژئومرفولوژیکی رودخانه‌ها به کار گیریم، واقعیات پیچیده‌تری از رفتار عناصر محیطی بر ما روشن شود.

نگرش سیستمی که توسط فردریک فون برتالنی مطرح شد و یک سال پس از مرگش اجازه انتشار یافت، تحول گسترده‌ای را در چارچوب ارزیابی پدیده‌ها به وجود آورد و همین تحول بود که دریچه‌ی جدیدی پیش روی بشر باز کرد. او که یک دانشمند اتریشی بود که بعدها به آمریکا سفر نمود، کرسی استادی رشته‌ی زیست‌شناسی و فلسفه‌ی دانشگاه کالیفرنیا جنوبی را عهده‌دار بود و حاصل کار او بیش از سیصد مقاله و سی کتاب است که بیشتر آنها به زبانهای زنده دنیا ترجمه شده است. مهمترین اثر وی کتاب «نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها» است که یک سال پس از مرگ وی در سال ۱۹۷۳ مجوز چاپ گرفت و در مراسم سالگرد وفاتش به عنوان هدیه‌ای بی نظیر در اختیار پژوهشگران قرار گرفت. (برتالنی، ۱۳۶۶)

در اصل نظریه‌ی سیستم‌ها را می‌توان نوعی چارچوبه‌ی معرفتی دانست، از این رو از نظر مفاهیم بسیار غنی و در عمل بسیار کارآمد و مفید است. مفهوم تفکر سیستمی در جغرافیا از زمان جیلبرت مطرح بوده است. جیلبرت در سال ۱۸۷۷ مفهومی را با عنوان plexus در ژئومرفولوژی مطرح کرد و سعی نمود ژئومرفولوژی را در چارچوب چنین مفهومی توضیح دهد. این مفهوم تقریباً معادل با مفهوم سیستم است، که توسط برتالنی به کار گرفته شده است. اسمالی و ویتافنزی^۱ نشان دادند که مفهوم سیستم در ادبیات ژئومرفولوژی معاصر در مفهوم ترمودینامیک متأخرین مطرح بوده است. استرالر اصطلاح سیستم را در ژئومرفولوژی به عنوان یک روش در تحلیل ترمودینامیکی به کار گرفت، اگرچه در آن زمان از مباحث برتالنی بحثی به میان نیاورد.

در سال ۱۹۶۰ هک^۲ به شرح و تشریح مقاله‌ی استرالر پرداخت و تعبیرات وی را در روش سیستمی در مفهوم جدیدی که به نظریه‌ی تعادل دینامیک^۳ شهرت یافت بسط داد (هک، ۱۹۵۷). تا این زمان هیچ کدام از این دو تن به مبانی فلسفی دستگاه معرفتی سیستمی، که توسط برتالنی تدوین و تشریح شده بود، پرداختند ولی در سال ۱۹۶۲ چورلی با انتشار مقاله‌ای در سازمان زمین‌شناسی آمریکا به نکات ارزشمندی از مفهوم سیستم در

1. Smalley, Vitafenzy.

2. Hack

3. Dynamic Equilibrium

ژئومرفولوژی پرداخت. چورلی در این مقاله به تشریح نظرات استرالر و هک پرداخت و در واقع مبانی مفهوم سیستم در ژئومرفولوژی رایان داشت (چورلی، ۱۹۶۲)

یکی از وجوه ساختاری در اندیشه‌ی سیستمی، ساختار سلسله مراتبی است که با عنوان تئوری سلسله مراتبی^۱ در جغرافیا برای اولین بار توسط هورتن مطرح شد.

به کارگیری نظریه‌ی سلسله مراتبی در قلمرو جغرافیای طبیعی و آن هم در حوزه‌ی مطالعات ارضی به مطالعات هورتن در سال ۱۹۴۵ نسبت داده می‌شود. وی برای اولین بار این الگو را برای رتبه‌بندی شاخه‌ی رودهای حوضه‌های رودخانه‌ای در آب‌شناسی جغرافیایی به کار گرفت. اگرچه طبقه‌بندی وی از یک ساختار سلسله مراتبی پیروی می‌کنند ولی یکی از تفاوت‌های معمول کاربرد این الگو در این رتبه‌بندی، معکوس بودن اجزاء در این الگو است. پس از وی، در سال ۱۹۷۳، ایساچنکو^۲ این الگو را برای طبقه‌بندی چشم‌اندازهای جغرافیایی و تحلیل منطقه‌ای به کار گرفته است. جوم ولیچین^۳ این روش را در طبقه‌بندی چشم‌اندازها و برای بیان نحوه‌ی تحول آنها در بستر زمان به کار گرفتند. (هایگ، ۱۹۸۷)

در مطالعات مرفولوژی رودخانه‌ای، کار روسگون نوآوری خاصی داشت. وی یک طبقه‌بندی مرفولوژیک در چهار سطح برای رودخانه‌ها پیشنهاد کرد و بر این اساس پیوند مطلوبی بین مرفولوژی رودخانه‌ای و مدیریت کاربردی ایجاد نموده است. اساس کار روسگون بر اندازه‌گیری‌های مرفومتريک و شاخصهای عددی است و رودخانه‌ها را در هفت تیپ و الگوی فرمی با عنوان تیپ A, B, C, D, E, F, G, طبقه‌بندی کرده است. (روسگون، ۱۹۹۶)

شبکه‌ی عصبی و یانرونیکی نیز یکی دیگر از ساختارهای کنونیکال در تفکر سیستمی است. کاربرد این نوع ساختار، که از شبکه‌ی عصبی انسانی الهام گرفته است، در الگوسازیهای رایانه‌ای سابقه‌ی بیشتری دارد و متخصصان این رشته در مورد ویژگیها و تفاوت‌های آن با زبان ماشین، مطالعات جامعتری انجام داده‌اند.

به کارگیری چنین ساختاری در مطالعات ژئومرفولوژی سابقه‌ی چندانی ندارد و بدیهی است که طرح این ساختارها در حوزه‌ی ژئومرفولوژی و جغرافیا مستلزم ترجمه‌ی مفاهیم خاص این رشته به زبان جغرافیاست. این

1. Hierarchy Theory

2. Isachenko

3. Schumm & Lichiny

الزام بیشتر بدان خاطر احساس می‌شود که تبیین اصول یک نظریه، که منشأ غیر جغرافیایی دارد، مستلزم کاربرد واژه‌های جدیدی است که حامل مفاهیم اصلی ولی در چارچوب حوزه‌ی علوم جغرافیایی باشد.

ادبیات و مفاهیم:

کاربرد الگوی ساختار شبکه‌ی عصبی، مستلزم آشنایی با پاره‌ای از واژه‌ها و مفاهیمی است که در فیزیولوژی شبکه‌ی عصبی انسان مطرح است. واژه‌هایی چون: نرون، اکسون، سیناپس، از مفاهیم و واژه‌هایی هستند که عناصر اصلی شبکه‌های عصبی را شکل می‌دهند. این واژه‌ها برای بیان مفاهیم خاصی در شبکه‌های نروتیک زهکشهای رودخانه‌ای معادل سازی شده است. نرون به گره‌های موجود در شبکه‌ی عصبی گفته می‌شود و وظیفه‌ی خاصی را در دریافت پردازش و انتقال اطلاعات دارد. این واژه در ژئومرفولوژی با عنوان ژئونرون^۱ خوانده می‌شود. ژئونرونها به ژئونرونهای ارتفاعی یا مجازی^۲، توپوژئونرون^۳ و کارستیک ژئونرون طبقه بندی می‌شوند.

منظور از ژئونرونها در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای، فضاهایی است که سبب اجتماع روان آبها در محدوده‌ی خاصی می‌شوند. برای مثال چاله‌ای که محل اجتماع روان آبهای یک منطقه است، با عنوان ژئونرون توپوگرافی خوانده می‌شود. بلو که شدن نزولات جوئی که به واسطه‌ی ارتفاع و برودت کوهستان صورت می‌گیرد، یعنی مکان‌هایی که به واسطه‌ی ارتفاع خاص، برودت زیاد داشته و ریزشها به صورت جامد در آن فضاها بلو که می‌شوند را با عنوان ژئونرونهای ارتفاعی یا مجازی می‌شناسیم. در بسیاری از موارد روان آبها در مناطق کارستیک و آهکی در بخشهای زیرین سطوح ارضی جمع می‌شوند، که در این حالت، اصطلاح ژئونرونهای کارستیک در مورد آنها به کار می‌رود.

خطوط آبراهه‌ای، که ارتباط دهنده‌ی ژئونرونها هستند، با عنوان اکسونهای برداری^۴ شناخته می‌شوند. در این جا همانند شبکه‌ی عصبی، عبارت اکسون تنها به کار گرفته نمی‌شود، زیرا در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای ارتباط بین ژئونرونها یک طرفه است، لذا برای بیان این ویژگی کاربرد واژه بردار تعریف کننده یک طرفه بودن

1. Geoneuron

2. Virtual Geoneuron

3. Topo Geoneuron

4. Vectoric Axon

جریان در این معابر است. محل اتصال آکسونهای برداری با ژئونورها و یا محل تقاطع آکسونهای برداری، با عنوان سیناپس ارضی^۱ بیان می‌شوند.

بدین ترتیب ساختار ژئونروتیک در شبکه‌های آبراهه‌ای از ساختار شبکه‌ی عصبی انسان الهام گرفته شده است. نحوه‌ی جریان اطلاعات در چنین ساختاری دارای ویژگیهایی است و بدیهی است که تفاوت‌های چندی بین شبکه‌ی عصبی انسان با شبکه‌ی نروتیکی رودخانه‌ها وجود دارد، که از جمله مهمترین این تفاوتها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

* شبکه‌ی نرونی در سلسله اعصاب انسانی حامل اطلاعات پردازش شده و یا دریافت شده از سلولهاست، حال آن که شبکه‌ی ژئونروتیکی حامل انرژی و ماده است.

* سرعت در شبکه‌ی سلسله عصبی حداقل ده برابر سرعت انتقال انرژی و ماده در شبکه ژئونروتیکی است. (گریسهایمر و ویدمن، ۱۳۷۰)

* سیناپس‌ها در شبکه‌ی سلسله عصبی با ترشح ماده‌ی شیمیایی در موارد لازم، ارتباط بین آکسونها و نرونها را برقرار می‌کند، حال آن که سیناپسهای ارضی که اتصال آکسونهای برداری و ژئونورها را ممکن می‌سازند، همواره برقرار است و چه جریان عبور ماده و انرژی وجود داشته باشد و یا نداشته باشد، این اتصال وجود دارد.

* جریان اطلاعات بین نرونها سیرتیک و دوطرفه است، حال آن که جریان ماده و انرژی در ژئونورها و آکسونهای برداری یک طرفه و یک سویه است.

* عامل جریان در نرونهای عصبی گرادیان شیب نیست، حال آن که عامل اصلی در جریان انرژی و ماده در ژئونورها گرادیان شیب سطوح ارضی است.

* در شبکه‌ی عصبی جریان اطلاعات از مراکز خاص فرماندهی چون مغز و نخاع کنترل و صورت می‌گیرد، حال آن که در شبکه‌ی ژئونروتیک چنین مراکزی را نمی‌توان متصور بود و این عمل به صورت یک فرایند کنش و واکنش با زمان پاسخ خاص صورت می‌پذیرد.

* جریان اطلاعات در شبکه‌ی عصبی سبب ایجاد رفتار و عملکردهای خاص می‌شود، حال آن که جریان ماده و انرژی در شبکه‌ی ژئونروتیک سبب تغییر و تحول سطوح و یا به عبارتی شکل‌زایی می‌شود.

* شبکه‌های نرونی در سلسله‌عصبی دارای ساختار ثابت و کم‌تغییری است، حال آن‌که وسعت، دامنه و یا حتی ایجاد و نابودی شبکه‌ی ژئونروتیک امری محتمل و عادی است.

بدیهی است که تفاوت‌های دیگری بین رفتار و کنش‌های سلسله‌های عصبی و شبکه‌ی ژئونروتیک قابل تصور است، ولی در این جا بیان مهم آنها مورد نظر بوده است.

شبکه‌ی ژئونروتیک رودخانه‌ی کر

از دیدگاه فیزیک‌دانان یک سیستم دستگامی است که قادر به تبادل انرژی، ماده و اطلاعات باشد. یکی از تعاریف مشهور در مورد سیستم، تعریفی است که فاگن و هال^۱ بیان داشته‌اند. بنا به گفته‌ی آنها سیستم مجموعه‌ای از عناصر است که دارای صفات و خصوصیات خاصی^۲ بوده و بین آنها رابطه برقرار است. به عبارت دیگر در اینجا سه چیز مطرح است:

۱. عناصر؛

۲. صفت یا ویژگی عناصر؛

۳. رابطه‌ی بین آنها.^۳

در یک الگو به غیر از موارد بالا، نوع رابطه‌ی حاکم بین عناصر و الگوریتم ساختاری الگو که به Canonical structure موسوم است نیز از اهمیت خاصی برخوردار است.

الگوهای سیستمی بر اساس ساختار سیستم و پیچیدگی آنها طبقه‌بندی می‌شوند. سیستم رودخانه‌ی کر دارای ساختار داربستی است. در این جا انرژی ورودی می‌تواند شامل پرتو خورشیدی، انرژی‌های حرارتی و تشعشعی، انرژی‌های درون‌خاوست (تکتونیک و پلوتونیک) و انرژی جنبشی باد باشد. ماده‌ی ورودی در چنین سیستمی، بیشتر به میزان نزولات جوئی و تبدلات عناصر جوئی با سطوح ارضی مربوط می‌شود. اطلاعاتی که در سیستم‌های آبی موجب واکنش در رفتار سیستم می‌شود، مربوط به خصوصیات فیزیکی سطوح ارضی و تغییرات ارتفاعی آنهاست. برای مثال سطوح ارضی بر حسب آن که محدب باشند یا مقعر، نوع حرکت آب و شبکه‌ی اکسونهای برداری بر سطوح فوق متفاوت جلوه می‌کند و به همین شکل میزان نفوذپذیری سطوح،

1. Hall&Fagen

2. Atributes

3. Relationships

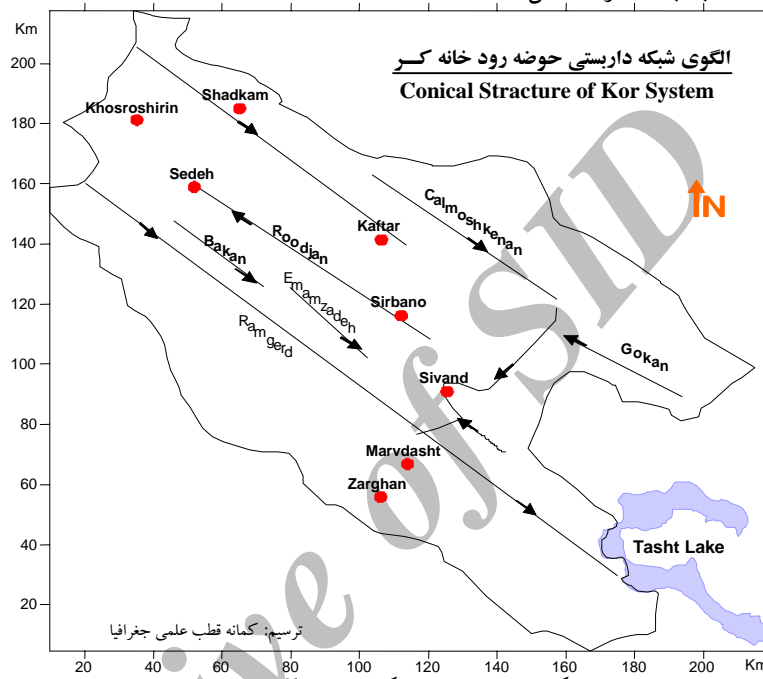
نحوه‌ی مقدار آبدوی و روان آب را تعریف می‌کند. به عبارت دیگر ویژگیها و خصوصیات سطوح ارضی، اطلاعاتی به شمار می‌آیند که سبب تغییر رفتار سیستم می‌شود. عناصر در سیستم‌های ژئومرفیک همان لندفرمها و ابعاد آنهاست. رابطه در ژئومرفولوژی همان فرایندهای ژئومرفولوژی است و اطلاعات، خصوصیات و صفات خاک و صخره‌ها مانند تداخل و با خصوصیات شبکه‌ی زهکش‌ها را شامل می‌شود.

سیستم‌های ژئومرفیک در برابر ورودی انرژی، ماده و اطلاعات از خود واکنش نشان می‌دهد. نوع سیستم‌ها نیز در نحوه‌ی توزیع و جریان انرژی در سیستم و تعاملات بین عناصر نقش اصلی را ایفا می‌کند. برای مثال اگر سیستمی ایزوله باشد، تنها قادر به استفاده انرژیهای خواهد بود که در درون سیستم پیش‌بینی شده است و به عبارتی نمی‌تواند از انرژیهای موجود در خارج از مرزهای خود بهره‌ای ببرد. سیستم‌های بسته تنها به تبادل انرژی مبادرت می‌کنند، حال آن که سیستم‌های باز می‌توانند به تبادل انرژی ماده و اطلاعات با محیط پیرامونی دست بزنند.

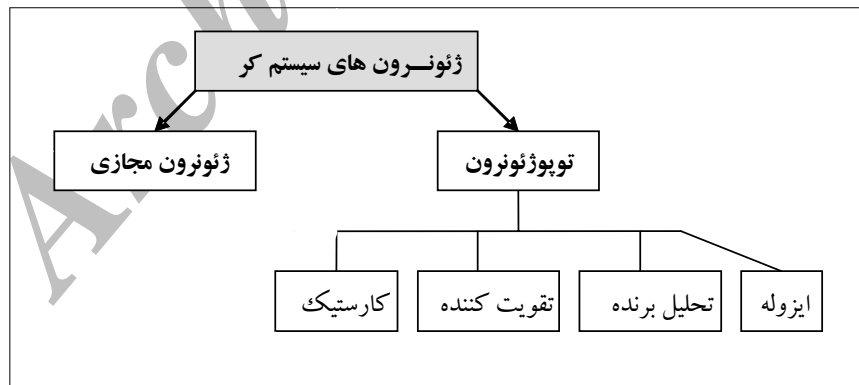
ساختار ژئونوتیک سیستم آبی کر

این ساختار، که یک شبکه‌ی داربستی است، مجموعاً بالغ بر پانصد کیلومتر مسیر را برای جریان ماده در محورهای اصلی تعریف می‌کند. این نکته را باید در نظر داشت که این مسیر یک مسیر با یک جهت و یک شیب برابر نیست، این مسیر شامل ۹ قطعه‌ی جداگانه است، که ساختار اصلی خود را از ساختمان آکاردئونی زاگرس (تاقدیس - ناودیس) به آریه گرفته است. (شکل ۲). پنج محور، از این نه محور، دارای جهت شمال غرب جنوب شرق و سه محور دارای جهت جنوب شرق شمال غرب است و یک محور که عمود بر جهت‌های قبلی است با جهت شمال شرق جنوب غرب جریانهای آبی را به محور اصلی هدایت می‌کند. دو محور شاد کام و بکان نیز به ژئونونهای ایزوله ختم می‌شود و این بدین مفهوم است که جریان سطحی آنها با جریان کلی شبکه قطع است و دوچاله‌ی درون حوضه‌ای را تعریف می‌کند. با این وصف این چارچوبه ساختاری دارای گره‌های متعددی است که در اینجا ژئونون نامیده می‌شود. به عبارت دیگر حرکت آب در درون ساختار داربستی دارای توقف‌ها و یا تجمیع‌های نقطه‌ای است، به گونه‌ای که می‌تواند جریان آبی را همانند یک خازن دچار تغییر در پاره‌ای از ویژگیها، از جمله: سرعت، حجم و حتی ترکیب، شیمیایی کند. ژئونونها در رودخانه کر یک شکل نبوده و به تبع تفاوت‌های شکلی دارای رفتارهای یکسانی نیز نیستند. به طور

کلی، ژئونروئیک‌های موجود در سطوح ارضی کر را می‌توان به دو گروه عمده ژئونروئیک‌های مجازی یا ارتفاعی و توپوگرافیک، طبقه‌بندی کرد. (شکل ۳)



شکل (۲) ساختار کونیگال سیستم آبی رودخانه کر



شکل (۳) تقسیمات ژئونروئیک در سیستم آبی کر

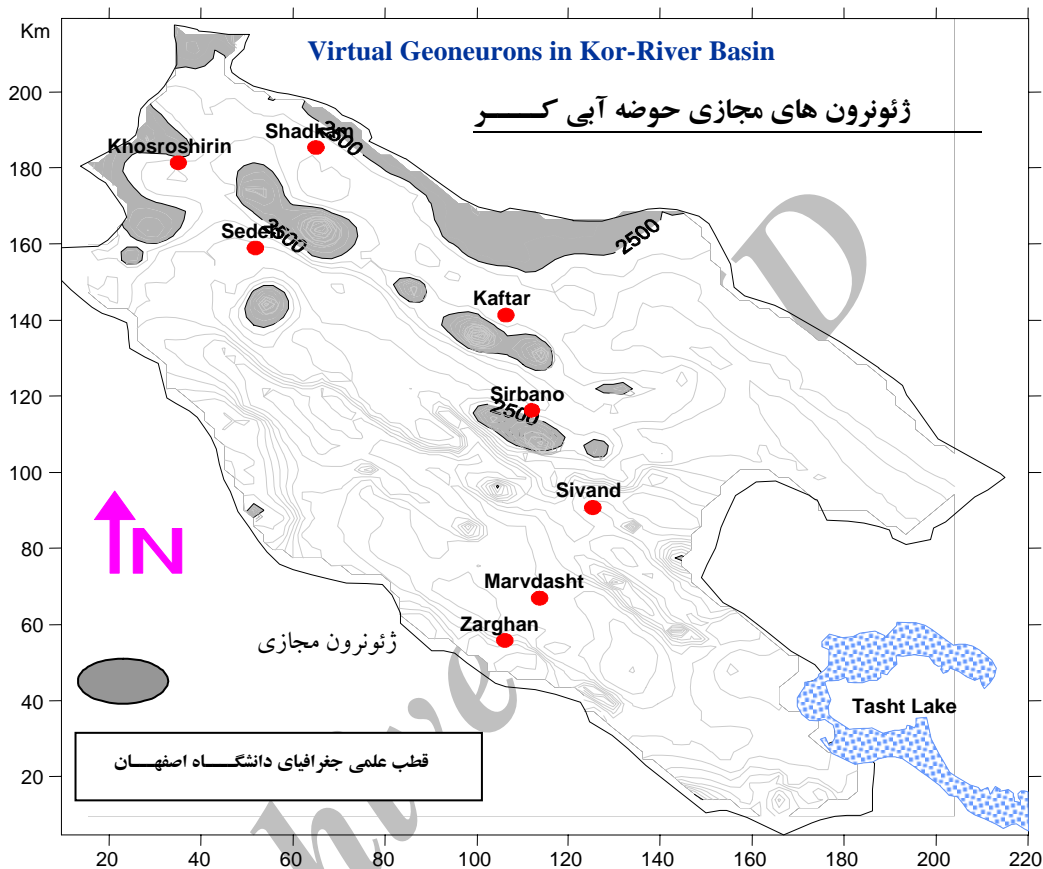
ژئوژئوگرافی مجازی در کر:

ارتفاعات بیش از دوهزاروپانصد متر در حوضه‌ی آبی کر، مرز بارشهای جامد در فصل سرد است. در این محوطه‌ی ارتفاعی، کانونهای مرتفع، هسته‌های ژئوژئوگرافی یا مجازی را تشکیل می‌دهند. این کانونها بدان خاطر مجازی نام گرفته‌اند که آگسر چه سطوح ارضی به وجود آورنده‌ی آنها از نظر شکل شناسی به گونه‌ای نیست که منجر به تجمع روان آبها گردد، ولی با تغییر حالت فیزیکی آب شرایطی را فراهم می‌آورند که حرکت آب مشابه زمانی می‌شود که در چاله‌های توپوگرافی جمع می‌شوند. به عبارت دیگر بلو که شدن آب در سطوح مرتفع به واسطه‌ی تغییر حالت آب، امکان جریان آبدوی را در بخشی از سال متوقف می‌سازد. شکل (۴)

اگرچه بروز چنین رفتاری از سطوح ارضی مرتفع تابع زمان است، ولی به خوبی می‌توان دریافت که چنین ویژگی، رفتار و حرکت آب در ساختار کنیکال شبکه را کنترل خواهد کرد و میزان، شدت و زمان جریان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. عملکرد ژئوژئوگرافی مجازی، که مجموعاً سطحی معادل ۱۹۰۰ کیلومتر مربع را دربر می‌گیرند، نزدیک به نیم میلیارد متر مکعب نزولات جامد جوی را به طور متوسط در فصل سرد بلو که می‌کنند و بدین ترتیب در مجموع سبب ماندگاری و حضور آب در محیط، تأخیر زمانی حد سیلابها و بعضاً بالابردن ظرفیت لحظه‌ای بیکه‌های آبی در این حوضه در بخشی از سال می‌شوند. (کمانه، ۱۳۸۴)

ژئوژئوگرافی توپوگرافیک

ژئوژئوگرافی توپوگرافیک را می‌توان نمونه‌های بارز گره‌های شبکه‌ی عصبی آبی در حوضه‌ی کر تلقی کرد. شبکه‌ی داربستی کر در مجموع بالغ بر ۲۲ ژئوژئوگرافی توپوگرافیک دارد و همین گره‌ها یکی از عوامل عمده‌ی تغییر رفتار آبی در حوضه‌ی رودخانه‌ی کر به شمار می‌آید. توپوژئوگرافی کر را می‌توان در چند گروه طبقه‌بندی نمود. این طبقه‌بندی براساس نحوه‌ی تأثیرگذاری آنها بر رفتار آبی انجام می‌گیرد.



شکل (۴) توزیع ژئونرون‌های مجازی در حوضه آب کر

الف) توپوژئونرون‌های ایزوله

این الگو از ژئونرون‌ها به چاله‌هایی گفته می‌شود که حوضه‌های مستقلی را در حوضه‌ی آبی کر به وجود آورده‌اند و سبب می‌شوند عملاً بخش‌های خاصی از روان‌آبهای حوضه‌ی اصلی کر در درون آنها متمرکز واز پیوستن به سطح اساس اصلی کر (دریاچه طشت) جلوگیری شود. نمونه‌ی بارز این الگو از ژئونرون‌ها را می‌توان دریاچه‌ی کافتار، دشت بکان و حوضه‌ی آبخیز آنها تلقی نمود. اگرچه ژئونرون‌های ایزوله به طور عام به عنوان ژئونرون‌های تحلیل برنده خوانده می‌شوند، ولی به این نکته هم باید اقرار نمود که اولاً حوضه‌های مستقلی در

درون حوضه‌ی اصلی کر بوده و ثانیاً حجم ذخیره‌ی آبی آنها بعضاً دارای حد و آستانه‌ی خاصی است و در صورت تغذیه‌ی بیشتر از آستانه، به صورت یک خازن عمل نموده و سبب تقویت روان آبهای حوضه‌های مجاور می‌شود. حوضه‌ی کافت‌دارای ارتفاع آستانه‌ی ۲۳۵۰ متری است و اگر سطح آب در این ژئوزون بالاتر از این آستانه قرار گیرد با سرریز به حوضه‌ی آبخیز پالئوژئوزون صفاشهر سبب تقویت عملکرد آکسونهای رودخانه‌ی سیوند می‌شود. الگوی ژئوزونهای ایزوله در منطقه‌ی کانونهای برودت‌ی مانند کافت‌دار در دوره‌های سرد کواترنر دارای ارتباط یخی با حوضه‌های مجاور بوده‌اند، بدین شکل که انباشت یخ با ضخامت بیش از پنجاه متر سبب ارتباط این حوضه با حوضه‌های مجاور فعلی شده است. (نعمت‌الهی، ۱۳۸۳)

ب) توپو ژئوزونهای تقویت‌کننده

در چارچوب شبکه‌ی داربستی کر، نوع دیگری از ژئوزونهای ارضی قابل شناسایی هستند. این الگو که به صورت آبراهه‌های نقطه‌ای و اگر در نقشه‌های توپوگرافی دیده می‌شوند، به تجمع روان آبها پیرامون یک نقطه مبادرت و سپس به صورت یک آکسون برداری در جهت خاصی به هدایت آنها می‌پردازند. این ژئوزونها در مجموع سبب افزایش حجم و سرعت روان آبها در یک محور بخصوص می‌شوند و نتیجه چنین فرایندی سبب کاهش حضور و ماندگاری آب در طبیعت است.

پ) پالئوتوپوژئوزونها

حوضه‌ی رودخانه‌ی کر از ترکیب تعدادی حوضه‌ی آبی مستقل تشکیل شده که در جریان تحولات کواترنر استقلال خود را از دست داده و به جمع آبراهه‌های سطح اساس دریاچه‌ی طشت پیوسته‌اند. این ژئوزونها روی نقشه‌های توپوگرافی به صورت شبکه‌های آبراهه‌ای نقطه‌ای همگرا یا خطی همگرا ظاهر می‌شوند. از نمونه‌های بارز چنین الگوی ژئوزونی می‌توان از ژئوزون دهید، آسپاس و خسرو شیرین نام برد. پالئوژئوزون دهید که دریاچه‌ی نسبتاً بزرگی را در صفا شهر امروزی تشکیل می‌داده است، بنابه علل تکتونیک در بیدره پاره شده و آب مخزن آن تخلیه شده است. نقش چنین الگوهای ژئوزونی در طول زمان تغییر کرده است، به گونه‌ای که زمانی جز ژئوزونهای تحلیل برنده و امروزه در زمره‌ی ژئوزونهای تقویت‌کننده به حساب می‌آیند.

ت) توپوژئونوهای تحلیل برنده

در بخش جنوب و جنوب شرقی حوضه‌ی کر همراه با کشیده شدن ناهمواریها به دشتهای هموار با مجموعه‌ای از شبکه‌های آبراه‌های نقطه‌ای و اگر روبرو می‌شویم. این شبکه‌ها که به تقسیم قدرت آب مبادرت می‌کنند، سطح گسترش آب را بالا برده و در نتیجه سبب افزایش میزان تبخیر از یک سو و کاهش قدرت جریان از سوی دیگر می‌شوند. تعداد این نقاط نسبت به دیگر ژئونوهای بیشتر است و کمتر از نیمی از توپوژئونوهای کر را تشکیل می‌دهند (ده ژئونون). بستر استقرار این ژئونوهای بیشتر رسوبات آبرفتی و ریزدانه‌ی دشت هاست و به همین دلیل از طریق این ژئونوهای کمتر ژئونوهای کارستی تغذیه می‌شوند. به عبارت دیگر تحلیل برندگی قدرت رودخانه کر توسط این ژئونوهای بیشتر به افزایش سطح تبخیر نسبت داده می‌شود.

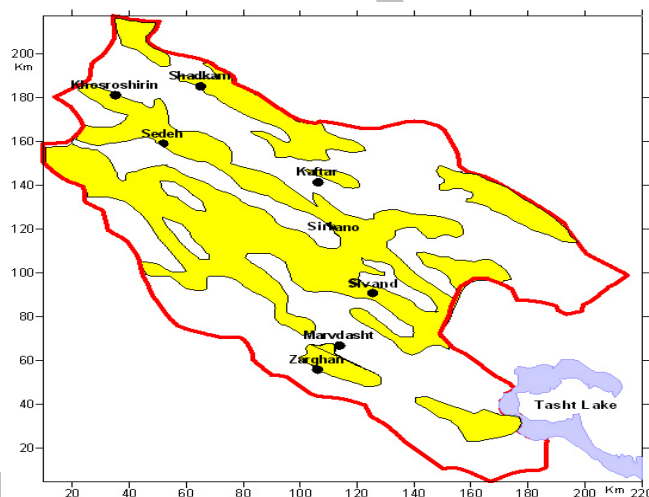
ث) ژئونوهای کارستیک:

حوضه‌ی آبی کر یکی از محوطه‌های کارست خیز ایران به شمار می‌آید. اگرچه فرایند کارست در گذشته بسیار فعالتر از امروز بوده و پدیده‌های کارست بیشتر یادگار شرایط اقلیمی گذشته در این محوطه است، ولی تأثیر آن بر روان آبها و رفتار آبی امروز انکار ناپذیر است (زنگنه اسدی، ۱۳۸۱). پدیده‌ی کارست سطح آب بسیاری از ژئونوهای توپوگرافی رانیز کنترل می‌کند که از آن جمله می‌توان از دشت بکان و ابر ژئونون طشت نام برد.

ابر ژئونون طشت که سطح اساس رودخانه کر محسوب می‌شود، از جمله ژئونوهای توپوگرافیک است که سطح آب آن به واسطه‌ی پدیده‌ی کارست کنترل می‌شود، حال آن که در میانه‌ی بستر ژئونون بکان حفره‌های انحلال کارست دیده می‌شود. این دریاچه علی رغم این که حوضه‌ی آبی آن در کوتاه‌ترین دچار تحولات اقلیمی بوده است، برخلاف تقریباً همه دریاچه‌های ایران که دارای ترسهای دریاچه‌ای، که نماد یا میراثی از این تغییرات است، به حساب می‌آید (رامشت، ۱۳۸۲)، فاقد تراس در حاشیه‌ی دریاچه‌ی خود است. نبود پادگانه‌های دریاچه‌ای در این سطح اساس، معلول عملکرد پدیده کارست کوههای مجاور این دریاچه و فرار آب بالاتر از سطح ۱۰ متری است. به عبارت دیگر سطح آب این دریاچه چنانچه بیشتر از ۱۶۶۰ متر شود^۱ آب به درون

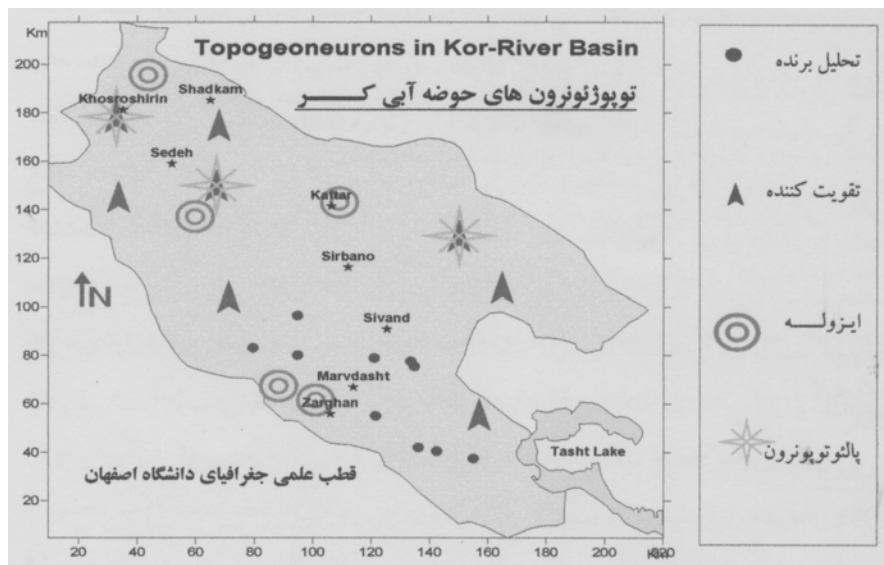
۱. ارتفاع ذکر شده بر اساس اطلاعات جی پی اس گارمین است.

کلوزهای آهکی ارتفاعات حاشیه‌ی آن نفوذ واز بالا آمدن سطح دریاچه جلوگیری می‌شود. این مفرها سبب شده‌اند که سطح آب این دریاچه هرگز از حد خاصی بالاتر نرود و این عدم تغییر ضابطه‌مند معلول عوامل اقلیمی و یا حاصل تعادل ورودی - تبخیر سطح دریاچه نیست. به عبارت دیگر سطح تعادل آب و خشکی در دریاچه‌ی طشت از عوامل اقلیمی پیروی نمی‌کند و تابعی از فرایند کارست است. جریان آب در آکسونها و همچنین ژئونرونها در مناطق آهکی منطقه به شدت تحت تأثیر کارست بوده و پس از نفوذ آب به درون سفره‌های زیر زمینی در محوطه‌های خاصی به تله می‌افتند، که به این ذخیره کننده‌های زیر زمینی ژئونرونها کارستیک گفته می‌شود. مناطق آهکی در حوضه‌ی کر نزدیک به ۹۰۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شود و پاره‌ای از توپوژئونرونها ایزوله مانند دشت بکان از جمله مفرهای عمده تأمین آب ژئونرونها کارستیک در حوضه‌ی کر شناخته شده‌اند. شکل (۵)



شکل (۵) توزیع اراضی آهکی در حوضه آبی کر (شرکت نفت ۱۹۷۵)

در مجموع شبکه‌ی ژئونرونی کر شامل ده ژئونرون تحلیل برنده، دو پالئوژئونرون، سه ژئونرون ایزوله و هفت ژئونرون تقویت کننده است. شکل (۶)



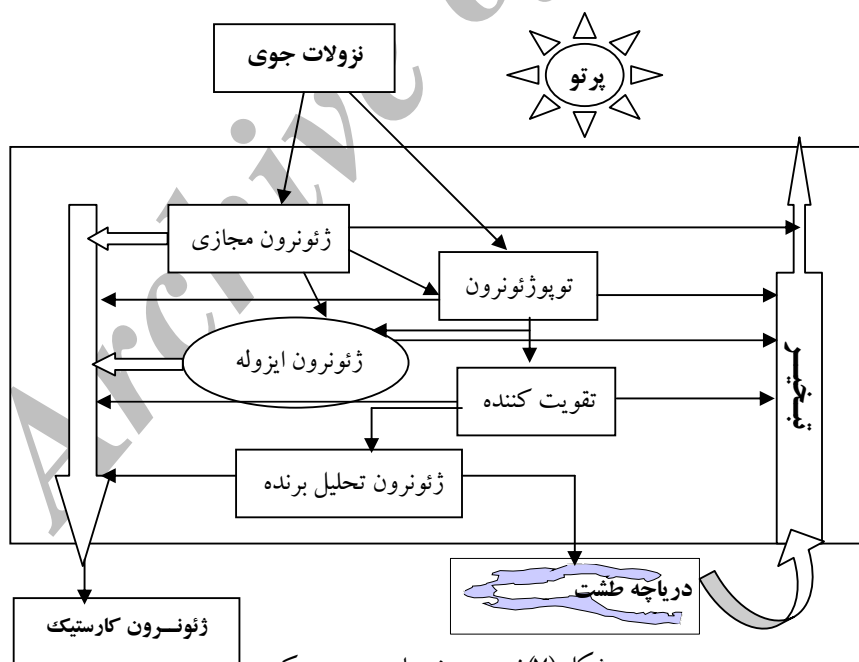
شکل (۶) توزیع توپوژئونها در حوضه‌ی آبی کر

نحوه‌ی گردش انرژی و ماده در حوضه‌ی آبی کر:

از مجموع متوسط هفت میلیارد متر مکعب آبی که روی حوضه‌ی کر، به عنوان ورودی اصلی ماده به این سیستم در طول سال وارد می‌شود^(۳) نزدیک به ۵۸ درصد از آن در طول فصل سرد ریزش و نزدیک به ده درصد از کل ورودی به صورت جامد در بخشی از حوضه بلوکه می‌شود. بنابراین می‌توان گفت اگر انرژی ورودی به سیستم که نقش منفی در روان آب را داشته و تبخیر در حوضه را کنترل می‌کند، از برآوردها حذف نمایم، مجموعاً از این مقدار ماده ورودی نود درصد از آن اجازه‌ی روان شدن پیدا می‌کنند، ولی از این مقدار آب که قابلیت روان شدن خواهند داشت با توجه به مجموع سطوح ایزوله باید گفت نزدیک به یک میلیارد متر مکعب در دام توپوژئونها (کافت و بکان) گرفتار خواهند شد و مابقی اجازه‌ی روان شدن می‌یابند. بدیهی است مقدار روان آب ما به مراتب از این مقدار کمتر خواهد بود، زیرا میزان تبخیر و نفوذ در این محاسبات لحاظ نشده است. با توجه به نقشه‌ی ایزو کرومال منطقه، مجموع آبی که از دام ژئونونها مجازی و ایزوله گرفتار نیامده و اجازه روان شدن می‌یابند تا رسیدن به سطح اساس دریاچه‌ی طشت باید به طور متوسط بالغ بر ۳۸۰ کیلومتر را طی نمایند و در این مسیر اگرچه با تقویت کننده‌های بزرگی چون سیوند و رودجان

همراه می‌شوند، ولی ژئونرونها‌ی تحلیل برنده را نیز باید پشت سر بگذارند که این به مفهوم گسترش سطح تبخیر به میزان سه هزار کیلومتر مربع است. این نکته را نیز نباید از نظر دور داشت که میزان انرژی گرمایی با نزدیک شدن به سطح اساس دریاچه‌ی طشت نیز افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که از مرز بارشهای جامد تا دریاچه‌ی طشت به طور متوسط در طول سال درجه‌ی حرارت محیط پنج درجه افزایش نشان می‌دهد و بدیهی است که این مقدار تفاوت دمایی در میزان افزایش تبخیر در قلمرو توپوژئونرونها‌ی تحلیل برنده تاچه حد می‌تواند مؤثر باشد. نکته‌ی قابل تأمل دیگر در مورد ورودی ماده به این سیستم بارشهای بهاره است. این بارشها بعضاً سبب ذوب بخشی از نزولات جامد در ژئونرونها‌ی مجازی می‌شود، ولی این نکته را نباید از نظر دور داشت که بخش عمده‌ی آب حاصل از ذوب نزولات جامد در این مناطق در دام توپوژئونرونها‌ی ایزوله مانند کافت و بکان گرفتار می‌آیند و در نهایت چنانچه مقادیر متناهی آب وارد دریاچه‌ی طشت شود، حداکثر تار ارتفاع ۱۶۶۰ متری امکان بالا آمدن آب وجود خواهد داشت و از این آستانه به بعد، بخش آب اضافی به درون ژئونرونها‌ی کارستیک حاشیه‌ی دریاچه هدایت شده و بدین ترتیب سطح تعادل آب و خشکی به پایداری می‌رسد. (شکل

(۷)



شکل (۷) نحوه چرخه ماده در سیستم کر

نتیجه‌گیری:

به خوبی می‌توان دریافت که پیچیدگی‌های محیطی گاه سبب می‌شوند که ما نتوانیم با روشهای تعیینی صرف به تحلیل رفتارهای عوامل محیطی، از جمله رفتارهای آبی در حوضه‌های آبریز پردازیم. به عبارت دیگر تنها نمی‌توان برای درک نحوه‌ی رفتار آبی به ضرایبی چون ضریب شکل حوضه و یا محاسبات زمان تمرکز بر اساس پاره‌ای ویژگیهای رقومی و هندسی حوضه‌ها مبادرت کنیم و اگرچه در بسیاری از موارد چنین برآوردهایی می‌تواند راهگشا باشد، ولی پیچیدگیهای محیطی بعضاً سبب می‌شود که برای تحلیل بسیاری از قضایا به شیوه‌های دیگر شناخت شناسی از جمله روش سیستمی متوسل شد. حوضه‌ی آبی کر، علی‌رغم وسعت ۲۱۸۰۰ کیلومتر مربعی و بارش ۳۱۸/۵ میلی‌متری سالانه، به واسطه‌ی ساختار شبکه‌ی کونیکال و نه به خاطر طول حوضه و یا شکل آن از یکسو و به واسطه‌ی نرونهاى مجازى و توپوگرافیک و همچنین پدیده‌ی کارست از خود رفتار خاصی را نشان می‌دهد که همین موضوع سبب شده زمان پاسخ سیستم به بسیاری از ورودی‌های اتفاقی ماده به سیستم بلند مدت تراز معمول باشد و در پاره‌ای از موارد، از جمله ایجاد خط تعادل آب و خشکی در سطح اساس محلی نتوان چنین پاسخهایی را از نظر فرم شناسی ردیابی کرد. از این رو می‌توان به‌طور خلاصه گفت:

* توپوژئونرونهاى کارستیک در کر مهمترین ارتباط بین زیر حوضه‌ها را بازی و نقش عمده‌ای در ایجاد پایداری خط تعادل آب و خشکی دریاچه‌ی بختگان (طشت) در دوران سرد و پاراگلیشیال داشته است.

* تغییر سطح اساس کر (دریاچه طشت) نباید به عنوان خروجی سیستم کر تلقی شود، زیرا در طول دوران چهارم نسبت به تغییرات ورودی به سیستم از خود واکنشی نشان نداده و به همین خاطر فرمهای ویژه (تراسهای دریاچه‌ای) در پیرامون دریاچه‌ی طشت به وجود نیامده است، لذا تغییرات ناشی از ورودی سیستم کر باید در شکل‌زایی ژئونرونهاى کارستیک جستجو شود و دریاچه‌ی بختگان تنها بخشی از مدار چرخش ماده و انرژی در درون سیستم کر است.

* نبود تراسهای دریاچه‌ای نباید به عنوان عدم تغییر اقلیم منطقه در طول کواترنرتلقی شود، زیرا رابطه‌ی بین ورودی این سیستم آبی و میاندا‌های آن سبب شده که در برابر بسیاری از تغییرات و شوکهای اقلیمی فرم‌زایی در این بخش اتفاق نیافتد و اگرچه همین امر در طول کواترنر سبب شده که حوضه‌ی رودخانه کر، برخلاف بسیاری از حوضه‌های مجاور چون کارون، زاینده‌رود و... دست خوش قبض و بسط و وسعت حوضه‌ی آبریز

نشود و استقلال آن هم چنان حفظ شود، ولی تغییرات اصلی که به عنوان خروجی سیستم تلقی می‌شود در حوزه‌ی عملیات کارست به وقوع پیوسته است.

* ژئورونهای مجازی و توپوژئورونهای کارستیک سبب می‌شوند که مجموع زمان پاسخ و زمان لختی از زمان استمرار ورودی ماده به سیستم، بزرگتر شود و همین موضوع سبب ناپایداری یا تغییرات مداوم و پیوسته در سیستم در دوران سرد می‌شود. این تغییرات پیوسته و مستمر نه درحوزه‌ی فرم‌سازی آبهای سطحی که در فرم‌زایی کارست به وقوع می‌پیوندد.

اما در دوره‌های گرم؛ چون زمان استمرار ورودی ماده به سیستم، به مراتب کوچکتر از مجموع زمان پاسخ و زمان لختی است، لذا تغییرات در حوزه‌ی سیستم آبی کر متوقف و به نوعی از پایداری و ثبات دست می‌یابد. این پایداری و عدم تغییر نیز در حوزه‌ی سطح اساس نباید جستجو شود، بلکه فرم‌زایی اصلی در ارتباط با سیستم، معطوف به فرایندهای کارستیک است.

* در دوره‌ی حاکمیت یخچال‌ها بسیاری از زیرحوضه‌های کر مانند حوضه‌ی کافت، ساری اتین و بکان با جریانهای یخی به حوضه‌های مجاور متصل بوده‌اند، که امروزه به صورت مستقل عمل می‌کنند.

* پاره‌ای از زیر حوضه‌ها چون چالهی صفا شهر یا دهیید، به واسطه‌ی حرکات نئوتکتونیک استقلال خود را از دست داده و در محل بید درّه به حوضه‌ی سیوند پیوسته‌اند.

یادداشتها

۱. زاگرس واژه‌ای یونانی است که بعد از تصرف این ناحیه به دست اسکندر مقدونی در مورد کوهستانهای تاق و پاتاق نامگذاری شده است.
۲. سطوح آکاردثونی به منطقه‌ای از زاگرس گفته می‌شود که زمین شناسان به آن بخش، زاگرس چین خورده می‌گویند.
۳. متوسط بارش در حوضه ۳۱۸/۵ ملی متر و مساحت کر برابر ۲۱۸۰۰ کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است.

منابع و مآخذ:

۱. اسدی زنگنه، ۱۳۸۰، «چشم اندازهای کارستی حوضه‌ی اخلمد و...» رساله‌ی دکتری، دانشگاه اصفهان.
۲. برتالنی، لودویک فون، پریانی. کیومرث، ۱۳۶۶، نظریه‌ی عمومی سیستم‌ها، نشر تندر، تهران، ص ۱۲.
۳. جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۷۶، ژئومرفولوژی ایران، دانشگاه پیام نور، ص ۷۸-۸۸.
۴. رامشت م. ح.، ۱۳۸۰، «دریاچه‌های دوران چهارم، بستر ملئیت در ایران»، فصلنامه‌ی جغرافیایی شماره ۶۰.
۵. شرکت مهندسین مشاور یکم، ۱۳۷۶، مطالعات جامع احیا و توسعه‌ی کشاورزی و منابع طبیعی حوضه‌های آبخیز رودخانه‌ی کر، سیوند، شاپور، دالکی، مند، و ساحل خلیج فارس، جلد دوم آب‌های سطحی.
۶. کمانه، سید عبدالعلی، ۱۳۸۴، تحولات ژئومرفولوژیک حوضه‌ی رودخانه‌ی کر در کواترنر، رساله‌ی دکتری.
۷. گریسهایمر و ویدمن، ترجمه‌ی فرخ شادان، ۱۳۷۰، فیزیولوژی انسان، انتشارات پیام، تهران، سال، ص ۸۳.
۸. مشاور یکم.
۹. نعمت الهی، ف.، ۱۳۸۳، «آثار یخساری در ایران»، نشریه‌ی دانشکده علوم انسانی، تبریز، شماره ۳، ص ۵۳-۷۱.
10. Chorley, R.J. 1962, *Geomorphology and general systems theory*, U.s.Geol.Surv. Prof. Pap., 500-B:B1-B10.
11. Hack, J.T., 1975. Dynamic equilibrium and landscape evolution. in: W.N.Melhorn and R.c.Flemal (Edition), *Theories of Landform Development*. State Univer. New York. Binghamton, pp.87-102.
13. Haigh, M.J., 1987, "The Holon: Hierarchy Theory and Landscape Research", *Catena Supplement 10*, p182.
14. Oberlander, *The Zagros Streams*, University of California Berkeley, 1965.
15. Rosgen, Dave. 1996. *Applied River Morphology*, Hilton Lee Slivery, P4-1_4-30.