جغرافیا و توسعه شماره ۴۵ زمستان ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۱۰/۳۰
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۶/۱۳
صفحات : ۲۴۲-۲۲۱

بررسی هیدرو– ژئونروتیک حوضه آبی قزل‌اوزن

دکتر غلامحسن جعفری*[۱]، فاطمه بختیاری[۲]

چکیده

تحلیل ژئونروتیک حوضه‌ی آبی قزل‌اوزن در شمال غربی کشور، با استفاده از آمار و اطلاعات اقلیمی منطقه و به کمک نرم‌افزارهای **Arc Gis**، **Surfer** و **Excell** به‌صورت تحلیل هیدرو-ژئونروتیک درآمده است. در این مقاله برای بررسی سیستم نروتیک شبکه‌ی زهکش، از روابط هیدرولوژی و داده‌های اقلیمی استفاده گردیده است. کل حوضه قزل‌اوزن با در نظر گرفتن محل اتصال سرشاخه‌های اصلی، به ۵۶ زیر حوضه تقسیم شد. توپوژئونرون، پالئوژئونرون و ژئونرون‌های مجازی، بر اساس ساختارهای الگوی آبراهه‌ای و سطوح فرسایشی مشخص گردید. نتایج حاکی از آن است که حدود ۳۷۹۲ کیلومترمربع آن، در کواترنر بارش جامد دریافتی خود را در یخچال بلوکه کرده و مواد بلوکه‌شده به‌گونه‌ای دیگر در تحول ناهمواری‌ها نقش داشته‌اند. لندفرم‌های غالب چنین وضعیتی به‌صورت سیرک‌های یخچالی بوده است.

در پایین‌دست چنین لندفرم‌هایی علی‌رغم شیب مناسب، کاوش خطی آب به فرایند سطحی یخچالی تبدیل‌شده و درّه‌های **U** شکل را ایجاد کرده و گاه یخچال به‌صورت صفحه‌ای عمل کرده و درمجموع لندفرم‌هایی را شکل داده که به‌عنوان ژئونرون‌های مجازی یاد می‌شود. با تغییر اقلیم منطقه در کواترنری و آب شدن ورقه‌های یخی در میانه‌ی حوضه قزل‌اوزن، نرون‌های ینکی‌کند و قلعه‌چای به عنوان توپوژئونرون ایزوله عمل نموده، درواقع خود به‌صورت حوضه‌های مستقلی داخل حوضه قزل‌اوزن درآمده‌اند. پایاب زنجان رود، میانه و در امتداد اصلی قزل‌اوزن از بیجار تا میانه تحلیل برنده بوده و مقدار آبی که دریافت می‌کنند بسیار کمتر از آبی است که از آن‌ها خارج می‌شود و اگر نبود رودخانه‌هایی همچون انگوران چای، قلعه‌چای، قرقون‌چای و غیره رودخانه کاملاً خشک می‌شد.

کلیدواژه‌ها: نرون، سیناپس، سیستم، بیجار، قزل‌اوزن.

۱- استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان*
Jafarihas@znu.ac.ir
۲- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان
bakhtiari.f297@gmail.com

مقدمه

ماهیّت بیشتر رفتارهای هیدرولوژیکی رودخانه‌ها تابع شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی حاکم بر محیط‌ها در گذشته و حال است، با مطالعه‌ی آثار و شواهد پالئوژئومورفولوژی‌می‌توان به‌دلایل رفتارفعلی‌شبکه‌های آبی پی برد. از جمله مسائل محیطی که توجّه محققان را به خود جلب نموده، مسأله‌ی تغییرات محیطی است. ژئومورفولوژی ازجمله علومی است که این‌گونه تغییرات را براساس شواهد ژئومورفیک دنبال می‌کند *(امیراحمدی و احمدی، ۱۳۹۴: ۲)*. استفاده از نگرش سیستمی در توجیه رفتار هیدرولوژیکی رودخانه بر اساس یک الگوی ژئونروتیک، سبب می‌شود تا ضمن آن‌که ادبیات جدیدی را در مباحث ژئومورفولوژیک رودخانه به‌کار گیریم، واقعیات پیچیده‌تری از رفتار عناصر محیطی روشن شود *(احمدی و محمدی، ۱۳۹۴: ۱)*. شبکه‌ی عصبی و یا نروتیک یکی از ساختارهای کونیکال در تفکر سیستمی است. کاربرد این نوع ساختار از شبکه‌ی عصبی انسانی، الهام گرفته است و در الگوسازی‌های رایانه‌ای سابقه‌ی بیشتری دارد *(رامشت، ۱۳۸۵: ۴)*. شبکه‌های عصبی زیست‌شناختی مغز انسان شامل مجموعه‌ای از واحدهای عصبی به نام نرون هستند که با رابط‌هایی موسوم به آکسون به هم متّصل شده‌اند *(سبزی‌پرور و علیائی، ۱۳۹۰: ۴؛ دستورانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴)*. شبکه‌های عصبی مصنوعی همانند ساختار زیست-شناختی مغز انسان با ترکیب ویژگی‌هایی همچون قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی، پردازش موازی و تصمیم‌گیری، قابلیت حل کامل مسائلی پیچیده با ماهیتی خطّی یا غیرخطی را خواهند داشت *(Stergiou, Siganos, 2008: 2 Turhan, 1995: 3)*. نگرش سیستمی به سیستم‌ها منجر به ایجاد یک روش‌شناسی در برنامه‌ریزی و تحلیل‌ها می‌گردد *(Hooke, 2007: 240)*.

واژه‌هایی چون نرون، اکسون، سینابس، از مفاهیم و واژه‌هایی هستند که عناصر اصلی شبکه‌ی عصبی را شکل می‌دهند. این مفاهیم 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.این‌واژه در ژئومورفولوژی با عنوان ژئونرون[1] خوانده می‌شود. منظور از ژئونرون‌ها در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای، فضاهایی است که سبب اجتماع روان‌آب‌ها در محدوده‌ی خاصی می‌شوند. خطوط آبراهه‌ای که ارتباط‌دهنده‌ی ژئونرون‌ها هستند با عنوان آکسون‌های برداری[2] شناخته می‌شوند. محل اتصال آکسون‌های برداری با ژئونرون‌ها و یا محل تقاطع آکسون‌های برداری، با عنوان سینابس ارضی[3] بیان می‌شوند. ژئونرون‌ها به‌ژئونرون‌های ارتفاعی یا مجازی[4]، توپوژئونرون[5] و کارستیک ژئونرون طبقه‌بندی می‌شوند؛ چاله‌ای که محل اجتماع روان‌آب‌های یک منطقه است، با عنوان ژئونرون توپوگرافی خوانده می‌شود.مکان‌هایی که به واسطه‌ی ارتفاع خاص، برودت زیاد داشته و ریزش‌ها به‌صورت جامد در آن فضاها بلوکه 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 به‌کار می‌رود*(رامشت،۱۳۸۵: ۵)*. رودخانه قزل‌اوزن به‌عنوان یک سیستم نروتیک، یکی از سرشاخه‌های خزر به‌شمار می‌آید و دارای پدیده‌های ژئومورفیک متعدد است که می‌تواند ما را در ردیابی آثار تغییرات هیدرولوژی و محیطی یاری دهد. این

1-Geoneuron
2-Vectoric Axon
3-Land Synabs
4-Virtual Geoneuron
5-Topo Geoneuron

حوضه‌ی آبریز دارای بسترهای آبی متعددی است که با ایجاد شرایط محیطی خاص گاه رودخانه را وادار به مآندر سازی کرده (خصوصیات رودخانه‌های پیر در دیدگاه سیستمی) و گاه فقط اجازه ایجاد بستر تنگ و باریکی را داده که ویژگی بارز آن رخنمون سنگی، شیب تند و آبشارهای کم ارتفاع و متعدد در مسیر رودخانه است. در این سیستم رودخانه‌ای گاه با دوشاخه شدن مسیر آبراهه‌ها و نقاط ارتفاعی منفرد شرایطی را همانند بستر دریاچه‌های گذشته تداعی می‌کند و گاه با سینوس‌های عمیق، در خطوط منحنی میزانی که عموماً سینوسی یا ساده هستند، گالی‌هایی را ایجاد کرده است که دلالت بر تغییر سطح اساس و تسلط فرسایش عمقی در منطقه دارد که در نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰قابل‌ردیابی است.چنین عملکردی منجر به بحث و بررسی حالت ژئونروتیکی حوضه گردید که با کمک داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی تبیین گردیده است.

پیشینه تحقیق

این پژوهش ترکیبی از روش ژئونروتیک و روش جاستین در هیدرولوژی است به همین دلیل در ادامه ترکیبی از پیشینه هردو روش به اختصار ارائه می‌شود. روش نروتیک که برگرفته از شبکه‌ی عصبی مصنوعی است برای اولین بار در سال ۱۹۴۳ توسط مک‌کولاک[1] و پستین معرفی شد، امّا این روش برای مدّت‌های طولانی بدون استفاده بود که بعدها با توسعه رایانه‌ها و هم‌چنین ظهور الگوریتم آموزش پس انتشار خطا برای شبکه‌های پیش‌خور در سال ۱۹۸۶ توسط راملهات[2] و همکاران مورداستفاده قرارگرفت *(Richards,1986:56)*. ناجی[3] و همکاران (۲۰۰۲) برای برآورد رسوب در رودخانه‌های طبیعی ازنظر غلظت رسوب از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند.یتیان[4] و روی (۲۰۰۳) استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی سیستم رودخانه‌ای را یک ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی زمان واقعی جریان و انتقال رسوب می‌دانند. بساو[5] و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند که با استفاده از یک سیستم شبکه‌ای سلسله مراتبی مبتنی بر داده‌های عصبی مصنوعی می‌توان مقادیر زیادی از داده‌های مختلف را برای مدیریت حوضه‌های آبی تخمین زد. لاکاسی[6] و رویز (۲۰۱۰) با با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی با مطالعه‌ی ژئو شیمیایی یک سیستم رودخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که داده‌ها را می‌توان به تعداد محدودی از گروه‌ها با ویژگی‌های شیمیایی مشخص، تقسیم نمود که هرکدام از این گروه‌ها، در ارتباط با جریان رسوب به قسمت خاصی از سیستم رودخانه‌ای محدود می‌شوند. رامشت (۱۳۸۵) با استفاده از سیستم شبکه عصبی و بر اساس دیدگاه سیستمی به تحلیل تطبیقی رفتار هیدرولوژیک رودخانه کر در شبکه ژئونروتیک پرداخت و به این نتایج دست‌یافت که بسیاری از رفتارهای حوضه‌های آبی، در چارچوب شبکه عصبی قابل تفسیر است.

داوودی‌راد (۱۳۸۵) در واسنجی روابط تجربی برآورد ارتفاع رواناب و مقایسه آن‌ها با مدل‌های ریاضی برآورد ارتفاع رواناب در بین روش‌های تجربی از روش جاستین بهره برده است و نتیجه گرفته که از بین شش روش تجربی به کار برده شده روش جاستین رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. جباری و عارفی (۱۳۸۶) در برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در یک رگبار برای محاسبه مقدار رواناب حوضه بالادست، معتقدند که روش جاستین و روش تجزیه و تحلیل رگرسیون چندگانه بین سه عامل شیب (S)، پوشش‌گیاهی (V) و رواناب (R) که با توجه به شرایط

1-Mak Kolak
2-Ramhellat
3-Nagy et al (2002)

4-Yitian and Roy (2003)
5-Besaw et al (2008)
6-Lacassie and Ruiz (2010)

محیطی خود منطقه به دست می‌آید، به واقعیت نزدیک هستند. رنگزن و همکاران (۱۳۸۷) در مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، ارتفاع رواناب حوضه را با استفاده از مدل جاستین برآورد نموده‌اند. نصری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه نتیجه گرفتند که شبکه عصبی پرسپترون با چهار لایه مخفی اعتبار بیش‌تری در برآورد رواناب نسبت به سایر شبکه‌ها دارد. دهقانی و همکاران (۱۳۸۹) از روش شبکه مصنوعی به‌عنوان یک روش نوین استفاده و از سه ترکیب مختلف ورودی برای تخمین دبی بار معلق رسوب استفاده نمودند. ولی و همکاران (۱۳۸۹) با تحلیل مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی رسوب معلق نتیجه گرفتند که شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌خصوص شبکه‌های ژئومورفولوژیکی به‌عنوان یک ابزار قوی برای پیش‌بینی شایسته بار رسوب یک سیستم پیچیده رودخانه‌ای هستند. عیسایی (۱۳۸۹) در برآورد میزان رواناب حوضه پریشان در استان فارس از روش جاستین و کوتاین استفاده کرده است و نتیجه گرفته است که نتایج روش جاستین به دلیل استفاده از خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی محدوده جهت محاسبه میزان رواناب در دشت و ارتفاعات، مناسب‌تر بوده و در تفکیک رواناب کوه و دشت مورداستفاده قرارگرفته است. فتحیان و هرمزی‌نژاد (۱۳۹۰) به پیش‌بینی پارامترهای کمّی و کیفی جریان در رودخانه کارون با استفاده از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه اقدام نمودند.

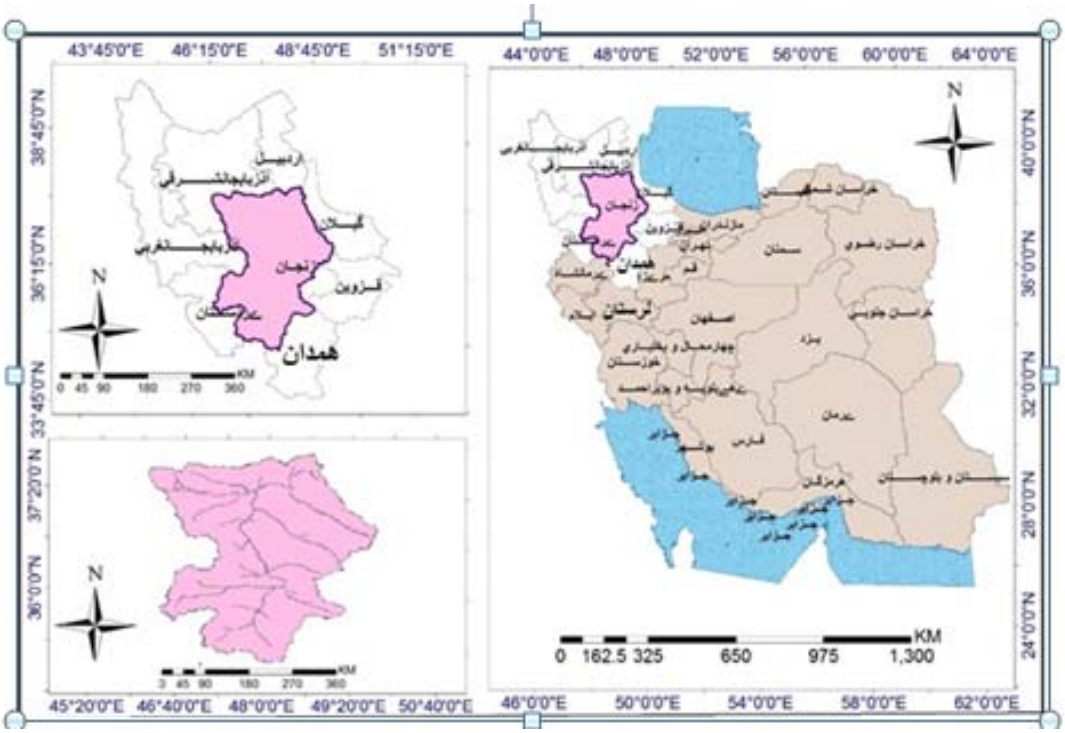
کمانه و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی تغییرات سطح اساس محلی و اقلیمی بر تحوّلات ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ی کر پرداختند و این نتیجه حاصل‌شده که رفتار آبی در حوضه تابعی از سیستم نروتیک شبکه زهکش‌ها و ژئونرون‌های مجازی، توپوگرافیک و کارستیک در منطقه می‌باشد. محتشم و همکاران (۱۳۹۰) باهدف تخمین سطح آب زیرزمینی دشت بیرجند با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی به این نتیجه دست‌یافتند که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌توان سطح آب زیرزمینی را تا ۱۲ ماه بعد با دقّت بالا تخمین زد. ولی و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه کارایی مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیونی برای پیش‌بینی بار رسوب جریان پرداختند. مرادی و همکاران (۱۳۹۰) در مقایسه مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه‌ی آبخیز پوراحمدی (استان هرمزگان) در بررسی عوامل ۹گانه مؤثر بر میزان فرسایش برای برآورد ارتفاع رواناب از روش جاستین استفاده کرده‌اند. آمانی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از مدل جاستین حجم آورد سالانه رودخانه‌های بالادست سدهای خاکی را در حوضه‌ی آبخیز کال آجی برآورد نمودند. امیراحمدی و احمدی (۱۳۹۴) رفتار آبی رودخانه اوجان را در شبکه ژئونروتیک مورد تحلیل قراردادند. این حوضه با تغییر اقلیم منطقه به‌صورت یک توپوژئونرون ایزوله درآمده است.

احمدی و محمدی (۱۳۹۴) به بررسی رفتار آبی رودخانه خرم‌آباد در شبکه‌ی ژئونروتیک با استفاده از روابط سیستم‌نروتیک شبکه‌ی‌زهکش‌ها و ژئونرون‌های مجازی، توپوگرافی و زمین‌شناسی پرداختند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

سیستم رودخانه‌ای قزل‌اوزن که در شمال غرب کشور واقع شده یکی از سیستم‌های رودخانه‌ای خزر است که در دوره‌های اخیر زمین‌شناسی دچار تحوّلات زیادی شده است. سرچشمه رودخانه‌ی قزل‌اوزن از

ارتفاعات چهل چشمه کردستان بوده و با طولی بالغ بر ۵۵۰ کیلومتر پس از عبور از استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل ضمن دریافت شاخه‌های متعدّد درطول مسیر خود در استان‌گیلان با رودخانه‌ی شاهرود تلاقی و وارد مخزن سفیدرود می‌گردد. وسعت حوضه‌ی آبخیز آن نزدیک به ۴۹۴۰۰ کیلومتر مربع است *(رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۰: ۴)*. این رودخانه بین استان‌کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، همدان‌و بخش کوچکی از استان‌های قزوین، آذربایجان غربی و گیلان قرار گرفته و در عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی گسترده شده است (شکل۱).

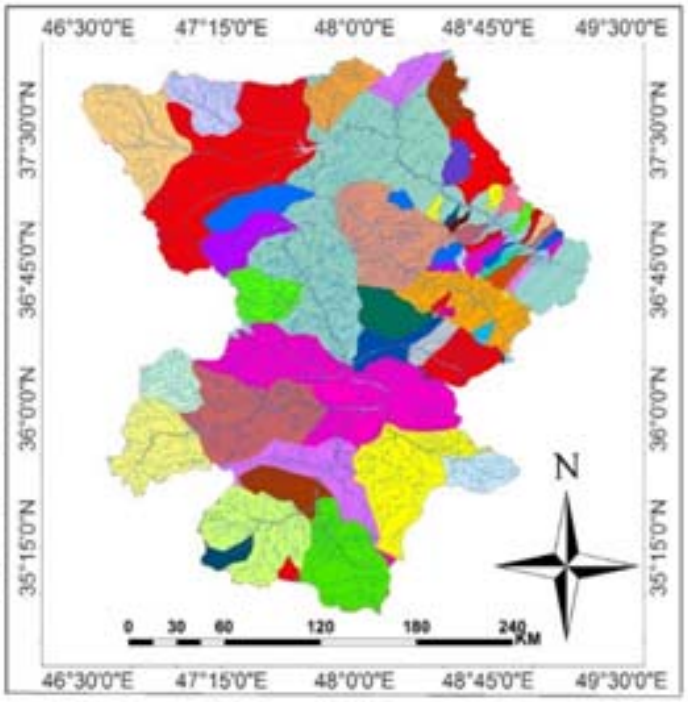


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

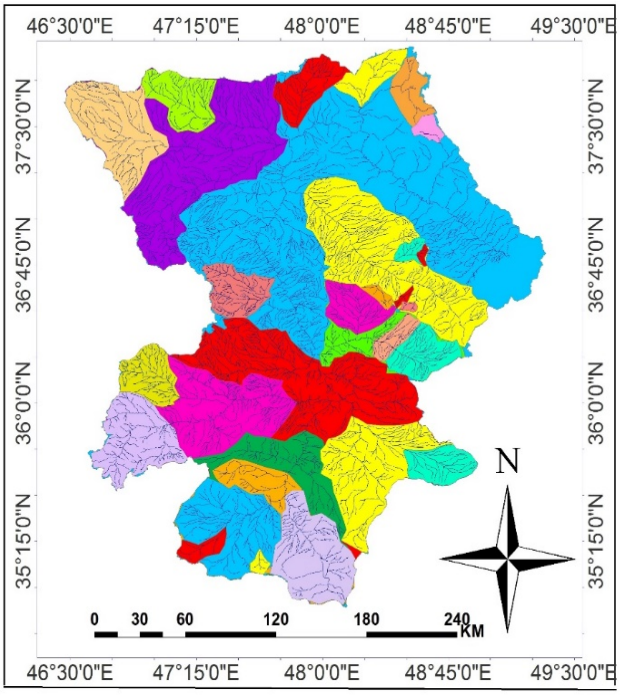
روش کار

روش این پژوهش ترکیبی از سیستم هیدرولوژیک و نروتیک است به این صورت که ابتدا در سیستم هیدرولوژیک آمار و اطلاعات اقلیمی منطقه‌ی مورد نظر از سازمان‌های آب منطقه‌ای، وزارت نیرو و آبخیزداری زنجان جمع‌آوری شد و داده‌ها و اطلاعات به کمک نرم‌افزارهای Arc Gis، Surfer، Excell مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. سپس در سیستم نروتیک برای تعیین ژئونرون‌های اصلی کل حوضه قزل‌اوزن، با در نظر گرفتن محل اتصال سرشاخه‌های فرعی، به ۵۶ زیر حوضه تقسیم شد (شکل۲). از ۵۶ زیر حوضه، ۳۰ حوضه دارای ایستگاه دبی سنجی بوده و بقیه فاقد ایستگاه بودند که لازم بود دبی آن‌ها برآورد گردد (شکل۳ و۴).



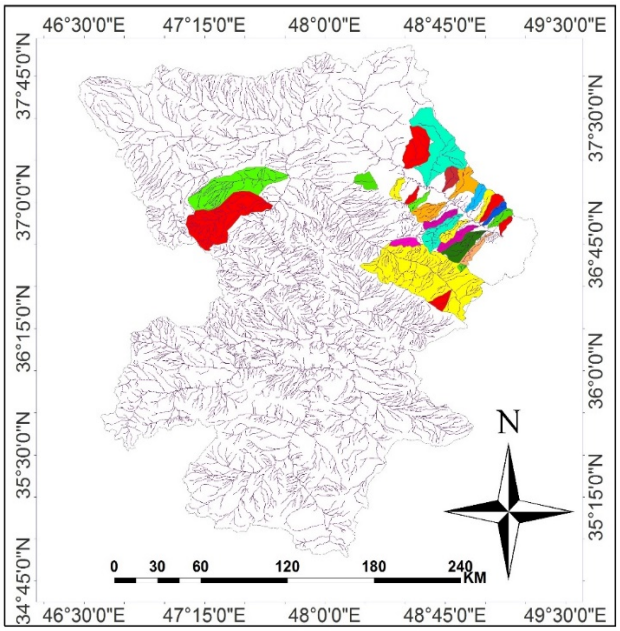
شکل ۲: زیرحوضه‌های محدوده‌ی قزل‌اوزن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۳: حوضه‌های دارای ایستگاه دبی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۴: حوضه‌های فاقد ایستگاه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

برای برآورد دبی حوضه‌های فاقد ایستگاه دبی سنجی، نیاز به بارش و دمای متوسط آن‌ها بود. برای ترسیم خطوط هم‌دما و هم‌بارش منطقه، به ترتیب از داده‌های همسان‌سازی شده‌ی ۲۹ و ۸۴ ایستگاه داخل حوضه‌ی قزل‌اوزن استفاده‌شده است. بین دما و ارتفاع، بارش و ارتفاع ایستگاه‌ها روابط رگرسیونی گرفته شد (روابط ۱ و ۲).

رابطه ۱: دما

$Y= -0/0045x + 18/06$ $R^2= 0/8362$

رابطه ۲: بارش

$Y= 0/2008x-36/603$ $R^2= 0/753$

سپس با استفاده از روابط فوق و داده‌های مربوط به ارتفاع کل حوضه، در محیط جی‌آی‌اس، خطوط هم‌دما و هم‌بارش ترسیم‌گر دید و با کمک آن‌ها، بارش و دمای تمامی زیر حوضه‌ها استخراج گردید. برای برآورد دبی زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه از روش جاستین[1] استفاده شد. در روش جاستین که بر اساس عملکرد مشابه حوضه‌ها استوار است ابتدا در منطقه‌ی مورد نظر یک حوضه‌ی آبریز را که دارای آمار اندازه‌گیری آب هست، در نظر می‌گیرند و این مشخصات را در آن معلوم می‌کنند: - مساحت حوضه، A(کیلومترمربع)- حداکثر ارتفاع‌حوضه، H_{max} (کیلومتر) -حداقل ارتفاع حوضه، H_{min} (کیلومتر) -آبدهی سالانه، W (میلیون متر مکعب)- متوسط بارش سالانه در حوضه، P (سانتی‌متر)-متوسط دمای‌سالانه هوا، T(سانتی‌گراد).

سپس با داشتن این مشخصه‌ها، محاسبات مورد نظر از طریق روابط (۳ تا ۵) انجام و ضریب K که همان ضریب جاستین است، به دست می‌آید. پس از به دست آوردن ضریب K برای آن حوضه، با انجام عمل عکس، آبدهی سالانه (W) را برای حوضه‌ی فاقد

1- Justin

ایستگاه که در همان نقطه اقلیمی واقع شده بود محاسبه می‌گردد (روابط ۶ تا ۸).
(علیزاده، ۱۳۹۰: ۵۴۴).

رابطه ۳ :
$$S = \frac{Hmax - Hmin}{\sqrt{A}}$$

رابطه ۴:
$$R = \frac{W}{A}$$

رابطه ۵:
$$K = \frac{R(1.8\,T + 32)}{S0.155\,P2}$$

رابطه ۶:
$$S = \frac{Hmax - Hmin}{\sqrt{A}}$$

رابطه ۷:
$$R = \frac{K(S)0.155\,P2}{(1.8T + 32)}$$

رابطه ۸:
$$W = A.R$$

پس از محاسبه این آمار، مقدار رواناب کل زیر حوضه‌های قزل‌اوزن برآورد گردید. برای مثال زیر حوضه‌های چمل‌گیر و طارم از جمله زیرحوضه‌های فاقد ایستگاه دبی‌سنجی در مجاورت زیرحوضه درو واقع شده‌اند که دارای ایستگاه دبی سنجی است و مشخصات آن مثل مساحت، بارش، دبی و دما به شرح جدول (۱) است. به کمک مشخصات آماری این زیرحوضه، مقدار ضریب k موردنیاز زیر حوضه‌های فاقد ایستگاه دبی سنجی (چمل‌گیر و طارم) برآورد گردید (جدول ۲) و به این طریق به کمک روش جاستین،دبی آن‌ها محاسبه‌شد. این روند برای کلیّه‌ی حوضه‌های فاقد ایستگاه اعمال گردید (جدول ۳).

جدول ۱: ایستگاه دارای آمار اندازه‌گیری به‌عنوان ایستگاه مبنا

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	دبی	بارش متوسط	دمای متوسط	مساحت km^2	ارتفاع بالا	ارتفاع پایین
درو	۴۸,۶۹	۳۷,۴۱	۱۵۹۹	۰,۸۲	۳۹۸,۷	۷,۵۷	۱۷۴,۱۸	۲۸۰۷	۱۵۹۹

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۲: ایستگاه‌های فاقد دبی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	ضریب k	بارش متوسط	دمای متوسط	مساحت km^2	ارتفاع بالا	ارتفاع پایین
چمل‌گیر	۴۸,۷۳	۳۷,۰۵	۵۱۳	۰,۲۹	۳۱۶,۶۸	۱۰,۱۸	۹۷,۱۱	۲۵۵۵	۵۱۳
طارم	۴۸,۹	۳۶,۸۹	۴۱۰	۰,۲۱	۳۲۴,۱۷	۱۰,۰۸	۸۱,۷۹	۲۴۷۶	۴۱۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

جدول ۳: برآورد دبی حوضه‌های موردمطالعه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع M	میانگین ده‌ساله دبی m^3	بارش متوسط mm	دما متوسط □	مساحت/km^2
۱	سایان	۴۸/۵۳	۳۶/۶۳	۱۶۵۰	۰/۲۸	۳۴۶/۰۳	۹/۱	۵۱/۰۷
۲	گیلوان	۴۹/۱۳	۳۶/۷۷	۳۱۱	۴۹/۵	۳۱۲/۲۹	۱۰/۰۳	۵۰۷۳۵
۳	دررو	۴۸/۶۹	۳۷/۴۱	۱۶۵۱	۰/۸۲	۳۹۸/۷	۷/۵۷	۱۷۴/۱۸
۴	آبگرم	۴۸/۴	۳۷/۶۹	۱۵۳۵	۳/۴	۳۷۳/۶۴	۸/۸۹	۵۶۲/۳۵
۵	چپینی	۴۷/۰۶	۳۷/۳۸	۱۵۳۴	۶/۵۷	۳۵۰/۴۹	۹/۱۹	۲۰۵۲/۲
۶	چتاپ	۴۷/۸۴	۳۷/۵۲	۱۱۰۰	۲/۲۶	۳۲۳/۱۹	۹/۵۲	۸۳۷/۸۸
۷	زرزر	۴۸/۴۲	۳۶/۲۸	۱۷۱۰	۰/۷۶	۳۴۰/۳۱	۹/۶۸	۷۹۳
۸	اولی بیگ	۴۸/۱۷	۳۵/۹۳	۱۴۸۰	۰/۶	۲۹۰/۰۷	۱۰/۲۳	۳۲۲۷/۳
۹	مهتر	۴۸/۳۳	۳۶/۶۳	۱۶۵۰	۰/۱۳	۳۵۰/۷۶	۸/۷۶	۱۱۶/۱۴
۱۰۰	تک آغاج	۴۷/۷۱	۳۶/۶۷	۱۳۳۰	۲/۴۲	۴۰۲/۲۳	۸/۴۶	۸۴۳*/۹
۱۱	فیروزآباد	۴۸/۲۲	۳۷/۵۸	۱۱۵۳	۳/۶۹	۳۰۵/۲۷	۹/۵۷	۵۸۲/۳۷
۱۲	پای پل دلبران	۴۷/۶	۳۵/۲	۱۷۷۰	۰/۱۹	۳۳۵/۲۲	۷/۶۸	۹۶/۵۹
۱۳	شادی آباد	۴۷/۷۶	۳۵/۴۶	۱۶۸۵	۰/۵۲	۳۰۳/۲۸	۸/۷۲	۲۰۴۸/۴
۱۴	کوهسالار	۴۷/۳۵	۳۷/۵۴	۱۴۸۰	۱/۶۹	۳۴۰/۴۳	۹/۳۱	۹۸۴/۸۲
۱۵	سرچم	۴۷/۹	۳۷/۱۱	۱۱۵۰	۱/۶۵	۲۹۸/۰۳	۹/۱۸	۴۵۲۰/۹
۱۶	مهرآباد	۴۷/۸۹	۳۵/۸۵	۱۶۵۰	۲/۶۱	۲۹۸/۶۷	۹/۵۴	۶۸۴/۴۸
۱۷	قره گونی	۴۷/۹۵	۳۶/۲۴	۱۴۵۰	۱۲/۴	۳۳۰/۴۳	۹/۳	۱۹۴۸۴
۱۸	ینکی کند	۴۸	۳۶/۲۵	۱۴۷۰	۱/۴۱	۳۳۶/۹۸	۹/۶۴	۲۵۰۱/۹
۱۹	بیانلو	۴۷/۸۴	۳۶	۱۵۷۱	۱۰/۱	۳۰۷	۸/۷۵	۵۱۳۵/۴
۲۰	میانه	۴۷/۷۲	۳۷/۴۲	۱۱۱۵	۲/۸	۳۳۶/۷۱	۹/۳۲	۷۶۴۶/۹
۲۱	حسن خان	۴۷/۶۸	۳۵/۴۳	۱۷۰۰	۱/۱۱	۲۹۹/۹۷	۸/۸۴	۲۵۳۲/۶
۲۲	گلابر	۴۸/۳	۳۶/۳۲	۱۶۶۰	۰/۷۹	۳۳۹/۳۴	۹/۶۱	۱۱۲۱/۴
۲۳	رامین	۴۸/۵۵	۳۶/۵۵	۱۷۵۰	۰/۱۷	۳۵۳/۹۳	۸/۵	۴۶/۰۴
۲۴	نساره علیا	۴۷/۱۱	۳۵/۸۶	۱۷۲۵	۵/۹	۳۲۶/۲۶	۸/۸۹	۱۶۸۷
۲۵	دهگلان	۴۷/۴۱	۳۵/۵۸	۱۸۵۰	۰/۲۴	۳۱۵/۹۲	۸/۵۹	۲۷۹/۹۸
۲۶	گوجه کند	۴۷/۷۹	۳۵/۵۸	۱۷۰۰	۲/۲۵	۲۹۹/۹۱	۸/۷۸	۵۲۹۵/۳
۲۷	قمچقای	۴۸/۲	۳۶/۳۷	۱۶۸۰	۰/۶۶	۳۴۰/۱۷	۹/۴۴	۷۶۳/۴۲
۲۸	سهرین	۴۸/۴۳	۳۶/۷۶	۱۹۵۰	۰/۴۷	۳۶۹/۰۲	۸/۱۲	۱۹۹/۷۶
۲۹	ورودی سد تهم	۴۸/۵۴	۳۶/۷۹	۱۹۳۰	۰/۲۹	۳۷۴/۳۸	۸/۱۱	۴۴/۲۳
۳۰	آب بر	۴۸/۹۶	۳۶/۸۷	۴۱۴	۰/۲۱	۲۹۲/۹۴	۱۱	۹۲/۰۸
۳۱	آب بر۱	۴۸/۹۲	۳۶/۸۹	۳۶۱	۰/۱۶	۲۸۶/۴۹	۱۰/۷	۶۷/۹۶
۳۲	آب بر۲	۴۸/۸۷	۳۶/۹۴	۴۲۹	۰/۲۵	۳۰۶/۱۶	۱۰/۶۶	۹۰/۹۱
۳۳	دررو۱	۴۸/۷۷	۳۷/۰۲	۴۴۷	۰/۵۳	۳۲۷/۸۹	۹/۵۶	۱۶۳/۲۵
۳۴	دررو۲	۴۸/۷۳	۳۷/۰۵	۵۱۳	۰/۲۹	۳۱۶/۶۸	۱۰/۱۸	۹۷/۱۱
۳۵	دررو۳	۴۸/۶۳	۳۷/۰۹	۶۰۹	۲/۰۸	۳۲۸/۱۸	۹/۳۵	۷۰۶/۷۷
۳۶	دررو۴	۴۸/۴۸	۳۷/۲	۶۶۷	۱/۰۵	۳۴۰/۵۶	۹/۱۱	۳۰۵/۰۹
۳۷	گیلوان۱	۴۹/۱	۳۶/۸	۳۶۴	۰/۰۷	۲۵۷/۹۹	۱۲/۵۸	۴۳/۲۲
۳۸	گیلوان۲	۴۹/۰۹	۳۶/۸۴	۴۰۰	۰/۱۵	۲۹۱/۱	۱۱	۷۱/۶۱
۳۹	گیلوان۳	۴۸/۹۷	۳۶/۸۶	۳۹۲	۰/۱۶	۲۹۹/۹۶	۱۰/۴۸	۶۵/۹۱
۴۰	تسکین۱	۴۹/۰۴	۳۶/۸۱	۳۱۳	۰/۲۲	۳۱۵/۹۲	۱۰/۱۴	۸۸/۶۱

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

ادامه جدول ۳: برآورد دبی حوضه‌های مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع M	میانگین ده ساله دبی m^3	بارش متوسط mm	دما متوسط □	مساحت/km^2
۴۲	تسکین۳	۴۸/۹۵	۳۶/۸۵	۳۷۱	۰/۲۵	۳۱۲/۳۴	۱۰/۱۹	۱۰۵/۸۱
۴۳	تسکین۴	۴۸/۹	۳۶/۸۹	۴۱۰	۰/۲۱	۳۲۴/۱۷	۱۰/۰۸	۸۱/۷۹
۴۴	تسکین۵	۴۸/۸۶	۳۶/۹۲	۴۲۵	۰/۶	۳۳۵/۴۴	۹/۴۸	۲۰۳/۷۷
۴۵	تسکین۶	۴۸/۸۲	۳۶/۹۶	۴۵۸	۰/۱۸	۲۹۳/۳۳	۱۰/۰۴	۸۶/۹۳
۴۶	تسکین۷	۴۸/۷۶	۳۷	۵۲۰	۰/۳۹	۳۳۹	۸/۹۹	۱۴۸/۵۴
۴۷	تسکین۸	۴۸/۶۵	۳۷/۰۷	۵۹۶	۰/۱۶	۳۵۸/۳۶	۸/۸۶	۵۱/۳۳
۴۸	تسکین۹	۴۸/۴۹	۳۷/۱۵	۶۱۳	۰/۱۴	۳۱۹/۱۱	۱۰/۳۵	۶۸/۱۶
۴۹	تسکین۱۰	۴۸/۵۸	۳۷/۱	۶۶۳	۰/۱۱	۳۵۲/۲۷	۸/۶۵	۳۸/۵۶
۵۰	آقچه قلعه	۴۸/۱۷	۳۷/۱۱	۱۶۳۸	۰/۱۸	۳۴۱/۴۲	۹/۲۷	۹۹/۹۸
۵۱	قره بلاغ۲	۴۸/۷۹	۳۶/۴۸	۱۷۶۱	۰/۲۷	۳۴۵/۱	۸/۸۱	۸۰/۵
۵۲	کاکاآباد	۴۸/۸۴	۳۶/۵۸	۲۰۰۴	۰/۰۸	۳۸۲/۰۹	۷/۹۴	۱۷/۰۵
۵۳	قلعه چای	۴۷/۶۶	۳۶/۹۶	۱۱۶۳	۳/۹۱	۳۵۰/۶۳	۸/۷	۸۴۴/۴۲
۵۴	سارمساقلو	۴۸/۳۹	۳۶/۷۴	۱۶۲۹	۰/۱۵	۳۵۱/۵۷	۸/۲۵	۷۶/۰۳
۵۵	والارود	۴۸/۳۴	۳۶/۷۱	۱۵۲۴	۹/۰۶	۳۳۹/۰۳	۹/۱۶	۱۸۲۳/۵
۵۶	قرنقو۲	۴۷/۷۷	۳۷/۱۶	۱۰۹۶	۲/۰۴	۲۸۵/۳۸	۱۰/۳۹	۷۳۴/۲۲

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

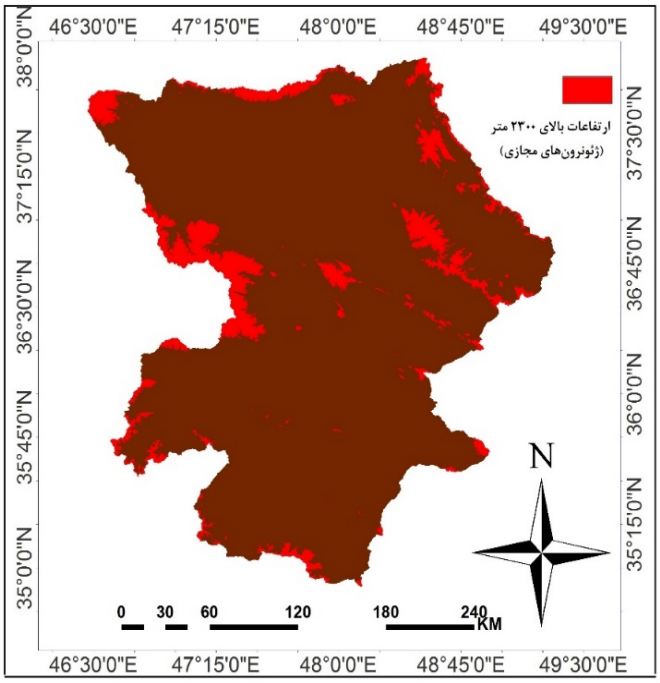
بحث و بررسی

تحلیل جریان ماده و انرژی در همه مسیر رودخانه‌ی قزل‌اوزن، با توجه به وسعت زیاد و تنوع فراوان زمین-شناسی، توپوگرافی، ژئومورفولوژی و اقلیم یکنواخت نیست. بستر جریان ماده و انرژی همان الگوی شبکه زهکشی می‌باشد و تنگه‌ها (نرون) از مهم‌ترین مناطق عبور جریان ماده و انرژی در حوضه می‌باشند. این تنگه‌ها با توجه به شرایط خاص لیتولوژی، توپوگرافی و زمین‌شناسی، دارای مقاومت متفاوتی در برابر فرسایش هستند. ازآنجایی‌که رودخانه یک سیستم پویاست، لذا نحوه جریان ماده و انرژی در آبراهه فرعی با توجه به عوامل تکتونیکی، لیتولوژی و اقلیمی، بر فرایند جریان ماده و انرژی در آبراهه اصلی و کل سیستم رودخانه اثر می‌گذارد. رودخانه‌های فرعی قزل‌اوزن، نقش اساسی در تعیین نحوه جریان ماده و انرژی برای فرم‌زایی و رفتار رودخانه ایفا می‌کنند. به همین منظور در بررسی ژئونرون‌های قزل‌اوزن، الگوی ساختاری آبراهه‌ها و سطوح فرسایشی منطقه مدنظر قرار گرفته است. ساختارهای آبراهه‌ای حوضه‌ی قزل‌اوزن عبارتند از: شبکه‌های موازی، داربستی، راست‌گوشه، گیسویی، دوشاخه، شعاعی، همگرا، واگرای نقطه‌ای و درختی. در بین این الگوها، الگوی موازی و درختی بیشترین توزیع را در سطح حوضه دارا می‌باشند. این دو نوع ساختار بیش‌تر در ژئونرون‌های مجازی و تقویت‌کننده ایجادشده‌اند. در بخش‌هایی از قزل‌اوزن که لیتولوژی غالب با مارن است (بیزینه رود و یول‌کشتی)، قدرت فرسایشی رودخانه بالاست و شرایط برای فرسایش عمقی بسیار محیاست امّا در نرون‌های حدفاصل بین این سطوح که غلبه با آذرین و سنگ‌های متصل است (زنجان رود، ینگی‌کند)، قدرت کم فرسایشی آب باعث شکل‌گیری دره‌های تنگ و باریک می‌شود. رودخانه درگذر از مناطق سست به سخت بستر عریضی دارد که ناشی از فرسایش افقی در منطقه است. در چنین مکان‌هایی بستر عریض رودخانه به

همراه سرعت کم آب، منجر به تحلیل ماده و انرژی می‌شود. جابجایی رودخانه در افق، یک نرونی را ایجاد می‌کند که از آن به‌عنوان نرون توپوگرافیک یادشده است. تکرار مکانیسم فوق، سطوح فرسایشی متداخلی را در قزل‌اوزن ایجاد کرده است که اساس این بررسی را شکل داده است. انرژی ورودی در این بررسی بیشتر شامل پرتو خورشیدی، انرژی‌های حرارتی و تشعشعی، انرژی‌های درون ساخت و انرژی جنبشی باد می‌باشد و مادّه ورودی در چنین سیستمی، بیشتر به میزان نزولات جوّی و تبادلات عناصر جوّی با سطوح ارضی مربوط می‌شود. حوضه‌ی قزل‌اوزن نیز مانند سایر سیستم‌های ژئومورفیک در برابر ورودی انرژی، مادّه و اطلاعات از خود واکنش نشان می‌دهد. برای فهم بهتر این مطالب در یک بررسی ژئونرون‌های منطقه استخراج و هریک را بررسی‌شده است.

یافته‌های تحقیق

ژئونرون‌های مجازی در قزل‌اوزن: اگر ورودی سیستم رودخانه قزل‌اوزن دو متغیّر عمده ماده و انرژی فرض شود حوضه‌ی قزل‌اوزن در دوره آناگلیشیال با کاهش نسبی انرژی تابشی و افزایشی ورودی و بارش مواجه بوده است. در دوره آناگلیشیال بخش عمده‌ای از ماده ورودی به سیستم به صورت جامد (یخ) ذخیره‌سازی می‌شده است. این ذخیره‌سازی از یک‌سو به خاطر افزایش سطح پوشیدگی برف (ذخیره‌سازی ماده) و از سوی دیگر به‌واسطه پایین آمدن دمای یخ بوده است، این مکانیسم به‌صورت پس خورندگی مثبت عمل نموده و سبب شده که افزایش سطح پوشیدگی برف و یخ، بازتاب بیشتر انرژی تابشی را به دنبال داشته باشد و خود این عمل نیز سبب کاهش دمای یخ شده است *(Moayeri, at al, 2011: 3)*. از ارتفاع ۲۳۰۰ متر به بالاتر حوضه‌ی آبی قزل‌اوزن، در آن زمان بارش دریافتی بلوکه‌شده و برف مرز دائمی آن زمان بوده است *(رستم‌خانی، ۱۳۹۳: ۱۰۰)*، به عبارتی ۷/۵ درصد حوضه‌ی موردمطالعه در کواترنری تمام بارش برف دریافتی در طول سال را در خود بلوکه می‌کرده و به همین علّت نمی‌توانسته ماده و انرژی دریافتی خود را در تحوّل فرم‌ها دخالت دهد. بلوکه شدن آب در این سطوح به‌واسطه‌ی تغییر حالت آب، امکان جریان آبدوی را در بخشی از سال متوقف نموده است. در این کانون‌ها همان‌گونه که رامشت (۱۳۸۵) معتقد است، اگرچه سطوح ارضی به وجود آورنده‌ی آن‌ها، از نظر شکل شناسی، به‌گونه‌ای نیست که منجر به تجمیع رواناب‌ها نگردد، ولی با تغییر حالت فیزیکی آب، شرایطی به وجود می‌آید که حرکت آب، مشابه زمانی می‌شود که در چاله‌های توپوگرافی جمع می‌شده‌اند که از آن‌ها به‌عنوان ژئونرون‌های مجازی یاد شده است (شکل۵).

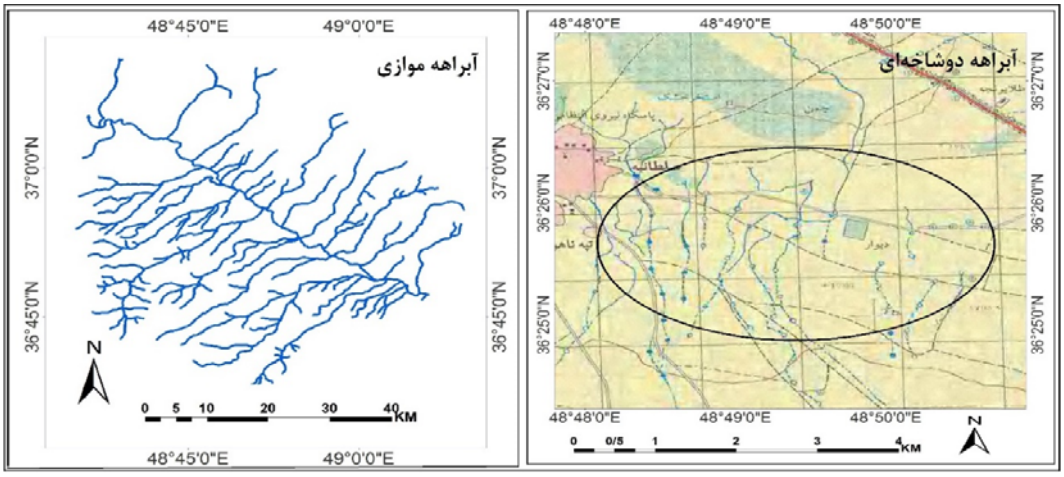


شکل ۵: ارتفاعات بالای ۲۳۰۰ متر (ژئونرون‌های مجازی) محدوده قزل‌اوزن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

آبراهه‌های دو شاخه‌ای این مناطق شواهد فعالیّت کلیمانرون‌ها هستند، آبراهه‌های این منطقه نه به دلیل این‌که به سطح مستوی رسیده‌اند، بلکه به خاطر تغذیه کم نسبت به نفوذ و دیگر عوامل تحلیل برنده شکل گرفته‌اند. در شرایط کنونی نیز در بسیاری از بخش‌های سراب قزل‌اوزن، روان آب‌ها در زمان خروج از سینوزیته کوهستان، با شیب کم و ارتفاع زیاد سینوزیته (معمولاً بیش از ۱۹۰۰ متر) و به‌تبع آن دمای زیر صفر مواجه می‌شوند درنتیجه یخزده و با تأخیر زمانی در تغذیه روان آب‌ها مشارکت می‌کنند، در واقع سرعت رواناب‌ها ناشی از بارش‌های مایع یا ذوب بارش‌های جامد در خروج از کوهستان کاسته شده و بسترهای آبی عریض ایجاد می‌کنند که به دو شاخه شدن آبراهه‌ها منجر می‌شود. این نوع آبراهه که در دشت‌های با نقاط ارتفاعی دیده می‌شود، نشان از خط تعادل آب و خشکی دریاچه‌های گذشته دارند درصورتی که در سراب قزل‌اوزن و سرشاخه‌های آن، نشان‌دهنده‌ی اقلیم منطقه هستند. چنین مکانیسمی در بسیاری از دشت‌های مرتفع سراب سرشاخه‌های قزل‌اوزن بخصوص در سلطانیه و خدابنده، منجر به شکل‌گیری بزرگ‌ترین کانونی چمنی در دشت‌های سردسیری ایران شده است که آب‌ها در آن به‌صورت متمرکز عمل نمی‌کند. در مناطق اقلیمی متفاوت، شرط اصلی برای شکل‌گیری چنین آبراهه‌هایی، نسبت سرعت تغذیه به‌سرعت جریان، سرعت نفوذ و مقدار تبخیری است که گاه به علّت فعالیّت سلول‌های حرارتی (مناطقی مثل جلگه خوزستان) و گاه برودتی (همانند منطقه‌ی مورد مطالعه) توجیه می‌شود. در مجموع آبراهه‌های دو شاخه‌ای و موازی در شکل‌گیری ژئونرون‌های مجازی و شبه مجازی قزل‌اوزن نقشی اساسی داشته‌اند (شکل۶). به عبارتی در مجاورت ژئونرون‌های مجازی، ژئونرون‌های شبه مجازی‌ها قرار

دارند با مشخصه‌ی متمرکز نشدن آب، سرعت کم، بستر وسیع، حرکت ورقه‌ای آب و پایین بودن دما. به‌عنوان‌مثال سلطانیه که قبلاً در مجاورت ژئونرون مجازی بوده، در حال حاضر نیز به‌عنوان یک ژئونرون شبه مجازی عمل می‌کند که تمرکز آب در آن به صورت خطی نمی‌باشد.

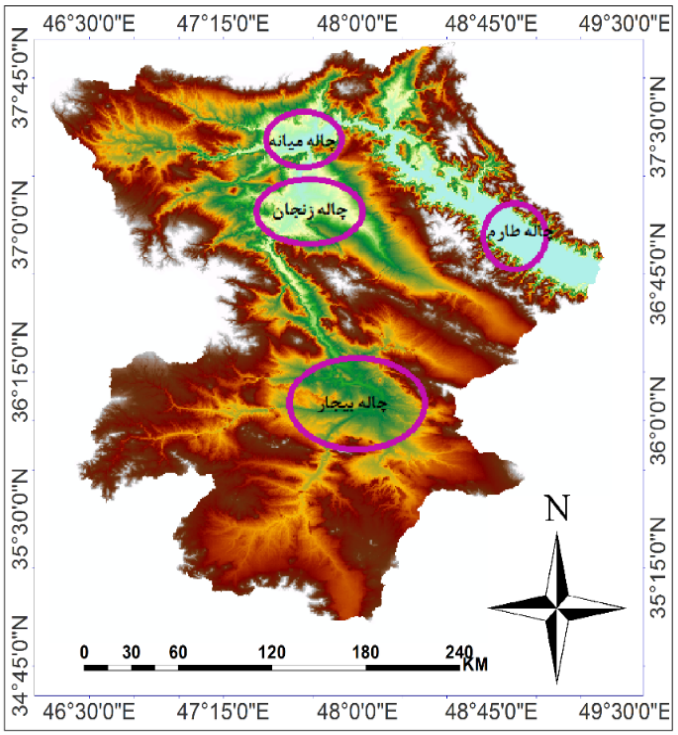


شکل ۶: الگوهای ساختاری توپوژئونرون‌های مجازی محدوده‌ی قزل‌اوزن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

ژئونرون‌های توپوگرافیک

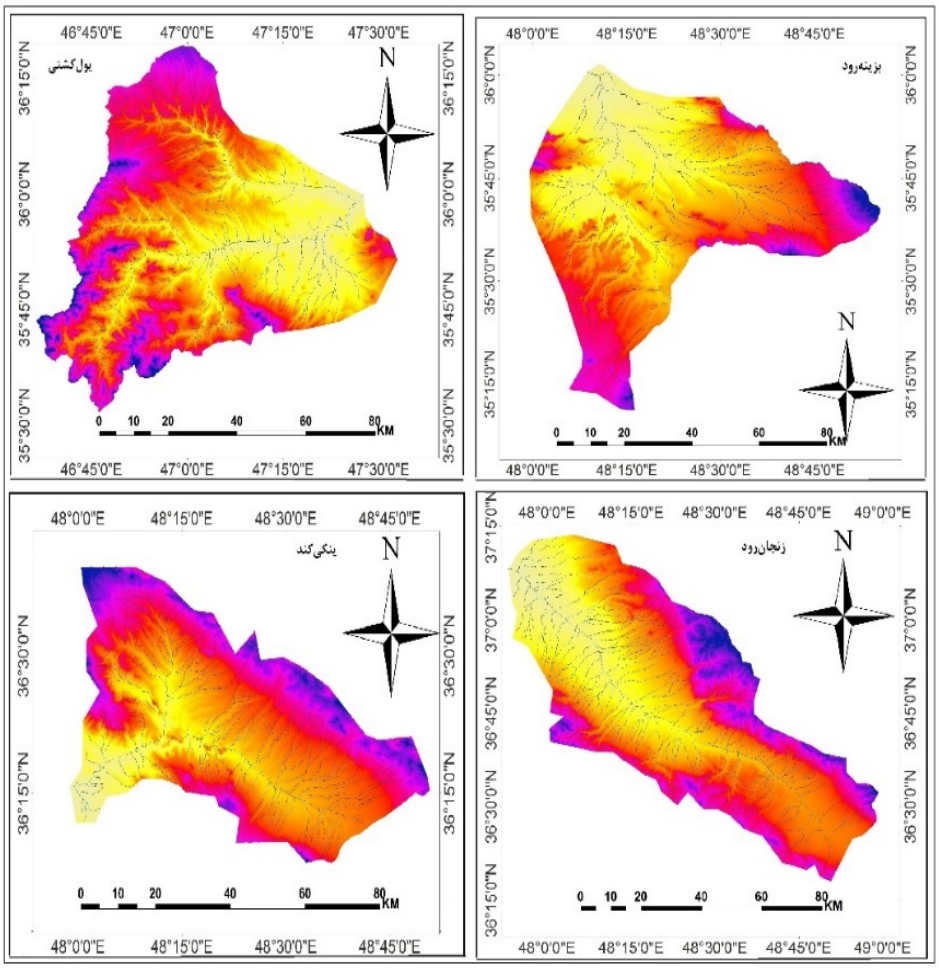
بررسی شبکه‌ی آبراهه‌ها و وضعیت توپوگرافی در حوضه‌ی قزل‌اوزن حاکی از وجود پنج ژئونرون توپوگرافیکی است که هرکدام از آن‌ها خود دارای زیر حوضه‌هایی هستند که با توجه به میزان ورودی و خروجی ماده به آن‌ها به انواع مختلفی همچون؛ ایزوله، تقویت‌کننده و تحلیل برنده تقسیم می‌شوند. چنین گره‌هایی یکی از عوامل عمده‌ی تغییر رفتار آبی رودخانه‌ی قزل‌اوزن به شمار می‌آیند. چهار توپوژئونرون این حوضه از نوع پالئوتوپوژئونرون هستند. این نوع ژئونرون‌ها که بر روی نقشه‌های توپوگرافی به‌صورت شبکه‌های آبراهه‌ای سطحی همگرا و به‌صورت حوضه‌های آبی مستقلی بوده‌اند که در جریان تحوّلات کواترنری استقلال خود را ازدست‌داده و به‌صورت شبکه‌های آبراهه‌ای خطّی همگرا درآمده‌اند و به این شکل نقش جمع‌کننده آبراهه‌ها را برای سطح اساس جدید پیدا کرده‌اند. تجمع آب‌ها در محل اتصال ژئونرون‌ها منجر به ایجاد خازن‌هایی می‌شود که محل وحدت نیرو و انرژی آب می‌باشد. هم‌گرایی بردارهای آب در این مکان‌ها سبب افزایش حجم و سرعت رواناب‌ها در یک محور طولی شده و سپس به راه خود ادامه می‌دهند *(رامشت و شاه‌زیدی، ۱۳۸۷: ۱۱)*. از نمونه این پالئوتوپوژئونرون می‌توان به بیجار، زنجان، میانه و طارم اشاره کرد که بنا به علل تکتونیکی و لیتولوژی درگذشته پاره شده و آب آن‌ها تخلیه گردیده، آب‌های این پالئوتوپوژئونرون‌ها پس از عبور از طریق یک سری تنگ‌ها و سیناپس‌ها وارد چاله‌ی بعدی می‌شوند (شکل۷).



شکل ۷: پالئوتوپوژئونرون‌های قزل‌اوزن

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

قسمت اعظم پالئوتوپوژئونرون بیجار را سطوح فرسایشی در برگرفته است. شرایط فرسایش عمقی در این سطوح علی‌رغم تسلط جریان‌های متمرکز و غلبه با لیتولوژی مارن، بسیار کم است، چراکه این بستر به سیناپسی متصل می‌شود (تنگه‌های بین چاله بیجار و چاله زنجان) که بسیار باریک بوده و لیتولوژی غالب آن، سنگ‌های رسوبی (آهک) و آذرینی است که در مقایسه با مارن در مقابل فرسایش آبی مقاومت‌بیشتری دارند. از طرفی شیب این سینابس که ۷۶ کیلومتر طول‌دارد بسیارکم بوده (کمتر از۰/۱۲درصد) بطوری‌که در خود سینابس نیز فرسایش عمقی انجام‌نشده و غلبه با فرسایش افقی است و در درون آن مآندرهای بسیار تیپیکی ایجادشده، همچنان‌که؛ رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۱) بیان داشته‌اند در مناطق کوهستانی، مقاومت تشکیلات زمین‌شناسی باعث شکل‌گیری پیچ و خم در مسیر رودخانه‌ها می‌شود.در پالئوتوپوژئونرون بیجار غلبه با فرایند کاوش افقی بوده و باوجود فاصله‌ی بسیار زیاد از پایاب حوضه، خصوصیات رودخانه‌های پیر را از نظر دیویس *(کک،۱۳۸۷: ۳۲۳)* به خود گرفته و مجبور به مآندرسازی و جابجایی افقی گردیده است (مآندر عظیم رودخانه قزل‌اوزن از اصلانلو تا تازه کند، به دلیل جنس سست منطقه در این پهنه اجازه‌ی گسترش یافته است). چنین جابجایی در واقع باعث متداخل شدن چهار سطح فرسایشی در این پالئوتو-پوژئونرون شده است (شکل۸).



شکل ۸: سطوح فرسایشی محدوده‌ی پالئوتوپوژئونرون بیجار

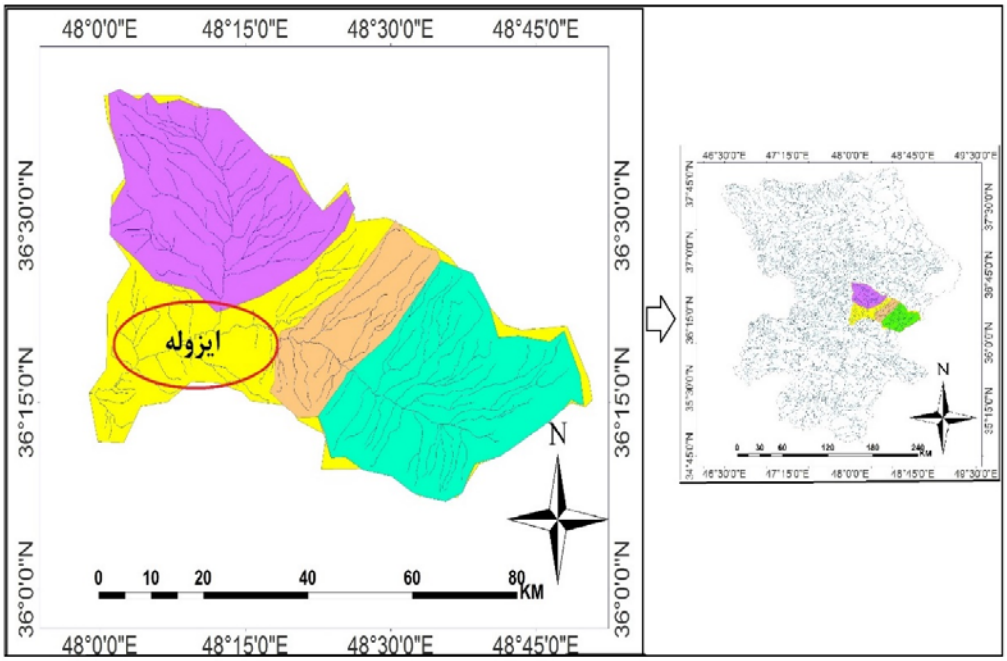
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

توپوژئونرون‌های قزل‌اوزن را می‌توان در چندطبقه گروه‌بندی نمود :

الف- توپوژئونرون‌های ایزوله

این توپوژئونرون خود به‌صورت حوضه‌ی مستقلی در درون حوضه‌ی اصلی عمل می‌کند. حجم ذخیره‌ی آبی آن، بعضاً دارای حدّ و آستانه‌ی خاصی است و در صورت تغذیه‌ی بیشتر از آستانه، به‌صورت یک خازن عمل نموده و سبب تقویت رواناب‌های حوضه‌های مجاور خود می‌گردد. نمونه‌ی بارز از این نوع نرون‌ها در درون حوضه‌ی ینگی‌کند دیده شده است. این‌حوضه به صورت یک‌سطح فرسایشی عمل نموده، دارا بودن الگوی آبراهه‌ای موازی، باعث شده که جابه‌جایی رودخانه در این حوضه افقی باشد تا عمقی، به عبارتی فرسایش جانبی در رودخانه اصلی باعث تسلط فرسایش قهقرایی در سرشاخه‌ها می‌شود. در درون حوضه‌ی ینگی‌کند زیر حوضه‌های گلابر، قمچقای و زرزر استخراج شده‌اند که دبی خروجی یکسانی با دبی خروجی کل حوضه‌ی ینگی‌کند دارند، در واقع خود حوضه ینگی‌کند به عنوان یک توپوژئونرون تقویت‌کننده عمل می‌کند که دبی خروجی خود را به

قزل‌اوزن می‌دهد؛ درصورتی‌که بخش پایاب آن نسبت به سرابش بیشتر جنبه ایزوله دارد تا تقویت‌کننده و حدّ فاصل خروجی حوضه‌ی ینگی‌کند تا خروجی زیرحوضه‌های خود به‌صورت توپوژئونرون ایزوله عمل می‌کنند (شکل۹).

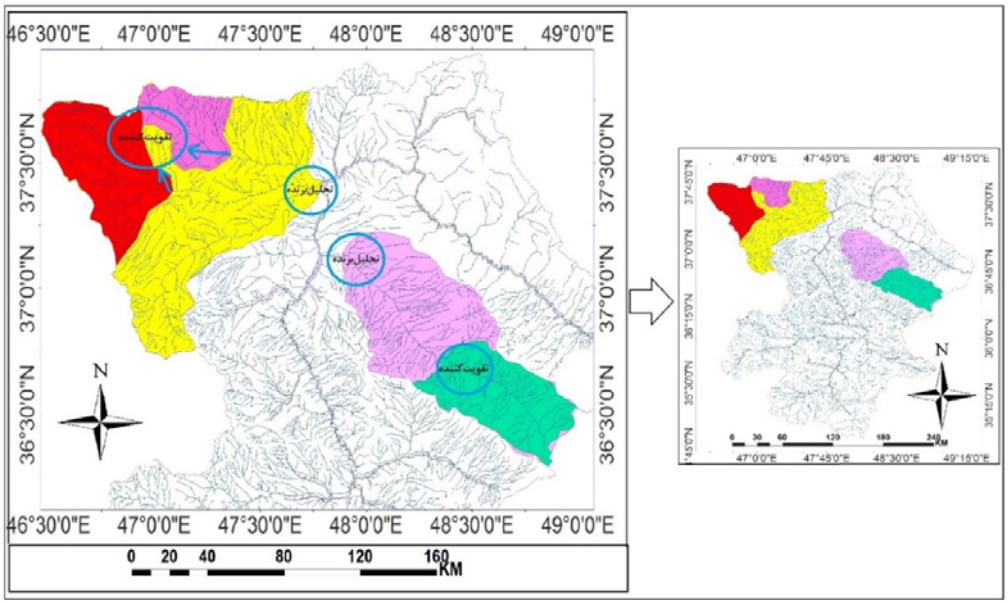


شکل ۹: توپوژئونرون ایزوله ینگی‌کند

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

ب- توپوژئونرون‌های تحلیل برنده

در نواحی میانه‌ی حوضه‌ی اصلی، مجموعه‌ای از شبکه‌های آبراهه‌ها به‌صورت نقطه‌ای واگرا وجود دارند که منجر به تقسیم شدن قدرت آب می‌شوند و گسترش و پخش آب در سطح حوضه می‌شود. چنین شبکه‌های آبراهه‌ای که به گیسویی شناخته می‌شود باعث گسترش عرضی بستر آبی رودخانه می‌شود که به همراه سرعت کم آب ناشی از شیب کم مسیر، سبب افزایش مقدار تبخیر و تحلیل حجم زیادی از آب می‌شود بطوری‌که علیرغم دریافت سرشاخه‌های نسبتاً پرآب، میزان آب خروجی کمتر از ورودی می‌گردد. مشخصه‌ی بارز این نوع نرون‌ها، این است که ایزوله و بسته نیست و با چاله‌های دیگر تبادل ماده و انرژی‌دارند، با این تفاوت که تبادل یک‌طرفه است و مادّه و انرژی نرون‌های بالادست را به‌واسطه تنگ‌ها به نرون‌های کم ارتفاع‌تر انتقال می‌دهند. بستر استقرار این ژئونرون‌ها پوشیده از رسوبات آبرفتی و درشت‌دانه هست. نمونه این نوع از توپوژئونرون‌ها، در میانه و زنجان مشاهده می‌شوند (شکل۱۰).



شکل ۱۰: ژئونرون‌های تحلیل برنده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

می‌توان گفت که این نرون‌ها ابتدا به‌صورت ژئونرون‌های مجازی عمل می‌کردند که با تغییر حالت فیزیکی آب، شرایطی مشابه تجمع آب در چاله‌های توپوگرافی فراهم می‌آمده است؛ یعنی به دلیل بارش برف و ایجاد یک ورقه یخی، امکان جاری شدن آب نبوده و با مسدود شدن مسیر در سراب با برف و یخ، آب انباشته‌شده در پشت آن سرریز شده و از مکان‌های کم ارتفاع همانند محل کنونی تنگ‌ها، از حوضه خارج می‌شده است. بعد از تغییر اقلیم و تغییر شرایط دمایی، به همراه تغییر وضعیت توپوگرافیکی حوضه‌ها، ساختار ژئونروتیک آن‌ها عوض‌شده و به جمع توپوژئونرون‌های تحلیل برنده تبدیل‌شده‌اند.

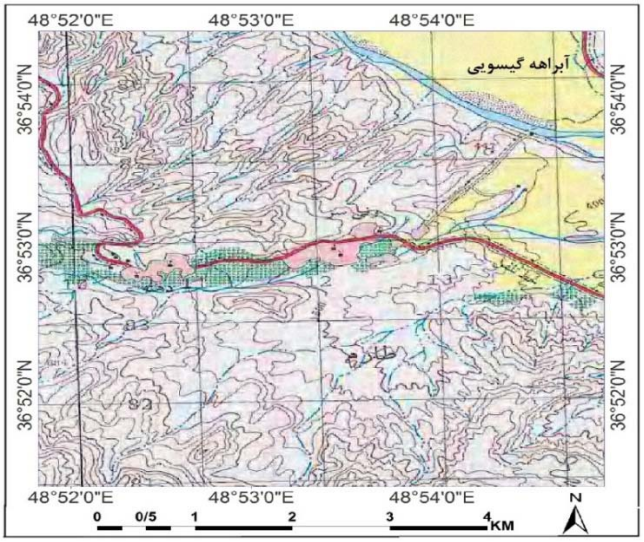
ج- *توپوژئونرون‌های تقویت‌کننده*

مشخصه‌ی این نوع از توپوژئونرون‌ها آبراهه‌های نقطه‌ای یا خطی همگرا می‌باشد که با تجمیع رواناب‌ها پیرامون یک نقطه مبادرت می‌شده است، این امر خود باعث‌کاهش حضور و ماندگاری آب در طبیعت می‌شود. در این مناطق به علّت شیب زیاد، بعد از هر بارشی، نفوذ آب کم بوده و به‌سرعت به رواناب تبدیل می‌گردند و آب به‌زهکش اصلی منطقه یعنی قزل‌اوزن هدایت نموده و طغیان رودخانه را منجر می‌شوند. توپوژئونرون‌های‌تقویت‌کننده‌ی قزل‌اوزن به این‌صورت هستند که هرچند در بالادست خود به‌صورت همگرا هستند ولی زمانی که به نرون بعدی می‌ریزند به واگرا تبدیل شده و باعث شکل‌گیری مخروط‌افکنه‌های هر چند کم وسعت می‌شوند. بعضی از حوضه‌ها مانند زنجان رود، به این دلیل که محل اتصال ژئونرون‌های تقویت‌کننده به تحلیل برنده، شیب تندی ندارند، نتوانسته مخروط‌افکنه‌ی وسیعی بسازند، برعکس حوضه‌ای مانند قرنقوچای زمانی‌که به قزل‌اوزن می‌ریزد به علّت دارا بودن شیب تند، مخروط‌افکنه‌ی بزرگی تشکیل داده است، بنابراین می‌توان گفت یکی از ویژگی‌های ذاتی این توپوژئونرون‌ها شکل‌گیری مخروط‌افکنه می‌باشد.پ

حوضه‌های موجود در محدوده‌ی طارم (آب‌بر، گیلوان، تسکین، دستجرده و دررو) اکثراً به‌صورت تقویت‌کننده عمل می‌کنند و مادّه و انرژی زیادی به

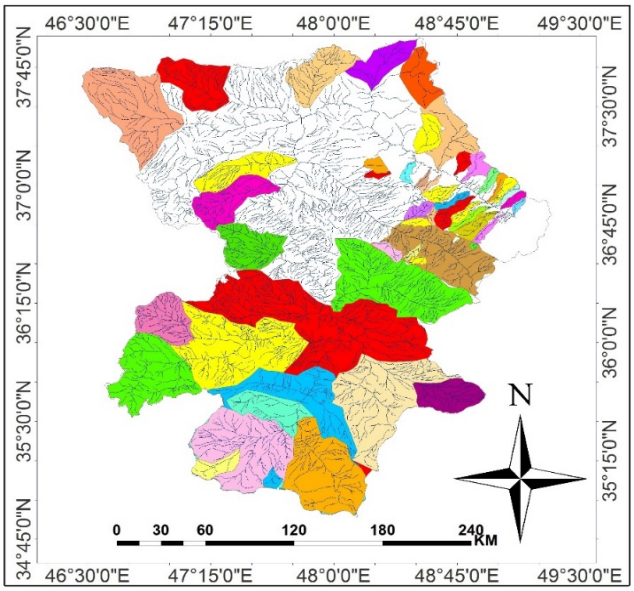
رودخانه‌ی اصلی وارد می‌نمایند و به خاطر عرض زیاد بستر آبراهه‌ها به‌صورت گیسویی درآمده‌اند (شکل ۱۱). این نوع آبراهه قسمت وسیعی از مسیر را در به خود اختصاص داده‌اند به نحوی‌که بزرگ‌ترین کانون‌های کشاورزی در این‌مناطق شکل گرفته‌اند.

کلیّه‌ی حوضه‌های محدوده بیجار (قره‌گونی، مهرآباد، بیانلو، حسن‌خان و غیره) و قلعه‌چای نیز جزء این نوع توپوژئونرون‌بوده و چنین ویژگی‌هایی دارند(شکل۱۲).



شکل ۱۱: آبراهه گیسویی محدوده طارم

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴



شکل ۱۲: ژئونرون‌های تقویت‌کننده

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۴

نتیجه

حوضه‌ی آبی قزل‌اوزن به‌عنوان یک حوضه‌ی باز که به دریای خزر می‌ریزد در درون خود دارای بسترهای متعددی است که از آن‌ها به‌عنوان نرون یاد شد. هرکدام از این نرون‌ها با توجه به وضعیتی که ازنظر توپوگرافیکی، اقلیمی و ژئومورفولوژیکی دارند اثر متفاوتی بر وضعیت هیدرولوژیک منطقه می‌گذارند. بحث مسلم این است که خروجی نهایی قزل‌اوزن به همین واکنش‌های درونی آن برمی‌گردد. بر اساس حوضه‌های دارای آمار دبی و استفاده از روش جاستین، آمار دبی ۵۶ زیرحوضه مشخص گردید. بررسی‌های به‌عمل آمده حاکی از آن است که نواحی مرتفع حوضه که بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع دارند، در شرایط کنونی نیز بیشتر بارش خود را به‌صورت بارش دریافت کرده و در مجاورت چنین مناطقی آبراهه‌های دوشاخه‌ای وجود دارد که براساس یافته‌های رامشت(۱۳۹۲) حاکی از ساحل دریاچه‌های دوران گذشته‌اند. ولی شواهد میدانی حاکی از آن است که آب جاری در چنین آبراهه‌هایی به علّت حجم کم و شیب ملایم بستر، در طول ماه‌های سرد، یخزده یا در زمین نفوذ می‌کند و به پایین‌دست منتقل نمی‌شوند و به‌صورت دوشاخه درمی‌آیند که از آن‌ها به‌عنوان ژئونرون مجازی یاد شد. مسلماً در طیّ دوره‌های سرد کواترنری شرایط برودتی بسیار حادتر از شرایط کنونی بوده و در مناطقی همچون قلعه‌چای، سجاس‌رود، سلطانیه (سراب زنجان‌رود) و بقیه مناطق ارتفاعی بالاتر از ۲۰۰۰ متر چنین شرایطی حکم‌فرما بوده است. به غیر از نرون‌های مجازی که نمی‌توان آن‌ها را به‌صورت حوضه‌ای تعیین حدود نمود، بقیه‌ی نرون‌های منطقه، به‌صورت حوضه‌ای طبقه‌بندی شده‌اند. برخلاف آنچه تصوّر می‌رفت که توپوژئونرون‌ها غالباً به‌صورت ایزوله باشند ولی فقط ازنظر آمار دبی شرایط ایزوله در زیر حوضه ینگی‌کند مصداق داشت و پایاب زنجان رود، میانه و در امتداد اصلی قزل‌اوزن از بیجار تا میانه تحلیل برنده بوده و مقدار آبی که دریافت می‌کنند بسیار کمتر از آبی است که از آن‌ها خارج می‌شود و اگر نبود رودخانه‌هایی همچون انگوران‌چای، قلعه‌چای، قرقون‌چای و غیره رودخانه کاملاً خشک می‌شد. بقیه‌ی زیرحوضه‌ها جزء تقویت‌کننده‌ها هستند (جدول۴). همان‌گونه که زمردیان (۱۳۹۱) نیز معتقد است قزل‌اوزن از یک محیط نیمه‌خشک و خشک وارد منطقه مرطوب می‌شود؛ ولی بررسی‌های به عملاً مده حاکی از آن است که سراب و پایاب قزل‌اوزن شرایط تقریباً مشابهی از نظر بارشی و دبی دارد و چه بسا در مناطق مرتفع کردستان و مناطق نیمه مرطوب طارم شرایط یک رودخانه بومی را بر اساس یافته‌های تریکار (۱۳۶۹) داشته باشد که با افزایش طول رودخانه، رواناب‌های بیشتری دریافت کرده و دبی آن افزایش می‌یابد؛ درصورتی‌که در بخش‌های مرکزی، بیشتر خصوصیات رودخانه‌های غیربومی را به خود می‌گیرد و با افزایش طول، به دلیل افزایش تبخیر و عدم دریافت سرشاخه‌های پر آب، دبی‌اش کاهش می‌یابد.

جدول ۴: خلاصه وضعیت زیر حوضه‌های قزل‌اوزن در ژئونرون‌های توپوگرافیک

ژئونرون‌های‌توپوگرافیک حوضه‌ی قزل‌اوزن	زیر حوضه‌ها
بیجار ⟵	شامل ۱۱ زیر حوضه که همگی جزء توپوژئونرون‌های تقویت‌کننده هستند.
ینگی‌کند ⟵	شامل ۳ زیر حوضه که جزء توپوژئونرون‌های ایزوله می‌باشند با این تفاوت که خود حوضه ینگی‌کند جزء توپوژئونرون‌های تقویت‌کننده می‌باشد.
زنجان ⟵	شامل ۱۱ زیر حوضه که همگی جزء تقویت‌کننده‌ها هستند اما خود حوضه زنجان که با عنوان سرچم می‌باشد جزء توپوژئونرون تحلیل برنده می‌باشد.
میانه ⟵	شامل ۳ زیر حوضه که هر سه جزء توپوژئونرون‌های تقویت‌کننده هستند؛ اما خود حوضه میانه نیز مانند زنجان جزء توپوژئونرون‌های تحلیل برنده می‌باشد.
طارم ⟵	شامل ۲۲ زیرحوضه می‌باشد که همگی جزء ژئونرون‌های تقویت‌کننده هستند.

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۴

منابع

- احمدی، طیبه؛ غلامرضا محمدی (۱۳۹۴). بررسی رفتار آبی رودخانه خرم‌آباد در شبکه ژئونروتیک و نقش آن در سیل‌خیزی منطقه. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها. تبریز. زمستان. صفحات ۸-۱.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ طیبه احمدی (۱۳۹۴). رفتار آبی رودخانه اوجان در شبکه ژئونروتیک، جغرافیا و توسعه. شماره ۳۸. صفحات ۷۴-۶۳.
- آمانی، محمد؛ امین نجفی‌زاده،؛ امیراحمد دهقانی؛ مشهدقلی مارامایی (۱۳۹۴). مکان‌یابی سدهای کوتاه خاکی با استفاده از معیارهای تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کالآجی، استان خوزستان). نشریه پژوهش‌های آب و خاک دانشگاه علوم کشاورزی و طبیعی گرگان. جلد ۲۲. شماره ۱. صفحات ۲۵۱-۲۳۱.
- تریکار. ژان (۱۳۶۹). اشکال ناهمواری‌ها در مناطق خشک، ترجمه مهدی صدیقی و محسن پورکرمانی. آستان قدس رضوی.
- جباری، ایرج؛ محمدرضا عارفی (۱۳۸۶). در برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب در یک رگبار، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۸۴. صفحات ۷۵-۵۳.
- داوودی‌راد، علی‌اکبر (۱۳۸۵). واسنجی روابط تجربی برآورد ارتفاع رواناب و مقایسه آن‌ها با مدل‌های ریاضی برآورد ارتفاع رواناب، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب. صفحات ۸-۱.
- دستورانی، محمدتقی؛ خداکرم عظیمی‌فشی؛ علی طالبی؛ محمدرضا اختصاصی (۱۳۹۱). برآورد رسوبات معلق با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جامیشان‌کرمانشاه)، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز. سال سوم. شماره ۶. پاییز و زمستان. صفحات ۷۴-۶۱.
- دهقانی، امیراحمد؛ محمد ملک‌محمدی؛ ابوطالب هزارجریبی (۱۳۸۹). تخمین رسوب معلق رودخانه بهشت‌آباد با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد هفدهم. شماره اول. صفحات ۱۶۸-۱۵۹.
- رامشت، محمدحسین (۱۳۹۲). نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، چاپ ششم. انتشارات سمت.
- رامشت، محمدحسین (۱۳۸۵). تحلیل تطبیقی رفتار هیدرولوژیک رودخانه‌ی کر در شبکه‌ی ژئونروتیک، مجله جغرافیا وتوسعه‌ی ناحیه‌ای. شماره پنجم. صفحات۶۹-۵۱.

- رامشت، محمدحسین؛ سمیه شاه‌زیدی (۱۳۸۷). نقش گسل‌ها در جابجایی کانون‌های واگرا و متواتر و تکامل مخروط‌افکنه درختنگان در کواترنر، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره دهم. صفحات ۲۰-۱.
- رستم‌خانی، اصغر (۱۳۹۳). پایش ساختار ژئوکلیماتیک مخروط‌افکنه‌های بستر قزل‌اوزن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زنجان.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ محمدرضا ثروتی؛ صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۹۰). بررسی مقایسه‌ای الگوی پیچان‌رود با استفاده از تحلیل هندسه فراکتالی و شاخص‌های زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی (مطالعه موردی: رودخانه قزل‌اوزن)، پژوهش‌نامه مدیریت حوضه آبخیز. سال دوم. شماره ۳. صفحات ۱۸-۱.
- رضایی‌مقدم، محمدحسین؛ محمدرضا ثروتی؛ صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۹۱).بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی (محدوده بین ۳۰ کیلومتری شهرستان میانه تا مرز سیاسی استان زنجان)، فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران. دوره جدید. سال دهم. شماره ۳۴. پاییز. صفحات ۱۰۲-۸۵.
- کک، روژه (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی اقلیمی، ترجمه؛ فرج‌الله محمودی، جلد دوم.چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه تهران.
- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی ایران، جلد دوم، چاپ‌ششم،انتشارات دانشگاه فردوسی‌مشهد.
- سبزی‌پرور، علی‌اکبر؛ احسان علیائی (۱۳۹۰). ارزیابی عملکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تابش خورشیدی کل روزانه و مقایسه آن با نتایج مدل آنگستروم (مطالعه موردی: ایستگاه همدیدی تبریز)، مجله ژئوفیزیک‌ایران.جلد۵. شماره ۳. صفحات ۴۱-۳۰.
- علیزاده، امین (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سی و سوم. انتشارات آستان قدس رضوی.
- فتحیان،حسین؛ ایمان هرمزی‌نژاد (۱۳۹۰). پیش‌بینی پارامترهای کمی و کیفی جریان در رودخانه کارون (بازه ملاثانی-فارسیات) با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، فصلنامه علمی-پژوهشی تالاب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال دوم. شماره هشتم. تابستان. صفحات ۴۳-۲۹.
- کاظم، رنگزن؛ علیرضا زراسوندی؛ ارسلان حیدری (۱۳۸۷). مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه پگاه سرخ خوزستان با استفاده از تکنیک‌های RSوGIS،پژوهش‌های‌جغرافیایی. شماره ۶۴. صفحات ۱۳۶-۱۲۳.
- کمانه، سیدعبدالعلی؛ صالح نادری؛ عبداله طاهری؛ مجید ساکت (۱۳۹۰). تحلیل فضایی حوضه‌ی کر با تکیه بر استدلال‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیک، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. سال اول. شماره ۱. صفحات ۸۴-۷۱.
- محتشم، محسن؛ امیراحمد دهقانی؛ ابوالفضل اکبرپور؛ مهدی مفتاح‌هلقی؛ بهروز اعتباری (۱۳۹۰). پیش‌بینی سطح ایستابی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مطالعه موردی: دشت بیرجند، مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره یک. جلد چهارم. بهار. صفحات ۱۰-۱.
- مرادی، مصطفی؛ دیبا غنچه‌پور؛ احمد نوحه‌گر؛ وفا محمودی‌نژاد (۱۳۹۰). مقایسه مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز پوراحمدی (استان هرمزگان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۴. صفحات ۱۵-۱.
- نصری، مسعود؛ رضا مدرس؛ محمدتقی دستورانی (۱۳۸۸). کاربرد مدل شبکه عصبی در برآورد رواناب مطالعه موردی: حوضه آبریز پلاسجان، حوضه زاینده-رود، آمایش فصلنامه جغرافیا. شماره دوم. جلد پنجم. تابستان. صفحات ۳۷-۲۳.

- ولی، عباسعلی؛ محمدحسین رامشت؛ عبداله سیف؛ رضا قضاوی (۱۳۹۰). مقایسه‌ی کارایی مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیونی برای پیش‌بینی بار رسوب جریان مطالعه موردی حوضه آبخیز سمندگان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۲. شماره پیاپی ۴۴. شماره ۴. زمستان. صفحات ۳۴-۱۹.
- ولی،عباسعلی؛ مسعود معیری؛ محمدحسین رامشت؛ ناصر موحدی‌نیا (۱۳۸۹). تحلیل مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی رسوب معلق؛ مطالعه موردی: حوضه‌ی آبخیز اسکندری واقع در حوضه آبریز زاینده‌رود، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. بهار. شماره ۷۱. صفحات ۳۰-۲۱.
- Besaw. L.E, Pelletier.K, Morrissey.L and Kline. M (2008). Advances in watershed management and fluvial Hazard mitigation using artificial neural networks and Remote Sensing, part of World Environmenal and Water Resources Congrees.
- Hooke, J. M (2007). Complexity, selforganization and variation in behavior in meandering rivers. Journal of Geomorphology 91, PP: 236–258.
- Lacassie,J.p,and Ruiz.D.S. J (2010). Application of artificial neural networks to the geochemical study of an impacted fluvial system, The 2010 International Conference, PP:1-8.
- Moayeri, M. Ramesht, M. H. Saif, A. Yamani, M. & Jafari,Gh. H (2011). The impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of wither and ice equilibrium line of quaternary, geography and environmental planning journal, year 21- Vol 40- No 4, winter 2011. PP: 1-12.
- Nagy. H. M, Watanabe. K and M. Hirano (2002) Prediction of sediment Load concentration in river using artificial neural network model, Journal of Hydraulic Engineering, Vol 128, PP: 588-595.
- Richards, Johan (1986). Remote Sensing Digited image analysis an introduction, Springer-Verlag Berlin Heidrberg.
- Stergiou,C & Siganos, D (2008). Neural networks, http://www.doc.ic.ac.uk/nd/surprise_96/ journal/ Vol4/cs11/report.html,PP:1-12.
- Turhan,M(1995).Neural networks and computation of neural network weights and biases by the generalized delta rule and backpropagation of errors: Rock Solid Images Press, PP: 1-11.
- Yitian.Li and Roy R.GU (2003). Modeling in a river system using an artificial neural networke, Environmental Management, Vol 31, Number1, PP: 123-134.