دومینو در ژئومورفولوژی (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن)

غلامحسن جعفری*: *استادیار گروه جغرافیا، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان.*

هژیر محمدی: *کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشکده‌ی علوم انسانی، دانشگاه زنجان.*

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۲۶/۹/۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۲۱/۱۰/۱۳۹۷)

چکیده

اجزای طبیعت به‌صورت زنجیره‌ای به‌هم‌پیوسته در ارتباط با یکدیگر قرار می‌گیرند؛ به‌گونه‌ای که نمی‌توان تأثیر هریک از اجزاء را نادیده گرفت. از سوی دیگر، این اجزاء و حلقه‌ها نوعی استقلال و همگرایی داخلی دارند؛ به‌گونه‌ای که در دیدگاهی دیگر می‌توان برای هریک از آنها استقلال و هویتی مستقل تصور کرد. تلاش محققان در معرفت‌شناسی علمی برای نظم بخشیدن به رخدادها، بیشتر بدان علت صورت گرفته‌است که تب پیش‌بینی بشر در حدوث وقایع و رفتارها را فرونشاند. این تلاش‌ها اگرچه در بسیاری از موارد نتیجه‌بخش بوده‌است، وقوع همه‌ی رخدادها و رفتارها تابع نظم علمی نیست. در بررسی روند دومینویی حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن آنچه بیش از همه اهمیت دارد، نگاه سیستمی به لندفرم‌هایی است که در بازدیدهای مکرر میدانی حاصل شد. برای نگارش آن از DEM مستخرج از سایت USGS و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد. لایه‌هایی همچون آبراهه‌ها، لیتولوژی و گسل رقومی شد. با استفاده از نرم‌افزار Global mapper بر روی DEM منطقه‌ی موردمطالعه، پروفیل‌های متعددی در اطراف ژئونرون‌ها ترسیم شد تا مقدار اختلاف ارتفاع و پایین افتادگی مناطق برآورد و تراس‌های باقی‌مانده از تخلیه‌ی هر ژئونرونی بررسی شود. دومینوی قزل‌اوزن بیشتر بر تغییرات سطح اساس تأکید دارد. دومینوی تغییرات سطح اساس به دو صورت درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای اتفاق افتاده‌است. انرژی انتشاریافته از سوی تغییرات سطح اساس، از بالاترین رتبه‌ی آبراهه‌ای یک حوضه مانند سلسله و مهره‌های دومینو تا سرشاخه‌ها و آبراهه‌های رتبه یک انتقال داده می‌شود. نمونه‌ی چنین واکنشی، تسلط فرسایش قهقرایی در حوضه است. اسارت‌ها و انحراف انگوران چای، حسن‌آباد یاسوکند، یول کشتی، سجاس‌رود مربوط به تغییرات سطح اساس ژئونرون بیجار و در مهرآباد و قلعه‌چای از اثرپذیری دومینویی ژئونرون زنجان است. وضعیت انتقال انرژی، به پارامترهایی از جمله لیتولوژی، تکتونیک، مدت و شدت بستگی دارد.

واژگان کلیدی: بیجار، دومینو، زنجان، ژئونرون، طارم، فرسایش خطی.

۱- مقدمه

تحلیل علت و معلولی، رهیافت تبیین علمی در جغرافیاست که براساس علل پیشین، می‌توان پدیدارهای قابل مشاهده را بررسی کرد. قوانین علیت با پیوستگی علی، نوعی جبریت را مطرح می‌سازد. درواقع، علیت ارتباط متقابل دو عین خارجی یا رابطه‌ی متقابل بین مجموعه‌ای از رویدادها را بیان می‌کند (Shokouee, 2010). اجزای طبیعت به صورت

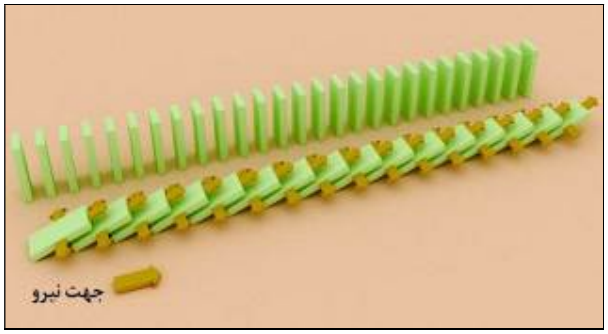
* نویسنده مسئول: jafarihas@znu.ac.ir

زنجیره‌ای به هم متصل در ارتباط با یکدیگر قرار می‌گیرند؛ به‌گونه‌ای که نمی‌توان تأثیر هریک از اجزاء را نادیده گرفت. از سوی دیگر، این اجزاء و حلقه‌ها نوعی استقلال و همگرایی داخلی دارند؛ به‌گونه‌ای که در دیدگاهی دیگر می‌توان برای هریک از این حلقه‌ها استقلال و هویت مستقلی متصور شد. چنین دیدگاهی بر فرم و فرایند تأکید دارد و درواقع، در دستگاهی به تحلیل پدیده‌های ژئومورفیک می‌پردازد (Ramasht, 2013). تسلسل در اصطلاح، عبارت است از ترتب، توقف و وابستگی یک شیء موجود بر شیء دیگری که همواره با او بالفعل موجود است. همین‌طور وابستگی موجود دوم بر شیء سوم و وابستگی شیء سوم بر چهارم تا بی‌نهایت، تفاوتی نمی‌کند که این سلسله به همین ترتیب در هردو طرف، یعنی در ناحیه‌ی علت‌ها و معلول‌ها تا بی‌نهایت ادامه یابد، یا فقط در یک جهت علت یا معلول (Dirbaz and Saydi, 2013).

ژئومورفولوژی، علم شناسایی اشکال ناهمواری‌های زمین است. این واژه از زبان یونانی گرفته‌شده و از سه جزء Geo به معنی زمین، Morph به معنی شکل و Logy به معنی شناسایی ترکیب یافته‌است. در ژئومورفولوژی برخلاف زمین‌شناسی ــ که کل شناسایی را به زمین اختصاص می‌دهد ــ بیشتر شکل موردمطالعه قرار می‌گیرد. رابطه‌ی بین فرم و فرایند نیز همانند رابطه‌ی علت و معلول است که هر فرم مشخصی یک فرایند خاص خود را می‌طلبد (Derruau, 2011). با ورود اندیشه‌های فضایی در ژئومورفولوژی، مفاهیم جدیدی چون ارگودیستی، کیاس، تعادل دینامیک، کروم و آلومتری مطرح شد و در مفهوم مقیاس و از همه مهم‌تر به‌کارگیری منطق فازی به‌جای منطق علمی در تحلیل‌ها و مبانی نظری و روش‌شناسی، تغییری بنیادی به وجود آمد. در ژئومورفولوژی فضایی عوامل متعددی چون جهت، فاصله، ارتباط، مقیاس، مرز و مفاهیمی مانند زمان مطرح است (Dirbaz and Saydi, 2013). در وضعیت معین، تغییرهای مکانی می‌تواند با تغییرهای زمانی جایگزین شود و تبدیل‌های مکانی ــ زمانی به‌عنوان ابزار کار، مجاز است. بر این اساس گسترش فراوانی اشکال ارضی با سرعت تغییرهایی که آنها را سبب می‌شود، نسبت عکس دارد؛ مثلاً اگر قرار باشد باد اشکال برخان را در منطقه‌ای به وجود آورد، هر چه تغییر بردارهای باد مکانی زیادتر باشد، تعداد برخان‌های به وجود آمده بیشتر خواهد بود، ولی نباید انتظار داشت که برخان‌های بزرگ تشکیل شود؛ به‌عبارت دیگر، این مفهوم در ژئومورفولوژی معادل همان مفهوم رابطه‌ی شدت ــ مدت یا بسامد و شدت در اقلیم‌شناسی و آمار است (Ramasht, 2010). اگر تغییرات به‌قدری قابل‌توجه باشد که بتوان نام جدیدی بر شیء حاصل نهاد، طبیعی است که در اینجا از علتی سخن بگوییم که جسم جدیدی را ایجاد می‌کند؛ مثلاً پروانه حاصل تغییری در یک کرم ابریشم است که پیش‌تر موجود بوده، اما تغییرات به‌قدری زیاد است که شیء حاصل اکنون پروانه نامیده می‌شود نه کرم ابریشم. این چیزی است که ارسطو آن را (تولید) می‌نامید. اما برگی که رنگ آن از سبزی به سرخی می‌گراید، کماکان برگ نامیده می‌شود. این چیزی است که ارسطو آن را صرفاً (حرکت) کیفی می‌خواند که در آن جسم جدیدی حاصل نمی‌شود. این تمایز آشکارا تمایز نسبی است (Taylor, 2005).

دومینو نوعی بازی است که به‌وسیله‌ی قطعه‌های مستطیلی کوچکی انجام می‌شود. این بازی یک ردیف از چیدمان مهره‌ها است؛ زمانی که به اولین مهره ضربه زده می‌شود، چیزی برای مهره‌ی آخر اتفاق می‌افتد که برای مهره‌ی اولی رخ‌داده است. اگر انرژی در مهره‌های دومینو وارد شود، این انرژی از یک پیکسل به پیکسل بعدی منتقل می‌شود و تا آخرین پیکسل جریان پیدا خواهد کرد تا درنهایت انرژی تمام شود. انرژی دومینو در ژئومورفولوژی درست همانند

تعریف مذکور است، اما باید بردارها و جهات وارد شدن انرژی را در نظر گرفت. زمانی که نیرو به دومینو وارد می‌شود، مقداری از آن گاهی هماهنگ با تغییرات محیط هم به پیکسل مقابل انتقال داده می‌شود و هم به پیکسل مجاور؛ یعنی نیرویی از آن ساطع می‌شود که بعضی وقت‌ها در جهت عمود بر پیکسل نیست و موازی با پیکسل به پیکسل‌های بعدی منتقل می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱: شکل شماتیک بازی دومینو

یک آبراهه را در حوضه‌ی آبریز در نظر بگیرید که بسته به شرایط محیط، یک انرژی و ماده‌ی ویژه‌ای دارد. ماده و انرژی جدید وارد شده به رتبه‌ی کوچک‌تر، به بی‌نظمی ماده و انرژی رتبه‌ی بعدی جریان منجر و به همین ترتیب تا خروجی حوضه به‌صورت سلسله مراتبی منتقل می‌شود. ساختار انتقال انرژی به عوامل مختلفی بستگی دارد که شرایط محیطی بر ماده وارد می‌کند و ساختار انتقال انرژی و ماده را تغییر می‌دهد. واژه‌هایی چون نرون، اکسون و سیناپس از مفاهیم و واژه‌هایی هستند که عناصر اصلی شبکه‌ی عصبی را شکل می‌دهند. این مفاهیم برای بیان مفاهیم خاصی در شبکه نروتیک زهکش‌های رودخانه‌ای معادل‌سازی شده است. نرون به گره‌های موجود در شبکه‌ی عصبی گفته می‌شود و وظیفه‌ی خاصی در دریافت، پردازش یا انتقال اطلاعات دارد. این واژه در ژئومورفولوژی با عنوان ژئونرون خوانده می‌شود. منظور از ژئونرون‌ها در شبکه‌های زهکش رودخانه‌ای، فضاهایی است که سبب اجتماع آب‌ها در محدوده‌ی خاصی می‌شود. خطوط آبراهه‌ای که ارتباط‌دهنده‌ی ژئونرون‌ها هستند، با عنوان اکسون‌های برداری شناخته می‌شوند (Jafari and Bakhtyari, 2016). شناسایی چهار ژئونرون در محدوده‌ای خاص از مسیر رودخانه‌ی قزل‌اوزن، بیانگر این اصل است که حوضه‌های مستقل، سطح اساس محلی زیرحوضه‌های مجاور خود در طول دوره‌ای از کواترنری بوده‌اند. ژئونرون‌های بیجار، زنجان، میانه و طارم، چهار ژئونرون اصلی حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن است که در کواترنری به‌صورت مستقل عمل کرده‌اند. در کواترنری، این ژئونرون‌ها همانند دریاچه‌هایی عمل کرده‌اند که شواهدی از آن وضعیت را در اطراف خود به یادگار گذاشته‌اند و در مطالعات میدانی قابل‌ردیابی هستند. چنین عملکردی، نشان از ژئونروتیکی حوضه دارد که بحث داشتن سطح اساس محلی را برای شبکه‌ی رودخانه‌های قزل‌اوزن به میان می‌آورد.

هدف از واژه‌ی دومینو در ژئومورفولوژی، پی بردن به تسلسل انرژی و تغییراتی است که پشت سرهم رخ‌داده است؛ یعنی با تغییر و حرکت دادن یک جزء از سیستم، تغییراتی در بقیه‌ی قسمت‌های آن اتفاق افتاده‌است که با تغییرات سلسله‌های قبلی همخوانی ندارد؛ چراکه بستر ورود ماده و انرژی تغییر کرده‌است. چنین تغییراتی به عملکرد رودخانه گاه به‌صورت خط و گاه به‌صورت خط در سطح منجر شده‌است.

قدیمی‌ترین مطلب تأییدشده درباره‌ی دومینو در چین، مربوط به کتاب «حوادث رخ‌داده در ووهان (پایتخت هانگژو)» است. چن در این کتاب می‌گوید: مهره‌های دومینو را مانند طاس‌بازی در لیست مواردی گذاشته و دست‌فروشان می‌فروخته‌اند (Chen, 2014). این بازی نخستین بار توسط ملوانان انگلیسی در سفرهای طولانی دریایی با هدف سرگرمی و گذران اوقات فراغت ابداع شد. در سال ۱۹۹۸ میلادی، یک هلندی به نام روبین پاول ویجرز[۱]، معروف به آقای دومینو[۲]، این بازی را ابتدا در سطح کشور خود سپس در سطح جهان گسترش داد (https://ystp.ac.ir). تئوری دومینو از دهه‌ی ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰، تئوری بسیار مهم و حساسی بود؛ بر این باور که وقتی یک کشور در منطقه‌ای از جهان تحت نفوذ کمونیسم قرار می‌گیرد، کشورهای اطراف هم مانند ویژگی دومینو آن را دنبال می‌کنند (Dwight, 1954). محمدرضا حافظنیا در کتاب «اندیشه‌های ژئوپلیتیک در قرن بیستم» می‌نویسد: با گسترش موج دموکراسی-خواهی در بسیاری از کشورهای خاورمیانه، غالباً از فراگیر شدن حرکت مردمی با لفظ دومینو استفاده می‌شود. برای تئوری دومینو باید برای مدت کوتاهی به مطالعه‌ی نقشه‌ی جنوب شرق آسیا پرداخت. هر چند که تئوری ارتباط به خروج از جنبه‌ی یک‌بعدی تئوری دومینو و گشوده شدن ابعاد دیگری منجر می‌شود، اما باید توجه داشت که هنوز هم نیازمند انطباق و تکمیل بیشتر با توجه به تصویر و درک درست و دقیقی از دنیای کنونی است (Attityle et al, 2002).

تحقیقات در مورد تئوری دومینو بیشتر در رشته‌های علوم سیاسی، اقتصاد، شیمی، فیزیک، برق و کامپیوتر است؛ به‌طوری‌که مارکوت و همکاران در مقاله‌ای با عنوان آلودگی به‌عنوان اثر دومینو در بازار سهام جهانی، در زمینه‌ی اقتصاد (Markwat et al, 2008)، کارلون و همکاران با یک رویکرد جدید برای دومینو چندهسته‌ای کاتالیزوری (Carlone et al, 2008) و جیانگ در شیمی (Jiang, 2005)، لی بای‌مولر در فیزیک بررسی دومینوی چندگانه به هسته‌های اکتان (Lie´ by-Muller, 2005)، ایوس و همکاران با ارزیابی اثر دومینو برای استفاده‌ی مجدد از رمز عبور در علوم کامپیوتر (Ives et al, 2004)، سوزوکی، پیروای، آسیایی و محمودی برای طراحی گیت‌های عریض توان پایین در رشته‌ی برق استفاده کردند (Suzuki, 2007 & Peiravi, 2013 & Asyaei, 2015 & Mahmoodi, 2004).

دومینو در علوم زمین واژه‌ای غریب است و تاکنون از آن استفاده نشده‌است؛ درصورتی‌که بیشترین مثال واژه‌ی دومینو را در طبیعت می‌توان یافت. بهمن، ریزش، آتش‌سوزی در جنگل، جریان آب، فرسایش و ... از جمله مواردی است که با منطق دومینو قابل تبیین و تفسیر هستند. اثر دومینو، در اقتصاد به معنای احتمال رخداد بیشتر فردا نسبت به امروز و این انرژی برای انواع مختلف رخدادها نگهداری شود (Markwat, 2008). جمله‌ی مذکور در علم اقتصاد استفاده شده‌است که عینیت آن را می‌توان در ژئومورفولوژی نیز مشاهده کرد. اثر دومینو در ژئومورفولوژی؛ یعنی تحول ناهمواری یک مکان واقع در پایاب حوضه بر اثر یک تغییر بیش از تحول در سراب حوضه یا رودخانه است. تفسیر این جمله در ژئومورفولوژی این است که در حالت عادی، مقدار تحول ناهمواری به سمت پایاب افزایش می‌یابد. البته در صورتی‌که معبر نیرو و ماده‌ی متحول‌کننده داخل حوضه باشد و پراکندگی سلول‌های متحول‌کننده‌ی حوضه نظم خاصی داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که از سراب به پایاب حوضه، مقدار ماده و درنتیجه انرژی به‌صورت سلسله مراتبی روند کاهشی یا افزایشی داشته باشد. در صورتی‌که برای تغییرات ماده و انرژی نتوان یک نظم خاصی متصور شد، روند تحول نیز بر هم می‌خورد؛ به عبارتی، تا هنگامی‌که حوضه‌ها دریافت‌کننده‌ی بارش و رواناب از سراب به پایاب باشند و با

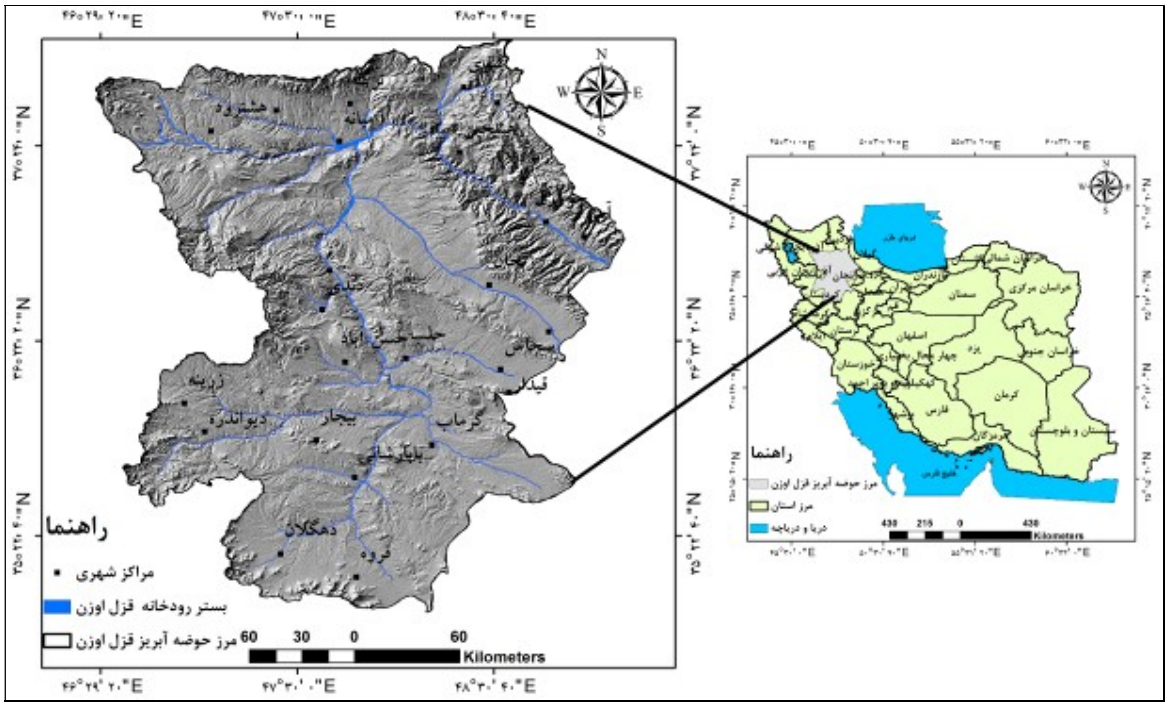
[۱] Robin Paul Weijers

[۲] Mr. Domino

افزایش سطح حوضه، مقدار دبی افزایش یابد، احتمال تحول ناهمواری در پایاب بیش از سراب خواهد بود. اما اگر معبر تغییر ماده و انرژی متحول‌کننده‌ی ناهمواری در پایاب باشد، احتمال تحول ناهمواری عکس جریان رود می‌شود و از پایاب به سراب احتمال تحول کمتر می‌شود. تغییر سطح اساس مطرح‌شده برای حوضه‌های آبریز در طی کواترنری از این نوع بوده‌است که از آن به‌عنوان تغییر سطح اساس برون حوضه‌ای یاد می‌شود. زمانی که گفته می‌شود یکی از ویژگی‌های مهم دوره‌ی کواترنری تغییر سطح اساس رودخانه‌هاست، این گونه تصور می‌شود که فقط تغییر سطح اساس کنونی رودخانه‌ها مدنظر است. ولی همان‌طور که کوک معتقد است: پس از تثبیت ساختمان زمین‌ها و ناهمواری‌های ژورایی و استقلال حوضه‌های آبگیر، تجمع آب‌های روان در محل فرودهای طاقدیسی (که بالاتر از کف ناودیس قرارگرفته) به شکل دریاچه‌های متعدد کوچک و بزرگ درآمده‌است و به این ترتیب در طی کواترنری و ابتدای دوران چهارم، چین‌خوردگی‌های زاگرس شاهد پیدایش دریاچه‌های فراوانی است که توسط خط‌الرأس طاقدیس‌ها از یکدیگر جدا افتاده بودند (Coke, 1990). فراوانی نسبی آب‌های ورودی به‌ویژه در طول دوره‌های مرطوب کواترنری به بالا آمدن سطح آب دریاچه‌ها منجر شده تا حدی که با سرریز شدن آب دریاچه، امکان خروج آن از طریق فرود محور طاقدیس‌ها فراهم آمده‌است. درنتیجه جریان آب در محل فرودها به حفر عرضی طاقدیس‌ها منجر شده و به‌تدریج دره‌های عرضی کنونی را خلق کرده‌است. استمرار این حالت در طول دوره‌های مرطوب دوران چهارم، کلوزها و گفتگوهای بی‌شماری را پدید آورده‌است (Zomoradiyan, 2012).

۲- منطقه‌ی موردمطالعه

حوضه‌ی آبریز بزرگ دریای خزر، منطقه‌ای است که بیش از ۳۵۰ رود بزرگ و کوچک در آن جریان دارد. این رودها از کوه‌های آذربایجان، کردستان، البرز و خراسان سرچشمه می‌گیرند و به دریای خزر می‌ریزند. سفیدرود به طول ۷۶۵ کیلومتر ــ که شامل رودهای قزل‌اوزن و شاهرود می‌شود ــ از مهم‌ترین رودهای این حوضه است (Sahab, 2005). حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن ازجمله زیرحوضه‌های دریای خزر است که از ارتفاعات چهل‌چشمه کردستان سرچشمه می‌گیرد و بعد از وارد شدن به ژئونرون بیجار، از طریق تنگ‌های ماهنشان، رجعین و هشتجین به طارم وارد می‌شود و به دریاچه‌ی سد منجیل می‌ریزد. درنهایت، پس از پیوستن شاهرود به سفیدرود می‌پیوندد و وارد دریاچه‌ی خزر می‌شود. این حوضه در استان کردستان، زنجان، آذربایجان شرقی، اردبیل، همدان و بخش کوچکی از استان‌های قزوین، آذربایجان غربی و گیلان قرارگرفته 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 شده‌است. طول این رودخانه از سرچشمه تا خروجی حوضه، ۵۵۰ و مساحتی بالغ بر ۴۹۴۰۰ کیلومترمربع است و مرتفع‌ترین قسمت آن ۳۶۱۰ و پست‌ترین قسمت، ۲۳۹ متر از سطح دریا فاصله دارد (شکل ۲).

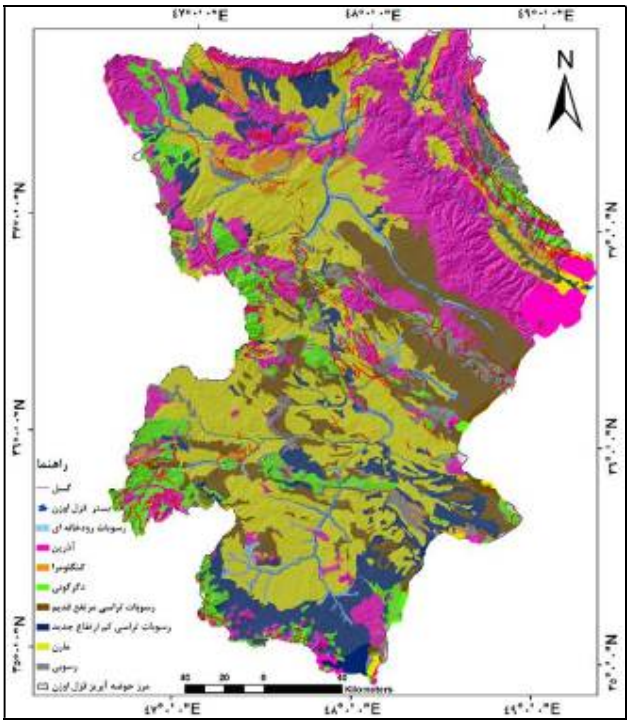


شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن از نظر تقسیم‌بندی واحدهای زمین‌شناسی، در بین زون‌های سنندج - سیرجان، ایران مرکزی، آذربایجان و البرز قرار دارد. از نظر تنوع زمین‌شناسی کشور ایران، می‌توان سنگ‌های با قدمت مختلف از پرکامبرین تا کواترنری را مشاهده کرد. در این میان شمال غرب کشور ساختمان بسیار پیچیده‌ای دارد؛ به‌طوری‌که ساختمان‌های مختلفی را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد (Jedari Eyvazi, 2013). پراکندگی سازندهای زمین‌شناسی منطقه‌ی موردمطالعه به‌گونه‌ای است که ارتفاعات شمالی زنجان و ارتفاعات دامنه‌ی شمالی کوه بلقیس از سازندهای آذرین تشکیل شده‌است. در حاشیه‌ی بستر رودخانه‌ی قزل‌اوزن، رسوبات آبرفتی وجود دارد که قزل‌اوزن در ارتفاعات متفاوت به جای گذاشته‌است. تراس‌های آبرفتی کم ارتفاع جدید و مرتفع قدیم، در دشت زنجان، میانه، بیجار و مخروط‌های‌افکنه طارم به چشم می‌خورد. سنگ‌های دگرگونی نیز در ارتفاعات شمالی طارم، قلعه‌چای و دامنه‌ی جنوب غربی سهند وجود دارد. مارن از جمله رسوباتی است که تمرکز آن در مرکز حوضه بیش از سایر قسمت‌هاست. در مسیر رودخانه‌ی قزل‌اوزن، واحدهای مختلف از جمله سازند قم شامل مارن و ماسه‌سنگ‌های مارنی با میان لایه‌های آهکی، واحدهای سازند سرخ بالایی شامل مارن و ماسه‌سنگ‌های نازک، واحد سرخ زیرین شامل تناوبی از مارن‌های سبز و قهوه‌ای و واحدهای مختلف سازند کرج شامل توف‌های آندزیتی، کلاستیم‌های توف‌دار، گدازه‌های آندزیتی به همراه آهک‌های نازک لایه وجود دارد. همچنین سنگ‌های آتش‌فشانی شامل آندزیت، بازالت، ریولیت، الیت و توف-های اسیدی به همراه نهشته‌های مربوط به نئوژن و کواترنری شامل طبقات سرخ گچ‌دار به همراه کنگلومرای قاعده‌ای و رسوبات آبرفتی به چشم می‌خورد.

وجود گسل‌ها در شبکه‌ی آبراهه‌ای نقش مؤثری دارد. از لحاظ پراکندگی گسل‌ها، در قسمت سراب حوضه به خصوص در کوه‌های چهل‌چشمه کردستان تا خروجی حوضه گستردگی وجود دارد. روند اکثر این گسل‌ها، شمال

غرب – جنوب شرق است. مهم‌ترین گسل‌های این منطقه گسل حلب، گسل سلطانیه - زنجان و گسل منجیل (قزل‌اوزن) است. گسل حلب، گسلی با راستای خم‌دار شمال باختری - جنوب خاوری است که با درازای ۶۰ کیلومتر در حاشیه‌ی باختر استان زنجان واقع شده‌است. گسل مذکور به سمت شمال خاوری شیب زیادی دارد و بدین ترتیب، سازند قم بالایی با شیب زیاد در برابر نهشته‌های آبرفتی پلیوکواترنر قرار داده‌است (Pour Kermani and Erin, 1999) . در قسمت زنجان‌رود، گسل فشاری سلطانیه گسلی است با درازای حدود ۱۴۰ کیلومتر و راستای شمال باختر ـ جنوب خاوری که از فاصله‌ی ۸ کیلومتری جنوب باختری شهر سلطانیه زنجان می‌گذرد. شیب این گسل به سمت جنوب باختر است و دیواره‌ی فرسوده‌ی آن را می‌توان به روشنی در تمامی درازای آن دید. جنبش‌های فشاری گسل سلطانیه ممکن است در شکل‌گیری فرونشست ابهر - زنجان نقش داشته باشد (Aghanabati, 2006). در طارم نیز راندگی قزل‌اوزن ـ که نخستین بار توسط بربریان و قریشی شناسایی و معرفی شده‌است ـ گسلی است با راستای خم‌دار عمومی شمال باختری - جنوب خاوری که در بخش شمالی رودخانه‌ی قزل‌اوزن و بین کوه و دره‌ی قزل‌اوزن قرار دارد و از زیر سد سفیدرود منجیل می‌گذرد (Berberian and Ghorashi,1984). درازای گسل قزل‌اوزن، ۶۵ کیلومتر و شیب آن به سوی شمال و شمال خاوری است و در راستای آن سنگ‌های سازند ائوسن کرج بر روی مارن‌های نئوژن سازند قرمز بالایی و آبرفت‌های کواترنری رانده شده‌است (شکل ۳).



شکل ۳: نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی موردمطالعه

۳- مواد و روش

تلاش محققان در معرفت‌شناسی علمی برای نظم بخشیدن به رخدادها، بیشتر بدان دلیل صورت گرفته‌است که تب پیش‌بینی بشر در حدوث وقایع و رفتارها را فرونشاند و دقیقاً به این نکته اشاره می‌کند که این تلاش اگرچه در بسیاری از موارد نتیجه‌بخش بوده، وقوع همه‌ی رخدادها و رفتارها تابع نظم علمی نیست و اگرچه می‌توان آنها را پیش‌بینی کرد، پیش‌بینی‌های خطی نمی‌تواند راه‌حل مناسبی در این مورد به شمار آید. این دیدگاه به سیستمی بودن و عدم تعادل مطرح است (Ramesht, 2003).

روش تحلیل مبتنی بر داده‌های اسنادی، کتابخانه‌ای و استفاده از داده‌های سازمان‌ها و سایت‌های معتبر است. در این بررسی آنچه بیش از همه اهمیت دارد، نگاه فضایی به لندفرم‌هایی است که ظاهراً به‌صورت مجزا و انتزاعی هستند. با توجه به اینکه موضوع دومینو است باید تغییراتی را که از یک عامل خاص است، پیدا و بررسی کرد. این تغییرات همانند علت و معلول در فلسفه هستند که یکی باعث‌وبانی دیگری می‌شود. بررسی سیستمی لندفرم‌های واقع در حوضه گاه چنان نتایجی در پی دارد که به ارائه‌ی تئوری‌هایی منجر می‌شود که با واقعیت محیطی انطباق بیشتری دارد. برای به دست آوردن روند دومینویی در حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن از DEM 30*30 مستخرج از سایت USGS و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS & Arc map به رقومی نمودن لایه‌هایی همچون آبراهه‌ها، لیتولوژی و گسل پرداخته شد. با استفاده از نرم‌افزار Global mapper و DEM منطقه‌ی موردمطالعه، پروفیل‌های متعددی در اطراف ژئونرون‌ها ترسیم شد تا مقدار اختلاف ارتفاع و پایین افتادگی مناطق برآورد شود و تراس‌های باقی‌مانده از تخلیه‌ی این ژئونرون‌ها به دست آمد. در گام بعدی با توجه به بازدیدهای میدانی در رود منطقه‌ی موردمطالعه، تئوری و مباحثی که بیان گردید، تأیید شد تا مراحل بعدی کار نیز به درستی انجام شود. برای اندازه‌گیری حجم مواد تخلیه‌شده از ژئونرون‌ها، DEM ژئونرون‌ها به تفکیک برش داده شد و برای به دست آوردن حجم هر یک از آنها از ایکستنشن Functional Surface و Surface Volume گزینه‌ی Below در واحد متریک به دست آمد.

۴- یافته‌ها (نتایج)

هرچند نمی‌توان ویژگی‌های زاگرس را به حوضه‌ی قزل‌اوزن نسبت داد، ولی وجود تنگ‌های متعدد از جمله ماهنشان، هشتچین، رجعین، اندآباد، قمچقای و بابارشانی ــ که رودخانه‌ی قزل‌اوزن عمود بر محور ناهمواری، آنها را ایجاد کرده‌است ــ و سطوح تراکمی وابسته به آنها در مناطقی مثل حسن‌آباد یاسوکند، مسجدلر، زرین‌رود، گرماب، جاده بیجار و یول کشتی در ژئونرون بیجار، مهرآباد و قلعه‌چای در ژئونرون زنجان، کرزه، ترک، ترکمانچای و قرنقوچای در ژئونرون میانه و قانقلی‌چای، سرخه دیزج و پادگانه‌های اطراف قزل‌اوزن در ژئونرون طارم، همگی بر این نکته دلالت دارند که گسل‌ها و آتش‌فشان‌ها به همراه چین‌خوردگی‌ها و روراندگی‌های حادث در قزل‌اوزن، شرایطی ایجاد کرده‌اند که به شکل‌گیری ژئونرون‌های متعدد در این حوضه منجر شده‌است. اینک نیز حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن، بسترهای آبی متعددی دارد که با ایجاد شرایط محیطی خاص، گاه رودخانه را وادار به مآندر سازی کرده و گاه فقط با ایجاد بستر تنگ و باریک، اجازه‌ی عبور آب را به‌صورت خطی داده که ویژگی بارز آن رخنمون‌های سنگی و شیب تند در مسیر رودخانه است. گالی‌های موجود در بخش‌های مختلف حوضه، بر اثرگذاری تغییر سطح اساس بر وضعیت

فرسایشی حوضه دلالت دارد. چنین عملکردی دال بر وضعیت ژئونروتیکی حوضه‌ی قزل‌اوزن و وجود سطوح اساس محلی برای شبکه‌ی رودخانه‌های قزل‌اوزن بوده‌است.

ژئونرون بیجار نخستین ژئونرونی است که از سراب قزل‌اوزن شواهدی از استقلال حوضه‌ای دارد، اما به دلایل کاتاستروفیسمی استقلال خود را از دست داده و از طریق تنگ ماهنشان به ژئونرون زنجان متصل شده‌است. ژئونرون زنجان نیز به وسیله‌ی تنگ رجعین وارد میانه شده‌است و ژئونرون میانه نیز از طریق تنگ هشتچین به ژئونرون طارم می‌پیوندد و بعد از پیوستن به شاهرود با نام سفیدرود به خزر می‌ریزد. ژئونرون طارم به‌عنوان آخرین ژئونرون دریافت‌کننده‌ی ماده‌ی این حوضه، بیشترین اثرات را از تحولات رخ‌داده در حوضه متحمل شده‌است. در راستای یافته‌های محمودی، شواهد زمین‌شناسی گویای آن است که تا اواخر دوره ترشیری دریاچه‌ی بزرگی در محل کنونی سد سفیدرود وجود داشت و احتمالاً سفیدرود مانند سایر رودهای دامنه‌ی شمالی البرز از خط‌الرأس کوه‌های البرز غربی و تالش جنوبی سرچشمه می‌گرفت. سپس حدود دو میلیون سال پیش بر اثر حرکات زمین‌ساخت پاسادنین، دریاچه‌ی پلیوسن منجیل به سمت آن سرازیر شد؛ ازاین‌رو سفیدرود، پیشین رود بوده‌است که توانسته با بالا آمدن البرز بستر خود را حفر کند (Mahmoudi, 1978).

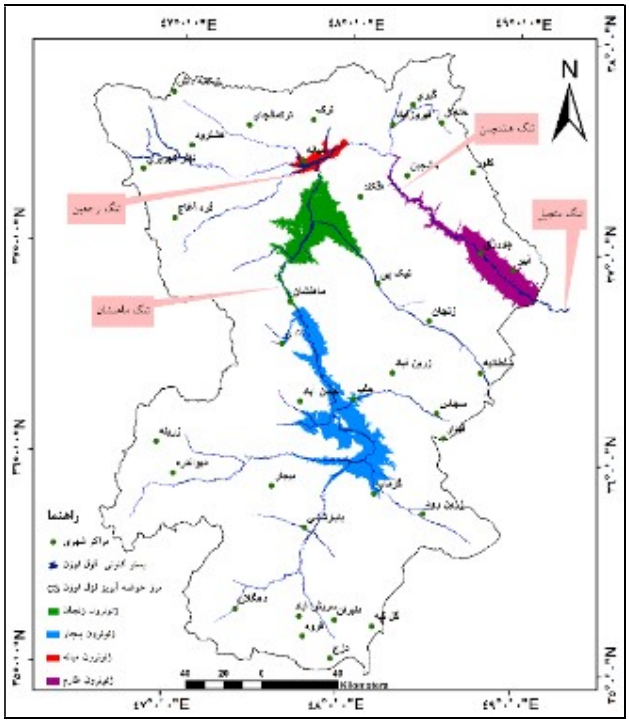
ژئونرون بیجار نزدیک‌ترین ژئونرون به سرچشمه‌ی قزل‌اوزن است که براثر عوامل محیطی، سرریز شده و آب از آن خارج شده‌است. شواهد سطوح تراکمی و کاوشی به‌صورت دشت‌های آبرفتی مطبق، دال بر این است که تخلیه‌ی آب این ژئونرون در سه مرحله اتفاق افتاده‌است. آب با وارد شدن به ژئونرون‌های پایین‌دست بر اساس اثرگذاری عوامل محیطی، گاه به فرسایش خطی و گاه سطحی منجر شده‌است. چنین توالی در سطوح ارضی حوضه‌ی قزل‌اوزن، نوعی از دومینو را شکل داده که از آن به‌عنوان دومینوی درون حوضه‌ای یاد شده‌است؛ چراکه تغییر سطح اساس عموماً به نوسان آب در قسمت آبریز اشاره دارد که انرژی از مصب به سرچشمه انتقال می‌یابد؛ در صورتی‌که در حالت فوق، انرژی در راستای همیشگی ولی به‌صورت کاتاستروفی به طرف مصب منتقل شده‌است. از طرف دیگر، در مسیر رودخانه‌ی قزل‌اوزن انواع سازندهای سست زمین‌شناسی از جمله مارن بامیان لایه ماسه‌سنگ، مارن بامیان لایه آهک، نهشته‌های کواترنری نئوژن شامل طبقات گچ‌دار به همراه کنگلومرا و رسوبات تراس‌های کم ارتفاع جدید و مرتفع قدیم دیده می‌شود. به‌صورت منقطع سازندهای سخت مانند آهک، سنگ‌های آتش‌فشانی، توف‌های آندزیتی، گدازه‌ها آندزیتی، بازالت و ایگنمبریت، لیتولوژی‌های سست را در سطح حوضه از هم جدا کرده‌است. پهنه‌بندی لیتولوژی در این حوضه به این شکل است که در ژئونرون‌ها اغلب سازندهای سست مانند سازند سرخ بالایی، رسوبات تراسی قدیم و جدید به همراه رس و مارن وجود دارد. بین ژئونرون‌ها معمولاً رسوبات مقاوم به فرسایش گسترده شده‌اند؛ برای مثال، بعد از ژئونرون بیجار در طی مسیر رودخانه هر جا لیتولوژی مقاومی در مسیر بوده، فرسایش خطی غلبه یافته و مسیر به فرم تنگ درآمده‌است. در قسمت‌های ماهنشان به بعد به خصوص در منطقه‌ی ینگجه، سازندهای مقاوم از جمله سنگ‌آهک توده‌ی مقاوم به همراه سنگ‌های آتش‌فشانی است. در ژئونرون زنجان نیز محل قرارگیری ژئونرونی است که غلبه‌ی لیتولوژی با رسوبات و سنگ‌های سست است و با وارد شدن به تنگ رجعین، سنگ‌ها حالت سخت به خود گرفته و برونزدهای آهک‌های توده و گدازه‌های آتش‌فشانی آندزیتی و بازالتی رخنمون کرده‌اند.

ژئونرون میانه همچون زنجان و بیجار از سازندهای سست تشکیل شده‌است و در مسیر قزل‌اوزن بـه ژئـونرون طـارم، ارتباط از طریق تنگ هشتچین انجام می‌شود. این تنگ طولانی‌ترین تنگ حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن است که بـا سرکشـی و کاوش بسیار قزل‌اوزن به وجود آمده‌است. در طـی ایـن تنـگ، لیتولـوژی مقـاوم از سـایر قسـمت‌های قـزل‌اوزن از پیوستگی و تداوم بیشتری برخوردار است. بعد از آن ژئونرون طارم قرار دارد که فرسایش خطی شـدید آن بـه رخنمـون بیش از حد مارن‌های قرمزرنگی منجر شده که همچون دیگر ژئونرون‌ها، ساختار سـنگ‌های سسـت در فرم‌زایـی غالـب گردیده‌است؛ منتهی رسوب سستی که با فرسایش خطی شدید، فرم محـیط را بسـیار نامتعـادل کـرده‌اسـت. در زمینـه‌ی دره‌های عرضی می‌توان گفت که پدیده‌ی عدم انطباق، از اختلاف مسیر شبکه آب‌ها نسبت به ساختمان زمین‌شناسـی یـا نظم و ترتیب آنها حاصل می‌شود (Mahmoudi, 1974). رودخانه‌ها در منـاطق سسـت بسـترهای وسـیعی دارنـد؛ یعنـی تخلیه‌ی انرژی و ماده را به شکل خط در سطح رخ داده‌است. اما لیتولوژی سخت با نماد دره‌های تنگ بیـان می‌کنـد کـه تخلیه‌ی انرژی و ماده به‌صورت خطی رخ‌داده و به شکل‌گیری تنگ در طی زمان منجر شـده‌اسـت. بـا اتکـا بـه شـواهد میدانی و استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، می‌توان شواهد توپوژئـونرون‌هـای گذشـته را ردیـابی کـرد. از جمله شواهدی که به آها می‌توان اشاره کرد: ۱- وجود تراس دریاچه‌ای در ارتفاع ۱۵۶۱ متری در ژئونرون بیجـار (شـکل ۴)؛ ۲- پایین افتادگی در قاعده‌ی مخروط‌های‌افکنه قدیمی در ژئونرون زنجان و میانـه و درنتیجـه رخنمـون مـارن‌هـا در ترازی مشخص؛ ۳- تراس دریاچه‌ای در ارتفاع ۸۹۸ متری آببر و مخروط‌های‌افکنه متداخل در طـارم کـه بیشـتر بـر اثـر عملکرد تغییرات سطح اساس درون حوضه‌ای رودخانه‌ی قزل‌اوزن به وجود آمده‌اند (جدول ۱) (شکل ۵).

شکل ۴: تراس باقی‌مانده‌ی ژئونرون بیجار

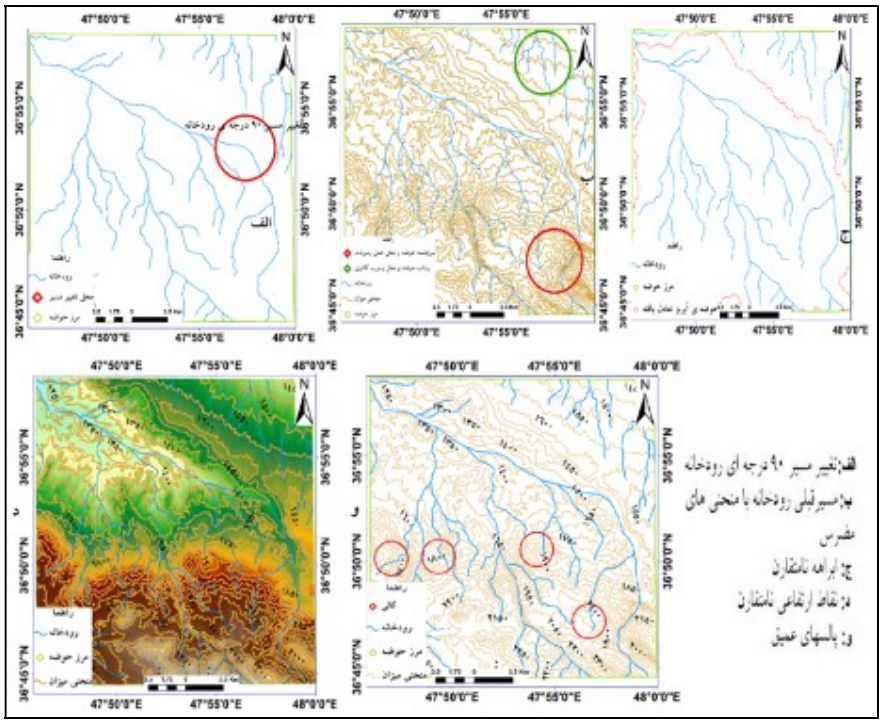
جدول ۱: ویژگی فیزیوگرافی ژئونرون‌های حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن

نام ژئونرون	مساحت Km2	محیط km	طول km	عرض km
بیجار	۱۵۴۷/۰۶	۱۵۴۸	۱۰۸/۴۶	۵۱
زنجان	۱۰۵۱	۸۶۸	۵۲	۴۱
میانه	۲۰۸	۲۷۴/۴۵	۳۳	۸/۶
طارم	۸۶۷	۷۸۱	۱۱۱	۱۵

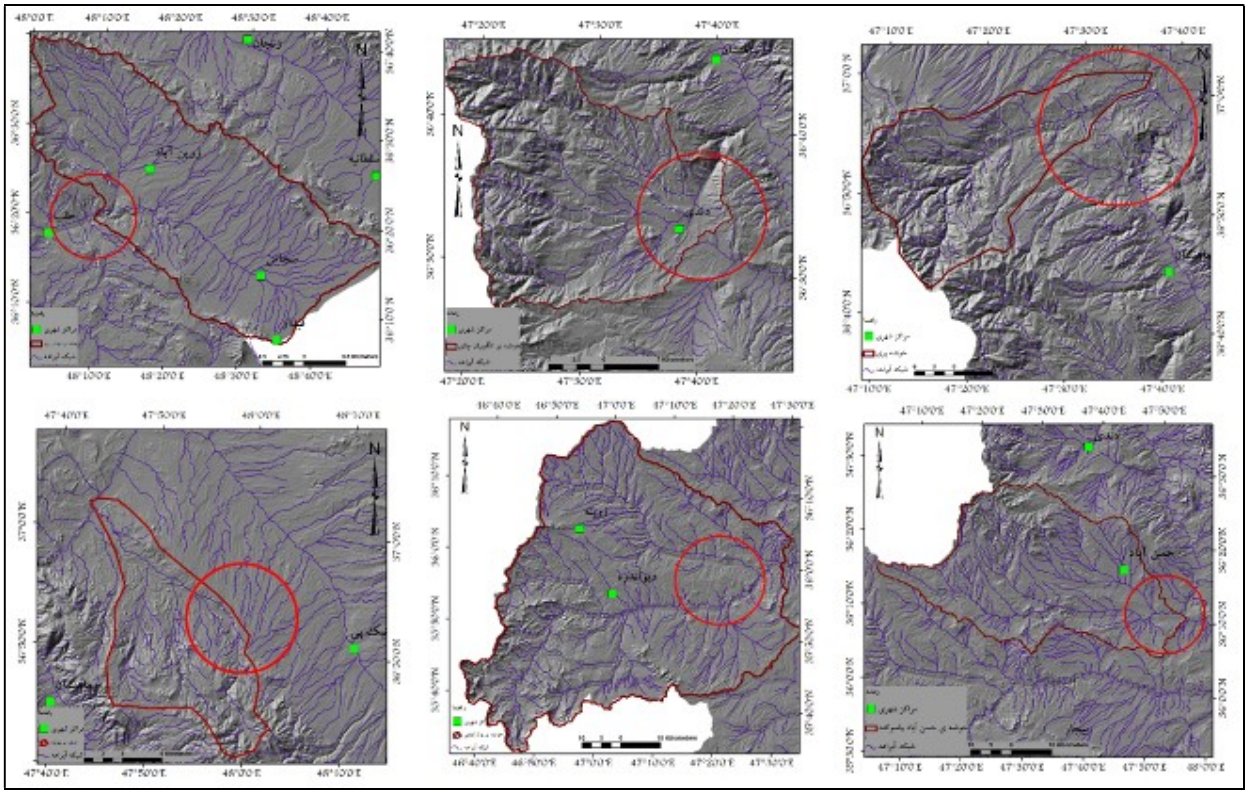


شکل ۵: موقعیت ژئونرون‌های قزل‌اوزن و تنگ‌ها

الگوهای شبکه آبراهه‌ای در ژئونرون بیجار دال بر این است که آب ۶ زیرحوضه‌ی اصلی انگـورانچـای، حسـن‌آباد یاسوکند، یول‌کشتی، قروه و دهگلان، گرماب و سجاس‌رود در یک مکان متمرکز می‌شوند. شبکه آبراهه‌های همگـرای نقطه‌ای یا سطحی، یکی از دلایل مستقل بودن این ژئونرون درگذشته است. از طرفی، اسـارت و انحراف‌هـای رخ‌داده در این حوضه نتیجه‌ی تغییرات سطح اساس بوده‌است. با تخلیه‌ی ژئونرون بیجار، سطح اساس رودخانه‌ها تغییـر کـرده و گـاه باعث تغییر مسیر آنها شده‌است. در انگوران‌چای، حسن‌آباد یاسوکند، یول‌کشتی و سجاس‌رود این اتفـاق افتـاده و مسـیر رودخانه‌ها عوض شده‌است (شکل ۶ و ۷).



شکل ۶: نمونه‌ای از شواهد اسارت و انحراف در حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن.



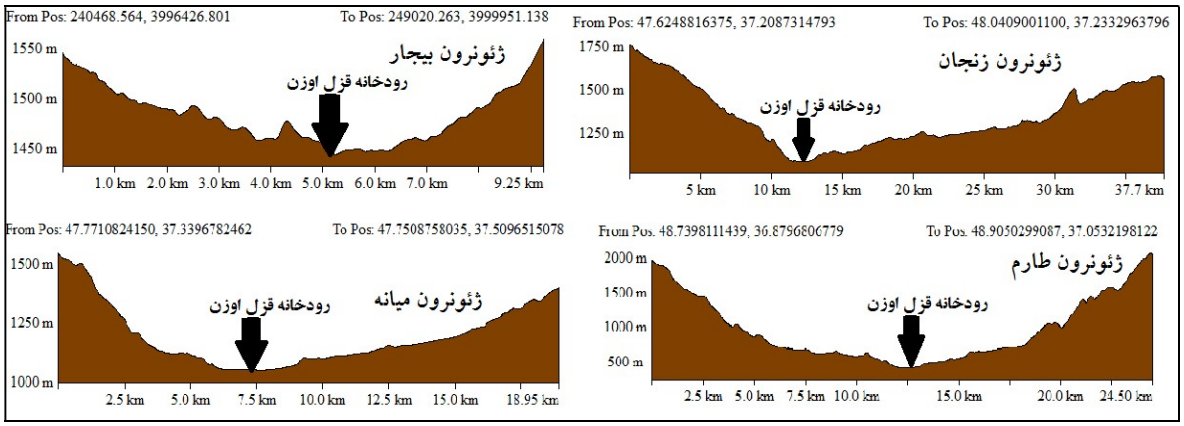
شکل ۷: اسارت و انحراف‌های حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن

پروفیل‌های ترسیم‌شده در ژئونرون بیجار، دال بر اثرگذاری سه سطح اساس متفاوت در طی زمان بر فعالیت‌های کاوشی و تراکمی رودخانه‌های این بخش از قزل‌اوزن است. آثار سه تخلیه‌ی ماده و انرژی این منطقه به‌صورت سه

تراس باقی مانده‌است. این ژئونرون نسبت به سایر ژئونرون‌ها مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده‌است. پروفیل ترسیم‌شده در این ژئونرون، دال بر تخلیه‌ی مواد به‌صورت خط در سطح است؛ یعنی هم‌زمان با دریافت ماده و انرژی، حفر رودخانه در عمق و سطح انجام شده‌است. لیتولوژی سست در اطراف این ژئونرون شرایط را برای فرسایش خط در سطح فراهم کرده‌است. وجود لیتولوژی مقاوم در نرون ماهنشان باعث به تعادل رسیدن فرسایش خطی در ژئونرون بیجار شده و آن را به فرسایش سطحی وادارکرده‌است؛ به عبارتی، تغییر لیتولوژی در تنگ ماهنشان از سست به مقاوم، فرسایش خطی قزل‌اوزن را کاهش داده و رودخانه را در ژئونرون بیجار با لیتولوژی سست، مجبور به فرسایش خط در سطح کرده‌است. ذکر این امر لازم است که لیتولوژی مقاوم نه‌تنها فرسایش در خط را متوقف یا کند می‌کند، بلکه مانع فرسایش سطحی نیز می‌شود؛ به همین دلیل، در کل فرسایش خطی غلبه دارد ولی به مقدار بسیار کمتر ازآنچه در لیتولوژی سست اتفاق افتاده‌است. ژئونرون زنجان با از دست دادن استقلال حوضه‌ای خود، برای متعادل ساختن تنش ماده و انرژی مازاد، مجبور به انتشار انرژی شده‌است. این انتشار بیشتر در امتداد رودخانه‌ی اصلی قزل‌اوزن رخ‌داده است. با این‌وجود، شواهد میدانی و بررسی پروفیل‌های منطقه دال بر این است که انتشار انرژی به‌صورت خط در سطح نامتقارن عمل کرده‌است؛ یعنی با تغییر سطح اساس، بستر قزل‌اوزن به‌عنوان معبر اصلی انرژی و ماده، بیش از هر مکانی تحت‌تأثیر قرارگرفته و حفر شده‌است. با این‌وجود لیتولوژی سست مارن، امکان انتشار انرژی را در سطح نیز فراهم کرده و به تخلیه‌ی مواد ژئونرون به شکل رسوب منجر شده‌است. منتهی با این ویژگی که شیب زمین‌شناسی طرف چپ قزل‌اوزن برخلاف شیب توپوگرافی منطقه بوده و تخلیه‌ی مواد از این بخش را کاهش داده‌است. همسو بودن شیب زمین‌شناسی طرف راست قزل‌اوزن با شیب توپوگرافی، شرایط تخلیه‌ی بیشتر مواد را از این‌طرف رودخانه فراهم کرده و این ویژگی در نیمرخ ترسیم‌شده‌ی عمود بر قزل‌اوزن به شکل شیب کم طرف راست رودخانه نسبت به طرف چپ، کاملاً مشهود است؛ به‌عبارت دیگر با توجه به لیتولوژی مارنی غالب منطقه، علاوه بر فرسایش در خط، در سطح نیز انرژی اثرگذار بوده و انرژی و ماده‌ی دریافتی با توجه به لیتولوژی و شیب زمین‌شناسی منطقه، برای به تعادل رسیدن تا جایی که انرژی متصاعد شده بر اساس شرایط محیطی، اثر گذاشته است. چنین واکنشی، بی‌نظیرترین فرم‌های نامتعادل را از نظر ژئومورفولوژیکی به نمایش گذاشته‌است (شکل ۸).

شکل ۸: بدلندهای زیبا ناشی از فرم ناتعادلی اطراف ماهنشان

اسارت و انحراف رودخانه‌ی مهرآباد و قلعه‌چای، با تحولات رخداده در ژئونرون زنجان به وقوع پیوسته است. تغییر مسیر این رودخانه‌ها، از تغییر سطح اساسی ناشی از دومینوی قزل‌اوزن تبعیت کرده‌است. تحولات رخداده در ژئونرون میانه، مانند زنجان‌رود بوده‌است، اما به علت وسعت کم این حوضه، تغییرات سریع انجام شده و در بسیاری از جاها توانسته آثار سطوح اساس قبلی را کاملاً از بین ببرد. ژئونرون طارم، محل تمرکز انرژی و ماده‌ی تمام حوضه‌ی قزل‌اوزن بوده‌است و شکل یک ناودیس بزرگ با روند شمال غرب – جنوب شرق را یافته‌است که رودخانه‌ی قزل‌اوزن در بخش محوری آن جریان دارد. در شمال شرق ورقه طارم، واحد سنگی قدیمی در امتداد گسل‌های تراستی بر روی هم رانده شده‌است و درنهایت، رسوبات تخریبی و تیره‌رنگ سازند شمشک بر روی واحدهای نئوژن قرارگرفته‌اند که این امر حاکی از فعال بودن گسل‌ها در عهد حاضر است (Geological Survey). زمانی که انرژی و ماده به طارم می‌رسد به دلیل عرض کم ژئونرون نسبت به زنجان و بیجار و داشتن لیتولوژی سست مارنی در مرکز و مقاوم آذرین در اطراف، فرسایش دیفرانسیل ناشی از تغییر سطح اساس، بیشتر به‌صورت خطی عمل کرده‌است. تخلیه‌ی خطی این حوضه به اختلاف مورفیک شدید در دو زیرحوضه‌ی زنجان‌رود و طارم منجر شده‌است. در دامنه‌ی غربی و شرقی ارتفاعات شمالی زنجان، آبراهه‌ها توانسته‌اند حوضه‌های کم وسعت و کشیده‌ای ایجاد کنند. این حوضه‌ها به‌تبع تغییراتی که در منطقه رخداده، به شکل کشیده درآمده‌اند. در طرف زنجان بالا بودن سینوزیته کوهستان و فاصله بسیار دور آن از بستر اصلی قزل‌اوزن، فرم‌های متعادل‌تری نسبت به حوضه‌های طرف طارم دارد. در ژئونرون طارم، سینوزیته کم ارتفاع‌تر و مجاورت بستر اصلی قزل‌اوزن با سینوزیته، باعث شده فرم‌های منطقه ناتعادلی شدید داشته باشد. تفاوت لندفرم‌های دو طرف را می‌توان در طویل بودن شاخه‌ی اصلی آبراهه و میزان عقب رفتن سرشاخه‌ها ردیابی کرد؛ به‌گونه‌ای که در آبراهه‌های طرف طارم به‌شدت فرسایش قهقرایی مسلط بوده و همین امر باعث شده سرچشمه‌ی آبراهه‌ها به خط تقسیم آب نزدیک‌تر باشد. بر اساس شواهد بررسی‌شده در مطالعات میدانی، تغییر سطح اساس کواترنری طارم ۷۰۰ متر و زنجان‌رود ۲۰۰-۱۵۰ متر بوده که با تخلیه‌ی ماده و انرژی در دو منطقه به غلبه‌ی فرسایش قهقرایی در زیرحوضه‌ها منجر شده‌است (شکل ۹ و جدول ۲)؛ با این تفاوت که اثرات آن در دامنه‌ی طرف زنجان با توجه به دوری کوهستان از بستر قزل‌اوزن، به نواحی اطراف سینوزیته جبهه کوهستان سرایت نکرده، ولی در طرف طارم مجاورت رودخانه با سینوزیته به فرسایش خطی قزل‌اوزن و ناتعادلی شدید لندفرم‌ها در مجاورت کوهستان منجر شده‌است.



شکل ۹: پروفیل‌های عمود بر رودخانه‌ی قزل‌اوزن در ژئونرون ها

جدول ۲: مقدار گسترش ژئونرون‌ها

نام پروفیل	سمت راست قزل‌اوزن تحت‌تأثیر تخلیه ماده و انرژی km	سمت چپ قزل‌اوزن تحت‌تأثیر تخلیه ماده و انرژی km
ژئونرون بیجار	۴/۸۸	۵/۱۲
ژئونرون زنجان	۲۷	۱۳
ژئونرون میانه	۱۲	۷/۵
ژئونرون طارم	۱۳	۱۵/۵

اختلاف ارتفاع به وجود آمده در ژئونرون‌ها و تنگ‌های انتقال‌دهنده‌ی انرژی و ماده در حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن، دال بر این است که تخلیه‌ی ماده در همه جا به یک شکل انجام نشده‌است. بر اساس شرایط محیطی، گاه فرسایش در سطح اتفاق افتاده (در ژئونرون بیجار آثار تخلیه به‌صورت سطوح تراکمی مطبق باقی مانده‌است) گاه در خط (در طول نرون رجعین، بین میانه و زنجان)، گاه هم در سطح و هم در خط (نرون ماهنشان با لیتولوژی متغیر) و زمانی نه در سطح و نه در خط (نرون مقاوم و یکدست هشتچین بین میانه و طارم). (جدول ۳).

جدول ۳: مقدار اختلاف ارتفاع در ژئونرون ها و تنگ‌های انتقال‌دهنده

نام ژئونرون (G)	ارتفاع بستر ژئونرون	اختلاف ارتفاع G2 با G1	نام تنگ	ارتفاع بستر تنگ	اختلاف ارتفاع T1با T2
بیجار	۱۴۱۴	۳۱۱	ماهنشان	۱۲۵۹	۱۸۸
زنجان	۱۱۰۳		رجعین	۱۰۷۱	
میانه	۱۰۴۷	۶۹۵	هشتچین	۸۱۴	۵۲۲
طارم	۳۵۲		منجیل	۲۹۲	

مقدار تخلیه‌ی رسوبات که در هر یک از ژئونرون‌ها اتفاق افتاده، تابعی از لیتولوژی، انرژی واردشده و شکل فیزیوگرافی ژئونرون است؛ به‌گونه‌ای که لیتولوژی در سه ژئونرون بیجار، زنجان و طارم، بهترین شرایط را برای فرسایش فراهم کرده‌است. وضعیت هم‌جواری لیتولوژی‌های مقاوم با لیتولوژی سست در طارم شرایط را برای فرسایش خطی، بسیار مساعد کرده‌است. نیروی وارد شده به حوضه در سراب باعث بیشترین تحول در پایاب می‌شود. طارم با واقع شدن در پایاب حوضه‌ی قزل‌اوزن، با دریافت بیشترین ماده و انرژی به‌شدت متحول شده‌است. شکل فیزیوگرافی ژئونرون‌ها نیز وضعیت تخلیه‌ی مواد را مشخص می‌سازد؛ به‌گونه‌ای که در حوضه‌های کشیده، تخلیه‌ی مواد بیشتر در خط اتفاق می‌افتد تا در سطح و در حوضه‌های پهن برعکس. در حوضه‌ی کشیده (تمرکز فرسایش در خط) نیروها متمرکز می‌شوند و حفر را بیشتر انجام می‌دهند؛ اما در شکل پهن، تمرکز فرسایش در سطح اتفاق می‌افتد و در سطح به‌صورت پراکنده تخلیه انجام می‌شود که به پخش انرژی در سطح و تخلیه‌ی کم مواد در عمق منجر می‌شود. در چنین حالتی آثار سطح قبلی به‌صورت تپه شاهدهای متعددی در منطقه باقی می‌ماند. قزل‌اوزن در ژئونرون طارم وضعیت کشیده و در سه ژئونرون میانه، زنجان و بیجار متمایل به دایره‌ای و پهن است؛ به همین دلیل، مقدار تخلیه‌ی مواد در سطح در ژئونرون طارم بسیار بیش از سایر ژئونرون‌ها است (جدول ۴).

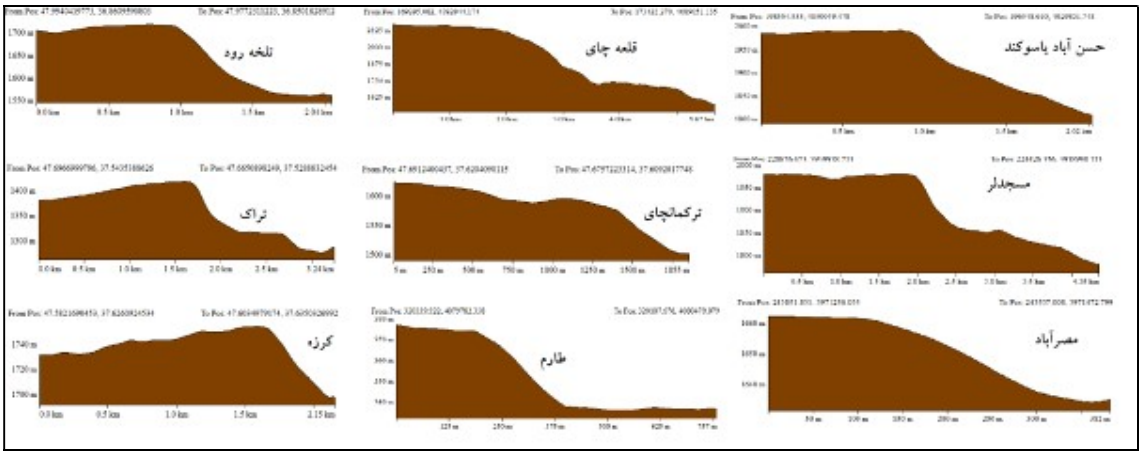
جدول ۴: حجم تخلیه‌ی ماده در ژئونرون‌ها

نام ژئونرون	حجم تخلیه‌ی ژئونرون M3	حجم تخلیه در واحد سطح M
مرحله‌ی اول تخلیه‌ی بیجار	۲۰۵۴۵۶۶۹۳۷	۱/۳۲
مرحله‌ی دوم تخلیه‌ی بیجار	۹۴۰۳۸۶۵۹۶۲۹	۶۰/۷۸
مرحله‌ی سوم تخلیه‌ی بیجار	۴۸۷۶۶۶۴۹۰۵۷	۳۱/۵۲
یک مرحله تخلیه‌ی زنجان	۹۶۱۹۵۶۴۴۵۸۳	۹۱/۵۲
یک مرحله تخلیه‌ی میانه	۱۳۴۲۱۵۳۳۱۲۵	۶۴/۵۲
یک مرحله طارم	۲۲۹۴۴۳۸۰۵۴۱۶	۳۴۵/۳۷

تأثیر تغییرات سطح اساس در پادگانه‌های قزل‌اوزن به‌خصوص در نزدیکی خروجی حوضه، به علت نزدیکی به دریای خزر بسیار بارز بوده است؛ چراکه تغییر سطح اساس هر چند هم که زیاد باشد، تا شعاع مشخصی رودخانه‌ها را متأثر می‌سازد؛ به‌گونه‌ای که بیشترین تأثیر در پایاب حوضه یعنی ژئونرون طارم بوده و به ایجاد پادگانه‌های متعدد منجر شده‌است (Rostamkhani, 2014). تغییرات آب‌وهوایی به‌ویژه در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی از طرفی باعث تغییرات سطح آب دریای خزر و از طرف دیگر، با کاوش دره‌ها در دوره‌های مرطوب و تراکم آبرفت‌ها در زمان‌های خشک و نیمه‌خشک در ارتباط بوده‌است. طبق یافته‌های محمودی، تأثیر این عامل بر شکل‌گیری پادگانه‌ها در بخش سراب قزل‌اوزن (کردستان) بیشتر بوده‌است (Mahmoudi, 1974). اگرچه تأثیر این عامل بر شکل‌گیری پادگانه‌ها را در بخش‌های میانی و سفلا قزل‌اوزن نمی‌توان نادیده گرفت، باید پذیرفت که این عامل در این بخش‌ها بیشتر نقش تسریع‌کننده داشته و نقش اصلی توسط سطوح اساس محلی کنترل می‌شده‌است (Abbasi, 2016). زمانی که سطح اساس تغییر می‌کند، رژیم جریانی رودخانه دچار بی‌نظمی می‌شود. نیمرخ‌های ترسیم‌شده‌ی عمود بر رودخانه‌ی قزل‌اوزن، دال بر پایین افتادگی ناگهانی سطوح اطراف رودخانه است. در زمان تغییر سطح اساس، اولین جایی که متأثر می‌شود مصب رودخانه است و سراب حوضه دیرتر تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. این تغییرات سلسله‌وار به سرشاخه‌های حوضه منتقل می‌شود. میانگین پایین افتادگی در حوضه‌های مستقل یا ژئونرون‌ها نیز محاسبه شد که نشان داد تغییر سطوح تراکمی در سراب قزل‌اوزن بیش از سایر مکان‌ها رخ داده‌است؛ به‌گونه‌ای که مقدار تغییر از سراب به پایاب کاهش می‌یابد (جدول ۵ و شکل ۱۰).

جدول ۵: مقدار تأثیرپذیری تغییرات سطح اساس

نام ژئونرون	میانگین پایین افتادگی
بیجار	۱۴۴/۸
زنجان	۱۷۵/۵
میانه	۱۲۱
طارم	۹۰/۵



شکل ۱۰: افتادگی‌های حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن بر اثر تغییرات سطح اساس.

قلعه‌ی بهستان در ماهنشان از قزل‌اوزن به‌عنوان آثاری از تغییرات سطح اساس برجای مانده که آثار برش ارتفاع ۱۰۰ متری را در خود حفظ کرده‌است. دودکش جن نیز همانند قلعه‌ی بهستان خود با ارتفاع ۲۵ متر در شعاع ۲۰ کیلومتری رودخانه‌ی قزل‌اوزن قرارگرفته که از عملکرد سلسله‌وار اثرگذاری تغییرات سطح اساس در اطراف قزل‌اوزن حکایت دارد. در رودخانه‌ی قلعه‌چای نیز این آثار منعکس شده؛ به‌طوری‌که رودخانه‌ی برشی را در حدود ۱۵۰ متر ایجاد کرده‌است (شکل ۱۱).

شکل ۱۱: الف) قلعه بهستان، ب) دودکش جن، پ) برش ناگهانی رودخانه‌ی قلعه‌چای.

۵- نتیجه‌گیری

دومینویی که در قزل‌اوزن از آن بحث می‌شود، بیشتر بر اثرات تغییر سطوح اساس بر محیط تأکید دارد. دومینوی تغییرات سطح اساس به دو نوع درون حوضه‌ای و برون حوضه‌ای عمل می‌کند. وقتی سطح اساس رودخانه‌ای تغییر می‌کند، تغییرات از مصب تا سرچشمه را متأثر می‌سازد. نمونه‌ی چنین واکنشی، تسلط فرسایش قهقرایی در حوضه است؛ مانند طنابی که وقتی ضربه‌ای به آن وارد شود فرکانس آن به شکل سینوسی تا انتهای طناب ادامه می‌یابد. این

همان دومینو در ژئومورفولوژی است که با وارد شدن ضربه‌ی اول به مهره‌ی اول، فرکانس انرژی را تا آخرین مهره انتقال می‌دهد. در بررسی ژئومورفولوژیکی دومینو سؤال اساسی این است که ضربه‌ی اولیه به سیستم، درون حوضه‌ای بوده یا برون حوضه‌ای؟ در درجه‌ی بعد چگونگی توزیع عوامل، اثرگذار است. انتقال انرژی از سطحی به سطح دیگر همیشه در یک راستا انجام نمی‌شود؛ به همین دلیل، گاه انتقال انرژی به‌صورت خط، گاه به‌صورت خط در سطح، زمانی هم در سطح و هم در خط و درنهایت گاه نه در سطح و نه در خط اتفاق می‌افتد. خروجی انتقال خطی انرژی در لیتولوژی سست به‌صورت گالی، در لیتولوژی مقاوم به شکل تنگ و در هم‌جواری لیتولوژی مقاوم و سست به‌صورت تنگ نامتقارن است. پادگانه‌های آبرفتی، نمونه‌ی انتقال انرژی به‌صورت خطی در شرایطی هستند که هر چند تعداد تغییر سطح اساس کم ولی مقدار آن زیاد بوده‌است. زمانی که گفته می‌شود چهار دوره‌ی یخچالی در طی کواترنری رخ داده‌است؛ نتیجه‌ی آن به شکل سه یا چهار پادگانه‌ی اصلی در اطراف رودخانه‌ها و دریاچه‌ها باقی مانده‌است. اگر تعداد تغییرات زیاد باشد و زمان برای به تعادل رسیدن محیط کم، نتیجه‌ی آن ناتعادلی در فرم است. بررسی ژئونرون‌های بیجار، زنجان و طارم به خوبی بیانگر این مطلب است که قزل‌اوزن با تعدد تغییر سطح اساس محلی، اجازه‌ی به تعادل رسیدن فرم‌ها را نداده‌است. گواه این مطلب نیز فقدان تمرکز جمعیتی و نبود یک پایگاه شهری مهم در امتداد این رودخانه است. گسترش و فراوانی لندفرم‌ها با شدت تغییر سطح اساس نسبت عکس دارد؛ هر چه تعداد تغییر در منطقه بیشتر باشد، تعدد لندفرم‌های باقی‌مانده بیشتر ولی ابعاد آن کوچک‌تر است. لندفرم‌های بزرگ‌تر به مکان‌هایی تعلق دارد که تعداد تغییرات کمتر باشد. در چنین مناطقی هر چند لندفرم‌های کمتری به وجود می‌آیند، ولی سطوح بزرگ‌تر و وسیع‌تری بر جای می‌گذارد. ناتعادلی فرم‌های منطقه دال بر تعدد تغییر سطح اساس و نبود پادگانه‌های آبرفتی عریض و ممتد نیز دلیل دیگری بر این ادعاست.

منابع

1. Abbasi, M., 2016. Geomorphological Monitoring of Alluvial Alluvials of Iran (Case Study: Ghazlazan Basin), Master's Thesis, Department of Geography, Faculty of Humanities, Zanjan University, p 141.
2. Aghanabati, A., 2006. Geology of Iran, Geological Survey of Iran, p 708.
3. Asyaei, M., 2017. Enhanced Current Comparison Based Domino for Design of Low Power Wide Fan-In Gates, *Journal of Electrical Engineering*, 47(79), 1-10.
4. _____ . 2015. A new leakage-tolerant domino circuit using voltage-comparison for wide fan-in gates in deep sub-micron technology, *Integration, the VLSI Journal*, 51, 61-71.
5. Attityle, G.; Dolby, S.; & P. Routledge, 2002. Geopolitical Thoughts in the Twentieth Century; State Department Publications, p 720. (In Persian).
6. Berberian, M., & M. Ghorashi., (1984). Neotectonics, seismic tectonic faulting and seismic hazard in the region of lead and zinc smelter in Zanjan. Geological Survey.
7. Carlone, A.; Cabrera, S.; Marigo, M.; & K. A. Jørgensen, 2007. A new approach for an organocatalytic multicomponent domino asymmetric reaction, *Angewandte Chemie*, 119(7), 1119-1122.
8. Chen, C., 2014. The Capital of the Yuan Dynasty, *Silk road Press*, P 214.
9. Coke, J., 1990. Geomorphology (Vol. I) Translation by Farajollah Mahmoudi, *Tehran University Press* (in Persian).
10. Dirbaz, A., & M. Saydi., (2014). Review of the Terms and Procedural Transformation Principles, Quarterly. *Journal of Qom University*.15(4), 7-21.

11. Derruau, M., 2011. Les forms du relief terrestre de geomorphology, Translation by Mqsud.Kh, *Tabriz university Publishers, Tabriz* (In Persian).
12. Dwight, D., 1954. "Ike" Eisenhower, Introducing the domino theory, that if Vietnam fell to communism, the rest of Southeast Asia would soon follow. *Press conference*.
13. http://jamejamonline.ir
14. http://wiki.5040.ir
15. Ives, B.; Walsh, K. R.; & H. Schneider, 2004. The domino effect of password reuse. *Communications of the ACM*, 47(4), 75-78.
16. Jedari Eyvazi, J., 2013. Geomorphology of Iran, Tehran, *Payame Noor University*, 13,106.
17. Jiang, B.; Tu, S. J.; Kaur, P.; Wever, W.; & G. Li, 2009. Four-component domino reaction leading to multifunctionalized quinazolines, *Journal of the American Chemical Society*, 131(33), 11660-11661.
18. Liéby-Muller, F.; Constantieux, T.; & J. Rodriguez, 2005. Multicomponent domino reaction from β-ketoamides: Highly efficient access to original polyfunctionalized 2, 6-diazabicyclo [2.2. 2] octane cores, *Journal of the American Chemical Society*, 127(49), 17176-17177.
19. Mahmoodi-Meimand, H., & K. Roy., (2004). Diode-footed domino: a leakage-tolerant high fan-in dynamic circuit design style. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*. 51(3), 495-503.
20. Mahmoudi, F., 1978. Natural Geography of Iran, *Education Publications, Tehran*.
21. Mahmoudi, F., 1974. Ghorveh district, Bijar, Divandareh, Tehran University Press, Kurdistan Research Project, Issue No. 9, p. 184.
22. Markwat, T.; Kole, E.; & D. Van Dijk., 2009. Contagion as a domino effect in global stock markets, *Journal of Banking & Finance*, 33(11), 1996-2012.
23. Peiravi, A., & M. Asyaei., (2013). Current-comparison-based domino: New low-leakage high-speed domino circuit for wide fan-in gates. *IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems*. 21(5), 934-943.
24. Pour Kermani, M., & M. Erin., (1999). Structural Analysis fault of Halab. *the third meeting of the Geological Society*, p 3.
25. Ramasht, M. H., 2003. Chaos theory in geomorphology, *Geography and Development Quarterly*, Pp 13-36.
26. Ramesth, M. H., 2013. Geomorphologic maps (symbols and permissions), 6th edition, *SAMT Publishing*, p. 190.
27. Ramsht, M. H., 2010. Space in Geomorphology, *Moderator of Human Sciences*, 14(4) 112-136.
28. Rostamkhani, A., 2014. monitoring the geochemistry structure of rabbit bed cones, Master's thesis, Department of Geography, Faculty of Humanities, *Zanjan University*, p. 126.
29. Sahab, M. R., 2005. General Atlas of Iran and the Political-Natural-Economic-Illustrated World, author: Department of Geography and Geography, *Geography and Cartography Department of Sahab,* p. 223.
30. Shokouee, H., 2010. New Ideas in the Philosophy of Geography, *Gitashanisi Publications*, 1, 355.
31. Suzuki, H.; Kim, C. H.; & K. Roy, 2007. Fast tag comparator using diode partitioned domino for 64-bit microprocessors, *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 54(2), 322-328.
32. Taylor, R., 2005. Causality, *Journal of Religious Philosophy*, 3 (2), 201-165 (in Persian).
33. Zomoradiyan, M. J., 2012. Geomorphology of Iran, *Ferdowsi University, Mashhad.*

Dominoes in Geomorphology: A Case of Ghezel Owzan Basin

Gholam Hassan Jafari [1]*: ***Assistant Professor of physical geography University of Zanjan, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Iran***
Hazhir mohamadi: ***A.M Hydrogeomorphology University of Zanjan, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Iran***

Article History (Received: 2017/12/17 Accepted: 2019/01/11)

Extended abstract

1-Introduction

The components of nature interact with each other in the form of an interconnected chain in such a way that the effect of each component cannot be ignored. On the other hand, these components and loops have a kind of autonomy and internal congruence, so that in another perspective, independence and independent identity can be considered for each of these loops. The efforts of researchers in scientific epistemology to regulate events were because of reducing human beings' tendency to predict events and behaviors. Although these efforts have been successful in many cases, the occurrence of all events and behaviors is not the subject of scientific discipline. Domino is a kind of game made by small rectangular pieces. It is a row of aligned tiles that once the first tile is hit, what happens to the first tile is happened to the last tile. If energy enters dominoes, this energy enters from a pixel to the next pixel and flows to the last pixel so that the energy eventually ends up. But domino's energy in geomorphology is just as defined, but energy vectors and directions need to be taken into account. When energy enters a domino, some of this energy sometimes transmitted to the next pixel in harmony with changes in the environment and two other energies are emitted. The emitted energy sometimes transmitted to other pixels in the direction perpendicular to the pixel and at other times parallel to the pixel.

2-Methodology

The most important thing in the examining of the domino process of Ghezel Owzan basin is a systematic look at the landforms that was obtained in frequent field observations. In order to obtain the domino process in the Ghezel Owzan basin, 30*30 DEM extracted from the USGS site and topographic 1:50000 map, geology 1:100000 and 1:250000 maps were used. Then ArcGIS and Arc map software were used to digitize layers such as drains, lithology and faults. By using the Global Mapper software and DEM of the study area, several profiles were mapped around the geonorons to estimate the difference between the height and the downslope of the areas. The remaining terraces are obtained by evacuating these geonorons. In order to measure the volume of evacuated material from geonorons, the DEM of geonorons was cut into segments, and the Below option in the metric unit was obtained from Functional Surface and Surface Volume extensions in order to obtain the volume of geonorons.

3-Results

The domino effect in the economy means more probability of tomorrow's occurrence compared to today and this energy is maintained for different types of events (Markwat, 2008). This sentence is used in economics, whose objectivity can be seen in geomorphology. The domino effect in geomorphology, i.e. the transformation in the roughness of a site located along the basin as a result of a change, will be greater than the development of a river or basin mirage. The interpretation of this sentence in geomorphology is that the amount of the transformation of roughness increases toward the coastal area. Of course, if the energy obstacle and transforming material are balanced in the basin and the dispersion of the transforming cells in the basin has a certain order, the amount of material and hence the amount of energy is decreasing

* Corresponding author: jafarihas@yahoo.com

or increasing in the hierarchical order from mirage toward coastal area. If a particular order cannot be made for the changes in material and energy, then the process of transformation also crashes. Rivers have wide beds in loose areas, i.e. energy and material evacuation is linearly in the surface. But strict lithology with the notion of tight valleys states that energy and material evacuation occurred linearly and led to tight formation over time. Based on the field documentation and the use of topographic and geological maps, evidence of past topo-geonorons can be traced. Among the evidences that can be mentioned are: 1) existence of a lake terrace at a height of 1561 meters in Bijar geoneron; 2) downslope in the base of the old alluvial fan in Zanjan and Miyaneh geonoron, and as a result, marl outcrop at a certain level; and 3) Lake terraces at a height of 898 meters in Abbar and the interstices of alluvial fans in Tarom, which are caused mainly by the changes in the base level of the basin of Ghezel Owzan River.

4-Discussion & Conclusions

The domino of Ghezel Owzan emphasizes the changes in the base level. The domino of base level changes has occurred in two types of inside the basins and outside the basins. The energy released by base level changes is transmitted from the highest rank of the watersheds of a basin, such as dynasties and domino vertices, to the first-order streams and drains. An example of such a reaction is the domination of the decline of erosion in the basin. The bondage and divergence of Anguran Chai, Hassanabad Yasukand, Yol Kashti, and Sojas Roud are related to changes in the base level of Bijar geoneron, and in Mehrabad and Qaleh Chai is related to the domino's effect of Zanjan geoneron. The energy transfer condition depends on parameters such as lithology, tectonics, duration and intensity. The study of geonerons of Bijar, Zanjan and Tarom well illustrate that Ghezel Owzan has not allowed the equilibrium of forms by varying the local base level. The spread and frequency of landforms are inversely related to the intensity of base level change. As the number of changes in the area is greater, the more landforms are remained but in a smaller size; larger landforms belong to the places where the number of changes is less. Although less landforms are created in such areas, they will remain larger and wider.

Key Words: Bijar, Domino, Zanjan, Geoneron, Tarom, Line erosion