

ویژگی‌های مورفومتریک و فرسایشی چین‌های زاگرس استان کرمانشاه

ژیلا ملکی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
ایرج جباری * - دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲ تأیید نهایی: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴

چکیده

ناهمواری‌ها همیشه سالم و دست‌نخورده نمی‌مانند و پیکره چین‌خوردگی به‌وسیله عملکرد زمین-ساخت و فرسایش، تغییر می‌کند. مطالعه سازوکار چین‌خوردگی و شرایطی که تغییرات ژئومورفولوژیکی را تداوم می‌بخشد، تغییر ساختمان چین‌ها و نشان‌دادن چگونگی عملکرد فرسایش بر روی این ساختارها، اهمیت این پژوهش را برجسته می‌کند. باوجود این، در زاگرس رابطه‌ای که فرسایش با زمین‌ساخت ایجاد کرده است، مشخص نیست؛ از این‌رو در پژوهش حاضر، سعی بر این است که ضمن بررسی مورفومتریک طاق‌ها، این ارتباط کشف شود و شاخص‌هایی برای عملکرد رودخانه‌ها در میزان تخریب طاق‌های زاگرس چین‌خورده استان کرمانشاه به‌دست آید. در این پژوهش، زون زاگرس چین‌خورده در استان کرمانشاه انتخاب شده است که جهت‌گیری عمومی آن، شمال غرب - جنوب شرق است. برای جمع‌آوری داده‌ها از DEM ۱۰ متر استان و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی برای مشخص‌شدن حدود طاق‌ها، تشخیص و ترسیم شبکه آبراهه‌ها، ترسیم محدوده حوضه‌های هر آبراهه استفاده شده است. برای تجزیه و تحلیل، از آزمون‌های t جفتی و تیوکی کرامر استفاده شده است. آزمون‌های آماری تفاوت معنی‌داری بین طول روز در دو طرف تاقدیس‌ها نشان نداد؛ اما تفاوت واضحی بین روز و کلوز نشان داد که در پایان دو شاخص درصد مساحت نسبی حوضه‌ها و شاخص متوسط میانگین طول آبراهه‌ها به‌دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که همه طاق‌ها به یک اندازه در برابر فرسایش واکنش نشان داده‌اند و اگر ساختمان نقشی در عملکرد فرسایش داشته است، این نقش دست‌کم در مقیاس کل تاقدیس‌ها معنی‌دار نبوده و در همه آن‌ها نقش یکسانی ایفا کرده است. این یافته‌ها به درک بهتر رابطه بین زمین‌ساخت، فرسایش و فعالیت رودخانه به‌ویژه در منطقه زاگرس کمک می‌کند. روش و نتایج، چهارچوبی برای مطالعات آینده در مورد تعامل بین سازندهای زمین‌شناسی و فرآیندهای فرسایشی فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: چین‌های زاگرس، ویژگی‌های مورفومتریک، فرسایش چین‌ها، روز، کلوز.

مقدمه

چین خوردگی‌ها انواعی از ساختارهای زمین‌شناسی هستند که به دلیل انحنا یا خمیدگی پوسته زمین، پس از رسوب سنگ در پاسخ به تنش فشاری ایجاد شده‌اند و برحسب ابعاد نیروهای وارد شده ممکن است در مقیاس‌های مختلف به بالا یا پایین خم شوند که به ترتیب تاقدیس و ناودیس خوانده می‌شوند. ناهمواری‌ها همیشه سالم و دست‌نخورده نمی‌مانند و پیکره چین خوردگی به وسیله عملکرد زمین‌ساخت و فرسایش تغییر می‌کند. مهم‌ترین عامل فرسایش، آب جاری است و یکی از عوامل تغییر ناهمواری‌ها، رودخانه‌ها هستند. در مطالعات مربوط به ژئومورفولوژی زمین‌ساخت، تشخیص ویژگی‌های چین ضروری است و می‌توان آن‌ها را برحسب شرایط در روی زمین یا از روی نقشه زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس هوایی به دست آورد (جباری، ۱۳۹۶: ۸۶-۸۳). تاقدیس‌ها برجسته‌ترین لندفرم‌های سطحی که هندسه و مورفولوژی آن‌ها بازتاب سازوکار تشکیل آن‌ها است (قنوتی، ۱۴۰۰).

به دلیل اهمیت چین و شناسایی الگوهای چین خوردگی در سیستم‌های مختلف چین‌خورده، تحلیل و توصیف عناصر سبک چین ضروری است و یکی از بخش‌های اصلی در مطالعات ساختاری به‌شمار می‌آید. مطالعه الگوی هندسه چین-خوردگی‌ها و تحلیل دگرریختی آن‌ها، یکی از مهم‌ترین موضوعات کمربند کوهزایی زاگرس به‌شمار می‌آید (یمانی، ۱۳۹۹). تحلیل یک چین ساختاری، نیازمند اندازه‌گیری شاخص‌های هندسی و ویژگی‌های عناصر ساختاری آن مانند (محور، فرودمحوری، شیب و تمایل محور، نوع، طول و ...) است. مطالعه سازوکار چین خوردگی و شرایطی که سبب ایجاد تداوم عوامل ژئومورفولوژی، تغییر ساختمان چین‌ها و نشان دادن چگونگی عملکرد فرسایش بر روی این ساختارها است، نشان-دهنده مهم‌بودن این مسئله است.

رودها ممکن است از ساختمان زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی پیروی نکنند و آن‌ها را قطع کنند؛ برای مثال از میان گسل رد شوند، یک طاقدیس را ببرند یا سنگ‌های سخت و نرم را از وسط قطع کنند. از الگوهای زهکشی برای تفسیر آثار زمین‌ساخت و کنترل‌های ساختمان‌های زیرین استفاده می‌شود؛ اما ممکن است همیشه رابطه نزدیکی بین آن‌ها وجود نداشته باشد. در طول تاریخ طولانی تحول، رودها ضخامت زیادی از سنگ را می‌برند و بعضی از مواقع الگوهای زهکشی قبلی حفظ می‌شود (جباری، ۱۳۹۶: ۸۶-۸۳). رودخانه‌ها اولین اشکال محیطی هستند که نسبت به تغییرات در بستر جریان یا بروز تغییرات در طول بستر جریان، عکس‌العمل سریعی دارند. ژئومورفولوژیست‌ها از چند دهه قبل، از داده‌های مورفومتری یا پارامترهای کمی حوضه‌های زهکشی جهت تحلیل تکتونیک‌های فعال در سراسر دنیا استفاده کرده‌اند. الگوی زهکشی در مناطقی با تکتونیک فعال، نتیجه فعل و انفعالات تکتونیک و فرآیندهای سطح زمین است و تحلیل الگوی شبکه زهکشی می‌تواند به روشن کردن موقعیت ساختمان فعال کمک کند. شبکه‌های زهکشی و رودخانه‌ها نیز نسبت به حرکات تکتونیک (چین خوردگی و گسل) بسیار حساس بوده و رابطه فیزیکی بین لندفرم‌های رودخانه‌ای و حرکات تکتونیک وجود دارد (لاری، ۱۳۹۰، بهرامی، ۱۳۹۵، گاردنر^۱، ۱۹۸۵، سیکاسی و همکاران^۲، ۱۹۸۶، کلر و پینتر^۳، ۲۰۰۱، گوارنیری و پیروتا^۴، ۲۰۰۸).

در زمینه تفسیر و نحوه تکامل چین‌ها کارهای پژوهشی بسیاری به وسیله محققین انجام شده است که چگونگی تحول ساختمان به وسیله فرسایش و عوارضی که با دخالت فرسایش (زمین‌ریخت‌های ساختمانی) ایجاد می‌شوند، مشخص شده است. در سیستم زاگرس چین‌خورده، رانش‌های مرزی چین‌های مجاور را ایجاد می‌کند و تاقدیس‌های برجسته‌ای همراه با

^۱. Gardner

^۲. Ciccacci & et al

^۳. Keller & Pinter

^۴. Guarnieri & Pirrotta

تغییر شکل جبهه‌های توپوگرافی در سطح مشخص می‌کند (بربرین^۱، 1994). هندسه و مورفولوژی چین‌خوردگی و تغییر شکل پیشرونده، عنصر نهایی است که به وسیله نهرهایی که از کوه‌های زاگرس به داخل جریان دارند، ایجاد می‌شود. چین‌های در حال رشد جریان آب را منحرف کرده و باد و آب شکاف‌هایی را بر روی این چین‌ها ایجاد می‌کنند. ساختمان به روش‌های مختلف بر فرآیندهای فرسایش تأثیر می‌گذارد. نتایج تداخل چین با فرسایش رودخانه‌ای که توسط سیستم‌های ساختاری فعال مختلف ایجاد می‌شود که ویژگی‌هایی دارد. اساس تغییر شکل استنباط‌شده از ویژگی‌های ژئومورفیک، نشان می‌دهد که رودخانه‌ها به دنبال رشد و تشکیل دوره‌های زهکشی، قادر به برش در پرتگاه‌ها و چین‌خوردگی‌ها هستند و سبب گسترش ساختارهای چین‌خوردگی و تولید ویژگی‌های مختلف ژئومورفیک می‌شوند. این تغییرات توسط مورفولوژی ساختاری تاقدیس‌ها کنترل می‌شود (یو گوا چن^۲، 2007). نحوه سازوکار چین‌خوردگی، نامتقارنی و وجود پلانژ در چین، باعث تغییر شیب توپوگرافی در یال‌های مختلف چین شده و الگوی زهکشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. رابطه الگوهای زهکشی در یک تاقدیس، می‌تواند بازتاب ویژگی‌های ساختمانی و نامتقارن بودن تاقدیس باشد. گسل و چین‌خوردگی تاقدیس‌ها، نقش مهمی در جهت‌گیری الگوی شبکه زهکشی دارند (آلتین^۳، 2004، ریبولین^۴ و همکاران، 2007، استنلی و همکاران^۵، 2000، سونگ و چن^۶، 2004، دلایکو و همکاران^۷، 2006، برتیس^۸، 2011).^۱

نتایج کج‌شدگی چین‌ها و گسل‌ها در الگوی زهکشی باعث انحراف مسیر شبکه آب‌ها می‌شود و نقش تکتونیک و بالآمدگی تاقدیس، باعث ایجاد تراکم زهکشی می‌شود (جکسون و همکاران^۹، 1998، تالینگ و سوتر^{۱۰}، 1999). میزان بالآمدگی تاقدیس و فعالیت تکتونیک بر اساس پارامترهای تراکم زهکشی، شیب لایه‌ها، انتگرال هیپسومتری زیر حوضه-ها، شاخص شیب رودخانه و سینوسیته جبهه کوهستان، تفاوت دارد (آزور و همکاران^{۱۱}، 2002، باربری^{۱۲}، 2007). تکامل شبکه زهکشی و تغییرات الگوی زهکشی در تاقدیس‌های در حال رشد (در امتداد محور)، مقایسه بین شبکه‌های رودخانه‌ای امروزی و وضعیت این شبکه‌ها در گذشته، ممکن است اطلاعاتی در مورد تاریخچه تکتونیک و رشد چین‌خوردگی‌ها در نواحی کوهستان فراهم کند (رامسی و همکاران^{۱۳}، 2008، بربرین^{۱۴}، 2007).

ویژگی‌های شبکه جریان، هندسه و مشخصه‌های ژئومورفولوژیکی چین‌های سطح، می‌توانند پاسخی برای استنباط توزیع انواع چین در کمربند چین‌خورده زاگرس باشند (بلانس^{۱۵}، 2003، باربری^{۱۶}، 2010)؛ با وجود این، در زاگرس رابطه‌ای که فرسایش با زمین‌ساخت ایجاد کرده است، مشخص نیست؛ بنابراین در پژوهش حاضر سعی بر این است که ضمن

^۱. Berberian

^۲. Yue-Gau-chen

^۳. Altin

^۴. Ribolin & Partners

^۵. Stanley & Partners

^۶. Sung & Chen

^۷. Delcaillan & Prstners

^۸. Bretis

^۹. Jackson & Partners

^{۱۰}. Talling & Sowter

^{۱۱}. Azor & Partners

^{۱۲}. Burberri

^{۱۳}. Ramsey & Partners

^{۱۴}. Berberian

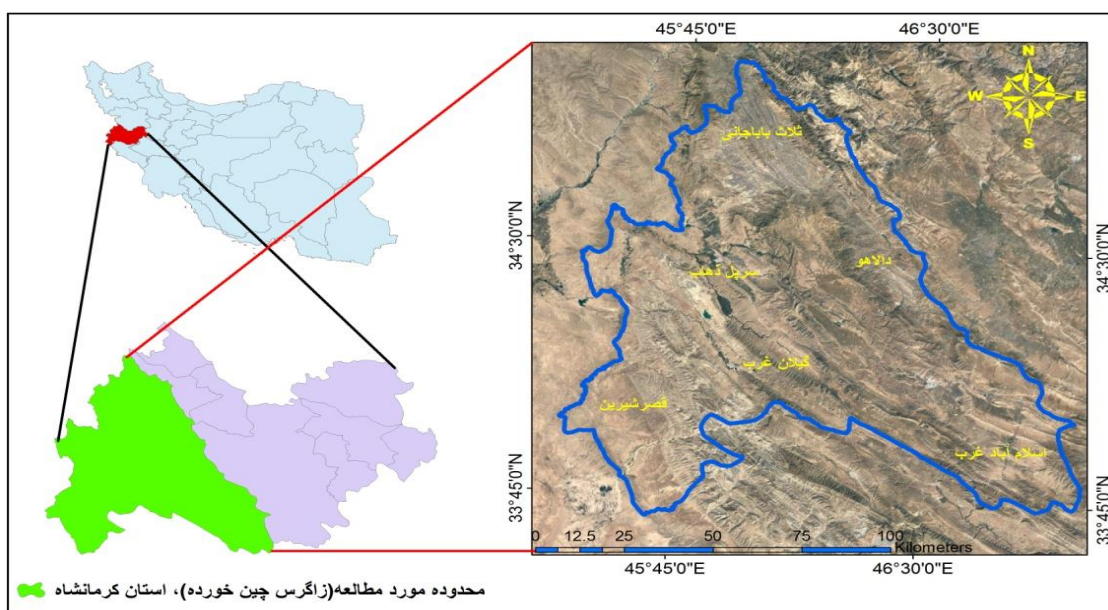
^{۱۵}. Blanc

^{۱۶}. Burberri

بررسی مورفومتریک طاق‌ها، این ارتباط کشف شود و شاخص‌هایی برای عملکرد رودخانه‌ها در میزان تخریب طاقدیس‌های زاگرس چین‌خورده استان کرمانشاه به دست آید.

معرفی منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، زون زاگرس چین‌خورده در استان کرمانشاه انتخاب شده است که جهت‌گیری عمومی آن، شمال غرب - جنوب شرق است که تاقدیس‌ها و ناودیس‌های موازی در این راستا شکل گرفته‌اند و بیشترشان دو پلانژ شمال غربی و جنوب شرقی دارند. در بیشتر این تاقدیس‌ها، سازند آهک آسماری رخنمون دارد. (شکل ۱)



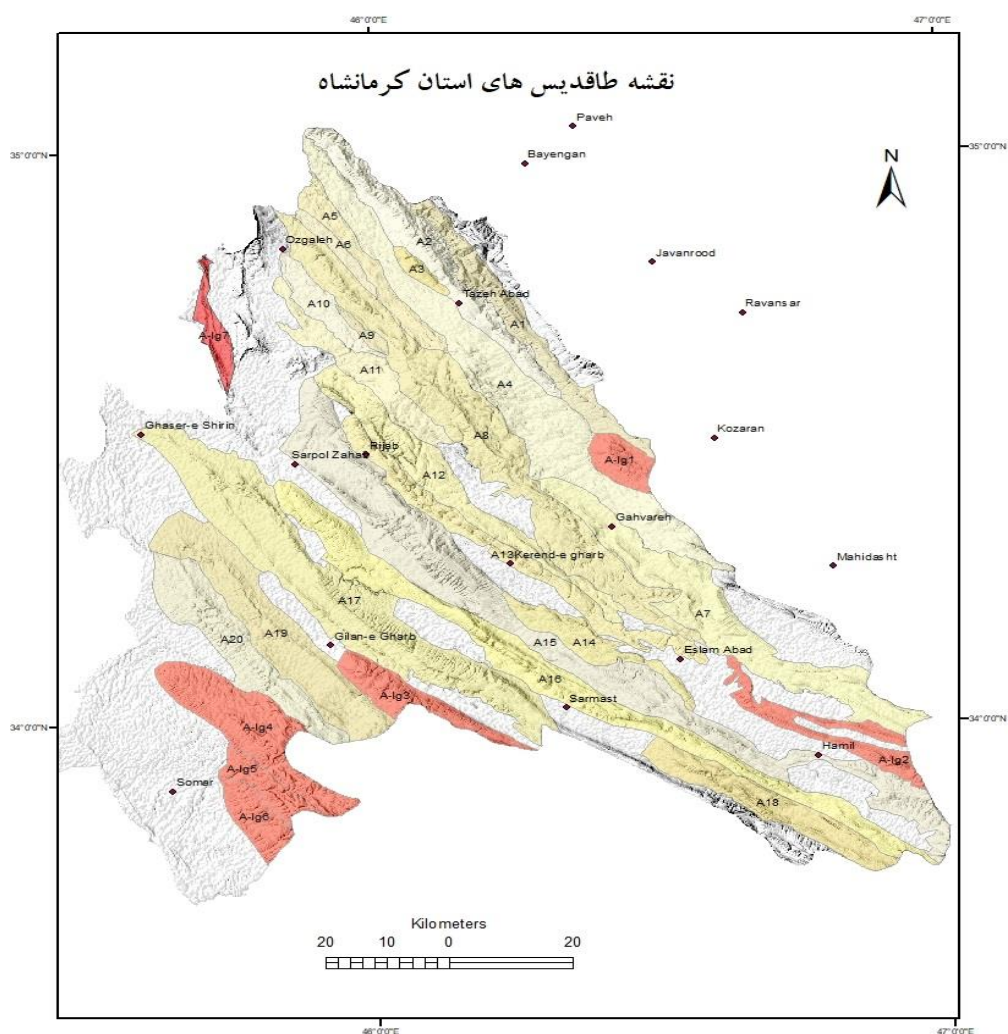
شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه زاگرس چین‌خورده استان کرمانشاه

مهم‌ترین ویژگی‌های ساختاری و چینه‌شناسی منطقه عبارتند از: ۱. روند چین‌ها، شمال غربی - جنوب شرقی است. ۲. سطح محوری چین‌ها بیشتر قوسی شکل و با قوس تحذب جنوب غربی است. ۳. سپر محافظتی چین‌ها با سازند آهک آسماری منطبق است؛ از این رو ساختار تاقدیس‌ها در این قلمرو تا حدود زیادی حفظ شده است. ۴. در مجاورت درون راندگی به‌ویژه در منطقه کرمانشاه که سازند رادیولاریتی گسترش دارد، چین‌ها به صورت سفره‌های رورانده متشکل از چین‌های خمیده، خوابیده، مایل، برگشته و رورانده درآمده‌اند. ۵. امواج چین‌خوردگی بیشتر به صورت ساخت‌های تاقدیسی و ناودیس‌های مرکب است (ناودیس مرکب اسلام‌آباد و تاقدیس مرکب دالاهو). از عوارض فرسایشی در زاگرس چین‌خورده تنگ‌ها، دره‌های نزولی (روز) هستند که در نتیجه فرسایش آب بر روی طاقدیس‌ها پدید آمده‌اند. تنگ به معبر آبی گفته می‌شود که محور رشته‌کوه را شکافته باشد. اصطلاح معادل آن کلوز نام دارد. فراوان‌ترین دره در سیستم زاگرس، دره‌هایی هستند که در جهت شیب طبقات روی پهلوی طاقدیس‌ها ایجاد شده‌اند. در اصطلاح پیکرشناسی به اینگونه دره‌ها، دره‌های نزولی (روز) می‌گویند (علایی، ۱۳۹۶: ۱۵۷، ۱۴۴).

حدود ۲۷ طاقدیس یا مجموعه طاقدیسی در استان کرمانشاه وجود دارد که ۲۰ تای آن‌ها به صورت کامل در سطح استان قرار گرفته‌اند و ۶ تای آن‌ها پوشش ناقصی داشته و بخش زیادی از آن‌ها به سمت استان ایلام و لرستان کشیده شده است؛ بنابراین، این تعداد طاق به همراه یک مجموعه کوچک طاقدیسی در شمال قصرشیرین نیز به دلیل پیچیدگی عملکرد ساختمان و انزوای آن‌ها از مجموعه اصلی چین‌خوردگی، از مطالعه کنار گذاشته شدند. طاقدیس‌ها به موازات هم

از شرق به غرب شماره‌گذاری شده‌اند. در این شماره‌گذاری، مجاورت با طاق کناری ملاک قرار گرفته و اگر طاق‌دیس‌های کوچک متعدد به سمت جنوب قرار گیرند، شماره‌ردیف از شمال به جنوب نوشته می‌شود. (شکل ۲)

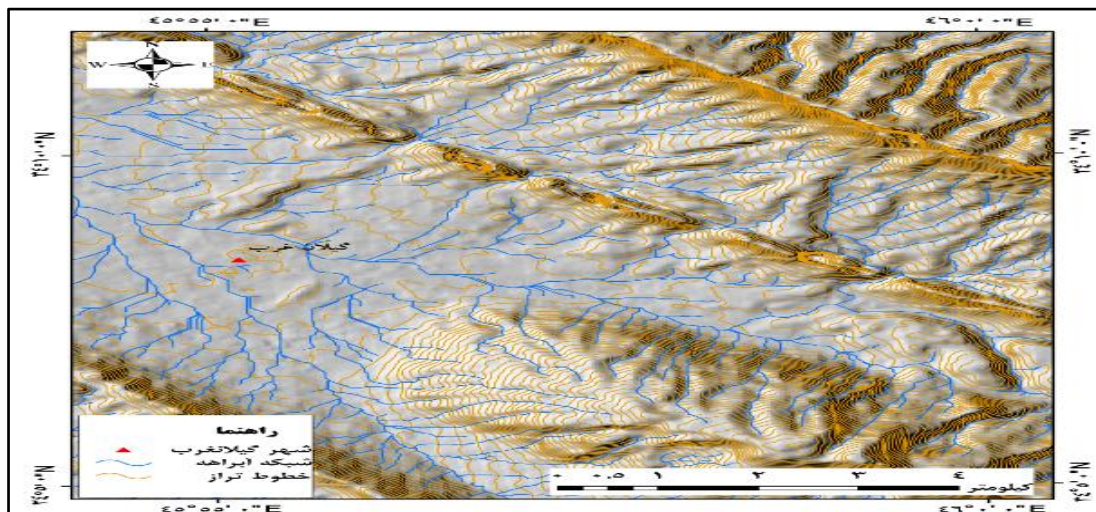
طاق‌دیس‌ها باتوجه به محور طاق‌دیس‌ها در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مشخص شده و محدوده آن‌ها باتوجه به شیب طبقات زمین‌شناسی و تطبیق آن با توپوگرافی و شکل ناهمواری‌ها در تصاویر ماهواره‌ای گول ارث به دست آمد. از کل مساحت 2Km^2 ۲۴۹۹۸ کیلومترمربعی استان کرمانشاه 106742Km^2 از مساحت یا به عبارتی ۴۳٪ آن را منطقه چین‌خورده زاگرس فرا گرفته است. در این منطقه چین‌خورده نیز، ۲۷ طاق‌دیس یادشده 73092Km^2 مساحت؛ یعنی در حدود ۶۸٪ مساحت منطقه زاگرس چین‌خورده استان کرمانشاه را فرا گرفته است. مساحت ۲۰ چین مورد مطالعه این تحقیق نیز 6435 کیلومترمربع است؛ یعنی حدود ۸۸٪ طاق‌دیس‌های منطقه استان کرمانشاه در شمار این پژوهش قرار گرفته‌اند.



شکل ۲: محدوده مورد مطالعه: از ۲۷ طاق‌دیس یا مجموعه طاق‌دیزی که در استان کرمانشاه وجود دارد، ۲۰ طاق‌دیس که به ترتیب از شرق به غرب شماره‌گذاری شده‌اند، در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته‌اند و ۷ طاق‌دیس که با عبارت Ig و رنگ قرمز مشخص شده‌اند، در این پژوهش در نظر گرفته نشده‌اند.

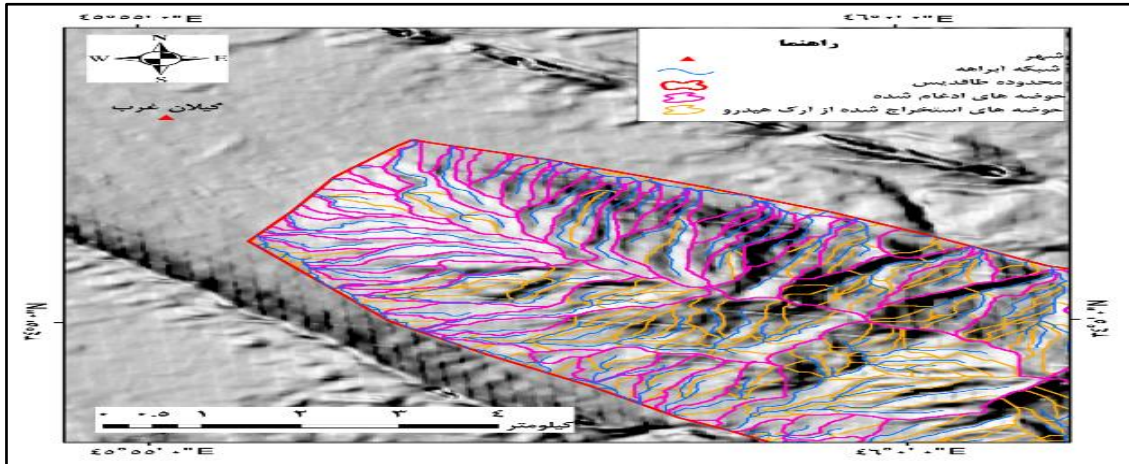
مواد و روش

در پژوهش حاضر به منظور رسیدن به اهداف تحقیق، ابتدا محور و محدوده طاقدیس‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و به کمک مدل رقومی ارتفاع (DEM)، خطوط منحنی میزان، لایه شبکه آبراهه و نقشه سایه‌روشن مشخص و سپس برای تعیین مرز حوضه‌های آبخیز شبکه‌های آبراهه (روزها)، در دو طرف یال طاقدیس از الحاقیه Arc Hydro در محیط Arc GIS استفاده شده است. برای تعیین محور و محدوده طاقدیس‌ها، از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مدل رقومی ارتفاع (۱۰ متر) که وضعیت توپوگرافی منطقه را بهتر نمایش می‌داد، استفاده شده است. هنگام ترسیم محدوده طاقدیس و با در نظر گرفتن انطباق آن با مرز واحدهای توپوگرافی، در بعضی مناطق تشخیص مرز بعضی از واحدهای توپوگرافی مانند پایکوه‌ها و دشت‌ها که تغییرات آن‌ها به صورت تدریجی است، مشکل بود؛ به همین جهت از لایه‌هایی که از مدل رقومی ارتفاعی (۱۰ متر) منطقه استخراج شده بودند، بهره گرفته شد تا میزان خطا در تشخیص مرز چنین عوارضی کاهش یابد. تغییر تراکم خطوط تراز و تغییر جهت آبراهه‌ها در دشت‌ها تعریف‌کننده خطوط عطف شیب و مرز تفکیک سطوح هستند؛ بنابراین از آن‌ها برای تمایز بین پایکوه و دشت استفاده شده است. در پایان، بعد از اینکه شبکه آبراهه‌ها و حوضه‌های آبخیز برای منطقه مورد مطالعه استخراج شد، این لایه‌ها بر اساس محدوده هر طاقدیس به صورت مجزا برش داده شده است. (شکل ۴)



شکل ۳: خطوط تراز و شبکه آبراهه استخراج شده از مدل رقومی ارتفاعی (ارتفاعات حاشیه شهر گیلانغرب)

در مرحله بعد، حوضه‌های آبخیز در دو طرف یال طاقدیس به تفکیک برای هر طاقدیس، نام‌گذاری و به ترتیب شماره‌گذاری شده‌اند؛ سپس شیب ساختمانی هر حوضه آبخیز باتوجه به علائم ساختمانی موجود در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به دست آمده و در جدول توصیفی هر لایه حوضه آبخیز نوشته شده‌اند.



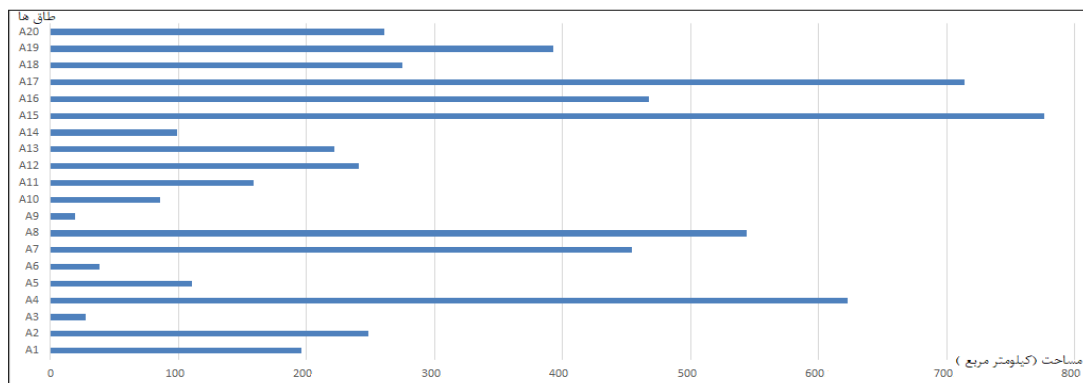
شکل ۴: ادغام حوضه‌های فرعی در بالادست مرز طاق‌دیس که خروجی حوضه‌های اصلی است.

مرحله بعدی، استخراج پارامترهای مورفومتری حوضه‌ها است که در آن با استفاده از محور طاق‌دیس‌های شناسایی شده، به تفکیک (روزهای مستقر در بال‌های غربی، شرقی کلوزهای طاق‌ها) برای هر حوضه مشخص شده و سپس با استفاده از جدول اعداد توصیفی، پارامترهای اساسی، یعنی (تعداد، مساحت طاق‌ها، مساحت حوضه‌های هر طاق، طول شبکه آبراهه‌ها، تعداد شبکه آبراهه‌ها، انحراف معیار و میانگین) به دست آمده است. طول شبکه آبراهه با استفاده از لایه *drainage line* بر اساس حوضه‌های آبخیز هر طاق‌دیس برش داده شده و سپس یک فیلد در جدول توصیفی شبکه آبراهه هر دامنه طاق‌دیس ایجاد شده و با استفاده از این لایه‌های زهکشی، مقادیر پارامترهای مورفومتریک، یعنی طول و تراکم زهکشی شبکه آبراهه‌ها برای تجزیه و تحلیل مقدار فرسایش محاسبه شده است. در مرحله نهایی، تمام مقادیر به دست آمده به محیط *excel* و *SPSS* منتقل شده و ضمن بررسی توصیفی هر کدام از این پارامترها، روابط آن‌ها با آزمون‌های آماری متناسب، تجزیه و تحلیل شده است.

بحث و یافته‌ها

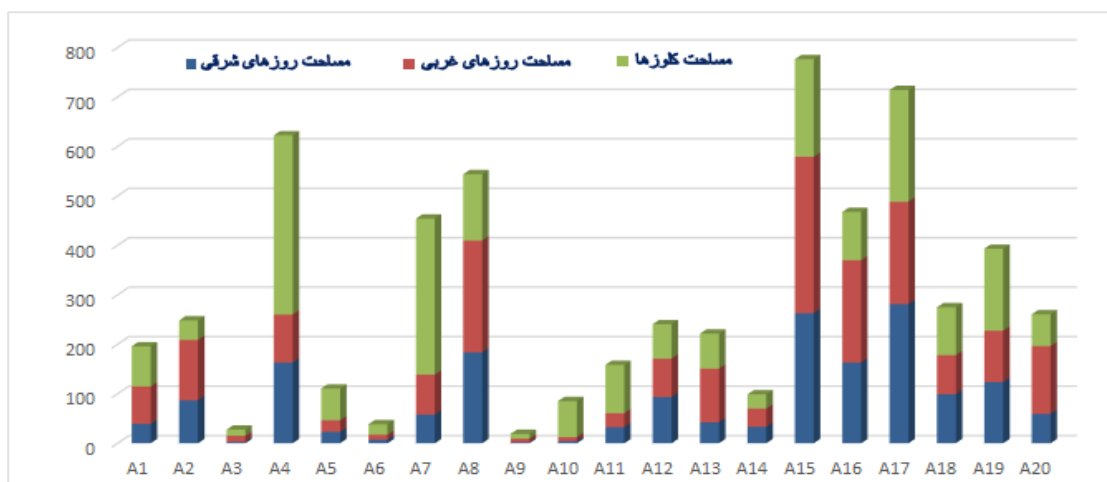
۱. رابطه مساحت طاق‌ها با مساحت فرسایش

در نتیجه اندازه‌گیری حاصل از طاق‌های استان کرمانشاه، مشخص شد که مساحت کل ۲۰ طاق‌دیس ۶۴۳۵ کیلومتر مربع است که طاق ۹ با ۲۱ Km^2 کوچک‌ترین و طاق‌دیس ۱۵ با ۸۶۸۲ Km^2 بزرگ‌ترین سطح را به خود اختصاص می‌دهند. طاق‌های ۱۵، ۱۷، ۴ و ۸ بیشتر از ۵۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارند و طاق‌های ۹، ۳، ۶، ۱۰ و ۱۴ کمتر از ۱۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارند. (شکل ۵)



شکل ۵: مساحت طاق‌های منطقه مورد مطالعه بر حسب کیلومتر مربع

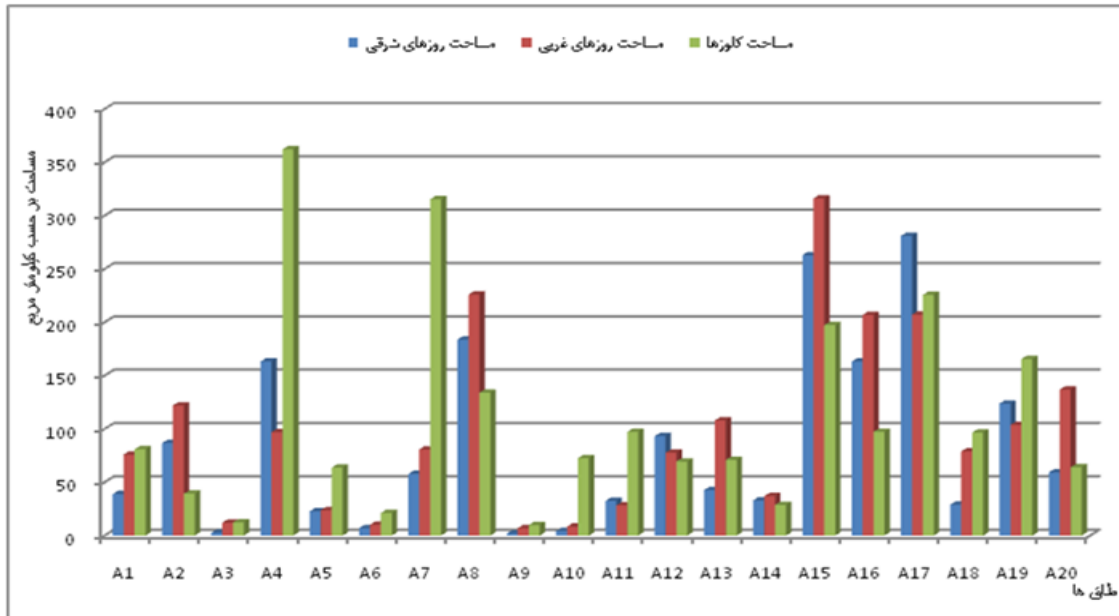
بررسی مساحت حوضه‌های آبریز هر طاق نشان می‌دهد که به موازات افزایش مساحت طاق‌ها، مساحت کندوکاو حاصل از فرسایش رودها نیز افزایش می‌یابد؛ به نحوی که طاق‌های بزرگ حوضه‌های بزرگ نیز همان ترتیب را حفظ کرده‌اند؛ یعنی بیشترین سطح آبراهه‌ها در طاق‌های ۱۵، ۱۷ و ۴ و کمترین آن در طاق‌های ۹، ۳، ۶، ۱۰ و ۱۴ رخ داده است. آزمون آماری t جفتی بر معنی‌دار بودن مساحت طاق‌ها ($\bar{x} = 321 \text{ Km}^2$) و مساحت فرسایش یافته آن‌ها توسط آبراهه‌ها ($\bar{x} = 297 \text{ Km}^2$)، نشان می‌دهد که آن‌ها تفاوت معنی‌داری نسبت به هم ندارند. (جدول ۱) این موضوع، نشان می‌دهد که هر اندازه طاق بزرگ‌تر شده است، سطح بیشتری از آن فرسایش یافته است. بررسی این موضوع در رابطه با روزها و کلوزها نشان می‌دهد که آن‌ها به نسبت یکسان در سطح طاق‌دیس‌ها گسترش نیافته‌اند. در بعضی طاق‌دیس‌ها روزهای شرقی (طاق ۷)، بعضی روزهای غربی (طاق ۱۵، ۸، ۲) و بعضی دیگر کلوزها (طاق‌های ۴ و ۷) مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند. (شکل ۶ و ۷) آنالیزهای آماری با آزمون t نشان داد که میانگین مساحت طاق‌دیس‌ها با میانگین سطح روزهای غربی، روزهای شرقی و کلوزها تفاوت معنی‌داری ندارد. (جدول ۲) نتیجه آزمون نشان می‌دهد که همه طاق‌ها به‌طور کلی به یک اندازه در برابر فرسایش واکنش نشان داده‌اند و اگر ساختمان در عملکرد فرسایش نقش داشته، این نقش دست‌کم در مقیاس کل طاق‌دیس‌ها معنی‌دار نبوده و در همه آن‌ها نقش یکسانی داشته است.



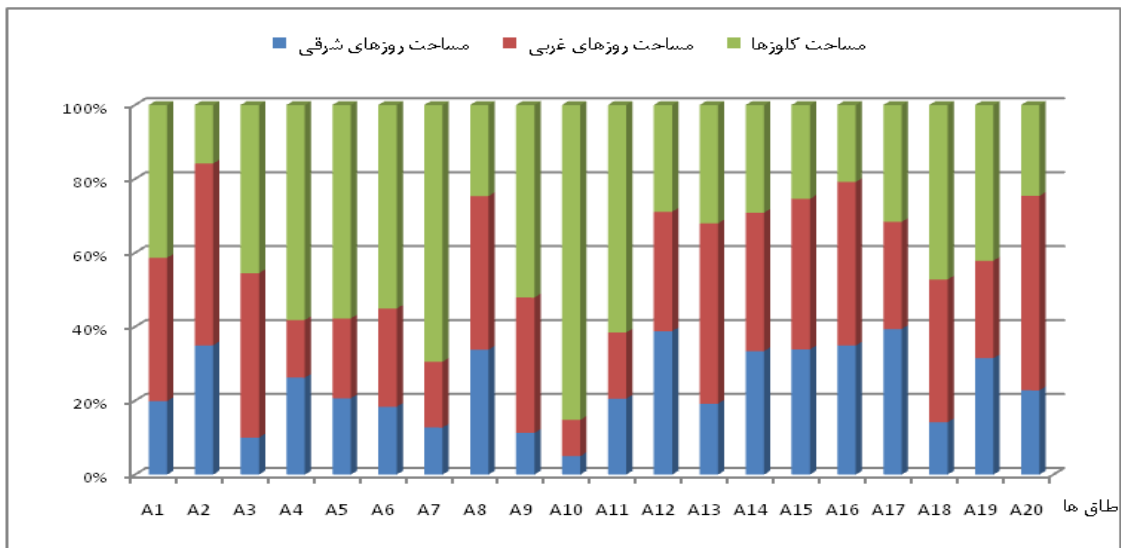
شکل ۶: مساحت تجمعی حوضه‌های روزها و کلوزها به تفکیک هر طاق در استان کرمانشاه

جدول ۱: نتیجه آزمون t جفتی بر معنی‌دار بودن اختلاف مساحت طاق‌ها و حوضه‌های آبریز آبراهه‌ها

Pair 1	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Confidence %۹۵ the Interval of Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
total Area of Basins – Area (Km2) of Anticline	0.008	19	2.947	7.00581	41.33184	8.20011	36.67199	24.16883



شکل ۷: نمودار توزیع مساحت روزها و کلوزها در ۲۰ طاق‌دیس استان کرمانشاه

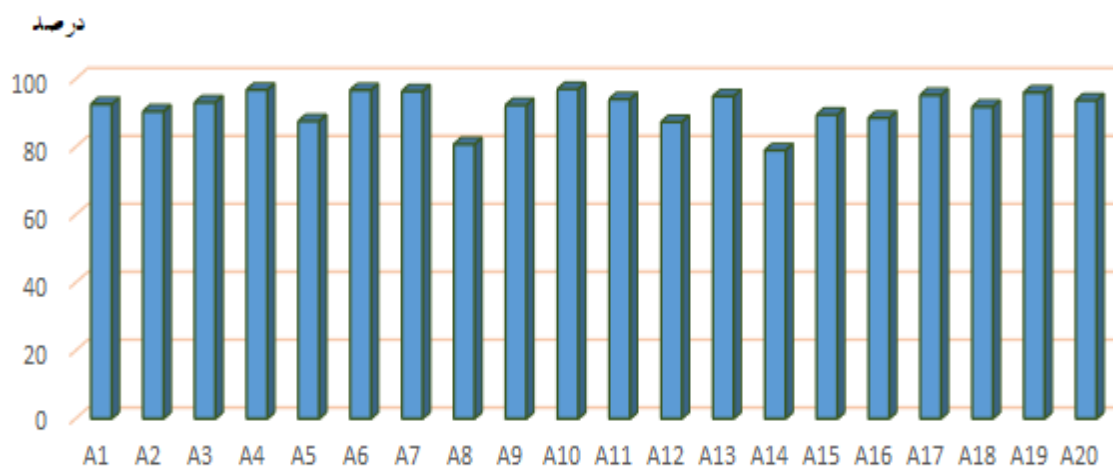


شکل ۸: نسبت مساحتی روزها و کلوزهای هر طاق‌دیس در ۲۰ طاق‌دیس استان کرمانشاه

جدول ۲: نتیجه آزمون t جفتی رابطه میانگین مساحت طاق‌دیس‌ها و میانگین مساحت طاق‌دیس‌ها با میانگین مساحت روزهای غربی، روزهای شرقی و کلوزها

		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Confidence %۹۰ Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	Area of Ruzes on the West – Area of Anticline (Km2)	-223.511	181.84988	40.66287	-308.61939	-138.40266	-5.5	19	0
Pair 2	Area of Ruzes on the East – Area of Anticline (Km2)	-233.6953	176.49593	39.46569	-316.29796	-151.09269	-5.92	19	0
Pair 3	Area of Cluzes – Area of Anticline (Km2)	-210.4403	191.68945	42.86306	-300.15375	-120.7269	-4.91	19	0

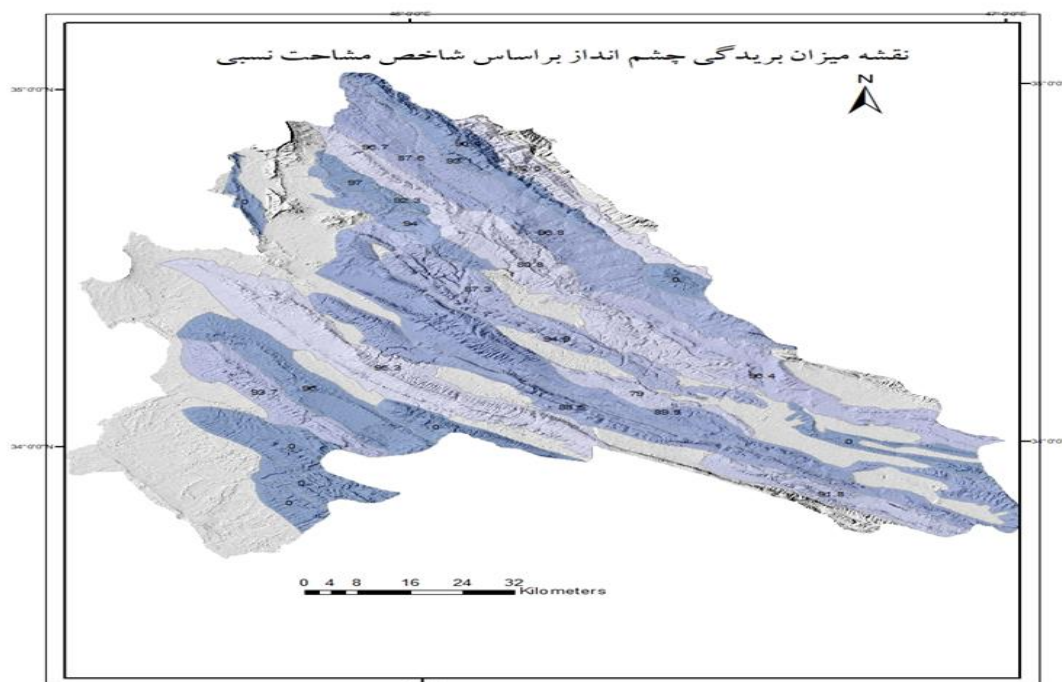
از نبود رابطه معنی‌دار بین مساحت کل سطح طاق‌ها با مساحت حوضه‌های زهکشی آن‌ها می‌توان نتیجه گرفت که آن‌ها می‌توانند تفاوت سطح فرسایش را نشان دهند. با محاسبه درصد مساحت حوضه‌ها نسبت به مساحت کل طاق‌ها، نسبتی به دست می‌آید که نشان می‌دهد چند درصد طاق‌ها از گزند فرسایش مصون بوده‌اند. محاسبه این شاخص برای طاق‌های زاگرس کرمانشاه نشان می‌دهد که این نسبت بین ۷۹٪ در طاق ۱۴ و ۷ و ۹۱٪ در طاق ۱۰ تفاوت دارد. (شکل ۹ و جدول ۳)؛ به عبارت دیگر، کمترین فرسایش در طاق ۱۴ و بیشترین بریدگی در طاق ۱۰ رخ داده است.



شکل ۹: درصد مساحت حوضه به مساحت طاق‌ها

جدول ۳: ویژگی‌های آماری درصد مساحت نسبی حوضه طاق‌ها

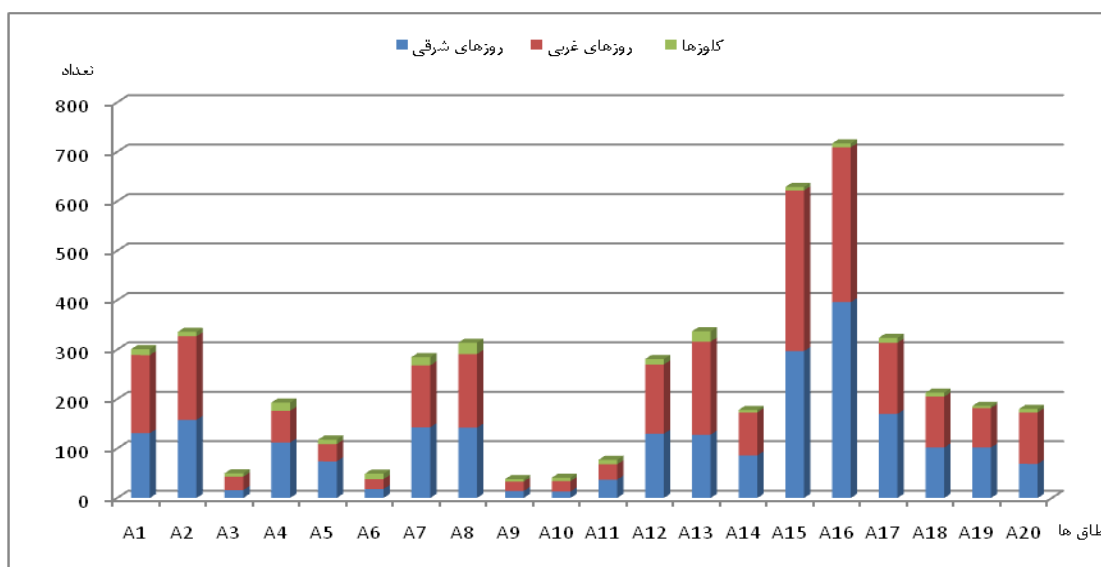
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std.Deviation
Relative Areas (ABT/AA)*100	20	79	97.03	91.7064	5.0789
Valid N (listwise)	20				



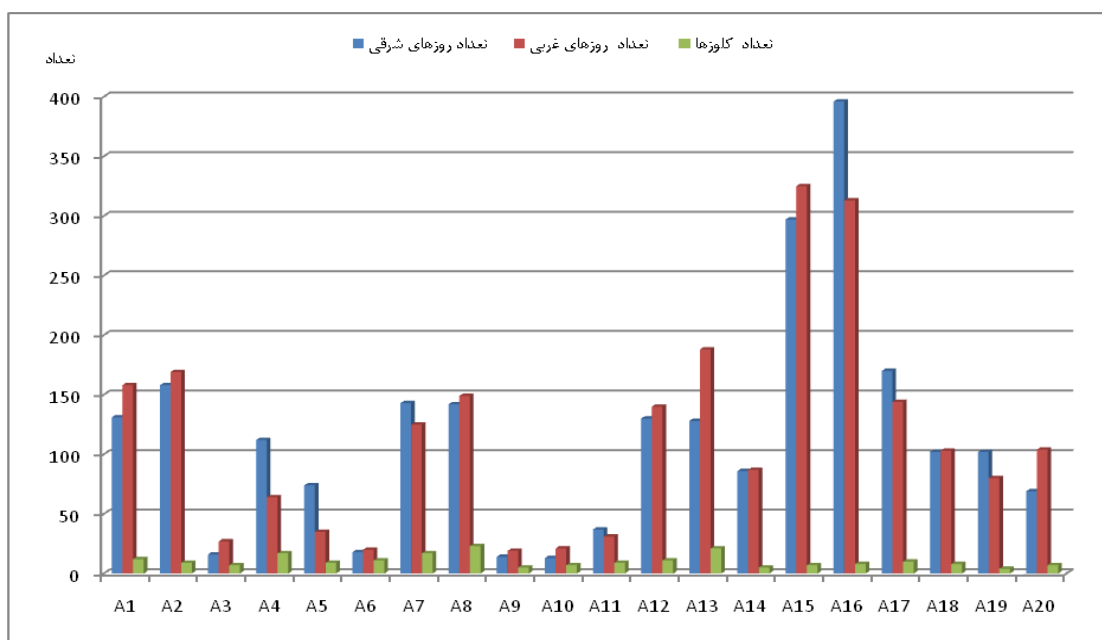
شکل ۱۰: نقشه بریدگی چشم‌انداز براساس شاخص درصد مساحت نسبی: بریدگی براساس پررنگ شدن تن رنگ‌ها بیشتر می‌شود. برچسب درصد مساحت نسبی بریدگی نیز در متن طاق‌ها درج شده است.

۲. وضعیت زهکشی روی طاق‌ها

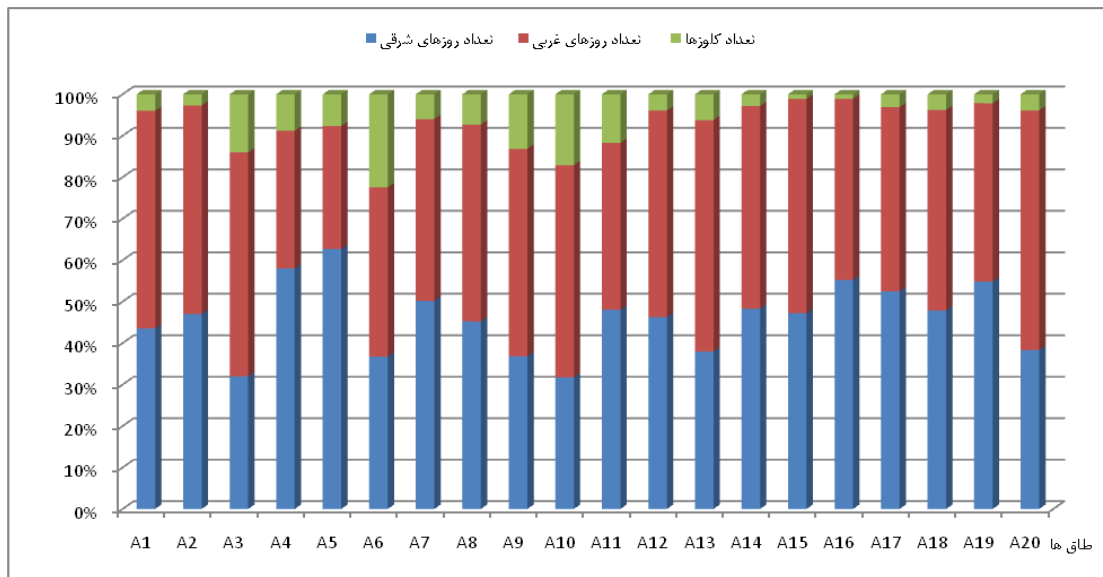
بر روی ۲۰ طاق زاگرس کرمانشاه، ۴۸۴۷ آبراهه وجود دارد. از این تعداد، ۲۳۰۲ رود در یال‌های غربی طاق‌ها و ۲۳۳۸ رود در یال‌های شرقی چین‌ها جریان دارند و تنها ۲۰۷ رود به کلوزها مربوط می‌شود. (جدول ۱) شمار رودهایی که بر روی طاق‌ها مستقر شده‌اند، متغیر است. آن‌ها از ۷۱۷ رود در طاق ۱۶ تا ۳۸ رود بر روی طاق ۹ تغییر می‌کنند. (شکل ۱۰) بیشترین تعداد روزها در طاق‌های ۱۵ و ۱۶ و بیشترین تعداد کلوزها در طاق‌های ۸ و ۱۳ دیده می‌شود. (شکل ۱۱) در بین آن‌ها طاق ۶ توازن نسبی زیادی را بین تعداد روزهای غربی و شرقی و کلوزها نشان می‌دهد؛ به عبارت دیگر، تعداد روزهای غربی، شرقی و تعداد کلوزها در این طاق مساوی پخش شده است. اگر سهم نسبی تعداد آبراهه‌های هر طاق ارزیابی شوند، مشخص می‌شود که در طاق‌های مختلف سهم روزهای شرقی و غربی و همچنین کلوزها به درجات مختلف توزیع شده است؛ طوری که در ۸ طاق (۱، ۲، ۳، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۲۰) روزهای غربی و در ۶ طاق (۴، ۵، ۷، ۱۶، ۱۷، ۱۹) روزهای شرقی بیشتر از ۵۰٪ تعداد آبراهه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. کلوزها کمترین تعداد آبراهه‌ها را در همه طاق‌ها دارند. (شکل ۱۱) با وجود این، یا روزهای هر دو طرف طاق‌ها یا تنها سمت شرقی، بیشترین تراکم را نشان می‌دهند. (شکل ۹)



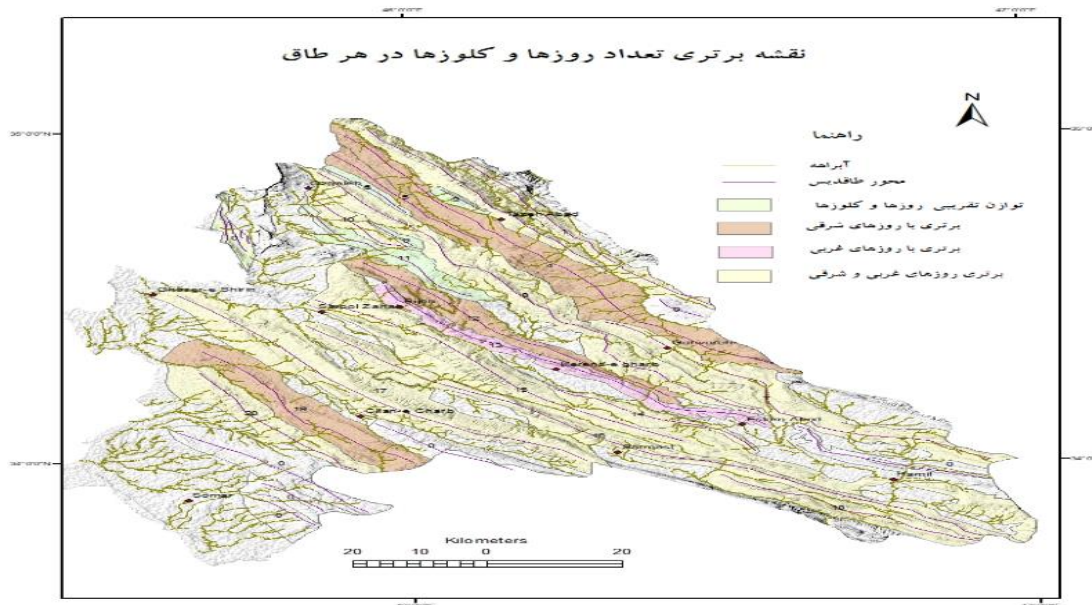
شکل ۱۱: تعداد تجمعی روزه‌های روز و کلوز در هر طاق زاگرس استان کرمانشاه



شکل ۱۲: تعداد ابراهه‌های موجود در هر طاق استان کرمانشاه



شکل ۱۳: سهم هر گروه از آبراهه‌ها در هر طاق در چین‌های استان کرمانشاه



شکل ۱۴: نقشه برتری نسبی تعداد روزها و کلوزها در هر طاق

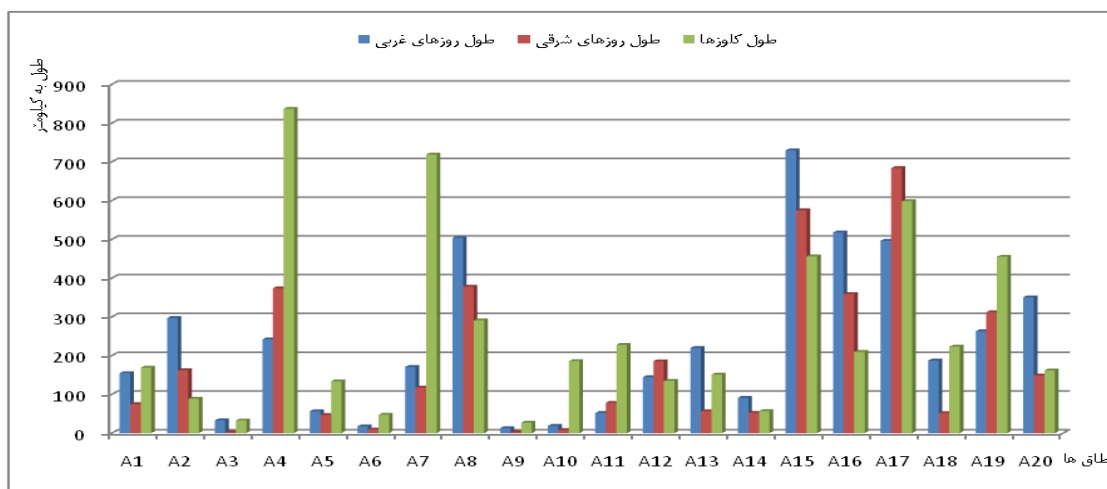
در سطح ۶۴۳۵ کیلومترمربعی ۲۰ طاق استان کرمانشاه، رودها ۱۳۴۴۳ کیلومتر برای خود مسیر جریان ساخته‌اند. در یال‌های غربی، طول رودها به ۴۵۵۶ کیلومتر و در یال‌های شرقی ۳۶۷۹ کیلومتر است؛ ولی کلوزها طولی در حدود ۳۶۷۹ کیلومتر دارند؛ به عبارت دیگر برخلاف تعداد رودها، کلوزها سهم قابل توجهی از طول کل آبراهه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. (جدول ۱)

بیشترین طول رودخانه‌ها با ۱۷۷۹ کیلومتر در طاق‌دیس ۱۷ است و طاق‌های ۱۵ و ۴ در ردیف بعدی قرار می‌گیرند. کمترین آن با ۴۲ کیلومتر طول، در طاق‌دیس ۹ رخ داده است که طاق‌های ۳ و ۶ با کمی اختلاف در ردیف‌های بعدی قرار می‌گیرند. (شکل ۱۲) بررسی طول آبراهه‌ها برحسب نوع آن‌ها، نشان می‌دهد که کلوزها حدود ۳۹٪، روزهای شرقی ۳۴٪

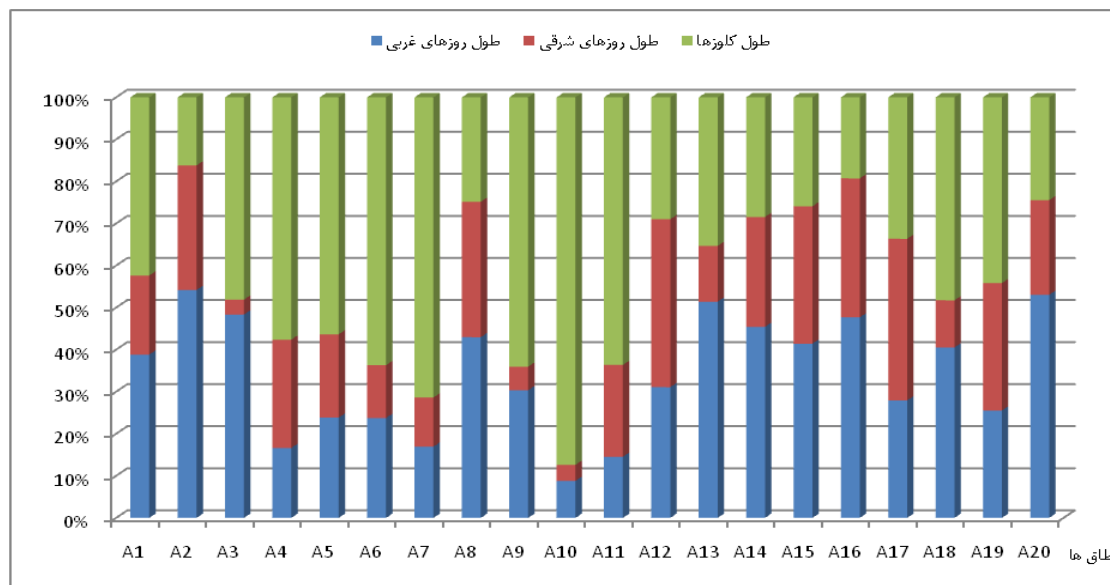
و روزهای غربی ۲۷٪ کل طول‌های آبراهه‌ای را در سطح طاق‌دیس‌ها به خود اختصاص می‌دهند؛ ولی باید در نظر داشت این سهم‌ها در طاق‌های مختلف فرق می‌کند. در طاق ۴ و ۷، کلوزها بیشترین طول را دارند؛ در حالی که در طاق ۱۷ و ۱۵، روزهای شرقی و غربی به ترتیب بیشترین طول را به خود اختصاص می‌دهند. (شکل ۱۳) در ۷ طاق، کلوزها بیش از ۵۰٪ سهم طول‌ها را به تنهایی به خود اختصاص داده‌اند (طاق‌های ۴، ۵، ۶، ۷، ۹، ۱۰، ۱۱). در طاق‌های ۲۰، ۱۳، ۲ و ۱۵، روزهای روی یال‌های غربی از نظر طول مسیر برتری دارند؛ ولی روزهای موجود در یال‌های شرقی نسبت با روزهای غربی و کلوزها کمتر چشمگیر بوده و طول نسبی آن‌ها کمتر از ۴۰٪ است. در طاق‌های ۱۲ و ۱۷، سهم آن‌ها به نزدیک ۴۰ و ۳۸٪ می‌رسد. (شکل ۱۷)



شکل ۱۵: طول تجمعی روزها و کلوزها در طاق‌های استان کرمانشاه



شکل ۱۶: طول کلوزها و روزهای هر دامنه به تفکیک هر طاق



شکل ۱۷: طول نسبی کلوز و روزها نسبت به هم در هر طاق‌دیس استان کرمانشاه

جدول ۴: ویژگی‌های آماری تعداد و طول روزها و کلوزهای روی طاق‌ها

	N	Range	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation
Number of Ruzes on the West	20	306	19	325	2302	115.1	88.6364
Number of Ruzes on the East	20	383	13	396	2338	116.9	94.57211
Number of Cluzes	20	19	4	23	207	10.35	5.25432
Number of total Streams	20	679	38	717	4847	242.35	181.37785
Length of Ruzes on the West	20	716.74	12.76	729.5	4558.8	227.94	201.82984
Length of Ruzes on the East	20	681.62	2.36	683.98	3678.77	183.939	198.67627
Length of Cluzes	20	809.74	26.92	836.66	5204.97	260.249	232.73577
Total Length of streams	20	1737	42.04	1779.03	13442.5	672.127	550.59454
Valid N (listwise)	20						

۳. شاخص‌های زهکشی بر روی طاق‌ها

در بررسی وضعیت زهکشی روی طاق‌ها در این تحقیق، از ۳ ویژگی تراکم زهکشی، فراوانی رود و بافت زهکشی استفاده شده است. تراکم رود که از طول رودخانه بر مساحت حوضه آبریز به دست می‌آید، در طاق‌دیس‌های منطقه مورد مطالعه به طور متوسط ۲/۲۴ کیلومتر بر کیلومتر مربع است؛ به عبارتی در هر کیلومتر مربع، ۲/۲۴ کیلومتر طول رودخانه است (جدول ۲). براساس طبقه‌بندی چاندراشکار و همکاران^۱ (2015) تراکم زهکشی کمتر از ۲ (خیلی درشت)، ۲-۴ (درشت)، ۴-۶ (متوسط)، ۶-۸ (ریز) و بیشتر از ۸ را خیلی ریز بافت در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی تراکم زهکشی در منطقه مورد مطالعه، درشت بافت به دست می‌آید. تغییرات بافتی نیز در این طاق‌ها خیلی زیاد نیست و بین ۱/۹۳ و ۲/۶۲ تغییر می‌کند (جدول ۲)، به عبارتی بافت درشت‌دانه در بین طاق‌ها تغییر می‌کند و تنها بعضی طاق‌ها بافتی نزدیک به خیلی درشت دارند. از نظر فراوانی رود که از تقسیم تعداد آبراهه‌ها بر مساحت به دست می‌آید، ارقام متغیر است (دامنه ۱/۹۶)؛ به طوری که تعداد رودها در هر کیلومتر مربع از ۰/۳۱ تا ۲ عدد آبراهه تغییر می‌کند و به طور متوسط در هر حوضه‌ای از طاق‌ها فقط یک آبراهه جریان دارد. اگر این وضعیت از نظر بافتی (تعداد آبراهه در هر حوضه بر محیط همان حوضه) ادامه یابد، مجدد به رقم ۱/۵۵ برخورد می‌کنیم که براساس همان تقسیم‌بندی که در بالا ذکر شد، به بافت درشت‌تری می‌رسیم؛ یعنی بر روی طاق‌ها بافت آبراهه‌ها خیلی درشت است. در مقیاس ناهمواری‌ها، این ارقام و تناقص بین آن‌ها طبیعی است؛ زیرا شاخص‌های یادشده در مقیاس حوضه‌ها و برشی که در آن‌ها رخ می‌دهد، طراحی شده و در مقیاسی به اندازه ناهمواری‌ها که کل آن‌ها بررسی شوند، این شاخص‌ها نمی‌توانند امکان مقایسه دقیق بین آن‌ها را میسر کنند.

جدول ۵: ویژگی‌های آماری شاخص‌های تراکم آبراهه‌ها، فراوانی رود و بافت زهکشی در طاق‌های زاگرس کرمانشاه

	N	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std.Deviation
تراکم زهکشی Drainage destity	20	0.69	1.93	2.62	2.243	0.20939
فراوانی رود Frequency of Streams	20	1.69	0.31	2	1.051	0.53184
بافت زهکشی Drainage Texture	20	1.69	0.68	2.59	1.552	0.51359
Valid n (listwise)	20					

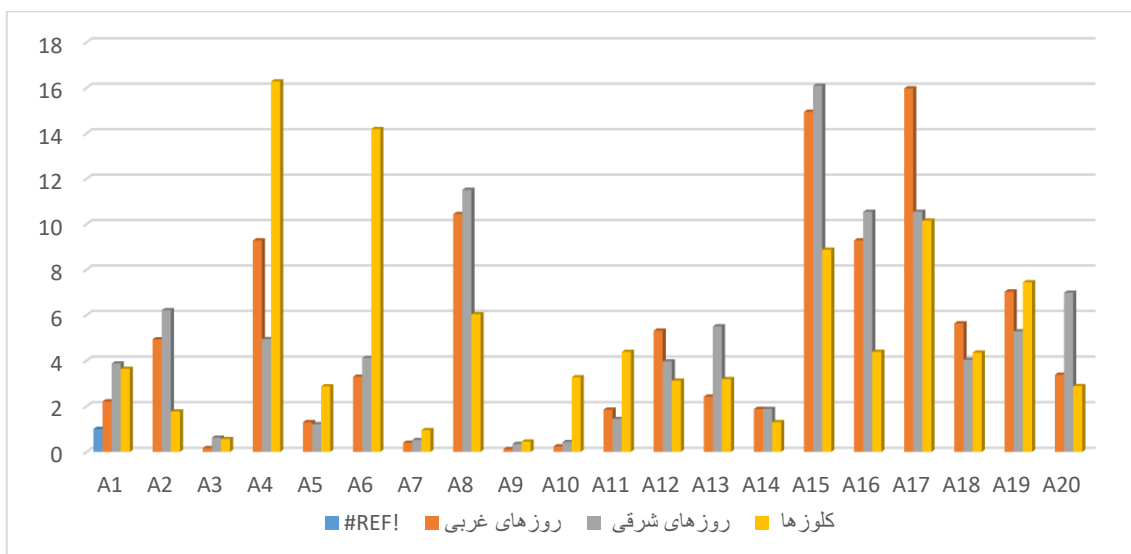
برای مشخص شدن میزان کندوکاو طاق‌ها با این فرض که می‌توان براساس میزان متوسط طول بازه‌ای که در هر حوضه جریان می‌یابد، باید شاخصی از میزان برش در طاق‌ها را توسط روزها و کلوزهای به دست آورد. در پژوهش حاضر، طول متوسط روزهای غربی، روزهای شرقی و کلوزها به تعدادشان تقسیم شده است. نتایج نشان داد (جدول ۳) که به طور میانگین، متوسط طول جریان در روزهای غربی، روزهای شرقی و کلوزها ۲/۹ کیلومتر است. دامنه تغییرات در کل منطقه ۶/۴۲ کیلومتر؛ یعنی بین ۱/۱۱ تا ۷/۵۲ است. این تفاوت یکی از شواهدی است که بازه تصمیم‌گیری درباره تغییرات فرسایشی را آسان‌تر می‌کند؛ به گونه‌ای که اگر تغییرات این شاخص را برای روزهای غربی و شرقی و کلوزها مستقل محاسبه شود، تفاوت آشکاری در روزها و کلوزها مشاهده می‌شود؛ به صورتی که: ۱. میانگین متوسط طول آبراهه‌های روزهای غربی و شرقی نزدیک به هم است (۱/۸۶ و ۱/۳۸). ۲. میانگین متوسط طول کلوزها تا ۲۰ برابر روزها است (۲۷/۸). ۳. دامنه تغییرات

در روزهای شرقی و غربی یکسان است (۳/۱۱ در مقابل ۳/۸۷). ۴. دامنه تغییرات در کلوزها تا ۳۵ برابر روزها است (۴۹/۱۰۹)؛ یعنی میانگین متوسط طول آن‌ها از ۳/۴ تا ۱۱۳/۷ تغییر می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که تفاوت کلوزها به قدری متفاوت‌تر از روزها است که می‌توان آن را به‌عنوان شاخص تصمیم برای تمایز آن‌ها به کار گرفت و در هر تصویر ماهواره‌ای با دستور محاسبه این شاخص، بتوان آن‌ها را بدون جست‌وجوی بصری از یکدیگر تفکیک کرد.

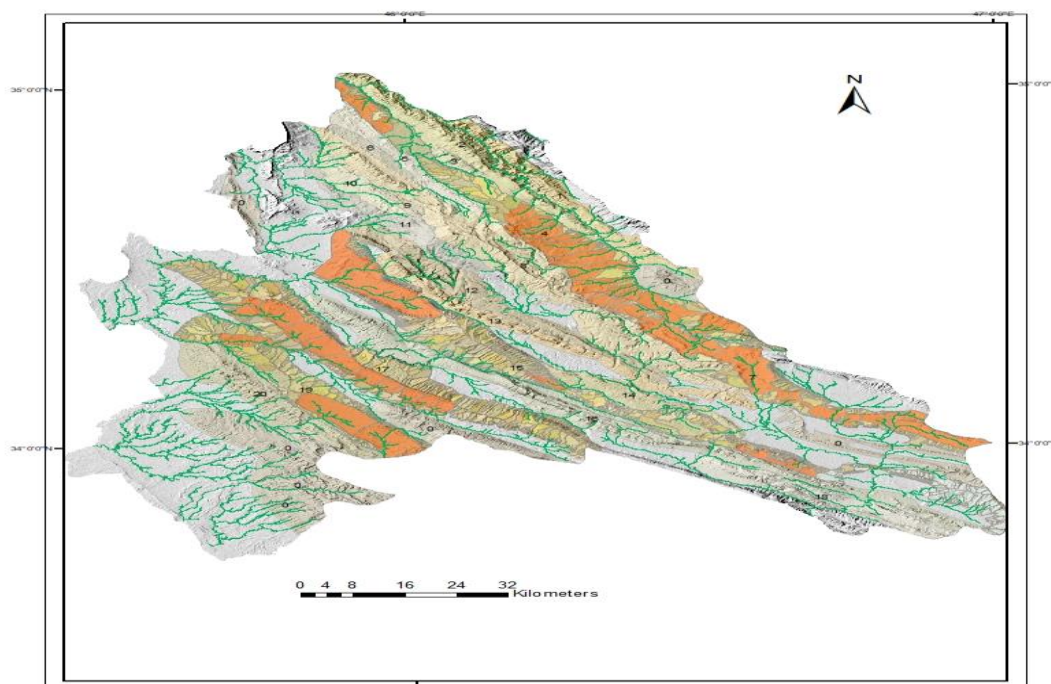
جدول ۶: شاخص متوسط طول آبراهه در حوضه‌های روی طاق‌های زاگرس کرمانشاه

	N	Range	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std.Deviation
شاخص طول به تعداد رود کل	20	6.42	1.11	7.52	58.81	2.9404	1.8813
شاخص طول به تعداد رود روزهای غربی	20	3.11	0.67	3.78	37.29	1.8646	1.01793
شاخص طول به تعداد رود روزهای شرقی	20	3.87	0.15	4.02	27.69	1.3846	1.15012
شاخص طول به تعداد رود کلوزها	20	109.49	4.3	113.79	555.93	27.7966	27.983

بررسی این شاخص در طاق‌های مختلف نشان می‌دهد که طاق‌های ۱۹، ۱۵، ۱۷، ۴ و ۷، میانگین طول متوسط کلوزها تفاوت زیادی نسبت به روزها و کلوزهای سایر طاق‌ها دارد. این چند طاق مشخص‌تر از سایر طاق‌ها در (شکل ۱۸) نشان داده شده‌اند و کلوزهای روی آن‌ها نیز با رنگ قرمز متمایز شده است. بررسی این کلوزها نشان می‌دهد که هریک از آن‌ها حوضه وسیعی را برای خود باز کرده و بیشتر آن‌ها علاوه بر قطع عرضی طاق‌ها آن‌ها را در جهت طولی نیز برش داده و آن طاق‌ها را به صورت دره طاق‌دیدی کندوکاو داده‌اند.



شکل ۱۸: نمودار میانگین طول متوسط روزهای غربی، شرقی، کلوزها و کل آبراهه‌ها



شکل ۱۹: نقشه طاق‌های زاگرس کرمانشاه که در آن ۵ طاقدیس ۱۹، ۱۵، ۱۷، ۴ و ۷ مشخص شده است. در هریک از آنها کلوزها با رنگ قرمز مشخص شده است.

برای مشخص شدن تفاوت معنی‌دار بین متغیرها آزمون آماری واریانس بر روی داده‌های شاخص متوسط میانگین طول برای روزهای غربی، شرقی و کلوزها انجام شد و تفاوت معنی‌دار داده‌ها مشخص شد. (جدول ۷) این آزمون نشان داد که بین روزهای دو طرف یال‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ ولی بین روزها و کلوزها تفاوت خیلی مشخصی وجود دارد. به عبارتی کلوزها تخریب زیادی در روزها ایجاد کرده‌اند. از آنجاکه تخریب حاصل از این دو گروه از آبراهه‌ها نیز در مقایسه کلوزهای ۵ طاقدیس مشخص بود، این پدیده (فرسایش بین کلوزها و روزها) به صورت عینی نیز پذیرفته است.

جدول ۷: خروجی SPSS از آزمون آنالیز واریانس و تیوکی کرامر. در این جدول: ۱ مربوط به روزهای غربی، ۲ روزهای شرقی و ۳ کلوزها است. ستاره‌ها نشان‌دهنده ردیف‌هایی است که تفاوت معنی‌دار بین داده‌ها وجود ندارد.

	(I)Redif	(J)Redif	Mean Difference(I-J)	Std.Error	Sig	95% confidence interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1.00	2.00	0.48000	4.95539	0.995	-11.4447	12.4047
		3.00	-25.93205	4.95539	0.000	-37.8568	-14.0073
	2.00	1.00	-0.48000	4.95539	0.995	-12.4047	11.4447
		3.00	-26.41206	4.95539	0.000	-38.3368	-14.4873
	3.00	1.00	-25.93205	4.95539	0.000	14.0073	37.8568
		2.00	-26.41206	4.95539	0.000	14.4873	38.3368

*the mean difference is significant at the 0.05 level

	(I)Redif	(J)Redif	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% confidence interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1.00	2.00	0.48000	4.95539	0.995	-11.4447	12.4047
		3.00	-25.93205	4.95539	0.000	-37.8568	-14.0073
	2.00	1.00	-0.48000	4.95539	0.995	-12.4047	11.4447
		3.00	-26.41206	4.95539	0.000	-38.3368	-14.4873
	3.00	1.00	-25.93205	4.95539	0.000	14.0073	37.8568
		2.00	-26.41206	4.95539	0.000	14.4873	38.3368

***the mean difference is significant at the 0.05 level**

نتیجه‌گیری

همه‌ی طاق‌ها به‌طور کلی به یک اندازه در برابر فرسایش واکنش نشان داده‌اند و اگر ساختمان در عملکرد فرسایش نقش داشته، این نقش دست‌کم در مقیاس کل طاق‌دیس‌ها معنی‌دار نبوده و در همه‌ی آن‌ها نقش یکسانی داشته است. از نبود رابطه‌ی معنی‌دار بین مساحت کل سطح طاق‌ها با مساحت حوضه‌های زهکشی آن‌ها نتیجه‌ی دیگری نیز می‌توان گرفت و آن اینکه نسبت آن‌ها می‌تواند تفاوت سطح فرسایش را نشان دهد. بین روزهای دو طرف یال‌ها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ ولی بین روزها و کلوزها تفاوت خیلی مشخصی وجود دارد؛ به‌عبارتی کلوزها تخریب زیادی در روزها ایجاد کرده‌اند. شاخص میانگین متوسط طول آبراهه‌ها که در این تحقیق در نظر گرفته شده بود، بهتر از دو شاخص معمول تراکم و بافت آبراهه‌ها می‌تواند میزان کندوکاو رودها را نشان دهد. نوآوری این پژوهش، تعریف شاخص جدیدی در ارتباط با مورفولوژی چین‌ها است که نتایج نشان می‌دهد تفاوت کلوزها به‌قدری متفاوت‌تر از روزها است که می‌توان آن را به‌عنوان شاخص تصمیم برای تمایز آن‌ها به‌کار گرفت و در هر تصویر ماهواره‌ای با دستور محاسبه‌ی این شاخص، بتوان آن‌ها را بدون جست‌وجوی بصری از یکدیگر تفکیک کرد.

به‌طور کلی این تحقیق اهمیت تجزیه و تحلیل سبک‌های چین‌خوردگی و تأثیر فرسایش بر ساختارهای زمین‌شناسی را برجسته می‌کند. این یافته‌ها به درک بهتر رابطه بین زمین‌ساخت، فرسایش و فعالیت رودخانه، به‌ویژه در منطقه‌ی زاگرس کمک می‌کند و روش‌شناسی و نتایج چهارچوبی را برای مطالعات آینده در مورد تعامل بین سازندهای زمین‌شناسی و فرآیندهای فرسایشی فراهم می‌کند.

منابع

- انصاری لاری، ا.، ثروتی، م.، رعیتی، ز.، ۱۳۹۰، بررسی ژئومورفولوژی طاق‌دیس طاهونه، لارستان، مجله‌ی جغرافیایی طبیعی، شماره ۴، صص ۷۳-۸۶.
- بهرامی، ش.، پرهیزگار، فاطمه.، ۱۳۹۵، تحلیل مورفومتری طاق‌دیس‌های هوا و خشت و ارتباط آن با تکتونیک‌های فعال در زاگرس فارس، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۵۶، صص ۱۸-۱.
- جباری ایرج.، ۱۳۹۶، ژئومورفولوژی (ساختمان، فرآیند و زمین‌ریخت‌ها)، چاپ اول، مؤسسه چاپ و انتشارات سمت، تهران.
- علایی طالقانی، محمود.، ۱۳۹۴، ژئومورفولوژی ایران، چاپ اول، مؤسسه چاپ و انتشارات قومس، تهران.
- قنوتی، ع.، صفاری، ا.، حق‌شنای، علی.، ۱۴۰۰، بررسی شاخص‌های مورفومتری تاق‌دیس‌های عسلویه، وراوی و کنگان در زاگرس فارس و ارتباط آن‌ها با فعالیت‌های تکتونیک، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص ۷۳-۹۲.

- یمانی، م.، مرادی‌پور، ف.، مرادی، ا.، مرادی‌پور، س.، ۱۳۹۹، برآورد دامنه فعالیت زمین‌ساختی تاق‌دیس خویز از طریق معیارهای مورفومتری، زاگرس خوزستان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال دهم، شماره ۳۷، صص ۱۴-۱.
- -Altin, T.B., Altin, B.N. (2022). "Development and morphometry of drainage network in Volcanic terrain, Central Anatolia, Turkey. *Geomorphology*, 125, 485-503.
- -Azor, A., Keller, E.A. (2002). "Indicators of active fold growth: Soth Mountain- Oak Ridge anticline, Ventura basin, southern California", *Geological society of America bulletin*, 114(6), 745-753.
- -Berberian, M. (1994). "Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, *Tectonophysics*, 241, 193-224.
- -Blanc, J.P., Allen, M.B., Tenger, S., Hassani, H. (2003). "Structural styles in the Zagros simple folded zone, Iran, *Journal of the Geological Society London*, 160, 401-412.
- -Bretis, B., Bartl, N., Grasmann, B. (2011). "Lateral fold growth and linkage in the Zagros fold and thrust belt, Kurdistan, NE Iraq, *Basin Research*, 23, 615-630.
- -Burberry, C.M., Cosgrove, J.W., Guoliu, J. (2010). "Study of fold characteristics and deformation style using the evolution of the land surface Zagros simply folded belt, Iran, *Papers in the Earth Atmospheric Sciences*, 295, 139-154.
- -Burberry, C.M., Cosgrove, J., Guoliu, J. (2007). "Stream network characteristics used to infer the distribution of fold types in the Zagros simply fold belt, Iran, *Journal of Maps Student Edition*, 32-45.
- -Chandrashekhara, H., Lokesh, K. V., Sameenam, M., Roopa, J., Ranganna, G. (2015). "GIS-Based morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkarati River, Ramanagaram District, Karnatak, INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING (ICWRCOE 2015), doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.175.
- -Ciccacci, S., Fredi, P., Lupi, Palmieri, E., Pugliese, F. (1986). "Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters. *International Geomorphology*(2), 33-48.
- -Delcaillau, B., Carozza, J.M., Laville, E. (2006). "Recent fold growth and drainage development", the Janauri and Chandigarh anticlines in the Siwalik foothills, northwest India, *Geomorphology*, 76, 241-256.
- -Guarnieri, P. and Pirrotta, C. (2008). "The response of drainage basins to the late Quaternary tectonic in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily)". *Geomorphology*, 95:260-273
- -Jackson, J., Van Dissen, R., Berryman, K. (1998). "Tilting of active folds and faults in the Mana watu region. New Zealand and evidence from surface drainage patterns" *New Zealand and Journal of Geology and Geophysics*, 41, 377-385.
- -Keller, E. A., Pinter, N. (2001). "Tectonic process analysis in Zagros Mountain with the aid of drainage networks and topography maps dated (1950-2001) in GIS", *Arabian Journal of Geoscience*, 4:171-180.
- -Ramsey, L.A., Walker, R.T., Jackson, J. (2008). "Fold evolution and drainage development in the Zagros mountains of the Fars province" *SE Iran, Basin Research*, 20, 23-48.
- -Ribolin, A., Spagnolo, M. (2007). "Drainage density, slope angle, and relative basin position in Japan: evidence from high-resolution DEMs. *159-173*.
- -Stanley, A. Schumm, F. Dumont & John, M. Holbrook. 2000. *Active Tectonics and alluvial rivers*. Comb ridge university press.
- -Sung, O., Chen, Y.C. (2004). "Geomorphic evidence and kinematic model for Quaternary transfer faulting of the Pakuashan anticline, central Taiwan", *Journal of Asian Earth Sciences*, 24, 389-404.

- -Talling, P and Sowter, M.J. (1999). "Drainage density on progressively tilted surfaces with different gradients, Wheeler Ridge, California", *Earth surface processes and land form*, 24, 809-824.
- Yue-Gau-chen, Jih-Hao Hing, Kuang-YinLai, Yu-Nung. Lin, Tarka Wilcox. (2007). River Terrace development in response to folding above active wedge thrusts in Houli Central Taiwan. *Journal of Asian Earth Science*, 31, 240-250.