



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۹، دوره ۳، شماره ۲

پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی در حوضه آبریز فخر داوود (دامنه جنوبی بینالود)

محمد علی زنگنه اسدی^۱، مهناز ناعمی تبار^۲

۱-دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، سبزوار، ایران

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵

چکیده

فرایند تحول کارست، فرایندی پیچیده و متأثر از متغیرهای مختلف است. با توجه به حساسیت ذاتی سیستم کارست، امروزه در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مناطق کارستی تلاش بر این است که میزان تحول و حساسیت کارست در چهارچوب مدل‌های مناسب مورد بررسی قرار گیرد. دامنه جنوبی بینالود بدلیل گستردگی سازندهای آهکی، وجود خطواره‌های تکتونیکی و شرایط اقلیمی، دارای کارست تحول‌یافته‌ای است. ابزارهای اصلی این پژوهش را نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تیپ خاک و کاربری اراضی به همراه داده‌های هواشناسی تشکیل داده‌اند. در پژوهش موجود ۹ عامل محیطی به عنوان متغیرهای مستقل و اشکال کارستی به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفت. چاله‌های بسته به عنوان تکامل‌یافته‌ترین لندفرم‌های کارستی منطقه شناسایی شد و براساس ویژگی‌های این لندفرم‌ها به هرکدام از عوامل مؤثر در توسعه کارست وزن کارشناسی اختصاص داده شد. سپس با استفاده از مدل آنتروپی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی انجام شده است. در نهایت در محیط *Arc GIS10/4* نقشه‌های همپوشانی تهیه و یکسان‌سازی عوامل و تصحیح نهایی با کمک مدل آنتروپی انجام شد و نقشه پهنه‌بندی نهایی تهیه و عوامل تأثیرگذار در تحول کارست منطقه مشخص شد. هدف از پژوهش حاضر شناسایی مناطق مستعد توسعه کارست می‌باشد که نتیجه آن شناسایی منابع آب‌های زیر زمینی و چشمه‌های کارستی می‌باشد. در میان عوامل نه گانه به ترتیب لیتولوژی، طبقات ارتفاعی، بارش، فاصله از گسل و دما دارای بیشترین تأثیر و عوامل تیپ خاک، کاربری اراضی، جهت شیب و شیب، فاقد تأثیر می‌باشند. نتایج پژوهش نشان دهنده آن است که بیش از ۷۵ درصد منطقه در طبقات با توسعه کارست بسیار زیاد و زیاد قرار دارد. دقت سنجی مدل با چاله‌های بسته نشان‌دهنده وجود حدود ۸۷ درصد چاله‌های بسته در دو طبقه تحول کارست بسیار زیاد و زیاد می‌باشد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، کارست، مدل آنتروپی، هیدروژئومورفیک^۱، بینالود

مقدمه

لندفرم‌های کارستی عمدتاً در مناطقی با سنگ بستر کربناته قابل حل به وسیله انحلال شیمیایی آب با اسیدیته کم شکل می‌گیرند (پالمر، ۲۰۰۷)^۱. از آنجایی که اشکال کارستی نقش مهمی در منابع آب، گردشگری و فعالیت‌های عمرانی دارند مطالعه‌ی آنها یک ضرورت محسوب می‌شود (مقامی مقیم، ۱۳۹۶: ۲۴۵). با توجه به اینکه خصوصیات هیدروژئولوژیکی سازند سخت به میزان گسترش تخلخل ثانویه (به صورت درز و شکاف و انحلال) بستگی دارد، در این سنگ‌ها، سیستم شکستگی و شکاف‌ها مسیرهای هیدرولیکی را در توده سنگ ایجاد می‌کنند (جعفریان و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۶). امروزه در دنیا کارست را یک منبع ارزشمند به شمار می‌آورند و اعتقاد عمومی بر این است که هر نوع دخل و تصرف به منظور بهره‌برداری از منابع آن باید با مطالعه و برنامه‌ریزی دقیق همراه باشد. پهنه‌های کارستی نقش مهمی در تغذیه آبخوان‌های کارستی دارند، بنابراین شناخت عوامل مؤثر در تحول کارست و پهنه‌بندی تحول آن در زمینه مطالعات مربوط به منابع آب کارست دارای جایگاه ویژه‌ای هستند (صفاری و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۴). ارزیابی گسترش واحدهای کارست کربناتی در ایران به سال ۱۹۷۷ مربوط می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۳۳). کارست در ارتباط با یک چشم‌انداز خاص است که لندفرم‌ها را در زیر و سطح زمین دربرمی‌گیرد. ایجاد یک طرح برای طبقه‌بندی جامع لندفرم‌های کارستی بسیار دشوار است، چرا که آنها به طور قابل توجهی در ویژگی‌های مورفومتریک و منشأ خود متفاوت هستند (ویسی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۰۲). آگاهی از فرایندهای هیدروژئولوژیکی در زمینه پیدایش، حرکت و ویژگی‌های شیمیایی آب مناطق کارست در حال افزایش است. با توجه به توسعه شهرها و مجتمع‌های صنعتی به طرف پهنه‌های کارست سطحی و مدفون شده یا پالئوکارست‌ها مسائل ویژه‌ای از جمله مخاطرات محیطی در این قلمروها به وجود آمده است که ضرورت شناخت فرایندهای کارستی و اشکال ناهمواری آنها را برای برنامه‌ریزی و مدیران سرزمین بیش از گذشته ضروری می‌سازد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۴۱). پهنه‌های کارستی نقش مهمی در تغذیه آبخوان‌های کارستی دارند، بنابراین شناخت عوامل مؤثر در تحول کارست و پهنه‌بندی تحول آن در زمینه مطالعات مربوط به منابع آب کارست دارای جایگاه ویژه‌ای هستند. عوامل و فرایندهای مختلفی تکامل کارست را تحت تأثیر قرار می‌دهند برای نمونه توپوگرافی، لیتولوژی به عنوان عوامل منفعل عمل می‌کنند و فرایندهای دیگری مانند زمین‌ساخت فعال، فرایندهای هیدرولوژیکی، زیستی و ژئومورفولوژی، به طور فعال در توسعه اشکال کارست نقش دارند (کالیک، ۲۰۱۱)^۳.

با توجه به اهمیت مناطق کارستی در تغذیه منابع آب زیرزمینی، تحقیقات نسبتاً جامعی در رابطه با کارست، توسعه کارست و نقش کارست در تغذیه آبخوان‌ها صورت گرفته است. عباسی و همکاران (۱۳۹۳) پژوهشی

^۱Palmer^۲Calic

تحت عنوان پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل آنتروپی در تاقدیس نوا زاگرس شمال باختری انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که عوامل فاصله از گسل، جهت شیب، شیب، دما و بارش بیشترین نقش را در تحول کارست منطقه دارند و این مدل کارایی مطلوبی در پهنه‌بندی تحول کارست دارد. انتظاری و همکاران (۱۳۹۷) در پهنه‌بندی توسعه کارست سطحی با استفاده از مدل آنتروپی به این نتیجه رسیدند که عامل دما، جهت شیب و ارتفاع تأثیر زیادی در توسعه کارست دارد و مدل فوق نتایج مطلوبی را بدست داده است. در ایران نیز به دلیل اهمیت سازندهای کارستی در جنبه‌های مختلف زندگی انسانی مطالعات قابل توجهی در این زمینه انجام شده است. مطالعات کارست در ایران در سال ۱۳۵۰ در ارتفاعات زاگرس آغاز و در سال ۱۳۶۹ مرکز مطالعات و پژوهش‌های کارستی در شهر شیراز تأسیس شد (ولایتی، ۱۳۹۰، ۱۷۳). از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مطالعات انجام شده توسط ولایتی و فریده خان (۱۳۹۰)، قبادی (۱۳۸۶)، بهنیاfer و همکاران (۱۳۸۸) و رئیسی (۲۰۰۲) اشاره نمود. خانلری (۱۳۹۱) کارست‌های منطقه گرین در ارتفاعات زاگرس را از دیدگاه ژئومورفولوژی و هیدرولوژی با استفاده از روش‌های تجربی و پیمایش‌های میدانی بررسی نمود و این منطقه را از نظر کارست زایی یکی از مناطق فعال ایران معرفی کرد. (لامیلاس و همکاران، ۲۰۰۸: ۳) از مدل رگرسیون لجستیک به منظور بررسی احتمال وقوع و تشکیل فروچاله‌های کارستی استفاده کرده‌اند. (هارتمن و همکاران، ۲۰۱۴)^۴ در مقاله‌ای اهمیت منابع آب کارستی و مدل‌های استفاده شده برای مطالعه این منابع را بررسی کرده‌اند و معتقدند در مناطق کارستی به علت پیچیدگی سیستم‌های کارستی باید از تکنیک‌ها و روش‌های خاصی استفاده شود که براساس اطلاعات و داده‌های مناطق کارستی به دست داده‌اند. (میشرا و همکاران، ۲۰۱۰)^۵ با استفاده از روش‌های چندمعیاره آبخوان‌ها را بررسی و نقشه مناطق مناسب تغذیه آبخوان‌ها را مشخص کرده‌اند. جعفر بیگلو و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از *DEM* مورفوتکتونیک فروچاله‌های کارستی توده پرآو- بیستون را تحلیل کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که فروچاله‌ها در امتداد درزه‌ها و گسل‌های کششی ناحیه قرار گرفته‌اند. بررسی و شناخت نقش عوامل مؤثر و میزان تأثیر هر یک از این عوامل در تحول کارست با توجه به نقشی که پهنه‌های کارستی در بیلان آب منطقه دارند، موضوع اصلی این تحقیق می‌باشد. علاوه بر این پهنه‌های کارستی با دارا بودن ویژگی‌های خاص و انحلال‌پذیری، ساختاری و توسعه آن‌ها در برخی مناطق منجر به فرونشست زمین و مخاطراتی برای تاسیسات عمرانی، خطوط ارتباطی و مناطق مسکونی را به دنبال دارد. پدیده فروچاله یکی از تپیک‌ترین اشکال کارستی منطقه مطالعاتی می‌باشد که منجر به تغذیه آب سفره‌های زیر زمینی می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی نقش و میزان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر در توسعه یافتگی کارست و در نهایت پهنه‌بندی منطقه از نظر توسعه یافتگی کارست با استفاده از مدل آنتروپی و همچنین دست‌یابی به میزان کارایی مدل فوق در مطالعات مربوط به ژئومورفولوژی کارست است.

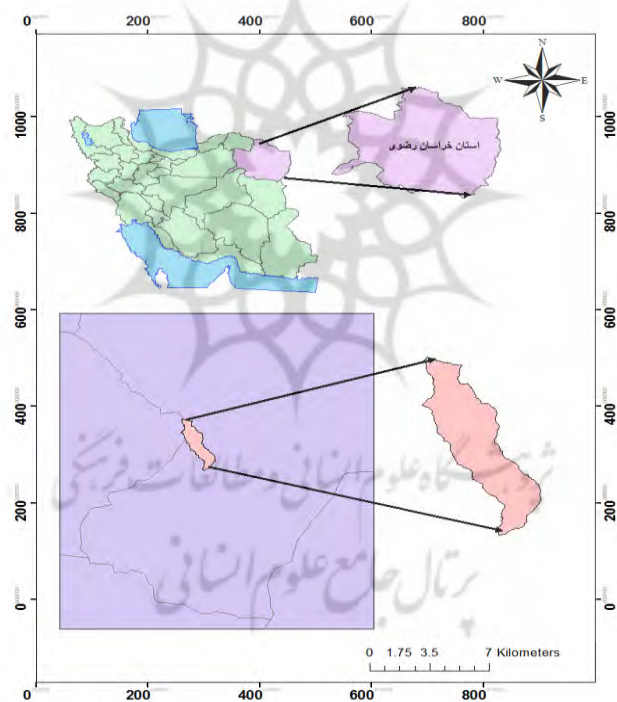
⁴ Lamelas et al

^۵Hartmann et al

^۶Mishra et al

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبریز فخر داوود در دامنه جنوبی کوهستان بینالود و در جنوب غربی شهرستان مشهد قرار دارد (شکل ۱). مختصات جغرافیایی نقطه خروجی حوضه در ۵۹ درجه و ۱۸ دقیقه طول جغرافیایی شرقی و ۳۶ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی است. حداکثر ارتفاع آن ۲۶۸۴ متر و وسعت آن ۱۷۵,۰۶ کیلومترمربع است. از نظر لیتولوژی دارای توالی نسبتاً ستبری از سنگهای رسوبی و دگرگونی است که کهن‌ترین آنها به پالئوزوئیک تعلق داشته و جوانترین آنها نهشته‌ها و پادگانه‌های آبرفتی جوان هولوسن می‌باشند. از لحاظ حساسیت به فرسایش واحد آهکی - دولومیتی سازند بهرام دارای مقاومت بیشتری در برابر عوامل فرسایشی می‌باشد. از نظر تکتونیک یک سری چین‌خوردگی به صورت ساختمان ناودیس شکل گرفته که دارای محور تقریبی شرقی - غربی می‌باشند. علاوه بر چین‌ها گسل‌های متعددی در قسمتهای مختلف وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به گسل‌های راندگی در مرز شمالی و جنوبی اشاره کرد که دارای امتدادی در جهت شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

آنتروپی رفتار توزیع انرژی است (لنا، ۱۹۶۳، ۱)^۱. به هرگونه توزیع احتمالی آنتروپی گفته می‌شود (کاور و همکاران^۱، ۱۹۹۱). آنتروپی در تمام سیستم‌های زنده و غیرزنده وجود دارد. به تعبیری دیگر آنتروپی دارای

انرژی آزاد برای انجام کار است که با کاهش انرژی، افزایش می‌یابد (بیلی، ۱، ۱۹۹۰)^{۱۰}. شاخص آنتروپی میزان بی‌نظمی را در محیط نشان می‌دهد. این واژه از جمله تئوریهای برگرفته از قوانین احتمالات و مدل‌های متکی بر احتمالات می‌باشد که در ابتدا توسط فیزیکدان‌ها و برای شناسایی نظم و بی‌نظمی در طبیعت به کار گرفته شده و مبین میزان عدم ثبات و یکنواختی در یک سیستم است (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵، ۹۰). به طور کلی همزمان با تکامل سیستم، آنتروپی نیز در حال افزایش است (دنسر، ۲۰۰۱، ۱۷)^{۱۱}. به منظور مطالعه عوامل مؤثر در پیدایش و گسترش اشکال کارستی در منطقه مورد مطالعه از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تیپ خاک و کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷، آمار دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی منطقه استفاده شده است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار *Excel* و برای تهیه نقشه‌های مورد نیاز از نرم افزار *ArcGIS10/4* استفاده شده است. فروچاله‌های منطقه با استفاده از روش *Fillsink*، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شدند. عوامل مؤثر در توسعه و گسترش کارست سطحی شامل ۹ عامل به ترتیب فاصله از گسل، جهت شیب، شیب، دما، بارش، تیپ خاک، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی و لیتولوژی می‌باشند. سپس به هر کدام از فاکتورهای مورد مطالعه، وزن کارشناسی اختصاص داده شد (جدول ۱). جدول ۱ نحوه و میزان امتیازدهی به پارامترهای ۹ گانه را نشان می‌دهد. به منظور اجرای مدل، ۹ لایه اطلاعاتی به صورت رستر درآمد و طبقه‌بندی شد. سپس ۹ عامل بدست آمده با مدل آنتروپی ضرب و بعد از جمع ۹ لایه با استفاده از ابزار *Raster Calculator* نقشه نهایی ترسیم و این لایه‌ها به عنوان داده‌های اصلی برای تشکیل ماتریس آنتروپی مورد استفاده قرار گرفتند.

روش کار

فرایند کار با مدل آنتروپی به شرح زیر است:

ماتریس تصمیم‌گیری در فرایند آنتروپی از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$E_j = -K$$

رابطه ۱:

$$= \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln p_{ij}$$

در این رابطه E_j ارزش آنتروپی و $p_{i,j}$ ماتریس تصمیم‌گیری است.

⁸Luna

⁹Cover etal

^{۱۰}Baily

^{۱۱}Dincer

رابطه ۲:

$$P_{ij} = \frac{rij}{\sum_{i=1}^m rij}$$

در این رابطه rij ارزش یا همان امتیاز اختصاص داده شده به هر لایه است.

رابطه ۳:

$$K = (lnm)^{-1}$$

K ضریب ثابت و m تعداد لندفرم های کارستی را نشان می دهد.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم و به دست آمدن مقدار E_j ، می بایست مقدار V_j توسط رابطه شماره (۴) محاسبه گردد.

رابطه ۴:

$$V_j = 1 - E_j$$

V_j درجه انحراف عدم اطمینان است.

در پایان برای محاسبه وزن نهایی تمام عوامل (W_j) از رابطه شماره (۵) استفاده شد.

رابطه ۵:

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m v_j}$$

جهت تهیه نقشه نهایی از رابطه شماره (۶) استفاده شد.

$H_i =$

رابطه ۶:

$$\sum_{i=1}^n W_j \times rij$$

در رابطه فوق H_i ضریب رخداد خطر کارست، W_j وزن نهایی تمام عوامل، rij وزن هر کدام از عوامل (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۲). بعد از تشکیل ماتریس آنتروپی، معیارها به عدد صحیح تبدیل شد، در این پژوهش از مقیاس دوقطبی برای تبدیل مقادیر کیفی به کمی بهره گرفته شده است. داده های کیفی مانند کاربری اراضی در نمودار زیر قرار داده می شوند و براساس میزان اهمیت آنها در تحول کارست و با استفاده از نظر کارشناسانه یکی از امتیازات را به خود اختصاص می دهند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶۲).

جدول ۱: طبقه بندی و میزان امتیاز اختصاص یافته بر اساس نظرات کارشناسی به هر یک از عوامل ۹ گانه (ماخذ: نگارندگان)

امتیاز	کاربری	امتیاز	دما	امتیاز	لیتولوژی
۹	اراضی آبی	۹	۷-۸	۹	آهکی دولومیتی (سازند بهرام)
۷	اراضی دیم	۸	۸-۹	۲	آبرفتی
۵	مسیل	۷	۹-۱۰	۳	تراس های جوان
۵	مراتع	۵	۱۰-۱۱	۵	سنگ آهک، شیل
۵	اراضی بایر	۳	۱۱-۱۲	۴	سنگ آهک، فیلیت
۳	اراضی آیش	۲	۱۲-۱۳		
		۱	۱۳-۱۶		

جدول ۱: طبقه بندی و میزان امتیاز اختصاص یافته بر اساس نظرات کارشناسی به هر یک از عوامل ۹ گانه (ماخذ: نگارندگان)

امتیاز	فاصله از گسل <i>Km</i>	امتیاز	خاک
۹	۰-۱	۹	آلفی سول
۶	۱-۲	۸	اریدی سول
۴	۲-۳	۷	آنتی سول
۲	۳-۵	۶	هیستی سول
۰	>۵	۴	اینسپتی سول

جدول ۲: ماتریس آنتروپی برای پارامترهای ۹ گانه (ماخذ: نگارندگان)

شماره فروچاله	بارش	شیب (درجه)	ارتفاع (متر)	لیتولوژی	فاصله ازگسل (متر)	دما	کاربری اراضی	خاک	جهت شیب
۱	۴۰۰	۱۰-۵	۱۷۰۰-۱۵۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۷۱	۱۳	اراضی آبی	اریدی سول	جنوب
۲	۴۵۰	۵-۰	۱۹۰۰-۱۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۴۰	۱۰	اراضی آبی	آنتی سول	جنوب غرب
۳	۵۰۰	۵-۰	۱۹۰۰-۱۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۲۵۳	۸	اراضی آبی	آلفی سول	جنوب غرب
۴	۲۵۰	۱۰-۵	۱۷۰۰-۱۵۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۵۰	۶	اراضی آبی	آلفی سول	جنوب غرب
۵	۳۵۰	۲۰-۱۵	۱۹۰۰-۱۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۵۱۰	۱۶	اراضی آیش	آلفی سول	شرق
۶	۵۰	۵-۱۰	۱۵۰۰-۱۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۶۳	۵	مسیل	آنتی سول	شمال
۷	۱۵۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	آبرفت جوان	۱۱۳۰	۷	مسیل	آنتی سول	شمال
۸	۳۰۰	۲۰-۱۵	۲۱۰۰-۲۳۰۰	سنگ آهک دومولیت دار	۱۲۹۳	۱۰	اراضی دیم	اریدی سول	شمال شرق
۹	۳۵۰	۱۵-۲۰	۲۳۰۰-۲۵۰۰	آهکی دولومیتی	۱۲۹۳	۱۰	اراضی آبی و باغی	هیستی سول	شمال
۱۰	۳۵۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	فیلیت	۱۱۲۱	۱۰	آراضی آیش	هیستی سول	شمال
۱۱	۴۰۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	سنگ آهک نومولیت دار	۱۵۶۰	۹	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۲	۲۵	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	شیل	۱۴۷۰	۱۱	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۳	۱۵۰	۰-۵	۱۵۰۰-۱۷۰۰	فیلیت	۱۳۶۳	۱۳	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۴	۱۰۰	۰-۵	۱۵۰۰-۱۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۳۷۱	۱۳	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۵	۴۰۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	تراش های جوان	۱۱۱۰	۷	اراضی دیم	اریدی سول	جنوب شرق
۱۶	۴۵۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	آبرفت جوان	۱۱۵۲	۷	اراضی دیم	اریدی سول	جنوب شرق
۱۷	۵۵۰	>۳۰	۲۵۰۰-۲۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۶۳	۱۶	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۸	۵۰۰	>۳۰	۲۵۰۰-۲۷۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۶۳	۱۶	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب غرب
۱۹	۱۵۰	۰-۵	۱۵۰۰-۱۷۰۰	فیلیت	۱۱۵۰	۱۰	مسیل	اینسپتی سول	مسطح
۲۰	۲۰۰	۱۰-۱۵	۱۷۰۰-۱۹۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۶۳	۱۰	مسیل	اینسپتی سول	مسطح
۲۱	۲۵۰	۱۰-۱۵	۱۷۰۰-۱۹۰۰	آهکی دولومیتی	۱۱۶۳	۸	اراضی بایر	اینسپتی سول	مسطح
۲۲	۴۵۰	۲۰-۳۰	۲۱۰۰-۲۳۰۰	آهکی دولومیتی	۱۷۶۸	۱۲	اراضی دیم	اریدی سول	جنوب شرق
۲۳	۵۰۰	>۳۰	۲۷۰۰-۲۹۰۰	آهکی دولومیتی	۱۶۴۵	۱۶	اراضی آبی و باغی	آلفی سول	جنوب شرق

بعد از تشکیل ماتریس آنترویی (r_{ij}) و تبدیل مقادیر کیفی به کمی، محتوای اطلاعاتی موجود در ماتریس ابتدا به صورت (P_{ij}) حاصل شد و نرمال سازی داده ها صورت پذیرفت. نحوه قرارگیری اعداد، به ترتیب برای عوامل جهت شیب، خاک، لیتولوژی، دما، بارش، ارتفاع، شیب و فاصله از گسل است.

مقدار E_j (آنترویی) به صورت زیر محاسبه شد:

$$E_j = [0.212240, 1.111310, 1.046223, 0.243210, 1.051215, 1.035266, 0.422126, 0.955216]$$

درجه عدم اطمینان از معیارها به ازای هر یک از شاخص ها نیز محاسبه شد:

$$V_{ij} = [0.002320, 0.000821, 0.003201, 0.001426, 0.011258, 0.007840, 0.005571, 0.0602269]$$

سرانجام برای اوزان (W_j) شاخص های موجود را خواهیم داشت:

$$W_{ij} = [0.005482, 0.109102, 0.204501, 0.101283, 0.00142, 0.005149, 0.005214, 0.20001156]$$

بنابراین مدل ناحیه ای توسعه کارست در منطقه به ترتیب تأثیرگذاری از زیاد به کم به صورت زیر به دست آمد:

H_i میزان تحول کارست در منطقه، G لیتولوژی، E طبقات ارتفاعی، R بارش، Df فاصله از گسل، A جهت شیب، Sl شیب، T دما و So تیپ خاک است.

$$H_i = 0.952683 * G + 0.9456331 * E + 0.000129 * R + 0.2461632 * Df + 0.400715 * A + 0 * Sl + 0 * T + 0.123412 * So + 0$$

بحث و نتایج

از نظر زمین شناسی بیشتر سازندهای منطقه از سازند بهرام شکل گرفته است. این واحد بر روی رسوبات سیلورین-دونین به صورت هم شیب قرار گرفته است. شیب لایه ها ۲۰ تا ۴۰ درجه در جهت شمال شرقی و امتداد آن در جهت شمال غربی-جنوب شرقی می باشد. به لحاظ سنی متعلق به دوره دونین هستند. هوازدگی شیمیایی بیشتر به صورت کارست سطحی دیده می شود و علاوه بر این لایه هایی از لیتولوژی آهک دولومیت قهوه ای و مساحت کمی را رسوبات آبرفتی دوران چهارم تشکیل می دهد که شامل پادگانه قدیمی و آبرفت های جوان می باشد. آبرفت های جوان در حاشیه بستر مسیل از شمال منطقه به سمت جنوب گسترش دارند. نزدیک به ۷۰٪ از مساحت این منطقه از سازندهای آهکی تشکیل شده است. تخلخل سنگ ها نیز تأثیر زیادی در

فرایند کارست زایی منطقه داشته است (شکل ۲). در بین عناصر آب و هوایی دما و بارش نقش مهمتری در شکل گیری اشکال کارستی ایفا نموده اند. دما، از طریق انواع هوازدگی در این زمینه مؤثر بوده است. میزان دما در منطقه بین ۱۳ تا ۱۶ درجه می باشد. عنصر دما از طریق تأثیر در انواع هوازدگی فرایند انحلال را تسهیل و شرایط را جهت شکل گیری اشکال کارستی در این منطقه آماده نموده است (شکل ۳). متوسط بارش سالانه در این منطقه ۴۰۰ میلیمتر می باشد که بیش از ۴۵٪ بارش بین ۴۰۰-۳۰۰ میلیمتر است. با توجه به اینکه بارش منطقه بالای ۴۰۰ میلیمتر بوده و از نظر بارش دارای دوره تناوب مرطوب و خشک می باشد بنابراین می توان بارش را به عنوان یکی از عناصر مهم آب و هوایی مؤثر در شکل گیری اشکال کارستی این منطقه در نظر گرفت. نقش بارش در شکل گیری اشکال کارستی این منطقه به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم قابل بررسی می باشد. به صورت مستقیم، سبب شکل گیری برخی از اشکال کارستی مانند کارن های بارانی و دولین های فرونشستی شده است (شکل ۴). ساختار گسل های منطقه سبب شکستگی گسترده در سنگ های آن شده و راه را برای نفوذ آب و شکل گیری اشکال کارستی فراهم نموده است. تأثیر فعالیت های تکتونیکی در شکل گیری و گسترش اشکال کارستی در منطقه نقش بسزایی دارد. این فعالیت ها با تأثیر در میزان شیب منطقه نقش تعیین کننده ای در زمینه کارست زایی ایفا نموده است. عامل فاصله از گسل دارای بیشترین تأثیر در فرایند ایجاد کارست می باشد زیرا تکتونیک در شکل گیری اشکال کارستی نقش مهمی دارد (شکل ۵). شیب توپوگرافی از دیگر عوامل مؤثر بر توسعه کارست سطحی در منطقه است. تعداد زیادی از فروچاله های کارستی در شیب بالای ۱۵-۱۰ درجه شکل گرفته اند. اما به طور کلی شیب زیاد عاملی محدود کننده در شکل گیری فروچاله ها محسوب می گردد (شکل ۶). دامنه ها و جهت آن نیز یکی از عناصر مؤثر بر میزان کارست شدگی و ایجاد اشکال کارستی مختلف می باشند. در دامنه هایی با جهت شمالی به دلیل بارش بیشتر برف در مناطق کوهستانی بر خلاف دامنه های جنوبی و آفتابگیر شاهد تجمع حجم عظیمی از برف در زمان طولانی در دامنه های کوهستانی هستیم که این امر در بستر سنگی مناسب به همراه وجود سنگ های کربناته و مستعد انحلال با ذوب برف در فصول گرم سال شرایط لازم جهت کارستی شدن و انحلال را فراهم می آورد. در منطقه مورد مطالعه جهات شیب شمالی، و جنوبی و جنوب شرقی چاله های بسته واقع شده است (شکل ۷). حساسیت سنگ آهک در طبقات مختلف ارتفاعی و در ارتفاعات مختلف متفاوت بوده و در هر طبقه ارتفاعی با اشکال مختلف و میزان حلالیت متفاوت سنگ آهک روبرو هستیم. با افزایش ارتفاع از طبقات ارتفاعی پایین به طبقات ارتفاعی بالای منطقه بر میزان تراکم چاله های بسته در منطقه افزوده شده است (شکل ۸). به لحاظ کاربری، بخش زیادی از پهنه در محدوده اراضی آیش واقع شده ولی بخش هایی از زمین های بایر را نیز در برمی گیرد که بیان کننده تاثیر غیر مستقیم کاربری در ایجاد اشکال کارستی به ویژه چاله های بسته در منطقه می باشد (شکل ۹). بخش زیادی از خاک منطقه در رده آلفی سول بوده که به همراه خاک های اریدی سول و آنتی سول قرار گرفته است. پهنه کارست با تحول زیاد در رده خاک های آلفی سول و اریدی سول می باشد (شکل ۱۰). با توجه به رابطه *Hi* نقشه پهنه بندی تحول کارست در منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۱۲). با قرار

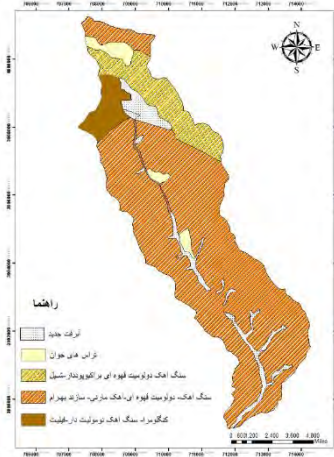
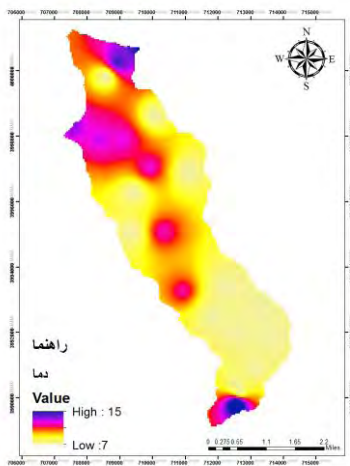
دادن موقعیت فروچاله‌های منطقه روی این نقشه (شکل ۱۱) مشخص شد از ۲۳ فروچاله، ۱۱ فروچاله در پهنه کارست با تحول بسیار زیاد، ۹ فروچاله در پهنه کارست با تحول زیاد، ۲ فروچاله در پهنه کارست با تحول متوسط و ۱ فروچاله در پهنه کارست با تحول کم واقع شده است. در شکل (۱۳ و ۱۴) لندفرم‌های کارستی منطقه نشان داده شده است.

جدول ۳ مساحت پهنه‌های مختلف تحول در منطقه را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۳، مناطق با تحول زیاد و بسیار زیاد بیش از ۷۵٪ مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

جدول ۳: مساحت و درصد پهنه‌های کارستی در منطقه مورد مطالعه (ماخذ: نگارندگان)

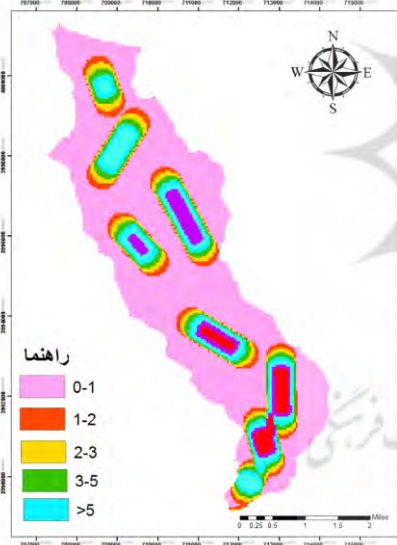
منطقه	مساحت به کیلومتر مربع	درصد مساحت	تعداد فروچاله	درصد فروچاله‌های موجود در هر پهنه
کارست با تحول بسیار زیاد	۸۰,۲۶	۴۵,۸۴	۱۱	۴۷,۸۲
کارست با تحول زیاد	۵۱,۲۳	۲۹,۲۶	۹	۳۹,۱۳
کارست با تحول متوسط	۲۷,۴۱	۱۵,۶۵	۲	۸,۶۹
کارست تحول کم	۱۵,۱۶	۸,۶۵	۱	۴,۳۴
مجموع	۱۷۵,۰۶	۱۰۰	۲۳	۱۰۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

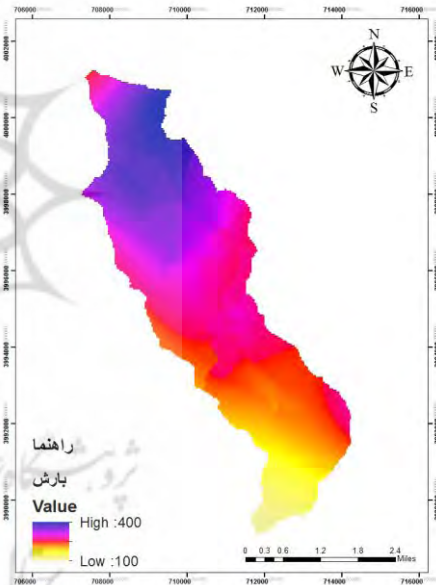


شکل ۳: همدمنا منطقه مورد مطالعه

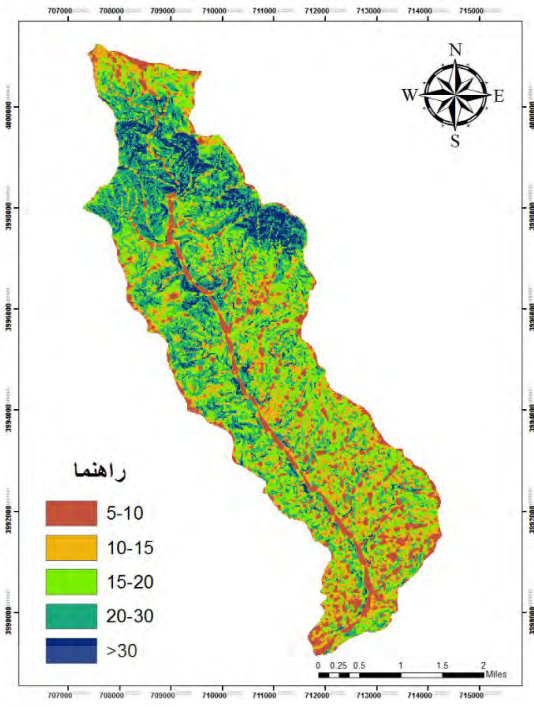
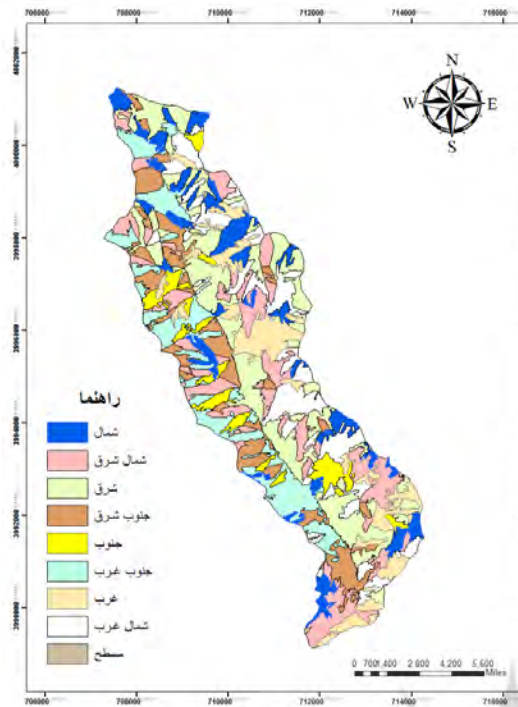
شکل ۲: زمین شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۵: گسل منطقه مورد مطالعه

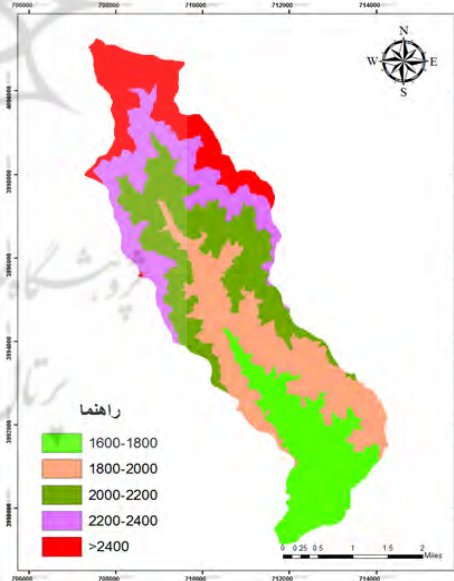
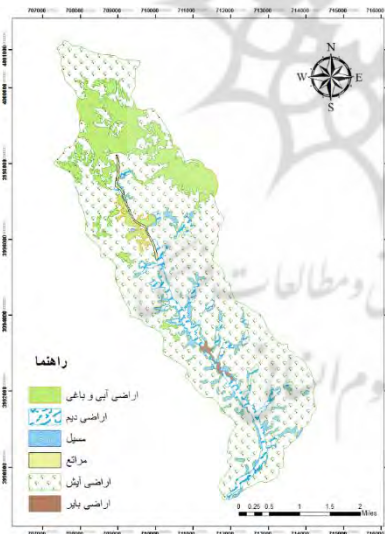


شکل ۴: بارش منطقه مورد مطالعه



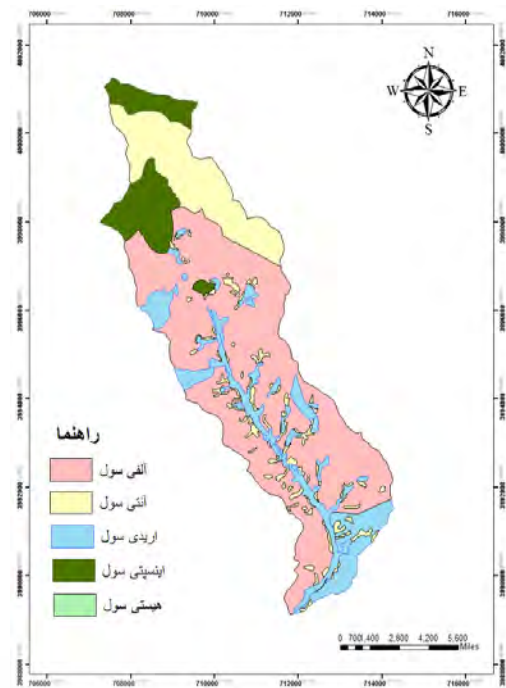
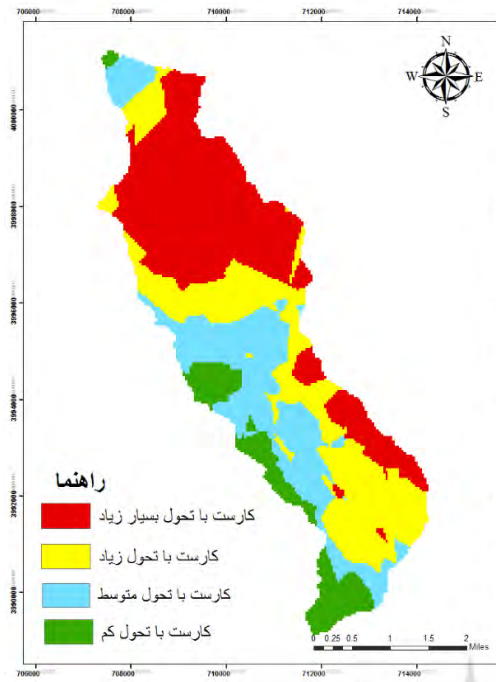
شکل ۷: جهت شیب منطقه مورد مطالعه

شکل ۶: شیب منطقه مورد مطالعه



شکل ۹: کاربری منطقه مورد مطالعه

شکل ۸: ارتفاع منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۱: پهنه‌بندی توسعه کارست منطقه مورد مطالعه

شکل ۱۰: خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۲: پدیده کارست در سنگ‌های آهکی منطقه



شکل ۱۳: نمایی از درز وشکستگی عمودی در سنگ های آهکی در شمال منطقه

نتیجه گیری

با توجه به شکل ۱۱، محدوده کارست با تحول کم در ارتفاع ۱۸۰۰-۱۶۰۰ متری با شیب بالای ۳۰-۲۰ درجه و جهت های متفاوت شیب و فاصله نسبتاً زیاد با گسل های منطقه و منطبق بر تراس های جوان است. پهنه تحول متوسط کارست منطبق بر طبقات ارتفاعی ۲۴۰۰-۲۲۰۰ متری است. از نظر لیتولوژی بیشترین قسمت آن در قلمرو آهک دولومیت قهوه ای و تراس های جوان دارای عناصر آهکی قرار گرفته است. این محدوده دارای شیب های متفاوتی می باشد. این پهنه در حریم گسل ها واقع شده یا نزدیک به آن قرار گرفته اند. پهنه کارست با تحول زیاد در طبقات بیشتر ۲۴۰۰-۲۲۰۰ متری واقع شده و منطبق بر سازند آهکی است که در حریم گسل های منطقه واقع شده و شیب متغیر است. میزان دمای آن ۱۰-۱۱ درجه و میزان بارش بیشتر از ۴۰۰ میلیمتر است که دارای اراضی آبی و باغی و آیش بوده و در رده خاک های آلفی سول قرار گرفته است. پهنه کارست با تحول بسیار زیاد که دارای وسعت بیشتری در میان پهنه ها می باشد در طبقات ارتفاعی بیش از ۲۴۰۰ متر قرار گرفته است. این منطقه در حریم گسل ها واقع شده و از نظر لیتولوژی در قلمرو سازند آهکی (بهرام) واقع است. دمای این قسمت بین ۱۰-۹ درجه و بارش بیش از ۴۰۰ میلی متر است. در این قسمت پراکندگی شیب و جهت شیب در تمام درجات و جهات وجود دارد و دارای اراضی آبی و باغی بوده و در رده خاک های آلفی سول می باشد. به طور کلی می توان گفت که با توجه به مساحت ۸۶٪ طبقات متوسط، زیاد و بسیار زیاد، حوضه آبریز فخر داوود در طبقه مناطق با تحول زیاد کارست قرار می گیرد. عامل زمین شناسی، بارش، ارتفاع، فاصله از گسل، دما دارای بیشترین تأثیر و عوامل خاک، کاربری اراضی، شیب و جهت شیب بدون تأثیر می باشند. جدول ۴ میزان تأثیر هر یک از عوامل ۹ گانه را در تحول کارست براساس محاسبات مدل آنتروپی نشان می دهد.

جدول ۴: میزان تأثیر هر یک از عوامل ۹ گانه در تحول کارست در منطقه پژوهش (ماخذ: نگارندگان)

فاصله از گسل	شیب	جهت شیب	دما	بارش	خاک	لیتولوژی	ارتفاع	کاربری اراضی	مجموع
۱۵	۰	۰	۱۲	۲۰	۰	۳۲	۲۱	۰	۱۰۰

هدف اصلی این پژوهش تهیه نقشه پهنه بندی تکامل کارست در حوضه آبریز فخر داوود در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود است و در این راستا نقش عامل‌های مهم مؤثر بر گسترش کارست مورد توجه قرار گرفت. نقشه نهایی پهنه‌بندی کارست منطقه نشان دهنده وجود چهار طبقه کارست با تحول بسیار زیاد، کارست با تحول زیاد، کارست با تحول متوسط و کارست با تحول کم می‌باشد. مناطقی با تحول کارست بسیار زیاد قریب ۴۶ درصد مساحت کل منطقه را تشکیل می‌دهد و حدود ۴۸ درصد چاله‌های بسته در این منطقه واقع شده است و عوامل مؤثر در توسعه کارستی این پهنه را می‌توان به لیتولوژی، تکتونیک (وجود درزه و شکاف و گسل‌ها)، جهات شیب جنوبی، جنوب شرقی، شیب کم بین ۵-۰ درجه، دما (میانگین سالانه بیشتر از ۱۳ درجه سانتی‌گراد) و بارش بیشتر از ۴۰۰ میلی‌متر اشاره کرد. طبقه با تحول زیاد در حواشی پهنه با تحول بسیار زیاد واقع شده و بیش از ۲۹ درصد مساحت کل منطقه را شامل می‌شود که حدود ۳۹ درصد چاله‌های بسته در این پهنه قرار گرفتند. از عوامل مؤثر در توسعه کارستی این پهنه وجود گسل‌های زیاد، شیب کم، جهت شمالی و جنوبی بیشتر پهنه است. طبقه با تحول متوسط با مساحت ۱۵/۶۵ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده که ۸/۶۹ درصد چاله‌های بسته در این پهنه واقع شده‌اند. نقشه پهنه‌بندی به دست آمده با توجه به مبانی نظری توسعه کارست، دقت سنجی آن با چاله‌های بسته به عنوان لندفرم‌های کارستی نشان دهنده کارایی مطلوب مدل آنتروپی در پهنه‌بندی تحول کارست منطقه است. حدود ۷۵ درصد چاله‌های بسته در دو طبقه تحول بسیار زیاد و زیاد و حدود ۲۵ درصد در طبقات توسعه متوسط و کم واقع شده‌اند. از سویی دیگر در نواحی کارستی بیشتر بارش از طریق فروچاله‌های منطقه نفوذ می‌کند و به همین دلیل آسیب پذیری زیادی دارند. در میان عوامل ۹ گانه به ترتیب عامل لیتولوژی، بارش، ارتفاع، فاصله از گسل و دما، بیشترین نقش را در تحول کارست منطقه دارند. عامل‌های شیب، جهت شیب، تپ خاک و کاربری اراضی فاقد تأثیر می‌باشند. این امر به این دلیل است که تمام چاله‌های بسته در قلمرو سازند آهکی فاقد خاک و بایر بوده و از نظر ارتفاعی نیز بیش از ۵۵ درصد چاله‌ها در ارتفاعی بیش از ۲۴۰۰ متر قرار گرفته‌اند. در طبقات کارست با تحولی بسیار زیاد و زیاد عامل زمین‌شناسی شامل سنگ‌های آهکی و از عامل بارندگی شامل ۳۰۰ میلی‌متر به بالا می‌باشد و بیشتر در شمال و جنوب منطقه قرار گرفته است. طبقه متوسط در بین عوامل تأثیرگذار در توکل کارست شامل ویژگی‌هایی است که تأثیر آنها بر توسعه و عدم توسعه برابر است که بیشتر در شرق منطقه قرار دارد. طبقات متوسط و کم از عامل زمین‌شناسی شامل گرانیته‌ها و سنگ‌های آتشفشانی و از عامل بارندگی شامل ۱۵۰ میلی‌متر کمتر و به همین دلیل توسعه یافتگی کارست کم می‌باشد که بیشتر در غرب و جنوب غرب قرار دارد. مدل آنتروپی به علت عدم پراکندگی و تنوع این عوامل نقش خاک و کاربری

اراضی را صفر برآورد نموده است. در نهایت می‌توان گفت که این مدل کارایی مطلوبی در پهنه‌بندی تحول کارست دارد و اگر تنوع بین متغیرهای مورد بررسی زیاد باشد، نتایج آن مطلوبتر است. با توجه به فراوانی و تنوع بالای عوارض کارستی در منطقه مطالعاتی و ارزش‌های علمی، اقتصادی و فرهنگی آن‌ها، ضروری است که تعریف مشخصی از چگونگی بهره‌برداری و حفاظت از این پهنه‌ها تعیین گردد. همچنین بررسی‌ها حاکی از آن است که کارست‌های منطقه در معرض آسیب بالایی قرار دارند. فعالیت‌های انسانی شامل هر گونه ساخت و ساز، احداث جاده، معدن، چرای بی‌رویه و تولید زباله در محدوده دارای حساسیت بالا می‌تواند اثرات مخربی بر سیستم کارست منطقه داشته باشد. به ویژه در مناطقی که محل تغذیه چشمه‌های کارستی است. لذا در جهت جلوگیری از تخریب و آلودگی آب‌های زیرزمینی با توجه به نقشه پهنه‌بندی حساسیت می‌توان مقررات و دستورالعمل‌های لازم برای چگونگی بهره‌برداری در این پهنه‌ها ارائه گردد.

منابع و ماخذ

۱. عباسی، محمد؛ سیدشکری، سجاد؛ جعفری اقدم، مریم (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل آنتروپی نمونه‌موردی: تاقدیس نوا زاگرس شمال باختری، فصلنامه زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ۱۶۱-۱۶.
۲. قبادی، محمدحسین (۱۳۸۶)، زمین‌شناسی مهندسی کارست، انتشارات دانشگاه بوعلی سینای همدان، ۳۰۴.
۳. قبادی، محمدحسین (۱۳۸۸)، زمین‌شناسی مهندسی کارست، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ۳۴۸.
۴. مقامی مقیم، غلامرضا (۱۳۹۶)، بررسی عوامل مؤثر در شکل‌گیری و گسترش کارست‌های حوضه آبریز در پرچین در شمال شرق ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۴۸، ۲۴۵-۲۶۴.
۵. ولایتی، سعیدالله؛ فریده خان، علیزاده (۱۳۹۰)، بررسی رابطه ساختارهای تکتونیکی و اشکال کارستی (حوضه آبریز کارده)، فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، دور جدید، سال نهم، شماره ۳۱، ۱۷۳.
۶. ویسی، عبدالکریم؛ مقیمی، ابراهیم؛ مقصودی، مهران؛ یمانی، مجتبی؛ حسینی، سیدموسی (۱۳۹۸)، ارزیابی توسعه یافتگی آبخوان‌های کارستی در ارتباط با ژئومورفولوژی دولین‌ها و ویژگی‌های هیدرودینامیکی (مطالعه موردی: توده کارستی شاهو)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۹، سال پنجم، ۱۰۱-۱۲۳.

۷. صفاری، امیر؛ کیانی، طیبه؛ زنگنه تبار، ساسان(۱۳۹۸). بررسی عوامل موثر در توسعه یافتگی و پهنه‌بندی کارست کوهستان خورین با استفاده از منطق فازی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۵، ۲۳-۳۶.
۸. امامی، کامیار؛ گلشنی زاد تکان تپه، سعید؛ باباخانی، زهرا؛ رسولی، عادل(۱۳۹۹). پهنه بندی توسعه کارست به منظور شناسایی منابع آبهای کارستی با استفاده ازمدل منطق فازی و *AHP* (حوضه آبریز تکاب جغرافیا) و روابط انسانی، دوره، ۲، شماره ۴، ۲۴۱.
۹. ابراهیمی، بابک؛ سیف، عبدالله(۱۳۹۴). به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی پتانسیل گسترش کارست سنگ های کربناتی زاگرس بر پایه عامل های آب زمین شناختی و اقلیمی، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و پنجم، شماره ۹۸، ۳-۳۳۳.
۱۰. جعفر بیگلر، منصور؛ مقیمی، ابراهیم؛ صفری، فرشاد(۱۳۹۰). استفاده از *DEM* در تحلیل مورفوتکتونیک فروچاله های کارستی توده پراو-بیستون، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۴۴، ۱۸-۱.
۱۱. جعفریان، حامد؛ واعظی هیر، عبدالرضا؛ پیر خراطی، حسین(۱۳۹۷). تعیین عوامل موثر بر هیدروشمی منابع آب زیر زمینی در سازندهای سخت و کارستی غرب ارومیه، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۵، ۷۵-۹۴.
۱۲. بهنیافر، ابوالفضل؛ قنبرزاده، هادی؛ عباسعلی، فرزانه(۱۳۸۸). ویژگی های ژئومورفولوژیک توده کارستی اخلمد در دامنه های شمالی ارتفاعات بینالود، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۴، ۱۲۱-۱۴۰.
۱۳. انتظاری، مژگان؛ آقایی پور، یوسف(۱۳۹۷). پهنه بندی توسعه کارست سطحی با استفاده از مدل آنتروپی، مطالعه موردی: توده کوهستانی پراو-بیستون، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی اصفهان، سال ۹۲، پیاپی ۷۰، شماره ۲، ۱۲۹-۱۴۰.
۱۴. حکمت نیا، حسن؛ موسوی، میر نجف(۱۳۸۷). کاربرد مدل در جغرافیا با تاکید بر برنامه ریزی شهری و ناحیه ای یزد، انتشارات تهران، علم نوین، ۳۲۰.
۱۵. خانلری، غلامرضا؛ علی اکبر، مؤمنی(۱۳۹۱). ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و مطالعه فاکتورهای مؤثر بر توسعه کارست در منطق هی گرین، نشریه جغرافیا و آمایش شهری- منطقه ای، شماره ۳، ۷۶-۶۱.

-۴

۱۶. *Abbasi, M, Bagheri, S, Jafari Aghdam, M, (2014), Karst transformation zoning using entropy model Case Study: Northwest Nova Zagros Anticline, Journal of Engineering Geology and Environment, Twenty-Fourth Year, 94, 161-16.*

۱۷. *Baily, K, (1990), Entropy System Theory, Systems Science and Cybernetics, University of California, Los Angeles.*
۱۸. *Ćalić, J, (2011), Karstic uvala revisited, Toward a redefinition of the term, Geomorphology, 134(1): 32-42.*
۱۹. *Cover, M.T, Joy, A.T, (1991), Entropy, Relative Entropy and Mutual Information, Element Information Heory.*
۲۰. *Dincer, I, Cengel, Y, (2011), Energy, Entropy and Exergy Concepts and Their Roles in Thermal Engineeering, Department of Mechanical Engineering, University of Nevada.*
۲۱. *Hartmann, A, Goldscheider, N, Wagener, T, Lange, J, Weiler, M, (2014) , Karst water resources in a changing word: Review of hydrological modeling approaches, Review of geophysics, 52(3), 218-242.*
۲۲. *Hekmatnia, H, Mousavi, M, (2008), Application of model in geography with emphasis on urban and regional planning of Yazd, Tehran Publications, Alam Novin, 320.*
۲۳. *Lamelas, M. T, Marinoni, O, Hoppe, A, Riva, J, (2008), Doline Probability Map Using Logistic Regression and GIS Technology in the Central Ebro Basin (Spain), Environmental Geology, 54(5), 963-977.*
۲۴. *Luna, B, (1963), The Concept of Entropy in Landscape Evolution, Geological survey professional paper, 500-A Assembly, Nice, France.*
۲۵. *Palmer, A. N, (2007), Cave Geology: Dayton, 92-24 .*
66. *Raeisi, E, (2002), Carbonate Karst Caves in Iran, Evolution of karst: from*

