پهنه‌بندی تحول کارست با استفاده از مدل آنتروپی نمونه موردی: تاقدیس نوا زاگرس شمال باختری

محمد عباسی [۱*]، سجادباقری سیدشکری [۲] و مریم جعفری اقدم [۳]

[۱] کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۲] دانشجوی دکترا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
[۳] دانشجوی دکترا، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

چکیده

تاقدیس نوا در باختر استان کرمانشاه واقع شده و با توجه به گستردگی سازندهای آهکی، وجود گسل‌ها و درزه‌های تکتونیکی و شرایط اقلیمی، دارای کارست تحول یافته‌ای است. هدف از این پژوهش، بررسی و پهنه بندی تحول کارست و شناخت میزان تأثیر عوامل مختلف توسعه کارست تاقدیس نوا می‌باشد. داده‌های اصلی تحقیق را نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک و کاربری اراضی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای به همراه آمار هواشناسی وزارت نیرو و سازمان هواشناسی تشکیل داده‌اند. در مطالعه موجود ۹ عامل محیطی به عنوان متغیرهای مستقل و ژئومورفولوژی اشکال کارستی به عنوان متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با انجام بررسی‌های میدانی، چاله‌های بسته به عنوان تکامل یافته‌ترین لندفرم‌های کارستی منطقه شناسایی شدند و بر اساس ویژگی‌های این لندفرم‌ها به هر کدام از عوامل مؤثر در توسعه کارست وزن کارشناسی اختصاص داده شد. در نهایت در محیط Arc Gis 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 تاقدیس مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد که منطقه دارای چهار طبقه کارست با تحول بسیار زیاد، زیاد، متوسط و فاقد کارست می‌باشد. در میان عوامل نه گانه به ترتیب فاصله از گسل، جهت شیب، شیب، دما و بارش دارای بیشترین نقش و عوامل خاک، کاربری اراضی، سطوح ارتفاعی و لیتولوژی فاقد تأثیر می‌باشند. دقت سنجی مدل با چاله‌های بسته نشان دهنده وجود ۹۲٪ چاله‌های بسته در دو طبقه تحول بسیار زیاد و زیاد می‌باشد که حاکی از کارایی مطلوب مدل آنتروپی در پهنه بندی تحول کارست است.

کلیدواژه‌ها: تحول کارست، پهنه‌بندی، مدل آنتروپی، لندفرم، تاقدیس نوا.

***نویسنده مسئول:** محمد عباسی
E-mail: abbasi_1353@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

لندفرم‌های کارستی عمدتاً در مناطقی با سنگ بستر کربناتی قابل حل به‌وسیله، انحلال شیمیایی آب با اسیدیته کم شکل می‌گیرند (Palmer, 2007). عوامل و فرایندهای مختلفی تکامل کارست را تحت تأثیر قرار می‌دهند. توپوگرافی، لیتولوژی و ویژگی‌های زمین‌ساختی به عنوان عوامل منفعل عمل می‌کنند و فرایندهای دیگری مانند زمین‌ساخت فعال، فرایندهای هیدرولوژیکی(وابسته به اقلیم)، انحلال زیستی(وابسته به محیط زیست) و فرایندهای ژئومورفولوژی (هوازدگی،شیب، آبراهه‌ها، یخبندان) به طور فعال در توسعه اشکال کارست نقش دارند (Ćalić, 2011). توپوگرافی تیپیک کارست، در ارتباط با زهکشی زیرزمینی است بنابراین ارتباط نزدیکی با ژئومورفولوژی و هیدرولوژی دارد (Waele et al., 2009). منابع آبی آبخوان‌های کارستی اهمیت روز افزونی در سراسر جهان دارند و تقریبا ۲۵٪ از جمعیت جهان بویژه در آسیا، مدیترانه و ایالات متحده آب مورد نیاز خود را از آبخوان‌های کارستی تأمین می‌کنند (Van Brahana, 2008). 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. نتایج حاصل از این مطالعات می‌تواند جهت مدیریت کمی، کیفی و حفاظت از این منابع در مقابل آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی مورد استفاده قرار گیرد. صفری (۱۳۸۷) حجم خروجی سالانه از آبخوان کارستی تاقدیس نوا را ۱۲۶میلیون متر مکعب تخمین زده که توسط ۱۷ دهنه چشمه کارستی پرآب در اطراف تاقدیس نوا تخلیه می‌شود. این چشمه‌ها منبع اصلی تأمین آب شرب و کشاورزی جوامع محلی به ویژه شهر سرپل ذهاب و روستاهای اطراف می‌باشند. 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، مسئله اصلی تحقیق می‌باشد. این پژوهش یک تحقیق توسعه‌ای- کاربردی است که هدف از آن، بررسی نقش و میزان تأثیر عوامل مؤثر در توسعه یافتگی کارست و در نهایت پهنه‌بندی تاقدیس از نظر توسعه یافتگی کارست با استفاده از مدل آنتروپی و همچنین دست‌یابی به میزان کارآیی مدل فوق در مطالعات مربوط به موضوعات کارست است. Bakalowicz (2005) سابقه مطالعه هدفمند در خصوص منابع آب کارست را در اواسط قرن نوزدهم میلادی در امپراطوری اتریش می‌داند. 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 در ایران و به خصوص زاگرس با استفاده از روش‌های مختلف از جمله مدل‌های چند متغیره‌ای صورت گرفته است (ملکی و محمودی ، ۱۳۸۰؛ عشقی و ثروتی،۱۳۸۳؛ ملکی و همکاران، ۱۳۸۸؛ صفری، ۱۳۸۷؛ قربانی، ۱۳۸۸؛ ملکی، ۱۳۸۸؛ میرعربی و همکاران، ۱۳۸۹). آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد. این مدل توسط ژئومورفولوژیست‌های مختلفی در زمینه‌های مختلف ژئومورفولوژی به کار گرفته شده است. که از جمله می‌توان به Wan (2009) ; Bednarik et al. (2010) و Zongji et al. (2010) اشاره کرد که از آنتروپی به منظور پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استفاده کردند.

آنتروپی رفتار توزیع انرژی است (Leopold & Langbein, 1962) و علاوه بر تعیین کمیت انرژی، کیفیت انرژی را نیز اندازه گیری می‌کند (Minasny et al., 2008). در واقع آنتروپی، یک معیار سنجش از بی‌نظمی در یک سیستم است (Baas, 2007). به طور خلاصه، آنتروپی به معنای کمیتی از بی‌نظمی بین علل و نتایج یا تصمیم گیری‌ها در موضوعات مختلف مورد بحث است (Wan, 2009).

۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

تاقدیس مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده (زاگرس شمال باختری) در باختر

Archive of SID
www.SID.ir

استان کرمانشاه در جنوب باختری شهر کرند غرب واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع آن ۲۴۷۷ متر و وسعت آن برابر با۳۱۱/۹۳ کیلومتر مربع است که با روند شمال باختری- جنوب‌خاوری بین عرض‌های جغرافیایی ′۴۵ °۳۴ تا ′۱۵ °۳۴ شمالی و طول‌های جغرافیایی ′۴۶ °۳۰ تا ′۹۰ °۴۵ خاوری واقع شده است.

۳- زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی کارست منطقه

از نظر چینه‌شناسی در تاقدیس مورد مطالعه رخنمون‌هایی از سنگ‌های کرتاسه بالایی تا پلیوسن- کواترنری دیده می‌شود که از قدیم به جدید عبارتند از: گورپی، پابده، امیران، تله زنگ، آسماری- شهبازان، گچساران و نهشته‌های کواترنری شامل پادگانه جدید و قدیم و مخروط افکنه‌های قدیمی است (شکل۲). سازندهای گورپی، پابده و گچساران از مارن و شیل و میان لایه‌های نازک از آهک تشکیل شده‌اند. این سازندها بیشتر در هسته تاقدیس رخنمون یافته‌اند. سازند آسماری- شهبازان از آهک تشکیل شده و بیشتر سطح تاقدیس از این سازند مقاوم پوشیده شده است. پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های قدیمی از آبرفت‌های دانه درشت تا متوسط تشکیل شده‌اند. پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌های جوان آبرفتی از اجزای دانه ریز هستند که با سخت‌شدگی کم تشکیل شده و در کوهپایه‌های تاقدیس نوا گسترش یافته‌اند. تاقدیس نوا از نظر ویژگی‌های ساختمانی یک تاقدیس برگشته و نامتقارن می‌باشد که به علت گسل‌خوردگی زیاد تکتونیزه است.

میرشکرایی(۱۳۷۶) وضعیت ساختاری منطقه را با الگوی زون‌های برشی راست‌گرد قابل توجیه می‌داند. تاقدیس نوا بر اثر مکانیسم چین‌خوردگی خمش- لغزش و سطح- خنثی شکل گرفته است (صفری، ۱۳۸۷) و گسل‌های آن دارای مؤلفه راندگی، امتدادلغز کششی و برشی و عادی هستند. با توجه به وجود اشکال کارستی تحول یافته در منطقه عوامل مهم توسعه کارست در منطقه عبارتند از: لیتولوژی بصورت لایه‌های آهکی آسماری - شهبازان و خلوص بالا، تکتونیزه بودن منطقه به علت گسل خوردگی زیاد و درز شکاف، اقلیم (درجه حرارت کم، بارش زیاد)، شیب توپوگرافی و ارتفاع است. قمی‌اویلی (۱۳۷۶) تراکم کم آبراهه‌ها و جریان نزدیک به قائم و نفوذ آب به مقدار خیلی زیاد را از ویژگی‌های کارستی منطقه بر می‌شمارد. اشکال کارستی منطقه عبارتند از: سینکول‌ها، چاله‌های بسته و هموار کارستی (شکل۳)، دولین‌ها، غارها، لاپیه‌ها، دره عمیق کارستی و کارن‌ها.

۴- مواد و روش

این پژوهش یک تحقیق توسعه‌ای –کاربردی است که سعی دارد به بررسی عوامل مؤثر در تحول کارست و پهنه‌بندی تاقدیس نوا از نظر میزان تحول کارست بپردازد. در این پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای، بازدیدهای میدانی و مدل‌سازی استفاده شده است. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، خاک و کاربری اراضی ۱:۲۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ایIRS سال ۲۰۰۲ آمار دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی منطقه به عنوان داده‌های تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند. از نرم افزار ArcGIS 9.3 به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌های مورد نیاز استفاده شد. در ابتدا با استفاده از تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای IRS چاله‌های بسته به عنوان تحول یافته‌ترین لندفرم کارستی در منطقه مورد مطالعه، شناسایی شد (شکل ۱). بازدیدهای میدانی به منظور کنترل لایه‌های اطلاعاتی با داده‌های سطح زمین و همچنین عکسبرداری از چاله‌ها صورت گرفت. در ادامه با تحلیل ژئومورفولوژی کارست منطقه و بررسی چاله‌های بسته ۹ عامل بارش، دما، شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، ارتفاع، فاصله از گسل و کاربری زمین و خاک به عنوان عوامل مؤثر در تحول کارست مشخص شدند و ۹ لایه اطلاعاتی به صورت رستر درآمد و میزان آنها کمی گردید. با توجه به ویژگی‌های برداشت شده از چاله‌های بسته منطقه بر اساس جدول ۱ به این لایه‌ها وزن کارشناسی داده و طبقه‌بندی شدند و در ادامه ماتریس آنتروپی برای آنها تشکیل شد (جدول ۲). ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. در ادامه با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل ۹ فاکتور W_j میزان H_i به عنوان ضریب تحول کارست به دست آمده و اقدام به پهنه بندی منطقه از نظر تحول کارست با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی شد.

۴-۱. مدل آنتروپی

مدل آنتروپی به این صورت بیان می‌شود : $E_j = -K\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij}$

که در این فرمول، E_j ارزش آنتروپی است.

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}$$

P_j ماتریس تصمیم‌گیری و r_{ij} مقدار وزن هر یک از لایه‌ها است.

$$K = (\ln m)^{-1}$$

K ضریب ثابت و m تعداد چاله‌های بسته موجود در منطقه است.

پس از تشکیل ماتریس تصمیم و به دست آوردن مقدار Ej، می‌بایست مقدار Vj را از رابطه زیر به دست آورد:

$$V_j = 1 - E_j$$

V_j درجه انحراف عدم اطمینان بوده و سرانجام برای محاسبه وزن نهایی کل پارامترهای (Wj) موجود خواهیم داشت:

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

پس از محاسبه وزن کل(Wj)، پهنه‌بندی تحول کارست در تاقدیس نوا با استفاده از فرمول زیر ارزیابی می‌شود:

$$H_{i=\sum_{i=1}^{n} w_j * r_{i,j}}$$

که در این فرمول H_i ضریب تحول کارست، W_j وزن نهایی کلیه فاکتورها، r_{ij} وزن هر یک از عوامل است.

۵- یافته‌های تحقیق

با توجه به برداشت‌های انجام گرفته در طی بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای از منطقه و شناسایی عوامل مؤثر در تحول کارست، به هر کدام از فاکتورهای مورد مطالعه، وزن کارشناسی اختصاص داده شد. 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 (شکل۴). سپس این لایه‌ها به عنوان داده‌های اصلی برای تشکیل ماتریس آنتروپی مورد استفاده قرار گرفتند.

۵-۱. لایه‌های اطلاعاتی و انتخاب شاخص‌ها

در این مطالعه از داده‌های مربوط به ۶۱ چاله بسته در تاقدیس نوا استفاده شده است. در همین راستا ۹ فاکتور تأثیر گذار مشترک در هر۶۱ چاله منطقه انتخاب و ماتریس آنتروپی برای آنها تشکیل شد (جدول ۲). برای به دست آوردن میزان عوامل ۹ گانه از نرم افزار Arc Gis استفاده شد و بعد از تبدیل چاله‌های بسته به نقطه (point) با استفاده از روش نمونه‌گیری (Sample or Extract value to point) تمام اطلاعات موجود در هر چاله بسته نمایش داده می‌شود. نتایج به دست آمده که به صورت جدول اطلاعاتی است به برنامه Excel منتقل و محاسبات انجام شد.

بعد از تشکیل ماتریس آنتروپی معیارها به عدد صحیح تبدیل شد، در این پژوهش از مقیاس دو قطبی برای تبدیل مقادیر کیفی به کمی بهره گرفته شده است. داده‌های کیفی مانند کاربری خاک در نمودار زیر قرارداده می‌شوند و بر اساس میزان اهمیت آنها در تحول کارست و با استفاده از نظر کارشناسانه یکی از امتیازات را به خود اختصاص می‌دهند.

Archive of SID
www.SID.ir

بعد از تشکیل ماتریس آنتروپی (rij) و تبدیل مقادیر کیفی به کمی، محتوای اطلاعاتی موجود در ماتریس ابتدا به صورت (Pij) حاصل شد و نرمال سازی داده‌ها صورت پذیرفت، (گفتنی است ترتیب قرارگیری اعداد، به ترتیب برای عوامل جهت شیب، خاک، زمین شناسی، دما، بارش، ارتفاع، شیب، فاصله از گسل است).

مقدار Ej (آنتروپی) به ترتیب به صورت زیر حاصل شد:

Ej=[0.981849, 1.004037, 1.004037, 0.993798, 0.998669, 1.000754, 0.993088, 0.976361]

درجه عدم اطمینان از اطلاعات ایجاد شده به ازای هرکدام از شاخص‌ها به قرار زیر است: Vij = [0.018151, 0, 0, 0.006202, 0.001331, 0, 0.006912, 0.023639494]

و سرانجام برای اوزان (Wj) از شاخص‌های موجود خواهیم داشت:

Wij = [0.322771, 0, 0, 0.110282, 0.02367, 0, 0.122908, 0.42036874]

بنابراین مدل ناحیه‌ای تحول کارست در منطقه به ترتیب تأثیرگذاری از زیاد به کم به صورت زیر حاصل شد:

Hi =0.420369*Df +0.322771*A +0.122908*Sl+0.110282*T+0.02367*R+ 0*So+0*G+0*E

که Hi میزان تحول کارست در منطقه، Df فاصله از گسل، A جهت شیب، Sl شیب، T دما، R بارش، So خاک، G لیتولوژی و E ارتفاع است.

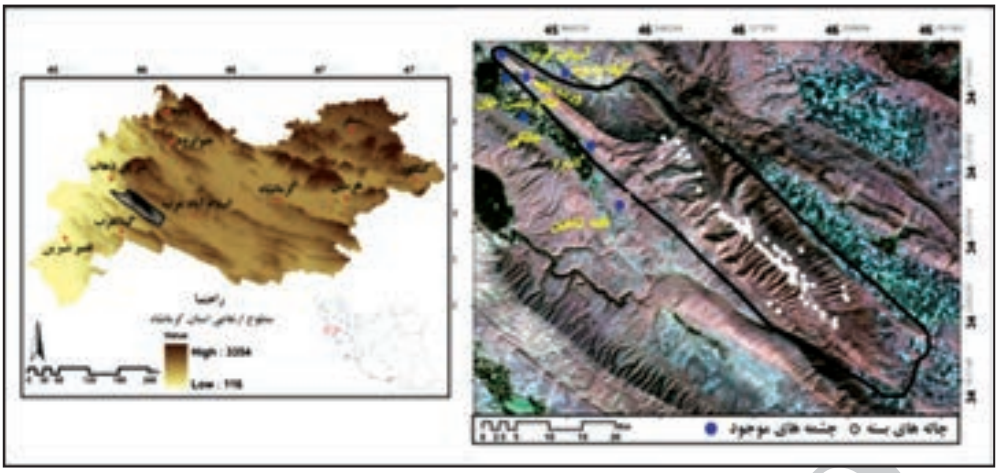
۵-۲. مدل‌سازی تحول کارست

با توجه به رابطه Hi، نقشه پهنه بندی تحول کارست در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار Arc Gis تهیه شد (شکل۵). از ۶۱ چاله بسته موجود در منطقه، ۴۶ چاله در پهنه کارست با تحول بسیار زیاد، ۱۰ چاله در پهنه کارست با تحول زیاد و ۵ چاله در پهنه کارست با تحول متوسط واقع شده‌اند. جدول۳ مساحت پهنه‌های مختلف تحول را در منطقه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، مناطق با تحول زیاد و بسیار زیاد ۲۷/۹۳٪ از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به شکل ۵، حاشیه شمال باختری تاقدیس در محدوده پهنه فاقد کارست واقع شده که این پهنه در طبقات ارتفاعی ۸۰۰ تا ۱۴۰۰ متری با شیب کم کمتر از ۱۰ درجه و جهت‌های متفاوت شیب و فاصله نسبتاً زیاد با گسل‌های منطقه و منطبق بر آهک آسماری است. میزان دما بین ۱۳ تا ۱۷ درجه و میزان بارش بین ۴۰۰ تا ۵۷۰ میلیمتر می‌باشد. بخش زیادی از خاک منطقه در رده لیتوسویل بوده که به همراه خاک‌های کالگریک کامبیسویل و کالگریک ریگوسویل ریگوسویل قرار گرفته است. از نظر کاربری بخش زیادی از این پهنه بایر و قسمت‌های از آن نیز دارای پوشش جنگل، استپ و زمین‌های کشاورزی می‌باشد. پهنه تحول متوسط کارست بیشترین وسعت را در تاقدیس به خود اختصاص داده و منطبق بر طبقات ارتفاعی ۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰ متری است. از نظر لیتولوژی بیشترین قسمت آن در پهنه آهک آسماری قرار دارد و درصد بسیار کمی از این محدوده در قلمرو سازند گچساران و پهنه‌های آبرفتی دارای عناصر آهکی قرار گرفته است. این محدوده دارای شیب‌های متفاوتی می‌باشد. این پهنه به دلیل وسعت زیاد آن، در حریم گسل‌ها واقع شده و تمامی گسل‌های تاقدیس یا در داخل پهنه بوده یا نزدیک به آن قرار گرفته‌اند. میزان دما بین ۱۰ تا ۱۳ درجه و میزان بارش ۵۳۰ تا ۶۶۸ میلی متر است. به لحاظ کاربری، بخش زیادی از پهنه در محدوده اراضی جنگل واقع شده ولی بخش‌هایی از زمین‌های بایر را نیز در بر می‌گیرد. بیشتر پهنه در رده خاک‌های لیتوسویل کالگریک ریگوسویل قرار گرفته و بخش‌هایی از لیتوسویل را نیز در بر می‌گیرد. پهنه کارست با تحول زیاد در طبقات ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ متر واقع شده و منطبق بر سازند آسماری است که در حریم گسل‌های منطقه واقع شده و شیب متغیر است. میزان دمای آن ۹ تا ۱۲ درجه و میزان بارش ۶۳۰ تا ۷۱۰ میلیمتر است. دارای پوشش جنگل بوده و در رده خاک‌های لیتوسویل کالکریک ریگوسویل قرار گرفته است. پهنه کارست با تحول بسیار زیاد که دارای وسعت کمتری در میان پهنه‌ها می‌باشد در طبقات ارتفاعی بیش از ۱۸۰۰ متر قرار گرفته است. این منطقه در حریم گسل‌ها واقع شده و از نظر لیتولوژی در قلمرو سازند آسماری واقع است. دمای این قسمت بین ۷ تا ۱۰ درجه و بارش بیش از ۶۸۰ میلی‌متر است. در این قسمت پراکندگی شیب و جهت شیب در تمام درجات و جهات وجود دارد و دارای کاربری جنگل بوده و در رده خاک‌های لیتوسویل کالگریک ریگوسویل می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که با توجه به مساحت ۸۸٪ طبقات متوسط، زیاد و بسیار زیاد، تاقدیس نوا جز مناطق با تحول زیاد کارست طبقه‌بندی می‌شود. جدول ۴ میزان تأثیر هر یک از عوامل ۹ گانه را در تحول کارست بر اساس محاسبات مدل آنتروپی نشان می‌دهد. عامل فاصله از گسل دارای بیشترین تأثیر و عوامل خاک، کاربری، زمین‌شناسی و ارتفاع بدون تأثیر می‌باشند.

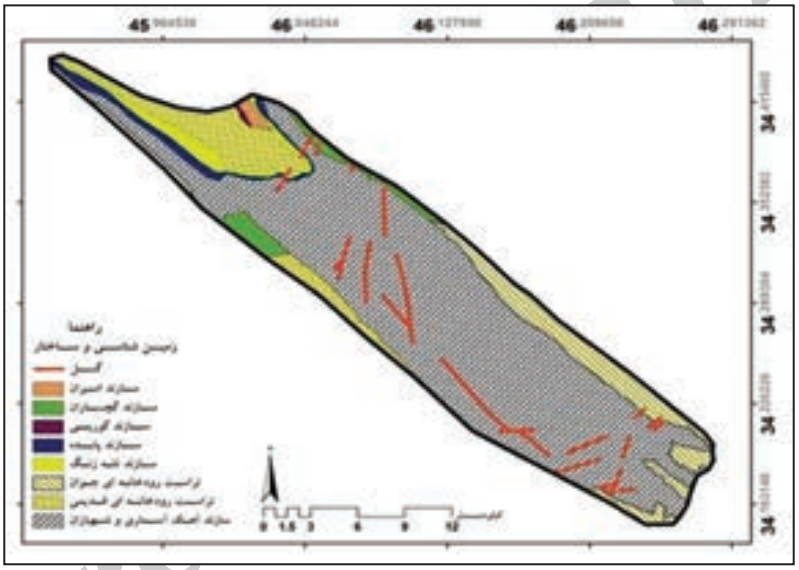
۶- نتیجه‌گیری

نقشه نهایی پهنه‌بندی کارست منطقه نشان دهنده وجود چهار طبقه کارست با تحول بسیار زیاد، کارست با تحول زیاد، کارست با تحول متوسط و طبقه فاقد ژئومورفولوژی کارست می‌باشد. مناطقی با تحول کارست بسیار زیاد در رأس تاقدیس واقع شده است. این پهنه نزدیک به ۱۴٪ مساحت کل منطقه را تشکیل می‌دهد و حدود ۷۵٪ چاله‌های بسته در این منطقه واقع شده است و عوامل مؤثر در توسعه کارستی این پهنه می‌توان به تکتونیک (وجود درزه و شکاف و گسل‌ها)، جهات شیب شمالی، شمال خاوری و خاوری، شیب کم بین ۰ تا ۵ درجه، دمای کم (میانگین سالانه کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد) و بارش بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متراشاره کرد. طبقه با تحول زیاد در حواشی پهنه با تحول بسیار زیاد در رأس تاقدیس واقع شده و ۱۴/۷۸٪مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. ۱۶/۳۹٪ چاله‌های بسته در این پهنه قرار گرفتند. عوامل مؤثر در تحول کارستی این منطقه همان عوامل تأثیرگذار در طبقه اول هستند با این تفاوت که دما افزایش و بارش کاهش می‌یابد. طبقه با تحول متوسط با مساحت ۵۰/۱۱٪ بیشترین مساحت منطقه را به خود اختصاص داده و ۸/۲۰٪ چاله‌های بسته در این پهنه واقع شده‌اند. به علت کاهش بارش و افزایش دما و کاهش تأثیر تکتونیک، جهات شیب آفتاب گیرتر و افزایش شیب در دامنه‌های تاقدیس میزان تحول کارست این منطقه کمتر از دو منطقه دیگر است. طبقه چهارم به علت عدم رخنمون سازندهای آهکی فاقد کارست می‌باشد، این پهنه منطبق بر سطح دشت و تپه ماهورهای اطراف است. با توجه به مساحت ۲۸٪ طبقات با تحول بسیار زیاد و زیاد و ۷۸٪ سه طبقه با تحول بسیار زیاد، زیاد و متوسط، تاقدیس مورد مطالعه دارای کارست با تحول زیاد می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی به دست آمده با توجه به مبانی نظری توسعه کارست و همچنین دقت سنجی آن با چاله‌های بسته به عنوان لندفرم‌های کارستی تیپیک، نشان دهنده کارایی مطلوب مدل آنتروپی در پهنه‌بندی تحول کارست منطقه است. ۹۲٪ چاله‌های بسته در دو طبقه تحول بسیار زیاد و زیاد و ۸٪ در طبقه متوسط واقع شده‌اند. در میان عوامل ۹ گانه به ترتیب فاصله از گسل، جهت شیب، شیب، دما و بارش بیشترین نقش را در تحول کارست منطقه دارند و عوامل خاک، کاربری اراضی، سطوح ارتفاعی و لیتولوژی فاقد تأثیر می‌باشند. این امر به این دلیل است که تمام چاله‌های بسته در قلمرو سازند آهک آسماری، دارای رده خاک‌های لیتوسویل کالگریک ریگوسویل و اراضی جنگل بوده و از نظر ارتفاعی نیز بیش از ۹۰ درصد چاله‌ها در حد ارتفاعی بیش از ۲۲۰۰ متر قرار گرفته‌اند. بنابراین مدل آنتروپی به علت عدم پراکندگی و تنوع این عوامل نقش آنها را صفر برآورد نموده است. در نهایت می‌توان گفت که این مدل کارایی مطلوبی در پهنه‌بندی تحول کارست دارد و اگر تنوع بین متغیرها مورد بررسی زیاد باشد، نتایج آن مطلوبتر است.

Archive of SID
www.SID.ir



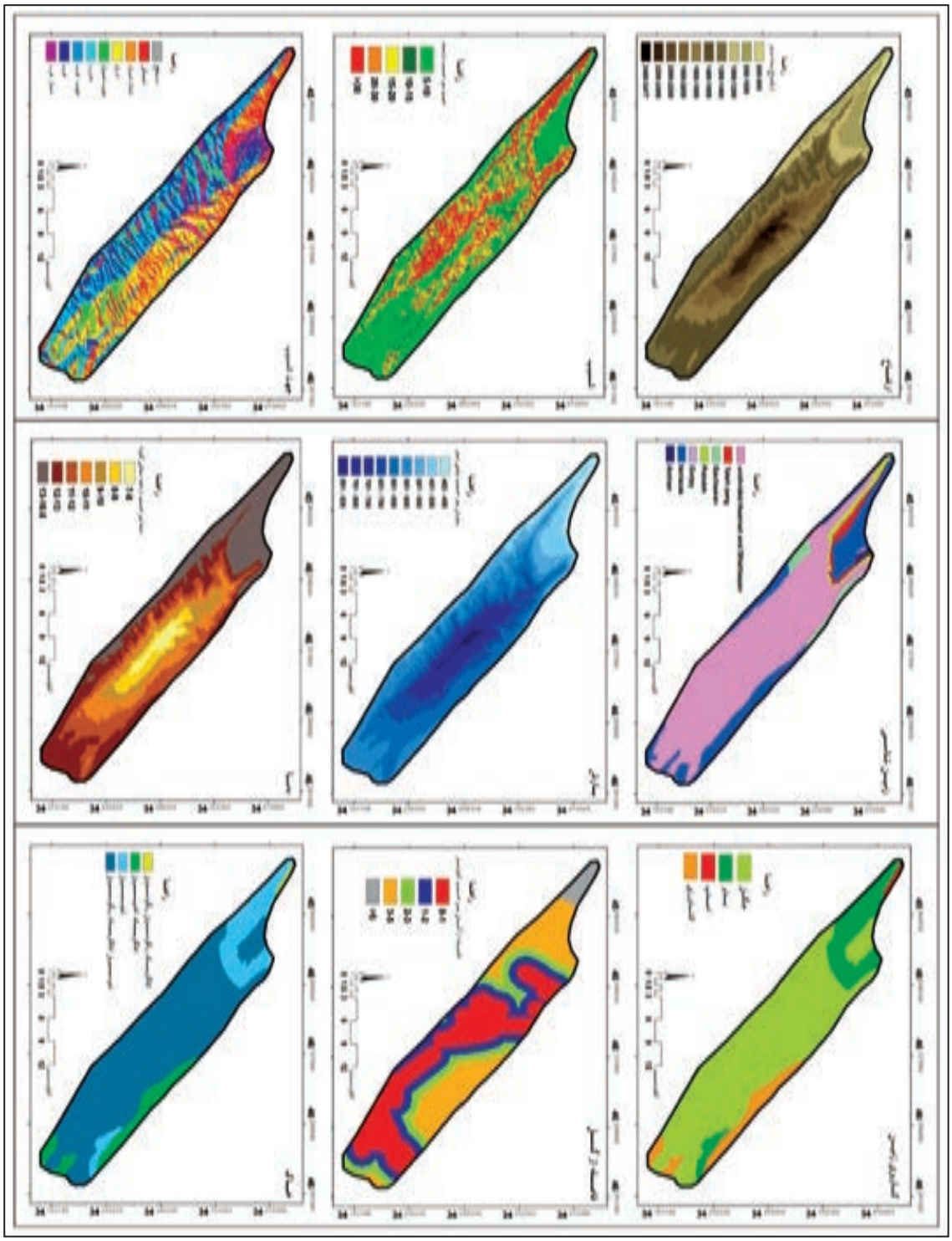
شکل ۱ – موقعیت تاقدیس مورد مطالعه به همراه موقعیت چاله‌های بسته کارستی و چشمه‌های موجود.



شکل ۲ – نقشه زمین‌شناسی تاقدیس نوا.

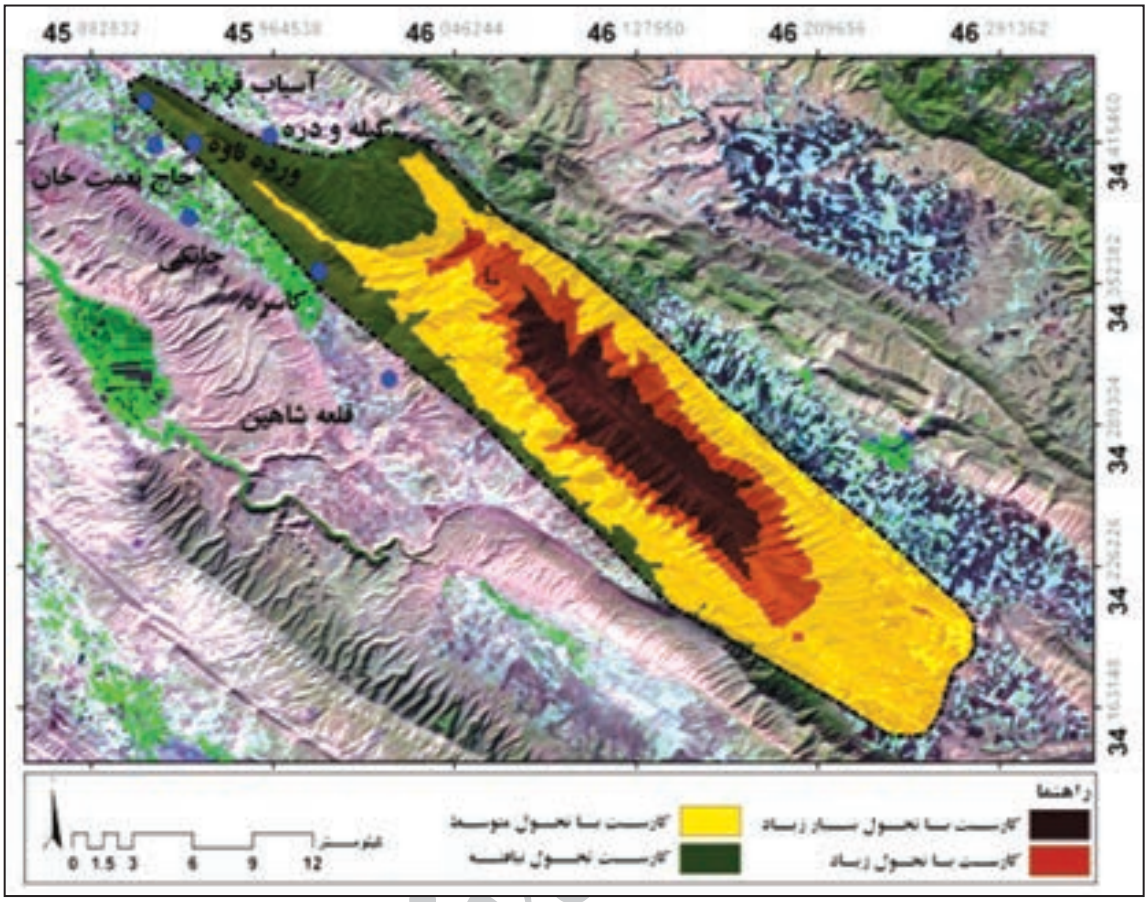
شکل ۳- نمایی از یک چاله بسته در تاقدیس نوا.

www.SID.ir



شکل ۴– لایه‌های رستر شده ۹ عامل مؤثر در پهنه‌بندی تحول کارست.

www.SID.ir



شکل ۵ – نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در منطقه مورد مطالعه.

جدول ۱– طبقه‌بندی و میزان امتیاز اختصاص یافته به هر یک از پارامترهای ۵ گانه.

امتیاز	بارش	امتیاز	شیب	امتیاز	جهت شیب	امتیاز	طبقات ارتفاعی	امتیاز	سازند	امتیاز	دما	امتیاز	کاربری	امتیاز	خاک	امتیاز	فاصله از گسل کیلومتر
۹	۸۰۰–۸۲۶	۹	۵–۱۰	۹	شمال خاور	۹	۲۲۰۰–۲۴۰۰	۹	آسماری و شهبازان	۹	۷–۸	۸	جنگل	۸	لیتوسول کالکریک رگوسول	۹	۰–۱
۸	۷۵۰–۸۰۰	۷	۱۰–۱۵	۸	خاور	۸	۲۰۰۰–۲۲۰۰	۴	تله‌زنگ	۸	۸–۹	۲	بایر	۲	لیتوسول	۶	۱–۲
۷	۷۰۰–۷۵۰	۴	۱۵–۲۰	۶	شمالی	۷	۲۴۰۰–۲۴۷۷	۳	گورپی	۷	۹–۱۰	۰	استپ	۰	کالکریک رگوسول رگوسول	۴	۲–۳
۶	۶۵۰–۷۰۰	۲	۲۰–۳۰	۴	شمال باختر	۷	۱۸۰۰–۲۰۰۰	۳	پابده	۵	۱۰–۱۱	۰	کشاورزی	۰	کالکلیک کامبیسول	۲	۳–۵
۴	۶۰۰–۶۵۰	۱	۳۰–۶۰	۳	جنوب	۶	۱۶۰۰–۱۸۰۰	۳	گچساران	۳	۱۱–۱۲					۰	>۵
۳	۵۵۰–۶۰۰			۳	جنوب خاور	۵	۱۴۰۰–۱۶۰۰	۱	امیران	۲	۱۲–۱۳						
۱	۵۰۰–۵۵۰			۳	باختری	۴	۱۲۰۰–۱۴۰۰	۱	پادگانه‌های آبرفتی	۰	۱۳–۱۶,۶						
۰	۴۵۰–۵۰۰			۲	جنوب باختر	۳	۱۰۰۰–۱۲۰۰	۱	مخروط افکنه‌های آبرفتی								
۰	۴۰۰–۴۵۰			۱	مسطح	۲	۸۰۰–۱۰۰۰										
						۱	۶۰۰–۸۰۰										

Archive
www.SID.ir

جدول ۲ – ماتریس آنتروپی برای پارامترهای ۹ گانه.

شماره چاله بسته	بارش	شیب (درجه)	جهت شیب	ارتفاع متوسط (متر)	زمین شناسی	فاصله از گسل (متر)	دما	کاربری	خاک
۱	۶۷۵	۳۲	جنوب خاور	۱۸۰۰– ۱۶۰۰	آهک آسماری	۱۱۶۳	۱۱	جنگل	لیتوسویل کالگریک ریگوسویل
۲	۶۹۰	۷	جنوب باختر	۲۰۰۰– ۱۸۰۰	آهک آسماری	۱۱۳۰	۱۰	جنگل	لیتوسویل کالگریک ریگوسویل
۳	۷۰۰	۴	باختر	۲۰۰۰– ۱۸۰۰	آهک آسماری	۱۲۹۳	۱۰	جنگل	لیتوسویل کالگریک ریگوسویل
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
۶۱	۵۶۰	۱۳	خاور	۱۴۰۰– ۱۲۰۰	آهک آسماری	۱۸۲	۱۶	جنگل	لیتوسویل کالگریک ریگوسویل

جدول ۳ – مساحت و درصد پهنه‌های کارستی تاقدیس نوار.

منطقه	مساحت	درصد مساحت	تعداد چاله‌های بسته	درصد چاله‌های موجود در هر پهنه
کارست با تحول بسیار زیاد	۴۱/۳۷	۱۳/۱۵	۴۶	۷۵/۴۱
کارست با تحول زیاد	۴۷/۳۶	۱۴/۷۸	۱۰	۱۶/۳۹
کارست با تحول متوسط	۱۵۴/۷۵	۵۰/۱۱	۵	۸/۲۰
کارست تحول نیافته	۶۸/۴۵	۲۱/۹۶	۰	۰
مجموع	۳۱۱/۹۳	۱۰۰	۶۱	۱۰۰

جدول ۴ – میزان تأثیر هر یک از عوامل ۹ گانه در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه.

عوامل تأثیرگذار	درصد تأثیر
فاصله از گسل	۴۲
جهت‌شیب	۳۲
شیب	۱۲
دما	۱۱
بارش	۳
خاک	۰
زمین‌شناسی	۰
ارتفاع	۰
کاربری	۰
مجموع	۱۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

کتابنگاری

صفری، ف.، ۱۳۸۷- مقایسه توسعه کارستی توده پرآو - بیستون و تاقدیس نوا در استان کرمانشاه، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
عشقی، ا. و ثروتی، م.، ۱۳۸۳- ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی مناظر کارستی در حوضه آبریز کارده (شرق زون کپه‌داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸، ص ۱۵-۱.
قربانی، م. ص.، ۱۳۸۸- مقایسه سیستم‌های کارستی شاهو و سپیدان و اهمیت مدیریت آنها، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
قمی اویلی، ج.،۱۳۷۶ - مطالعه لیتواستراتیگرافی و بررسی کارستی شدن رخنمون های کربناته منطقه نوا- قلاجه در غرب استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
ملکی، ا.، ۱۳۸۸- شناسایی مناطق مساعد آلودگی آب های زیرزمینی به کمک پهنه بندی تحول کارست با GIS (مطالعه موردی استان کرمانشاه)، مجله علوم‌زمین، شماره ۷۲، ص ۲۵-۳۲
ملکی، ا. و محمودی، ف.، ۱۳۸۰- تحول کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی در ناهمواریهای بیستون - پرآو (کرمانشاه)، پژوهش های جغرافیایی،شماره ۳۳، ص ۹۵-۱۰۳.
ملکی، ا.، شوهانی، د. و طالقانی، م.، ۱۳۸۸- پهنه‌بندی تحول کارست در استان کرمانشاه، برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، شماره ۱ (۶۰)، ص ۲۷۱-۲۹۵.
میر عربی، ع، جمالی، م.، محمودی سیوند، س. و نیرومند، م، ع.، ۱۳۸۹- پهنه‌بندی و تعیین میزان توسعه یافتگی کارست حوضه بختگان به روش تحلیل سلسله مراتبی A.H.P، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران،
میرشکرایی، ا، ع.، ۱۳۷۶- مطالعه لیتواستراتیگرافی و زمین شناسی ساختمانی در منطقه امام حسن ویژنان (گیلان‌غرب).پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

References

Baas, A., 2007- Complex systems in aeolian geomorphology. Geomorphology, 91: 311–331.
Bakalowicz, M., 2005- Karst Groundwater: a Challenge for New Resources, Hydrogeology Journal, 13 (1): 148-160.
Bednarik, M, Magulova, B, Matys, M. & Marschalko, M., 2010- Landslide susceptibility assessment of the Kral˘ovany–Liptovsky´ Mikulaš railway case study. Physics and Chemistry of the Earth,,35:162–171.
Ćalić, J., 2011- Karstic uvala revisited: Toward a redefinition of the term, Geomorphology, 134(1): 32-42.
Leopold, L. B. & Langbein, W. B.,1962 - The concept of entropy in landscape evolution. Washington, DC: US Government Printing Office.
Minasny, B., McBratney, A. & Blanes, S., 2008- Quantitative models for pedogenesis — A review. Geoderma,, 144 : 140–157.
Palmer, A. N., 2007- Cave Geology: Dayton.
Van Brahana, J., 2008- Karst aquifers. encyclopedia of water science (2nd ed.). http:// www.informaworld.com/10.1081/E-EWS2-120010039.
Waele, J., Plan, L.& Audra, Ph., 2009- Recent developments in surface and subsurface karst geomorphology: An introduction Geomorphology 106 : 1–8
Wan, S., 2009- A spatial decision support system for extracting the core factors and thresholds for landslide susceptibility map. Engineering Geology, 108: 237–251
Zongji, Y., Jianping, Q. & Xiaogang, Z., 2010- Regional landslide zonation based on entropy method in Three Gorges area, China. In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2010 Seventh International Conference on, 3: 1336-1339.

Archive of SID

www.SID.ir

Zonation of Karst Evolution Using Entropy Model: A Case Study of Noa Anticline in Northwest Zagros

M. Abasi [1*], S. Bagheri Saidshokri [2] & M. Jafari Aghdam [3]

[1] M. Sc., Faculty of Geography, Tehran University, Teheran, Iran
[2] Ph.D. Student, Faculty of Geography, Tehran University, Teheran, Iran
[3] Ph.D. Student, Faculty of Geography, Esfahan University, Esfahan, Iran

Received: 2012 April 08 Accepted: 2013 March 13

Abstract

The Noa Anticline is located in west part of Kermanshah Province and due to extension of limestone formations, existing of faults and joints, and also climatic conditions of the area involves an evolved karst. This study carried out to recognize the karstic evolution process and zonation as well as the impact of different factors on the process of karst developing in the Noa anticline. The data gathered for this study are topographic, geological, soil, land use, aerial, and satellite maps and also climatological statistic data. In this study, nine environmental factors as independent parameters and karst features geomorphology as a dependent parameter were examined. Then, with intensive field works, we recognized the closed holes as the most evolutionary ones of karst features of this area, and concerning the characteristics of these landforms, a proper weight was given to each parameter. Finally, by using GIS software, we prepared overlap maps and in a final manner using Entropy model, adaptation of factors and definitive modification have been performed. The results of this study show that this area embraces four categories of Karsts include lack of karst evolution, moderate evolution, high evolution and very high evolution categories. Regarding nine factors, five factors such as distance from fault, slope, slope aspect, temperature and rainfall recognized as the most effective ones and other factors such as soil factor, land use, contour lines and lithology as with no effect on area's karst is recognized. The model preciseness applying on the closed holes shows that there are 92 % closed holes in the two categories (high evolution and very high evolution) and have indicated the favorite effectiveness of using Entropy model on the karst evolution zonation.

Keywords: Karst Evolution, Zonation, Entropy Model, Landform, Noa Anticline

For Persian Version see pages 161 to 168

*Corresponding author: M. Abasi; E-mail: abbasi_1353@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir