نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال نوزدهم، شماره ۵۲، بهار ۹۸

# پهنه بندی و شناسایی آبخوان های کارستی در منطقه اشتران کوه

**دریافت مقاله:** ۹۶/۸/۱۶ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۱/۲۶

**صفحات:** ۳۴-۲۱

**طیبه کیانی:** استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[1].
**Email**: tayebeh.kiani@gmail.com
**محمد فتح الله زاده:** دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، تهران، ایران.
**Email**: Mohammad_fath65@yahoo.com

**چکیده**

**ناحیهٔ زاگرس خواستگاه اصلی سازندهای کارستیک در کشور می باشد که شکل گیری اشکال و غارهای متعدد کارستی در این ناحیه گواهی بر این ادعا است. عوامل مؤثر برای ایجاد و توسعهٔ کارست را می توان به سه دسته عوامل فیزیکی، شیمیایی و وضعیت هیدروژئولوژیکی تقسیم کرد که در این میان نقش لیتولوژی و خصوصیات آن، شرایط آب و هوایی و هیدرولوژیکی و عوامل ساختاری همچون وجود گسل ها و درزه ها و شیب منطقه از اهمیت ویژه ای برخوردارند. در این پژوهش خصوصیات و ویژگی های منطقهٔ اشتران کوه از نظر فرآیندهای کارستی و قابلیت تشکیل آبخوان های کارستی مورد بررسی قرار گرفت و برای این امر ابتدا با استفاده از مدل AHP[2] میزان اثر و وزن هر معیار در کارستی شدن منطقه تعیین سپس با استفاده از مدل SAW[3] پهنه بندی مناطق مستعد تشکیل آبخوان های کارستی اشتران کوه انجام و مشخص شد مرکز دامنه های جنوب غربی و دامنه های شمال شرقی این رشته کوه از شرایط بهتر و مناسب تری برای فرآیندهای کارستی و شکل گیری آبخوان های کارستی برخوردارند. همچنین بررسی ها نشان داد اکثر چشمه های موجود در منطقه، بر نواحی پهنه بندی شدهٔ مستعد شکل گیری آبخوان های کارستی قرار گرفته است.**

**کلیدواژگان:** اشتران کوه، سازندهای آهکی، مدل SAW، هیدروژئوموفولوژی.

۱ . **نویسنده مسئول:** تهران، خیابان مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه ژئومرفولوژی.

1. Simple Additive Weighting.
2. Analytic Hierarchy Process.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

**مقدمه**

مناطق کارستی به نواحی مشخصی اطلاق می شود که از طریق انحلال سنگ بستر و توسعهٔ شبکهٔ زهکشی زیرزمینی گسترش یافته و اساساً با سازندهای کربناته ارتباط پیدا می کند(والتهام[۴] و همکاران، ۲۰۰۵). رخنمون سازندهای کارستیک ۲۰ درصد از سطح قاره ها را فرا گرفته است(فورد و ویلیامز[۵]، ۲۰۰۷). ۱۱ درصد از مساحت ایران را سازندهای کارستی پوشانیده(افراسیابان، ۱۳۷۲) که ۲۳ درصد آن در ناحیهٔ زاگرس قرار گرفته است(اشجاری و همکاران، ۲۰۰۶). اصطلاح «آبخوان کارستی » در برگیرندهٔ نواحی کارستی در سنگ های کربناته است که توسعهٔ کم یا زیاد کارست را به ترتیب در آبخوان با جریان افشان یا جریان مجرایی ایجاد می کنـد(اتکینسون[۶]، ۱۹۷۷). ایجاد و توسعهٔ ژئومورفولوژی کارست، باعث شکل گیری سیستم کارستی و تشکیل آبخوان های کارستی می گردد(باکالویچ[۷]، ۲۰۰۵). در واقع، آبخوان های کارستی، مخازن زیرزمینی بوده که آب را در شبکه ای از درزه و شکاف های بهم پیوسته، غارها و کانال ها ذخیره می کنند(میلانویچ[۸]، ۲۰۰۵). جریان آب زیرزمینی در آبخوان های کارستی متفاوت از جریان آب در محیط های متخلخل است بطوریکه جریان سریع در شبکهٔ مجراها و جریان پایه در ماتریکس را می توان در آبخوان های کارستی شناسایی کرد. معمولاً اکثر آبخوان های کارستی دارای هر دو نوع جریان هستند( لارکو، مانین، رازک و بنتون[۹]، ۱۹۹۸). مانجین[۱۰](۱۹۸۵) میزان توسعهٔ کارست را عامل ایجاد ناهمگنی هدایت هیدرولیکی در آبخوان های کارستی می داند. پادیلا و پیولیدا بوش[۱۱](۱۹۹۵) مطالعات هیدروژئولوژیکی در سیستم های کارستی را بـه دلیل ناهمگنی و پیچیدگی های محیط های کارستی دشوار می دانند. انتخاب رویکرد مناسب در مطالعهٔ آبخوان های کارستی بـه عوامل زیادی، مانند ویژگی های سیستم کارستی، نتایج مورد نظر، داده های موجود، هدف و دقت پژوهش، منابع مالی، زمان و.... مرتبط است(جیمکو و پترویچ[۱۲]، ۲۰۰۹). شناخت تنوع فضایی زمانی دبی چشمه در سیستم های کارستی، منجر به شناخت فرایندهای هیـدرولوژیکی و ساختار آبخوان، مدیریت مصرف آب و ارزیابی آسیب پذیری آبخوان ها نسبت به آلاینده ها می شـود(لیو، چن، خو و شو[۱۳]، ۲۰۱۱). به طورکلی آبخوان های کارستی دارای سه منطقهٔ تغذیه، انتقال و تخلیه می باشند. مناطق تغذیه، به عنوان تأمین کنندهٔ ورودی آبخوان، نقش اساسی در چرخهٔ هیدرولوژیکی آبخوان های کارستی دارند. با توجه به عدم یکسان بودن ژئومورفولوژی کارست سطحی و لندفرم ها، نوع و چگونگی تغذیه در آبخوان های کارستی متفاوت می باشد(انتظاری و همکاران، ۱۳۹۴). وایت[۱۴](۱۹۹۸) معتقد است که تغذیهٔ آبخوان های کارستی به چهار حالت مختلف تغذیه خودزا، تغذیه دگرزا، رواناب درونی و تغذیه از طریق آبخوان های معلق صورت می گیرد. در مقابل فورد و ویلیامز(۲۰۰۷) معتقدند که

3.Waltham
4.Ford & Williams
6.Atkinson
7.Bakalowicz
8.Milanovic
9.Larco, Manin, Razak and Benton
10.Manjin
11.Padilla and Pichola Bush
12.Jimco and Petrovich
13.Liuo, chen, khoe and shoe
14.White

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

به طورکلی سه نوع تغذیه خودزا، دگرزا و مخلوط در آبخوان های کارستی وجود دارد و تغذیه به صورت رواناب درونی و آب خروجی از آبخوان های معلق جزئی از دو حالت خودزا و دگرزا می باشند. ویژگی های ژئومورفولوژیکی منطقهٔ تغذیه و نوع تغذیه تأثیر اساسی در ویژگی های هیدرولوژیکی آبخوان های کارستی دارند. امروزه مسائل و مشکلات مرتبط با تأمین آب و مدیریت آن، در برنامه ریزی های عمرانی کشور مسئلهٔ مهمی است. طبق آمار بدست آمده از سازمان منابع آب کشور، تعداد چاه های حفر شده در سازندهای سخت در کشور ، ۹۲۵ حلقه می باشد که حجم تخلیه آن معادل ۳۲۰ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است. همچنین تعداد ۳۷۴۹۰ دهنه چشمه با تخلیهٔ سالانه ۱۲۶۳۲ میلیون متر مکعب در سازندهای سخت وجود دارد که بیشتر از ۷۵ درصد آنها از سازندهای کربناته سرچشمه می گیرند. مدلسازی مناطق تغذیه در آبخوان های کارستی یک موضوع جدید است که با پیشرفت GIS و RS توسط شابان و همکاران(۲۰۰۴)، هوگز[۱۵] و همکاران(۲۰۰۶) و رادولویس[۱۶](۲۰۱۲) مورد توجه قرار گرفت. قبل از این مطالعات، پژوهش های انجام گرفته در زمینهٔ تغذیه آبخوان های کارستی در حیطهٔ مباحث هیدرودینامیکی و تعیین نوع تغذیه و نوع جریان بوده و بر ویژگی های منطقهٔ انتقالی آبخوان تأکید داشته اند. از جمله این پژوهش ها می توان از کارهای مانجین(۱۹۸۴)، ساوتر[۱۷](۱۹۹۲)، توچ[۱۸] و ساوتر(۱۹۹۸)، جونز[۱۹](۲۰۰۱)، جوکیک[۲۰](۲۰۰۸)، باور[۲۱] و همکاران(۲۰۰۵)، جیر[۲۲] و همکاران (۲۰۰۸)، جانزا[۲۳](۲۰۱۰) و سانتوس و آندرو[۲۴](۲۰۱۰) نام برد.

## روش تحقیق

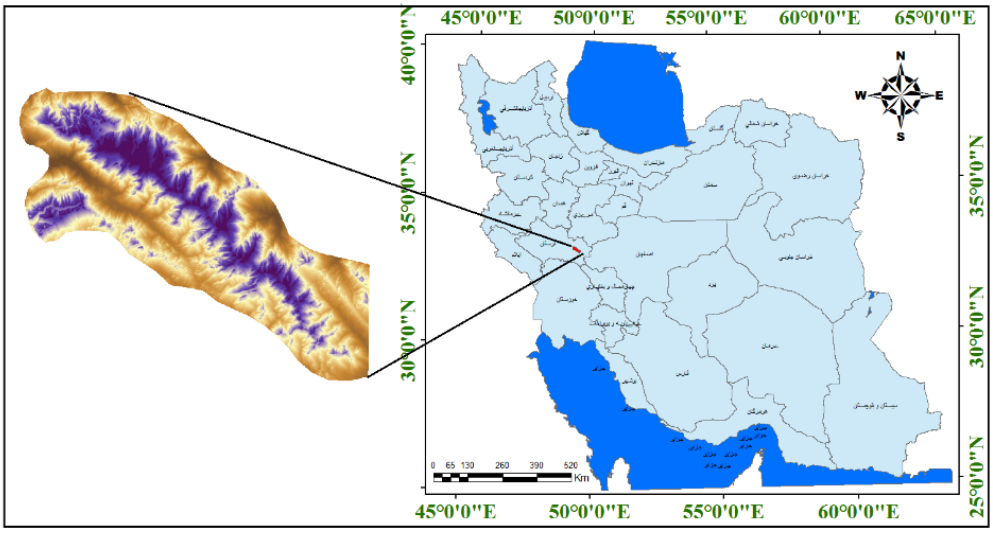
### منطقهٔ مورد مطالعه

اشتران کوه به معنی کوه آب در پارسی باستان نام رشته کوهی در شرق استان لرستان و یکی از بلندترین رشته کوه های زاگرس می باشد. منطقهٔ مطالعاتی مورد نظر در حد فاصل ۳۳ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۲۷ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و۳۰ دقیقهٔ طول شرقی قرارگرفته و مساحتی حدود ۳۱۵ کیلومتر مربع را در بر می گیرد. از نظر موقعیت سیاسی در استان لرستان از غرب به شهرستان دورود، از جنوب و شرق به شهرستان الیگودرز و از شمال به شهرستان ازنا منتهی می شود. این خط الرأس در فاصلهٔ تقریبی ۱۸ کیلومتری جنوب غربی شهرستان ازنا تا کوهستان چقاگرگ در جنوب خط الرأس امتداد می یابد. اشتران کوه در امتداد زاگرس رورانده و بلندترین قلل زاگرس که از شاهو درکردستان تا دنا در فارس کشیده شده اند قرار دارد. وجود قلل پشت سر هم و ممتد که همگی به ردیف و مانند کاروانی از شتر قرارگرفته اند موجب شده این رشته کوه به شترکوه یا اشتران کوه معروف شود. قلل اشتران کوه به صورت قوس هایی هستند که در

15.Hughes
16.Radwis
17.Savter
18.Tuoch
19.Jones
20.Jokik
21.Baver
22.jeer
23.janza
24.Santos and Andro

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

منتهی الیه هر قوس آن برفچال و یخچال های بزرگی در حد فاصل دو قله قرار گرفته است که در نتیجهٔ ذوب این یخچال ها جریان های سطحی و تغذیهٔ آبخوان های زیر زمینی در منطقه صورت می گیرد.شکل(۱).




**شکل (۱). موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه**

**لیتوژئومورفولوژی منطقهٔ مورد مطالعه**

سازندها و لیتولوژی منطقهٔ اشتران کوه در سه دسته از نظر موقعیت استقرار تقسیم بندی می شوند:

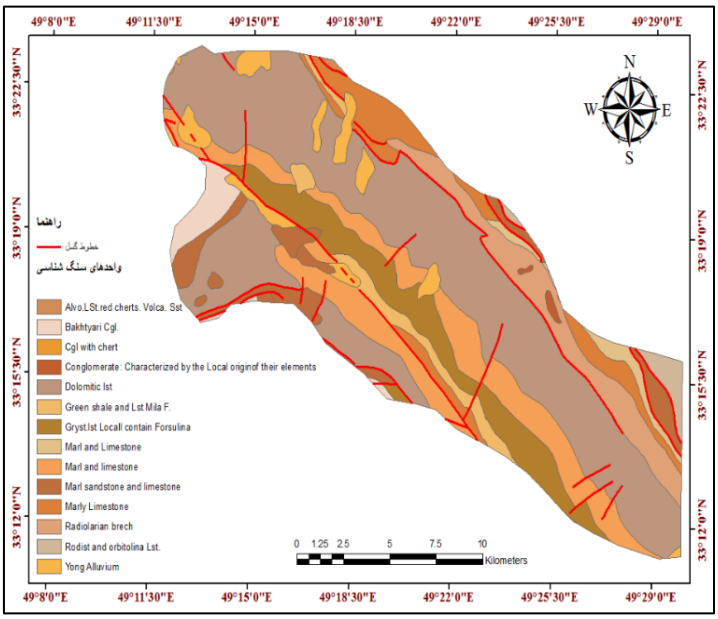
۱- خط الرأس، که مهمترین عارضهٔ تشکیل دهندهٔ اشتران کوه است و از نظر گسترش سطحی شامل، آهک و آهک شیلی سیاه دورهٔ کرتاسهٔ میانی می باشد. پهنهٔ بزرگ این سازند به طول بیش از ۵۰ کیلومتر از جنوب شرقی دورود تا انتهای منطقهٔ مورد نظر در خلیل آباد گسترده شده است. این سازند به عنوان طولانی ترین سازند اشتران کوه، از سمت جنوب در امتدادی طولانی با شیل و آهک شیلی و سپس با آهک و دولومیت ژوراسیک(سازند نیریز/ سورمه) مجاورت دارد. این لیتولوژی به سمت جنوب به فاصلهٔ چند سازند به گسل معروف درهٔ دزدان منطبق بر درهٔ گهر منتهی می شود. سازند سروک ناحیهٔ اشتران کوه تنها سازند با رخسارهٔ عمیق در کشور محسوب می شود و متشکل از آهک نازک لایهٔ دانه ریز و تیره رنگ رسی- مارنی و دارای فسیل ذره بینی پلاژیک می باشد(احمدی، ۱۳۸۵).

۲- دامنهٔ جنوبی، که شامل سازند گرو، سازند نیریز/ سورمه، سازند خانه کت، سازند دالان، سازند زردکوه، سازند میلا و سازند لولان می باشد و در بین آنها سازندهای گرو(شیل و آهک شیلی کرتاسهٔ اولیه)، نیریز/ سورمه(آهک و آهک دولومیتی ژوراسیک)، دالان(آهک و دولومیت پرمین)، میلا(آهک و شیل کامبرین) بدلیل داشتن خواص کربناته از قابلیت خوبی برای فرآیند کارستی شدن و تشکیل آبخوان های کارستی برخوردارند.

۳- دامنهٔ شمالی، که شامل سازند امیران، سازند تله زنگ، سازند پابده، سازند سنگ آهک کرتاسه، سازند سنگ آهک تریاس، سازند آسماری، سازند آبرفت های جوان کواترنر و آبرفت های کهن و پادگانه های مربوط به دورهٔ کواترنر می باشد. در این دامنه سازندهای آسماری(سنگ های آهک روشن و آهک دولومیتی الیگوسن)، سنگ

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

آهک(کرتاسه)، تله زنگ(سنگ آهک خاکستری پالئوسن_ ائوسن) از قابلیت خوبی برای کارستی شدن و تشکیل آبخوان های کارستی برخوردارند.شکل(۲).




**شکل(۲). نقشهٔ زمین شناسی منطقهٔ اشتران کوه**

این پژوهش یک تحقیق توسعه ای-کاربردی مبتنی بر روش های کتابخانه ای، بازدید میدانی و مدلسازیSAW وAHP می باشد. در این پژوهش ابتدا عوامل موثر در شکل گیری فرآیند کارست زایی که شامل شرایط جوی، رواناب سطحی، شیب، تکتونیک و سنگ شناسی می باشد تعیین و با توجه به اهمیت هر پارامتر در کارستی شدن، با استفاده از مدل AHP وزندهی هر پارامتر صورت گرفت. سپس با استفاده از مدل SAW ترکیب تأثیر پارامترها انجام و پهنه بندی مناطق مستعد کارستی شدن در محیط Arc GIS 10.3 صورت گرفت. در پایان با اضافه کردن نقشه پراکندگی چشمه های منطقه بر پهنه بندی انجام شده میزان انطباق وجود چشمه های کارستی و مناطق مستعد تشکیل آبخوان های کارستی بررسی شد.

**مدل SAW**

این مدل زیر مجموعه ای از روش های تصمیم گیری چند معیاری[۲۵](MCDM) است که در ارتباط با معیارهایی قرار دارد که از اهمیت متفاوتی برای تصمیم گیری برخوردارند. بنابراین لازم است در ارتباط با اهمیت نسبی معیارها اطلاعاتی وجود داشته باشد که این امر با تعیین وزن برای هر معیار از روش AHP صورت می گیرد که در آن هرچه اهمیت یک معیار در رخداد پدیده بیشتر باشد دارای وزن بیشتری می باشد. در نهایت از ضرب وزن های مؤثر در هر معیار و Overlay کردن معیارها، خروجی مدل حاصل می شود: رابطه(۱):

24. Multi Criteria Decision Making.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

رابطه (۱). $SAW = \max \sum Xij \times Wij$

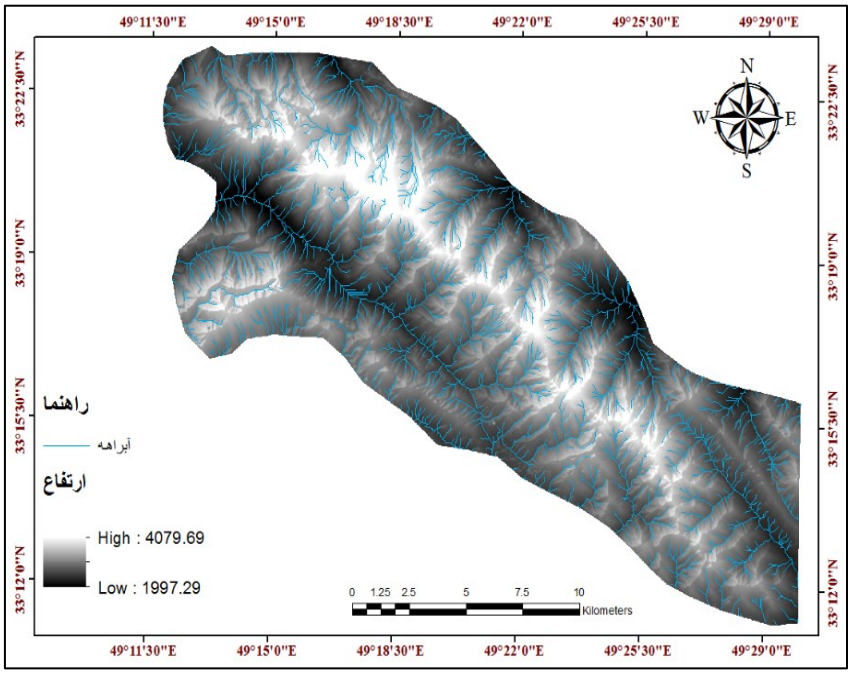
SAW =مدل بیشترین مقدار مجموع (وزن موثر هر معیار × مقادیر هر معیار)

برای اجرای مدلسازی SAW در اولین گام معیارهای مؤثر در رخداد پدیده را مشخص می کنیم که در این پژوهش عوامل موثر در پدیدهٔ کارستی شدن و شکل گیری آبخوان های کارستی به شرح زیر است:

۱-زمین شناسی(L): خصوصیات مختلفی از قبیل میزان رخنمون، ضخامت و خصوصیات لیتولوژیکی سنگ های کارستی و ارتباط با لیتولوژی های دیگر در مقیاس ناحیه ای، کنترل کننده های زمین شناسی توسعهٔ کارست را تشکیل می دهند(وردنجانی، ۱۳۸۹). ترکیب سنگ شناسی به طور مستقیم نفوذپذیری و در نتیجه میزان تغذیه همچنین قابلیت کارستی شدن را تحت تأثیر قرار می دهد. به طور کلی سنگ آهک و دولومیت به ندرت به صورت خالص وجود دارند و اغلب حاوی ترکیبات مختلف از کانی های دیگر مانند دولومیت مارنی، شیلی، ماسه ای، چرت و .... می باشند. هرچه میزان ناخالصی سنگ های کربناتی کمتر باشد میزان قابلیت برای کارستی شدن در آنها بیشتر می شود و اساساً فرآیند کارستی در مناطقی رخ می دهد که از سازندهای کربناتی تشکیل شده باشد، بنابراین سازندهای کربناتی با درجهٔ خلوص بیشتر در مرحلهٔ امتیاز دهی در شکل گیری آبخوان های کارستی بالاترین امتیاز را نسبت به دیگر پارامترها به خود اختصاص می دهند.

۲- شرایط جوی(A): از عوامل موثر در کارستی شدن یک منطقه می توان به شرایط اقلیمی آن که شامل بارندگی و دما است اشاره کرد(با توجه به کوهستانی بودن منطقه و عدم وجود ایستگاه های سینوپتیک در این ناحیه، تغییرات ارتفاع که ارتباط مستقیم با افزایش بارش و کاهش دما دارد به عنوان عامل موثر مورد بررسی قرار گرفت). در این پارامتر مقدار تغذیه از طریق متغیر بارش و تبخیر و تعرق تحت تأثیر قرار می گیرد. به طور طبیعی، کارست در مناطقی پیشرفت می کند که میزان بارندگی و رطوبت بالاتر باشد و خشکی و نبود رطوبت مانع از توسعهٔ کارست می گردد. شرایط دما و بارش را می توان بطور غیرمستقیم به عنوان تابعی از ارتفاع در نظر گرفت بطوریکه با افزایش ارتفاع، میزان دما کاهش می یابد که این امر باعث کاهش میزان تبخیر و تعرق می شود همچنین به طور معمول با افزایش ارتفاع میزان بارندگی نیز افزایش می یابد. با توجه به مطالب گفته شده در مرحلهٔ امتیاز دهی در شکل گیری آبخوان های کارستی، شرایط جوی بعد از لیتولوژی بیشترین امتیاز را نسبت به دیگر پارامترها به خود اختصاص می دهند. شکل(۳).

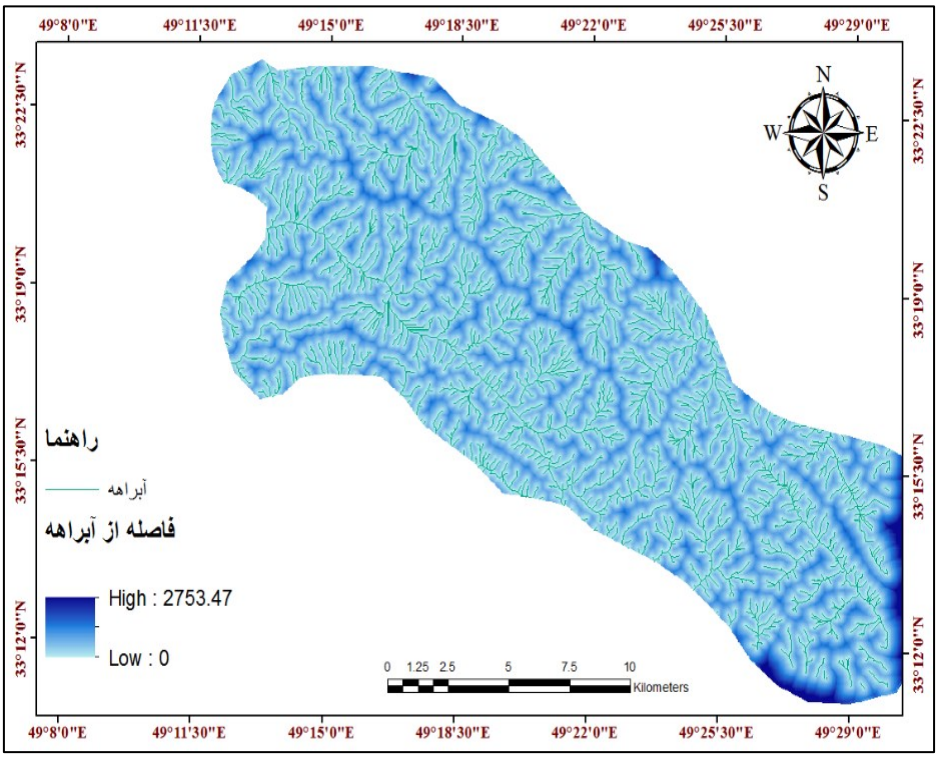
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]




**شکل(۳). پهنه بندی ارتفاع و پراکندگی آبراهه های منطقه اشتران کوه با استفاده از مدل SAW**

۳- رواناب(R): وجود آب فاکتوری مهم در توسعهٔ کارست است بطوریکه این عامل اصلی ترین متغیر در کنترل انحلال و فرسایش است. آبراهه ها به عنوان محل عبور آب از ارتفاعات به پایین دست به شمار می روند و می توانند در نفوذ آب به زمین مؤثر باشند، بخصوص اگر در مناطق کم شیب و در محل عبور گسل ها یا درزه های بزرگ واقع شده باشند، چرا که آب هنگام عبور از آنها برای مدتی فرصت نفوذ به درون زمین را پیدا می کند. بنابراین مناطق با تراکم بیشتر رواناب سطحی همچنین مناطق با جریان های دائمی دارای شرایط مناسب برای کارستی شدن یک منطقه دارند و هر چه از محل رواناب های سطحی فاصله بگیریم امکان کارستی شدن نیز کاهش می یابد. با توجه به مطالب فوق، جریان های سطحی بعد از شرایط جوی و در ردهٔ سوم از نظر اهمیت در توسعهٔ کارست و تشکیل آبخوان قرار می گیرند و میزان اثر آن به نوعی تابع شرایط اقلیمی می باشد. شکل(۴).

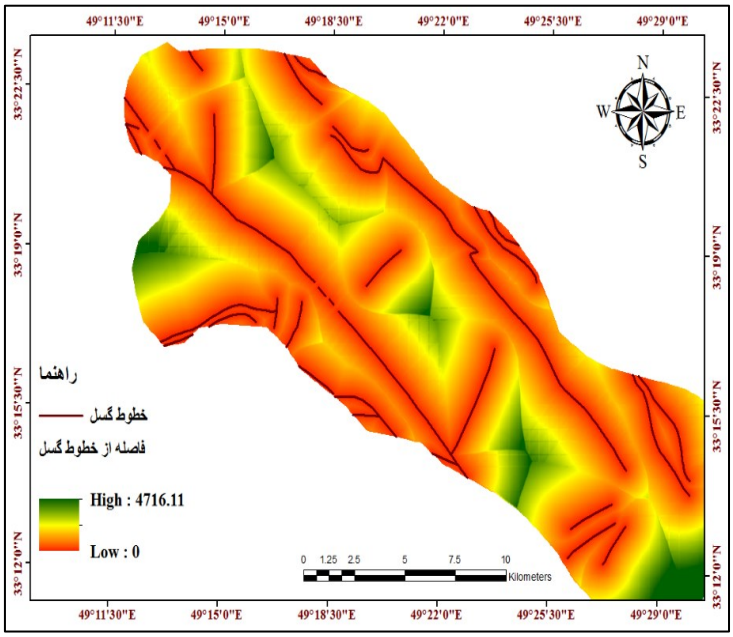
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]



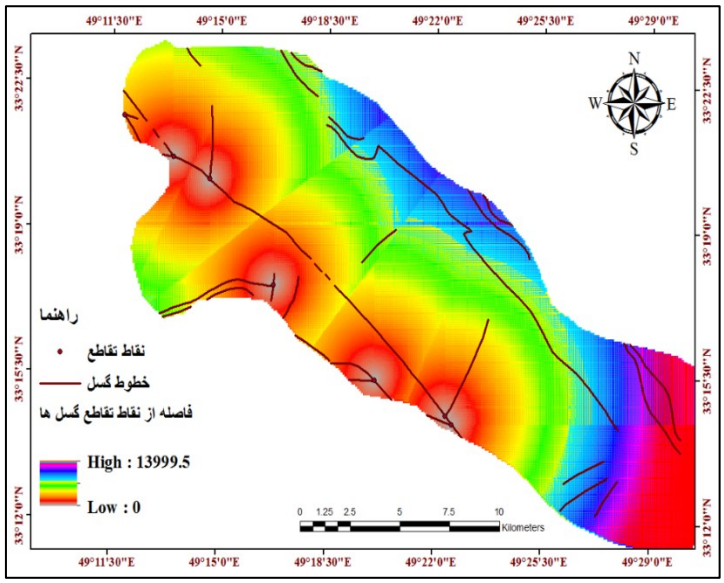

**شکل(۴). پهنه بندی فاصله از رواناب سطحی منطقه اشتران کوه با استفاده از مدل SAW**

۴- تکتونیک(T): در مناطقی که از نظر تکتونیکی فعال می باشند، به دلیل تلاش عوامل طبیعی جهت رسیدن به حالت تعادل، توسعهٔ کارست دارای تداوم بیشتری می باشد (وردنجانی، ۱۳۸۹). فضاهای خالی و درز و شکاف ها و به دنبال آن نفوذپذیری از عوامل مهم در افزایش قابلیت انحلال توده های سنگی و ایجاد کارست می باشد و مقدار نفوذ آب و تغذیهٔ آبخوان به طور قابل توجهی به درجهٔ شکستگی و میزان درز و شکاف موجود در سنگ بستر بستگی دارد که معمولاً در مناطق گسل خورده این مقدار افزایش پیدا می کند بنابراین مناطق با تراکم بیشتر شکستگی و گسل، قابلیت بالایی برای کارستی شدن دارند. از طرفی محل طلاقی خطوط گسل که به عنوان Mid-Point شناخته می شوند مکان های مناسبی برای نفوذ آب های سطحی و تشکیل آبخوان های کارستی می باشند، به همین دلیل این نقاط نیز در کنار سایر عوامل موثر مورد توجه قرار گرفتند و در کنار خطوط گسلی در امتیاز دهی در مدل AHP بعد از زمین شناسی و شرایط جوی و فاصله از آبراهه در ردهٔ چهارم اهمیت در شکل گیری آبخوان های کارستی قرار می گیرند. اشکال(۵) و(۶).

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]




شکل(۵). فاصله از خطوط گسلی منطقهٔ اشتران کوه

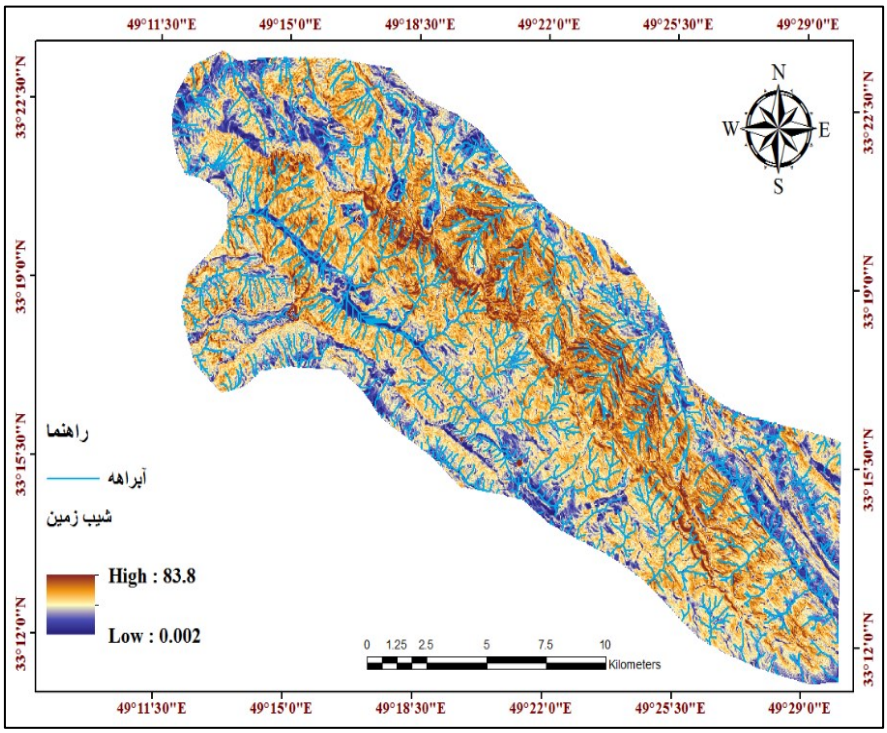



شکل(۶). فاصله از نقاط تقاطع خطوط گسل در منطقهٔ اشتران کوه

۵- شیب(S): همانطور که در قسمت رواناب نیز اشاره شد، شیب از عوامل مهمی است که باعث شکل گیری رواناب در سطح شده و تعیین کنندهٔ میزان تبدیل آب بارش به جریان سطحی است. به طورکلی هر چه میزان شیب یک منطقه کمتر باشد سرعت حرکت آبراهه و جریانات سطحی بر روی آن کمتر و در نتیجه فرصت نفوذ آب به داخل زمین بیشتر و شرایط برای کارستی شدن فراهم تر می باشد، بنابراین در شیب های کمتر شرایط

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

برای نفوذ آب و کارستی شدن نسبت به مناطق با شیب زیاد بهتر می باشد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه اکثر قسمت های منطقه مورد مطالعه دارای شیب زیاد می باشد و تنها بخش های کوچکی از منطقه دارای شیب مناسب برای نفوذ آب به داخل زمین می باشد بنابراین فاکتور شیب از نظر اهمیت امتیازدهی در بین پارامترهای دیگر از اهمیت کمتری برخوردار است در نتیجه کمترین امتیاز را به خود اختصاص می دهد و در بین پارامترها در ردهٔ پنجم اهمیت برای کارستی شدن منطقه قرار می گیرد. شکل(۷).



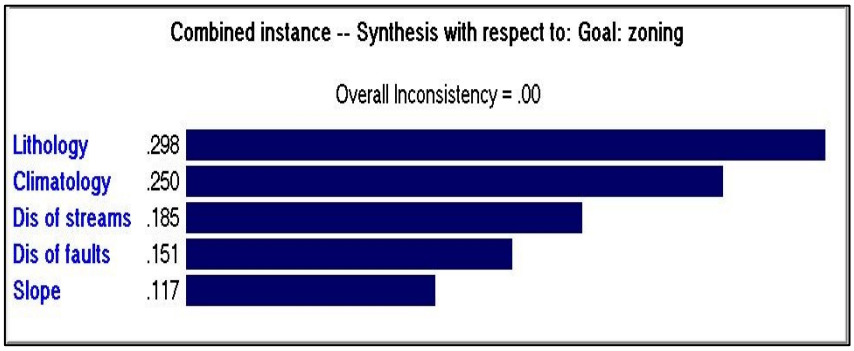

**شکل(۷). پهنه بندی شیب منطقه اشتران کوه با استفاده از مدل SAW**

پس از تعیین پهنه بندی معیارهای مؤثر در کارستی شدن با استفاده از روش AHP و با در نظر گرفتن اهمیت هر معیار نسبت به دیگر پارامترها به صورت دو به دو در محیط نرم افزار EXPERT CHOISE، وزن هر معیار مشخص شد: **جدول(۱) و شکل(۸).**

**جدول(۱). مقایسهٔ زوجی معیارهای اصلی مدل**

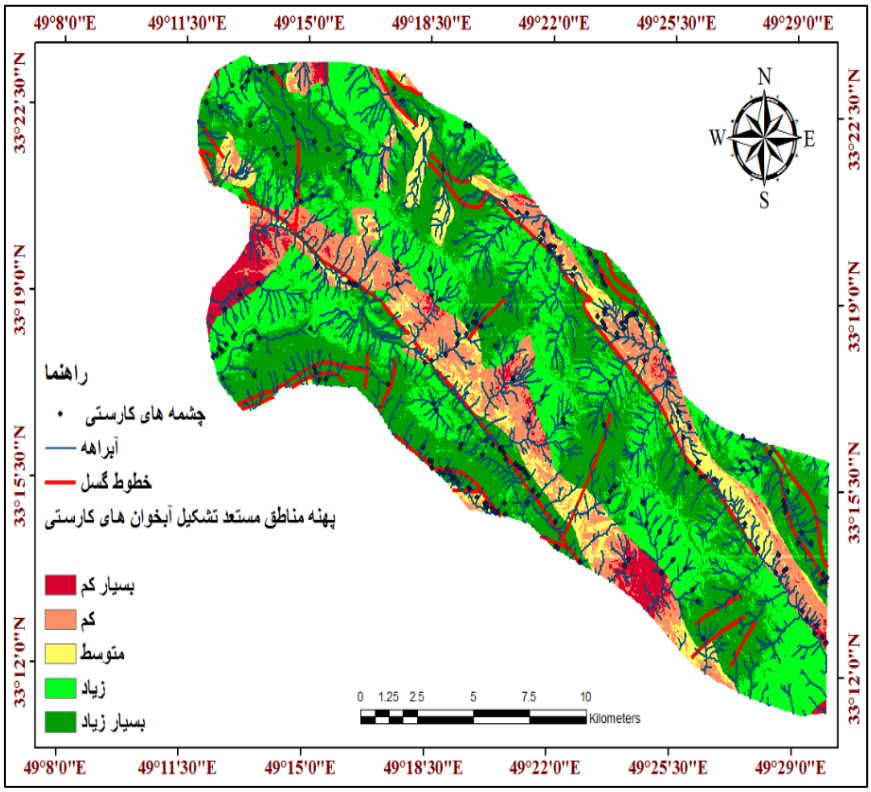
| Weight | Slope | Dis of faults | Dis of streams | Climatology | Lithology | Description |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۲۹۸ | ۳ | ۳ | ۲ | ۲ | ۱ | Lithology |
| ۰/۲۵۰ | ۳ | ۳ | ۲ | ۱ | - | Climatology |
| ۰/۱۸۵ | ۲ | ۱ | ۱ | - | - | Dis of streams |
| ۰/۱۵۱ | ۲ | ۱ | - | - | - | Dis of faults |
| ۰/۱۱۷ | ۱ | - | - | - | - | Slope |
| ۱ | - | - | - | - | - | Sum |

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]




شکل(۸). مقایسهٔ ذوجی معیارهای اصلی مدل

در نهایت با مشخص شدن و ضرب کردن وزن هر معیار در مقدار آن و Overlay کردن هر لایه در محیط نرم افزار Arc GIS، خروجی نهایی مدل SAW بدست آمد که همانطور که در شکل مشخص است مرکز دامنهٔ جنوب غربی همچنین دامنهٔ شمال شرقی اشتران کوه از شرایط بهتر و مناسب تری برای کارستی شدن و شکل گیری آبخوان های کارستی برخوردارند. شکل(۹).




شکل(۹). پهنه بندی مناطق مستعد کارستی شدن و تشکیل آبخوان های کارستی در منطقهٔ اشتران کوه

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

## نتیجه گیری

در این پژوهش خصوصیات و ویژگی های منطقهٔ اشتران کوه از نظر فرآیندهای کارستی و قابلیت تشکیل آبخوان های کارستی مورد بررسی قرار گرفت و برای این امر ابتدا با استفاده از مدل AHP میزان اثر و وزن هر معیار در کارستی شدن منطقه تعیین سپس با استفاده از مدل SAW که زیر مجموعه ای از روش های تصمیم گیری چند معیاری است پهنه بندی مناطق مستعد تشکیل آبخوان های کارستی منطقهٔ اشتران کوه توسط نرم افزار Arc GIS 10.3 انجام و با پراکندگی چشمه های موجود در این منطقه تطبیق داده شد و نتایج بدست آمده به صورت زیر مشخص شد:

**مناطق با استعداد کم و بسیار کم برای تشکیل آبخوان های کارستی:** این نواحی شامل خط الرأس ها و محدوده های اطراف آنها، نواحی فاقد گسل و درزه و با شیب زیاد که از نظر سازندهای زمین شناسی عموما غیرکربناتی هستند می باشد.

**مناطق با استعداد متوسط برای تشکیل آبخوان های کارستی:** این طبقه شامل نواحی ما بین خط الرأس ها و گسل های منطقه می باشد که به علت داشتن شرایط مساعدتر از نظر شیب و نزدیکی به گسل ها نسبت به طبقهٔ قبلی دارای انطباق بیشتر چشمه های کارستی می باشد.

**مناطق مستعد برای شکلگیری آبخوان های کارستی:** این نواحی دقیقا بر گسل ها و نواحی کم ارتفاع با شیب کم که از سازند های کربناتی دارای خلوص بالا می باشند منطبق شده است از طرفی اکثر چشمه های کارستی منطقه نیز در این نواحی قرار گرفته اند که نشان از وجود و گسترش آبخوان های کارستی در این نواحی می باشد.

**پیشنهادات:** با توجه به کاهش بارندگی در سال های اخیر و خشکسالی های پیاپی که موجب کاهش ذخیرهٔ برفچالی و یخچالی اشتران کوه که منبع اصلی تغذیهٔ رود های دائمی در این منطقه می باشد، شده است، شناسایی و بهره برداری از آبخوان های کارستی منطقه اشتران کوه می تواند به عنوان منبع تامین کننده آب پایین دست مورد توجه قرار گیرد.

## منابع

احمدی، حسن(۱۳۸۵). **سازندهای دورهٔ کواترنر و مبانی نظری و کاربردی آن در منابع طبیعی**، انتشارات دانشگاه تهران.

افراسیابیان، احمد(۱۳۷۷). **اهمیت مطالعات و تحقیقات منابع آب کارست در ایران**، مجموعه مقالات دومین همایش جهانی آب در سـازندهای کارستی، کرمانشاه.

انتظاری، مژگان(۱۳۹۴). **مدل سازی مناطق تغذیهٔ آبخوان های کارستی با استفاده از مدل karstlop**، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، **۴(۲)**: ۱۳۷-۱۲۱.

کریمی وردنجانی، حسین(۱۳۸۹). **هیدروژئولوژی کارست**، انتشارات ارم شیراز.

Ashjari, J& Raeisi, E. (2006). **Influencees of anticlinal structure on regional flow, Zagros, Iran**. Cave and karst science, **68**(3).145-159.

Atkinson, T. C. (1997). **Diffuse flow and conduite flow in limestone terrain in the Mendip Hills**. Journal of Hydrology**, 35**: 363-380.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]

[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]

[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

Bakalowicz, M. (2005). **Karst Groundwater a Challenge for New Resources**: Hydrogeology Journal, **13 (1),** 148-160.
Bauer, S& Liedl, R& Sauter, M. (2005). **Modeling the influence of epikarst evolution on karst aquifer genesis, a time-variant recharge boundary condition for joint karst-epikarst development**: Water Resour Research, **41(9**): W09416.
Ford, D& Williamsm, P. (2007). **Karst Hydrogeology and Geomorphology:** John&Sons, Ltd.
Geyer, T& Birk, S& Liedl, R& Sauter, M. (2008). **Quantification of temporal distribution of recharge in karst systems**: spring hydrographs, J. Hydrology, **348**:452–463.
-Hughes, AG& Mansour, MM& Robins, NS& Peach, DW. (2006). **Numerical modeling of runoff recharge in a catchment in the West Bank. In: MODFLOW and More 2006: Managing Ground-Water Systems،** Conference Proceedings, v. 1, Golden, CO،p. 385–389.
Liu, L& Chen, X& Xu, G& Shu, L. (2011**). Use of Hydrologic Time-series Data for Identification of Hydrodynamic Function and Behavior in a Karstic Water System in China**, Hydrogeology, **19(8):**1577–1585.
Janza, M. (2010). **Hydrological modeling in the karst area, Rizana spring catchment**, **Slovenia**. Environ Earth Sci, **61**, 909–920.
Jemcov, I& Petric, M. (2009). **Measured Precipitation vs. Effective Infiltration and Their Influence on the Assessment of Karst Systems Based on Results of the Time Series Analysis**, Hydrology, **379**(3-4), 304-314.
Jones, k& William, p. (2001). **Introduction to epikarst**: Karst Waters Institute Special Publication 9.
Jukic, D& Denic-Jukic ،V. (2008). **Estimating parameters of groundwater recharge model in frequency domain،Karst springs Jadro and Zrnovnica**: Hydrol Process، **22**, 4532–4542.
Larocque, M. Mangin, A. Razack, M. Banton, O. (1998). **Contribution of Correlation and Spectral Analyses to the Regional Studyof a Large Karst Aquifer** (Charente, France), Hydrol, **205(3-4):**217–231.
Mangin, A. (1984). **Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses correlatoire etspectral**, **67**: 25-43.
Mangin, A. (1985). **Progrès Récents Dans L'étude Hydrogéologique Des Karsts [Recent Progress in the Study of Karst Hydrogeology]**, Stygologia, **1(3):** 239-257.
Milanović, P. (2005). **Water Resources Engineering in Karst**: Taylor & Francis.
Padilla A. Pulida-Bosch, A. (1995). **Study of Hydrographs of Karstic Aquifers by Means of Correlation and Cross-spectral Analysis**, Hydrology. **168(1-4):**73–89.
Radulovic, M& Stevanovic, Z. (2012). **A new approach in assessing recharge of highly karstified terrains–Montenegro case studies**: Environ Earth Sci, **65**: 2221–2230,
Sauter, M. (1992). **Quantification and forecasting of regional groundwater flow and transport in a karst aquifer (Gallusquelle, Malm, and SW Germany)**: Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten، **13**, 150-165..
Shaban, A& BouKheir, R& Froidefond, J& Khawlie, M& Girard, M-C. (2004). **Characterization of morphometric factors of drainage system interrelated to rock infiltration: the case of the Occidental Lebanon**: Caract´erisation des facteurs

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]

morphom´etriques des r´eseaux hydrographiques correspondant aux capacit´es d'RPs des roches au Liban Occidental. Zeitschrift Fur Geomorphologie،v. 48،p.1.
Waltham, T& Bell, F& Culshaw, M. (2005). **Sinkholes and Subsidence: Karst and cavernous roks in engineering and construction**, Springer.
White, W.b. (1998). **Geomorphology and hydrology of a karst terrains**: Oxford University press.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.52.2.8 ]
[ DOI: 10.29252/jgs.19.52.21 ]