

پیش بینی آبدهی چشمه های کارستی در مواقع خشکسالی با هندسه فرکتالی (مطالعه موردی استان کرمانشاه)

توران کولانی^{۱*}، محمد نخعی^۲، مهران آربین^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبشناسی، دانشگاه علوم تحقیقات تهران، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی کرج، کرج، ایران.

۳- استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه علوم تحقیقات تهران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: tourankulani@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۴

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

چکیده

استان کرمانشاه با مساحتی در حدود ۲۴۹۵۳ کیلومتر مربع در میانه ضلع غربی کشور واقع شده است که قسمت عمده آن در داخل زون های زاگرس رورانده و چین خورده قرار دارد و اغلب ارتفاعات آن، از سازندهای سخت (کربناته) تشکیل شده است. پهنه های کارستی استان کرمانشاه نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان ها دارند. روش نوین برای مطالعه چشمه های کارستی هندسه فرکتالی است. مشخصه اصلی فرکتال ها ابعاد فرکتالی است که می توانند اعداد غیر صحیح را به خود اختصاص دهند. در آنالیزهای فرکتالی مهم ترین کاری که انجام می شود، تعیین موضوع تحلیل شده است. در این تحقیق سعی شده است ۵۹ چشمه از چشمه های کارستی استان انتخاب و وضعیت زمین شناسی، تکتونیک، وضعیت بارش، میزان هماهنگی آبدهی با تغییرات بارش، رفتار هیدرولیکی چشمه ها، گنجایش مخزن و زمان خشکسالی چشمه ها و در نهایت پیش بینی وضعیت کلی چشمه های کارستی و عکس العمل آن ها نسبت به تغییرات بارش به وسیله هندسه فرکتال بررسی گردد. نتایج این تحقیق پیش بینی دوره های خشکی چشمه های کارستی استان با هندسه فرکتال، تعیین نوع سیستم چشمه های کارستی استان، شدت دوره خشک یا آبدار چشمه ها و مقایسه مناطق مختلف استان از نظر پیشرفتگی کارست و تاثیر آن بر روی چشمه های کارستی استان می باشد.

کلمات کلیدی: بعد فرکتال، چشمه های کارستی، خشکسالی، هندسه فرکتال.

مقدمه

عدد نیستند. آنچه فراکتال ها را جذاب تر می کند، این است که بهترین توصیف های ریاضیاتی موجود برای بسیاری از پدیده های طبیعی، مانند سواحل، کوه ها یا بخش هایی از موجودات زنده هستند. دو مورد از مهم ترین خصوصیات فراکتال ها، خودتشابهی Self-similarity و بُعد غیر صحیح Non-integer Dimension آن ها است.

الطافی دادگر و نخعی (۱۳۸۹) در مقاله ای تحت عنوان تخمین نفوذپذیری ذاتی محیط متخلخل فرکتالی با روش مونت کارلو نفوذپذیری محیط متخلخل فرکتالی را با استفاده از شبیه سازی و تخمین زده اند. به این منظور با استفاده از نتایج و اندازه گیری های مطالعات قبلی بر روی چند نمونه ماسه سنگ

فراکتال یا برخال شاخه جدیدی از ریاضیات و هنر است. اغلب سیستم های فیزیکی در طبیعت و بسیاری از مصنوعات بشر مطابق هندسه استاندارد اقلیدسی اشکال هندسی منظمی ندارند. هندسه فراکتالی روش های تقریباً نامحدودی برای توصیف، سنجش و پیش بینی این پدیده های طبیعی ارائه می کند. بسیاری از افراد مجذوب تصاویری هستند که به آن ها فراکتال می گویند. فراتر از تصور معمول مردم، هندسه فراکتالی درباره ریاضیات است که آن را فرمول های پیچیده و کسل کننده می بینند. این هندسه، ریاضیات را با هنر در می آمیزد و نشان می دهد که معادله ها چیزی جز یک مجموعه

نیست و صاعقه در خط راست حرکت نمی‌کند. قبل از Mandelbrot ریاضیدانان معتقد بودند که بیشتر الگوهای طبیعت بسیار پیچیده، نامنظم، ذره ذره و بی‌شکل هستند تا بتوان به صورت ریاضی آن‌ها را توصیف کرد. اما Mandelbrot ژئومتری فرکتال جدیدی از طبیعت بر اساس بُعد چهارم و اعداد پیچیده ارائه کرد که مستعد شرح ریاضی نامنظم‌ترین و بدون شکل‌ترین اشکال دنیای واقعی است. آن‌طور که Mandelbrot می‌گوید، ژئومتری فرکتال فصلی از ریاضی نیست، بلکه چیزی است که به هر کسی کمک می‌کند تا دنیا را به صورت متفاوتی ببیند.

یازده درصد مساحت ایران را سازندهای کربناته کارستی پوشانده است (افراسیابیان، ۱۳۷۲؛ رئیسی و کوثر، ۱۹۹۷) حجم آب ذخیره شده در این مناطق می‌تواند نیاز آبی بسیاری از شهرها و روستاها را تامین کند. شهرهای بزرگی همچون شیراز، کرمانشاه و مناطق وسیعی از استان ایلام، لرستان و کردستان از منابع آب کارست تغذیه می‌کنند. صدها چشمه کارستی از سازندهای کارستی با آبدهی قابل ملاحظه و کیفیت بسیار خوب خارج می‌گردند. آب این چشمه‌ها مورد استفاده شرب، کشاورزی و آب‌معدنی قرار می‌گیرد. اکثر این چشمه‌ها گردشگران بسیاری را پذیرایی می‌کنند. سنگ‌های کارستی به میزان وسیعی در ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق سعی می‌شود چشمه‌های هر زون یا بخشی انتخاب و وضعیت زمین‌شناسی، تکتونیک، وضعیت بارش، میزان هماهنگی آبدهی با تغییرات بارش، رفتار هیدرولیکی چشمه‌ها، گنجایش مخزن و زمان خشکسالی چشمه‌ها، ضریب تغییرات دبی و خصوصیات هیدروشیمیایی، نوع سیستم کارستی چشمه و در نهایت پیش‌بینی وضعیت کلی چشمه‌های کارستی و عکس‌العمل آن‌ها نسبت به تغییرات بارش بررسی گردد. برای پیش‌بینی وضعیت چشمه‌ها در زمان خشکسالی از هندسه فرکتالی استفاده می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با مساحتی در حدود ۲۴۹۵۳/۲۸۶ کیلومترمربع در میانه ضلع غربی کشور واقع شده است که قسمت عمده آن در داخل زون‌های زاگرس رورانه و چین‌خورده قرارداد و اغلب ارتفاعات آن، از سازندهای سخت (کربنات) تشکیل شده است. پهنه‌های کارستی استان کرمانشاه نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان‌ها دارند. قسمت عمده‌ای از محدوده سیاسی استان کرمانشاه در بخش رورانه و

مانند تخلخل، بعد فرکتالی، حد بالایی خاصیت فرکتالی و نفوذپذیری ذاتی، با استفاده از مدل احتمالاتی مونته کارلو یک سری اعداد تصادفی و رندوم بین ۰ تا ۱ تولید و اندازه قطر منافذ تعیین گردیده است. نهایتاً مقدار نفوذپذیری برای نمونه‌های ماسه‌سنگ شبیه‌سازی و با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. نتایج این محققان نشان داد که مدل شبیه‌سازی مونته کارلو بدون نیاز به ضرایب تجربی، گسسته‌سازی مکانی و تنها با تعیین چند پارامتر مورد نیاز در آزمایشگاه، به خوبی قادر به شبیه‌سازی نفوذپذیری محیط متخلخل فرکتالی است. مقادیر اندازه‌گیری شده نفوذپذیری و محاسبه شده با همبستگی ۸۳ درصد برهم منطبق می‌باشند. فاطمه فخری، ۱۳۹۳ در پایان‌نامه خود با عنوان "پیش‌بینی دبی و زمان مرگ چشمه‌های کارستی ساسان و سیدحسین و روند تغییرات تراز آب در چاه‌های پیرومتری در دشت کازرون با هندسه فرکتالی" بعد فرکتالی چشمه ساسان و سیدحسین و همچنین چاه‌های پیرومتری واقع در منطقه کازرون را با روش هندسه فرکتالی به دست آورده تا پتانسیل منطقه را از نظر تشکیل چشمه ارزیابی کرده و آبدهی نیز پیش‌بینی گردد.

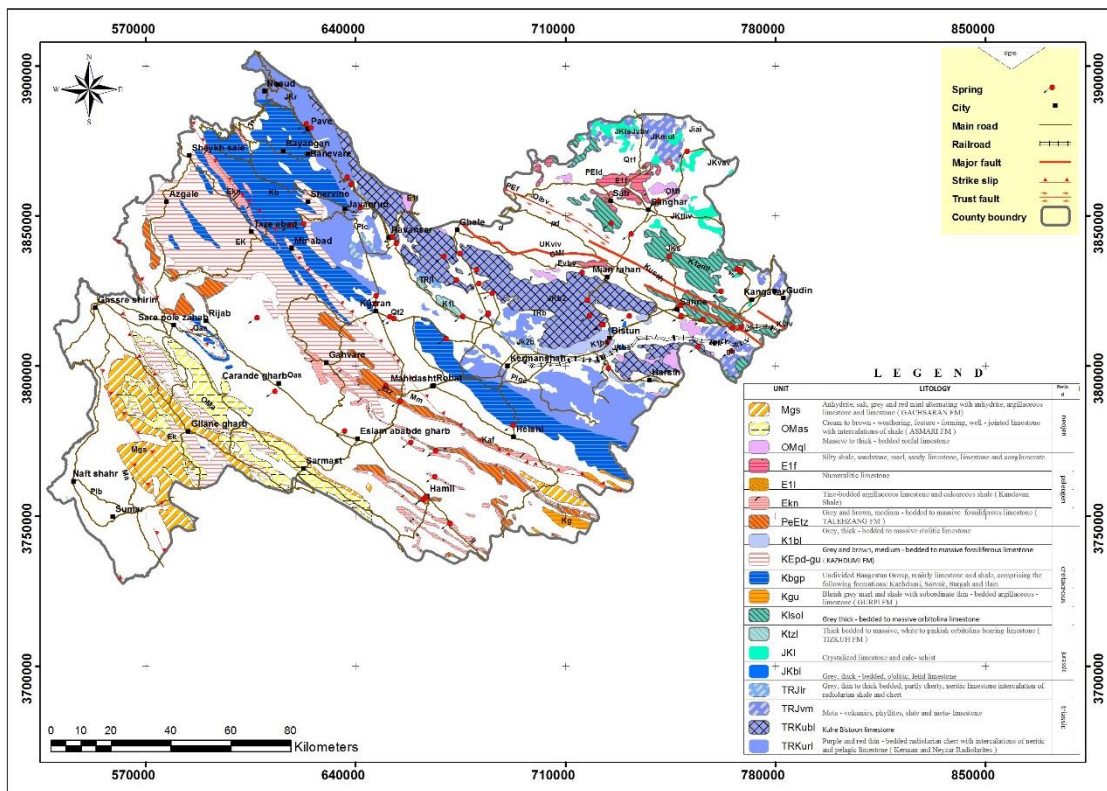
Pachepsky, (2004) در مقاله‌ای تحت عنوان کاربردهای ژئومتریک فرکتال در هیدرولوژی خاک، ویژگی‌های ژئومتریک ذرات اولیه، توده‌ها، سوراخ‌ها و سطوح خاک را واجد اهمیت فوق‌العاده‌ای برای فهم و مدیریت خاک‌ها می‌داند. Sagar and Chokalingam, (2004) در مقاله‌ای با عنوان بُعد فرکتال فضای غیر شبکه‌ای حوضه آبریز به نتایج زیر رسیده‌اند:

تولید فضای غیر شبکه‌ای M از حوضه X بازسازی شده از شبکه کانال، طوری که شبکه کانال در X شامل می‌شود و دوم اینکه تجزیه M به NOD برای محاسبه بعد به شکل وابسته هست. Mandelbrot. (1982). The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman. Freeman and Company.

فرمول بسیاری از دیدگاه‌های او را درباره ژئومتری فرکتال طبیعت، دنیای واقعی بُعد چهارم خلاصه می‌کند. این با اشکال ایده‌آل اقلیدسی ابعاد اول، دوم و سوم در تضاد است که تقریباً همه ریاضیدانان قبل از Mandelbrot با آن سرو کار داشته‌اند. ژئومتری اقلیدسی درباره کمال است که در طبیعت وجود ندارد. این شکل ابر، کوه یا درخت یا خط ساحلی را شرح نمی‌دهد. آن‌طور که Mandelbrot, (1982) در کتابش ژئومتری فرکتال طبیعت شرح می‌دهد، ابرها کره نیستند. کوه‌ها مخروط نیستند، خطوط ساحل دوایر نیستند و کشتی بادبانی تخت

است. پهنه‌های کارستی نقش مهمی در تأمین و تغذیه آبخوان‌های منطقه پیدا کرده‌اند. به طوری که منطقه مورد مطالعه با بیش از ۵۵۰ سراب و چشمه کارستی یکی از استان‌هایی است که عمده منابع تأمین آب سکونتگاه‌های آن را همین سراب‌ها و چشمه‌ها و آبخوان‌های کارستی تشکیل می‌دهد.

چین خورده زاگرس قرار دارد (شکل ۱). پیکربندی بخش قابل توجهی از این ارتفاعات از سازندهای سخت (کربنات) تشکیل شده است که تحت فازهای زمین ساختی مختلف شکل گرفته‌اند. لذا شرایط مناسبی از نظر زمین ساختی و سنگ شناسی جهت توسعه و تکامل فرآیند کارست فراهم شده



شکل ۱- نقشه زمین شناسی کارست استان با جانمایی چشمه های کارستی.

Figure 1. Karst geological map of the province with the location of karst springs.

در این بررسی برای شرح و تعیین ابعاد فرکتالی آبدی چشمه‌های کارستی مورد مطالعه در دوران مرطوب و غیر مرطوب فرض نماییم n تا دوره خشک (d_1 و d_2 و ... و d_n) در سرتاسر یک تراز خاص وجود دارد. برای استخراج بعد فرکتالی دوره خشک و مرطوب واحد دوره خشک (۱) d ، را به صورت یک دوره یک‌روزه، یک‌ماهه و یا یک‌ساله بر اساس داده‌های در دسترس انتخاب می‌کنیم (برای مثال، همراه نماینده ۱ cm روی منحنی باشد). یک طول معیار برابر واحد اولیه برای مرحله ۱ انتخاب می‌نماییم، معیار اندازه‌گیری را در امتداد دوره خشک می‌غزاینیم و تعداد آن‌ها، n_1 ، را برای واحد اولیه می‌شماریم. مرحله ۳ را تکرار کرده و زمان استمرار متفاوت دوره خشک را برداشت می‌کنیم تا نتیجه حاصل که یک سکانس از اعداد صحیح است به دست آید (n_1 و n_2 و ... و n_n). کار را ادامه داده و اعداد مراحل را به همان صورت برای پیدا نمودن حداکثر مراحل ($N(1) = n_1$ و n_2 و ... و n_m)

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و پیش‌بینی دبی چشمه‌های کارستی در زمان خشکسالی با هندسه فرکتالی، مراحل تهیه نقشه‌های هم معیار انجام شد. تهیه این نقشه‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری ۹.۲ ARC GIS صورت گرفت. داده‌های مورد نیاز جهت تهیه این نقشه‌ها از منابع مختلفی جمع‌آوری شده‌اند. بعضی از پدیده‌های اطراف ما در چهارچوب هندسه اقلیدسی قابل توجیه نمی‌باشند. در هندسه اقلیدسی بُعد صحیح مانند یک، دو و سه می‌باشند و هندسه اقلیدسی تنها می‌تواند پدیده‌ای یک‌بعدی، دو و سه‌بعدی و یا بیشتر را توضیح دهد. در بُعد فرکتالی این نگرش جدید به وجود آمده است که بُعد پدیده‌ها و رخدادها را عدد صحیح فرض نکنیم و لذا بُدهای $1/7$ و $1/5$ و امثال آن مطرح می‌شود. یعنی بُعد فرکتالی به بررسی پدیده‌های مستقل از مقیاس و استخراج روابط موجود بین اشکال هندسی آن‌ها در مقیاس‌های مختلف می‌پردازد.

آمار مربوط به میزان دما، بارش، رطوبت و تبخیر از سایت اطلاعات و آماری سازمان هواشناسی استان کرمانشاه به صورت نقطه‌ای در محیط نرم‌افزار اکسل وارد شده سپس به محیط ۹/۲ ARC GIS فراخوانده شده‌اند. این داده‌های نقطه‌ای شامل موقعیت جغرافیایی چشمه‌ها (جدول ۱)، میزان دما، بارش و تبخیر می‌باشد. تمام داده‌ها به یک سیستم تصویری utm و یک سیستم مرجع WGS84 درآمده‌اند. سپس به شمارش ماهه‌ای خشک و مرطوب هر چشمه پرداخته که نتایج آن به شرح جدول ۲ است. دبی متوسط سالانه دوره آماری چشمه‌ها را به دست آورده چشمه‌ها را بر اساس آن از بیشینه به کمینه ردیف می‌کنیم (جدول ۳). در ادامه نسبت به رسم منحنی‌های لگاریتمی-لگاریتمی از زمان استمرار خشک (مرطوب) انجام گردید (شکل ۲). در ادامه چشمه‌ها را بر اساس بعد فرکتالی خشک و مرطوب از بیشترین به کمترین ردیف کرده جدول ۴ و جدول ۵ و نتیجه را با دبی چشمه‌ها مقایسه می‌کنیم. در ادامه نقشه هم بعد فرکتال را رسم کرده و با درجه کارستی شدن استان مقایسه می‌کنیم (شکل ۳ و ۴). برای یافتن ارتباط بین میزان بارندگی و دبی چشمه‌ها اقدام به رسم منحنی‌های بارندگی-دبی برای تمامی چشمه‌ها می‌کنیم (شکل ۵). پس از بررسی منحنی‌های لگاریتمی-لگاریتمی از زمان استمرار خشک چشمه‌های مورد مطالعه استان کرمانشاه نتایج زیر حاصل گردید که هر چشمه پس از قطع بارندگی چه زمانی را در دوره خشکی به سر می‌برد (جدول ۶).

مقدار $d(1)N(1)$ که تخمینی از حداکثر زمان استمرار خشکی $D(1)$ با واحد $d(1)$ هست را به دست می‌آوریم. طول زمانی دوره را یک واحد افزایش می‌دهیم و سپس مراحل ۳ تا ۵ را تکرار کنید. نتیجه حاصل عدد مرحله $N(2)$ با طول دوره $d(2)$ و زمان استمرار خشکی $d(2)N(2)$ هست. مراحل را تا انجام دستورالعمل مشابه ادامه دهید تا اینکه طول دوره زمانی برابر با طول حداکثر طول زمان استمرار خشکی در داده های ثبت شده گردد. اکنون چندین تخمین و برآورد مختلف از مجموع زمان استمرار خشکی، $d(j)$ و اعداد $N(j)$ وجود دارد. در صورتی که m و ... و 2 و 1 که m تعداد حلقه‌های ممکن هستند که وجود دارد. واضح است که افزایش در $d(j)$ به سبب کاهش در $D(j)$ خواهد بود. برای نشان دادن روش کار در پیدا کردن زمان استمرار دوره‌های بارانی و غیر بارانی و تعداد آن‌ها مقدار دبی ماهیانه در چشمه‌های مختلف استان در (جدول ۳) ارائه شده است. جهت به دست آوردن بعد فرکتال در چشمه‌های مورد نظر برای تمام چشمه‌ها منحنی لگاریتمی-لگاریتمی زمان استمرار ماهه‌ای خشک (تر) را رسم نموده به‌بازارم خطی با بیشترین برازش بر روی نقاط رسم شده استمرار ماهه‌ای خشک (تر) چشمه‌ها به دست می‌آید. بعد فرکتال از شیب این خط به دست می‌آید.

نتایج و بحث

داده‌های مربوط به دبی ۵۹ چشمه‌های استان از اطلاعات و آمار جمع‌آوری شده توسط شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه و

جدول ۱- موقعیت چشمه‌های کارستی مورد مطالعه استان کرمانشاه.

Table 1. Location of studied karst springs in Kermanshah province.

y	x	Name of the spring	row	y	x	Name of the spring	row
3816704	748484	Deh moradkhan	31	3809116	670141	nilufer	1
3862946	637199	Ghori ghaleh	32	3816840	718110	bernaj	2
3793390	650099	kashineh	33	3813753	722437	berkeh	3
3815486	755863	Bid sorkh	34	3808071	724028	biston	4
3763087	666430	Mileh sar	35	3813782	722167	najibaran	5
3778296	636295	arkavazi	36	3817519	684326	Khezre zendeh	6
3836559	669471	Bi abr	37	3823474	646821	Gharah daneh	7
3815814	652750	Bor bor	38	3842920	652248	ravansar	8
3860531	638374	kavat	39	3828578	673623	hashilan	9
3847498	725253	galvig	40	3816431	651332	Mir azizi	10
3788262	654802	Chahar zabar	41	3820719	646634	tiran	11
3847385	622707	bes	42	3799291	724248	chehr	12
3804941	765354	khiromandan	43	3824219	685506	sarableh	13
3836524	744590	sirijan	44	3840861	653575	gaber	14
3831263	768169	garmkhani	45	3780294	692467	sarveno	15
3806370	754296	garos	46	3827507	681118	sorkal	16
3855042	741048	Gareh darband	47	3816630	731216	Baba rasol	17
3831138	715577	Armani jan	48	3774540	658353	shian	18
3820129	748413	darband	49	3832277	767152	fesh	19
3871523	750503	charmaleh	50	3824884	761865	Kabotar laneh	20
3791550	613078	rashmineh	51	3812679	765717	marab	21
3816006	607097	Ghochi bashi	52	3747543	671440	harasam	22
3817121	683967	Khezer elyas	53	3832110	680360	varmenje	23

3756337	663343	Gave ravani	54	3832094	767975	bayjan	24
3837541	674734	berenjan	55	3812996	768772	soltan	25
3846970	618314	Bard zangir	56	3771723	666812	shahini	26
3755605	662563	Metrovan gave ravani	57	3822005	717303	gaznahleh	27
3844006	731836	navron	58	3852824	641662	Sararod olia	28
3880636	623632	Mir abad	59	3816620	675724	yavari	29
-	-	-	-	3879332	625135	holy	31

جدول ۲- شمارش ماه‌های خشک (تر) چشمه‌های کارستی استان کرمانشاه.

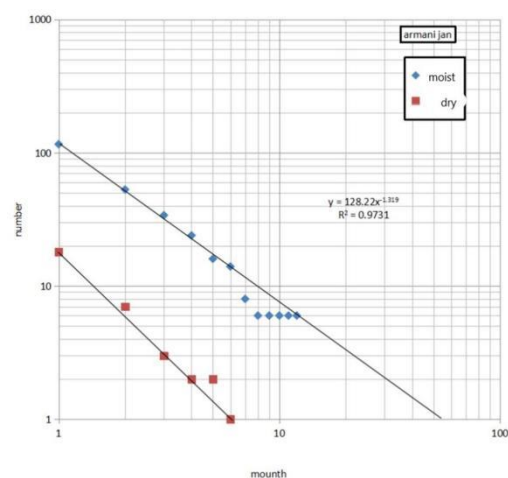
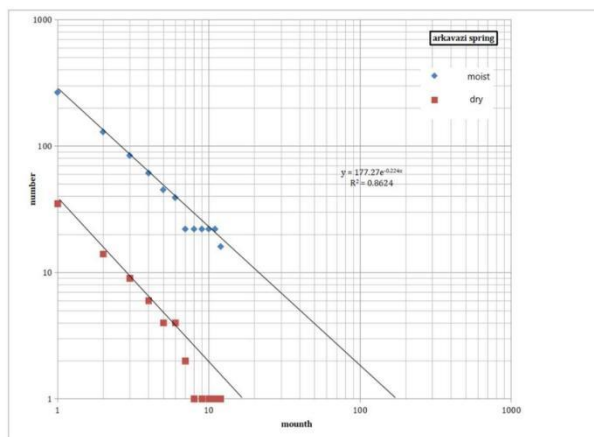
Table 2. Counting dry (wetter) months of karst springs in Kermanshah province.

Armani jan												
Period(month)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Number of wet months	116	53	34	24	16	14	8	6	6	6	6	6
Number of dry months	18	7	3	2	2	1	-	-	-	-	-	-
Baba rasol												
Period(month)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Number of wet months	264	128	83	60	41	40	20	18	18	18	18	18
Number of dry months	61	28	13	10	7	5	4	4	3	3	1	-

جدول ۳- آبدهی متوسط سالانه چشمه‌ها از ماکزیمم به مینیمم.

Table 3. The average annual flow of springs from maximum to minimum.

Medium flood	Name of the spring	row	Medium flood	Name of the spring	row	Medium flood	Name of the spring	row
1051	Bor bor	41	2622.739	kashineh	21	28224.06	ravansar	1
1007.308	Mileh sar	42	2494.904	Ghori ghaleh	22	22727	bernaj	2
956.888	Ghochi bashi	43	2420.865	jaberi	23	17922.89	Kabotar laneh	3
809.129	sarableh	44	2309.3	Bi aber	24	13141.35	nijibaran	4
805.769	shahini	45	2210.824	Gharah daneh	25	10344	nilufar	5
619.703	soltan	46	2175.69	Khezre zendeh	26	9020.111	marab	6
591.7142	Chahar zebar	47	1992.845	Sararod olia	27	8846.462	bistoun	7
575	rashmineh	48	1983.296	harasam	28	7605.937	gaznahleh	8
525.8621	sarveno	49	1940.218	berkeh	29	7291.167	khiromandan	9
456.4	charmaleh	50	1551.583	bes	30	6848.6	kavat	10
314.33	Khezh elyas	51	1507	Gaveh ravani	31	6077.407	shian	11
300.129	chehr	52	1494.091	Garm khani	32	5429.407	fesh	12
275.562	berenjan	53	14166.283	holi	33	4933.724	varmenjah	13
260.965	sorkal	54	1432.444	baijan	34	4884.708	sirijan	14
183.9	Mir abad	55	1422	arkavazi	35	4504.156	tiran	15
96.766	Ghareh darband	56	1376.852	Baba rasoul	36	4346.4	Armani jan	16
92.7	Metrovan gave ravani	57	1347.818	garos	37	4163.8	Bard zanjir	17
86.32	Deh morad khan	58	1322.5	Mir azizi	38	4057.92	yavari	18
2057	navron	59	1164.885	bid sorkh	39	3768	darband	19
			1091.867	gelvij	40	3236.667	hashilan	20



شکل ۲- منحنی‌های لگاریتمی-لگاریتمی از زمان استمرار خشک (تر) چشمه‌ها.

Figure 2. Logarithmic - logarithmic curves of the duration of drier (drier) sprin.

جدول ۴- بعد فرکتال خشک چشمه ها از ماکزیمم به مینیمم.

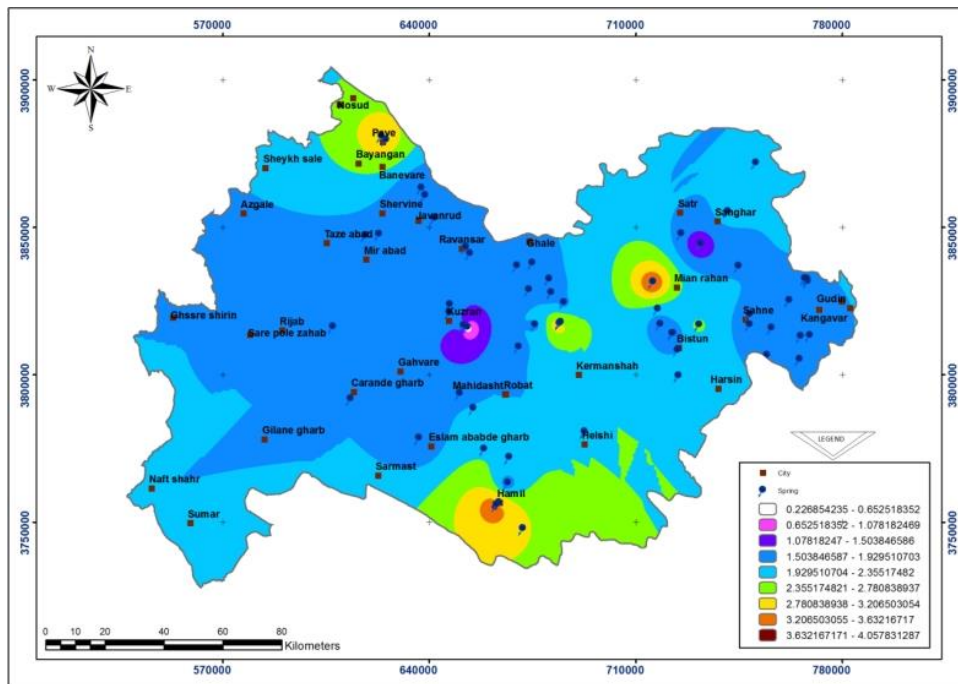
Table 4. The dry fractal dimension of springs from maximum to minimum.

Dry fractal dimension	Name of the spring	row	Dry fractal dimension	Name of the spring	row
1.71	navron	15	8	barnaj	1
1.68	Gaveh ravani	16	5.75	berenjan	2
1.5	jaberi	17	4.11	babarasoul	3
1.5	sarableh	18	3.42	nujibaran	4
1.48	Ghareh darband	19	3.14	Metrovan gaveh ravani	5
1.42	tiran	20	2.81	Khezre elyias	6
1.42	kavat	21	2.71	armanigan	7
1.28	Mileh sar	22	2.61	Mir azizi	8
1.18	Sour kal	23	2.45	Bor bor	9
1.18	yavari	24	2.23	arkovazi	10
1.16	Bide sorkh	25	2.16	Mir abad	11
1	hashilan	26	1.89	Dehmorad khan	12
1	nilufer	27	1.87	Bi abr	13
			1.87	Khezh zende	14

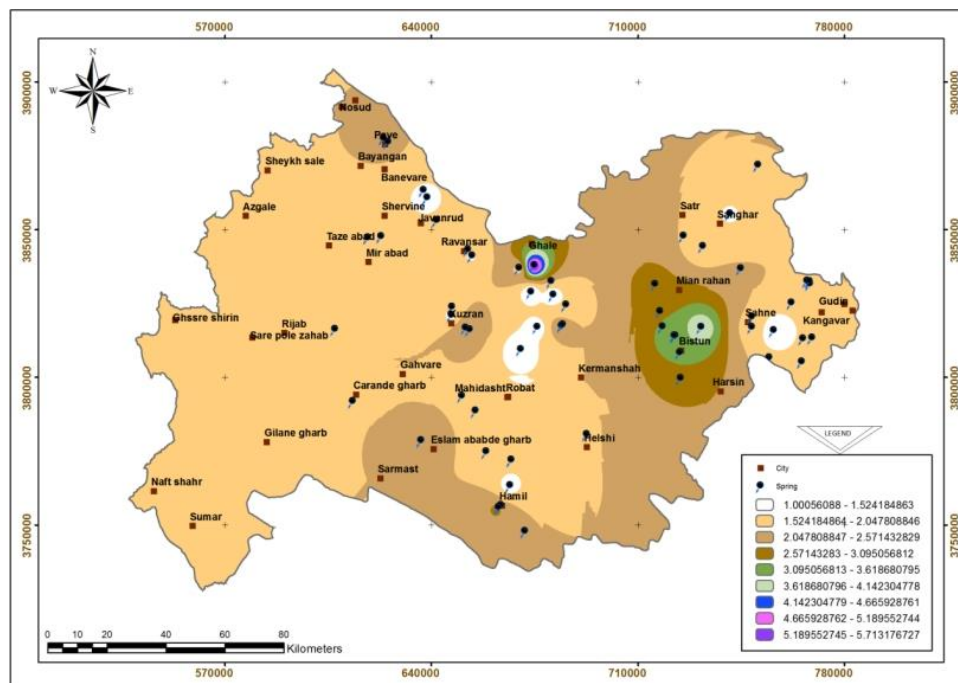
جدول ۵- بعد فرکتال تر (آبدار) چشمه ها از ماکزیمم به مینیمم.

Table 5. The more fractal dimension (juicy) of springs from maximum to minimum.

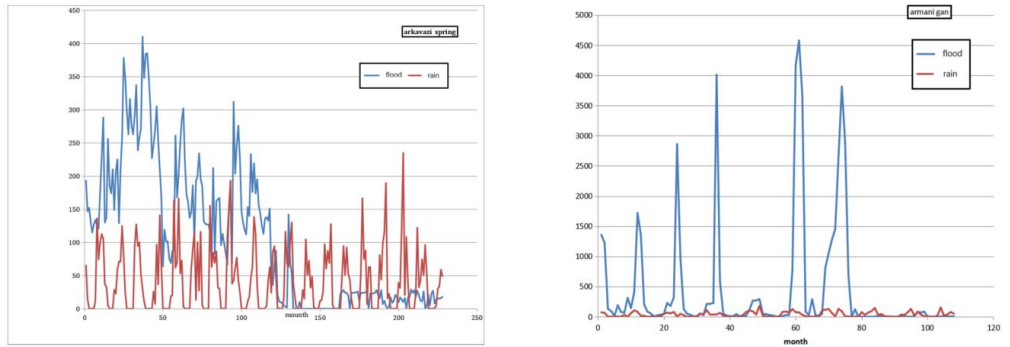
Wet fractaldimension	Name of the spring	row	Wet fractal dimension	Name of the spring	row
1.7	Ghahar zabar	31	6.76	berenjan	1
1.68	Bid sorkh	32	4.08	Metrovan gave ravani	2
1.68	arkavazi	33	3.57	Khezr elyias	3
1.66	holi	34	3.5	Armani jan	4
1.66	Ghori ghaleh	35	3.3	Gaz nahleh	5
1.66	soltan	36	3	Mir abad	6
1.66	darband	37	2.56	Gave ravani	7
1.65	sorkal	38	2.41	Baba rasoul	8
1.64	garos	39	2.25	Khezh zende	9
1.64	kashineh	40	2	Mir azizi	10
1.63	Kabitar laneh	41	2	Ghareh darband	11
1.63	shahini	42	1.87	yavari	12
1.63	baijan	43	1.85	nilifar	13
1.62	berkeh	44	1.85	sarableh	14
1.61	Bi abr	45	1.85	ravansar	15
1.6	Gharah daneh	46	1.85	jaberi	16
1.58	kavat	47	1.85	tiran	17
1.57	Ghochi bashi	48	1.81	Dehmorad khan	18
1.55	harasam	49	1.8	barnaj	19
1.55	fesh	50	1.77	bes	20
1.55	sirijan	51	1.76	ghehr	21
1.51	marab	52	1.75	varmenje	22
1.5	rashmineh	53	1.75	Mileh sar	23
1.49	garmkhani	54	1.74	biston	24
1.49	charmaleh	55	1.73	kojibaran	25
1.47	Baba ali khiromandan	56	1.73	shian	26
1.42	Bard zanjir	57	1.72	gelvij	27
1.28	navron	58	1.72	Sabz ali hashilan	28
0.22	Bor bor	59	1.7	Sarve no	29
			1.7	Sarrod olia	30



شکل ۳- نقشه هم بعد فرکتال تر.
Figure 3. The map is also more fractal.



شکل ۴- نقشه هم بعد فرکتال خشک.
Figure 4. The map is also a dry fractal dimension.



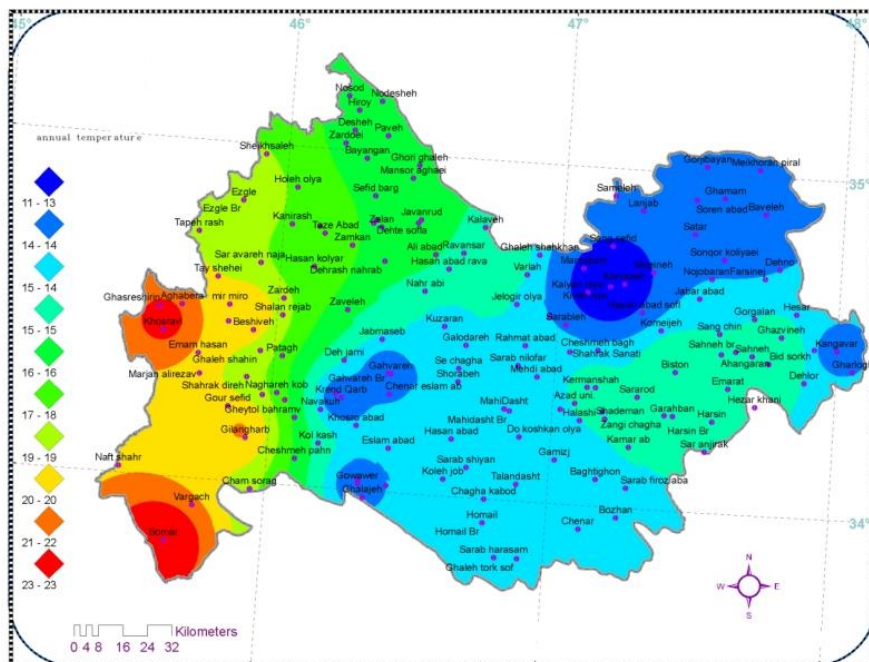
شکل ۵- مقایسه منحنی های بارندگی - دبی چشمه.

Figure 5. Comparison of rainfall curves - spring discharge.

جدول ۶- مدت زمان خشکی چشمه ها پس از قطع بارندگی.

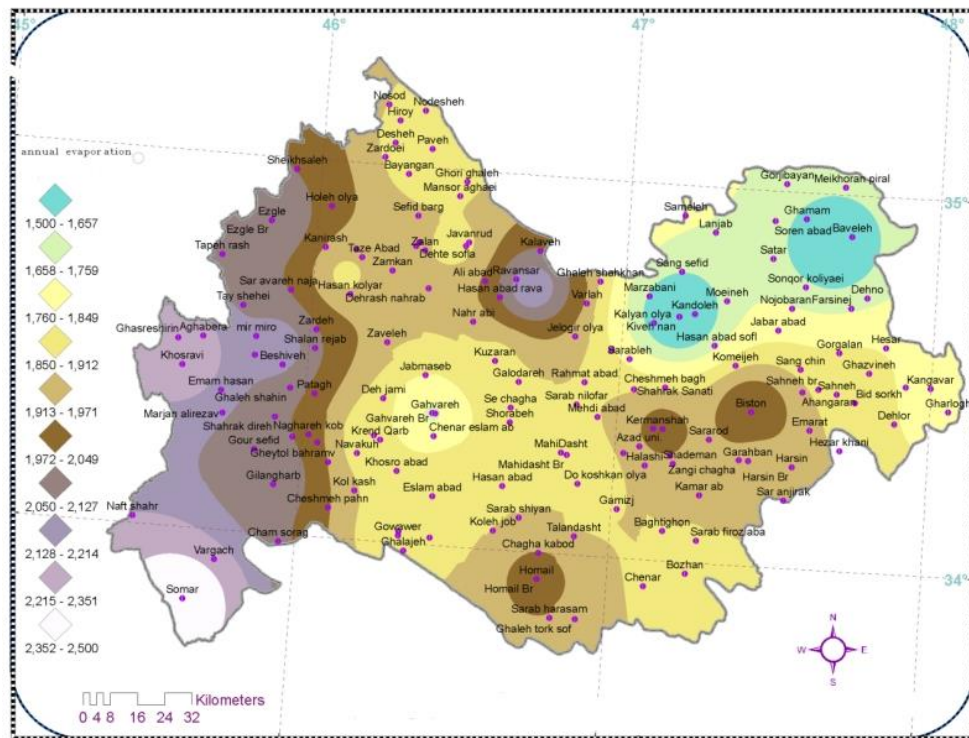
Table 6. The duration of dry springs after the cessation of rain.

Dry time(month)	Name of the spring	row	Dry time(month)	Name of the spring	row
12	Mir abad	14	70	Mileh sar	1
11	Khezre elyas	15	37	Ghareh dar band	2
8	berenjan	16	35	navron	3
8	Bi abr	17	28	Metrovan gaveh ravani	4
8	Sabz ali hashilan	18	24	Bor bor	5
8	yavari	19	24	Bid sourkh	6
7	Armani jan	20	21	Mir azizi	7
7	tiran	21	19	Dehmorad khan	8
7	kavat	22	19	Gave ravani	9
7	njibaran	23	17	arkovazi	10
4	nilofar	24	17	Baba rasol	11
2	jaberi	25	16	Khezr zendeh	12
2	sarableh	26	16	sorkal	13
1	barnaj	27			



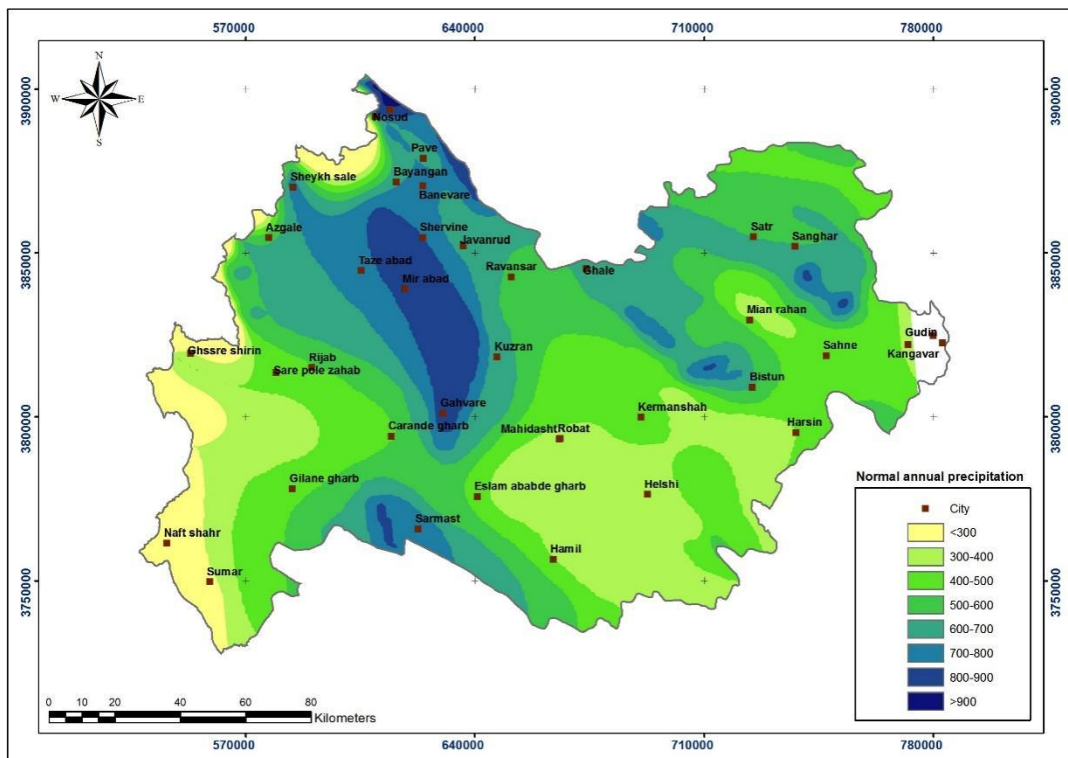
شکل ۶- نقشه هم دمای سالانه استان کرمانشاه (برگرفته از سایت وزارت راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه).

Figure 6. (Annual temperature map of Kermanshah province (taken from the website of Ministry of Roads and Urban Development, National Meteorological Organization, General Directorate of Meteorology of Kermanshah Province).



شکل ۷- نقشه تبخیر سالانه استان کرمانشاه (برگرفته از سایت وزرات راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه).

Figure 7. Annual evaporation map of Kermanshah province (taken from the website of Ministry of Road and Urban Development, National Meteorological Organization, General Directorate of Meteorology of Kermanshah Province).



شکل ۸- نقشه بارش سالانه استان کرمانشاه (برگرفته از سایت وزرات راه و شهرسازی، سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه).

Figure 8. Annual precipitation map of Kermanshah province (taken from the website of the Ministry of Roads and Urban Development, National Meteorological Organization, General Directorate of Meteorology of Kermanshah Province).

نتیجه گیری

بیشترین تحول کارست در قسمت‌های زون‌های زاگرس رو رانده و مرتفع هست که به ترتیب دارای تحول کارست زیاد و متوسط است و هرچه به سمت زاگرس چین خورده پیش برویم تحول کارست ضعیف تر می‌شود. مهم‌ترین عامل کارست شدگی در مناطق یادشده به دلیل وجود درز و شکاف و گسل و تأثیر در توسعه و انحلال در منطقه نسبت به سایر واحدها هست که از تراکم کمتری از گسل و درز و شکاف برخوردارند. بر اساس آمار جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های هواشناسی استان کرمانشاه بیشترین میزان بارندگی در زون‌های زاگرس رو رانده و مرتفع می‌باشد. همچنین پایین‌ترین دمای سالانه و کمترین میزان تبخیر مربوط به زون سندج - سیرجان و قسمت‌های مرکزی و جنوبی استان کرمانشاه که جزء زون مرتفع زاگرس است می‌باشد. بیشترین مقدار بعد فرکتال ترسالی مربوط به قسمت‌های مرکزی و جنوبی استان کرمانشاه در چشمه‌های برنجان ۶/۷۶، متروان گاو روانی ۴/۰۸، خضر الیاس ۳/۵۷ و ارمنی جان ۳/۵ می‌باشد. کمترین مقدار بعد فرکتال خشکسالی در قسمت‌های مرکزی و مربوط به زون رو رانده و مرتفع در چشمه‌های بید سرخ ۱/۱۶، هشیلان ۱، نیلوفر ۱ می‌باشد. موقعیت چشمه‌ها با توجه به تعیین بعد فرکتالی از نظر میزان آبدار بودن و یا خشکی آن‌ها با توجه به منحنی لگاریتمی - لگاریتمی تعیین گردیده است: الف- چشمه‌هایی آبدار هستند که خط ماه‌های مرطوب بالای خط ماه‌های خشک باشد. (چشمه‌های ارمنی جان- برناج- بی ابر- تیران- خضر زنده و ...). ب- چشمه‌های نیمه آبدار در نظر گرفته می‌شوند که خط ماه‌های مرطوب بالای خط ماه‌های خشک قرارگیرد و فاصله خطوط کم باشد. (چشمه‌های خضر الیاس - بوربور- برنجان- بابا رسول- قره دربند و...). ج- چشمه‌هایی خشک در نظر گرفته می‌شوند که خط ماه‌های خشک بالای خط ماه‌های مرطوب قرارگیرد (چشمه‌های متروان گاوروانی- ناورون). بعد فرکتال چشمه‌ها بر دبی تخلیه آن‌ها مؤثر است. به طوری که هر چه بعد فرکتال ترسالی چشمه‌ها بیشتر باشد چشمه با دبی بیشتری تخلیه می‌گردد و بالعکس. به طور مثال در چشمه نیلوفر با بعد فرکتال ترسالی ۱ میزان میانگین دبی سالانه تخلیه شده ۱۰۳۴۴ مترمکعب و برناج با بعد فرکتال ۱/۸ میزان میانگین دبی سالانه تخلیه شده ۲۲۷۲۷ مترمکعب می‌باشد در حالی که چشمه بوربور با بعد فرکتال ۰/۲۲ تنها ۱/۰۵۱ مترمکعب تخلیه دبی سالانه دارد. براساس اطلاعات آماری مربوط به دبی روزانه چشمه‌ها، باران سنج‌ها، شبکه چاه‌های

مشاهده‌ای و با توجه به اطلاعات موجود نتیجه می‌گیریم که در زون زاگرس چین خورده عمدتاً سیستم کارستی افشان و در زون خردشده سیستم کارستی مجرایبی موجود است، در ضمن پایداری و دوام چشمه‌ها در مقابل خشکسالی‌ها و نبود بارش در چشمه‌های ظاهرشده در زون چین خورده بیشتر از سایر زون‌های و واحدهای زمین شناسی موجود است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت شرکت آب منطقه ای استان کرمانشاه و اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه و همکار گرانقدر آقای کمال طاهری انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

الطافی، د.، نخعی، م. ۱۳۸۹. تخمین نفوذپذیری ذاتی محیط متخلخل فرکتالی با روش مونت کارلو. مجله هیدرو ژئولوژی، دوره ۱، شماره ۲، صفحه ۱-۱۰.

امور مطالعات منابع آب غرب. ۱۳۷۲. شناسنامه مشخصات فنی چاه‌های اکتشافی و پیژومتر محفوره در نهشته های آبرفتی و سازند سخت، شرکت سهامی آب منطقه‌ای غرب، استان کرمانشاه.

پیترلی، میلانویچ، ترجمه ای از رهنمایی، م. ۱۳۸۸، مهندسی زمین شناسی در کارست (جلد اول)، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز.

سازمان تحقیقات منابع آب (تماب). ۱۳۷۲. محاسبه حجم ذخایر تجدید شونده سازند سخت با استفاده از تغییرات آبدی چشمه‌ها، کمیته پروژه های تحقیقاتی، دستور العمل شماره (۵)، وزارت نیرو.

سازمان تحقیقات منابع آب (تماب). ۱۳۶۶. آبنمود چشمه‌های کارستی و سازند های سخت، وزارت نیرو.

اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه، سازمان هواشناسی کشور، وزارت راه و شهرسازی.

شوهانی، د.، ۱۳۸۸. بررسی تحول کارست در استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده علوم.

فتوت، م.، مهرابی، ع.، ۱۳۸۶. بررسی واکنش چشمه کارستی نیلوفر نسبت به خشکسالی‌های اخیر استان کرمانشاه.

مهندسين مشاور گاماسياب، ۱۳۷۷. مطالعات شناسايی سازندهای سخت حوزه گاماسياب (جلد دوم)، گزارش هیدرولوژی (شماره ۲) کرمانشاه، شرکت سهامی آب منطقه‌ای غرب.

نخعی، م.، احدی، ا.، ۱۳۸۸. پیش‌بینی زمان استمرار و شدت دوره‌های ترسالی و خشکسالی در ایران با استفاده از روش بعد فرکتالی، کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم، ۱۰ ص.

Michael Frame and Benoit, 2004, A Panorama of Fractals and Their Uses by Fractal Geometry in soil Hydrology. International workshop pedofrac. Barcode Avila, Spain.

Falconer, Kenneth, 2003, Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications. Hunting the Hidden Dimension. Nova. PBS. WPMB-Maryland. (28 october 2008).

Nelson, Bryn., 2009, Sophisticated Mathematics Behind African Village Designs Fractal patterns use repetition on large, small scale, San Francisco Chronicle (February 23, 2009).

Mandelbrot, B.B., 1982, The Fractal Geometry of Nature. W.H. Freeman and Company.

کنفرانس بررسی منابع آب استان کرمانشاه، شرکت آب منطقه‌ای غرب.

گزارش و وضعیت آبدهی چشمه‌های کارستی استان، ۱۳۸۹. وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، مدیریت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.

گزارش وضعیت اقلیمی استان، ۱۳۸۹. اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه، بخش آمار و اطلاعات.

مهندسين مشاور گاماسياب، ۱۳۷۷. مطالعات شناسايی سازندهای سخت حوزه گاماسياب (جلد اول)، گزارش هواشناسی و هیدرولوژی شماره ۲ (کرمانشاه)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای غرب.

ملکی، ا.، ۱۳۸۰. تحول اشکال کارست و نقش آن در منابع آب زیرزمینی (رساله دکتری)، دانشگاه تربیت مدرس.

ملکی، ا.، ۱۳۸۶. نقش ریخت زمین‌شناسی کارست در بررسی هیدروژئولوژی ناهمواری‌های بیستون و پرآو، کنفرانس بررسی منابع آب استان کرمانشاه، شرکت آب منطقه‌ای غرب.