



رده‌بندی نمونه‌های هیدروشیمیایی با استفاده از روش منطق فازی



محمد حسین رحیمی ، کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی از دانشگاه شهید چمران اهواز
نصرالله کلانتری، دکتری هیدروژئولوژی از دانشگاه پونای هند، ۱۳۶۸، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز
عباس چرچی، دانشجوی دکتری زمین شناسی ساختمانی دانشگاه شهید بهشتی تهران، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز



چکیده:

سیستم‌های زمین شناختی و هیدروشیمیایی در برخی موارد خیلی پیچیده‌تر از آن است که توسط روش‌های گرافیکی و آماری مرسوم تحلیل شود. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی در چرخه طبیعت اغلب به صورت پیوسته تغییر می‌کنند تا ناگهانی، به عبارت دیگر فرآیندهای فیزیکوشیمیایی همیشه خروجی‌های مجزایی ندارند. به دلیل این پیوستگی ممکن است گروه‌های آماری به خوبی از یکدیگر تفکیک نشوند و در عوض ممکن است توالی را تشکیل دهند که گروه‌ها با هم همپوشانی داشته باشند. بنابراین، روش منطق فازی می‌تواند برای اهداف مدل سازی و رده‌بندی مفید باشد. در این مطالعه ۶۱ نمونه آب زیرزمینی دشت‌های زویرچری و خران با استفاده از روش تقسیم بندی فازی به چهار گروه تقسیم شد و نتایج آن با تقسیم بندی به روش آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی مقایسه شد.

Abstract :

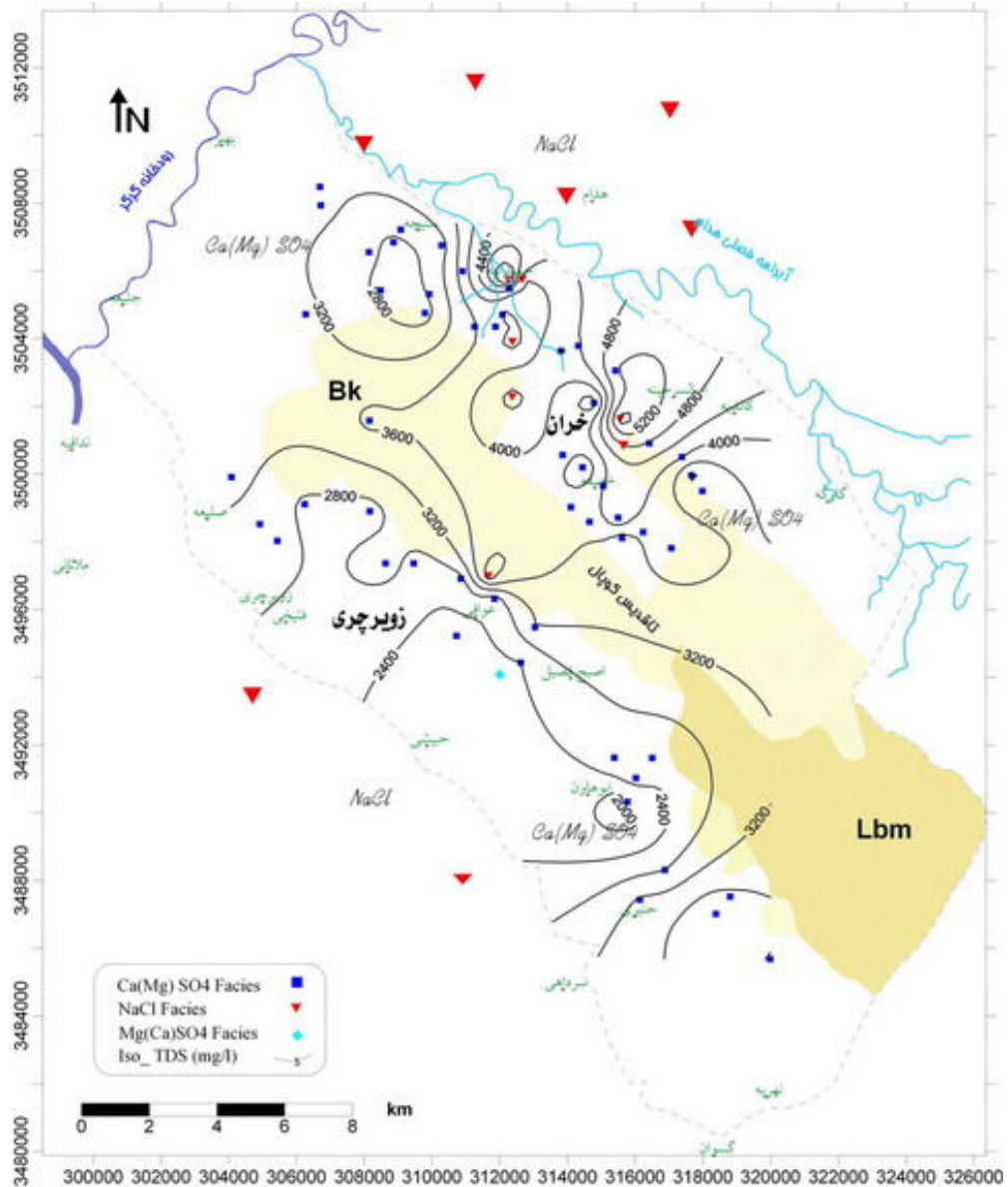
Geological and hydrochemical systems are sometimes too complex to analyze easily using conventional graphical or statistical methods. Often the chemical and physical properties of the natural system vary continuously, rather than abruptly. In other words, these underlying physical and chemical processes do not always produce discrete outcomes. Because of this continuity, statistical clusters may not be well separated and instead may form a sequence of overlapping clusters. Therefore, methods related to "fuzzy logic" may be useful for modeling and classification purposes. In this research by using Fuzzy partitioning (FP) method 61 groundwater samples of Zeviercherry and Kherran plains were classified into four groups. At the end results of this method were compared with hierarchical cluster analysis (HCA).



مقدمه :

دشت‌های زویرچری و خِران در نزدیکی شهرستان ملائانی (۴۰ کیلومتری شمال اهواز) بین طول جغرافیایی ' ۴۷° ۴۸' تا ' ۱۵° ۴۹ شرقی و عرض جغرافیایی ' ۲۰° ۳۱ تا ' ۴۸° ۳۱ شمالی قرار گرفته است. مرزهای شمالی شرقی، شمال غربی، جنوب غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه را به ترتیب آبراهه فصلی هدام، رودخانه گرگر، سیخای زویرچری و بخش لهبری تشکیل می‌دهد. تاقدیس کوپال با روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق در مرکز محدوده مورد مطالعه باعث تفکیک منطقه به دو دشت زویرچری و خِران شده است. این تاقدیس از نوع ملایم است و به سمت شمال غرب پلانژ دارد. رخنمون سازندها در منطقه مورد مطالعه تنها بر روی تاقدیس کوپال دیده می‌شود به طوری که بخش آواری لهبری در قسمت جنوبی و سازند بختیاری در قسمت شمالی تاقدیس رخنمون دارد. بخش لهبری در منطقه مورد مطالعه از ماسه سنگ‌های سست، سیلتستون و مارن به همراه میان لایه‌های نازک ژپیس و سازند بختیاری از ماسه‌های جور شده سست با سیمان بسیار ضعیف رسی تشکیل شده است. قسمت قابل ملاحظه‌ای از سازند بختیاری در زیر رسوبات آبرفتی به دلیل تخریب شدید درجا، سفره آبدار مناسبی را تشکیل داده است. حدود یکصد و هفتاد چاه عمیق موجود در این سفره آبدار آب مورد نیاز دشت را برای کشاورزی تامین می‌کنند [۱&۲].

آب‌های زیرزمینی محدوده مورد بررسی اغلب در رده شوره مزه قرار دارند و رخساره غالب آن سولفات-کلسیک، منیزیک می‌باشد .



در کران راست آبراهه فصلی هدام و جنوب دشت زویرچری آب‌های سطحی و زیرزمینی بسیار شوری ($TDS > 1000 \text{ mg/l}$) وجود دارد که رخساره غالب آن‌ها کلروره-سدیک می‌باشد. شناخته بودن محیط هیدروژئولوژیکی سفره آبدار در دشت‌های زویرچری و خران و دارا بودن بانک اطلاعاتی جامعی از داده‌های هیدروشیمیایی (این دشت در حال حاضر دارای بیش از ۲۵۰ نمونه کامل هیدروشیمیایی مکانی و زمانی از چاه‌های منطقه است) باعث شده که این دشت‌ها برای انجام مطالعات هیدروشیمیایی بسیار مناسب باشند. در این مطالعه از داده‌های کیفی ۶۱ نمونه آب زیرزمینی که در بهار سال ۱۳۸۳ برداشت شده، استفاده شده است.



بحث :

آنالیز خوشه‌ای

یک روش طبقه‌بندی مناسب برای تقسیم‌بندی نمونه‌های شیمی آب به گروه‌های مشابه، ابزاری کارآمد برای توصیف محیط‌های هیدروژئولوژیکی است. نمونه‌های با خصوصیات هیدروشیمیایی

مشابه برحسب ترکیب کانی شناسی، آب و هوا و زمان ماندگاری اغلب دارای تاریخچه هیدرولوژیکی، نواحی تغذیه و مسیرهای جریان مشابه هستند. امروزه روشهای متنوعی برای رده بندی نمونه‌های هیدروشیمیایی وجود دارد که شامل روش‌های گرافیکی (دیاگرامهای پایپر، استیف، انگشتی، ودیاگرامهای ترکیبی) و روش‌های آماری (آمارتوصیفی، آنالیز مولفه‌های اصلی و آنالیز خوشه‌ای) است. یکی از متداولترین روش‌های آماری آنالیز خوشه‌ای است. آنالیز خوشه‌ای به روش‌های متنوعی ذیل صورت می‌گیرد:

Q-mode hierarchical cluster analysis (HCA)

K-means clustering (KMC)

Fuzzy Partitioning (FP)

این روش‌ها می‌تواند برای بررسی داده‌های کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند و تعیین کنند که آیا می‌توان نمونه‌ها را به گروه‌های متمایزی که از لحاظ زمین‌شناسی و آماری معنی دار باشند، تقسیم بندی کرد [۶]. اغلب روش‌های گرافیکی مورد استفاده، محدودیت تعداد نمونه و پارامتر (PH, & ... را دارند. از طرفی هیچ یک از روش‌های گرافیکی قدرت تمایز بین گروه‌ها و آزمایش میزان شباهت در بین گروه‌ها را ندارند. برخلاف روش‌های گرافیکی روش‌های آماری قابلیت استفاده از تمامی پارامترها را دارند. محدودیتی که روش‌های آنالیز خوشه‌ای (اغلب روش‌های آماری) نسبت به روش‌های گرافیکی دارند این است که اطلاعاتی راجع به ترکیب شیمیایی نمونه‌ها در هر گروه ارائه نمی‌کنند اگر چه آنالیز خوشه‌ای روشی بسیار کارآمد در طبقه بندی نمونه بر اساس شباهت فیزیکی و شیمیایی است ولی نتایج آنرا نمی‌توان به سرعت در تفسیر روند و مشکلات مربوط به فرایندهای هیدروشیمیایی به کار برد. ترکیب دو روش فوق باعث می‌شود که مزایای هر روش باقی بماند و محدودیت‌های هر روش حداقل شود [۶].

تقسیم بندی فازی

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی عسگری زاده، استاد ایرانی الاصل دانشگاه برکلی کالیفرنیا بنیان نهاده شد. امروزه از منطق فازی در شاخه‌های مختلف علوم مهندسی و پایه استفاده می‌شود. علم زمین شناسی نیز به نوبه خود در حل برخی مسائل مبهم و پیچیده از منطق فازی بهره می‌برد.

منطق فازی (Fuzzy logic) براساس مجموعه‌های فازی تعریف می‌شود که در آن مجموعه‌ها حد و مرز معینی ندارند. اما در منطق صریح (Crisp logic) یا منطق صفر و یک برخلاف منطق فازی، مجموعه دارای مرز معین می‌باشند. به عبارت دیگر مرز مجموعه‌های فازی صلب نبوده و الاستیک می‌باشد. منطق فازی به این نکته تاکید دارد که بسیاری از پارامترهایی که در عالم واقع یا آنها سروکار داریم دقیقاً تعریف نشده‌اند. منطق فازی استدلالی ارائه می‌دهد که بوسیله آن می‌توان دانش کیفی را به مجموعه قوانین کمی و دقیق تبدیل کرد. یکی از اساسی‌ترین مفاهیم در منطق فازی تابع عضویت است که برای هر عضو مجموعه یک مقدار عضویت می‌دهد. درجه عضویت صفر مشخص کننده آن است عضو هیچ تعلق به مجموعه مورد نظر ندارد و درجه عضویت یک مبین آن است که تعلق عضو به آن مجموعه ۱۰۰٪ است. بنابراین مقدار عضویت در مجموعه‌های غیرفازی صفر یا یک است. اما مقدار عضویت در مجموعه‌های فازی عددی در فاصله [۰ و ۱] است [۷].

نمونه آب چاه‌های عمیق با استفاده از نرم افزار SPLUSS۲۰۰۰ و روش Fuzzy partitioning رده‌بندی و برای سنجش تشابه نمونه‌ها از روش فاصله اقلیدسی استفاده شد. پارامترهای مورد استفاده برای تقسیم بندی گروه‌ها، یون‌های اصلی و مجموع املاح (کلید پارامترها بر حسب میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. در روش FP برخلاف روش HCA انتخاب تعداد گروه‌ها به صورت دستی صورت می‌گیرد و تعداد گروه‌ها در این روش باید از قبل مشخص شود تعیین تعداد گروه‌ها به مقیاس مطالعات، ترکیب شیمیایی نمونه‌ها و ضرائب همبستگی بین متغیرها بستگی دارد. در اینجا به منظور مقایسه نتایج

تقسیم بندی فازی FP با آنالیز خوشه‌ای سلسله مراتبی HCA تعداد گروه‌ها با توجه دندروگرام به دست آمده از روش HCA صورت گرفته است [۳] و نمونه‌ها به چهار گروه تقسیم شد. در شکل ضریب عضویت (Membership coefficients) هر یک از نمونه‌ها به هر یک از گروه‌ها بر اساس تقسیم بندی به روش FP ارائه شده است.

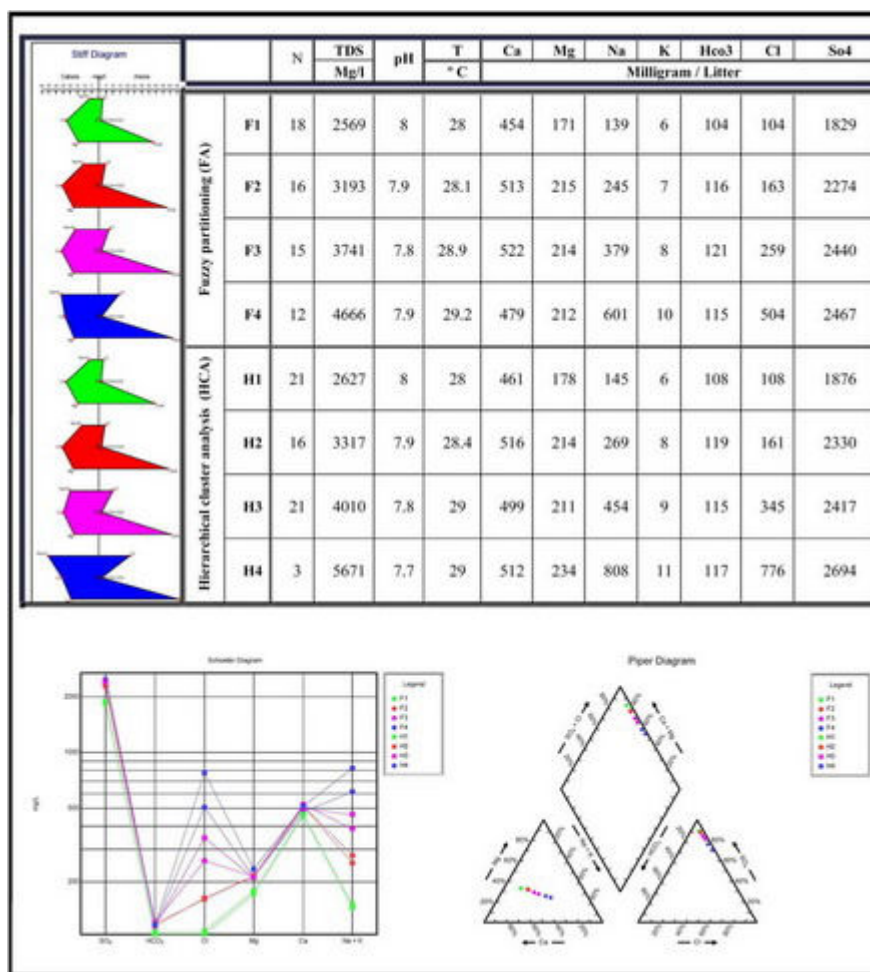
CODE	F1	F2	F3	F4
[P291, 83/02]	0. 525376	0. 136107	0. 234531	0. 103986
[P374, 83/01]	0. 483519	0. 133209	0. 266378	0. 116894
[P370, 83/01]	0. 443996	0. 319489	0. 154463	0. 082051
[P233, 83/01]	0. 225445	0. 599035	0. 109014	0. 066506
[P229, 83/01]	0. 303801	0. 487833	0. 133016	0. 07535
[P285, 83/01]	0. 569151	0. 133591	0. 211074	0. 086185
[P235, 83/01]	0. 137132	0. 744803	0. 072724	0. 045341
[P333, 83/01]	0. 106667	0. 066699	0. 206556	0. 620078

در این جدول هر نمونه به گروهی تعلق می‌گیرد که بیشترین ضریب عضویت را دارد، به عنوان مثال نمونه [P۳۳۶, ۸۳/۰۲] ۳۷٪ به گروه یک، ۳۹/۵٪ به گروه دو، ۱۵٪ درصد به گروه سه و ۸/۵٪ به گروه چهار تعلق دارد. چون این نمونه در گروه دو دارای بیشترین ضریب عضویت می‌باشد به این گروه تعلق دارد، و همچنین این نمونه با نسبتی تقریباً مشابه عضو گروه یک است. در شکل نمونه‌ها بر اساس بالاترین ضریب عضویت به گروه‌های مربوطه اختصاص داده شده‌اند.

Fuzzy partitioning (FP)			
F1	F2	F3	F4
[P233, 83/01]	[P291, 83/02]	[P207, 83/01]	[P340, 83/01]
[P229, 83/01]	[P374, 83/01]	[P270, 83/01]	[P211, 83/01]
[P235, 83/01]	[P370, 83/01]	[P293, 83/01]	[P274, 83/01]
[P336, 83/02]	[P285, 83/01]	[P316, 83/01]	[P299, 83/01]
[P197, 83/01]	[P313, 83/01]	[P245, 83/01]	[P242, 83/01]
[P257, 83/03]	[P183, 83/01]	[P320, 83/01]	[P333, 83/01]
[P220, 83/03]	[P199, 83/03]	[P161, 83/01]	[P292, 83/01]
[P282, 83/02]	[P154, 83/01]	[P276, 83/02]	[P99, 83/01]
[P167, 83/02]	[P264, 83/01]	[P272, 83/01]	[P188, 83/01]
[P275, 83/02]	[P251, 83/03]	[P172, 83/02]	[P259, 83/01]
[P279, 83/03]	[P227, 83/03]	[P271, 83/01]	[P151, 83/02]
[P116, 83/03]	[P189, 83/03]	[P253, 83/01]	[P361, 83/02]
[P137, 83/02]	[P267, 83/03]	[P356, 83/02]	
[P191, 83/02]	[P240, 83/02]	[P362, 83/03]	
[P234, 83/02]	[P170, 83/02]	[P165, 83/02]	
[P150, 83/02]	[P350, 83/02]		
[P192, 83/02]			
[P262, 83/02]			

Hierarchical cluster analysis (HCA)			
H1	H2	H3	H4
[P370, 83/01]	[P291, 83/02]	[P264, 83/01]	[P340, 83/01]
[P240, 83/02]	[P374, 83/01]	[P276, 83/02]	[P99, 83/01]
[P267, 83/03]	[P199, 83/03]	[P272, 83/01]	[P292, 83/01]
[P229, 83/01]	[P350, 83/02]	[P172, 83/02]	
[P233, 83/01]	[P313, 83/01]	[P293, 83/01]	
[P150, 83/02]	[P245, 83/01]	[P253, 83/01]	
[P336, 83/02]	[P251, 83/03]	[P274, 83/01]	
[P262, 83/02]	[P285, 83/01]	[P271, 83/01]	
[P235, 83/01]	[P183, 83/01]	[P320, 83/01]	
[P282, 83/02]	[P154, 83/01]	[P161, 83/01]	
[P167, 83/02]	[P227, 83/03]	[P211, 83/01]	
[P257, 83/03]	[P189, 83/03]	[P242, 83/01]	
[P197, 83/01]	[P170, 83/02]	[P151, 83/02]	
[P220, 83/03]	[P270, 83/01]	[P333, 83/01]	
[P191, 83/02]	[P316, 83/01]	[P259, 83/01]	
[P275, 83/02]	[P207, 83/01]	[P361, 83/02]	
[P234, 83/02]		[P299, 83/01]	
[P137, 83/02]		[P188, 83/01]	
[P279, 83/03]		[P356, 83/02]	
[P116, 83/03]		[P362, 83/03]	
[P192, 83/02]		[P165, 83/02]	

به منظور مقایسه نتایج گروه‌بندی FP با HCA ، چهار گروه به دست آمده از هر دو روش با یکدیگر مقایسه شد. در هر دو روش متوسط ترکیب شیمیایی هر گروه با استفاده از میانگین ترکیب شیمیایی اعضا آن به دست آمد که در شکل ۴ نشان داده شده است. برای مقایسه ترکیب شیمیایی هریک از گروه‌ها بر اساس میانگین ترکیب شیمیایی گروه‌ها، دیاگرام‌های گرافیکی استیف، شولر و پایپر تهیه شد. با توجه به شکل روند تغییرات نسبی غلظت و رخساره بین گروه‌ها شناسائی شد که در زیر نشان داده شده است.



۴→۳→۲→۱ روند افزایش مجموع املاح

۴→۳→۲→۱ روند افزایش نسبت یون کلر به دیگر کاتیونها و سدیم به دیگر آنیونها
 گروه اول در هر دو روش هم از لحاظ اعضاء و هم از لحاظ ترکیب شیمیایی مشابه می باشد ولی به سمت گروه چهار به صورت تدریجی تغییرات بین اعضا و ترکیب شیمیایی گروه ها بیشتر می شود. در شکل ۵ پراکندگی مکانی گروه های هیدروشیمیایی به هر دو روش نشان داده شده است. گروه یک که دارای کیفیت مناسب تری است اغلب در نقاطی مشاهده می شود که تراوایی رسوبات محیط غیراشباع (ماسه های جورشده) قابل توجه و نفوذ سطحی بالا است. گروه چهار نیز که بدترین کیفیت را دارد اغلب در حاشیه آبراهه فصلی هدام در نزدیکی روستای امرالسرجینه دیده می شود. شوری منابع آب در این منطقه بیشتر تحت تاثیر جنس مارنی رسوبات است. گروه دو و سه نیز اغلب در چاه های مجاور رودخانه گرگر، جنوب دشت زویرچری و اراضی خصفیه مشاهده می شود.



نتیجه گیری :

منطق فازی می تواند به عنوان ابزاری قدرتمند و کارا در خوشه بندی نمونه کیفی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان می دهد که منطق فازی در تقسیم بندی نمونه کیفی به خوبی عمل کرده است. مقایسه نتایج به دست آمده از هر دو روش در این مطالعه موردی نشان می دهد که روش FP از لحاظ

یکنواختی تعداد اعضا در بین گروه‌ها و از لحاظ پیوستگی مکانی در بین اعضای یک گروه بهتر از روش HCA است و در روش FP به دلیل انعطاف پذیر بودن در مواردی گروه‌ها همپوشانی دارند نمونه‌های که در مرز گروه‌ها قرار می‌گیرند قابل شناسایی است.



منابع فارسی :

۱. رحیمی، م. ح.، کلانتری، ن. ، ۱۳۸۲، بررسی کیفیت شیمیائی دشت‌های زویرچری و خران، بیست و دومین همایش علوم زمین.
۲. رحیمی، م. ح.، ۱۳۸۳، بررسی هیدروژئولوژیکی دشت‌های زویرچری و خران (ملاثانی، اهواز)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳. رحیمی، م. ح.، کلانتری، ن. و مزارعی، ف.، ۱۳۸۴، استفاده از روش‌های آماری در تعیین چاه‌های پایش هیدروشمیائی، نهمین همایش انجمن زمین شناسی. تهران.
۴. کاسکو، ب. ۱۳۷۷، تفکر فازی، ترجمه‌ی غفاری، ع.، مقصودپور، ع.، پور ممتاز، ع. و قسیمی، ع.، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۳۴۳ ص.



References :

۵. Derher, T. ۲۰۰۲. Comment on Guler C, Thyne GD, McCray JE, Turner AK (۲۰۰۲): Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data (Hydrogeology Journal ۱۰:۴۵۵-۴۷۴). Hydrogeology Journal ۱۱:۶۰۵-۶۰۶
۶. Guler, C. , Thyne, G. D. , McCray, J. E. and Turner, A. K. , ۲۰۰۲ "Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data", Hydrogeology journal ۱۰, ۴۵۵-۴۷۴.
۷. Guler, C. , Thyne, G. D. , McCray, J. E. and Turner, A. K. , ۲۰۰۴ "Hydrologic and geologic FPctors controlling surFPce and groundwater chemistry in Indian Wells-Owens Valley area, southeastern California, USA", Journal of Hydrology ۲۸۵ (۲۰۰۴) ۱۷۷-۱۹۸