



Assessing Karst Development Potential in Poyon Anticline using GIS, RS and Analytical Hierarchy Process (AHP)

A. Khedri¹, M. Rezaei^{2*} and J. Ashjari³

Abstract

This study investigated the karst development in Poyon anticline, Southwest of Iran. For this propose, the parameters of karst development including lithology, slope, vegetation density, faults, distance from faults, lineament density, distance from lineaments, precipitation, and temperature were investigated. Using Analytical Hierarchy Process (AHP) the weight of each layer on karst development was estimated. Final map of karst development was extracted by combination of effective layers. The results showed that 59 percent of Poyon anticline area had high karstification potential, 5.3 percent had moderate potential, and 35.7 percent had either very low potential or no karstification potential. Areas with high potential of karst development are located in north of karst aquifer (Ilam - Sarvak Formation). Springs with high discharge were noted mainly in karst areas with high potential. The result can be adapted for aquifer development management.

Keywords: Poyon anticline, Karst, AHP, RS, GIS.

Received: July 2, 2011

Accepted: June 17, 2013

بررسی پتانسیل توسعه کارست در تاقدیس پیون با استفاده از تلفیق اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور همراه با تحلیل سلسله مراتب زوجی

اکبر خدری^۱، محسن رضایی^{۲*} و جواد اشجاری^۳

چکیده

در این مطالعه به بررسی توسعه کارست در تاقدیس پیون در جنوب غرب ایران پرداخته شده است. بدین منظور پارامترهای موثر در توسعه کارست شامل لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم گسل‌ها، فاصله از گسل‌ها، تراکم خطواره، فاصله از خطواره، بارش و دما مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتب زوجی (AHP) وزن تأثیر هر کدام از لایه‌ها در توسعه کارست بدست آمد. نقشه نهایی توسعه کارست منطقه مورد نظر با تلفیق لایه‌های موثر استخراج گردید. نتایج نشان می‌دهد که ۵۹ درصد از مساحت تاقدیس پیون در محدوده با پتانسیل بالای کارست شدگی، ۵/۳ درصد در محدوده پتانسیل متوسط و ۳۵/۷ درصد در محدوده پتانسیل خیلی کم یا فاقد پتانسیل کارست شدگی قرار گرفته است. مناطق با پتانسیل بالای کارست شدگی در شمال مرکزی آبخوان (سازند ایلام-سروک) قرار گرفته‌اند. چشمه‌های با آبدی زیاد عمدتاً در محدوده با پتانسیل بالای کارست شدگی قرار گرفته‌اند. نتایج می‌تواند در مدیریت توسعه آبخوان بسیار مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: تاقدیس پیون، کارست، AHP، RS، GIS.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۱ تیر ۱۳۹۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۲۷ خرداد ۱۳۹۲

1- M.Sc. student of Hydrogeology, Kharazmi University, Tehran, Iran

2- Associate Professor of Hydrogeology, Kharazmi University, Tehran, Iran, Email: mohsen71454@yahoo.com

3- Assistant Professor of Hydrogeology, University of Tehran, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران

۲- دانشیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- دکترای هیدروژئولوژی دانشگاه تهران، دانشکده زمین شناسی، تهران، ایران

*- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

با توجه به نیاز روز افزون به آب خصوصاً آب شرب، شناسائی مناطق توسعه یافته کارست که از ذخایر ارزشمند آب زیرزمینی در کشور محسوب می‌شوند، از اهمیت بالائی برخوردار است. تاقدیس پیون و دشت اطراف آن (دشت ایذه)، به دلیل بالا بودن دبی چشمه‌ها و مناسب بودن ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی، مورد استفاده شرب منطقه مسکونی پیرامون این تاقدیس قرار می‌گیرد. شناسائی مناطق توسعه یافته کارست جهت دسترسی به ذخایر آب کارستی امری مهم و ضروری می‌باشد.

به دلیل اینکه در بسیاری از مناطق کارستی کشور اطلاعات و داده‌های کافی در دست نیست، استفاده از روش‌های سنجش از دور جزء روش‌های مناسب مطالعه مناطق کارستی در کشور است. تلفیق اطلاعات دورسنجی و داده‌های زمینی به ویژه در سیستم‌های اطلاعات جغرافیائی می‌تواند، نتایج ارزشمندی در بر داشته باشد. نرم افزارهای RS و GIS با مزیت‌های مکانی، طیفی و قابلیت‌های زمانی و مهارت پوشش وسیع داده‌ها و دستیابی به مناطق صعب‌العبور در یک زمان کوتاه، از ابزارهایی می‌باشند که نسبت به ابزارهای دستی دارای کاربردها و توانایی‌های بیشتری هستند. به همین دلایل استفاده از روش‌های دورسنجی در مطالعات کارست همواره مورد توجه بوده است.

El-Naqa and et al. (2009) و Hammouri and et al. (2012) و Prasad and et al. (2007) و Hsin-fu and et al. (2008) و Subba Rao and et al. (2001) و Sener and et al. (2005) از تلفیق فنون سنجش از دور و GIS در تحقیقات و مدیریت آب‌های زیرزمینی در منطقه Burdur ترکیه پرداختند. خدایی و ناصری (۱۳۷۹) تحقیقی درباره تهیه نقشه خطواره‌ها و پوشش گیاهی به عنوان نمایانگر آب زیرزمینی در منطقه کارستی شمال اشنویه، غرب دریاچه ارومیه، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای انجام دادند. موحدپور (۱۳۸۰) مطالعه دیگری در زمینه سنجش از دور و GIS، در منطقه بوانات فارس انجام داد که هدف از این مطالعه تعیین مناطق مستعد وجود آب زیر زمینی در سازندهای سخت (آذرین و دگرگونی) منطقه بود. غیثی (۱۳۸۷) با بهره گیری از اطلاعات رقومی دورسنجی و GIS، پتانسیل توسعه کارست را در محدوده استان فارس مورد بررسی قرار داد.

مکان‌یابی از طریق تلفیق مجموعه عوامل و پارامترهای موثر در پیشرفت کارست صورت می‌گیرد و در نهایت محدوده‌هایی که با

توسعه کارست‌شدگی معرفی می‌گردد، شامل مکان‌هایی است که شرایط و پارامترهای موثر جهت ایجاد مخازن آب زیرزمینی را دارا می‌باشد (آبشیرینی) (۱۳۸۳). می‌توان محدوده‌های مذکور را جهت انجام مطالعات دقیق‌تری همچون عملیات ژئوفیزیکی و حفاری‌های اکتشافی، جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در منطقه، مورد استفاده قرار داد. در واقع به علت هزینه زیاد و زمان‌بر بودن مطالعات ژئوفیزیکی و حفاری چاه‌های اکتشافی، لازم است ابتدا به روش‌های سریع‌تر و کم هزینه‌تر مانند پتانسیل‌یابی مناطق توسعه یافته کارستی توسط ابزارهای RS و GIS، محدوده‌های مناسب‌تر جهت انجام مطالعات تفصیلی مشخص گردد. هدف از این مطالعه شناسایی مناطق پیشرفته کارستی با استفاده از RS¹ و GIS² تاقدیس پیون می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه نقشه زمین‌شناسی (مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰)، نقشه‌های توپوگرافی (مقیاس ۱:۲۵/۰۰۰)، آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک و همچنین تصاویر سنجنده لندست ETM سال ۲۰۰۰ مربوط به منطقه مورد مطالعه تهیه و از نرم‌افزارهای Erdas9.1، Arc GIS 9.3، Arc View3.3 و ILWIS version3.4 برای استخراج لایه‌ها استفاده شد. مطالعه طی ۴ مرحله اساسی شامل: جمع‌آوری، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، رقومی سازی داده‌ها و تحلیل‌های مکانی انجام یافت. پس از انجام تحلیل‌هایی همچون تصحیح ژئومتریک و رادیومتریک، طبقه‌بندی و فیلتر کردن بر روی داده‌های ماهواره‌ای، بر روی این تصاویر تفسیرهایی برای استخراج زمین‌شناسی منطقه، پوشش گیاهی و خطواره‌ها انجام گردید. در نرم‌افزار GIS پایگاه داده مورد نیاز ساخته شد و با رقومی کردن نقشه‌های موجود، لایه‌های موثر در توسعه کارست شامل: لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم گسل‌ها، فاصله از گسل‌ها، تراکم خطواره، فاصله از خطواره، بارش و دما استخراج گردید. در نهایت تحلیل‌های فضایی بر روی لایه‌ها انجام شد و برای استخراج نقشه نهایی توسعه کارست این لایه‌ها تلفیق و مدل شدند.

۲-۱- موقعیت جغرافیائی و زمین‌شناسی

در شکل ۱ موقعیت جغرافیائی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه شامل تاقدیس پیون و دشت ایذه در حد فاصل طول جغرافیائی ۴۹ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۲ درجه و ۵ دقیقه شمالی تا طول جغرافیائی ۵۰ درجه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۱ درجه و ۵ دقیقه شمالی قرار دارد. از نظر زمین‌شناسی تاقدیس پیون در زاگرس چین خورده و با روند

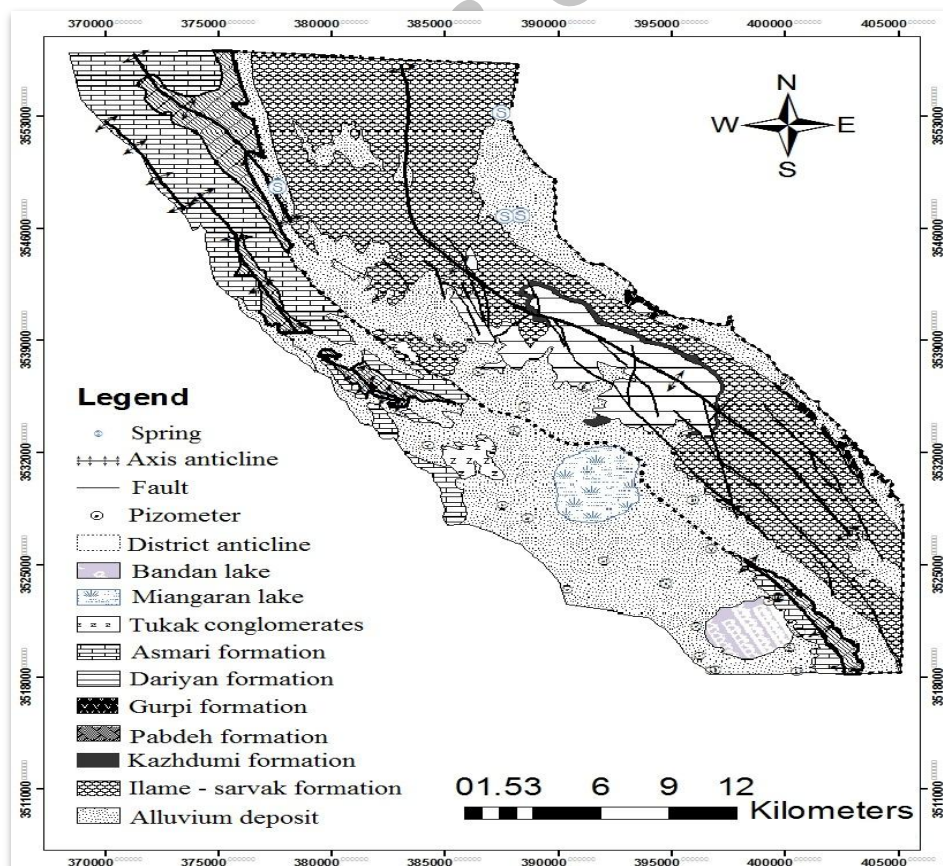
رنگ و مارن‌های دریایی محتوی فسیل‌های پلانکتونیک، کمترین مساحت را در تاقدیس دارا می‌باشند. سازند آهکی آسماری با قابلیت بالای کارستی شدن در محدوده تاقدیس پیون رخنمون چندانی ندارد. نهشته‌های کواترنری شامل رسوبات عصر حاضر نظیر رسوبات دامنه‌ای، واریزه‌ای، پادگانه‌های آبرفتی، رسوبات بستر آبراهه‌ها و آبرفت‌های موجود می‌باشد، آفانباتی (۱۳۸۳).

۲-۲- تحلیل داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های ماهواره‌ای، امکان تهیه سریع و قابل استفاده پارامترهای کنترل کننده در رخدادهای بوجود آمده را میسر می‌سازند. از این جمله می‌توان، زمین‌شناسی، نوع خاک، پوشش گیاهی و خطواره‌ها را نام برد. در این مطالعه، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، نقشه‌های پایه همچون خطواره‌ها، گسل‌ها و پوشش گیاهی به صورت رقومی تهیه و تحلیل شدند. ثبت داده‌های ماهواره‌ای، تصحیح (ژئومتریک و اتمسفریک)، فرایندهای تصویری (بسط دادن، فیلتر کردن، طبقه‌بندی و ترکیب کردن) و چک کردن ارتباط آنها در منطقه با یکدیگر مورد بررسی قرار گرفت.

شمال غرب جنوب شرق قرار دارد. این تاقدیس مساحتی حدود ۳۲۲ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. مرتفع ترین نقطه این تاقدیس ۲۱۴۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد .

سازندهای رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه مربوط به کرتاسه زیرین تا عهد حاضر می‌باشد که به ترتیب سنی از قدیم به جدید عبارت از: سازندهای داریان، کژدومی، ایلام- سروک ، گورپی، پابده، آسماری، کنگلومرای توکک و نهشته‌های کواترنری می‌باشد. پهنه آهکی سازند داریان که در مرکز تاقدیس پیون رخنمون دارد کاملاً خرد شده است و سیستم گسل‌های کوچک محلی در امتداد شمال غرب - جنوب شرق در آن گسترش دارد. این سازند نسبت به سازند ایلام- سروک از درصد دولومیت بالاتری برخوردار می‌باشد. سازند کژدومی با رخساره آهک‌های رسی تیره رنگ و شیل‌های سیاه قیری به طور هم شیب بر روی سازند داریان قرار دارد. این سازند گسترش چندانی در منطقه ندارد. مرز فوقانی آن سازند ایلام- سروک می‌باشد. سازند ایلام- سروک بیشترین مساحت تاقدیس پیون را در بر گرفته است. حفرات انحلالی کارست، کارن و درز و شکاف‌های انحلالی در این سازند در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. سازندهای گورپی و پابده متشکل از آهک مارنی سفید رنگ و شیل‌های آبی



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیائی تاقدیس پیون

جدول ۱- ارزش کلاس‌های اعمال شده برای لایه‌های موثر در توسعه کارست

پارامتر		پارامتر	
ارزش	دما (درجه سانتی‌گراد)	ارزش	بارش (میلی‌متر)
۹	۱۱/۱۱ - ۱۲/۳۴	۱	۰ - ۵۸۰/۶۴
۸	۱۲/۳۴ - ۱۳/۵۷	۲	۵۸۰/۶۴ - ۶۲۷/۸۴
۷	۱۳/۵۷ - ۱۴/۸	۳	۶۲۷/۸۴ - ۶۷۵/۰۴
۶	۱۴/۸ - ۱۶/۰۳	۴	۶۷۵/۰۴ - ۷۲۲/۰۴
۵	۱۶/۰۳ - ۱۷/۲۶	۵	۷۲۲/۰۴ - ۷۶۹/۴۴
۴	۱۷/۲۶ - ۱۸/۴۹	۶	۷۶۹/۴۴ - ۸۱۶/۶۴
۳	۱۸/۴۹ - ۱۹/۷۲	۷	۸۱۶/۶۴ - ۸۶۳/۸۴
۲	۱۹/۷۲ - ۲۰/۹۵	۸	۸۶۳/۸۴ - ۹۱۱/۰۴
۱	۲۰/۹۵ - ۲۲/۱۷	۹	۹۱۱/۰۴ - ۱۰۰۵/۶۶
ارزش	تراکم گسل (درصد)	ارزش	تراکم خطواره (درصد)
۳	۰ - ۲۵	۳	۰ - ۲۵
۵	۲۵ - ۵۰	۵	۲۵ - ۵۰
۷	۵۰ - ۷۵	۷	۵۰ - ۷۵
۹	۷۵ - ۱۰۰	۹	۷۵ - ۱۰۰
ارزش	پوشش گیاهی (درصد)	ارزش	شیب (درجه)
۳	۰ - ۲۵	۹	۰ - ۶
۶	۲۵ - ۵۰	۸	۶ - ۱۲
۸	۵۰ - ۷۵	۷	۱۲ - ۲۵
۹	۷۵ - ۱۰۰	۶	۲۵ - ۳۵
ارزش	فاصله از خطواره و گسل (متر)	ارزش	لیتولوژی
۹	<۱۰۰	۴	۴۵ <
۸	۱۰۰-۲۰۰		
۷	۲۰۰-۳۵۰	ارزش	ایلام-سروک
۶	۳۵۰-۵۰۰	۹	داریان
۵	۵۰۰-۶۵۰	۵	گوری
۴	۶۵۰-۸۰۰	۰	کزدمی
۳	۸۰۰-۱۰۰۰	۰	آبرفت عهدحاضر
۲	>۱۰۰۰	۰	

می‌باشند، بنابراین راهنمای مهمی برای اکتشاف آب‌زیرزمینی و توسعه کارست در منطقه شمرده می‌شوند. اخیراً پروژه‌های متعددی در استفاده از نقشه خطواره‌ها و گسل‌ها جهت اکتشاف آب زیرزمینی و پیشرفت کارست در کشورهای گوناگون موفقیت‌آمیز بوده‌اند (Teeuw, 1995). در منطقه مورد مطالعه، خطواره‌ها با کمک فیلترهای متفاوت (Directional، High pass، و فیلتر Soble) و تفسیرهای بصری از باند ۷ سنجنده لندست ETM در نرم‌افزار ILWIS version 3.4 و گسل‌ها نیز با استفاده از همین نرم‌افزار و با کمک نقشه زمین‌شناسی منطقه ایجاد گردید. برای بالا بردن دقت، با استفاده از نرم افزار Google Earth تصحیحاتی روی خطواره‌ها و گسل‌ها وارد نرم افزار گردید. اغلب خطواره‌ها و گسل‌ها دارای روند S20 - 40W بودند. در کل تعداد ۹۱۹ خطواره و ۱۸

با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و آمار ایستگاه‌های باران‌سنجی، سینوپتیک و کلیماتولوژی لایه‌های بارش و دما نیز تهیه گردید. داده‌های موجود در یک شکل رقمی گردآوری و جهت تلفیق لایه‌های مورد نظر آماده سازی گردید. ارزش‌های کلاس‌های مختلف عوامل موثر در توسعه کارست بر اساس تحقیقات قبلی موجود در این زمینه اختیار گردید، محمدی (۱۳۸۵)، غیثی (۱۳۸۷)، خدایی و ناصری (۱۳۷۹). ارزش پارامترها در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

۳-۲- استخراج لایه‌ها در GIS و وزن‌دهی با AHP

آنالیز خطواره‌ها و گسل‌ها نشان‌دهنده حرکت و ذخیره آب‌زیرزمینی

گسل در منطقه به دست آمد که حداقل طول خطواره‌ها و گسل‌ها به ترتیب ۰/۷۲ و ۲۰۶۴ متر و حداکثر طول آنها به ترتیب ۴۱۹۹/۶ و ۱۶۵۹۴ متر برآورد گردید. برای تهیه نقشه‌های مرتبط با خطواره‌ها و گسل‌ها، ابتدا این نقشه‌ها از پردازش تصویر باند PAN ماهواره LANDSAT (۲۵ سپتامبر ۲۰۰۰) با قدرت تفکیک زمینی ۳۰ متر به دست آمد، سپس رقوم‌سازی شکستگی‌ها توسط نرم‌افزار Arcgis9.3 انجام یافت. سپس نقشه فاصله از خطواره‌ها و گسل‌ها و چگالی آنها با استفاده از روش درون‌یابی تهیه شد. شکل ۲ نقشه‌های رقومی فاصله از خطواره‌ها و گسل‌ها و تراکم آنها را نشان می‌دهد.

پوشش گیاهی، در منطقه مورد مطالعه به صورت ترکیبی از پوشش درختان، فعالیت‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و مجموعه‌های آبی بیان گردیده است. در مناطقی که پوشش خاک بر روی سطح سنگ وجود دارد به علت وجود CO₂ در ترکیب خاک، که حاصل از تجزیه گیاهان می‌باشد، آب حاصل از بارندگی می‌تواند ترکیب اسیدی پیدا کرده و انحلال توده آهکی را افزایش دهد. بدین دلیل با ترکیب باندهای ۳-۴-۲ تصویر ماهواره‌ای سنجنده ETM لندست پوشش گیاهی منطقه به دست آمد. برای تهیه وضعیت پوشش گیاهی در منطقه، از شاخص NDVI³ که توسط نرم‌افزار Erdas تهیه شد، مطابق رابطه زیر استفاده گردید، سپس در نرم‌افزار Arcgis9.3 برای تلفیق با سایر لایه‌ها آماده گردید (شکل ۳ الف). NIR⁴ معرف تصویر اخذ شده در طول موج‌های مادون قرمز نزدیک و red معرف تصویر اخذ شده در طول موج‌های قرمز می‌باشد.

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} \quad (1)$$

توپوگرافی که در استخراج نقشه شیب به ما کمک می‌کند، یک عنصر اصلی تعیین کننده برای وسعت کارستی شدن و سطح آب‌زیرزمینی می‌باشد. نقشه شیب با استفاده از مدل ارتفاع رقومی منطقه و به کارگیری توابع تحلیل سطح به دست آمد که ارزش هر پیکسل در آن نشان‌دهنده مقدار شیب آن بر حسب درجه بود. یکی از عامل‌های نفوذ آب به درون زمین شیب می‌باشد. بدین معنی که هرچه شیب کمتر باشد احتمال نفوذ آب به درون زمین بیشتر و پتانسیل کارست شدگی بیشتر می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۳-ب مشاهده می‌شود در حاشیه نقاط شمالی و مرکزی تاقدیس کمترین شیب قرار دارد و این نقاط می‌تواند با در نظر گرفتن کلیه عوامل برای پیشرفت کارست مستعد باشد.

برای استخراج لایه بارش از آمار ایستگاه‌های باران سنخ منطقه استفاده گردید از آنجایی که در منطقه مطالعاتی ایستگاه‌های (2)

باران‌سنجی وجود ندارد، سعی بر آن شد که از آمار ایستگاه‌های مجاور منطقه استفاده شود. با رسم نمودار ارتفاع و بارش و ایجاد رابطه خطی بین میزان بارش و ارتفاع، رابطه ریاضی آن به دست آمد (شکل ۴-الف). در ادامه با کمک نقشه توپوگرافی منطقه و رابطه ارتفاع - بارندگی با درون‌یابی در نرم‌افزار GIS نقشه مربوط به لایه بارش استخراج گردید (شکل ۳-ج). برای به دست آوردن لایه دما همانند لایه بارش عمل کرده رابطه دما - ارتفاع را به دست آورده (شکل ۴-ب) و لایه دما را استخراج می‌کنیم (شکل ۳-د).

در ادامه پس از به دست آوردن لایه‌های لیتولوژی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم گسل‌ها، فاصله از گسل‌ها، تراکم خطواره، فاصله از خطواره، بارش و دما در نرم‌افزار AHP مقایسه زوجی انجام گرفت. این مقایسه زوجی بصورت مستقل توسط سه نفر کارشناس خبره و متخصص در زمینه کارست انجام گردید و نتایج پردازش گردید. وزن تأثیر هر لایه مطابق آنچه در جدول شماره ۲ آمده است، استخراج می‌گردد و در تحلیل فضایی مورد استفاده قرار گرفت.

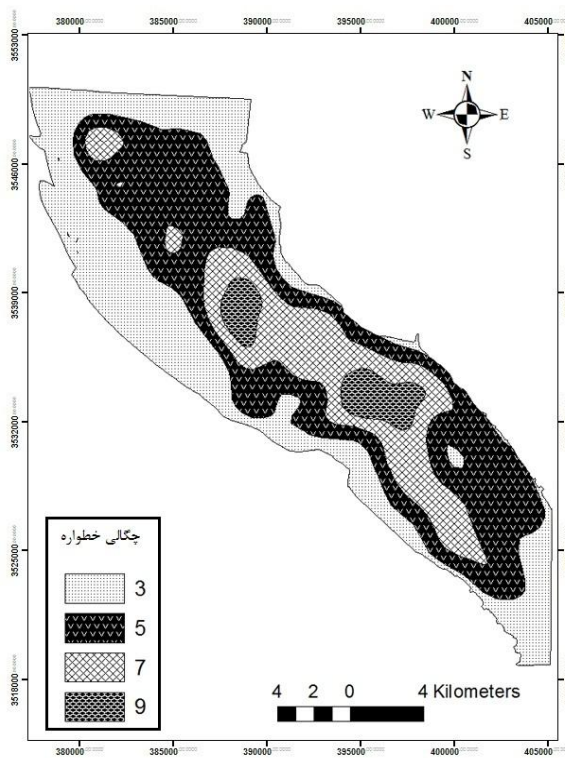
جدول ۲- وزن لایه‌های اطلاعاتی به دست آمده به روش AHP

وزن (درصد)	لایه‌های اطلاعاتی
۳۰	زمین‌شناسی (Lt)
۱/۸	شیب (S)
۹/۵	بارش (R)
۶	دما (T)
۳/۷	پوشش گیاهی (Lc)
۲۰	تراکم گسل (Fd)
۸/۵	تراکم خطواره (Ld)
۱۵	فاصله از گسل (Fi)
۵/۵	فاصله از خطواره (Li)

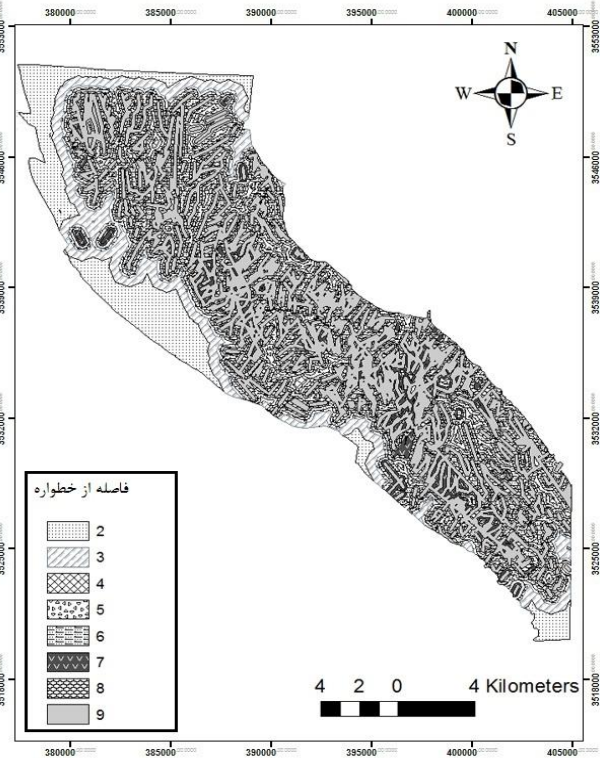
۲-۴- تحلیل‌های فضایی

مرحله نهایی شامل ترکیب همه لایه‌های مؤثر در توسعه کارست، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 است. برای تهیه نقشه نهایی توسعه کارست با تأثیر وزن لایه‌ها که در نرم‌افزار AHP بر حسب درصد استخراج گردید (جدول ۲) و ضرب نمودن این لایه‌ها در وزن خود در نرم‌افزار GIS نقشه نهایی حاصل گردید. رابطه استفاده شده برای پتانسیل‌یابی کارست بصورت زیر است. پارامترها و ضرایب این رابطه در جدول ۲ معرفی شده‌اند.

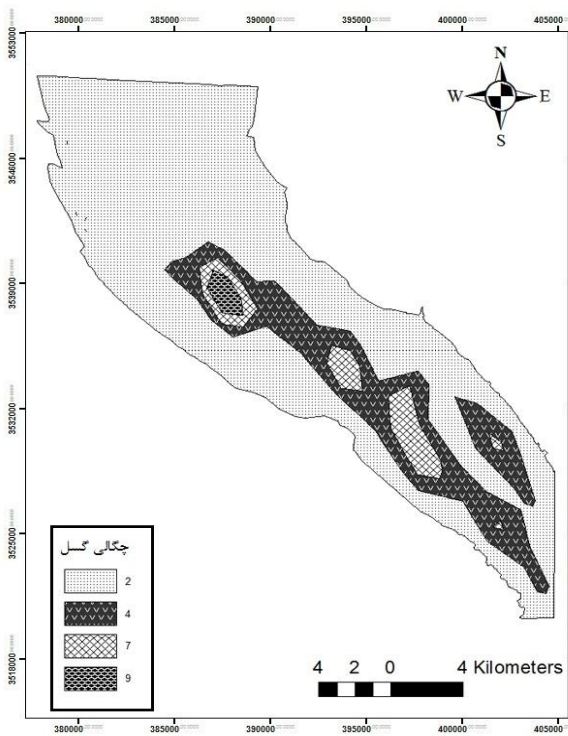
$$Kp = [3.7Lc + 9.5R + 6T + 1.8S + 8.5Ld + 5.5Li + 20Fd + 15Fi + 30Lt]/100 \quad (2)$$



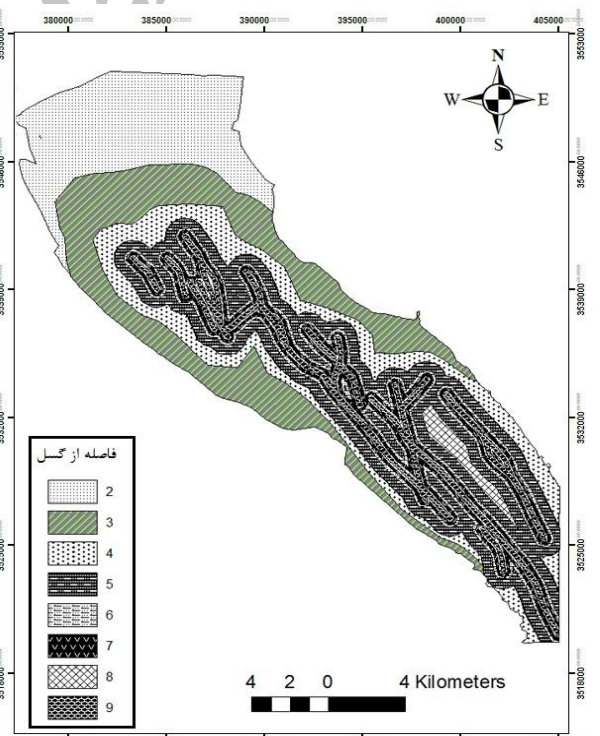
(ب)



(الف)

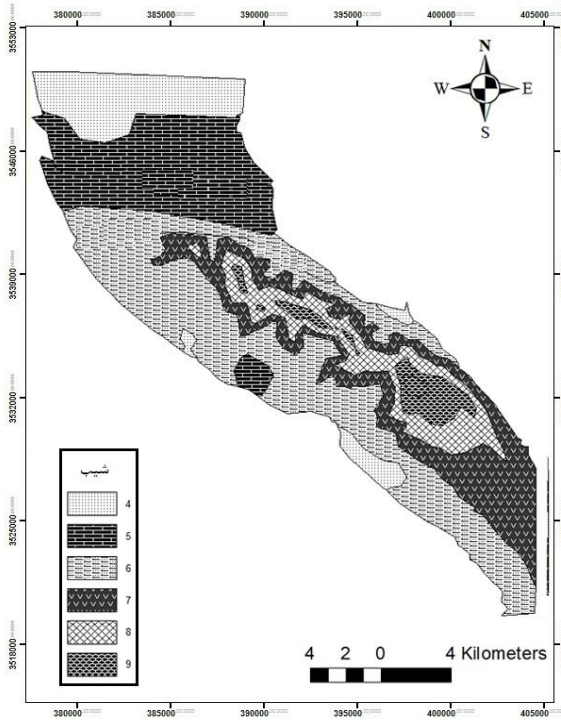


(د)

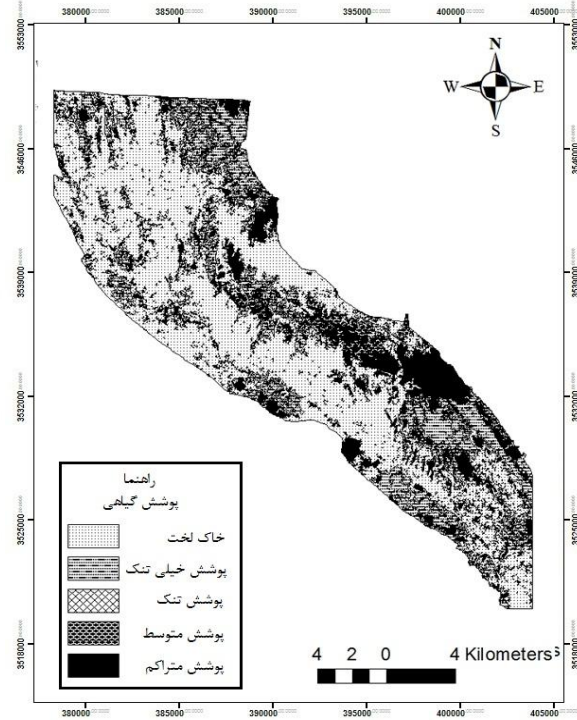


(ج)

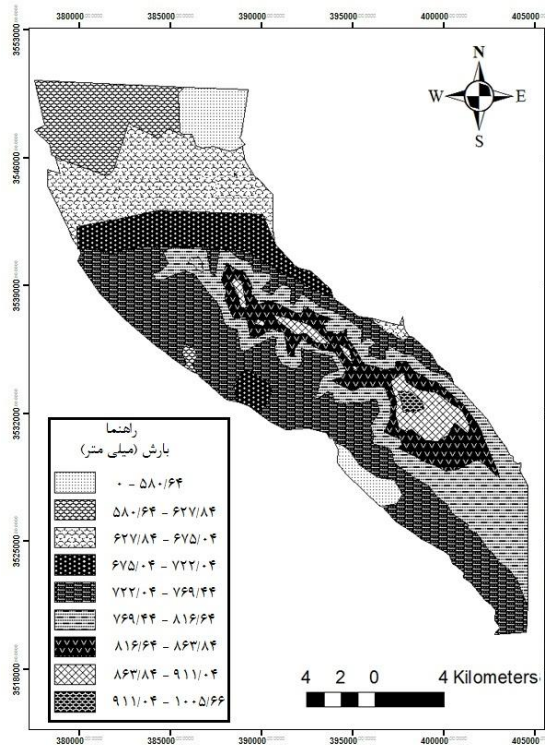
شکل ۲- الف) فاصله از خطواره‌ها، ب) تراکم خطواره‌ها، ج) فاصله از گسل‌ها، د) تراکم گسل‌ها



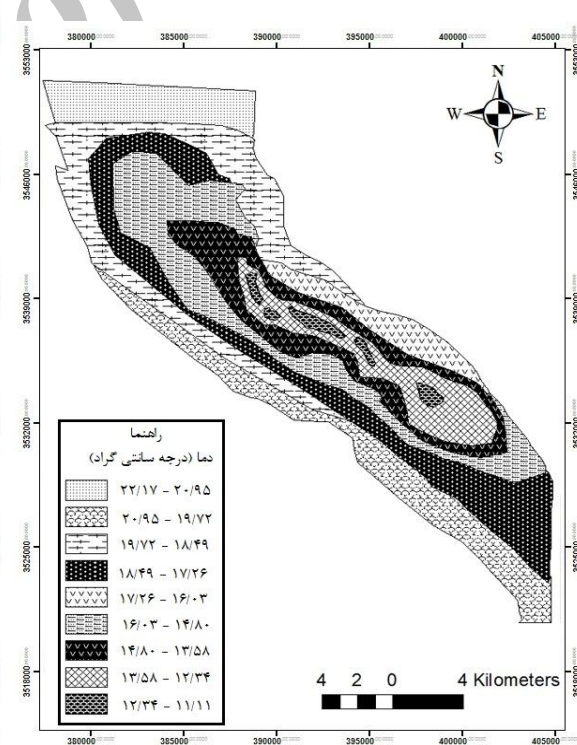
(ب)



(الف)

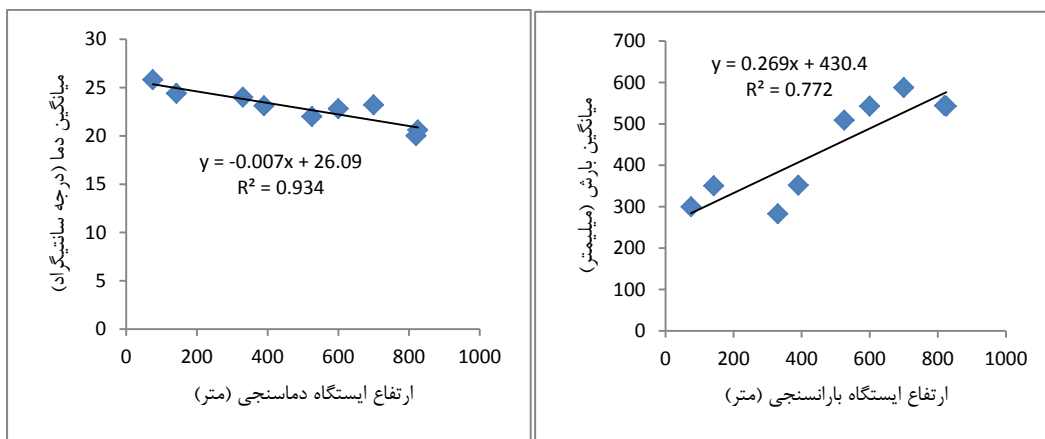


(د)



(ج)

شکل ۳- الف) پوشش گیاهی، ب) شیب، ج) بارش، د) دما



(ب)

(الف)

شکل ۴- الف) رابطه میانگین بارش و ارتفاع ایستگاه باران سنج، ب) رابطه میانگین دما و ارتفاع ایستگاه دماسنجی

جدول ۳- طبقه‌بندی شدت توسعه کارست بر حسب درصد، در نرم‌افزار GIS پس از تلفیق لایه‌ها

اندیس توسعه کارست	کلاس توسعه کارست
۰	مناطق بدون کارست
۰ - ۲۵	توسعه کارست کم
۲۵ - ۵۰	توسعه کارست متوسط
۵۰ - ۷۵	توسعه کارست زیاد
۷۵ - ۱۰۰	توسعه کارست خیلی زیاد

سطحی همچون خطواره‌ها، پوشش گیاهی و دیگر عوارض زمین‌شناسی مناسب می‌باشد. شاخص‌های زمین‌شناسی، تراکم گسل و فاصله از گسل بیشترین اهمیت را دارند و براساس وزن‌دهی در AHP بیشترین وزن‌ها را به ترتیب به خود اختصاص داده‌اند. پس از تلفیق اطلاعات GIS و RS، برای پیشرفت توسعه کارست از مساحتی حدود ۳۲۲ کیلومترمربع در تاقدیس پیون حدود ۱۱۵/۵ کیلومترمربع فاقد کارست شدگی می‌باشند که ۳۵ درصد از منطقه را در بر می‌گیرد. حدود ۱۹۶/۴۴ کیلومترمربع دارای کارست شدگی خیلی زیاد تا زیاد می‌باشند که این مساحت نیز حدود ۵۹ درصد محدوده مطالعاتی را در بر می‌گیرد. در حدود ۲۰/۶۷ کیلومترمربع از محدوده مورد مطالعه دارای کارست شدگی متوسط تا کم می‌باشد که ۶ درصد از محدوده مطالعاتی را شامل می‌شود. با توجه به نقشه نهایی توسعه کارست تاقدیس پیون مناطق با توسعه کارست خیلی زیاد در قسمت جنوبی تا مرکزی تاقدیس و مناطق با توسعه کارست زیاد بیشتر مناطق شمالی تا مرکزی تاقدیس را شامل می‌شوند، همچنین قسمت‌های شرق و غرب تاقدیس پیون فاقد کارست شدگی می‌باشند. چشمه‌های پرآب سیاهچال، سراب، آوجدان و شمی در

که در رابطه فوق Kp پتانسیل کارست، Lc پوشش گیاهی، R بارش، T دما، S شیب، Ld تراکم خطواره، Li فاصله از خطواره، Fd تراکم گسل، Fi فاصله از گسل و Lt معرف لایه زمین‌شناسی می‌باشد.

نقشه پتانسیل کارست تهیه شده برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ ارائه گردیده است. نقشه ایجاد شده، مدلی از توسعه کارست است که از ترکیب نقشه‌های موثر: زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم خطواره‌ها و گسل‌ها، فاصله از خطواره‌ها و گسل‌ها، دما و بارش که بر روی نقشه پتانسیل کارست اعمال گردید، حاصل شده است. اندیس محاسبه شده پتانسیل کارست در بازه ۰ تا ۱۰۰ قابل محاسبه است. اندیس‌های بازه ۰ تا ۱۰۰ به ۴ رده توسعه کارست کم، توسعه کارست متوسط، توسعه کارست زیاد و توسعه کارست خیلی زیاد مطابق جدول ۳ تقسیم می‌گردد.

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود قسمت شمالی تاقدیس توسعه کارست زیادی دارد. این قسمت ارتفاع کمتری نسبت به سایر نقاط تاقدیس دارد، و اکثر چشمه‌های پر آب (سیاهچال، سراب، آوجدان و شمی) نیز در این محدوده واقع گردیده‌اند (شکل ۵). انجام مطالعات محلی از جمله عملیات ژئوفیزیک می‌تواند نتایج این تحقیق را با دقت بیشتری بررسی نماید.

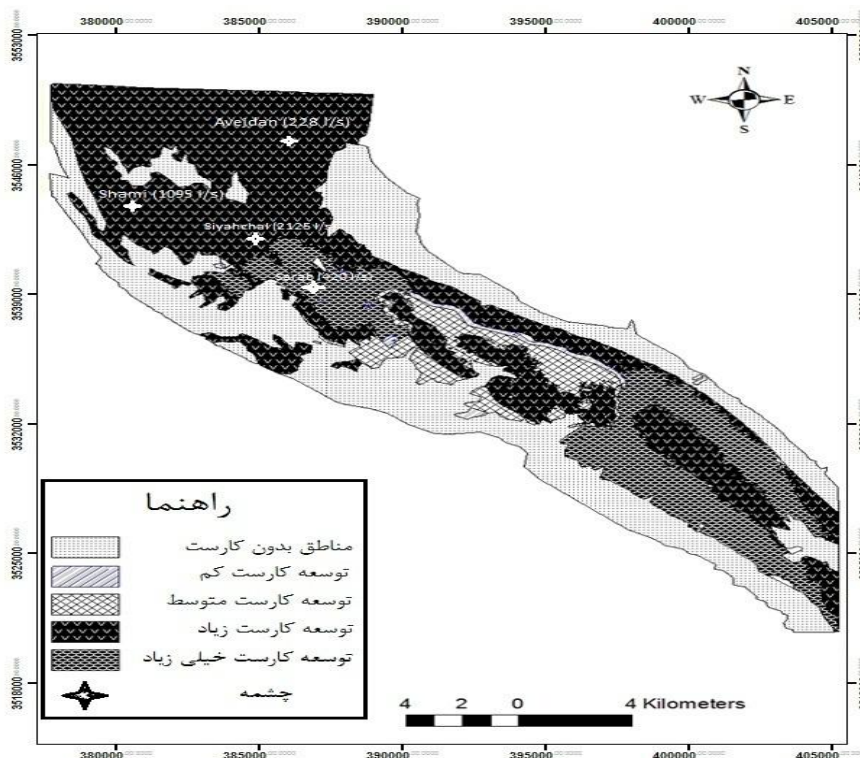
۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

شاخص‌های توسعه کارست در منطقه مورد مطالعه، وابسته به زمین‌شناسی، شیب، پوشش گیاهی، تراکم خطواره‌ها و گسل‌ها، فاصله از خطواره‌ها و گسل‌ها، دما و بارش می‌باشد. داده‌های ماهواره‌ای برای مطالعات سطحی به ویژه در آشکارسازی سیماهای

۴- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از همکاری و حمایت‌های صمیمانه سازمان آب منطقه‌ای خوزستان و همچنین آقایان مهندس حسین کریمی، مهندس بابک بیگلری و مهندس حسن دانشیان تشکر و قدردانی می‌نمایند.

محدوده با پتانسیل بالای کارست شدگی واقع شده‌اند. میانگین آبدهی این چشمه‌ها آنها ۹۷۸ لیتر بر ثانیه می‌باشد. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل آبی بالا بوده و از آنجایی که استان خوزستان در اقلیم آب و هوایی گرم قرار دارد و مردم این استان برای تأمین آب آشامیدنی با مشکلات فراوانی مواجه می‌باشند، مناطق پیشنهادی می‌تواند در مدیریت بحران کم آبی بسیار مؤثر باشد.



شکل ۵- نقشه نهایی توسعه کارست در تاق‌دیس پیون

محمدی ز (۱۳۸۵) کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در شناخت و پتانسیل‌یابی منابع آب‌زیرزمینی مطالعه موردی تاق‌دیس گورپی استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

غیثی ح (۱۳۸۷) بررسی عوامل مؤثر بر توسعه کارست در پهنه‌های کارستی زاگرس با استفاده از اطلاعات رقمی سنجش از دور و GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، بخش علوم دانشگاه شیراز.

خدایی ک، ناصری ح (۱۳۷۹) نقش نمایانگرهای آب زیرزمینی در شناسایی منابع آب کارستی حوزه نمونه ارومیه با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، دانشگاه شهید بهشتی.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Remote sensing
- 2- Geographic information system
- 3- Normalized difference vegetation index
- 4- Near infrared radio

۵- مراجع

آبشیرینی ا (۱۳۸۳) کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و GIS در شناخت و پتانسیل‌یابی منابع آب‌زیرزمینی کارست در تاق‌دیس پایده-لالی. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

آقاباتی س ع (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- Prasad R K, Mondal NC, Pallavi B, Nandakumar MV (2007) Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS, *Environ Geology Journal*, Springer-Verlag, 55(3): 467-475.
- Subba Rao N, Chakradhar G, Srinivas V (2001) Identification of groundwater potential zones using remote sensing techniques in and around Guntur Town, Andhra Pradesh India *Journal of India society of Remote Sensing*. 29(2): 69-78.
- Teeuw R M (1995) Groundwater exploration using remote sensing and a low-cost geographical information system. *Hydrogeology Journal*, 3(3): 21-30.
- Sener A, Davraz A, Ozcelik M (2005) An Integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in burdur, Turkey, *Hydrogeology Journal*, 13(6): 826-834.
- موحدپور ا (۱۳۸۰) مطالعه منابع آب کوه سفید منطقه بوانات با استفاده از تکنیکهای سنجش از دور. پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، بخش علوم دانشگاه شیراز.
- El-Naqa A, Hammouri N, Ibrahim K, El-Taj M (2009) Integrated approach for groundwater exploration in wadi Araba using remote sensing and GIS. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 3(3): 229-243.
- Hammouri N, El-Naqa A, Barakat M (2012) An integrated approach to groundwater exploration using remote sensing and geographic information system. *Journal of Water Resource and Protection*, 4 (9): 717-724.
- Hsin-Fu Y, Cheng-Haw L, Kuo-Chin H, Po-Hsun chang (2008) GIS for the assessment of the groundwater recharge potential zone. *Environ Geology Journal*, Springer verlage, 10(1):1504-1509.

Archive of SID