هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۳، صص ۱۴۴-۱۳۱
وصول مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۶

پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی "AHP" (مطالعه موردی: حوضه آباده ـ اقلید فارس)

مجتبی یمانی[۱]
شهناز علی‌زاده [۲]

چکیده

آب زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب شیرین مورد نیاز انسان است. کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانه، حدود ۲۵۰ میلی‌متر، یکی از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود. از آنجا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود است، آبهای زیرزمینی به‌عنوان مناسب‌ترین منبع در دسترس جهت تأمین آب مورد نیاز به‌حساب می‌آید. حوضه آباده ـ اقلید یکی از زیرحوضه‌های کویر ابرقو ـ سیرجان با وسعت ۲۸۷۱ کیلومترمربع در شمال شرق استان فارس واقع شده است و افت آب زیرزمینی در بیشتر مساحت منطقه بیش از ۵ متر بوده است. بنابر این شناسایی منابع آب زیرزمینی، شناختن مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح شیوه برداشت از این منابع از مهم‌ترین اهداف به شمار می‌رود. هدف این تحقیق پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه آباده- اقلید فارس با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) است. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های اقلیمی منطقه مورد مطالعه استفاده کردیم و همچنین از نرم-افزار ArcGIS برای تجزیه و تحلیل بهره بردیم. نتیجه پژوهش حاکی از آن است که بیشترین مساحت حوضه از نظر پتانسیل آب زیرزمینی مربوط به مناطق با وضعیت خوب و متوسط دارد و بیشترین مناطق با پتانسیل بالا و خوب در نواحی جنوب و جنوب شرق حوضه نسبت به استان فارس قرار دارند و مناطق بدون پتانسیل و کم‌پتانسیل مربوط به نواحی کوهستانی جنوب غرب و شمال غرب حوضه و نواحی مرکزی و شمالی حوضه به دلیل جنس زمین و نفوذناپذیری و نوع ساختمان و توپولوژی آنها هستند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل‌یابی؛ آب زیرزمینی؛ مدل AHP؛ حوضه آباده ـ اقلید فارس

۱ـ استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران Email:myamani@ut.ac.ir
۲ـ دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

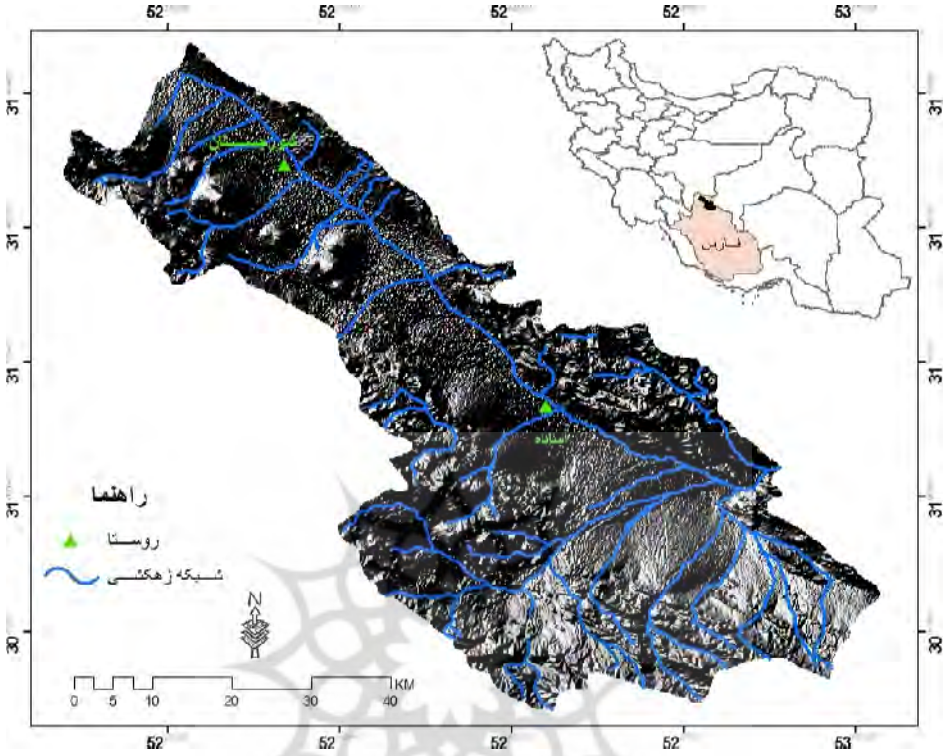
مقدمه

آب‌های زیرزمینی ۴ درصد از مجموعه آبهایی را که فعالانه در سیکل هیدرولوژی دخالت دارند، شامل می‌شوند (علیزاده، ۱۳۸۸: ۲۴). این منابع بعد از یـخچالها و پهنه‌های یخی، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین به‌حساب می‌آیند (صداقت، ۱۳۸۷: ۷) و با حجمی معادل ۳۷ میلیارد کیلومترمکعب (۲۲ درصد آب‌های شیرین جهان) حدود ۹۷ درصد آب شیرین مصرفی جهان را تأمین می‌کنند (فوستر، ۱۹۹۸). آبهای زیرزمینی در بسیاری از کشورهای واقع در نواحی خشک و نیمه‌خشک بیش از ۸۰ درصد منابع آبی مورد استفاده را تشکیل می‌دهند (صداقت، ۱۳۸۷: ۲۵). آب زیرزمینی از یک‌سو به‌دلیل شیرین بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بیشتر یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و از سوی دیگر با تأثیر بر توان اکولوژیک سرزمین یک پدیده مهم و مؤثر در توسعه اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به‌حساب می‌آید (مادان و همکاران، ۲۰۰۸). کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر یکی از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۶: ۸۲). ایران با مشخصات هیدرولوژیکی مانند حجم نزولات جوی ۴۱۳، تبخیر و تعرق ۲۹۶ و حجم آب قابل دسترس ۱۱۷ میلیارد مترمکعب، سرانه آب تجدیدشونده جهانی ۱۹۰۰ مترمکعب (در حالی که متوسط آب تجدیدشونده جهانی۷۶۰۰ مترمکعب است)، مصرف ۳/۴ میلیارد مترمکعب که حدود ۶۵ درصد آن از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌گردد، با شرایط سخت در زمینه تأمین آب روبه‌روست، به ویژه این که هم‌اکنون از ۶۳۰ دشت کـشور ۲۲۰ دشت ازنظر حفاظتی در رده دشت‌های ممنوعه قرار دارند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۳). طبق این ارقام بازنگری در مدیریت و استراتژی منابع آب در برنامه‌ریزی‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور امری اجتناب‌ناپذیر و جدی است. این مهم طی سالیان اخیر از طریق بازنگری در قوانین بهره‌برداری، عملیات عمرانی مانند انتقال آب بین حوضه‌ای، آبخوان‌داری، تغذیه مصنوعی و مجموعه عملیات حفاظت آب و خاک در این برنامه‌ها پیگیری شده است.

حوضه آباده - اقلید یکی از زیرحوضه‌های کویر ابرقو - سیرجان است و در استان فارس واقع شده است. ۳۵٪ از استان فارس را دشت‌ها و ۶۵٪ از آن را ارتفاعات در برگرفته است. این استان ۱۷۰ دشت دارد که از آنها ۶۴ دشت ممنوعه و ۷ دشت ممنوعه بحرانی هستند. ۷۸٪ از منابع آب فارس از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. تعداد چاه‌های عمیق ۳۱۰۲۰ حلقه، تعداد چاه نیمه‌عمیق ۵۳۲۰۵ حلقه، تعداد قنات ۱۴۸۷ رشته و تعداد چشمه ۲۲۳۳ رشته می‌باشد که میزان تخلیه سالانه از این منابع ۷۹۷۷/۴ میلیون مترمکعب بوده است. افت آب زیرزمینی در بیشتر مساحت منطقه بیش از ۵ متر بوده است که این میزان برای حوضه

آباده - اقلید بین ۱ تا ۳ متر است (شرکت آب منطقه‌ای فارس، ۱۳۹۰). بنابراین شناسایی منابع آب زیرزمینی، شناختن مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح شیوه برداشت از این منابع از ضروریات منطقه به شمار می‌رود.دراین پژوهش برای شناسایی و تعیین مناطق آبی جهت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در حوضه آبریز آباده - اقلید از روش سلسله‌مراتبی و تکنیک GIS استفاده‌شده است. تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی را فراهم می‌کند (مؤسسه تحقیق در عملیات بهین گسترگیتی، ۱۳۸۸). مطالعات متعددی در زمینه‌های مختلف با استفاده از روش سلسله مراتبی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: پناهنده و همکاران (۱۳۸۸) مکان‌یابی دفن پسماند شهری در سمنان و فتائی و آل‌شیخ (۱۳۸۸) مکان‌یابی مواد زائد جامد شهری در شهر گیوی را مطالعه کرده‌اند. خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۸۷) به مکان‌یابی سدهای زیرزمینی در دامنه شمالی کوه کرکس و علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان و حوضه آبخیز اسطخری شیروان پرداخته‌اند. سرور (۱۳۸۳) مکان‌یابی توسعه آتی شهری در شهر میاندوآب را بررسی کرده است. احمدی و همکاران (۱۳۸۲) به پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوضه آبخیز گرمی چای پرداختند؛ محمدخان (۱۳۸۰) پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای برای حوضه آبخیز طالقان را مطالعه کرد؛ حسن‌زاده (۱۳۷۹) عمل پـهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز شلمان رود را انجام داد. در زمینه مکان‌یابی آب‌های زیرزمینی نیز می‌توان به پژوهش‌هایی اشاره کرد از جمله این که رحیمی (۱۳۹۰) پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت شهرکرد را و سیف (۱۳۹۰) پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضهه آبریز سیرجان را انجام دادند و رنگزن و همکاران (۱۳۸۳) در دشت لالی و آبشیرینی و همکاران (۱۳۸۷) در زمینه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی به کمک GIS کار کردند. مطالعاتی نیز نظیر تحقیقات فاروق (۱۹۹۲) (۲۰۰۰) (۲۰۰۶) در کشورهای مصر، عمان و امارات متحده عربی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تحقیقات کوثر (۱۳۶۴- ۱۳۷۶) در گربایگان استان فارس و همچنین مطالعات متعددی توسط معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی در زمینه تغذیه مصنوعی و آبخوان‌داری در همین راستا صورت گرفته است. این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از آنالیز پارامترهای مؤثر زمین‌شناسی، توپولوژی، هیدرولوژی و اقلیمی از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تهیه لایه‌های رستری آن، وزن‌دهی و ترکیب لایه‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS مناطق دارای بیشترین آب زیرزمینی را شناسایی، تعیین، معرفی و پهنه‌بندی کند.حوضه آبریز آباده - اقلید در محدوده عرضهای جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طولهای جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی گسترده شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۷۷۱ متر در ارتفاعات جنوب غربی و حداقل آن ۱۷۴۰ متر در نقطه خروجی حوضه در شرق و

متوسط ارتفاع آن ۲۷۰۰ متر است. کل حوضه ۲۸۷۱ کیلومترمربع وسعت دارد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز آباده - اقلید را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت حوضه آباده – اقلید در استان فارس

مواد و روش

به‌منظور پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در حوضه آباده - اقلید آمار و اطلاعات اقلیمی از ایستگاه‌های سینوپتیک آباده و اقلید (۱۹۷۷-۲۰۱۰) و اطلاعات زمین‌شناسی و توپولوژی و هیدرولوژی از نقشه‌های رقومی زمین‌شناسی با مقیاس ۱۰۰۰۰۰ : ۱ و نقشه توپوگرافی با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ حوضه موردمطالعه به‌دست آمد.

- **روش تهیه لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز جهت تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منطقه مورد مطالعه**

ـ تهیه لایه‌های اطلاعاتی توپولوژی شامل طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه در محیط GIS.

ـ تهیه لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی شامل لیتولوژی، تراکم گسل و فاصله از گسل از نقشه رقومی زمین‌شناسی حوضه در محیط GIS.

ـ تهیه لایه هیدرولوژی شامل تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه از نقشه توپوگرافی و DEM حوضه در محیط GIS.

ـ تهیه لایه‌های اطلاعاتی اقلیمی شامل بارش و دما از طریق Inverse Distance Weighted در محیط GIS.

- **روش وزن‌دهی**

بعد از تهیه کلیه لایه‌هایی که در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی مؤثر بودند، با توجه به درجه اهمیت و مقدار تأثیر هر یک از عناصر، آنها را به روش AHP وزن‌دهی کردیم، بعد از وزن‌دهی لایه‌ها، برای این که کلی×لایه‌ها باهم جمع شوند، لایه‌های وکتوری را به رستری تبدیل نمودیم و این عملیات را با ابزارهای SpatialAnalysis، 3DAnalyst و RasterCalculator در محیط ArcGIS انجام دادیم. در آخر نقشه پتانسیل آبهای زیرزمینی تولید شد که مراحل آن به شرح زیر است:

مرحله اول: تهیه لایه‌های رقومی مورد نیاز که برای این کار از SpatialAnalysis، 3DAnalyst و RasterCalculator و برای تهیه لایه‌های زمین‌شناسی و توپولوژی و هیدرولوژی و از دستور InterpolatetoRaster و روش InverseDistanceWeighted در قسمت SpatialAnalysis جهت تهیه لایه‌های مربوط به اقلیم و دما استفاده کردیم.

مرحله دوم: وزن دادن به هر یک از لایه‌ها، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق‌گرفته است که بیشترین نقش را در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه داشته (ال.ال.سی، ۱۹۹۸: ۱۷۵). معیار وزن‌دهی هر یک از عناصر موجود در هر لایه و همچنین معیار وزن‌دهی هر واحد اطلاعاتی موجود در آن لایه بر اساس میزان نقشی است که در داخل آن لایه، و در تأثیر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی داشته است (لوپز و زینک، ۱۹۹۱: ۱۶۱).

مرحله سوم: ترکیب لایه‌ها از طریق RasterCalculator در قسمت SpatialAnalysis؛ در این مرحله نقشه نهایی با پنج گروه مناطق: با پتانسیل بالا، با پتانسیل خوب، با پتانسیل متوسط، با پتانسیل کم و بدون پتانسیل آبهای زیرزمینی تولید شد.

- **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی**

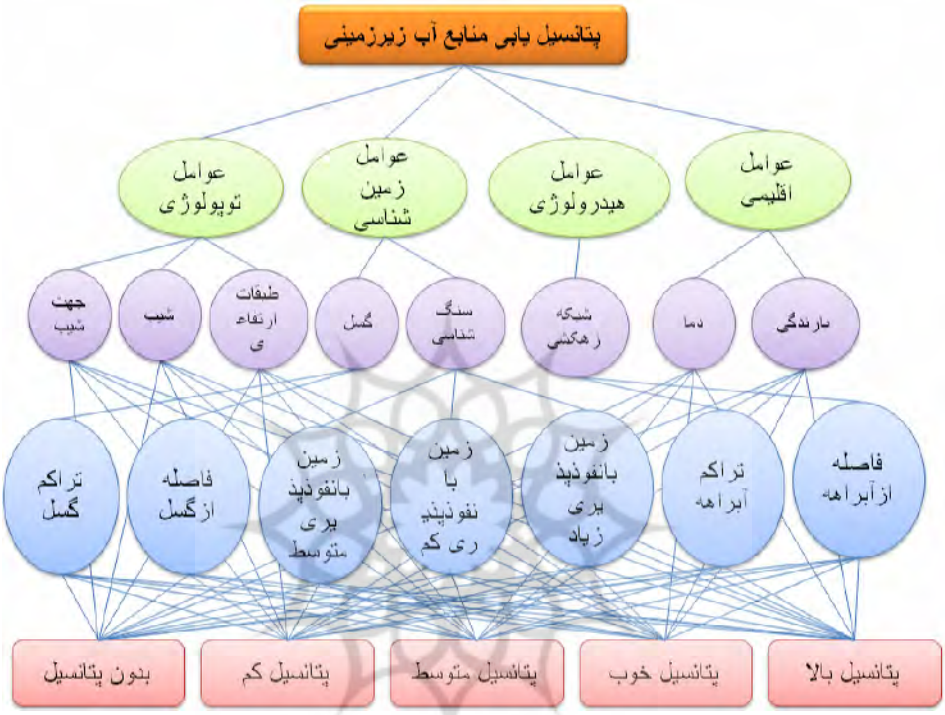
در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم‌گیری در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از AHP در محیط نرم‌افزاری GIS ارائه می‌شود. فرآیند تصمیم‌گیری در چهار سطح به‌شرح زیر انجام پذیرفت:

سطح اول: هدف کلی سلسله‌مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در این‌جا هدف اصلی تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی است.

سطح دوم: این سطح معیارها را در برگرفته و شامل عوامل مؤثر در ایجاد آب‌های زیرزمینی نظیر عوامل زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی، توپولوژیکی و هیدرولوژیکی است.

سطح سوم: این سطح زیر معیارها را در برگرفته، شامل پارامترهای سنگ‌شناسی، تراکم گسل و فاصله از گسل، بارش، دما، طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب، تراکم و فاصله از شبکه زه‌کشی است.

سطح چهارم: در این سطح برای مقایسه از پنج طبقه پتانسیل بالا، پتانسیل خوب، پتانسیل متوسط، پتانسیل کم و بدون پتانسیل استفاده‌شده است.



شکل (۲) ساختار سلسله‌مراتبی پتانسیل‌یابی منابع آب (سیف،۱۳۹۰)

- **وزن‌دهی به عوامل مؤثر**

در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد؛ به‌عبارت‌دیگر معیار وزن‌دهی به هر واحد اطلاعاتی نیز براساس میزان نقشی است که در داخل آن لایه ایفا می‌کند (لوپز و زینک، ۱۹۹۱: ۱۶۱) (جدول ۱). چون هدف این پژوهش پی‌جویی منابع آب زیرزمینی در حوضه آباده- اقلید فارس است، پارامترهای تأثیرگذار در نفوذپذیری خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به هدف نهایی در نظر گرفته شود. بنابراین برای مؤلفه‌های سنگ‌شناسی، هیدرولوژی و اقلیمی با توجه به اهمیت آنها در نفوذپذیری خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، باید بالاترین ارجحیت و وزن‌دهی را در نظر گرفت. وزن‌دهی به سایر عوامل به نسبت کاهش تأثیرشان در نفوذپذیری کم‌تر می‌شود. به‌عبارت‌دیگر مؤثرترین عامل در تغذیه منابع آب از بیشترین وزن برخوردار خواهد بود.

جدول (۱) وزندهی به عوامل براساس ارجحیت به‌صورت مقایسه زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملا مهم یا کاملاً مطلوب	Extremely preferred	۹
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	Strongly preferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب	Moderately preferred	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		۸،۶،۴،۲

منبع: قدسی‌پور، ۱۳۸۷

- **محاسبه وزن نهایی**

برای محاسبه وزن نهایی هریک از عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی مراحل زیر صورت گرفت:

ـ لایه گسل: (لایه تراکم گسل * ۰/۰۶۲۷) + (لایه فاصله از گسل * ۰/۰۲۶)

ـ لایه سنگ‌شناسی: (زمین با نفوذپذیری زیاد * ۰/۱۴۵۰) + (زمین با نفوذپذیری متوسط * ۰/۰۴۰۶) + (زمین با نفوذپذیری کم * ۰/۰۱۴۴)

ـ لایه زمین‌شناسی: لایه گسل + لایه سنگ‌شناسی

ـ لایه اقلیم: (لایه دما * ۰/۱۰۶۴) + (لایه بارش * ۰/۲۵۳۲)

ـ لایه توپولوژی: (لایه شیب * ۰/۰۳۴۴) + (لایه جهت شیب * ۰/۰۴۶۰) + (لایه ارتفاع * ۰/۰۳۲۵)

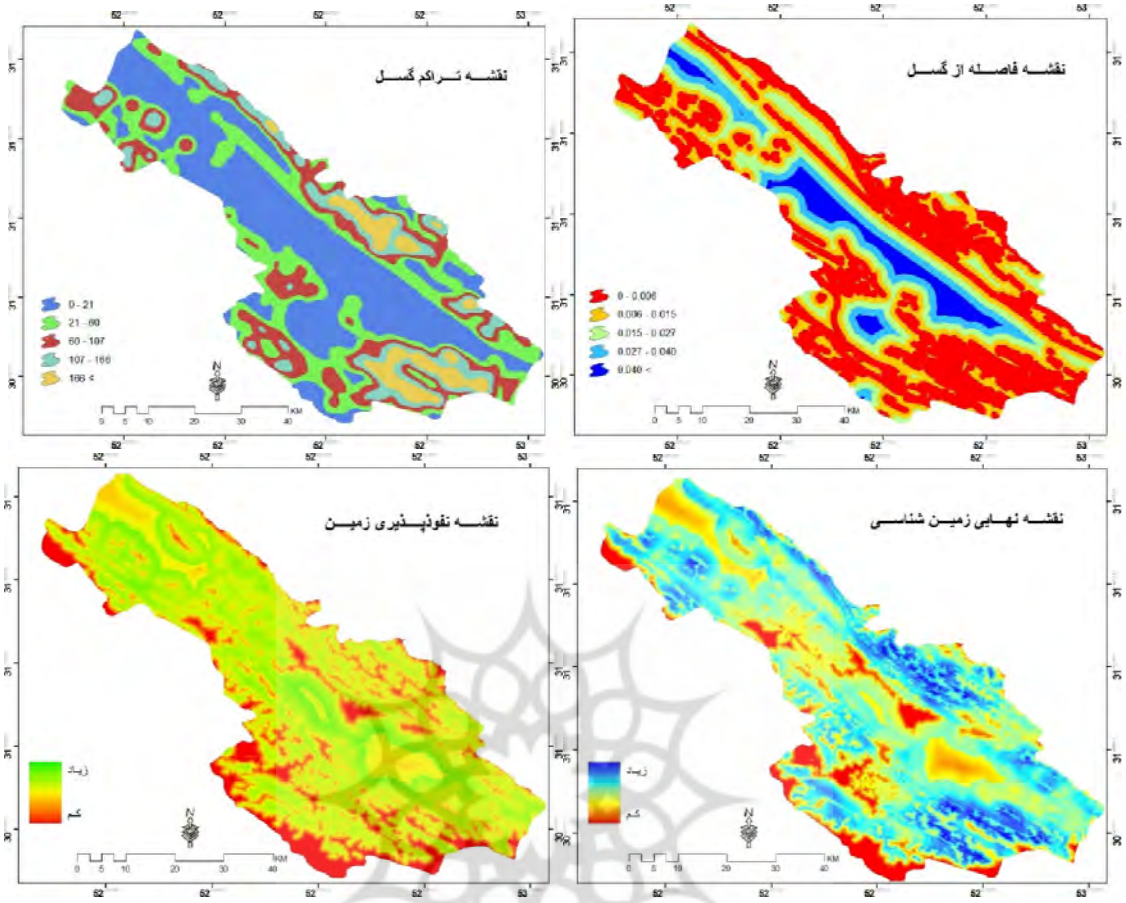
ـ لایه هیدرولوژی: (لایه تراکم آبراهه * ۰/۱۶۴۵) + (لایه فاصله از آبراهه * ۰/۰۷۴۲)

ـ لایه پتانسیل: (لایه اقلیم * ۰/۱۱۷۷) + (لایه هیدرولوژی * ۰/۲۳۸۸) + (لایه توپولوژی * ۰/۰۵۲۵) + (لایه زمین‌شناسی * ۰/۵۹۱۰)

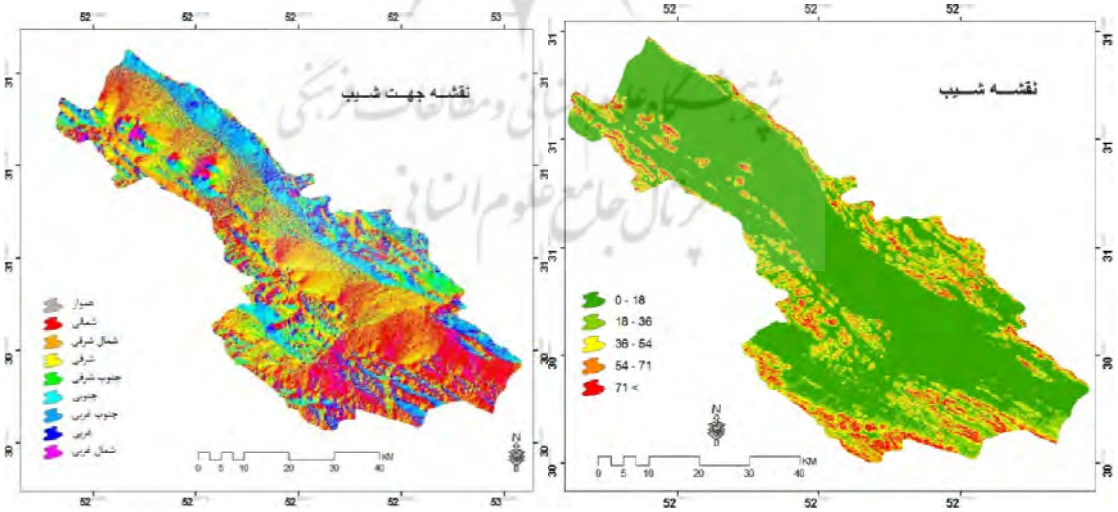
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

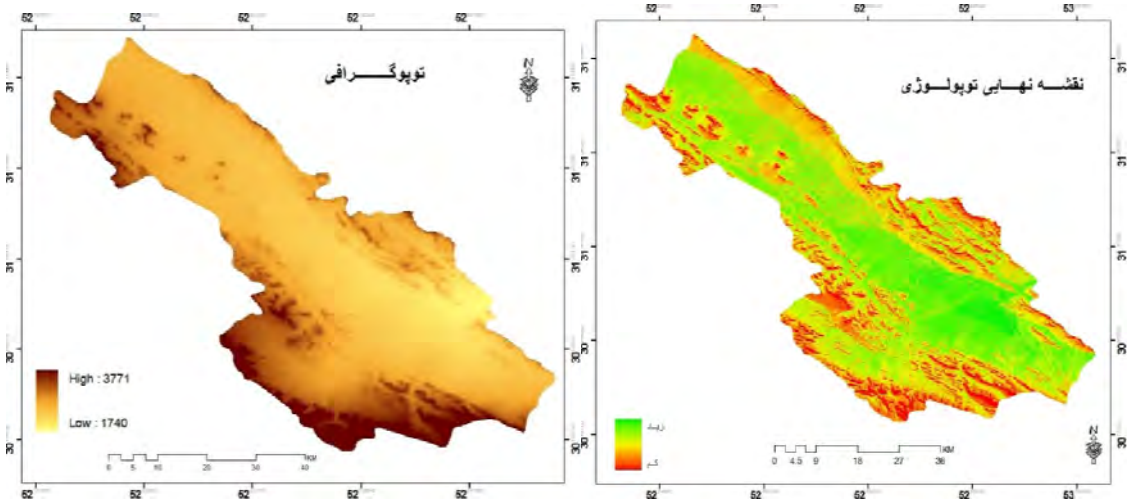
یافته‌های تحقیق

پس از مشخص شدن عوامل مؤثر بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه آباده - اقلید و وزن‌دهی به هریک از معیارها و زیرمعیارها، سرانجام محاسبه وزن نسبی آنها بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی صورت گرفت و سپس در محیط ArcGIS لایه رستری هر یک از عوامل بر بردار وزنشان ضرب شد و در نهایت لایه پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه آباده - اقلید از طریق حاصل جمع لایه‌های نهایی عوامل زمین‌شناسی، توپولوژی، هیدرولوژی و اقلیمی تهیه شد (شکل‌های ۳ تا ۷).

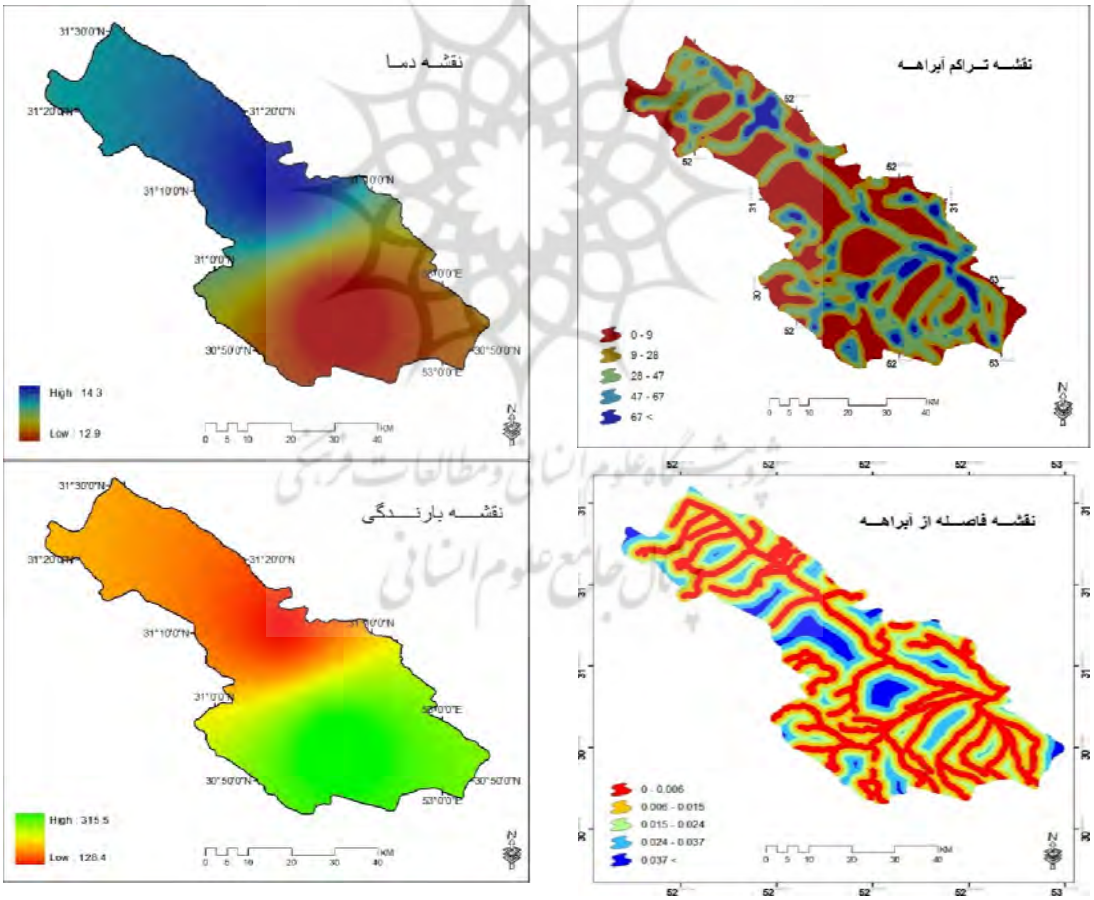


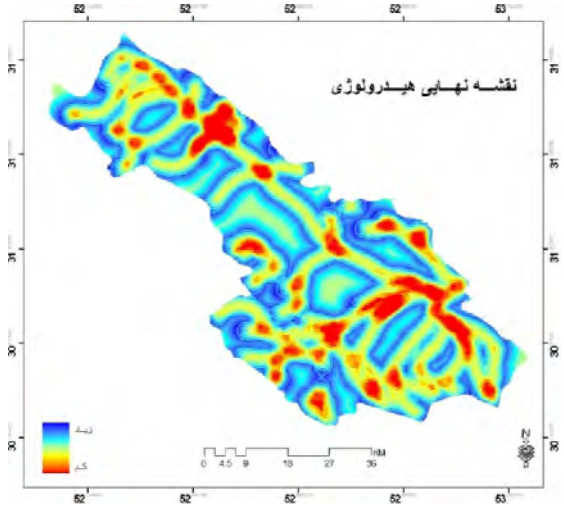
شکل(۳) نقشه‌های عامل زمین‌شناسی



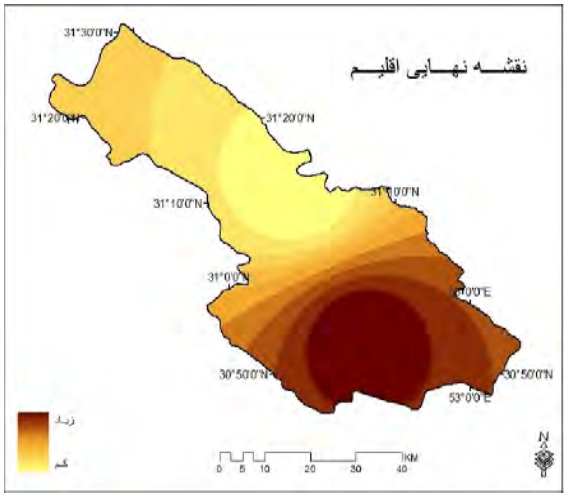


شکل(۴) نقشه‌های عامل توپولوژی

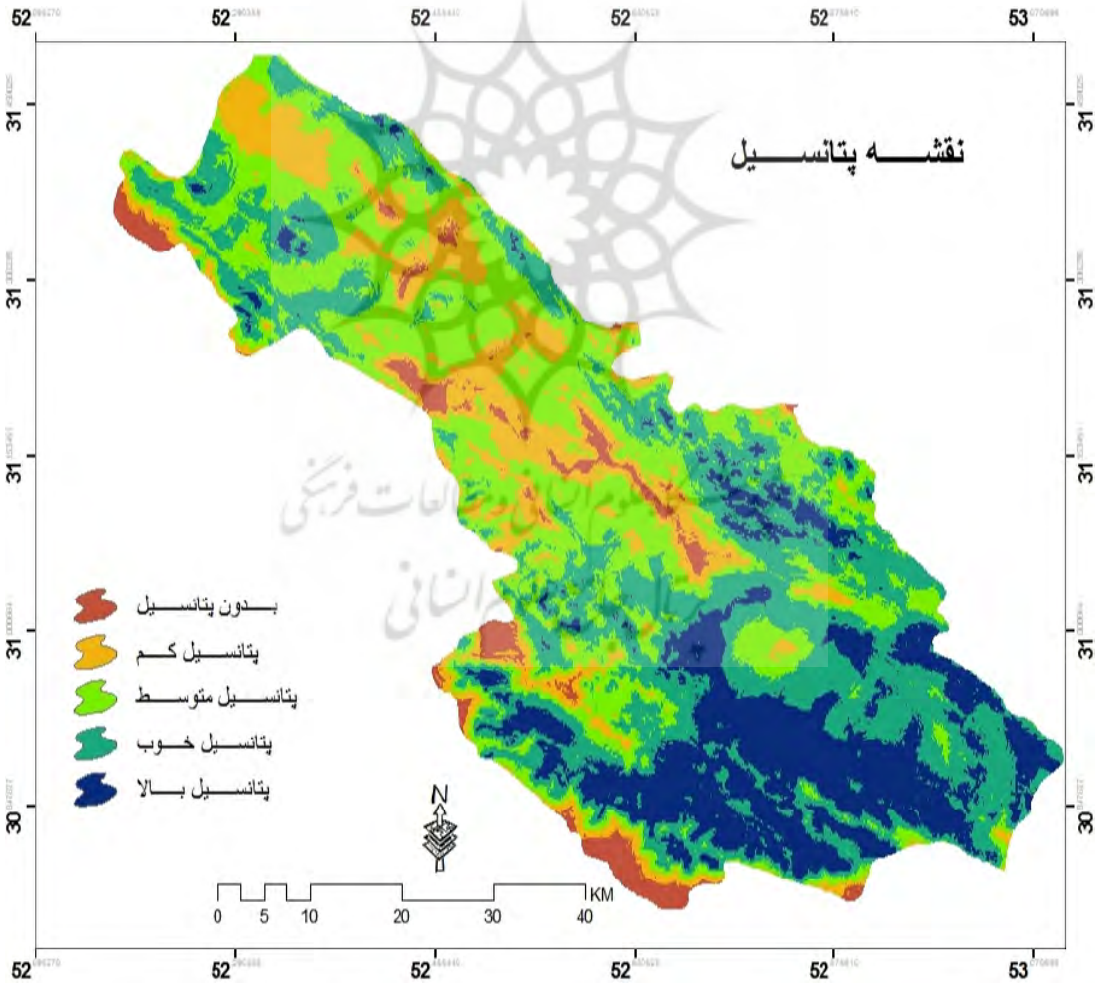




شکل (۵) نقشه‌های عامل هیدرولوژی



شکل(۶) نقشه‌های عامل اقلیمی



شکل(۷) نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه آباده - اقلید فارس

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان گفت که کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی محیطی اهمیت بسزایی دارد و به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا یک مسأله پیچیده طبیعی را به‌صورت ساختار سلسله مراتبی تبدیل کنند و سپس با سرعت و دقت کافی به حل آن بپردازند. استفاده از این روش، علم برنامه‌ریزی محیطی را به‌صورت کاربردی‌تر و موفق‌تر از همیشه در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران مطرح می‌سازد. در نتیجه استفاده و بهره‌گیری از این روش در مدیریت محیط به ژئومورفولوژیست‌ها و دیگر برنامه‌ریزان محیطی توصیه می‌شود. با توجه به نقشه پتانسیل به‌دست‌آمده، بر اساس چهار عامل مؤثر بر پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه آباده - اقلید در قالب لایه‌های مختلف اطلاعاتی می‌توان پهنه‌های پتانسیلی مختلف را در حوضه آباده - اقلید مشاهده کرد. در این میان پهنه‌های پتانسیل بالا و خوب بیشتر منطبق بر تراس‌های آبرفتی و مخروط افکنه‌ها است. پهنه‌های بدون پتانسیل و کم پتانسیل یکی منطبق بر حداکثر ارتفاعات به دلیل شیب زیاد و دیگری منطبق بر مناطق دارای جنس مارنی و شیلی به علت نفوذپذیری خیلی کم و تبخیر بالا است. دیگر پهنه‌های پتانسیلی در حدفاصل بین این دو منطقه گسترده شده‌اند. بیشترین مساحت حوضه مربوط به مناطق دارای پتانسیل خوب و متوسط است که بیشترین مناطق با پتانسیل بالا و خوب در نواحی جنوب و جنوب شرق حوضه نسبت به استان فارس و همچنین مقداری هم در شمال غربی حوضه قرار دارند و مناطق بدون پتانسیل و کم پتانسیل مربوط به نواحی کوهستانی جنوب غرب و شمال غرب حوضه و نواحی مرکزی و شمالی حوضه به دلیل جنس زمین و نفوذناپذیری و نوع ساختمان و توپولوژی آنها است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

ـ آبشیرینی، احسان؛ رنگزن، کاظم و سعدی خورشیدی (۱۳۸۷)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش همپوشانی شاخص وزنی در محیط (GIS)**.

ـ احمدی، حسن؛ اسمعلی، اباذر؛ فیض‌نیا، سادات؛ شریعت‌مداری، معین (۱۳۸۲)، **پهنه‌بندی خطر حرکت توده‌ها با استفاده از دو روش رگرسیون چندمتغیره (MR) و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرمی چای)**؛ مجله منابع طبیعی؛ جلد ۵۶؛ شماره ۴؛ ص ۳۲۳.

ـ پناهنده، محمد؛ ارسطو، بهروز؛ قویدل، آرمین؛ قنبری، فاطمه (۱۳۸۸)، **کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی در مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند شهر سمنان**؛ مجله سلامت و محیط، شماره چهارم؛ صص ۲۷۶ - ۲۸۳

ـ حسن‌زاده‌نفوتی، محمد (۱۳۷۹)، **پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شلمانرود**؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد؛ دانشگاه تهران.

ـ خیرخواه، زرکش؛ ناصری، میرمسعود؛ داوودی، حمیدرضا؛ همت سلامی؛ محمدهادی (۱۳۸۷)، **استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در الویت‌بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی (مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه کرکس نطنز)**، مجله منابع طبیعی پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹، صص ۹۳ تا ۱۰۱.

ـ رحیمی، داریوش (۱۳۹۰)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت شهرکرد)**؛ مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲؛ شماره ۴، صص ۱۲۷ - ۱۴۲

ـ رنگزن، کاظم، احسان آبشیرینی (۱۳۸۳)، **استفاده از سنجش دور و GIS در بررسی ارتباط عوامل ساختاری، لیتولوژیکی وتوپوگرافی در برونزود چشمه‌های طاقدیسی پابده دشت لالی**، بیست و سومین همایش علوم زمین.

ـ زبردست، اسفندیار؛ (۱۳۸۰)، **کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای**، نشریه هنرهای زیبا؛ شماره ۱۰؛ صص ۲۱ – ۱۳.

ـ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (۱۳۸۳)، **گزارش وضعیت منابع آب کشور**، انتشارات سازمان.

ـ سرور، رحیم (۱۳۸۳)، **استفاده از روش ای.اچ.پی در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعه موردی: مکان‌یابی جهت توسعه آتی شهر میاندوآب)**، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۹، صص ۱۹تا ۳۸.

ـ سیف، عبدا...؛ کارگر، ابوذر (۱۳۹۰)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبریز سیرجان)**؛ فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم؛ شماره ۱۲، صص ۷۵-۹۰.

ـ شرکت آب منطقه‌ای فارس (۱۳۹۰)، **مدیریت آمار و تحلیل اطلاعات**.

ـ صداقت، محمود (۱۳۸۷)، **زمین و منابع آب**، انتشارات پیام نور.

ـ علیجانی، بهلول؛ قهرودی؛ منیژه؛ امیراحمدی، ابوالقاسم (۱۳۸۶)، **پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه‌جهان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه اسطخری شیروان ۱)**، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۴، صص ۱۱۶تا ۱۳۱.

ـ علیزاده، امین (۱۳۸۸)، **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ بیست وششم.

ـ فتایی، ابراهیم، علی آل‌شیخ (۱۳۸۸): **مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: شهر گیوی)**، مجله علوم طبیعی، شماره سوم، صص ۱۴۵تا ۱۵۸.

ـ قدسی‌پور، حسن (۱۳۸۷): **فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی**، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ پنجم.

ـ کوثر، آهنگ (۱۳۷۱)، **مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره‌وری بهینه از آنها**، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.

ـ محمدخان، شیرین (۱۳۸۰)، **تهیه مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

ـ مسعودیان، ابوالفضل و محمدرضا کاویانی (۱۳۸۶)، **اقلیم‌شناسی ایران**، انتشارات دانشگاه اصفهان.

ـ موسسه تحقیق در عملیات بهین‌گستر گیتی (۱۳۸۸)، **تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیار تحلیل سلسله‌مراتبی AHP به همراه راهنمای استفاده از AHP- Master**؛ سند: AHP- UM01.

- Cengiz, K, Ufuk, C, Ziya, U. 2003, **Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP**. Logistics Information Management, volume 16, pp 382-394.

- Farouk El-Baz, Lynne Fielding, 1992, **Groundwater Potential of the Sinai Peninsula, Egypt**, Boston University. Center for Remote Sensing Boston University.

- Farouk El-Baz, Michael Ledwith 2000, **Using Satellite Images for Groundwater Exploration in the Sultanate of Oman**. Center for Remote Sensing Boston University

- Farouk El-Baz, Mutlu Ozdogan 2006, **Use of Space Images for Groundwater Exploration in the Northern United Arab**. Center for Remote Sensing Boston University.

- Foster, S. 1998, **Groundwater: Assessing vulnerability and promoting protection of a threatened resource**. Proceedings of the 8th Stockholm Water Symposium,10-13 August, Stockholm, Sweden, pp 79-90.

- L.L.C, 1998, **Site Location Modeling, Smart Marketing Technologies**.

- Lopez, H,J. & J,A. Zink. 1991, **GIS-Assisted Modeling of Mass Movements**, Itc Journal, 1991-4.
- Madank. Jha & Y. Kamii & K. Chikamori 2008, **Cost-Effective Approaches for Sustainable Grounwater Management in Alluvial Aquifer System Ms**, Water Resources Management.
- Whitaker, R, 2007, **Validation examples of the Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process**, **Creative Decisions Foundation**, Pittsburgh, USA, 2001, Mathematical and Computer Modeling, volume 46, issues 7-8, pp 840-859.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی