مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره پیاپی ٤٤، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۰
وصول۱۳۸۹/۳/۲۸ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۲٤
صص ١٦٦-١٤٣

تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایه‌ی تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS، مطالعه موردی دشت گربایگان فسا

حسنعلی فرجی سبکبار: دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
حسین نصیری: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه تهران، تهران، ایران*
محمد حمزه: کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران
سمیه طالبی:کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران
یوسف رفیعی:دانشجوی دکتری برنامه ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

بخش عمده‌ای از کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و آب به عنوان یک عامل محدود کننده فعالیت‌های بشر در این مناطق به شمار می‌آید. وجود سیلاب‌های مخرب و کمبود آب در این مناطق، لزوم مهار سیلاب‌ها را ایجاب می‌کند. پخش سیلاب یک استراتژی مناسب برای مهار سیلاب و بهره‌وری از آن است. تعیین عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب و وارد کردن آب به یک سازند نفوذپذیر، یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده موفقیت طرح‌های پخش سیلاب است. از این رو، در این پژوهش سعی شده تا با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، مناسب‌ترین عرصه‌ها برای اجرای عملیات پخش سیلاب در دشت گربایگان فسا شناسایی شوند. بدین منظور، ابتدا داده‌های ۸ پارامتر تأثیرگذار-شیب، کیفیت آب، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی- منطقه مورد مطالعه، در محیط GIS آماده‌سازی گردید و با استفاده از روش ANP و مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه در نرم‌افزار Super Decision محاسبه شد. در مرحله بعد، نواحی دارای محدودیت برای پخش سیلاب حذف گردید. سپس با استفاده از توابع تحلیلی GIS، کل محدوده برای هر یک از معیارهای تعیین شده پهنه‌بندی شد. در نهایت، با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده براساس وزن اکتسابی از روش ANP، نقشه نهایی در پنج کلاس از کاملاً مناسب تا نامناسب تهیه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که مناطق کاملاً مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها، اغلب در نهشته‌های کواترنری (Q_b , Q^{gsc} و Q_g) و واحدهای ژئومورفولوژیکی پدیمنتی و مخروط‌افکنه‌ای با شیب کمتر از ۳ درصد واقع شده‌اند. همچنین نتایج حاصل از این روش با استفاده از کنترل زمینی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که حاکی از برآورده شدن همه معیارهای انتخابی در نواحی کاملاً مناسب، و رضایت بخش بودن به کارگیری روش‌های MCDM در تلفیق با GIS در امر مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها است.

واژه‌های کلیدی: پخش سیلاب، مدیریت منابع آب، مقایسه زوجی،ANP، GIS، گربایگان.

۱- مقدمه

در بسیاری از مناطق ایران، آب‌های زیرزمینی تنها منبع آب مورد استفاده محسوب می‌شوند. همین امر به عنوان یک محدودیت تاریخی عمده در توسعه اقتصادی و اجتماعی این سرزمین به شمار رفته است. براساس مطالعات اخیر که بر

*نویسنده مسؤول: ۰۹۳۹٤۲۷۷٤۰٤
email: nasirih@ut.ac.ir

روی توسعه منابع آب در ایران صورت گرفته است از ٤۳۰ میلیارد متر مکعب کل بارندگی سالانه کشور حدود ۲۰ درصد آن به صورت سیلاب‌های ناگهانی با ورود به پلایاها و دریاها از دست می‌رود (Foltz, 2002., Mohammadnia and Kowsar, 2003). همچنین از نظر شرایط اقلیمی، بخش عمده‌ای از کشور جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. از ویژگی‌های این مناطق علاوه بر ناچیز بودن مقدار بارندگی سالانه و توزیع نامناسب بارندگی (از نظر زمانی و مکانی)، نزول بارشهایی با شدت نسبتاً زیاد است که به وقوع سیلاب‌های حجیم و مخرب توأم با خسارات جانی و مالی زیاد منجر می‌گردد (حیاتی و کریمی، ۲۰۰۵). پخش سیلاب بر روی آبخوان‌ها و همچنین تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به این شیوه، یک استراتژی مناسب برای مهار سیلاب‌ها، مقابله با کم‌آبی و همچنین یک شیوه مطلوب برای مدیریت منابع آب به شمار می‌رود (ASCE, 2001). روش‌های متعددی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی توسعه یافته‌اند، از جمله این تکنیک‌ها می‌توان به روش تغذیه مستقیم سطحی، مستقیم زیرسطحی یا تکنیک تغذیه غیرمستقیم اشاره نمود (Oakford, 1985). به هرحال، روش تغذیه مستقیم سطحی، یکی از کم هزینه‌ترین، ساده‌ترین و گسترده‌ترین تکنیک‌هایی است که برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها بکار گرفته می‌شود. تکنیک تغذیه مستقیم سطحی، که پخش سطحی سیلاب را شامل می‌شود برای مناطق با دسترسی به اراضی مسطح و وسیع و خاک‌هایی با نفوذپذیری بسیار بالا مفید است (O'Hare et al., 1986).

از آنجا که انتخاب عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است و با توجه به گستردگی و پیچیدگی پارامترهای موثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌گردد. سیستم پشتیبانی تصمیم‌سازی مکانی (SDSS) که در این تحقیق از آن استفاده می‌شود تلفیقی از علوم کامپیوتری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، علوم مدیریتی و تحقیق در عملیات است تا بتواند به نتایج مناسبی منجر گردد (اصغرپور، ۱۳۸۷). همچنین با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی، که بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده و اغلب با خطا همراه هستند، استفاده از سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب و مدیریت آب‌های زیرزمینی ایفا نمایند.

انجام فعالیت‌های کشاورزی متکی بر آب‌های زیرزمینی در منطقه گربایگان و قرارگیری این منطقه در یکی از نواحی خشک کشور، اهمیت آب را در این منطقه به وضوح آشکار می‌سازد. این پژوهش با در نظر گرفتن این شرایط، در صدد است تا با تعیین دقیق عرصه‌های مناسب

[1]- Multiple Criteria Decision Making

برای عملیات پخش سیلاب و بهره‌برداری مطلوب از سیلاب‌ها، از هدر رفت آب در منطقه جلوگیری به عمل آورد. حال با توجه به مطالب بیان شده، پژوهش حاضر به الگوسازی مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای اجرای عملیات پخش سیلاب در دشت گربایگان فسا با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل شبکه[1] (ANP) و روش مقایسه زوجی پرداخته است.

۲- پیشینه تحقیق

در زمینهٔ پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیهٔ مصنوعی آبهای زیرزمینی در ایران و جهان با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری در تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی تحقیقاتی انجام گرفته که برخی از آنها در زیر شرح داده شده است:

کریشنامورتی[2] و همکاران (۱۹۹۶)، از سنجش از دور و GISبرای پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی در نواحی جنوبی هند با توجه به عوامل زمین-شناسی، توپوگرافی، گسل‌ها، آبهای سطحی، تراکم و شیب استفاده نموده و براساس اهمیت به هر یک از عوامل وزنی اختصاص داده شده و با تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی، نقشه‌ی عرصه-های مناسب حاصل گردیده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که عرصه‌های مناسب دارای شیب کمتر از ۵ درصد و اغلب در نهشته‌های کواترنری واقع شده‌اند.

سارف و چودری[3] (۱۹۹۸) با استفاده از فناوری سنجش از دور در استخراج لایه‌های مختلفی نظیر کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی و تلفیق آنها با سایر لایه‌های اطلاعاتی مانند شیب، مناطق مناسب برای تغذیهٔ مصنوعی آب‌های زیرزمینی در ناحیه مادیا پرادش در نواحی مرکزی هند تعیین نمودند.

چودری و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های MCDM مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی را در منطقه مدیناپور غربی[4] تعیین نمودند. آنها از معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی، ژئومورفولوژی و زمین شناسی استفاده نموده‌اند. نتایج حاکی از کارایی تکنیک‌های MCDM در تلفیق با GIS در تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی است.

قیومیان و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS) و با بکارگیری لایه‌های اطلاعاتی شیب، نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، کیفیت آب و ضریب آبگذری آبخوان مناطق مناسب را برای تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی در منطقه میمه اصفهان تعیین نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که حدود ۷۰ درصد نهشته‌های

[1]- Analytic Network processes
[2]- Krishnamurthy
[3] - Saraf & Choudhury
[5]– West Medinipur

کواترنری منطقه مورد مطالعه برای طرح‌های پخش سیلاب مناسب هستند.

قیومیان و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی دیگر با به کارگیری GIS و استفاده از معیارهای شیب، نفوذپذیری، ارتفاع سطح ایستابی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی در منطقه گاوبندی بهترین مناطق را برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌های ساحلی جنوب ایران شناسایی نمودند. لایه‌های استفاده شده برپایه منطق بولین و فازی با یکدیگر تلفیق شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حدود ۱۲ درصد از ناحیه مورد مطالعه کاملا مناسب و ۸ درصد نسبتاً مناسب برای عملیات پخش سیلاب است.

زهتابیان و همکاران (۱۳۸۰) با بکارگیری پارامترهای شیب، ژئومورفولوژی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و کاربری اراضی کارایی مدل‌های مختلف (منطق بولین و شاخص همپوشانی، منطق فازی) در مکانیابی پخش سیلاب در حوزه طغرود و قم را بررسی و استفاده از اپراتور فازی گاما را برای این منظور توصیه نموده‌اند.

آل‌شیخ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از پارامترهای زمین‌شناسی، شیب، قابلیت اراضی، سرعت نفوذپذیری، واحدهای کواترنر و ضخامت آبرفت، عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب را در حوضه‌ی آبخیز سمل بوشهر با بکارگیری GIS تعیین نمودند. آنها با تلفیق این لایه‌ها در قالب منطق بولین و شاخص همپوشانی، منطق فازی نقشه مکان‌های مناسب برای هر مدل را به دست آوردند. سپس نتایج را با نقشه‌های کنترلی مقایسه نموده‌اند.

فرجی و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP) بر پایه‌ی معیارهای محیطی، اجتماعی-اقتصادی، فنی عملیاتی و منابع آب زیرزمینی در تلفیق با GIS مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی پسماندهای شهری را مشخص نمودند. نتایج حاکی از کارایی قابل قبول این روش در تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند است.

فرجی و همکاران (۱۳۸۹) میزان پایداری نواحی روستایی را بر مبنای روش فرایند تحلیل شبکه، با استفاده از تکنیک بردا و با بکارگیری شاخص‌های اجتماعی، اقتصادی و محیطی مورد سنجش قرار دادند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل برهمکنش میان شاخص‌ها و معیارها در ابعاد مختلف برای سنجش دقیق پایداری، توجه به گروه‌ها و ابعاد مختلف پایداری به صورت مستقل از هم و همچنین استفاده از نظرات کارشناسی الزامی است. همچنین روش ANP به خاطر توجه به ساختار شبکه‌ای و روابط متقابل معیارها قابلیت بالایی را در این مورد نشان می‌دهد.

۳- مواد و روش‌ها

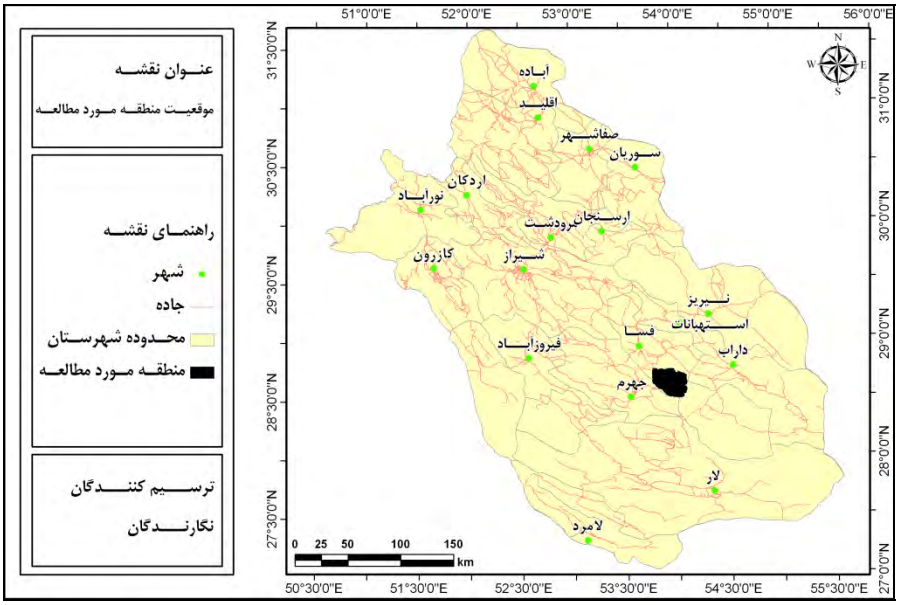
در این مطالعه روش کلی بر این اساس استوار است که ابتدا مناطق نامناسب غربال شده، سپس عملیات تکمیلی بر روی مناطق باقیمانده اعمال می‌گردد و نتیجهٔ نهایی یعنی محل‌های مناسب برای پخش سیلاب مشخص می‌گردد. با توجه

به بحث‌های نظری و روش‌های استفاده شده در این پژوهش، به طور کلی، فرایند انجام این تحقیق مبتنی بر مراحل زیر است که به صورت شماتیک در شکل ۱ نشان داده شده است و در ادامه به تشریح آنها پرداخته می‌شود.

شکل ۱- فرآیند مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب با استفاده از تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS

۳-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه گربایگان فسا بین طول‌های شرقی ✓ ٤٥ °٥٣ تا °٥٤ و عرض‌های شمالی ✓ ٥٠ °٢٨ تا ✓ ٧٥ °٢٨ و در ۱۹۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر شیراز واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه ١٤٧٦ متر از سطح دریا است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، اقلیم حوضه گربایگان از نوع خشک محسوب می‌شود. میانگین بارندگی و تبخیر بالقوه سالانه در این ناحیه به ترتیب ۲۵۹ و ۲۹۳٤ میلیمتر و میانگین دمای سالانه آن ۲۰/٦ درجه سانتیگراد است.



شکل ۲- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه گربایگان بخشی از ناحیه‌ی زاگرس چین‌خورده در جنوب غربی ایران است که با روند شمال غرب-جنوب شرق به صورت یک کمربند چین خورده کشیده شده است. در این منطقه آثاری از سازندهای زمین شناسی دوران اول و دوم دیده نمی‌شود و تنها سازندهای دوران سوم و چهارم زمین شناسی در منطقه گسترش دارند. سازندهای دوران سوم، واحد کوهستان و تپه‌ماهور را تشکیل می‌دهند. سازندهای دوران چهارم، رسوبات آبرفتی با ژرفای متوسط ۳۰ متر هستند که به صورت مخروط افکنه و پدیمنت، بیشترین نقش را در تشکیل آبخوان‌های دشت به عهده دارند. منابع آب دشت گربایگان شامل منابع سطحی و زیرزمینی است. دو خشکه رود بیشه زرد و چاه قوچ منابع آب سطحی را تشکیل می‌دهند. خشکه‌رود بیشه‌زرد طولی حدود ۲۸ کیلومتر داشته و سیلابهای این خشکه‌رود منبع عمده تغذیه‌ی آبخوان‌های منطقه است. یکی دیگر از منابع تغذیه‌ی آبخوان‌ها، خشکه‌رود چاه‌قوچ است که سهم کمتری را در تغذیه‌ی آبخوان‌های دشت نسبت به خشکه‌رود بیشه زرد ایفامی‌کند. شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقه گربایگان را نشان می‌دهد.

۳-۲- معیارهای پخش سیلاب

مناطق مستعد برای پخش سیلاب و بهره‌برداری از آن دارای خصوصیات ویژه و خاص خود هستند که شناسایی وتفکیک آنها به عوامل متعددی بستگی دارد. انتخاب تمام این عوامل برای انجام یک تحقیق بسیار مشکل است لذا در پژوهش حاضر، با توجه به کارهای انجام گرفته در زمینه‌ی تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها، استفاده از نظرات چهار گروه کارشناسان خبره از جمله کارشناسان محیط زیست، هیدولوژیست‌ها، زمین‌شناسان و متخصصان GIS و با توجه به

شرایط محلی منطقه مورد مطالعه پارامترهای تأثیرگذاری چون شیب، کیفیت آب، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی انتخاب و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

شیب: یکی ازعوامل مؤثر در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد پخش سیلاب و تغذیهٔ آبهای زیرزمینی شیب است که نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی مانند سیل و نفوذپذیری دارد. براساس تجربیات محققان داخلی و خارجی مکانهای مناسب برای پخش سیلاب، شیب کمتر از ۵ درصد دارند (Krishnamurthy et al, 1995).

کیفیت آب: کیفیت آب زیرزمینی مشخص کنندهٔ میزان مواد شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات بوده و در تشخیص آب مناسب برای مصارف معین اهمیت بسزایی دارد. در این پژوهش از EC به عنوان مبنایی برای بررسی شاخص کیفیت آب استفاده شد. مؤلفه‌های هدایت الکتریکی(EC) و باقیمانده خشک (TDS) اندازه‌گیری و نقشه‌های آنها آماده گردید. از آنجا که نقشه‌هایTDS و EC روند تغیرات یکسانی داشته و با همدیگر تطابق دارند از نقشه EC به عنوان معیار کیفیت آب استفاده شد.

زمین‌شناسی: زمین‌شناسی (نوع سازند و لیتولوژی سازند مورد نظر) بر بسیاری از خصوصیات هیدرولوژیکی چون نفوذپذیری، هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال و ... تاثیرگذار است و این حاکی از اهمیت لایه زمین شناسی در امر تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب است. آبرفتهای درشت دانه و آهکی به دلیل دارا بودن ضریب تراوایی خوب، آبگذری و ذخیره زیاد وضعیت مناسبی برای تشکیل آبخوان‌ها عرضه می‌نماید. معمولاً سازندهای دانه‌ای (شن و ریگ) و سازندهای شکافدار یا کارستی هدایت هیدولیکی و قابلیت انتقال بیشتری دارند و همچنین مناطق با آبرفت‌های جوان به عنوان مناطق مناسب برای پخش سیلاب محسوب می‌شوند (Chowdhury et al, 2010).

ضخامت آبرفت: یکی دیگر از عوامل مهم در پخش سیلاب و تغذیهٔ آبهای زیرزمینی ضخامت آبرفت است. از نظر تئوری هر چه ضخامت آبرفت بیشتر باشد، میزان ذخیرهٔ آب زیرزمینی در آن نیز زیادتر می‌شود. سوابق مطالعاتی در دسترس نشان می‌دهد که تا کنون در مورد نقشه ضخامت آبرفت در تغذیهٔ آبهای زیرزمینی به صورت کمی، مطالعهٔ چندانی صورت نگرفته است، ولی مانداب‌های ایجاد شده در مناطق آبرفتی که عمق سنگ کف در آنها زیاد نبوده و مشکلات زیست محیطی حاصل از آنها، اهمیت این عامل را آشکار می‌سازد.

کاربری اراضی: از منظر کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه شامل بستر رودخانه، اراضی شهری، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مرتع می‌باشد. اجرای پروژه‌های آبخوانداری در زمینهایی امکان‌پذیر است که دارای پوشش گیاهی مناسب باشند. به عبارت دیگر، مراتعی که دارای پوشش مناسب می‌باشد علاوه بر نفوذ آب به داخل آبخوان و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی،

ازفرسایش سطحی هم جلوگیری می‌نماید. درصورتی‌که مراتع فقیر به دلیل کمبود پوشش نسبت به مراتع متوسط و خوب مکان مناسبی برای انجام پروژه‌های آبخواندازی نیستند.

قابلیت انتقال: قابلیت انتقال یا ضریب آبگذری، یکی از ضرایب هیدرودینامیکی است که قابلیت عبور آب را در تمام ضخامت لایه آبدار نشان می‌دهد توانایی انتقال در لایه‌های آبدار دارای مقادیر بسیار متفاوتی است، ولی به طور معمول مقدار آن بین ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمربع در روز تغییر می‌کند (قرمزچشمه، ۱۳۷۹). فرمول محاسبه قابلیت انتقال $T = K \times D$ است که در آن K هدایت هیدرولیکی آبخوان و D ضخامت لایه آبدار است. بهترین و دقیق‌ترین روش تعیین هدایت هیدرولیکی آبخوان روش آزمون پمپاژ است (نخعی، ۱۳۸۸). در پژوهش حاضر، هدایت هیدرولیکی آبخوان در منطقه مورد مطالعه از طریق آزمایش پمپاژ به دست آمده است.

ژئومورفولوژی: نقشه‌های ژئومورفولوژی در مناطقی که فاقد اطلاعات زیرسطحی است، می‌توانند به عنوان معیاری مناسب برای تعیین مناطق مناسب پخش سیلاب مورد استفاده قرارگیرند (قرمزچشمه، ۱۳۷۹). دشتهای پهناور با شیب ملایم، پدیمنت‌ها و مخروط افکنه‌ها (بسته به وسعت و موقعیت آنها)، به عنوان محل‌های بهینه برای اجرای طرح‌های آبخوان-داری در نظر گرفته می‌شوند(احمدی، ۱۳۸٤).

تراکم زهکشی: نسبت طول کلیه آبراهه‌ها در یک حوضه آبخیز به مساحت آن، تراکم آبراهه نامیده می‌شود و رابطه مستقیمی با دبی حداکثر در حوضه دارد و برابر است با:

$$\mu = \frac{\sum L_i}{A} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن L طول هر یک از آبراهه‌های حوضه و A برابر با مساحت حوضه آبریز است (Chowdhury et al, 2010). تراکم زهکشی با نفوذپذیری رابطه معکوس دارد. یک سنگ با نفوذپذیری کمتر، رواناب کمتری را می‌تواند نفوذ دهد، که به تمرکز بیشتر رواناب سطحی منجر می‌شود. این امر امکان ایجاد یک سیستم زهکشی تکامل‌یافته و مناسب را افزایش می‌دهد. عبارتی سیستم زهکشی تکامل یافته و متراکم نشان دهنده نفوذپذیری کم و سیستم زهکشی نامتراکم نشان دهنده نفوذپذیری بالا است. از اینرو تراکم زهکشی می‌تواند به صورت غیرمستقیم نشانگر شایستگی یک منطقه برای تغذیه مصنوعی باشد. چنانکه چودری (۲۰۱۰) در مقاله‌ی خود با عنوان تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور، GIS و تکنیک‌های MCDM در منطقه مدیناپور غربی از تراکم زهکشی بعنوان نمایه‌ای از نفوذپذیری یاد نموده و تراکم زهکشی را به جای نفوذپذیری بکار گرفت.

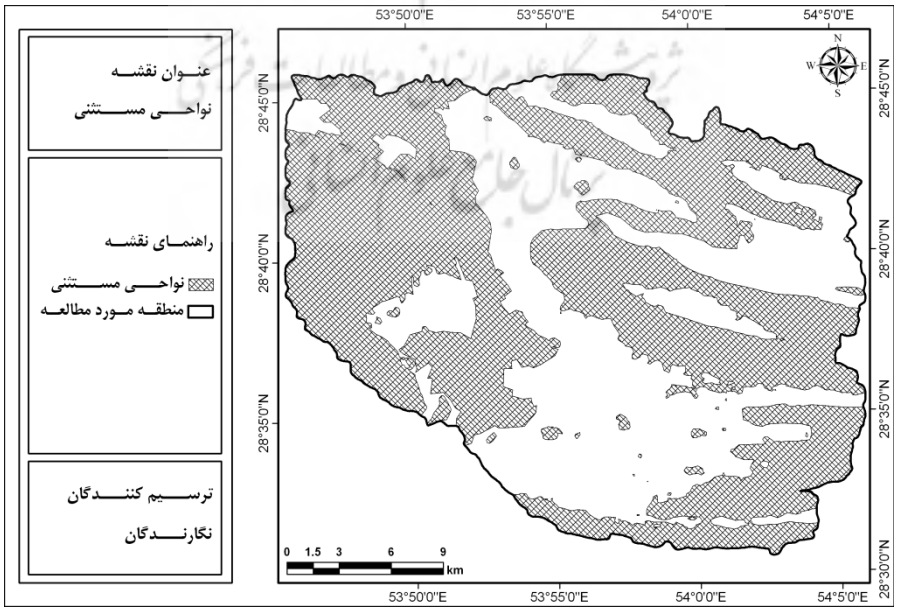
۳-۳- جمع‌آوری و آنالیز داده‌ها

در این پژوهش، مجموعه داده‌های ۸ معیار انتخابی برای حوضه گربایگان، از منابع مختلف گردآوری شد. نقشه کاربری اراضی و ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه از طریق

طبقه‌بندی و تفسیر تصاویر چندطیفی سال ۲۰۱۰ سنجنده TM ماهواره لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استخراج گردید. برای تهیه نقشه شیب و لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی، به ترتیب از مدل رقومی ارتفاع مستخرج از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی استفاده گردید. برای تهیه نقشه ضخامت آبرفت از نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی که با استفاده از عمق آب زیرزمینی در چاههای پیزومتری و انطباق نقشه‌های تراز و توپوگرافی تهیه شده بود، استفاده شد. برای این منظور نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی رقومی و سپس درون‌یابی گردید و نقشه ضخامت آبرفت بدست آمد. برای تهیه نقشه کیفیت آب، اطلاعات EC بیست چاه مشاهده‌ای که در طول یک دوره آماری ۱۰ ساله برداشت شده بودند، به کار گرفته شد. نقشه هدایت الکتریکی (EC) از طریق درون‌یابی اطلاعات موجود، در محیط GIS به دست آمد.

۳-٤- شناسایی نواحی دارای محدودیت

لایه محدودیت پخش سیلاب بیانگر مناطقی است که برای پخش سیلاب، نامناسب هستند. در مطالعه حاضر، براساس تحقیقات انجام گرفته در این زمینه و شرایط محلی منطقه،۳ لایه شیب، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی به عنوان لایه‌های دارای محدودیت شناسایی گردیدند. در لایه شیب، شیب بیشتر از ۸ درصد، در لایه ژئومورفولوژی کوهستان‌ها و در لایه کاربری اراضی نواحی شهری، بستر رودخانه و اراضی کشاورزی به عنوان محدودیت در نظر گرفته شدند و به این شیوه، اراضی نامناسب برای پخش سیلاب حذف گردید. شکل۳ نواحی دارای محدودیت را در حوضه گربایگان فسا نشان می‌دهد.



شکل ۳- نقشه نواحی محدودیت برای پخش سیلاب در منطقه مورد مطالعه

۳-۵- مروری بر روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از جدیدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که بوسیله پرفسور ساعتی (۲۰۰۱) ارائه شده است. این مدل بر مبنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده است و "شبکه" را جایگزین "سلسله مراتب" کرده است (قدسی پور، ۱۳۸٤). فرض اصلی در AHP بر روی عملکرد مستقل گروه‌های بالایی سلسله مراتبی از همه‌ی قسمت-های پایینی آن و از معیارهای هر سطح و طبقه بنا نهاده شده است(Chung et al, 2005., Dyson, 2004). بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری را نمی‌توان در یک ساختار سلسله مراتبی جای داد و این به دلیل تعاملات بین فاکتورهای مختلف است که بعضاً فاکتورهای سطح بالا وابستگی خاصی به فاکتورهای سطح پایین دارند. ساختاربندی یک مسئله با وابستگی‌های عملیاتی اجازه می‌دهد بازخوردی بین خوشه‌های شناسایی شده در سیستم شبکه دریافت گردد. ساعتی[1] استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP) را برای حل مسائل با معیارها و آلترناتیوهای مستقل پیشنهاد کرده و برای حل مسائل با معیارها و آلترناتیوهای وابسته به هم مدل تحلیل شبکه‌ای را پایه‌ریزی نموده است(Lee & Kim, 2001). بدین ترتیب روش ANP به عنوان تعمیمی از AHP ارائه گردید.

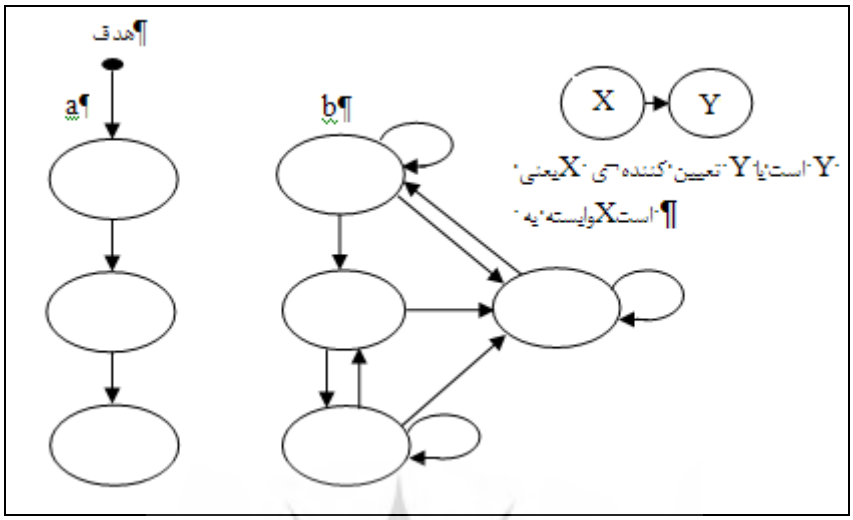
همان طور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک سویه فراهم می‌کند، ANP نیز امکان روابط پیچیده داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها را مهیا می سازد.

رویکرد بازخوردی[2] ANP ساختار شبکه‌ای را با ساختار سلسله مراتبی جایگزین کرده است و این حاکی از آن است که روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را نمی‌توان به سادگی بالا-پایین، غالب-مغلوب یا مستقیم-غیرمستقیم تصور کرد. برای نمونه می‌توان گفت نه تنها اهمیت بین معیارها مشخص کننده اهمیت بین گزینه‌ها در سلسله مراتب است بلکه اهمیت گزینه‌ها نیز ممکن است در اهمیت بین معیارها تاثیرگذار باشد. بنابراین، ارائه ساختار سلسله مراتبی با روابط خطی بالا به پایین نمی‌تواند در مورد سیستم‌های پیچیده مناسب باشد (Lee & Kim, 2000., Momoh, 1998., Saaty, 1980). سیستم‌های بازخوردی را می‌توان به وسیله یک شبکه نشان داد. شکل ٤- الف و ٤- ب تفاوت ساختاری بین سلسله مراتب و شبکه را نشان می‌دهند. ارتباطات در یک شبکه بوسیله کمان نشان داده می‌شود. جهت کمان‌ها دلالت بر جهت وابستگی دارد. وابستگی متقابل میان دو خوشه که اصطلاحاً وابستگی بیرونی نامیده می-شود بوسیله پیکان‌های دوطرفه نشان داده می-شود. وابستگی داخلی میان عناصر گروه به وسیله کمان‌های حلقه‌ای نشان داده می‌شوند. در

[4]- Saaty

[5]- Feedback

این مطالعه برای تعیین وابستگی میان خوشه‌ها و عناصر و همچنین وزن‌دهی در مرحله مقایسه زوجی از پرسشنامه و نظرات کارشناسان خبره استفاده گردید



شکل ٤- مقایسه ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای را نشان می‌دهد.a) فرایند تحلیل سلسله مراتبی ، b) ساختار شبکه‌ای

به طور کلی، روش ANP شامل سه قسمت است: بخش اول، سلسله مراتب کنترل برای شبکه معیارها و زیرمعیارها، بخش دوم شبکه‌ای از روابط میان عناصر و خوشه‌ها و بخش سوم بازخورد بین خوشه‌های مختلف و عناصر داخل یک خوشه است (khan and Faisal, 2008).

روش ANPدر طی این چند سال اخیر به شدت مورد توجه محافل علمی قرار گرفته است. به‌روز بودن مدل، وابستگی‌ها و پیچیده بودن مسائل مختلف محیطی باعث گردیده تا روش ANP در اکثر کارهای محیطی کارایی بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته باشد. از آنجا که معیارها و شاخص‌های بکار گرفته شده در این پژوهش دارای روابط دوسویه و بازخوردی هستند و سایر مدل‌ها این وابستگی‌ها را کمتر در می‌گیرند، بنابراین، بکارگیری رویکردی که وابستگی‌های احتمالی میان عوامل را در نظر گیرد و آنها را در اندازه‌گیری دخالت دهد، ضرورت می‌یابد. از این رو در این مطالعه برای محاسبه‌ی وزن عناصر از تئوری شبکه‌ها (ANP) استفاده گردید.

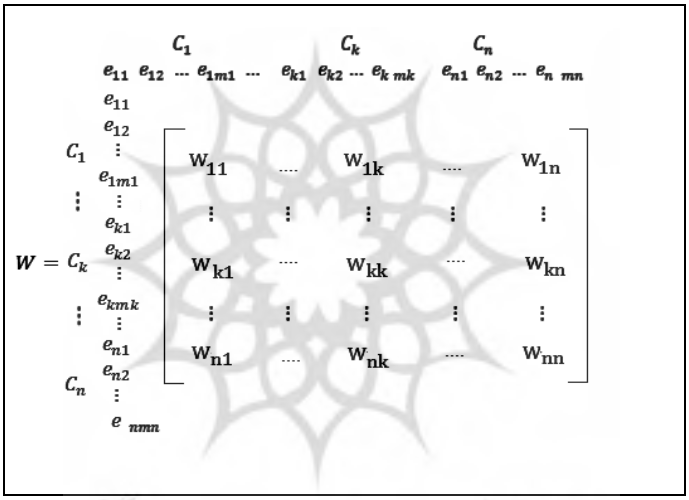
اما فرایند مدل‌سازی شامل مراحل زیر است که به اجمال به آن اشاره می‌شود (Ertay et al, 2006., Sarkis, 2002):

گام اول، پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله: مسئله باید به شکل روشنی تبیین شده و به صورت یک سیستم منطقی و عقلانی، مانند شبکه تجزیه شود.

گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی: تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به

AHP است به عبارتی از طریق مقایسه زوجیمی‌توان وزن نسبی معیارها و زیرمعیارها را مشخص کرد. مقایسه‌های زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترل، شبیه روش AHP انجام می‌شود. ساعتی برای مقایسه زوجی دو مؤلفه یک مقیاس نه تایی را معرفی نموده است. مقدار aij در ماتریس مقایسه زوجی اهمیت نسبی مؤلفه در سطر i با توجه به ستون j را نشان می‌دهد؛ به عبارتی aij=$^{w_i}/_{w_j}$ را مشخص‌می‌کند. به طوری که عدد ۱ مشخص کننده اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص کننده بیشترین اهمیت ممکن یک عنصر نسبت به عنصر دیگر است.

از ارزش معکوس ($^{1}/_{a_{ij}}$) زمانی استفاده می‌شود که j مهمتر از مؤلفه i باشد. اگر n مؤلفه وجود داشته باشد، در این صورت n مؤلفه با هم مقایسه خواهند شد، سوپرماتریس A در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- فرمت استاندارد یک سوپرماتریس A

در روش AHP مقایسه‌های وزنی برای مؤلفه‌های j و i، به جای اختصاص وزن W_i و W_j از وزن نسبی، $^{w_i}/_{w_j}$ استفاده می‌شود. بعد از آن که مقایسه زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (w) محاسبه می‌شود که ساعتی روش زیر را پیشنهاد نموده است:

رابطه (۲) $$A \times W = \lambda_{max} \times W$$

که در آن λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار W با استفاده از $\alpha = \sum_{i=1}^{n} w_i$ نرمال می‌شود. نتیجه آن W واحد است، به عبارتی جمع هر ستو ن در ماتریس برابر یک می‌شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۳) $$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه تأیید می‌شود. با توجه به هر معیار، مقایسه زوجی در دو مرحله (در سطح عناصر و مقایسه بین خوشه-ها) انجام می‌شود که نتایج حاصل از مقایسه‌ها در سوپر ماتریس وارد خواهد شد.

گام سوم، تشکیل سوپرماتریس اولیه: عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند. این عناصرمی‌توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیر معیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند. وزن نسبی هر ماتریس براساس مقایسه زوجی شبیه روش AHP محاسبه می‌شود، وزنهای حاصل در سوپرماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشانمی‌دهند. قالب عمومی سوپرماتریس در شکل ۵ نشان داده شده است. در این تصویر CN نشاندهنده خوشه Nاُم، e_{Nn} عنصر nاُم در خوشه Nاُم، Wij ماتریس بلوک شامل وزنهای نسبی بردارهای w تأثیر عناصر در خوشه iاُم نسبت به خوشه jاُم است. اگر خوشه iاُم هیچ تأثیری بر خوشه iاُم خودش نداشته باشد (حالت وابستگی داخلی)، Wij صفر می‌شود. سوپر ماتریس به دست آمده در این مرحله سوپرماتریس اولیه معرفی می‌شود.

گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی: درواقع ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هرکدام از بردارها برابر یک است. بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد (متناسب با بردار ویژه‌هایی که در هر ستون وجود دارند). برای آنکه از عناصر ستون متناسب با وزن نسبی‌شان فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس، استانداردمی‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هریک از ستونهای آن برابر یک خواهد بود. این موضوع شبیه به زنجیره مارکوف است که جمع احتمالی همه وضعیتها معادل یک است. به ماتریس جدید، ماتریس وزنی گفته می‌شود.

گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی: در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی میرسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن باهم برابر شوند. براساس ماتریس بدست آمده، بردار وزن عمومی مشخص می‌شود.

رابطه (٤) $\lim_{k\to\infty} w^k$

ماتریسی که در نتیجه به توان رسیدن ماتریس وزنی به دست می‌آید، ماتریسی حدی است که مقادیر هر سطر آن با هم برابر است. اگر سوپرماتریس اثر زنجیره‌واری داشته باشد، ممکن است دو یا چند سوپرماتریس داشته باشیم و به صورت زیر سوپرماتریس وزنی همگرا می‌شود:

رابطه (۵) $\lim_{k\to\infty} \left(\frac{1}{N}\right) \sum w_i^k$

گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها: در آخرین مرحله با توجه به جدول وزن خوشه‌ها و سوپرماتریس حد، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود.

۳-٦- روش مقایسه زوجی

در پژوهش حاضر برای تعیین وزن کلاس‌های هر یک از عوامل تاثیرگذار در امر

مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب از روش مقایسه زوجی استفاده گردید. این روش اولین بار توسط توماس ال ساعتی ریاضی‌دان مشهور امریکایی(۱۹۸۰) مطرح شد که درصدد برآمد تا راهکار مناسبی را برای تصمیم گیرندگان درمورد مسائل پیچیده که عوامل متعددی در آن دخیل بودند، ارائه دهد. مقایسه زوجی ساعتی نشان می‌دهد که چگونه می‌توان اهمیت نسبی مجموعه‌ای از فعالیتها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره را تعیین کرد. این فرآیند امکان قضاوت را در مورد معیارهای کیفی غیرعینی و معیارهای کمی عینی را بوجود می‌آورد (قدسی-پور، ۱۳۸٤). به منظور تعیین وزن، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی برای هر یک معیارها تشکیل شده و زیرمعیارها (کلاس‌های مربوط به هر معیار) به صورت زوجی مقایسه گردیدند. در مقایسه زوجی به هر یک از معیارها وزنی مشخص در مقیاس ۱ تا ۹ داده شد. سپس با استفاده از این ماتریس مقایسه زوجی وزن نسبی عناصر محاسبه می‌گردد. به طور کلی، یک ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر نشان داده می شود که درآن a_{ij} ترجیح عنصر i–اُم نسبت به عنصر j–اُم است. حال با مشخص شدن a_{ij}ها می‌توانیم وزن عناصر یعنی w_iها را به صورت زیر بدست آوریم:

رابطه (٦)

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

یا

رابطه (۷)

$$A=[a_{ij}] \qquad i,j=1,2,\ldots,n$$

هر ماتریس مقایسه زوجی ممکن است سازگار یا ناسازگار باشد. در حالتی که این ماتریس سازگار باشد محاسبه وزن ساده بوده و از نرمال کردن عناصر هر ستون به دست می‌آید. اما در حالتی که ماتریس ناسازگار باشد محاسبه وزن ساده نبوده و برای به دست آوردن آن چهار روش مطرح می‌باشد که عبارتند از (قدسی پور، ۱۳۸٤):

- روش حداقل مربعات
- روش حداقل مربعات لگاریتمی
- روش بردار ویژه
- روش تقریبی

از آنجا که در این تحقیق از روش بردار ویژه جهت محاسبه وزن‌ها کلاس‌های هر معیار استفاده گردیده به تشریح این روش می‌پردازیم. در روش بردار ویژه w_iها به گونه‌ای تعیین می‌شوند که روابط زیر صادق باشد:

رابطه (۸)

$$\begin{bmatrix} a_{11}w_1 & + & a_{12}w_2 & \cdots & + & a_{1n}w_n & = \lambda_{\cdot}w_1 \\ a_{21}w_1 & + & a_{22}w_2 & \cdots & + & a_{2n}w_n & = \lambda_{\cdot}w_2 \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots & \vdots \\ a_{n1}w_1 & + & a_{n2}w_2 & \cdots & + & a_{nn}w_n & = \lambda_{\cdot}w_n \end{bmatrix}$$

که در آن a_{ij} میزان ترجیح عنصر iاُم نسبت به عنصر jاُم است و w_i نیز وزن عنصر iاُم و λ یک عدد ثابت می‌باشد. این روش یک نوع میانگین‌گیری است که هارکر[6] آن را میانگین در طرق مختلف ممکن می‌داند. زیرا در این روش

[6]- Harker

وزن عنصر i–اُم (یعنی w_i) طبق تعریف بالا برابر است با:

رابطه (۹)

$$w_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} w_i \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

دستگاه معادلات فوق را می توان به صورت زیر نوشت:

رابطه (۱۰)

$$A \times W = \lambda \times W$$

که A همان ماتریس مقایسه زوجی و W همان بردار وزن و λ یک اسکالر است. طبق تعریف چناچه این رابطه بین یک ماتریس (A) و بردار (W) و عدد λ برقرار باشد گفته می‌شود که W بردار ویژه برای ماتریس A می‌باشند. به طور کلی، در روش بردار ویژه برای محاسبه وزن‌ها باید طبق مراحل زیر عمل شود:

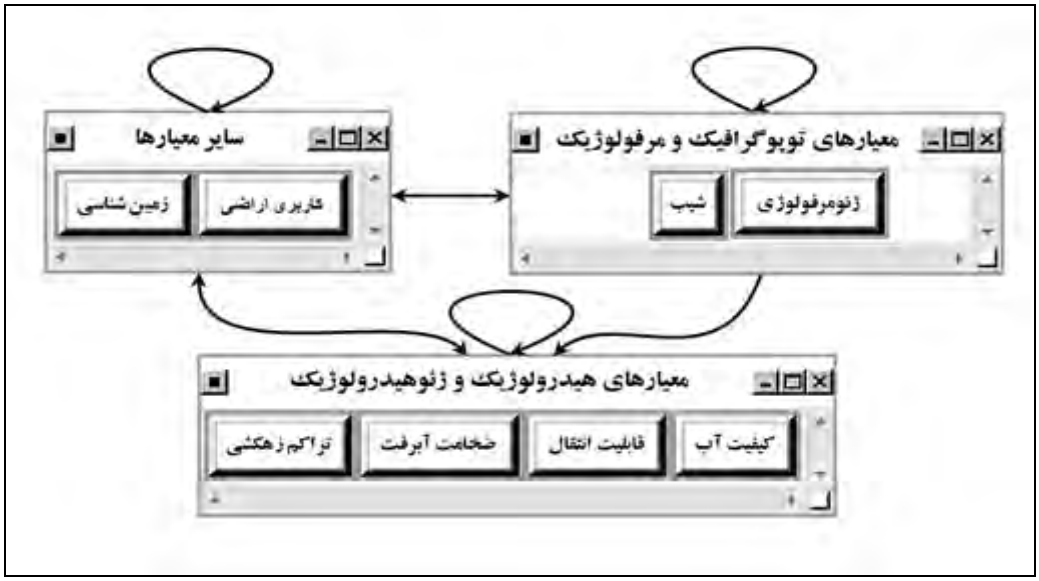
- تشکیل یک ماتریس مانند ماتریس A،
- مشخص کردن ماتریس (A - λI)،
- محاسبه دترمینان ماتریس (A - λI) و قرار دادن آن برابر با صفر، آنگاه محاسبه مقادیر λ

بزرگترین λ، λ_{max} نامیده می شود، آن را در رابطه $(A - \lambda_{max} I) \times W = 0$ قرار داده و با استفاده از رابطه‌ی $(A - \lambda_{max} I) \times W = 0$ مقادیر w_iها محاسبه می‌شود (قدسی پور، ۱۳۸٤).

٤- بحث

٤-۱- پردازش و تلفیق داده‌ها

پردازش و تحلیل داده‌ها در این پژوهش باتوجه به پارامترهای شیب، کیفیت آب‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی صورت گرفته است. پس از آماده‌سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی براساس شکل ۱، از روش مقایسه زوجی برای تعیین وزن کلاس‌های هر لایه و از روش ANP برای تعیین وزن نهایی معیارها استفاده گردید. برای تعیین وزن‌ها از نرم‌افزار Super Decision استفاده گردید. روند کلی برای تعیین وزن معیارهای تاثیرگذار در مکانیابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب با استفاده از روش ANP در بالا تشریح شد. در این روش، معیارها در سه خوشه شامل معیارهای توپوگرافیک ومورفولوژیک، معیارهای هیدرولوژیک و ژئوهیدرولوژیک و سایر معیارها قرار گرفتند. در ذیل هر خوشه دسته‌ای از عناصر قرار دارند. این عناصر علاوه برآنکه در داخل خوشه به هم مرتبط هستند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند که این وابستگی در شکل ٦ نشان داده شده است.



شکل ٦- ساختار شبکه‌ای مدل مکانیابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب

در گام بعد، براساس وزن کلاس‌های هر لایه، لایه‌های مختلف در محیط GIS پهنه‌بندی گردید، سپس وزن معیارها در لایه‌های مربوطه ضرب و همراه با آن عملیات تلفیق لایه‌ها صورت گرفت. در نهایت، نقشه نهایی به صورت رستری حاصل گردید و برای دست پیدا کردن به نتایج بهتر با استفاده از روش‌های شکست طبیعی[1] کل منطقه به پنج کلاس از کاملاً مناسب تا نامناسب تقسیم‌بندی شد. این روش برای تعیین بهترین آرایش ارزش‌ها به طبقات مختلف طراحی شده است. این روش به دنبال به حداقل رساندن انحراف متوسط هر طبقه از طبقه میانگین و به حداکثر رساندن انحراف هر کلاس از میانگین گروه‌های دیگر انجاممی‌شود. به عبارت دیگر، این روش طبقه‌بندی داده به دنبال کاهش واریانس در کلاس‌ها و به حداکثر رساندن واریانس بین طبقات است.

لازم به ذکر است که به‌دلیل فراوانی جداول وزن کلاس‌های هر معیار و تشابه موضوعی این جداول از نمایش جداول مقایسه زوجی همه‌ی این معیارها خودداری بعمل آمد و به عنوان نمونه در روش مقایسه زوجی، تنها به جدول مقایسه زوجی کلاس‌های شیب به همراه وزن آن (جدول ۱)، جدول کلاس‌بندی مربوط به هر معیار به همراه وزن نسبی آن حاصل از (جدول ۲) اکتفا شد، همچنین در روش ANP به جدول سوپرماتریس اولیه (جدول ۳) و جدول وزن نهایی معیارها (جدول ٤) بسنده شد و از آوردن جداول سوپرماتریس وزنی و سوپرماتریس حد، وزن عمومی خودداری به عمل آمد.

جدول ۱- جدول مقایسه زوجی طبقات شیب و وزن استاندارد شده آنها

شیب	۰-۳ درصد	۳-۵ درصد	۵-۸ درصد	وزن نسبی
۰-۳ درصد	۱	۳	۵	۰/٦٤٨
۳-۵ درصد	۱/۳	۱	۳	۰/۲۳۰
۵-۸ درصد	۱/۵	۱/۳	۱	۰/۱۲۲

[1]- Natural Breaks

جدول ۲- کلاس‌بندی مربوط به هر معیار به همراه وزن نسبی آنها

کلاسهای زمین شناسی	وزن نسبی	کلاسهای ژئومورفولوژی	وزن نسبی	کلاس‌های کاربری اراضی	وزن نسبی	کلاس‌های هدایت الکتریکی (EC)	وزن نسبی	کلاسهای ضخامت آبرفت	وزن نسبی	کلاسهای تراکم زهکشی	وزن نسبی	کلاسهای قابلیت انتقال	وزن نسبی
MP1aj2	۰/۰۳۸	مخروط افکنه	۰/۲۳٤	بستر رودخانه	۰	۰ – ۱۰۰۰	۰	۰–۱۰	۰/٤٤٥	۰–۰/۷	۰/۱٦۹	۰–۳۰۰	۰/۱٦۹
Mcp, Mm2 , Mm1	۰/۰۵۱	دشت سیلابی	۰/٤۷۰	مسکونی	۰	۱۰۰۰–۲۵۰۰	۰/۲۸۲	۱۰ – ۳۵	۰/۱۹٦	۰/۷ –۱/٤	۰/۲۰۰	۳۰۰–٦۰۰	۰/۲۰۰
Qc1, Mgu, EOM	۰/۰۸۰	پدیمنت	۰/۱۹۲	زراعت آبی	۰	۲۵۰۰–٤۰۰۰	۰/۱۸٤	۳۵ – ۵۵	۰/۲۸۳	۱/٤–۲/۱	۰/٤۹٤	٦۰۰ – ۹۰۰	۰/٤۹٤
PLa2, Mgs-1, Ec, Mrz	۰/۱۲۱	تپه ماهور	۰/۱۰٤	مراتع کم تراکم	۰/۷۵	>٤۰۰۰	۰/۰۸۹	> ۵۵	۰/٤۷۱	>۲/۱	۰/۱۳۷	> ۹۰۰	۰/۱۳۷
Qscg, Mm1, Qc2	۰/۱۷۲	کوهستان	۰	زراعت دیم	۰/۲۵	–	–	–	–	–	–	–	–
Qg,, Qb ,Qgsc	۰/۲۲۳	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
PLQb	۰/۳۱۵	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

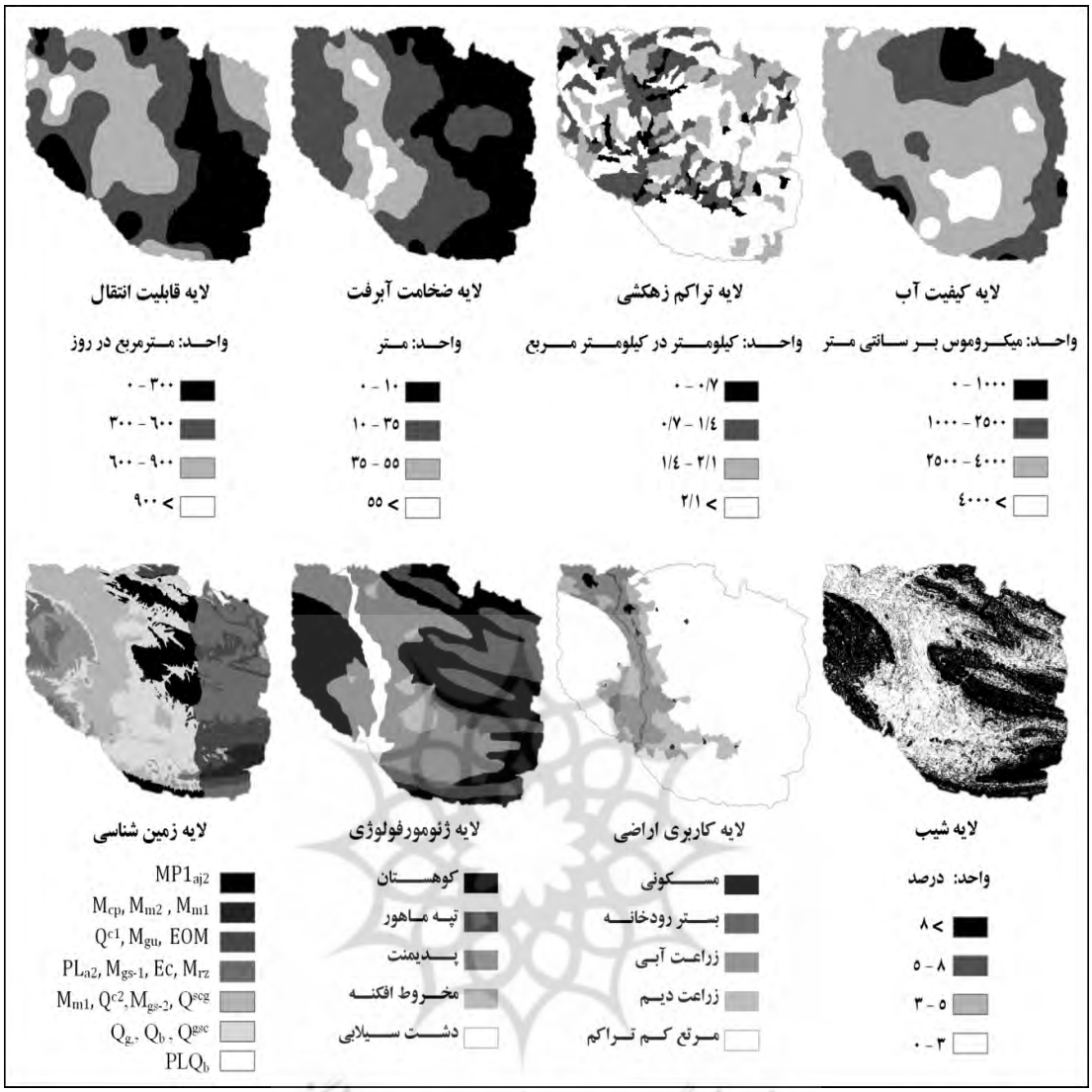
جدول ۳- جدول سوپرماتریس اولیه

		خوشه معیارهای توپوگرافیک و مورفولوژیک		خوشه معیارهای هیدرولوژیک و ژئوهیدرولوژیک				خوشه سایر معیارها	
		شیب	ژئومورفولوژی	کیفیت آب	تراکم زهکشی	ضخامت آبرفت	قابلیت انتقال	زمین شناسی	کاربری اراضی
خوشه معیارهای توپوگرافیک و مورفولوژیک	شیب	۰	۱	۰	۰	۰/۵۷۱	۰	۰	۰/۵۳۲
	ژئومورفولوژی	۱	۰	۰	۰	۰/٤٤۱	۰	۰	۰/٤۷٤
خوشه معیارهای هیدرولوژیک و ژئوهیدرولوژیک	کیفیت آب	۰/۱۸۷	۰	۰	۰/۳۱۸	۰/۱۵۱	۰/۲۵۱	۰/۱۵٦	۰
	تراکم زهکشی	۰/۳۵٤	۰	۰/۵۲۱	۰	۰/۵۱۲	۰/٤٤۹	۰/۳٦۸	۰
	ضخامت آبرفت	۰/۱٤۸	۰	۰/۱۳۹	۰/۲٤۷	۰	۰/۲۰۹	۰/۱٤۵	۰
	قابلیت انتقال	۰/۳۱۳	۰	۰/۳٤٦	۰/٤٤۲	۰/۲۳٦	۰	۰/۳۳۳	۰
خوشه سایر معیارها	زمین شناسی	۰/۷۳۳	۰/۷۸۲	۰	۰	۰/۸۷۱	۰	۱	۰
	کاربری اراضی	۰/۲۷۸	۰/۲۲۵	۰	۰	۰/۱۳٤	۰	۰	۱

جدول ٤- وزن‌های نهایی معیارهای هشتگانه اصلی با استفاده از نرم افزار Super Decision

خوشه‌ها	وزن خوشه‌ها (گام دوم)	عناصر	وزن عمومی (گام پنجم)	وزن نهایی
معیارهای توپوگرافیک و مورفولوژیک	۰/۲۷۹	شیب	۰/۱٦	۰/۰۵
		ژئومورفولوژی	۰/۱۳۱	۰/۰٤
معیارهای هیدرولوژیک و ژئوهیدرولوژیک	۰/٤۷٤	کیفیت آب	۰/۰۸۱	۰/۰٤
		تراکم زهکشی	۰/۱۸۲	۰/۰۸
		ضخامت آبرفت	۰/۰٦۹	۰/۰۳۲
		قابلیت انتقال	۰/۱۱۸	۰/۰۵۵
سایر معیارها	۰/۲۷٤	زمین شناسی	۰/۲۰۵	۰/۰۵
		کاربری اراضی	۰/۰۵٤	۰/۰۱۳

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۷- نمایش شماتیک هشت لایه پهنه‌بندی شده به روش مقایسه زوجی

۲-٤- یافته‌های تحقیق

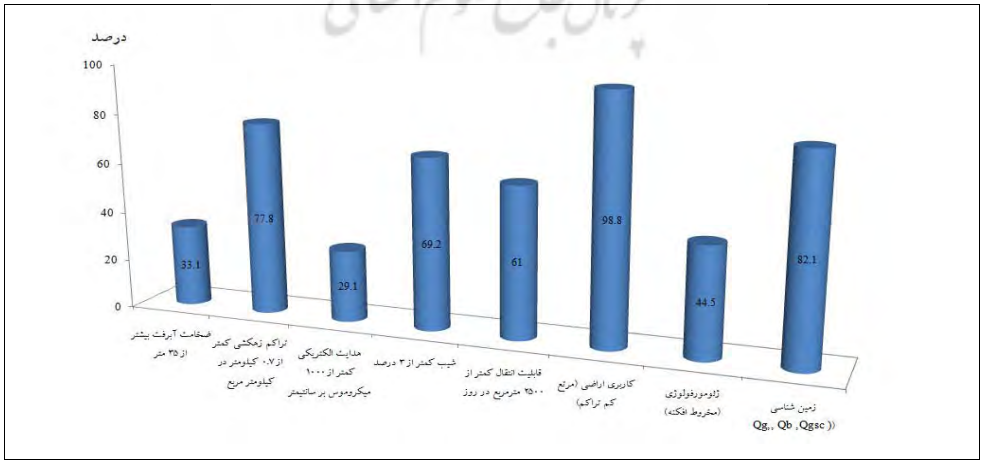
بر پایه نقشه زون‌بندی نهایی، از مجموع کل مساحت دشت گربایگان، حدود ۷/۷۹ کیلومتر مربع کاملاً مناسب، ۸۰/٦۱۵ کیلومتر مربع مناسب، ۱۵٦/٦۰۳ کیلومتر مربع نسبتاً مناسب، ۵۱/۱۷٤ کیلومتر مربع نسبتاً نامناسب و ۱/۸۸۳ کیلومتر مربع نامناسب برای عملیات پخش سیلاب تعیین گردید. در جدول٤ مساحت این پنج کلاس برحسب کیلومتر مربع و درصد نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بیشتر مناطق کاملاً مناسب و مناسب برای پخش سیلاب از نظر ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی به ترتیب در مناطق مخروط‌افکنه‌ای و پدیمنتی و در واحدهای کواترنری Q^{gsc} ، Q_b و Q_g قرار گرفته‌اند. دلایل آن می‌تواند قرارگیری این واحدها در حواشی آبراهه‌ها و در شیب‌های کم، تشکیل شدن این واحدها از آهک، سیلت، ماسه و گراول و نیز نفوذپذیری خوب این واحدها تلقی گردد. شکل ۹ اولویت‌بندی

بخش‌های مختلف منطقه مطالعاتی را از نظر پخش سیلاب نشان می‌دهد. نتایج حاصل از این روش با استفاده از کنترل زمینی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که حاکی از برآورده شدن تمامی معیارهای انتخابی در نواحی کاملاً مناسب و رضایت بخش بودن به کارگیری روش‌های MCDM در تلفیق با GIS در امر مکان‌یابی عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان-ها است.

علاوه بر کنترل زمینی، به منظور بررسی کارایی به کارگیری همزمان سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری نقشه-های پهنه‌بندی مناطق مناسب پخش سیلاب با عرصه‌های کنترل همپوشانی داده شدند. شکل ۹ همپوشانی عرصه‌های کنترلی با مناطق کاملاً مناسب را نشان می‌دهد. نتایج حاصل حاکی از توانایی قابل قبول این مدل می‌باشد، که در این راستا مهرورز مغانلو و همکاران (۱۳۸٤)، خیرخواه زرکش و همکاران (۲۰۰۸) و آل شیخ و همکاران (۱۳۸۱) نیز در تحقیقات خود به سازگاری و افزایش دقت در بکارگیری مدل‌های مفهومی با سامانه اطلاعات جغرافیایی اشاره کردند.

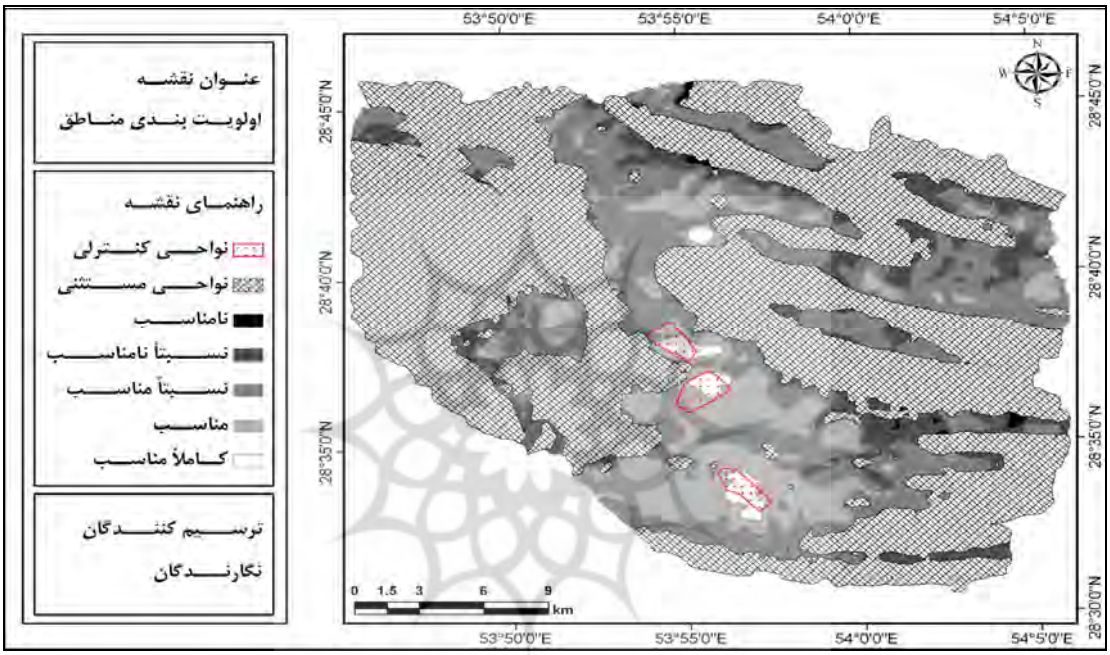
در مطالعه حاضر بیشتر مناطق مستعد پخش سیلاب در واحدهای کواترنری که پیشتر به آن اشاره شد، قرار گرفته‌اند، این نتایج نیز با یافته‌های عبدی (۱۳۸٤) که حدود ٤۰ درصد از سطح مورد مطالعه که برای عملیات پخش سیلاب مناسب بودند را در عرصه‌های کواترنری مکانیابی کرد، هماهنگی دارد.

از نظر شیب نیز در شیب‌های ۳-۰ درصد که با نتایج قرمزچشمه و همکاران (۱۳۷۹) و قیومیان (۲۰۰۵) که عرصه‌های مناسب پخش سیلاب را کمتر از ۳ درصد مناسب تشخیص دادند منطبق است. شکل ۸ نشان دهنده حساسیت هر یک از پارامترهای ورودی در مدل است. برای آنالیز حساسیت، عرصه‌های کاملاً مناسب تعیین شده توسط روش ANP در هر یک از پارامترها مورد بررسی قرار گرفت و میزان انطباق این عرصه‌ها با کلاس کاملاً مناسب هر یک از پارامترها محاسبه گردید.



شکل ۸- نمودار آنالیز حساسیت پارامترهای ورودی

به عنوان نمونه این نمودار بیانگر این است که در پارامتر ضخامت آبرفت ۳۳ درصد عرصه-های کاملاً مناسب حاصل از روش ANP منطبق بر ضخامت آبرفت بیشتر از ۳۵ متر بوده، در پارامتر تراکم زهکشی ۷۷.۸ درصد عرصه‌های کاملاً مناسب منطبق بر کلاس کوچکتر از ۰.۷ کیلومتر در کیلومترمربع، در پارامتر شیب ۶۹.۲ درصد عرصه‌های کاملاً مناسب منطبق بر شیب ۳-۰ درصد، در پارامتر کاربری اراضی ۹۸.۸ درصد عرصه‌های کاملاً مناسب منطبق بر مرتع کم تراکم بوده است. نتایج آنالیز حساسیت مدل نیز خاکی از این است که بخش قابل توجهی از کلاس کاملاً مناسب نقشه نهایی منطبق بر کلاس‌های کاملاً مناسب هر یک از پارامترها بود.



شکل ۹- نقشه اولویت‌بندی اراضی دشت گربایگان از نظر تناسب برای عملیات پخش سیلاب

جدول ۵- جدول مساحت کلاس‌ها از کاملاً مناسب تا نامناسب بر حسب کیلومتر مربع و درصد

کلاس ها	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
لایه محدودیت	٤١٦/٤١١	٥٨
کاملاً مناسب	٧/٧٩	١
مناسب	٨٠/٦١٥	١٢
نسبتاً مناسب	١٥٦/٦٠٣	٢١/٤
نسبتاً نامناسب	٥١/١٧٤	٧
نامناسب	١/٨٨٣	٠/٦
جمع	٧١٤/٤٧٥	١٠٠

۳-٤- ارزیابی مدل

برای ارزیابی مدل از عرصه‌های اجراشده پخش سیلاب توسط وزرات جهاد کشاورزی به عنوان عرصه‌های کنترل استفاده شده است. به این منظور نقشه مکانهای مناسب پخش سیلاب در مدل با نقشه عرصه‌های کنترل مقایسه شده و تعداد کل پیکسل‌های منطبق بر عرصه‌های کنترلی در کلاس‌کاملاً مناسب حاصل از روش ANP (مساحت عرصه‌های پیشنهادی منطبق بر عرصه‌های کنترلی) نسبت به فراوانی تعداد

پیکسل‌های مناسب پخش سیلاب در عرصه‌های کنترل (یا مساحت عرصه‌های کنترلی) محاسبه شد. در واقع درصد همپوشانی آنها معیار ارزیابی مدل در نظر گرفته شد. از طریق رابطه A میزان همپوشانی عرصه‌های پیشنهادی با عرصه‌های کنترل بدست آمد.

رابطه (۱۰)

$$A = \frac{\text{مساحت عرصه‌های پیشنهادی}}{\text{مساحت عرصه‌های کنترل}} * 100$$

$$A = ۷۰ = ۷۷.۷۹ / ۱۱.۱٤$$

A در واقع میزان صحت مدل است. نتایج حاصل از همپوشانی مقدار حدود ۷۰ درصد را بدست داد. یعنی اینکه حدود ۷۰ درصد عرصه‌های کاملاًمناسب با عرصه‌های کنترلی که عملیات پخش سیلاب در آن با موفقیت اجرا شده منطبق است که این حاکی از دقت قابل قبول روش بکار گرفته است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

روند تخریب خاک و شدت سیل‌خیزی درکشور، طی چند دهه اخیر رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است. عمده دلایل این روند را می‌توان تغییرات در نوع، شیوه و میزان بهره‌برداری از منابع آب و خاک و پوشش گیاهی حوضه‌های آبخیز دانست. برنامه‌ریزی برای استفاده از سیلاب‌ها ضمن اینکه اثرات تخریبی آنها را کاهش می‌دهد، منبع آب جدیدی را در اختیار مصرف کنندگان قرار می‌دهد. پخش سیلاب یکی از روش‌هایی است که زمینه را برای بهره‌برداری مطلوب از سیلاب‌ها فراهم می‌آورد. در این پژوهش به منظور تعیین عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب در دشت گربایگان از روش ANP و مقایسه زوجی در رویکردی تلفیقی با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. برای این منظور با توجه به مطالعات پیشین و شرایط محلی منطقه از تأثیرگذارترین و با اهمیت‌ترین عوامل برای تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش، حاکی از کارایی قابل قبول روش ANP در ارزیابی سریع مناطق وسیع در زمینه انتخاب مکان‌های مناسب برای عملیات پخش سیلاب می‌باشد. از آنجا که روشANP بطور سیستماتیک با وابستگی‌ها برخورد می‌کند یعنی تمام وابستگی‌های بیرونی و درونی میان عناصر و خوشه‌ها را برای تحلیل در نظر می‌گیرد، اما سایر روش‌ها این روابط را کمتر در نظر می‌گیرند. بنابراین با توجه به وابستگی‌های مسائل محیطی (از جمله موضوع مورد بحث) استفاده از روش ANP پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان در حل مسائل مدیریت آب به عمل می‌آورد تا بتوانند درک عمیق‌تری از مسائل محیطی بدست آورند. از اینرو این مطالعه می‌تواند به عنوان گامی برای تحقیقات آتی برای کاربرد بیشتر و استفاده عملی از آن در دیگر کارهای مکان‌یابی در تلفیق با GIS باشد.

اینک با استفاده از تجربه این پژوهش در بکارگیری تلفیقی روش‌های MCDM و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های مدیریت منابع آب این پیشنهادات ارائه می‌گردد:

- به دلیل دقت، سرعت و عملیاتی بودن سیستم های اطلاعات جغرافیایی در تلفیق با MCDM، مطالعه و پژوهش برای تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در کشور بدون

استفاده از این سیستم ها، یک بررسی سنتی، زمان بر، هزینه بر و صرفاً نظری خواهد بود.

- به منظور افزایش کارایی و غنا بخشیدن به مطالعات کاربردی در زمینه‌ی انتخاب عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب و سایر کارهای مکانیابی پیشنهاد می‌گردد که از روش‌های جدید سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله ANP، II PROMETHEE، ELECTERE، GREY SYSTEM THEORY و ... استفاده گردد.

منابع

احمدی، حسن، (۱۳۷۸)، ژئومرفولوژی کاربردی-جلد دوم (بیابان)، انتشارات دانشگاه تهران.

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ سلمانی، محمد؛ فریدونی، فاطمه؛ کریم‌زاده، حسین؛ رحیمی، حسن (۱۳۸۷)؛ مکان یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرایند شبکه-ای تحلیل(ANP) در نواحی روستایی شهرستان قوچان، فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۱، صفحه ۱۴۹-۱۲۷.

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ بدری، سیدعلی؛ مطیعی لنگرودی، سیدحسن؛ شرفی، حجت-الله(۱۳۸۹)، سنجش میزان پایداری نواحی روستایی بر مبنای مدل تحلیل شبکه، با استفاده از تکنیک بردا؛ پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۲، صفحه ۱۵۶-۱۳۵.

قرمزچشمه، باقر، (۱۳۷۹)، بررسی نهشته‌های کواترنر برای تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب، مطالعهٔ موردی شمال شرق اصفهان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

نخعی، محمد، (۱۳۸۸)، مقدمه‌ای بر آبهای زیرزمینی، انتشارات آراد کتاب، چاپ اول.

قدسی پور ، سیدحسن (۱۳۸٤)، مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره (فرایند تحلیل سلسله مراتبی)، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

Alesheikh,A. A., Soltani, M. J., Nouri,N., Khalilzadeh,M., (2008), Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system, International Jornal of Environmental Science Technology, Volume 5, pp. 455-462.

ASCE STANDARD, (2001), Environmental and Water Resources Institute, American Society of Civil Engineers. Standard guidelines for artificial recharge of groundwater, ASCE standards, EWRI/ ASCE 34–01, 106 pp.

Chowdhury , A., K. Jha, M., Chowdary, V.M., (2010), Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS & GIS and MCDM techniques. Environmental Earth Science, Volume 59, pp. 1209–1222.

Chung, S.H., Lee, A.H.L., Pearn,W.L., (2005), Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator, International Jornal of Production Economics, Volume 96, pp.15-36.

Dyson, R.G., (2004), Strategic Development and SWOT Analysis at the University of Warwick, European Jornal of Operational Research, Volume 152, pp.631-640.

Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., (2006), Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Desighn in Manufacturing Systems, Information Science, Volume 176, pp 237-262.

Foltz, RC, (2002), Iran's water crisis: cultural, political, and ethical

recharge of a groundwater system in the Southern Zagros Mountains, Iran, Jornal of Mountain Research and Development, Volume 23, pp. 169-185.

Momoh, J.A., Zhu, J.z., (1998), Application of AHP/ANP to Unit Commitment in the Deregulated Power Industry, In: IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, Vol. 1 San Diego, pp. 817-822.

O'Hare MP, Fairchild DM, Hajali PA, (1986), Center LW Artificial recharge of groundwater. Lewis, New York, 419 pp.

Oakford ET (1985) Artificial recharge: Methods, hydraulics, and monitoring. In: Asano T (ed) Artificial recharge of groundwater. Butterworth, 767 pp.

Saaty, TL., 1980, The analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, p 287.

Saaty, T.L., (1996), Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, Pittsburgh: RWS Publication.

Saraf, A.K., Choudhury, P.R., (1998), Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites. International Journal of Remote Sensing, Volume 19, pp. 2595–2616.

Sarkis, J., (2002), A Models for Supplier Selection, Jornal of Supply Chain Management, Volume 38, pp.18-28.

Zehtabian, G.R., Alavipanah, S.K., Hamedpanah, R., (2001), Determination of an appropriate area for flood water spreading by remote sensing data and GIS. In: Proceedings of the International Conference on New Technology for a New Century, Seoul, Korea, pp. 1–6.

dimensions, Journal of Agricultural and Environmental Ethics, Volume 15, pp. 357–380.

Ghayoumian, J., Ghermezcheshmeh, B., Feiznia, S., Noroozi, A.A., (2005), Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran. Environmental Geology, Volume 47, pp. 493–500. 9.

Ghayoumian,J., Mohseni Saravi,M., Feiznia,S., Nouri,B., Malekian,A., (2007). Application of GIS techniques to determine areas most suitablefor artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran, Journal of Asian Earth Sciences, Volume 30, pp. 364–374.

Hayati D, Karami E, Slee B., (2006), combines qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty: the case of Iran. Soc Indic Res ; Volume 75, pp. 361–94.

Krishnamurthy J.; Srinivas, G., (1995), Role of geological and geomorphological factors in ground water exploration: A study using IRS LISS data, International Jornal of Remote Sensing, Volume 16, pp. 2595-2618.

Krishnamurthy, J.; Kkumar, N. V.; Jayaraman, V.; Manivel, M., (1996), An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information system, International Jornal of Remote Sensing, Volume 17, pp. 1867-1884.

Lee, L.W., Kim, S.H., (2000), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdipendent Information System Project Selection, Computers and Operation Research, Volume 27, pp. 367-382.

Mohammadnia M., and Kowsar A., (2003), Clay translocation in the artificial

Geography and Environmental Planning Journal
22th Year, vol. 44, No.4, Winter 2012

Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (case study: Garbaygan Plain of Fasa)

H.A. Faraji Sabokbar. H. Nasiri. M. Hamze. S.Talebi. Y. Rafiei
Received: June 18, 2010/ Accepted: June 14, 2011, 41-46 P

Extended abstract

1- Introduction

Groundwater is the single water resource in many regions of Iran. This is considered to be a major historical limitation in the social and economical development of the country. Recent studies on the management of water resources in Iran have shown that out of the 430 billion m3 of the annual precipitation in the country, 20% is lost during sudden floods which flow into the playas, lakes and seas (Foltz, 2002; Mohammadnia and Kowsar, 2003). The climate of the country is mainly classified as arid and semi-arid.

Author (s)

H.A. Faraji Sabokbar.
Associate Professor of Geography and Rural Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

H. Nasiri. (✉)
PhD Student in Geography and Rural Planning, University of Tehran, Tehran, Iran
e-mail: nasirih@ut.ac.ir

M. Hamze.
M.A of Remote sensing, University of Tehran, Tehran, Iran

S.Talebi. Y. Rafiei
M.A of Remote sensing, University of Tehran, Tehran, Iran

Y. Rafiei
PhD student in Environmental Planning, University of Tehran, Tehran, Iran

In addition to the small amount and unbalanced distribution of precipitation (both spatially and temporally), high intensity rainfalls which result in destructive floods bring about serious damages to downstream towns, roads, and agriculture, and sometimes even cause casualties (Hayati and Karimi, 2005). Flood spreading on aquifers, thereby artificially recharging of the aquifers, is an efficient strategy for controlling floods and managing water shortage and water resources (ASCE, 2001).

Selecting optimal sites for flood spreading involves integrating several complicated parameters, which necessitates the use of GIS (geographic information systems) in combination with MCDM (multi criteria decision making).

The groundwater-based agricultural activities in the Garabaygan Plain and the location of the region in the arid zone of Iran have highlighted the significance of water in this area. Considering these conditions, the present study aims to prevent the wasting of water in the region by determining suitable flood spreading

sites and using the floodwater optimally. To this purpose, using the ANP and Pair wise comparison methods in combination with GIS, the suitable flood spreading areas were located.

2- Methodology

The Garabaygan Plain (28° 30' to 28° 45' N and 53° 45' to 54° 01' E) is located in the south part of Fars province of Iran (Fig. 2).The mean elevation of the area is 1476 meters above mean sea level. According to the De Martonne climate classification, the area represents a dry climate type with the average annual rainfall of 259 mm, the average annual potential evaporation rate of 2934 mm, and the average annual temperature of 20.6 C. Garabaygan is an area located in the folded Zagros Mountains stretching like a folded belt from the northeast to the southwest of the country.

2-1- Pair wise comparison

In the present research the Pair wise comparison was used to determine the weights of the sub-criteria. The Pair wise comparison was first proposed by the renowned mathematician Thomas L. Saaty (1980) as an appropriate decision-making approach to handle complex problems with numerous factors involved. This process is used to assess the intangible qualitative criteria and the objective quantitative criteria (Ghodsipour, 2005). To assign weight, a pair wise comparison matrix is formed to make a pair wise comparison between the classes of any criterion. In the pair wise comparison, each of the classes was assigned a weight ranging from 1 to 9. For this, the local conditions of the region, the relevant literature and the specialist expertise were considered and finally the relative weight of each class was determined using the Eigen Vector method in the environment of the Expert Choice software. Tables of 2 and 3 presents the pair wise comparison matrix along with the weights of the sub-criteria extracted via the software.

2-2- Analytic Network processes (ANP)

In this study, ANP method was employed to determine criteria weights. ANP is one of the most recent MCDM techniques which have been proposed by Saaty (2001). In fact, ANP can be considered as a more recent extension of AHP for decision making with dependence and feedback that can handle a more complex decision structure (Saaty, 2001) such as food spreading siting which is a complex network of various factors. AHP is limited to relatively static and unidirectional interactions with little feedback among decision components and alternatives (Sarkis, 2002). ANP consists of three parts: the first part is the control hierarchy for the network of the criteria and sub-criteria; the second part is a network of influences among the elements and clusters; and the third is the feedback between the various clusters and elements within a cluster (khan and Faisal, 2008).

For the case under study, four groups of connoisseur experts, namely environmentalists, hydrologists, geologists and GIS specialists contributed to establish the ANP based network model with the support of Super Decisions software. To calculate criteria weights by the use of ANP method, some questionnaires consisting of pair wise

questions for the comparison analysis were designed. The experts participating in the survey completed the questionnaires. Then, through Super Decision software, criteria weights were calculated using information derived out of the questionnaires.

3- Discussion

The overall process of the flood spreading site selection has been schematically presented in Fig. 1. The

collected data related to the eight parameters (slope, water quality, geology, alluvium thickness, land use,

transmissivity, geomorphology, and the drainage density) was analyzed in the present work. Having collected the information layers according to the flowchart, Pair wise comparison and ANP were used to determine the weights of the criteria and sub-criteria respectively.

After obtaining the normal weights of all eight thematic layers and the features of individual thematic layers, all the thematic layers were integrated with one another in order to demarcate artificial recharge zones in the study area. The Final map was classified in five equally scored classes from the least suitable to the most suitable areas. The final land suitability map is presented in Fig.9.

The results of the study show that the majority of the areas considered most suitable and suitable for flood spreading are located in alluvial and pediment geomorphological units, and quaternary Qg , Qb and Qgsc geological units.This can be due to the location of the units on the margins of the streams and on the low slopes, the formation of these units from lime, silt, sand and gravel, and the good permeability of the units.

4- Conclusion

Soil erosion and the flood-proneness of Iran have followed growing trends in recent decades. Planning to use floods not only can reduce their destructive effects but also provides new water resources for various uses. Flood spreading is one of the methods which set the ground for efficient utilization of floods. In this study, the integrated MCDM-GIS approach was used in order to determine the suitable areas for flood spreading and artificial recharge of aquifers. To this purpose, the most important and effective factors in selecting suitable flood spreading areas were employed.

The results of the study indicated the efficiency of the MCDM in flood spreading site selection and the effectiveness of ANP in the rapid assessment of large areas. The present work proposes a method for flood spreading site selection and can help policy and decision-makers to approach water management issues with a deeper understanding of environmental factors.

Key words: ANP, Flood Spreading, Garbaygan, GIS, Pair-wise Comparison, Water Resource Management.

Refrences

Abdi, Parviz., (2005), Producing Quaternary deposits map using geographic information system and remote sensing in Zanjan province, journal of Survey, remote sensing and Geographic Sciences, 54 (14), pp. 36–41.

Ahmadi, Hassan. (2007), Applied Geomorphology, University of Tehran press, Tehran.

Alesheikh, Ali Asghar., Soltani, Mohammad Jafar., Nouri, Nahal., Khalilzadeh, Mohammad ALi., (2008), Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system, International Journal of Environmental Science Technology, Volume 5, pp. 455-462.

ASCE STANDARD, (2001), Environmental and Water Resources Institute, American Society of Civil Engineers. Standard guidelines for artificial recharge of groundwater, ASCE standards, EWRI/ ASCE 34–01, 106 pp.

Asgarpour, Mohammad javad., (2008), Multiple Criteria Decision Making, University of Tehran press, Fifth press, Tehran.

Chowdhury, Alivia., K. Jha, Madan., Chowdary, V.M., (2010), Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS & GIS and MCDM techniques, Environmental Earth Science, Volume 59, pp. 1209–1222.

Chung, Shu-Hsing., Lee, Amy H. I., Pearn, W.L., (2005), Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator, International Journal of Production Economics, Volume 96, pp.15-36.

Dyson, Robert. G., (2004), Strategic Development and SWOT Analysis at the University of Warwick, European Journal of Operational Research, Volume 152, pp.631-640.

Ertay, Tijen., Ruan, Da., Tuzkaya, Umut Rifat., (2006), Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Desighn in Manufacturing Systems, Information Science, Volume 176, pp 237-262.

Faraji, Hassan Ali., Badri, Seyed Ali., Motiei Langroudi, Seyed Hassan., Sharafi, Hojat Allah., (2010), Evaluation stability rural regions based on analytic network process model and using Borda method, Human Geography Research, Volume 72, pp. 135–156.

Faraji, Hassan Ali., Salmani, Mohammad., Ferydouni, Fatemeh., Karimzadeh, Hossein and Rahimi, Hassan., (2008), rural landfill site selection using analytic network process (ANP) method, Case Study: rural regions of Ghochan county, journal of humanism Modares, Volume 1, pp. 127–149.

Foltz, Richard.C., (2002), Iran's water crisis: cultural, political, and ethical dimensions, Journal of Agricultural and Environmental Ethics, Volume 15, pp. 357–380.

Ghayoumian, Jafar., Ghermezcheshmeh, Bagher., Feiznia, Sadat., Noroozi, Ali Akbar., (2005), Integrating GIS and DSS for identification of suitable areas for artificial recharge, case study Meimeh Basin, Isfahan, Iran, Environmental Geology, Volume 47, pp. 493–500.9.

Ghayoumian, Jafar., Mohseni Saravi, Mohesen., Feiznia, Sadat., Nouri, Behzad., Malekian, Arash., (2007), Application of GIS techniques to determine areas most suitablefor artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran, Journal of Asian Earth Sciences, Volume 30, pp. 364–374.

Ghermezcheshmeh, Bagher., (2000), Assessment Quaternary deposits to

determine suitable areas for flood spreading, Case Study: Northeast Esfahan, M.Sc. thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, 128p.

Ghodsipour, Seyed Hassan., (2005), Analytical Hierarchy processes, AmirKabir Industrial University press.

Hayati, Dariush., Karami, Ezatollah., Slee, B., (2006), Combining qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty: the case of Iran, Soc Indic Res ; Volume 75, pp. 361–94.

Khan, Sheeba., Faisal, Mohd Nishat., (2008), An analytic network process model for municipal solidwaste disposal options, Waste Management 28, 1500–1508.

Krishnamurthy, J. and Srinivas, G., (1995), Role of geological and geomorphological factors in ground water exploration: A study using IRS LISS data, International Jornal of Remote Sensing, Volume 16, pp. 2595-2618.

Krishnamurthy, J., Kkumar, Venkates.N., Jayaraman, V., Manivel, M., (1996), An approach to demarcate ground water potential zones through remote sensing and geographic information system, International Journal of Remote Sensing, Volume 17, pp. 1867-1884.

Lee, Jin Woo., and Kim, Soung Hie., (2000), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdipendent Information System Project Selection, Computers and Operation Research, Volume 27, pp. 367-382.

Mehrvarze Maghanlou, Karim., Feiznia, Sadat., Ghayoumian, Jafar., Ahmadi, Hassan., (2005), Assessment Quaternary deposits to determine suitable areas for flood spreading using geographic information system and remote sensing, Case Study: Tasouj Plain, journal of Rangeland and Desert Research of Iran, 12(4), pp. 437–467.

Mohammadnia, Mehrdad., Kowsar, Ahang., (2003), Clay translocation in the artificial recharge of a groundwater system in the Southern Zagros Mountains, Iran, Journal of Mountain Research and Development, Volume 23, pp. 169-185.

Momoh, J.A., Zhu, J.Z., (1998), Application of AHP/ANP to Unit Commitment in the Deregulated Power Industry, In: IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, Vol. 1 San Diego, pp. 817-822.

Nakhaei, Mohammad., (2009), an Introduction to Hydrogeology, Aradketab press.

O'Hare, M.P., Fairchild, D.M., Hajali, P.A., Canter, L.W., (1986), Artificial recharge of groundwater, Lewis, New York, 419 pp.

Oakford, E.T., (1985), Artificial recharge: Methods, hydraulics, and monitoring. In: Asano T (ed) Artificial recharge of groundwater, Butterworth, 767 pp.

Saaty, Thomas L., (1980), The analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, New York, p 287.

Saaty, Thomas L., (2001), Decision Making with interdependence and feedback, The Analytic Network Process.RWS Publications. University of Pittsburgh.

Saraf, A.K., Choudhury, P.R., (1998), Integrated remote sensing and GIS for groundwater exploration and identification of artificial recharge sites, International Journal of Remote Sensing, Volume 19, pp. 2595–2616.

Sarkis, Joseph., Talluri, Srinivas., (2002), A Models for strategic Supplier Selection, Journal of Supply Chain Management, Volume 38, pp.18-28.

Zehtabian, Gholam Reza., Alavipanah, Seyed Kazem., Hamedpanah, Ramin., (2001), Determination of an appropriate area for flood water spreading by remote sensing data and GIS, In: Proceedings of the International Conference on New Technology for a New Century, Seoul, Korea, pp. 1–6.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی