امکان سنجی تغذیه مصنوعی در دشت تایباد با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه (ANP)

۱- احمد اشتیاقی جو، کارشناسی ارشد آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
۲- حسین ملکی نژاد، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
۳- محمدرضا اختصاصی، استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد
۴- جواد چزگی، استادیار علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند
Chezgi@birjand.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۷
پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۰

چکیده

مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک با توجه به کمبود و دسترسی فصلی به آب از اهمیت شایانی برخوردار است. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی یکی از روش‌های اصولی مدیریت منابع آب است. در این پژوهش سعی گردید با رویکرد تلفیقی استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، مناسب‌ترین عرصه‌ها برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی در دشت تایباد، واقع در استان خراسان رضوی، شناسایی شوند. بدین منظور ابتدا داده‌های ۱۱ مؤلفه تاثیر گذار شامل شیب، کیفیت آب زیرزمینی، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، تراکم زهکشی، نفوذپذیری سطحی، افت آب زیرزمینی، فاصله از روستا، فاصله از چاه و کاربری اراضی، در محیط GIS آماده‌سازی شد. سپس با استفاده از روش مقایسه زوجی، وزن کلاس‌های هر لایه تعیین شد. همچنین با کاربرد روش دیماتل روابط و وابستگی بین متغییرها تعیین گردید. برای تعیین وزن نهایی هر لایه، از نرم‌افزار Decision Super استفاده شد. در آخر با تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده حاصل از روش ANP، نقشه نهایی در پنج کلاس تهیه شد. با توجه به نتایج نهایی، از مجموع کل مساحت دشت تایباد، ۲/۹ درصد کاملاً مناسب، ۳۰/۱ درصد مناسب، ۴۰/۳ درصد نسبتاً مناسب، ۱/۳ درصد نسبتاً نامناسب و ۲۵/۴ درصد نامناسب برای عملیات پخش سیلاب تعیین گردید. بررسی نتایج با استفاده از منطق بولین و کنترل زمینی حاکی از رضایت‌بخش بودن به کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری در تلفیق با GIS در امر مکان‌یابی تغذیه مصنوعی است.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی؛ پخش سیلاب؛ تصمیم‌گیری چند معیاره؛ خراسان رضوی.

مقدمه

لزوم شناخت و بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی از آن‌جا ناشی می‌گردد که این منابع ۹۹ درصد از کل آب‌های شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند. اوضاع جوی و زمین ساختی مناطق خشک، ساکنان این مناطق را به بهره‌برداری بیشتر از آب‌های زیرزمینی واداشته و پایه‌های بسیاری از اجتماعات بشری بر آن استوار گشته است و این منابع از عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند [۱۰]. بنابراین مشکلات ناشی از بروز خشک‌سالی‌ها از یک سو و سیلاب‌های مخرب از سوی دیگر لزوم مدیریت صحیح منابع آب را به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نمایان می‌سازد. در این رابطه، جمع‌آوری آب‌های سطحی، تغذیه آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهم‌ترین راهکارهای مدیریت منابع آب به شمار می‌روند [۵].

روش‌های متعددی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی توسعه یافته‌اند، از جمله آنها می‌توان به روش تغذیه مستقیم سطحی، مستقیم زیرسطحی یا روش تغذیه غیرمستقیم اشاره نمود [۱۶]. در این بین روش تغذیه مستقیم سطحی یکی از کم هزینه‌ترین، ساده‌ترین و گسترده‌ترین تکنیک‌هایی است که برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها به کار می‌روند. 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 [۱۵]. از آن‌جا که انتخاب عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است، با توجه به گستردگی و پیچیدگی مؤلفه‌های مؤثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی مطرح می‌گردد. سیستم پشتیبانی تصمیم‌سازی (SDSS)[1] که در این پژوهش از آن استفاده شد، تلفیقی از علوم کامپیوتری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، علوم مدیریتی و تحقیق در عملیات است تا بتواند به نتایج مناسبی منجر گردد [۲]. 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 چندمعیاره (MCDM)[2] با یک رویکرد تلفیقی می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب و مدیریت آب زیرزمینی ایفا نمایند. با توجه به این که دشت تایباد در نواحی خشک کشور قرار دارد و اهمیت آب در این نواحی به وضوح آشکار است، این پژوهش سعی دارد تا با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی و بهره‌برداری مطلوب از سیلاب‌ها، از هدررفت آب در منطقه جلوگیری کند. در این راستا برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در ایران و جهان با استفاده از سنجش از دور، سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی تحقیقاتی انجام گرفته که برخی از آنها در زیر شرح داده شده است[۲۳، ۱۷، ۲۱ و ۱۱].

در پژوهشی با استفاده از سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و فنون MCDM، مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی را در منطقه مدیناپور غربی تعیین نمودند. آنها از معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی، ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی استفاده نمودند. نتایج حاکی از کارآیی فنون MCDM درتلفیق با GIS در تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است[۳] .

در تحقیقی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و برداشت داده‌های میدانی شامل نمونه آب زیرزمینی، سنگ‌شناسی، خاک، حفاری، هدایت هیدرولیکی، بارش و سطح آب زیرزمینی تلفیق با لایه‌های موثر در تغذیه مصنوعی شامل جهت جریان آب زیرزمینی، ضریب ذخیره، بافت خاک، نرخ تغذیه طبیعی، و منبع تغذیه در محیط GIS، توانمندی کانال‌های قدیمی را برای انجام تغذیه مصنوعی مورد بررسی قرار دادند[۲۱].

در مطالعه‌ای با استفاده از هفت لایه شیب، سرعت نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، عمق آب زیرزمینی، زمان باقی‌مانده، کلرید و نیترات برای مکان‌یابی تغذیه مصنوعی استفاده کردند. آنها با استفاده از توابع خاصی برای هر لایه، لایه‌ها را استاندارد کرده و سپس با استفاده از روش‌های WLC و قانون تصمیم‌گیری OWA وزن لایه‌های اصلی را بدست آوردند و وزن‌ها در لایه‌ها اعمال و نقشه مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی مشخص گردید[۱۷].

در تحقیقی با استفاده از منطق فازی و ترکیب روش‌های FTOPSIS و AHP در دشت شمیل و آشکارا با انتخاب معیارهای شیب، هدایت الکتریکی، نیروی سیل‌خیزی، زمین‌شناسی، کاربری زمین و عمق آب‌های زیر زمینی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی را مورد بررسی قرار دادند و برای اعتبار دهی به روش پیشنهادی نتایج آن با نتایج بدست آمده از روش AHP مقایسه شد [۱۸].

در پژوهشی بر پایه تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS و با در نظر گرفتن هشت پارامتر تاثیرگذار شیب، کیفیت آب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی به تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت گربایگان فسا پرداختند. در این پژوهش، مناطق کاملا مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها، اغلب در نهشته‌های کواترنری Qb، Qgsc، Qg و واحدهای ژئومورفولوژیکی دشت‌سر و مخروط افکنه با شیب کمتر از ۳ درصد قراردارد[۲۰].

در تحقیقی با استفاده از روش دلفی و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مکان یابی پخش سیلاب در حوزه آبخیز ایور جاجرم پرداختند. در این تحقیق چهار

1- Spatial Decision Support systems
2- Multi Criteria Decision Making

معیار اصلی، هشت معیار و ۲۴ شاخص که به روشی دلفی (نظرات کارشناسان) غربال و درجه اهمیت آنها تعیین شد، استفاده کردند. نتایج نشان داد که معیارهای اصلی نفوذ و سیلاب بیشترین تاثیر را در تعیین مناطق مناسب دارند. همچنین مکان های انتخاب شده بیشتر در واحدهای کوارترنری مسیل ها و مخروطه افکنه ها، پادگانه های آبرفتی تراس بالا و پایین قرار دارند[۱].

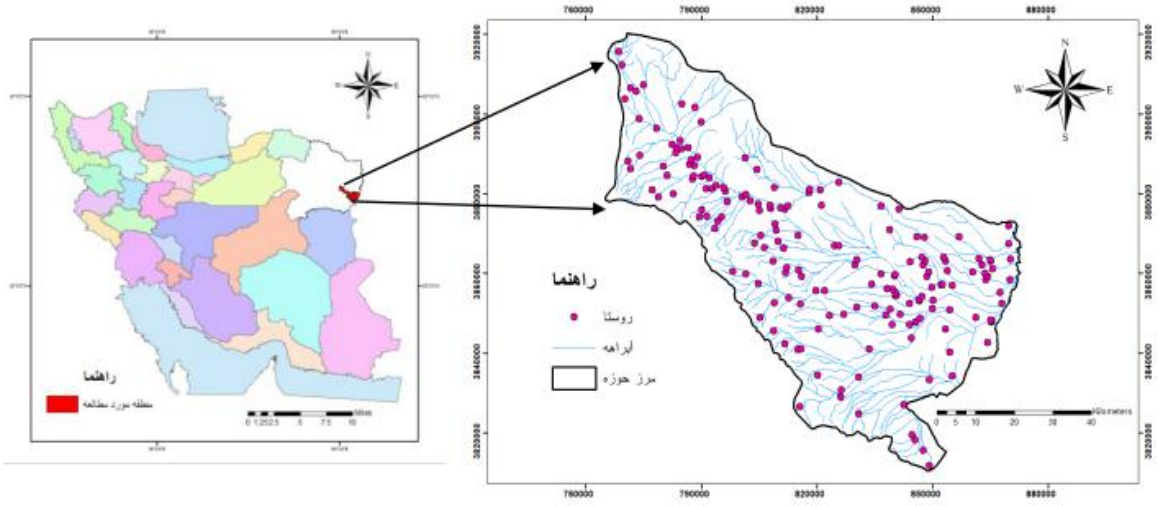
در تحقیقی برای تعیین عرصه های مناسب پخش سیلاب با رویکرد توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت سرخون پرداختند. مناطق نامناسب حذف و مناطق پتانسیل‌دار براساس روش فرآیند تحلیل شبکه اولویت‌بندی گردید. نتایج نشان داد که معیار تراکم زهکشی با وزن معادل ۰/۲۷۴ بیشترین تاثیر را در تعیین مناطق مناسب داشته است. همچنین براساس پهنه‌بندی ۱۲/۵ درصد از منطقه در محدوده مناسب که بیشتر در واحدهای ریخت‌شناسی واریزه‌های بادبزنی با شیب زیر سه درصد است قرار دارند[۱۴].

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل شبکه (ANP) به الگوسازی مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در دشت تایباد، استان خراسان رضوی پرداخته است. هدف از تحقیق حاضر، تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت تایباد است. در طبیعت همه مؤلفه‌ها با یکدیگر در ارتباط و برهم تاثیر دارند، بنابراین برای تعیین این ارتباط از مدول دیامتل و در ادامه با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه به‌عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری که روابط بین معیارها را در نظر می‌گیرد، برای تعیین و اولویت‌بندی مکان‌های مناسب پخش سیلاب استفاده شد.

مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت تایباد واقع در استان خراسان رضوی در ′۱۱ °۶۰ تا ′۹ °۶۱ طول شرقی و ′۳۷ °۳۴ تا ′۳۷ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع متوسط منطقه مورد مطالعه ۱۰۳۱ متر از سطح دریا و میانگین دمای سالانه در ارتفاعات ۱۳/۳°C و در دشت ۱۵/۷°C است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه شهرستان تایباد استان خراسان رضوی

میزان بارندگی سالانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب ۱۹۶/۲ و ۱۵۵/۸ میلی‌متر است. این دشت به عنوان یکی از قطب‌های اصلی کشت محصولات زراعی در استان خراسان رضوی محسوب می‌شود. کهن‌ترین سازند بررسی شده در حوزه سنگ‌های پروتروزوئیک است. جوان‌ترین سازند نهشته‌های رسی است که در قسمت‌هایی از حوزه گسترش یافته است. این حوزه یکی از زیر حوزه‌های اصلی حوزه آبریز قره‌قوم است که در قسمت جنوب شرقی این حوزه واقع است. ریزش‌های جوی در این حوزه غالباً سرد سیبری، توده‌های مدیترانه‌ای و توده‌های عرض میانی است.

روش تحقیق

تعیین مناطق محدود کننده

مناطق محدودکننده بیانگر محل‌هایی است که برای تغذیه مصنوعی نامناسب هستند. در این پژوهش شیب‌های بیشتر از ۱۲ درصد، مناطق کوهستانی، کاربری‌های شهری، کشاورزی و دشت‌سرهای پوشیده به عنوان محدودیت شناخته شده و در نقشه محدودیت براساس روش بولین ارزش صفر و محدوده‌های دیگر ارزش یک گرفتند. یکی از مراحل مهم در امر مکان‌یابی حذف مناطق نامناسب است تا باعث بالا رفتن هزینه‌ها و زمان نشوند.

تعیین معیارهای تغذیه مصنوعی

از آنجا که عوامل متعددی در تعیین بهترین مکان درامر تغذیه مصنوعی وجود دارد و انتخاب تمام عوامل برای انجام یک تحقیق بسیار مشکل است. بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا با توجه به نظر کارشناسان و مطالعات پیشین و شرایط محلی منطقه مورد مطالعه ۱۱ مؤلفه تأثیرگذار لحاظ شود. که به‌اختصار توضیح و معرفی می‌شوند.

الف) شیب: یکی از عوامل مؤثر در پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی است که نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی مانند سیل و نفوذپذیری دارد. بر اساس تجربیات محققان داخلی و خارجی مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب، شیب کمتر از ۵ درصد دارند [۸].

ب) کیفیت آب زیرزمینی: کیفیت آب زیرزمینی مشخص کننده میزان مواد شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات بوده و در تشخیص آب مناسب برای مصارف معین اهمیت بسزایی دارد. در این پژوهش EC به عنوان مبنایی برای بررسی شاخص کیفیت آب استفاده شد.

ج) زمین‌شناسی: این معیار یکی از مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در محدوده پخش سیلاب می‌باشد و بر خصوصیات هیدرولوژیکی چون قابلیت انتقال، نفوذپذیری و هدایت الکتریکی و نیز تأثیرگذار است.

د) ضخامت آبرفت: از جنبه نظری هرچه ضخامت آبرفت بیشتر باشد میزان ذخیره آب زیرزمینی در آن زیادتر می‌شود. و به این خاطر به عنوان یک عامل مهم در تغذیه مصنوعی لحاظ شد [۲۴].

ه) کاربری اراضی: اجرای عملیات تغذیه مصنوعی در زمین‌هایی امکان‌پذیر است که دارای پوشش گیاهی مناسب باشد. به عبارت دیگر مراتعی که دارای پوشش گیاهی مناسب باشد علاوه بر نفوذ آب به زیرزمین و تغذیه سفره‌های زیرزمینی از فرسایش سطحی هم جلوگیری می‌کند.

و) قابلیت انتقال: یکی از ضرایب هیدرودینامیکی است که قابلیت عبور آب را از تمام ضخامت لایه آبدار نشان می‌دهد. رابطه محاسبه آن $T=K*D$ است که در آن K هدایت هیدرولیکی آبخوان و D ضخامت لایه آبدار است.

ز) تراکم زهکشی: براساس تعریف، نسبت طول کلیه آبراهه‌ها در یک حوزه آبخیز به مساحت آن، تراکم زهکشی نامیده می‌شود. از آنجا که سیستم زهکشی نامتراکم نشان دهنده نفوذپذیری بالا و برعکس سیستم زهکش متراکم نشان‌دهنده نفوذپذیری کم است پس تراکم زهکشی می‌تواند به صورت غیرمستقیم نشانگر شایستگی یک منطقه برای تغذیه مصنوعی باشد [۳].

ح) فاصله از چاه و روستا: استفاده کننده از اجرای هر گونه عملیات در یک حوزه، در آخر مردم پایین دست آن عملیات هستند. بنابراین عدم توجه به نیازهای مردمی و عدم شناخت آن‌ها در عملیات منجر به شکست یا موفقیت کمتری خواهد شد. معیار اقتصادی-اجتماعی از آن دسته معیارهایی است که در موفقیت یک طرح تاثیر به سزایی دارد. این معیار به علت وقت‌گیر بودن و نیاز به تجربه بالا در استخراج اطلاعات در بیشتر طرح‌ها کنار گذاشته می‌شود. در این پژوهش معیارهای فاصله از چاه و روستا به عنوان معیارهای اقتصادی-اجتماعی در نظر گرفته شده است.

و) نفوذپذیری: تاثیر این عامل در کاهش تبخیر و تعرق نمایان می‌شود به نحوی که اگر نفوذپذیری پایین باشد در شیب‌های کم، آب در روی سطح زمین باقی مانده و تبخیر آن باعث افزایش املاح خاک می‌شود.

جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا اطلاعات کلی از حوزه مورد مطالعه از شرکت آب منطقه‌ای و اداره کل منابع طبیعی استان خراسان اخذ گردید. سپس مرز حوزه با استفاده از نقشه‌های رقومی توپوگرافی مشخص شد. از آنجایی که در مکان‌یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، تجزیه و تحلیل‌های موجود در مناطق دشت صورت می‌گیرد، بدین منظور مناطق کوهستانی از مناطق دشتی (عرصه کواترنر) جدا گردید. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه، جهت تهیه مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه شیب، و تعیین مرز حوزه استفاده شد. داده‌های مربوط به مشخصات چاه‌های پیزومتری و مشاهده‌ای و همچنین داده‌های ژئوالکتریک، برای تهیه نقشه ضخامت آبرفت و نقشه پهنه‌بندی افت سفره زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مربوط به کیفیت آب سطحی و زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، در تهیه نقشه هدایت الکتریکی و بررسی کیفیت آب، استفاده شد. داده‌ها مربوط به خصوصیات آبرفت از قبیل نفوذپذیری سطحی، جهت تهیه نقشه نفوذپذیری سطحی به‌کار گرفته شد. داده‌های مربوط به عوامل اقتصادی-اجتماعی شامل آمار روستاها و جاده، برای تهیه نقشه‌های فاصله از چاه و فاصله از روستا استفاده شد.

در مرحله بعد با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه، آمار و اطلاعات موجود، نظریات خبرگان و کارشناسان و دیگر مطالعات انجام شده، مهم‌ترین معیارها، زیر معیارها و شاخص‌های مؤثر در مکان‌یابی تغذیه مصنوعی تعیین، غربالگری و سپس نقشه‌های پایه تهیه گردید (شکل ۲).

مدل سازی با فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) توسط توماس ال ساعتی برای رفع محدودیت AHP معرفی شده‌است. در این روش، ارتباطات پیچیده میان عناصر تصمیم از طریق جایگزینی ساختار سلسله مراتبی با ساختار شبکه‌ای، انجام می‌شود. این روش در واقع حالت عمومی و شکل گسترده‌تر AHP می‌باشد که در آن مسائل با وابستگی متقابل و بازخورد را نیز می‌توان در نظر گرفت [۱۹]. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از ANP به جای AHP در اغلب زمینه‌ها افزایش پیدا کرده است [۷]. به طور کلی روش ANP شامل سه بخش سلسله مراتب کنترل برای شبکه معیارها و زیر معیارها، شبکه‌ای از روابط میان عناصر و خوشه‌ها، بازخورد بین خوشه‌های مختلف و عناصر داخل یک خوشه است [۱۱].در این تحقیق معیارها و شاخص‌های در نظر گرفته شده دارای روابط دوسویه و بازخوردی هستند و سایر مدل‌ها این وابستگی‌ها را کمتر در نظر می‌گیرند. بنابراین، بکارگیری رویکردی که وابستگی‌های احتمالی میان عوامل را در نظر گیرد و آن‌ها را در اندازه‌گیری دخالت دهد، ضرورت می‌یابد. از این‌رو در این مطالعه برای محاسبه وزن عناصر از تئوری شبکه‌ها (ANP) استفاده گردید.

روش دیماتل[1]

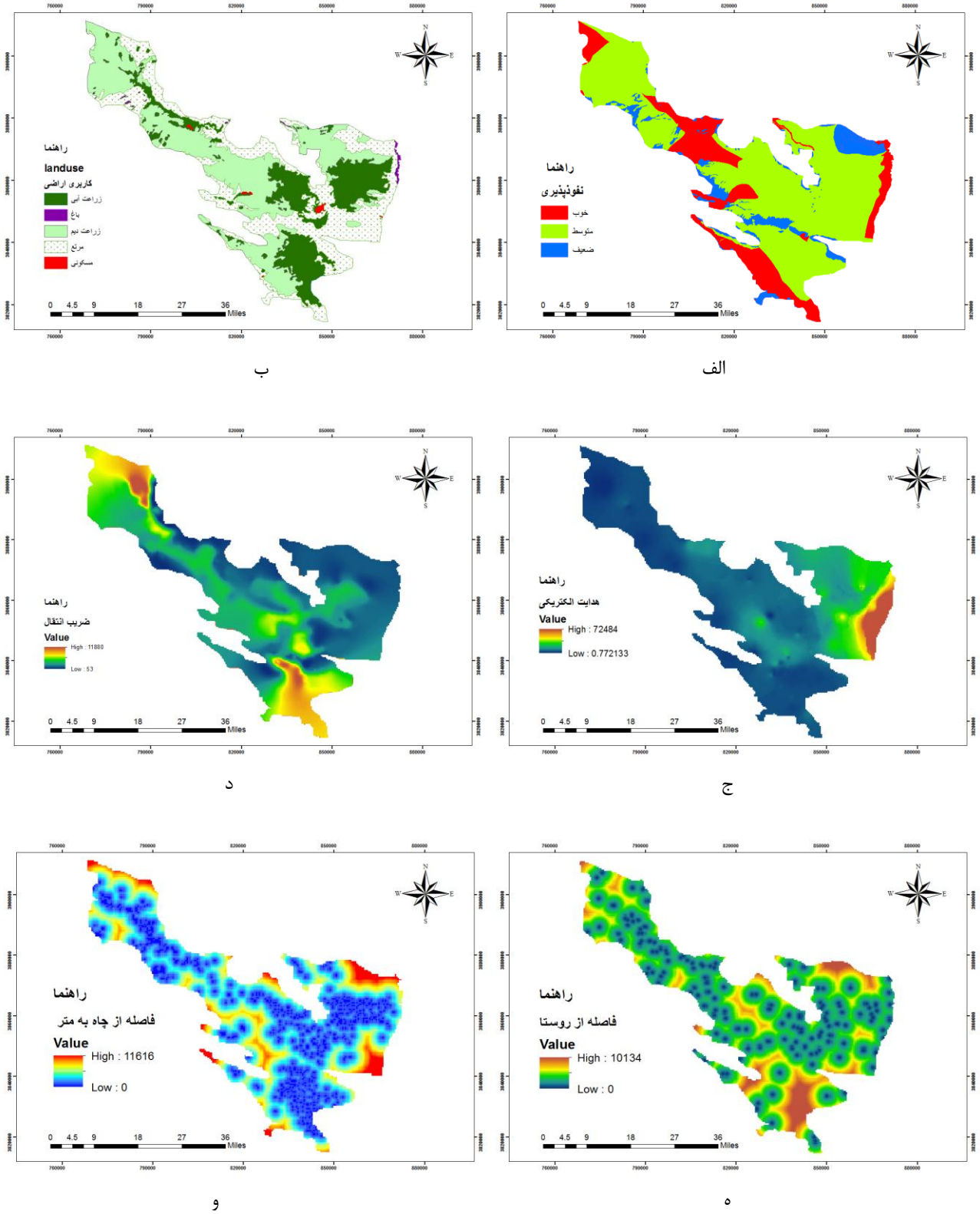
برای تعیین روابط بین عناصر در مدل ANP روش‌های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از روش دیماتل استفاده گردید. تعیین روابط همانند تعیین معیارها می‌تواند از طریق شناخت عمیق از موضوع و منطقه مورد مطالعه، از طریق کارها و مطالعات پیشین و یا از طریق مصاحبه با کارشناسان و مسئولان امر انجام شود. روش دیماتل شامل مراحل زیر است [۲۵].

گام اول: تهیه پرسش‌نامه مربوط به دیماتل برای تعیین ارتباطات بین عناصر و گزینه‌ها است. با توجه به معیارهای به کار رفته در این پژوهش، یک ماتریس ۱۱×۱۱ ایجاد و تکمیل گردید. برای پرسش‌نامه‌ها از مقیاس لیکرت با دامنه امتیازدهی از صفر تا پنج استفاده شد. به این معنی که اگر دو عنصر بر روی هم اثر گذار نباشند امتیاز صفر، و اگر اثرگذار باشد با توجه به میزان اثرگذاری مقدار عددی یک تا پنج را به خود می‌گیرد.

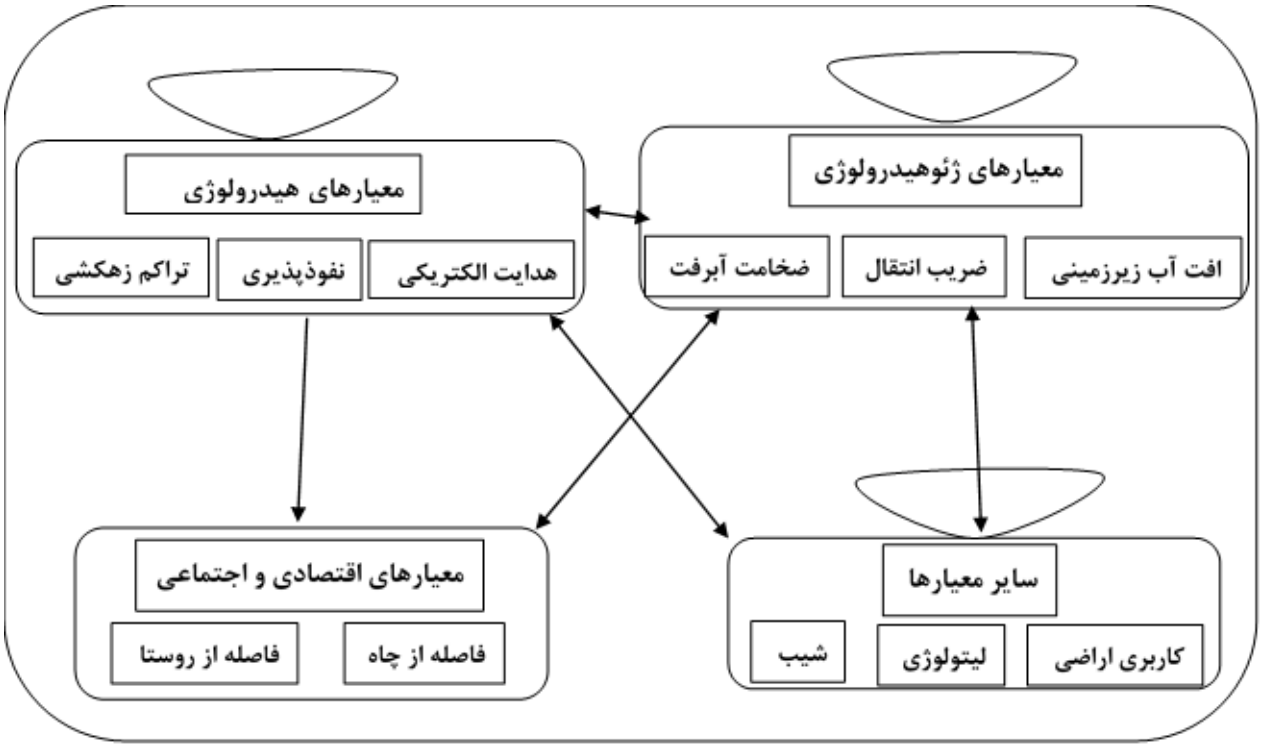
گام دوم: نتایج پرسش‌نامه از طریق مدل در برنامه اکسل و متلب محاسبه و نرمال‌سازی داده‌ها در این مرحله انجام می‌شود (شکل ۳). بر اساس شکل ۳، صفر عدم وابستگی و یک وابستگی بین دو گزینه را نشان می‌دهد.

گام سوم: اعمال نتایج به‌دست آمده در عناصر و خوشه‌ها و گزینه‌هاست. در این پژوهش پس از مشخص شدن نوع رابطه بین ۱۱ معیار به کار رفته در امر تغذیه مصنوعی، آن‌ها در مدل ANP استفاده شد.

1- DEMATEL



شکل ۲- نمایش نقشه‌های پایه مکان‌یابی پخش سیلاب (الف: کاربری اراضی، ب: نفوذپذیری، ج: ضریب انتقال، د: هدایت الکتریکی، ه: فاصله از چاه، و: فاصله از روستا)



شکل ۳- نمایش خوشه‌ها و گره‌ها در نرم افزار Super Decision

پردازش داده‌ها

در مرحله بعد، از روش مقایسه زوجی برای تعیین وزن کلاس‌های هر لایه و از روش ANP برای تعیین وزن نهایی معیارها استفاده گردید. پس از تهیه ۱۱ لایه اطلاعاتی شیب، نفوذپذیری، کیفیت آب زیرزمینی، قابلیت انتقال، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه و فاصله از چاه، پردازش و تحلیل داده‌ها انجام گرفت. در مدل‌سازی ANP برای تغذیه مصنوعی، معیارها در چهار خوشه ژئوهیدرولوژی، هیدرولوژی، اقتصادی-اجتماعی و سایر موارد قرار گرفتند. زیرمعیارهای هر معیار به عنوان گره در خوشه‌ها جای داده شد. این عناصر علاوه بر آنکه در داخل خوشه به هم مرتبط هستند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند که این روابط و وابستگی‌ها با توجه به روش دیماتل به دست آمد. برای تعیین وزن‌ها از نرم‌افزار Super Decision استفاده شد. وزن نسبی کلاس‌های هر لایه براساس مقایسه زوجی در جدول ۱ آورده شده است. در گام بعد، وزن معیارها در لایه‌های مربوطه ضرب و همراه با آن عملیات تلفیق لایه‌ها صورت گرفت. نقشه رستری حاصل به کلاس کاملاً مناسب، مناسب، نسبتاً مناسب، نسبتاً نا مناسب و نا مناسب تقسیم گردید (شکل ۴).

نتایج

بر اساس جدول (۴) ، بیشترین ارتباط بین معیارها در معیار زمین‌شناسی دیده می شود. این معیار با بیشتر معیارهای مورد استفاده در این تحقیق از جمله نفوذپذیری، شیب، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، ضریب انتقال و هدایت هیدرولیکی ارتباط دارد. تاکنون در تحقیقات، روابط بین معیارها در نظر گرفته نمی‌شد و هر معیار به طور مستقل در امر مکان‌یابی تاثیر داشت. به علت ارتباط داشتن معیارها در طبیعت، بهتر است تأثیر معیارها بر همدیگر در نظر گرفته شود.

جدول ۱- نمایش وزن‌های نسبی کلاس‌های هر لایه

معیارها	کلاس‌های هر لایه			
ضخامت آبرفت (متر)	۲۰>	۶۰-۲۰	۱۵۰-۶۰	۱۵۰<
وزن نسبی	۰/۱	۰/۱۶	۰/۲۸	۰/۴۵
ضریب انتقال (مترمربع در روز)	۶۰۰ >	۱۵۰۰-۶۰۰	۵۰۰۰-۱۵۰۰	۵۰۰۰<
وزن نسبی	۰/۱	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۴۶
افت آب (متر)	۰/۵>	۱-۰/۵	۲-۱	۲<
وزن نسبی	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۴۶
تراکم زهکشی (متر بر متر)	۰/۷-۰	۱/۵-۰/۷	۲/۳-۱/۵	۲/۳<
وزن نسبی	۰/۴۶	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۰۹۸
هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی متر)	۳۰۰۰>	۶۰۰۰-۳۰۰۰	۹۰۰۰-۶۰۰۰	۹۰۰۰<
وزن نسبی	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۰۸۶
فاصله از چاه (متر)	۵۰۰>	۲۰۰۰-۵۰۰	۲۰۰۰<	
وزن نسبی	۰/۱۶	۰/۵۴	۰/۲۹	
شیب (درصد)	۲-۰	۴-۲	۸-۴	۸<
وزن نسبی	۰/۴۷	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۰۸
کاربری اراضی	زراعت آبی	زراعت دیم	مرتع	جنگل و باغ تنک
وزن نسبی	۰/۱۲	۰/۲۵۷	۰/۴۷	۰/۱۳
لیتولوژی	A	B	C	D	E
وزن نسبی	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۴
نفوذپذیری (مترمربع)	خوب	متوسط	ضعیف		
وزن نسبی	۰/۶۳	۰/۲۶	۰/۱		
فاصله از روستا	۵۰۰-۰	۲۰۰۰-۵۰۰	۲۰۰۰<		
وزن نسبی	۰/۱۶	۰/۵۴	۰/۲۹		

جدول ۲- نمایش سوپر ماتریس غیر وزنی در نرم‌افزار Super Decision

	شیب	لیتولوژی	کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از چاه	تراکم زهکشی	نفوذپذیری	هدایت الکتریکی	افت آب زیرزمینی	ضخامت آبرفت	ضریب انتقال
شیب	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
لیتولوژی	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۲۴
کاربری اراضی	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
فاصله از روستا	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹	۰/۰۰۵۶۹
فاصله از چاه	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹	۰/۰۵۲۹
تراکم زهکشی	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳	۰/۰۳۳
نفوذپذیری	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹	۰/۰۶۴۹
هدایت الکتریکی	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳	۰/۱۳۵۳
افت آب زیرزمینی	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱
ضخامت آبرفت	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵
ضریب انتقال	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹	۰/۱۹۹۹

جدول ۳- نمایش سوپر ماتریس حدی در نرم‌افزار Super Decision

	شیب	لیتولوژی	کاربری اراضی	فاصله از روستا	فاصله از چاه	تراکم زهکشی	نفوذپذیری	هدایت الکتریکی	افت آب زیرزمینی	ضخامت آبرفت	ضریب انتقال
شیب	۰	۰/۲۴۹	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
لیتولوژی	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کاربری اراضی	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲۴	۱	۰/۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱
فاصله از روستا	۰	۰	۰/۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فاصله از چاه	۱	۱	۰/۲	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱
تراکم زهکشی	۰/۴	۰/۳۱	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲
نفوذپذیری	۰/۴	۰/۴۹۳	۰/۴	۰	۰	۰	۱	۰	۰/۲۴	۰/۵	۰/۴
هدایت الکتریکی	۰/۴	۰/۱۹۵	۰/۴	۰	۰	۱	۰/۵	۰	۰/۷۵	۰/۵	۰/۴
افت آب زیرزمینی	۰/۴	۰/۳۱	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱	۰/۶۶	۱	۰	۰/۲۴	۱
ضخامت آبرفت	۰/۱۹	۰/۱۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ضریب انتقال	۰/۳۱	۰/۴۹۲	۰/۲۵	۰	۰/۲۵	۰	۰/۳۳	۰	۱	۰/۷۵	۰

جدول ۴- نتایج حاصل از روش دیماتل

	ضخامت آبرفت	ضریب انتقال	افت آب زیرزمینی	تراکم زهکشی	نفوذپذیری	هدایت الکتریکی	فاصله از روستا	فاصله از چاه	کاربری اراضی	لیتولوژی	شیب
ضخامت آبرفت	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰
ضریب انتقال	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰
افت آب زیرزمینی	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰
تراکم زهکشی	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰
نفوذپذیری	۰	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰
هدایت الکتریکی	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
فاصله از روستا	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
فاصله از چاه	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
کاربری اراضی	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
لیتولوژی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۱
شیب	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰	۰

جدول ۵- وزن نهایی با استفاده از نرم‌افزار Super Decision

معیارها	وزن نهایی
ضخامت آبرفت	۰/۰۰۲۵۷۶
ضریب انتقال	۰/۱۹۹۹۵۵
افت آب زیرزمینی	۰/۳۱۱۰۴۷
تراکم زهکشی	۰/۰۳۳۰۳۴
نفوذپذیری	۰/۰۶۴۹۷
هدایت الکتریکی	۰/۱۳۵۲۲۷
فاصله از روستا	۰/۰۰۵۶۰۹
فاصله از چاه	۰/۰۵۲۹۷۹
کاربری اراضی	۰/۱۶۳۴۸۵
لیتولوژی	۰/۰۰۲۴۹۶
شیب	۰/۰۲۸۶۲۲

بحث و نتیجه‌گیری

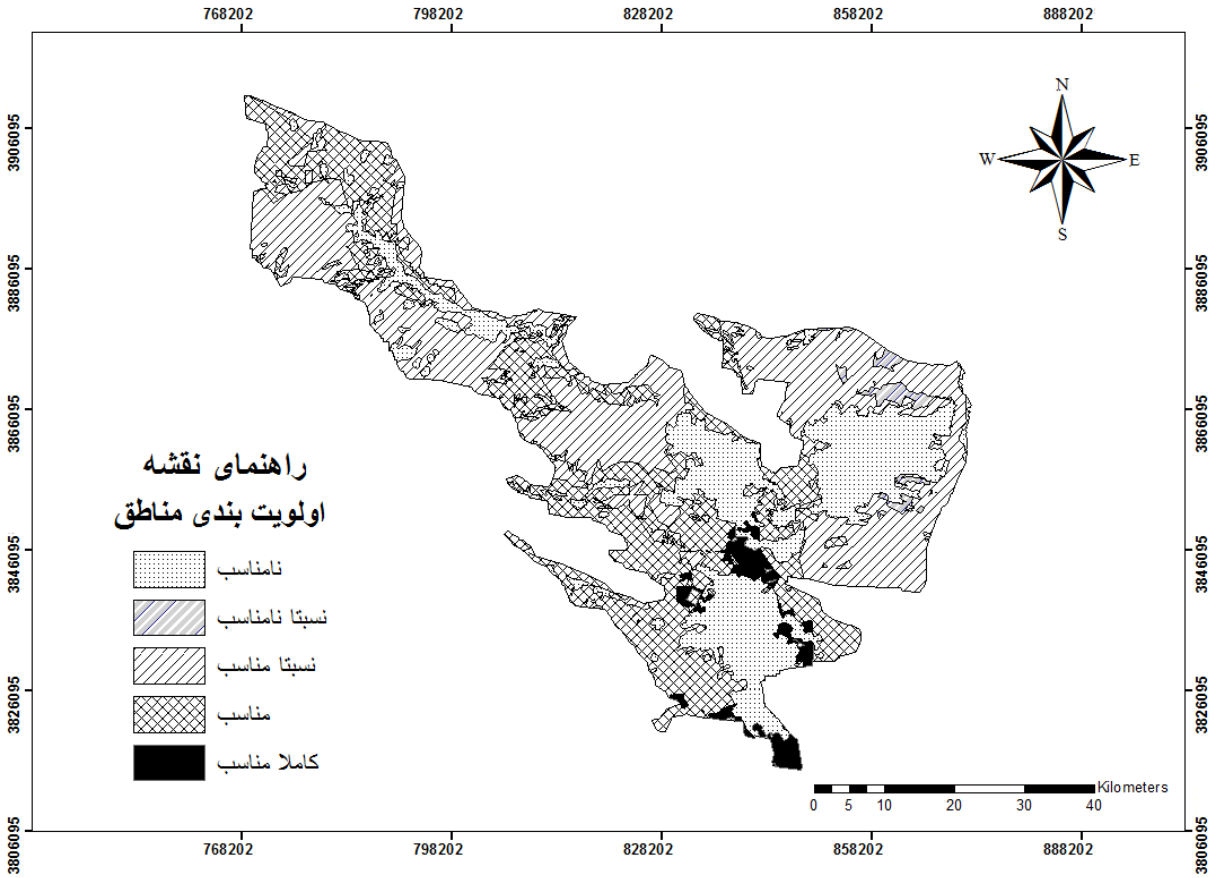
نتایج جدول ۵ نشان داد که بیشترین وزن نهایی معیارها در مدل ANP معیار افت آب زیرزمینی با اهمیت نسبی ۰/۳۱ می‌باشد که نشان از اهمیت این معیار در منطقه و کشور می‌باشد، چون بیشتر آبخوان‌های کشور با افت سطح آب زیرزمینی زیادی روبرو هستند، که با نتایج [۲۰] مؤلفه‌های زمین‌شناسی و هدایت الکتریکی [۱۸] مؤلفه زمین شناسی و [۱۳] که مؤلفه نفوذپذیری را بعنوان مؤثرترین معیار بدست آوردند مطابقت ندارد.

با توجه به شکل ۴، از مجموع کل مساحت دشت تایباد، ۲/۹ درصد کاملاً مناسب، ۳۰/۱ درصد مناسب، ۴۰/۳ درصد نسبتاً مناسب، ۱/۳ درصد نسبتاً نامناسب و ۲۵/۴ درصد نامناسب برای عملیات پخش سیلاب تعیین گردید. بیشتر مناطق کاملا مناسب و مناسب برای تغذیه مصنوعی در آبرفت‌ها و مخروط افکنه‌های آبرفتی قرار گرفته‌اند که با نتایج [۲۰] مطابقت دارد. این مناطق از نظر شیب نیز در شیب‌های کمتر از ۴ درصد قرار دارند که با نتایج [۱۳] مطابقت دارد. به منظور بررسی کارآیی به کارگیری همزمان سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های تصمیم‌گیری، کلاس‌های کاملا مناسب و مناسب روش ANP با نقشه حاصل از منطق بولین هم‌پوشانی داده شد و میزان هم‌پوشانی ۶۰/۸ درصد به دست آمد. نتایج حاصل حاکی از کارآیی قابل قبول روش ANP می‌باشد، که در این راستا در چند پژوهش، به سازگاری و افزایش دقت در بکارگیری مدل‌های مفهومی با سامانه اطلاعات جغرافیایی اشاره شده است [۲۰،۱۳ و ۱۸].

در این پژوهش برای دست یافتن به مناطق مستعد برای اجرای پخش سیلاب در دشت تایباد، از روش تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل تصمیم‌گیری ANP استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بهتر و دقیق‌تر می‌توان مناطق

مناسب جهت تغذیه مصنوعی را اولویت‌بندی و انتخاب کرد. مدل ANP با استفاده از شبکه معیارها، گزینه‌ها و گره‌های درون خوشه‌ها، فرآیند مدل کردن مسائل و مشکلات را می‌تواند تعمیم ببخشد و تاثیر عناصر و روابط بر یکدیگر را لحاظ نماید، در حالی که سایر روش‌ها این روابط را کمتر در نظر می‌گیرند. با توجه به وابستگی‌های مسائل محیطی استفاده از روش ANP پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم گیرندگان و برنامه‌ریزان در حل مسائل مدیریت آب به عمل می‌آورد. از این رو این تحقیق می‌تواند به عنوان گامی برای تحقیقات آتی برای کاربرد بیشتر و استفاده عملی در دیگر کارهای مکان‌یابی در تلفیق با GIS باشد. با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌گردد:

- جهت تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی، از تلفیق سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری و سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل دقت و سرعت عمل بیشتر استفاده گردد.
- استفاده از معیارها، زیرمعیار و شاخص های بیشتر جهت حصول نتایج دقیق تر
- با توجه به اینکه نقش هر یک از مؤلفه‌های موثر در طرح های تغذیه مصنوعی آبهای زیرزمینی بطور کامل مشخص نیست، پیشنهاد می شود که تحقیقات بیشتری در زمینه نقش این مؤلفه‌های در این قبیل طرح ها انجام گیرد.
- به منظور اثر بخشیدن به مطالعات کاربردی پیشنهاد می‌گردد که از دیگر مدل‌های تصمیم‌گیری از جمله ELECTERE، PROMETHEE و غیره استفاده گردد.



شکل ۴- نقشه اولویت‌بندی دشت تایباد از نظر تناسب برای عملیات تغذیه مصنوعی

References

[1]. Alipour, H., Malekian, A., Kheirkhah Zarkesh, M.M., Gharahchelo, S. (2016). Application of Delphi method and GIS in site selection flood water spreading. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9, 11-22. (in Farsi).

[2]. Asgharpour, M.J. (2009). Multi-criteria decision making, Tehran: University of Tehran Press. (in Farsi).

[3]. 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.

[4]. Fontela, E., Gabus, A. (1974). DEMATEL, innovative methods, Report no. 2, Structural analysis of the world problem. Battelle Geneva Research Institute.

[5]. Ghahari, Gh., Pakparvar, D. (2008). Effect of extraction of groundwater resources Grbaygan spreading. Academic *Journal of Range and Desert Research -Pazhovhesh*, 14(3), 368 - 390. (in Farsi).

[6]. Jamali, A., ZareKia, S. (2011). Identify and prioritize the appropriate zone spreading to feed canals, wells and springs in arid regions (Case Study: Yazd intermountain basin). *Journal-Range and Desert Research. Iran*, 17, 106-114. (in Farsi).

[7]. Jharkharia, S., Shankar, R. (2007). Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP)".

[8]. Krishnomurty, J., Kumar, N., Jayarman, V., Manivel, M. (1996). An approach to demarcate ground water potential Zones thorough remote sensing and geographical information system, INT. *Journal Remote Sensing*, 17, 1867-1884.

[9]. Mahdavi, A. (2012). Locate areas suitable for artificial recharge of groundwater aquifers Fuzzy Logic in Shahrekord Basin desert. Shahrekord University. (in Farsi).

[10]. Mahdavi, R., Abedi Koopayee, J., Rezaei, M. (2005). Locating suitable sites Artificial Recharge of Groundwater, Second National Conference on Water and Soil Resources, 23 to 24 May, Shiraz University. (in Farsi).

[11]. Meade, L.M., Presley, A. (2002). R & D project selection using the analytic network process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49 (1), 59–66.

[12]. Mohan, G., Ravi Shankar, M.N. (2005). A GIS based hydro geomorphic approach for identification of site-specific artificial-recharge techniques in the Deccan Volcanic Province. *Journal of Earth System Science*, 114(5), 505-514.

[13]. Nasiri, H., Boloorani, A., Faraji Sabokbar, A., Jafari, H., Yusef Rafii, M. H. (2013). Determining the most suitable areas for artificial groundwater recharge via an integrated PROMETHEE II-AHP method in GIS environment (case study: Garabaygan Basin, Iran). *Environment Monitoring Assessment Journal*, 185, 707–718. (in Farsi).

[14]. Novhegar, A., Riyahi, F., Kamangar, M. (2017). Determine the appropriate areas for flood spreading with the sustainable development approach of groundwater resources. *Journal of Environmental Studies*, 42(1), 33-48. (in Farsi).

[15]. O'Hare, M.P., Fairchild, D.M., Hajali, P.A., Canter, L.W. (1986). Artificial recharge of groundwater, Lewis, New.

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

[17]. Rahman, M., Azizur Bernd Rusteberg, R.C., Gogu, J.P., Lobo Ferreira, M.S. (2012). A new spatial multi-criteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. *Journal of Environmental Management*, 99, 61-75.

[18]. Ramezani, M.M. (2013). Using fuzzy logic and artificial recharge of aquifers in locating the combination of AHP and FTOPSIS. *Environmental Journal*, 38(3), 108-125. (in Farsi).

[19]. Saaty, T.L. (1999). Fundamentals of the analytic network process. International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Kobe.

[20]. Sabokbar Faraji, H. (2012). Determine suitable areas for artificial recharge based on the combination of ANP and paired comparison in GIS, case study Grbaygan plain unethical. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 22, 166-143. (in Farsi).

[21]. Samadder, R. K., Sudhir, K., Gupta, R. P. (2011). Paleo channels and their potential for artificial groundwater recharge in the western Ganga plains. *Journal of Hydrology*, 400, 154–164.

[22]. Saraf, A.K., choudhury, P.R. (1998). Integrated remote sensing and GIS for ground water exploration and identification of Artificial recharge sites. *International Journal Remote Sensing*, 19, 1825-1841.

[23]. Shaban, A., Khawlie, M., Abdallah, C. (2006). Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zone: the case of Occidental, Lebanon. *Journal Hydrogeology*, 14, 433-443.

[24]. Sreedhar, G.T., Vijaya Kumar, I.V., Murali, K.M. (2008). Mapping of ground water potential zone in the Musi basin using remote sensing data and GIS. *Journal of Environmental Engineering*, 122, 515–523.

[25]. Tzeng, G.H., Chiang, C.H., Li, C.W. (2007). Evaluating intertwined effects in learning programs: a novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32 (4), 1028–1044.

Feasibility of artificial recharge in Taibad plain using Analytic Network Process (ANP)

1- A. Eshtiaghijoo, MSc in Watershed Management and Engineering, Department of Watershed Management, Yazd University
2- H. Malekinezhad, Associate Professor of Department Watershed Management, Yazd University
3- M.R. Ekhtesasi, Professor of Department Watershed Management, Yazd University
4- J. Chezgi, Assistant Professor of Watershed Management and Engineering, Faculty of Sarayan Agriculture, University of Birjand
Chezgi@birjand.ac.ir

Received: 06 Apr 2017
Accepted: 01 Aug 2018

Abstract

Due to seasonal access and lack of water, appropriate management of water resources is very important in arid and semi-arid regions. One of the main management methods for improves the groundwater resources is artificial recharge. In this study, used the integrated MCDM-GIS approach in order to determine suitable areas for artificial recharge in Taibad plain, Khorasan Razavi province. For this purpose, 11 influential parameters include (slope, groundwater quality, geology, thickness of the alluvium, portability of aquifer, drainage density, surface infiltration, groundwater decline, distance from the village, distance from the well and land use) that were created in GIS. For weight of classes each layer, used paired comparisons method. Also, DEMATEL technique was used to determine the relationships and dependencies between parameters. For determine the net weight of each layer, Super Decision software was used. Finally, zoned maps of the ANP were combined, and the final map with five classes, completely appropriate to unsuitable, was prepared. According to the final map, of the entire area of Taibad plain, 2.9 percent of area was in completely appropriate class, 30.1 percent in appropriate class, 40.3 percent in fairly good class, 1.3 percent in fairly inappropriate class, and 25.4 percent in unsuitable class for spreading operations. The results of the study using Boolean logic and filed survey indicate that the application of decision-making methods in combination with GIS in the field of artificial feeding location is satisfactory.

Keywords: Groundwater; Water spreading; Multi Criteria Decision Making; Khorasan Razavi.