

کاربرد ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری با هدف مدیریت مناسب تغذیه آبخوان در دشت همدان-بهار

فرزانه قائمی‌زاده^۱، صفر معروفی^{۲*}، امین ترنجیان^۳، علی‌رضا ایلدرومی^۴ و عباس ملکی^۵
^۱ دانشجویان دوره دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، آستاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، ^۴ دانشیار، دانشکده
کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ملایر و ^۵ استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴

چکیده

آب‌های زیرزمینی در بسیاری از مناطق دنیا مخصوصاً مناطق خشکی مانند کشور ایران، به‌عنوان یکی از مهمترین منابع در تأمین نیاز آبی شرب و کشاورزی به حساب می‌آیند. در مناطقی که برداشت آب از سفره‌های آبدار بیش از میزان تغذیه است، افت سطح ایستابی و در نتیجه کاهش کمی و کیفی آب آبخوان اجتناب‌ناپذیر است. در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در محدوده آبخوان دشت همدان-بهار واقع در استان همدان، به‌منظور ارائه راه‌کارهای مدیریتی مطلوب، با استفاده از الگوی منطق بولین و اپراتور ضرب جبری فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار گیرد. همین‌طور به‌منظور ارائه راهکارهای اقتصادی‌تر امکان استفاده از پساب‌های صنعتی تصفیه شده شهرک‌های صنعتی موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از هفت لایه اطلاعاتی شامل عمق آب زیرزمینی، کیفیت آبخوان، کاربری اراضی، شیب عمومی حوزه آبخیز، نفوذپذیری سطحی، تغذیه خالص و قابلیت انتقال استفاده شد. بررسی نقشه‌های محاسبه شده نشان داد که بر اساس منطق بولین ۲/۳۴ درصد اراضی (معادل ۱۰/۹۵ کیلومترمربع از مساحت آبخوان) واقع در نواحی مرکزی و شرقی آبخوان و بر اساس اپراتور ضرب فازی ۹/۴۴ درصد اراضی (معادل ۴۴/۲۲ کیلومترمربع از مساحت آبخوان) به صورت پراکنده، دارای رتبه خیلی خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند. همچنین، نتایج حاصل نشان داد که پساب خروجی شهرک صنعتی بوعلی واقع در منطقه می‌تواند برای تغذیه سفره به کار رود.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، بولین، تغذیه مصنوعی، فازی، GIS

مقدمه

همدان-بهار به‌دلیل بروز افت مداوم و کاهش ذخایر مخازن آب زیرزمینی در طی دو دهه گذشته از یک طرف و روند افزایشی تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، مواد زائد و جامد، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی در محدوده آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حوزه آبخیز دشت این آبخوان پتانسیل بالایی در تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه دارد. بنابراین در

افت سطح ایستابی مخازن آب زیرزمینی، کاهش کیفیت آب آبخوان را نیز به‌همراه دارد و علاوه بر این‌که تأمین حجم آب مورد نیاز برای بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت را با مشکل مواجه می‌کند، محدودیت جدی از نظر کیفیت آب در هر یک از بخش‌های ذکر شده را نیز به‌همراه دارد. دشت

زیرزمین، تغییرات ناشی از اختلاط آب نفوذی با آب زیرزمینی، عمق تا سطح ایستابی، پتانسیل انسداد^۱، ضریب آگذری سفره آبدار، توپوگرافی، هزینه اجرای پروژه، محدودیت‌های سازمانی و قانونی، ملاحظات فرهنگی-اجتماعی عنوان کرد (O'Hare و همکاران، ۱۹۸۶).

بررسی هم‌زمان این معیارها و ویژگی‌ها نیازمند روش‌های برنامه‌ریزی و مدیریتی چند معیاره است، که گاهی اوقات هزینه‌بر و وقت‌گیر هستند. در این میان یکی از ابزارهای قدرتمند در این زمینه کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS^۲) می‌باشد. امروزه کاربرد GIS در ذخیره، تجزیه و تحلیل و مدیریت حجم عظیم و متنوع اطلاعات مکانی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. تحلیل هم‌زمان داده‌های مختلف مکانی و توصیفی، مهمترین قابلیت GIS می‌باشد که نمی‌توان آن را با سایر روش‌ها انجام داد (Aronof، ۱۹۹۷). سامانه اطلاعات جغرافیایی به همراه ابزار و تکنیک‌هایی که دارد با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در قالب مدل‌های مختلف در کمترین زمان، به‌طور گسترده در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نخستین مطالعات انجام شده در سال ۱۹۹۶ محققین از فناوری سنجش از دور و GIS برای پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی استفاده کردند (Krishnamurthy، ۱۹۹۶).

در پژوهش دیگری پنج عامل مقدار شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، توانایی انتقال آب در آبرفت و کیفیت آبرفت به‌عنوان عوامل موثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در دشت ورامین مورد بررسی قرار گرفت (Hekmatpor، ۲۰۰۷). نتایج نشان داد که حدود هفت درصد از دشت ورامین برای تغذیه مصنوعی مناسب است. در سال ۲۰۱۱ آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی حوزه آبخیز بنیاس از منطقه ساحلی سوریه با استفاده از GIS مورد مطالعه قرار گرفت (Kattaa و همکاران، ۲۰۱۱). در پژوهش دیگری که در منطقه آبخوان کاتماندو نپال

مدیریت منابع آب استان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یکی از راه‌کارهای مدیریتی مناسب برای جلوگیری از کاهش کمی و کیفی مخازن آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی سفره‌های آبدار می‌باشد. تغذیه مصنوعی را می‌توان عملیات طراحی شده انسان برای انتقال آب از سطح زمین به داخل آبخوان تعریف کرد. طی این فرایند آب حاصل از بارش و رواناب سطحی با دخالت انسان به آبخوان می‌رسد (Sedaghat، ۲۰۰۸). تغذیه منابع آب زیرزمینی فرایند مهم برای مدیریت آب زیرزمینی پایدار است، چرا که نرخ حجم تخلیه از آبخوان در درازمدت باید کمتر یا برابر با نرخ حجم سرعت تغذیه آبخوان باشد. تغذیه مصنوعی می‌تواند از طریق روش‌های حوضچه‌ای یا کرتی، تغذیه رودخانه‌ای، تغذیه با ایجاد نهر، روش غرقابی یا پخش سیلاب، گودال‌های تغذیه و یا روش چاه‌های تغذیه صورت پذیرد (Alizadeh، ۲۰۱۰).

به‌طور کلی می‌توان روش‌های تغذیه مصنوعی را به دو دسته روش‌های سطحی (استخر تغذیه و پخش سیلاب) و زیرسطحی (چاه‌های تغذیه) تقسیم کرد (Sedaghat، ۲۰۰۸). در روش استخر تغذیه، اندازه و شکل استخرها بر اساس شیب سطح زمین مشخص می‌شود. برای طراحی مناسب استخرها باید در محل ساخت آن‌ها آزمایش نفوذپذیری صورت گیرد. سادگی طراحی، ساخت و سهولت حفاظت و نگهداری، بازده خوب از جمله مزایای این روش هستند. برای اجرای روش پخش سیلاب آبخوان مورد نظر باید از نوع آزاد باشد و سطح ایستابی دارای عمق کم، شیب زمین ملایم و نفوذپذیری طبقات فوقانی آبخوان قابل قبول (نفوذپذیری زیاد تا متوسط) باشد. همچنین، در شرایطی که زمین‌ها شور، قلیایی، آلوده و منطقه گسلی نباشد، به‌کار می‌رود (Sedaghat، ۲۰۰۸).

بنابراین، تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی و انتخاب روش مناسب برای اجرای آن از اهمیت بسیاری برخوردار است و لازم است با دقت کافی انجام شود. معیارهای بنیادی و اساسی در اجرای تغذیه مصنوعی را می‌توان تابع دسترسی به آب و کیفیت و مقدار آن، مقدار فضای لازم برای ذخیره در

¹ Clogging potential

² Geographic Information System

امتداد ارتفاعات محاط‌کننده حوضه شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد. خروجی حوضه در ناحیه شمالی آن (اراضی کوشک‌آباد) واقع و سفره آب زیرزمینی آن با دشت‌های کبودرآهنگ و قهاوند ارتباط هیدروژئولوژیکی دارد. شکل ۱، محدوده مورد مطالعه را به تفکیک مرز آبخوان و مرز حوزه آبخیز نشان می‌دهد. دشت همدان-بهار با این‌که فقط نه درصد مساحت دشت‌های استان را تشکیل می‌دهد، یکی از مهمترین مراکز تولید محصولات استان محسوب می‌شود. مهمترین محصولات زراعی دشت گندم، جو آبی و دیم و پس از آن به ترتیب یونجه، سیب‌زمینی و سیر است.

شیب عمومی منطقه، جنوبی-شمالی و شمال شرقی-غربی است و عمده‌ترین رودخانه‌های حوضه از ارتفاعات جنوبی (کوه‌های الوند) سرچشمه می‌گیرند و در قسمت‌های مرکزی دشت به هم پیوسته و رودخانه اصلی حوضه به نام سیمینه‌رود را تشکیل می‌دهند که با روندی جنوبی-شمالی جریان یافته و از سمت شمال حوضه از تنگه کوشک‌آباد خارج می‌شود. شکل ۲، نقشه پستی-بلندی، جریان‌های سطحی، چاه‌های نمونه‌برداری و محدوده استقرار صنایع را نشان می‌دهد. به گزارش شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، متوسط آبدهی رودخانه مذکور در هفت سال اخیر برابر $1/43$ مترمکعب در ثانیه بوده که حاکی از کاهش آبدهی ۵۷ درصدی بوده است (HMRW, 2013).

اطلاعات حاصل از شرکت آب منطقه‌ای استان همدان حاصل از ۲۵ چاه مشاهداتی نشان می‌دهد که دشت همدان-بهار با وسعت ۲۴۹۲ کیلومترمربع دارای آبخوانی با وسعتی برابر ۴۶۸ کیلومترمربع است. در طول دوره آماری ۱۹ ساله، افت سطح آب مخزن معادل $16/03$ متر و کل کسری مخزن در این بازه برابر $17/13/17$ میلیون مترمکعب بوده است (HMRW, 2013). آمار منابع آب و تخلیه منابع آب زیرزمینی دشت همدان-بهار به تفکیک نوع منبع در قالب جدول ۱ آمده است (HMRW, 2013).

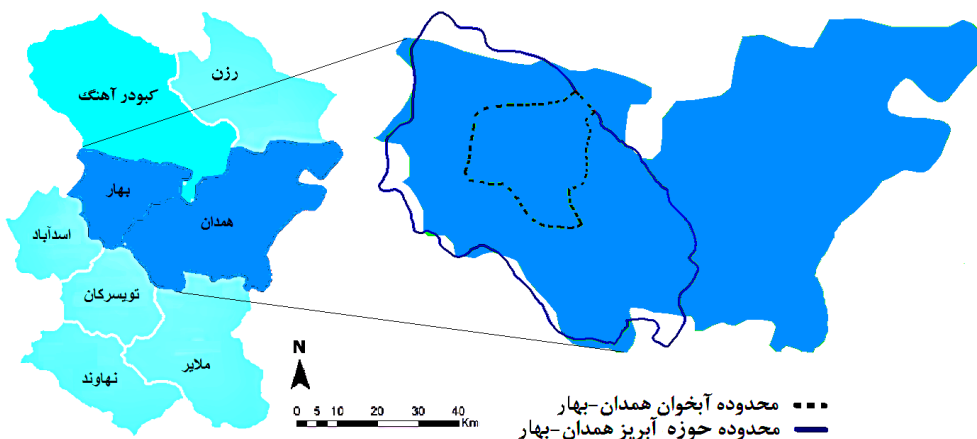
برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی و اتخاذ راه‌کارهای مناسب مدیریتی انجام شد، الگوهای منطق‌فازی و درستیک در محیط GIS مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که منطق‌فازی بر درستیک ارجحیت دارد (Raj Pathak و Akira, 2011). بنابراین، عوامل موثر زیادی بر انتخاب محل مناسب برای تغذیه مصنوعی یک آبخوان اثرگذار است. این شاخص‌ها می‌توانند شامل شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های خاک‌شناسی و زمین‌شناسی، ویژگی‌های مربوط به پوشش گیاهی و حتی شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی باشند.

از آنجایی که استفاده از تمامی شاخص‌ها در مدل‌های مکان‌یابی میسر نیست، بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی کارایی ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری (DST¹) مناسب در محیط GIS با استفاده از شاخص‌های عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب آبخوان، کاربری اراضی، شیب عمومی حوزه آبخیز، نفوذپذیری سطحی، ویژگی‌های خاک‌شناسی و هدایت هیدرولیکی و نفوذ خالص است. بدین‌منظور از دو الگوی منطق‌بولین و اپراتور ضرب جبری فازی استفاده شد. همین‌طور به‌منظور ارائه راه‌کارهای اقتصادی‌تر امکان استفاده از پساب‌های صنعتی تصفیه شده شهرک‌های صنعتی موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

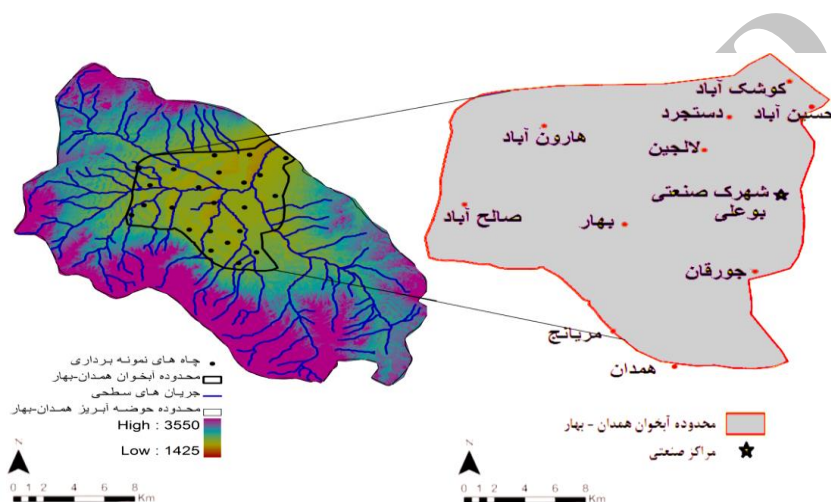
مواد و روش‌ها

منطقه‌مورد پژوهش: حوزه آبخیز دشت همدان-بهار که به سیمینه‌رود نیز موسوم است با وسعت ۲۴۵۹ کیلومترمربع در دامنه شمالی ارتفاعات الوند واقع شده است. وسعت دشت ۸۸۰ کیلومترمربع و گسترش سطحی آبخوان اصلی دشت ۴۶۸ کیلومترمربع، وسعت ارتفاعات ۱۵۷۹ کیلومترمربع می‌باشد. از نظر تقسیمات زمین‌شناسی کشور، محدوده مورد مطالعه جزء زون سنندج-سیرجان محسوب می‌شود و علامت مشخصه آن باتولیت گرانیتی الوند می‌باشد که هسته ارتفاعات جنوبی حوضه را تشکیل داده است.

¹Decision Support Tools



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه به تفکیک مرز آبخوان و مرز حوزه آبخیز



شکل ۲- نقشه پستی-بلندی، جریان‌های سطحی، چاه‌های نمونه‌برداری و محدوده استقرار صنایع

جدول ۱- آمار منابع آب زیرزمینی دشت همدان - بهار

منبع آبی	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه		جمع
	تعداد	تخلیه*	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	
سال آماری	۹	۴	۶۹۲	۹۷	۴۳	۲۸/۸	-	-	۱۳۵۴
۱۳۷۰	۹۹۱	۲۴۸	۱۲۸۷	۶۶	۱۰۷	۱۸/۸	۱۲۱	۱۳/۴۷	۳۴۶/۳
۱۳۸۳	۱۰۶۳	۱۸۰	۱۰۸۰	۴۴/۲	۸۸	۱۲/۳۹	۱۰۲	۸	۲۴۵/۲۴
۱۳۸۷	۱۱۲۸	۱۷۵/۹	۲۱۲۱	۷۳/۲۸	۳۱۷	۱۰/۷	۷۱۳	۶/۸	۲۶۸/۴۸

* ارقام بر حسب میلیون مترمکعب در سال می‌باشد.

دیگرام و لیکوکس نیز نشان داده است که کیفیت آب رودخانه‌های مورد بررسی برای آبیاری در طبقه خوب تا متوسط قرار دارد (Rahmani و همکاران، ۲۰۰۸). تغذیه سفره آب زیرزمینی عموماً از ریزش‌های جوی و آبراهه‌های متعدد منشعب از دامنه‌های الوند کوه (نفوذ از جریان‌های سطحی) و زه‌آب‌های برگشتی کشاورزی است. به علاوه، تغذیه نامتعارفی نیز از طریق تخلیه فاضلاب‌های مسکونی شهر همدان در مناطق

بررسی تیپ و رخساره آب آبخوان دشت همدان- بهار نشان داده است که در هفتاد درصد موارد، آب دارای تیپ بی‌کربنات کلسیک، ۱۵ درصد بیکربنات سدیک، سه درصد سولفات سدیک و سه درصد کلرات کلسیک است و به‌طور کلی، به‌خاطر کاهش حجم ذخایر آب، آبخوان با افت کیفیت آب روبرو است (Ghasemi و همکاران، ۲۰۰۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های جاری در دشت برای آبیاری بر مبنای

صنایع سلولوزی پنج، شیمیایی ۱۹، کانی غیر فلزی هشت، فلزی ۱۶ و برق و الکترونیک هفت صنعت فعال است. در حال حاضر به‌طور متوسط ۶۰۰ مترمکعب در روز فاضلاب وارد تصفیه‌خانه می‌شود، که از این میان صنایع غذایی و شیمیایی بیشترین مقدار فاضلاب را از نظر بار آلی و بار هیدرولیکی به خود اختصاص داده‌اند (Nadafi و همکاران، ۲۰۰۵). فرایند تصفیه شامل دو لاگون هوادهی از نوع اختلاط کامل به صورت سری و به‌دنبال آن لاگون ته‌نشینی می‌باشد. فاضلاب پس از عبور از آشغال‌گیر وارد لاگون هوادهی اول شده و پس از گذشت زمان ماند سه روز، فاضلاب وارد لاگون هوادهی دوم می‌شود و پس از گذشت زمان ماند دو روز کلر زنی شده، سپس به مصرف کشاورزی می‌رسد. جدول ۲، استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای دفع فاضلاب‌ها و استفاده مجدد از پساب‌ها را نشان می‌دهد (Iranian Environment's Office، ۲۰۰۱). همچنین، مشخصات فاضلاب خروجی از شهرک صنعتی بوعلی برای آذر ماه ۱۳۸۹ در قالب Report of Bu-Ali industrial estate (۲۰۱۰). محدوده استقرار شهرک صنعتی بوعلی در قالب شکل ۲ آمده است.

شهرک فرهنگیان، جورقان و مریانج در جنوب شرق دشت (شکل ۲) انجام می‌شود (Ghasemi و همکاران، ۲۰۰۹). تخلیه سفره از طریق برداشت از آب زیرزمینی برای مصارف مختلف و همچنین خروجی زیرزمینی است. همچنین، بررسی مقالات و پژوهش‌های انجام شده قبلی نشان داد که یکی از مشکلات دشت نیتراته بودن منابع آب آن است. مهمترین آلاینده شیمیایی آب زیرزمینی، نیترات بوده که غلظت آن در آب زیرزمینی تحت تأثیر فصول بارش و کوددهی قرار دارد. این امر به‌دلیل کشاورزی بسیار سنگین، عبور فاضلاب شهرهای همدان و بهار، کشتارگاه صنعتی دام همدان و فعالیت‌های صنعتی، مرغداری و دامداری در محدوده دشت مذکور می‌باشد (Jalali و Kolahchi، ۲۰۰۵).

بررسی صنایع موجود در منطقه: شهرک صنعتی بوعلی همدان واقع در ۱۲ کیلومتری شمال شرقی شهر همدان در زمینی به مساحت ۱۴۵ هکتار احداث شده است (شکل ۲). صنایع موجود در این شهرک طبق آمار موجود (Nori و همکاران، ۲۰۰۹) ۷۴ صنعت فعال در شهرک وجود دارد که از این صنایع تعداد صنایع غذایی ۱۳، صنایع نساجی شش، فلزی،

جدول ۲- استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای دفع فاضلاب‌ها و استفاده مجدد از پساب‌ها

شاخص کیفی	تخلیه به آب‌های سطحی	تخلیه به چاه جاذبی	مصارف کشاورزی
BOD ₅ (mg l ⁻¹)	۳۰	۳۰	۱۰۰
COD (mg l ⁻¹)	۶۰	۶۰	۲۰۰
TSS (mg l ⁻¹)	۴۰	-	۱۰۰
pH	۸/۵-۶/۵	۸/۵-۶/۵	۸/۵-۶/۵

جدول ۳- مشخصات فاضلاب شهرک صنعتی بوعلی همدان در آذر ماه ۱۳۸۹

هفته	دبی متوسط (m ³ day ⁻¹)	فاضلاب ورودی (mg l ⁻¹)			pH	فاضلاب خروجی (mg l ⁻¹)		
		TSS	COD	BOD		TSS	COD	BOD
اول	۴۰۰	۸۳۳/۴	۳۲۹۴	۱۲۶۸/۲	۶/۰۲	۲۵۳	۲۲۰	۱۳۷/۶
دوم	۵۰۰	۴۲۴	۲۱۱۲/۵	۸۱۳/۳۳	۵/۹۴	۳۸۹/۶۷	۳۶۲/۵	۲۲۶/۶۷
سوم	۴۵۰	۵۱۵	۱۵۹۸/۵	۶۱۵/۳۳	۵/۳۷	۵۴۳/۳۳	۵۸۳/۵	۳۶۴/۶۷
چهارم	۵۵۰	۳۶۹	۱۴۴۳/۷۵	۵۵۶	۶/۴۷	۵۴۹/۲۵	۵۴۳/۲۵	۳۳۹/۷۵
میانگین ماهانه	۴۷۵	۴۶۴/۴	۲۱۱۲/۱۹	۸۱۳/۲۱	۰/۵۳	۲۹۶/۲۵	۳۶۳/۶	۲۲۷/۰۷
حد مجاز	۶۰۰-۸۰۰	۳۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۶/۵-۸/۵	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰

جمع‌آوری اطلاعات و استانداردها

سطحی از اطلاعات بافت خاک سطحی و نقشه هدایت هیدرولیکی حوضه استفاده شد. اطلاعات مربوط به بافت خاک سطحی دشت با استفاده از اطلاعات مرکز تحقیقات کشاورزی همدان تهیه شد.

به‌منظور انجام پژوهش حاضر از شش لایه اطلاعاتی کیفیت آبخوان، عمق آب زیرزمینی، کاربری اراضی، شیب، نفوذپذیری سطحی و قابلیت انتقال استفاده شد (جدول ۴). برای محاسبه لایه نفوذپذیری

جدول ۴- ویژگی لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده

لایه	اهمیت در تغذیه مصنوعی آبخوان	مناطق مساعد تغذیه	مرجع
آبخوان	کیفیت آب تغذیه باید متناسب با کیفیت آب آبخوان باشد و باعث صدمه بیشتر آبخوان نگردد.	EC آب زیرزمینی کمتر از ۲۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر	Hekmatpor و همکاران، Naseri؛ (۲۰۰۷) و همکاران، (۲۰۰۹)
زیرزمینی	هر چه ضخامت آبرفت بیشتر باشد، میزان ذخیره آب زیر زمینی در آن زیادتر می‌شود.	عمق آب زیرزمینی بین ۳۰ تا ۱۰۰ متر	Naseri و همکاران، (۲۰۰۹)
کاربری اراضی	مرتع درجه یک: دارای ۷۶ تا ۱۰۰ درصد پوشش گیاهی، مرتع درجه دو: دارای ۵۱ تا ۷۵ درصد پوشش گیاهی، مرتع درجه سه: دارای ۲۶ تا ۵۰ درصد پوشش گیاهی	شرایط و ویژگی‌های منطقه مورد نظر عامل اصلی در تعیین مناطق مساعد است. نواحی که مورد استفاده انسان و دام قرار نمی‌گیرند، مرتع (فقیر و متوسط)، بیشه زار و اراضی فاقد پوشش گیاهی و بایر	Mahdavi و همکاران، (۲۰۱۰)؛ Ramezani Mehrian و همکاران، (۲۰۱۱)
شیب	عامل مهم در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد بخش سیلاب و تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی است و مهمی در کنترل سیل و میزان نفوذپذیری دارد.	شیب‌های کمتر از پنج درصد. شیب‌های کمتر از دو و بیشتر از چهار درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارجحیت هستند.	Naseri و همکاران، (۲۰۰۹)؛ Kattaa و همکاران، (۲۰۱۱)
نفوذپذیری	در نفوذپذیری پایین و شیب‌های کم، آب روی سطح زمین باقی مانده (سطح آب زیرزمینی بالا) و تبخیر آن باعث افزایش املاح خاک می‌شود.	هر چه نفوذپذیری سطحی بیشتر باشد، آن منطقه برای تغذیه مساعدتر است. خاک‌های نفوذپذیر: لوم ماسه‌ای، ماسه و شن	Hekmatpor و همکاران، German و Beven؛ (۲۰۰۷) (۱۹۸۲)
قابلیت انتقال	یکی از ضرایب هیدرودینامیکی است که قابلیت عبور آب را در تمام ضخامت لایه آبدار را نشان می‌دهد. معمولاً مقدار آن بین ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمربع در روز می‌باشد.	هرچه قابلیت انتقال بیشتر، آن منطقه برای تغذیه مساعدتر است.	Ghermezcheshmeh، (۲۰۰۱)؛ Chowdhury و همکاران، Alizadeh؛ (۲۰۱۰)، (۲۰۱۰)

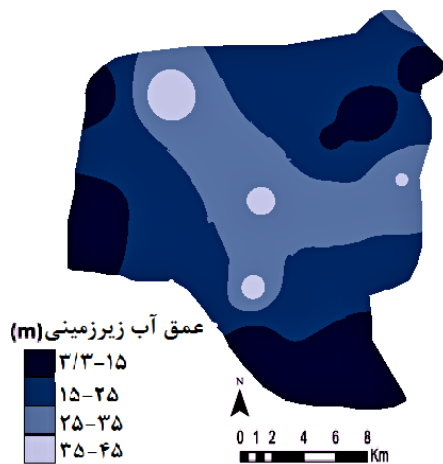
(DSS^۱) و سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌شوند. این امر مستلزم استفاده از سامانه مدیریت پایگاه داده است که داده‌های جغرافیایی را اداره می‌کند. مجموعه‌ای از مدل‌های احتمالی که می‌توانند برای پیش‌بینی نتایج احتمالی تصمیم‌گیری و کمک به تجزیه و تحلیل نتایج به‌کار آیند (Parker و همکاران، ۲۰۰۳).

منطق بولین: در مدل منطق بولین که وزن‌دهی لایه‌ها بر اساس صفر یا یک صورت می‌گیرد، اپراتورهای اشتراک یا اجتماع تعریف شده است (Dadrasi

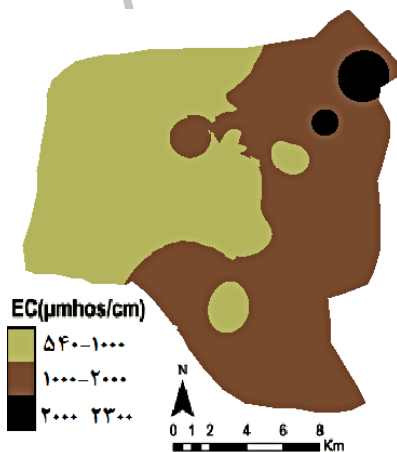
معرفی ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری مورد استفاده: DST یک ساختار مبتنی بر مدل‌های کامپیوتری است که برای کمک در تصمیم‌گیری طراحی شده است. DST برای کمک به برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های مربوط به کاربری اراضی طراحی شده است. یک سامانه که می‌تواند برای کمک به شناسایی موثرترین مسیر تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرد (Sprague و Carlson، ۱۹۸۲). ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری شامل سامانه حمایت از تصمیم

¹Decision Support System

ایجاد لایه‌های اطلاعاتی: به منظور شناسایی مکان-های مناسب تغذیه مصنوعی محدوده آبخوان مورد مطالعه، ویژگی‌هایی شامل عمق آب زیرزمینی، کیفیت آبخوان، کاربری اراضی، شیب عمومی حوزه آبخیز، نفوذپذیری سطحی، تغذیه خالص و قابلیت انتقال با توجه به استانداردها و ویژگی‌های لازم برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی مورد بررسی قرار گرفت. برای به‌دست آوردن لایه‌ی اطلاعاتی مربوط به عمق آب زیرزمینی و کیفیت آب زیرزمینی به ترتیب از داده‌های سطح آب و داده‌های هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر، هر دو اندازه‌گیری شده به-وسیله شرکت آب منطقه‌ای استان همدان (حاصل از ۳۷ چاه مشاهده‌ای)، برای دوره آماری نه ساله (سال آبی ۸۰-۷۹ تا ۸۸-۸۷) استفاده شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- نقشه عمق آب زیرزمینی همدان-بهار



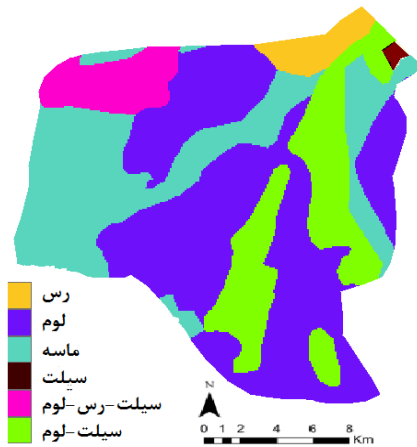
شکل ۴- نقشه کیفیت آبخوان همدان-بهار

Khosroshahi و Sabzevar (۲۰۰۸). بر اساس نظریه مجموعه‌ها اپراتور AND اشتراک و اپراتور OR اجتماع مجموعه را استخراج می‌کند. به عبارت دیگر در اپراتور AND فقط پیکسل‌هایی که در تمام نقشه‌های پایه، ارزش یک داشته باشند، جز مناطق مناسب قرار می‌گیرند. اما در اپراتور OR پیکسل‌هایی که فقط در یک نقشه پایه مناسب بوده، ارزش یک داشته باشند و از لحاظ سایر لایه‌ها دارای ارزش صفر باشند، نیز در نقشه خروجی و تلفیق یافته، ارزش یک داشته، مناسب تشخیص داده می‌شوند (Bonham- و Graeme Carter, ۱۹۹۶). در پژوهش حاضر، تهیه نقشه مناطق مساعد یا نامساعد از این روش پس از امتیاز دادن طبقات هر لایه در سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از مجموعه اپراتور AND به‌دست آمد.

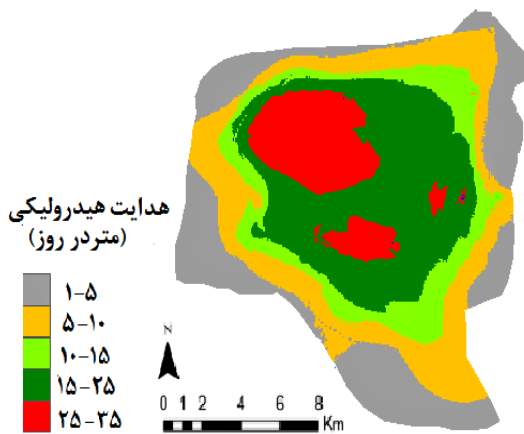
منطق فازی: بر اساس نظریه مجموعه‌های فازی، عضویت اعضاء در مجموعه ممکن است به‌طور کامل نبوده، هر عضوی دارای درجه و عضویت از صفر تا یک باشد. در این مدل هیچ واحدی مناسب مطلق و نامناسب مطلق در نظر گرفته نمی‌شود. به همین دلیل، وزن‌های داده شده نه صفر و نه یک می‌باشد، بلکه بین صفر و یک متغیر است (Graeme و Bonham-Carter, ۱۹۹۶). در پژوهش حاضر، نقشه-های پایه در قالب اپراتور ضرب جبری فازی^۱ تلفیق یافتند که در ادامه مختصراً توضیح داده شده است. در این مدل تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند (Zehtabian و همکاران، ۲۰۰۲). به دلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضاء در مجموعه فازی می‌باشد، باعث می‌شود تا در نقشه خروجی این اپراتور، اعداد کوچک‌تر شده و به سمت صفر میل کنند. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در طبقه خیلی خوب قرار می‌گیرند (Al-shaykh و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین، بر خلاف اپراتور فازی AND ارزش تمامی واحدها و لایه‌ها را در تلفیق، دخالت می‌دهد (Mahroz Moghanlo و همکاران، ۲۰۰۵) و به همین دلیل، این اپراتور حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد.

^۱Fuzzy Algebraic Product

تغذیه خالص و نفوذپذیری سطحی با استفاده از لایه-های اولیه محاسبه شد. لایه نفوذپذیری سطحی بر اساس لایه‌های بافت خاک سطحی و هدایت هیدرولیکی محاسبه شد.



شکل ۷- نقشه پهنه بندی بافت خاک سطحی



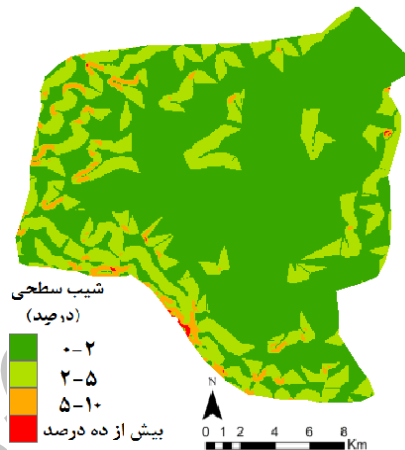
شکل ۸- نقشه هدایت هیدرولیکی

همچنین، لایه تغذیه خالص بر اساس روش پیسکوپو (Piscope, ۲۰۰۱) با استفاده از سه لایه شیب‌زمین، بارندگی و نفوذپذیری سطحی محاسبه شد. بر اساس این روش، مقدار تغذیه یک منطقه به صورت زیر است.

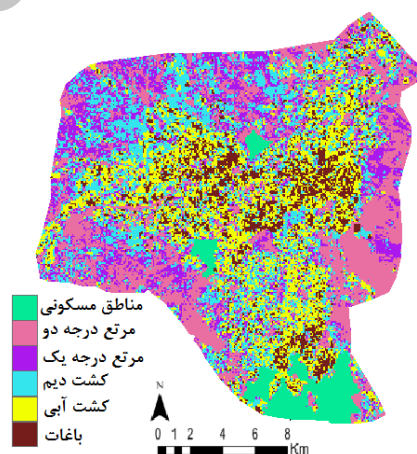
نفوذپذیری + درصد شیب + میزان بارش = تغذیه خالص خاک (۱)

برای محاسبه لایه میزان بارش از متوسط بارش سالانه هشت ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه برای دوره آماری پنج‌ساله از سال آبی ۸۳-۸۴ تا ۸۸-۸۷ استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده

نقشه شیب منطقه با استفاده از نقشه پستی و بلندی منطقه، در محیط GIS بر حسب درصد رسم شد (شکل ۵). نقشه کاربری اراضی از تصاویر به دست آمده از ماهواره لندست که در سال ۲۰۰۲ گرفته شده است به دست آمد (شکل ۶). همچنین، نقشه بافت خاک منطقه بر اساس اطلاعات مرکز تحقیقات همدان تهیه شد (شکل ۷).



شکل ۵- شیب سطحی منطقه



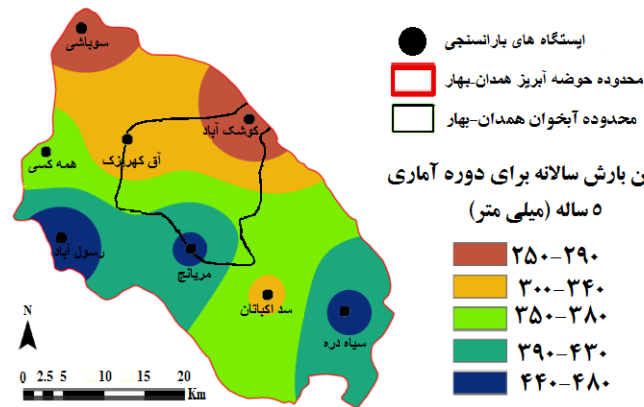
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی

برنامه تهیه لایه هدایت هیدرولیکی از نتایج آزمایش پمپاژ ۷۰ چاه منطقه مورد مطالعه و محاسبات مربوط به قابلیت انتقال لایه آبدار، استفاده شد (Toranjian, ۲۰۰۹). شکل ۸، نقشه پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی منطقه را نشان می‌دهد.

پس از ایجاد هر یک از لایه‌های اطلاعاتی اولیه در محیط GIS، به منظور ایجاد لایه‌های مناسب برای شناسایی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی، لایه‌های

در دسته‌بندی‌های اولیه دارای پراکنش یکسانی نبودند، لایه‌های انتخابی یک‌بار نیز بر اساس منطق فازی ارزش‌گذاری شده (شکل ۱۲ و جدول ۶) و نقشه نهایی بر اساس منطق فازی نیز تهیه شد (شکل ۱۳). در نهایت با توجه به نقشه‌های نهایی ساخته شده روش مناسب انتخاب شد.

در قالب شکل ۹ و جدول ۵ آورده شده است. در نهایت، هر یک از لایه‌های مذکور بر اساس منطق بولین ارزش‌گذاری و محاسبه شده (شکل ۱۰) و نقشه نهایی با استفاده از چهار لایه (تغذیه خالص، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی و کیفیت آب) حاصل شد (شکل ۱۱). سپس، از آنجایی که مقادیر قرار گرفته



شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی بارش برای دوره آماری پنج ساله

جدول ۵- مشخصات ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد استفاده

ایستگاه	ارتفاع (m)	مشخصات جغرافیایی		میانگین بارش سالانه دوره ۸۸-۸۳ (mm)	میانگین سال (mm) ۸۷-۸۸
		عرض	طول		
سد اکیاتان	۱۹۵۷	۲۸۰۶۲۳	۳۸۴۹۰۳۵	۳۲۹/۱	۳۹۵/۵
آق کهریزک	۱۸۴۴	۲۵۶۶۳۴	۳۸۷۵۶۶۶	۲۹۷/۸	۲۹۷
مریانج	۱۸۴۱	۲۶۷۵۰۷	۳۸۵۶۹۱۳	۴۳۹/۴	۴۵۴/۵
کوشک‌آباد	۱۶۹۸	۲۷۷۴۸۹	۳۸۷۹۱۵۷	۲۴۹/۲	۳۰۵/۵
رسول‌آباد	۲۱۳۳	۲۴۵۳۲۶	۳۸۵۸۷۹۵	۴۷۵/۲	۵۴۱
سوباشی	۲۲۴۰	۲۴۸۱۷۷۶	۳۸۹۴۷۳۶	۲۵۶/۳	۲۸۸
همه کسی	۲۰۶۶	۲۴۲۷۳۹	۳۸۷۳۵۱۰	۳۵۹/۸۴	۳۶۵/۵
سیاه دره	۱۷۵۷	۲۹۳۸۴۹	۳۸۴۶۲۱۵	۴۴۰/۶	۳۶۴

تغذیه مصنوعی تنها ۱/۷۴۶ درصد اراضی (معادل ۸/۱۷ کیلومتر مربع) دارای مقادیر نامناسب بود (شکل ۴) که در تهیه نقشه نهایی حذف شد. بررسی نقشه کاربری اراضی (شکل ۶) نشان داد که بیشترین سطح محدوده را کشت دیم به خود اختصاص داده است که ۳۶/۳۲ درصد (معادل ۱۷۰ کیلومتر مربع) محدوده را شامل می‌شود. بالا بودن سطح زیر کشت دیم ناشی از ممنوعه بودن دشت از نظر بهره‌برداری از چاه‌های عمیق از سال ۱۳۷۰ می‌باشد. پس از اراضی دیم‌کاری بیشترین پوشش منطقه را مرتع درجه یک (۳۴/۸ درصد اراضی معادل

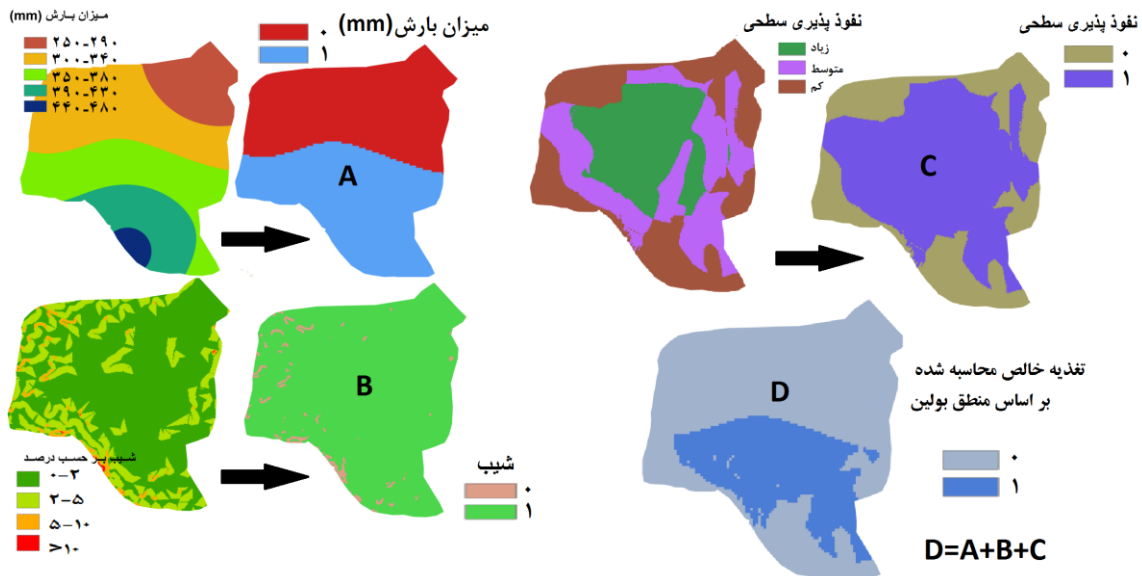
نتایج و بحث

نقشه پهنه‌بندی سطح آب با استفاده از داده‌های ۲۵ چاه پیزومتری، نشان داد که بیشترین افت سطح آب مربوط به نواحی مرکزی دشت می‌باشد (شکل ۳). نتایج حاصل از شکل ۳، نشان داد که ۷۶/۷ درصد از آبخوان دارای سطح آبی بیش از ۲۵ متر نسبت به سطح زمین است (جدول ۱)، که این نواحی در تهیه نقشه‌های نهایی حذف شدند.

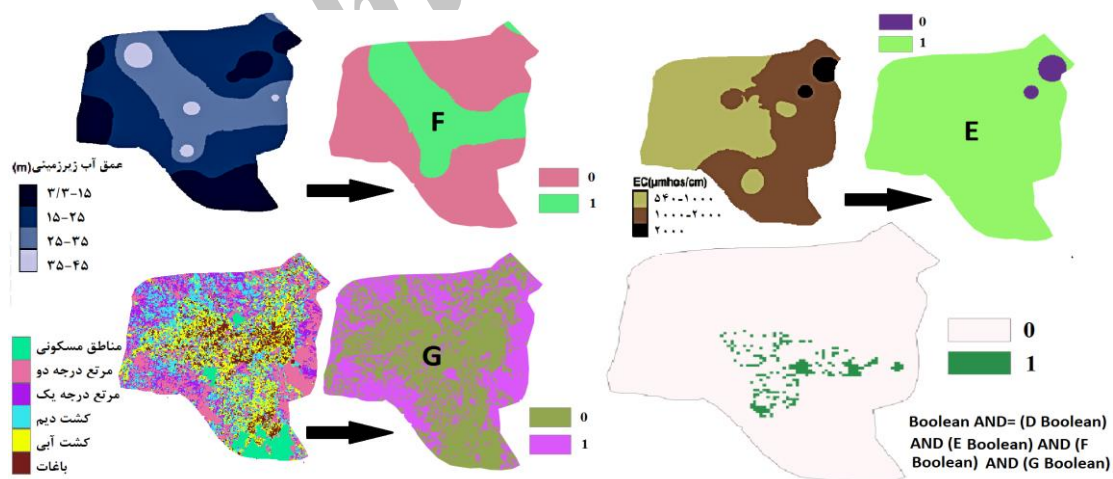
با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، تنها نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب برای پارامتر EC مورد بررسی قرار گرفت، که با توجه به مقادیر مناسب آن از نظر

محاسبه لایه تغذیه خالص بر اساس منطق بولین را نشان می‌دهد. نقشه محاسبه شده نهایی بر اساس منطق بولین بر اساس لایه‌های تغذیه خالص، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی و کیفیت آبخوان در قالب شکل ۱۱ آمده است. در ارزش‌گذاری انجام شده برای منطق بولین در لایه کاربری اراضی تنها مراتع به‌عنوان مناطق مساعد انتخاب شدند.

۱۶۲/۸۷ کیلومترمربع) به خود اختصاص داده است. اراضی دارای پوشش گیاهی از نوع مرتع درجه دو نیز ۱۰/۲۴ درصد اراضی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، بررسی نقشه نفوذپذیری سطحی نشان داد که نواحی مرکزی دشت بیشترین میزان نفوذ را با توجه به نوع بافت خاک و هدایت هیدرولیکی دارا می‌باشند (شکل ۱۰). شکل ۱۰، سه لایه ورودی برای



شکل ۱۰- سه لایه ورودی برای محاسبه لایه تغذیه خالص بر اساس منطق بولین (۱ و ۰ به ترتیب نشان‌دهنده مناطق مساعد و نامساعد برای ویژگی مورد نظر می‌باشند)



شکل ۱۱- نقشه استعداد اراضی محاسبه شده نهایی بر اساس منطق بولین AND

خصوصی بوده، در صورت اجرا می‌بایست مالکیت خصوصی را تحت شعاع قرار داد. از طرفی با توجه به نیاز روزافزون آب و توجه به آلودگی آبخوان و وابستگی آن با حجم آب مخزن، نیاز به اجرای طرح-

از آنجایی که منطقه مورد نظر یک منطقه فعال کشاورزی بوده، بیشترین سطح دشت را اراضی کشاورزی پوشانده است، انتخاب محل مناسب برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی تابع حق مالکیت

نشان‌دهنده بیشترین و کمترین ارزش برای ویژگی مورد نظر است. سپس با استفاده از نوار ابزار عضویت فازی در محیط نرم‌افزاری GIS 10 ارزش‌گذاری دوباره لایه‌ها بین ۰ تا ۱ انجام گرفت. شکل ۱۲، سه لایه ورودی برای محاسبه لایه تغذیه خالص بر اساس منطق فازی را نشان می‌دهد. نقشه محاسبه شده نهایی بر اساس منطق فازی بر اساس لایه‌های تغذیه خالص، کاربری اراضی، عمق آب زیرزمینی و کیفیت آبخوان در قالب شکل ۱۳ آمده است.

هایی از این دست بسیار محسوس است. با توجه به موارد گفته شده و نتایج حاصل از منطق بولین بیشترین محدودیت در این زمینه مرتبط با کاربری اراضی منطقه می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های موجود و ویژگی‌های منطق فازی، نقشه استعداد اراضی منطقه برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی در محدوده مطالعاتی مورد نظر یک‌بار هم با استفاده از این منطق مورد محاسبه قرار گرفت. برای محاسبات مربوط به منطق فازی نخست مقادیر کلیه لایه‌ها از ۱ تا ۶ ارزش‌گذاری شد (جدول ۶) که به ترتیب

جدول ۶- ارزش‌گذاری‌های اولیه انجام شده برای هر یک از لایه‌ها در منطق فازی

عمق آب زیرزمینی (m)		EC (μmhoscm^{-1})		شیب (%)		بارش (mm)	
رده‌بندی	امتیاز	رده‌بندی	امتیاز	رده‌بندی	امتیاز	رده‌بندی	امتیاز
۳۰ <	۱	۵۴۰-۸۳۰	۱	۰-۲	۱	۴۳۰ <	۱
۲۵-۳۰	۲	۸۳۰-۱۲۰۰	۲	۲-۴	۲	۳۹۰-۴۳۰	۲
۲۰-۲۵	۳	۱۲۰۰-۱۴۰۰	۳	۴-۶	۳	۳۵۰-۳۹۰	۳
۱۵-۲۰	۴	۱۴۰۰-۱۶۰۰	۴	۶-۸	۴	۳۱۰-۳۵۰	۴
۱۰-۱۵	۵	۱۶۰۰-۲۰۰۰	۵	۸-۱۰	۵	۲۷۰-۳۱۰	۵
۳/۳-۱۰	۶	۲۰۰۰ <	۷	۱۰ <	۶	۲۴۹-۲۷۰	۶

بافت خاک سطحی		هدایت هیدرولیکی (mday^{-1})		کاربری اراضی	
رده‌بندی	امتیاز	رده‌بندی	امتیاز	رده‌بندی	امتیاز
ماسه	۱	۳۰ <	۱	مرتع درجه یک	۱
لوم	۲	۲۵	۲	مرتع درجه دو	۲
سیلت-لوم	۳	۲۰	۳	کشت دیم	۳
سیلت-رس-لوم	۴	۱۵	۴	کشت آبی	۴
سیلت	۵	۱۰	۵	باغات	۵
رس	۶	۵	۶	مناطق مسکونی	۶

از مساحت آبخوان) مناسب اجرای عملیات تغذیه مصنوعی آبخوان است. این محدوده در ناحیه مرکزی آبخوان قرار داشته و محدوده شهرستان‌های جورقان و بهار را شامل می‌شود. همچنین، بررسی نقشه حاصل از محاسبات منطق فازی (شکل ۱۳) نشان داد که ۹/۴۴ درصد اراضی (معادل ۴۴/۲۲ کیلومترمربع از مساحت آبخوان) دارای رتبه خیلی خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند (جدول ۷). همچنین، ۱۰/۰۶ درصد (معادل ۴۷/۱۲ کیلومترمربع از مساحت آبخوان) دارای رتبه خوب از نظر اجرای عملیات تغذیه آبخوان می‌باشند. منطق فازی مناطق مساعد بیشتری را معرفی می‌کند، به دلیل ماهیت این منطق است که ارزش‌گذاری انجام شده در آن مطلقاً صفر و یا مطلقاً

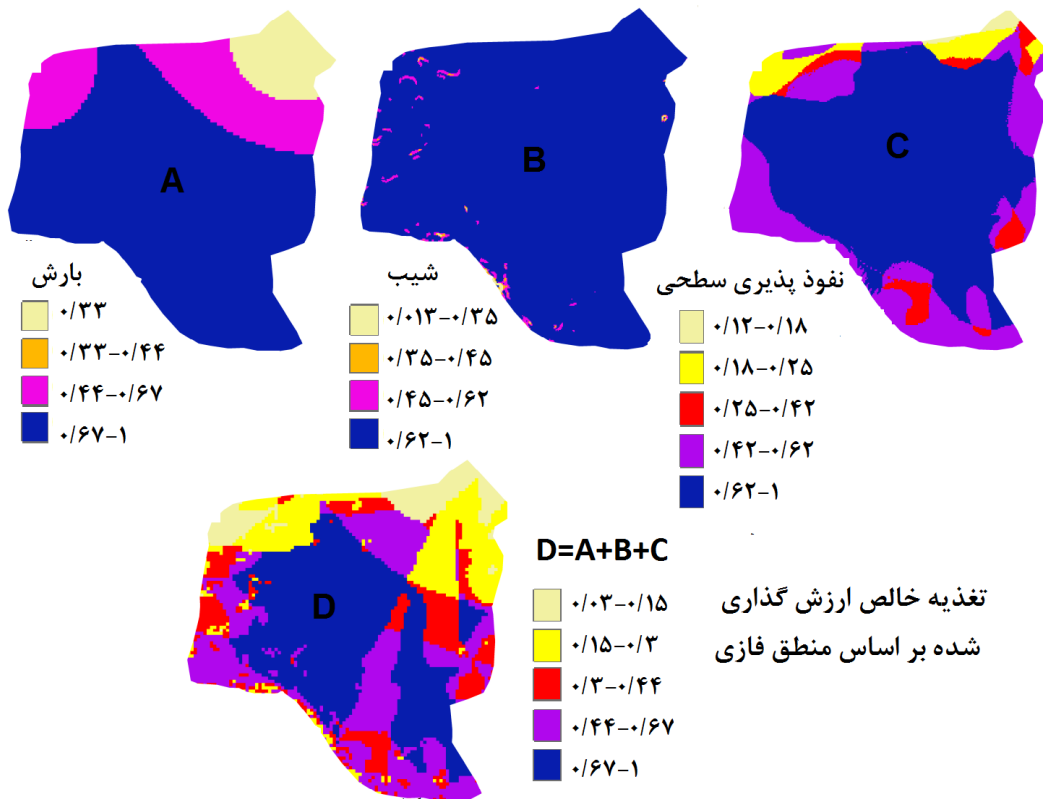
نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که در مجموع با توجه به میزان تغذیه و تخلیه، سطح آب آبخوان دشت همدان-بهار سیر نزولی دارد (جدول ۱ و شکل ۳). این نتایج با نتایج حاصل از (Rahmani و Sadhi, ۲۰۰۴) مطابقت دارد که با استفاده از مدل‌های سری زمانی نشان دادند که سطح آب زیرزمینی دشت همدان-بهار در صورت ثابت بودن میزان مصرف و همچنین، عدم تغییرات در روند تغذیه سفره در طی بیست سال آینده با کاهش حدود ۱۷/۵ متر روبرو خواهد بود.

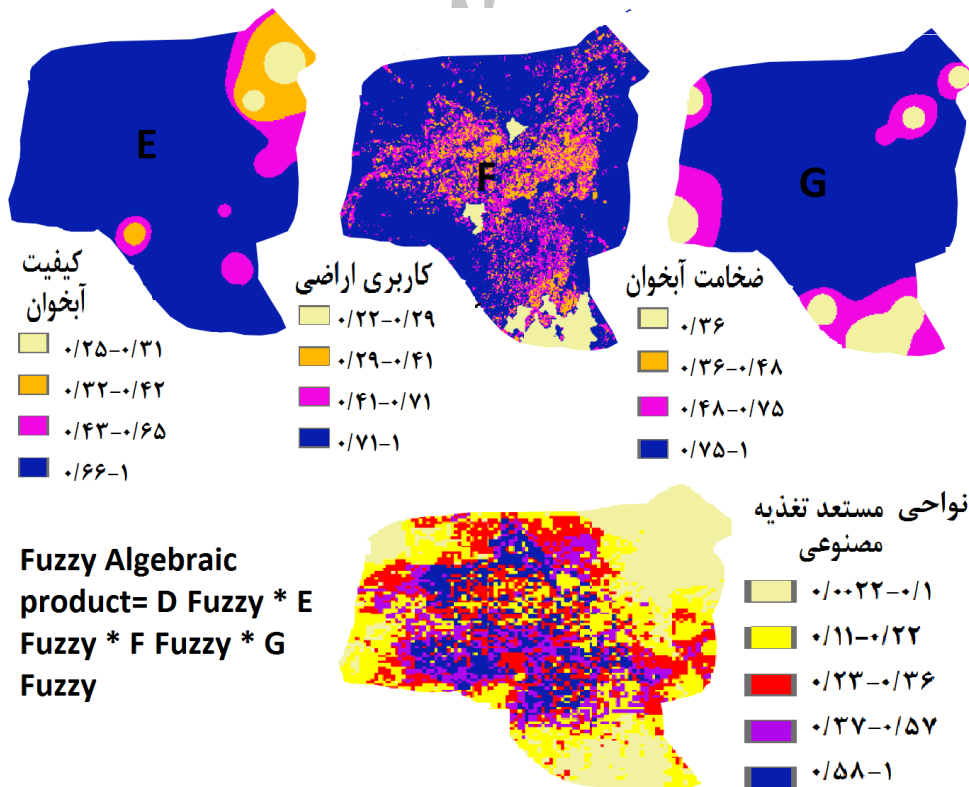
بررسی نقشه حاصل از مکان‌یابی مناطق مستعد با استفاده از منطق بولین (شکل ۱۱) نشان می‌دهد که تنها ۲/۳۴ درصد اراضی (معادل ۱۰/۹۵ کیلومترمربع

یک را در بر نمی‌گیرد و تمامی نواحی دارای یک ارزش

(کمینه یا بیشینه) در رابطه با ویژگی مورد نظر است.



شکل ۱۲- سه لایه ورودی برای محاسبه لایه تغذیه خالص بر اساس منطق فازی



شکل ۱۳- نقشه استعداد اراضی محاسبه شده نهایی بر اساس منطق ضرب جبری فازی

جدول ۷- نتایج حاصل از بررسی نقشه محاسبه شده با منطق

فازی			
رتبه در نظر گرفته شده	ارزش داده شده در محاسبات	مساحت آبخوان (km ²)	(%)
خیلی بد	۰/۰۱ - ۰/۰۲	۱۴۲/۴۸	۳۰/۴۴
بد	۰/۰۱ - ۰/۲۲	۱۴۴/۸۵	۳۰/۹۵
متوسط	۰/۳۶ - ۰/۲۲	۸۹/۳۱۳	۱۹/۰۸
خوب	۰/۵۷ - ۰/۳۶	۴۷/۱۲	۱۰/۰۶
خیلی خوب	۱ - ۰/۵۷	۴۴/۲۲	۹/۴۴

خانه واحد مذکور برای سال ۱۳۹۱ نشان داد که عملکرد سامانه تصفیه در ماه‌های سرد سال (دمای زیر ۲۵ درجه سانتی‌گراد) پایین می‌آید، بررسی‌ها نشان داد که بیشترین میزان آلودگی در آذر ماه رخ می‌دهد (جدول ۳). همچنین بررسی‌ها نشان داد که کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده در این ماه بیشتر از حد مجاز اعلام شده به‌وسیله سازمان محیط زیست ایران از نظر تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و مصارف آبیاری می‌باشد (جدول ۲ و ۳). این نتایج نشان‌دهنده کافی نبودن سامانه لاگون‌های هوادهی و نیاز مبرم به ساخت فیلتر شنی در سامانه تصفیه‌خانه مذکور است. همچنین، از آنجایی که پساب‌های صنعتی تصفیه شده می‌توانند برای تغذیه سفره‌ها به‌کار روند (Alizadeh, ۲۰۱۰) و همچنین، از طرفی لایه‌های خاک و کشت گیاهان ویژه در منطقه می‌تواند به‌عنوان یک محیط تصفیه طبیعی برای فاضلاب‌های صنعتی عمل نماید (Ghaemizadeh و همکاران، ۲۰۱۳)، در مجموع با توجه نتایج حاصل و نزدیکی نقاط مساعد تغذیه به این ناحیه صنعتی بوعلی (شکل‌های ۲، ۱۱ و ۱۳) می‌توان از پساب خروجی شهرک صنعتی بوعلی واقع در منطقه جهت تغذیه سفره استفاده نمود. این نتایج با نتایج حاصل از (Ghaemizadeh و همکاران، ۲۰۱۳) نیز تطابق دارد که نشان دادند که با توجه به بافت خاک آبخوان دشت همدان-بهار، استفاده از فاضلاب به‌منظور تغذیه مصنوعی آبخوان همراه با کشت گیاه در این محدوده می‌تواند اثر مساعدی را به همراه داشته باشد.

اگرچه باید بررسی‌های زیست محیطی بیشتری در زمینه امکان استفاده از خروجی تصفیه‌خانه مذکور انجام گیرد. توصیه می‌شود، مناطق مشخص شده در پژوهش حاضر به‌ویژه مناطق مساعد دارای همپوشانی در دو روش ذکر شده، که محدودیت نقض مالکیت خصوصی کمتری دارد، مورد بررسی بیشتری قرار گیرد. خصوصاً آن‌که این نواحی نزدیکی بیشتری به ناحیه صنعتی بوعلی دارند. همچنین توصیه می‌شود، به‌منظور بررسی دقیق‌تر، بافت خاک و گیاهان بومی این نواحی و تغییرات احتمالی کاربری اراضی در منطقه، مطالعات زیست‌محیطی بیشتری صورت گیرد.

در مجموع نتایج حاصل از شبیه‌سازی منطق فازی نتایج حاصل از منطق بولین را هم در بر می‌گیرد (شکل ۱۱ و ۱۳). همچنین، بررسی نقشه‌ها نشان می‌دهد که عامل کاربری اراضی بیشترین محدودیت در انتخاب مکان مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان را ایجاد می‌کند (شکل ۶). این نتایج با نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در دشت شهرکرد (Mahdavi و همکاران، ۲۰۱۰) و در دشت شمیل و آشکارا (Ramezani Mehrian و همکاران، ۲۰۱۱) مطابقت دارد که بیشترین عامل محدود کننده در تغذیه مصنوعی آبخوان را کاربری اراضی معرفی کرده‌اند.

تغذیه منابع آلاینده شهری و صنعتی (کارخانه شیشه و کشتارگاه) و عدم مدیریت صحیح کودهای شیمیایی باعث آلوده شدن آب این آبخوان شده است. از جمله این آلودگی‌ها می‌توان به مشکل نیتراته بودن آب آبخوان در برخی نواحی اشاره کرد. از آنجایی که بهترین روش برای کاهش آلودگی نیتراتی در آب، افزایش حجم آب و در نتیجه کاهش غلظت نیترات در آب می‌باشد. کاهش حجم مخزن علاوه بر ایجاد مشکلات ناشی از کمبود آب در بخش کشاورزی و شرب مشکل آلودگی آب را نیز افزایش می‌دهد، از این‌رو اجرای طرح تغذیه مصنوعی آبخوان مورد نظر دارای اهمیت دو چندان است و لازم است که با جدیت بیشتری دنبال شود.

یکی از صنایع مهم موجود در منطقه شهرک صنعتی بوعلی می‌باشد که روزانه فاضلابی معادل ۶۰۰ مترمکعب تولید می‌کند. فاضلاب تولیدی این مرکز صنعتی پس از اعمال تصفیه مقدماتی به‌وسیله لاگون‌های هوادهی در محیط رها می‌شود. نتایج حاصل از بررسی داده‌های اندازه‌گیری شده از خروجی تصفیه-

منابع مورد استفاده

1. Alizadeh, A. 2010. Principles of applied hydrology. Mashhad, Astane Qodse Razavi, 870 pages (in Persian).
2. Al-shaykh, A., M. Soltani and H. Helali. 2002. Application of GIS in the feasibility study of flood spreading. *Tahghihat Gographiaee*, 17(4): 23-38 (in Persian).
3. Aronof, A. 1997. Geographic Information Systems. Tehran, National Cartographic Organization, 310 pages.
4. Beven, K. and P. German. 1982. Macropores and water flow in soils. *Journal of Water Recourses*, 18: 1311-1325.
5. Chowdhury, A.K., M. Jha and V.M. Chowdary. 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*, 59: 1209-1222.
6. Dadrasi Sabzevar, A. and M. Khosroshahi. 2008. Identify suitable areas to flood distribution conceptual model approach (strategy for tackling desertification). *Iranian Range and Desert Researches*, 15(2): 227-241 (in Persian).
7. Department of the Environment's Office of Legal and Parliamentary Iranian Affairs. 2001. Collection of laws and regulations on environmental protection. Vol. I and II (in Persian).
8. Ghaemizadeh, F., H. Banejad and O. Bahmani. 2013. Cadmium transport simulation under different soil conditions using the physical non-equilibrium model. *Water and Soil Science*, 24(4): 29-44 (in Persian).
9. Ghasemi, A., H. Zare Abyane, A. Shahsavari and B. Yaghoobi Kikle. 2009. Study the changes in groundwater quality and quantity of Hamedan-Bahar Plain. *Plant and Ecosystem*, 109-127 (in Persian).
10. Ghermez Cheshme, B. 2001. Study of quaternary sediments to determine suitable areas flood spreading (case study: North East of Isfahan). MSc Thesis, 104 pages (in Persian).
11. Graeme, A. and G.F. Bonham-Carter. 1996. Geographic information system for geoscientists. New York, Pergamon, 9: 267-302.
12. Hekmatpor, M., S. Feyznia, H. Ahmadi and A. Khalilpoor. 2007. Classification suitable areas for artificial recharge in Varamin plain Using GIS and decision-making support systems (DSS). *Journal of Environmental Studies*, 33(42): 8-10 (in Persian).
13. HMRW. 2013. Hamedan Regional Water Company Reports. Available online at: <http://www.hmrw.ir/fa/index.aspx>, Accessed 21, May 2013 (in Persian).
14. Jalali, M. and Z. Kolahchi. 2005. Nitrate concentrations in Hamedan-Bahar groundwater resources. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science)*, 19(2): 194-202 (in Persian).
15. Kattaa, B., W.Al. Al-Fares and A.R. Charideh. 2011. Groundwater vulnerability assessment for the Banyas Catchment of the Syrian coastal area using GIS and the RISKE method. *Environmental Management*, 91: 1103-1110.
16. Krishnamurthy, J. 1996. An approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographical information system. *Remote Sensing*, 17 (10): 1867-1884.
17. Mahdavi, A., M. Nori Emamzadee, R. Mahdavi Najafabadi and H. Tabatabaee. 2010. Study the feasibility of ground water artificial recharge by using Fuzzy logical in Shahrekord plain. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science)*, 15(56): 63-76 (in Persian).
18. Mahroz Moghanlo, K., S. Feyznia, J. Ghiomian and H. Ahmadi. 2005. Study of quaternary sediments to determine suitable areas flood spreading by using Remote Sensing Technology (RS) and Geographical Information Technique (GIS) (case study: Tasuj plain). *Iranian Journal of Rang and Desert Research*, 12(4): 437-467 (in Persian).
19. Nadafi, K., F. Vaezi, M. Farzadkia and A. Kimiaee Talab. 2005. Evaluation of the performance of aerated lagoons in wastewater treatment Bu Ali Industrial Estate, Hamedan. *Journal of Water and Wastewater (Ab and Fazilab)*, 54: 47-53 (in Persian).
20. Naseri, H., M. Azizkhani and S. Maknoni. 2009. Integration geographic information systems and multi criteria decision in the feasibility study of flood spreading in artificial recharge (case study: Chahdraz plain, Sirjan). *Iranian Journal of Geology*, 3(10): 97-105 (in Persian).
21. Nori, J., R. Nabizadeh, K. Nadafi, M. Farzadkia, Sh. Omidi, A. Kolivand and M. Binavapoor. 2009. Qualitative and quantitative study of waste water of an Industrial Estate (case study: Bu Ali Industrial Estate). *Journal of Environmental Science and Technology*, 11(4): 215-223 (in Persian).
22. O'Hare, M.P., D.M. Fairchild, P.A Hajali and L.W. Canter. 1986. Artificial Recharge of Groundwater.

23. Piscopo, G. 2001. Groundwater vulnerability map. Explanatory notes, Castlereagh Catchment, NSW. Department of Land and Water Conservation Australia, Available online at: http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/water/groundwater/reports/pdfs/castlereagh_map_notes.pdf.
24. Parker, D.C., S.M. Manson, M.A. Janssen, M. Hoffmann and P. Deadman. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2): 314–337.
25. Rahmani, A. and M. Sadhi. 2004. Prediction changes in groundwater level plain of Hamedan-Bahar by using time series model. *Journal of Water and Wastewater (Ab and Fazilab)*, 51: 42-49 (in Persian).
26. Rahmani, A., M. Samadi and M. Heydari. 2008. Assessment of water quality in lowland rivers flowing Hamedan-Bahar for irrigation on the Vilkouks diagram. *Journal of Research in Agriculture*, 8(1): 27-35(in Persian).
27. Raj Pathak, D. and R.P. Akira. 2011. An integrated GIS based fuzzy pattern recognition model to compute groundwater vulnerability index for decision making. *Hydro-environment Research*, 5: 63-77.
28. Ramezani Mehrian, M., B. Malek Mohamadi, H. Jafari and Y. Rafiee. 2011. Feasibility study of artificial recharge of ground water by using the method of multiple criteria decision making and geographic information system (case study: Hormozgan Province, Shamil and Ashkara Plain). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 5(14): 1-10 (in Persian).
29. Sedaghat, M. 2008. *Earth and water resources (groundwater)*. Tehran, Payame Noor, 288 pages (in Persian).
30. Sprague, R.H., and E.D. Carlson. 1982. *Building effective Decision Support Systems*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc.
31. Toranjian, A. 2009. Locations are investigating damage to ground water contamination in Hamedan-Bahar plain using GIS. MSc Thesis, 93 pages (in Persian).
32. Zehtabian, Gh., S. Alavipanah and H. Hamedpanah. 2002. Evaluate the performance of the model in the feasibility study of flood spreading (case study: Taghrod Qom). *Desert*, 7(1): 19-29 (in Persian).

Archive of SID