Archive of SID

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال دهم. شماره سی و هشتم، زمستان ۱۳۹۸

تعیین محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی آبخوان هشتگرد به روش منطق فازی GIS مبنا

مهران قدرتی[۱]، ایرج سعید پناه[۲]

تاریخ ارسال:۱۳۹۸/۰۱/۳۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۶/۰۲

مقاله پژوهشی

چکیده

در طول دو دهه گذشته به علل مختلف از جمله کاهش بارندگی ها، افزایش جمعیت، مدیریت نامناسب آب، برداشت از منابع آب زیرزمینی به صورت مدیریت نشده در کشور افزایش یافته است که کاهش تراز آب زیرزمینی، ایجاد فرونشست ها و فروچاله ها در دشت ها از پیامدهای آن بوده است. مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی از طریق دو مولفه اصلی کاهش برداشت از آبخوان و افزایش تغذیه آن امکان پذیر می باشد. هدف از انجام تحقیق حاضر، مکان یابی مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان هشتگرد در ایران از طریق ایجاد بندهای تاخیری و یا حوضچه های تغذیه با در نظر داشتن عدم قطعیت‌های موجود در این زمینه و رعایت معیارهای لازم با استفاده از روش منطق فازی می باشد. در این روش هر یک از معیارهای فنی و اقتصادی موثر در انتخاب محل مناسب، به صورت لایه رستر تولید گردیده و توابع عضویت فازی معیارها تعیین گردید. در نهایت به روش های مختلف، همپوشانی فازی لایه ها بررسی و مناطق مناسب تعیین گردید. نتایج نشان داد مناطق مناسب در بستر و اطراف رودخانه کردان در بالادست اتوبان تهران- تبریز به مساحت ۹۰ هکتار و در پایین دست راه آهن تهران- تبریز به مساحت ۳۵۰ هکتار مشخص گردید. با عنایت به جهت جریان آب زیرزمینی و تامین مساحت مورد نیاز تغذیه مصنوعی، منطقه ۹۰ هکتاری اطراف رودخانه کردان در بالادست اتوبان تهران- تبریز به عنوان مناسب ترین گزینه جهت ایجاد بندهای تاخیری و حوضچه های مصنوعی تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: آبخوان هشتگرد، آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی، منطق فازی، GIS

[۱] کارشناس ارشد شرکت آب منطقه ای تهران، تلفن: ۰۹۱۲۵۲۶۸۴۸۶، **ایمیل:** Mehranghodrati@yahoo.com

[۲] استادیار گروه عمران دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، ۰۹۱۲۴۴۳۲۱۸۱، Saeedpanah@znu.ac.ir(نویسنده مسئول)

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب های زیرزمینی یکی از منابع بسیار مهم تامین آب شیرین در جهان به شمار می رود. (Sargaonkar,A., et al., 2011) و نسبت به آب‌های سطحی رودخانه ها و دریاچه ها مزایای زیادی دارند (Lubezynski, M.W., 2006). تعادل پایدار منابع آب زیرزمینی به فعالیت‌های انسانی و پارامترهای هیدرولوژیکی بستگی دارد (Hofkes&Visscher ,1986). منابع آب زیرزمینی اهمیتی مضاعف در مناطق دارای اقلیم خشک و نیمه خشک مانند گستره ایران زمین دارد. مصارف بی رویه و کنترل نشده منابع آب سطحی و زیرزمینی، کاهش نزولات جوی، عدم تعادل بین عرضه و تقاضا، الگوی کشت نامناسب و عدم آبیاری صحیح، حفر چاههای متعدد و بهره برداری بی رویه از آنها از دلایل ایجاد شرایط بحرانی وضعیت منابع آب زیرزمینی است که این شرایط در برخی دشت‌های ایران نیز وجود دارد. چنانچه روند کاهشی سطح آب زیرزمینی موجب کاهش متوسط سالانه سطح آب آبخوان هشتگرد در حد ۱۰ متر در طول ۱۰ سال گذشته بوده است (مشاور آبخوان،۱۳۹۰). افزایش هزینه استحصال آب و افزایش مصرف انرژی، کاهش کیفیت آب و نشست زمین از مهمترین پیامدهای کاهش سطح تراز آب زیرزمینی است.

به منظور جبران کسری مخازن آب زیرزمینی و متعادل نگهداشتن تراز آن، نیاز به مدیریت آب زیرزمینی از طریق کاهش مصرف و یا افزایش تغذیه دارد. پروژه‌های تغذیه مصنوعی، بعنوان یک مکانیزم، زمینه حفاظت از آب‌های زیرزمینی و جلوگیری از افت سفره‌ها در اثر استخراج بیش از حد را فراهم می‌کند. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی از اوایل قرن ۱۹ در اروپا و در اواخر این قرن در آمریکا آغاز شد. از آن به بعد، این‌کار درسطح جهان گسترش پیدا نموده است (Nirmala et al., 2011). تغذیه مصنوعی دشت‌ها به روش‌های مختلف از جمله روش پخش سیلاب، استفاده از چاه‌های تغذیه و حوضچه‌های تغذیه انجام می‌شود. یکی از موارد مهم در موفقیت اجرای عملیات تغذیه به روش حوضچه های تغذیه مکان یابی بهینه و تعیین محل مناسب است. در تعیین دقیق محل‌های مناسب، استفاده از اطلاعات موثر در این زمینه، تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مربوطه و در نهایت تجزیه و تحلیل نتایج دارای اهمیت زیادی است. بدین منظور استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی بر پایه GIS بدلیل اینکه می توان با استفاده از آنها سیستم‌های پیچیده‌ای را با انعطاف بیشتری مدل‌سازی نمود و همچنین امکان استفاده از اطلاعاتی که قطعیت ندارد را نیز به کاربر می دهد دارای کاربری بیشتری نسبت به روش های کلاسیک است. نظریه منطق فازی برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی عسگرزاده دانشمند برجسته ایرانی ارائه شد ودر علوم مختلف کاربردهای فراوانی دارد.

محققین بسیاری از جمله Mamou and Chenini (2009)howdhury et al. (2010) , Nirmala et al., (2011) , Agarwal et al., (2013), Zaidi et al., (2015) و Senanayake et al., (2016) روش‌های بر پایه GIS را برای شناسایی مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی مورد استفاده قرار داده‌اند. Senanayakeet. al, (2016) در منطقه‌ای در سریلانکا برای تعیین محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی، با بکارگیری GIS و ترکیب لایه‌های مربوط به پارامترهای شیب، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، پوشش زمین، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و پوشش خاک نتیجه گیری نمودند که بکارگیری این تکنیک، بستری مناسب از لحاظ زمانی و همچنین هزینه و عملیات در زمینه تعیین محل های مناسب تغذیه مصنوعی ایجاد می‌کند. Agarwal et al., (2013) در تحقیقی در سال ۲۰۱۳ در حوضه Loni کشور هند، رویکردی بر اساس GIS و RS برای شناسایی مناطق مناسب اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی ارائه دادند. آنها با بکارگیری مدلSCS-CN و پارامترهای مورفولوژی و عمق آب زیرزمینی برای تعیین محل‌های مناسب جهت انجام اقدامات حفاظت از منابع آبی اقدام نمودند. در این تحقیق، بر موثربودن GIS به عنوان یک ابزار برای یکپارچه سازی پارامترهای تعریف شده توسط کاربر تاکید شده است.

اقدامات انجام شده توسط محققین دیگر در خصوص تعیین محل های مناسب تغذیه مصنوعی، عمدتاً بر پایه روی هم گذاری ساده و یا وزنی پارامترهای مختلف در محیط GIS بوده است. به ارزش لایه ها نگاه کلاسیک (صفر و یک) شده است. در این تحقیق از منطق فازی برای تعریف تابع عضویت پارامترهای موثر

www.SID.ir

Archive of SID

و همپوشانی فازی آنها در محیط GIS بهره گرفته شده است. به کارگیری منطق فازی، عدم قطعیت پارامترهای موثر را مورد توجه قرار می دهد و ارزش همه سلول هایی که مقداری بین صفر و یک دارند در تصمیم گیری و انتخاب مکان مناسب دخالت می دهد.

منطقه مطالعاتی

م‌حدوده هشتگرد با مساحت حدود ۱۲۸۰ کیلومتر مربع در فاصله جغرافیایی بین ´۲۰-°۵۰ و ´۱۰-°۵۱ طول جغرافیایی و ´۴۰-°۳۵ و ´۱۰-°۳۶ عرض جغرافیایی در دامنه جنوبی رشته کوههای البرز قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع در محدوده هشتگرد ۴۰۵۹ متر و حداقل آن ۱۱۳۲ متر می باشد. میانگین بارندگی سالانه در ارتفاعات این منطقه ۳۱۸ میلی متر و در نواحی پست این منطقه ۱۶۲ میلیمتر می باشد. مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی و مناطق صنعتی بسیاری در این محدوده واقع شده است. مساحت تقریبی آبخوان آبرفتی دشت هشتگرد ۵۹۵ کیلومتر مربع می باشد. رودخانه کردان با طول تقریبی ۷۸ کیلومتر زهکش اصلی آب های سطحی محدوده مطالعاتی هشتگرد می باشد. بر اساس گزارش شرکت آب منطقه ای تهران (سال ۱۳۹۰)، سالانه بطور متوسط ۳۲۴ میلیون متر مکعب آب توسط چاه ها، چشمه های آبرفتی و قنوات از این آبخوان برداشت شده است و در اثر آن کسری سالانه برابر ۱۴ میلیون متر مکعب به آبخوان هشتگرد تحمیل شده است. شکل شماره ۱ موقعیت محدوده مطالعاتی را نسبت به کشور ایران، موقعیت آبراهه ها، جاده های اصلی و همچنین شرایط ارتفاعی دشت را نشان می دهد.

مواد و روش ها

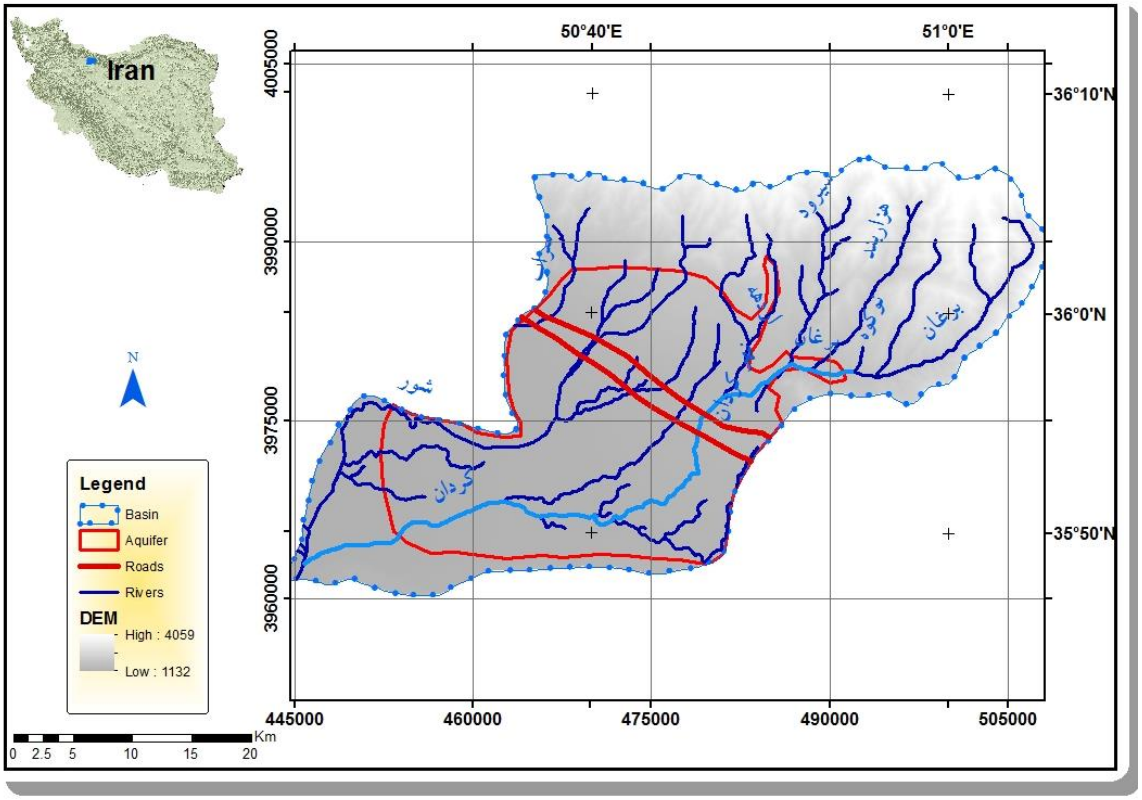
در این تحقیق از داده های تراز ارتفاعی منطقه (DEM)، آبراهه ها و جاده ها، واحدهای زمین شناسی منطقه، قابلیت انتقال آب زیرزمینی، ضخامت آبرفت، چاه های مشاهده ای و کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی هشتگرد و آبخوان واقع در آن محدوده استفاده شده است. هر کدام از پارامترها را می‌توان به عنوان مجموعه در نظر گرفت و اگر پارامتر پیچیده و یا دارای عدم قطعیت باشد، جهت بررسی آن پارامتر به عنوان مجموعه فازی در نظر گرفته می شود. میزان تعلق یک پارامتر به یک مجموعه فازی با تابع عضویت تعریف می شود و میزان عضویت یک پارامتر در آن بین صفر و یک است (Al-Abadi, A.M., et al.,2017). در این تحقیق از ۵ گام اصلی زیر برای تعیین و انتخاب محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی آبخوان هشتگرد استفاده شده است (Lee,S. et al, 2012). و برای تعیین توابع عضویت لایه های فوق و همپوشانی آنها از ArcGIS 10.2 استفاده شده است.

۱- شناسایی پارامترهای موثر در انتخاب محل مناسب تغذیه مصنوعی در قالب دو معیار فنی و اقتصادی. معیار فنی شامل پارامترهای لیتولوژی، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال و معیارهای اقتصادی شامل پارامترهای فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و فاصله از جاده ها.
۲- تولید لایه رستری پارامترهای موثر شناسایی شده در گام قبل.
۳- تعیین توابع عضویت تک تک لایه ها. بدین منظور، توابع عضویت گوسین و خطی مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت به خاطر ماهیت پدیده‌ها، توابع عضویت خطی بر روی لایه های اصلی تعریف و تعیین گردید. خروجی این مرحله، ۶ لایه رستر فازی با مقادیر بین صفر تا یک می باشد. در تعیین بازه های توابع عضویت از قضاوت کارشناسی نیز استفاده شده است.
۴- تلفیق لایه‌های رستر فازی و ایجاد همپوشانی. از بین حالت‌های مختلف همپوشانی فازی (اشتراک، اجتماع، جمع، ضرب، گاما)، سه روش Sum، Product و Gama مورد آزمون واقع شد. از همپوشانی لایه ها، مناطق مناسب (درجه عضویت یک یا نزدیک به یک) جهت ایجاد حوضچه های تغذیه مصنوعی یا بندهای تاخیری شناسایی گردید.
۵- کنترل و صحت سنجی نتایج حاصله از همپوشانی لایه ها توسط معیارهای دیگری نظیر مساحت مناطق مناسب تغذیه، جهت جریان آب زیرزمینی و عوامل توریستی و اجتماعی انجام شده است.

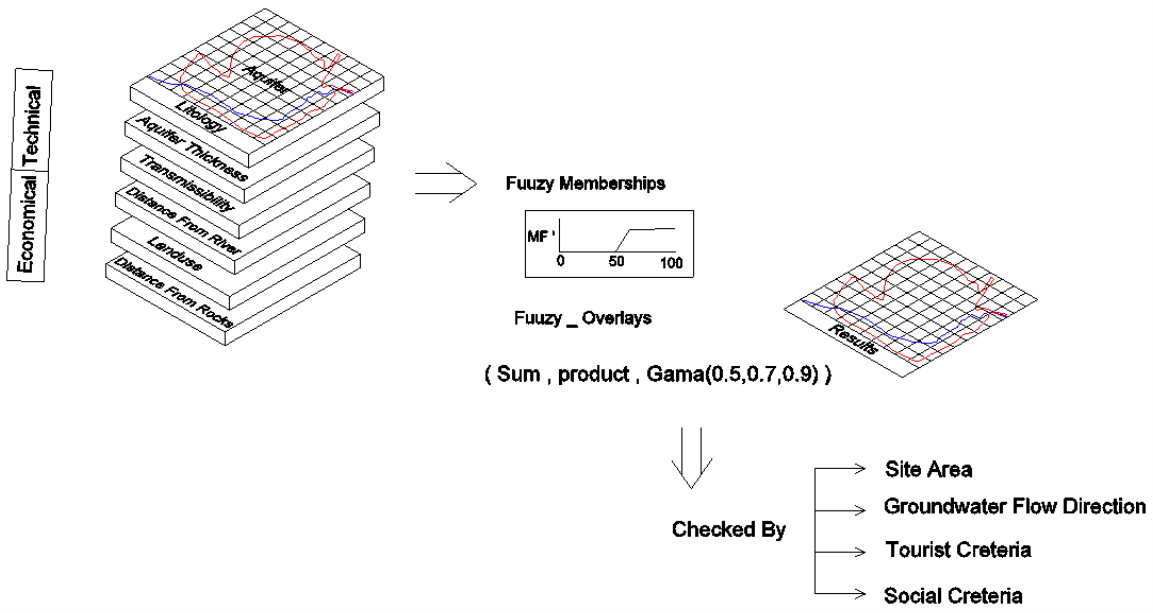
فلوچارت روش تحقیق در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی،آبراهه ها و جاده های اصلی و شرایط ارتفاعی محدوده مطالعاتی هشتگرد



شکل(۲): فلوچارت روش تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

عملگر گاما از حاصل ضرب عملگرهای جمع و ضرب فازی مطابق رابطه ۱ استفاده می کند.

$$\mu_{\text{Combination}} = (\text{Fuzzy Algebric Sum})^{\gamma} \times (\text{Fuzzy Algebric Product})^{1-\gamma} \quad (۱)$$

در رابطه ۱ $\mu_{combination}$ (همپوشانی گاما) و مقدار γ عددی بین صفر تا یک می باشد. اگر مقدار گاما یک انتخاب شود، نتیجه برابر روش Sum و در صورت انتخاب گاما برابر صفر نتیجه برابر Product خواهد شد.

بحث و نتایج

برحسب شرایط منطقه، روش و میزان تغذیه مصنوعی پارامترهای مختلفی می‌تواند در تعیین محل مناسب آن موثر باشد. حجم آب برنامه ریزی شده جهت تغذیه در دشت هشتگرد برابر ۱۲ میلیون مترمکعب در سال است (مشاور کاوآب، ۱۳۸۸) و روش های تغذیه مانند تغذیه از طریق حوضچه ها و یا بندهای تاخیری و یا ترکیبی از این روش ها در نظر گرفته شده است. بر این اساس و با در نظر داشتن، نظر پژوهشگرانی از جمله Kallali, H., 2008و Sargaonkar, A., 2011، معیارهای استفاده شده در این تحقیق در سه تقسیم بندی کلی فنی، اقتصادی، اجتماعی و گردشگری قرار داده شده است. از معیارهای اجتماعی و گردشگری برای کنترل صحت نتایج بدست آمده از معیارهای فنی و اقتصادی استفاده شده است.

پارامترهای واحدهای زمین شناسی (تفکیک واحدهای سازند سخت و آبرفت)، ضخامت آبرفت در دشت و قابلیت انتقال آب زیرزمینی به عنوان معیار فنی لحاظ شده است. فاصله مناسب از منابع تامین آب (فاصله از رودخانه کردان)، فاصله مناسب از شریان های حیاتی (مانند فاصله از بزرگراه کرج- قزوین و جاده قدیمی هشتگرد و راه آهن تهران- تبریز) و سازه های حساس (مانند فاصله مناسب از خطوط انتقال نفت، گاز و فیبر نوری)، کاربری اراضی (به تفکیک مناطق شهری و صنعتی، مراتع، باغ، زمین های زراعی، شوره زار و غیره) به عنوان معیار اقتصادی در نظر گرفته شده است. همچنین به عوامل اجتماعی نظیر همدلی کشاورزان، قومیت و ساختار و بافت جمعیتی منطقه و امکان ایجاد جاذبه گردشگری در اطراف حوضچه ها جهت تعیین محل مناسب تغذیه مصنوعی دشت هشتگرد توجه شده است.

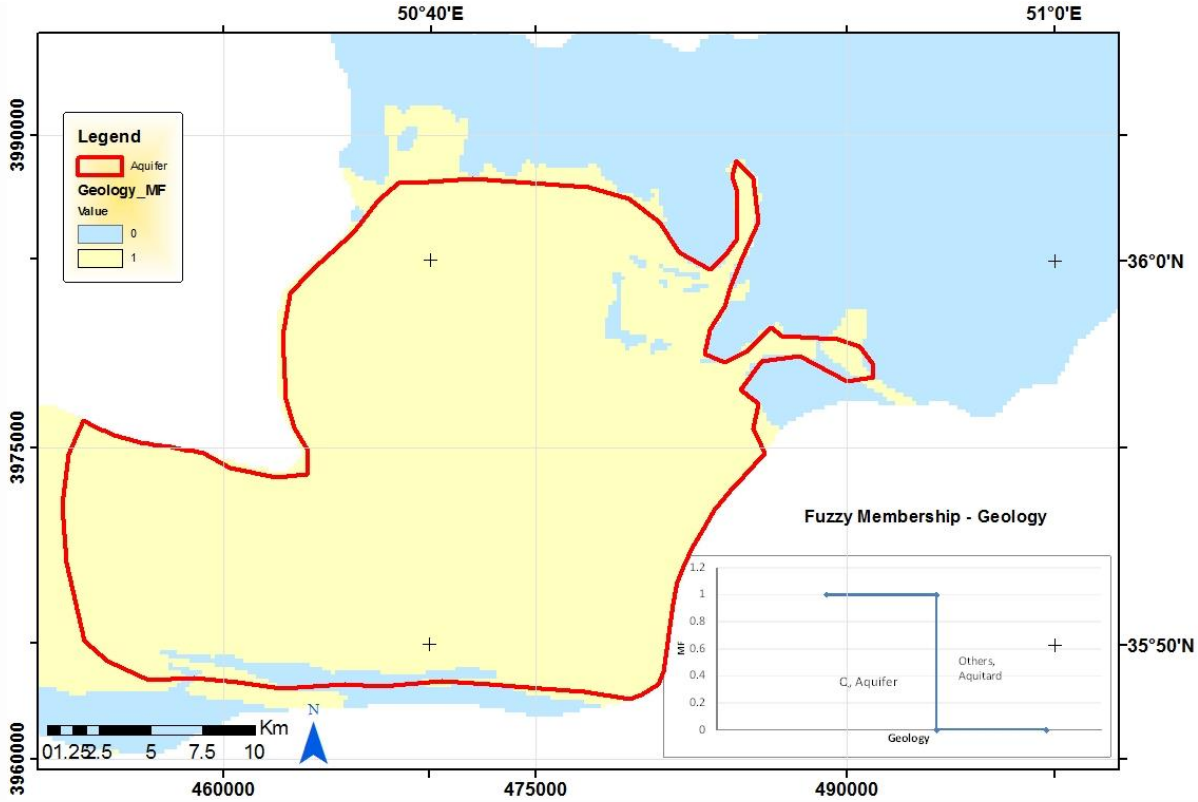
معیارهای فنی

لایه زمین شناسی

تغذیه مصنوعی در نواحی آبخوان های آبرفتی امکان پذیر است. این نواحی باید رس کمتری داشته باشد(Anane, M., el.,2008). همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، به منظور تفکیک آبرفت از سازند سخت و سایر واحدهای زمین شناختی، تابع عضویت به فرمت صفر و یک (صفر برای واحدهای سازند سخت و یک برای آبرفت های عهد حاضر) تعریف و استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



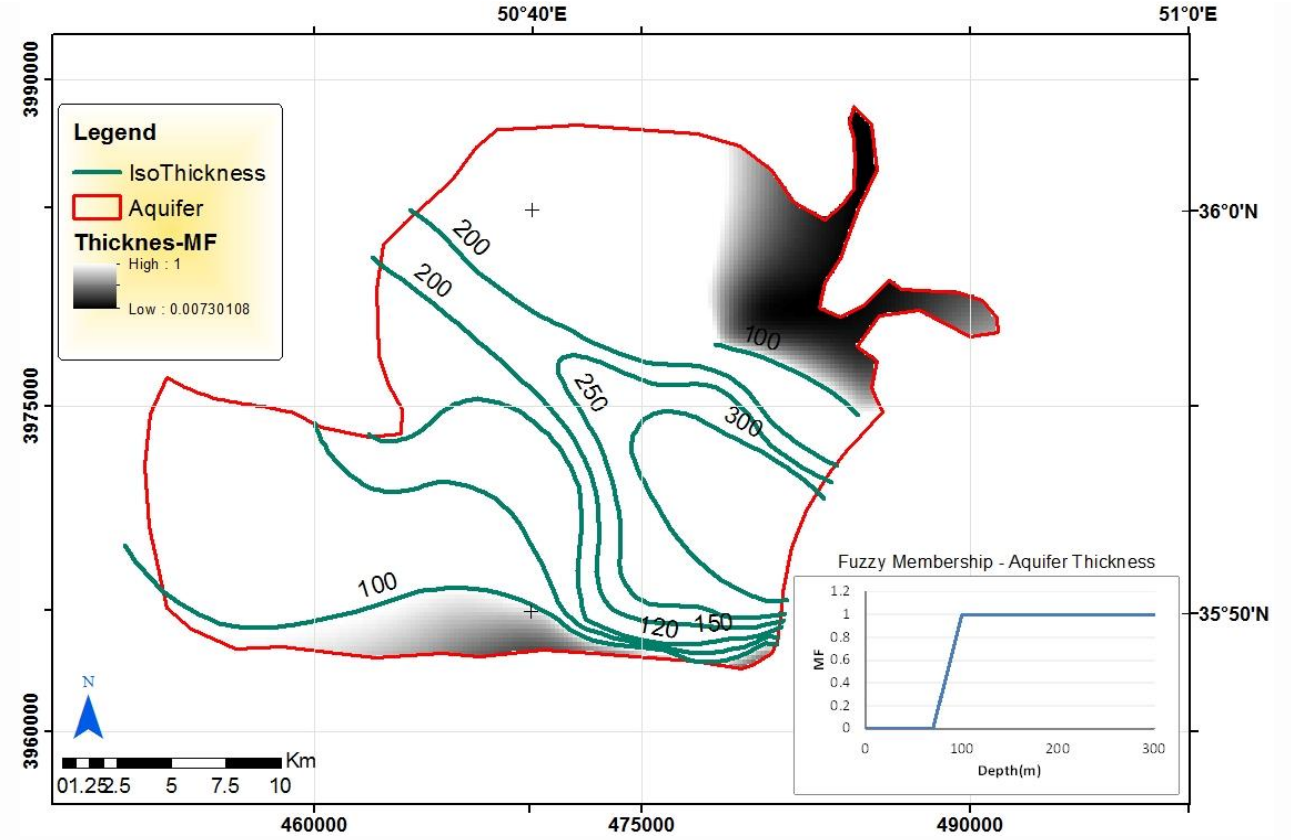
شکل(۳): تابع عضویت تعریف شده برای واحدهای آبرفت و سازند سخت و لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

ضخامت آبرفت

ضخامت آبرفت یکی معیارهای مهم فنی است. اگر ضخامت غیر اشباع آبرفت بیشتر باشد فرصت تصفیه آب تغذیه شده تا رسیدن به ناحیه اشباع آبخوان بیشتر خواهد بود (Anane, M., et al., 2008 and Elewa, H. et al., 2010). ضخامت بیشتر آبرفت، قابلیت بالایی برای ذخیره آب تغذیه شده خواهد داشت. همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، ضخامت آبخوان هشتگرد در محدوده مورد مطالعه بین حدود ۵۰ متر تا ۳۰۰ متر متغیر است (مشاور آبخوان، ۱۳۹۰). بیشترین ضخامت در ناحیه میانی دشت قرار دارد. ضخامت زیاد نواحی تاثیر مثبتی بر کاندید شدن آن نواحی در انتخاب محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی دارد. بر اساس قضاوت کارشناسی و پس از سعی و خطا برای ضخامت آبرفت بیشتر از ۱۰۰ متر تابع عضویت یک، و برای ضخامت بین ۷۰ تا ۱۰۰ متر تابع عضویت کاهشی از یک تا صفر و برای ضخامت آبرفت کوچکتر از ۷۰ متر تابع عضویت صفر لحاظ شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



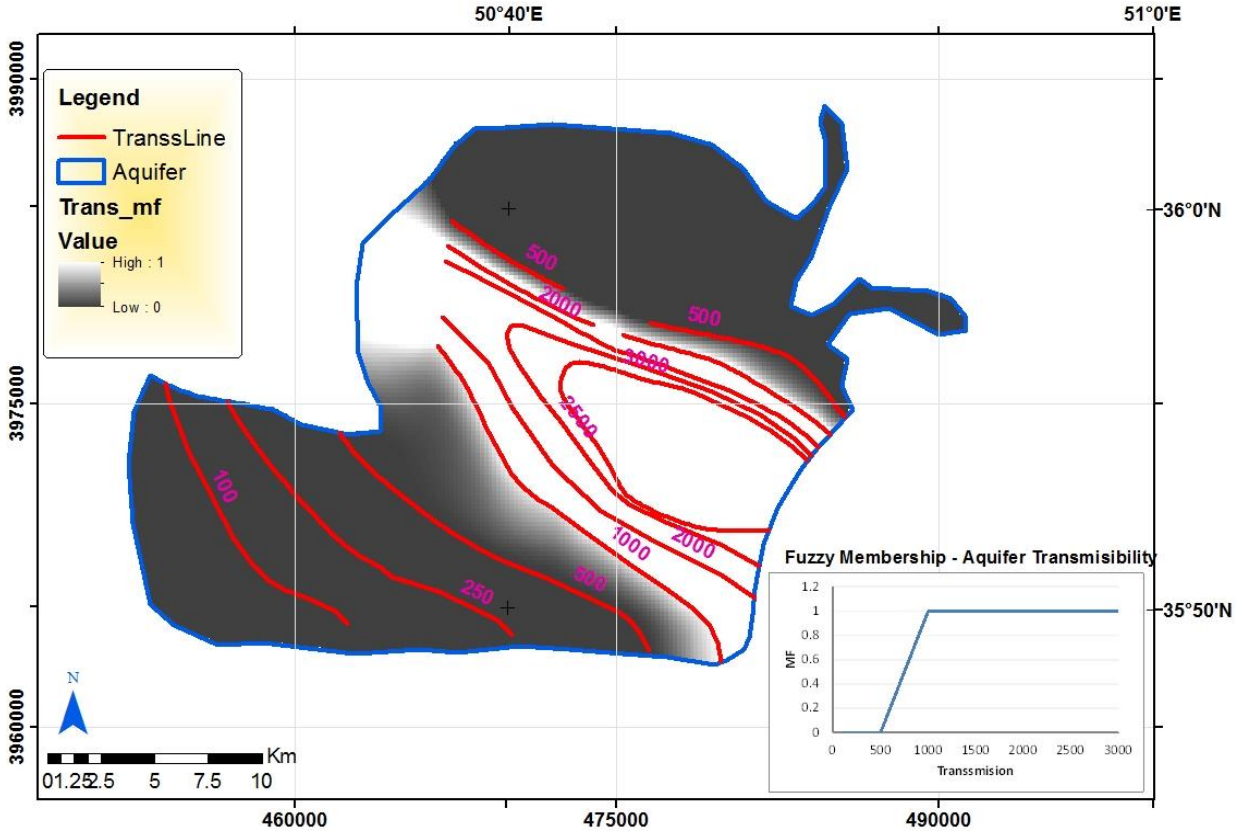
شکل(۴): منحنی های ضخامت آبرفت (متر)، تابع عضویت تعریف شده و لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

قابلیت انتقال

قابلیت انتقال آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی معیار مهمی در انتخاب محل مناسب تغذیه مصنوعی و مطالعات آب زیرزمینی است (Elewa, H. et al., 2010). هر چه قدر میزان این پارامتر در محلی از آبخوان بیشتر باشد، آن محل جهت تغذیه آب زیرزمینی مناسب خواهد بود. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، قابلیت انتقال محدوده مورد مطالعه بین حدود ۱۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مربع در شبانه روز متغیر است. بر اساس قضاوت کارشناسی و پس از سعی و خطا، برای قابلیت انتقال بیش از ۱۰۰۰ مترمربع در شبانه روز تابع عضویت یک، برای مقدار قابلیت انتقال بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع در شبانه روز تابع عضویت کاهشی یک تا صفر و برای قابلیت انتقال کمتر از ۵۰۰ مترمربع در شبانه روز تابع عضویت صفر لحاظ شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۵): منحنی های قابلیت انتقال آب (متر مربع در شبانه روز)، تابع عضویت تعریف شده و لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

ایجاد بندهای تاخیری در بستر رودخانه (فاصله از رودخانه)

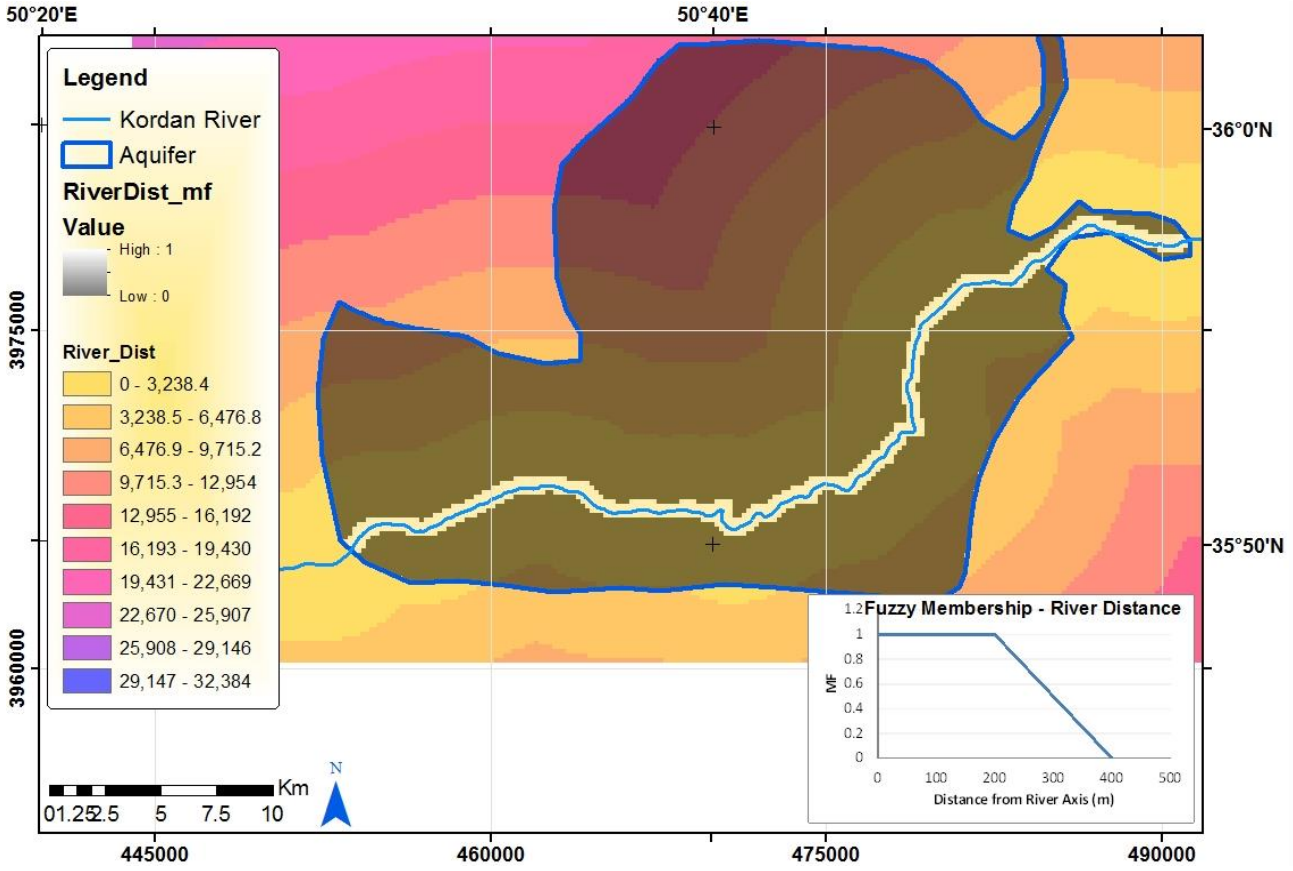
بستر رودخانه در دشت، محل مناسبی جهت ایجاد بند تاخیری است تا از طریق آبرفت های بستر آب سطحی وارد آبخوان شود. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است، عرض بستر رودخانه کردان در محل ورود به دشت حدود ۵۰ متر بوده و در پایین دست بزرگراه کرج- قزوین به حدود ۲۰۰ متر می رسد. جهت تعیین تابع عضویت این پارامتر، فاصله ۲۰۰ متری از محور رودخانه عضویت کامل (مقدار یک)، از فاصله ۲۰۰ متری تا ۴۰۰ متری از محور رودخانه عضویت خطی (مقدار بین یک تا صفر) و برای فواصل بیش از ۴۰۰ متری تابع عضویت صفر لحاظ شده است. در تعیین فاصله از محور رودخانه، ۲۰۰ متر پهنای بستر رودخانه و ۲۰۰ متر هم پهنای سیلاب دشت در هر راستای چپ و راست رودخانه و در مجموع پهنای ۸۰۰ متری مورد بررسی واقع شده است. انتخاب بازه ها بر اساس قضاوت کارشناسی بوده است.

کاربری اراضی

کاربری اراضی منطقه در شکل ۷ نشان داده شده است. در محدوده آبخوان بخش عمده اراضی به زمین های کشاورزی اختصاص پیدا کرده است. آبیاری زمین های کشاورزی خود عامل تقویت تغذیه آبخوان به شمار می رود(Zaidi et al., (2015. بعد از زمین های کشاورزی، نواحی شهری و مسکونی مساحت قابل توجهی را به خود اختصاص داده است. با توجه به حجم مازاد آب های سطحی (حدود ۱۲ میلیون متر مکعب در سال) و جریان های سیلابی که عمدتا در سه ماه از اسفندماه تا اوایل خرداد ماه اتفاق می افتد سطح مورد نیاز حوضچه های تغذیه به حدود ۳۰ هکتار می رسد. تملک زمین هایی با این سطح در نواحی شهری امکانپذیر نیست. تملک باغ های منطقه نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و بیشترین امتیاز ابتدا به زمین های بایر و مراتع و در رتبه بعدی به زمین های کشاورزی اختصاص پیدا کرده است.

www.SID.ir

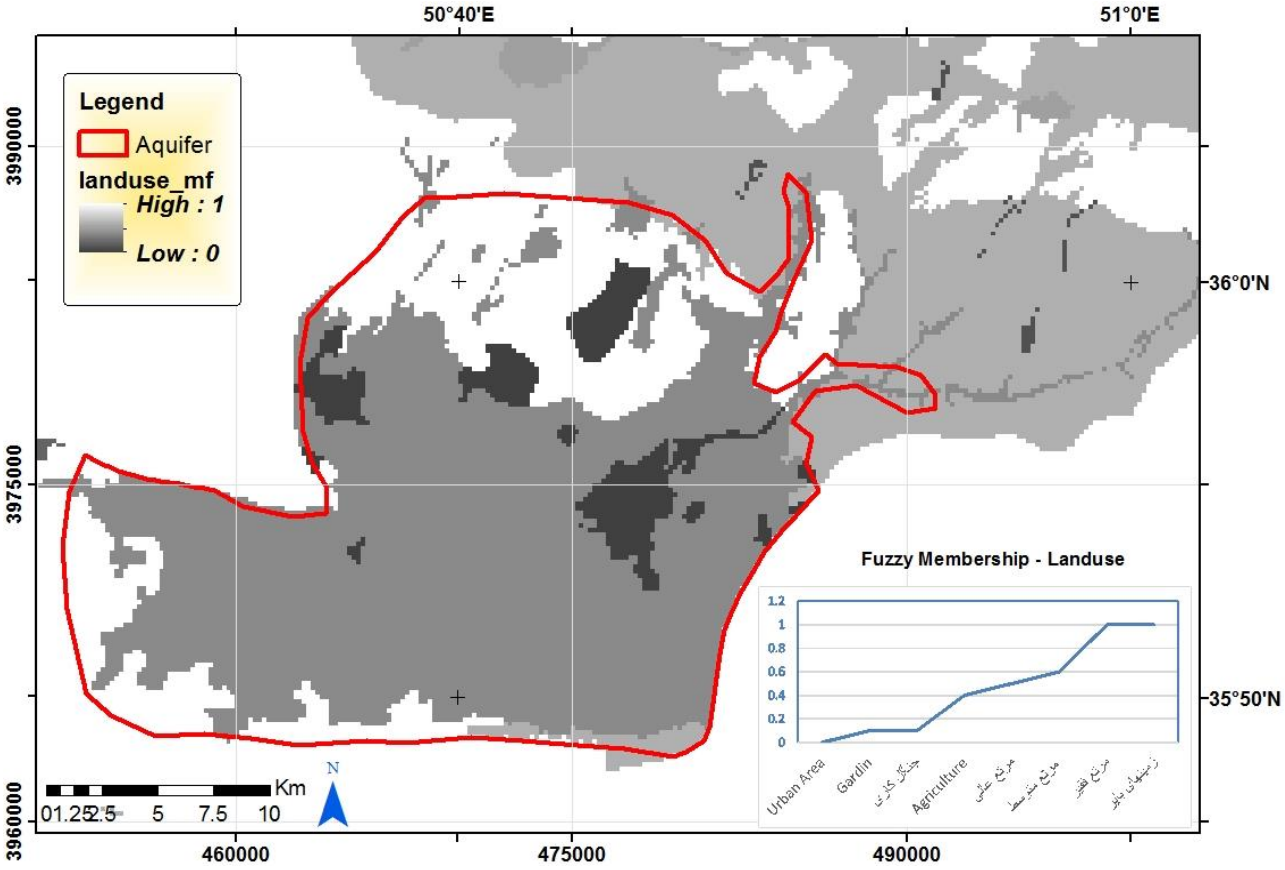
Archive of SID



شکل(۶): فاصله از محور رودخانه (متر)، تابع عضویت تعریف شده و لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۷): کاربری اراضی، تابع عضویت تعریف شده و لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

جدول(۱): درجه عضویت پارامترهای تابع عضویت کاربری اراضی

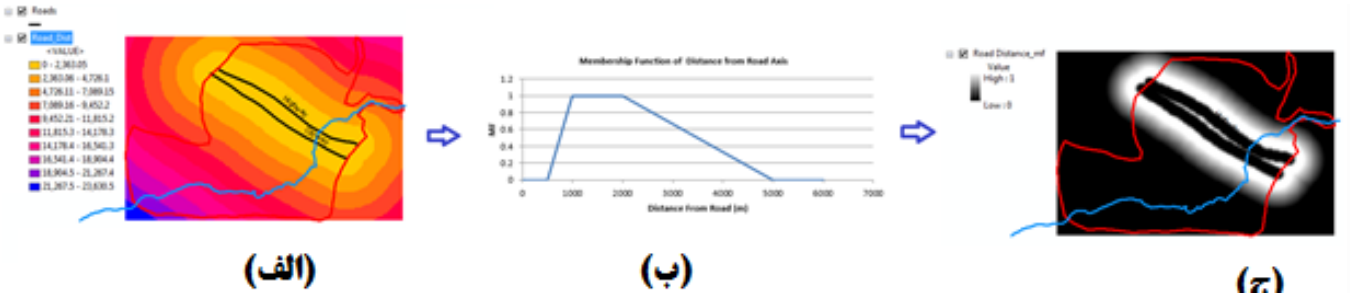
پارامتر	شهر	باغ	جنگل کاری	کشاورزی		مرتع		زمینهای بایر
				آبی	دیم	متوسط	فقیر	
درجه عضویت	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۱	۱

www.SID.ir

Archive of SID

فاصله از جاده ها

در محدوده مورد مطالعه این تحقیق آزادراه تهران- تبریز و جاده قدیمی تهران- قزوین وجود دارد. در حاشیه و حریم جاده ها شریان های حیاتی مانند خطوط انتقال گاز، برق، سوخت و فیبر نوری وجود دارد. همچنین در محل تلاقی جاده ها با رودخانه پل ها وجود دارد. به منظور جلوگیری از آسیب به شریان های حیاتی در اثر بالا آمدن تراز آب زیرزمینی در نواحی تغذیه علی الخصوص جلوگیری از مستغرق شدن پایه های پل ها، از این منظر محل تغذیه مصنوعی هر چه قدر فاصله بیشتری با جاده داشته باشد مناسب خواهد بود. از طرفی فاصله محل تغذیه مصنوعی اگر نزدیک جاده انتخاب شود، هزینه های حمل مصالح در زمان اجرای پروژه کاهش خواهد یافت و امکان جذب گردشگر در زمان بهره برداری افزایش خواهد یافت. به همین منظور بر اساس قضاوت کارشناسی فاصله صفر تا ۵۰۰ متری از محور جاده ها دارای تابع عضویت صفر، از ۵۰۰ متر تا ۱۰۰۰ متری تابع عضویت از صفر تا ۱، از ۱۰۰۰ متری تا ۲۰۰۰، تابع عضویت یک و از ۲۰۰۰ متری تا ۵۰۰۰ متری تابع عضویت به صورت کاهشی از یک تا صفر و مابقی فواصل از محور جاده ها دارای تابع عضویت برابر صفر لحاظ شده است.



شکل(۸): (الف): فاصله از جاده (ب): تابع عضویت تعریف شده و (ج): لایه رستر حاصل از تابع عضویت اعمال شده

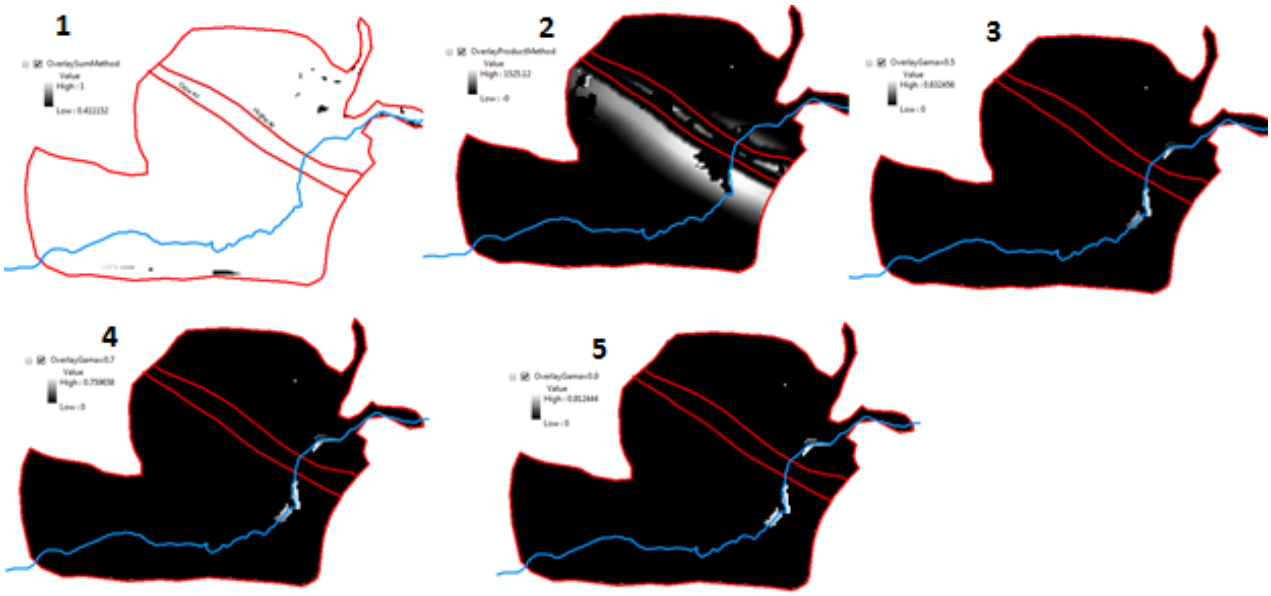
همپوشانی فازی لایه ها

همپوشانی های Sum (اعمال کمترین محدودیت)، Product (اعمال بیشترین محدودیت) و روش گاما با مقادیر ۰/۵ ،۰/۷ ، ۰/۹ برای همپوشانی لایه هایی که تابع عضویت آنها تهیه شده بود، اعمال گردید. نتایج روش ها در شکل ۹ دیده می شود.

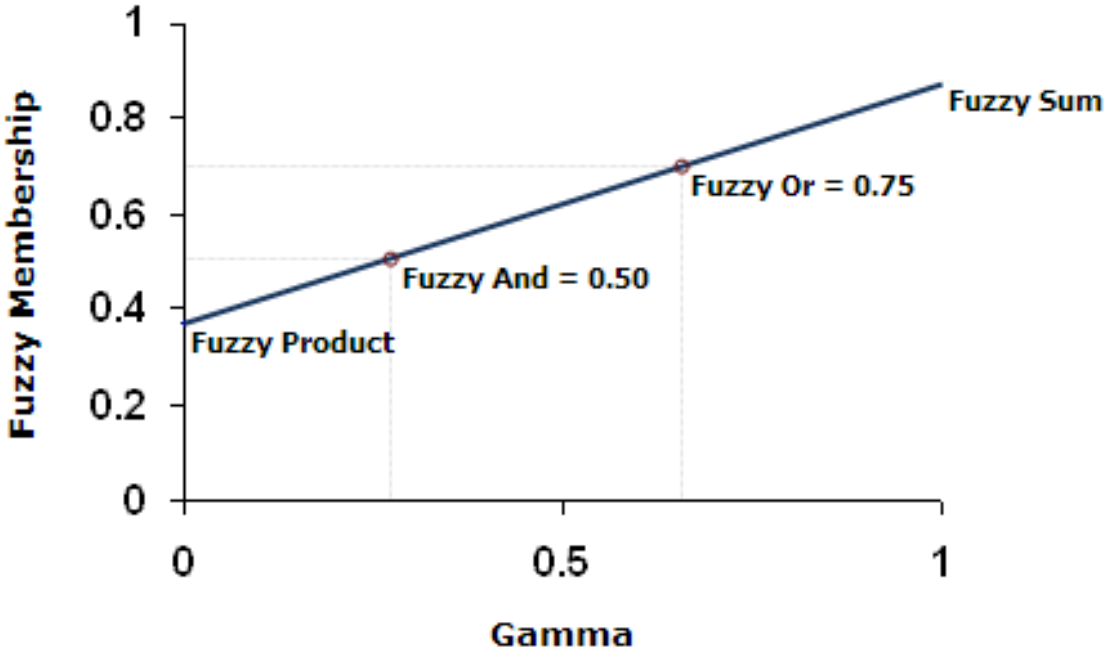
جواب روش گاما با توجه به شرایط منطقه و معیارهای ذکر شده فنی و اقتصادی منطقی تر و قابل قبول می باشد. انتخاب مقادیر ۰/۵، ۰/۷ ، ۰/۹ برای گاما نتایج و تفاوت معنی داری ندارد. در روش های گاما با مقادیر مختلف، مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی در مسیر رودخانه کردان و در بالادست و پایین دست اتوبان تهران- تبریز با درجه عضویت نزدیک به یک مشخص شده است. مساحت تقریبی منطقه بالادست اتوبان بیش از ۹۰ هکتار و مساحت تقریبی منطقه پایین دست بیش از ۳۵۰ هکتار ذکر شده است. این نواحی به ترتیب با شماره های یک و دو بر روی شکل ۱۱ مشخص شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



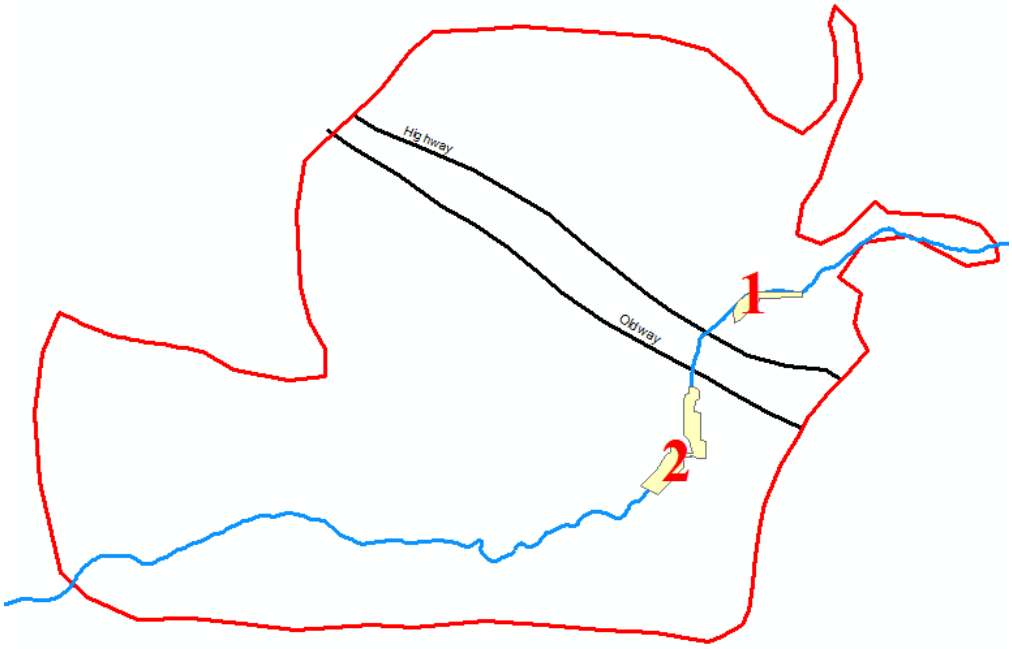
شکل(۹): نتایج همپوشانی لایه ها به روش های **Sum** (شماره ۱)، **Product** (شماره۲)، گاما برابر ۰/۵(شماره ۳)، گاما برابر ۰/۷(شماره ۴) و گاما برابر ۰/۹ (شماره ۵)



شکل(۱۰): مقایسه روش های گاما با **Sum** و **Product**

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۱۱): نتایج همپوشانی نهایی و انتخاب مناطق مستعد تغذیه مصنوعی

کنترل مساحت مورد نیاز

در گزارش مطالعات تغذیه مصنوعی کردان، میزان حجم تغذیه سالانه برابر ۱۲ میلیون متر مکعب، و با توجه به فصلی و سیلابی بودن جریان رودخانه کردان و ظرفیت تغذیه روزانه در منطقه (برابر نیم متر نفوذ از هر متر مربع در شبانه روز) مساحت مورد نیاز جهت احداث حوضچه های تغذیه مصنوعی طبق رابطه ۲ برابر حدود ۳۰ هکتار ذکر شده است.

$$A = \frac{Q\,(0.0001)(365)}{L_w} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق، A برابر با مقدار مساحت مورد نیاز بر حسب هکتار، Q معادل حجم منبع آبی برنامه ریزی شده جهت تغذیه مصنوعی بر حسب متر مکعب در روز و Lw برابر بار هیدرولیکی روزانه بر حسب متر بر روز می باشد. در این تحقیق با توجه به مقدار حجم آب برنامه ریزی شده که معادل ۱۲ میلیون متر مکعب در سال می باشد و همچنین با در نظر داشتن بار هیدرولیکی معادل روزانه ۰/۵ متر مطابق تجربیات قبلی درطرحهای پیشین اجرا شده در این زمینه، مقدار اراضی مورد نیاز معادل ۳۰ هکتار محاسبه شده است. با توجه به مساحت نواحی شماره یک (بیش از ۹۰ هکتار) و شماره دو (بیش از ۳۵۰ هکتار) پیشنهادی در این تحقیق مساحت مورد نیاز جهت ایجاد حوضچه یا بندهای تاخیری قابل تامین است.

کنترل جهت جریان

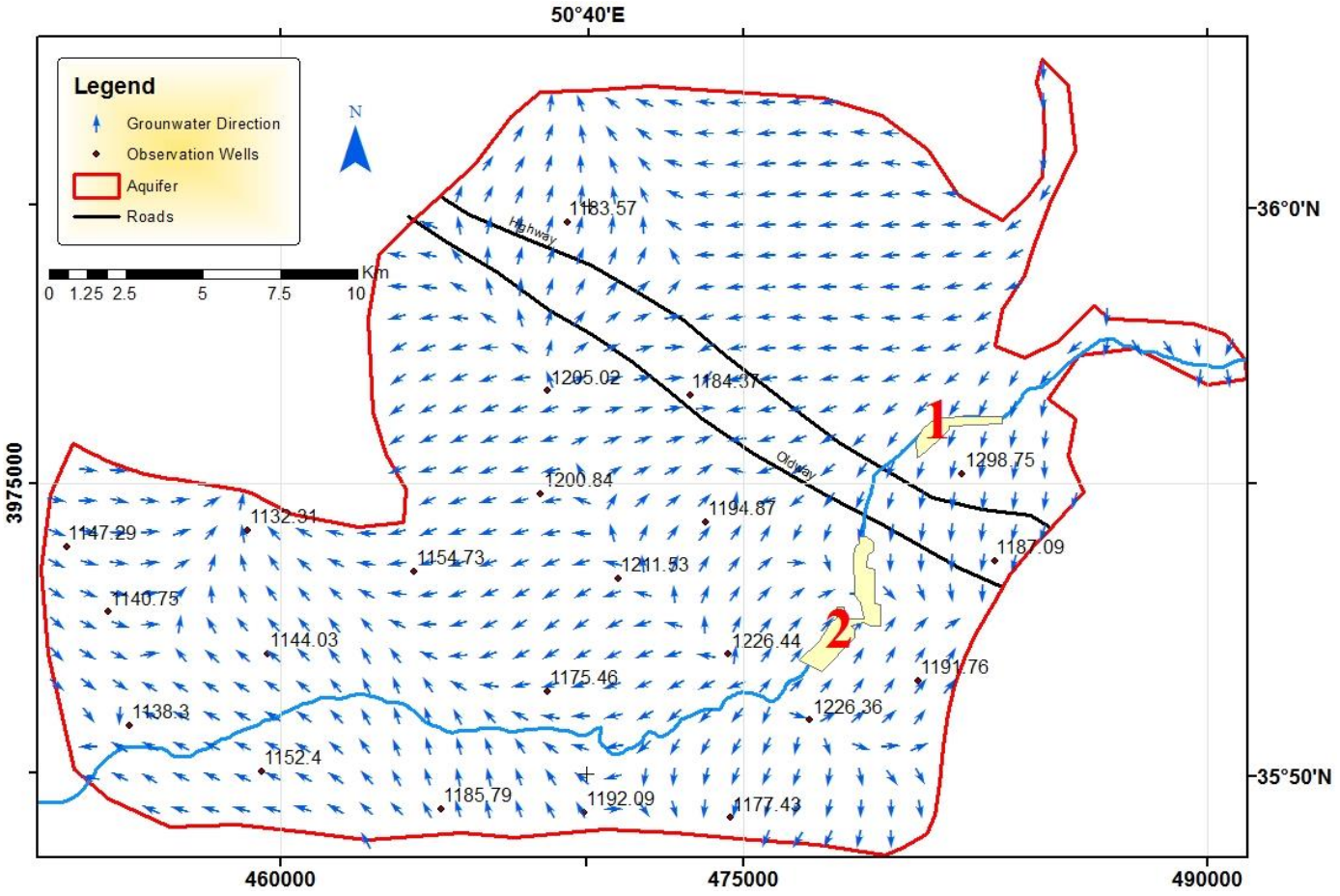
تراز آب زیرزمینی آبخوان هشتگرد حداقل در ۲۲ حلقه چاه مشاهده ای به صورت ماهانه اندازه گیری و ثبت می شود. به کمک این داده ها (داده های مهرماه سال ۱۳۹۰- شرکت آب منطقه ای تهران) جهت جریان آب زیرزمینی در محیط GIS محاسبه و در شکل ۱۲ ارائه شده است. بر اساس این شکل مشخص است که جهت غالب آب زیرزمینی در راستای شمال شرقی به سمت مرکز و جنوب غربی محدوده آبخوان است. یعنی جهت جریان از سمت رودخانه کردان به سمت مرکز و نیمه پایانی آبخوان است.

منطقه پیشنهادی زون یک برای تغذیه مصنوعی به طور متوسط در تراز ارتفاعی ۱۳۷۰ متر از سطح آب های آزاد قرار گرفته است. زون دو منطقه پیشنهادی بطور متوسط در تراز ارتفاعی ۱۲۷۵ متر قرار دارد. با توجه به تراز سطح زمین و راستای جهت حرکت آب زیرزمینی در شکل زیر می توان گفت که حداقل ۴۱۳ کیلومتر مربع از ۵۹۵ کیلومتر مربع آبخوان هشتگرد (حدود

www.SID.ir

Archive of SID

۷۰ درصد مساحت آبخوان) تحت تاثیر تغذیه مصنوعی حوضچه ها یا بندهای تاخیری زون شماره یک قرار خواهد گرفت. بر همین اساس حدود ۵۰ درصد مساحت آبخوان هشتگرد تحت تاثیر تغذیه مصنوعی بندهای تاخیری و یا حوضچه های زون شماره ۲ پیشنهادی قرار خواهد گرفت.



شکل(۱۲): جهت جریان آب زیرزمینی و محل های منتخب جهت تغذیه مصنوعی

عوامل اجتماعی و گردشگری

زون یک انتخاب شده برای ایجاد بندهای تاخیری و یا حوضه های تغذیه مصنوعی تقریبا در ابتدای ورود رودخانه کردان به آبخوان هشتگرد و در بستر و اطراف آن واقع شده است. از نظر کاربری و مالکیت بستر و حریم بستر رودخانه ها در اختیار دولت قرار دارد و در صورت احداث سازه در این محل تنش اجتماعی بوجود نخواهد آمد. ضمن اینکه بیش از ۷۰ درصد آبخوان تحت تاثیر تغذیه مصنوعی این زون قرار گرفته و همه آبادی های واقع در آبخوان از فواید تغذیه مصنوعی بهره مند خواهند شد.

در قسمت شمالی زون یک منطقه گردشگری کوهسار و پارک و منطقه تفریحی بنیاد جانبازان واقع شده است. با ایجاد کمر بند سبز در اطراف سازه های تغذیه مصنوعی و با احداث هتل ها و فراهم آوردن سایر امکانات گردشگری می توان به رونق گردشگری در منطقه کمک شایانی کرد.

نتیجه گیری

به منظور شناسایی مناطق مناسب جهت ایجاد حوضه های تغذیه مصنوعی و یا بندهای تاخیری در آبخوان هشتگرد، معیارهای مختلف شناسایی شد. معیارها در تقسیم بندی های

www.SID.ir

Archive of SID

فنی و اقتصادی به صورت لایه های رستری تولید شده و بر اساس منابع یا قضاوت کارشناسی توابع عضویت لایه ها مشخص گردید. برای تعیین تابع عضویت لایه ها، روش های تابع عضویت خطی و گوسین مورد آزمون قرار گرفته و در نهایت تابع عضویت خطی به دلیل سهولت کاربرد و توانایی اعمال تغییرات دلخواه شیب و شکستگی خطوط، به عنوان روش مناسب انتخاب و بکار گرفته شد.

همپوشانی فازی معیارهای فنی و اقتصادی به روش های مختلف مورد آزمون واقع شد و در نهایت خروجی روش همپوشانی گاما با ضریب گامای ۰/۷ مناسب ترین مکان انتخاب و تعیین گردید (شکل ۹). در این روش همپوشانی، دو منطقه در حواشی رودخانه کردان در بالادست و پایین دست اتوبان تهران- تبریز به عنوان مناسب ترین مکان جهت ایجاد بند تاخیری و یا حوضچه های تاخیری مشخص گردید (شکل ۱۱). مساحت منطقه انتخاب شده در بالادست اتوبان ۹۰ هکتار و مساحت منطقه پایین دست اتوبان فوق ۳۵۰ هکتار است. با عنایت به جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان هشتگرد، اگر منطقه بالادست اتوبان جهت تغذیه مصنوعی انتخاب شود، ۷۰ درصد نواحی آبخوان تحت تاثیر تغذیه مصنوعی قرار خواهد گرفت.

این تحقیق نشان داد منطق فازی GIS به علت توان بالای آن در تعریف توابع عضویت خطی برای معیارهای مختلف و موثر بر انتخاب مکان مناسب، تکنیک بسیار کاربردی به منظور انتخاب مکان مناسب تغذیه مصنوعی آبخوان به شمار می رود. همچنین روش همپوشانی گاما مناسب ترین روش همپوشانی تشخیص داده شد.

منابع

Zaidi, F. K., Nazzal, Y., Ahmed, I., Naeem, M. & Jafri, M. K. 2015. Identification of potential artificial groundwater recharge zones in Northwestern Saudi Arabia using GIS and Boolean logic. Journal of African Earth Sciences, 111: 156–169.

Lee,S., Song,K., Kim, Y., Park,I. 2012. Regional groundwater productivity potential mapping using a geographic information system (GIS) based artificial neural network model.Hydrogeology Journal, 20(8):1511-1527.

Anane, M., Kallali,H., Jellali, S., Ouessar, M. 2008. Ranking Suitable Sites for Soil Aquifer Treatment in Jerba Island (Tunisia) using Remote Sensing, GIS and AHP-Multicriteria decision analysis. International Journal of Water, 4(1/2):121 - 135.

Elewa, H., Fathy, R., Qaddah, A. 2010. The contribution of geographic information systems and remote sensing in determing priority areas for hydrogeological development, Darb el-Arabain area, Western Desert, Egypt. Hydrogeology Journal, 18(5):1157-1171.

Sargaonkar, P.A., Rathi, B., Baile, Archana. 2011. Identifying potential sites for artificial groundwater rechargein sub-watershed of River Kanhan, India. Environmental Earth Sciences, 62(5): 1099-1108.

Al-Abadi, A., Shahid, Sh., Ghalib, H.B., Handhal, A.M.2017. A GIS-Based Integrated Fuzzy Logic and Analytic Hierarchy Process Model for Assessing Water-Harvesting Zones in Northeastern Maysan Governorate, Iraq. Arabian Journal for Science and Engineering, 42(6):2487-2499.

Agarwal, R., Garg, P. K., Garg, R. D. 2013. Remote Sensing and GIS Based Approach for Identification of Artificial Recharge Sites.Water Resources Management, 27(7): 2671-2689.

Amiri,M.P. 2010. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods.Expert Systems with Applications, 37(9): 6218-6224.

Bonham-Carter, G. F.1991. Geographic Information System for Geoscientists: Modeling with GIS.Pergamon, Ontario 291-300.

Cavallaro, F. 2010. Fuzzy TOPSIS approach for assessing thermal-energy storage in concentrated solar power (CSP) systems. Applied Energy, 87(2):496-503.

Chenini, I., Ben Mamou, A. 2010. Groundwater Recharge Study in Arid Region: An Approach using GIS Techniques and Numerical Modeling. Computers & Geosciences, 36(6): 801-817.

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 Sciences, 59(6):1209–1222.

www.SID.ir

Archive of SID

Eusuff, M. M., Lansey, K. 2004. Optimal Operation of Artificial Groundwater Recharge Systems Considering Water Quality Transformations. Water Resources Management, 18(4):379-405.

Hofkes E. H., Visscher, J. T.1986. Artificial Groundwater Recharge for Water Supply of Medium-Size *Communities* in Developing Countries. Hague.

Juang, C.H., Lee, D.H., Sheu, C. 1992. Mapping Slope Failure Potential Using Fuzzy Sets. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 118(3):475-494.

Kallali, H., Anane, M., Jellali, S. and Tarhouni, J. 2007. GIS-based multi-criteria analysis for potential wastewater aquifer recharge sites.Desalination, 215(1-3):111-119.

Lubezynski, M.W. 2006. Sustainability of groundwater resources and it's indicators. IAHS Pubisher, 1: 1-67.

Nirmala, R., Shankara, M., Nagaraju, D. 2011. Artificial Groundwater Recharge Studies in Sathyamangalam and Melur Villages of Kulathur Taluk, Pudukottai District, Chennai, Using GIS Techniques. Desalination, 1(7):1592- 1608.

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

Senanayake,I.P., Dissanayake, D.M.D.O.K., Mayadunna,B.B., Weerasekera, W.L. 2004. An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota, Sri Lanka using GIS techniques. Geoscience Frontiers, 7(1):115-124.

Sophocleous, M. 2004. Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. Hydrogeology Journal, 10(1): 52-67.

مشاور آبخوان، " گزارش اطلس منابع آب حوضه آبریز درجه ۲ دریاچه نمک"، ۱۳۹۰

مشاور کاوآب، "مطالعات مرحله اول آب های زیرزمینی دشت هشتگرد"، ۱۳۸۸

www.SID.ir

Archive of SID

Determination of Suitable Location for Groundwater Artificial Recharge of the Hashtgerd Aquifer by Fuzzy Logic-GIS Based Approaches

Mehran **Ghodrati**[1], **Iraj Saeedpanah**[2]

Abstract

Over the last two decades, unmanaged using of groundwater resources has increased in Iran. Also decreasing of precipitation, increasing of population and lack of culture creation for water consumers have caused reduction of groundwater level and downing of the plains and deserts. Reduction of using of groundwater resources and increasing of recharge of groundwater resources are two main methods for correct management groundwater resources. In this research, suitable locations will be determined in the Hashtgerd aquifer. In these locations, delayed dams and recharge ponds will be constructed. For considering of uncertainty and necessary criteria, this research utilizes fuzzy logic method. Fuzzy logic method produces effective technical and economic criteria as a grid and determines their fuzzy membership functions. By using of fuzzy overlapping, suitable locations were distinguished. These locations are in around and the bed of the Kordan River (the upstream of Tehran- Tabriz highway) with a total area of 90 hectares and the downstream of Tehran- Tabriz railway with a total area of 350 hectares. By attention to groundwater flow direction and selection of optimum area for artificial recharge of aquifer, around and the bed of the Kordan River (the upstream of Tehran- Tabriz highway) with a total area of 90 hectares was selected for construction of delayed dams and recharge ponds. The water volume for artificial recharge was predicted 12 MCM per year.

Key words: Hashtgerd aquifer, Groundwater, Artificial recharge, Fuzzy logic, GIS

[1] M.Sc., Tehran Regional Water Company, E-mail: Mehranghodrati@yahoo.com

[2]Assistant Professor, Department of Civil Engineering ,University of Zanjan, Iran, E-mail: Saeedpanah@znu.ac.ir (corresponding author)

www.SID.ir