مکان‌یابی اراضی مناسب برای تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از داده‌های منطقه‌ای و تصاویر ماهواره‌ای در استان یزد

امیر زارعی [۱]، سیروان زارعی [۲*]، آزاده نکوئی اصفهانی [۳]، وحید کاکاپور [۴]، بهاره کنعانی [۵]

۱– دانش‌آموخته گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲*– نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مدیریت بهداشت، ایمنی و محیطزیست (HSE)، دانشکده علوم پایه و فناوری‌های نوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی، تهران، ایران

۳–استادیار گروه مهندسی محیطزیست، دانشکده علوم ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، تهران، ایران

۴-دانش‌آموخته گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۵– دانش‌آموخته گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: Sirvanzareei1370@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۵

چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش روزافزون جمعیت، نیازهای انسانی و تغییر الگوهای مصرفی جوامع، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب را بیش‌ازپیش ایجاب می-کند. از راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی می‌توان به جبران این منابع از طریق تغذیه مصنوعی و بهره‌برداری با توجه به ظرفیت آبخوان‌ها اشاره نمود. با توجه به بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، تغذیه مصنوعی و مکان‌یابی محل‌های مناسب جهت اجرای چنین طرح‌هایی از اهمیت بالایی برخوردار است. ازاین‌رو در این تحقیق سعی شده تا با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدلAHP مناسب‌ترین عرصه‌ها برای اجرای عملیات روش‌های تغذیه مصنوعی در استان یزد، شناسایی شوند. بدین منظور ابتدا داده‌های ۱۱ پارامتر تأثیرگذار – شیب، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، هدایت الکتریکی، کاربری اراضی، میزان آب قابل‌دسترس، قابلیت انتقال آبخوان، پوشش گیاهی، هدایت هیدرولیکی و لایه فاصله از رودخانه منطقه موردمطالعه در محیط مناطقGIS آماده‌سازی گردید و سپس با به‌کارگیری مدل AHP (مدل وزنی) تمامی ۱۱ لایه وزن دهی شدند و سپس تلفیق شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که در حدود۲۶/۴۱ درصد کل مساحت استان (حدود $3690km^2$) ازلحاظ انجام تغذیه مناسب تشخیص داده شد و حدود ۹ درصد کل استان جهت انجام تغذیه نامناسب می‌باشند.

کلمات کلیدی:

" تغذیه مصنوعی "," استان یزد "," مدلAHP "

Locating Suitable Lands for Artificial Nutrition of Groundwater Aquifers Using Regional Data and Satellite Images in Yazd Province

Amir Zareei[1], Sirvan Zareei[2,*], Azadeh Nekouei Esfahani[3], Vahid Kakapour[4], Bahareh Kanani[5]

[1]Graduated from Water Resources Engineering Department, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[2*]Department of Health, Safety and Environment, Faculty of Basic Sciences and New Technologies, Islamic Azad University, Electronic Branch, Tehran, Iran

[3]Department of Environmental Engineering, Faculty of Science, Islamic Azad University, Parand Branch, Tehran, Iran

[4]Graduated from Watershed Engineering Department, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

[5] Graduated from Soil Engineering Department, Department of Natural Resources, Kurdistan University of Technology, Sanandaj, Iran

[*]Email Address:Sirvanzareei1370@yahoo.com

Abstract

In recent decades, increasing population, human needs and changing consumption pattern of communities, planning and management of water resources require more attention than before. Groundwater water resource management strategies can be compensated for and exploitation of these resources through artificial recharge of aquifers. According to the overuse of groundwater, artificial recharge and to locate suitable sites for the performance of such projects is very important Therefore, in this study, we tried to integrate GIS and AHP model is the most suitable arena for artificial feeding methods operations in Yazd province were identified. First Data 11 Parameter impressive - slope, geology, thick alluvium, electrical conductivity, land use, water content accessible, portability groundwater, vegetation, hydraulic conductivity and layer away from the river area of study in the areas of GIS were prepared and then using the AHP (the weight) were weighed and then every 11 layers were combined. The results of this study showed that about 41/26% of the total area of the province (around 3690 km2) was diagnosed in terms of carrying out proper nutrition and poor nutrition are about 9 percent for the whole province.

Keywords:

‘‘artificial recharge’’, ‘‘Yazd province’’, ‘‘AHP model’’

۱- مقدمه

قسمت عمده‌ای از کشور ما دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است به‌طوری‌که ۷۴ درصد از سطح کشور دارای بارندگی کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر است؛ بنابراین یکی از راه‌های مفید در تأمین آب موردنیاز بخش‌های مختلف و مقابله با خشک‌سالی کمک به افزایش ذخایر آب زیرزمینی است. با توجه به ارزش و اهمیت آب، مطالعه و بررسی منابع آب زیرزمینی با توجه به مزایا و فواید آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی و همچنین افت شدید سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی در اکثر دشت‌های کشور، حفظ و نگهداری از آن‌ها در اولویت قرار می‌گیرد. در این راستا یافتن عرصه‌های مناسبی که از هر جنبه شرایط لازم جهت تغذیه مصنوعی منابع آب‌های زیرزمینی را داشته باشد و آثار نامطلوب جانبی آن حداقل بوده و یا حتی‌الامکان نداشته باشد، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر در مبحث تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها است (فرجی و همکاران ۱۳۹۰). تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها یکی از روش‌هایی است که می‌تواند بخشی از آب خارج‌شده از این منابع را جایگزین نماید. تغذیه مصنوعی را می‌توان عملیات طراحی‌شده انسان برای انتقال آب از سطح زمین به داخل لایه‌های آبدار تعریف کرد (Ghayoumian et al 2007).

۲-روش انجام تحقیق

- **تحلیل سلسله مراتبی**

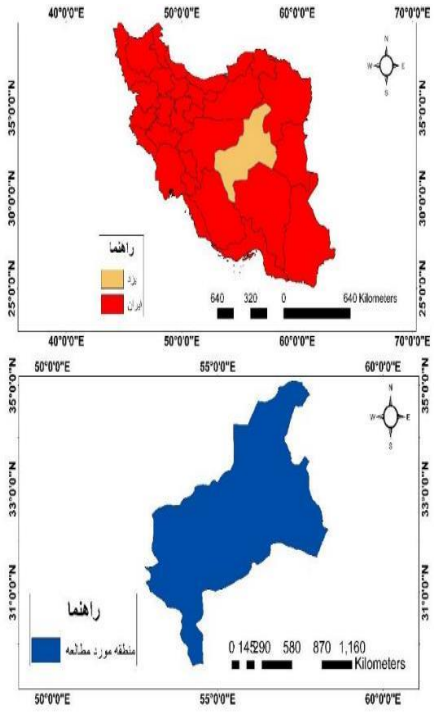
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP یکی از کارآمدترین تکنیک های تصمیم‌گیری است که اولین بار در دهه ۱۹۷۰ مطرح شد. این روش بر اساس تحلیل مغز انسان به‌منظور تجزیه مسائل پیچیده پیشنهادشده است و تا به امروز کاربردهای فراوانی در حل مسائل اقتصادی- اجتماعی و مدیریتی داشته است. توماس ال ساعتی بنیان‌گذار روش AHP چهاراصل زیر را به‌عنوان اصول فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیان نموده و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را براین اصول بنانهاده است. پس از تحلیل و ایجاد ساختار سلسله مراتبی، به ازای هر معیار، ماتریس مقایسه زوجی برای گزینه‌های مسئله تشکیل می‌گردد. اساس روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بر مقایسات زوجی بنانهاده شده است. ماتریس مقایسات زوجی، پیچیدگی مفهوم تصمیم را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد، زیرا تنها دو عنصر تصمیم‌گیری در یک‌زمان موردبررسی قرار می‌گیرند. درایه‌های این ماتریس حاصل دانش متخصصان است. متخصصان میزان اهمیت معیارها را با مقایسه دوبه‌دوی آن‌ها مشخص می‌کنند. اهمیت معیارها می‌تواند به‌صورت فردی محاسبه‌شده باشد و یا تلفیقی از قضاوت کارشناسان باشد که در حالت دوم نظرات کارشناسان با استفاده از میانگین هندسی به یک جواب تبدیل می‌شود. در مقایسات زوجی درجه‌بندی اولویت‌های نسبی در رابطه با معیارها از یک مقیاس پایه‌ای که مقادیر آن از ۱ تا ۹ است؛ استفاده می‌شود (حبیبی، ۱۳۹۱).

جدول۱-مقایسات زوجی در مدل **AHP**

امتیاز	ارجحیت
۱	اهمیت برابر
۲	اهمیت برابر تا اهمیت متوسط
۳	اهمیت متوسط
۴	اهمیت متوسط تا اهمیت قوی
۵	اهمیت قوی
۶	اهمیت قوی تا اهمیت خیلی قوی
۷	اهمیت خیلی قوی
۸	از اهمیت خیلی قوی تا اهمیت فوق‌العاده قوی
۹	اهمیت فوق‌العاده قوی

- **منطقه موردمطالعه**

استان یزد در مرکز ایران بین عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرارگرفته است. دارای مساحت ۱۲۸۷۵۷٫۴۳ کیلومترمربع و محیط ۲۲۰۵٫۷۴ کیلومتر باشد.



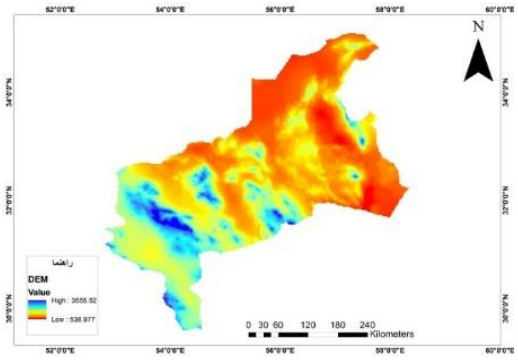
شکل ۱- نقشه استان و موقعیت منطقه موردمطالعه

- **پارامترهای مکان‌یابی**

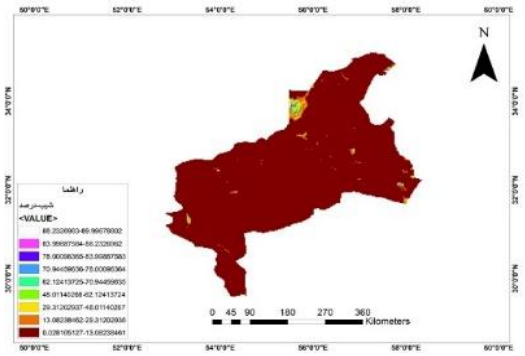
در این تحقیق ۱۱ پارامتر شیب، کیفیت، تراکم زهکشی، قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی، ضخامت آبخوان، فاصله از رودخانه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی از میان عوامل مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد جهت تغذیه آب‌های زیرزمینی انتخاب و موردبررسی قرار گرفتند. تهیه لایه‌های اطلاعاتی در امر مکان‌یابی، اصلی‌ترین قسمت تحقیق است (قیومیان و همکاران ۱۳۹۰).

- **شیب**

برای تهیه نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاع ((DEM استفاده‌شده است. مدل رقومی ارتفاع را می‌توان یک نقشه رقومی دانست که حاوی ارتفاع تمامی نقاط منطقه تحت پوشش خود است. لازمه ایجاد مدل رقومی ارتفاع در اختیار داشتن داده‌های اولیه ارتفاعی است (قیومیان و همکاران ۱۳۹۰).



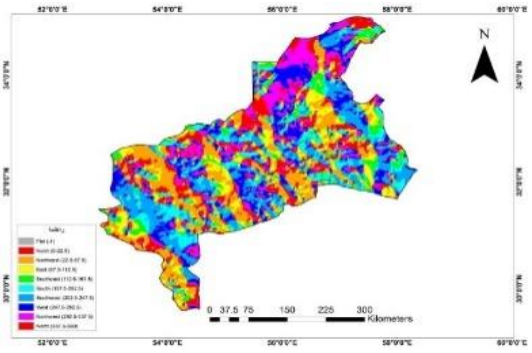
شکل۲- نقشه DEM منطقه شکل



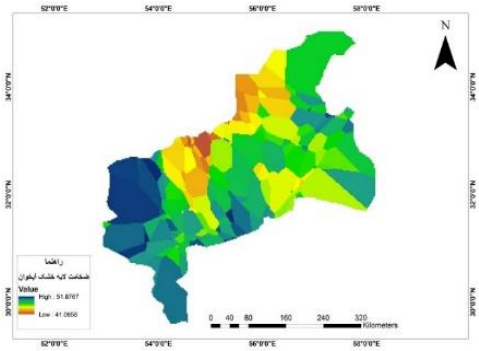
شکل ۳- نقشه شیب

ضخامت لایه خشک آبخوان

بخش غیراشباع، بخشی از زمین است که از سطح زمین تا سطح فوقانی منطقه اشباع ادامه دارد. بخش غیراشباع یکی از مهم‌ترین پارامترها در طرح‌های تغذیه مصنوعی است، که در زمان رسیدن آب به بخش اشباع، نگهداشت ویژه و نرخ نفوذ آب تأثیر به سزایی دارد. ضخامت بخش غیراشباع از پارامترهای مهم در مطالعات هیدروژئولوژیکی طرح‌های تغذیه مصنوعی محسوب می‌شود (Matkan et al. 2008).



شکل۴-نقشه جهت شیب شکل



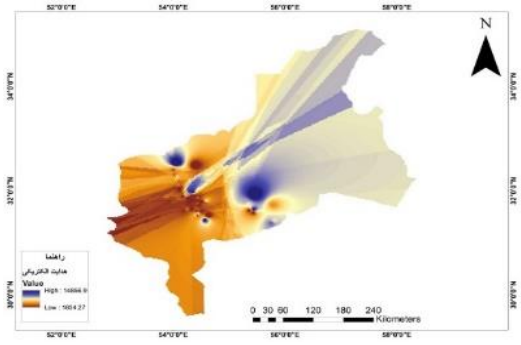
شکل ۵- نقشه ضخامت لایه خشک

۳- کیفیت آب آبرفت

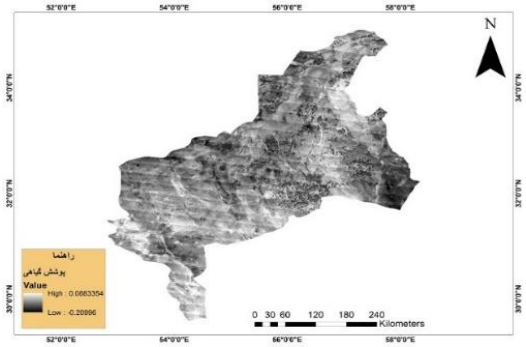
سازمان آب منطقه‌ای یزد هرساله از تعداد ۴۵ حلقه چاه مشاهده‌ای نمونه‌برداری کرده و پارامترهای کیفی را اندازه‌گیری می‌کند. با توجه به اینکه در منطقه موردمطالعه داده‌های EC و TDS روند تغییرات یکسانی داشته و با همدیگر تطابق دارند به همین دلیل EC به‌عنوان مبنایی برای بررسی شاخص کیفیت آب استفاده شد. بدین ترتیب از متوسط هدایت الکتریکی چاه‌های مشاهده‌ای در یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۷۲-۱۳۹۲) برای تهیه نقشه هدایت الکتریکی منطقه موردمطالعه استفاده شد. سپس متوسط هدایت الکتریکی هر چاه با مختصات آن‌ها به‌صورت یک فایل رقومی وارد محیط GIS شد و پس از درون‌یابی، نقشه هدایت الکتریکی منطقه تهیه شد.

۴- پوشش گیاهی

انجام پروژه‌های آبخوان‌داری در مراتع و زمین‌هایی امکان‌پذیر است که دارای پوشش گیاهی مناسب باشند. به‌عبارت‌دیگر مرتعی که دارای پوشش مناسب باشد علاوه بر نفوذ آب به داخل آبخوان و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی از فرسایش سطحی هم جلوگیری می‌نمایند. جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی دشت از تصاویر ماهواره‌ای منطقه در نرم‌افزارERDAS استفاده شد بدین منظور از شاخص تفاضل نرمال شده NDVI شاخصی است که به میزان و وضعیت پوشش گیاهی حساسیت دار (مهدوی و همکاران ۱۳۹۳).



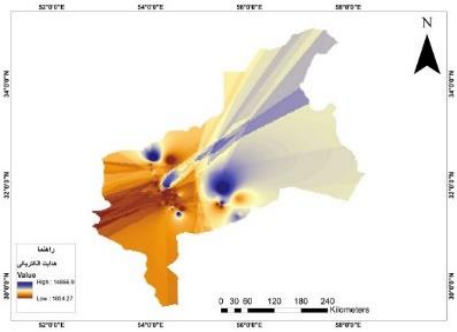
شکل۶- نقشه هدایت الکتریکی



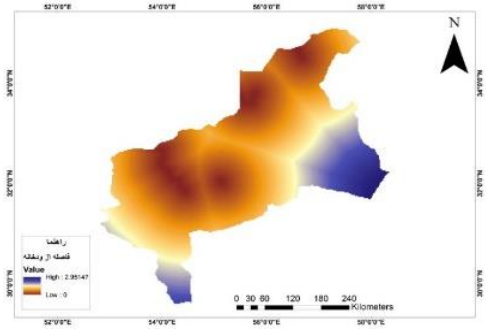
شکل۷- نقشه پوشش گیاه

۵-فاصله از رودخانه

محاسبه فاصله‌ها در Spatial Analyst به دو روش اصلی اقلیدسی و فاصله هزینه‌ای (وزن دهی شده با هزینه) تعیین می‌شود. درروش اقلیدسی طول خط مستقیم بین مرکز هر سلول لایه رستر تا نزدیک‌ترین سلول معرف عوارض منبع اندازه‌گیری می‌شود. منظور از منبع عوارضی نظیر محل چاه‌ها، رودخانه‌ها، جاده‌ها و مدارس و غیره است. روش هزینه‌ای معمولاً برای تعیین کوتاه‌ترین مسیرها یا مسیرهایی که دارای ویژگی کمترین هزینه می‌باشند بکار برده می‌شود و باید پردازش‌های دیگری برای پیدا کردن گزینه‌های مناسب بر روی نتایج خروجی آن‌ها انجام شود. تعیین فاصله‌ها به کمک گزینه Distence از مجموعه Arc Toolbox انجام می‌گیرد (فاضل نیا و همکاران، ۱۳۹۴).



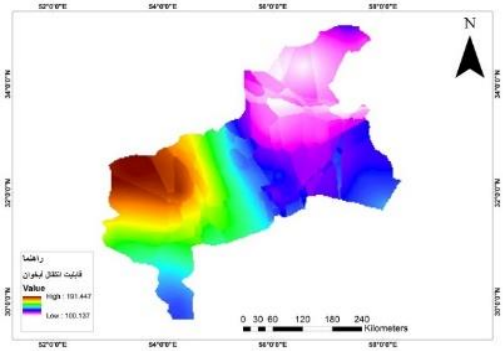
شکل۸- نقشه هدایت الکتریکی



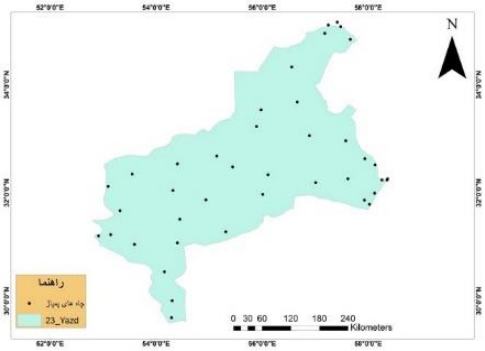
شکل۹- نقشه فاصله از رودخانه

۶- ضریب قابلیت انتقال

ضریب قابلیت انتقال عبارت است از: مقدار آبی که از کل ضخامت آبخوان تحت شیب هیدرولیکی واحد در واحد زمان به‌طور افقی حرکت می‌کند. داده‌های ضریب قابلیت انتقال در چاه‌های پمپاژ موجود بوده و فقط ما در کل منطقه درون‌یابی کرده‌ایم (ناصری و همکاران ۱۳۹۰).



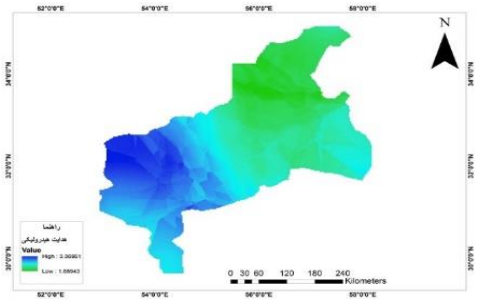
شکل (۱۰): نقشه ضریب قابلیت انتقال



شکل (۱۱): نقشه موقعیت چاه‌های پمپاژ

۷- ضریب هدایت هیدرولیکی

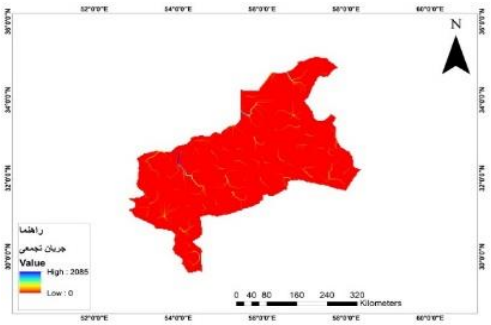
ضریب هدایت هیدرولیکی، به توانایی یک محیط متخلخل برای عبور دادن آب اطلاق می‌شود. بدین معنی که هرچقدر مقدار این ضریب زیاد باشد آب با سهولت بیشتری در محیط متخلخل جریان پیدا می‌کند (ناصری و همکاران ۱۳۹۰).



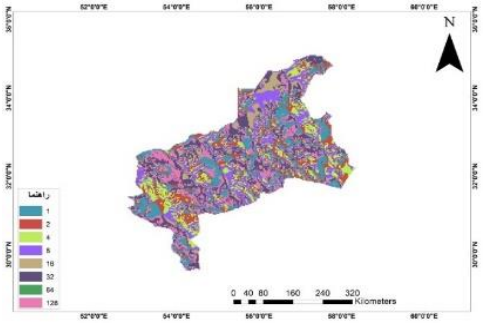
شکل (۱۲): نقشه هدایت هیدرولیکی

۸-لایه تراکم زهکشی

برای تعیین لایه شبکه آبراهه‌ها، ابتدا باید جهت جریان را مشخص کنیم. جهات ۸ گانه جریان در ARC GIS با کدهای ۱(شرق)، ۲(جنوب شرق)، ۴(جنوب)، ۸(جنوب غربی)، ۳۲(شمال غرب)، ۶۴(شمال) و ۱۲۸ نشان داده می‌شود. نقشه جهت جریان با استفاده از لایه DEM به دست می‌آید.



شکل (۱۳): نقشه جهت جریان تجمعی

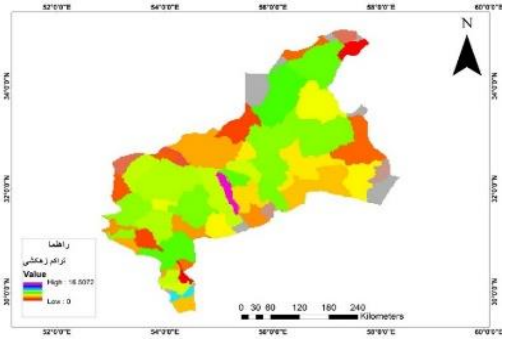


شکل (۱۴): نقشه جهت جریان

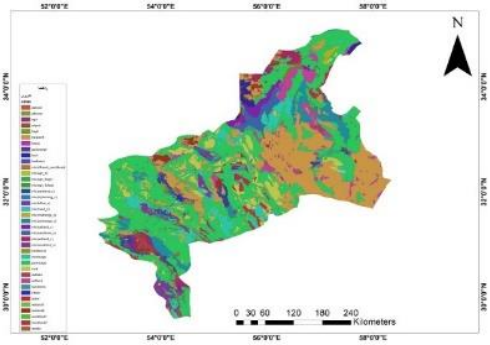
جهت جریان تجمعی سلول‌ها بر اساس وزن سلول‌ها در لایه جهت جریان (تعداد سلول‌هایی که جهت آن‌ها به سمت سلول مقصد است). در لایه جهت جریان تجمعی تعداد سلول‌های زهکش شده به هر سلول مشخص می‌گردد و می‌توان سلول‌هایی که دارای تجمع زیاد جریان بیش از یک حد آستانه است را به‌عنوان شبکه آبراهه‌ها (خط القعر) و سلول‌هایی که فاقد سلول زهکش شده به آن باشد را به‌عنوان خط الراس در نظر گرفت . (Matkan et al. 2008)

۹- لایه کاربری اراضی

لایه اطلاعاتی دیگری که در این تحقیق موردمطالعه قرارگرفته، نقشه کاربری اراضی منطقه است. از منظر کاربری اراضی منطقه موردمطالعه شامل بستر رودخانه، اراضی شهری، کشاورزی آبی، کشاورزی، باغ، دیم و مرتع است. اراضی مرتعی جهت اجرای پروژه‌های آبخوان‌داری اهمیت بسیار بالایی دارند و احداث این پروژه‌ها بیشتر در این کاربری امکان‌پذیر است (قدرتی، ۱۳۹۰).



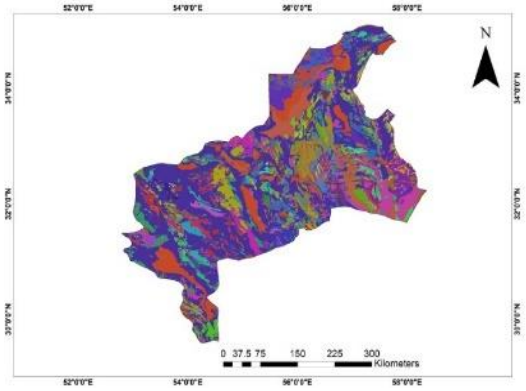
شکل (۱۵): نقشه تراکم زهکشی



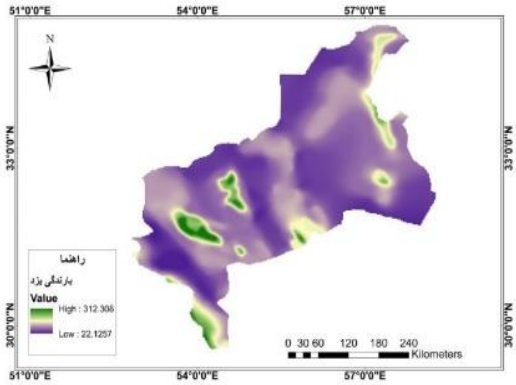
شکل (۱۶): نقشه کاربری اراضی

۱۱- لایه زمین شناسی و بارندگی (میزان آب در دسترس)

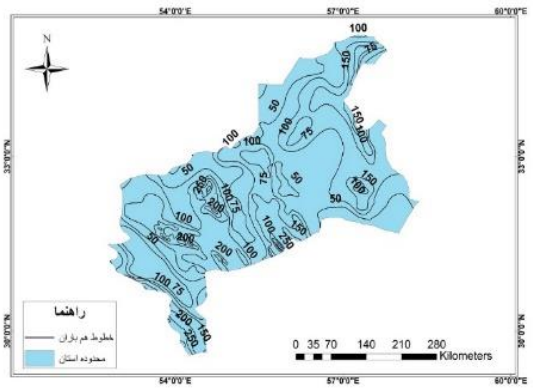
نحوه به دست آوردن لایه به این صورت است که ابتدا داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های استان رو در مدت ۲۰ سال (۱۹۹۴-۲۰۱۴) استخراج کرده سپس میانگین سالانه این ایستگاه‌ها رو به دست آورده و در آخر میانگین ۲۰ ساله همه ایستگاه رو پیدا می‌کنیم و بعد در نرم‌افزارGIS از این داده‌ها درون‌یابی کرده تا مقدار بارندگی در کل استان تخمین زده شود (فرجی و همکاران ۱۳۹۰).



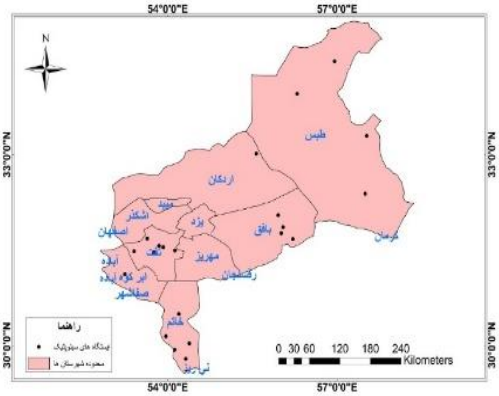
شکل (۱۹): نقشه زمین‌شناسی



شکل (۲۰): نقشه بارندگی منطقه



شکل (۱۷) نقشه خطوط هم‌باران استان یزد



شکل (۱۸): موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک

۳- نتایج

پراکنش آلاینده‌ها در سطح خیابان انقلاب

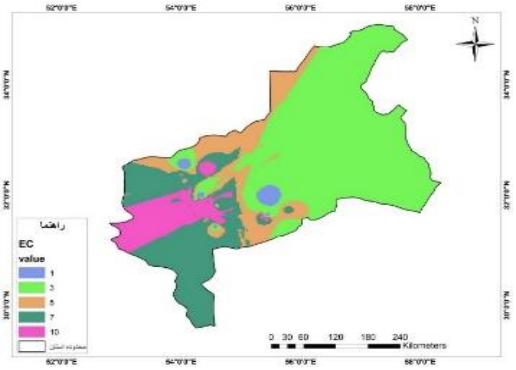
۳-۲-لایه‌های اطلاعاتی بر اساس روش وزن دهی (AHP)

۱-نقشه وزن دهی (AHP) هدایت الکتریکی

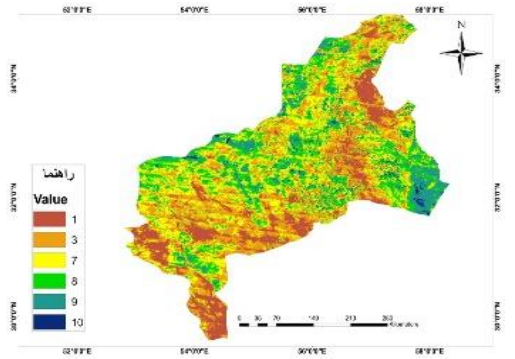
مبنای وزن دهی به این لایه به این صورت است که قسمت بیابانی استان در کل لایه کیفیت پخش‌شده است پس هرچه مقدارEC کمتر باشد بهتر است (اولویت با مناطق بیابانی) چون اگر مقدارEC زیاد باشد نمی‌توان آب رو به‌جایی که کیفیت آبخوان آن پایین است وارد کرد یا در صورت واردکردن نتیجه دلخواه را نمی‌دهد (ناصری و همکاران ۱۳۹۰). آلودگی

۲-نقشه وزن دهی (AHP) پوشش گیاهی

در کل استان یزد، یک استان خشک محسوب می‌شود که مناطق بیابانی آن زیاد است شاخص پوشش گیاهی(NDVI)، نیز همین را نشان می‌دهد چون اعداد منفی این شاخص بیشتر منفی‌اند (طبق این شاخص هر چه اعداد منفی‌تر باشد شاخص پوشش گیاهی ضعیف‌تر است).



شکل (۲۱): وزن دهی (AHP) هدایت الکتریکی



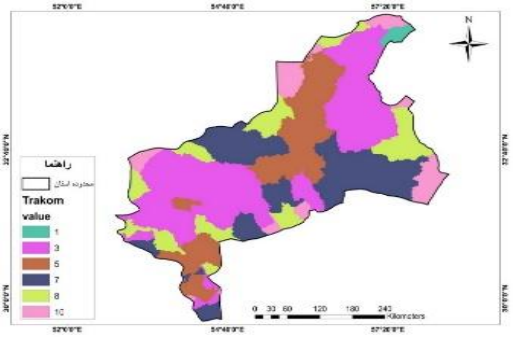
شکل (۲۲): وزن دهی (AHP) پوشش گیاهی

۳-نقشه وزن دهی (AHP) تراکم زهکشی

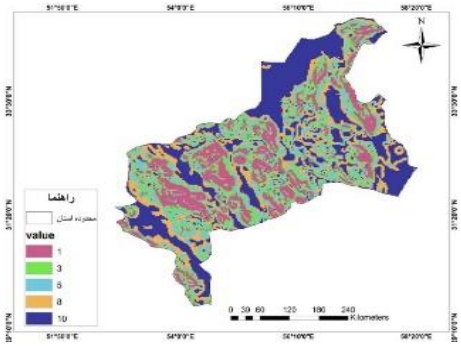
مبنای وزن دهی به این صورت است که هرچه عدد تراکم در زیر حوزه‌های استان کمتر باشد ارزش آن طبقه بیشتر است چون وقتی تراکم زهکشی کم باشد

۴-نقشه وزن دهی (AHP) شیب

یکی از لایه‌های ضروری جهت تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی، شیب است که از نقشه DEM به دست می‌آید مناطقی که شیب آن‌ها زیاد است بیشتر کوهستانی‌اند که انجام پروژه‌های تغذیه مصنوعی را با مشکل مواجه می‌کنند به‌احتمال‌زیاد مناطق بیابانی دارای شیب کم هستند به همین دلیل این مناطق جهت انجام تغذیه مصنوعی مناسب‌اند(Samo et al, 2014).



شکل (۲۳): وزن دهی (AHP) تراکم زهکشی

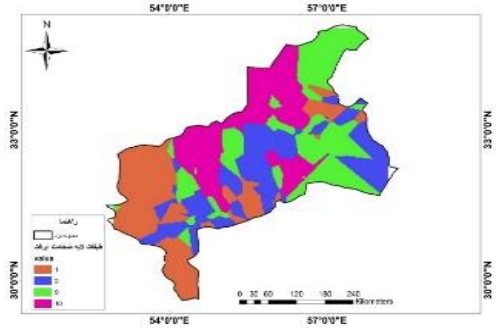


شکل (۲۴): وزن دهی (AHP) شیب

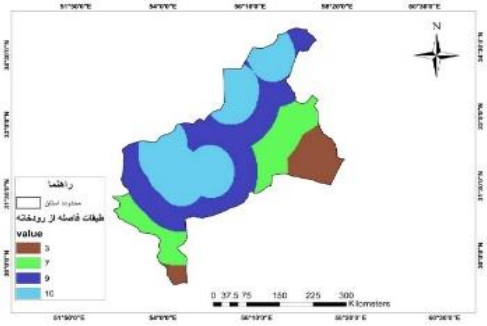
۵-نقشه وزن دهی (AHP) ضخامت لایه خشک آبخوان

درصورتی‌که سایر عوامل برای انجام عملیات تغذیه مصنوعی، مناسب باشد اما ضخامت بخش غیراشباع آبرفت اندک باشد. آب به‌سرعت به سطح ایستابی و پس از اشباع آبرفت به نزدیکی سطح زمین خواهد رسید (زهتابیان و همکاران ۱۳۹۲).

۶-نقشه وزن دهی (AHP) فاصله از رودخانه



شکل (۲۵): وزن دهی (AHP) ضخامت غیراشباع



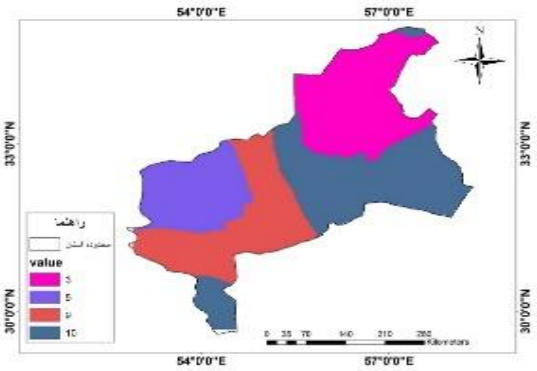
شکل (۲۶): وزن دهی (AHP) فاصله از رودخانه

۷-نقشه وزن دهی (AHP) قابلیت انتقال آبخوان

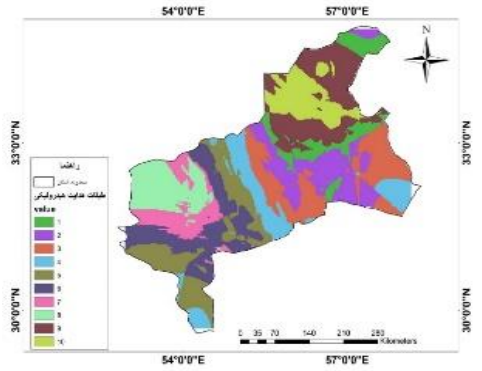
دامنه تغییرات ضریب قابلیت انتقال آبخوان بین ۱۰۰ تا ۱۹۱ (مترمربع بر روز) است؛ که اگر این لایه به ۴ طبقه تقسیم شود مناطق بیابانی هدف، بیشتر در طبقه ۲ و سپس طبقه ۳ قرار می-گیرد لذا این دوطبقه به ترتیب دارای بیشترین ارزش می‌شوند.

۸-نقشه وزن دهی (AHP) هدایت هیدرولیکی

یکی از عوامل مهم در امر تغذیه مصنوعی، نفوذپذیری است. تأثیر این عامل در کاهش تبخیر و تعرق نمایان می‌شود به‌نحوی‌که اگر نفوذپذیری پایین باشد، آب بر روی سطح زمین باقی می‌ماند و تبخیر آن موجب افزایش املاح خاک می‌شود و این املاح به‌نوبه خود موجب کاهش نفوذپذیری خاک می‌گردند میزان نفوذ به عواملی نظیر خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و شیب وابسته است (Pedrero et al, 2011).



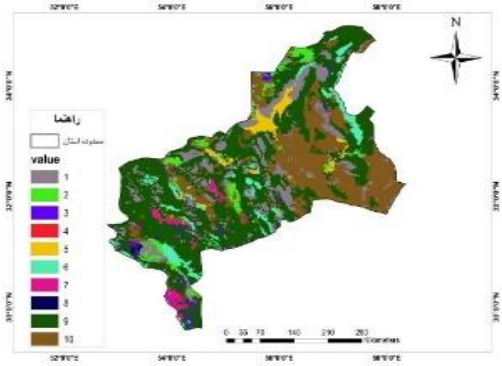
شکل (۲۷): وزن دهی (AHP) هدایت هیدرولیکی



شکل (۲۸): وزن دهی (AHP) قابلیت انتقال

۹-نقشه وزن دهی (AHP) کاربری اراضی

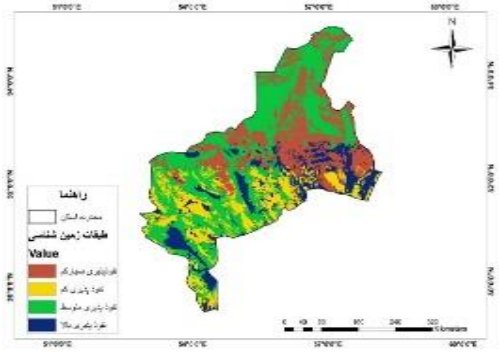
۱۰-نقشه وزن دهی (AHP) زمین‌شناسی



شکل (۲۹): وزن دهی (AHP) کاربری اراضی

- نتیجه‌گیری

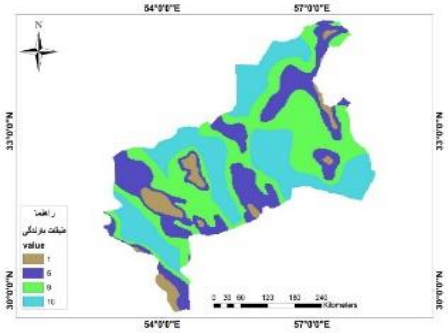
۳-۱-تلفیق لایه‌ها با استفاده از روش وزن دهی (AHP)



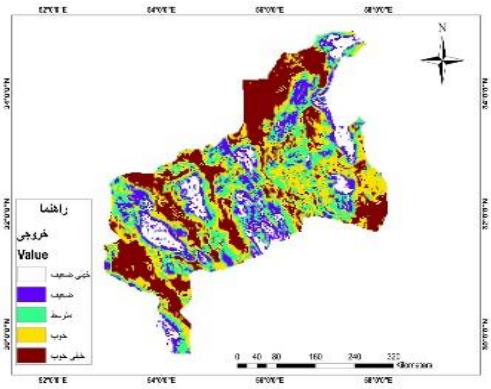
شکل (۳۰): وزن دهی (AHP) زمین‌شناسی

۱۱-نقشه وزن دهی (AHP) بارندگی

اقلیم استان یزد، از سه نوع (خشک، نیمه‌خشک و بیابانی) تشکیل‌شده است که حدود ۸۹ درصد مساحت کل استان را مناطق بیابانی تشکیل می‌دهد چون در این طرح تمرکز ما بر روی مناطق بیابانی است (می‌خواهیم تغذیه رو در مناطق بیابانی امکان‌سنجی کنیم) لذا باید بارندگی در مناطق بیابانی وزن (ارزش) بیشتری به خود بگیرد.



شکل (۳۱): وزن دهی (AHP) بارندگی

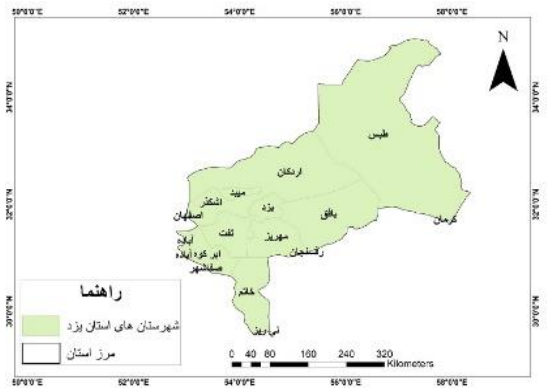


نقشه (۳۲): نقشه شهرستان‌های استان یزد

۴-پیشنهادها:

۱-باکم و زیاد کردن تعداد لایه‌ها و حتی اوزان تخصیصی به هر لایه اطلاعاتی می‌توان نتایج حاصل را با نتایج قبلی مقایسه و به درجه‌ای از اطمینان در مورد صحت کار دست‌یافت (صحت سنجی).

۲-به‌منظور مقایسه و غنا بخشیدن به مطالعات کاربردی در این زمینه پیشنهاد می‌گردد از روش‌های جدید سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند (ANP) فرایند تحلیل شبکه و غیره استفاده گردد.



نقشه (۳۳): خروجی مناطق مستعد با استفاده از روش وزن دهی (AHP)

جدول (۲): مساحت مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی به تفکیک استعداد در استان یزد

استعداد مناطق	مساحت (کیلومترمربع)	درصد از کل استان
خیلی ضعیف	۱۱۱۴۴/۶۲۸	۸/۶۶
ضعیف	۱۹۵۶۶/۰۶۳	۱۵/۱۹
متوسط	۲۷۱۴۲/۷۳۱	۲۱/۰۸
خوب	۳۳۷۲۷/۷۱۶	۲۶/۴۱
خیلی خوب	۳۶۸۹۱/۶۵۷	۲۸/۶۵

جدول (۲): اطلاعات نقشه خروجی حاصل از مدل وزنی (AHP)

درصد مناطق مناسب تخصیص‌یافته‌ی هر شهر نسبت به‌کل مساحت استان	درصد تخصیص مناطق مناسب نسبت به هر شهرستان	درصد مساحت مناطق خیلی مناسب نسبت به هر شهرستان (km^2)	مساحت مناطق خیلی مناسب (km^2)	مساحت هر شهرستان (km^2)	نام شهرستان
۰/۶۳۱	۳۲/۸	۰/۳۲۸	۸۱۳/۱۳	۲۴۷۳/۷۷	یزد
۲/۱۰	۱۸	۰/۱۸۰	۲۷۱۲/۱۸۲	۱۵۰۱۵۰/۱۲	بافق
۰/۲۵۲	۲۴/۶	۰/۲۴۶	۳۲۵/۲۵۲	۱۳۱۸/۱۶	میبد
۰/۰۲۲	۵۵/۱	۰/۵۵۱	۲۹۴۸/۲۵۲	۵۳۴۴/۹۴	ابرکوه
۰/۹۲۰	۲۰/۳	۰/۲۰۳	۱۱۸۵/۵۹۶	۵۸۲۶/۴۷	اشک ذر
۴/۴۰	۲۴/۶	۰/۲۴۶	۵۶۶۵/۶۸	۲۳۰۹۹/۵۱	اردکان
۱/۲۱۸	۲۶/۹	۰/۲۶۹	۱۵۶۸/۵۵۴	۵۸۱۷/۴۰۹	تفت
۱/۳۵۲	۳/۱۷۱	۰/۰۳۱۷۱	۱۷۴۱/۶۷۲	۵۴۹۱۳/۰۰۳	طبس
۰/۰۱۱	۲۱/۷	۰/۲۱۷	۱۴۶۸/۸۸	۶۷۴۵/۳۶	مهریز
۰/۰۲۰	۳۲/۷	۰/۳۲۷۰	۲۶۷۰/۲۱۴	۸۱۶۵/۳۳	خاتم

منابع

۱- اصغری پور، ن، ۱۳۹۳. با عنوان تعیین مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی به‌روش پ خش سیلاب با به‌کارگیری مدل‌های AHP و Boolean، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران.

۲- تقوایی، ع؛ و ح. سنگونی، ۱۳۸۹. برر سی کاربرد ت صاویر ماهواره‌ای در شنا سایی م ناطق منا سب ج هت ا جرای طرح‌های تغذیه مصنوعی. فصلنامه علمی -پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۵: ۲۴۱-۲۵۶.

۳- حامد پناه، ع، س، ناصری و ی. مولایی (۱۳۹۱)، مقای سه روش های ارز یابی چ ند مع یاره به‌منظور تع یین توان کشاورزی اراضی (مطالعه موردی، شهرستان سمیرم)، پایان‌نامه کارشناسی ار شد، دان شکده م نابع طبی عی دان شگاه صنعتی اصفهان.

٤- حبیبی، ع، ۱۳۹۱. تحلیل فرایند سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب ج هت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

٥- زهتابیان، غ؛ و س. علوی پناه، ۱۳۹۲. بررسی کارایی مدل‌های مختلف در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوزه ط غرود قم، چکیده مقالات همایش کاربرد سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

٦- عابدی کوپایی، ج، ب. بدری، د. دز فولی و م. ده قان، ۱۳۹۲. مکان یابی طرح تغذ یه م صنوعی در منط قه سگزی اصفهان با استفاده ازARC GIS، اولین همایش ملی بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان (اصفهان)، اصفهان.

۷- قیوم یان، ب، ج، مح سنی و ساروی، م. (۱۳۹۰)، تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب های زیرزمینی به‌روش حوضچه‌های تغذیه با استفاده ازGIS، نشریه منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره۳، دان شکده م نابع طبی عی دانشگاه تهران.

۸- فاضل‌نیا، غ؛ و ی. حکیم دوست، ۱۳۹۴. راهنمای جامع مدل‌های کاربردی در برنامه‌ر یزی های شهری، رو ستایی و محیطی، انتشارات دانشگاه زابل، زابل.

۹- فرجی سبک‌بار، ح، ح. نصیری، م. حمزه، س. طالبی و ی. رفی عی، ۱۳۹۰. تع یین عر صه‌های منا سب برای تغذ یه مصنوعی بر پایه تلفیق روش‌های ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS (مطال عه موردی د شت گر یا گان ف سا). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۴: ۱۶۳-۱۴۴.

۱۰-قدرتی، م، ۱۳۹۰. آموزش کاربرد ARC GIS در مهندسی *آب*، انتشارات سیمای دانش، تهران.

۱۱-محمد زاده، م، ب. ملک محمدی و ی. رفیعی، (۱۳۹۳). استفاده از منطق فازی در مکان‌یابی محل‌های تغذیه مصنوعی آبخوان با تلفیق روش‌های AHPو FTOPSIS. مجله محیط‌شناسی، ۸: ۱۰۸- ۹۹.

۱۲-مهدوی، ع، م. نوری امامزاده‌ای، ر. مهدوی و ح. طباطبایی، ۱۳۹۳. مکان‌یابی عرصه‌های تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی به‌روش منطق فازی در حوضه آبریز دشت شهرکرد، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۵۶: ۱۲۳-۱۱۵.

۱۳-ناصری، م، م. عزیز خانی و س. مکنونی، ۱۳۹۰. تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۰: ۱۰۵-۹۷.

14. Ghayoumian, J, M. Mohseni Saravi, S. Feiznia, B. Nouri and Malekian, A. (2007). Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran, *J. Asian Earth Sci*, 30(2): 364-374.

15. Khatak, M.K, Chowdary, V.M. and Chowdhury, A. (2011). Groundwater assessment in Salboni block, west Bengal (India) using remote sensing, GIS and multi-criteria decision analysis techniques, *J. Hydrogeol.* 18(21):1713-1728.

16. Krishnamorthy, J. 1996. an approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographic information system. *J. R. S.* 245-257.

17. Matkan A.A, Shakhiba, A, Poor AliS, H. and Nazmfar H. 2008. locating suitable sites for landfill using GIS (study area: the city of Tabriz), *J. Env. Sci*. (2): 121-132.

18. Mohan, G. and M. N. Ravi Shankar. 2005. A GIS based hydrogeomorphic approach for identification of sitespecific artificial-recharge techniques in the Deccan Volcanic Province. *J. Earth Sys. Sci*. 114(5): 505-514.
19. Pedrero, F, Albuquerque, A, Marecos Do Monte, H, Cavaleiro, V. and Alarcon, J. 2011. Application of GIS-based multi-criteria analysis for site selection of aquifer recharge with reclaimed water. Resou, *Conservation and Recycling*, 56: 105–116.
20. Samo, D. and L. Anka. 2009. multi-attribute decision analysis in GIS weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Int. J. Geomatic*, 33: 459-474.