



تخمین پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان دشت اوان در نقاط نامشخص با استفاده از منطق فازی

محمد نخعی^{۱*}، الهام حسن‌نیا^۲

۱- استاد گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی

۲- کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه خوارزمی

* نویسنده مسئول: nakhaeimohammad@gmail.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۲۴

چکیده

ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان مهم‌ترین اطلاعات هیدروژئولوژیکی جهت توصیف ویژگی‌های هر آبخوانی هستند و انجام اکثر پروژه‌ها و طرح‌های پژوهشی و اجرایی در هر آبخوانی وابسته به وجود ضرایب هیدرودینامیک دقیق و صحیح می‌باشد. در این تحقیق ضمن مطالعه کمی منابع آب زیرزمینی دشت اوان مدل استنتاج فازی برای تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان تهیه شد. این ضرایب عبارت‌اند از قابلیت انتقال‌پذیری (T)، ضریب ذخیره (S) و ضریب هدایت هیدرولیکی (K) که یکی از راه‌های تعیین این پارامترها انجام آزمایش پمپاژ است که معمولاً بسیار پرهزینه بوده و انجام آن در اکثر مناطق، به‌ویژه مناطق خشک (به سبب افزایش عمق حفاری)، با محدودیت‌های زیادی مواجه است. منطق فازی بهترین وسیله جایگزین برای مدل‌سازی سیستم‌هایی است که دارای پیچیدگی زیاد بوده و داده‌های کافی از آن موجود نیست و یا اطلاعاتی که در مورد آن‌ها در اختیار می‌باشد مبهم و غیرصریح است. منطق فازی نیازی به ورودی‌های دقیق ندارد و به‌طور ماندگار به کارش ادامه می‌دهد و می‌تواند هر تعداد معقولی از ورودی‌ها را پردازش کند اما پیچیدگی سیستم با ورودی‌ها و خروجی‌های بیشتر به‌سرعت افزایش می‌یابد و پردازشگرهای توزیع‌شده باعث آسان شدن عملیات می‌گردند. در این تحقیق با بررسی لاگ‌های حفاری و آزمون‌های پمپاژ و همچنین جنس رسوبات پس از فازی سازی داده‌ها و ایجاد مدل استنتاج فازی، ضرایب هیدرودینامیکی منطقه در نقاط نامشخص به دست آمد. یکی دیگر از اهداف این تحقیق بررسی تغییرات مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان در گذر زمان است که از این طریق می‌توان به هدف اصلی یعنی پیش‌بینی این اطلاعات در نقاط نامشخص دست‌یافت. پارامترهای هیدرودینامیکی می‌توانند نسبت به زمان و مکان تغییر نمایند. تغییرات مکانی ناشی از تغییرات زمین‌شناسی محیط است، در صورتی که تغییرات زمانی آن ناشی از اثر تغذیه، تخلیه و تراکم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دشت اوان، فازی، ضریب انتقال، ضریب ذخیره، لاگ حفاری.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی توسط پمپاژ بیش‌ازحد تحت خطر افزایش آلودگی و کاهش سطح آب هستند. یکی از راه‌های مقابله با این چالش مدیریت آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل‌ها می‌باشد. مدل‌ها اجازه تجزیه و تحلیل شرایط فعلی سیستم و همچنین تحولات زمانی آن را می‌دهند (گیرما و همکاران، ۲۰۱۳). مدل‌سازی عددی آب‌های زیرزمینی ابزار مهمی برای مدیریت

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع طبیعی مهم است. منبع اصلی آب آشامیدنی، کشاورزی و صنعت در بسیاری از کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور گسترده از آب‌های زیرزمینی است. فعالیت‌های انسانی اثرات منفی بر روی کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌گذارند. در بسیاری از نقاط جهان

تصمیم‌گیری‌ها است. در واقع منطق فازی روش دقیق فکر کردن در امور مبهم، غیردقیق، تیره‌وتار و خاکستری است (آذر و همکاران، ۱۳۸۶). اولین تحقیقات صورت گرفته در زمینه منطق فازی و کاربردهای آن توسط زاده در سال ۱۹۶۵ ارائه گردید. این محقق نشان داد که با استفاده از منطق فازی می‌توان مسائل کمی را به نحوه مطلوبی مدل‌سازی نموده و به تصمیم‌گیران برای حل مسائلی که دارای عدم صراحت و عدم دقت می‌باشد کمک کرد (زاده، ۱۹۶۵). سامانی و همکاران (۱۳۸۴) به تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی آبخوان توسط سیستم عصبی-فازی تطبیقی و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. با این روش هدایت هیدرولیکی معادل برای نقاطی که چاه مشاهده‌ای وجود ندارد تخمین زده می‌شود و از هزینه‌های حفر چاه‌های مشاهده‌ای جلوگیری می‌شود. دیکسون و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تکنیک‌های منطق فازی آسیب‌پذیری سفره به آلودگی را در مقیاس منطقه‌ای پیش‌بینی کردند و به این نتیجه رسیدند که در ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی، دسته‌بندی اطلاعات و تعیین مرز بین این دسته‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا منطق فازی آسیب‌پذیری را بهتر از روش‌های معمول ارزیابی می‌کند. داهیا و همکاران (۲۰۰۷) از روش استنتاج فازی به منظور بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب ۳۶ نمونه از ۲ روستا در کشور هند، استفاده کردند. در این پژوهش سطوح اطمینان مربوط به هر یک از نمونه‌ها تعیین شد و به نتایج قابل قبولی دست یافتند و برتری این روش نسبت به روش‌های تعیین شاخص کیفی آب WQI را نشان دادند. (نخعی و ودیعی، ۱۳۹۱)، به مطالعه کاربرد مدل استنتاج فازی در ارزیابی کیفیت آب قنات جهت مصارف شرب و کشاورزی پرداختند. در این تحقیق کاربرد تئوری مجموعه فازی در ارزیابی کیفیت آب قنات جهت مصارف شرب و کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته و با روش قطعی مقایسه شده است. بدین منظور از داده‌های کیفیت ۲۳ قنات به‌عنوان نماینده قنات‌های استان تهران که در سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۹ اندازه‌گیری شده بودند، استفاده گردید. پارامترهای مؤثر بر

منابع آب در آبخوان‌ها می‌باشد. این مدل‌ها می‌توانند برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی و همچنین مدیریت منابع آب و پیش‌بینی چگونگی تغییر یک آبخوان در مقابل تغییرات آب و هوایی و پمپاژ استفاده شوند (رجلی و همکاران، ۲۰۰۳). تعیین ضرایب هیدرودینامیکی لایه آبدار یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات هیدروژئولوژی است که در برنامه‌ریزی برای استفاده از ظرفیت‌های موجود یک محل به کار می‌آید. این ضرایب عبارت‌اند از قابلیت انتقال‌پذیری (T)، ضریب ذخیره (S) و ضریب هدایت هیدرولیکی (K). از راه‌های تعیین پارامترهای فوق انجام آزمایش پمپاژ است که معمولاً بسیار پرهزینه بوده و انجام آن در اکثر مناطق، به‌ویژه مناطق خشک (به سبب افزایش عمق حفاری)، با محدودیت‌های زیادی مواجه است. به همین جهت در سال‌های اخیر، تلاش برای یافتن سریع‌ترین و اقتصادی‌ترین راه‌حل و امکان انجام این آزمون‌ها در اکثر مناطق، منجر به ارائه روش‌های مختلفی گردیده است. آزمایش‌های لازم برای تعیین این پارامترها بسیار پرهزینه است، زیرا که تعداد چاه‌های مناسب جهت آزمایش پمپاژ در یک دشت محدود بوده و عملیات حفر چاه‌های اکتشافی و انجام آزمایش پمپاژ نیز پرهزینه و مشکل است، همچنین در حین اجرای یک آزمون پمپاژ، اندازه‌گیری‌های سطح آب در چاه‌های مشاهده‌ای به دلیل طبیعت محیط متخلخل اندازه‌گیری‌ها دارای عدم قطعیت‌اند (باته و همکاران، ۲۰۱۰). منطق فازی بهترین وسیله جایگزین برای مدل‌سازی سیستم‌هایی است که دارای پیچیدگی زیاد بوده و داده‌های کافی از آن موجود نیست و یا اطلاعاتی که در مورد آن‌ها در اختیار می‌باشد مبهم و غیرصریح است. منطق فازی نیازی به ورودی‌های دقیق ندارد و به‌طور ماندگار به کارش ادامه می‌دهد و می‌تواند هر تعداد معقولی از ورودی‌ها را پردازش کند اما پیچیدگی سیستم با ورودی‌ها و خروجی‌های بیشتر به‌سرعت افزایش می‌یابد و پردازشگرهای توزیع‌شده باعث آسان شدن عملیات می‌گردند. بیشترین مزیت منطق فازی که باعث بکار رفتن آن در رشد صنعت شده انعطاف آن در تحلیل داده‌ها و

و از غرب به منطقه‌ی دشت عباس محدود است و در محدوده بین ۱۶'، ۵۹° تا ۴۷'، ۵۵'، ۱۱'، ۴۸° درجه طول شرقی و ۴۵'، ۱۰'، ۳۲° تا ۳۵'، ۲۵° درجه عرض شمالی، قرار دارد. محدوده‌ی مطالعاتی اوان دشت کم شیبی است که تاقدیس‌های دال‌پری و عین‌خوش در شمال و جنوب دشت، ارتفاعات آن را تشکیل می‌دهند. دشت اوان در قسمت‌های شمالی و جنوبی به‌وسیله سازند کنگلومرای بختیاری محدود و از سمت غرب و شمال‌غرب توسط سازند مارن و ماسه‌سنگ آغاچاری (بخش لهبری) احاطه شده است. آبخوان دشت اوان به‌صورت آزاد، می‌باشد. بخشی از تغذیه آبخوان دشت اوان در قسمت شمال و شمال‌غرب، توسط مخزن سد کرخه، سازندهای کنگلومرای بختیاری و بخش لهبری صورت می‌گیرد. رودخانه کرخه در بخش کوچکی در ناحیه جنوب شرق دشت باعث تغذیه دشت اوان می‌شود (سهرابی، ۹۰).

سازند کنگلومرای بختیاری یکی از مهم‌ترین سازندهای منطقه می‌باشد و در شمال، جنوب و جنوب غرب دشت رخنمون دارد و رسوبات حاصل از فرسایش آن آبخوان مناسبی را به وجود آورده که بیش از ۲۰۰ حلقه چاه عمیق در آن حفر شده است. در حال حاضر ۱۴ پیژومتر فعال در منطقه مطالعاتی موجود می‌باشد و هیچ چشمه و یا قناتی در منطقه وجود ندارد، رودخانه کرخه با سطح حوزه‌ای بالغ بر ۴۳ هزار کیلومترمربع و متوسط آبدهی ۱۷۷ مترمکعب بر ثانیه از بخش شرقی دشت اوان، می‌گذرد (سهرابی، ۹۰). اقلیم محدوده‌ی مطالعاتی اوان به روش دومارتن، اقلیم خشک است. در اقلیم نمای آمبرژه نیز برخی ایستگاه‌های هواشناسی، اقلیم بیابانی را نشان می‌دهد. مهم‌ترین جبهه‌های هوای تأثیرگذار بر منطقه رژیم مدیترانه‌ای است (سازمان آب و برق خوزستان، مطالعات نیمه تفصیلی آب‌های زیرزمینی دشت‌های ایذه، جازو، سرتیوک، سیمیلی، اوان، ۱۳۸۸). در شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه آورده شده است.

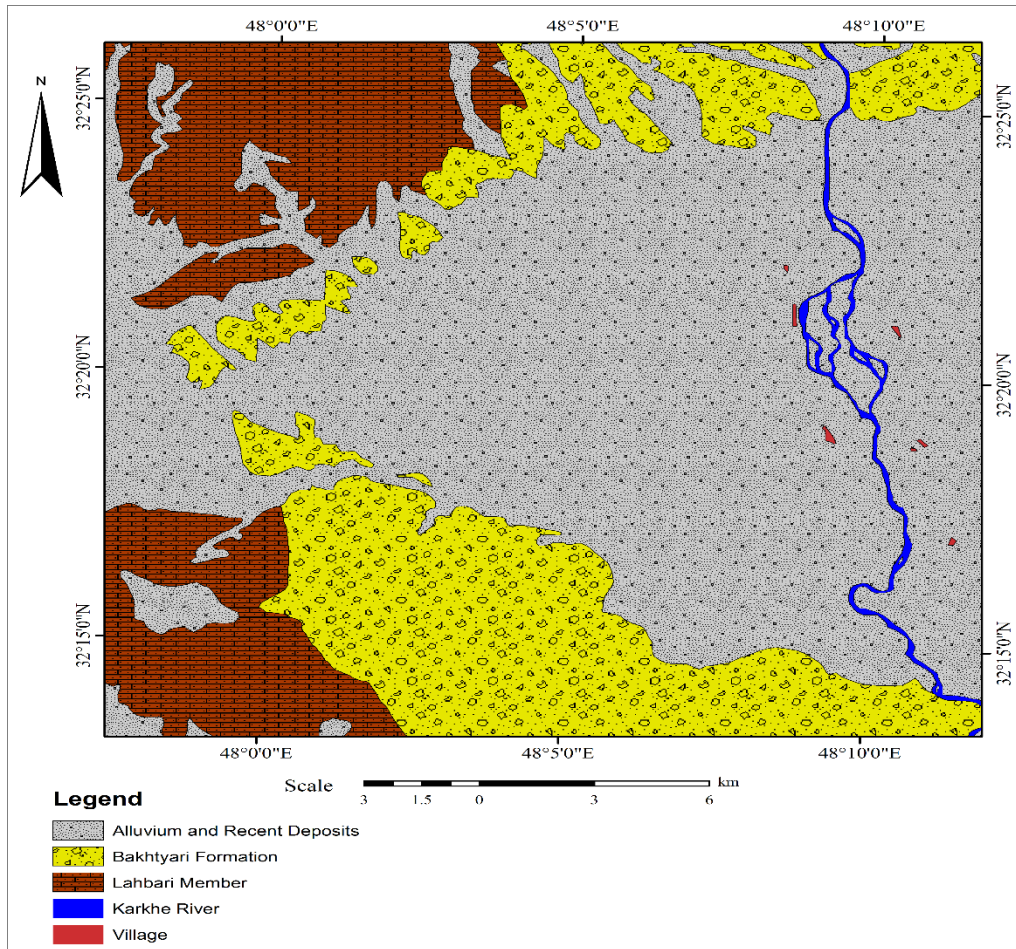
کیفیت آب قنات، به سه طبقه مطلوب، قابل قبول، غیرقابل قبول طبقه‌بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد: مدل استنتاج فازی، ابزاری مناسب جهت ارزیابی کیفیت آب قنات به شمار می‌رود. خلقی و حسینی (۲۰۰۶) در پژوهشی سه روش شبکه تطبیقی عصبی فازی^۱، شبکه عصبی مصنوعی و مدل زمین‌آماری کریجینگ عمومی (OK)^۲ در تخمین ضریب قابلیت انتقال آبخوان دشت قزوین مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج به‌دست‌آمده بیانگر عملکرد مناسب شبکه تطبیقی عصبی- فازی در مقایسه با دو روش شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار کریجینگ بود. باکانلی و همکاران (۲۰۰۸) از مدل ANFIS برای پیش‌بینی خشک‌سالی در کشور ترکیه استفاده نمود به‌منظور ارزیابی بهتر نتایج مدل‌های ANFIS همان داده‌ها یا روش‌های شبکه عصبی FFNN و مدل رگرسیون خطی چندگانه نیز مورد آزمون قرار گرفتند که نتایج به‌دست‌آمده در تمام ایستگاه‌ها بیانگر ارجحیت ANFIS نسبت به ۲ مدل دیگر بود. هدف از انجام این مطالعه محاسبه و تعیین ضرایب هیدرولیکی فعلی آبخوان، بررسی و تعیین تغییرات ضرایب هیدرولیکی آبخوان در طول زمان، تعیین مناطقی که بیشترین تغییرات را داشته‌اند و شناسایی واحدهای رسوبی مؤثر در ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان، می‌باشد. بدین منظور تحقیق حاضر سعی دارد با انجام مطالعه‌ی موردی دشت اوان ضمن بررسی تغییرات ضرایب هیدرولیکی آبخوان این دشت در مناطق مختلف و در طول زمان، تحلیل‌ها و آنالیزهای لازم را بر اساس روش منطق فازی ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه: دشت اوان با وسعت ۱۹۵ کیلومترمربع در فاصله ۲۳ کیلومتری جنوب‌غربی شهرستان اندیمشک واقع شده است. این دشت از شمال به ارتفاعات پل نادری، از شرق به رودخانه کرخه، از جنوب به رودخانه‌ی روفائیه

¹ Ordinary kriging

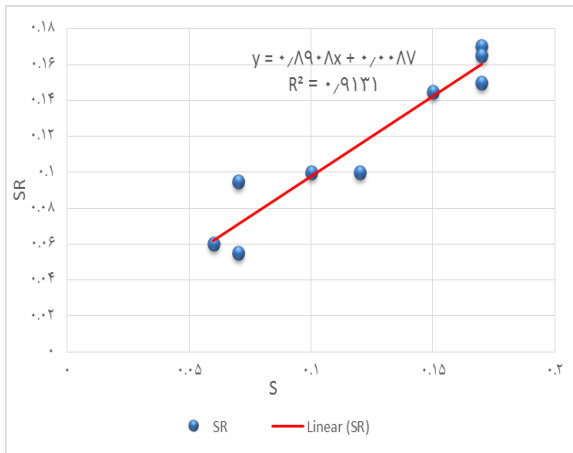
² Adaptive neuro fuzzy inference system



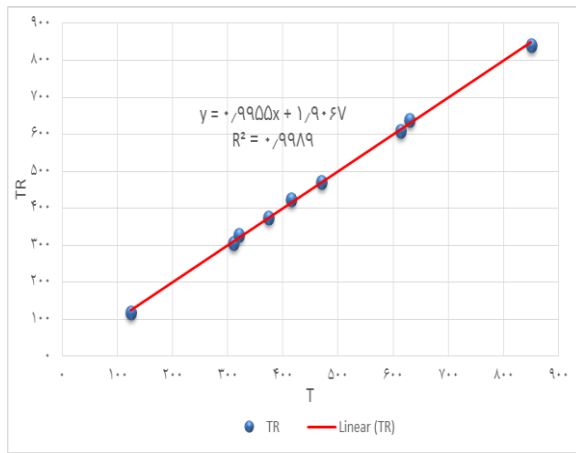
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

ذخیره و قابلیت انتقال تعیین نمود و از آنجایی که این ضرایب دارای عدم قطعیت هستند از مدل استنتاج فازی که پاسخ مناسبی برای عدم قطعیت‌ها و ابهامات به دست می‌دهد استفاده گردید و برای هر لاگ یک برنامه در *Matlab* توسعه و تعمیم داده شد. جهت اثر دادن جنس رسوبات در ضریب ذخیره و قابلیت انتقال، لاگ‌چاه‌ها بررسی شد و برای درصد رسوبات به همراه S و T چاه‌ها رگرسیون خطی انجام شد و میزان درصد خطاها و همبستگی از این طریق محاسبه گردید. شکل ۲ حاصل رگرسیون خطی انجام‌شده و مقایسه آن با داده‌های پمپاژ است. همان‌طور که در شکل ۲ (الف) دیده می‌شود میزان ضریب تعیین برای S برابر $0/9131$ و در شکل ۲ (ب) برای T برابر $0/9989$ است. در نتیجه این روش می‌تواند صحتی بر ادامه کار باشد.

در این تحقیق به منظور بررسی آبخوان دشت اوان و بررسی ضرایب هیدرودینامیکی آن، همچنین پیش‌بینی این ضرایب در نقاطی که فاقد اطلاعات هستند از مدل استنتاج فازی در نرم‌افزار *Matlab* استفاده شد. مدل‌های استنتاجی بسیاری وجود دارد که در علوم مختلف به‌ویژه علوم مهندسی کاربرد دارد. در این تحقیق از مدل استنتاج فازی ممدانی به دلیل مقبولیت عام و کاربرد ساده نسبت به سایر مدل‌های موجود استفاده گردید (گوکوئنگلو، ۲۰۰۲). پارامترهای ورودی شامل جنس رسوبات و پارامترهای خروجی شامل ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان می‌باشد که همگی به صورت فازی تعریف شده‌اند و نتایج حاصل نیز به همین طریق به دست آمد. از آنجایی که نمی‌توان رابطه خاصی که دارای مفهوم مشخص بین جنس رسوبات و ضرایبی همچون ضریب



ب

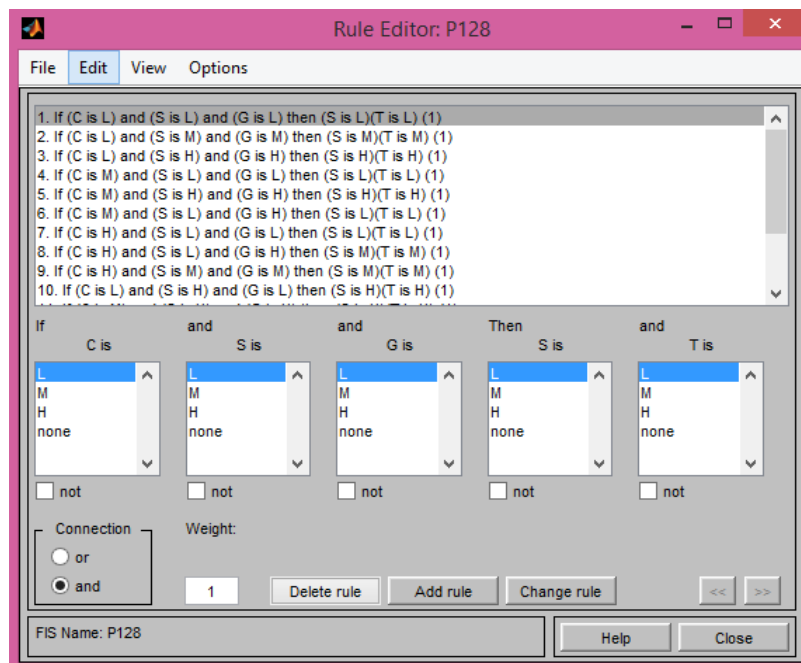


الف

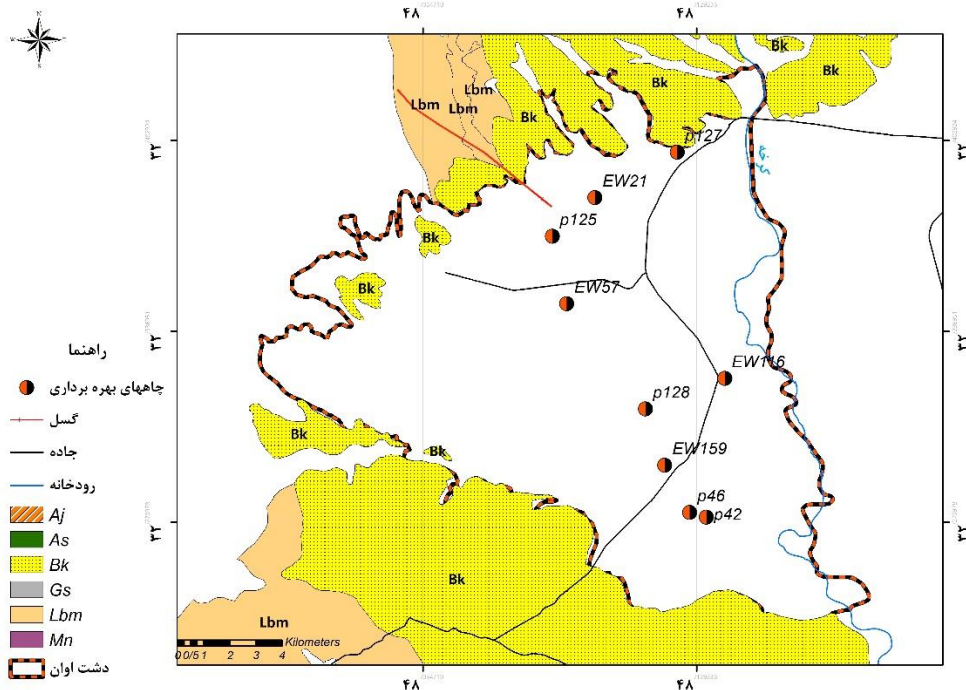
شکل ۲- مقایسه پمپاژ و رگرسیون خطی. شکل (الف) ضریب ذخیره و شکل (ب) قابلیت انتقال.

ماسه، رس و سیلت مشخص شد، قوانین فازی با در نظر گرفتن جنس رسوبات و متناسب با تأثیر آن‌ها در ضرایب هیدرودینامیک برای هر چاه نوشته شد سپس به روش فازی در نرم‌افزار *MATLAB* (استنتاج ممدانی) نسبت به تعیین ضرایب هیدرودینامیکی اقدام گردید. شکل ۳ پنجره ویرایشگر قواعد را نشان می‌دهد. شکل ۴ نیز محل چاه‌های بهره‌برداری استفاده شده در منطقه را نشان می‌دهد.

سپس برای هر چاه در *MATLAB* در قسمت فازی برنامه‌ای نوشته شد و کدهای مشخصی برای هر چاه ایجاد شد که شامل ورودی‌هایی از جمله درصد رس (C)، سیلت (Z)، گراول (G) و ماسه (S) است و خروجی آن شامل ضریب ذخیره و قابلیت انتقال است. این برنامه‌ها بر پایه اطلاعات ۹ لاگ چاه نمونه انجام شد که با توجه به جنس رسوبات چاه‌های موردنظر مقادیر برای گراول،



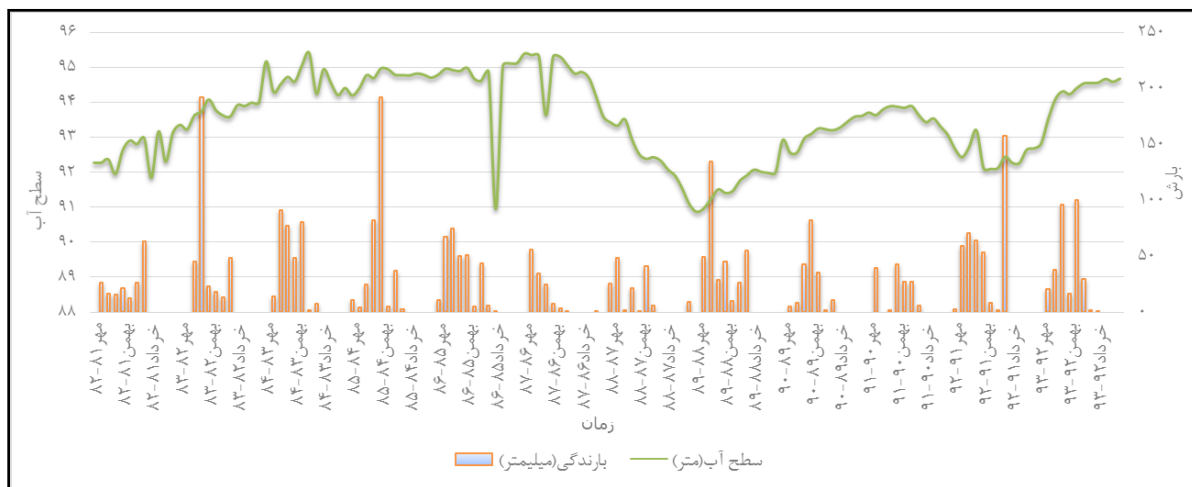
شکل ۳- پنجره ویرایشگر قواعد.



شکل ۴- موقعیت چاه‌های بهره‌برداری در منطقه.

چاه بهره‌برداری P125: این چاه در قسمت جنوبی دشت با طول جغرافیایی ۲۲۵۱۹۷ و عرض جغرافیایی ۳۵۸۵۱۷۸ در سال ۱۳۶۵ حفر شده است. عمق این چاه ۱۱۰ متر و سطح آب در آن در ارتفاع ۴۰ متری است. بررسی لاگ چاه موردنظر نتایج زیر (جدول ۱) را به دست می‌دهد، لاگ این چاه نیز در شکل ۶ آورده شده است.

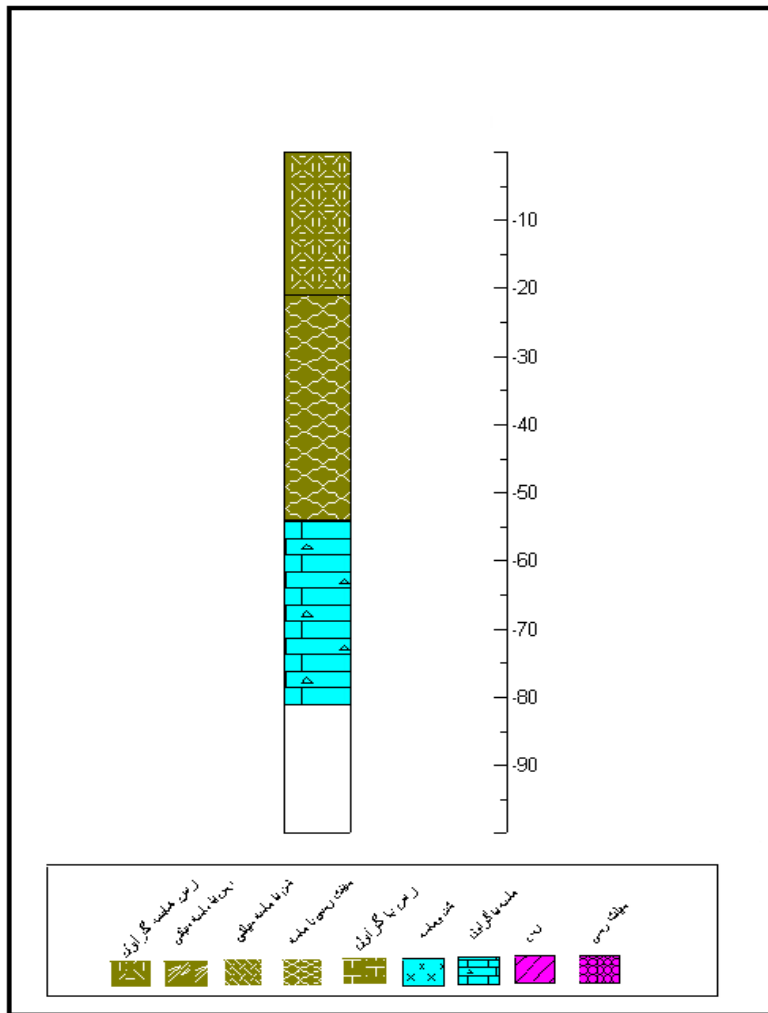
دوره آماری ۱۲ ساله از ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۳ را در نظر گرفته و هیدروگراف مربوط به دشت برای این دوره به منظور پی بردن به روند کلی تغییرات سطح آب دشت در این سال‌ها تهیه گردید و با ترسیم نمودار بارندگی روی محور Z تغییرات سطح آب با میزان بارندگی در دشت مقایسه شد. علت استفاده از این سال آماری تنها کامل بودن اطلاعات پیزومتری در این سال‌هاست. هیدروگراف معرف دشت اوان در شکل ۵ آورده شده است.



شکل ۵- هیدروگراف معرف دشت اوان.

جدول ۱- جنس و ضخامت رسوبات لاگ P125

جنس	درصد رسوبات				ضخامت
	C	S	Z	G	
Cs(g)	۷۰	۲۰	-	۱۰	۲۰
M(s)	۲۰	۱۰	۷۰	-	۳۳
Sg	-	۶۰	-	۴۰	۲۸



شکل ۶- لاگ چاه P125

تغییر چندانی نداشته است. برای سایر چاه‌ها نیز به همین روش عمل کرده که نتایج آن در جداول ۴ برای سال ۸۱ و ۵ برای سال ۹۳ آورده شده است. پس از آن نقشه هم ضریب انتقال را برای روش‌های پمپاژ (شکل ۸)، فازی سال ۹۳ (شکل ۹، الف) و کلاسیک سال ۹۳ (شکل ۹، ب) در نرم‌افزار GIS با استفاده از درون‌یابی *kriging* ترسیم شده است.

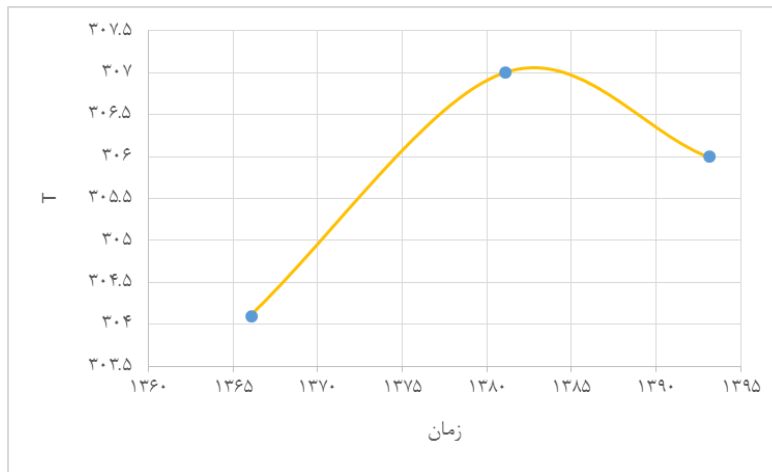
میانگین رسوبات و ضرایب هیدرودینامیکی در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ مطابق جدول ۲ است. با رسم هیدروگراف از سال ۸۱-۹۳ سطح آب در این مدت ۱ متر افت کرده است که مقادیر رسوبات به شرح جدول ۳ است: تغییرات T نسبت به زمان در شکل ۷ مشخص است محور Y نشان دهنده T و محور X نشان دهنده زمان می‌باشد که به دلیل تغییرات کم سطح آب T

جدول ۲- میانگین رسوبات و ضرایب هیدرودینامیکی در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۶۶.

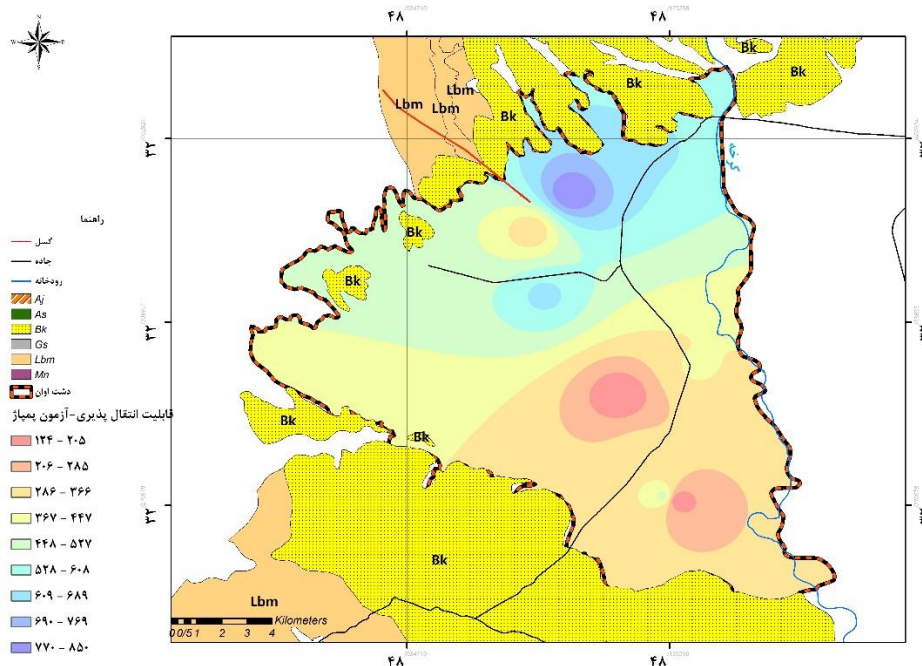
سال	C	S	G	Z	S	T
۱۳۶۶	۲۵/۴۴	۲۹/۷۵	۱۶/۲۹	۲۸/۵۲	۰/۱۲	۳۰۴/۱
۱۳۸۱	۲۷/۳۰	۳۵/۲۹	۱۶/۰۴	۳۱/۲۷	۰/۱۲۱	۳۰۷

جدول ۳- میانگین رسوبات و ضرایب هیدرودینامیکی در سال ۱۳۹۳.

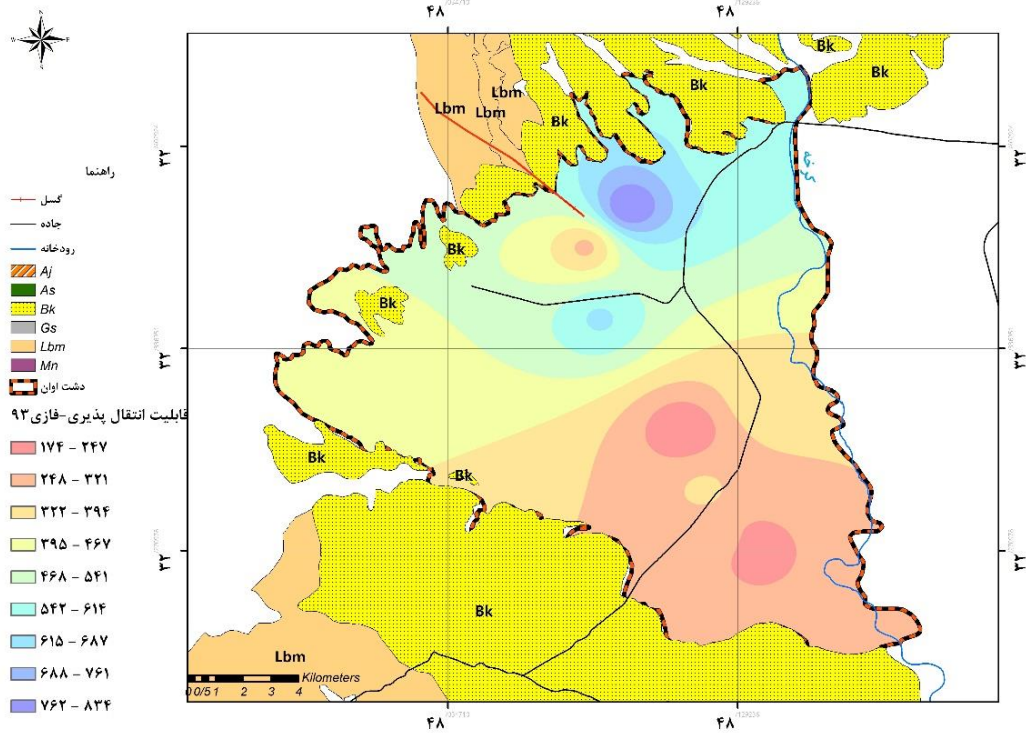
C	S	G	Z	S	T
۲۷/۳۰	۳۵/۲۹	۱۶/۰۴	۳۱/۲۷	۰/۱۲۱	۳۰۷



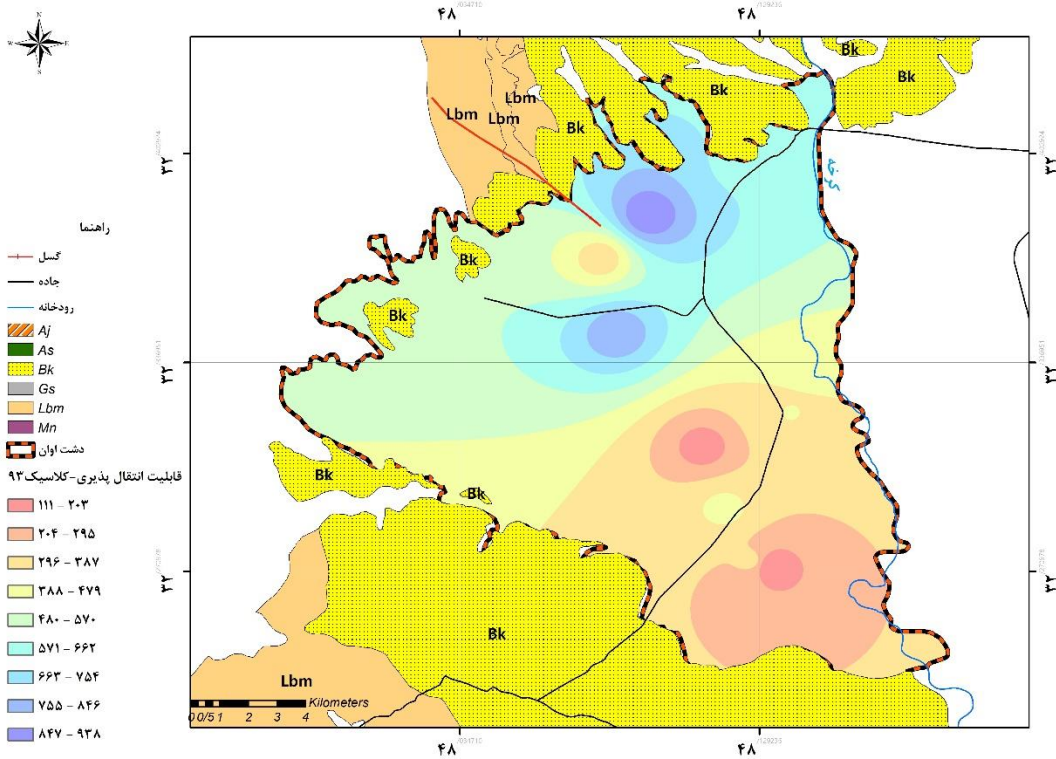
شکل ۷- تغییرات T نسبت به زمان.



شکل ۸- نقشه هم قابلیت انتقال (مترمربع بر روز) دشت اوآن با استفاده از داده‌های آزمون پمپاژ.



الف



ب

شکل ۹- نقشه هم قابلیت انتقال (مترمربع بر روز) فازی (الف) کلاسیک (ب) سال ۹۳.

جدول ۴- نتایج روش کلاسیک و فازی سال ۱۳۸۱.

چاه	روش	سال	درصد رسوبات				ضرایب هیدرودینامیکی	
			C	G	S	Z	T	S
P46	پمپاژ	۱۳۶۵	۵۱	-	۴۰/۵	۸/۵	۴۷۰	۰/۰۷
	کلاسیک	۱۳۸۱	۵۰/۰۱	-	۴۱/۶۵	۸/۳۳	۳۳۸/۸۲	۰/۰۷۶
	فازی	۱۳۸۱	۵۰/۰۱	-	۴۱/۶۵	۸/۳۳	۳۰۱	۰/۰۶
P42	پمپاژ	۱۳۶۵	۵۴/۳۵	۳۲/۰۹	۱۳/۵۶	-	۱۲۵/۲	۰/۰۷
	کلاسیک	۱۳۸۱	۵۴/۷۹	۳۱/۳۲	۱۴/۸۹	-	۱۱۲/۸۲	۰/۰۷۷
	فازی	۱۳۸۱	۵۴/۷۹	۳۱/۳۲	۱۴/۸۹	-	۱۷۷	۰/۰۷
P128	پمپاژ	۱۳۶۵	۲۸/۸۸	۲۶/۶۶	۴۴/۴۶	-	۱۲۴/۱	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۸۱	۳۳/۶۸	۲۲/۵۶	۴۳/۷۶	-	۱۴۵/۷۵	۰/۱۵۷
	فازی	۱۳۸۱	۳۳/۶۸	۲۲/۵۶	۴۳/۷۶	-	۱۷۶	۰/۱۷
P125	پمپاژ	۱۳۶۵	۲۵/۴۴	۱۶/۲۹	۲۹/۷۵	۲۸/۵۲	۳۰۴/۱	۰/۱۲
	کلاسیک	۱۳۸۱	۲۷/۳۰	۱۶/۰۴	۲۹/۳۵	۲۷/۳۱	۳۲۱/۳۲	۰/۱۱
	فازی	۱۳۸۱	۲۷/۳۰	۱۶/۰۴	۲۹/۳۵	۲۷/۳۱	۳۰۷	۰/۱۲۱
P127	پمپاژ	۱۳۶۵	۱۹/۰۷	۳۰/۰۷	۱۰/۵۸	۴۰/۲۸	۶۱۳/۸	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۸۱	۲۱/۵۵	۳۰/۳۳	۱۰	۳۸/۱۲	۶۵۰/۶۸	۰/۱۵
	فازی	۱۳۸۱	۲۱/۵۵	۳۰/۳۳	۱۰	۳۸/۱۲	۶۰۰	۰/۱۵
EW21	پمپاژ	۱۳۶۵	۷/۲	۵۴/۸	۲۰	۱۸	۸۵۰	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۸۱	۹/۷۱	۵۴/۰۹	۱۹/۰۴	۱۷/۱۴	۹۱۲/۵	۰/۱۳۵
	فازی	۱۳۸۱	۹/۷۱	۵۴/۰۹	۱۹/۰۴	۱۷/۴	۸۳۷	۰/۱۶
EW116	پمپاژ	۱۳۶۵	-	۵۷/۵	۳۱/۸۷	۱۰/۶۳	۳۷۳/۵	۰/۱
	کلاسیک	۱۳۸۱	-	۵۸/۶۳	۳۱/۰۳	۱۰/۳۴	۳۸۶	۰/۱۰۵
	فازی	۱۳۸۱	-	۵۸/۶۳	۳۱/۰۳	۱۰/۳۴	۳۷۷	۰/۱۰۷
EW57	پمپاژ	۱۳۶۵	۱۷/۷	۳۲/۱۵	۳۸/۷۵	۱۰/۷	۶۳۰/۳	۰/۱۵
	کلاسیک	۱۳۸۱	۲۵/۲۵	۲۶/۸۶	۳۸/۹۵	۸/۹۴	۸۲۹/۸۶	۰/۱۲۴
	فازی	۱۳۸۱	۲۵/۲۵	۲۶/۸۶	۳۸/۹۵	۸/۹۴	۶۲۶	۰/۱۳۳
EW159	پمپاژ	۱۳۶۵	-	۸۶/۲	۲۰/۶	۱۱/۲	۳۱۱	۰/۰۶
	کلاسیک	۱۳۸۱	-	۷۲/۶۸	۱۷/۷۰	۹/۶۲	۳۹۷/۲۲	۰/۱
	فازی	۱۳۸۱	-	۷۲/۶۸	۱۷/۷۰	۹/۶۲	۳۳۵	۰/۰۶۴

جدول ۵- نتایج روش کلاسیک و فازی سال ۱۳۹۳.

چاه	روش	سال	درصد رسوبات				ضرایب هیدرودینامیکی	
			C	G	S	Z	T	S
P46	پمپاژ	۱۳۶۵	۵۱	-	۴۰/۵	۸/۵	۴۷۰	۰/۰۷
	کلاسیک	۱۳۹۳	۴۹/۸۵	-	۴۱/۸۵	۸/۳	۳۳۳/۷	۰/۰۷۷
	فازی	۱۳۹۳	۴۹/۸۵	-	۴۱/۸۵	۸/۳	۳۰۰	۰/۰۶
P42	پمپاژ	۱۳۶۵	۵۴/۳۵	۳۲/۰۹	۱۳/۵۶	-	۱۲۵/۲	۰/۰۷
	کلاسیک	۱۳۹۳	۵۳/۴۵	۳۱/۴۲	۱۵/۱۱	-	۱۱۱/۳	۰/۰۷۸
	فازی	۱۳۹۳	۵۳/۴۵	۳۱/۴۲	۱۵/۱۱	-	۱۸۱	۰/۰۷۱
P128	پمپاژ	۱۳۶۵	۲۸/۸۸	۲۶/۶۶	۴۴/۴۶	-	۱۲۴/۱	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۹۳	۳۴/۶۶	۲۱/۷۲	۴۳/۶۲	-	۱۵۱/۳۸	۰/۱۵۳
	فازی	۱۳۹۳	۳۴/۶۶	۲۱/۷۲	۴۳/۶۲	-	۱۷۴	۰/۱۷
P125	پمپاژ	۱۳۶۵	۲۵/۴۴	۱۶/۲۹	۲۹/۷۵	۲۸/۵۲	۳۰۴/۱	۰/۱۲
	کلاسیک	۱۳۹۳	۲۶/۸۸	۱۶/۱	۲۹/۴۳	۲۷/۵۹	۳۱۸/۳۶	۰/۱۱۶
	فازی	۱۳۹۳	۲۶/۸۸	۱۶/۱	۲۹/۴۳	۲۷/۵۹	۳۰۶	۰/۱۳۱
P127	پمپاژ	۱۳۶۵	۱۹/۰۷	۳۰/۰۷	۱۰/۵۸	۴۰/۲۸	۶۱۳/۸	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۹۳	۲۰/۲۶	۳۰/۴	۱۳/۰۸	۳۶/۲۶	۶۵۱/۲	۰/۱۵۷
	فازی	۱۳۹۳	۲۰/۲۶	۳۰/۴	۱۳/۰۸	۳۶/۲۶	۶۰۰	۰/۱۵
EW21	پمپاژ	۱۳۶۵	۷/۲	۵۴/۸	۲۰	۱۸	۸۵۰	۰/۱۷
	کلاسیک	۱۳۹۳	۱۰/۶۵	۵۳/۸۴	۱۸/۶۹	۱۶/۸۲	۹۳۷/۵	۰/۱۳۴
	فازی	۱۳۹۳	۱۰/۶۵	۵۳/۸۴	۱۸/۶۹	۱۶/۸۲	۸۳۴	۰/۱۶
EW116	پمپاژ	۱۳۶۵	-	۵۷/۵	۳۱/۸۷	۱۰/۶۳	۳۷۳/۵	۰/۱
	کلاسیک	۱۳۹۳	-	۵۸/۵۷	۳۰/۳۵	۱۱/۰۸	۳۸۷/۶	۰/۱۰۸
	فازی	۱۳۹۳	-	۵۸/۵۷	۳۰/۳۵	۱۱/۰۸	۳۷۴	۰/۱۰۶
EW57	پمپاژ	۱۳۶۵	۱۷/۷	۳۲/۱۵	۳۸/۷۵	۱۰/۷	۶۳۰/۳	۰/۱۵
	کلاسیک	۱۳۹۳	۲۵/۶۱	۲۶/۵۸	۳۸/۹۶	۸/۸۵	۸۳۴/۲	۰/۱۱
	فازی	۱۳۹۳	۲۵/۶۱	۲۶/۵۸	۳۸/۹۶	۸/۸۵	۶۲۶	۰/۱۳۳
EW159	پمپاژ	۱۳۶۵	-	۸۶/۲	۲۰/۶	۱۱/۲	۳۱۱	۰/۰۶
	کلاسیک	۱۳۹۳	-	۷۳/۶	۱۷/۱۱	۹/۲	۴۱۸/۶	۰/۱
	فازی	۱۳۹۳	-	۷۳/۶	۱۷/۱۱	۹/۲۹	۳۳۴	۰/۰۶۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

هیدرودینامیک در مناطق مختلف می‌تواند بهینه باشد به خصوص برای مناطقی که تغییرات سطح آب در آن‌ها زیاد است.
۶. استفاده از اطلاعات سونداژ به همراه لاگ حفاری در تخمین دقیق تر T و S می‌تواند مفید واقع گردد. با توجه به محدود بودن سونداژ و نتایج ژئوفیزیک دشت، مطالعات ژئوفیزیک گسترده‌تری برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

منابع

آذر، ع.، فرجی، ح.، علم مدیریت فازی، انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر، تهران، ص ۳۰۸، ۱۳۸۶.
سازمان آب و برق خوزستان، مطالعات نیمه تفصیلی آب‌های زیرزمینی دشت‌های ایزه، جازو، سرتیوک، سیمیلی، اوان، ۱۳۸۸
سامانی، ن.، زارع، م.، شامسوند، د.، نوری، م.، ح.، ۱۳۸۴، تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی آبخوان توسط سیستم عصبی - فازی، تطبیقی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
سهرابی، ن.، استفاده توأم از منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی دشت اوان با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۳۹۰
نخعی، م.، ودیعی، م.، ۱۳۹۱، کاربرد مدل استنتاج فازی در ارزیابی کیفیت آب قنات جهت مصارف شرب و کشاورزی (مطالعه موردی: استان تهران)، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، زمستان ۹۱، شماره ۶.

Bacanlı, U. Firat, M. and Dikbas, F. 2008. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System ANFIS for drought forecasting. *Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 23: 1143-1154.
Batte, A. G. 2010. Correlation of Geoelectric data with aquifer parameters to delineate the groundwater potential of hard rock terrain in central Uganda, pure appl. *Journal of geophysic*. 22: 454-467.
Dahiya, S. 2007. Analysis of groundwater quality using fuzzy synthetic evaluation. *Journal of Hazardous Materials*. 147: 938-946.
Dixon, B. Scott, H. D. Steele, K. F. and Dixon, J. C. (2002). Prediction of aquifer vulnerability to pesticides using fuzzy rule-based models at the regional scale. *Journal of Physical Geography*. 23(2): 130-153.
Girma, Y. A. Jonoski, A. Al-Maktoumi, M. Ahmed, A. Mynett, 2015. Simulation-Optimization Approach for Evaluating the Feasibility of Managed Aquifer Recharge in the Samail Lower Catchment, Oman. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 72 (4): 231-244.

۱. در بعضی از چاه‌ها با تغییرات سطح آب تغییری در مقدار قابلیت انتقال دیده نشد که این نشان دهنده میزان هدایت هیدرولیکی کم در این مناطق است که ناشی از وجود خاک دانه‌ریز است. این چاه‌ها عبارت‌اند از P127 و EW57.
۲. بیشترین تغییرات ضرایب هیدرودینامیکی مربوط به چاه P42 و کمترین مربوط به چاه P127 است. هرچند به دلیل وجود زهکش تغییرات زیادی در سطح آب صورت نگرفته است ولی به‌طور کلی بخش‌های شمالی و مرکزی دشت دارای حداکثر ضریب قابلیت انتقال می‌باشد، به سمت جنوب و جنوب شرقی دشت مقدار قابلیت انتقال کاهش می‌یابد. علت اصلی کاهش ضریب قابلیت انتقال در بخش‌های جنوبی‌تر ریزدانه بودن رسوبات در این قسمت‌هاست.
۳. ضریب قابلیت انتقال به دلیل تغییرات میزان رسوبات و تراکم صورت گرفته در آن‌ها تغییری بیشتری را نسبت به ضریب ذخیره نشان می‌دهد، این امر با مراجعه به جداول حاصل از نتایج قابل مشاهده است.
۴. هدف دیگر این تحقیق بررسی رسوبات مؤثر در میزان ضرایب هیدرودینامیکی است. در هر ۲ روش انجام‌شده مشخص شد که با افزایش رس و سیلت ضریب قابلیت انتقال آبخوان کاهش می‌یابد و با افزایش مقادیر ماسه و گراول و کاهش هرچه بیشتر رس و سیلت ضریب ذخیره افزایش می‌یابد، در واقع هر چه اندازه ذرات افزایش یابد ضریب ذخیره و قابلیت انتقال افزایش می‌یابد. در مناطق جنوبی‌تر دشت اندازه ذرات ریزتر می‌شود و مقدار رس و سیلت بیشتر می‌شود در نتیجه از مقدار قابلیت انتقال و ضریب ذخیره کاسته می‌شود.
۵. اختلاف کم روش فازی در مقایسه با روش پمپاژ که خطایی کمتر از ۰.۰۷ دارد نشان‌دهنده دقت بالای این روش می‌باشد. با توجه به اختلاف بسیار اندک روش منطق فازی با روش پمپاژ استفاده از روش منطق فازی در تعیین ضرایب هیدرودینامیک می‌تواند تا حدود زیادی هزینه‌های آزمایش پمپاژ را کاهش دهد بنابراین استفاده از این روش جهت تعیین و تخمین ضرایب

Regli, C, Ruber, M, Huggenberger, P, 2003. Analysis of aquifer heterogeneity within a well capture zon, comparison of Modell data with field experiment: a case of study from the river wiese, Switzerland. *Journal of Auat. Sci.* 65: 111-128.

Zadeh, L.A. 1965. Quantative fuzzy sets. *Journal of Information and Control.* 8: 338-353.

Gokceoglu, C. 2002, A fuzzy Triangular Chart to Predict the Uniaxial Compressive Strength of the Ankara Agglomerates from Their Petrographic Composition. *Journal of Engineering Geology.* 66: 39-51.