

بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل هیدرولوژیک جامع (مطالعه موردی حوضه فاریاب شرقی)

صادق دلفاردی^۱، علی سلاجقه^{۲*}، علیرضا مقدم‌نیا^۳، حسین هاشمی^۴

چکیده

امروزه با توجه به اهمیت بالای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی، برای بررسی و ارزیابی منابع آب از مدل‌سازی و پیش‌بینی تراز آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش، پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در آبخوان فاریاب شرقی با استفاده از مدل پارفلو^۱ و نیز ارزیابی عملکرد آن به صورت مقایسه داده‌های سطح آب پیش‌بینی شده توسط مدل با داده‌های مشاهده‌ای در پیژومترهای موجود در آبخوان می‌باشد. بنابراین داده‌های سطح آب زیرزمینی مربوط به ۲۳ پیژومتر موجود در آبخوان در سال ۲۰۱۰ (۱۱ دی‌ماه ۱۳۸۸ تا ۱۰ دی‌ماه ۱۳۸۹) استخراج و با داده‌های پیش‌بینی شده مقایسه گردید. محاسبه و مقایسه برای داده‌های میانگین همه پیژومترها و نیز مقایسه جداگانه پیژومترها انجام شد. نتایج نشان داد که مقدار ضریب همبستگی داده‌های میانگین مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده برابر ۰/۸۸۲۲ به دست آمد که نشان‌دهنده همبستگی بالای بین داده‌های واقعی و مدل شده می‌باشد. علاوه بر این در ۳ پیژومتر، میزان همبستگی زیر یک درصد می‌باشد و ۱۳ پیژومتر نیز میزان همبستگی بالای ۰/۷۵ به دست آمد که ۷ پیژومتر آنها بالای ۰/۹۰ بود. بالاترین ضریب همبستگی در پیژومتر جزفطن در قسمت مرکز متمایل به غرب آبخوان و با مقدار ۰/۹۸۱۴ و کمترین مقدار آن در پیژومتر غرب کهن در قسمت بالادست حاشیه شرقی مشاهده گردید که مقدار آن برابر با ۰/۰۰۲۶ به دست آمد. مشاهده می‌گردد که پیژومترهای موجود در مرکز و متمایل به سمت غرب و بالادست آبخوان نسبت به قسمت‌های شرقی که خروجی حوضه می‌باشد و به رودخانه هلیل‌رود می‌ریزد، دارای ضریب همبستگی بالاتری هستند که به نظر می‌رسد دلیل این امر علاوه بر عدم قطعیت مدل‌سازی و داده‌های مورد استفاده، مستقل گرفتن آبخوان فاریاب شرقی از آبخوان شهرستان جیرفت می‌باشد، در صورتی که احتمال این که آبخوان فاریاب شرقی در قسمت خروجی و شرقی با آبخوان جیرفت مرز مشترک داشته باشند، وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج مشخص شد که مدل پارفلو سطح آب زیرزمینی و روند تغییرات آن را با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی می‌کند و در سه پیژومتر دهانه کوه متاع، تاج‌آباد و شمال اسماعیلیه بالا که مقادیر سطح آب زیرزمینی کم می‌باشد (زیر ده متر) مقادیر پیش‌بینی شده سطح آب زیرزمینی بیش‌برآورد گردیده است.

واژگان کلیدی:

عمق سطح آب زیرزمینی، فاریاب شرقی، مدل‌سازی، مدیریت پایدار، هلیل‌رود.



مقاله پژوهشی

۱. مربی، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

s.dalfardi@ujiroft.ac.ir

۲. استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

salajegh@ut.ac.ir

*نویسنده مسئول

۳. استاد، دانشکده‌گان علوم و فناوری‌های میان رشته‌ای، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

a.moghaddammia@ut.ac.ir

۴. دانشیار، بخش مهندسی منابع آب، دانشگاه لوند، لوند، سوئد.

hossein.hashemi@tvr1.lth.se

۲۴۰۶-۱۰۶۹

شناسه مقاله:

۵۹۱-۶۰۳

شماره صفحه پایایی:

۱۴۰۳/۰۴/۰۶

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۵/۰۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۲/۱۸

انتشار آنلاین:

۲۷روز

زمان پذیرش:

استناددهی:

دلفاردی، ص.، سلاجقه، ع.، مقدم‌نیا، ع.، و هاشمی، ح. (۱۴۰۲). بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل هیدرولوژیک جامع (مطالعه موردی حوضه فاریاب شرقی). مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۳(۴)، ۱۲-۲۴.

۱- مقدمه

کره زمین اخیراً در مواجهه با تغییرات بی‌سابقه اقلیمی و تنش‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است. بدون توجه مناسب به آب‌های زیرزمینی در مدل‌های استفاده شده، پیش‌بینی‌های آینده قابل اعتماد نمی‌باشند (Clark et al., 2015; Feng et al., 2024) در چند دهه اخیر توجه بیشتری روی استراتژی‌های مدیریت آب پایدار صورت گرفته است با این وجود برنامه‌های مدیریت آب روی منابع ذخیره آب سطحی متمرکز شده‌اند در حالی که استخراج آب‌های زیرزمینی یا اصلاً بررسی و پایش نشده و یا اغلب به صورت ضعیف صورت گرفته است (Castle et al., 2014; Cooley et al., 2009). امروزه منابع آب زیرزمینی با مسائل عدیده‌ای از قبیل هدررفت، افت تراز، ورود زه‌آب‌های شیمیایی صنایع و کشاورزی، شوری رو به رو می‌باشد. از طرفی پیامدهای منفی و زیان‌بار ناشی از این امر به لحاظ جغرافیایی متفاوت بوده و به‌طور یکسان جوامع بشری را تهدید نمی‌کند. بالطبع در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به منابع آب زیرزمینی بیشتر است (شیخ‌گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱) تمامی تهدیدها تشدید می‌یابد (Khazaz et al., 2015) لذا توجه جدی و مسئولانه به این موضوع در مناطق کم آب، ضرورتی انکارناپذیر می‌باشد. در کشور ما نیز که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و میانگین بارندگی سالانه آن، نیاز آبی را کافی نیست (حسینعلی‌زاده و یعقوبی، ۱۳۸۹؛ اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳)، حفظ و مدیریت منابع آب زیرزمینی اهمیتی بسیاری دارد (حسینعلی‌زاده و یعقوبی، ۱۳۸۹) بدون شک گام اساسی در این زمینه آگاهی و شناخت علمی از توزیع مکانی پارامترهای مربوط به آب‌های زیرزمینی است، که پشتوانه‌ای برای برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی جغرافیایی این منابع حیاتی به‌لحاظ حفاظت و احیاء است. مدیریت موفق منابع آب زیرزمینی از طریق مدل‌های عددی، نیازمند شناخت الگوی توزیع مکانی بار هیدرولیکی، پارامترهای آبخوان و دیگر داده‌های ورودی می‌باشد (Kumar and Remadevi, 2006). Yang et al. (۲۰۲۳) مدل پارفلو را برای کل ایالات متحده با دقت بالا و در مقیاس قاره‌ای، جهت شبیه‌سازی آب سطحی و زیرزمینی، در دو حالت پیوسته ۱، بدون در نظر گرفتن خطوط ساحلی و حوضه‌ای و به صورت یک مستطیل همراه با لحاظ جریان جانبی آب زیرزمینی و ۲، با در نظر گرفتن خطوط ساحلی و مناطق خارجی که به داخل ایالات متحده می‌ریزد و لحاظ پردازش‌های توپوگرافی دقیق و ناهمگنی زیرسطحی را برای ۵ سال انجام دادند و نتایج دو حالت را بر اساس داده‌های مشاهداتی با هم مقایسه کردند. نتایج نشان داد که شبیه‌سازی‌های حالت دوم نسبت به حالت اول بهتر بود و با لحاظ دقیق تأثیر توپوگرافی از حالت اول به دوم، عمق سطح آب زیرزمینی در حالت دوم برای کل منطقه با دقت خوب پیش‌بینی گردید. آنها همچنین نشان دادند که در هر دو حالت، عمق سطح آب زیرزمینی در مناطق کم عمق، بیش از اندازه تخمین زده شد. Feng et al. (۲۰۲۴)، با استفاده از الگوریتم‌های سنتی و یادگیری عمیق، شامل شبکه عصبی پیچشی (CNN)، شبکه عصبی بازگشتی (RNN)، ماشین‌بردار پشتیبان (SVM)، درخت تصمیم (DT)، جنگل تصادفی (RF) و شبکه مولد تخصصی (GAN)، تراز آب زیرزمینی را در ایذه خوزستان با استفاده از سه متغیر ورودی کلیدی میزان استخراج آب زیرزمینی، میزان بارش و میزان جریان رودخانه، پیش‌بینی کردند. نتایج آنها نشان داد که شبکه عصبی پیچشی با ضریب R^2 برابر ۰/۹۹۴۸ بهترین عملکرد را دارا می‌باشد. همچنین تحلیل‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن نشان داد که میزان استخراج آب زیرزمینی و میزان جریان رودخانه، بیشترین تأثیر را روی تراز آب زیرزمینی دارند. Abu-Ei-Sha'r and Rihani (۲۰۰۷) مدل فوق پیشرفته آب زیرزمینی پارفلو، که پیشرفته‌ترین تکنیک‌های عددی اخیراً را همراه با قدرت فوق‌العاده محاسبات موازی جهت مدل‌سازی جریان آب زیر زمینی در محیط‌های ناهمگن سه بعدی به کار می‌برد، را به‌منظور مدل‌سازی آب زیرزمینی در حوضه ازراک اردن مورد استفاده قرار دادند. این مدل در مقایسه با فرضیات همگن‌سازی به کار برده شده در مدل‌های معمول‌تر نظیر مدل مادفلو^۱ مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که بیشترین میزان افت پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل پارفلو از مقدار پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل مادفلو برای میزان پمپاژ یکسان بیشتر می‌باشد که یکی از دلایل این اختلاف در پیش‌بینی‌ها این است که پارفلو یک تصویر کلی و جامع‌تر از سیستم در مقایسه با نتایج موضعی و نقطه‌ای^۲ بدست آمده از طریق مادفلو ارائه می‌دهد. جهان‌آرا و همکاران (۱۴۰۲)، سطح آب زیرزمینی در چاه‌های بوندویل و پری ایالات ایلینوی آمریکا با استفاده از مدل‌های GMDH و NF-GMDH-PSO مدل‌سازی و پیش‌بینی کردند. نتایج آنها نشان داد که مدل GMDH می‌تواند سطح آب زیرزمینی را با دقت بیشتری پیش‌بینی نماید. آنها همچنین بیان کردند که بررسی دقیق‌تر عملکرد مدل‌های توسعه داده نشان می‌دهد که برای مقادیر کمتر از یک متر سطح آب زیرزمینی دارای خطای قابل توجه است حال آنکه با افزایش سطح آب زیرزمینی، دقت مدل‌های توسعه داده شده به سرعت و به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. Maxwell et al. (۲۰۱۵) یک مدل هیدرولوژیک فیزیکی در بخش‌های بزرگی از مناطق شمال قاره آمریکا (حدود ۶/۳ میلیون کیلومتر مربع) با یک دقت خیلی بالا (یک کیلومتر) به‌عنوان اولین مرحله در شبیه‌سازی به صورت جامع، در مقیاس قاره‌ای و با دقت مکانی یک کیلومتر، به کار بردند و بر اساس این مطالعه عددی یک چارچوب تئوریک پایدار و مناسبی برای تجزیه و تحلیل ارتباط آب سطحی و زیر زمینی در مقیاس سراب کوچک تا مقیاس قاره‌ای (۱۰^۷-۱۰^{۱۰} کیلومتر مربع) ارائه دادند و نشان دادند که مدل‌های هیدرولوژیک جامع در مقیاس قاره‌ای نیز قابل اجرا می‌باشد و می‌توانند یک پیش‌بینی جامع از خصوصیات مهم هیدرولوژیک مثل عمق سطح آب و جریان سطحی در مقیاس‌های خیلی بزرگ با دقت مکانی بالا ایجاد می‌کنند. Barthel and Banzhaf (۲۰۱۶) بیان کردند که دانشمندان و نهادهای مختلف^۳ موافق

1. parallel
2. Modflow
3. Drawdown

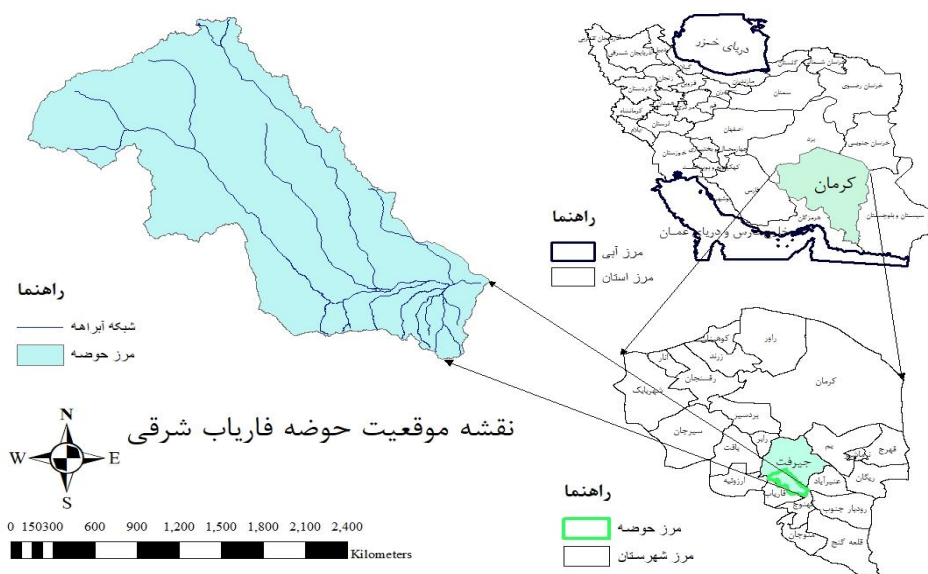
4. Point Dependent
5. Practitioners

این نکته هستند که تحقیق در زمینه مدیریت جامع منابع آب در مقیاس منطقه‌ای (۱۰^۳-۱۰^۵ کیلومتر مربع) که ارتباط بین سیستم‌های محیطی و انسانی به طور کامل توسعه پیدا کرده‌اند با یک نیاز روز افزون مواجه می‌باشد. همچنین بیان کردند که ارتباط آب سطحی و زیرزمینی در مقیاس منطقه‌ای شامل کل چرخه هیدرولوژیکی زمینی می‌باشد و همه فرآیندهای موثر در داخل و یا حتی بیرون منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند. آنها ذکر کردند که احتمالاً مدل‌سازی‌های جامع و در مقیاس منطقه‌ای معمولاً توسط نهادهای دولتی که جاه‌طلبی‌ها و انگیزه‌های علمی کمتری نسبت به دانشمندان محیط دانشگاهی دارند، انجام می‌شود و اگر ارتباط آب سطحی و زیرزمینی در مقیاس منطقه‌ای به صورت مجموع همه فرآیندهای چرخه هیدرولوژیک در یک منطقه یا حوضه در نظر گرفته شود، پس مناسب‌ترین روش جهت تفسیر این فرآیندها، استفاده از مدل‌های فیزیکی و کاملاً جفت شده می‌باشد، با این وجود در حالی که به نظر می‌سد این مدل‌ها پتانسیل حل همه مسائل مربوطه را دارند این نکته هنوز باید مشخص شود که آنها در مورد مسائل مدیریت منطقه‌ای عملی مناسب و معتبر می‌باشند. صمدی (۱۳۹۶) تراز، عمق و تغییرات مکانی و زمانی سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان کاشان را بر اساس استفاده از تکنیک اعتبارسنجی متقابل روش‌های مختلف درون‌یابی قطعی و زمین‌آماری در محیط GIS، مدل‌سازی کرد. اطلاعات سطح آب زیرزمینی ۶۷ چاه مشاهده‌ای در محدوده آبخوان کاشان را طی سال‌های ۸۱ تا ۹۰ برای تهیه نقشه سطح آب زیرزمینی، مورد بررسی و آزمایش قرار داد. نتایج نشان داد که به ترتیب روش توابع چند جمله‌ای موضعی، اسپلاین منظم، اسپلاین کششی، تابع چند جمله‌ای عام، کریجینگ و معکوس وزنی فاصله بیشترین دقت را دارند. همچنین بیان نمود که مناطق مسکونی با جمعیت بالا، به دلیل تشدید بالای تغذیه خالص از طریق چاه‌های دفع فاضلاب خانگی و نواحی جنگلی، باعث افزایش سطح آب زیرزمینی و فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و استحصال آب، باعث کاهش شدید سطح آب زیرزمینی شده است. رجا و همکاران (۱۴۰۱)، مناطق نشت و زهکشی بین آبخوان و رودخانه در دشت مهاباد واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با استفاده از مدل ترکیبی SWAT-MODFLOW-NWT مکان‌یابی کردند. نتایج آنها نشان داد که در نواحی مرکزی و شمالی دشت عمدتاً منجر به زهکشی آب از آبخوان به رودخانه به میزان ۳۰/۲۵ و ۴۰/۱۵ میلیون مترمکعب به ترتیب در سال‌های خشک و تر می‌باشد و در نواحی جنوبی و غربی، به دلیل شرایط هیدرولیکی متفاوت، نشت از رودخانه‌ها منجر به تغذیه آبخوان به میزان ۵/۳۵ تا ۹/۷۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) نقش سد کرخه بر نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت سرخه را با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی به دست آمده از سطح آب دشت با این روش در دوره آماری قبل و بعد از احداث سد، سد باعث افزایش تراز آب زیرزمینی از طریق نفوذ آب دریاچه و توسعه شبکه آبیاری در دشت شده است. قلی‌زاده سرابی و همکاران (۱۴۰۱)، از روش زمین‌آمار احتمال پذیرش مبتنی بر مدل کریجینگ معمولی برای ارزیابی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای در سطح آبخوان آبرفتی شیروان استفاده کردند و نشان دادند که مزیت روش احتمال پذیرش، در نظر گرفتن خطای تخمین سطح آب زیرزمینی در محل هر چاه مشاهده‌ای به طور نقطه‌ای و نیز کمی‌سازی میزان مشارکت هر چاه مشاهده‌ای در دقت تخمین توزیع مکانی سطح آب زیرزمینی می‌باشد. آنها همچنین بیان کردند که کاربرد روش احتمال پذیرش به منظور ارزیابی کارایی شبکه موجود چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان‌های مختلف در کشور، می‌تواند به عنوان یک روش ساده و کاربردی، تصویری مناسب از وضعیت شبکه‌های پایش سطح آب زیرزمینی به عنوان ابزاری کلیدی در مدیریت منابع آب زیرزمینی ارائه دهد. Izady et al. (۲۰۱۵) دو مدل SWAT و MODFLOW را به صورت ترکیبی در دشت نیشابور واسنجی نمودند و یافته‌های آنها نشان داد که توزیع مکانی تغذیه تحت تاثیر عوارض طبیعی موجود در منطقه بوده است و متوسط تغذیه سالانه ۳۹۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. پودینه و دلبری (۱۳۹۶) تغییرات مکانی عمق آب زیرزمینی دشت ایرانشهر-بمپور در سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۱ را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از ارزیابی متقابل روش‌های زمین‌آماری (OK و UK) حاکی از برتری روش UK با مدل J -bessel با درجه روند ۲ و ۱ به ترتیب برای اردیبهشت و مهر ۱۳۸۶، حاوی روند محسوس‌تری بوده و روش OK با مدل ساختار مکانی کروی برای سایر دوره‌ها (با روند کمتر) بوده‌اند. همچنین نشان دادند که براساس نتایج حاصل از ارزیابی متقابل، به طور کلی از میان روش‌های میان‌یابی به کار گرفته شده، روش LPI دارای کمترین میزان خطا بوده و بهترین برآورد عمق آب زیرزمینی را در همه سال‌های مورد بررسی به همراه داشته است. در نظر است در تحقیق پیشنهادی حاضر یک مدل هیدرولوژیک کاملاً جامع و فیزیکی، با در نظر گرفتن تمام فاکتورهای موثر بر چرخه آب و انرژی و تمامی خصوصیات تأثیرگذار سطحی و زیرسطحی و عوامل انسانی بر هم زنده چرخه‌های طبیعی به صورت همزمان و در قالب یک سیستم، با دقت یک کیلومتر در مقیاس منطقه‌ای در حوضه فاریاب شرقی استان کرمان مورد بررسی قرار گیرد. هدف بررسی اثرات فعالیت‌های مدیریتی مانند بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از طریق حفر چاه‌های کشاورزی، بر تغییرات سطح آب و تشخیص رابطه بین بخش‌های مختلف چرخه آب مانند تبخیر و تعرق، درجه اشباع ناحیه غیراشباع و مقادیر هد فشار در منطقه و تاثیرات فعالیت‌های انسانی مانند تغییرات کاربری اراضی و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی روی این پارامترها، می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی فاریاب شرقی بخشی از حوضه غربی جازموریان در جنوب غربی دشت جیرفت است که بین طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱ دقیقه و ۵۷ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه و ۸ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی قرار گرفته است. این محدوده از شمال به کوه بانه هور، در جنوب به ارتفاعات سرگریج، از شرق و جنوب شرق به رودخانه هلیل و از غرب به کوه عالی چوغان محدود می‌شود. وسعت محدوده مطالعاتی فاریاب شرقی ۱۷۴۴ کیلومتر مربع و دشت آبرفتی ۵۰۲ کیلومتر مربع و شیب عمومی دشت شمال غرب به جنوب شرق و شرق منطقه است (شکل ۱). رودخانه‌های فصلی گرفتو و گسک چوغان که از ارتفاعات شمالی سرچشمه گرفته در شرق منطقه به رودخانه هلیل رود می‌ریزند. با استفاده از منحنی‌های هم‌میزان متوسط دمای سالانه ارتفاعات و دشت محدوده مطالعاتی به ترتیب ۱۹/۹ و ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. با استفاده از منحنی‌های هم‌باران سالانه ارتفاعات و دشت محدوده مطالعاتی به ترتیب برابر با ۲۰۷/۸ و ۱۵۲/۱ میلی‌متر ارزیابی شده است. حوضه فاریاب شرقی که در شمال غربی هامون جازموریان قرار گرفته است، از ترکیب سازندهای دوران دوم، سوم و رسوبات کواترنری تشکیل شده است. در دوره پرمین و با پیشروی دریای پرمین رسوبات دریایی شامل آهک و دولومیت برجای گذاشته شده است که بعضاً تحت تأثیر فعالیت‌های آذرین، دگرگون شده‌اند.



شکل (۱): موقعیت حوضه مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

پارفلو یک مدل عددی می‌باشد که چرخه هیدرولوژیکی را از سنگ بستر تا انتهای تاج پوشش گیاهی شبیه‌سازی می‌کند. این مدل یک مدل جامع و با قابلیت عملکرد موازی می‌باشد که جریانات سطحی و زیرسطحی سه بعدی را شبیه‌سازی می‌کند (Maxwell et al., 1996; Ashby and Falgout, 1996).

عملکرد اصلی مدل پارفلو حل معادله جریان سه بعدی آب زیرزمینی در محیط‌های متخلخل همگن و یا ناهمگن با حداقل توپوگرافی، تا حوضه‌های بسیار پیچیده و بزرگ در مقیاس قاره‌ای می‌باشد (Jones and Woodward, 2001). مزیت اصلی این مدل نسبت به دیگر مدل‌های جامع، ساختار طراحی شده گسترده و موازی آن می‌باشد (Jones and Woodward, 2001; Ashby and Falgout, 1996). معادلات آب زیرزمینی در نواحی اشباع و غیر اشباع را نیز با لحاظ ناهمگنی سطحی و زیر سطحی، به صورت سه بعدی حل می‌کند.

در این مطالعه با توجه به شرایط متغیر اشباع زیرزمینی از حل‌کننده ریچاردز استفاده شد و شرایط مرزی لایه سطحی محدوده مورد نظر بر اساس رواناب سطحی و ترکیب این مدل با مدل سی‌ال‌ام تعریف شد. ورودی اصلی جهت اجرای مدل پارفلو، یک فایل یا نسخه‌آر قالب زبان برنامه‌نویسی تی‌سی‌ال (TCL) می‌باشد که جهت تعریف متغیرها و مقادیر عددی آنها و همچنین تعریف مسأله مورد نظر و ابعاد آن مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق حاضر دقت مکانی یک کیلومتر در جهت افقی (در امتداد محورهای X و Y) و ۰/۵ متر در جهت عمودی (در امتداد محور Z) انتخاب شد که نهایتاً به صورت یک شبکه‌بندی سه بعدی و با ابعاد ۶۰×۷۰×۲۲۸ آماده شد. بنابراین تعداد ۹۵۷۶۰۰ سلول و هر سلول با حجم ۵۰۰۰۰۰ متر مکعب ایجاد شد. از میان ۴۲۰۰ سلول سطحی موجود در محدوده مستطیلی انتخابی تعداد ۱۷۴۴ سلول به صورت فعال (داخل محدوده حوضه فاریاب شرقی)

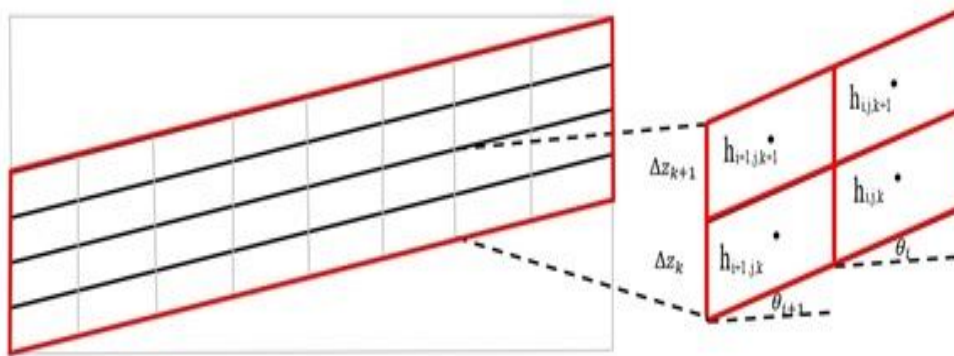
1. Richards Solver

2. Script

3. Tool Common Language

وجود دارد که محاسبات مدل فقط در این سلول‌ها انجام گرفت و بقیه سلول‌ها به صورت سلول‌های غیرفعال برای مدل تعریف شد و سپس سلول‌های حاوی پیژومترها که در داخل آبخوان فاریاب شرقی قرار داشتند در محدوده مورد نظر مشخص شدند و سطح آب زیرزمینی موجود در این سلول‌ها توسط مدل استخراج گردید و با سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای پیژومترها مورد مقایسه قرار گرفت. دقت زمانی مورد استفاده نیز به صورت ۲۴ ساعته یا یک روزه در نظر گرفته شد.

داده‌های ورودی برای کل محدوده مورد نظر و با دقت انتخاب شده و در فرمت مورد نظر آماده شد. ابتدا نقشه رقومی ارتفاعی منطقه با دقت ۳۰ متری از درگاه USGS دانلود شد و با استفاده از نرم افزار Arc GIS به دقت یک کیلومتری تبدیل شد (از طریق تغییر ابعاد) و سپس نقشه خاک محدوده مورد مطالعه از نقشه خاک کل استان کرمان جدا شد و داده‌های مربوط به این نقشه خاک از داده‌های HiHydrosoil v.2.0 استخراج شد و برای تعیین خصوصیات لایه‌های عمیق‌تر از نقشه زمین‌شناسی، لوگ‌های حفاری و مطالعات ژئوفیزیک قدیمی انجام شده در محدوده مورد مطالعه استفاده شد. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد نظر نیز از طریق بخش مطالعات اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب استان کرمان و همچنین نقشه کاربری اراضی استان کرمان تهیه شد. شبکه‌بندی محدوده مورد نظر با توجه به شرایط منطقه و مساحت آن و عمق سنگ کف برآورد شده بر اساس لوگ‌های حفاری و مطالعات ژئوفیزیک و با استفاده از روش شبکه‌بندی TFG^۲ به دست آمد. که باعث منطبق شدن شبکه‌بندی مدل با توپوگرافی منطقه می‌شود و نیز برای ارتباطات متقابل جریانات سطحی و زیر سطحی که جریانات زیرزمینی متناسب با توپوگرافی می‌باشد، بسیار مفید است.



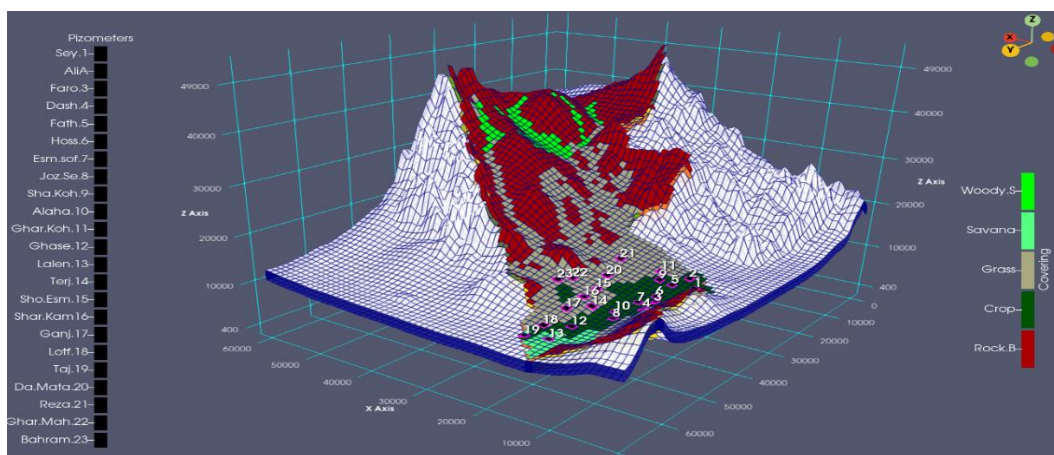
شکل (۲): شبکه‌بندی TFG استفاده شده در مدل پارفلو (Kuffour et al., 2020)

جهت اجرای مدل پارفلو، ژئومتری منطقه که به صورت تعیین دقیق محدوده مورد نظر و تعیین نوع خاک‌های سطحی و سازندهای زیرسطحی در هر کدام از سلول‌های شبکه می‌باشد، به صورت سه بعدی و در جهات افقی و عمودی مشخص گردید. سه نوع قالب ژئومتری شامل باکس^۳، اندیکیتور^۴ و سالید^۵ مدل قابل تعریف می‌باشد که هر کدام از این قالب‌ها به جزء نوع باکس، می‌توانند چندین نوع ژئومتری را در نظر بگیرند و کل ناهمگنی محدوده مورد مطالعه را مشخص نمایند. در این تحقیق با توجه به وجود بیش از یک ژئومتری از ترکیب دو قالب ژئومتری سالید و اندیکیتور جهت تعریف فضای سطحی و زیرسطحی استفاده شد. جهت تعیین نوع ژئومتری‌ها از قالب اندیکیتور و برای تعیین محدوده فعال مدل شده از ژئومتری نوع سالید (شکل ۴) استفاده گردید. در نوع اندیکیتور محدودیتی برای تعداد ژئومتری‌های (محدوده‌های همگن) تعریف شده وجود ندارد و هر تعداد ناهمگنی

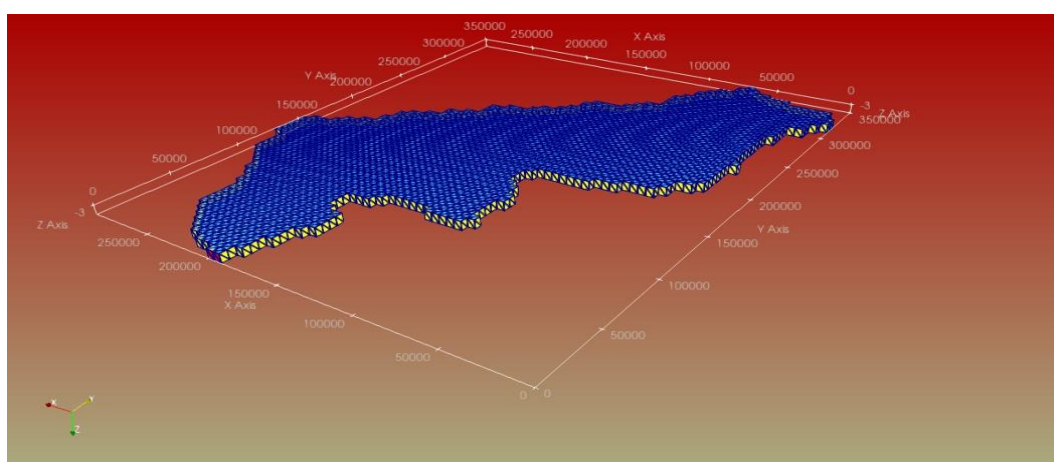
1. Resample
2. Terrain Following Grid
3. Geometry Input

4. Box
5. Indicator
6. Solid

و ژئومتری در منطقه قابل تعریف و پوشش می‌باشد و هر کدام با یک عدد که جهت تعیین مشخصات مربوط به آن ژئومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد، مشخص می‌شود (شکل ۳).

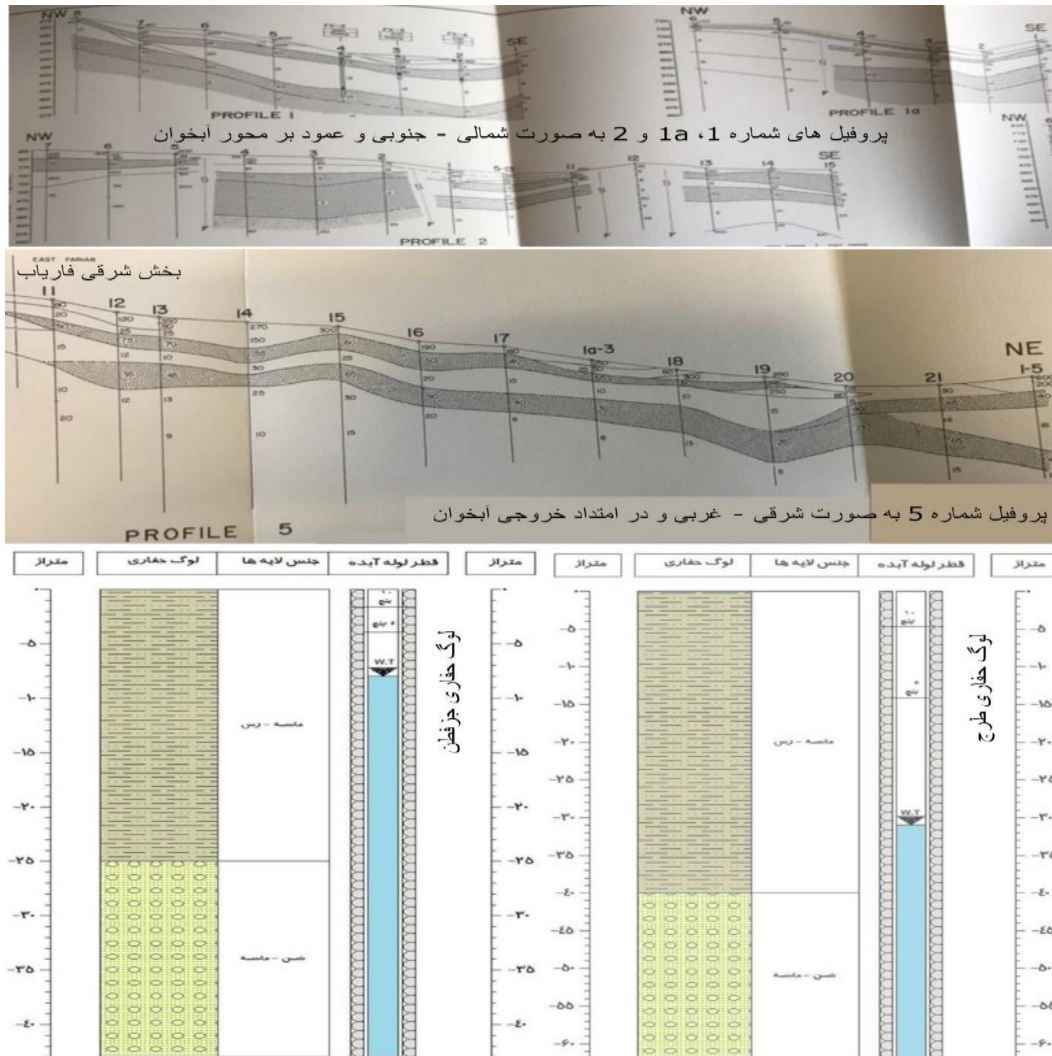


شکل (۳): فایل اندیکیتور سه بعدی جهت تعیین و تعریف ژئومتری‌های موجود همراه با موقعیت و اسامی بیزومترهای موجود در آبخوان



شکل (۴): ژئومتری نوع سالیید استفاده شده به صورت شبکه‌بندی TFG جهت حذف کردن سلول‌های غیرفعال عمودی

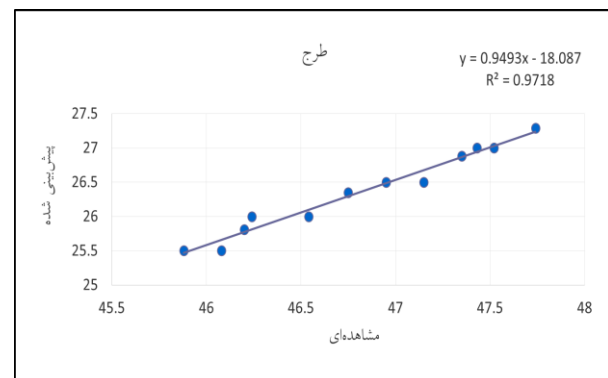
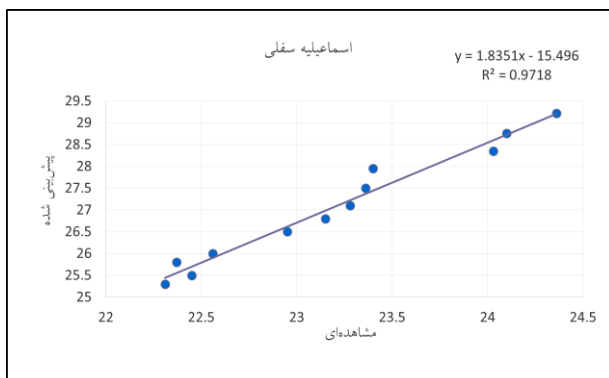
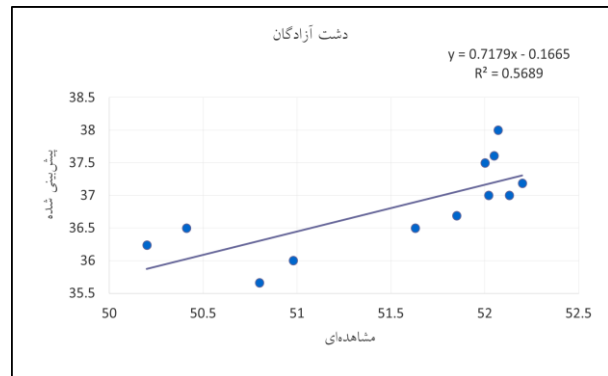
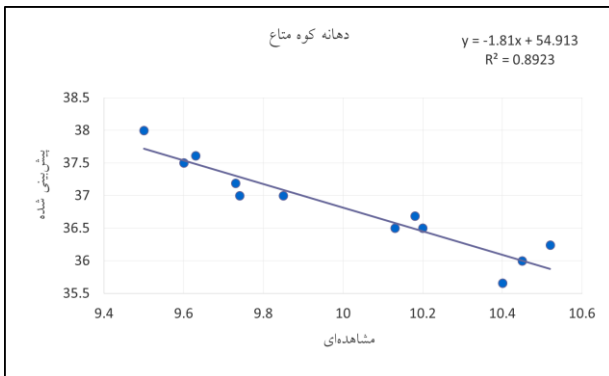
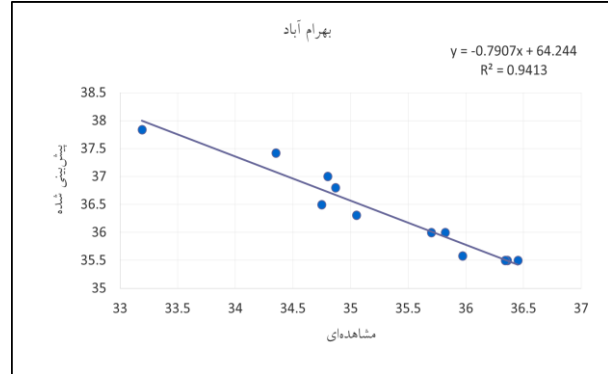
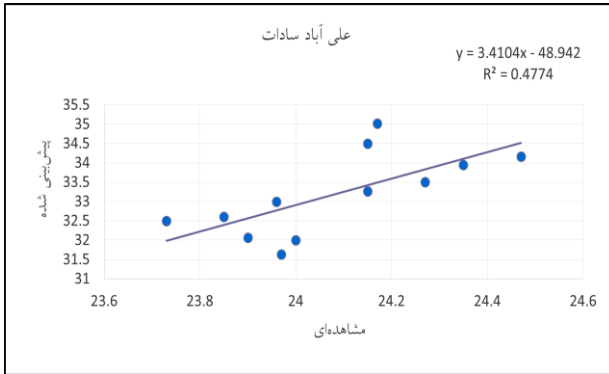
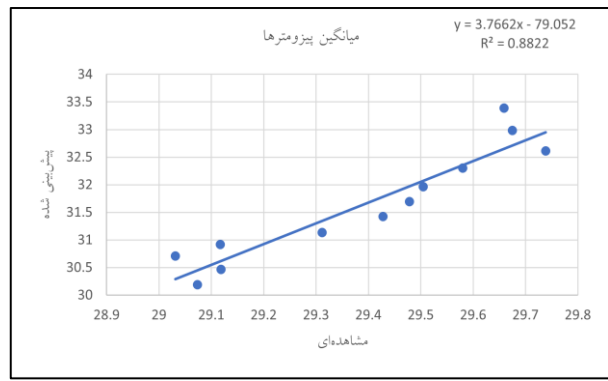
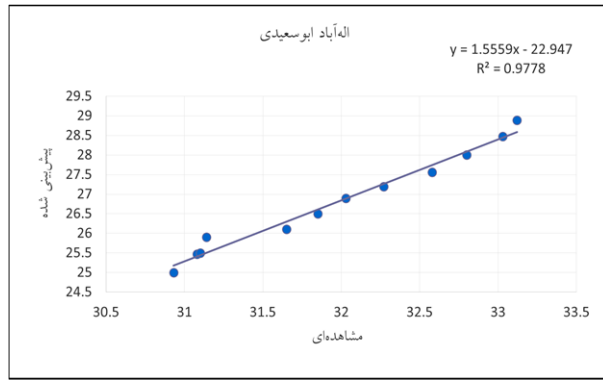
پس از تعریف ژئومتری‌ها خصوصیات هیدروژئولوژیکی مربوط به هر ژئومتری (نفوذپذیری، ذخیره ویژه، خلل و فرج و پارامترهای ون گنوختن) بر اساس فرمت مورد نیاز مدل آماده شد و در نسخه ورودی مدل تعریف گردید. این اطلاعات از داده‌های جهانی HiHydrosoil نسخه ۲ استخراج گردید و خصوصیات مربوط به سازندهای زیرسطحی از اطلاعات ژئوفیزیکی انجام شده در منطقه (چهار پروفیل در منطقه فاریاب شرقی) (شکل ۵) تخمین زده شد. مدل ابتدا از طریق اجرای با تکرار زیاد متعادل گردید و سپس برای بازه زمانی مورد نظر اجرا و نتایج استخراج و پس از بصری‌سازی با استفاده از نرم‌افزار پاراوو، مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به عمق زیاد سطح آب زیرزمینی و ضخامت متوسط رسوبات دشتی منطقه (میانگین ضخامت رسوبات بر اساس میانگین لایه‌های متناوب ۱۱۴ متر به دست آمد)، پایش تغییرات سطح آب زیرزمینی بسیار مشکل می‌باشد. دقت محاسبات تراز سطح آب زیرزمینی نیم متر می‌باشد و تغییرات کمتر از آن قابل پایش نیست. داده‌های مشاهده‌ای سطح آب زیرزمینی بیزومترهای موجود در منطقه به صورت ماهانه ثبت گردیده بود که برای سال آماری ۲۰۱۰ استخراج گردید. بنابراین مقادیر عمق سطح آب زیرزمینی ماهانه پیش‌بینی شده توسط مدل، در ماه‌های مختلف سال ۲۰۱۰ با مقادیر واقعی عمق سطح آب زیرزمینی مشاهده‌ای مورد مقایسه قرار گرفت. در حوضه مورد مطالعه ۲۹ بیزومتر وجود داشت که پس از بررسی داده‌های آنها در بازه زمانی اجرای مدل، بیزومترهای فاقد آمار یا با آمار ناقص حذف گردید و نهایتاً ۲۳ بیزومتر انتخاب گردید. بنابراین سطح آب زیرزمینی در محل بیزومترها (شکل ۳) استخراج گردید و با سطح آب زیرزمینی قرائت شده در بیزومترها ترسیم و روند تغییرات مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵).



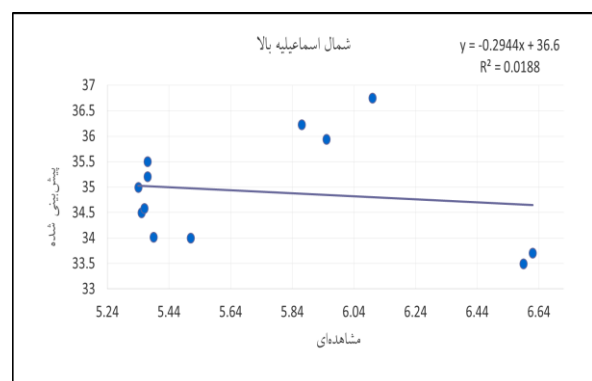
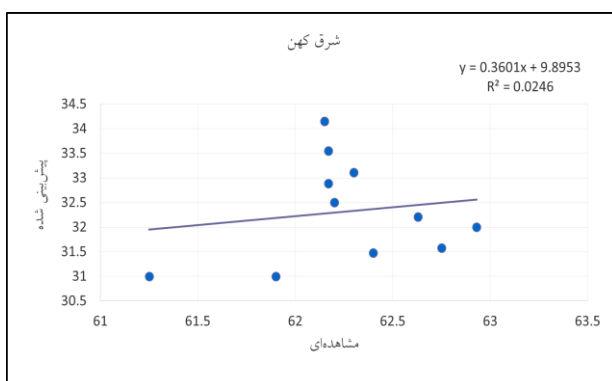
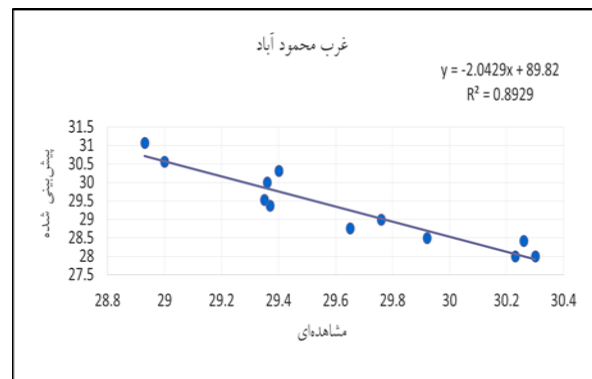
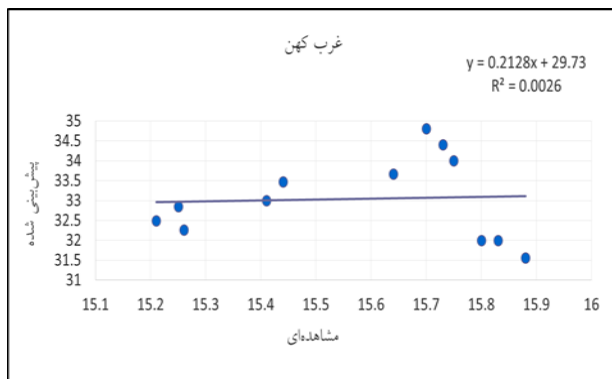
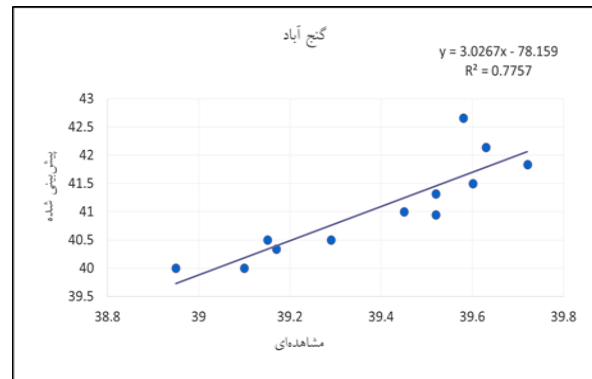
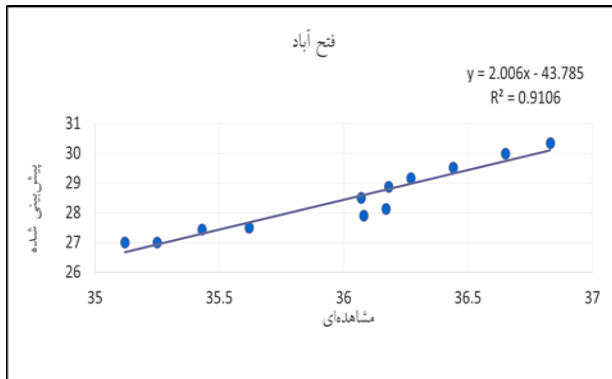
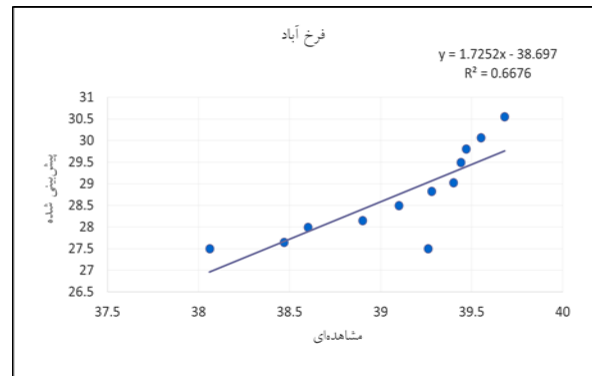
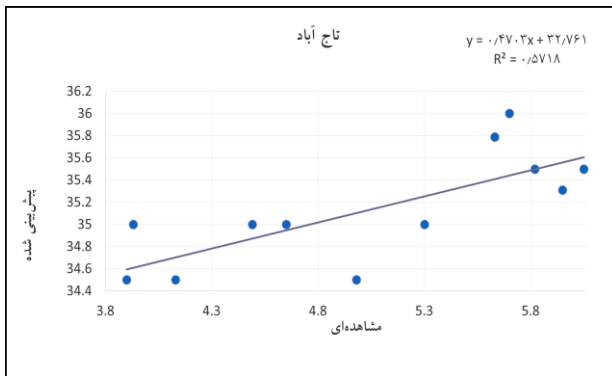
شکل (۵): اطلاعات ژئوفیزیک و دو لوگ حفاری مورد استفاده در تحقیق (Plan organization of Iran, Abkav Louis Berger, INC). (مطالعات ژئوفیزیک انجام شده توسط شرکت آبکاو لوئیس برگر و لوگ‌های به دست آمده از مدیریت مطالعات پایه منابع آب ایران-استان کرمان، ۱۳۴۷)

۳- نتایج

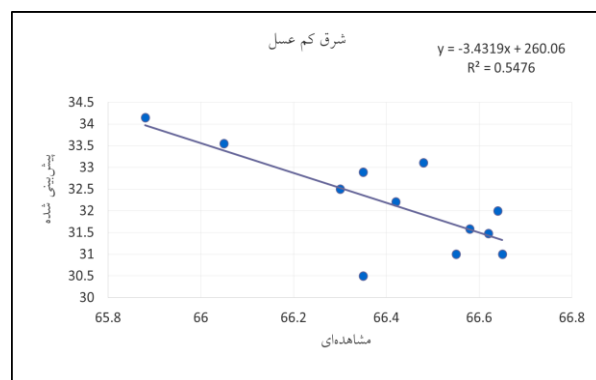
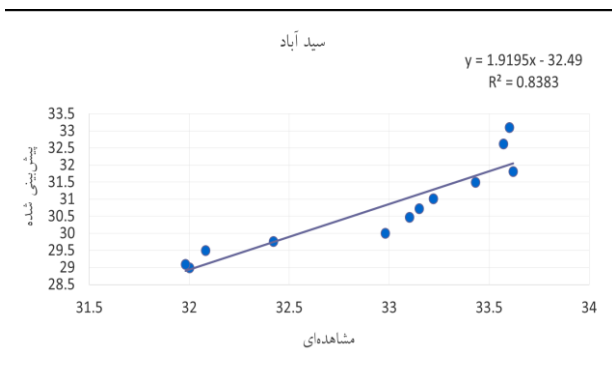
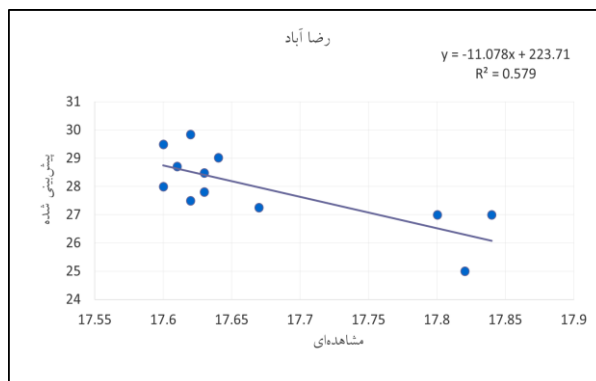
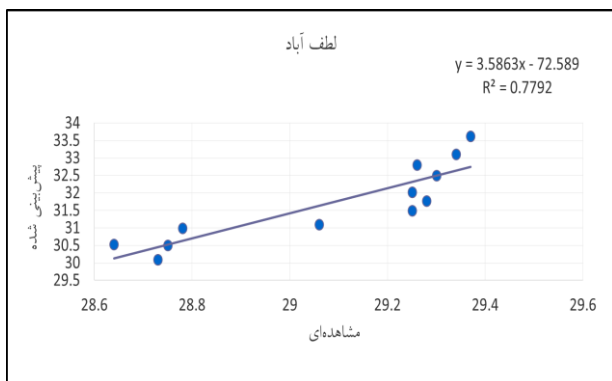
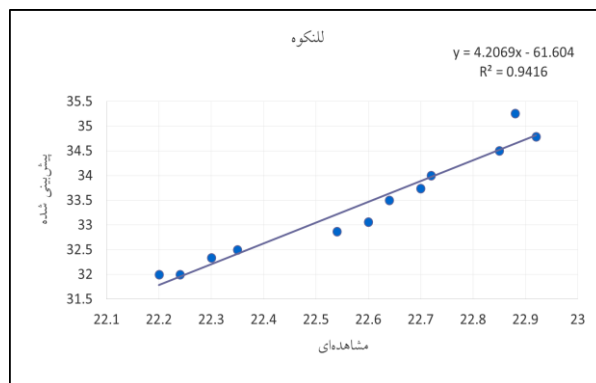
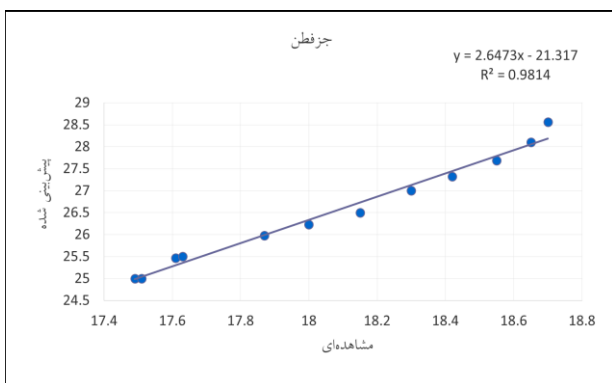
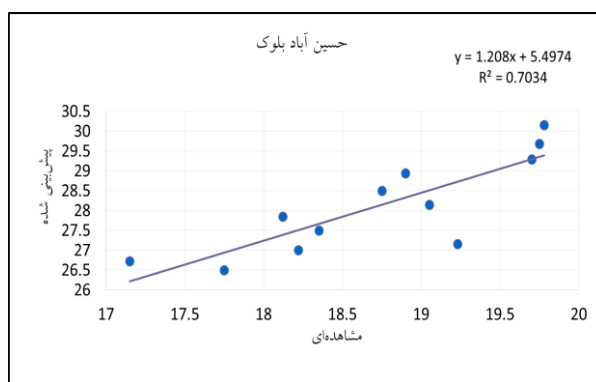
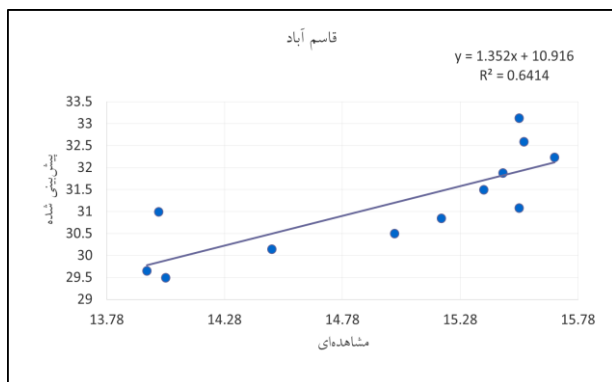
نتایج نشان می‌دهد که تنها در ۳ پیژومتر شمال اسماعیلیه بالا، شرق کهن و علی‌آباد سادات میزان همبستگی زیر ۰/۵ می‌باشد و در بقیه موارد روند خوبی قابل مشاهده می‌باشد. جهت بررسی شرایط میانگین عمق سطح آب مشاهده‌ای و به دست آمده از مدل، میانگین عمق داده‌های مشاهداتی ۲۳ پیژومتر موجود و نیز میانگین داده‌های عمق پیش‌بینی شده محاسبه گردید. مقدار ضریب همبستگی دو سری داده‌های میانگین ۰/۸۸۲۲ به دست آمد. بر اساس مقادیر به دست آمده بیشترین مقدار ضریب همبستگی در پیژومتر جرفطن با مقدار ۰/۹۸۱۴ و کمترین مقدار در پیژومتر غرب کهن و با مقدار ۰/۰۰۲۶ مشاهده گردید.



شکل (6): نمودار نقاط پراکنده و ضرایب همبستگی بیزومترهای موجود در آبخوان فاریاب شرقی



ادامه شکل (۶): نمودار نقاط پراکنده و ضرایب همبستگی بی‌زومترهای موجود در آبخوان فاریاب شرق



ادامه شکل (۶): نمودار نقاط پراکنده و ضرایب همبستگی پیرومترهای موجود در آبخوان فاریاب شرقی

۴- بحث و نتیجه گیری

داده‌های ورودی برای مدل در دقت مکانی یک کیلومتر و با گام زمانی یک روزه آماده شد و محدوده مورد نظر از لحاظ هندسی و ساختار زیرسطحی بر اساس اطلاعات و آمار موجود ساخته شد. پس از تهیه همه فایل‌ها و پارامترهای ورودی، ابتدا مدل (که سابقه اجرای آن در ایران تا این لحظه پیدا نشد) با اجرای با تکرار زیاد متعادل گردید و سپس مدل برای سال ۲۰۱۰ و به مدت یک سال اجرا گردید. پس از اجرای مدل نتایج خروجی به دست آمد و مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا عمق سطح آب زیرزمینی بر اساس مقادیر درجه اشباع خروجی مدل محاسبه شد. با توجه به ثبت آمار عمق سطح

آب زیرزمینی در سال ۲۰۱۰ توسط ۲۳ پیژومتر در حوضه، این اطلاعات استخراج و با داده‌های عمق سطح آب پیش‌بینی شده توسط مدل مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که روند تغییرات سالانه عمق سطح آب توسط مدل با مقادیر مشاهده‌ای همخوانی دارد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار ضریب همبستگی داده‌های میانگین مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده برابر $0/8822$ به دست آمد که نشان‌دهنده همبستگی بالای بین داده‌های واقعی و مدل شده می‌باشد و نشان می‌دهد که در صورت وجود اطلاعات مناسب، مدل پارفلو یک مدل قوی و با عملکرد مناسب می‌باشد و قادر است بخش‌های مختلف چرخه آب و انرژی را با دقت مناسب شبیه‌سازی نماید. در ۳ پیژومتر میزان همبستگی زیر یک درصد می‌باشد که در بخش‌های شمال شرقی و شمالی آبخوان دیده می‌شوند و در بقیه موارد روند خوبی قابل مشاهده می‌باشد. در ۱۳ پیژومتر نیز میزان همبستگی بالای $0/75$ به دست آمد که ۷ پیژومتر آنها بالای $0/90$ بود. این پیژومترها در قسمت‌های مرکزی و غربی قرار دارند. بالاترین ضریب همبستگی در پیژومتر جزفطن در قسمت مرکز متمایل به غرب آبخوان و با مقدار $0/9814$ و کمترین مقدار آن در پیژومتر غرب کهن در قسمت بالادست حاشیه شرقی، مشاهده گردید که مقدار آن برابر با $0/026$ به دست آمد. بر اساس نتایج مشخص شد که مدل پارفلو سطح آب زیرزمینی و روند تغییرات آن را با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی می‌کند و در سه پیژومتر دهانه کوه متاع، تاج‌آباد و شمال اسماعیلیه بالا که مقادیر سطح آب زیرزمینی کم می‌باشد (زیر ده متر) مقادیر پیش‌بینی شده سطح آب زیرزمینی بیش برآورد گردیده است. این نتایج با نتایج به دست آمده از Yang et al. (۲۰۲۳) که بیان کردند مدل پارفلو با لحاظ دقیق تأثیر توپوگرافی، عمق سطح آب زیرزمینی را برای کل منطقه با دقت خوب پیش‌بینی می‌کند و عمق سطح آب زیرزمینی در مناطق کم عمق، بیش از اندازه پیش‌بینی می‌شود، همخوانی دارد. با توجه به این که جهت آبخوان شمال‌غربی-جنوب‌شرقی می‌باشد و با دقت در شکل (۳) مشخص می‌گردد که پیژومترهای موجود در مرکز و متمایل به سمت غرب و بالادست آبخوان نسبت به قسمت‌های شرقی که خروجی حوضه می‌باشد و به رودخانه هلیل‌رود می‌ریزد، دارای ضریب همبستگی بالاتری هستند. به نظر می‌رسد که دلیل این امر مستقل گرفتن آبخوان فاریاب شرقی از آبخوان شهرستان جیرفت می‌باشد، در حالی که شواهد نشان می‌دهد که آبخوان فاریاب شرقی در قسمت خروجی به آبخوان جیرفت متصل می‌باشد و در این صورت نیاز است تا این موضوع مورد بررسی قرار گیرد و در صورت اطمینان، مرز مشترک به صورت شرایط مرزی بر اساس هد فشار (دریشت) لحاظ گردد. در فاصله بین این دو آبخوان، رودخانه هلیل‌رود جریان دارد که در مطالعات بعدی باید به این نکته توجه شود و همچنین ارتباط بین رودخانه و آبخوان نیز مورد بررسی قرار گیرد. نکته مهم دیگری که باید مورد بررسی قرار گیرد این است که دقت زمانی و مکانی در نظر گرفته شده برای اجرای مدل به ترتیب یک روزه و یک کیلومتر می‌باشد که بهتر است برای مطالعات در سطح آبخوان و در حوضه با توپوگرافی و ژئومتری‌های با تغییرات بالا، جهت جلوگیری از افزایش خطا در نتایج، این مقیاس‌ها با دقت بهتری در نظر گرفته شود.

منابع

- اسفندیاری، ف.، عالی‌جهان، م.، و رحیمی، م. (۱۳۹۳). ارزیابی مدل‌های جبری و زمین آماری در تخمین توزیع مکانی سطح ایستابی دشت اردبیل. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳(۳)، ۶۲-۴۴.
- پودینه، ا.، و دلبری، م. (۱۳۹۵). مقایسه‌ی برخی روش‌های میان‌یابی زمین‌اماری و قطعی در برآوردن عمق آب زیرزمینی (مطالعه‌موردی: دشت ایرانشهر-بیمپور). مهندسی منابع آب، ۱۰(۳۳)، ۸۳-۱۰۰.
- جهان‌آرا، ا. ع.، خدانشناس، س. ر.، و نجف‌زاده، م. (۱۴۰۲). تخمین سطح آب زیرزمینی با استفاده مدل دسته‌بندی گروهی داده‌ها (مطالعه موردی: چاه‌های پری و بوندویل دشت ایلینوی آمریکا). مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۳(۵)، ۲۸۹-۲۶۹.
- حسینعلی‌زاده، م.، و یعقوبی، ع. (۱۳۸۹). تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره‌ی آب زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۴(۱۰)، ۶۷-۶۳.
- شیخ‌گودرزی، م.، موسوی، س. ح.، و خراسانی، ن. (۱۳۹۱). شبیه‌سازی تغییرات مکانی در ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با روش‌های زمین‌آمار (مطالعه موردی: دشت تهران-کرج). محیط زیست طبیعی، ۱(۱)، ۶۵-۹۳.
- رجا، ا.، پارس‌نژاد، م.، و تجریشی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی اندرکنش آبخوان و رودخانه با استفاده از مدل تلفیقی SWAT-MODFLOW-NWT (مطالعه موردی: دشت مهاباد). علوم و مهندسی آبیاری، ۴(۴)، ۷۲-۴۹.
- صمدی، ج. (۱۳۹۶). مدل‌سازی مکانی-زمانی تغییرات تراز سطح آب‌های زیرزمینی مناطق شهری و روستایی آبخوان کاشان با استفاده از تکنیک‌های GIS. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۹(۱)، ۷۷-۶۳.
- قلی‌زاده سربابی، ش.، جودوی، ع.، مجیدی، م.، ابراهیمی، ع.، و رونقی، ا. (۱۴۰۱). روش‌شناسی ارزیابی و باطراحی شبکه پایش سطح آب‌زیرزمینی، بخش دوم: ارزیابی شبکه پایش توسط روش احتمال پذیرش (مطالعه موردی: آبخوان شیروان، خراسان شمالی). آب و توسعه پایدار، ۹(۳)، ۱-۹.
- میرزائی، م.، مرشدی، ج.، و عظیمی، ف. (۱۳۹۳). اثر سد کرخه در افزایش سطح آب زیرزمینی دشت سرخه با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری. تبریز. <https://civilica.com/doc/354976>.
- Abu-El-Sha'r, W. Y., and Rihani, J. F. (2007). Application of the high performance computing techniques of parflow simulator to model groundwater flow at Azraq basin. *Water Resour Manage*, 21, 409-425.
- Ashby, S. F., and Falgout, R. D. (1996). A parallel multigrid preconditioned conjugate gradient algorithm for groundwater flow simulations. *Nuclear science and engineering*, 124(1), 145-159.
- Barthel, R., and Banzhaf, S. (2016). Groundwater and surface water interaction at the regional-scale—a review with focus on regional integrated models. *Water resources management*, 30(1), 1-32.

- Kuffour, B. N., Engdahl, N. B., Woodward, C. S., Condon, L. E., Kollet, S., and Maxwell, R. M. (2020). Simulating coupled surface–subsurface flows with ParFlow v3. 5.0: capabilities, applications, and ongoing development of an open-source, massively parallel, integrated hydrologic model. *Geoscientific Model Development*, 13(3), 1373-1397.
- Castle, S. L., Thomas, B. F., Reager, J. T., Rodell, M., Swenson, S. C., and Famiglietti, J. S. (2014). Groundwater depletion during drought threatens future water security of the Colorado River Basin. *Geophysical research letters*, 41(16), 5904-5911.
- Clark, M. P., Fan, Y., Lawrence, D. M., Adam, J. C., Bolster, D., Gochis, D. J., Hooper, R. P., Kumar, M., Leung, L. R. and Mackay, D. S. (2015). Improving the representation of hydrologic processes in Earth System Models. *Water Resources Research*, 51(8), 5929-5956.
- Cooley, H., Christian-Smith, J., and Gleick, P. (2009). *Sustaining California agriculture in an uncertain future*. Pacific Institute.
- Feng, F., Ghorbani, H., and Radwan, A. E. (2024). Predicting groundwater level using traditional and deep machine learning algorithms. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1291327.
- Izady, A., Davary, K., Alizadeh, A., Ziaei, A. N., Akhavan, S., Alipoor, A., Joodavi, A. and Brusseau, M. L. (2015). Groundwater conceptualization and modeling using distributed SWAT-based recharge for the semi-arid agricultural Neishaboor plain, Iran. *Hydrogeology Journal*, 1(23), 47-68.
- Jones, J. E., and Woodward, C. S. (2001). Newton–Krylov-multigrid solvers for large-scale, highly heterogeneous, variably saturated flow problems. *Advances in water resources*, 24(7), 763-774.
- Khazaz, L., Oulidi, H. J., El Moutaki, S., and Ghafiri, A. (2015). Comparing and evaluating probabilistic and deterministic spatial interpolation methods for groundwater level of Haouz in Morocco. *Journal of Geographic Information System*, 7(6), 631-642.
- Kumar and Remadevi. (2006). Kriging of groundwater levels-a case study.
- Maxwell, R. M., Condon, L. E., and Kollet, S. J. (2015). A high-resolution simulation of groundwater and surface water over most of the continental US with the integrated hydrologic model ParFlow v3. *Geoscientific model development*, 8(3), 923-937.
- Abkav Louis Berger, INC, Plan organization of Iran. Groundwater and agricultural feasibility study, Jiroft-Minab project, vol No 2, May 1968.
- Yang, C., Tijerina-Kreuzer, D. T., Tran, H. V., Condon, L. E., and Maxwell, R. M. (2023). A high-resolution, 3D groundwater-surface water simulation of the contiguous US: Advances in the integrated ParFlow CONUS 2.0 modeling platform. *Journal of Hydrology*. 626,130294.

Investigation of groundwater level fluctuations using Integrated Hydrologic model (case study: East Faryab basin)

Sadegh Dalfardi¹, Ali Salajegheh^{*2}, Alireza Moghaddam Nia³, Hossein Hashemi⁴



Research Article

1. Coach, Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

s.dalfardi@ujiroft.ac.ir

2. Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

salajegh@ut.ac.ir

*Corresponding author

3. Professor, Faculty of New Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.

a.moghaddamnia@ut.ac.ir

4. Associate Professor, Division of water resources engineering, Lund University, Lund, Sweden.

hossein.hashemi@tvrl.lth.se

Article Code: 2406-1069

Countinus Pagation: 591-603

Received: 26 June 2024

Accepted: 22 July 2024

Online: 08 May 2025

Review speed: 27 days

Citation:

Dalfardi, S., Salajegheh, A., Moghaddam Nia, A., and Hashemi, H. (2024). Investigation of groundwater level fluctuations using Parflow model (case study: East Faryab basin). *Management of Natural Ecosystems*, 3(4), 12-24.

Abstract

Nowadays, according to high importance of groundwater's sustainable management, modelling and predicting of groundwater level, are used to investigate and assess of water resources. The purpose of this research is to Predicting of groundwater level in eastern Faryab aquifer by use of parflow as well as model functional assessing, that are done by comparing Water level data predicted by the model and observed groundwater level data in piezometers in the aquifer, Therefore, groundwater level data of 23 piezometers were extracted on year of 2010 (January 1, 2010 to December 31, 2010).and compared with the predicted data. Computations and comparing were for average data of all piezometers and Also, a separate comparison of piezometers was done. The results showed that the value of the correlation coefficient of observed and predicted data was 0.8822, which indicates a high correlation between real and modeled data. In addition, in 3 piezometers, the correlation is below one percent And 13 piezometers also obtained a high correlation of 0.75, worth mentioned that 7 of them are over 90%. The maximum coefficient is observed in Jozfotan, located on the central toward of west section with a value of 0.9814, while minimum is observed in Gharbe Kuhan, on the upward west section of the aquifer which was 0.0026. after ponding the results, it is clear that, central toward west and west's upwards, comparing to east parts of the aquifer that are the outlet of the basin, shows a better coefficient. The more likely reasons, sounds to be models uncertainty as well as investigation of East Faryab basin as separated basin and aquifer (not connecting aquifer), while Jiroft aquifer more probably has a common line with the aquifer and need to be considered precisely. Also, based on the results, it was found that the Parflow model simulates the groundwater level and its change process with acceptable accuracy and in the three piezometers of Kohemeta, Tajabbad, Ismaeilabadeballa, where the underground water level is low (below ten meters), the predicted values of the underground water level have been overestimated.

Key Words:

depth of groundwater level, Eastern Faryab, modelling, sustainable management, Halilrood.