

شبیه‌سازی تاثیر زهکشی در پایین انداختن سطح ایستابی دشت فرخ آباد، دهلران

حمیدرضا ناصری^۱، مرضیه سعیدی*^۱، فرشاد علیجانی^۱، صادق علیمرادی^۲

۱- گروه زمین‌شناسی معدنی و آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- شرکت آب منطقه ای ایلام، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۹/۲۸

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۱/۲۲

چکیده

روستای فرخ‌آباد در حدود پنج کیلومتری جنوب غرب شهر دهلران واقع شده است. عمق کم سطح آب زیرزمینی در گستره‌ی این روستا باعث بروز مشکلاتی برای اهالی روستا شده و زندگی روزمره آنها را مختل کرده است. در این پژوهش استفاده از سیستم زهکشی برای پایین انداختن سطح آب زیرزمینی دشت فرخ‌آباد مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مدل، ابتدا اطلاعات میزان بارندگی و تبخیر در گستره دشت، میزان تغذیه و تخلیه آبخوان از طریق کانال‌های آبیاری، مسیر رودخانه میمه و همچنین میزان برداشت آب از چاه‌ها و تغذیه آبخوان از فاضلاب برگشتی به نرم افزار Visual MODFLOW وارد شد. سپس رفتار هیدرولیکی آبخوان دشت با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی شد. پس از واسنجی و صحت‌سنجی مدل، تاثیر اجرای سیستم‌های مختلف زهکشی بر تراز سطح آب زیرزمینی دشت در قالب سه سناریوی شرایط هیدرولوژیک مرطوب، عادی و خشک شبیه‌سازی شد. براساس سناریوی اول افت سطح ایستابی در دوره مرطوب و عادی چهار تا پنج متر و در دوره خشک دو تا سه متر خواهد بود. نتایج حاصله نشان دهنده برتری روش زهکشی زیرزمینی (سناریوی اول) نسبت به احداث چاه‌های پمپاژ (سناریوی دوم) در پایین انداختن سطح ایستابی گستره مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت فرخ‌آباد، زهکشی زیرزمینی، شبیه‌سازی، Visual MODFLOW.

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت و توزیع نامناسب زمانی و مکانی بارش و نیز خشک‌سالی‌های مکرر، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، نگرش جامع مدیریت منابع آب و خاک را ایجاب می‌کند. براساس برآورد موسسه مدیریت بین‌المللی آب، بسیاری از کشورهای خاورمیانه و کشورهای شمال آفریقا، شمال چین و آفریقای جنوبی در سال ۲۰۲۵ با مشکل کمبود آب روبرو خواهند بود، بنابراین در کشورهایی مانند ایران که با کمبود منابع آبی مواجه می‌باشند، توجه به کلیه منابع آبی از اهمیت بالایی برخوردار است. تا چندی پیش مدیریت زه‌آب‌ها کمتر مورد توجه قرار می‌گرفت و تحقیقات زهکشی بیشتر بر مسائل طراحی متمرکز بود. پس از کنفرانس سران جهان در سال ۱۹۹۲، کمیته بین‌المللی آبیاری و زهکشی توجه خود را به مدیریت زه‌آب‌ها متمرکز و بر حفاظت و استفاده از منابع آب شیرین در مفهوم مدیریت جامع منابع آب تأکید کرد. مطالعات زیادی در مورد اثرات بالا بودن سطح ایستابی در آبخوان‌های مختلف صورت گرفته است. مطالعه بالا آمدگی سطح آب زیرزمینی و تأثیر آن بر افت کیفی آبخوان دشت نقده توسط اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۷)، بررسی بالا آمدن سطح آب زیرزمینی گستره شهر کرمان و اثرات زیست محیطی و تهدیدهای آن بر آثار باستانی توسط حسن پور و همکاران (۱۳۸۹) و بررسی نقش و سهم فصلی زهکش در هیدرولوژی منطقه توسط کینگ و همکاران (King et al, 2014) از جمله این مطالعات هستند. امروزه از زهکش‌های زیرزمینی برای پایین انداختن سطح ایستابی استفاده می‌کنند. از جمله مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است، می‌توان به بررسی تاثیر استفاده از سیستم زهکشی به منظور پایین انداختن سطح

آب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از مدل آب زیرزمینی توسط کریمی پور و همکاران (۱۳۹۱) اشاره کرد. مطالعاتی نیز در زمینه کیفیت آب خروجی از زهکش‌ها صورت گرفته که مطالعه تأثیر عمق اختلاط بر کیفیت زه‌آب خروجی از زهکش در اراضی با آب زیرزمینی کم‌عمق و شور توسط شکیبیا و همکاران (۱۳۹۲)، بررسی تأثیر افزایش دبی زه‌آب خروجی بر میزان شوری زه‌آب توسط نوذری و همکاران (۱۳۸۸) از جمله این مطالعات هستند. پژوهش‌های دیگری نیز در زمینه اثر عمق و فاصله زهکش در میزان زه‌آب خروجی از زهکش‌ها صورت گرفته است. از این پژوهش‌ها می‌توان به دورل و فیو (Deverel and Fio, 1990) اشاره کرد، آن‌ها مشاهده کردند که وقتی زهکش‌ها در عمق ۱/۸ متری نصب شوند، حدود ۳۰ درصد از جریان ورودی به داخل آن‌ها از آب زیرزمینی خواهد بود و اگر به ۲/۶ متری برسد این مقدار به حدود ۶۰ درصد خواهد رسید. هورنباکل و همکاران (Hornbuckle et al, 2007) مطرح کرده‌اند که در زهکش‌های کم‌عمق آب از ناحیه ریشه سریعاً تخلیه می‌شود، همچنین کارایی زهکش‌های کم‌عمق را در شستشوی سریع نمک از پروفیل خاک بیشتر دانسته‌اند. گوتنجس و همکاران (Guitijens et al, 1997) بیان کردند که معادلات مرسوم می‌که برای طراحی سیستم‌های زهکشی جهت مصون نگه داشتن خاک در برابر ماندابی و شور شدن مورد استفاده قرار می‌گیرد، جهت مدیریت کیفیت زه‌آب‌ها کافی نمی‌باشد. این معادلات باید به روابطی که جابجایی و تغییرات شیمیایی در محلول خاک نواحی اشباع را در نظر می‌گیرند، ارتباط داده شوند. درزی نفت‌چالی و همکاران (Darzi-Naftchali et al, 2013) طی یک مطالعه مقدماتی در ۴/۵ هکتار از شالیزارهای ساری طی دو فصل رشد برنج و کلزا

زیرزمینی دشت فرخ آباد مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این راستا ابتدا رفتار هیدرولیکی آبخوان دشت فرخ آباد با استفاده از کد Visual MODFLOW مدل سازی شد.

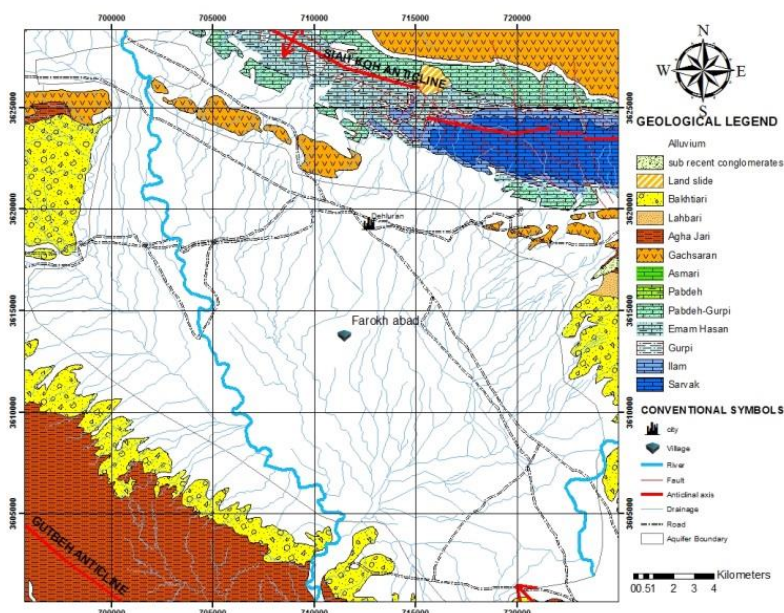
منطقه مورد مطالعه

معرفی دشت فرخ آباد

دشت فرخ آباد واقع در دهلران براساس تقسیم بندی واحدهای ساختمانی ایران (نبوی، ۱۳۵۵) جزو زاگرس چین خورده محسوب می شود. چین های موجود در گستره مورد مطالعه شامل تاقدیس سیاه کوه در شمال، تاقدیس اناران در شمال غرب و تاقدیس دهلران در جنوب و جنوب غرب می باشند.

دشت دهلران به صورت یک ناودیس است که بین تاقدیس های مذکور قرار دارد و توسط رسوبات ناشی از فرسایش سازندهای اطراف پوشیده شده است. مساحت گستره مورد مطالعه حدود ۴۵۵ کیلومتر مربع است (شکل ۱).

(می ۲۰۱۰ تا ژوئن ۲۰۱۱) اثر فاصله و عمق را در عملکرد زهکش زیر زمینی بررسی کردند. پژوهش هایی نیز در مورد نوع سیستم های زهکشی صورت گرفته است: جونگ و همکاران (Jung et al, 2010)، پژوهشی بر روی عملکرد سیستم های زهکشی تایل، خندق باز، لوله بسته در مزارع شالیکاری واقع در اوسان ری (Oesan-ri)، باک-میون (Buk-myeon) و چانگوون-سای (Changwon-si) کره جنوبی انجام دادند. فیلیپویچ و همکاران (Filipović et al, 2014)، طی پژوهشی عملکرد سه سیستم زهکشی تایل، تایل-مول (Mole) و تایل-مول-گراول را برای سناریوهای مختلف شبیه سازی کردند. روستای فرخ آباد در حدود پنج کیلومتری جنوب غرب شهر دهلران واقع شده است. عمق کم سطح آب زیرزمینی در این روستا و حوالی آن باعث بروز مشکلاتی برای اهالی این روستا شده است، به طوری که خواستار جابجایی و انتقال روستا به مناطق دیگر شده اند. در این پژوهش استفاده از سیستم زهکشی برای انداختن سطح آب



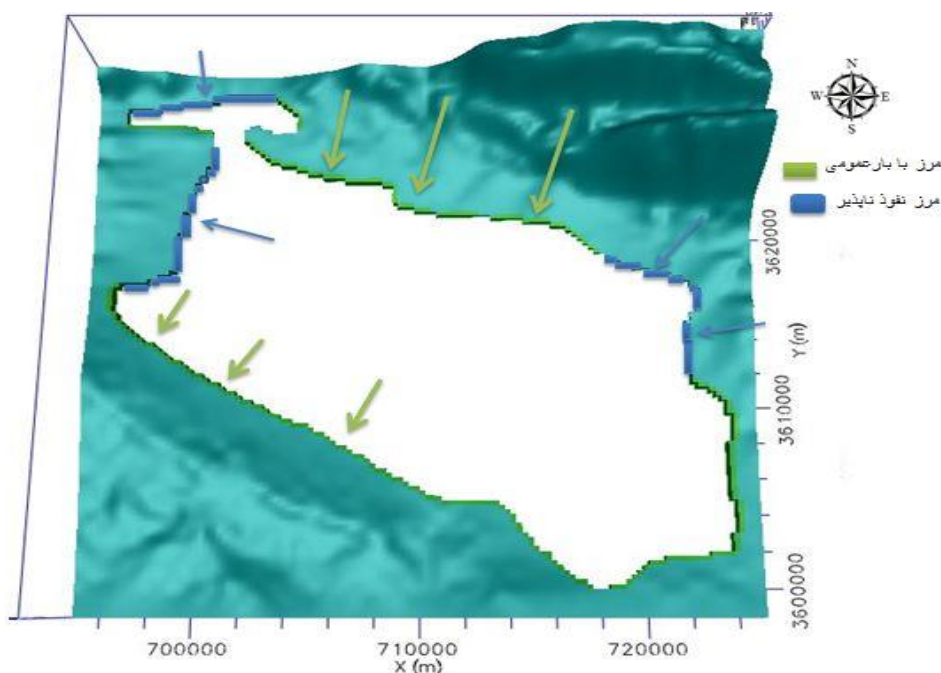
شکل ۱: نقشه زمین شناسی گستره مورد مطالعه (شرکت اکتشافی نفت ایران، ۱۳۴۸)

مواد و روش‌ها

شبیه‌سازی آبخوان دشت فرخ آباد

گستره مورد مطالعه به شبکه‌ای از سلول‌ها به ابعاد 250×250 متر متشکل از ۲۵۰ ستون و ۱۲۴ ردیف در یک لایه گسسته شد. جهت جریان آب زیرزمینی از شمال - شمال شرق به سمت جنوب - جنوب غرب است. سلول‌های فعال مرزی واقع در مرز شمالی و جنوبی در حکم سلول‌های دریافت کننده جریان آب زیرزمینی از خارج به داخل گستره است که در مدل با نام سلول‌های تغذیه مشخص شدند. سلول‌های فعال واقع در مرز جنوب غربی گستره نیز به عنوان سلول‌های خارج کننده جریان از این گستره است که با عنوان سلول‌های تخلیه مشخص شدند (شکل ۲).

بررسی‌های انجام شده نشان داده است که آبخوان دشت دهلران به صورت یک لایه است. همچنین اکتشافات ژئوفیزیکی در دشت بیانگر آن است که لایه آبدار دشت دهلران تا عمق ۱۰۰ متر می باشد (شرکت مهندسی مشاور آب و خاک، ۱۳۵۴). علاوه بر این، بافت آبرفت در جنوب غرب و نواحی مرزی گستره مورد مطالعه دانه درشت است و به طرف نواحی میانی دشت ریزدانه می‌شود. در گستره مورد مطالعه تعداد ۱۹ حلقه چاه مشاهده‌ای و ۱۱ حلقه چاه اکتشافی و تعداد ۲۷۱ حلقه چاه بهره‌برداری موجود است که عمدتاً برای مصرف کشاورزی استفاده می‌شوند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای ایلام، ۹۳-۱۳۹۲) در این پژوهش آمار نوسانات ماهانه سطح ایستابی چاه‌های مشاهده‌ای مذکور جمع‌آوری شد و مورد استفاده قرار گرفت.



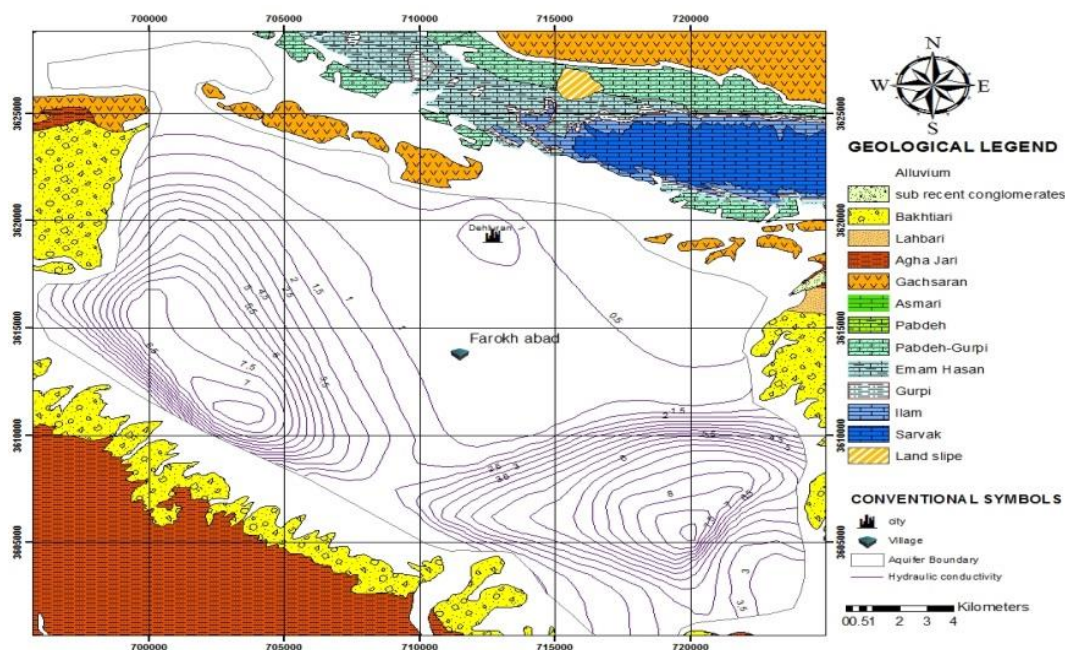
شکل ۲: شبکه گسسته‌سازی آبخوان دشت فرخ آباد

افزاری CHD و GHB تعیین می‌شود. مدل‌سازی در شرایط پایدار با استفاده از بسته نرم‌افزاری CHD (مرز با بار ثابت) انجام می‌گیرد. بایستی

یکی از مهم‌ترین مراحل طراحی مدل، شناخت درست مرزها و اعمال شرایط مرزی مناسب می‌باشد. مرزهای مدل با استفاده از بسته‌های نرم-

واکنش با تأخیر سیستم آب زیرزمینی به تنش-های سطحی در دشت فرخ آباد است. همچنین داده‌های ماهانه تحلیل صحیح اثرات فصلی را که برای پیش‌بینی‌های دراز مدت مهم هستند، امکان‌پذیر می‌سازد. طول هر یک از گام‌های زمانی برابر با تعداد روزهای آن ماه در نظر گرفته شد. در نهایت تقسیم زمانی مذکور برای تمام چاه‌های مشاهده‌ای، بهره‌برداری، شرایط مرزی (ورودی‌ها، خروجی‌ها، بارندگی)، رودخانه‌ها و تنش‌های موجود در دشت اعمال و در بسته‌های نرم‌افزاری مربوط به آن‌ها اضافه شد. برای تعیین مقدار اولیه آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی از داده‌های اندازه‌گیری شده آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی در ۱۸ چاه مختلف در سطح دشت استفاده شد (شکل ۳).

زمانی را برای شروع مدل‌سازی در شرایط پایدار در نظر گرفت که آبخوان در یک شرایط تعادل به سر برده باشد. در شرایط ناپایدار بایستی از بسته‌ی نرم‌افزاری GHB که برای شبیه‌سازی جریان وابسته به بار هیدرولیکی است، استفاده شود. بسته با بار هیدرولیکی عمومی یک جریان خطی نامحدود را بین مرز و آبخوان فرض می‌کند. مدل برای شرایط پایدار، به منظور برآورد برخی پارامترهای نامشخص سیستم و بر مبنای یک دوره تنش ۳۰ روزه (شهریور ۹۲) ایجاد شد. این عمل با در نظر گرفتن داده‌های هیدروژئولوژی در دسترس، تنش‌های وارده به سیستم و هیدروگراف معرف دشت صورت گرفت. شرایط ناپایدار نیز برای سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ به عنوان دوره تنش و ۱۲ گام زمانی ماهانه تقسیم شد. دلیل این تقسیم



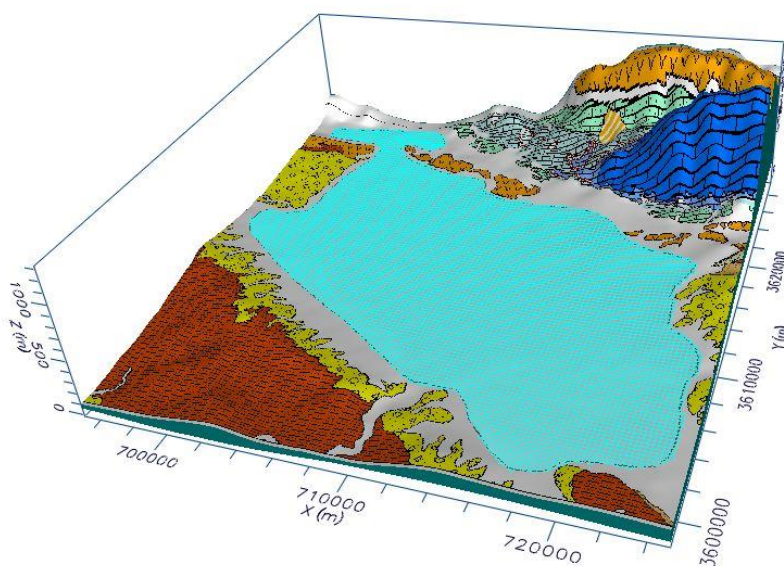
شکل ۳: تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اولیه در دشت فرخ آباد

MODFLOW وارد شدند. در محیط نرم‌افزار با استفاده از روش درون‌یاب کریجینگ معمولی، درون‌یابی داده‌ها انجام و سپس به سلول‌های شبکه نسبت داده شد. از آنجایی که آبخوان دشت

برای تهیه آرایه سنگ کف دشت دهلران، از داده‌های لاگ چاه‌های عمیق و اطلاعات ژئوفیزیک استفاده شد. در ابتدا این داده‌های نقطه‌ای به صورت فایل Text به محیط Visual

لایه غیر قابل نفوذ کف از رقوم سطح زمین، ضخامت سلول‌ها در مدل تعیین و به نرم‌افزار داده شد. برای تعیین تبخیر و تعرق در مدل از اطلاعات ایستگاه‌های تبخیرسنجی دشت دهلران استفاده شد.

فرخ آباد از نوع آزاد است، مرز فوقانی آبخوان را سطح ایستابی تشکیل می‌دهد. به منظور وارد کردن لایه توپوگرافی سطح زمین به نرم‌افزار Visual MODFLOW از نقشه DEM منطقه استفاده شد (شکل ۴). با کم کردن مقادیر رقوم



شکل ۴: نقشه توپوگرافی دشت فرخ‌آباد

۱۳۹۲). برای تعیین میزان تغذیه از بارندگی، در ابتدا درصد بارش ماهانه محاسبه و در ۱۰٪ ضرب شد (جدول ۱).

منابع تغذیه

یکی از منابع تغذیه آب‌های زیرزمینی، نفوذ آب بارندگی است. براساس داده‌های موجود متوسط بارندگی در بخش مرکزی دهلران ۲۵۹/۷ mm می‌باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای ایلام، ۹۳-

جدول ۱: درصد نفوذی از بارش در طی دوره‌های تنش

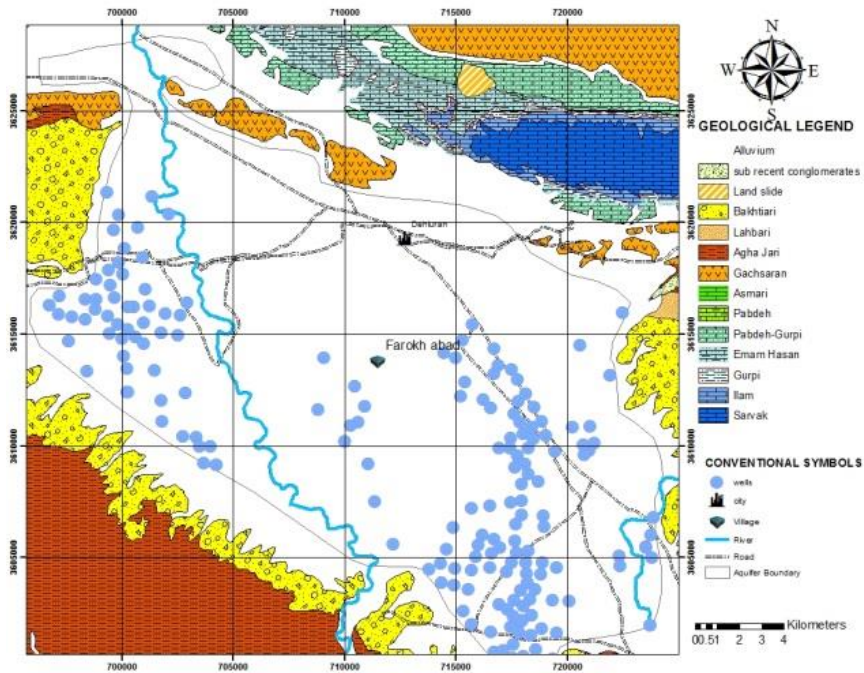
دوره تنش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱۰٪ نفوذ از بارش (m/d)	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۰۱۳۳	۰	۰	۰	۰/۰۰۰۳۶	۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲

برداری در شبانه روز مشخص شد. از میزان آب برداشت شده مقداری به شکل‌ها مختلف مجدداً به آبخوان برگردانده می‌شد. این میزان آب برگشت شده به آبخوان محاسبه و در نهایت مقداری که عملاً از آبخوان در طول سال برداشت می‌شد و در

منابع تخلیه

یکی از منابع مهم تخلیه آبخوان‌ها، چاه‌های بهره‌برداری آب هستند (شکل ۵). برای محاسبه میزان بهره‌برداری، از کلیه چاه‌ها آمار برداری شد و عمق چاه، نوع مصرف، آبدهی و تعداد ساعات بهره-

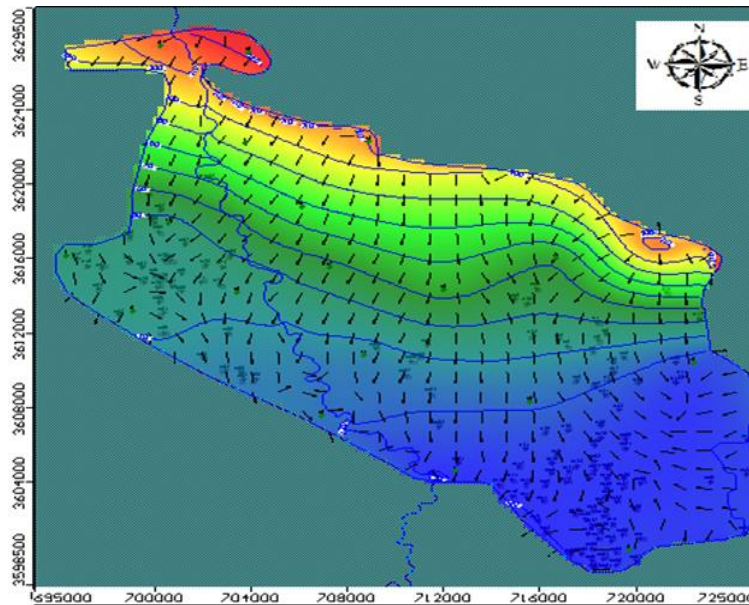
کاهش سطح ایستابی مؤثر است به نرم افزار وارد شد.



شکل ۵: موقعیت چاه‌های بهره‌برداری در گستره مورد مطالعه

تعیین بار هیدرولیکی اولیه

بار هیدرولیکی اولیه (starting head) از مهم‌ترین نیازهای حل معادلات دیفرانسیل جزئی در آب‌های زیرزمینی است. تراز سطح ایستابی مربوط به شهریور ۱۳۹۲ به عنوان بار هیدرولیکی اولیه به نرم‌افزار MODFLOW وارد شد (شکل ۶).



شکل ۶: تراز سطح ایستابی اولیه مربوط به شهریور ۱۳۹۲

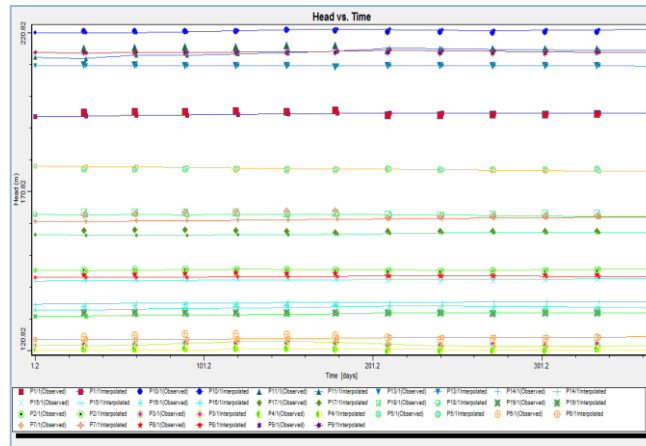
واسنجی مدل

(شکل ۶) با تراز سطح ایستابی مشاهداتی در ۱۸

چاه مقایسه شد (شکل ۷).

نتایج حاصل از اولین اجرای مدل (قبل از

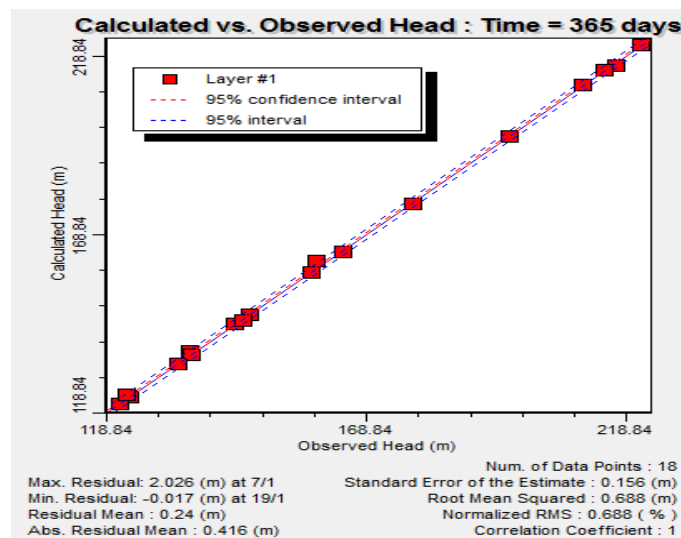
واسنجی) به عنوان تراز سطح ایستابی محاسباتی



شکل ۷: برازش بار هیدرولیکی محاسبه‌ای و مشاهده‌ای در اولین اجرای مدل

تغییر دادن هر کدام از موارد ذکر شده، و تکرار تغییرات در طی چندین مرحله به روش آزمون و خطا، مقدار RMS کاهش یافت. در پایان بهترین و قابل قبول‌ترین خطا ایجاد شد (شکل ۸). طبق شکل، انجام واسنجی باعث نزدیک تر شدن تراز سطح ایستابی محاسباتی و مشاهداتی به یکدیگر شد به طوری که میزان خطا (RMS) به ۰/۶۸ متر کاهش یافت.

همان‌گونه که مشخص است مقادیر محاسباتی در بعضی چاه‌ها از مقادیر مشاهداتی بالاتر و در برخی چاه‌ها پایین‌تر است. میزان خطا (RMSE) در طی ۳۶۵ روز حدود ۱۰/۵ متر شد؛ ایجاد این نتیجه دور از واقعیت بود. بنابراین برای واسنجی مدل تراز سطح ایستابی در مرز GHB، مقدار تغذیه (بارندگی، کانال‌های آبیاری و آب برگشتی فاضلاب شهری) و مقدار تبخیر و تعرق تغییر داده شد. با

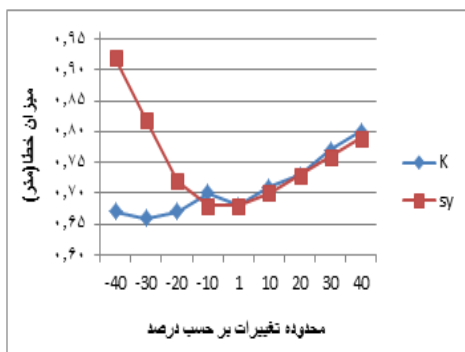


شکل ۸: برازش تراز سطح ایستابی محاسباتی و مشاهداتی پس از واسنجی

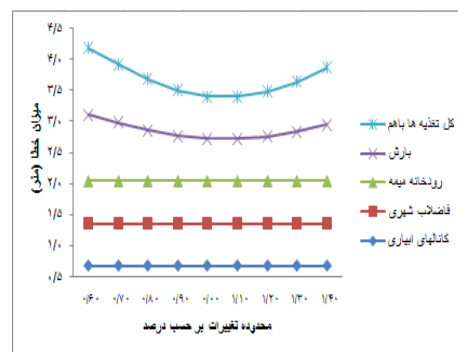
تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت پس از واسنجی می‌تواند میزان اعتبار مدل را معین کند. پژوهشگران زیادی بر اهمیت مطالعه عدم قطعیت در تهیه مدل‌های آب‌زیرزمینی جهت به دست آوردن نتایج بهینه و معقول تاکید کرده‌اند (Batu, 2006). پس از واسنجی و بهینه کردن پارامترها در مدل و تعیین مقدار آن‌ها با تغییر هر یک از شش پارامتر مهم از

جمله هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه، تخلیه توسط چاه‌های بهره‌برداری، تراز آب در مرزهای GHB، تغذیه و تبخیر و تعرق مدل اجرا شده است. با توجه به تأثیر هر یک از پارامترها بر میزان خطای RMSE محاسبه شده برای سطح آب زیرزمینی، مقدار حساسیت مدل به هر یک از این پارامترها، مشخص شد و نتایج حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۹).



حساسیت پارامترهای K و Sy در مدل گستره مورد مطالعه



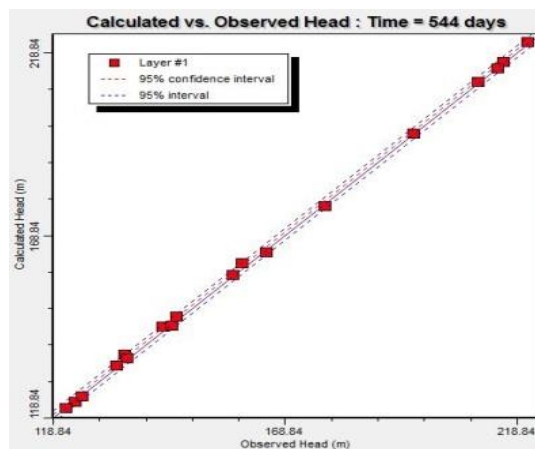
حساسیت مدل نسبت به مقادیر تغذیه

شکل ۹: نتایج حاصل از آنالیز حساسیت

۹۳ اجرا شد. نتایج حاصل از صحت سنجی نشان دهنده برازش خوب بین مقادیر محاسباتی و مشاهداتی است (شکل ۱۰).

صحت سنجی

از اطلاعات مربوط به ۱۹ حلقه چاه مشاهده‌ای ماه‌های مهر تا اسفند سال ۱۳۹۳ به منظور صحت سنجی استفاده شد. مدل برای شش ماه دوم سال



شکل ۱۰: نمودار برازش تراز سطح ایستابی محاسباتی و مشاهداتی پس از صحت سنجی

نتایج

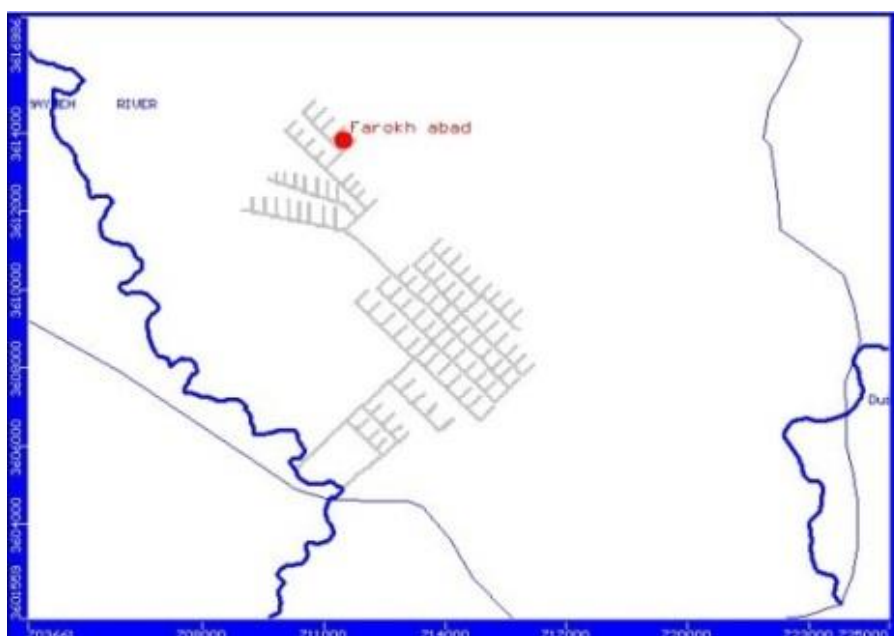
نتایج عملکرد سیستم زهکش

پس از انجام واسنجی و صحت سنجی مدل تاثیر اجرای سیستم زهکش بر وضعیت سطح آب زیرزمینی دشت دهلران تحت سه سناریوی مختلف شبیه‌سازی شد. سناریوی اول: پایین انداختن سطح ایستابی دشت با استفاده از زهکش زیرزمینی در شرایط هیدرولوژیک خشک، تر و عادی برای دوره پنج ساله. سناریوی دوم: پایین انداختن سطح ایستابی دشت با استفاده از چاه‌های پمپاژ در شرایط هیدرولوژیک خشک، تر و عادی برای دوره پنج ساله. سناریوی سوم: افت سطح

ایستابی در دوره‌های مختلف هیدرولوژیک بدون اعمال زهکشی.

نتایج حاصل از سناریوی اول

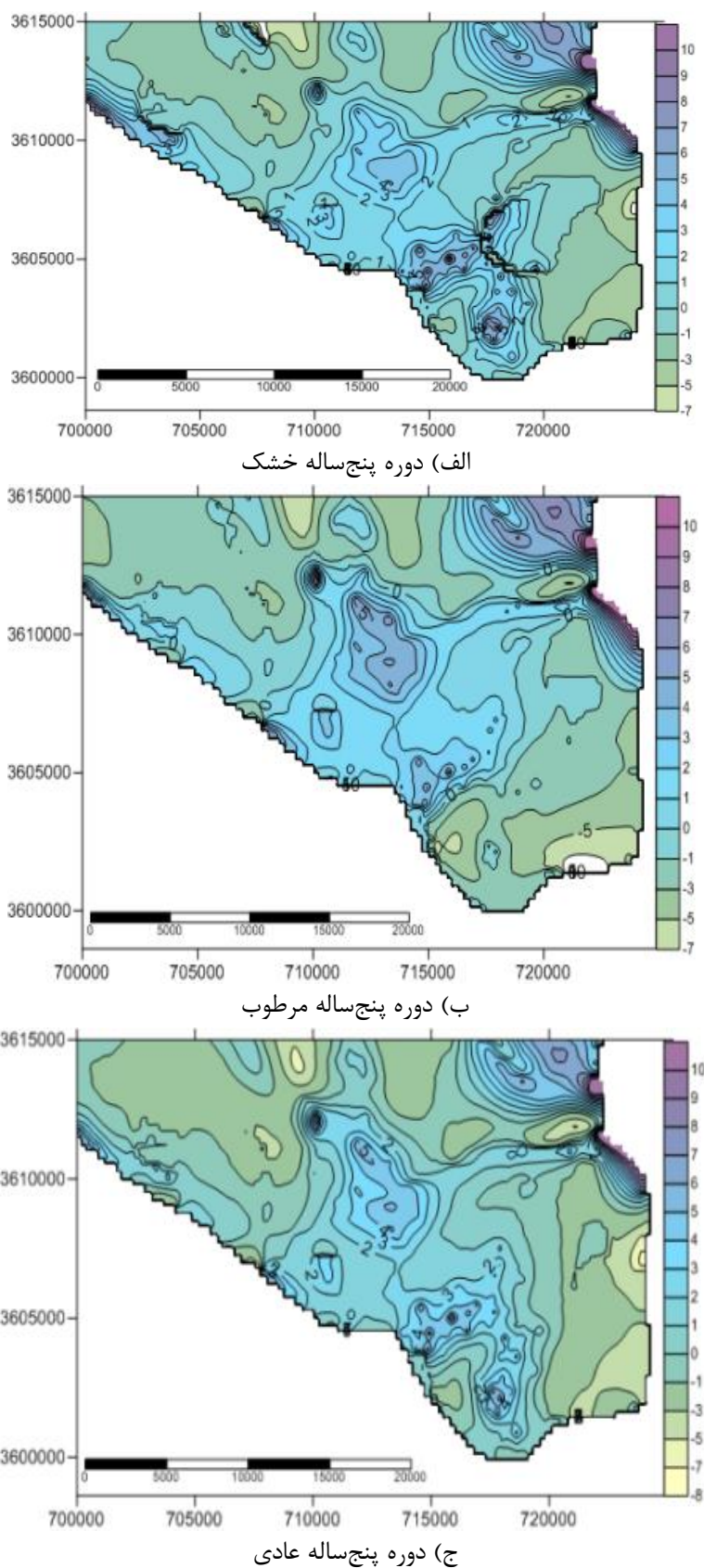
سیستم زهکشی مورد استفاده در این سناریو، شامل ترکیبی از زهکش‌های جمع‌کننده اصلی با شیب به سمت نقطه‌ای از رودخانه میمه که قرار بود زه‌آب به درون آن ریخته شود، مشخص شد. بدین وسیله زه‌آب توسط نیروی ثقل زمین جابه‌جا می‌شود. و زهکش‌های لانه موشی با آرایش ترکیبی از شبکه‌های منظم، موازی و جناقی (با توجه به شیب منطقه در آن نواحی) می‌باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱: شبکه زهکش اعمال شده به گستره مورد مطالعه در مدل

نشان دهنده افت چهار تا پنج متر در گستره اعمال زهکش می‌باشد (شکل ۱۲ ب). نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج ساله با شرایط هیدرولوژیک عادی نیز نشان دهنده افت چهار تا پنج متر در گستره اعمال زهکش می‌باشد (شکل ۱۲ ج).

با توجه به منحنی‌های هم‌تراز سطح ایستابی در گستره اعمال زهکش، سطح ایستابی در طی پنج سال در شرایط خشک آب و هوایی، حدود دو تا چهار متر در اثر اعمال زهکش افت خواهد داشت (شکل ۱۲ الف). نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج ساله با شرایط هیدرولوژیک مرطوب

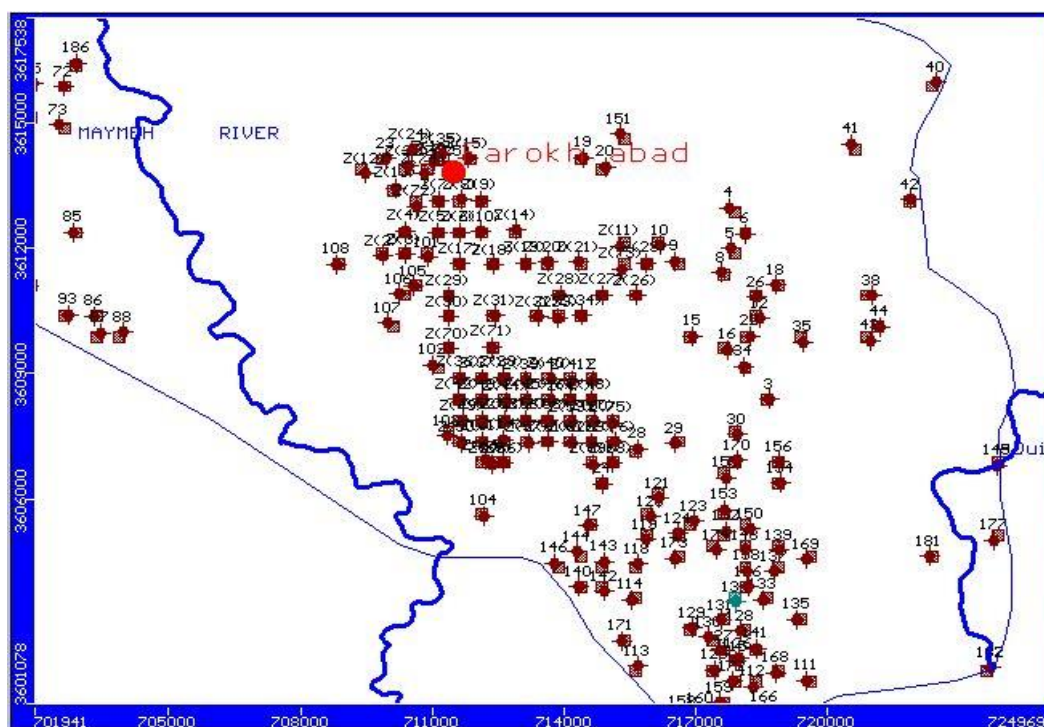


شکل ۱۲: نقشه هم‌افت سطح ایستابی بر اثر اعمال زهکش

داشته باشد، تا مشخص شود که کدام روش هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ عملکرد، برای پایین انداختن سطح ایستابی مناسب‌تر می‌باشد.

نتایج حاصل از سناریوی دوم

در این مرحله برای پایین انداختن سطح ایستابی از یک سری چاه پمپاژ استفاده شد (شکل ۱۳)، تا مقایسه‌ای بین تفاوت عملکرد زهکش با عملکرد چاه‌های پمپاژ در پایین انداختن سطح ایستابی

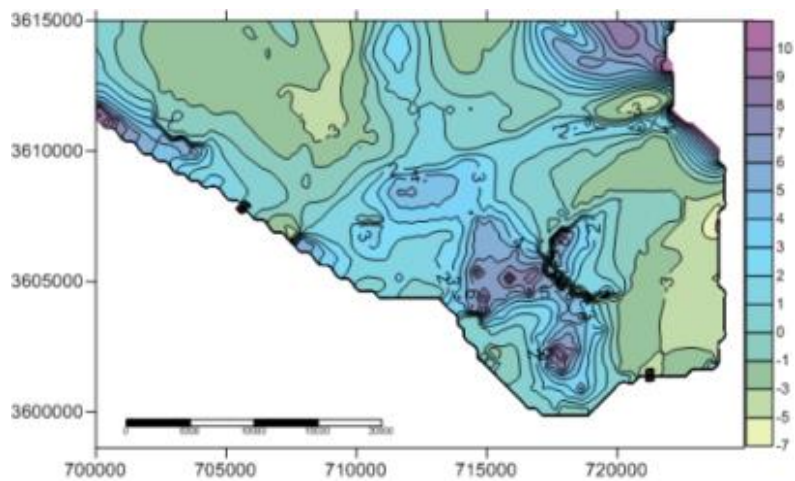


شکل ۱۳: تصویر چاه‌های پمپاژ اعمال شده به گستره مورد مطالعه در مدل

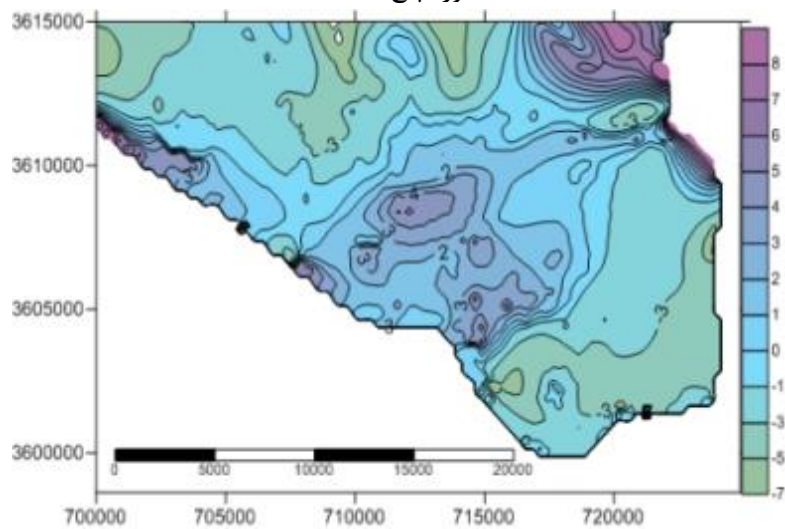
نتایج حاصل از سناریوی سوم

در این مرحله مدل برای دوره‌های هیدرولوژیک گفته شده در سناریوهای قبل، بدون اعمال هرگونه زهکشی (زهکش زیرزمینی یا چاه پمپاژ) اجرا شد، تا نتایج به دست آمده در حالت طبیعی و بدون زهکشی با نتایج حاصل از زهکشی مقایسه شود. با توجه به منحنی‌های هم‌تراز سطح ایستابی در شرایط مرطوب آب و هوایی حدود یک تا دو متر افت در گستره مورد نظر مشاهده می‌شود (شکل ۱۵ الف)، نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج ساله با شرایط هیدرولوژیک خشک نشان دهنده افت یک تا سه متری در گستره می‌باشد (شکل ۱۵ ب).

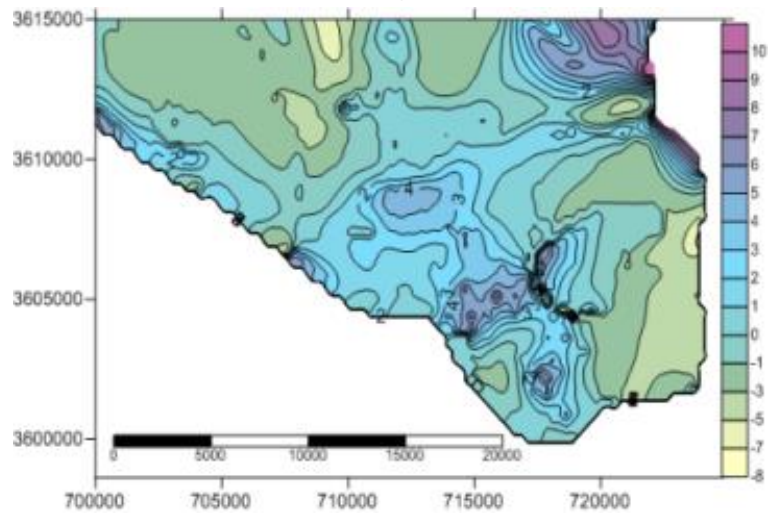
با توجه به منحنی‌های هم‌پتانسیل در گستره اعمال چاه‌های پمپاژ در شرایط خشک آب و هوایی مشاهده می‌شود که سطح ایستابی در طی پنج سال زهکشی حدود سه تا پنج متر افت خواهد کرد (شکل ۱۴ الف). نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج ساله با شرایط هیدرولوژیک مرطوب نشان دهنده افت سه تا ۵/۵ متری در گستره اعمال چاه‌های پمپاژ (شکل ۱۴ ب) است. نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج ساله با شرایط هیدرولوژیک عادی نیز نشان دهنده افت سه تا پنج متری در گستره اعمال چاه‌های پمپاژ است (شکل ۱۴ ج).



الف) دوره پنج ساله خشک

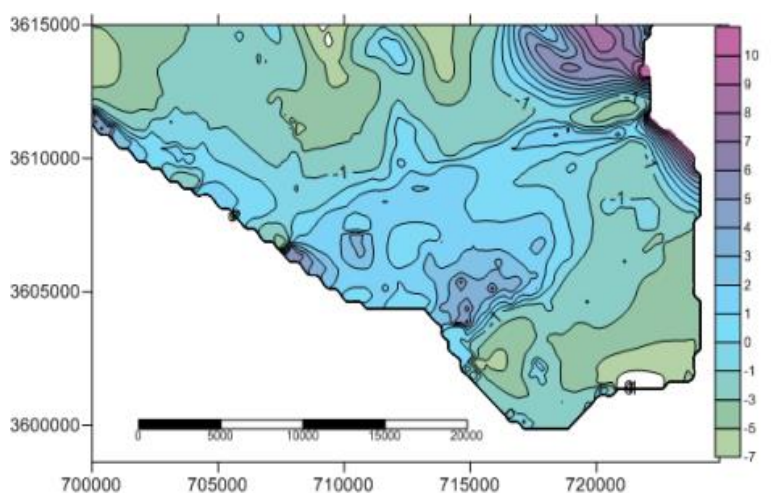


ب) دوره پنج ساله مرطوب

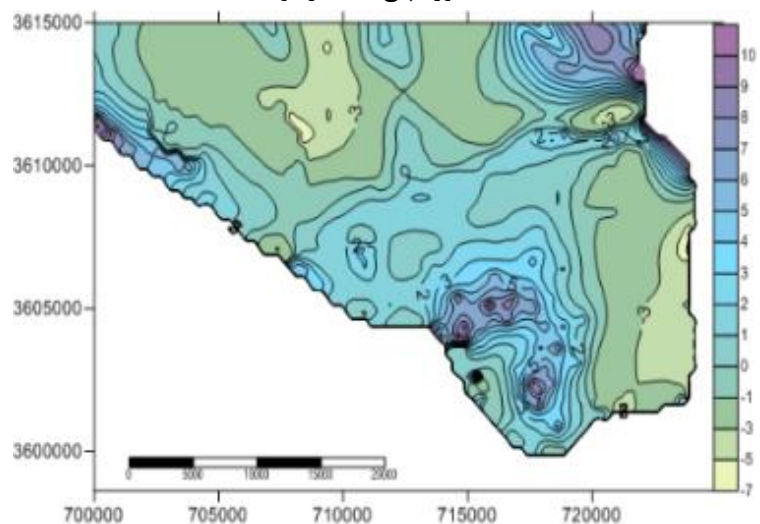


ج) دوره پنج ساله عادی

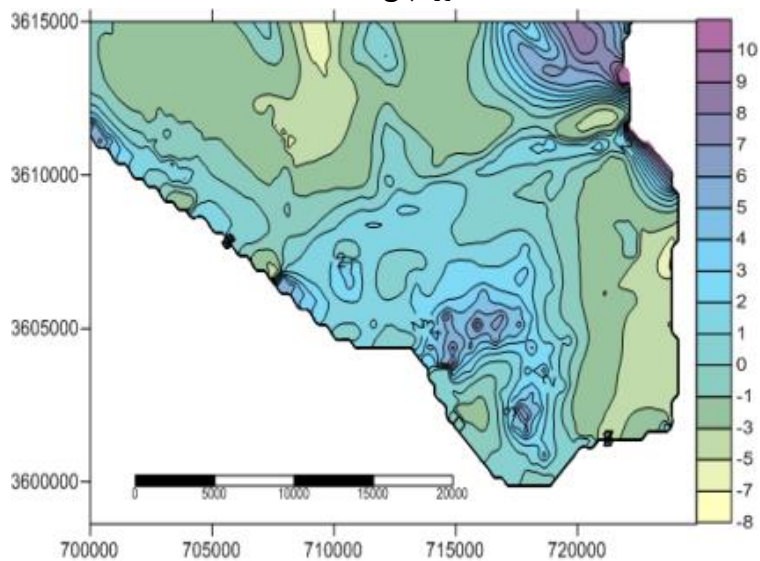
شکل ۱۴: نقشه هم افت سطح ایستابی بر اثر اعمال چاه‌های پمپاژ



الف) دوره پنج‌ساله مرطوب



ب) دوره پنج‌ساله خشک



ج) دوره پنج‌ساله عادی

شکل ۱۵: نقشه هم‌افت سطح ایستابی بدون اعمال زهکشی

نتایج حاصل از اجرای مدل برای یک دوره پنج-ساله با شرایط هیدرولوژیک عادی نیز نشان دهنده افت یک تا دو متری در گستره می‌باشد. محدوده افت نسبت به دوره مرطوب بزرگ‌تر می‌باشد (شکل ۱۵ ج).

بیان حجمی مدل در گستره‌ی مورد مطالعه
با استفاده از بیان آبی در گستره، میزان آب زیرزمینی ورودی و خروجی به دشت از مرزها و دبی زهکشی شده در شرایط مختلف بررسی شد (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج بیان مدل (بر حسب میلیون متر مکعب در سال)

دوره مرطوب		دوره عادی		دوره خشک		سناریوها
یک ساله	پنج ساله	یک ساله	پنج ساله	یک ساله	پنج ساله	
۲۴-۲	-۱۲۱	-۲۰	-۱۰۰	-۱۵/۸	-۷۹	زهکش زیرزمینی
-۱۸	-۹۰	-۱۵/۴	-۷۷	-۱۳/۸	-۶۹	چاه‌های زهکشی

شبکه زهکش زیرزمینی می‌توان آب را با کمک نیروی ثقل به درون رودخانه میمه انتقال داد و در نتیجه فقط هزینه اولیه احداث زهکش مورد نیاز است. از طرف دیگر با طراحی درست زهکش زیرزمینی، و استفاده از یک لایه شن و ذرات دانه درشت بر روی شاخه‌های اصلی زهکش می‌توان چندین سال از زهکش استفاده کرد، بدون اینکه خطر پرشدگی زهکش مطرح باشد. در صورتی که با توجه به جنس رسوبات منطقه که دانه ریز هستند، هر چند وقت یکبار باید عملیات شستشوی چاه‌های پمپاژ برای افزایش راندمان چاه‌ها انجام شود. لذا با توجه به موارد ذکر شده، برای گستره مورد مطالعه طراحی زهکش زیرزمینی مناسب‌تر از احداث شبکه چاه‌های پمپاژ می‌باشد. همچنین برای آنکه بتوان سطح آب زیرزمینی را تا عمق مورد نظر، پایین انداخت باید خطوط فرعی شبکه زهکش در جهت شیب زمین نیز اجرا شود.

عملکرد خوب زهکش‌های زیرزمینی در افزایش دبی زهکشی شده در مقایسه با چاه‌های زهکشی در تمام سناریوها مشخص است. به طوری که زهکش‌های زیرزمینی، به ترتیب در دوره‌های خشک، عادی و مرطوب، ۲، ۴/۶ و ۶/۲ میلیون متر مکعب در سال بیشتر از چاه‌های زهکشی، آب تخلیه می‌کنند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از منحنی‌های هم‌پتانسیل نشان دهنده عملکرد بهتر چاه‌ها نسبت به زهکش می‌باشد که البته تفاوت چشمگیری با هم ندارند، اما با توجه به اینکه بعد از احداث چاه‌ها باید تمهیداتی جهت خارج کردن آب جمع شده در آن‌ها و همچنین انتقال این آب به محل دیگر در نظر گرفته شود، که خود مستلزم صرف هزینه بیشتر برای پایین انداختن سطح ایستابی در این منطقه می‌باشد، در صورتی که با طراحی مناسب

منابع

-اصغری مقدم، ا.، رنجبر، م. و جاهدان، ن.، ۱۳۸۷. بالا آمدگی سطح آب زیر زمینی و تاثیر آن بر افت مدیریت منابع آب. سومین کنفرانس

- شور، مجله پژوهشی آب در کشاورزی، جلد ۲۷، شماره ۲۲، ص ۳۱-۴۹.
- کریمی پور، ا.ر.، رخشنده رو، غ.ر. و بنی طالبی دهکردی، گ.، ۱۳۹۱. ارزیابی استفاده از سیستم زهکشی به منظور پایین انداختن سفره آب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از مدل PMWIN، مجله آب و فاضلاب، شماره ۲، ص ۱۹-۳۶.
- نبوی، م.، ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نوذری، ح.، لیاقت، ع. و خلقی، م.، ۱۳۸۸. مدیریت شوری و بهره‌برداری از زه آب کشاورزی با استفاده از تحلیل پویایی سیستم، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی تهران.
- Batu, V., 2006. Applied flow and solute transport modeling in aquifers: Taylor and Francis Group In, 667 p.
- Darzi-Naftchali, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F. and Mahdian, M.H., 2013. Effect of subsurface on water balance and water table in poorly drained paddy fields: Agricultural water Management, p. 61-68.
- Deverel, S.J. and Fio, J.L., 1990. Ground- water flow and solute movement to drain laterals, western San Joaquin Valley California: 1. Geochemical assessment: Water Resources Research, v. 27(9), p. 2233-2246.
- Filipovi', V., Kochem Mallmann, F.J., Coquet, Y. and Simunek, J., 2014. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems: Agricultural water Management, p. 105-114.
- حسن پور، ن.، عباس نژاد، ا. و رادفر، ش.، ۱۳۸۹. بالا آمدن سطح آب زیر زمینی گستره شهر کرمان، بحران زیست محیطی و تهدیدی برای آثار باستانی، چهارمین همایش تخصصی محیط زیست.
- شرکت اکتشافی نفت ایران، ۱۳۴۸. نقشه زمین-شناسی دهلران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.
- شرکت سهامی آب منطقه‌ای ایلام، ۱۳۸۸. گزارش توجیهی پیشنهاد ممنوعیت توسعه بهره-برداری آبخوان دشت دهلران، دفتر مطالعات پایه منابع آب، گروه تلفیق و بیلان.
- شرکت مهندسی مشاور آب و خاک، ۱۳۵۴. گزارش ژئوفیزیک دشت دهلران.
- شکیبا، م.، لیاقت، ع.ا. و میرزایی، ف.، ۱۳۹۲. بررسی تاثیر عمق اختلاط بر کیفیت زه آب خروجی از زهکشی در اراضی با آب کم‌عمق و
- Guitijens, J.C., Ayars, J.E. and Grismer, M.E., 1997. Drainage design for water quality management, Overview: J. Irrigation and Drainage engineering, ASCE, p. 123-153.
- Hornbuckle, J.W., Christen, E.W. and Faulkner, R.D., 2007. Evaluating a multilevel subsurface drainage system for improved drainage water quality: Agric Water Manage, v. 89, p. 208-216.
- Jung, K.Y., Yun, E.S., Park, K.D., Lee, Y.H., B Hwang, J., Y Park, C. and Ramos, P., 2010. Effect of subsurface drainage for multiple land use in sloping paddy fields: Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia, Published on DVD.
- King, K.W., Fausey, N.R. and Williams, M.R., 2014. Effect of subsurface drainage on streamflow in an agricultural headwater watershed: Journal of Hydrology, p. 438-445.