Archive of SID

بررسی و مدل سازی کمی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت نیشابور)

آرش حسین سربازی[1*]- کاظم اسماعیلی[2]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی ارشد سازه های آبی دانشگاه آزاد arash_sarbazi11@yahoo.com
۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۱/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

چکیده

شرایط اقلیمی مناطق خشک، ساکنان این مناطق را به استفاده بیشتر از آب‌های زیرزمینی وادار کرده است. بر این پایه به دلیل اهمیت منابع آب، در این تحقیق کمیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور در طی سال‌های ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۷ مورد ارزیابی قرار گرفت. برای دستیابی به این هدف نرم افزار Visual MODFLOW مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد ضرایب هیدرودینامیک دشت نیشابور نسبتاً بالا می‌باشند. این خصوصیت می‌تواند در اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در این دشت بسیار مؤثر باشد. همچنین به دلیل وجود همبستگی بالا بین داده‌های مشاهده شده و محاسبه شده از مدل، نتایج واسنجی در تمامی چاه‌های مشاهده‌ای قابل قبول می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور به دلیل برداشت بیش از اندازه از سفره به شدت افت کرده است. افت سطح آب در مناطق مختلف بر اساس میزان تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است. بررسی نقشه هم ارتفاع سنگ کف آبخوان دشت نیشابور نشان می‌دهد که بستر از پستی و بلندی‌های زیادی برخوردار است و به حالت مقعر در آمده است. میزان تغذیه محاسبه شده در پایین دست ارتفاعات بینالود نسبت به سایر مناطق بیشتر است که احتمالاً به علت سیلاب‌های فصلی است که از ارتفاعات وارد این منطقه می‌شوند. نتایج نشان داد با ادامه روند تخلیه چاه‌های منطقه در بعضی مناطق کمیت و کیفیت آب زیر زمینی کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: منابع آب زیرزمینی، کمیت آب زیرزمینی، دشت نیشابور، نرم افزارهای شبیه سازی، Visual MODFLOW.

Investigation and Quantitative Modeling of Groundwater (Case study: The Plain of Neyshabour)

A. Hosein Sarbazy[1] and K. Esmaili[2]

1- M.Sc. in Water Structurs, Water Engineering Departmant, University of Azad
2- Assosiated Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 8 July 2012 Accepted: 30 Dec 2012

Abstract

Inhabitants of the arid climate have led to greater use of groundwater. On this basis because of the importance of water resources, the quantity of groundwater in the plain of Neyshabour during 2002 to 2008 was evaluated. Visual MODFLOW software was helpful in this regard. The results showed that hydrodynamic coefficients are relatively high in plain of Neyshabour. This property can be very effective in the fields of artificial recharge projects. Also due to the high correlation between observed and calculated data from the model calibration, results are acceptable in all observation wells. Studies showed that groundwater in the plain of Neyshabour has dropped highly due to the excessive travel, drop in water levels in different regions according to different feeding and discharging aquifer.The map of stone floor level shows that the context of the postal and the mountain aquifer Neyshabour is high and concave mode. Feeding rate calculated in the Binalood lower elevation are more than other areas due to seasonal flooding into this area are flowing of the highlands. The results showed a continuing trend of regional drainage wells in some areas, so groundwater quality and quantity is reduced

Key words: Groundwater resources, Groundwater quantity, Neyshabour's plain, Simulation softwares, Visual MODFLOW.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

لزوم شناخت و بهره‌برداری بهینه از آب‌های زیرزمینی از آنجا ناشی می‌گردد که این منابع ۹۹ درصد از کل آب‌های شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند. اوضاع جوی و زمین ساختی مناطق خشک، ساکنان این مناطق را به بهره‌برداری بیشتر از آب‌های زیرزمینی واداشته و پایه‌های بسیاری از اجتماعات بشری بر آن استوار گشته است و این منابع از عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳). کشور ما ایران نیز اگرچه دارای مناطق مرتفع و یا ساحلی با میزان بالای نزولات جوی است و لیکن با توجه به مساحت وسیعی که دارد، در کل جزء مناطقی می‌باشد که داری رژیم آب و هوایی خشک و نیمه خشک بوده و طبیعی است در چنین وضعیتی برنامه‌ریزی‌های متعدد کارشناسی همگام و به موازات پیشرفت روش‌های مطالعاتی در مسائل آبی جزء پیش شرط‌های لازم جهت توسعه پایدار می‌باشد.

یکی از راهکارهای مهم در این رابطه تنظیم و تدوین مطالعات مربوط به ممنوعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در دشت‌های مختلف می‌باشد. در سال‌های اخیر به دلیل برداشت بی رویه از منابع آب به خصوص چاه‌ها به علت‌های گوناگون مانند توسعه صنعتی، رشد بی رویه جمعیت، کاهش نزولات جوی، خشکسالی‌ها و غیره، مسئله کم آبی حادتر شده و در نتیجه ضرورت مطالعات دقیق و راهبردی ممنوعیت بهره‌برداری برای جلوگیری از ایجاد تنش در آبخوان‌های آبرفتی اجتناب ناپذیر می‌باشد. آب‌های زیرزمینی به عنوان یک منبع مهم برای مصارف آشامیدنی، دام و اهداف کشاورزی و صنعت در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. در چنین مناطقی به علت اینکه بارندگی‌ها محدود و تبخیر و تعرق از میزان بالایی برخوردار می‌باشد منابع آب سطحی، منابع قابل اطمینانی برای تأمین آب نمی‌باشند در نتیجه در این مناطق بیشتر روی منابع آب‌های زیرزمینی تکیه می‌شود. به همین دلیل برای تأمین آب در این مناطق لازم است پیش‌بینی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود تا بتوان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد در مدیریت منابع آب سود جست.

نوسانات سطح آب زیرزمینی برای برنامه‌ریزی سیستم‌های زهکشی در حوضه‌های روستایی، از اهمیت به سزایی برخوردار هستند. در همین راستا وزکوئز آمبیل و انگل[1] (۲۰۰۵) در تحقیقی به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل SWAT پرداختند. نتایج این مدل نشان داد عملکرد آن برای این منظور تقریباً ضعیف بوده و ضریب تبیین برای چاه‌های در نظر گرفته شده در داخل حوضه آبریز رودخانه موسکوکا[2] در جنوب غربی ایندیانی[3] آمریکا برای دوره آزمون برابر ۰/۶۱، ۰/۳۶ و ۰/۴ بوده است.

راترمن و همکاران[4] (۲۰۰۵) برای جلوگیری از اتلاف وقت و هزینه، مدلی از ترکیب نرم افزارهای Matlab و ArcView برای مدل‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی ارائه کردند. مدل فوق که برای استان اوترخت[5] در کشور هلند توسعه یافته است قابلیت مدل‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی به صورت سه بعدی و حتی چهار بعدی را نیز دارد. سیبرت[6] و همکاران (۱۹۹۸) از مدل TOPMODEL برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی به صورت توزیعی استفاده نمودند. هرچند مدل برای پیش‌بینی سطح آب در هر نقطه به تنهایی عملکرد خوبی نشان داد، ولی عملکرد مدل فوق برای به دست آوردن ضرایب هیدرودینامیکی حوضه رضایت بخش نبود. مانزیون[7] و همکاران (۲۰۰۶) در حوضه آبریز رودخانه جاردیم[8] واقع در برزیل از مدل PIRFICT برای تعیین مناطقی که با خطر کمبود آب در آینده مواجه خواهند شد، استفاده کردند. به دلیل تأثیر مستقیم بارندگی و رواناب بر سطح آب زیرزمینی از متغیرهای مذکور به عنوان پارامترهای ورودی مدل استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل فوق عملکرد بسیار خوبی داشته و از آن می‌توان به عنوان ابزاری مناسب برای پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی استفاده کرد. کاوواداس و همکاران[9] (۱۹۹۴) تغییرات سطح آب زیرزمینی را به منظور احداث معدن ذغال سنگ جدید در حوضه پتولرنایس[10] در یونان پیش‌بینی نمودند. برای این کار یک مدل تحلیلی جریان ناحیه‌ای بر مبنای روش اجزاء محدود توسعه داده و از آن برای پیش‌بینی افت سطح آب زیرزمینی استفاده کردند. نتایج نشان داد که افت سطح آب زیرزمینی تا بالای ۲۶۰ متر در حال حاضر اقتصادی نبوده و این افت از نظر زمانی نیازمند دوره یک تا دو ساله می‌باشد. دالیاکاپولوس و همکاران[11] (۲۰۰۴) به بررسی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در دشت مسرا[12] واقع در کرت[13] یونان پرداختند. برای این منظور از شبکه عصبی پیشخور، بازگشتی و تابع شعاعی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که شبکه عصبی با دقت خوبی قادر به پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی برای یک ماه آینده است. در تحقیق دیگری کولیابالی و همکاران[14] (۲۰۰۱) به کمک چهار مدل شبکه‌های عصبی تأخیر زمانی، شبکه عصبی بازگشتی، شبکه عصبی تابع شعاعی عمومی و شبکه عصبی احتمالاتی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت گندو[15] در شمال غرب بورکینافاسو[16] پرداختند. نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که

1- Vazquez-Amabile and Engel
2 -Muskoka
3 - Indiyan

4- Raterman
5- Utrecht
6- Seibert et al.
7- Manzione
8- Jardim
9- Kavvadas et al.
10- Ptolernais
11- Daliakopoulos et al.
12 -Messra
13- Crete
14- Coulibaly et al.
15- Gondo
16- Burkina Faso

www.SID.ir

Archive of SID

پیش‌بینی انجام شده توسط شبکه عصبی بازگشتی بهتر از سایر مدل‌ها بوده است و می‌توان آن را به عنوان یک مدل مناسب برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی در فصل خشک برای سه ماه آینده به کار برد. شبکه‌های عصبی تأخیر زمانی و احتمالی با وجود اختلاف اساسی آن‌ها در نحوه یادگیری تقریباً نتایج مشابهی داشتند و مدل تابع شعاعی عمومی نیز در مقایسه با سایر مدل‌ها عملکرد خیلی ضعیف داشته که ممکن است به خاطر وجود اغتشاش در اطلاعات باشد.

مهجوری و همکاران (۱۳۸۵) از مدل الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مدیریت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی شهر کاشان استفاده کردند. نتایج آن‌ها مشخص کرد که شبکه‌های مورد استفاده دارای پتانسیل بالا برای برنامه‌ریزی جامع در زمینه بهره‌برداری کمی و کیفی آبخوان شهر کاشان است. سیادتی مقدم (۱۳۸۲) وضعیت تراز سطح آب زیرزمینی را تا فروردین سال ۱۳۹۰ در مشهد پیش‌بینی نمود. بر اساس پیش‌بینی مدل، چنانچه حوادث هیدرولوژیکی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۲ دوباره از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۰ به وقوع بپیوندد و شاهد خشکسالی‌های شدید باشیم، به طور متوسط سطح آب زیرزمینی محدوده مدل در طی این دوره هشت ساله، حدود ۱۱/۵ متر افت خواهد کرد. البته توزیع این افت یکسان نبوده به طوری که مناطق شرق مشهد بین ۱/۵ تا ۵ متر و مناطق مرکزی شهر ۵ تا ۱۵ متر افت خواهند داشت. مدل سه بعدی تفاضل محدود MODFLOW توسط مکدونالد و هارباگ[1] در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است. این مدل سه بعدی جریان غیر ماندگار در محیط متخلخل اشباع، غیراشباع، غیر همگن و غیر ایزوتروپ می‌باشد (کرسیک[2]، ۱۹۹۷) که به طور گسترده‌ای مورد استفاده پژوهشگران در سراسر دنیا قرار گرفته است. تاد و کنس[3] (۲۰۰۱) برای مشخص کردن محدوده تغذیه کننده چاه‌های آب شرب شهر استروگن بای[4] در ویسکانسین[5] آمریکا، آب‌های زیرزمینی زیرزمینی این منطقه را با نرم افزار Modflow شبیه سازی کردند. این محققان مدل را در دو حالت ماندگار و غیرماندگار اجرا کردند و نهایتاً با توجه به نتایج به دست آمده از مدل و مقایسه آن‌ها با داده‌های مشاهداتی به این نتیجه رسیدند که برای منطقه مذکور اجرای این مدل در حالت غیر ماندگار، بازتاب بهتری از رفتار آبخوان ارائه می‌دهد. همچنین از نتایج اجرای مدل مشخص شد که ناحیه تغذیه کننده چاه‌ها، در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهر تا ۷ کیلومتری جنوب شهر قرار دارد و زمان پیمایش از نواحی تغذیه تا همه چاه‌ها عموماً کمتر از یک سال است. تورلی و کالاندر[6] (۲۰۰۵) با استفاده از نرم افزارVisual Modflow آب‌های زیرزمینی شهر کریس جرج[7] در زلاندنو را مدل سازی کردند. آن‌ها برای مدل سازی از داده‌های ماهیانه ۱۵۷ چاه تأمین آب شرب شهر استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از روش مدل سازی معکوس و نرم افزار PEST پارامترهای هدایت هیدرولیکی و میزان تغذیه را تخمین زدند. سپس با استفاده از نرم افزار MODPATH و داده‌های ۳۱ چاه انتخابی خطوط جریان آب زیرزمینی را شبیه‌سازی کردند. در تحقیق دیگری ون و همکاران[8] (۲۰۰۷) با مدل سه بعدی FEFLOW حوضه آبریز ژانگ جی[9] در شرق چین را در شرایط غیرماندگار مدل نمودند. سطح پیزومتریک این دشت به دلیل برداشت بی رویه از آب‌های زیرزمینی دچار افت قابل توجهی شده بود. آن‌ها مدل را برای چهار سال (۲۰۰۰–۱۹۹۷) واسنجی نموده و سپس با دو سناریو سطح آب را برای سی سال (۲۰۳۰–۲۰۰۰) پیش‌بینی نمودند. در سناریوی اول فرض شد که میزان تخلیه از دشت تحت شرایط فعلی ادامه پیدا کند. سناریوی دوم این بود که میزان تخلیه از تمام دشت سالیانه از $۲/۱۷\times۱۰^{۸}$ فعلی به $۰/۰۲۵\times۱۰^{۸}$ متر مکعب در سال کاهش پیدا کند. نتایج آن‌ها نشان داد که درسناریوی اول بیشترین میزان افت ۳۰ متر در جنوب حوضه در سال ۲۰۳۰ خواهد بود. در حالی که در سناریوی دوم مقدار افت در جنوب حوضه به ۲۴ متر می‌رسد. همچنین در سناریوی دوم، مشخص شد که در قسمت‌های میانی حوضه سطح آب ثابت باقی می‌ماند.

با در نظر گرفتن مطالب مرور شده می‌توان چنین استنباط کرد که به دلیل اهمیت به سزای منابع آب زیرزمینی پیش‌بینی و مدل سازی کمی و کیفی این منابع می‌تواند کمک شایانی در مدیریت و برنامه‌ریزی استفاده از این منابع آبی نماید. میانگین آب قابل دسترس در هر منطقه، مقدار ثابت و مشخصی است در حالی که تقاضا برای آب، به دلیل افزایش روز افزون رشد جمعیت افزایش می‌یابد. دشت نیشابور از جمله دشت‌های بزرگ استان خراسان رضوی است که از نظر کشاورزی و اقتصادی جایگاه مهمی در این استان دارد. از همین رو، ضروری به نظر می‌رسد که مشکل کمبود آب و نقش عوامل مختلف انسانی و طبیعی که در بروز این بحران موءثرند و مشکلات و پیامدهای ناشی از این کم آبی در منطقه بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. برای این امر ابتدا یک پیش‌بینی دقیق از سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور انجام خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه‌ی آبریز دشت نیشابور، جزئی از حوضه‌ی آبریز کالشور نیشابور است که از شمال به خط الرأس ارتفاعات بینالود، از شرق به بلندی‌های لیلاجوق و یال پلنگ و از جنوب به تپه ماهورهای نیزه بند، سیاه کوه و کوه نمک و از غرب به حوزه‌ی آبریز دشت سبزوار

1 - Mc donald and Harburg
2 - Neven Kresic
3 -Todd and et al.
4- Sturgeon Bay
5- Wisconsin
6- Thorley and Callander

7- Chrischurch
8- Wen et al.
9- Zhangye Wtershed

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های هواشناسی مورد استفاده

نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا	مختصات محلی	
	طول	عرض		X	Y
پنگجه آبشار	۵۸ ۵۰ ۱۵	۳۶ ۴۹ ۴۵	۱۶۸۳	۶۱۲۷۰۰	۰۷۶۶۷۳
بار اریه- چهار باغ	۵۸ ۳۳ ۴۲	۳۶ ۲۷ ۲۱	۱۵۹۶	۶۵۳۱۴۵	۰۳۶۱۸۳
عشق آباد نیشابور	۵۸ ۴۸ ۴۲	۳۶ ۶ ۵۷	۱۱۶۶	۶۷۰۶۶۳	۹۹۴۱۴۱
فدیشه	۵۸ ۵۸ ۲۵	۳۶ ۱ ۱۱	۱۰۸۱	۶۲۹۱۱۰	۹۸۷۰۹۰
محمد آباد نیشابور	۵۸ ۴۸ ۴۲	۳۶ ۶ ۵۷	۱۱۱۳	۶۵۴۱۹۰	۹۹۸۱۵۳

محدود می‌شود (ولایتی، ۱۳۷۹). این حوضه در طول جغرافیایی ´۱۷ ۵۸ تا ´۳۰ ˚۵۹ و عرض جغرافیایی ´۴۰ ˚۳۵ تا ´۳۹ ˚۳۶ واقع شده است. وسعت کل حوزه‌ی آبریز دشت نیشابور حدود ۷۳۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد که ۳۱۶۰ کیلومتر آن را ارتفاعات و بقیه آن یعنی ۴۱۹۰ کیلومتر مربع را دشت تشکیل می‌رهد. بلندترین نقطه منطقه در ارتفاعات بینالود واقع بوده که از سطح دریا ۳۳۰۰ متر ارتفاع دارد. پایین‌ترین نقطه خروجی در محل خروجی دشت (حسین آباد جنگل) قرار دارد که حدود ۱۰۵۰ متر از سطح دریا بلندتر است (ولایتی، ۱۳۷۰). بدین ترتیب دشت نیشابور از همه طرف به حصار کوهستانی و تپه‌های نسبتاً مرتفعی محدود است و هرچه از اطراف به سمت مرکز دشت حرکت کنیم از ارتفاع آن کاسته شده، سرانجام در قسمت جنوب غربی دشت، در محل خروجی رودخانه‌ی کالشور نیشابور به دشت سبزوار، به حدود ۱۰۵۰ متر می‌رسد. شیب عمومی دشت نیشابور شرقی غربی است و علاوه بر آن، قسمت عمده‌ی دشت و به ویژه قسمت‌های شمالی آن نیز دارای شیبی با جهت شمالی ـ جنوبی می‌باشد. آب و هوای منطقه نیمه‌خشک تا خشک بوده و میانگین درجه حرارت ماهانه ایستگاه بار (معرف مناطق کوهستانی) ۱۳ درجه سانتی‌گراد و در ایستگاه محمد آباد- فدیشه (معرف مناطق دشتی) ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد است. با وجود اختلاف کم دما بین ارتفاعات و دشت، آب و هوای حوضه در شمال و جنوب آن به شدت متغیر می‌باشد، به طوری که در شمال که هوا کوهستانی است هوا نسبتاً سرد با تابستان ملایم و به طرف جنوب و غرب هوای آن گرم‌تر می‌شود که می‌تواند ناشی از وسعت زیاد حوضه باشد. متوسط بارندگی در کل حوضه معادل ۲۳۴ میلی‌متر است، هرچند میزان بارندگی در نقاط مختلف آن متفاوت بوده، به طوری که در ارتفاعات بلند بینالود مقدار آن حداکثر به ۶۰۰ میلی‌متر و در سطح دشت به مراتب کمتر از آن است. در فصل زمستان، نزولات جوی در ارتفاعات بینالود بیشتر به صورت برف است و برف‌های بینالود را تا اوایل تابستان می‌توان مشاهده کرد. میزان تبخیر به علت بالا بودن درجه حرارت هوا زیاد می‌باشد، به طوری که متوسط تبخیر برای کل حوضه حدود ۲۳۳۵ میلی‌متر در سال گزارش شده است (ایزدی، ۱۳۸۷).

داده‌های هواشناسی

برای مطالعه شاخص‌های هیدرولیک آب‌های زیرزمینی و ارتباط بین کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت نیشابور از داده‌های ماهیانه اندازه‌گیری و ثبت شده‌ی بارش، دما، تبخیر در تمامی ایستگاه‌های منطقه نسبت به استخراج مقادیر فصلی و سالیانه آن اقدام شد. نام و مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول(۱) آمده است.

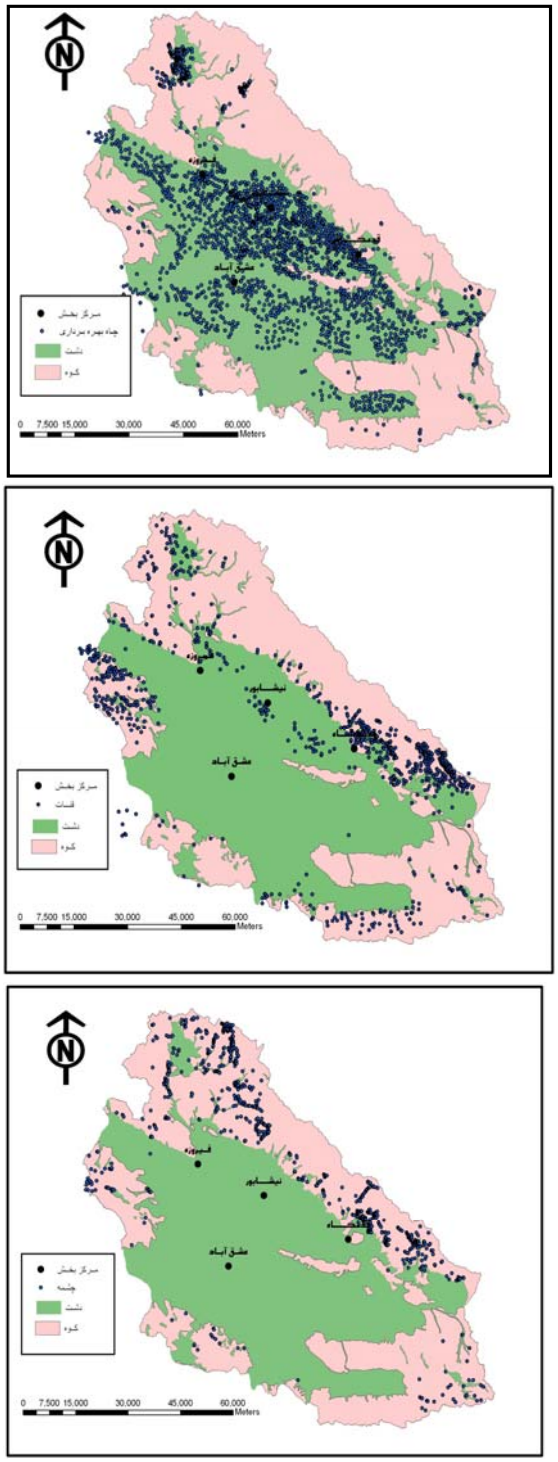
داده‌های آب زیرزمینی

داده‌های مربوط به آب زیرزمینی دشت نیشابور از واحد آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی دریافت شد. این داده‌ها شامل ارتفاع سطح آب در چاه‌های پیزومتر (سال‌های ۱۳۶۶ الی ۱۳۸۷) و در برخی از سال‌ها (سال‌های ۷۴-۱۳۷۳ و ۸۲-۱۳۸۱) در چاه‌های کشاورزی، آبدهی چشمه‌ها و قنوات و همچنین تعداد آن‌ها می‌باشد. پراکنش ایستگاه‌های دارای آمار پیزومتر و چاه‌هایی که اطلاعات سطح آب در آن‌ها ثبت شده است در شکل (۱) نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است پراکنش در اطراف مرزهای حوضه کمتر از قسمت مرکزی می‌باشد (شکل ۱). دلیل این امر می‌تواند برداشت بیشتر از قسمت مرکزی دشت و مرتفع بودن قسمت‌های مرزی دشت باشد. استحصال آب زیرزمینی عمدتاً از طریق چاه‌های بهره‌برداری و سپس قنوات صورت می‌گیرد، به طوری که از مجموع تخلیه سالیانه کل این محدوده، حدود ۸۵ درصد متعلق به چاه‌های بهره‌برداری است. عمده آب زیرزمینی استحصال شده توسط قنوات جهت مصارف کشاورزی بوده که در مجموع ۹۰۹ قنات در محدوده مورد مطالعه وجود دارد. با توجه به نقشه منابع آب، قنوات عمدتاً در دامنه ارتفاعات شمال شرق تا شمال غرب دشت و سپس ارتفاعات جنوبی قرار دارد. تخلیه سالیانه از طریق قنوات با مجموع آبدهی لحظه‌ای ۳۷۶۰ لیتر در ثانیه حدود ۱۱۹ میلیون متر مکعب می‌باشد. نتایج حاکی از این است که مقدار حداکثر، متوسط و حداقل آب‌دهی قنوات به ترتیب برابر با ۹۰، ۵/۲۲ و ۰/۱ لیتر در ثانیه است. همچنین باید اشاره داشت که ۱۸۸ رشته قنات فاقد داده‌های ثبت شده هستند. متوسط عمق مادر چاه و طول قنوات به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۰۵۳ متر می‌باشد. لازم به ذکر است که از مجموع ۱۸۸ رشته قنات فاقد داده‌های ثبت شده، ۱۵۹ رشته در

www.SID.ir

Archive of SID

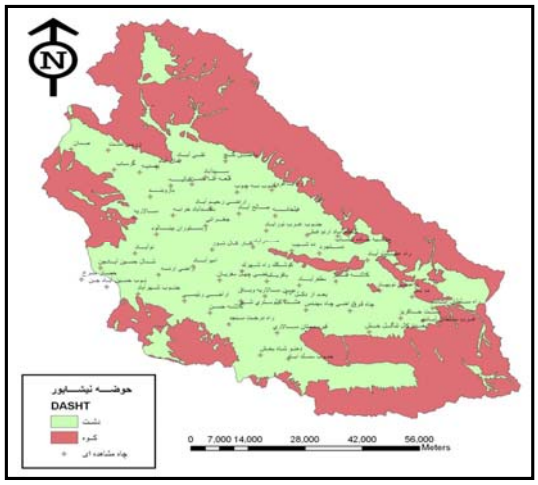
محدوده مدل سازی قرار دارد. پراکندگی قنات‌های در محدوده مورد مطالعه در شکل(۱) نشان داده شده است. البته لازم به ذکر است که چون تعداد چشمه‌ها و قنوات در محدوده دشت، نسبت بـه چـاه‌هـای بهره‌برداری بسیار کمتر بوده و اکثـر آن‌هـا در ارتفاعـات قـرار دارنـد (خارج از محدوده مدل‌سازی)، لذا میزان تخلیه آن‌ها تأثیر چندانی در نتایج مدل ندارد. بررسی‌ها مشخص نمود که تخلیه آب زیرزمینی از طریق چشمه‌ها در محدوده مورد مطالعه نیز عمـدتاً جهـت مصـارف کشاورزی می‌باشد. با توجه به نقشه منابع آب، پراکندگی چشمه‌ها



شکل ۱- موقعیت مکانی چاه های بهره برداری، چشمه و قنات بر مبنای آمار برداری سال ۱۳۸۱-۱۳۸۲

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- توزیع مکانی پیزومترها در محدوده دشت نیشابور

عمدتاً محدود به ارتفاعات شمالی دشت (ارتفاعات بینالود) می‌باشد. تخلیه سالیانه از طریق ۹۲۹ دهانه چشمه با مجموع دبی لحظه‌ای ۱۹۳۷ لیتر در ثانیه حدود ۶۱ میلیون متر مکعب است. نتایج کسب شده از آب منطقه‌ای نشان داد که حداکثر، متوسط و حداقل آبدهی لحظه‌ای چشمه‌ها به ترتیب ۲۵۰، ۲/۱۴ و ۰/۰۵ لیتر در ثانیه می‌باشد. باید اشاره کرد که ۲۲ دهانه چشمه فاقد اطلاعات آماری هستند. همچنین لازم به ذکر است که بیشتر تخلیه چشمه‌ها از مخازن سازندی واقع در ارتفاعات شمالی دشت بوده که برابر ۵۷/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد، صورت می‌گیرد. با توجه به اینکه تقریباً تمامی چشمه‌ها در محدوده کوه‌ها قرار دارند (شکل ۱) فقط میزان تخلیه از چشمه‌هایی که در محدوده دشت قرار داشتند وارد مدل شدند.

چاه‌های مشاهده‌ای

طبق بررسی‌های انجام شده، تعداد چاه‌های مشاهده‌ای تحت نظارت امور مطالعات منابع آب خراسان در دشت نیشابور در سال ۱۳۴۵ حدود ۴۵ حلقه بوده که در سال‌های بعد به تدریج بر تعداد آن‌ها افزوده شده است و طی سال‌های ۶۸-۱۳۶۷ حدود ۱۵ حلقه چاه حفر شده و در سال‌های ۷۵-۱۳۷۴ نیز تعداد ۵ حلقه چاه جدید دیگر حفر شده است. چاه‌های جدید در قبال خشک و یا مسدود شدن چاه‌های قبلی (اکثراً دستی و با عمق کم) و یا اینکه به منظور تکمیل شبکه چاه‌های مشاهده‌ای دشت حفر شده است. در حال حاضر مجموع ۵۷ حلقه چاه مشاهده‌ای در سطح دشت وجود دارد. لازم به ذکر است که در ۵۰ حلقه از این چاه‌ها آمار بیش از ۱۰ سال موجود می‌باشد، اما در ۷ حلقه چاه جدید فقط آمار سه ساله موجود است. شکل(۲) بیانگر توزیع مکانی پیزومترها در دشت نیشابور می‌باشد. همان طور که در شکل(۲) مشاهده می‌شود اگر چه تعداد چاه‌های مشاهده‌ای موجود در سطح دشت قابل توجه می‌باشد اما تراکم و توزیع آن‌ها چندان رضایت بخش نیست. مشکل اصلی در قسمت جنوبی دشت و حوضه کوچکی در شمال دشت و همچنین جنوب شرقی دشت می‌باشد که در این قسمت‌ها چاه مشاهده‌ای وجود ندارد. به همین دلیل این بخش‌ها، از محدوده مورد مطالعه حذف گردیدند و تبادلات آن‌ها با آبخوان لحاظ شد. در این بخش‌ها، شرایط مرزی از نوع مرز هیدرولیکی با شدت جریان معلوم، حاکم است. خطوط جریان و هم پتانسیل از روی نقشه سطح ایستابی مشخص شده است. میزان جریان ورودی یا خروجی از این مرزها توسط خطوط هم پتانسیل محاسبه و در سلول های مربوطه توسط چاه های تغذیه و تخلیه وارد مدل شد.

آماده سازی داده‌ها

در تحلیل داده‌های مکانی مانند ارتفاع سطح پیزومتریک فرضیات بنیادی نظیر نرمال بودن، خلاءهای آماری و وجود داده‌های پرت (ناهمخوان با سایر داده‌ها) باید مورد بررسی قرار گیرد زیرا تحلیل‌های آبی بر پایه فرضیات فوق بنا نهاده شده است. پس از آماده‌سازی زمانی داده‌های هر ایستگاه مشخص شد برای سه ایستگاه در برخی از سال‌ها کمبود محدود آماری بود که از روش حداقل مربعات و رگرسیون، سری داده‌ها تکمیل گردید. تبعیت داده اصلی از توزیع نرمال به وسیله آزمون کلمگروف- اسمیرونوف[1] و همگنی آن‌ها به وسیله آزمون ران[2] در نرم افزار SPSS 16 بررسی شد.

مطالعات زمین شناسی

زمین شناسی زیرسطحی شامل بررسی نوع و جنس لایه‌های تشکیل دهنده آبخوان، عمق، جنس و توپوگرافی سنگ کف، منطقه‌های ناپیوستگی موجود در آبخوان، دانه‌بندی رسوبات تشکیل

1-Kolmogorov-Smirnov
2 -Run test

www.SID.ir

Archive of SID

دهنده آبخوان و ضرایب قابلیت انتقال، هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه می‌باشد که معمولاً توسط عملیات ژئوفیزیک، حفاری اکتشافی و آزمایش های پمپاژ تعیین می‌گردد. مطالعات ژئوفیزیک دشت نیشابور با روش ژئوالکتریک و به وسیله شرکت ژنرال ژئوفیزیک طی دو مرحله در سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۴۶ انجام گرفته است. در مطالعات مرحله اول تعداد ۱۴۵ سونداژ با طول فرستنده جریان ۲۰۰۰ متر (AB=۲۰۰۰) بر روی ۱۳ پروفیل (با امتداد شمال شرق -جنوب غرب) انجام شده است. فاصله پروفیل‌ها از یکدیگرهفت کیلومتر بوده و سطحی معادل ۳۰۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهند. طی مطالعات مذکور به طور کلی یک سونداژ در هر ۲۰ کیلومتر مربع برداشت شده است. همچنین علاوه بر این نقشه‌ها، از عملیات ژئوفیزیکی که به طور محلی توسط مطالعه پرونده تعدادی از چاه‌های کشاورزی و آب شرب که تاسنگ کف حفاری شده بودند، نقشه‌ای از سنگ کف در دشت مورد مطالعه تهیه شد. لازم به ذکر است که چون نقشه مرز کوه و دشت نیز موجود بود در مرز کوه خطوط AecGIS و دشت، ضخامت آبرفت مساوی صفر قرار داده شد و سپس با مجموعه این نقاط توسط نرم‌افزار خطوط هم مقدار ضخامت آبرفت در محدوده دشت ترسیم گردید.

آزمایش های پمپاژ و تعیین ضرایب هیدرودینامیک

با مراجعه به امور آب شهرستان نیشابور و بررسی پرونده چاه‌ها، موقعیت مکانی ۳۰ حلقه از این چاه‌ها مشخص گردید. همچنین با استفاده از نظر متخصصین و کارشناسان، چند نقطه کمکی نیز به این نقاط اضافه شد و سپس با مجموع این نقاط که دارای توزیع نسبتاً مناسبی بودند خطوط هم مقدار قابلیت انتقال و ضریب ذخیره رسم شدند.

مدل سازی کمی آب های زیرزمینی

از جمله کدهایی که کاربردهای گسترده‌ای داشته و از مقبولیت بالایی نزد هیدروژئولوژیست ها برخوردار بوده کد MODFLOW می‌باشد که توسط سازمان زمین شناسی آمریکا ارائه شده است. رابطهای گرافیکی گوناگونی برای این کد تهیه شده‌اند. دلیل اصلی مقبولیت این کد (هر چند نمی‌توان آن را برای همه موارد تخصصی مطالعه مدل پیشنهاد نمود) این است که برای راه حل‌های تحلیلی گوناگونی ارزیابی و کنترل شده و سامانه‌های هیدروژئولوژیکی مختلفی در سراسر جهان را شبیه‌سازی نموده است. همچنین نرم افزارهای مختلف آن ارزان و در دسترس همگان می‌باشد. از جمله ویژگی‌های دیگر MODFLOW می‌توان به ساختار مدولی آن اشاره نمود. بدین ترتیب که می‌توان برای فرآیندهای خاص هیدرولوژیکی مدول خاصی را فعال یا غیرفعال نمود. همچنین مدل‌های جدیدی برای مسایل مربوط به جریان (مثل اندرکنش جریان رودخانه با آبخوان) یا روش‌های عددی جدید در حال توسعه می‌باشند. این دلایل سبب شده MODFLOW از سوی بسیاری از سازمان‌ها به عنوان نرم‌افزار برتر مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به وسعت حوضه مدل ساخته شده به وسیله شبکه ای از مربع‌هایی به ابعاد ۱۰۰۰×۱۰۰۰ متر تشکیل شده است. نهایتاً برخی از سلول‌های فعال که در آن‌ها چاه‌های مشاهداتی و بهره‌برداری قرار دارند، جهت دستیابی به نتایج بهتر به ابعاد کوچک‌تر (۲۵۰× ۲۵۰ متر) تقسیم گردیدند. تراز سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور، همان طور که در قبل نیز گفته شد در تعداد ۴۹ چاه پیزومتر اندازه‌گیری شده است.

شرایط مرزی[1]

حل معادلات دیفرانسیل جزئی آب‌های زیرزمینی از طریق عددی مستلزم تعیین شرایط مرزی از نظر هیدرولیکی و استفاده از اطلاعات موجود در این مرزها می‌باشد. شرایط مرزی به دو دسته مرزهای فیزیکی (واقعی) و مرزهای هیدرولیکی (مصنوعی) تقسیم می‌شود. مرزهای فیزیکی[2] سیمای مشخص زمین شناسی و هیدرولوژیکی هستند که بطور دائم بر الگوی جریان آب زیرزمینی مؤثر می‌باشند. مرزهای هیدرولیکی از شبکه جریان آب زیرزمینی به دست می‌آیند، در نتیجه مرزهای مصنوعی[3] هستند که توسط طراح مدل ایجاد می‌شوند. برای مشخص کردن مرزها ابتدا محدوده مورد مطالعه را در نرم افزار ArcGIS طراحی و تصویر حاصل را با پسوند dxf ذخیره نموده و سپس در نرم افزار MODFLOW در قسمت IBOUND از طریق گزینه Option\Maps به صورت پس زمینه وارد می‌شود و مرز را در شبکه‌بندی اعمال کرده و سلول‌هایی از مرزها که خارج از محدوده می‌باشند به‌صورت غیر فعال (کد صفر) انتخاب می‌شود تا در محاسبات اعمال اثر نکنند. در این تحقیق لایه‌های مربوط به بخش فوقانی و تحتانی آبخوان نیز به دلیل نیاز مدل‌های عددی آب‌های زیرزمینی به تخصیص ارتفاع لایه تحتانی و فوقانی، در مدل وارد شد. چون داده‌های موجود غالباً محدود به نقاط پراکنده هستند، تخمین (میان یابی) مقادیر پارامتر برای هر سلول، امری ضروری است. آرایه‌های پارامتری را می‌توان با استفاده از گزینه Field Interpolator در منوی اصلی نرم افزار و یا میان یابگرهای خارجی مثلSurfer تعریف کرد و سپس به مدل وارد نمود.

از آنجایی که آبخوان دشت نیشابور از نوع آزاد می‌باشد، سطح زمین، قسمت فوقانی آبخوان را تشکیل می‌دهد؛ لذا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ارتفاع مطلق (نسبت به سطح دریا)، نقشه توپوگرافی سطح آبخوان تهیه گردید. ارقام ارتفاعی موجود به صورت فایل grd برای بلوک‌ها به مدل وارد گردید. مرز تحتانی آبخوان را عمدتاً سطحی‌ترین لایه نفوذ ناپذیر در نظر می‌گیرند که سنگ کف نامیده می‌شود. نقشه سنگ کف نیز با کم کردن عمق سنگ کف در محل سوندا‌ژهای الکتریکی، از توپوگرافی سطح زمین که در مرحله تولید مدل مفهومی تهیه شده بود، به صورت فایل GRD وارد مدل گردید.

1 -Boundary conditions
2- Physical boundaries
3- Artificial boundaries

www.SID.ir

Archive of SID

گام زمانی

آمار چاه‌های مشاهده‌ای در دشت نیشابور بـه صـورت ماهیانـه برداشت شده است، همچنین پس از بررسی آمار چـاه‌هـای بهـره-برداری مشخص شد که در اکثر این چاه‌ها، برداشت آب در ۲۷۰ روز از سال انجام می‌گیرد. بنابراین در ایـن مـدل از دوره‌هـای زمـانی ۳ ماهه و گام زمانی ۳۰ روزه استفاده شد.

پارامترهای هیدرولیکی

سطح ایستابی شهریور ۱۳۸۱ به عنوان بار هیدرولیکی اولیـه در محل گره‌ها استفاده شده که این ارقام به صورت فایل grd وارد مدل گردید. قبلاً ذکر شد، در کل حوضه نیشابور ۵۷ حلقه چاه مشاهده‌ای وجود دارد که از این تعداد دو حلقه در خـارج از محـدوده مـورد نظـر می‌باشد، همچنین چون برای هفت حلقه از این چاه‌ها فقط آمار سـه ساله برداشت سطح آب مربوط به سال‌های ۸۷-۱۳۸۵ موجـود مـی-باشد لذا برای شبیه‌سازی مدل از ۴۹ حلقه چاه مشـاهده‌ای اسـتفاده شد. با توجه به اینکه آزمایش هـای پمپـاژ کمـی در دشـت نیشـابور انجام شده است، پس ضریب هدایت هیدرولیکی در ضمن واسـنجی مدل توسط کد PEST تخمین زده شد. در دشت نیشـابور محاسـبه آب‌دهی ویژه با استفاده از آزمایش پمپاژ در چاه‌های اکتشافی و چنـد چاه کشاورزی انجام گرفته است. این داده‌ها در ضمن واسنجی مدل در شرایط غیر ماندگار تصحیح شدند. در طـول دوره انتخـابی بـرای مدل سازی، دو بار در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷ میزان برداشت چـاه-های بهره‌برداری دشت نیشابور ثبت شده است. بـا توجـه بـه اینکـه اطلاعات موجود در زمینه آمار تخلیه چاه‌ها به صورت دبی لحظـه‌ای می‌باشد و همچنین ساعات کارکرد چاه‌های بهره‌برداری با توجـه بـه نیازهای کشاورزی برای ماه‌های مختلف سال متفاوت است، بنابراین نمی‌توان دبی سالیانه را به طور یکنواخت بین تمـام روزهـای سـال تقسیم کرد. از آنجایی که بر طبق آمار اکثر چـاه‌هـای بهـره‌بـرداری ۲۷۰ روز در سال از آب زیرزمینی برداشت می‌کننـد و نیـز بـه دلیـل آنکه بیش از ۹۵ درصد این چاه‌ها، کشاورزی هسـتند میـزان تخلیـه روزانه این چاه‌ها برای نه ماه از سال که برداشت آب جهت کشاورزی صورت می‌گیرد، اعمال گردید و فرض شد که در سه مـاه آذر، دی و بهمن برداشتی صورت نمی‌گیرد. سال‌هـای بـین ۱۳۸۱ و ۱۳۸۷ بـا میان یابی میزان برداشت در این سال‌ها مشخص و به مـدل اعمـال گردید. برای اعمال تخلیه چاه‌ها و قنوات در ابتـدا توسـط نـرم افـزار ArcGIS نقشه موقعیت مکانی چاه‌ها و قنات‌ها را رسـم و بـا پسـوند Dxf ذخیره شد، سپس در نرم افزار MODFLOW در بسـته Well از طریق گزینه Option\Maps به صورت پس زمینه وارد مدل شـد و تخلیه روزانه هر چاه به سلول متناظر با آن اختصاص یافت. لازم به ذکر است که تخلیه قنوات نیز از طریق بسته Well در مدل اعمـال می‌شود.

در ادامه با توجه به نقشه هم عمق آب زیرزمینی دشت نیشابور، سطح آب زیرزمینی در عمقی بیش از پنج متر از سـطح زمـین قـرار دارد، بنابراین تبخیر از آب زیرزمینی انجام نمـی‌گیـرد. در نـرم افـزار MODFLOW به دو طریق می‌توان آب برگشتی از چاه‌ها را اعمال نمود روش اول اینکه مقداری را که در حد معقول باشد (با توجـه بـه الگوی کشت و میزان تبخیر و تعرق) از دبی خروجـی چـاه‌هـا کسـر شود، که این روش به علت کثرت چاه‌ها بسیار وقت گیر می‌باشد؛ لذا با توجه به اینکه آب پمپاژ شده از چـاه‌هـای کشـاورزی در محـدوده همان چاه و آب خروجی از قنوات در محدوده قنات استفاده می‌شود، به همین دلیل تغذیه حاصل از آب برگشتی کشاورزی از میزان تخلیه سالانه آن‌ها کسر شده و عدد حاصل به عنوان تخلیه به مدل اعمال شد.

واسنجی

جهت واسنجی در شرایط مانـدگار، دوره‌ای کـه در آن تغییـرات سطح آب ناچیز است انتخاب شد. لذا می‌توان فرض کرد که در ایـن دوره بین میزان تغذیه و تخلیه آبخوان تعادل برقرار است، لذا میـزان تخلیه چاه‌های بهره‌برداری و میزان تغذیه آبخوان برابر در نظر گرفته می‌شود و در معادله حاکم بر آبخوان این دو پارامتر حذف می‌گردنـد. بنابراین میزان تغذیه آبخوان و تخلیه چاه‌ها به مدل وارد نمی‌شـود و مدل در این دوره در حالت ماندگار واسنجی گردیده و تنهـا مجهـول معادله در حالت ماندگار، یعنی ضریب هـدایت هیـدرولیکی آبخـوان، توسط کد PEST تخمین زده می‌شود. متأسـفانه در دشـت نیشـابور انتخاب دوره‌ای که در آن بتوان تغییرات سطح آب را نـاچیز در نظـر گرفت میسر نگردید. حتی دوره‌های کـه تقریبـاً چنـین شـرایطی را داشتند انتخاب شد و وارد مدل گردید اما به دلیل گستردگی حوضـه مدل قادر به اجرای آن در این شرایط نبود و ظـاهراً فـرض در نظـر گرفته شده در مورد شرایط ماندگار درست نبـود. بنـابراین بـه ناچـار واسنجی مدل در شرایط غیر ماندگار انجام شد.

جهت واسنجی در شرایط غیر ماندگار همان طور که گفتـه شـد بعد از مشخص شدن حساسیت بیشتر مدل نسبت به پارامتر آب‌دهی ویژه ابتدا با وارد کردن حد بالا و پایین و فرض یک مقدار اولیـه (بـا توجه به نتایج آزمایش های پمپاژ) پارامتر آب‌دهی ویـژه توسـط کـد PEST تخمین زده شد. سپس با وارد کردن مقادیر آب‌دهـی ویـژه محاسبه شده در مرحله قبل مقدار هدایت هیدرولیکی نیز توسط کـد PEST تخمین زده شد. در نهایت با وارد کردن این دو پارامتر مقدار تغذیه برای هر یک از قسمت‌ها محاسبه شد.

صحت سنجی

برای صحت‌سنجی مدل آب زیرزمینی دشت نیشابور ابتدا سطح آب برای ۱۲ ماهه مهر ۱۳۸۴ تا شهریور ۱۳۸۵ توسط مدل پیش‌بینی شد و نتایج به دست آمده با آمار مشاهداتی مقایسه گردید.

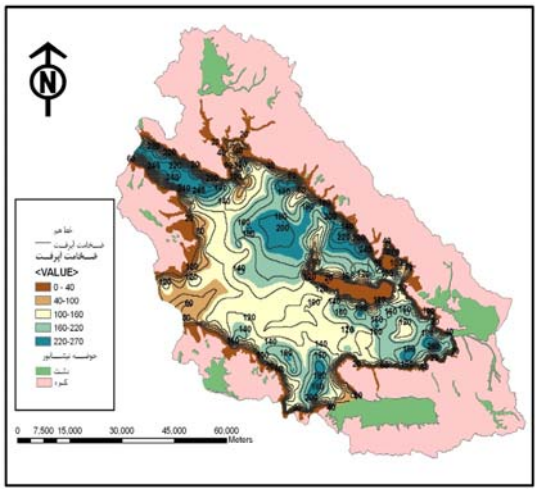
نتایج و بحث

تهیه نقشه سنگ کف

پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به ضخامت آبخوان پهنه بندی سنگ کف در دشت نیشابور توسط نرم افزار ArcGIS صورت

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- نقشه ضخامت آبرفت در محدوده دشت نیشابور (فاصله خطوط هم مقدار به متر)

گرفت. مدل رقومی ارتفاعی سنگ کف با استفاده از روش Spline در نرم افزار فوق با شبکه‌بندی ۵۰×۵۰ تهیه شد و در انتها خطوط هم مقدار ضخامت آبرفت رسم گردید. برای تهیه نقشه سنگ کف مقادیر ضخامت آبرفت در محدوده مورد مطالعه از توپوگرافی سطح زمین کم شد تا نقشه سنگ کف منطقه به دست آمد که این نقشه به عنوان لایه تحتانی آبخوان وارد مدل گردید. نقشه ضخامت آبرفت در محدوده دشت نیشابور در شکل(۳) نشان داده شده است که در آن ضخامت آبرفت از صفر تا ۲۷۰ متر تغییر می‌کند. در پای ارتفاعات بینالود به دلیل وجود مخروط افکنه‌ها میزان ضخامت آبرفت زیاد بوده و با حرکت به سمت شرق از میزان آن کم می‌شود. گذشته از مرزهای آبخوان و همچنین کوه‌های میان دشت، در غرب دشت (حسین آباد جنگل) میزان ضخامت آبرفت نسبت به سایر مناطق بسیار کم می‌باشد. بررسی عمق چاه‌های این منطقه نیز این واقعیت را اثبات کرد، چرا که چاه‌های عمیقی که در این منطقه حفر شده بودند نیز از عمق بسیار کمی برخوردار بودند. همچنین در همین راستا می‌توان به فرو رفتگی‌های دیگری در جنوب، و شمال غرب آبخوان اشاره نمود.

تعیین ضرایب هیدرودینامیک

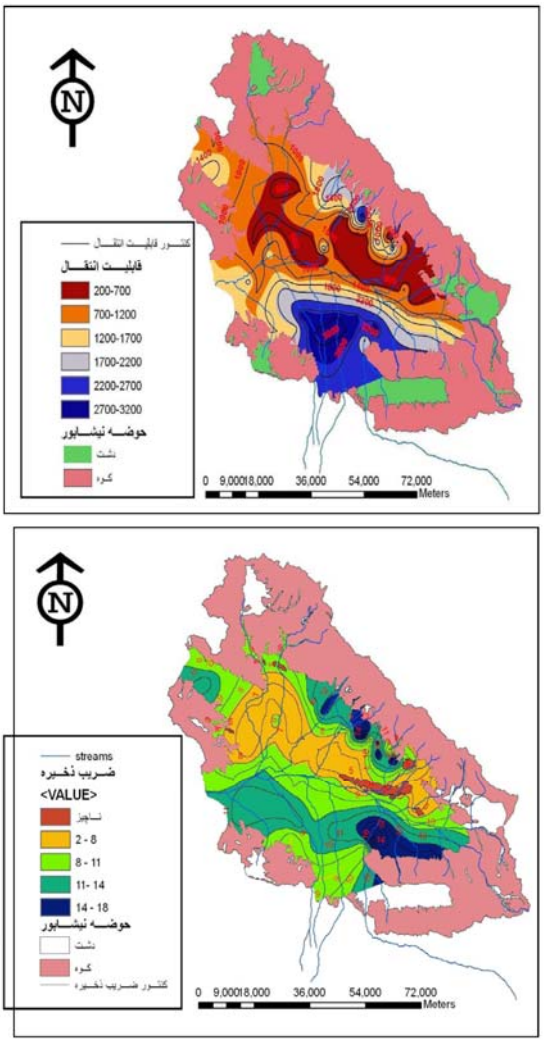
پس از جمع آوری اطلاعات، پهنه بندی این ضرایب در سطح دشت نیشابور انجام و در شکل(۴-الف) نشان داده شده است. مشاهده می‌گردد قابلیت انتقال از مقدار ۲۰۰ تا ۳۲۰۰ متر در روز تغییر می‌کند. بیشترین مقادیر قابلیت انتقال در جنوب دشت و در مسیر مسیل هایی است که از سمت دشت رخ وارد حوضه آبریز نیشابور می‌شود. در دامنه ارتفاعات بینالود نیز به دلیل وجود مخروط افکنه‌های موجود، مقادیر نسبتاً بالای قابلیت انتقال مشاهده می‌شود. برای تعیین ضریب هدایت هیدرولیکی و وارد نمودن آن به نرم افزار PMWIN، مقادیر قابلیت انتقال بر ضخامت لایه اشباع تقسیم گردید. همان طور که در شکل (۴-ب) مشاهده می‌شود مقدار ضریب ذخیره از ۲ تا ۱۸ درصد تغییر می‌کند. همانند مقدار قابلیت انتقال، میزان ضریب ذخیره نیز در جنوب دشت و همچنین در دامنه ارتفاعات بینالود زیاد می‌باشد.

عمق سطح ایستابی و تراز آب زیرزمینی

با توجه به آمار و داده‌های چاه‌های مشاهده‌ای نقشه هم عمق مهر ماه ۱۳۸۵ نیز با روش Spline برای محدوده آبخوان دشت نیشابور ترسیم شده است (شکل ۵-الف). ملاحظه می‌شود که به طور کلی در محدوده جنوب و جنوب شرقی، عمق سطح آب زیرزمینی حداکثر بوده که به تدریج به سمت نواحی مرکزی آبخوان و حوالی کال شور از عمق سطح آب کاسته می‌شود. حداکثر عمق سطح آب در محدوده آبخوان حدود ۱۵۰ متر و مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای بعد از (کال تنگل خشک) و غرب (سلطان آباد نمک) می باشد. حداقل عمق نیز ۵ تا ۱۰ متر و در محدوده مرکز آبخوان و حوالی کال شور (پیزومتر کنار کال شور) رخ داده است. عمق سطح آب تابعی از عوامل تغذیه، تخلیه، توپوگرافی سطح زمین، دانه‌بندی و ضرایب هیدرودینامیک آبخوان می‌باشد. در پهنه آبخوان آبرفتی دشت نیشابور دانه‌بندی رسوبات آبخوان در حواشی دشت نسبت به بخش‌های مرکزی بهتر (دانه درشت‌تر) بوده و به سمت کال شور به تدریج ریزتر می‌شود. اندازه‌گیری مقادیر عمق سطح آب از طریق ۵۷ حلقه چاه مشاهده‌ای فعال در شبکه رفتارسنجی سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور به صورت ماهانه انجام و پس از بازسازی آمار چاه‌های مشاهده‌ای، اقدام به درون یابی عمق سطح ایستابی در سطح دشت گردید. برای تولید سطح پیوسته آب زیرزمینی، در نرم افزار ArcGISاقدام به پهنه بندی سطح ایستابی با استفاده از روشSpline گردید. پس از تولید لایه سطح ایستابی، خطوط هم تراز ماهانه آب زیر زمینی رسم گردید. که نمونه‌ای از آن‌ها برای

www.SID.ir

Archive of SID



الف

ب

شکل٤- الف) نقشه هم مقدار قابلیت انتقال (متر مربع بر روز)
ب) ضریب ذخیره آبخوان در مهر ۱۳۸۵ در محدوده دشت نیشابو

مهرماه ۱۳۸۵ در شکل (۵ –ب) نمایش داده شده است. این نقشه نشان می‌دهد که آبخوان دشت نیشابور از سمت شمال، شمال غرب، شمال شرق، شرق و جنوب تحت تأثیر تغذیه زیرزمینی قرار دارد. مقدار تغذیه مذکور در بخش‌های مختلف آبخوان متغیر بوده و بستگی به جنس سازند سخت حاشیه آبخوان آبرفتی، دانه‌بندی رسوبات آبخوان، شیب هیدرولیکی ایجاد شده و ... دارد. با توجه به نقشه‌های هم تراز سطح ایستابی، جهت جریان آب زیرزمینی در محدوده شمال دشت ابتدا شمالی-جنوبی بوده که به تدریج با نزدیک شدن به مرکز دشت و حوالی کال شور، جهت شرقی-غربی بخود می‌گیرد. در محدوده شمال شرق و شرق دشت جهت عمومی جریان شرقی – غربی می‌باشد. در ناحیه شمال غرب آبخوان جهت جریان در ابتدا شمال غرب–جنوب شرق بوده که با نزدیک شدن به محدوده خروجی آب زیرزمینی جهت آن به تدریج به سمت غرب متمایل می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در پهنه آبخوان آبرفتی دشت نیشابور شرقی -غربی و در امتداد کال شور می‌باشد.

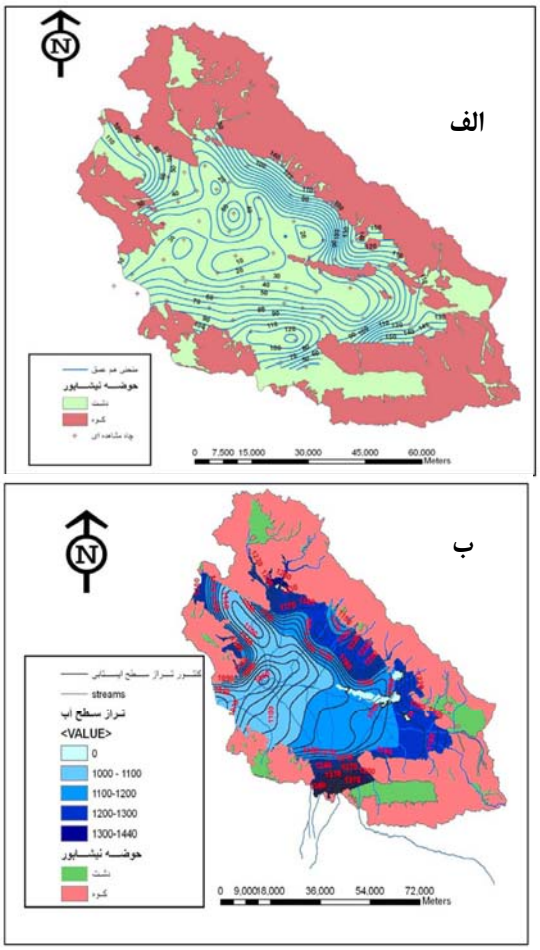
نتایج آنالیز حساسیت[1]

به منظور شناسایی حساسیت بخش‌های مختلف آبخوان نسبت به عوامل ورودی، ابتدا منطقه مورد مطالعه به ۴۹ ناحیه تقسیم شد به نحوی که در هر ناحیه فقط یک چاه مشاهده‌ای وجود داشته باشد، سپس با تغییر عوامل ورودی از قبیل ضریب هدایت هیدرولیکی و آب‌دهی ویژه، میزان بار آبی محاسبه شده توسط مدل با مقادیر مشاهداتی مقایسه شد و مقادیر خطای RMSE و MAE محاسبه

1- Sensitivity analysis

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- (الف) منحنی‌های هم عمق و ب) تراز سطح ایستابی آب زیر زمینی در محدوده دشت نیشابور در مهر ماه ۱۳۸۵

گردید. برای انجام آنالیز حساسیت مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش و کاهش در عوامل ورودی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مدل بیشترین حساسیت را به پارامتر آبدهی ویژه دارد.

واسنجی مدل

در این مطالعه واسنجی مدل در سه مرحله انجام پذیرفت که تمام آن‌ها در شرایط غیر ماندگار اجرا گردید. مرحله اول تخمین آب‌دهی ویژه (Sy) آبخوان (با توجه به حساسیت بیشتر مدل نسبت به این پارامتر)، مرحله دوم تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی و مرحله سوم تخمین میزان تغذیه آبخوان می‌باشد. در شکل(۶) خطوط هم مقدار آب‌دهی ویژه و همچنین خطوط هم مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی بعد از واسنجی مدل نشان داده شده است. نتایج مشخص نمود که مقدار آب‌دهی ویژه در مرکز دشت کمتر از سایر نقاط می‌باشد.

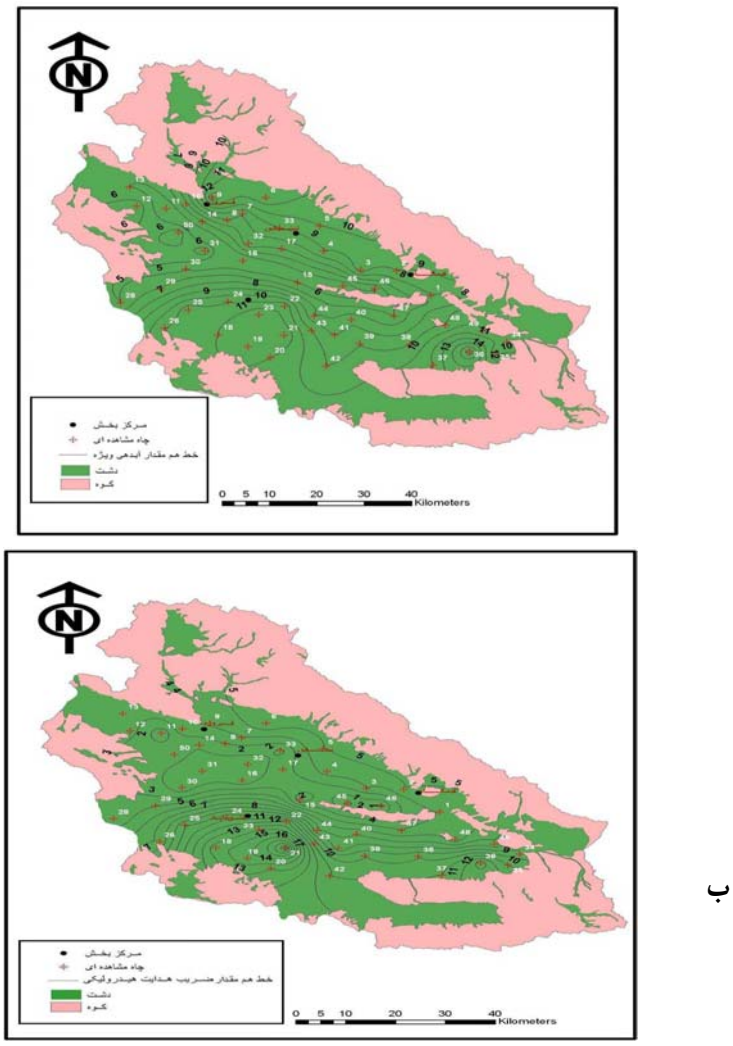
همان طور که ملاحظه می‌شود مقادیر ضرایب هیدرودینامیک در قسمت مرکزی دشت کم بوده و در جنوب و جنوب شرق دشت دارای بیشترین مقدار می‌باشند. همچنین در پای ارتفاعات بینالود نیز به دلیل وجود مخروط افکنه‌ها این ضرایب دارای مقادیر بالایی می‌باشند. بیشترین مقدار آب‌دهی ویژه به میزان ۱۶ درصد در محل پیزومتر شماره ۳۶ در جنوب شرق دشت و کمترین مقدار آن به میزان ۴ درصد در محل پیزومترهای ۱۱،۱۶ و ۴۵ می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی به میزان ۲۰ متر بر روز در محل پیزومتر ۲۱ در جنوب غربی دشت و کمترین مقدار به میزان ۰/۵ متر بر روز در محل پیزومتر ۴۵ در مرکز دشت می‌باشد.

تخمین میزان تغذیه آبخوان

برای واسنجی مدل از آمار سطح آب شهریور ۱۳۸۱ تا شهریور ۱۳۸۶ استفاده شد. با داشتن ضرایب هیدرودینامیکی و فرض ثابت بودن میزان تخلیه چاه‌های پمپاژی اقدام به واسنجی مدل و برآورد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٦- الف) خطوط هم مقدار آبدهی ویژه (درصد) بعد از واسنجی مدل و ب) خطوط هم مقدار ضریب هدایت هیدرولیکی (متر در روز) بعد از واسنجی مدل

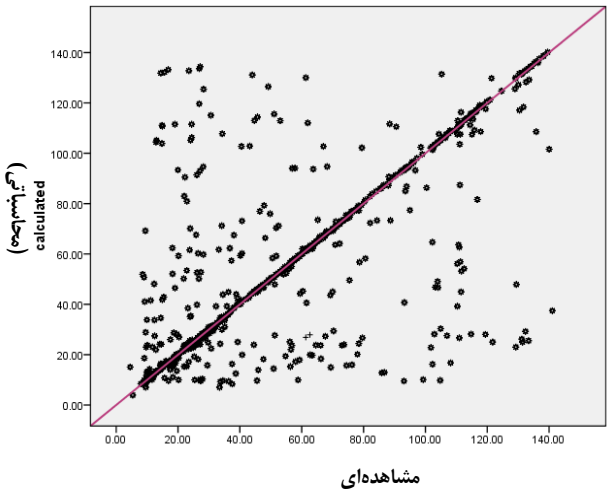
میزان تغذیه دشت گردید. بر اساس تشابه رفتار چاه‌های مشاهده‌ای و نقشه‌های زمین شناسی، منطقه به ۴۹ قسمت تقسیم گردید. مقادیر تغذیه در این ۱۵ دوره سه ماهه با استفاده از بسته Recharge و میزان حدس اولیه ۰/۰۰۱ متر بر روز توسط شماره پارامتر به کد PEST معرفی گردید. نتایج واسنجی به صورت همبستگی بار آبی محاسباتی و مشاهداتی برای کلیه پیزومترها در شکل (۷) آورده شده است.

صحت سنجی

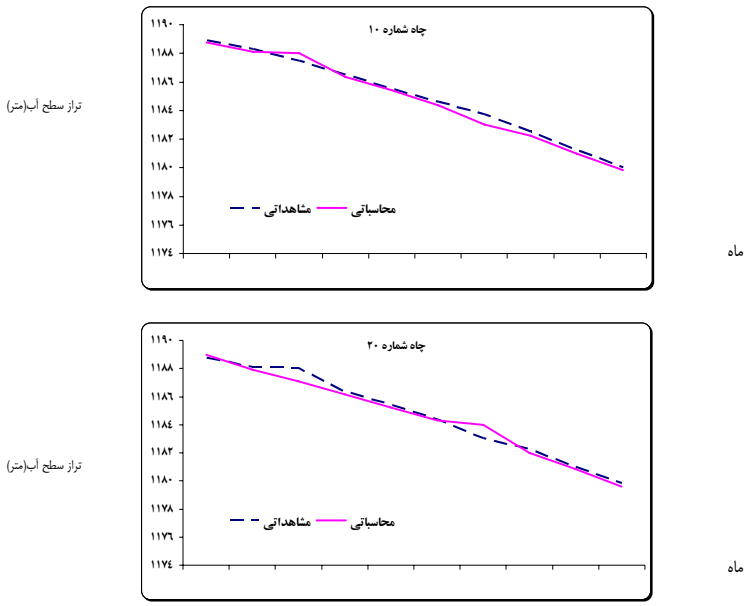
برای اطمینان از مدل ساخته شده در آبخوان دشت نیشابور لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای ۱۲ ماه (مهر ۱۳۸۶ الی مهر ۱۳۸۷) با فرض اینکه روند تغییرات تنش در سیستم مثل سال قبل باشد، به مدل وارد گردید. به عنوان نمونه هیدروگراف محاسبه شده توسط مدل برای دوره صحت سنجی در چاه‌های مشاهده‌ای در شکل(۸) آورده شده است. اختلاف بین داده های محاسباتی و مشاهداتی بیشتر به دلیل عدم آگاهی از میزان تغذیه آبخوان است چرا که میزان تغذیه در طول دررہ واسنجی توسط کد PEST تخمین زده شده است و برای دوره صحت سنجی نیز از میزان تغذیه سال قبل (۸۶-۱۳۸۵) استفاده شده است. در مجموع مدل واسنجی شده به خوبی توانسته است شرایط حاکم بر آبخوان را شبیه‌سازی کند. بنابراین از مدل ساخته شده می‌توان برای پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در آینده استفاده کرد، همچنین می‌توان با تعریف کردن شرایط مختلف تغذیه و برداشت، نتایج حاصل از اعمال گزینه‌های مدیریتی گوناگون را بررسی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- همبستگی بار آبی محاسباتی و مشاهداتی در چاه های پیزومتر



شکل ۸- مقایسه هیدروگراف محاسباتی و مشاهداتی در زمان صحت سنجی از مهر ۸۵ الی مهر ۸۶

پیش بینی تراز سطح آب زیرزمینی

برای پیش بینی وضعیت آبخوان ابتدا باید شرایط احتمالی را به صورت لایه‌های اطلاعاتی برای مدل تعریف نمود. این شرایط را می‌توان با در نظر گرفتن اهداف ویژه یا وضعیت عادی ایجاد کرد. در این تحقیق رفتار سیستم تا مهر ماه ۱۳۹۱ پیش‌بینی شده است.

لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز بر اساس تغییرات سال آخر واسنجی تهیه شده است. خطوط تراز سطح آب زیرزمینی در پایان سال ۱۳۹۱ در شکل(۹) آورده شده است. چون میزان تغذیه که یکی از پارامترهای موثر در تخمین سطح آب زیرزمینی می‌باشد، در طی مرحله واسنجی به دست آمد، شاید تراز مشاهده شده در پایان سال ۱۳۹۱ آن چنان که باید و شاید با واقعیت تطابق نداشته باشد چرا که میزان تغذیه و تخلیه در طی سال‌های مختلف متغیر می‌باشد. اما با این وجود می‌توان با اعمال سناریوهای مختلف و همچنین اعمال تنش‌های متفاوت به آبخوان، وضعیت سطح ایستابی را پیش‌بینی کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۹- نتیجه اعمال تخلیه از آبخوان با ادامه روند کنونی پس از پنج سال (مرداد ۱۳۹۱)

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که دشت نیشابور از ضرایب هیدرودینامیکی نسبتاً بالایی برخوردار است. این خصوصیت می‌تواند در اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در این دشت بسیار موءثر باشد. همچنین به دلیل وجود همبستگی بالا بین داده‌های مشاهده‌ای و محاسبه‌ای مدل، نتایج واسنجی در تمامی چاه‌های مشاهده‌ای قابل قبول می باشد. بررسی‌ها نشان داد که سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور به شدت در حال افت می‌باشد که دلیل آن برداشت بیش از اندازه از سفره آب زیرزمینی دشت نیشابور می‌باشد، ضمن اینکه شدت این افت در مناطق مختلف با توجه به میزان تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است. بررسی نقشه هم ارتفاع سنگ کف آبخوان دشت نیشابور نشان می‌داد که سنگ کف از پستی و بلندی‌های زیادی برخوردار است و سنگ کف حالت کاسه‌ای دارد. در پای ارتفاعات بینالود میزان تغذیه محاسبه شده نسبت به سایر مناطق بیشتر بوده و دلیل آن سیلاب‌های فصلی است که از ارتفاعات وارد این مناطق می‌شود و میزان نفوذ در این مناطق را افزایش می‌دهد. مشکل ورود اطلاعات مربوط به میزان تخلیه از چاه‌ها و قنوات یکی از معایب مدل می‌باشد. در این دشت تعداد منابع تخلیه بسیار زیاد بوده و وارد کردن میزان تخلیه هر چاه به صورت دستی به سلول متناظر آن، هم زمان زیادی از کاربر می‌گیرد و هم باعث ایجاد خطا در مدل می‌شود. با ادامه روند تخلیه از چاه‌های منطقه در بعضی از مناطق شاهد خالی شدن سفره آب زیرزمینی و همچنین افت کیفیت ذخایر آب خواهیم بود.

منابع

۱- ایزدی، ع. ۱۳۸۷. کاربرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت نیشابور)، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زه کشی، گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- سیادتی، مقدم ج، ۱۳۸۲. مدل کمی آب زیرزمینی شهر مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه خواجه نصیر.

۳- مهجوری مجد، ن. ، ف غضبان، ف. و م اردستانی. ۱۳۸۵. کاربرد مدل الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدیریت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۳ الی ۴ بهمن، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- مهدوی، ر. ، ج عابدی، ج. ، رضایی، م. و عبدالحسینی. ۱۳۸۳. مکان یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی از طریق RS و GIS. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، ۲۳ تا ۲۴ اردیبهشت ماه، دانشگاه شیراز، صفحات ۲۴۰- ۲۳۳.

۵- ولایتی، س. ۱۳۷۹. مهم‌ترین عوامل موثر بر تغییرات کیفی آبخانه دشت نیشابور. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۵.

6- Coulibaly, P., Anctil, F., Aravena, R. and B. Bernard 2001. Artifical neural network modeling of table depth fluctuation. Journal of Hydrology. 307(4): 11-92

www.SID.ir

Archive of SID

7- Daliakopoulos, I. N., Coulibaly, P. and I. K. Tsanis 2004. Groundwater level forecasting using artificial neural network. Journal of Hydrology 309(4): 229-240

8- Kavvadas, M., Papadpoulos, B. and N. Kalteziotis 1994. Geotechnical properties of the ptolemais lignite. Geotechnical and Geological Engineering. 12(2): 87-112.

9- Manzione, R. L., Knotters, M. and heuvelink, G. B. M., 2006. Mapping trends in water table depths in a Brazilian Cerrado area. 7Th Internaional Symposiuom on Spatial Accuracy Assuracy in Natural Resources and Environmental Scienes, Pages 449-458.

10- Raterman, B., Schaars, F. W. and M. Griffioen 2005. GIS and MATLAB integrated for groundwater modeling.

11- Seibert, J., Bishop, K. H. and Nyber, G. L. 1998. A test of TOPMODEL ability to predict spatially distributed groundwater levels" Hydrological Processes, 11(9): 1131-1144.

12- Struass, S. and Puckorius, P. 1984. Cooling Water Treatment for control of scaling Fouling. Corrosion. Special Report in Power June.

13- Thorley, M. and P. Callander. 2005. Christhurch city groundwater model. Environment Canterbury Report, U05/53, 10 pp.

14- Todd W. R. and R. B. Kenneth. 2001. Report: Delineation of capture zones for municipal wells in fractured dolomite, Sturgeon Bay, Wisconsin, USA.Hydrogeology Journal, 9:432–450.

15- Vazquez-Amabile, G. G. and B. A. Engel. 2005. Use of SWAT to compute groundwater table depth and stream flow in the Muscatatuck river watershead. American Society of Agricultural Engineers, 48(3): 991-1003.

16- Wen, X.H. Wu, Y. Q., Lee, L. J., Su, J. P. Wu. 2007. Groundwater flow modeling in the Zhangye Basin, Northwestern China. Environmental Geology, 53:77–84.

www.SID.ir