شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی آبخوان دشت بجنورد با تاکید بر تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل ریاضی

WFP-C2-ALTA733

مجید الطافی دادگر [۱]، حسین محمدزاده [۲]، حمیدرضا ناصری [۳]

چکیده

مدلسازی جریان آب‌های زیرزمینی اغلب به منظور پیش‌بینی رفتار سیستم آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق سیستم جریان آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت بجنورد با مساحت حدود ۶۵ کیلومتر-مربع توسط کد MODFLOW2000 در نرم افزار GMS8.0 شبیه‌سازی گردید. ابتدا مدل در حالت پایدار برای یکسال آبی که تنش‌های وارده بر آبخوان کمتر و شرایط نسبتا پایدار بر آبخوان حاکم بوده است واسنجی گردید و سپس در حالت ناپایدار برای سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا و واسنجی گردید. پس از بدست آمدن ضرایب هیدرودینامیک و تایید این پارامترها در مرحله صحت سنجی، سناریوهای مدیریتی در مدل با در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی مختلف لحاظ گردید. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط ترسالی سطح آب زیرزمینی در بخش شمالی شهر بجنورد به کمتر از ۴ متر می‌رسد که می‌تواند باعث بروز مشکلات جدی برای ساکنان این منطقه شود.

کلید واژه‌ها

شبیه‌سازی - آبخوان دشت بجنورد - واسنجی - مدل ریاضی

۱- مقدمه

مدلسازی جریان آب‌های زیرزمینی اغلب به منظور پیش‌بینی رفتار سیستم آب‌های زیرزمینی و به عنوان ابزار قدرتمندی در مطالعات هیدروژئولوژی در بخش‌های مختلف جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اوایل قرن بیستم استفاده از مدل های آبهای زیرزمینی و تکنیک های شبیه سازی به عنوان یکی از راههای نظارت، کنترل و اعمال مدیریت منابع آب زیرزمینی آغاز و طی سالهای اخیر پیشرفتهای چشمگیری در توسعه مدل ها بخصوص مدل های عددی حاصل شده است. میلر (Miller 2000)، از مدل عددی MODFLOW به منظور شبیه‌سازی یک آبخوان ماسه‌ای-گراولی در منطقه کورتلند (Cortland) نیویورک استفاده کرد. هرزوگ (Herzog, 2007)، با استفاده از کد MODFLOW در نرم افزار GMS به بررسی اثر سیستم تخلیه فاضلاب شهری بر روی آب‌های زیرزمینی کم عمق در منطقه شهری کامپالا (KAMPALA) در

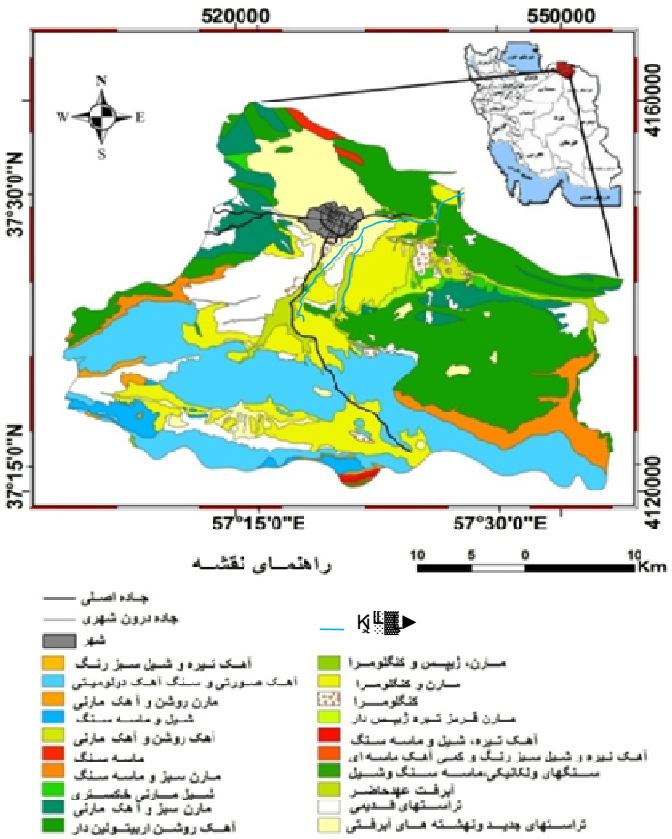
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گرایش هیدروژئولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، dadgarmajid77@yahoo.com
۲- استادیار، دکتری هیدروژئولوژی، مرکز تحقیقات آب(متآب)، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، mohammadzadeh@um.ac.ir
3- دانشیار، دکتری هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، h-nassery@sbu.ac.ir

اگاندا پرداخت. اسیبک و همکارانش (Scibek et all., 2007)، به بررسی تبادل آبهای زیرزمینی و سطحی با اعمال سناریوهای تغییرات اقلیمی با استفاده از MODFLOW پرداختند.

در این تحقیق جریان آب‌های زیرزمینی دشت بجنورد توسط کد MODFLOW2000 در نرم افزار GMS8.0 شبیه سازی گردیده است. GMS یک محیط مدلسازی جهت شبیه‌سازی سیستم آب زیرزمینی که شامل یک رابط گرافیکی و تعدادی کد تحلیلی مختلف از جمله MODFLOW است.

۲- ویژگی‌های عمومی منطقه

حوضه آبریز دشت بجنورد با وسعتی حدود ۱۲۸۰ کیلومترمربع در بین عرض‌های جغرافیایی '۱۳°۳۷ و '۳۵°۳۷ شمالی و طول‌های جغرافیایی '۰۳°۵۷ و '۴۰°۵۷ شرقی در مرکز استان خراسان شمالی قرار گرفته است (شکل۱). منطقه مورد مطالعه در حوضه رسوبگذاری کپه داغ و بخش‌های جنوبی آن در کمربند بینالود قرار دارد. . قدیمی ترین سنگ‌هایی که در حوضه کپه داغ نهشته شده‌اند، مربوط به شیل و ماسه‌سنگ‌های سازند کشف رود با سن ژوراسیک میانی است (مهندسن مشاور مهاراب عمران گستر، ۱۳۸۶). آبخوان دشت بجنورد با مساحت حدود ۹۰ کیلومتر مربع بصورت آزاد، تک لایه و آبرفتی است که توسط ارتفاعات حاشیه دشت احاطه شده و شکل هندسی مخزن آن بصورت یک ناودیس کوچک است و شهر بجنورد حدود ۴۰ درصد دشت را در بر گرفته است. سنگ کف منطقه را رسوبات رسی مارنی تشکیل می‌دهند (مهندسین مشاور آبکاو شرق، ۱۳۹۰). دشت بجنورد دارای دو رودخانه دائمی به نام‌های فیروزه و بازخانه است که از جنوب دشت وارد و پس از پیوستن به یکدیگر و تغذیه آبخوان از بخش جنوب شرقی دشت خارج می‌شوند. مرزهای اصلی ورودی و خروجی آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت بجنورد منطبق بر ورودی و خروجی رودخانه است.

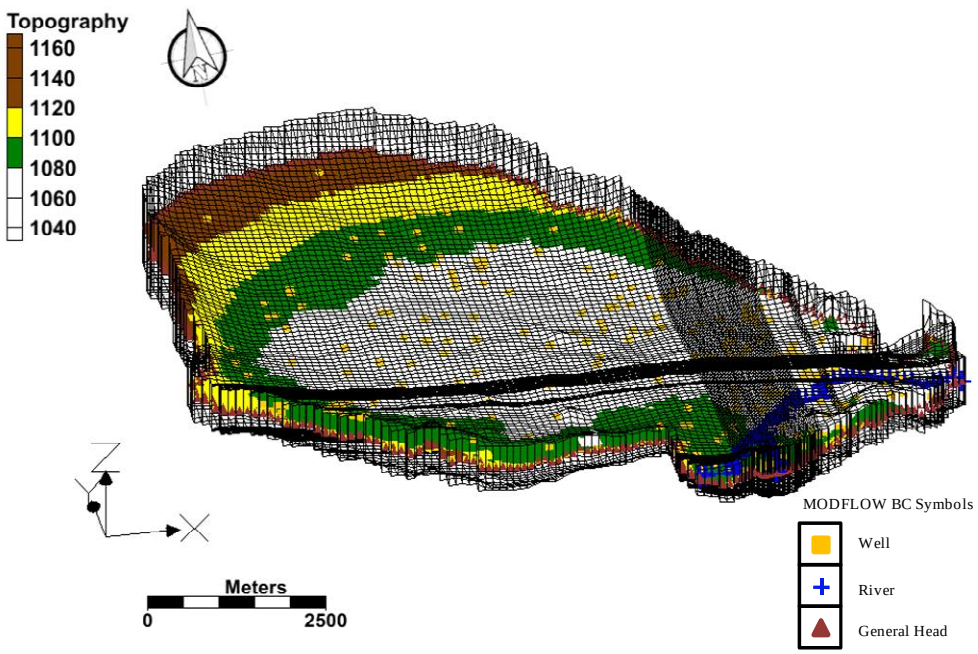


شکل ۱- زمین شناسی و موقعیت حوضه آبریز بجنورد

۳- مدلسازی دشت بجنورد

۳-۱- مدل مفهومی و طراحی مدل

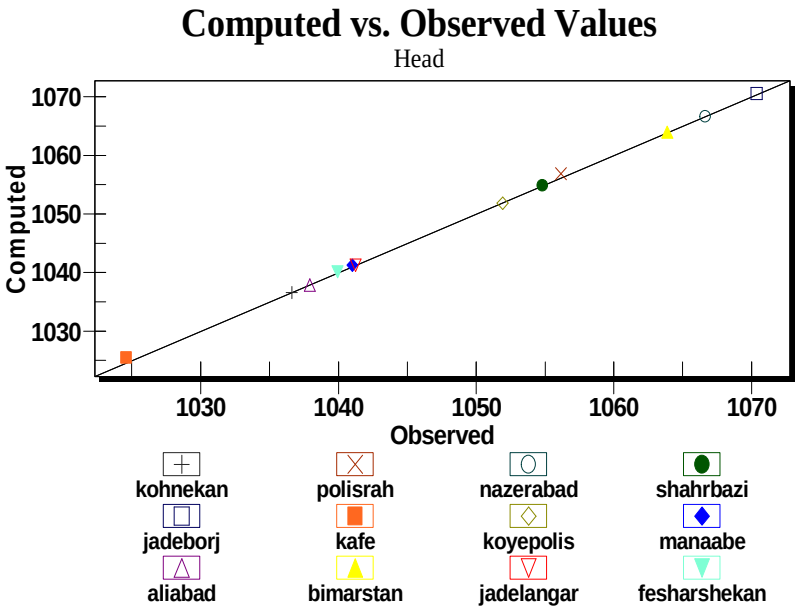
مدل مفهومی توصیف مفصلی است از یک سیستم جریان آب زیرزمینی که مدلسازی می‌شود به عبارت دیگر هدف از ساخت مدل مفهومی ساده‌انگاری مسائل صحرایی می‌باشد (Anderson & Woessner, 1992). پس از جمع آوری داده‌های مورد نیاز، مدل مفهومی آبخوان دشت بجنورد تهیه گردید. بدین منظور از بسته نرم افزاری BCF (Block Centered Flow)، استفاده گردیده است. این بسته نرم افزاری ضریب رسانایی (Conductance)، را بین هر سلول شبکه محاسبه کرده و معادله تفاضل محدود جریان را از سلولی به سلول دیگر تنظیم می‌نماید. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز این بسته شامل توپوگرافی سطح و کف آبخوان و هدایت هیدرولیکی می‌باشد. سایر لایه‌ها شامل تغذیه و تخلیه نقطه‌ای (Sources & Sinks) و تغذیه پخش شده با بسته‌های نرم افزاری مربوطه تعریف شدند و رودخانه‌ها توسط بسته نرم افزاری River شبیه-سازی گردیدند. مرزهای آبخوان بصورت مرز با بار هیدرولیکی عمومی (General Head Boundary) در نظر گرفته شده که داده‌های مورد نیاز در این مرزها، بار هیدرولیکی و ضریب رسانایی مرز می‌باشند. بار هیدرولیکی از مقادیر اندازه‌گیری شده در پیزومترها و ضریب رسانایی مرز بر اساس مقدار جریان ورودی و خروجی که در بیلان دستی محاسبه گردیده است به سلول‌های مرزی اختصاص داده می‌شود. سپس مدل مفهومی به آرایه‌های عددی تبدیل گردید. بدین منظور با توجه به وضعیت هیدروژئولوژی محدوده مورد مطالعه مدل (حدود ۶۵ کیلومتر مربع) شبکه‌ای به ابعاد ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر، شامل ۱۲۰ سطر و ۱۱۳ ستون طراحی و در محل رودخانه ها، به منظور محاسبات دقیق تر، سلول‌های شبکه کوچکتر در نظر گرفته شده‌اند و مدل مفهومی به سلول‌های شبکه نسبت داده شده است. شکل(۲)، مدل مفهومی آبخوان دشت بجنورد را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مدل مفهومی آبخوان دشت بجنورد

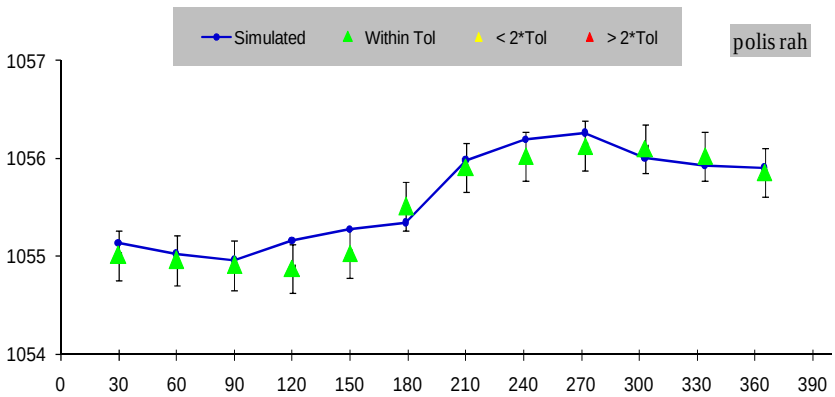
۳-۲- اجرای مدل

پس از ساخت مدل مفهومی و نسبت دادن آن به سلول‌های شبکه، ابتدا مدل برای سال آبی ۸۹-۱۳۸۸ با شرایط نسبتا پایدار حاکم بر آبخوان، در حالت پایدار اجرا و واسنجی گردید. هدف از واسنجی به حداقل رساندن خطا یا معیار واسنجی می-باشد. شکل(۳)، انطباق سطح آب محاسبه‌ای و مشاهده‌ای را بعد از آخرین اجرای مدل در حالت پایدار نشان می‌دهد.

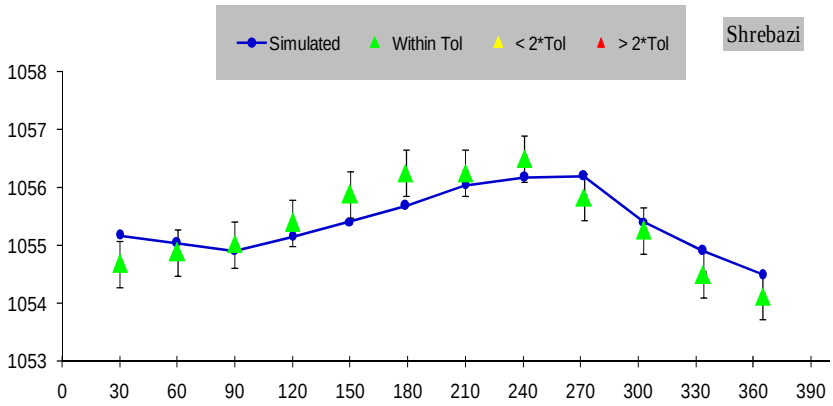


شکل ۳- انطباق سطح آب مشاهداتی و محاسباتی در شرایط پایدار

بعد از واسنجی در حالت ماندگار، مدل برای حالت ناپایدار از مهرماه ۱۳۸۷ تا اواخر شهریور ۱۳۸۸ به مدت یکسال و با تعریف ۴ دوره تنش و ۱۲ گام زمانی اجرا گردید. در این مرحله داده‌های مربوط به شرایط ناپایدار مانند سطح آب در مرزها و رودخانه‌ها، نرخ بهره‌برداری از چاه‌ها، تغذیه از بارندگی و آب برگشتی از چاه‌ها متناسب با دوره تنش به مدل وارد شدند. از سطح آب محاسباتی شرایط پایدار به عنوان سطح آب اولیه استفاده گردید. سپس مدل اجرا و تا کاهش خطاها در دامنه قابل قبول واسنجی ادامه یافت. شکل(۴-الف‌وب)، به ترتیب منحنی سطح آب شبیه سازی شده را در شرایط ناپایدار در پیزومترهای پلیس راه و شهربازی نشان می‌دهد.

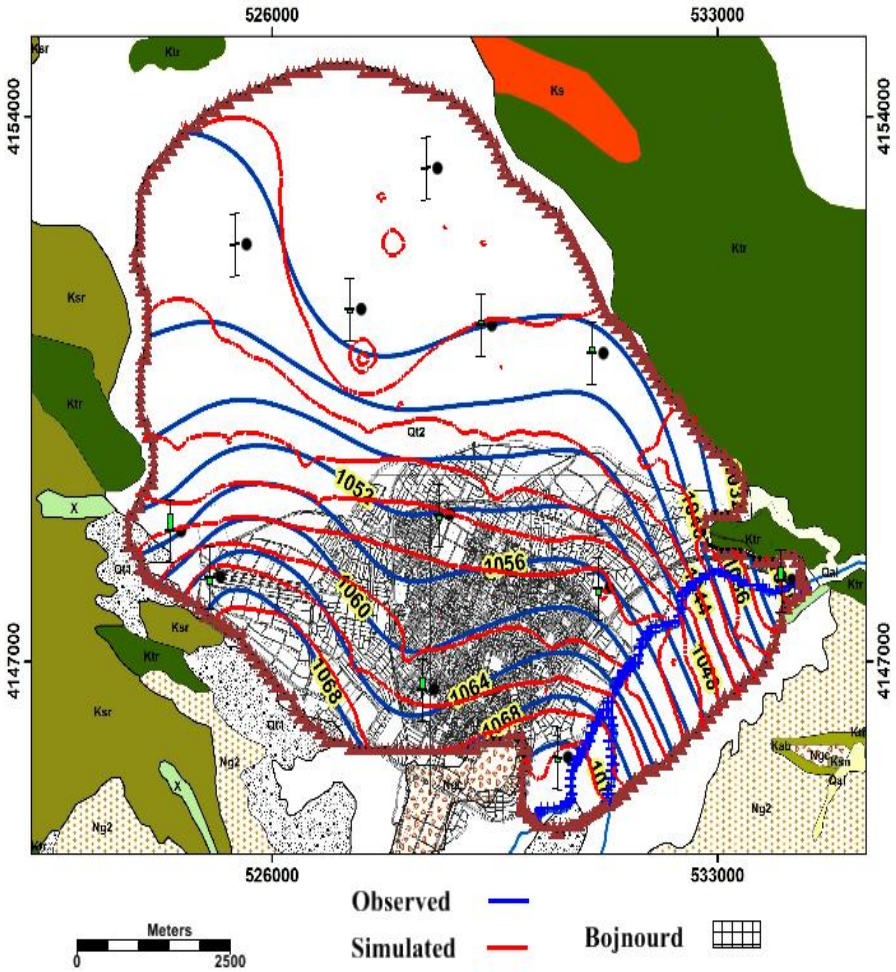


شکل۴الف- منحنی سطح آب شبیه سازی شده در پیزومتر پلیس راه



شکل۴ب- منحنی سطح آب شبیه سازی شده در پیزومتر شهربازی

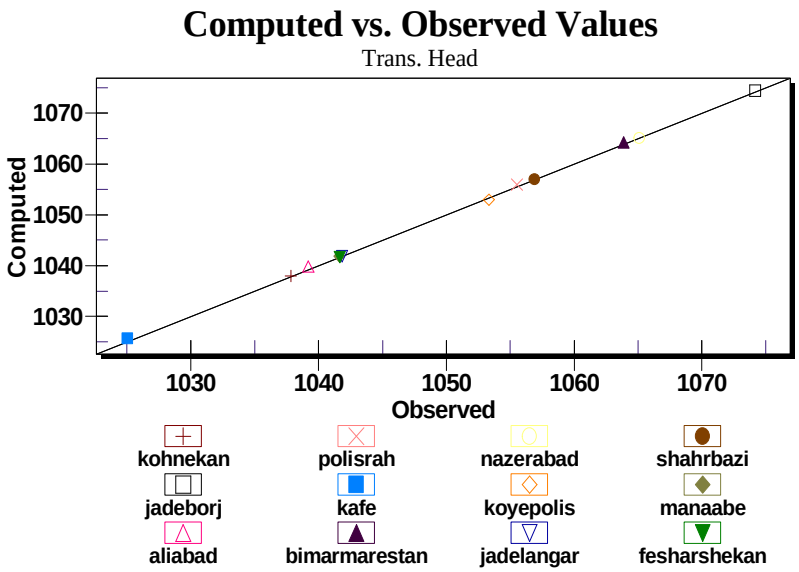
انطباق نسبتا مناسب تراز مشاهداتی و محاسباتی در پیزومترها و همخوانی مناسب روند خطوط تراز آب زیرزمینی در محدوده مدل نشانگر آن است که شبیه سازی قابل قبول می‌باشد. شکل(۵)، تراز سطح آب زیرزمینی شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای را در گام‌های زمانی هفتم نشان می‌دهد.



شکل۵) تراز سطح آب زیرزمینی شبیه سازی شده و مشاهده‌ای گام زمانی هفتم

۳-۳- صحت سنجی

بعد از واسنجی در حالت ناپایدار، مدل نیازمند تایید یا صحت سنجی می‌باشد. مدلی که با دقت مناسبی واسنجی شده باشد، چنانچه تحت تنش‌های متفاوت از دوره واسنجی قرار گیرد، باید نتایج قابل قبولی را ارائه دهد. بدین منظور یک دوره یک ساله از مهرماه ۱۳۸۶ تا اواخر شهریور ۱۳۸۷ برای صحت سنجی مدل انتخاب گردیده است. شکل(۶)، انطباق سطح آب محاسبه‌ای و مشاهده‌ای را در گام زمانی هفتم در مرحله صحت سنجی نشان می‌دهد.



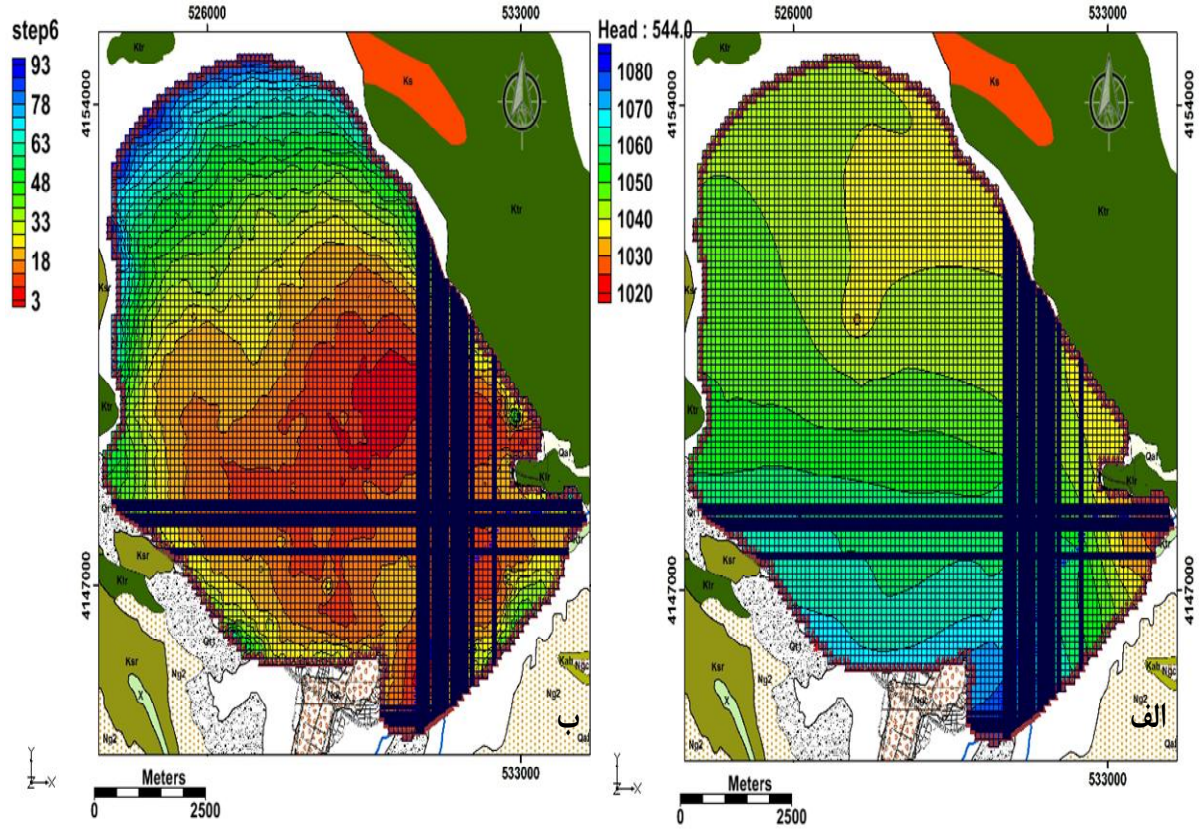
شکل ۶- انطباق سطح آب مشاهداتی و محاسباتی گام زمانی هفتم در مرحله صحت سنجی

۴-۳- پیش‌بینی وضعیت آبخوان

پس از تایید مدل در مرحله صحت سنجی، می‌توان وضعیت آبخوان را با تعریف سناریوهای مدیریتی با توجه به شرایط اقلیمی در آینده پیش‌بینی کرد. در این مطالعه ابتدا با استفاده از داده‌های بارندگی دراز مدت منطقه، دوره‌های ترسالی، خشکسالی و نرمال مشخص گردید. سپس مدل با اعمال دوره‌های مرطوب و نرمال اجرا و شرایط آبخوان برای یک سال آبی از مهر ۹۱ تا اواخر شهریور ۹۲ پیش‌بینی شد. قابل ذکر است که در شرایط خشکسالی منطقه مورد مطالعه فاقد داده‌های آب زیرزمینی بوده و لذا این دوره در پیش‌بینی مدل لحاظ نگردید.

الف) شرایط ترسالی

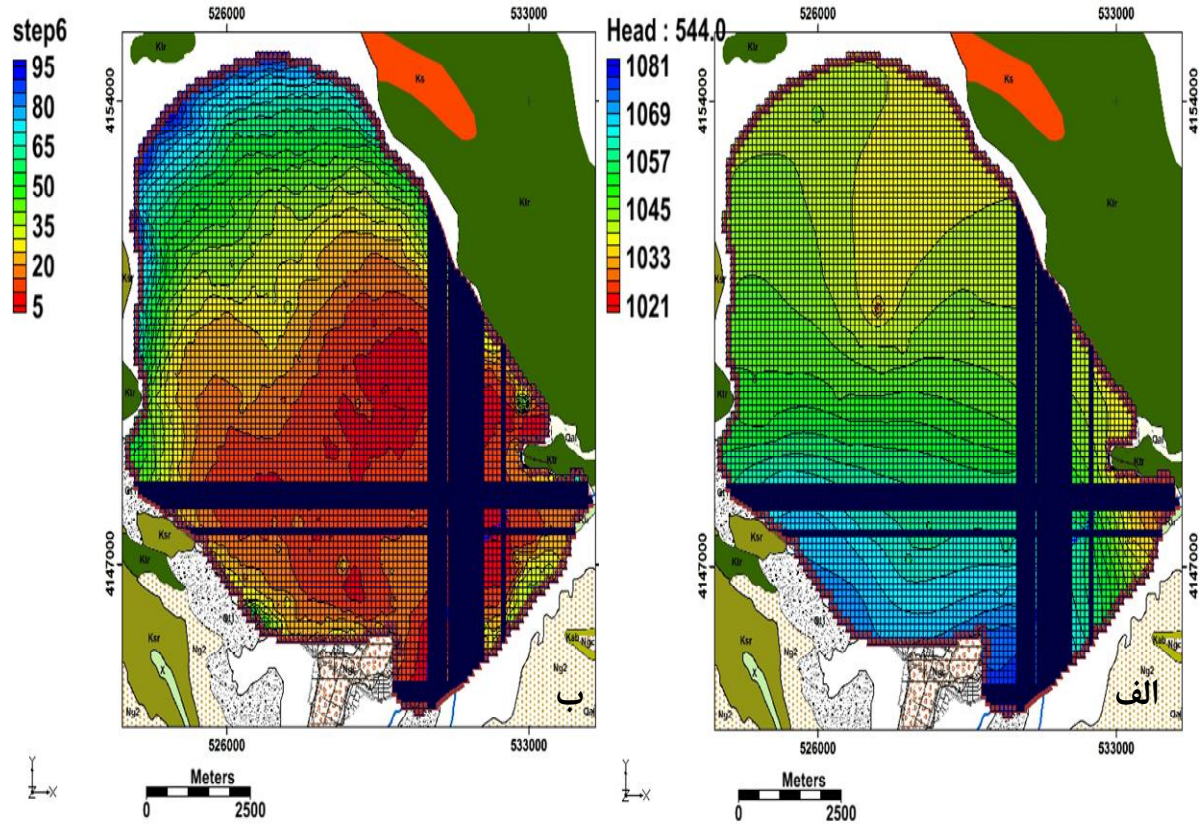
به منظور بررسی وضعیت آبخوان در شرایط ترسالی، مدل با توجه به مقدار میانگین بیشینه بارندگی سال‌های ۸۴-۱۳۸۰ برابر با (۳۴۴ میلی‌متر) ، که به عنوان دوره مرطوب تعیین شده است، برای مدت یک سال اجرا گردید. شکل (۷الف‌وب)، به ترتیب تراز و منحنی هم عمق سطح آب زیرزمینی پیش‌بینی شده در شرایط ترسالی را برای گام زمانی ششم نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۷ب)، عمق سطح آب زیرزمینی در قسمتی از آبخوان به کمتر از ۴ متر می‌رسد که این منطقه تحت پوشش منطقه شهری بجنورد قرار دارد. تحقیقات گذشته مبنی بر وجود شواهد آب گرفتگی برخی از معابر و ساختمان‌های تجاری در سال‌های پر باران در شهر بجنورد نتایج حاصل از این تحقیق را اثبات می‌نماید. همچنین بیلان آب زیر زمینی در دوره پیش بینی شده برای محدوده مدل متعادل است.



شکل۷-الف و ب) تراز سطح آب زیرزمینی و منحنی هم عمق سطح آب زیرزمینی گام زمانی ششم در دوره مرطوب

ب) شرایط نرمال

به منظور بررسی وضعیت آبخوان در شرایط نرمال، مدل با توجه به مقدار میانگین بارندگی سال‌های ۸۹-۱۳۸۵، برابر با ۲۶۹/۶ میلی‌متر در سال، به عنوان دوره نرمال تعیین شده است، برای مدت یک سال اجرا گردید. شکل (۸الف‌وب)، به ترتیب تراز و منحنی هم عمق سطح آب زیرزمینی پیش‌بینی شده در شرایط نرمال را برای گام زمانی ششم نشان می‌دهد. سطح آب در دوره نرمال نسبت به دوره مرطوب حدود ۲ متر در برخی از مناطق، افت داشته است. با توجه به ریزدانه بودن رسوبات سطحی آبخوان بخصوص در منطقه شهری، نوسانات سطح آب در دوره‌های ترسالی و خشکسالی می‌تواند باعث بروز مشکلاتی مانند نشست زمین گردد. بنابراین به منظور جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی باید یک برنامه مدیریتی مناسب در منطقه اجرا گردد.



شکل۸-الف و ب) تراز سطح آب زیرزمینی و منحنی هم عمق سطح آب زیرزمینی گام زمانی ششم در دوره نرمال

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق سیستم جریان آبخوان دشت بجنورد شبیه‌سازی گردید و سپس با در نظر گرفتن تغییرات هیدرولوژیکی منطقه، شرایط آبخوان برای یکسال پیش‌بینی گردید. با توجه به قرار گرفتن شهر بجنورد بر روی آبخوان، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در منطقه شهری بجنورد در دوره‌های ترسالی و از طرفی ناقص بودن سیستم تخلیه فاضلاب شهری، وجود چاه‌های جذبی در بافت قدیمی شهر و اجرای طرح های مدیریتی تامین آب شرب بجنورد از سازندهای سخت، انتقال آب از سد شیرین دره و نفوذ درصدی از این آب به آبخوان می‌تواند باعث بروز مشکلات جدی در منطقه شهری بجنورد گردد. از طرفی شرایط آبخوان در دوره نرمال نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در برخی از مناطق حدود ۲ متر نسبت به شرایط ترسالی افت داشته است که مسلما این مقدار در شرایط خشکسالی بیشتر خواهد بود. بنابراین نوسانات سطح آب زیرزمینی در بخشی از آبخوان که تحت پوشش شهر بجنورد قرار دارد، در دوره‌های متناوب خشکسالی و ترسالی می‌تواند باعث بروز مشکلاتی از قبیل نشست زمین در این مناطق گردد. بنابراین قبل از اجرای طرح‌های تامین آب شرب شهری لازم است مطالعات دقیق تری در منطقه بخصوص منطقه تحت پوشش شهر بجنورد انجام گیرد.

مراجع

شرکت مهندسین مشاور آبکاو شرق، (۱۳۹۰)، "گزارش مطالعات تکمیلی ژئوفیزیک دشت بجنورد"، سازمان آب منطقه‌ای خراسان شمالی .

شرکت مهندسین مشاور مهاب آب عمران گستر، (۱۳۸۶)، "مطالعات نیمه تفصیلی منابع آب زیرزمینی دشت بجنورد"، سازمان آب منطقه‌ای خراسان شمالی.

Anderson. M. P. and Woessner, W. W., (1992), "Applied groundwater modeling". Academic Press, San Diego, California, 381p.

Miller. T. S., (2000), "Simulation of groundwater flow in an unconfined sand and gravel aquifer at Marathon". Cortland, County, New York.

Scibek. J., Allen. D. M., Cannon. A. J. and Whitfield. P. H., (2007), "Groundwater-Surface water interaction under scenarios of climate change using a high-resolution transient groundwater model" jornal of hydrology, no 333, pp 165-181.

Wang. S., Shao. J., Song. X., Zhang. Y., Huo. Z. and Zhou. X., (2007), "Application of MODFLOW and geographic information system to groundwater flow simulation in North Chain Plain, Environ Geol, No 55, pp 1449-1462.

Simulation of bojnourd aquifer groundwater flow with emphasis on climate change using mathematical model

Majid Altafi Dadgar [1] , **Hossein Mohammadzade** [2] , **Hamidreza Nassery**[3]

Abstract

Most groundwater flow modeling to predict the behavior of groundwater systems are used. In this research the hydraulic behavior of Bojnourd aquifer, with an area of 65 kilometer squares, was simulated using MODFLOW2000 code in GMS interfaces. First, the model for steady state is calibrated for one year period, which has fairly steady conditions with low stresses on aquifer and then model run and calibrated for unsteady state. After determining the hydrodynamic coefficients of aquifer and confirmed the validity of these parameters in the verification step, management scenarios were considered in the model by considering the various climate chengs. Results show that groundwater levels in the wet conditions in the northern part of the Bojnourd city reaches to less than 4 meters. Which can cause serious problems for the residents of this area.

Keywords:

Simulation - Bojnourd aquifer - Calibration - Mathematical model.

[1] MSC student, Hydrogeology field, Ferdowsi University of Mashhad, dadgarmajid77@yahoo.com
[2] Assistant, Hydrogeology field, Water Research Center(WRC), Department of geology, Ferdowsi University of Mashhad, mohammadzadeh@um.ac.ir
[3] Associate, Hydrogeology field, Faculty of geology, Shahid beheshti University of Tehran, h-nassery@sbu.ac.ir