Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۳/ شماره ۲/ پیاپی ۳۳/ تابستان ۱۳۹۸ (۱۲۹-۱۳۷)

مدل‌سازی اندرکنش سطح آب دریاچه ارومیه و آبخوان ساحلی با استفاده از GMS

سمانه دادآفرید[۱]، بهزاد حصاری[۲*] و هیراد عبقری[۳]

چکیده

نیاز روزافزون به منابع آب جدید و نیز محدودیت منابع آب، باعث افزایش برداشت غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی شده است. در این تحقیق، برای شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی در آبخوان حوضهٔ مقیطالو از مدل MODFLOW در برنامهٔ GMS استفاده شد. سطح حوضه با یک شبکه سه‌بُعدی متشکل از ۲۴۹۱ سلول در یک لایه با اندازه‌های متغیر ۲۵ تا ۱۵۰ مترمربع پوشش داده شد. مقادیر پارامترهای آبخوان با استناد به مطالعات زمین‌شناسی و ژئوالکتریک و لوگ چاه‌های شناسایی منطقه تعیین شدند. موقعیت حوضه، لایه‌های سطحی زمین و سنگ بستر و منابع تخلیه و تغذیه با استفاده از نرم‌افزار GIS تهیه و بعد از پردازش وارد مدل شدند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در حالت ماندگار، دریاچه ارومیه آبخوان را تغذیه می‌کند و در حالت غیرماندگار، زهکشی از آبخوان بعد از گذشت ۹ ماه از سال آبی به تغذیه آبخوان از دریاچه تبدیل می‌شود و اجرای مدل برای سال‌های ۷۵-۷۴ و ۸۹-۸۸ تأثیر تراز دریاچه را بر تغذیه و تخلیه آبخوان به خوبی نشان داد. نتایج شبیه‌سازی با وجود اطلاعات کم از منطقهٔ مورد مطالعه موفقیت‌آمیز بود و تأثیر تغییرات تنش‌ها به خوبی نمایش داده شد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، تراز بار هیدرولیکی، تغذیه، تخلیه، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

ارجاع: دادآفرید س. حصاری ب. و عبقری ه. ۱۳۹۸. مدل‌سازی اندرکنش سطح آب دریاچه ارومیه و آبخوان ساحلی با استفاده از GMS. مجله پژوهش آب ایران. ۳۳: ۱۲۹-۱۳۷.

۱- کارشناسی ارشد مدیریت آب و خاک و امور فنی مهندسی سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان غربی.
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه و عضو هیأت علمی پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه.
۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه.
*** نویسنده مسئول**: **b.hessari@ urmia.ac.ir**
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در خلاف مسیر توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود و از طرف دیگر، مقابله با بحران کم‌آبی مسئله‌ای حیاتی است. بارندگی فصلی و غیرقابل پیش‌بینی و تبخیر فوق‌العاده زیاد در مناطق خشک، مانع از تحقق این هدف است. وقوع خشکسالی‌ها در برهه‌های زمانی مختلف نیز این مسئله را در این مناطق تشدید می‌کند. آب‌های زیرزمینی ۹۹% از کل آب شیرین قابل استفاده را تشکیل می‌دهند (هاتفی اردکانی و رضایی‌راد، ۱۳۹۰). بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از بعضی لحاظ بر آب‌های سطحی ترجیح دارد. از جمله، می‌توان از قابلیت دسترسی به آن در مناطق دور از حاشیه رودخانه‌ها، عدم آلودگی سریع آن توسط آلاینده‌های سطحی، تلفات کم در اثر تبخیر و بهره‌برداری تنظیم‌شده نام برد. مطالعه و شناخت سیستم منابع آب‌های زیرزمینی اولین گام در راه رسیدن به اهداف مدیریتی و بهره‌برداری صحیح از آن است. تغییرات سطح آب دریاچه‌ها و سطح آبخوان‌های ساحلی اثر متقابل کمی و کیفی دارند. روش اصلی تعیین پارامترهای آبخوان استفاده از پمپاژ است که کاناک و همکاران (۲۰۱۷) برای برآورد ضریب قابلیت انتقال[1] (T) و ضریب نگهداری[2] (S) در سنگ‌های بازالتی در هند از مدل‌سازی عددی استفاده کردند که نتایج مطالعه در مقایسه با پمپاژ نشان‌دهندهٔ سرعت و دقت بالایی بود. از این‌رو، برای ارزیابی میزان کارایی و آنالیز رفتار هیدرودینامیکی آب زیرزمینی، مدل‌سازی عددی[3] از طرف محققان پیشنهاد شده است. مدل‌سازی عددی از نوع شبیه‌سازی، مستلزم به‌کارگیری الگوریتم‌های ریاضی است (واحددوست، ۱۳۸۹). در این زمینه، مدل GMS[4]، یکی از پیشتازهای مدل سه‌بُعدی در مسائل آب زیرزمینی است که قابلیت شبیه‌سازی شرایط ناپایدار و انواع گسترده‌ای از خصوصیات هیدروژئولوژیکی را دارد. GMS، ابزاری توانمند در تخمین سرعت به تعادل رسیدن آبخوان در مقابل تغییرات اقلیمی و اختلال محیط‌زیست است (یی چنگ و همکاران، ۲۰۱۵). دلتای شرقی رودخانه نیل، یکی از آبخوان‌های مهم کشور مصر است که دارای مشکلات محیطی متعددی، از جمله شوری، آلودگی و کاهش و افزایش سطح آب است. چاه‌هایی به‌عنوان زهکش عمودی برای زهکشی آب از لایه‌های بالاتر به لایه‌های پایین‌تر که نفوذپذیری کمتری دارند، پیشنهاد شده است. سماحسن و همکاران (۲۰۱۵) تعداد مطلوب چاه‌های زهکشی را با استفاده از مدل GMS به گونه‌ای تخمین زدند که کمترین تغییر در سطح آب زیرزمینی اتفاق بیفتد. این مدل، جریان آب زیرزمینی را با استفاده از روش تفاضلات محدود[5] شبیه‌سازی می‌کند. الگوریتم‌های ریاضی به‌صورت مکرر برای جریان در محدودهٔ داده شده به مدل و داده‌های ورودی که به وسیلهٔ کاربر تعیین شده، اجرا می‌شود (اوندر و ییلماز، ۲۰۰۵). طیف وسیعی از اطلاعات و تشریح کامل سیستم جریان، شامل پارامترهای هیدرولیکی، شرایط مرزی و فشار و تنش واردشده به جریان برای استفاده کارآمد و مؤثر از GMS ضروری است (ژو و همکاران، ۲۰۱۱) برای تخمین تغییرات تبخیر و تعرق و تغذیه در مدل‌سازی آب زیرزمینی از ترکیب مدل (SWAP) با مدل MODFLOW استفاده کردند. آن‌ها این روش را در مدل‌سازی ناحیه‌ای در حوزهٔ رودخانه زرد چین مورد استفاده قرار دادند و نتایج این شبیه‌سازی عملی‌بودن مدل MODFLOW را به همراه SWAP برای مدل‌سازی آب زیرزمینی منطقه‌ای تأیید کرد (الهاسون و محمد، ۲۰۱۱). در منطقهٔ هداالشام در نزدیکی شهر مکه با استفاده از مدل عددی MODFLOW اقدام به ثبت سطح آب در یک آبخوان رسوبی کردند. هدف اصلی آن‌ها در این مطالعه، ثبت نوسانات سطح آب و تخمین تغییر سالانه سطح آب در طول پمپاژ برای یک دوره پنج‌ساله در آبخوان مورد مطالعه بود. نتایج نشان داد MODFLOW قادر است ارتفاع سطح آب را برای یک آبخوان رسوبی در ناحیه نیمه‌خشک با اطمینان قابل قبولی شبیه‌سازی کند. هدف از این تحقیق، بررسی اثر متقابل تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه بر تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی سفره مقیطالو به‌صورت توزیعی با استفاده از سیستم مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی است. لاوتز و سیگل (2006) یک بازه 320 متری در طول دامنه جنوب شرقی در کوه‌های راکی را برای شبیه‌سازی تداخل آب سطحی و آب زیرزمینی انتخاب کردند. آن‌ها از مدل سه بعدی MODFLOW و MT3D برای شبیه‌سازی استفاده کردند.

1- Transmissivity
2- Storability
3- Numerical simulation
4- Ground water modeling system
5- Finite difference method

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضهٔ مقیطالو در محدودهٔ شهرستان ارومیه در استان آذربایجان‌غربی و در ساحل غربی دریاچه ارومیه، بین عرض جغرافیایی ′۱ و°۳۸ تا ′۳ و°۳۸ شمالی و طول جغرافیایی ′۷ و °۴۵ تا ′۱۰ و°۴۵ شرقی واقع شده است (شکل ۱). خشکسالی موجب پایین‌آمدن سطح آب زیرزمینی و در نتیجه نفوذ آب شور دریاچه به آبخوان شده است که این پدیده محیط‌زیست طبیعی و در نهایت اقتصاد ساکنان دشت را تهدید می‌کند. روستاییان و زارعان به طور وسیعی از آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده می‌کنند و بقای آتی اجتماعات کشاورزی و روستایی منطقه بستگی زیادی به توسعه پایدار و مدیریت صحیح منابع آبی دشت دارد.

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

انتخاب الگوریتم شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی

برنامه GMS، مدل‌های قابل دسترسی مختلفی را داراست؛ بسته به هدف شبیه‌سازی از مدل‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد در این تحقیق، از ۲ مدل MapGIS و MODFLOW در مدل‌سازی استفاده شد.

تهیه مدل مفهومی[1] منطقه در MODFLOW

اولین قدم در ساخت مدل، تعریف یک مدل مفهومی و لایه‌های پوشش[2] آن در محیط GMS است که شرایط مرزی و خصوصیات اولیه آبخوان را به مدل اختصاص می‌دهد. نوع نظیرسازی می‌تواند ماندگار[3] یا غیرماندگار[4] تعیین شود. با توجه به اینکه آخرین اطلاعات از چاه‌های بهره‌برداری توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌غربی برای سال ۱۳۸۰ ثبت شده بود، در همین راستا، در این تحقیق مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در هر دو حالت برای سال ۸۱-۸۰، صورت گرفته است. در حالت جریان غیرماندگار، پدیده‌ها علاوه بر بعد مکان (x, y, z) در بعد زمان (t) نیز بررسی می‌شوند که در این تحقیق در حالت ماندگار اطلاعات ورودی به مدل براساس مقدار متوسط سالانه و در حالت غیرماندگار مقادیر روزانه برای طول سال محاسبه شده است.

تهیه پوشش مرز[5]: اولین قدم در صورت‌بندی مدل مفهومی، تعیین گسترهٔ محدودهٔ مورد مطالعه است تا بتوان بار هیدرولیکی را در مرزهای سیستم مشخص کرد. مرزهای فیزیکی سیستم‌های جریان آب زیرزمینی را توده‌های سنگی نفوذناپذیر و یا توده‌های عظیم آب سطحی تشکیل می‌دهند. سایر مرزها ناشی از شرایط هیدرولوژیک بوده که مرزهای هیدرولیکی نامیده می‌شوند. منطقهٔ مورد مطالعه، حوضهٔ مقیطالو است که مرزهای مدل را ارتفاعات منطقه (مرز با جریان مشخص صفر) و ساحل دریاچه ارومیه (مرز با بار هیدرولیکی مشخص) تشکیل می‌دهد (کلیویا و همکاران، ۲۰۱۷). اطلاعات تراز آب دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۱-۱۳۸۰ مطابق شکل ۲ به عنوان بار هیدرولیکی ثابت درنظر گرفته شده است. مقدار متوسط تراز آب در این سال ۱۲۷۳/۷۶ متر است.

تهیهٔ پوشش تغذیه و زهکشی[6] در این پوشش منابع تغذیه و زهکشی آبخوان حوضه مقیطالو، شامل چاه بهره‌برداری، گسل‌ها، قنات و آبراهه است که پارامترهای مورد نیاز برای هر یک به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

چاه بهره‌برداری: دبی پمپاژ (در فصل‌های برداشت آب درنظر گرفته شده است)- گسل‌ها: ضریب هدایت هیدرولیکی- قنات: ضریب هدایت هیدرولیکی- آبراهه: ضریب هدایت هیدرولیکی، پهنا، ضریب انحراف[7]، ضریب زبری، دبی جریان ورودی (جعفری باری، ۱۳۸۶).

مقادیر بارش در محدودهٔ حوضهٔ مقیطالو براساس اطلاعات ایستگاه آباجالو سفلی که نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه است، مطابق شکل ۳ درنظر گرفته شده که منبع اصلی تغذیه آب‌های زیرزمینی است و میزان تغذیه

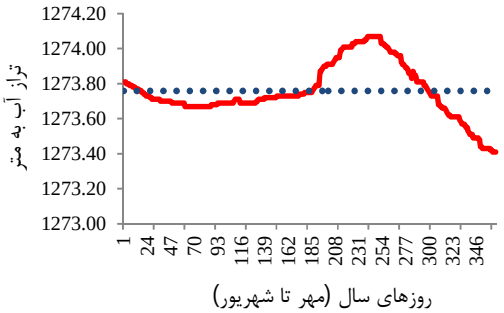
1- Conceptual Model
2- Coverage
3- Steady State
4- Unsteady State
5- Boundary Coverage
6- Source & Sink Coverage
7- Sinuosity

www.SID.ir

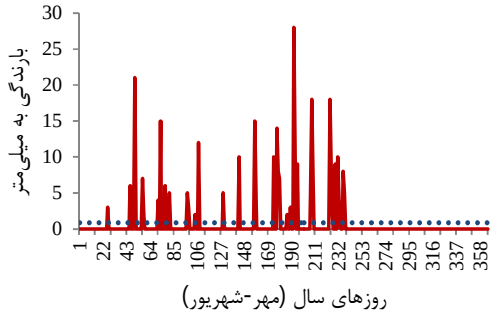
Archive of SID

آبیاری و به طرق دیگر ناچیز است. مقدار تغذیه بعد از کسر میزان رواناب مستقیم از بارش، به مدل تعریف گردید.

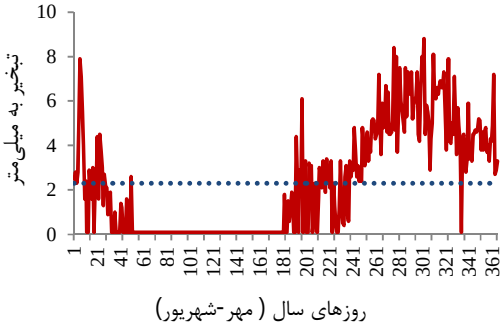
با توجه به شرایط فیزیکی خاک‌های منطقه، عمق تبخیر و حداکثر عمق تبخیر به‌ترتیب برابر با تراز سطح زمین و m ۱۰ و مقادیر تبخیر حوضه براساس اطلاعات ایستگاه آباجالو سفلی مطابق شکل ۴ درنظر گرفته شد.



شکل ۲- تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه در سال آبی ۸۱-۸۰



شکل ۳- تغییرات بارندگی در سال آبی ۸۱-۸۰ ایستگاه آباجالو



شکل ۴- تغییرات تبخیر در سال آبی ۸۱-۸۰ ایستگاه آباجالو

تهیهٔ پوشش هدایت هیدرولیکی[1]: ضرایب هدایت هیدرولیکی برای هر نوع خاک از طریق جدول‌های استاندارد مربوطه Domenico and Schwartz (1990) در واحد متر در روز به مدل وارد شد. لازم به ذکر است که نقشه تمامی پوشش‌های ذکرشده در محیط ArcGIS10.3 تهیه و به محیط GMS فراخوانی می‌گردد (اسدیان و همکاران، ۲۰۰۹).

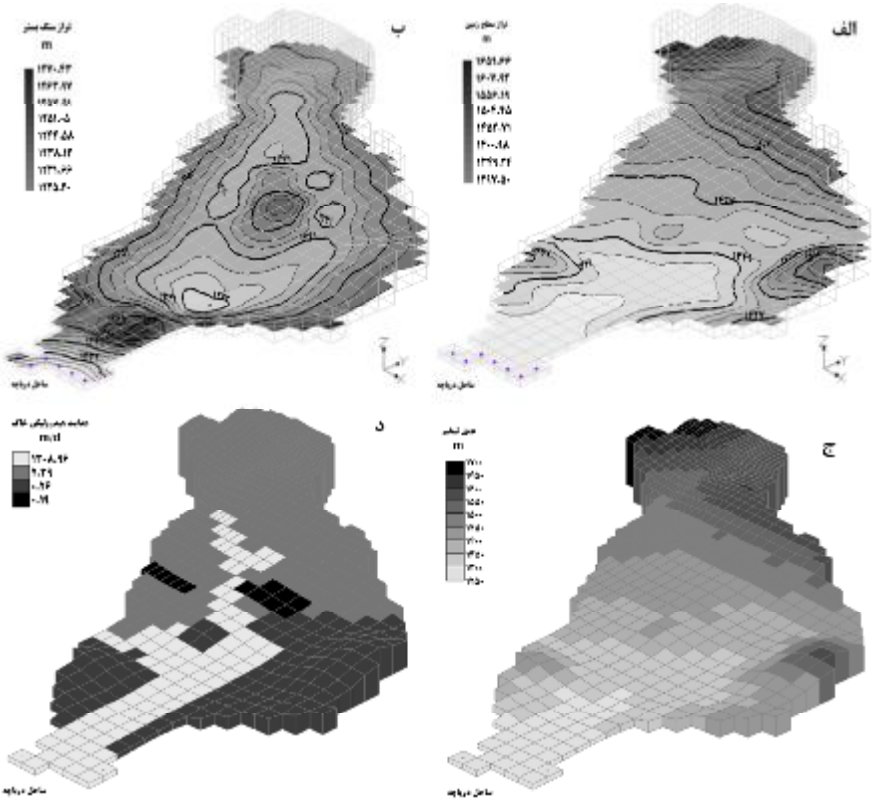
طراحی شبکه مدل جریان آب زیرزمینی حوضه

با استفاده از مدل مفهومی شبکه تفاضلات متناهی منطقه مورد مطالعه، مرکب از ۲۴۹۱ سلول در ۵۳ ردیف و ۴۷ ستون در یک لایه با اندازه‌های متغیر مابین ۲۵ تا ۱۵۰ متر مربع طراحی شد و پس از تهیهٔ نقشه‌های نقطه‌ای لایه سطح زمین و سنگ بستر با استفاده از خطوط تراز ۳۰ متری و داده‌های ثبت‌شده توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی در محیط GIS، در شکل نقاط پراکنده دوبُعدی[2] به محیط GMS فراخوانی شد و از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) به خاطر کوچک‌بودن دشت و کم‌بودن اختلاف داده‌ها، برای درون‌یابی و ترسیم لایه‌های سطحی در مدل استفاده شد (مکدونالد و هاربگ، ۱۹۸۸). در نهایت، مدل بررسی واکنش آبخوان در مقابل تغییر و متغیرهای ورودی به مدل، نظیر تغذیه طبیعی، پمپاژ و زهکشی و تبخیر را ممکن می‌سازد که نقشه‌های حاصل از ساخت مدل عددی MODFLOW در شکل ۵ ارائه شده است. از آنجایی که مدل ما هم در شرایط ماندگار و غیرماندگار شبیه‌سازی شده است، انتخاب دورهٔ تنش در طول یک سال آبی ۳۶۵ روزه در ۱۲ گام به تعداد روزهای هر ماه شبیه‌سازی شد.

1- Conductivity Coverage
2- 2D Scatter Points

www.SID.ir

Archive of SID



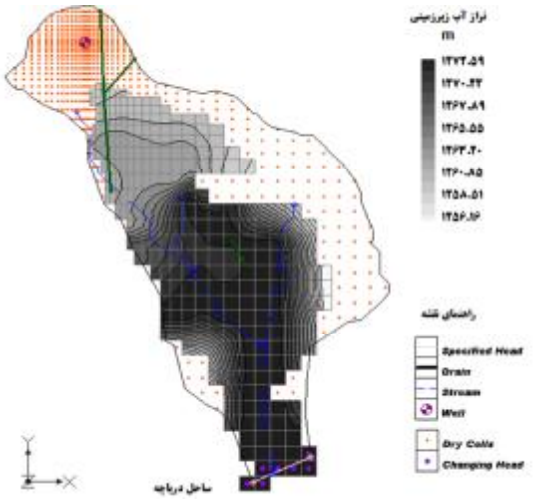
شکل ۵- تراز سطح زمین (الف)، تراز سنگ بستر (ب)، عمق تبخیر (ج)، هدایت هیدرولیکی (د)

نتایج و بحث

مدل جریان آب زیرزمینی حوضه در حالت ماندگار

نتایج حاصل از اجرای مدل مفهومی MODFLOW در هر روز از سال برای مقادیر متوسط سالانه بارندگی (۰/۸۹۶۸۳ میلی‌متر در روز) و تبخیر (۲/۳۰ میلی‌متر در روز) و تراز آب دریاچه ارومیه (۱۲۷۳/۷۶ متر) با در نظرگرفتن مقدار متوسط دامنهٔ هدایت هیدرولیکی خاک در حوضه در شکل ۶ و بیلان به دست آمده در جدول ۱ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل ۶ و جدول ۱ نیز مشخص است، بارندگی و تبخیر در حوضه به گونه‌ای است که نمی‌تواند آبخوان را تغذیه کند و بخشی از سلول‌های آبخوان خشک است و آب موجود در سلول‌های مرطوب نیز ناشی از تغذیه آبخوان از دریاچه است (Constant head). دامنهٔ تغییرات تراز بار هیدرولیکی در سلول‌های تر آبخوان از ۱۲۵۴/۹ متر تا ۱۲۷۳/۷ متر است. با توجه به اینکه در محل چاه، آبخوان خشک است؛ بنابراین، هیچ برداشتی از چاه صورت نگرفته است.



شکل۶- تراز بار هیدرولیکی آبخوان مقیطالو در حالت ماندگار

جدول ۱- بیلان آبخوان مقیطالو در حالت ماندگار (مترمکعب در روز)

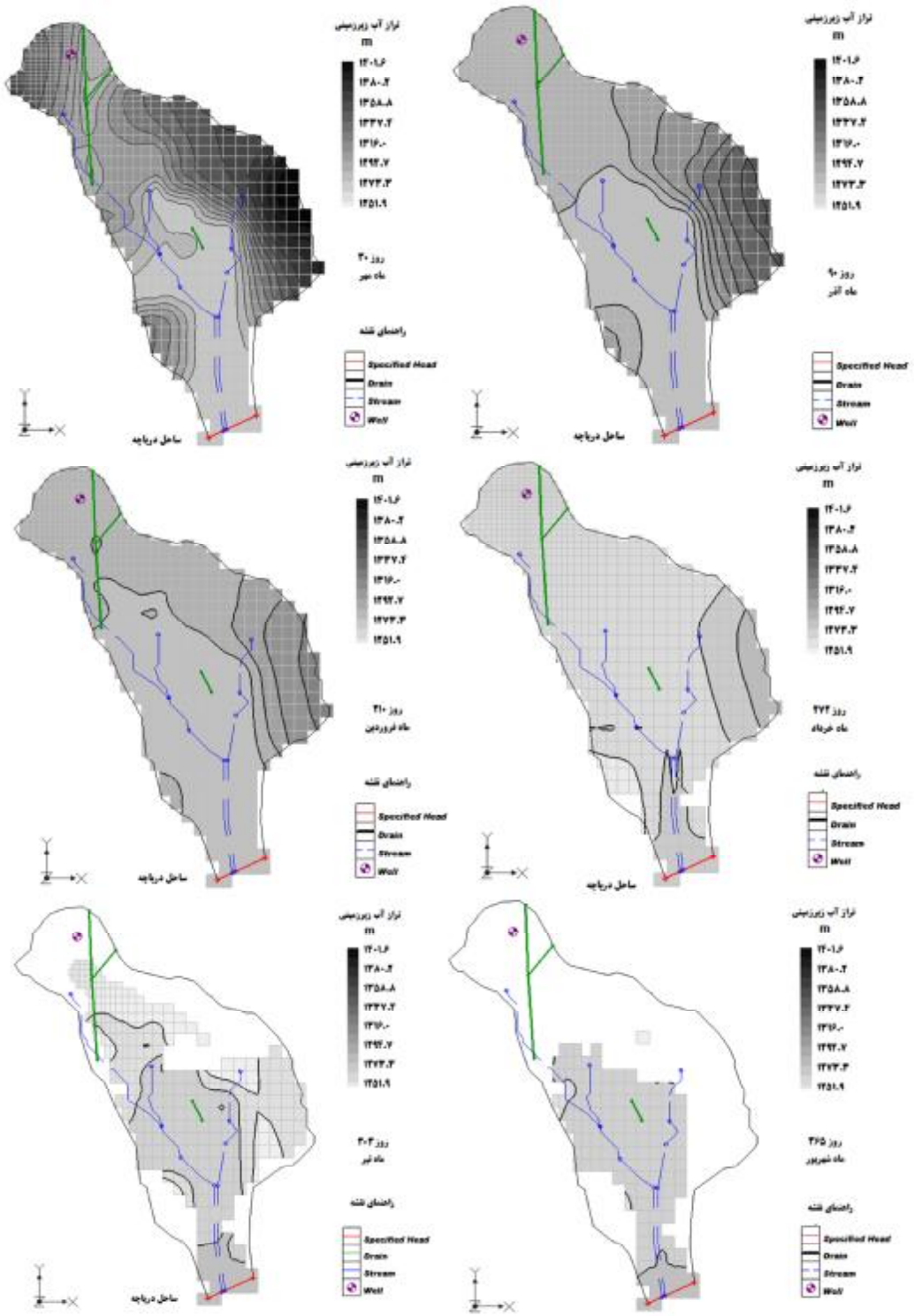
Title	Constant head	Recharge	Evapotranspiration	Well	In – Out (day)
تغذیه و زهکشی	۵۶۸۱/۴۵	۲۹۰۰/۸۳	-۸۵۸۲/۲۸	۰	۰/۰۰۰۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

مدل جریان آب زیرزمینی حوضه در حالت غیرماندگار

نتایج حاصل از اجرای مدل مفهومی MODFLOW برای مقادیر روزانه بارندگی و تبخیر و تراز آب دریاچه ارومیه در طول سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ با درنظر گرفتن مقدار متوسط دامنه هدایت هیدرولیکی خاک در حوضه در شکل ۷ (به عنوان نمونه ۶ گام از ۱۲ گام زمانی) نشان داده شده است.



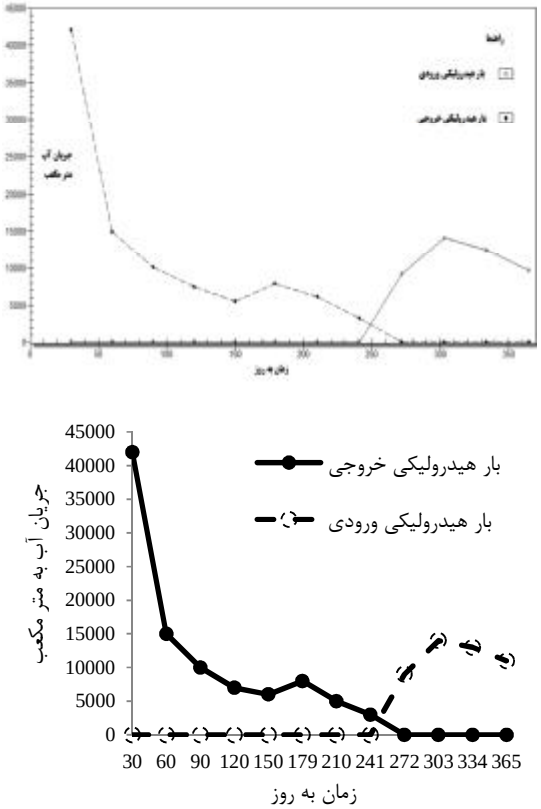
شکل ۷- تغییرات تراز بار هیدرولیکی آبخوان در طول سال آبی ۸۱-۸۰

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه در این تحقیق بارندگی تنها عامل تغذیه آبخوان درنظر گرفته شده است، اجرای مدل در چندین تکرار نشان داد که میزان برداشت از آبخوان از طریق چاه و تبخیر بسیار بیشتر از میزان تغذیه آبخوان است و همچنین برای روزهای متوالی در طول سال بارندگی اتفاق نمی‌افتد؛ از این‌رو، بدون درنظر گرفتن سایر عوامل تغذیه مدل‌سازی صورت نمی‌گیرد؛ به این معنی که اجرای مدل برای روزهای متوالی از سال که با وجود برداشت، تغذیه صفر است، با خطا همراه است. به همین دلیل، لازم است که برای نظیرسازی در حالت غیرماندگار تنها به بارندگی اکتفا نکرده و سایر عوامل تغذیه، از قبیل آب برگشتی از کشاورزی، بارش برف، ارتباط هیدرولیکی آبخوان با جریان آب زیرزمینی اطراف حوضه و ذخیره سال قبل درنظر گرفته شود. در این تحقیق، با توجه به کمبود اطلاعات فقط مقدار ذخیره برای آبخوان به روش آزمون و خطا درنظر گرفته شده است. بدین‌معنی که با توجه به اینکه آبخوان در منطقه مورد مطالعه اغلب خشک است، کمترین ذخیره برای آبخوان درنظر گرفته شده است (اکبرپور و همکاران، ۱۳۸۹). همان‌طور که در تصاویر نیز مشخص است، در ابتدای سال آبی تمام سلول‌های آبخوان مرطوب است و به دلیل اینکه تراز آب بالاتر از تراز دریاچه است، زهکشی از آبخوان صورت می‌گیرد و این تغییرات ذخیره تا زمانی که تراز بار هیدرولیکی آبخوان با تراز دریاچه ارومیه یکسان شود، ادامه می‌یابد؛ این امر، باعث کاهش تراز آبخوان می‌شود. با آغاز فصل برداشت که برداشت از چاه صورت می‌گیرد و تبخیر افزایش می‌یابد و با توجه به اینکه بارندگی صورت نمی‌گیرد، بسیاری از سلول‌های آبخوان خشک شده و محدودهٔ آبخوان کاهش می‌یابد و زهکشی از آبخوان به تغذیه آبخوان تبدیل می‌شود. همچنین، دامنهٔ تغییرات تراز بار هیدرولیکی در سلول‌های تر آبخوان از ۱۴۱۲-۱۲۷۳ متر در اولین گام زمانی (مهرماه) به ۱۲۷۳-۱۲۴۱ متر در آخرین گام زمانی (شهریورماه) کاهش می‌یابد.

در شکل ۸، نیز تغییرات مقدار زهکشی آبخوان (Constant head In) و مقدار تغذیه آبخوان (Constant head Out) در طول سال نشان داده شده است. زهکشی آبخوان تقریباً با گذشت ۲۷۲ روز از سال (۹ ماه) ادامه دارد و تغذیه بعد از گذشت ۲۴۱ روز از سال (۸ ماه) آغاز می‌شود. در ماه خرداد که هم تغذیه و زهکشی صورت می‌گیرد، نفوذ جریان آب شور به آبخوان محدود به ساحل دریاچه بوده و گسترش چندانی ندارد.



شکل ۸- تغییرات تغذیه و زهکشی آبخوان از دریاچه ارومیه در طول سال آبی ۸۱-۸۰

تأثیر تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه بر مدل جریان آب زیرزمینی

با توجه به اینکه تراز آب دریاچه ارومیه، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در تغذیه و زهکشی آبخوان است، برای مقایسهٔ مدل جریان آب زیرزمینی با کاهش تراز آب دریاچه یا افزایش تراز آب دریاچه، اجرای مدل در سال آبی ۷۵-۷۴ (بالاترین تراز) و سال آبی ۸۹-۸۸ (پایین‌ترین تراز) صورت گرفت. در شکل ۹، تغییرات تراز آب دریاچه در سال‌های شبیه‌سازی نشان داده شده است.

نتایج اجرای مدل بعد از گذشت ۳۶۵ روز در سال ۷۵-۷۴ و در سال ۸۹-۸۸ در شکل ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.

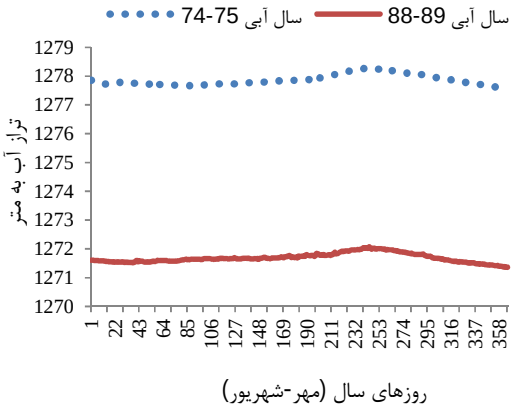
در سال آبی ۷۵-۷۴ که تراز آب دریاچه ارومیه بالاست، در تمام طول سال تغذیه آبخوان ساحلی ادامه دارد و در تمام طول سال زهکشی آبخوان صورت نمی‌گیرد و با

www.SID.ir

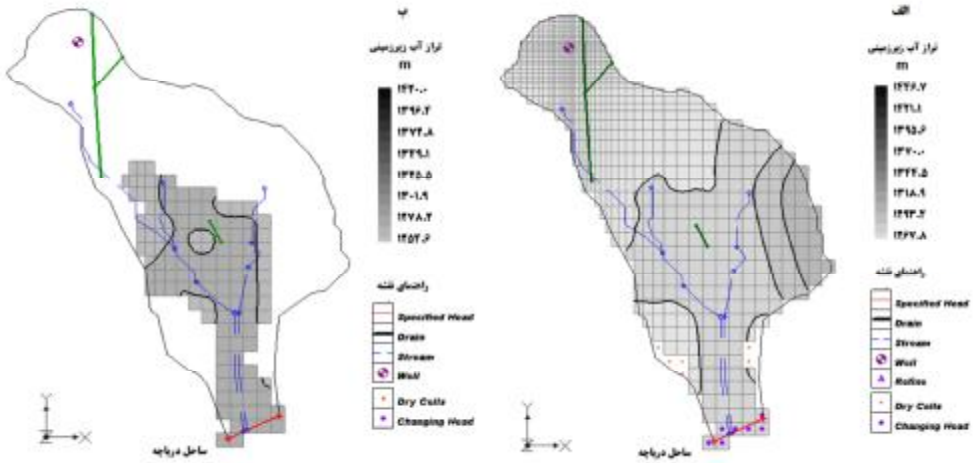
Archive of SID

فرارسیدن فصل برداشت تراز آب کاهش می‌یابد و محدودهٔ آبخوان کاهش چندانی نداشته و فقط چند سلول در حاشیه آبخوان خشک شده است. دامنه تغییرات تراز بار هیدرولیکی در سلول‌های تر آبخوان در اولین گام زمانی (آخر مهرماه) بین ۱۴۵۹-۱۲۷۷ و در پایان دورهٔ زمانی (آخر شهریورماه) بین ۱۳۰۱-۱۲۵۵ متر است.

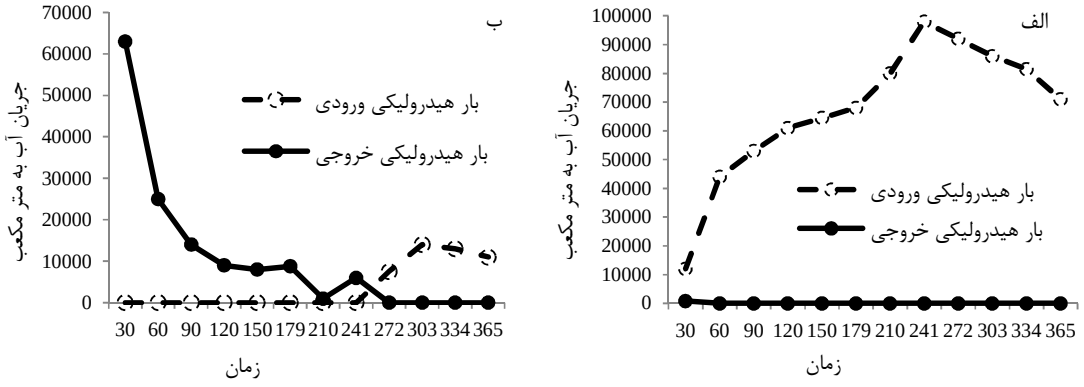
در سال آبی ۸۹-۸۰ که تراز آب دریاچه ارومیه پایین است، تغذیه آبخوان از فصل برداشت صورت می‌گیرد و گسترش آن محدود بوده و با فرارسیدن فصل برداشت محدودهٔ آبخوان کاهش یافته و بیشتر سلول‌ها خشک می‌گردند. دامنهٔ تغییرات تراز بار هیدرولیکی در سلول‌های تر آبخوان در اولین گام زمانی (آخر مهرماه) مابین ۱۴۳۱-۱۲۷۱ و در پایان دورهٔ زمانی (آخر شهریورماه) مابین ۱۲۷۱- ۱۲۵۷ متر است.



شکل ۹- مقایسه تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه در سال‌های آبی ۷۵-۷۴ و ۸۹-۸۸



شکل ۱۰- تراز بار هیدرولیکی آبخوان مقیطالو در پایان سال آبی ۷۵- ۷۴ (الف) ۸۹-۸۸ (ب)



شکل ۱۱- تغییرات تغذیه و زهکشی آبخوان از دریاچه ارومیه در سال‌های ۷۵-۷۴ (الف) و ۸۹- ۸۸ (ب)

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مدل‌سازی آبخوان مقیطالو برای هر دو شرایط ماندگار و غیرماندگار اجرا شده است. در طول سال شرایط مختلف بارندگی و تبخیر در حوضه اتفاق می‌افتد که تأثیرگذار در آبخوان حوضه است و باعث کاهش و افزایش تراز آب زیرزمینی می‌شود. در زمان‌هایی که تراز آب پایین‌تر از تراز سطح آب دریاچه ارومیه باشد، دریاچه، آبخوان را تغذیه خواهد کرد و این تغذیه تا هم‌ترازی سطح آب دریا با آب زیرزمینی ادامه پیدا می‌کند. مدل‌سازی در حالت غیرماندگار نسبت به حالت ماندگار به اطلاعات بیشتری نیاز دارد و نهایتاً می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدل‌سازی با وجود اطلاعات کم از منطقه مورد مطالعه در شبیه‌سازی آبخوان موفقیت‌آمیز بود و تأثیر تغییرات تنش‌ها به خوبی نمایش داده شد.

منابع

۱. اکبرپور ا، عزیزی م، و آقاحسینعلی شیرازی م، ۱۳۸۹. مدیریت بهره‌برداری آب‌های زیرمینی دشت مختاران با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود در محیط GMS6.5، نهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۰-۱۸ آبان، دانشگاه تربیت مدرس، ۸ ص.

۲. جعفری باری م، 1386، بررسی تأثیر سد زیرزمینی بر تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی در مرزهای آب شور و شیرین، مطالعه موردی: گورچین قلعه ارومیه، مطالعات اولیه طرح تحقیقاتی، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، 148 ص.

۳. واحد دوست ب، ۱۳۸۹، مطالعه بیلان آبی سدهای زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار MODFLOW، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه آزاد مهاباد، ۱۷۶ ص.

۴. هاتفی اردکانی ا. و رضایی راد ن، ۱۳۹۰، استفاده از تکنیک های RS و GIS در مکان‌یابی مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب‌های زیرزمینی دشت سمنان، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری، ۸-۷ اردیبهشت، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۷ ص.

5. Al-Hassoun S. A. and Mohammad T. A. 2011. Prediction of water table in an alluvial aquifer using Modflow. Pertanika Journal of Science & Technology. 19(1): 45-56.
6. Asadian F. Ahmadi M. Arzjani Z. Partani S. and Pirmoradi R. 2009. A Comparison of Different Procedures of Geostatic in the Study of Place Changes of the Level of Underground Water by GIS. International Conference on Water Resources. 15-17 August. Shahroud University of Technology. 7 p.
7. Clivia C. Agnes F. and Eduardo M. 2017. Comparative analysis of different boundary condition and their influence on numerical hydrogeological modeling of Palmital watershed. southeast Brazil. Journal of hydrology: Regional studies. 12: 210-219.
8. Kanak M. Chaitanya P. and Sanjay P. 2017. Inverse modeling of aquifer parameters in basaltic rock with the help of pumping test method using MODFLOW software. Geoscience Frontiers. 8(6): 1385-1395.
9. Lautz L. K. and Siegel D. I. 2006. Modeling surface and groundwater mixing in the hypothetic zone using MODFLOW and MT3D. Advances in water resource. 29(11): 1618-1633.
10. Mcdonald M. G. and Harbaugh A. W. 1988. A Modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. US Geological Survey. 588 p.
11. Onder H. and Yilmaz M. 2005. Underground dams a tools of sustainable development and management of groundwater resources. European water. Issues. 11(12): 35-45.
12. Rodriguez L. B. Cello P. A. Vionnet C. A. and Goodrich D. 2008. Fully conservative coupling of HECRAS with MODFLOW to simulate stream-aquifer interactions in a drainage basin. Hydrology. 353(1-2): 129-142.
13. Samah Hasan M. A. HassanAhmad A. Riad. P. and Mohamad R. 2015. Optimization for number of vertical drainage wells in highly heterogeneous aquifers. International journal of recent advances in multidisciplinary research. 2(7): 569-582
14. Xu X. Huang G. Zhan H. Qu Z. and Huang Q. 2011. Integration of SWAP and MODFLOW 2000 for modeling groundwater dynamics in shallow water table areas. Hydrology. 412: 170-181.
15. Yicheng G. Ganming L. and Franklin W. 2015. Quantifying the response time of a lake-groundwater interacting system to climatic perturbation. Water. 7(11): 6598-6615.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir