پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۹۸، بهار ۱۳۹۲
(پژوهش و سازندگی)

شبیه سازی آبخوان دشت همدان – بهار و بررسی سناریوهای مدیریتی با استفاده از مدل PMWIN

• **محمد مهدوی**
استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **بهنوش فرخ زاده** (نویسنده مسئول)
استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ملایر
• **علی سلاجقه**
دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
• **آرش ملکیان**
استادیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران
• **مهشید سوری**
استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: مهر ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۰
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۳۴۷۰۶۵
Email: be_farokhzadeh@yahoo.com

چکیده

در سال های اخیر، منابع آب زیرزمینی دشت همدان- بهار به دلیل بهره برداری بیش از حد مجاز، با افت شدیدی مواجه شده است، به طوری که در سال های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۸ به طور متوسط سالانه ۰/۸۴ متر افت داشته است. در این تحقیق با هدف مطالعه و بررسی تاثیر عملیات مدیریتی بر وضعیت آبخوان دشت مذکور، تغییرات سطح ایستابی با استفاده از مدل PMWIN در یک دوره دو ساله (سال۱۳۸۴الی ۱۳۸۶) با ۲۴ دوره تنش، شبیه سازی و مدل در دوحالت ماندگار و غیر ماندگار واسنجی شد. سپس، مدل در یک دوره ۱۲ ماهه (مهر ۸۶ تا شهریور ۸۷) مورد صحت سنجی قرار گرفت. مقادیر جذر میانگین مربعات در دوره واسنجی و صحت سنجی به ترتیب ۱/۲ و ۱/۵ بدست آمد. بعد از اطمینان از دقت مدل بدست آمده، از آن به منظور بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی استفاده شد. به منظور پیش بینی وضعیت آینده آبخوان دو گزینه ادامه روند فعلی بهره برداری بدون افزایش بارش و گزینه ادامه روند فعلی بهره برداری با افزایش ۲۰ درصدی در میانگین بارش متوسط، تدوین و مدل مجددا برای پنج سال آینده (سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳) اجرا شد. نتایج بیانگر این است که در صورت ادامه روند فعلی برداشت از آبخوان حتی در صورت افزایش بارش، در دوره پنج ساله پیش بینی، سطح ایستابی همچنان افت خواهد داشت. بررسی سه گزینه حذف چاه‌های غیرمجاز، تغییر الگوی کشت و تغییر شیوه آبیاری، حاکی از تاثیر مثبت این عملیات بر وضعیت آینده آبخوان می‌باشد. از این میان گزینه تغییر شیوه آبیاری به دلیل صرفه جویی در مصرف آب، به میزان ۱۴۱میلیون مترمکعب در سال، بیشترین تاثیر را بر کاهش میزان افت سطح تراز آبخوان در آینده خواهد داشت.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، تغییر الگوی کشت، دشت همدان- بهار، شبیه سازی، عملیات مدیریتی، مدل PMWIN.

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 98 pp: 108-116

Simulation of Hamedan- Bahar aquifer and investigation of management scenarios by using PMWIN

By: Mahdavi M. Professor of Tehran University, Farokhzadeh B. Assistant Professor of Malayer University (Corresponding Author; Tel: +989125347065), Salajeghe A. Associate Professor of Tehran University, Malakian A. Assistant Professor of Tehran University, Souri M. Assistant Professor of Urmia University.

Received: October 2011 **Accepted: February 2012**

Increasing demands for water and water shortage with low precipitation in Hamedan –Bahar plain have increased the rate of water consumption especially from ground water, during past 20 years, water table have decreased 0.84 meter, every years. In this research for evaluating management scenarios on condition of aquifer in future years, PMWIN model was used. Water fluctuations of 20 piezometric wells for two water years (2004-2006) were simulated. Model was calibrated in steady and unsteady states and then, the model was validated for one year (2007). Testing two scenarios on condition of aquifer during 5 years (2008-2013) that were, continuation of current utilization of ground water without increase of long term average precipitation and continuation of current utilization with 20% increase in average precipitation, shows that, if the current condition continued, as this way, more depletion of water table will occur in the future even with increase of precipitation. Other three proposed scenarios are: omit of unauthorized wells, changing cultivation pattern, and changing irrigation method. Evaluating the results of these scenarios shows positive influence on water fluctuation during future and cause decrease of water depletion. Among these, changing cultivation pattern have the most influence because of greatly volume of water that saving in this scenario.

Keywords: PMWIN, Management scenarios, Hamedan – Bahar aquifer, Cultivation pattern.

Archive of SID

مقدمه

کشـور ایران به دلیل محدودیـت ریزش های جوی در زمره کشـورهای خشـک و نیمه خشـک جهان قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه کشور (۲۴۰ میلی متر) در حدود یک سوم میانگین بارندگی سالیانه جهان (۸۷۰ میلی متر) است. از طرفی، توزیع بارندگی در ایران از نظر زمانی و مکانی یکنواخت نبوده و اکثر نقاط کشور با کم آبی مواجهند (۱۳). به دلیل عدم مطابقت میزان برداشت از منابـع زیرزمینـی با تغذیه آبخوان ها، در دهه‌هـای اخیر افت کمی و کیفی و برهم خوردن تعادل طبیعی منابع آب زیر زمینی مطرح می‌باشـد و در اکثر آبخوان های کشور بیلان آب منفی بوده و کیفیت آب نیز به شدت افت نموده اسـت (۹). لذا، با توجه به منابع محدود آبی و نقشـی که آب در زمینه توسعه ایفا می‌کند، برنامه ریزی صحیح در زمینه مدیریت بهینه مصرف آب در تمامی بخـش ها، خصوصاً بخش کشـاورزی که بیـش از ۹۰ درصد مصرف را به خود اختصاص داده باید مورد توجه قرار گیرد. مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی در وهله اول نیاز به شـناخت عملکرد سفره در شرایط طبیعی و سپس پیش‌بینی اثرات برداشـت و یا تغذیه دارد. در این میان با ابزاری مانند شبیه‌سـازها و یا مدل‌ها می‌توان با دقت قابل قبولی، شـرایطی مشـابه آنچه در طبیعت موجود است را بوجود آورد و به نتایج رضایت بخشی دست یافت (۴).

در صورتی‌که بتوان شبیه‌سـازی یک آبخوان را انجام و با شـرایط طبیعی تطبیق داد، به سـهولت می‌توان با در نظر گرفتن سـناریوهای مختلف شرایط آینده را بر روی سفره پیش بینی کرده و اثر اعمال هر نوع مدیریت و سیاست بهره‌برداری را در روی تحول سـطح آب زیرزمینی مورد بررسـی قرار داد (۲). اسـتفاده از مـدل های کامپیوتری آب زیرزمینی در دهـه های اخیر به عنوان روشی ارزان و سریع در بررسی چگونگی حرکت، بیلان و مدیریت بهره برداری از آب هـای زیرزمینـی پیشـرفت قابل توجهی داشـته اسـت (۱۲). از جمله مدل هایی که دارای قابلیت های بسـیار خوبی در مطالعه آب های زیرزمینی می باشـد، مدل سـه بعدی تفاضل محدود Macdonald و Harbough با نام Modflow اسـت که در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است (۲۱). نرم افزار مورد اسـتفاده در این تحقیق، برنامـه تحت ویندوز Modflow با نام PMWIN Chiang و Kinzelbach) اسـت. این مدل کامپیوتری محصول سال ۱۹۹۶ سازمان زمین شناسی آمریکا می‌باشد.

Gieske و Miranzadeh (۲۰۰۲) تغییـرات سـطح آب زیرزمینی را در یکی از زیر حوزه‌های زاینده رود، با اسـتفاده از نرم افزار PMWIN مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان تغذیه به آبخوان،۲۶۷ میلیون متر مکعب و میزان برداشت،۱۹۲ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد و حدود ۷۶ میلیـون مترمکعب در سـال به داخل زاینده رود زهکش می‌شـود، همچنین، نتایج تحقیق نشـان داد، در صورت برداشـت بیش از ۱۹۲ میلیون مترمکعب، کاهش سـطح تراز سـطح آب زیرزمینی موجب افزایش شیب هیدرولیکی در حوضه شـده که با برداشت بیشـتر موجب زهکش جریان رودخانه به آبخوان می‌شود که علاوه بر تاثیر بر شرایط هیدرولوژی رودخانه، موجب کاهش جریان به مناطق پایین دست زاینده رود می‌شود (۲۰).

Cho و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به منظور بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر رژیم جریان زیرزمینی حوضه رودخانه Roanoke، در آمریکا، هشت سناریو تغییر کاربری اراضی تدوین، و تاثیر آنها را بر روی تراز آب زیرزمینی با استفاده از مدل Modflow بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد توسعه

www.SID.ir

اراضی کشاورزی، بیشترین تاثیر را بر روی تراز سطح آب زیرزمینی دارد و همچنین با توسعه اراضی غیر قابل نفوذ سطح آب زیرزمینی بیشترین کاهش را نشان می‌دهد (۱۹).

Zhang و Hiscock (۲۰۱۰)، با استفاده از مدل Modflow تاثیر تغییر کاربری اراضی زراعی به اراضی جنگلی را بر روی منابع زیرزمینی تا سال ۲۰۲۵ در آبخوان Sand stone نیویورک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش اراضی جنگلی، تغذیه به آبخوان سالیانه تا ۴۵ درصد کاهش می‌یابد که مقدار کاهش یافته، در فصول زمستان نسبت به تابستان بیشتر می‌باشد(۲۴).

چیت سازان و همکاران (۱۳۸۴) به منظور بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی منابع آب دشت رامهرمز، از مدل ریاضی Modflow استفاده نموده وگزینه‌های مختلف مدیریتی، شامل ادامه روند کنونی برداشت، توسعه آبخوان با حفر چاه های جدید، تاثیر زهکش ها در مناطق زهدار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج شبیه سازی نشان داد که ادامه روند کنونی برداشت از نظر مدیریتی گزینه قابل قبولی نمی باشد(۳).

فضل اولی و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی به منظور ارزیابی تغذیه مصنوعی و طبیعی سفره آب زیرزمینی دشت موسیان در استان ایلام و نیز پیش بینی نوسانات سطح ایستابی از مدل Modflow استفاده کردند. شبیه سازی آبخوان موسیان تا سال ۱۴۰۰ نشان داد که آبخوان مذکور با وجود انجام عملیات پخش سیلاب طی سال های آتی همچنان با افت سطح ایستابی مواجه خواهد بود. همچنین، انجام آزمون آنالیز حساسیت بر روی مدل نشان داد که عامل تغذیه موثرترین عامل در نوسانات سطح ایستابی در دشت مورد مطالعه است (۱۵).

کرامتی و علی محمدی (۱۳۸۷) در تحقیقی به بررسی تحلیل حساسیت پارامترهای مهم شبیه سازی آب زیرزمینی با کمک مدل Modflow پرداختند، بدین صورت که میزان تأثیر هر یک از عوامل بارش، جریان برگشتی، پمپاژ، هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و رسانایی هیدرولیکی رودخانه را بر افت سطح ایستابی مورد مقایسه قرار دادند. بررسی نتایج نشان داد که حساس‌ترین عوامل به ترتیب شامل جریان برگشتی، پمپاژ، هدایت هیدرولیکی، ضریب ذخیره و بارندگی می‌باشند (۱۶).

زمزم و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت رفسنجان را با استفاده از مدل PMWIN شبیه سازی کردند. ایشان از مدل کالیبره شده به منظور پیش بینی سطح آب زیرزمینی تحت سناریوهای مختلف، برای پنج سال آینده استفاده کردند. نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر لزوم کاهش برداشت و افزایش تغذیه طی سال های آتی در دشت مذکور می باشد(۸).

هدف تحقیق حاضر، مدل سازی آبخوان با اعمال سناریوهای مختلف مدیریتی بر وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت همدان- بهار است و همچنین راهکارهای مناسب به منظور مدیریت بهینه منطقه نیز مد نظر قرار گرفته است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز اصلی مشرف به دشت همدان - بهار با عرض جغرافیایی '۵۸ °۳۴ تا '۱۹ °۳۵ و طول جغرافیایی '۱۲ °۴۸ تا '۱۸ °۵۹ در دامنه شمالی کوه الوند قرار داشته و از زیر حوضه های مهم رودخانه قره چای و دریاچه نمک محسوب می‌شود. از نظر زمین شناسی این حوضه در ناحیه سنندج سیرجان قرار دارد. وسعت کل حوضه ۲۴۹۲ کیلومتر مربع است که ۱۵۹۴کیلومتر از آن را ارتفاعات و ۸۸۰ کیلومتر مربع را دشت تشکیل می دهد(شکل ۱). در این حوزه آبخیز، یک آبخوان اصلی از نوع آزاد به وسعت ۴۶۸ کیلومتر مربع وجود دارد. شیب عمومی منطقه جنوب غربی- شمال شرقی بوده و حداکثر و حداقل ارتفاع به ترتیب ۳۵۳۸ و ۱۶۷۵ متر می‌باشد. متوسط درجه حرارت ۱۱/۲ درجه سانتی گراد و متوسط آمار بارندگی سالانه دشت ۳۲۱ میلی متر می‌باشد. عمده ترین رودخانه های حوزه از ارتفاعات جنوبی کوه های الوند سرچشمه می گیرند و تمامی آن ها در قسمت های مرکزی دشت به هم پیوسته و رودخانه اصلی حوزه به نام سیمینه رود را تشکیل می دهند که با روندی جنوبی- شمالی جریان یافته و از سمت شمال حوزه از تنگه کوشک آباد خارج می شوند. آمار آبدهی متوسط سالانه در طول دوره آماری ۴۵ ساله (۸۷-۱۳۴۳) در ایستگاه کوشک آباد، ۲/۴۶ متر مکعب در ثانیه معادل ۷۷/۶ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است (۵).

عمده بهره‌برداری در دشت همدان- بهار با استفاده از چاه صورت می‌گیرد. چشمه ها و قنوات از دیگر شیوه های بهره برداری در این دشت می باشند. در سال های اخیر به دلیل خشکسالی و توسعه اراضی کشاورزی، برداشت بی‌رویه از منابع آب های سطحی و زیرزمینی افزایش یافته و موجب محدودیت در منابع آب منطقه شده و مشکلات متعددی در این دشت بوجود آمده است. همین امر، باعث خشک شدن و متروکه شدن بسیاری از قنوات موجود در دشت، افت شدید آب های زیر زمینی و نشست زمین شده است (۵ ، ۶). ممنوعیت توسعه بهره برداری از آب های زیرزمینی دشت همدان - بهار، سال ۱۳۷۲ به علت منفی شدن بیلان و حساسیت تامین آب شرب شهرهای همدان، بهار، لالجین و... اعمال شده است

روند کلی هیدروگراف آب زیرزمینی دشت نزولی و نشانگر بروز افتی مداوم همراه با کاهش ذخایر آب زیرزمینی می‌باشد. براساس داده‌های موجود، میزان افت آبخوان در مقطع زمانی ۱۳۷۰-۱۳۷۱ لغایت ۱۳۸۹-۱۳۸۸ برابر ۱۷/۵ متر می‌باشد. این مقدار افت حاکی از تغییرات نگران کننده‌ای در کاهش ذخایر آب زیرزمینی منطقه است و مهمترین دلیل آن برداشت بیش از حد مجاز از آب های زیرزمینی منطقه، خصوصا از طریق چاه‌های کشاورزی می‌باشد. (۵، ۱۷).

روش تحقیق

مدل سازی آبخوان دشت همدان - بهار

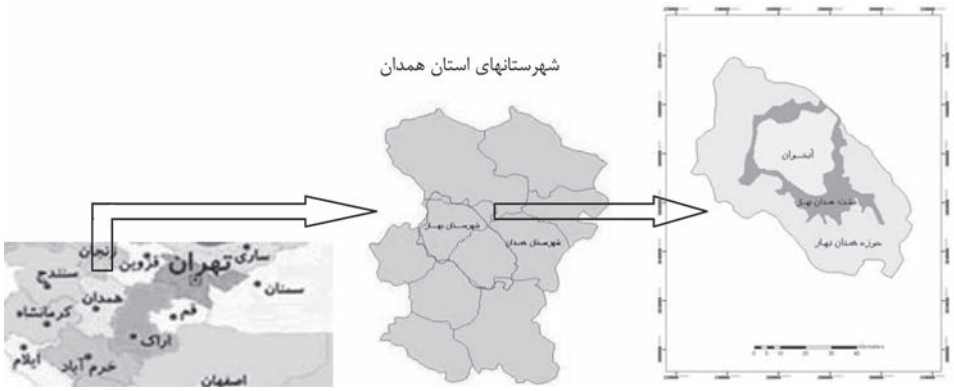
با توجه به اطلاعات بدست آمده از مطالعات زمین شناسی در دشت همدان - بهار یک آبخوان اصلی از نوع آزاد به وسعت ۴۶۸ کیلومتر مربع وجود دارد که محدوده مدل سازی در این تحقیق می‌باشد.

مراحل اجرای مدل ریاضی آب زیر زمینی

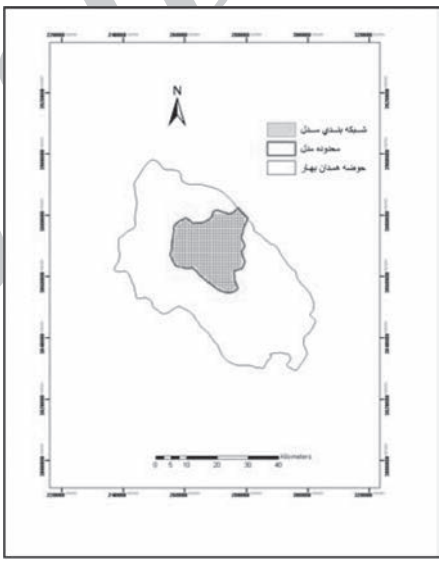
الف- شبکه بندی منطقه و ورود اطلاعات

از آن جا که مدل آب زیرزمینی Modflow به روش تفاضل های محدود حل می‌شود، لذا برای استفاده از روش های عددی برای مدل سازی آب زیرزمینی و حل معادلات دیفرانسیل جزئی، باید محیط را به اجزاء کوچک تری که اصطلاحاً سلول نامیده می شود، تقسیم کرد. در روش تفاضل های محدود، معمولاً منطقه مطالعاتی با استفاده از دو دسته خطوط موازی عمود بر هم، به تعدادی شبکه مستطیلی و یا مربعی تقسیم می شود(۲) معمولاً در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی با توجه به وجود اطلاعات و آمار، ابعاد سلول‌ها از ۵۰۰ متر تا ۲ کیلومتر درنظر گرفته می‌شود که می‌تواند یا به‌صورت

Archive of SID



شکل ۱- موقعیت عمومی دشت و آبخوان همدان- بهار



شکل ۲- شبکه بندی محدوده مدل سازی

شکل ۳- محدوده مدل سازی به همراه چاه مشاهده ای، مرزهای معلوم و رودخانه

یکنواخت و یک اندازه انتخاب شـود و یا متغیر باشـد (۱۱). بر این اساس، آبخوان دشـت بهار- همدان با توجه به اطلاعاتی کـه از مطالعات پایه آب‌های زیرزمینی منطقه در دسترس است، به وسیله دو دسته خطوط موازی که بر یکدیگر عمودند، به چهار ضلعی‌های به ابعاد ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر تقسـیم بندی شـد که در مجموع تعداد کل شـبکه ها ۵۹۸ عدد می شـود (شـکل ۱). در مرحله بعدی با تفسـیر خطوط تراز آب زیرزمینی مرزهای غیر قابل نفوذ و مرزهای نفوذپذیر در محدوده آبخوان مشـخص شد. قابل ذکر است که مرزهای شمال غربی و غربی از نوع خروجی می‌باشد (شکل ۲). همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، ۲۰ حلقه چاه مشاهداتی در محدوده مدل سازی قرار دارند.

ب- تعیین شرایط اولیه و انتخاب گام‌های زمانی

یکی دیگر از شـرایط حل معادلات دیفرانسـیل جزیی در آب زیرزمینی، وجود شرایط اولیه است تا مدل می‌تواند بوسیله اعداد پایدار و ارقام آن از یک نقطه محاسبات را شروع کرده و ادامه دهد. شرایط اولیه در حالت رژیم پایدار به‌صورت فرضی انتخاب شـده و مدل با حل معادلات و با توجه به شـرایط مرزی، مقادیر ارتفاع سطح آب در سلول‌های داخلی را محاسـبه می‌کند. در حالت رژیم ناپایدار، شرایط اولیه مربوط به زمان شروع محاسبات می‌باشد و مدل با استفاده از آن، مقادیر ارتفاع سطح ایستابی را در گام زمانی بعدی، محاسبه می‌کند. گام زمانی در نظر گرفته شده برای حل معادلات دیفرانسیل به‌صورت یک روز و دوره های تنش ماهانه می‌باشد (۱۱).

در این تحقیق، مقادیر ارتفاع سـطح ایسـتابی در ماه مهر ۱۳۸۴ که ماه حداقل سطح آب در منطقه است، به‌عنوان شرایط اولیه در حالت پایدار انتخاب و برای هر سلول از شـبکه، اطلاعات مربوط به نقشه توپوگرافی منطقه، نقشه ارتفاع سنگ بستر (کف آبخوان)، هدایت هیدرولیکـی، ضریب ذخیره، قابلیت انتقال(ضرایب هیدرودینامیکی سـفره)، میزان تبخیر، ارتفاع ایسـتابی اولیه، میزان تغذیه به وسـیله بارش و جریان سطحی، میزان تخلیه توسط چاهای بهره برداری و قنوات، وارد مدل شد و مدل در دو حالت پایدار و ناپایدار در سال های ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶- ۱۳۸۵ (۲۴ دوره تنش ماهانه) اجرا شد. علت انتخاب این دوره، کامل تر بودن اطلاعات و انجام مطالعات تفضیلی در این سال هاست.

Archive of SID

www.SID.ir

ج- واسنجی مدل

در مرحله اجرای مدل، با ورود داده‌های مورد نظر مدل و تعریف شـرایط مرزی و اولیه، مقدار سـطح آب سفره (h) سلول به سلول و برای زمان‌های مختلف محاسبه می‌شـود. مقدار سـطح آب سـفره در واقع خروجی سیسـتم معادلات است. در اکثر حالات، مدل‌سـازی و به‌ویژه در مرحله راه‌اندازی مقدار سـطح آب محاسـبه شده با مقدار سطح آب مشاهده شده در نقاط کنترل که همان چاه‌های مشاهده‌ای می‌باشد، به‌دلایل عدم شـناخت کافی ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان، عدم دقت در داده های ورودی تغذیه و تخلیه به سیسـتم وعدم تعریف مناسب شـرایط مرزی و اولیه با هم مطابقت ندارد (۴).

بنابراین، به منظور این‌که بتوان از مدل در راسـتای مدیریت بهره‌برداری از سفره اسـتفاده کرد، باید مـدل را به منطقه مورد نظر تطبیـق داد. بدین معنی که مقادیر ضرایبی را که عدم قطعیت در آن‌ها وجود دارد، آن‌قدر تغییر داد تا مقادیر سـطح آب محاسـبه شده و مشاهده شـده تقریباً و در حد قابل قبولی منطبق بر هم شوند. این فرآیند را واسنجی، تنظیم، تطبیق و یا کالیبراسیون (Calibration) مدل می‌نامند. برای واسـنجی مدل دو روش وجود دارد: ۱- روش خودکار و ۲- روش سـعی و خطا (۱۱).

در این تحقیق، به منظور واسنجی مدل، از روش سعی و خطا استفاده و مدل در حالت ماندگار و غیر ماندگار اجرا و واسنجی شد.

ج-۱- واسنجی مدل در حالت پایدار

حالت پایدار یا ماندگار بیانگر وضعیتی است که سیستم تخلیه و تغذیه در آبخوان در حالت طبیعی بوده و پمپاژ از سفره صفر یا حداقل ممکن است. در این مرحله، رژیم جریـان آب در آبخوان به صورت پایدار فرض شـده و از تغییرات حجم آب در مخزن زیرزمینی صرف‌نظر می‌شـود. در این تحقیق، ماه مهـر ۱۳۸۴ به‌عنوان ماه پایه برای واسـنجی مدل در حالت رژیم پایدار انتخاب شـد. در این حالت بعد از اجرای مدل بر اساس روش آزمون و خطا مقادیر هدایت هیدرولیکی (k)، میزان تغذیه و تخلیه (R) و ارتفاع سنگ بستر تغییر و مجددا مدل اجرا، تا در نهایت تراز سطح ایستابی محاسبه شده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده در ۲۰ حلقه چاه بسیار نزدیک شد.

ج-۲- واسنجی مدل در حالت ناپایدار

در شـرایط ناپایدار یا غیر ماندگار، رژیم جریان آب در آبخوان به صورت ناپایدار فرض شـده و واسنجی مدل صورت می‌گیرد. در حالت ناپایدار بیشتر عوامل تغذیه و تخلیه در دوره های مختلف زمانی و نیز آبدهی ویژه، قابل واسـنجی میباشـد. در این مرحله مقادیر هدایت هیدرولیکی و ارتفاع سنگ بستر که از مرحله قبل واسنجی شده بود، تغییری داده نشـد و سـایر اطلاعات مورد نیاز مدل به صورت ۲۴ دوره تنش به مـدل وارد و بعـد از اجرا، از طریق روش آزمون و خطا مقادیر تغذیه و تخلیه و آبدهی ویژه تغییر داده شد تا مقادیر سطح تراز ایستابی در ۲۴ ماه دوره شبیه سازی و در ۲۰ چاه مشاهده‌ای منطبق و یا نزدیک شد.

د- صحت سنجی مدل

پس از واسـنجی نمودن مدل، برای حصول اطمینان در خصوص میزان کارایی و دقت مدل در شبیه سازی سفره، معمولاً مدل را با یک سری دیگر از داده های مشاهده شده مورد ارزیابی قرار می دهند. در این مرحله اگر مدل بتواند، دوره زمانی غیر از دوره واسنجی را شبیه سـازی کند، ترکیب پارامترهای به کار رفته صحیح می‌باشد (۱۸). برای بررسی صحت مدل لایه‌های اطلاعاتی برای ۱۲ دوره تنش (از مهر ۸۶ تا شهریور ۸۷) وارد، و مدل برای این سال اجرا شد.

۲- پیش بینی وضعیت آینده آبخوان

در فرایند شبیه سازی با هدف پیش بینی وضعیت آینده آبخوان، از مدل بدست آمده، برای پیش بینی واکنش سیستم نسبت به حوادث آینده استفاده می‌شود. مساله مهم در این میان، تعیین مدت زمانی اسـت که مـدل بتواند با دقت زیاد آن را پیش بینی نماید و این مدت زمان بسـته به اهداف مختلف متفاوت می باشد (۱۸). در این تحقیق، مدت زمان پیش بینی پنج سـال در نظر گرفته شـد که شروع آن از آخرین سال دارای آمار، مهر۸۸ تا شهریور ۹۳ می‌باشد. بدین منظور، دو سناریو تدوین و پاسخ آبخوان نسـبت به آنها بررسی شد. در سـناریوی اول برای پنج سال با در نظر گرفتن بارش متوسط طولانی مدت دشت (۳۲۱ میلی متر) و سناریو دوم مشابه سناریو اول و با افزایش ۲۰ درصدی در بارش متوسط (۳۶۴ میلی متر) تدوین شد. در این سناریوها با توجه به ممنوعه بودن دشـت فرض بر این شـد که در پنج سـال آینده توسـعه و اضافه برداشتی از منابع زیرزمینی صورت نمی گیرد و میزان برداشت و تغذیه مطابق با آخرین سـال بهره برداری در نظر گرفته شـد و فقط برنامه ریزی روی بارش و نفوذ صورت گرفت و مجددا مدل برای این دو سناریو اجرا شد.

۳- بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی

الف- اصلاح الگوی کشت

در بحث اصلاح و تغییر الگوی کشـت، الگوی پیشنهادی باید از لحاظ اقتصادی، فنی و میزان آب مصرفی نسـبت به وضع موجود برتر بوده و از همه مهم تر از لحاظ اجرایی قابل قبول زارعین باشد. در این تحقیق با در نظر گرفتن این عوامل و بررسی کشت موجود منطقه، به منظور بررسی تاثیر تغییر الگوی کشت بر وضعیت آبخوان، از الگوی پیشنهادی توسط کارشناسان زراعی جهاد کشاورزی استان و روحانی (۱۳۸۵) استفاده شد (جدول ۲).

در مرحله بعد، با استفاده از نرم افزار AGWAT که یک منبع معتبر در زمینه براورد نیاز آبی الگوی کشـت اسـت و با اسـتناد به آمار و اطلاعات موجود در جهاد کشاورزی استان، میزان آب ناخالص مورد نیاز در هر دو الگوی کشت تعیین، و میزان آب صرفه جویی شده در این گزینه از میزان تخلیه چاه های کشاورزی حذف و مدل مجددا برای پنج سال آینده (مهر ۱۳۸۸ تا شهریور ۹۳) اجرا شد.

ب- تغییر روش آبیاری

مجموع اراضی زیرکشت آبی زراعی و باغی در دشت همدان - بهار ۲۸۰۰۰ هکتار اسـت که سـهم اراضی باغی ۵۵۰۰ و اراضی زراعی ۲۲۵۰۰ هکتار می‌باشـد. بیشتر اراضی مذکور به شیوه سنتی آبیاری می شود که به دلیل راندمان پایین موجب اتلاف آب، کاهش تولید و برداشت بیشتر و فشار به مخازن زیرزمینی می‌شود (۱۷) . در این گزینه با استفاده از نرم افزار AGWAT، میزان آب مورد نیاز الگوی کشت منطقه در حالت وضع موجود با راندمان ۴۵ درصد و تغییر شیوه آبیاری اراضی باغی به قطره‌ای با راندمان ۹۰ درصد و اراضی زراعی به آبیاری بارانی با راندمان ۷۰ درصد تعیین شد. به منظور بررسی تاثیر اعمال این گزینه بر وضعیت هیدروگراف دشت، میزان آبی صرفه جویی شـده، از تخلیه چاه ها کسر، و با ثابت نگه داشتن سایر پارامترها، مدل مجددا برای پنج سال آینده اجرا شد.

ج- مسدود نمودن چاه‌های ممنوعه

یکی از مشکلات بهره برداری در بخش کشاورزی دشت همدان - بهار با توجه به ممنوعه بودن دشت و عدم امکان توسعه بهره برداری، حفر چاه های غیر مجاز، به دلیل

Archive of SID

جدول ۲- وضعیت الگوی کشت موجود و الگوی بهینه پیشنهادی (واحد، هکتار)

ردیف	محصول	وضع موجود	الگوی بهینه	ردیف	محصول	وضع موجود	الگوی بهینه
۱	گندم	۵۱۹۳	۵۰۰۰	۱۰	جو	۱۸۵۴	۱۸۵۵
۲	سیب زمینی	۸۸۹۲	۵۰۰۰	۱۱	کلزا	۱۰۰	۵۰۰
۳	پیاز	۴/۵	۴/۵	۱۲	گوجه فرنگی	۲۷	۲۷
۴	یونجه	۱۷۰۷	۱۷۳۳	۱۳	چغندر قند	۱۰۲۰	۱۱۳۵
۵	ذرت دانه ای	۵	۹۱۲/۶۳	۱۴	هندوانه	۵۸	۲۰۰
۶	نخود	۵	۵	۱۵	سیر	۱۰۳۸/۹۷	۸۲۰
۷	لوبیا	۸	۹۹۳/۵۴	۱۶	کدو آجیلی	۲۸۹	۱۵۰۰
۸	خیار	۴۲۶/۵	۳۵۱/۴۵	۱۷	کدو حلوائی	۳	۳
۹	ذرت علوفه ای	۵	۵	۱۸	شبدر	۵	۵

نیاز روز افزون به آب است که تعداد آنها نیز رو به افزایش است. از تعداد و میزان دقیق تخلیه سالانه این چاه ها آمار دقیقی در دسترس نیست. اما با استناد به آمار شرکت آب منطقه‌ای استان، تعداد این چاه ها ۳۹۰ حلقه و میزان تخلیه آن ها ۴۹ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. در این راهکار میزان تخلیه این چاه ها از بسته WELL در مدل حذف شد و سایر پارامترها با فرض روندی مشابه با آخرین سال آماربرداری، تغییری داده نشد و مدل مجددا برای پنج سال آینده اجرا شد.

نتایج

الف- نتایج حاصل از اجرا و واسنجی مدل آب زیرزمینی

۱- نتایج واسنجی مدل در حالت پایدار

بعد از انجام واسنجی مدل از طریق روش آزمون و خطا، به منظور مقایسه اختلاف بین تراز سطح ایستابی محاسبه شده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده در چاه های مشاهداتی، در مهر ماه ۱۳۸۴، از معیار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد (معادله۱). هر چقدر مقدار این معیار کمتر باشد به معنای اختلاف کمتر بین مقادیر محاسبه شده و مقادیر مشاهده شده می باشد و دلالت بر انجام دقیق تر واسنجی دارد. در واسنجی مدل در حالت پایدار ، میزان جذر میانگین مربعات خطا ۰/۷۸ و میزان ضریب تبیین (R^2) ۰/۹۹ بدست آمد که نشان از میزان دقت مقادیر محاسبه شده به وسیله مدل در حالت ماندگار دارد. در شکل ۳ نتایج حاصل از واسنجی مدل به صورت نمودار، در ۲۰ چاه مشاهده ای نشان داده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(h_m - \hat{h}_s)^2} \qquad (1)$$

n= تعداد چاه های مشاهده ای hm= (مقادیر سطح آب مشاهده شده) و hs= (مقادیر سطح آب شبیه سازی شده)

۲- نتایج واسنجی مدل در حالت ناپایدار

بعد از واسنجی مدل در حالت ناپایدار به منظور مقایسه نتایج بدست آمده، مقادیر ارتفاع سطح ایستابی در ۲۰ چاه مشاهد ه‌ای و در ۲ ماه مهر و اردیبهشت (ماه حداقل و حداکثر ارتفاع سطح ایستابی) در جدول ۱ نشان داده شده است. در این مرحله جذر میانگین مربعات خطا ۱/۲ بدست آمد.

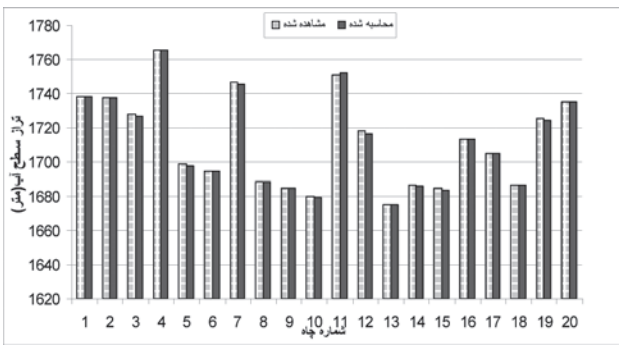
۳- نتایج صحت سنجی مدل

پس از اجرای مجدد مدل در مرحله صحت سنجی، مقادیر تراز ایستابی محاسبه شده با مقادیر مشاهده شده درمهر ۱۳۸۶ تا شهریور ۱۳۸۷ مورد مقایسه قرار گرفته و با توجه به معادله ۱ مقدار جذر میانگین مربعات خطا ۱/۵ برآورد شد. نتایج بدست آمده در مراحل واسنجی و صحت سنجی، درستی و مقبولیت مدل را به عنوان یک ابزار مدیریتی برای بررسی گزینه های مختلف نشان می دهد.

ب- نتایج حاصل از پیش بینی وضعیت آینده آبخوان

نتایج حاصل از اجرای سناریوی اول نشان می دهد، با توجه به میانگین بارش درازمدت، در صورت ادامه روند کنونی بهره برداری، روند تغییرات سطح ایستابی نزولی بوده و میزان افت در دوره پنج ساله شبیه سازی ۴/۵ متر است که معادل افت سالیانه ۰/۸۵ متر می باشد. با توجه به مساحت آبخوان و مقدار ضریب ذخیره (۵ درصد) میزان کسری مخزن در این مدت ۹۸ میلیون مترمکعب خواهد بود.

در مورد سناریوی دوم، با توجه افزایش ۲۰ درصدی در میزان بارش متوسط منطقه، همچنان سطح تراز آب زیرزمینی نزولی بوده و مخزن با کسری مواجه است. در این حالت، مقدار افت پنج ساله ۲/۱ متر و متوسط افت سالیانه ۰/۴۲ متر می‌باشد و با توجه به مساحت آبخوان و ضریب ذخیره، میزان کسری مخزن در دوره شبیه سازی، ۴۶ میلیون متر مکعب برآورد می شود. نتایج حاصل از اجرای این دو سناریو حاکی

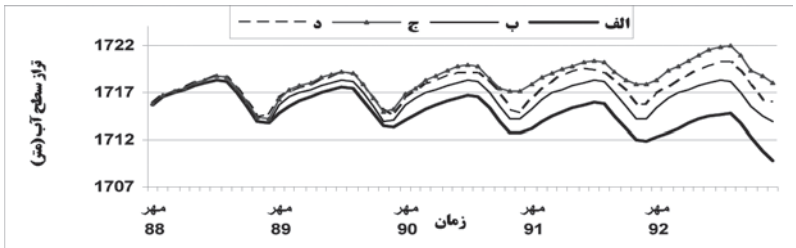


شکل ۴- مقایسه بین سطح آب مشاهده‌ای و محاسبه شده در واسنجی پایدار(مهر ۸۴)

www.SID.ir
Archive of SID

جدول ۱- مقادیر ارتفاع ایستابی محاسبه شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده، در حالت ناپایدار

شماره چاه	مهر ۸۴		اریبهشت ۸۵		مهر ۸۵		اردیبهشت ۸۶	
	مشاهده شده (متر)	محاسبه شده (متر)	مشاهده شده (متر)	محاسبه شده (متر)	مشاهده شده (متر)	محاسبه شده (متر)	مشاهده شده (متر)	محاسبه شده (متر)
۱	۸۲۷۱/۵۶	۱۷۲۷/۴۵	۱۷۳۲/۱۹	۱۷۳۴/۱۹	۱۷۲۸/۰۳	۱۷۲۷/۰۳	۱۷۳۲/۵۴	۱۷۳۳
۲	۳۴۷۱/۸۵	۱۷۴۴/۶	۱۷۴۳/۱۶	۱۷۴۶/۲۰	۱۷۰۴/۶	۱۷۴۱/۶۴	۱۷۴۲/۷۵	۱۷۴۱/۸۴
۳	۴۳۷۱/۱	۱۷۳۶	۱۷۳۸	۱۷۴۰/۲	۱۷۳۳/۷۳	۱۷۳۱	۱۷۳۸/۱۶	۱۷۳۹
۴	۱۷۷۵/۶	۱۷۷۶/۷۸	۱۷۷۵/۱۱	۱۷۷۷/۲۰	۱۷۷۵/۰۹	۱۷۷۶/۲۹	۱۷۷۶	۱۷۷۶/۸
۵	۱۶۹۳/۲۱	۱۶۹۴/۸۱	۱۷۰۲/۳۱	۱۷۰۳/۳۱	۱۶۹۲/۸۸	۱۶۹۰/۸۰	۱۷۰۴/۰۴	۱۷۰۳
۶	۱۷۰۲/۴۹	۱۷۰۵	۱۷۰۱/۷۵	۱۷۰۲/۵	۱۷۰۱/۵۴	۱۷۰۲	۱۷۰۱/۶۴	۱۷۰۲/۶۰
۷	۱۷۴۸/۹۷	۱۷۴۶/۸	۱۷۵۱/۸۷	۱۷۵۳/۸	۱۷۴۸/۵۵	۱۷۴۶	۱۷۵۱/۳۵	۱۷۵۲/۳۰
۸	۱۶۷۶/۸۵	۱۶۷۷/۹	۱۶۸۴/۶۳	۱۶۸۶/۳	۱۶۷۵/۰۸	۱۶۷۴/۱۸	۱۶۸۴/۹۳	۱۶۸۳/۱
۹	۱۶۸۸/۸۶	۱۶۸۶/۶	۱۶۹۰/۶۹	۱۶۹۲/۵۶	۱۶۸۶/۳۹	۱۶۸۷/۴	۱۶۸۹/۹۹	۱۶۸۸/۲
۱۰	۱۶۸۸/۶۷	۱۶۸۷/۳۵	۱۶۹۱/۹۸	۱۶۹۳/۷۳	۱۶۸۷/۶۸	۱۶۸۸	۱۶۹۱/۴۸	۱۶۹۱
۱۱	۱۷۵۱/۸۲	۱۷۵۱/۳۱	۱۷۵۲/۷۱	۱۷۵۲/۶۳	۱۷۵۱/۶	۱۷۵۱	۱۷۵۲/۵	۱۷۵۱
۱۲	۱۷۱۶/۲۳	۱۷۱۶/۷۴	۱۷۱۶/۱۹	۱۷۱۶/۶۵	۱۸۱۶/۲	۱۷۱۶/۸	۱۷۱۵/۴	۱۷۱۵
۱۳	۱۶۷۵	۱۶۷۴/۸۲	۱۶۷۶/۳۱	۱۶۷۷/۳۲	۱۶۷۵/۱	۱۶۷۴/۲	۱۷۷۴	۱۷۷۷/۳
۱۴	۱۶۸۶/۳	۱۶۸۷/۲۷	۱۶۸۹/۶۸	۱۶۸۸/۷۶	۱۶۸۶/۱	۱۶۸۵	۱۶۸۹/۲۴	۱۶۸۸
۱۵	۱۶۸۳/۹۷	۱۶۸۳/۱۶	۱۶۸۸/۶۵	۱۶۸۷/۶۰	۱۶۸۳/۷	۱۶۸۲/۳	۱۶۸۸/۳	۱۶۸۷/۱
۱۶	۱۷۱۳/۶۳	۱۷۱۴/۲۸	۱۷۱۵/۵۱	۱۷۱۷/۰۰	۱۷۱۳/۴	۱۷۱۴/۳	۱۷۱۵	۱۷۱۴/۲
۱۷	۱۷۰۴/۹۱	۱۷۰۶/۱۰	۱۷۰۹/۲۴	۱۷۱۰/۲۹	۱۷۰۴/۲	۱۷۰۵	۱۷۰۹	۱۷۰۸/۳
۱۸	۱۶۸۶/۸۵	۱۶۸۷/۲۲	۱۶۹۳/۴	۱۶۹۲/۴۰	۱۶۸۶/۳	۱۶۸۵	۱۶۹۲/۶	۱۶۹۱
۱۹	۱۷۲۴/۴۲	۱۷۲۶/۰۵	۱۷۲۴/۷۵	۱۷۲۳/۸۲	۱۷۲۴/۱	۱۷۲۳/۱	۱۷۲۳/۳	۱۷۲۲
۲۰	۱۷۳۵/۰۲	۱۷۳۳/۷۹	۱۷۳۵/۵۸	۱۷۳۲/۳۴	۱۷۳۵	۱۷۳۴	۱۷۳۱/۷	۱۷۳۲/۴



شکل ۵- مقایسه گزینه‌های در نظر گرفته شده بر روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی

الف) ادامه روند فعلی بهره برداری، ب) تغییر الگوی کشت، ج)، تغییر شیوه آبیاری، د) مسدود نمودن چاه‌های ممنوعه.

است، با ادامه روند فعلی برداشت از مخازن زیرزمینی، در صورتی که اضافه برداشتی در پنج سال آینده نسبت به وضع موجود صورت نگیرد، حتی با وجود افزایش ۲۰ درصدی در میانگین بارش، سطح ایستابی آبخوان روندی نزولی را دنبال می کند. علت اصلی این مساله برداشت بیش از حد متعارف از منابع زیرزمینی در سال های گذشته است. این امر لزوم تجدید نظر در شیوه‌های برداشت و ارائه الگوهای مدیریتی را اجتناب ناپذیر می کند.

ج- نتایج حاصل از اجرای گزینه های مدیریتی

نتایج بدست آمده از گزینه اصلاح الگوی کشت، نشان می دهد که میزان مصرف آب در الگوی پیشنهادی نسبت به الگوی موجود ۱۱/۷ درصد کاهش می‌یابد و موجب صرفه جویی به میزان ۱۸/۲ میلیون متر مکعب در سال می‌شود. از آنجایی که میزان کسری مخزن در دوره آماری ۸۸-۱۳۷۰ سالانه به طور متوسط ۱۸/۵ میلیون متر مکعب می‌باشد و بیلان آب زیرزمینی منفی است، اجرای این گزینه موجب مثبت شدن بیلان آبخوان شده و با ثابت بودن سایر عوامل از روند نزولی افت آبخوان در سالهای آینده جلوگیری می‌کند. نتایج حاصل از اعمال گزینه تغییر شیوه آبیاری، نشان می دهد با تغییر راندمان آبیاری و با توجه به سطح زیرکشت اراضی زراعی و باغی میزان نیاز ناخالص آبی الگوی کشت در مجموع از ۱۳۸۰۰ به ۸۷۳۰ متر مکعب در هکتار در سال کاهش می‌یابد که با توجه به سطح زیرکشت محصولات منطقه موجب صرفه جویی و کاهش مصرف آب به میزان ۱۴۱/۹۶ میلیون مترمکعب در سال می شود. به منظور مقایسه نتایج بدست آمده از اجرای گزینه های مدیریتی بر وضعیت منابع زیرزمینی در دوره شبیه سازی، بعد از اجرای مجدد مدل، متوسط سطح تراز ایستابی ۲۰ چاه مشاهداتی در هر گزینه تعیین، و هیدروگراف آب زیرزمینی آن ترسیم شد (شکل ۵). همان طور که از بررسی هیدروگراف های ترسیمی مشخص است، گزینه‌های پیشنهادی نسبت به وضعیت عدم تغییر در شیوه بهره برداری فعلی آبخوان، دارای تاثیر مثبت بوده ومیزان افت کمتری در پنج سال آینده وجود خواهد داشت. در این میان، بیشترین تاثیر مربوط به گزینه تغییر شیوه آبیاری، به دلیل حجم بالای کاهش برداشت از ذخایر زیرزمینی است. بنابراین، می توان انتظار داشت که با افزایش راندمان آبیاری در وضع موجود، پس از جبران کسری مخزن که در سال های گذشته بوجود آمده وضعیت آبخوان بهبود یافته و با توجه به افزایش میزان موجودی آب، بتوان سطح زیر کشت را با توجه به افزایش جمعیت در آینده و نیاز روز افزون به مواد غذایی افزایش داد. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، در طولانی مدت و با فراهم شدن زمینه‌های اقتصادی و اجتماعی و تلفیق چندین گزینه مدیریتی با بهبود وضعیت آبخوان، از ادامه روند نزولی افت منابع آب زیرزمینی جلوگیری خواهد شد.

بحث و نتیجه گیری

مبحث مدیریت منابع آب زیرزمینی به دلیل تاثیر پارامترهای متعدد بر روی نوسانات سطح ایستابی، یکی از مباحث پیچیده مدیریتی بشمار می رود. مدیریت آبخوان در واقع عبارت است از مجموعه عملیات و تدابیری که طی آن می‌توان به نحو مطلوبی از امکانات و ظرفیت‌های موجود در راستای بهره برداری بهینه از آبخوان مورد نظر استفاده کرد (۲۳).

دشت همدان- بهار منبع مهم تامین کننده آب مورد نیاز بخش های مختلف مصرف در شهرستان های همدان و بهار می باشد که متاسفانه در سال های اخیر به دلیل برداشت های بی رویه، خشکسالی و عدم مدیریت بهینه، دچار افت و کاهش ذخایر آب زیرزمینی بوده است. این مساله لزوم تجدید نظر در روش‌های فعلی بهره برداری از منابع آب منطقه را بیشتر نمایان می کند.

با توجه به مسایل ذکر شده به منظور بررسی تاثیر گزینه‌های مدیریتی بر وضعیت آینده آبخوان از مدل PMWIN استفاده شد، نتایج تحقیق حاضر مشابه تحقیق چیت سازان و همکاران (۱۳۸۴) و فضل اولی و همکاران (۱۳۸۵) و Recio و Ibanez (۲۰۰۵) دلالت بر قابلیت و کارایی مدل مادفلو در زمینه مدیریت منابع آب زیرزمینی و پیش بینی وضعیت آینده آبخوان دارد.

پس از بررسی صحت مدل تدوین شده، به منظور مدیریت منابع زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، راه کارهایی پیشنهاد شد. نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد، در صورت ادامه روند کنونی برداشت از منابع زیرزمینی حتی در صورت افزایش بارندگی همچنان سطح تراز زیرزمینی دچار افت خواهد بود و در آینده آبخوان دچار مشکلات و آسیب‌های جدی و جبران ناپذیر شده و تامین آب مورد نیاز بخش های مختلف مصرف که به طور کامل به منابع زیرزمینی وابسته است دچار مشکلات عدیده‌ای خواهد شد. نتایج تحقیق غفوری نیا (۱۳۸۵) در دشت همدان- بهار نیز مؤید همین مساله می‌باشد. همچنین، بررسی گزینه‌های پیشنهادی بر هیدروگراف دشت، حاکی از تاثیر مثبت عملیات مدیریتی بر بهبود وضعیت منابع زیرزمینی دارد. به طور مشابه نتایج تحقیق (روحانی و همکاران،۱۳۸۶) در دشت همدان – بهار نشان داد، در صورت اعمال محدودیت بر مصرف آب زیرزمینی در بخش کشاورزی و اصلاح و بهینه سازی الگوی کشت، می‌توان به طور قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب، صرفه جویی و از بیلان منفی منابع زیرزمینی منطقه جلوگیری کرد. همچنین، نتایج تحقیق با نژاد و سیفی (۱۳۸۵) نشان داد با تغییر الگوی کشت، از محصولات با نیاز آبی بالا مانند سیب زمینی و یونجه، به محصولات با نیاز آبی کمتر مانند کلزا، از طریق صرفه جویی در میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی، می‌توان از ادامه افت منابع آب زیرزمینی دشت همدان – بهار جلوگیری کرد.

اجرای گزینه‌های پیشنهادی به همراه روش هایی مانند پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، مدیریت عرضه و تقاضا و کاهش مصرف در بخش های مختلف می تواند از آسیب بیشتر به این منابع ارزشمند جلوگیری کرده و حتی موجب بهبود وضعیت آن شود.

با توجه به نتایج تحقیق و از آنجایی که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده منابع زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بوده و روش سنتی آبیاری به دلیل راندمان پایین موجب اتلاف منابع آب و برداشت بیشتر از مخازن زیرزمینی میشود، پیشنهاد می‌شود آبیاری از شیوه سنتی به آبیاری تحت فشار تغییر یابد. همچنین با نصب کنتورهای حجمی میزان دقیق بهره برداری از چاه ها کنترل و با قیمت گذاری بر روی آب مصرفی در این بخش، از مصرف بی اندازه و ناکارامد این کالای با ارزش خوداری شود.

از آن جایی که تعیین کننده نهایی نوع الگوی کشت در منطقه، کشاورزان می‌باشند، لازمه اجرایی شدن گزینه‌های پیشنهادی، پذیرش آن ها توسط کشاورزان و فراهم شدن بسترهای لازم اجتماعی و اقتصادی می‌باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود از طریق آموزش و ترویج و با در نظر گرفتن سیاست‌های تشویقی و حمایتی از طرف دولت، کشاورزان به استفاده بهینه از منابع آب و تغییر تدریجی الگوی کشت به محصولات با نیاز آبی کمتر تشویق شوند و با اختصاص بودجه لازم، امکان تغییر سیستم‌های سنتی به سیستم‌های نوین، امکان پذیر شده تا مورد قبول و پذیرش کشاورزان قرار گیرد.

به منظور پیش بینی وضعیت اقلیمی آینده منطقه، از مدل های جهانی مانند(GCM) استفاده شود تا از این طریق امکان پیش بینی بهتر و دقیق تر تاثیر گزینه‌های مدیریتی بر وضعیت آینده منابع آب زیرزمینی امکان پذیر شود. همچنین، با اجرای سایر مدل های آب زیرزمینی مانند Visual Modflow وGMS در

Archive of SID

www.SID.ir

دشـت همدان- بهار، نتایج بدست آمده با تحقیق حاضر مقایسه شده و مناسب ترین گزینه‌های مدیریتی انتخاب شود.

تقدیر و تشکر

در خاتمه از مسـئولین و کارشناسـان محترم وزارت جهاد کشاورزی و شرکت سهامی آب منطقه ای استان همدان به خاطر همکاری صمیمانه و در اختیار گذاردن آمار و اطلاعات لازم، تشکر و قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

۱- بانژاد، حسـین و آزاده سـیفی. (۱۳۸۵) کنترل سطح آب زیرزمینی به وسیله تغییر الگوی کشت در دشت همدان بهار، همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

۲- جوادی، سامان. (۱۳۸۹) پیش بینی و تعیین خطرپذیری آلودگی سفره های آب زیرزمینی با اسـتفاده از روش رتبه دهی – تحلیلی و تکنیک مونت کارلو، پایان نامه دکتری، دانشـگاه تربیت مدرس.

۳- چیت سـازان، منوچهر و مسعود ساعت ساز. (۱۳۸۴) کاربرد مدل ریاضی Modflow در بررسی گزینه‌های مختلف مدیریت منابع آب دشت رامهرمز، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز.شماره ۱۴، قسمت ب. ص.۲-۱۵.

۴- دشتی، ساناز. (۱۳۸۵) مدیریت بهره برداری تلفیقی از سیستم چند هدفه منابع آب سطحی و زیرزمینی در شرایط خشکسالی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۵- دفتر مطالعات منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه ای همدان. (۱۳۸۸) گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت همدان – بهار. ۱۵۰ص.

۶- دفتر مطالعات منابع آب، شـرکت سـهامی آب منطقه ای همـدان. ۱۳۸۲. مطالعات نیمه تفصیلی دشت همدان – بهار. ۱۳۰ص.

۷- روحانی، سیاوش. (۱۳۸۵) تعیین الگوی زراعی بهینه با تاکید بر پایداری منابع آب: مطالعه موردی دشت همدان- بهار. پایان نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۸- زمـزم، عباس، محمدباقر رهنما و عبدالرضا عامری. (۱۳۸۹) مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت رفسنجان تحت سناریوهای مختلف توسط مدل ریاضی Modflow ، دومین کنفرانس مدیریت جامع منابع آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۹- سیفی، کیوان. (۱۳۸۵) مدیریت بهینه عرضه و تقاضای آب در کشاورزی با استفاده از نرم افزار WEAP ، حوضه کارون ۳، پایان نامه کارشناسی ارشد، مجتمع آموزش عالی ا بوریحان، دانشگاه تهران.

۱۰- شرکت مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار . (۱۳۸۹) مطالعات بهنگام سازی بیلان منابع آب محدوده های مطالعاتی حوزه آبخیز دریاچه نمک، پیوسـت شماره ۱۷: بیلان آب محدوده مطالعاتی همدان بهار. ۸۰ ص.

۱۱- شرکت مهندسین مشاور پارس رای آب. (۱۳۸۸) گزارش مدل ریاضی سفره آب زیرزمینی دشت شهرکرد. ۸۸ ص.

۱۲- عباسی، رسول و محمدباقر رهنما.(۱۳۸۶) شبیه سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل Modflow و بررسـی اثرات احداث سد تنگوییه بر آن. مجله پژوهش آب ایران. سال اول، شماره اول، ص. ۱-۹.

۱۳- علیـزاده، امیـن، (۱۳۹۰) اصـول هیدرولوژی کاربردی، انتشـارات دانشـگاه فردوسـی مشهد.۹۱۱ ص.

۱۴- غفوری نیا، علی. (۱۳۸۵) بررسـی بیلان هیدوکلیماتولوژی دشـت همدان بهار و ارزیابی سفره آب زیرزمینی آن با استفاده از مدل کامپیوتری PMWIN ، پایان نامه کارشناسی‌ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.

۱۵- فضل اولی، رامین، فرود، شریفی و عبدالکریم، بهنیا. (۱۳۸۵) بررسی تاثیر پخش سیلاب در تغذیه مصنوعی سـفره آب زیرزمینی دشـت موسیان (اسـتان ایلام). مجله منابع طبیعی ایران،جلد ۵۹، شماره۱. ص.۵۷-۷۴.

۱۶- کرامتی، مهدی و سعید علی محمدی.(۱۳۸۷) شبیه سازی و تحلیل حساسیت تراز آبهای زیرزمینی با مدل Modflow هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران.

۱۷- وزارت نیرو، دفتر برنامه ریزی کلان آب و آبفا. (۱۳۸۹) مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشور با رویکرد مدیریت بهم پیوسته منابع آب حوزه آبخیز دریاچه نمک، فصل نهم: ارزیابی منابع خاک، مطالعات کشاورزی و مصارف آب در بخش کشاورزی.۲۸۲ص.

1- Anderson M.P. and WW. Woessner. (1992) *Applied ground water modeling simulation of flow and advective transport*. Academic press. INC. 102p.

2- Cho, J. V.A. Barone and S.Mostaghimi. (2008) Simulation of land use impacts on groundwater levels and streamflow in a Virginia watershed. *Agricultural Water Management*, 96(1):1-11.

3- Gieske A. and M. Miranzadeh. (2002) *Ground water resources modeling of the Lenjenat aquifer system*. IAERI-IWMI research report 15.

4- Kresic, N. (1997) *Quantitativ soloutions in Hydrogeology and Ground water modeling*. CRC.

5- Recio, B.J., F. Ibanez, J.Rubio and A.Criado. (2005) A decision support system for analyzing the impact of water restriction policies. *Decision Support System*, 39:385-402.

6- Sharif, F. and A.M. Ghafouri. (1997) *Floodwater spreading in Iran an integrated approach, raindrope*, series2, Vol. 7.

7- Zhang, H. and K.M. Hiscock. (2010) Modelling the impact of forest cover on groundwater resources: A case study of the Sherwood Sandstone aquifer in the East Midlands, UK. *Journal of Hydrology*, 392(3-4): 136-149

Archive of SID