تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال دهم، شماره ۲، پائیز ۱۳۹۳
Volume 10, No. 2, Fall 2014 (IR-WRR)
۹۴-۹۷

یادداشت فنی

بهینه‌یابی مدل عددی برداشت از آبخوان با استفاده از الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی: آبخوان ساحلی ارومیه)

محمد نخعی[۱*]، خالق‌محمدی[۲] و حسین رضایی[۳]

چکیده

مدل‌سازی به عنوان روشی کارآمد، با کمترین هزینه، امکان مطالعه پیچیدگی جریان آب زیرزمینی را برای مدیران فراهم می‌کند. همواره تعیین میزان برداشت بهینه از آبخوان یکی از پیچیده‌ترین مسائل پیش روی مهندسین علوم آب بوده است. هدف از این تحقیق، مدیریت بهره‌برداری بهینه از آبخوان دشت ساحلی ارومیه و تعیین نرخ بهینه پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری است؛ تا با جلوگیری از برداشت بیش از حد آب زیرزمینی، بتوان دریاچه ارومیه را از بحران خشک شدن روزافزون نجات داد. در این پژوهش ابتدا مدل جریان آبزیرزمینی محدوده مورد مطالعاتی با استفاده از نرم‌افزار Visual MODFLOW (Ver 4.2) طراحی و ساخته شد، سپس چاه‌های منطقه مور مطالعه جهت بهینه کردن نرخ پمپاژ با توجه به ویژگی‌های ضریب هدایت هیدرولیکی و ضریب آبدهی ویژه، منطقه‌بندی گردیدند. در نهایت نرخ پمپاژ چاه‌های بهره برداری با توجه به هدف مورد نظر (کمینه‌سازی نرخ پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری) و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه گردید.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی، آب زیرزمینی، آبخوان ساحلی، شبیه‌سازی، بهینه‌سازی، ژنتیک الگوریتم.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۹ خرداد ۱۳۹۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۱ تیر ۱۳۹۳

۱- دانشیار هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران.
۲- کارشناسی ارشد زمین‌شناسی- آب شناسی دانشگاه خوارزمی تهران.
۳-دانشیار علوم مهندسی آبیاری، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه.
*- نویسنده مسئول

Technical Note

Optimizing of Aquifer Withdrawal Numerical Model UsingGenetic Algorithm (Case Study: Uromiyeh Coastal Aquifer)

M. Nakhaei [1] , M. Mohammadi [2] and M .Rezaei [3]*

Abstract

Modeling as an effective approach, with the least cost, assist to managers to study complexity of groundwater flow. Always, identification of optimized withdrawal from aquifer was the one of complex problems for water science engineers. The main goal of this research was the management of optimized withdrawal from Uromiyeh coastal plain and identification of optimized pumping rate of extraction wells, to rescuing the Uromiyeh Lake from increasing drying with preventing of unlimited groundwater withdrawal. In this study, firstly groundwater flow model of case study region was designed using Visual MODFLOW (Ver 4.2) software. Afterwards,the abstraction wells of Uromyieh coastal aquiferwas clustered according to Hydraulic Conductivity and Specific Storage coefficients variations. Finally, with using of genetic algorithm, the pumping rate of extraction wells was optimized.

Keywords: Modeling, Groundwater, Coastal Aquifer, Simulating, Optimizing, Genetic Algorithm.

Received: June 9, 2013
Accepted: July 2, 2014

1- Associated Professor of Hydrogeology, Geology Department, Kharazmi University, Tehran, Iran. Email: nakhaeimohammad@yahoo.com
2- M.Sc. of Hydrogeology, Kharazmi University, Tehran, Iran. Email: Mohammadi.khalegh@gmail.com
3-Assistant Professor of Irrigation Engineering, Uromiyeh University, Iran.
*- Corresponding Author

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

مدل‌های ریاضی به عنوان ابزاری قدرتمند جهت درک بهتر فرآیندها و پدیده‌های حاکم بر سیستم هیدروژئولوژی قابل استفاده می‌باشد (Fetter, 1988). در حقیقت، مدل‌های عددی زیادی برای جریان محیط متخلخل در چند دهه اخیر به صورت موفقیت‌آمیزی انجام شده است (Harden, 2000; Regli et. Al, 2003; Gelhar, 1993). در واقع مدل‌های آب زیرزمینی تلاش می‌کنند تا مسائل پیچیده حاکم بر آبخوان و جریان آب زیرزمینی را حل نمایند (Prickett, 1975). روش‌های بهینه‌سازی همچون برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی و الگوریتم‌های تکاملی نیز انجام شده است (Aly and Peralta, 1999; Jonoski et. Al, 1997). یکی از روش‌های مورد استفاده در طرح‌های مهندسی منابع آب که با موفقیت همراه بوده است؛ الگوریتم ژنتیک است. به عنوان نمونه Aral and Guan (1996) الگوریتم متفاوتی را برای آبخوان فرضی و همسان به کار بردند. در مطالعه‌ای دیگر Wang and Zheng (1997) نیز برنامه‌های جریان آب و انتقال محلول را با الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی ترکیب کردند و برای یک آبخوان فرضی به کار بردند. آن‌ها همچنین در سال ۲۰۰۳ مدل MGO[1] را برای مسائل بهینه‌سازی آبخوان تهیه کرده‌اند. منطقه مورد مطالعه دشت ساحلی ارومیه و باختر دریاچه ارومیه بین طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۶ دقیقه تا ۳۸ درجه واقع شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی دشت ارومیه را نشان می‌دهد.

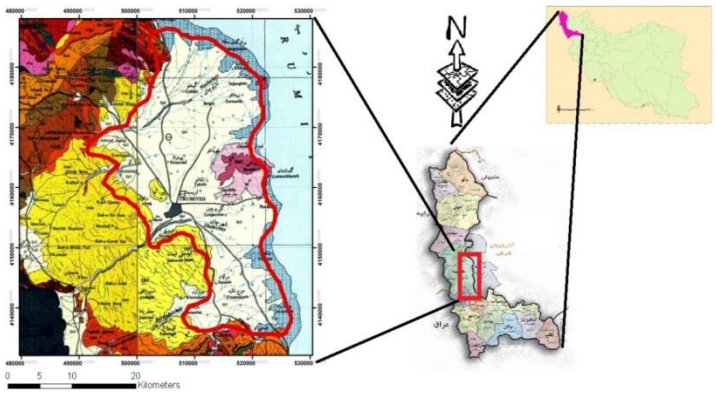
۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش، چندین پارامتر مهم مدیریتی شامل، کاهش افت سطح آب زیرزمینی، نرخ پمپاژ و بهترین آبدهی در کمترین میزان افت در یکی از آبخوان‌های پرخطر استفاده شده است. در این مطالعه، پس از طراحی مدل عددی در نرم افزار MODFLOW، میزان بهره‌برداری از آبخوان با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه‌یابی گردید. شبکه طراحی شده برای مدل دشت ارومیه با ابعاد سلول‌های ۵۰۰ در ۵۰۰ متر تعریف گردید. شبکه‌بندی در جهت جریان به سمت دریاچه ارومیه انجام شد؛ تخلیه آب زیرزمینی و سطحی دشت ارومیه از شرق به غرب یعنی از کوه‌های مرزی به سمت دریاچه می‌باشد.از جمله منابع تخلیه‌ای آبخوان دشت ارومیه تعداد ۱۸۰۰۰ حلقه چاه بهره‌برداری است؛ که اطلاعات آن‌ها از منوی چاه به مدل وارد گردید. منطقه‌بندی هدایت هیدرولیکی نیز انجام گردید که در شکل ۲ و آبدهی ویژه در شکل ۳ آورده شده است.

پس از اجرای مدل، به منظورکمینه کردن مقدار خطا، مدل واسنجی شد. با انجام واسنجی، اعتماد مدل‌ساز به مدل افزایش می‌یابد و کاستی‌های مدل برطرف می‌شود (Bear, 2010). پس از واسنجی مدل عددی، از الگوریتم ژنتیک به عنوان تابع بهینه‌یاب جهت بهره برداری چاه‌های آب زیرزمینی استفاده شد. در الگوریتم ژنتیک، ابتدا جمعیت اولیه ایجاد می‌شود؛ سپس کیفیت هر یک از جواب‌ها تعیین می‌شود و حل بهینه توسط سه عملگر اصلی زاد و ولد، انتخاب و جهش برای هر یک از جواب‌ها به دست می آید. شکل ۴ ساختار الگوریتم مورد استفاده در مدل منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳- نتایج و بحث

با کامل شدن مدل شبیه‌سازی، بهینه نرخ پمپاژ چاه‌های بهره برداری بدست آمد؛ نتایج بدست آمده برای مناطق مختلف دشت ارومیه به ترتیب زیر است. با جایگزینی نرخ‌های پمپاژ بهینه شده با نرخ‌های ورودی اولیه که به مدل MODFLOW وارد شده بود؛ تغییراتی در سطح آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه ایجاد شد. سطح آب زیرزمینی در بیشتر مناطق دشت بالا آمدگی داشت.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی دشت ارومیه

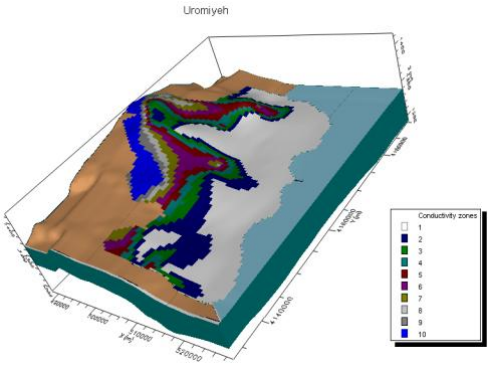
Archive of SID
www.SID.ir

در بخش‌های شرقی دشت یعنی مرز دشت با دریاچه، به علت شوره زار بودن حاشیه‌های دریاچه و کیفیت پایین آب زیرزمینی و احتمال نفوذ آب شور، تعداد چاه‌های بهره برداری کم هستند و برداشت از چاه‌های حفر شده نیز کم می‌باشد؛ در نتیجه مقدار نرخ بهینه تعیین شده برای چاه‌های شرقی دشت ارومیه اختلاف زیادی با نرخ پمپاژ قبل از بهینه‌سازی ندارند.در بخش‌های غربی دشت به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی و همچنین کم بودن ضخامت آبدار آبخوان، بیشترین مقدار کاهش در نرخ‌های بهینه شده نسبت به نرخ‌های اولیه پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری توسط مدل تعیین گردید.

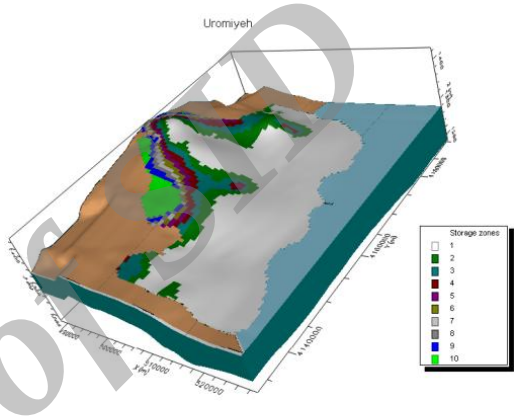
در اطراف رودخانه‌های تغذیه کننده، به دلیل تغذیه فراوان ناشی از رودخانه‌ها، چاه‌های بهره‌برداری دارای آبدهی زیادی هستند. بنابراین در چاه‌های این مناطق، کمترین میزان کاهش در نرخ‌های بهینه شده داریم؛ به طوری که در بعضی از چاه‌های بهره‌برداری نرخ بهینه شده با نرخ ورودی اولیه برای چاه تفاوت چندانی ندارد. بیشترین تراکم چاه‌های بهره برداری در بخش‌های مرکزی دشت قرار دارد؛ که به دلیل ضخامت زیاد ۱۰۰ تا ۱۵۰ متری آبخوان و تغذیه مناسب رودخانه‌های شهر چای و روضه چای، چاه‌های این بخش آبدهی بالایی دارند. به دلیل ضخامت زیاد آبخوان، ضخامت مناسب لایه آبدار و تغذیه مناسب آبخوان، مدل نرخ بهینه پمپاژ بالایی برای چاه‌های بهره برداری در این بخش از دشت، در نظر گرفته است. در قسمت‌های از مرزهای غربی دشت (مجاور توده نفوذی) که کمترین ضخامت را دارند، به دلیل برداشت بی‌رویه، بیشترین مقدار افت را در این قسمت می‌توان مشاهده نمود. به همین دلیل مدل، نرخ بهینه برداشت تعدادی از چاه‌های این محدوده را، به جهت جلوگیری از خشک شدن آبخوان به صفر کاهش داده است. در قسمت‌های جنوبی دشت میزان نرخ بهینه تعیین شده برای چاه‌های بهره برداری حدوداً به نصف مقدار اولیه کاهش پیدا کرده است. دلیل اصلی آن ضخامت نسبتاً کم آبخوان در این بخش از منطقه مورد مطالعه است. در شکل ۵ سطح آب زیرزمینی قبل و در شکل ۶ بعد از بهینه کردن نرخ پمپاژ آمده است.

۴- نتیجه‌گیری

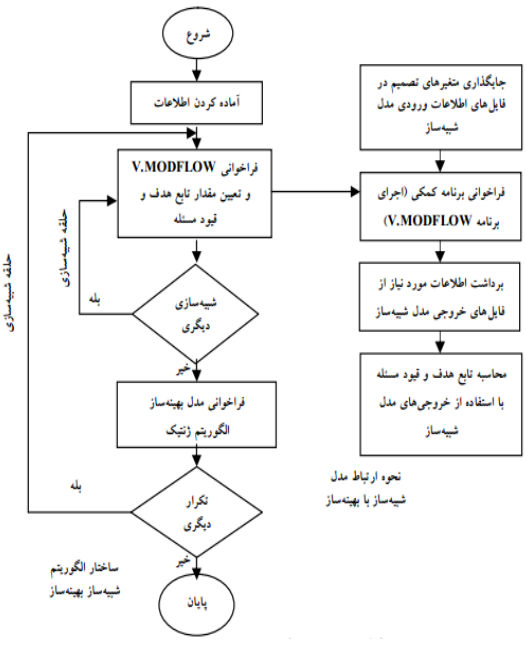
مدل شبیه‌ساز بهینه شده در این پژوهش، میزان برداشت بهینه آب زیرزمینی و تأثیر آن را بر دشت ساحلی ارومیه تعیین می‌کند. از الگوریتم ژنتیک جهت حل و بهینه‌یابی میزان برداشت از چاه‌های بهره برداری استفاده گردید. با جایگزینی نرخ‌های پمپاژ بهینه شده با نرخ‌های ورودی اولیه که به مدل وارد شده بود؛ تغییراتی در سطح آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه ایجاد شد. سطح آب زیرزمینی در بیشتر



شکل ۲- منطقه‌بندی نهایی هدایت هیدرولیکی



شکل ۳ - منطقه‌بندی نهایی آبدهی ویژه

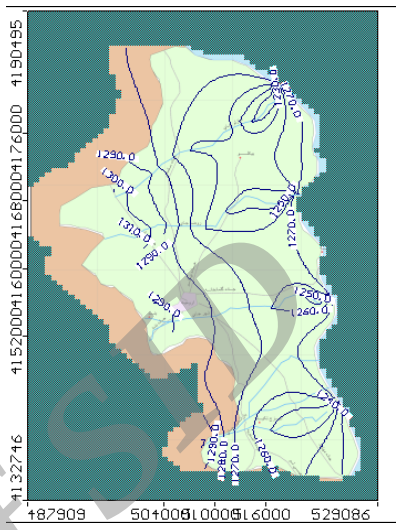


شکل ۴- ساختار الگوریتم مورد استفاده در مدل (آبایی و همکاران، ۱۳۹۰).

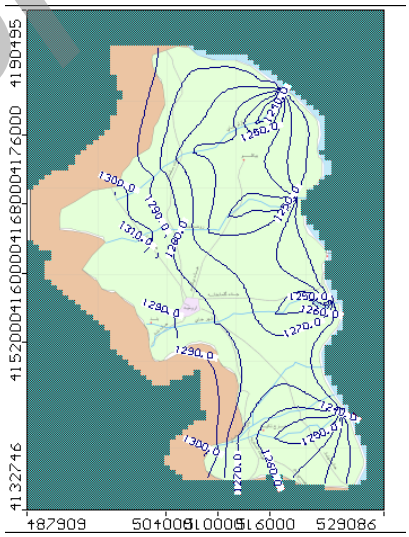
Archive of SID

www.SID.ir

مناطق دشت بالا آمدگی داشت. در بخش‌های شرقی دشت مقدار نرخ بهینه اختلاف زیادی با نرخ پمپاژ قبل از بهینه‌سازی ندارد. در بخش‌های غربی دشت بیشترین مقدار کاهش در نرخ‌های بهینه شده نسبت به نرخ‌های اولیه پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری تعیین گردید.



شکل ۵- سطح آب قبل از بهینه کردن نرخ پمپاژ



شکل ۶- سطح آب بعد از بهینه کردن نرخ پمپاژ

در اطراف رودخانه‌های تغذیه‌کننده، چاه‌های این مناطق، کمترین میزان کاهش در نرخ‌های بهینه‌شده داشتند. بیشترین تراکم چاه‌های بهره‌برداری در بخش‌های مرکزی دشت قرار دارد؛ به دلیل ضخامت زیاد آبخوان، ضخامت مناسب لایه آبدار و تغذیه مناسب آبخوان، در مدل بهینه‌شده نرخ پمپاژ بالایی برای چاه‌های بهره‌برداری در این بخش از دشت، در نظر گرفته است. در قسمت‌های از مرزهای غربی دشت (مجاور توده نفوذی) بیشترین مقدار افت را در این قسمت می‌توان مشاهده نمود. به همین دلیل مدل، نرخ بهینه برداشت تعدادی از چاه‌های این محدوده را، به جهت جلوگیری از خشک شدن آبخوان به صفر کاهش داده است. در قسمت‌های جنوبی دشت میزان نرخ بهینه تعیین شده برای چاه‌های بهره برداری حدوداً به نصف مقدار اولیه کاهش پیدا کرده است. مدل بهینه‌سازی برداشت، می‌تواند به عنوان ابزار مدیریتی کارامد در اختیار مدیران و تصمیم‌گیران قرار گیرد.

۵- مراجع

آبایی ع، قاهری ع، و سعیدی م، (۱۳۹۰) "تهیه الگوریتم بهره‌برداری بهینه از آبخوان به منظور تعدیل غلظت آلاینده‌ها، مجله آب و فاضلاب، ۸: ۱۳۲-۱۳۸.

Aly AH , Peralta RC (1999) Optimal design of aquifer cleanup systems under uncertainty using a neural network and genetic algorithm,"Water Resources Research 35(8): 2523-2532.

Aral MM and Guan J (1996) Optimal groundwater remediation design using differential genetic algorithm. Computational Methods in Water Resources 1:357-394.

Bear, J (2010) Modeling groundwater flow and contaminant transport (Theory and application of transport in porous media). Springer Science. 856 p.

Fetter CW (1988) Applied hydrogeology, McMilian publishing Co, USA. 592 p.

Gelhar LW (1993) Stochastic subsurface hydrology. Prentice Hall, Engle-wood Cliffs, 480 p.

Harden and Associates Inc. (2000) Brazos G Regional Water Planning Area. Carrizo-Wilcox Ground Water Flow Model and Simulations Results.

Jonoski A. Zhou Y, Nonner J, Meijer S (1997) Model aided design and optimization of artificial recharge-pumping systems. Journal of Hydrology Sciences 42(6): 937-953.

Prickett TA (1975) Modeling techniques for groundwater evaluation. In Advances in Hydroscience. Vol. 10. Chow. V.T.(ed.), New York, Academic Press. 143 p.

Regli C, Rauber M , Huggenberger P (2003) Analysis of aquifer heterogeneity within a well capture zone. Comparison of model data with field experiments: a case study from the river Wiese Switzerland. Aquatic Science 65: 111-128.

Wang M , Zheng C (1997) Optimal remediation policy selection under general conditions. Ground Water 35(5): 757-764.

Archive of SID

www.SID.ir