



شبیه‌سازی کمی و کیفی آبخوان همدان - بهار با استفاده از GMS7.1 و MT3DMS

روژین فصیحی^۱، حمید زارع ابیانه^۲، مریم بیات و رکشی^۳

^۱کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه ملایر؛ rojin.fasihi@yahoo.com

^۲دانشیار مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا؛ zareabyaneh@gmail.com

^۳استادیار مهندسی منابع آب، دانشگاه ملایر؛ m.bayat.v@gmail.com

چکیده

مدل‌سازی به‌عنوان روشی کارآمد با کم‌ترین هزینه، امکان مطالعه پیچیدگی‌های کمی و کیفی جریان آب زیرزمینی را فراهم می‌نماید. در این پژوهش آبخوان دشت همدان - بهار با استفاده از نرم‌افزار GMS به صورت عددی شبیه‌سازی شد. بدین منظور مدل سه‌بعدی هیدروژئولوژیکی آبخوان تهیه و در نهایت کالیبراسیون مدل با روش سعی و خطا انجام گرفت. براساس نتایج، مقدار خطای NRMSE در مرحله کالیبراسیون برابر ۲/۲ درصد بدست آمد. بمنتظر بررسی انتقال آلودگی از مدل MT3DMS استفاده شد. بررسی و پیش‌بینی غلظت آلاینده طی سال‌های آینده نشان داد که غلظت کلراید (Cl⁻) طی ادوار آینده افزایش خواهد یافت که جهت حرکت آن همسو با گرادیان هیدرولیکی است. بیش‌ترین جرم غلظت کلراید (Cl⁻) طی شده طی بازه ۱۰۰ سال معادل ۹۴۵۵۳۷۹۸۸ گرم به دست آمد.

کلمات کلیدی: GMS، MT3DMS، همدان - بهار، آلاینده

Quantitative and qualitative simulation of Hamedan – Bahar aquifer using GMS7.1 and MT3DMS

Rojin Fasihi¹, Hamid Zareabyaneh², Maryam Bayat Varkeshi³

rojin.fasihi@yahoo.com, zareabyaneh@gmail.com, m.bayat.v@gmail.com

ABSTRACT

Modeling as the effective method with least cost, allows studying the Quantitative and qualitative complexities of groundwater flow. In this study, numerical simulation of Hamedan – Bahar aquifer was done by GMS software. For this purpose, 3D hydrogeological model of aquifer prepared. Calibration of model indicated that NRMSE value was 2.2 percent. The evaluation of pollution transport using MT3DMS model was done. Result showed that the chloride concentration (Cl⁻) will increase during the future period. The pollution transport direction too was from southwest to northeast in line with the hydraulic gradient. The highest chloride density mass (Cl⁻) gained during the 100 years period was 945537988 grams.

Keywords: GMS, MT3DMS, Hamedan – Bahar, Pollutant

۱- مقدمه

در مطالعات هیدروژئولوژی مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی یکی از روش‌های پیش‌بینی رفتار سیستم آب‌های زیرزمینی است. استفاده از مدل‌های آب زیرزمینی و تکنیک‌های شبیه‌سازی به‌عنوان یکی از راه‌های نظارت، کنترل و اعمال مدیریت منابع آب می‌باشد، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری علاوه بر افت شدید سطح آب آبخوان‌ها، آلاینده‌های مختلفی را به آبخوان‌ها وارد می‌نمایند (Tandiseh et al., 2013). ارائه راه‌کارهای موثر مدیریتی و حفاظتی برای جلوگیری از کاهش کیفی آب‌های زیرزمینی، ضروری می‌باشد (Harden, 2000). مدل‌سازی انتقال آلودگی آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته و در همین راستا مدل‌های عددی مختلفی برای تحلیل آلودگی توسعه یافته است (Harbaugh, 2005). یکی از روش‌های مدیریت کیفی منابع آب زیرزمینی ارزیابی پتانسیل آلودگی است که با توجه به آن می‌توان حریم کیفی منابع آب زیرزمینی را تعیین و مدیریت مناسبی جهت کاربری اراضی مرتبط با سفره آبدار

^۱ روژین فصیحی، rojin.fasihi@yahoo.com، ۰۹۱۸۵۶۲۰۰۵۲



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Buali Sina University

اعمال کرد (Kalantari et al., 2008). برای تعیین منشا آلودگی در بین تشکیل دهنده‌های شیمیایی کلراید (Cl⁻) در درجه اول و سولفات (SO₄²⁻) در درجه دوم بعنوان ردیاب اهمیت دارند (Bernd and Charls, 1986; Domenio and Schwarts, 1997). Ziaei et al. (2016) دشت بجنورد را به کمک نرم‌افزار GMS شبیه‌سازی نمودند نتایج این شبیه‌سازی نشان می‌دهد با کامل نشدن شبکه فاضلاب شهری سطح آب زیرزمینی در چند سال آینده بالا آمده و بخش وسیعی از شهر مستغرق می‌شود. Banejad et al. (2012) با شبیه‌سازی آبخوان دشت نهبوند به صورت سه بعدی در محیط نرم‌افزار ۷.۱ GMS اظهار داشتند که جهت حرکت آلودگی از اطراف دشت به سمت مرکز دشت می‌باشد. پژوهشگران بسیاری با استفاده از مدل MODFLOW و MT3DMS به شبیه‌سازی کیفی آب زیرزمینی پرداخته‌اند از جمله: Ghobadian and Bahrami, (2016) در دشت خزل، Valizadeh and Jafari, (2014) در آبخوان شاهرود، Rahnama and Zamzam, (2013) در آبخوان رفسنجان و Nassery and Nadafian (2008) انتقال آلاینده نیترات در محدوده آب شرب همدان را بمنظور تعیین منشا آلودگی بررسی نمودند (به کمک مدل عددی و کیفی)، بنابر مطالعه صورت گرفته بیشترین تاثیر در میزان آلودگی دشت مربوط به استفاده از کود شیمیایی، ضخامت کم آبرفت و وجود رسوبات ریزدانه می‌باشد. Ghoraba et al. (2013) در تحقیقی بمنظور بررسی آلودگی آب زیرزمینی در نواحی مرکزی دلتای رود نیل (الغریبای مصر) کمیت و کیفیت آب زیرزمینی را ارزیابی نمودند، نتایج بررسی غلظت آلودگی نقطه‌ای در منطقه نشان از آسیب‌پذیری آبخوان در اثر فعالیت‌های انسانی داشت. Almasri and Kaluarachchi, (2007) نیز آب‌های زیرزمینی در حوضه‌های آبریز زراعی را نسبت به آلودگی نیترات مدل نمودند و نیاز منطقه به استفاده از راه‌کارهای حفاظت از آلودگی نیترات را پیشنهاد دادند. Jerome and Chantal (2002) به منظور شبیه‌سازی توزیع هدایت هیدرولیکی از MODFLOW، انتقال نیترات از MT3D و آنالیز مسیر جریان از PMPPath در شیب تپه کرویدی بصورت دو بعدی استفاده نمودند.

دشت همدان - بهار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان همدان با افزایش بی‌رویه برداشت و کاهش حجم مخازن آب زیرزمینی به‌موازات استفاده از نهاده‌های کود و سم کشاورزی، کاهش کیفیت آب را نیز به دنبال داشته است. درحالی‌که تغییرات کمی و کیفی آب این دشت در بخش‌های کشاورزی و شرب منطقه و از دیدگاه زیست‌محیطی اهمیت به‌سزایی دارد. بنابراین با شبیه‌سازی عددی آبخوان دشت می‌توان پیچیدگی‌های دشت را جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی به‌صورت ساده بیان نمود. به‌عبارت دیگر مشخص نمودن نحوه گسترش آلودگی طی گام-های زمانی متفاوت و یافتن مکان‌های مستعد آلودگی در ادوار آینده از طریق شبیه‌سازی از اهداف اصلی این پژوهش است.

۲- بخش مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت همدان - بهار با وسعت ۸۸۰ کیلومتر مربع بین طول شرقی ۴۸° ۱۷' تا ۴۸° ۳۳' و عرض شمالی ۳۵° ۰۲' تا ۳۴° ۴۹' در ارتفاع ۱۷۰۰ - ۱۸۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. حوضه آبریز این دشت موسوم به سیمینه‌رود با وسعت ۲۴۵۹ کیلومتر مربع در دامنه شمالی ارتفاعات الوند می‌باشد. گسترش سطحی آبخوان اصلی دشت ۴۶۸ کیلومتر مربع و وسعت ارتفاعات ۱۵۷۹ کیلومتر مربع می‌باشد. خروجی حوضه در اراضی کوشک‌آباد از ناحیه شمالی می‌باشد و سفره آب زیرزمینی با دشت‌های کبودرآهنگ و قهاوند ارتباط هیدروژئولوژیکی دارد. شکل ۱ موقعیت دشت مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

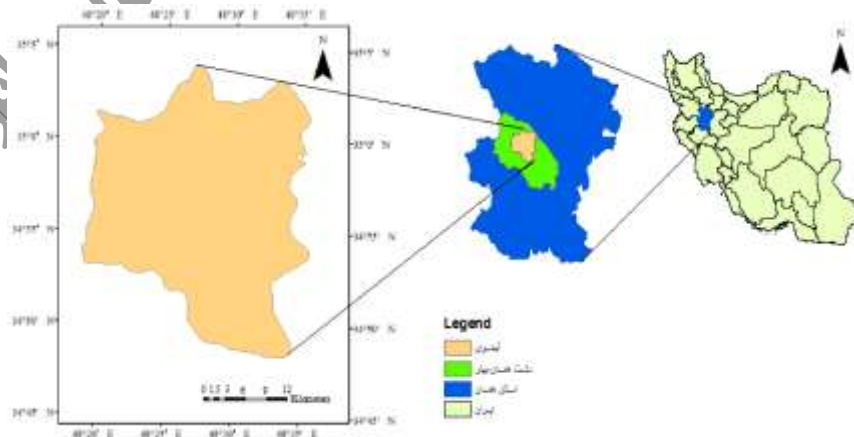


Figure 1. The location of study area

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



جهت شبیه‌سازی عددی آبخوان از کد عددی MODFLOW در نرم‌افزار GMS7.1 استفاده شد. به‌منظور ساخت مدل سه‌بعدی هیدروژئولوژیکی از اطلاعات لاگ ۹ گمانه اکتشافی در محدوده مطالعاتی برای ساخت مدل سه‌بعدی زمین‌شناسی استفاده گردید. لاگ چاه‌ها شامل اطلاعات مختصات جغرافیایی و جنس لایه‌های تشکیل دهنده چاه است. جنس سنگ کف نیز بر اساس اطلاعات مقطع زمین‌شناسی برگرفته از سازمان زمین‌شناسی کشور مورد استفاده قرار گرفت. براین اساس جنس سنگ کف شیبست تعیین شد که در ۴۰۰ متری سطح زمین قرار دارد بنابراین ضخامت لایه تشکیل دهنده آبخوان ۴۰۰ متر در نظر گرفته شد. در این مدل جهت ورود اطلاعات به مدل هیدروژئولوژیکی از دو پوشش مجزا شامل پوشش تغذیه (میزان آب ورودی به آبخوان) و اطلاعات تراز آب چاه‌های مشاهداتی، استفاده گردید. برای پوشش تغذیه میانگین داده‌های بارندگی ایستگاه‌های باران سنجی واقع در سطح دشت طی سال‌های ۱۳۹۴ - ۱۳۷۰ به‌کار برده شد که با کسر رواناب از بارش تغذیه ورودی به مدل ۰/۴۵ میلی‌متر بر روز به‌دست آمد. اطلاعات تراز آب چاه‌های مشاهداتی نیز از طریق ۱۵ چاه پیژومتری موجود در منطقه تامین گردید.

با استفاده از ویژگی‌های هدایت هیدرولیکی مواد تشکیل دهنده دشت، مدل سه‌بعدی از دو جنس شن، ماسه و رس، سیلت با مقدار هدایت هیدرولیکی اولیه به‌ترتیب ۴۵ و ۳ متر بر روز (Mahmoudian, 2015) طراحی گردید. در نهایت، برای کالیبره کردن مدل، از روش سعی و خطا به‌عنوان روشی متداول جهت متعادل ساختن پارامترهای مدل از یک شبیه‌سازی به شبیه‌سازی دیگر استفاده شد. عمل کالیبراسیون برای سال ۱۳۸۹ در حالت پایدار و با تغییر در مقادیر تغذیه آب زیرزمینی و هدایت هیدرولیکی افقی تا رسیدن به بهترین انطباق برای مدل ادامه یافت. بدین منظور از اطلاعات تراز آب چاه‌های منطقه در سال ۱۳۸۹ به‌عنوان داده‌های مشاهداتی استفاده شد. دقت کالیبراسیون با پارامترهای آماری ریشه میانگین مربع خطا^۲(RMSE)، ریشه میانگین مربع خطای نرمال^۳(NRMSE)، میانگین خطای مطلق^۴(MAE)، میانگین خطا^۵(ME) و ضریب همبستگی^۶(r) بررسی شد.

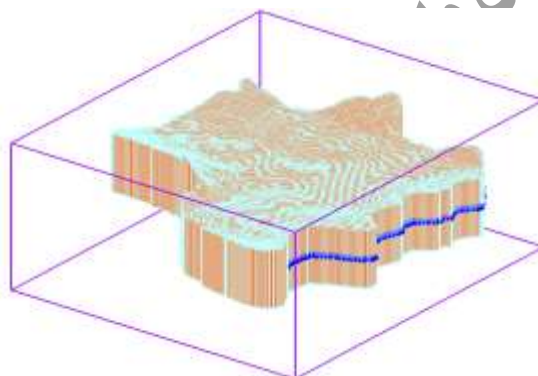


Figure 2. Hydrogeological Model
شکل ۲- مدل هیدروژئولوژیکی

نتایج مدل واسنجی شده به‌عنوان داده اولیه وارد مدل MT3DMS^۷ که مدل سه‌بعدی انتقال آلودگی است شد. مدل‌های ریاضی در آلودگی آب‌های زیرزمینی به دو صورت تحلیلی و عددی انجام می‌شود. با اینکه روش تحلیلی روش دقیق حل معادلات می‌باشد، اما پیچیدگی سامانه آبخوان، غیر همگنی سازندهای زمین‌شناسی، برداشت و تغذیه‌های متفاوت چه بصورت طبیعی و چه بصورت مصنوعی و به‌خصوص وجود آلاینده‌های مختلف باعث می‌شوند که حل تحلیلی معادلات به جز در شرایط ساده و حالت خاص، امکان پذیر نباشد. معمولاً حل عددی با سه نگرش اولرین^۸، لاگرانژین^۹ و تلفیق اولرین - لاگرانژین انجام می‌شود. مدل MT3DMS معادله انتشار آلودگی را به روش تلفیقی اولرین - لاگرانژین حل می‌کند که برای تقریب زدن معادلات از سه روش خطوط مشخصه^{۱۰}، روش اصلاح شده خطوط مشخصه^{۱۱} و روش هیبرید خطوط مشخصه^{۱۲}

^۱Coverage

^۲Root Mean square Error (RMSE)

^۳Normal Root Mean square Error (NRMSE)

^۴Mean Absolute Error (MAE)

^۵Mean Error (ME)

^۶Coefficient of Correlation (r)

^۷Modular Transport 3D Multi Species

^۸Eulerian Method

^۹Lagrangian Method

^{۱۰}Method of characteristics (MOC)

^{۱۱}Modified method of characteristics (MMOC)



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



استفاده می‌کند (Ministry of power). جهت حرکت میانگین غلظت کلراید (Cl^-) اندازه‌گیری شده، طی زمان‌های مختلف ترسیم گردید. این روش شکلی از مدل‌سازی حرکت آلاینده است که در آن حرکت حجمی آب زیرزمینی بررسی می‌شود. شبیه‌سازی کیفیت با مدل MT3DMS همانند مدل کمی MODFLOW به روش مدل مفهومی انجام شد. در این روش داده‌ها به مجموعه‌ای از نقاط، خطوط پلیگون (چندضلعی‌ها) نسبت داده می‌شود و در نهایت مدل مفهومی به شبکه تفاضل محدود تبدیل می‌گردد و مسیر و مقدار آلودگی مشخص می‌گردد که سرعت انتقال آلودگی برابر سرعت آب زیرزمینی است (Ghodrati and Sabani, 2012). مشخصات چاه‌ها و آلاینده مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات غلظت کلراید (Cl^-) مورد استفاده (۱۳۸۵-۱۳۹۴)

Table 1. characteristic of chloride concentration (Cl^-) used

Cl^- Average (ppm)	Y (m)	X (m)	Wells
55.38	3872900	266115	Hesam Abad
92.65	3865565	260853	Polisrah Kermanshah
18.81	3868413	269065	Ganj Tpeh
59.99	3874321	368880	Lalejin
76.32	3867505	272710	Bahram Abad
27.69	3871614	256940	Bahador Beig
62.48	3862673	275593	Joraghan
200.93	3864705	273100	Dehpiaz
257.73	3873901	275488	Latgah
71	3866291	255875	Aroomand
34.08	3872205	260015	Karim Abad
41.89	3861399	268792	Yangje - Yokn Abad

۳- نتایج و بحث

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها بیان شد، به‌منظور کالیبره کردن مدل از اطلاعات چاه‌های مشاهداتی در سال ۱۳۸۹ استفاده شد. بعد از اتمام فرآیند کالیبراسیون مقدار تغذیه $0/6$ میلی‌متر بر روز و مقدار هدایت هیدرولیکی شن، ماسه و سیلت، رس به ترتیب ۳۵ و ۷ متر بر روز به‌دست آمد. این ارقام در راستای مطالعه Yaouti et al., (2008) در آبخوان بو - آرگ مراکش با بافت مشابه می‌باشد. آنان مقدار تغذیه آبخوان در شبیه‌سازی جریان را $0/5$ میلی‌متر بر روز گزارش نمودند. Herzog, (2007) نیز مقدار هدایت هیدرولیکی منطقه شهری کامپالا در آگاندا با بافت رس را پس از کالیبراسیون مدل، بین ۵ تا ۱۰ متر بر روز گزارش کردند که با نتایج این مطالعه هم‌خوانی دارد.

مقادیر آماره‌های خطاسنجی RMSE، MAE، ME و ضریب همبستگی (r) در مرحله کالیبراسیون به ترتیب $3/38$ متر، $2/2$ درصد، $33/30$ متر، $27/78$ متر و $0/904$ بدست آمد. این نتیجه بیان‌گر عملکرد مناسب مدل در شبیه‌سازی آبخوان دشت همدان - بهار می‌باشد. Ziaei et al. (2016) درصد خطای نرم‌افزار GMS در شبیه‌سازی حوضه آبریز بجنورد را ۱۴ درصد گزارش نمودند. Jabbari et al. (2009) با ۳/۵ درصد خطا، مقادیر سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت ساری را با کد عددی MODFLOW شبیه‌سازی نمودند. با توجه به تراز محاسبه شده و مقایسه شده بر اساس شاخص RMSE، مدل تمایل به تخمین بیش‌تر از حد تراز آب دارد. این نتیجه در راستای مطالعه Banejad et al. (2012) مبنی بر بیش‌برآورد تراز آب در نرم‌افزار GMS دارد.

در نهایت مقادیر هدایت هیدرولیکی و تغذیه کالیبره شده وارد مدل تهیه شده برای مدل MT3DMS گردید و شبیه‌سازی انتقال آلودگی سه-بعدی با استفاده از مدل MT3DMS طی بازه زمانی ۱، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال برای غلظت کلراید (Cl^-) که در بخش مواد و روش‌ها ذکر گردید صورت گرفت. برای نشان دادن صحت کار مقدار شبیه‌سازی شده سال ۱۳۹۵ را با مقدار اندازه‌گیری شده آن مقایسه گردید که شکل ۳ نتیجه مقایسه را نشان می‌دهد.

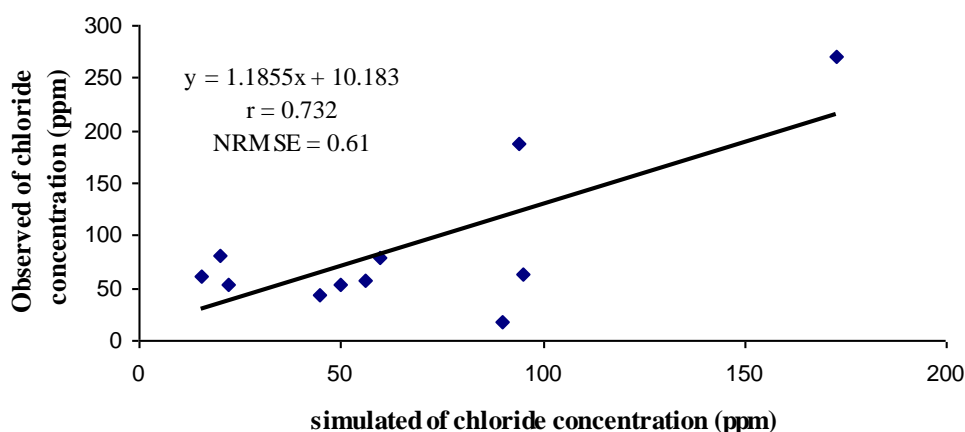


Figure 3. Observed and simulated of chloride concentration (Cl⁻) comparison in 1395 year

شکل ۳- مقایسه غلظت کلراید اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در سال ۱۳۹۵

همانگونه که در شکل ۳ مشخص گردیده غلظت کلراید (Cl⁻) شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری شده در سال ۱۳۹۵ دارای همبستگی ۰/۷۳۲ بوده که نشان‌دهنده شبیه‌سازی خوب می‌باشد و ریشه میانگین مربع خطای نرمال ۰/۶۱ گزارش گردیده که قابل قبول می‌باشد. شکل ۴ نیز روند غلظت کلراید (Cl⁻) مورد بررسی را برای سال ۱۳۹۵ و شبیه‌سازی برای سال ۱۳۹۵ در چاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

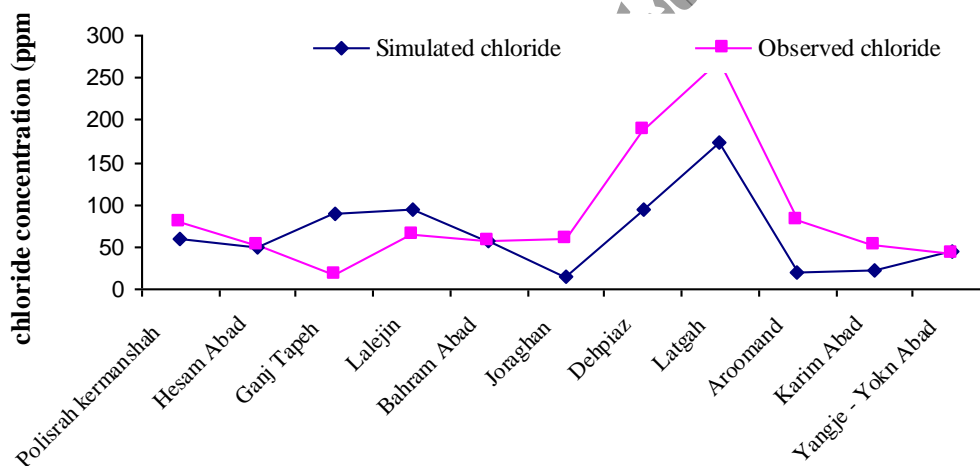


Figure 4. Observed and simulated Trend of chloride concentration (Cl⁻) in 1395 year

شکل ۴- روند غلظت کلراید (Cl⁻) اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در سال ۱۳۹۵

با توجه به نمودار شکل ۴ مقدار غلظت کلراید (Cl⁻) شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده دارای روند مشابه در ۱۱ چاه مورد بررسی بوده و بیش‌ترین مقدار غلظت کلراید (Cl⁻) شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده در چاه لتگاه مشاهده گردید، نتیجه روند نشان‌دهنده صحت و دقت مدل در نحوه و مقدار گسترش غلظت کلراید (Cl⁻) می‌باشد. با تعمیم به این نمودار و صحت نتیجه آن می‌توان نحوه گسترش جرمی آلاینده برای ادوار آینده را نیز شبیه‌سازی نمود و جهت گسترش آلودگی و مکان‌هایی که بیش‌تر در معرض آلودگی قرار خواهند گرفت را مشخص نمود. نحوه گسترش آلودگی سه‌بعدی با استفاده از مدل MT3DMS طی بازه زمانی ۱، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال برای غلظت کلراید (Cl⁻) در نرم‌افزار GMS شبیه‌سازی شد و در نهایت مقدار جرم غلظت کلراید (Cl⁻) جا به جا شده (خروجی نرم‌افزار) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS9.3 بصورت پهنه‌بندی در ۵ کلاس با استفاده از روش وزن دهی معکوس فاصله (IDW) طی بازه‌های زمانی متفاوت رسم گردید.

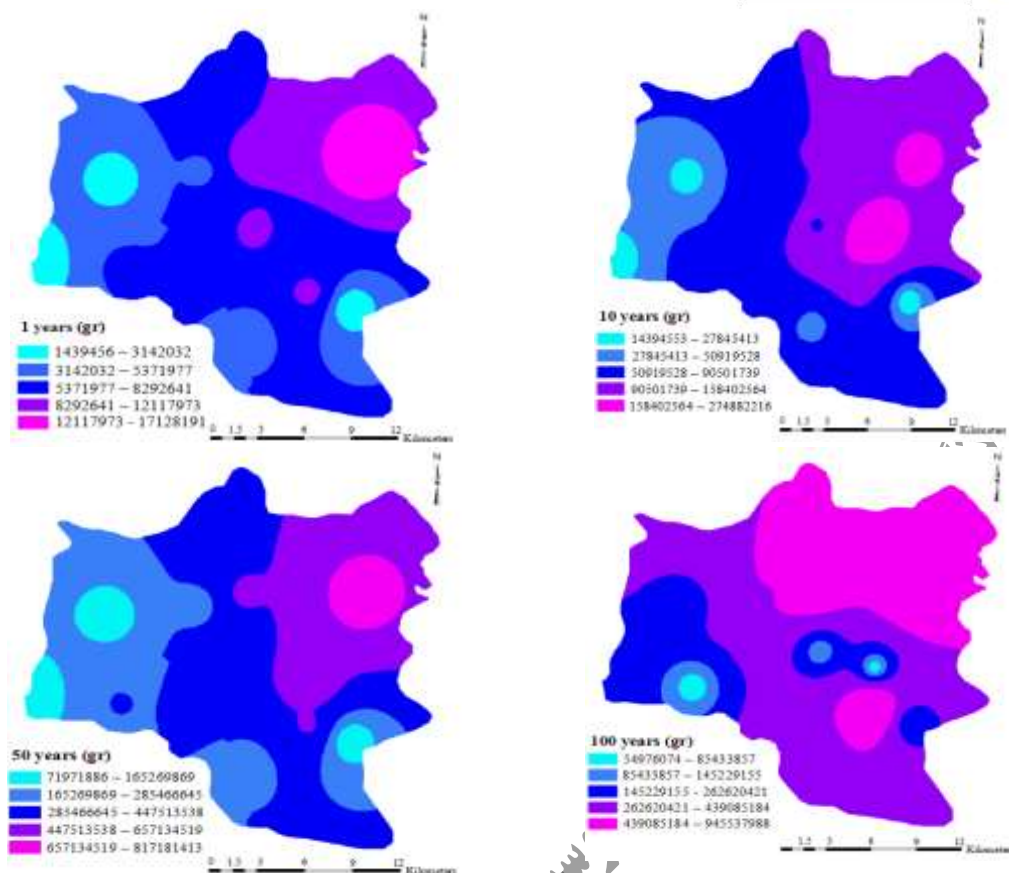


Figure 5. chloride concentration (Cl⁻) extension in 1, 10, 50 and 100 future years for studied Wells
شکل ۵- گسترش غلظت کلراید (Cl⁻) طی بازه ۱، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال آینده چاه‌های مورد مطالعه

همانگونه که در شکل ۵، نشان داده شده است با افزایش بازه زمانی مقدار جرم جا به جا شده غلظت کلراید (Cl⁻) در آب زیرزمینی افزایش یافته بطوری که کم‌ترین جرم غلظت کلراید (Cl⁻) جا به جا شده در یک سال از ۱۴۳۹۴۵۶ گرم تا رسیدن به ۹۴۵۵۳۷۹۸۸ گرم طی بازه ۱۰۰ سال نشان داده شده است. طی بازه زمانی یک ساله جهت گسترش آلودگی مطابق با گرادیان هیدرولیکی بوده و از قسمت جنوب غربی به سمت شمال شرقی در حال افزایش می‌باشد اما در بازه زمانی ده ساله گرچه مطابق با گرادیان آب زیرزمینی می‌باشد اما مقدار آلودگی افزایش یافته و درصد آلودگی مشاهده شده بیش‌تر در بازه متوسط و زیاد می‌باشد یعنی حدود ۵۰۹۱۹۵۲۸/۳ گرم تا ۲۷۴۸۸۲۲۱۲ گرم بازه‌ای است که کل سطح آبخوان را پوشش می‌دهد. با توجه به نتایج (Ghasemi et al., 2009) مبنی بر واقع بودن چاه‌های مورد بررسی در مسیر جریان به سوی شمال- شرقی دشت و وجود آلاینده مانند کارخانجات و تخلیه فاضلاب شهری در محل‌های شهرک فرهنگیان، جورقان و مریانج نتیجه منطقی به نظر می‌رسد. طی بازه ۵۰ ساله همان‌گونه که ذکر گردید جرم غلظت کلراید (Cl⁻) با افزایش از ۷۱۹۷۱۸۸۶/۹ تا ۸۱۷۱۸۱۴۱۳ گرم جهت آلودگی را در ۵ کلاس مختلف در جهت گرادیان هیدرولیکی آب زیرزمینی داشته و با نزدیک‌تر شدن به محل ورودی و خروجی آبخوان به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد. در نتایج Nassery and Nadafian, (2008) به آلوده بودن مناطق (یکن آباد، دهپیا، بهار، کشتارگاه صنعتی و مناطق حاشیه‌ای دشت) مورد مطالعه به خاطر ورود مواد آلی و شیمیایی و کم بودن ضخامت آبرفت که منجر به حرکت سریع‌تر آلودگی در آب زیرزمینی می‌شود اشاره شده است همچنین در ناحیه دهپیا به نظر می‌رسد بیرون‌زدگی‌های سازند قم و درز و شکاف‌های موجود در آن باعث انتقال سریع‌تر فاضلاب به آب زیرزمینی گردیده است. نتیجه مشابهی برای حرکت طی بازه ۱۰۰ ساله نیز نمایان است اما بیش‌ترین جرم آلاینده در بازه ۲۶۲۶۲۰۴۲۱ تا ۴۹۳۰۸۵۱۸۴ گرم می‌باشد که محدوده آبخوان را پوشش داده و در ناحیه ورودی و خروجی آبخوان به بیش‌ترین مقدار خود (۹۴۵۵۳۷۹۸۸ گرم) می‌رسد. به هر حال مسئله آلودگی غیرنقطه‌ای کشاورزی همراه با کاربرد کودهای آلی و معدنی در این منطقه (دشت همدان - بهار) وجود دارد. بیش‌ترین کود سیب زمینی و یونجه در دشت همدان - بهار مصرف می‌شود (Bahmani et al., 2015).



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۴- نتیجه گیری

با استفاده از نرم افزار GMS مدل هیدروژئولوژیکی آبخوان دشت همدان - بهار در حالت پایدار تهیه شد. نتایج شبیه سازی آبخوان نشان دهنده شبیه سازی مناسب آبخوان بود. شبیه سازی انتقال سه بعدی آلودگی نیز که با مدل کیفی مورد بررسی قرار گرفت افزایشی بودن غلظت کلراید (Cl) را طی ادوار آینده نشان داد. همچنین نحوه گسترش جرمی غلظت کلراید (Cl) منطبق با گرادیان هیدرولیکی جریان و از سمت جنوب غرب به سمت شمال شرق بود. ادامه روند افزایش غلظت کلراید (Cl) در آبخوان خسارت و محدودیت در استفاده از آب آبخوان را در پی خواهد داشت.

۵- مراجع

- Almasri, M.N., & Kaluarachchi, J.J. (2007). Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds, *Journal of Hydrology*, 343, 211-229.
- Bahmani, B., Alemohammad, S., & Bahmani, O. (2015). Evaluation of Vulnerability of the Nitrate Pollution in Aquifer of Hamedan-Bahar, *Quarterly Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 3(22), 387-396. (Persian)
- Banejad, H., Mohebzadeh, H., Ghobadi, A G., & Heydari, M. (2012). Numerical Simulation of the Flow and Contaminant Transport in Groundwater, Case Study: Nahavand Plain Aquifer, *Journal of Water and Soil Science*, 23(2), 43-57. (Persian)
- Bernd, C.R., & W.K, Charls. (1986). Geochemistry of salt water beneath the rolling plains, north central Texas, *Groundwater*, Vol. 24. pp 735-742.
- Domenio, P.A., & F.W.Schwarts. (1997). *Physical and chemical hydrogeology*. John Wiley and Sons, Inc.
- Ghasemi, A., Zare Abyaneh, H., Shahsavari, A.M., & Yaghoobi Kikleh, B. (2009). survey variations of Quantitative and qualitative Hamedan – Bahar plain groundwater, *Quarterly Journal of plant and Ecosystem*, 2(23), 109-127. (Persian)
- Ghobadian, R., & Bahrami, Z. (2016). Numerical Analysis of Applying Quantitative and Qualitative Scenarios in Khezel aquifer in Hamedan province with MODFLOW & MT3DMS Models, *Journal of Range and Watershed Management*, 4(69), 1043-1062. (Persian)
- Ghodrati, M., & Sabani, A. (2012). *Ground water Mathematics Models*, Simayedaneh, 17-19. (Persian)
- Ghoraba, S.M., Zeydan, B.A & Rashwan, I.M.H. (2013). Solute transport modeling of the groundwater for quaternary aquifer quality management in Middle Delta, Egypt. *Alexandria Engineering Journal*. 152, 197-207.
- Harbaugh, A.W. (2005). The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model (MODFLOW). U.S. Geological Survey. Reston, Virginia.
- Harden, A., & Brazos, G. (2000). Regional Water Planning Area, Carrizo-Wilcox Ground Water Flow Model and Simulations Results. Associates Inc
- Jabbari, P., Ghanbarpour, MR., & Ashbeh, AR. (2009). *Parameter Optimization of Sari Neka Unconfined Aquifer Using Mathematical Model*. 5th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran. Gorgan University. (Persian)
- Jerome, M., & Chantal, G.O. (2002). Modeling flow and nitrate transport in groundwater for the prediction of water travel time and of consequences of land use evolution on water quality, *Hydrological Processes*, 16(2), 479-492.
- Kalantari, N., Faryabi, M., & Rahimi, M.H. (2008). Pollution potential assessment of Baghmalek plain groundwater with use of AVI method; GOD and DRASTIC models in GIS media, *Journal of Engineering Geology*, 2(2), 431-450. (Persian)
- Mahmoudian, M. (2015). *Groundwater Hydraulic*. 6rd ed Shahid Chamran University, 45-111. (Persian)
- Ministry of power. *Guidelines for mathematical modeling of groundwater*. Publication No.337 (a) (Persian).
- Nassery, H R., & Nadafian, H. (2008). Transport Modeling of Ground water Nitrate Contaminant in Hamedan Drinking Water Wells Area, *Iranian Journal of Geology*, 2(6), 87-98. (Persian)
- Rahnama, M. B., & Zamzam, A. (2013). Quantitative and qualitative simulation of groundwater by mathematical models in Rafsanjan aquifer using MODFLOW and MT3DMS. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(3), 901-912.
- Tandiseh, Z., Hafezi Moghaddas, N., Karami, G., & Jafari, H. (2013). *Prediction of wastewater plan effect of groundwater table (Case study: Mashhad aquifer)*, *ICEGE08*, NOV - 6,7. Ferdosi University, Mashhad. 1361-1369. (Persian)
- Valizadeh, M., & Jafari, H. (2014). Simulation of Transfer of nitrate pollution in Shahrood Aquifer, *Journal of Geochemistry*. 3(1), 393-402 (Persian)
- Yang, F R., Lee, C H., Kung, W J., & Yeh, H F. (2009). The impact of tunneling construction on the hydrogeological environment of Tseng-Wen Reservoir Transbasin Diversion Project in Taiwan, *Engineering Geology*, 103 (1), 39-58.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Buali Sina University

- Yaouti, EF. El., Mandour, A., Khattach, D., & Kaufmann, O. (2008). Modelling groundwater flow and advective contaminant transport in the Bou-Areg unconfined aquifer (NE Morocco), *Journal of Hydro-environment Research*, 2 (3), 192-209.
- Ziaei, A N., Mohammadi, A., & Meshkini, J. (2016). The Study of the Impact of Water Conveyed From Maneh Basin on Bojnourd Aquifer by Using GMS Model, *International Bulletin of Water Resources & Development*, 1(13), 205-217. (Persian)

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران