

## یادداشت فنی

### ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با مدل ریاضی MT3DMS (مطالعه موردی: دشت رفسنجان)

عباس زمزم<sup>۱\*</sup>، محمد باقر رهنما<sup>۲</sup>

#### چکیده

در مناطق خشک کشور نظیر دشت رفسنجان، بهره برداری از منابع آب زیرزمینی بیشتر از منابع آب‌های سطحی است. این تحقیق برای بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت رفسنجان مدل کمی و کیفی دشت توسط مدل‌های MODFLOW و MT3DMS تهیه شد. مدل‌های کمی و کیفی تهیه شده برای این آبخوان با داده‌های صحرایی اندازه‌گیری شده، مقایسه و مدل واسنجی شد. سپس از مدل برای پیش بینی برای ۲ و ۵ سال آینده استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان پارامترهای مختلف در آب زیرزمینی در کل دشت، چه در گذشته و چه در آینده روند افزایشی دارد. این افزایش در حوالی شهر انار بیشتر مشاهده می‌شود. اما از میان این پارامترها، کلر و شوری (EC) افزایش چشمگیری در میان سایر پارامترها دارد. بنابراین کاهش برداشت، کم شدن فعالیت‌های کشاورزی و افزایش تغذیه به منابع آب زیرزمینی می‌تواند تا حدودی از افزایش پارامترهای کیفی طی سال‌های آینده جلوگیری کند.

**واژه‌های کلیدی:** آب زیرزمینی، دشت رفسنجان، مدل کیفی، MODFLOW و MT3DMS

**ارجاع:** زمزم ع و رهنما م. ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از مدل ریاضی MT3DMS (مطالعه موردی: دشت رفسنجان). مجله پژوهش آب ایران. ۶(۱۰): ۲۰۳-۲۰۷.

۱- کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

\* نویسنده مسئول: [abbas\\_ag81@yahoo.com](mailto:abbas_ag81@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۳/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸

## مقدمه

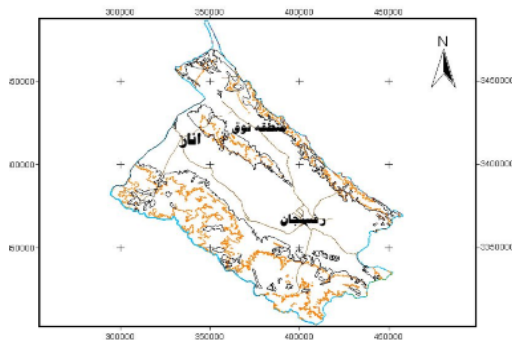
آب مایع حیاتی، نقش مهمی در توسعه همه جانبه مناطق شهری و روستایی دارد. بدون آب حیات امکان پذیر نبوده و فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و... متوقف می‌شود. منابع آب زیرزمینی، بزرگ‌ترین ذخیره قابل دسترسی آب شیرین را تشکیل می‌دهند. در مناطقی که منابع آب سطحی محدود است و یا به راحتی در دسترس انسان قرار ندارد می‌توان نیاز انسان‌ها را به آب از طریق آب‌های زیرزمینی که در همه جا به طور وسیع پخش شده‌اند، برطرف کرد. رشد سریع جمعیت در ۲۰ سال اخیر، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و محدودیت منابع آب‌های سطحی و در نتیجه برداشت بیش از اندازه از سفره‌های آب زیرزمینی، باعث به بار آمدن خسارات جبران ناپذیری به منابع آب زیرزمینی کشور، بویژه در سال‌های آینده خواهد شد. شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی توسط مدل ریاضی یک روش غیرمستقیم مطالعه است که با صرف هزینه کمتر نسبت به روش‌های مستقیم می‌تواند مشکلات موجود را تا حد زیادی رفع کند. در واقع هدف از تهیه مدل ریاضی، شبیه‌سازی شرایط طبیعی سفره با استفاده از یک سری روابط ریاضی است. اگر یک مدل ریاضی به طور دقیق به کار گرفته شود، از آن می‌توان برای پیش بینی وضعیت منابع آبی در آینده و همچنین روشن ساختن تاثیر شرایط اعمال شده بر روی یک سفره جهت اعمال مدیریت صحیح استفاده کرد. از جمله مدل‌هایی که دارای قابلیت‌های بسیار خوبی در مطالعه آب‌های زیرزمینی است، مدل سه بعدی تفاضل محدود مک دونالد و هرباک به نام PMWIN است که در سال ۱۹۹۸

ارائه شده و در سطح گسترده‌ای مورد استفاده پژوهشگران در سراسر دنیا قرار گرفته است (مک دونالد، ۱۹۹۸).

منبع اصلی تأمین آب برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت در دشت رفسنجان، آب زیرزمینی است. در سال‌های اخیر با رشد روز افزون کشاورزی در این منطقه و افزایش حفر چاه‌های کشاورزی، سطح ایستایی در این منطقه با افت شدیدی مواجه شده است، به طوری که این دشت جزو دشت‌های ممنوعه از لحاظ برداشت آب شده است. لذا مطالعه اصولی روی این منابع اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. هدف از این مطالعه تهیه مدل کیفی با استفاده از مدل‌های MODFLOW و MT3DMS و اعمال گزینه‌های مختلف مدیریتی برای بالا بردن کیفیت آب زیرزمینی است.

## موقعیت جغرافیایی منطقه

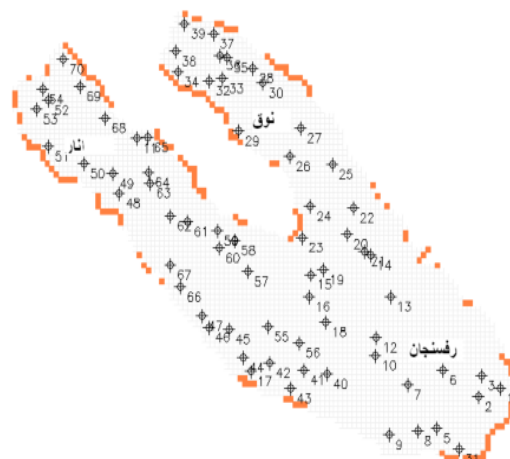
محدوده مطالعاتی رفسنجان-کرمان با وسعت ۱۲۴۲۱ کیلومترمربع بین طول‌های جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۴ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه در باند ارتفاعی ۱۴۰۰ متر تا ۳۴۳۴ متر بالاتر از سطح دریا آزاد گسترده شده است. این منطقه تابستان‌های گرم و زمستان‌های سرد و خشک است. متوسط میزان بارندگی در این دشت ۹۰ میلی‌متر است و تبخیر متوسط سالانه از سطح آزاد تشتک بیش از ۳ متر است و فاقد رودخانه دائمی است، اکثر رودخانه‌ها فصلی هستند.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی دشت رفسنجان

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق ابتدا مدل کمی توسط MODFLOW تهیه، واسنجی و صحت سنجی شد، سپس از آن برای مدل کیفی استفاده شد. برای تهیه مدل کیفی از بسته MT3DMS و داده‌های کیفیت شیمیایی مربوط به ۶۲ چاه کشاورزی استفاده شد که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. پارامترهای مختلف کیفی نظیر پتاسیم، منیزیم، شوری و ... بررسی و مدل سازی شد.



شکل ۲- موقعیت پیزومترهای کیفی دشت رفسنجان و شرایط مرزی

### نتایج و بحث

#### واسنجی مدل

بعد از اجرای مدل، مدل باید کالیبره (واسنجی) شود. واسنجی عبارت است از تصحیح مقادیر ورودی تا مرحله

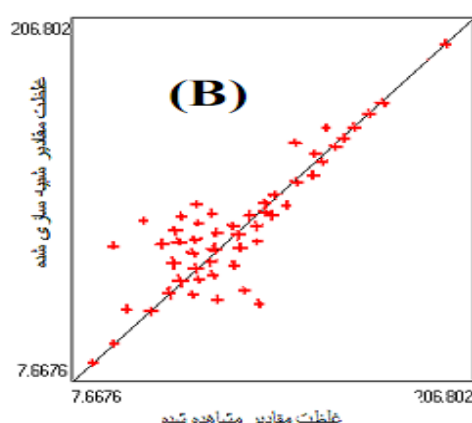
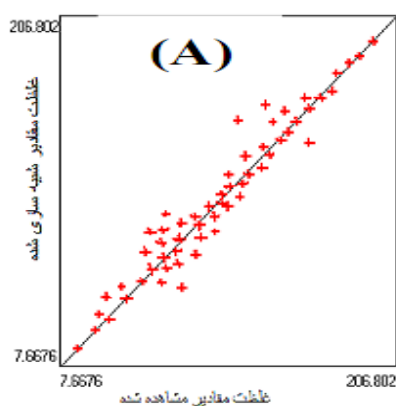
ای که ارقام محاسبه شده با ارقام مشاهداتی مطابقت پیدا کنند. در مدل سازی کیفی آبخوان پارامترهایی که بر فرآیند پخش (ضریب جذب، نسبت‌های پخش افقی به طول پخش، پخش عمودی به طول پخش و طول پخش) موثرند، واسنجی می‌شوند.

#### صحت سنجی مدل

برای صحت سنجی مدل و تعیین میزان دقت مدل، مدل برای دوره زمانی‌های مختلف اجرا شد. در این تحقیق مدل برای دوره‌های زمانی شش ماهه صحت سنجی شد و داده‌های محاسباتی با مشاهداتی با هم مقایسه شدند. بر اساس نتایج مدل، هرچه زمان طولانی‌تر شود، خطای پیش بینی هم زیادتر می‌شود. این روند به وضوح در شکل ۴ که برای دوره‌های زمانی ۲ و ۵ ساله صحت سنجی شده، مشاهده می‌شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود از این مدل برای پیش بینی بیش از پنج سال استفاده نشود.

#### پیش بینی

در این قسمت، جهت پیش بینی برای دوره‌های ۲ و ۵ ساله از مدل استفاده شد. برای این کار از داده‌های زمستان ۱۳۸۶ به عنوان مقادیر اولیه غلظت استفاده شد و آبخوان برای یک دوره زمانی دو و پنج ساله شبیه سازی شد. (جدول ۱)



شکل ۴- نمودار مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده کالر A- دقت مدل بعد از دو سال B- دقت مدل بعد از پنج سال

جدول ۱- روند تغییرات کلیه پارامترها در سه نقطه مختلف

ادامه جدول ۱				دشت رفسنجان			
چاه شماره ۱۰	چاه شماره ۳۳	چاه شماره ۶۰	شماره چاه	پارامتر	زمان		
					پنج سال قبل	یک سال قبل	حال حاضر
۱۰۱۴۹	۱۳۱۳۷	۳۸۲۴	یک سال قبل	$Ca^{+2}$ (meq/l)	۷/۳	۳۹/۷	۶/۱
۱۰۲۰۲	۱۳۶۳۹	۳۸۳۵	حال حاضر		۹/۳	۴۰/۲	۶/۲
۱۰۲۵۳	۱۴۳۴۶	۳۸۴۶	دو سال آینده		۱۲/۱	۴۰/۳	۶/۳
۱۰۴۳۰	۱۵۴۰۰	۳۸۷۰	پنج سال آینده		۱۳/۶	۴۰/۳	۶/۳
۱۰/۶	۲۴/۳	۷/۶	پنج سال قبل		۱۶/۳	۴۱/۲	۶/۴
۱۲/۱	۳۰/۷	۱۱/۱	یک سال قبل		۲۴/۴	۵۲	۷/۴
۱۲/۸	۳۲/۴	۱۱/۴	حال حاضر		۲۸/۳	۵۸	۸/۶
۱۳/۹	۳۲/۵	۱۱/۹	دو سال آینده		۲۹	۶۰/۴	۹
۱۵/۴	۳۵	۱۲/۹	پنج سال آینده		۳۰/۶	۶۳/۲	۹/۲
۸۴	۱۴۷	۳۹	پنج سال قبل		۳۴/۲	۶۷/۵	۹/۶
۸۸	۱۵۱	۴۲/۴	یک سال قبل	۴۰	۷۳	۲۴/۳	
۸۹	۱۵۳	۴۴	حال حاضر	۴۶/۵	۱۰۵	۲۴/۴	
۹۲	۱۵۹	۴۶	دو سال آینده	۴۷	۱۲۰	۲۶	
۹۷	۱۹۶	۵۳	پنج سال آینده	۴۹	۱۳۴/۹	۲۶/۳	
				۶۳	۱۶۶	۲۷/۱	
				۶/۹	۶/۹	۷/۳	
				۷	۷/۱	۷/۴	
				۷/۱	۷/۱	۷/۴	
				۷/۱	۷/۱	۷/۴	
				۷/۲	۷/۳	۷/۳	
				۱۰۰۵۳	۱۲۱۵۰	۳۸۰۵	

## بحث

همان طوری که از جدول ۱ پیداست، میزان کلر موجود در آب زیرزمینی در کل دشت روند افزایشی دارد. اما این افزایش در حوالی شهر رفسنجان و نوق کمتر مشاهده می‌شود. ولی این افزایش در حوالی شهر انار بیشتر است. برای همه پارامترها در دشت روند افزایشی طی سال‌های گذشته و آینده حفظ شده است. این افزایش در بعضی از پارامترها چندان زیاد و خطرناک نیست، ولی همانطور که از ارقام برمی‌آید در مورد پارامتر EC این افزایش خیلی چشمگیر است. میزان این پارامتر هم در گذشته و هم با توجه به پیش بینی توسط مدل برای سال‌های آینده به حد تقریباً بحرانی رسیده است. میزان شوری (EC) در حوالی شهر انار ۱۶۰۰۰ میکروموز بر سانتی متر هم رسیده، از آنجاییکه

است البته باز هم در نزدیکی انار بیشتر مشاهده می‌شود. به طوری که بیشترین مقدار EC که حدود ۱۶۰۰۰ میکرو موز بر سانتی متر مربع می‌باشد در همین حوالی مشاهده می‌شود. در مورد کلسیم می‌توان گفت که افزایش چشمگیری ندارد و از آن به عنوان یک پارامتر بی خطر نام برد. سایر پارامترها هم افزایش دارند ولی افزایش آنها چندان محسوس نیست. البته در بعضی از نقاط به خصوص انار میزان این یون‌ها از گذشته هم زیاد بوده است. بنابراین باید به این نواحی بیشتر توجه شود افزایش زیادتر دو پارامتر کلر و EC را بخصوص در نزدیکی شهر انار، می‌توان ناشی از بیشتر بودن فعالیت‌های کشاورزی، افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی و برگشت آب‌های کشاورزی به آب زیرزمینی دانست. همچنین نتایج نشان می‌دهد که میزان پارامترهای مختلف کیفی در آب زیرزمینی طی سال‌های آتی از حد مجاز خواهد گذشت و کشت و آبیاری درختان مقاوم به شوری را با مشکل مواجه خواهد کرد.

#### منابع

- 1- Shult S.M. Hill M.C. 2001. Groundwater flow in a mine-contaminated watershed, southwest Colorado, tested of conceptual models using inverse modeling. Golden, CO, September 2001, P. 154-160.
- 2- Mc Donald. M.C. Harbough, A.W. 1988. MODFLOW: A Modular 3D Finite difference groundwater flow model.
- 3- Chiang W.H. Kinzelbach. W. 1996. PMWIN: Processing MODFLOW for Windows a simulation system for modeling groundwater flow and pollution. Distributed by C vision Pty Ltd. 185 Elizabeth suite 320 Sydney NSW 2000, Australia.
- 4- Almasri M.N. Kaluarachchi J.J. 2007. Modeling nitrate contamination of groundwater in agricultural watersheds. Journal of hydrology 343, 211-229.
- 5- Laut L. Siegel. D. 2005. Modeling surface and groundwater mixing in the hyporheic zone using MODFLOW and MT3D. Water Resources.

عمده کشت این منطقه درخت پسته است و پسته هم درختی مقاوم به شوری است ولی در این منطقه کشت پسته هم غیرممکن شده است. با بررسی اجمالی‌تر می‌توان نتیجه گرفت که میزان همه پارامترها چه در گذشته و چه در زمان آینده در حوالی شهرانار بیشتر و مشهودتر است. این افزایش بیشتر را می‌توان به نفوذپذیری بالای منطقه، بالا بودن سطح آب زیرزمینی، نفوذ بیشتر آب به زیرزمین، زمین شناسی منطقه و فعالیت‌های زیاد کشاورزی ربط داد. البته در این منطقه طبق مطالعات کمی، افت سطح آب هم برای سال‌های آینده بیشتر است، بنابراین می‌توان گفت کاهش سطح آب در افزایش میزان این پارامترها موثر است. با توجه به موارد فوق، باید به منابع آب زیرزمینی دشت رفسنجان به خصوص حوالی شهر انار توجه بیشتری شود. برای این کار کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی، تعطیل کردن بعضی از چاه‌های کشاورزی، گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار، کاهش فعالیت‌های کشاورزی، پخش سیلاب و انتقال آب از حوزه‌های مجاور می‌تواند تا حدی راهگشا باشد و از خسارت‌های بیشتر به منابع آب زیرزمینی این منطقه جلوگیری کند.

#### نتیجه‌گیری

در این تحقیق پارامترهای کلر، شوری (EC) و کلسیم، منیزیم، سدیم و سولفات موجود در آب زیرزمینی ارزیابی شد. نتایج نشان داد در سال‌های گذشته اکثر این پارامترها در کل دشت روند افزایشی داشته‌اند. همچنین معلوم شد چنانچه شرایط موجود بر آبخوان از لحاظ تخلیه، تغذیه و ... طی سال‌های آینده حفظ شود، این پارامترها در آب زیرزمینی آبخوان رفسنجان افزایش خواهد داشت.

پارامتر کلر برای چند سال آینده روند افزایشی خود را در کل دشت حفظ کرده و در بخش‌هایی از شهر انار این افزایش بیشتر نمود می‌کند. پارامتر EC هم روند افزایشی دارد ولی افزایش آن در کل دشت یکنواخت‌تر

