کاربد وبهره گیری از مدل MODFLOW در اثربخشی تاثیر چاههای غیرمجاز بر آبخوان ها

. بهرام فردوسی ۲. بهمن فردوسی
۱:کارشناس ارشد سازه های هیدرولیکی ، شرکت بنا سازان تابان
۲:دانشجوی دکتری مهندسی عمران ، مهندسی و مدیریت منابع آب ، واحدجامع شوشتر

خلاصه

در تحقیق حاضر شبیه سازی کمی آبخوان دشت بهار واقع در استان همدان بوسیله نرم افزار Modflow انجام شده است که در این تحقیق ابتدا مدل جریان هیدرولیکی آب زیرزمینی اجرا شد و در ادامه چاههای منطقه اعم از مشاهداتی و پمپاژ به نرم افزار معرفی و پس از وارد کردن سطوح تمام چاهها و ارتفاع پیزومترهای منطقه و تعریف دبی پمپاژ مربوط به چاهها و کالیبراسیون داده های جمع آوری شده به منظور حصول به حداکثر دقت در محاسبات، شبیه سازی منطقه با توجه به تغذیه و برداشت انجام و نمودارهای استخراجی مربوط به بیلان آبی و افت سفره در بازه زمانی یکساله با توجه به ادامه روند فعلی مورد آنالیز قرار گرفتند. با توجه به روشن شدن وضعیت سطح ایستائی سفره آب زیرزمینی در پایان شبیه سازی در این شرایط قضاوت در رابطه با مناسب بودن و یا نبودن سطح برداشت فعلی از آبخوان مشخص شد که بهره برداری فعلی از این آبخوان با توجه به افت سفره و نتیجه منفی حاصله از بیلان آبی مناسب نمی باشد و در سالهای خشکسالی آبخوان را در در خطر افت شدید سطح قرار خواهد داد.

کلمات کلیدی: دشت بهار، Modflow، سطح ایستائی سفره، بیلان آبی

۱.مقدمه

آب زیرزمینی تنها به لحاظ کمی حائز اهمیت نیست، بلکه در مقیاس با آب های سطحی دارای محاسنی است که اهمیت آنرا بیشتر می نماید، از جمله آنکه آب های زیرزمینی مخازنی هستند که در مواقع عدم برداشت، به طور طبیعی آب را ذخیره می نمایند و برخلاف آب های سطحی زمین های وسیعی را اشغال نمی کنند و از تاثیر جریان های تبخیر و تعرق و آلودگی تا حد زیادی محفوظ هستند، ضمن این که جریان های سیلابی زیانبار را باعث نمی شوند و در همه فصول قابل برداشت هستند.
با توجه به شرایط اقلیمی، بخش مهمی از کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. متوسط بارندگی در ایران حدود ۲۴۰ میلیمتر در سال است که این مقدار کمتر از یک سوم میانگین بارندگی در جهان است. بارندگی در ایران به

طور عمده از اواخر پاییز تا اوایل بهار ریزش می کند و به جز بخشی از مناطق کشور که در فصل تابستان هم بارندگی دارند، بقیه مناطق در فصول کشاورزی از بارندگی برخوردار نیستند.

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و صنایع در دنیا و نیاز به فراهم نمودن آب سالم اهمیت مطالعه آب های زیرزمینی به روشنی بر همگان آشکار شده است. از اینرو علوم مربوط به آب توجه ویژه ای به مطالعه منابع ارزشمند آب زیرزمینی دارند. در همین راستا روشهای مدرن برای تحلیل و شبیه سازی جریان لایه های آب زیرزمینی و مدل کردن حرکت آلاینده ها در آب زیرزمینی بوجود آمده است که نرم افزارهای توسعه یافته تخصصی در این زمینه نشان دهنده رشد و ارتقاء این دانش می باشند.

ناصری و ندافیان (۱۳۸۷) جریان آب زیرزمینی دشت بهار همدان را توسط Modflow مورد شبیه سازی قرار دادند و سپس منشا آلاینده ها را توسط نرم افزار MT3D مورد جستجو قرار دادند که در نهایت نقاط مرکزی آلودگی را کشتارگاه های صنعتی در دشت معرفی نمودند[۱].

صمدی(۱۳۸۷) آبخوان دشت قروه را با هدف مدیریت آبخوان با تکیه بر عدم قطعیت مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق از مدل visual Modflow v. 2.60 جهت شبیه‌سازی آبخوان دشت قروه استفاده نمودند. جهت واسنجی مدل ریاضی دشت قروه، از آمار و اطلاعات مهرماه ۷۲ تا مهرماه ۷۴ و جهت صحت سنجی آن از آمار و اطلاعات مهرماه ۷۴ تا مهرماه ۷۵ استفاده گردید. آنها پس از قطعیت دادن به پارامترهای بکار رفته در مدل و تصحیح خطای مشاهده شده در مرحله صحت سنجی اول مجدداً این پارامترهای اصلاح شده را به مدل وارد نموده و مراحل واسنجی و صحت سنجی را تکرار نمود. محقق با استفاده از آبخوان واسنجی و صحت‌سنجی شده دشت قروه، ۴ استراتژی مختلف (ادامه روند کنونی بهره برداری از آب زیرزمینی، نفوذ آورد سالانه آبراهه های اوریه و ویهج، چشمه سراب و قنات خالصه از بررسی، P طریق بستر آبراهه ها، اجرای تغذیه مصنوعی توسط گودالهای تغذیه در جنوب پیزومتر ۵ و تعیین میزان برداشت مجاز قبل از احداث تاسیسات تغذیه مصنوعی) را انتخاب نموده و اثرات آنها را بر روی آبخوان بررسی نمود[۲].

هیسکوگ و کوینم (۲۰۰۵) به منظور ارزیابی میزان انتشار آلاینده ها در آب های زیرزمینی منطقه ردکنیون کریک در ایالات متحده،ابتدا توسط نرم افزار Modflow دست به شبیه سازی جریان آب زیرزمینی زد و سپس انتشار آلاینده ها را توسط MT3D مورد تجزیه و تحلیل کیفی قرار داد[۳].

تاد (۲۰۰۲) برای مشخص کردن محدوده تغذیه کننده چاه های آب شرب شهر استروگن بای در ویسکانسین آمریکا، آب های زیرزمینی این منطقه را با نرم افزار Modflow شبیه سازی کردند.ایشان مدل را در دو حالت ماندگار و غیرماندگار اجرا کردند و در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده از مدل و مقایسه آنها با داده های مشاهداتی به این نتیجه رسیدند که برای منطقه مذکور اجرای این مدل در حالت غیرماندگار،بازتاب بهتری از رفتار آبخوان ارائه می دهد.همچنین از نتایج اجرای مدل مشخص شد که ناحیه تغذیه کننده چاهها،در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال شهر تا ۷ کیلومتری جنوب شهر قرار دارد و زمان پیمایش از نواحی تغذیه تا همه چاهها به طور معمول کمتر از یک سال است[۴].

بنابراین به‌منظور حفاظت از آب‌زیرزمینی ایجاد استراتژی‌های مدیریتی لازم می‌باشد که یکی از راه‌های آن به‌دست آوردن پمپاژ بهینه از آبخوان می‌باشد[۵].

۲.مواد و روش ها

حوزه آبریز دشت همدان- بهار که به سیمینه‌رود نیز موسوم است با وسعت ۲۴۵۹ کیلومترمربع در دامنه شمالی ارتفاعات الوند واقع شده است. وسعت دشت ۸۸۰ کیلومترمربع و گسترش سطحی آبخوان اصلی دشت ۴۶۸ کیلومترمربع، وسعت ارتفاعات ۱۵۷۹ کیلومتر مربع می باشد. محدوده دشت (۴۶۸ کیلومترمربع) بین طول شرقی ´۱۷، °۴۸ تا ´۳۳، °۴۸ و عرض شمالی ´۴۹، °۳۴ تا ´۰۲، °۳۵ قرار گرفته است. در محدوده مورد مطالعه با توجه به قدمت و کیفیت آمار ثبت شده، متوسط آمار بارندگی سالانه معادل ۳۲۴/۳ میلیمتر است.

جدول ۱. آمار منابع آب و تخلیه منابع آب زیرزمینی دشت همدان – بهار

منبع آبی	چاه عمیق		چاه نیمه عمیق		قنات		چشمه		جمع	
سال آماربرداری	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه
۱۳۵۴	۹	۴	۶۹۲	۹۷	۴۳	۲۸/۸	-	*	۷۴۴	۱۲۹/۸
۱۳۷۰	۹۹۱	۲۴۸	۱۲۸۷	۶۶	۱۰۷	۱۸/۸	۱۲۱	۱۳/۴۷	۲۵۰۶	۳۴۶/۳
۱۳۸۳	۱۰۶۳	۱۸۰	۱۰۸۰	۴۴/۲	۸۸	۱۲/۳۹	۱۰۲	۸	۲۳۳۳	۲۴۵/۲۴
۱۳۸۷	۱۱۲۸	۱۷۵/۹	۲۱۲۱	۷۳/۲۸	۳۱۷	۱۰/۷	۷۱۳	۶/۸	۴۲۷۹	۲۶۸/۴۸

ارقام تخلیه برحسب میلیون مترمکعب درسال می‌باشد

مدل MODFLOW:

این مدل در سال ۱۹۸۸ توسط مک دونالد و هاربو (McDonnald and Harbaugh,1988) در سازمان زمین شناسی ایالات متحده تهیه شده است. در سال های ۱۹۹۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ ویرایش های دیگری از این مدل ارائه شده است. زبان این مدل فرترن می باشد و پوسته هایی برای اجرای این نرم افزار در محیط Windows ارائه شده که از آن می توان به دو مورد Visual Modflow (Waterloo hydrogeologic Inc) و PMWIN (Wen-Hsing Chiang and Wolfgang Kinzelbach) اشاره کرد:

۳.نتایج و بحث

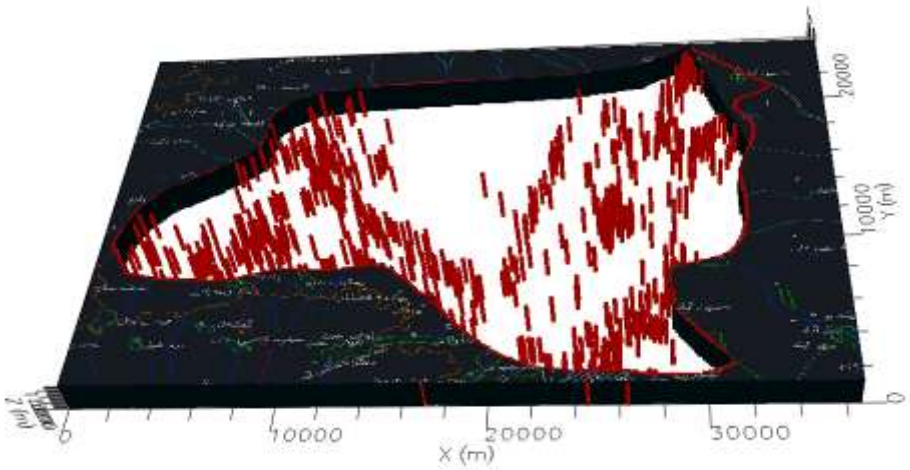
پس از شبکه‌بندی محدوده و تعریف نوع سلولهای شبکه ساختن شکبه مدل توسط انتخاب *Mesh Size* صورت می‌گیرد. نوع سلولهای همگی مستطیلی می باشند. برای مدل مورد نظر در تمامی منطقه مورد مطالعه ابعاد سلولهای به صورت مستطیلی و

با ابعاد ۲۰۰ در ۲۰۰ متر مربع انتخاب و به مدل معرفی گردیدند. اگر چه تعداد هر چه بیشتر سلولها و یا به عبارتی انتخاب سولهایی با ابعاد کوچکتر ظاهرا منجر به بالاتر رفتن دقت مدل می شود، اما اگر این کوچک کردن ابعاد سلولها متناسب با آمار و اطلاعات موجود نباشد، این امر غیر منطقی بوده و صرفا باعث افزایش حجم و وقت گیر شدن مدلسازی می‌شود. توپوگرافی سنگ کف از پروفیلهای ژئوالکتریک موجود که در مرحله مطالعات زمین شناسی و هیدروژئولژی منطقه تهیه شده بود، استخراج گردید.

پس از بررسی عکس‌های هوایی و نقشه های *GIS* دشت و وارد کردن *Utm*های رودخانه سیمینه رود به مدل نوبت به برآورد *Stage* رودخانه در گام‌های زمانی مختلف می‌رسد که بر اساس ارتفاع نواحی عبوری رودخانه در طول دشت و همچنین هیدروگراف دشت به مدل وارد گردید. همچنین عمق بستر رودخانه در مقاطع مختلف و به تناسب آن عرض و ارتفاع در تمام مقاطع به رودخانه وارد گردید. در این هنگام مدل دشت بهار در حالت ماندگار تنظیم واجراء گردید. مدلسازی فقط برای یک روز و آن هم روز اول مهر ماه ۱۳۸۹ بوده است در نتیجه تمام عوامل هیدروژئولوژیکی موجود برای همان روز به مدل اعمال شده است

با توجه به داده‌های جمع آوری شده از دشت و وارد کردن آن به روی نقشه نقاط دارای هد اولیه ثابت مشخص شدند به اینصورت که کمترین هد در قسمت شمال و جنوب دشت با مقدار تقریبی ۱۷۹۰ و بیشترین مقدار آن در بخش های شرق و جنوب غربی دشت به میزان ۱۸۱۰ متر بود.

چون مهرماه سال۱۳۸۹ به عنوان ابتدای مدلسازی و رژیم جریان ماندگار انتخاب شد بنابراین کلیه تنش های وارد بر سیستم باید برای همان ماه به مدل اعمال گردد واحد زمانی مدل همانطور که قبلا اشاره گردید یک روز بوده است پس مقدار تخلیه و تغذیه نیز باید به مقدار یک روز به مدل اعمال شود. در این ماه میزان نفوذ از بارش به علت نبود بارش در مهر ماه و شهریور ماه ۱۳۸۹ صفر در نظر گرفته شده ولی حجم نفوذ سیلاب در سطح دشت و آب برگشتی زراعی و فاضلاب به ترتیب درصدهای ۱۰و۴۰و۸۰ درصد در نظرگرفته شده است که این مقادیر توسط پکیج *Recharge* به مدل اعمال شده است. حجم تخلیه توسط چاه ها نیز با توجه به ساعت کارکرد پاییز ۱۳۸۹ و فقط برای یک روز آن در نظر گرفته شده است این مقدار توسط پکیج *Well* به مدل اعمال شده است تخلیه از مدل توسط علامت منفی مشخص می‌شود. ورودی و خروجی زیر زمینی از سیستم نیز برای یک روز به آن اعمال شده است

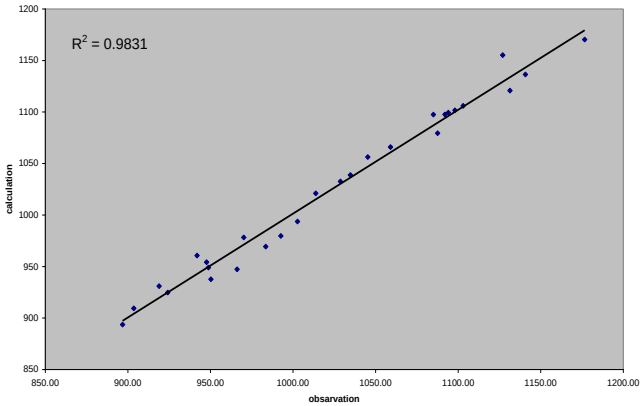


شکل ۱. نمای سه بعدی چاههای مجاز تعریف شده به مدل

در نهایت با توجه به تمام موارد گفته شده مدل آبخوان دشت بهار اجرا گردید و منحنی های سطح آب محاسباتی بـه مطابقـت قابل قبولی با منحنی های سطح آب مشاهداتی رسید و این به منزله ی پایان کارمدلسازی می باشد. با توجه بـه منحنـی هـای محاسباتی و مشاهداتی بیشترین اختلاف بین مقادیر محاسبه شده و مشاهده شده به اطراف شهر بهار مربوط می شود کـه ایـن امر به خاطر نبود آمار و اطلاعات نفوذ از طریق فاضلاب به سفره بوده اسـت. همچنـین در مرزهـای ورودی و خروجـی تطـابق نسبی خوبی بین مقادیر و محاسبه ای وجود دارد.

صحت سنجی

در خاتمه کار پس ازاجرای مدل برای تعیین صحت عملیات انجام شده از ابزارهایی استفاده می شـود کـه اعـداد محاسـباتی و مشاهداتی را درکنار هم آنالیز کند در مدل هایی که درحالت غیر ماندگار اجراء می شوند از هیدروگراف های چاه های مشاهده ای که در طول محدوده مدل در نظر گرفته اند استفاده می کنند در این پروژه که مـدل در حالـت مانـدگار اجـراء شـده اسـت ازتعداد ۲۴ حلقه چاه مشدهدای استفاده شده است که در آن داده های محاسباتی و مشاهداتی قابل بررسی هستند. همچنـین برای مقایسه بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر محاسبه شده از یک (*Scatter Diagram*) استفاده می شود که عبارت است از نموداری که برازش بین داده های مدلسازی و داده های مشاهده ای را نشان می دهد با توجـه شـکل ۲ و عـدد رگرسـیون مربوطه ملاحظه می شود که مقادیر نسبتاًدر حد قابل قبولی با هم تطابق دارند.



شکل ۲. مقایسه بین مقادیر محاسبه شده و مشاهده شده

نتایج حاصل از واسنجی مدل هیدرولیکی جریان آب زیرزمینی در محدوده مطالعاتی، تغییرات آبدهی ویژه آبخوان آبرفتی دشت از حدود ۲ تا ۵ درصد در نوسان می باشد و میانگین منطقه ۴ درصد برآورد شده است. بدلیل اینکه در مشخصات فنی چاهها مقدار آبدهی ویژه برای هیچکدام از چاهها بدست نیامده در نتیجه احتمالات و پیش بینی ها بر اساس میانگین منطقه خواهد بود که این عدد در واسنجی مدل اصلاح خواهد شد.

در بیلان آب زیرزمینی هدف اصلی مطالعه تغییر حجم آب سفره زیرزمینی ΔV می‌باشد. در محاسبه بیلان اکثر پارامترها قابل اندازه‌گیری می‌باشند. مساحت محدوده بیلان در حدود ۳۷۰ کیلومتر مربع و میزان متوسط بارندگی حدود ۵۰۰ میلیمتر در سال است. در جدول زیر خلاصه محاسبه بیلان ارائه شده است.

جدول ۲. خلاصه محاسبات بیلان با اعمال چاههای مجاز برحسب میلیون متر مکعب

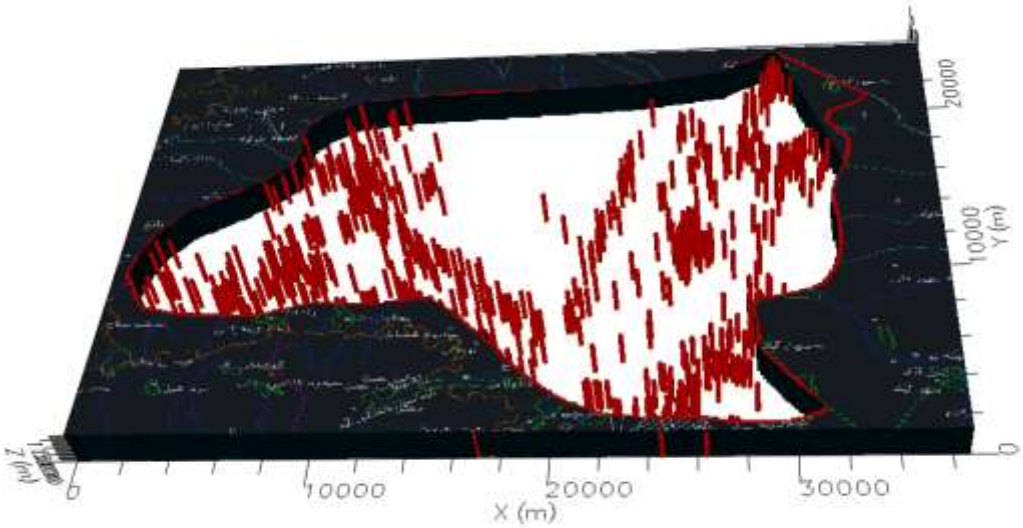
آیتم	خروجی	ورودی
میزان برداشت از چاههای کشاورزی	۱۹۶/۸۱۱	-
میزان تغذیه از چاههای کشاورزی	-	۲۱/۹
تفاضل	۱۷۴/۹۱۱	-

با توجه به منفی قرار دادن مجموع مقادیر تخلیه در معادله، تغییرات حجم مخزن به صورت زیر بدست می آید:

تغییرات حجم مخزن =۱۷۴/۹۱۱-= ۱۹۶/۸۱۱-۲۱/۹

وارد نمودن چاههای غیر مجاز

پس از این مرحله نوبت به وارد نمودن اطلاعات مربوط به چاههای غیر مجاز موجود در منطقه می‌رسد تا میزان خروجی توأمان چاههای مجاز و غیر مجاز در دشت محاسبه گردد.



شکل ۳. نمای سه بعدی از موقعیت قرارگیری چاههای غیرمجاز در محدوده دشت

پس از تعریف خصوصیات و دبی چاههای غیر مجاز در رژیم جریان پایدار اینبار بیلان آبی دشت را در اثر همزمان چاههای مجاز و غیر مجاز اجرا می کنیم تا تأثیر بهره برداری از چاههای غیرمجاز را در نمودارهای بیلان آبی و افت سفره مورد ارزیابی و قضاوت قرار دهیم.

جدول ۳. خلاصه محاسبات بیلان با اعمال چاههای مجاز به همراه چاههای غیرمجاز برحسب میلیون متر مکعب

آیتم	خروجی	ورودی
میزان برداشت از چاههای کشاورزی	۳۳۲/۲۲۴	-
میزان تغذیه از چاههای کشاورزی	-	۲۳/۲
تفاضل	۲۰۱/۱۳۲	-

با توجه به منفی قرار دادن مجموع مقادیر تخلیه در معادله، تغییرات حجم مخزن به صورت زیر بدست می آید:

تغییرات حجم مخزن = ۲۰۱/۱۳۲- = ۲۳/۲-۲۲۴/۳۳۲

با بدست آمدن تغییرات حجم مخزن با اعمال چاههای غیرمجاز و تفریق آن از حجم مخزن در حالت تعریف چاههای مجاز میزان بهره برداری چاههای غیرمجاز مطابق زیر محاسبه می گردد:

۱۷۴/۹۱۱-۲۰۱/۱۳۲= ۲۶/۲۲۱ میلیون مترمکعب

۴.نتیجه گیری

با توجه به برداشت بی رویه از سفره آب زیرزمینی افت سطح ایستایی در حال ادامه است که این مسئله می تواند در سالهای بحران خشکسالی باعث بوجود آمدن مسائل و مشکلاتی برای معیشت ساکنان محدوده،مسائل زیست محیطی،کشاورزی،دامپروری و افت جاذبه های گردشگری منطقه گردد به طوری که کم آب شدن سراب بهار که از چشمه‌های مرتبط با آب‌های زیرزمینی منطقه تغذیه می‌گردد را می‌توان بعنوان شاهدی بر این ادعا عنوان نمود.

بیشترین میزان های برداشت از چاه های مراکز پرجمعیت روستایی ثبت شده اند که رابطه مستقیم برداشت با مزارع تحت کشت در دشت را نشان میدهد به طوری که در ارزیابی اجزاء بیلان میزان برداشت از چاههای کشاورزی بیشترین درصد را به خود اختصاص داده است.

عدم وجود زهکشی مناسب برای هدایت آبهای سطحی به مزارع تحت کشت باعث متمایل شدن هرچه بیشتر کشاورزان به برداشت از آب های زیرزمینی شده است.

۵.مراجع

۱- ناصری، ح. و ندافیان، ح. (۱۳۸۷)."*مدل سازی انتقال آلاینده نیترات آب های زیرزمینی در محدوده چاههای آب شرب همدان*"، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال دوم، شماره ۶.

۲- صمدی، د. (۱۳۷۸)."*مطالعه و مدیریت منابع آب دشت قروه با استفاده از مدل ریاضی*"، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران آب، دانشگاه شهید چمران.

3- Hiscock, Kevinm. (2005). hydrogeology principles and practice, black well science LTD, 389PP

4-Todd. D.K. 1980. *Groundwater Hydrogeology*.2d.ed., John Wiley, New York.

5- Ibrahim S; Al-Salamah; Yousry M. hazaw. (2011). Groundwater modeling of Saq Aquifer Buraydah Al Qassim for better water management strategies. Environ Monit Assess 173:851-860.