



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ





دانشکده علوم  
گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

شبیه سازی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی با استفاده  
از مدل ریاضی تفاضلات محدود

نگارش:

زهره نجاتی جهرمی

استاد راهنما:

دکتر منوچهر چیت سازان

استاد مشاور:

مهندس سید یحیی میرزایی

تقدیم به ساحت مقدس حضرت ولی عصر (عج)

تقدیم به پیشگاه مادر مهربانم

باشکوه‌ترین زفرمه‌ای که موج ضمیرم را با واژه‌های مهر و محبت معطر ساخت،  
او که دعایش بزرگ‌ترین سرمایه‌ام در مسیر زندگی است.

در برابر وجود کرامی اش زانوی ادب بر زمین می‌نهم و بادلی مملو از عشق، محبت و خضوع بردستان پر مهرش  
بوسه می‌زنم.

«تقدیم به تو ای الهی ای که به یقین بهشت زیر پات عرصه‌ای تنگ است»

همسر بسیار مهربانم، مهدی

در نیمه راه بودم که آمدی

دیری نپایید که دانستم بودنت تکیه گاهی امن برای پیمودن مسیر پرفراز و نشیب زندگی است،

وجودت تبدیل به روشنایی مطلوبی در زندگی ام شد.

تقدیم به تو که معنای عشق را در زندگیم تجلی بخشیدی.

تو که با صبر و سکینایی بی همانندت تکیه گاهی برای لحظات بی قراریم هستی و باد لگرمی یاست، امید زندگی را در

دلم سگوفامی کنی و بودنت در زندگی، کوهی نخی مشکلات را آب می کند.

تقدیم به خواهرم اعظم

یکانه مراد زندگی ام که با وجودش تمامی لحظه هایم سرسبز و بهاریست.

تقدیم به ساحت مقدس حضرت ولی عصر (عج)

تقدیم به پیشگاه مادر مهربانم

باشکوه‌ترین زفرمه‌ای که موج ضمیرم را با واژه‌های مهر و محبت معطر ساخت،  
او که دعایش بزرگ‌ترین سرمایه‌ام در مسیر زندگی است.

در برابر وجود کرامی اش زانوی ادب بر زمین می‌نهم و بادلی مملو از عشق، محبت و خضوع بردستان پر مهرش  
بوسه می‌زنم.

«تقدیم به تو ای الهی ای که به یقین بهشت زیرپات عرصه‌ای تنگ است»

همسر بسیار مهربانم، مهدی

در نیمه راه بودم که آمدی

دیری نپایید که دانستم بودنت تکیه گاهی امن برای رسیدن مسیر رفراز و نشیب زندگی است،

وجودت تبدیل به روشنایی مطلوبی در زندگی ام شد.

تقدیم به تو که معنای عشق را در زندگیم تجلی بخشیدی.

تو که با صبر و سکینایی بی همانندت تکیه گاهی برای لحظات بی قراریم هستی و باد لگرمی یاست، امید زندگی را در

دلم سگوفامی کنی و بودنت در زندگی، کوه یخی مشکلات را آب می کند.

تقدیم به خواهرم اعظم

یکانه مراد زندگی ام که با وجودش تمامی لحظه هایم سرسبز و بهاریست.

حمد و سپاس می گویم تو را که شایسته تائیدی و نه خواستار آن، تائید می کنم تو را آنگاه که مرا آفریدی و آسمان و زمین را، آنگاه که مرا فهم دادی و توان استفاده از تمامی آنچه که در اختیار من نهادی، یاد می کنم تو را در شادمانی و در نگرانی که در همه حال بر من مهربانی خویش ارزانی داری، سپاس می گویم تو را که بر من نعمت دانش ارزانی داشتی و مرا بایکیران رحمت و قدرت خویش بیشتر آشنا نمودی، چرا که هر چه بیشتر پیش می روم بیشتر فرو می مانم در مقابل این همه صنغ و لطف و کرم لایتناهی.

پس از سپاس از پروردگار منان بر خود لازم می بینم که از همه عزیزانی که در به شمر رسیدن این پژوهش مرا یاری کرده اند قدردانی بنمایم. بی‌شک این راه پر فراز و نشیب ممکن نبود مگر در پرتو راهنمایی استاد ارجمندم جناب آقای دکتر چهرت سازان که در دوران تحصیل و انجام پایان نامه از بیچ تلاشی فروگذار نبودند و مراد یون زحمات خویش ساخته اند. همچنین از جناب آقای مهندس میرزایی استاد مشاور کرامی که در مراحل مختلف انجام پایان نامه نکات ارزنده ای را متذکر شدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین تشکر و سپاس خود را به محضر استادی که در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد از وجودشان بهره مند گشته ام، جناب آقایان دکتر کلاتری، دکتر کنگولی، دکتر کریمی، دکتر کاظمی، دکتر حافظی مقدم، دکتر صادقان و دیگر استادی گروه زمین شناسی ابراز می نمایم. لازم می دانم از پرسنل محترم سازمان آب و برق خوزستان، اداره کل امور آب استان خوزستان و امور آب منطقه شمال قدردانی بنمایم. از محبت های صمیمانه دوستان عزیزم خانم باعطایی زاده، سامانی، حمیدی زاده، بخشایش، جهادیان، ملک مکان، حاجیان، جانبا، عسکری، باقرزاده، رحیمی، فاضلی، طهاسبی، تحیری، متقرد، فولادوند، سپند، مطوری و آقایان علی حاجیان، عبودی، صاحب دل، علیجانی، مظفری زاده، یارمحمدی، دانی نژاد، رحیمی، کشاورز و فاریابی تشکر و قدردانی می نمایم و از نگاه خداوند متعال طول عمر و توفیق روز افزون آنها را خواستارم.

زحره نجاتی جهرمی

تیرماه ۱۳۸۸

حمد و سپاس می گویم تو را که شایسته تائیدی و نه خواستار آن، تائیدی می کنم تو را آنگاه که مرا آفریدی و آسمان و زمین را، آنگاه که مرا فهم دادی و توان استفاده از تمامی آنچه که در اختیار من نهادی، یاد می کنم تو را در شادمانی و در نگرانی که در همه حال بر من مهربانی خویش ارزانی داری، سپاس می گویم تو را که بر من نعمت دانش ارزانی داشتی و مرا بایکیران رحمت و قدرت خویش بیشتر آشنا نمودی، چرا که هر چه بیشتر پیش می روم بیشتر فرو می مانم در مقابل این همه صنغ و لطف و کرم لایتناهی.

پس از سپاس از پروردگار منان بر خود لازم می بینم که از همه عزیزانی که در به شمر رسیدن این پژوهش مرا یاری کرده اند قدردانی بنمایم. بی‌شک این راه پر فراز و نشیب ممکن نبود مگر در پرتو راهنمایی استاد ارجمندم جناب آقای دکتر چهرت سازان که در دوران تحصیل و انجام پایان نامه از بیچ تلاشی فروگذار نبودند و مرا بی‌یون زحمات خویش ساخته اند.

همچنین از جناب آقای مهندس میرزایی استاد مشاور کرامی که در مراحل مختلف انجام پایان نامه نکات ارزنده ای را متذکر شدند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین تشکر و سپاس خود را به محضر استادی که در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد از وجودشان بهره مند گشته ام، جناب آقایان دکتر کلاتری، دکتر کنگولی، دکتر کریمی، دکتر کاظمی، دکتر حافظی مقدم، دکتر صادقان و دیگر استادی گروه زمین شناسی ابراز می نمایم.

لازم می دانم از پرسنل محترم سازمان آب و برق خوزستان، اداره کل امور آب استان خوزستان و امور آب منطقه شمال قدردانی بنمایم.

از محبت های صمیمانه دوستان عزیزم خانم باعطایی زاده، سامانی، حمیدی زاده، بخشایش، جهادیان، ملک مکان، حاجیان، جانبا، عسکری، باقرزاده، رحیمی، فاضلی، طهاسی، تهمیری، متقرد، فولادوند، سپند، مطوری و آقایان علی حاجیان، عبودی، صاحب دل، علیجانی، مظفری زاده،

یار محمدی، دانی نژاد، رحیمی، کشاورز و فاریابی تشکر و قدردانی می نمایم و از نگاه خداوند متعال طول عمر و توفیق روز افزون آنها را خواستارم.

زحره نجاتی جهرمی

تیرماه ۱۳۸۸



نام خانوادگی: نجاتی جهرمی		نام: زهره
عنوان پایان نامه: شبیه‌سازی منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود		
استاد راهنما: دکتر منوچهر چیت سازان		استاد مشاور: مهندس سید یحیی میرزایی
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی	گرایش: هیدروژئولوژی
محل تحصیل (دانشگاه): شهید چمران اهواز		
دانشکده: علوم		
تاریخ فارغ التحصیلی:		تعداد صفحه:
کلید واژه‌ها: عقیلی، مدل سازی، شبیه سازی، آب های زیرزمینی، مدل معکوس، تفاضلات محدود، GMS6.5، صحت سنجی.		
چکیده:		
<p>استفاده از مدل‌سازی یکی از روش‌های غیر مستقیم مطالعه منابع آب زیرزمینی است که با توجه به کارایی بالا و هزینه کمتر نسبت به روش‌های دیگر، امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. مدل کمی آب‌های زیرزمینی دشت عقیلی به وسعت 142/41 کیلومتر مربع واقع در شمال شرق شهرستان شوشتر نیز به‌همین منظور تهیه گردیده است. اهداف اصلی تهیه مدل آب‌های زیرزمینی دشت عقیلی، شامل درک کمی جریان آب‌های زیرزمینی و مؤلفه‌های گوناگون بیلان دشت است که فرایند بهینه تصمیم‌گیری مدیریت آبخوان براساس آن‌ها خواهد بود. در این تحقیق آبخوان دشت عقیلی توسط روش عددی تفاضلات محدود به وسیله نرم‌افزار GMS6.5 شبیه‌سازی گردید. GMS یک محیط مدل‌سازی است، که شامل یک انترفاز گرافیکی و تعدادی کدهای تحلیلی مختلف شامل MODFLOW، MODPATH و غیره می‌باشد. MODFLOW یک ماژول سه بعدی مدل جریان آب زیرزمینی تفاضلات محدود است که توسط سازمان زمین شناسی ایالت متحده (USGS) تهیه شده است. پس از انتخاب بسته نرم افزاری مناسب اقدام به تهیه مدل مفهومی در ماژول نقشه گردید. بعد از تکمیل مدل مفهومی در ماژول نقشه، مدل مفهومی به مدل عددی در ماژول سه بعدی شبکه تبدیل گردید. این کار شامل قرار دادن یک شبکه بر روی مدل مفهومی و سپس تبدیل کردن آن به یک مدل بر پایه شبکه می‌باشد. ابتدا مدل جریان آب زیرزمینی در حالت ماندگار برای یک ماه اجرا و کالیبره گردید. سپس مدل از مهر 1385 تا شهریور 1386 در حالت ناماندگار طی 12 دوره تنش کالیبره و پس از بهینه سازی پارامترهای هیدروژئولوژیکی (مدلسازی معکوس)، مدل برای دوره زمانی از مهر 1386 تا خرداد 1387 صحت سنجی شد. پس از واسنجی و صحت سنجی، مدل توانست به‌خوبی شرایط آبخوان را شبیه‌سازی نماید. نهایتاً سناریوهای مختلف مدیریتی برای دشت در نظر گرفته شد و واکنش آبخوان در مقابل آن‌ها شبیه‌سازی گردید.</p>		

فهرست مطالب، جداول، اشكال

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول: مروری بر مطالعات گذشته و تئوری مدل های زیرزمینی

1-1	مروری بر مطالعات گذشته	1
2-1	تعریف مدل	3
3-1	انواع مدل ها	4
1-3-1	مدل های فیزیکی	5
2-3-1	مدل های آنالوگ	5
3-3-1	مدل های ریاضی	6
1-3-3-1	مدل های تجربی	7
2-3-3-1	مدل های احتمالاتی	8
3-3-3-1	مدل های علت و معلولی	8
1-3-3-3-1	مدل های تحلیلی	8
2-3-3-3-1	مدل های عددی	9
1-2-3-3-3-1	تفاضلات محدود	10
2-2-3-3-3-1	عناصر محدود (المان محدود)	13
3-2-3-3-3-1	انتخاب جهت و اندازه شبکه در مدل های عددی	15
4-2-3-3-3-1	شرایط اولیه	16
5-2-3-3-3-1	شرایط مرزی	18
4-1	مبانی فیزیکی و معادلات حاکم بر جریان آب زیرزمینی	19
1-4-1	قانون تجربی داریسی	19
2-4-1	معادله برنولی	21
3-4-1	معادله پیوستگی برای جریان ماندگار	22
4-4-1	معادله لاپلاس	24
5-4-1	معادله عمومی جریان آب زیرزمینی در لایه آبدار آزاد در حالت پایدار	25
5-1	روش های حل دستگاه معادلات جبری بهدست آمده از تقریب تفاضلات محدود:	27
1-5-1	روش های مستقیم	27
2-5-1	روش های تکرار	27

- 27.....3-5-1 روش های ترکیبی تکرار-مستقیم
- 28.....6-1 کاربرد روش های معکوس در آب های زیرزمینی

### فصل دوم: روش تحقیق در مدل سازی

- 30.....1-2 مقدمه
- 30.....2-2 الگوریتم پروتکل
- 32.....1-2-2 مشخص کردن هدف مدل سازی
- 32.....2-2-2 تهیه مدل مفهومی
- 33.....3-2-2 انتخاب معادله حاکم و کد کامپیوتری
- 34.....1-3-2-2 انتخاب کد کامپیوتری
- 35.....2-3-2-2 انتخاب نرم افزار
- 37.....4-2-2 طراحی مدل
- 37.....5-2-2 واسنجی
- 38.....1-5-2-2 کالیبراسیون سعی و خطا
- 39.....2-5-2-2 کالیبراسیون خودکار
- 41.....3-5-2-2 دقت کالیبراسیون برای بکارگیری نتایج مدل
- 42.....6-2-2 آنالیز حساسیت کالیبراسیون
- 42.....7-2-2 صحت سنجی
- 43.....8-2-2 پیش بینی
- 43.....9-2-2 آنالیز حساسیت پیش بینی
- 43.....10-2-2 ارائه مدل طراحی شده و نتایج
- 43.....11-2-2 ممیزی بعدی مدل
- 44.....12-2-2 طراحی مجدد

### فصل سوم: زمین شناسی و هیدروژئولوژی

- 45.....1-3 موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
- 46.....2-3 آب و هوا و اقلیم منطقه مورد مطالعه
- 46.....1-2-3 بارندگی
- 48.....2-2-3 دمای هوا
- 49.....3-2-3 رطوبت هوا

- 50..... 4-2-3 تبخیر
- 51..... 5-2-3 اقلیم منطقه مورد مطالعه
- 51..... 1-5-2-3 ضریب خشکی دومارتن
- 52..... 2-5-2-3 اقلیم نمای آمبرژه
- 54..... 3-3 زمین شناسی ناحیه‌ای منطقه مورد مطالعه
- 57..... 4-3 وضعیت چینه‌شناسی منطقه
- 57..... 1-4-3 سازند گچساران
- 59..... 2-4-3 سازند میشان
- 59..... 3-4-3 سازند آغاچاری
- 61..... 4-4-3 بخش لهبری
- 62..... 5-4-3 سازند گنگلومرای بختیاری
- 63..... 6-4-3 نهشته های جوان منطقه
- 63..... 1-6-4-3 پادگانه های کهن رودخانه کارون
- 63..... 2-6-4-3 پادگانه های جوان
- 64..... 3-6-4-3 رسوبات سیلابی
- 64..... 5-3 زمین شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه
- 65..... 1-5-3 گسل ها
- 65..... 1-1-5-3 گسل لهبری
- 66..... 2-1-5-3 گسل پیراحمد
- 66..... 2-5-3 چین خوردگی ها
- 67..... 3-5-3 تفسیر رز دیاگرام منطقه مورد مطالعه
- 68..... 6-3 مشخصات هیدرولیکی و نفوذپذیری سازندهای منطقه
- 69..... 7-3 ژئومورفولوژی منطقه
- 69..... 1-7-3 رودخانه کارون
- 71..... 8-3 وضعیت هیدروژئولوژیکی دشت عقیلی
- 71..... 1-8-3 چاه های بهره برداری
- 74..... 2-8-3 پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه
- 75..... 1-2-8-3 لاگ پیزومترهای گروه اول
- 76..... 2-2-8-3 لاگ پیزومترهای گروه دوم

- 79.....3-2-8-3 لاگ پیزومترهای گروه سوم
- 81.....3-8-3 وضعیت هندسی آبخوان
- 81.....1-3-8-3 توپوگرافی منطقه
- 82.....2-3-8-3 تعیین جنس و عمق سنگ کف آبخوان
- 83.....4-8-3 نقشه های سطح آب زیرزمینی
- 84.....1-4-8-3 میانگین سطح ایستابی و جهت جریان آب زیرزمینی
- 85.....2-4-8-3 نقشه عمق تا سطح ایستابی
- 86.....4-5-8-3 سطح ایستابی حداکثر و حداقل
- 88.....5-5-8-3 هیدروگراف واحد دشت
- 91.....6-8-3 ضرایب هیدرودینامیکی
- 91.....1-6-8-3 ضرایب هیدرولیکی دشت عقیلی
- 93.....9-3 هیدروشیمی
- 93.....1-9-3 کلیات
- 94.....2-9-3 منحنی های هم ارزش پارامترهای شیمیایی
- 94.....1-2-9-3 هدایت الکتریکی
- 95.....2-2-9-3 مجموع املاح محلول در آب
- 96.....3-2-9-3 آنیون و کاتیون های موجود در آب زیرزمینی منطقه
- 97.....1-3-2-9-3 منحنی های هم ارزش کلسیم و منیزیم
- 98.....2-3-2-9-3 منحنی های هم ارزش سدیم و پتاسیم
- 99.....3-3-2-9-3 منحنی های هم ارزش بی کربنات
- 100.....4-3-2-9-3 منحنی هم ارزش کلر
- 101.....5-3-2-9-3 منحنی هم ارزش سولفات
- 102.....3-9-3 تیپ و رخساره هیدروشیمیایی آب منطقه

#### فصل چهارم: تهیه و واسنجی مدل جهت تخمین ضرائب هیدرودینامیک

- 104.....1-4 کلیات
- 104.....2-4 هدف مدلسازی
- 105.....3-4 مدل مفهومی
- 106.....1-3-4 شرایط مرزی مدل

108	2-3-4 تخلیه آب زیرزمینی توسط چاه های بهره برداری
109	3-3-4 تبخیر
110	4-3-4 تغذیه
112	5-3-4 خصوصیات هیدرولیکی آبخوان
113	6-3-4 تهیه شبکه مدل و گسسته سازی مکانی
114	4-4 تعریف مدل عددی
114	5-4 گسسته سازی زمانی مدل
116	6-4 درون یابی اطلاعات هندسی و بار هیدرولیکی اولیه آبخوان و نسبت دادن آن به سلول های شبکه
116	1-6-4 خصوصیات هندسی آبخوان
118	2-6-4 بار هیدرولیکی اولیه
119	7-4 تبدیل مدل مفهومی به مدل عددی
120	8-4 واسنجی و آنالیز حساسیت مدل دشت عقیلی
120	1-8-4 کلیات
121	2-8-4 واسنجی سعی و خطا
122	3-8-4 واسنجی خودکار
123	4-8-4 نتایج کالیبراسیون مدل دشت عقیلی در حالت ماندگار
125	5-8-4 نتایج کالیبراسیون مدل دشت عقیلی در حالت ناماندگار
134	9-4 صحت سنجی مدل

### فصل پنجم: مدیریت بهینه منابع آب دشت عقیلی با استفاده از مدل تفاضلات محدود

137	1-5 مقدمه
138	2-5 مدیریت منابع آب دشت عقیلی با استفاده از مدل ریاضی
138	1-2-5 بررسی بیلان آب زیرزمینی دشت عقیلی
145	2-2-5 پیش بینی مدل
145	1-2-2-5 ادامه روند کنونی بهره برداری از آبخوان
147	2-2-2-5 احداث چاه های بهره برداری جدید
150	3-2-2-5 پیش بینی وضعیت آبخوان در شرایط خشکسالی
151	4-2-2-5 پیش بینی وضعیت آبخوان در شرایط ترسالی
153	5-2-2-5 پیش بینی وضعیت آبخوان در شرایط 20 درصد افزایش پمپاژ
154	6-2-2-5 احداث چاه های بهره برداری جدید در مناطق با بیلان مثبت

## فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- 157 ..... 1-6 نتیجه گیری
- 157 ..... 1-1-6 نتایج مطالعات جهت شناخت خصوصیات عمومی منطقه
- 159 ..... 2-1-6 نتایج مطالعات جهت تهیه و واسنجی مدل ریاضی دشت
- 161 ..... 3-1-6 نتایج مطالعات سناریوهای مختلف مدیریتی با استفاده از مدل ریاضی تفاضلات محدود
- 162 ..... 2-6 پیشنهادات

### فهرست جداول

- 19 ..... جدول (1-1) تقسیم بندی مرزها از لحاظ هیدرولیکی
- 46 ..... جدول (1-3) مشخصات ایستگاه هواشناسی گتوند
- 47 ..... جدول (2-3) درصد ریزش باران در فصول مختلف سال در طی دوره مشاهداتی 35 ساله
- 48 ..... جدول (3-3) درجه حرارت متوسط ماهیانه ایستگاه هواشناسی گتوند در طی دوره مشاهداتی 35 ساله
- 50 ..... جدول (4-3) مقادیر رطوبت نسبی ماهانه ایستگاه گتوند
- 50 ..... جدول (5-3) میانگین تبخیر ماهانه (تشت) ایستگاه گتوند (بر حسب میلیمتر)
- 52 ..... جدول (6-3) طبقه بندی اقلیمی با استفاده از ضریب خشکی دومارتین (علیزاده 1385)
- 55 ..... جدول (8-3) سازندهای موجود در منطقه
- 76 ..... جدول (9-3) مشخصات پیژومترهای منطقه
- 87 ..... جدول (10-3) ماه های حداکثر و حداقل سطح آب در هر سال آبی
- 111 ..... جدول (1-4) مقادیر مناطق مختلف تغذیه در استرس پرپود پنجم
- 113 ..... جدول (2-4) مقادیر اولیه هدایت هیدرولیکی مربوط به هر کدام از مناطق
- 126 ..... جدول (3-4) مقادیر اولیه آبدهی ویژه مربوط به هر کدام از مناطق
- 129 ..... جدول (4-4) مقادیر هدایت هیدرولیکی هر کدام از مناطق در واسنجی دستی
- 130 ..... جدول (5-4) مقادیر آبدهی ویژه هر کدام از مناطق در واسنجی دستی
- 134 ..... جدول (6-4) مقادیر هدایت هیدرولیکی مناطق در واسنجی خودکار
- 134 ..... جدول (7-4) مقادیر آبدهی ویژه هر کدام از مناطق در واسنجی خودکار
- 140 ..... جدول (1-5) بیلان آبی مدل دشت عقیلی در حالت پایدار
- 141 ..... جدول (2-5) بیلان آبی مدل دشت عقیلی در استرس پرپود اول
- 142 ..... جدول (3-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی



- جدول (4-5) بیلان منطقه سوم نسبت به هفت منطقه دیگر در استرس پرپود اول ..... 144
- جدول (5-5) بیلان آبی مدل مربوط به هر منطقه در سال آبی 85-86 ..... 145
- جدول (6-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط ادامه روند کنونی ..... 146
- جدول (7-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط احداث چاه بهره برداری ..... 149
- جدول (8-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط خشکسالی ..... 151
- جدول (9-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط تر سالی ..... 152
- جدول (10-5) اجزا و مقادیر بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط 20 درصد افزایش پمپاژ ..... 154
- جدول (11-5) بیلان آبی مدل دشت عقیلی در شرایط احداث چاه های بهره برداری جدید ..... 156

### فهرست اشکال

- شکل (1-1) تقسیم بندی مدل های آب زیرزمینی ..... 5
- شکل (2-1) مجزا سازی فضایی در روش تفاضلات محدود ..... 11
- شکل (3-1) تفاوت بین سیستم مرکزبلوکی و سیستم مرکز شبکه ای ..... 12
- شکل (4-1) نمایش شبکه بندی تفاضلات متناهی ..... 13
- شکل (5-1) اشکال مختلف عناصر جهت تقسیم بندی منطقه مورد مطالعه در روش عناصر محدود ..... 14
- شکل (6-1) نحوه شبکه بندی در روش عناصر محدود در حالت دو بعدی (الف) و سه بعدی (ب) ..... 15
- شکل (7-1) استوانه آزمایشی قانون داریسی ..... 20
- شکل (8-1) نمایش مفهومی معادله پیوستگی ..... 23
- شکل (9-1) آبخوان آزاد و معادله حاکم بر آن برای حالت دو بعدی و جریان پایدار ..... 26
- شکل (1-2) مراحل مدل سازی ..... 31
- شکل (2-2) مولفه های مدل جریان آب زیرزمینی ..... 35
- شکل (3-2) مراحل مختلف کالیبراسیون سعی و خطا ..... 39
- شکل (4-2) مراحل مختلف کالیبراسیون خودکار ..... 40
- شکل (1-3) موقعیت جغرافیایی منطقه ..... 45
- شکل (2-3) نمودار متوسط بارندگی ماهانه ایستگاه گتوند ..... 47
- شکل (3-3) متوسط مقدار بارندگی فصلی بر حسب درصد در ایستگاه گتوند ..... 48
- شکل (4-3) تغییرات ماهانه پارامترهای پنج گانه درجه حرارت در ایستگاه گتوند ..... 49
- شکل (5-3) تغییرات رطوبت نسبی در ایستگاه گتوند ..... 50
- شکل (6-3) اقلیم نمای آمبرژه منطقه مورد مطالعه ..... 53

- شکل (3-7) نقشه و مقطع زمین شناسی منطقه مورد مطالعه ..... 56
- شکل (3-8) نمایی از سازند گچساران (دید به سمت شرق) ..... 58
- شکل (3-9) نمایی از لایه ژیبس موجود در سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه ..... 58
- شکل (3-10) توالی لایه های ماسه سنگ و مارن در سازند میشان موجود در منطقه مورد مطالعه ..... 58
- شکل (3-11) نمایی از سازند آغاچاری در شمال منطقه مورد مطالعه ..... 60
- شکل (3-12) نمایی از سازند آغاچاری در شرق منطقه ..... 61
- شکل (3-13) سازند بختیاری در منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال شرق) ..... 63
- شکل (3-14) نمودار گل سرخی (رز دیاگرام) درزه های منطقه ..... 68
- شکل (3-15) نمایی از سد تنظیمی گتوند بر روی رودخانه کارون بالاتر از منطقه مورد مطالعه ..... 70
- شکل (3-16) یکی از چاه های بهره برداری در حال پمپاژ ..... 71
- شکل (3-17) موقعیت چاه های عمیق دشت عقیلی دشت عقیلی ..... 72
- شکل (3-18) لاگ برخی از چاه های بهره برداری ..... 73
- شکل (3-19) نمایی از پیزومتر AG10 در منطقه ..... 74
- شکل (3-20) موقعیت شبکه پیزومتری دشت عقیلی ..... 75
- شکل (3-21) لاگ پیزومترهای گروه اول دشت عقیلی ..... 77
- شکل (3-22) لاگ پیزومترهای گروه دوم دشت عقیلی ..... 78
- شکل (3-23) لاگ پیزومترهای گروه سوم دشت عقیلی ..... 80
- شکل (3-24) مدل رقومی ارتفاعی منطقه (DEM) ..... 81
- شکل (3-25) نقشه تراز سنگ کف دشت عقیلی ..... 83
- شکل (3-26) نقشه میانگین سطح ایستابی و جهت جریان منطقه مورد مطالعه ..... 85
- شکل (3-27) نقشه هم عمق آب زیرزمینی منطقه عقیلی ..... 86
- شکل (3-28) سطح ایستابی حداقل (نقشه پائین) و حداکثر (نقشه بالا) دشت عقیلی ..... 87
- شکل (3-29) شبکه تیسن پیزومترهای منطقه عقیلی ..... 89
- شکل (3-30) هیدروگراف واحد دشت عقیلی ..... 90
- شکل (3-31) هیدروگراف واحد دشت به همراه تغییرات دبی کانال های آبیاری دشت عقیلی ..... 90
- شکل (3-32) آزمایش پمپاژ پله ای در چاه شماره 14 ..... 92
- شکل (3-33) نقشه ضریب قابلیت انتقال منطقه ..... 93
- شکل (3-34) نقشه هم تراز هدایت الکتریکی ..... 95
- شکل (3-35) نمودار همبستگی هدایت الکتریکی و مجموع املاح نمونه های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ..... 96
- شکل (3-36) نقشه هم مقدار مجموع املاح ..... 96

98.....	شکل (3-37) نقشه هم مقدار منیزیم و کلسیم
99.....	شکل (3-38) منحنی هم مقدار پتاسیم و سدیم
100.....	شکل (3-39) منحنی هم مقدار بیکربنات
101.....	شکل (3-40) منحنی هم مقدار کلر
102.....	شکل (3-41) منحنی هم مقدار سولفات
103.....	شکل (3-42) نمودار پایپر نمونه های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه
107.....	شکل (4-1) شرایط مرزی مدل
108.....	شکل (4-2) چاه های بهره برداری
110.....	شکل (4-3) نقشه هم عمق تبخیر و تعرق
111.....	شکل (4-4) منطقه بندی تغذیه منطقه مدل
112.....	شکل (4-5) منطقه بندی اولیه هدایت هیدرولیکی
114.....	شکل (4-6) شبکه بندی مدل دشت عقیلی
115.....	شکل (4-7) دوره های تنش و گام های زمانی در حالت ناپایدار
117.....	شکل (4-8) توپوگرافی سنگ کف
118.....	شکل (4-9) نقشه توپوگرافی سطح زمین
119.....	شکل (4-10) بار هیدرولیکی اولیه منطقه عقیلی
121.....	شکل (4-11) هدف واسنجی
123.....	شکل (4-12) میانگین خطای آخرین اجرای مدل در حالت پایدار
124.....	شکل (4-13) برازش بار هیدرولیکی مشاهداتی و محاسباتی در حالت پایدار
125.....	شکل (4-14) تراز سطح آب مشاهداتی و محاسباتی مربوط به حالت پایدار
126.....	شکل (4-15) منطقه بندی اولیه آبدهی ویژه
127.....	شکل (4-16) انواع میانگین خطاها در گام های زمانی (روش دستی)
128.....	شکل (4-17) نقشه سطح ایستابی در پرپود دوم (آبان ماه 85) بعد از واسنجی
129.....	شکل (4-18) منطقه بندی نهایی هدایت هیدرولیکی
130.....	شکل (4-19) منطقه بندی نهایی آبدهی ویژه
131.....	شکل (4-20) تراز سطح آب مشاهداتی و محاسباتی مربوط به استرس پرپود اول
132.....	شکل (4-21) انواع میانگین خطاها در گام های زمانی (روش خودکار)
132.....	شکل (4-22) برازش بار هیدرولیکی محاسباتی و مشاهداتی
135.....	شکل (4-23) برازش بار هیدرولیکی محاسباتی و مشاهداتی در دوره های مختلف صحت سنجی
143.....	شکل (5-1) منطقه بندی محدوده مدل جهت به دست آوردن بیلان برای هر منطقه

- شکل (2-5) میانگین سطح ایستابی در شرایط ادامه روند کنونی..... 146
- شکل (3-5) چاه های بهره برداری مجازی ..... 148
- شکل (4-5) نقشه میانگین سطح ایستابی با احداث چاه مجازی در شرایط آرایش فعلی ..... 149
- شکل (5-5) نقشه میانگین سطح ایستابی در شرایط خشکسالی ..... 150
- شکل (6-5) میانگین سطح ایستابی در شرایط ترسالی ..... 152
- شکل (7-5) نقشه میانگین سطح ایستابی در صورت دوبرابر نمودن پمپاژ در شرایط آرایش فعلی ..... 153
- شکل (8-5) چاه های بهره برداری مجازی در مناطق با بیلان آبی مثبت ..... 155
- شکل (9-5) نقشه میانگین سطح ایستابی در شرایط احداث چاه های بهره برداری جدید ..... 156