





دانشگاه کاشان
دانشکده‌ی منابع طبیعی و علوم زمین
گروه مرتع و آبخیزداری

پایان نامه

جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری

عنوان:

شبیه‌سازی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی

اساتید راهنما:

دکتر هدی قاسمیه

دکتر سیدجواد ساداتی‌نژاد

استاد مشاور:

دکتر محمود اکبری

دکتر عباسعلی ولی

به وسیله‌ی:

محمد میرزاوند

شهریور ۱۳۹۱



دانشگاه کاشان
دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پست:

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: محمد میرزاوند	شماره دانشجویی: ۸۹۱۳۶۰۰۰۲
رشته: مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری	دانشکده: منابع طبیعی و علوم زمین
عنوان پایان نامه: شبیه سازی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی	
تعداد واحد پایان نامه: ۶ واحد	تاریخ دفاع: ۹۱/۶/۲۳

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیت های لازم برای اخذ درجه ی کارشناسی ارشد ارائه می گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۹۱/۶/۲۳ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره ۱۹/۹۸ و درجه ی عالی به تصویب رسید.

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ علمی	امضاء
استاد راهنمای اول	دکتر هدی قاسمیه	استادیار	
استاد راهنمای دوم	دکتر سید جواد ساداتی نژاد	دانشیار	
استاد مشاور اول	دکتر محمود اکبری	استادیار	
استاد مشاور دوم	دکتر عباسعلی ولی	استادیار	
متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر رضا قضاوی	استادیار	
متخصص و صاحب نظر از خارج دانشگاه	دکتر امیررضا کشتکار	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر علی نجفی ایوکی	استادیار	

آدرس: آران ویدک - خیابان ۱۷ شهریور
کد پستی: ۸۵۲۷۶-۸۷۴۱۶
تلفن: ۰۳۶۲۲۷۳۳۹۱-۳-۴-۵
دورنگار: ۰۳۶۲۲۷۳۳۹۲

http://WWW.kashanu.ac.ir

قنات، شیر زمین رامی دوشد و چاه عمیق، خون زمین رامی مکد

پس بیاید با بازگشت به معنی واقعی توسعه، در چشم آیندگانمان قاتل زمین نباشیم

تقدیم بہ:

آنان کہ ناتوان شدند تا بہ توانایی برسند...

مویشان سپید شد تا روسفید شوم...

وحاشا آنہ سوختند تا کہ ما بخش وجود و روستگار ہم باشند...

پدرم

مادرم

استادانم

تقدیر و تشکر

سپاس خداوندی را که سخنوران از ستودن او عاجزند و حساب‌گران از شمارش نعمت‌های او ناتوان و تلاش‌گران از ادای حق او درمانده‌اند.

مراتب تشکر و قدردانی خود را از اساتید بزرگووارم **سرکار خانم دکتر هدی قاسمیه** و **جناب آقای دکتر سید جواد ساداتی‌نژاد** ابراز می‌نمایم، اساتید راهنمای گرامی و دلسوز و معلمان علم و اخلاق که شاید بیان آنچه می‌دانم از آنهاست، صحیح نباشد. ولی قطعاً آنچه می‌دانم، کمتر از چیزی است که به من آموخته‌اند.

همچنین از مشاوره‌ی علمی **جناب آقای دکتر محمود اکبری** و **جناب آقای دکتر عباسعلی ولی** که نکات کلیدی ایشان راه‌گشای مسائل این پایان‌نامه بود، کمال امتنان را دارم.

از اساتید محترم هیأت داوران، **جناب آقای دکتر امیررضا کشتکار** و **جناب آقای دکتر رضا قضاوی** به خاطر توصیه‌های دقیق و موشکافانه کمال تشکر را دارم.

همچنین لازم می‌دانم از **جناب آقای دکتر علی نجفی ایوکی** که به عنوان ناظر تحصیلات تکمیلی دانشگاه در جلسه‌ی دفاعیه این پایان‌نامه شرکت نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از **جناب آقای دکتر خلیل شفیعی** و **جناب آقای دکتر حمید قربانی** عضو هیأت علمی گروه آمار و کاربردهای دانشگاه کاشان که نهایت همکاری را در انجام این پایان‌نامه داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از **جناب آقای مهندس دوری**، **مهندس سیدی‌پور** و **مهندس طاهری** که نهایت همکاری را با این حقیر در اداره‌ی امور آب منطقه‌ای استان اصفهان داشتند، تشکر می‌نمایم. همچنین از **جناب آقای پروفیسور Klaus Seeland** عضو هیأت علمی دانشگاه زوریخ به خاطر راهنمایی‌های ارزنده که در بازدید از چاه‌ها و قنات‌های کاشان داشتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از دوست صمیمی خودم، **جناب آقای مهندس توکلی فرد** که در تدوین پایان‌نامه کمال همکاری را با اینجانب داشتند، نهایت سپاس و تشکر را دارم.

در نهایت بر خود لازم می‌دانم از کلیه‌ی عزیزان و سرورانی که به هر نحوی در به ثمر رسیدن این پایان‌نامه نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

در پایان از خانواده‌ی عزیزم به ویژه پدر و مادرم که همواره مشوق و تکیه‌گام بوده‌اند و دعای خیرشان بدرقه‌ی راهم بوده است، نهایت سپاس را دارم و از خداوند منان، طلب عمر با عزت و سلامتی برای این عزیزان دارم.

چکیده

در سال‌های اخیر، سطح ایستابی آبخوان کاشان به دلیل خشکسالی‌های اخیر و برداشت بیش از حد مجاز آب زیرزمینی، در حال کاهش است. مجاورت آبخوان با جبهه‌ی آب شور دریاچه‌ی نمک نیز، باعث ایجاد شیب هیدرولیکی و در نتیجه پیشروی آب شور به داخل آبخوان شده است. در این پژوهش با توجه به وضعیت موجود، شبیه‌سازی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی انجام شد. به منظور شبیه‌سازی کمی آبخوان، از مدل‌های شبکه‌ی عصبی MLP و RBF و مدل رگرسیونی استفاده شد. البته، ابتدا با توجه به تعداد زیاد چاه‌های مورد مطالعه، نمونه‌ها با استفاده از تحلیل خوشه‌ای در ۵ خوشه قرار گرفتند و در هر خوشه، ۴۸ معماری در مدل‌های شبکه‌ی عصبی MLP و RBF مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت نتایج نشان داد که در همه‌ی خوشه‌های مورد بررسی، شبکه‌ی عصبی MLP نسبت به شبکه‌ی عصبی RBF و مدل رگرسیونی در پیش‌بینی عمق آب در ۳۸ ماه آینده کارایی بهتری داشته است. به طوری که ضریب تبیین اصلاح شده در خوشه‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برای مدل‌های انتخابی برابر ۰/۸۶، ۰/۸۸، ۰/۹۳، ۰/۵۵ و ۰/۷۹ به دست آمد و از میان الگوریتم‌های مورد استفاده، الگوریتم دلتا-بار-دلتا و لوبنبرگ-مارکاردت نسبت به الگوریتم‌های دیگر مناسب‌تر بوده است. همچنین از میان توابع مورد استفاده، تابع تانژانت هایپربولیک مناسب‌تر بود. با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز کیفی آب منطقه نیز، آنیون کلر به عنوان شاخص شوری در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی کیفی آب زیرزمینی نشان داد که مدل شبکه‌ی عصبی MLP نسبت به دو مدل دیگر دارای نتیجه‌ی بهتری در پیش‌بینی غلظت کلر در ۱۱ سال آینده داشته است. به طوری که ضریب تبیین اصلاح شده‌ی حاصله برابر ۰/۹۷ بود. همچنین تابع فعال‌کننده‌ی تانژانت هایپربولیک خطی و الگوریتم مومنتوم، نتایج بهتری را نسبت به توابع و الگوریتم‌های دیگر نشان دادند. بنابراین در شبیه‌سازی کمی و کیفی آب زیرزمینی، مدل شبکه‌ی عصبی MLP کارایی بهتری نسبت به مدل شبکه‌ی عصبی RBF و مدل رگرسیونی داشته است.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی کمی و کیفی، آب زیرزمینی، آبخوان کاشان، مدل MLP، مدل RBF.

مدل رگرسیونی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	۱- فصل اول
۲	۱-۱-۱- مقدمه و کلیات
۲	۱-۱-۱- وضعیت منابع آب در جهان
۵	۱-۱-۲- وضعیت منابع آب در ایران
۸	۱-۳- شبیه‌سازی
۸	۱-۴- مدل‌سازی
۸	۱-۵- مدل
۹	۱-۶- شبکه‌های عصبی مصنوعی
۱۰	۱-۷- انواع مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش
۱۰	۱-۸- مدل‌های شبکه‌ی عصبی مصنوعی
۱۰	۱-۹- مدل‌های رگرسیونی
۱۰	۱-۱۰- مدل‌های سری زمانی
۱۱	۱-۱۱- اهداف مطرح شده در پژوهش
۱۱	۱-۱۲- فرضیات مطرح شده در پژوهش
۱۳	۲- فصل دوم
۱۳	۲-۱- شبیه‌سازی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی
۱۳	۲-۱-۱- مقدمه
۱۴	۲-۱-۲- پیشینه‌ی تحقیق در خارج کشور
۱۷	۲-۱-۳- پیشینه‌ی تحقیق در داخل کشور
۲۱	۲-۲- پیش‌بینی با استفاده از مدل‌های سری زمانی
۲۱	۲-۲-۱- مقدمه
۲۱	۲-۲-۲- پیشینه‌ی تحقیق
۲۱	۳- فصل سوم
۲۱	۳-۱- مواد
۲۵	۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی محدوده‌ی حوزه‌ی آبریز کاشان
۲۵	۳-۱-۲- ویژگی‌های هواشناسی منطقه
۲۶	۳-۱-۳- مشخصات ایستگاه‌های موجود در منطقه
۲۶	۳-۱-۳-۱- ایستگاه‌های هواشناسی
۲۶	۳-۱-۳-۲- ایستگاه‌های هیدرومتری
۲۷	۳-۱-۳-۳- پارامترهای هواشناسی
۳۰	۳-۱-۳-۴- ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه
۳۰	۳-۱-۳-۵- منطقه‌ی کوهستانی

۳۲	۲-۳-۱-۳- منطقه‌ی دشت
۳۳	۳-۳-۱-۳- ویژگی‌های تکتونیکی
۳۴	۴-۱-۳- ویژگی‌های خاک‌شناسی
۳۵	۵-۱-۳- منابع آب در منطقه‌ی مورد مطالعه
۳۵	۱-۵-۱-۳- آب‌های زیرزمین
۳۵	۱-۱-۵-۱-۳- خصوصیات لایه‌ی آبدار زیرزمینی
۳۶	۲-۱-۵-۱-۳- نوع آبخوان
۳۶	۳-۱-۵-۱-۳- حدود سفره‌ی آب زیرزمینی
۳۷	۴-۱-۵-۱-۳- پیژومترهای دشت کاشان
۳۹	۵-۱-۵-۱-۳- وضعیت عمق سطح آب زیرزمینی
۴۳	۶-۱-۵-۱-۳- ضخامت لایه‌ی آبدار
۴۴	۷-۱-۵-۱-۳- حجم مخزن آب زیرزمینی
۴۵	۲-۵-۱-۳- آب‌های سطحی
۴۶	۱-۲-۵-۱-۳- رودخانه‌ی قهرود
۴۷	۲-۲-۵-۱-۳- رودخانه‌ی بن‌رود
۴۸	۶-۱-۳- چاه‌ها
۵۰	۷-۱-۳- چشمه‌ها
۵۱	۲-۳- روش‌های مورد استفاده
۵۱	۱-۲-۳- جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز
۵۱	۲-۲-۳- آماده کردن داده‌ها برای شبیه‌سازی وضعیت کمی آبخوان
۵۱	۱-۲-۲-۳- تعیین داده‌های پرت با استفاده از نرم‌افزار SPSS
۵۲	۲-۲-۲-۳- نرمال کردن داده‌ها
۵۲	۳-۲-۳- پیش‌بینی داده‌های مورد نیاز با استفاده از مدل‌های سری زمانی در نرم‌افزار R
۵۳	۱-۳-۲-۳- ساختار کلی مدل AR
۵۴	۲-۳-۲-۳- ساختار کلی مدل MA
۵۴	۳-۳-۲-۳- ساختار کلی مدل ARMA
۵۵	۴-۳-۲-۳- ساختار کلی مدل ARIMA
۵۵	۴-۲-۳- خوشه‌بندی چاه‌های پیژومتری مورد بررسی
۵۷	۵-۲-۳- شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی
۵۸	۱-۵-۲-۳- شبکه‌های عصبی مصنوعی
۵۸	۱-۱-۵-۲-۳- نرون
۵۹	۲-۱-۵-۲-۳- لایه
۶۰	۳-۱-۵-۲-۳- تابع محرک
۶۰	۴-۱-۵-۲-۳- انواع شبیه‌سازی در شبکه‌های عصبی مصنوعی

۶۱	۳-۲-۵-۱-۵- حالت‌های آموزشی
۶۲	۳-۲-۵-۱-۶- الگوریتم آموزش
۶۵	۳-۲-۵-۱-۷- انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی
۶۸	۳-۲-۶- بررسی کیفی آب زیرزمینی
۶۹	۳-۲-۶-۱- بررسی کیفیت آب زیرزمینی توسط نرم افزار Aq.Qa و AquaChem
۷۰	۳-۲-۶-۲- تعیین تیپ و رخساره‌ی آب
۷۰	۳-۲-۶-۲-۱- نمودار پایپر
۷۲	۳-۲-۶-۲-۲- نمودار دورو
۷۲	۳-۲-۶-۲-۳- نمودار استیف
۷۳	۳-۲-۶-۳- شبیه‌سازی کیفی آب زیرزمینی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی
۷۳	۳-۲-۷- بررسی جهت جریان آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزارهای Surfer، ENVI و Arc GIS
۷۳	۳-۲-۸- بررسی وضعیت آبخوان با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک
۷۴	۳-۲-۸-۱- تهیه‌ی نقشه‌ی موقعیت سونداژهای الکتریکی
۷۴	۳-۲-۸-۲- تهیه‌ی نقشه‌های هم مقاومت مخصوص ظاهری
۷۵	۳-۲-۸-۳- تعیین مرز آب شور با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک
۷۷	۴- نتایج
۷۷	۴-۱- مقدمه
۷۷	۴-۲- نتایج جمع‌آوری داده‌های مورد استفاده در این پژوهش
۷۷	۴-۳- نتایج حاصل از پیش‌بینی با استفاده از مدل‌های سری زمانی
۸۱	۴-۴- نتایج تطبیق مقدار دبی تخلیه‌ای از آبخوان با دبی تخلیه‌ای از آبخوان قم
۸۲	۴-۵- نتایج خوشه‌بندی چاه‌های مورد بررسی براساس تغییرات ماهیانه‌ی عمق آب به منظور مدل‌سازی کمی آبخوان
۸۳	۴-۵-۱- خوشه‌ی اول
۸۳	۴-۵-۱-۱- نتایج مدل‌سازی براساس مدل رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی اول
۸۶	۴-۵-۱-۲- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی اول
۸۸	۴-۵-۱-۳- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی اول
۹۰	۴-۵-۲- خوشه‌ی دوم
۹۰	۴-۵-۲-۱- نتایج مدل‌سازی براساس مدل رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی دوم
۹۳	۴-۵-۲-۲- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی دوم
۹۵	۴-۵-۲-۳- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی دوم
۹۷	۴-۵-۳- خوشه‌ی سوم
۹۷	۴-۵-۳-۱- نتایج مدل‌سازی براساس مدل رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی سوم
۱۰۰	۴-۵-۳-۲- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی سوم
۱۰۲	۴-۵-۳-۳- نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی سوم

- ۱۰۴ ۴-۵-۴ خوشه‌ی چهارم
- ۱۰۴ ۴-۵-۴-۱ نتایج مدل‌سازی براساس مدل رگرسیون چندمتغیره در خوشه‌ی چهارم
- ۱۰۸ ۴-۵-۴-۲ نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی چهارم
- ۱۱۰ ۴-۵-۴-۳ نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی چهارم
- ۱۱۲ ۴-۵-۵ خوشه‌ی پنجم
- ۱۱۲ ۴-۵-۵-۱ نتایج مدل‌سازی براساس مدل رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی پنجم
- ۱۱۵ ۴-۵-۵-۲ نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی پنجم
- ۱۱۷ ۴-۵-۵-۳ نتایج مدل‌سازی براساس مدل شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی پنجم
- ۱۱۹ ۴-۶ نتایج حاصل از آنالیز کیفی آب با استفاده از نرم‌افزارهای Aq.Qa و Aquachem
- ۱۲۱ ۴-۶-۱ نتایج تیپ آب
- ۱۲۱ ۴-۶-۲ نتایج خطر منیزیم و شوری آب از نظر کشاورزی
- ۱۲۲ ۴-۶-۳ نتایج سختی آب
- ۱۲۲ ۴-۶-۴ نتایج کل مواد جامد حل شده‌ی آب
- ۱۲۲ ۴-۷ نتایج بررسی کیفیت آب
- ۱۲۲ ۴-۷-۱ نتایج بررسی کیفیت آب از نظر شرب با استفاده از نمودار شولر
- ۱۲۴ ۴-۷-۲ نتایج بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی با استفاده از نمودار ویل کاکس
- ۱۲۵ ۴-۸ نتایج تعیین تیپ و رخساره‌ی آب با استفاده از نمودارهای پایپر، دورو و استیف
- ۱۴۲ ۴-۹ نتایج حاصل از مدل‌سازی کیفی آبخوان
- ۱۴۴ ۴-۹-۱ مقدمه
- ۱۴۵ ۴-۹-۲ نتایج مدل‌سازی کیفی آبخوان با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره
- ۱۴۷ ۴-۹-۳ نتایج مدل‌سازی کیفی آبخوان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی MLP
- ۱۴۹ ۴-۹-۴ نتایج مدل‌سازی کیفی آبخوان با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی RBF
- ۱۵۱ ۴-۱۰ نتایج بررسی تغییر جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان کاشان
- ۱۵۴ ۴-۱۱ نتایج بررسی وضعیت کمی و کیفی آبخوان کاشان با استفاده از روش ژئوالکتریک
- ۱۵۴ ۴-۱۱-۱ نتایج بررسی نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۳۰۰ متر
- ۱۵۵ ۴-۱۱-۲ نتایج بررسی نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۴۰۰ متر
- ۱۵۵ ۴-۱۱-۳ نتایج بررسی نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۶۰۰ متر
- ۱۵۶ ۴-۱۱-۴ نتایج بررسی نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۸۰۰ متر
- ۱۵۷ ۴-۱۱-۵ نتایج بررسی نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۱۰۰۰ متر
- ۱۵۸ ۴-۱۱-۶ نتایج بررسی شبه مقطع‌های حاصل از ژئوالکتریک
- ۱۵۸ ۴-۱۱-۶-۱ نتایج بررسی شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۳۶ (شبه مقطع طولی)
- ۱۵۹ ۴-۱۱-۶-۲ نتایج بررسی شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۱ (شبه مقطع عرضی)
- ۱۵۹ ۴-۱۱-۶-۳ نتایج بررسی شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۱۰ (شبه مقطع عرضی)
- ۱۶۰ ۴-۱۱-۶-۴ نتایج بررسی شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۲۰ (شبه مقطع عرضی)

۱۶۱	۴-۱۱-۵- نتایج بررسی شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۳۰ (شبه مقطع عرضی)
۱۶۱	۴-۱۱-۷- نتایج بررسی مرز آب شور با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک
۱۶۴	۵- فصل پنجم
۱۶۴	۵-۱- مقدمه
۱۶۴	۵-۲- بررسی نتایج حاصل از تعیین مدل بهینه‌ی سری زمانی در پیش‌بینی دبی چشمه سلیمانیه
۱۶۵	۵-۳- بررسی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان
۱۶۵	۵-۳-۱- مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان در خوشه‌ی اول
۱۶۶	۵-۳-۲- مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان در خوشه‌ی دوم
۱۶۸	۵-۳-۳- مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان در خوشه‌ی سوم
۱۶۹	۵-۳-۴- مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان در خوشه‌ی چهارم
۱۷۰	۵-۳-۵- مقایسه‌ی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کمی آبخوان کاشان در خوشه‌ی پنجم
۱۷۲	۵-۴- بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز کیفی آبخوان کاشان
۱۷۳	۵-۵- بررسی نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی کیفی آبخوان کاشان
۱۷۳	۵-۵-۱- مقایسه‌ی نتایج انواع مدل‌های به کار رفته در شبیه‌سازی غلظت کلر
۱۷۴	۵-۶- بررسی نتایج نقشه‌های جهت جریان آب زیرزمینی
۱۷۵	۵-۷- بررسی نتایج به دست آمده از وضعیت آبخوان کاشان با استفاده از مطالعه‌ی ژئوالکتریک
۱۷۷	۵-۸- پیشنهادها
۱۷۷	۵-۸-۱- پیشنهادهای علمی- پژوهشی
۱۷۸	۵-۸-۲- پیشنهادهای مدیریتی- اجرایی
۱۸۰	۵-۹- منابع و مأخذ

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۲۷	جدول ۱-۳- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه‌ی مورد مطالعه
۲۷	جدول ۲-۳- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه‌ی مورد مطالعه
۲۹	جدول ۳-۳- انواع اقلیم از نظر آب و هوا در روش دومارتن
۳۸	جدول ۴-۳- مشخصات پیژومترهای دشت کاشان در اسفندماه ۱۳۸۹
۴۵	جدول ۵-۳- بیلان عمومی آب در محدوده‌ی مطالعاتی کاشان
۴۷	جدول ۶-۳- پارامترهای آماری داده‌های آبدهی سالانه‌ی رودخانه‌ی قهرود در ایستگاه گبرآباد طی دوره‌ی آماری ۸۹-۱۳۶۹
۴۸	جدول ۷-۳- پارامترهای آماری داده‌های آبدهی سالانه‌ی رودخانه‌ی بن‌رود در ایستگاه بن‌رود طی دوره‌ی آماری ۸۹-۱۳۶۹
۴۹	جدول ۸-۳- تعداد چاه‌ها به همراه تخلیه‌ی سالیانه‌ی آن‌ها در آماربرداری‌های مختلف
۵۰	ادامه‌ی جدول ۸-۳- تعداد چاه‌ها به همراه تخلیه‌ی سالیانه‌ی آن‌ها در آماربرداری‌های مختلف
۷۰	جدول ۹-۳- طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی
۷۵	جدول ۱۰-۳- استانداردهای مقاومت لایه‌های مختلف زمین در مطالعات ژئوالکتریک
۷۸	جدول ۱-۴- دبی چشمه‌ی سلیمانیه طی دوره‌ی آماری ۱۱ ساله (۸۰-۶۹)
۷۹	جدول ۲-۴- مقادیر ضرایب AIC، پارامترهای مدل و مدل‌های مختلف مورد بررسی برای انتخاب مدل نهایی
۸۰	جدول ۳-۴- دبی پیش‌بینی شده با استفاده از مدل [12] SARIMA(1,1,0)(1,1,1) برای سال‌های ۸۹-۱۳۸۱
۸۱	جدول ۴-۴- مقادیر و درصد تخلیه‌ی ماهیانه از آبخوان قم در بازه‌ی زمانی طولانی‌مدت
۸۲	جدول ۵-۴- مقادیر دبی تخلیه شده از آبخوان کاشان در ماه‌های مختلف در دوره‌ی آماری ۸۹-۱۳۶۹
۸۳	جدول ۶-۴- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی اول
۸۴	جدول ۷-۴- نتایج آنالیز رگرسیونی در خوشه‌ی اول
۸۵	جدول ۸-۴- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در سه مدل رگرسیونی برای خوشه‌ی اول
۸۵	جدول ۹-۴- ضرایب رگرسیونی در سه مدل رگرسیونی به دست آمده برای خوشه‌ی اول
۸۵	جدول ۱۰-۴- نتایج مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیونی در خوشه‌ی اول
۸۷	جدول ۱۱-۴- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی با شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی اول
۸۹	جدول ۱۲-۴- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی با شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی اول
۹۱	جدول ۱۳-۴- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی دوم

- جدول ۴-۱۴- نتایج آنالیز رگرسیونی در خوشه‌ی دوم ۹۲
- جدول ۴-۱۵- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی دوم ۹۲
- جدول ۴-۱۶- ضرایب رگرسیونی در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی دوم ۹۲
- جدول ۴-۱۷- نتایج مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیونی در خوشه‌ی دوم ۹۳
- جدول ۴-۱۸- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی دوم ۹۴
- جدول ۴-۱۹- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی دوم ۹۶
- جدول ۴-۲۰- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی سوم ۹۸
- جدول ۴-۲۱- نتایج آنالیز رگرسیونی در خوشه‌ی سوم ۹۹
- جدول ۴-۲۲- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی سوم ۹۹
- جدول ۴-۲۳- ضرایب رگرسیونی در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی سوم ۹۹
- جدول ۴-۲۴- نتایج مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیونی در خوشه‌ی سوم ۱۰۰
- جدول ۴-۲۵- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی سوم ۱۰۱
- جدول ۴-۲۶- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی سوم ۱۰۳
- جدول ۴-۲۷- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی چهارم ۱۰۵
- جدول ۴-۲۸- نتایج آنالیز رگرسیونی در خوشه‌ی چهارم ۱۰۶
- جدول ۴-۲۹- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در پنج مدل رگرسیونی در خوشه‌ی چهارم ۱۰۶
- جدول ۴-۳۰- ضرایب رگرسیونی در پنج مدل رگرسیونی در خوشه‌ی چهارم ۱۰۷
- جدول ۴-۳۱- نتایج مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی چهارم ۱۰۷
- جدول ۴-۳۲- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی چهارم ۱۰۹
- جدول ۴-۳۳- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی چهارم ۱۱۱
- جدول ۴-۳۴- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی پنجم ۱۱۳
- جدول ۴-۳۵- نتایج آنالیز رگرسیونی در خوشه‌ی پنجم ۱۱۴
- جدول ۴-۳۶- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی پنجم ۱۱۴
- جدول ۴-۳۷- ضرایب رگرسیونی در دو مدل رگرسیونی در خوشه‌ی پنجم ۱۱۴
- جدول ۴-۳۸- نتایج مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی پنجم ۱۱۵
- جدول ۴-۳۹- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی MLP در خوشه‌ی پنجم ۱۱۶
- جدول ۴-۴۰- نتایج به دست آمده از مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی RBF در خوشه‌ی پنجم ۱۱۸
- جدول ۴-۴۱- نتایج خواص شیمیایی آب توسط نرم‌افزار AQqa در چاه‌های مورد بررسی ۱۲۰
- ادامه جدول ۴-۴۱- نتایج خواص شیمیایی آب توسط نرم‌افزار AQqa در چاه‌های مورد بررسی ۱۲۱
- جدول ۴-۴۲- مناطق مورد بررسی از نظر کیفیت آب شرب ۱۲۳
- جدول ۴-۴۳- نتایج مربوط به بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی براساس شاخص SSP ۱۲۴

- ۱۴۵ جدول ۴-۴۴- مشخصات متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در شبیه‌سازی کیفی آبخوان
- ۱۴۶ جدول ۴-۴۵- نتایج آنالیز رگرسیونی در شبیه‌سازی کیفی آبخوان
- ۱۴۶ جدول ۴-۴۶- نتایج به دست آمده از انواع ضرایب در مدل رگرسیونی در شبیه‌سازی آبخوان
- ۱۴۶ جدول ۴-۴۷- نتایج مدل‌سازی در بخش آموزش و تست مدل رگرسیون چند متغیره در شبیه‌سازی کیفی آبخوان
- ۱۴۸ جدول ۴-۵۳- نتایج شبیه‌سازی کیفی آبخوان با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی MLP
- ۱۵۰ جدول ۴-۴۹- نتایج شبیه‌سازی کیفی آبخوان با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی RBF
- ۱۶۴ جدول ۵-۱- مدل نهایی سری زمانی به همراه پارامترها و آماره‌ی آکائیک (AIC)
- ۱۶۵ جدول ۵-۲- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عمق آب در خوشه‌ی اول
- ۱۶۶ جدول ۵-۳- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عمق آب در خوشه‌ی دوم
- ۱۶۸ جدول ۵-۴- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عمق آب در خوشه‌ی سوم
- ۱۶۹ جدول ۵-۵- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عمق آب در خوشه‌ی چهارم
- ۱۷۰ جدول ۵-۶- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی عمق آب در خوشه‌ی پنجم
- ۱۷۳ جدول ۵-۷- نتایج کلی عملکرد سه مدل به کار رفته در شبیه‌سازی کیفی آبخوان

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲۶	شکل ۱-۳- نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه
۳۴	شکل ۲-۳- نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه
۳۹	شکل ۳-۳- موقعیت پیژومترهای دشت کاشان و چاه‌های بهره‌برداری در اسفندماه ۱۳۸۹
۴۰	شکل ۴-۳- نقشه‌ی هم‌تراز سطح آبخوان دشت کاشان در اسفندماه ۱۳۸۹
۴۲	شکل ۵-۳- نقشه‌ی هم‌تراز سطح آب زیرزمینی (نسبت به سطح دریا) در اسفندماه ۱۳۸۹
۴۳	شکل ۶-۳- نقشه‌ی هم‌ضخامت لایه‌ی آبدار (بهار ۱۳۸۹)
۴۴	شکل ۷-۳- هیدروگراف واحد دشت کاشان از مهر ۶۹ تا مهر ۸۹
۴۶	شکل ۸-۳- موقعیت رودخانه‌های محدوده‌ی کاشان
۴۶	شکل ۹-۳- تعداد چاه حفر شده در هر سال در دشت کاشان
۴۹	شکل ۱۰-۳- تخلیه‌ی تجمعی سالانه از آبخوان کاشان
۵۸	شکل ۱۱-۳- نمایی از آموزش شبکه‌ی عصبی مصنوعی با روش با ناظر
۵۹	شکل ۱۲-۳- نمایی از شبکه‌ی عصبی شعاعی با یک نرون، ۳ ورودی و ۱ خروجی
۶۰	شکل ۱۳-۳- نمایی از یک تابع محرک خطی
۶۶	شکل ۱۴-۳- نمایی از تابع تبدیل شعاعی
۷۱	شکل ۱۵-۳- نمودار پایپر
۸۶	شکل ۱-۴- نمودار عمق شبیه‌سازی شده و عمق واقعی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره در خوشه‌ی اول
۸۸	شکل ۲-۴- عمق شبیه‌سازی با استفاده از شبکه‌ی عصبی MLP و عمق واقعی در خوشه‌ی اول
۹۰	شکل ۳-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از شبکه‌ی عصبی RBF و عمق واقعی در خوشه‌ی اول
۹۳	شکل ۴-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و عمق واقعی در خوشه‌ی دوم
۹۵	شکل ۵-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل MLP و عمق واقعی در خوشه‌ی دوم
۹۷	شکل ۶-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل RBF و عمق واقعی در خوشه‌ی دوم
۱۰۰	شکل ۷-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و عمق واقعی در خوشه‌ی سوم
۱۰۲	شکل ۸-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل MLP و عمق واقعی آب در خوشه‌ی سوم
۱۰۴	شکل ۹-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل RBF و عمق واقعی آب در خوشه‌ی سوم
۱۰۸	شکل ۱۰-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و عمق واقعی آب در خوشه‌ی چهارم
۱۱۰	شکل ۱۱-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل MLP و عمق واقعی آب در خوشه‌ی چهارم
۱۱۲	شکل ۱۲-۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل RBF و عمق واقعی آب در خوشه‌ی چهارم

- شکل ۴-۱۳- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و عمق واقعی آب در خوشه‌ی پنجم ۱۱۵
- شکل ۴-۱۴- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل MLP و عمق واقعی آب در خوشه‌ی پنجم ۱۱۷
- شکل ۴-۱۵- عمق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل RBF و عمق واقعی آب در خوشه‌ی پنجم ۱۱۹
- شکل ۴-۱۶- نمودار شولر برای مناطق مورد بررسی در آبخوان کاشان ۱۲۳
- شکل ۴-۱۷- نمودار ویل کاکس برای بررسی کیفیت آب کشاورزی ۱۲۵
- شکل ۴-۱۸- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب بدیع‌آباد سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۶
- شکل ۴-۱۹- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب بدیع‌آباد سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۶
- شکل ۴-۲۰- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب بدیع‌آباد سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۲۶
- شکل ۴-۲۱- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب تقی‌آباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۷
- شکل ۴-۲۲- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب تقی‌آباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۷
- شکل ۴-۲۳- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب تقی‌آباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۲۸
- شکل ۴-۲۴- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب چشمه‌ی سلیمانیه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۸
- شکل ۴-۲۵- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب چشمه‌ی سلیمانیه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۲۹
- شکل ۴-۲۶- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب چشمه‌ی سلیمانیه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۲۹
- شکل ۴-۲۷- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب خرم‌دشت شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۰
- شکل ۴-۲۸- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب خرم‌دشت شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۰
- شکل ۴-۲۹- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب خرم‌دشت شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۰
- شکل ۴-۳۰- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب راوند در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۱
- شکل ۴-۳۱- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب راوند در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۱
- شکل ۴-۳۲- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب راوند در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۲
- شکل ۴-۳۳- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۲
- شکل ۴-۳۴- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۳
- شکل ۴-۳۵- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب سن‌سن در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۳
- شکل ۴-۳۶- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب شادیان - شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۴
- شکل ۴-۳۷- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب شادیان - شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۴
- شکل ۴-۳۸- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب شادیان - شادیان در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۴
- شکل ۴-۳۹- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب فین کوچک در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۵
- شکل ۴-۴۰- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب فین کوچک در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۵
- شکل ۴-۴۱- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب فین کوچک در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۶
- شکل ۴-۴۲- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب فین در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۶
- شکل ۴-۴۳- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب فین در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۷
- شکل ۴-۴۴- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب فین در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹ ۱۳۷
- شکل ۴-۴۵- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب لتحر در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷ ۱۳۸

- شکل ۴-۴۶- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب لتحر در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۴۷- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب لتحر در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹
- شکل ۴-۴۸- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۴۹- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۰- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹
- شکل ۴-۵۱- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب مزرعه‌ی محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۲- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب مزرعه‌ی محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۳- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب مزرعه‌ی محمدآباد در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹
- شکل ۴-۵۴- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب مشکات در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۵- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب مشکات در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۶- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب مشکات در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹
- شکل ۴-۵۷- نمودار پایپر برای نمونه‌ی آب نصرآباد جیرویه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۸- نمودار دورو برای نمونه‌ی آب نصرآباد جیرویه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۷
- شکل ۴-۵۹- نمودار استیف برای نمونه‌ی آب نصرآباد جیرویه در سال‌های ۹۰-۱۳۸۹
- شکل ۴-۶۰- نمودار شبیه‌سازی شده‌ی کلر با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و مقدار واقعی کلر
- شکل ۴-۶۱- نمودار غلظت شبیه‌سازی شده‌ی کلر با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی MLP و غلظت واقعی کلر
- شکل ۴-۶۲- نمودار غلظت شبیه‌سازی شده‌ی کلر با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی RBF و غلظت واقعی کلر
- شکل ۴-۶۳- نقشه‌ی جهت آب زیرزمینی آبخوان کاشان در مهرماه ۱۳۶۹
- شکل ۴-۶۴- نقشه‌ی جهت آب زیرزمینی آبخوان کاشان در مهرماه ۱۳۷۹
- شکل ۴-۶۵- نقشه‌ی جهت آب زیرزمینی آبخوان کاشان در مهرماه ۱۳۸۹
- شکل ۴-۶۶- نمایی از پیشروی مرز دریاچه‌ی نمک در طول سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ بر روی سنجنده ETM^+ ماهواره‌ی لندست
- شکل ۴-۶۷- نقشه‌ی هم مقاومت مخصوص ظاهری برای خط جریان ۳۰۰ متر
- شکل ۴-۶۸- نقشه‌ی هم مقاومت ظاهری برای خط جریان ۴۰۰ متر
- شکل ۴-۶۹- نقشه‌ی هم مقاومت ظاهری برای خط جریان ۶۰۰ متر
- شکل ۴-۷۰- نقشه‌ی هم مقاومت ظاهری برای خط جریان ۸۰۰ متر
- شکل ۴-۷۱- نقشه‌ی هم مقاومت ظاهری برای خط جریان ۱۰۰۰ متر
- شکل ۴-۷۲- نمایی از شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۳۶ (شبه مقطع طولی)
- شکل ۴-۷۳- نمایی از شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۱ (پروفیل عرضی)
- شکل ۴-۷۴- نمایی از شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۱۰ (شبه مقطع عرضی)
- شکل ۴-۷۵- نمایی از شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۲۰ (شبه مقطع عرضی)

- شکل ۴-۷۶- نمایی از شبه مقطع پروفیل شماره‌ی ۳۰ (شبه مقطع عرضی) ۱۶۱
- شکل ۴-۷۷- نقشه‌ی مرز آب شور با استفاده از مطالعات ژئوالکتریک در دشت کاشان ۱۶۲
- شکل ۵-۱- نمودار حساسیت خروجی مدل انتخابی نسبت به پارامترهای ورودی در خوشه‌ی اول ۱۶۶
- شکل ۵-۲- نمودار حساسیت خروجی مدل انتخابی نسبت به پارامترهای ورودی در خوشه‌ی دوم ۱۶۷
- شکل ۵-۳- نمودار حساسیت خروجی مدل انتخابی نسبت به پارامترهای ورودی در خوشه‌ی سوم ۱۶۹
- شکل ۵-۴- نمودار حساسیت خروجی مدل انتخابی نسبت به پارامترهای ورودی در خوشه‌ی چهارم ۱۷۰
- شکل ۵-۵- نمودار حساسیت خروجی مدل انتخابی نسبت به پارامترهای ورودی در خوشه‌ی پنجم ۱۷۱

فصل اول

مقدمه و کلیات