

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی
بخش مهندسی آب

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته مهندسی کشاورزی،
گرایش مهندسی منابع آب

شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب با استفاده از روش کنترل گروهی
داده‌ها (GMDH) در حوضه آبریز پلرود

مؤلف:

عادل پورنعمت رودسری

اساتید راهنما:

دکتر کورش قادری

دکتر شهرام کریمی گوغری

استاد مشاور:

دکتر محمد ذونعمت کرمانی

اسفند ماه ۱۳۹۰



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی آب

دانشکده کشاورزی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: عادل پورنعمت رودسری

استاد راهنما ۱: دکتر کورش قادری

استاد راهنما ۲: دکتر شهرام کریمی گوغری

استاد مشاور: دکتر محمد ذونعمت کرمانی

داور ۱: دکتر مجید رحیم پور

داور ۲: دکتر بهرام بختیاری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

پدر و مادر بزرگوارم، آنان که وجودم برایشان همه رنج و وجودشان
برایم همه مهر، توانشان رفت تا به توانائی برسم ومویشان سپید گشت تا
رویم سپید ماند، آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان وروشنی رویشان،
سرمایه‌های جاودانه روی من است.آنان که راستی قامت در شکستگی
قامتشان تجلی یافت.در برابر وجودشان زانوی ادب بر زمین می‌نهم و با
قلبی مملو از عشق و محبت و خضوع بر دستانشان بوسه می‌زنم.

تشکر و قدردانی

سپاس خداوندی را که لذت دانستن را از انسان دریغ نساخت.

بدین وسیله مراتب سپاسگزاری خود را از اساتید راهنمای محترم، جناب آقایان دکتر کورش

قادری و شهرام کریمی گوغری که با سعه صدر، حوصله و دقت نظر همچون همیشه این شاگرد را

مرهون هدایت و رهنمودهای رفتاری، اخلاقی و علمی خویش قرار دادند.

همچنین از استاد محترم مشاور جناب آقای دکتر محمد ذونعمت کرمانی که در عین گشاده‌رویی

و تواضع فراوان همواره مرا راهنمایی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از دوست بزرگوارم جناب آقای مهندس محمد علیپناه به خاطر زحمات بی‌دریغش در

پیش برد این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایم.

در نهایت از جناب آقایان دکتر مجید رحیم پور و بهرام بختیاری به خاطر راهنمایی‌های

گرانقدرشان بی‌نهایت سپاسگزارم.

چکیده:

فرآیند بارش-رواناب یک پدیده بسیار پیچیده در علم آبشناسی و شناخت آن در مدیریت و برنامه ریزی منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. مدل‌سازی هر چه دقیق‌تر این فرآیند می‌تواند ضریب اطمینان بالایی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی، ساماندهی رودخانه و برنامه‌ریزی برای سیستم‌های هشدار سیل را ممکن نماید. جهت مدل‌سازی این فرآیند روش‌های مختلفی نظیر روش‌های مفهومی و عددی وجود دارد. روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و استخراج دانش پنهان در داده‌های آبشناسی در دهه اخیر مورد توجه محققین علوم آب قرار گرفته است. از لحاظ تئوری برای مدل کردن یک سیستم لازم است که روابط ریاضی صریح بین ورودی‌ها و خروجی‌ها بطور دقیق معلوم باشد. استخراج چنین رابطه صریح بسیار مشکل است و در بسیاری از مسایل این روابط نامعلوم هستند. در این حالت روش‌های محاسبات نرم که محاسبات را در شرایط غیردقیق انجام می‌دهند مورد توجه قرار می‌گیرند. یکی از انواع روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، روش گروهی کنترل داده‌ها (*GMDH*) است. در این روش به تدریج یک مدل پیچیده در طول ارزیابی مجموعه اطلاعات ورودی و خروجی تولید می‌شود. در این تحقیق برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب حوضه آبریز پلرود که در شمال کشور ایران و در شرق استان گیلان واقع شده است، یک مدل مبتنی بر روش *GMDH* توسعه داده شده است. نتایج بدست آمده از این روش با نتایج شبکه‌های عصبی مصنوعی (*ANN*) در شبیه‌سازی بارش-رواناب مقایسه شده است. همچنین برای ارزیابی دقت مدل‌سازی توسط این دو مدل از یکسری شاخص‌های آماری نظیر مجموع مربعات میانگین خطای نسبی (*MSRE*)، درصد مجموع مطلق میانگین خطای نسبی (*MPRE*)، ضریب راندمان (*CE*) و انحراف نسبی (*RB*) استفاده شده است. نتایج حاصل از این دو روش حاکی از عملکرد بالای این روش‌ها مخصوصاً مدل توسعه داده شده *GMDH* در پیش‌بینی و شناسایی روابط پیچیده بین متغیرها در مسائل مختلفی نظیر پیش‌بینی رواناب ناشی از بارندگی می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل‌سازی بارش-رواناب، شبکه عصبی مصنوعی، حوضه آبریز پلرود، کنترل
گروهی داده‌ها

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات	صفحات: ۲-۴
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق.....	۳
۳-۱- اهداف تحقیق.....	۴
۴-۱- چیدمان مطالب تحقیق.....	۴
فصل دوم: تعاریف و پیشینه تحقیق	صفحات: ۶-۱۵
۱-۲- مقدمه.....	۶
۲-۲- مدل و انواع آن.....	۶
۲-۲- ۱- مدل‌های تجربی.....	۶
۲-۲- ۲- مدل‌های مفهومی.....	۶
۲-۲- ۳- مدل‌های جعبه سفید.....	۷
۲-۲- ۴- مدل‌های ترکیبی مفهومی- عددی.....	۷
۲-۳- مدل در هیدرولوژی.....	۷
۲-۳- ۱- انواع مدل‌های هیدرولوژیکی.....	۷
۲-۴- فرآیند بارش- رواناب.....	۸
۲-۴- ۱- انواع مدل‌های بارش- رواناب.....	۹

۵-۲- مروری بر پیشینه تحقیقات مدل‌های بارش-رواناب..... ۱۰

۶-۲- مروری بر پیشینه تحقیقات روش کنترل گروهی داده‌ها (GMDH)..... ۱۴

۷-۲- جمع بندی..... ۱۵

فصل سوم: مروری بر الگوریتم GMDH صفحات: ۱۷-۲۹

۱-۳- مقدمه..... ۱۷

۲-۳- مقدمه‌ای از الگوریتم GMDH و مفهوم استقراء و پرسپترون..... ۱۷

۳-۳- ساختار و الگوریتم GMDH..... ۲۰

۱-۳-۳- ساختار ۲۰

۲-۳-۳- واسنجی پارامترها..... ۲۳

۴-۳- الگوریتم‌های مختلف GMDH و مقایسه آن با شبکه عصبی مصنوعی..... ۲۴

۱-۴-۳- الگوریتم‌های چندلایه ۲۵

۲-۴-۳- الگوریتم‌های فازی ۲۶

۳-۴-۳- مقایسه GMDH با شبکه‌های عصبی..... ۲۷

۵-۳- جمع بندی..... ۲۹

فصل چهارم: معرفی حوضه آبریز پلرود صفحات: ۳۱-۴۰

۱-۴- مقدمه..... ۳۱

۲-۴- دشت گیلان..... ۳۱

۳-۴- حوضه آبریز پلرود.....	۳۱
۴-۴- معرفی ایستگاه‌های باران‌سنجی و ایستگاه هیدرومتری حوضه آبریز پلرود.....	۳۹
۵-۴- بررسی اهمیت حوضه آبریز و رودخانه پلرود در منطقه.....	۴۱
۶-۴- جمع بندی.....	۴۲
فصل پنجم: توسعه مدل <i>GMDH</i> جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب صفحات: ۱۰۶-۴۲	
۱-۵- مقدمه.....	۴۴
۲-۵- بررسی صحت کارکرد مدل توسعه داده شده در محیط <i>MATLAB</i>	۴۴
۳-۵- انتخاب متغیرها.....	۴۷
۴-۵- توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز پلرود.....	۴۷
۴-۵- ۱- توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز پلرود بصورت میانگین ماهانه.....	۴۸
۴-۵- ۲- توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز پلرود بصورت میانگین ماهانه و با داده‌های نرمال شده.....	۵۸
۴-۵- ۳- توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز پلرود بصورت روزانه و با داده‌های نرمال شده.....	۶۵
۴-۵- ۱-۳- نتایج توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز پلرود بصورت روزانه و با داده‌های نرمال شده به روش اول.....	۶۵

۲-۳-۴-۵- نتایج توسعه مدل <i>GMDH</i> برای شبیه سازی فرآیند بارش-روانابدرحوضه آبریز پلرود	۷۳
۵-۵- شبکه‌های عصبی مصنوعی (<i>ANN</i>)	۸۳
۱-۵-۵- جعبه ابزارهای نرم افزار <i>MATLAB</i>	۸۴
۲-۵-۵- جعبه ابزار شبکه عصبی در نرم افزار <i>MATLAB</i>	۸۴
۳-۵-۵- نحوه شبیه سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه	۸۵
۱-۳-۵-۵- نتایج شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب بصورت	۸۶
۲-۳-۵-۵- نتایج شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب	۹۰
۳-۳-۵-۵- نتایج شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب	۹۵
۱-۳-۳-۵-۵- نتایج شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب	۹۵
۲-۳-۳-۵-۵- نتایج شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب	۱۰۱
۶-۵- مقایسه نتایج دو مدل <i>GMDH</i> و <i>ANN</i> در شبیه سازی	۱۰۸
۷-۵- جمع بندی و نتیجه گیری	۱۱۲
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات	صفحات: ۱۱۴-۱۱۶
۱-۶- مقدمه	۱۱۵
۲-۶- نتیجه گیری	۱۱۵
۳-۶- پیشنهادات	۱۱۶
فهرست منابع	۱۱۷

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۱-۳): مقایسه‌ای بین مدل‌سازی خودسازمان‌دهی و شبکه‌های عصبی مصنوعی.....	۲۸
جدول (۱-۴): مشخصات فیزیکی حوضه آبریز پلرود.....	۳۶
جدول (۲-۴): مشخصات شاخه بندی رودخانه پلرود.....	۳۷
جدول (۳-۴): مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های باران سنجی و هیدرومتری در سیستم <i>UTM</i>	۳۹
جدول (۴-۴): سیل‌های اتفاق افتاده در حوضه آبریز پلرود در سال ۱۳۸۵.....	۴۱
جدول (۱-۵): شاخص‌های آماری پیش‌بینی سری زمانی <i>Mackey-Glass</i>	۴۷
جدول (۲-۵): ورودی‌های مدل <i>GMDH</i> به صورت میانگین ماهانه.....	۴۸
جدول (۳-۵): مقادیر وزنهای محاسبه شده برای نرون‌های منتخب لایه اول.....	۵۱
جدول (۴-۵): مقادیر وزنهای محاسبه شده برای نرون‌های منتخب لایه دوم.....	۵۱
جدول (۵-۵): مقادیر وزنهای محاسبه شده برای نرون‌های منتخب لایه سوم.....	۵۲
جدول (۶-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت اول.....	۵۴
جدول (۷-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت دوم.....	۵۵
جدول (۸-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت سوم.....	۵۶
جدول (۹-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت چهارم.....	۵۷
جدول (۱۰-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت پنجم.....	۵۸
جدول (۱۱-۵): ورودی‌های مدل <i>GMDH</i> به صورت میانگین ماهانه نرمال.....	۵۹
جدول (۱۲-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت اول.....	۶۰
جدول (۱۳-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت دوم.....	۶۱

- جدول (۵-۱۴): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت سوم..... ۶۲
- جدول (۵-۱۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت چهارم... ۶۳
- جدول (۵-۱۶): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت پنجم..... ۶۴
- جدول (۵-۱۷): ورودی‌های مدل *GMDH* به صورت روزانه و نرمال‌شده به روش اول..... ۶۶
- جدول (۵-۱۸): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت اول..... ۶۷
- جدول (۵-۱۹): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت دوم..... ۶۸
- جدول (۵-۲۰): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت سوم..... ۶۹
- جدول (۵-۲۱): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت چهارم... ۷۰
- جدول (۵-۲۲): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت پنجم..... ۷۱
- جدول (۵-۲۳): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت ششم..... ۷۲
- جدول (۵-۲۴): ورودی‌های مدل *GMDH* به صورت روزانه و نرمال‌شده به روش دوم..... ۷۴
- جدول (۵-۲۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت اول..... ۷۵
- جدول (۵-۲۶): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت دوم..... ۷۶
- جدول (۵-۲۷): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت سوم..... ۷۷
- جدول (۵-۲۸): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت چهارم... ۷۸
- جدول (۵-۲۹): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت پنجم..... ۷۹
- جدول (۵-۳۰): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش مربوط به حالت ششم..... ۸۰
- جدول (۵-۳۱): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش..... ۸۱

- جدول (۳۲-۵): مقادیر شاخص‌های آماری در دوره آموزش و آزمایش..... ۸۲
- جدول (۳۳-۵): ورودی‌های مدل *ANN* بصورت میانگین ماهانه..... ۸۷
- جدول (۳۴-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی فرآیند..... ۸۷
- جدول (۳۵-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۸۸
- جدول (۳۶-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۸۹
- جدول (۳۷-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۸۹
- جدول (۳۸-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۰
- جدول (۳۹-۵): ورودی‌های مدل *ANN* بصورت میانگین ماهانه و نرمال شده..... ۹۱
- جدول (۴۰-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۲
- جدول (۴۱-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۳
- جدول (۴۲-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۳
- جدول (۴۳-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۴
- جدول (۴۴-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۵
- جدول (۴۵-۵): ورودی‌های مدل *ANN* بصورت روزانه و نرمال شده به روش اول..... ۹۶
- جدول (۴۶-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۷
- جدول (۴۷-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۸
- جدول (۴۸-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۸
- جدول (۴۹-۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۹۹

- جدول (۵-۵۰): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۰
- جدول (۵-۵۱): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۱
- جدول (۵-۵۲): ورودی‌های مدل *ANN* بصورت روزانه و نرمال‌شده به روش دوم..... ۱۰۲
- جدول (۵-۵۳): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۳
- جدول (۵-۵۴): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۳
- جدول (۵-۵۵): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۴
- جدول (۵-۵۶): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۵
- جدول (۵-۵۷): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۵
- جدول (۵-۵۸): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۶
- جدول (۵-۵۹): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۷
- جدول (۵-۶۰): مقادیر شاخص‌های آماری مربوط به شبیه‌سازی..... ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲۲.....	شکل (۱-۳): شماتیکی از ساختار <i>N-adaline</i> در <i>GMDH</i>
۲۲.....	شکل (۲-۳): ساختار هر <i>adaline</i>
۳۲.....	شکل (۱-۴): موقعیت استان گیلان در نقشه ایران
۳۳.....	شکل (۲-۴): موقعیت حوضه آبریز پلرود در استان گیلان
۳۵.....	شکل (۳-۴): نقشه ارتفاعی حوضه آبریز پلرود
۳۸.....	شکل (۴-۴): نقشه آبراهه‌های حوضه آبریز پلرود
۴۰.....	شکل (۵-۴): موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری در نقشه حوضه آبریز پلرود
۴۶.....	شکل (۱-۵): نمودار پیش‌بینی سری زمانی <i>Mackey-Glass</i> توسط مدل توسعه داده شده
۴۶.....	شکل (۲-۵): نمودار پیش‌بینی سری زمانی <i>Mackey-Glass</i> توسط مدل توسعه داده شده
۵۰.....	شکل (۳-۵): شماتیکی از مدل <i>GMDH</i> توسعه داده شده برای شبیه‌سازی فرآیند
۵۳.....	شکل (۴-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت
۵۳.....	شکل (۵-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت
۵۴.....	شکل (۶-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت میانگین
۵۵.....	شکل (۷-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت
۵۵.....	شکل (۸-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت میانگین
۵۶.....	شکل (۹-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت میانگین
۵۶.....	شکل (۱۰-۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت

- شکل (۵-۱۱): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت میانگین..... ۵۷
- شکل (۵-۱۲): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۵۷
- شکل (۵-۱۳): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۵۸
- شکل (۵-۱۴): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۰
- شکل (۵-۱۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۶۰
- شکل (۵-۱۶): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۱
- شکل (۵-۱۷): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت میانگین..... ۶۱
- شکل (۵-۱۸): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۲
- شکل (۵-۱۹): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۶۲
- شکل (۵-۲۰): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۳
- شکل (۵-۲۱): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۶۳
- شکل (۵-۲۲): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت میانگین..... ۶۴
- شکل (۵-۲۳): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت میانگین..... ۶۴
- شکل (۵-۲۴): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۷
- شکل (۵-۲۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۶۷
- شکل (۵-۲۶): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۸
- شکل (۵-۲۷): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۶۸
- شکل (۵-۲۸): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۶۹

- شکل (۵-۲۹): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۶۹
- شکل (۵-۳۰): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت روزانه..... ۷۰
- شکل (۵-۳۱): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۷۰
- شکل (۵-۳۲): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۷۱
- شکل (۵-۳۳): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۷۱
- شکل (۵-۳۴): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت روزانه..... ۷۲
- شکل (۵-۳۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۷۲
- شکل (۵-۳۶): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۷۵
- شکل (۵-۳۷): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۷۵
- شکل (۵-۳۸): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۷۶
- شکل (۵-۳۹): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۷۶
- شکل (۵-۴۰): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۷۷
- شکل (۵-۴۱): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۷۷
- شکل (۵-۴۲): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت روزانه..... ۷۸
- شکل (۵-۴۳): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۷۸
- شکل (۵-۴۴): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۷۹
- شکل (۵-۴۵): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۷۹
- شکل (۵-۴۶): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۸۰

- شکل (۵-۴۷): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت..... ۸۰
- شکل (۵-۴۸): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت..... ۸۱
- شکل (۵-۴۹): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۸۱
- شکل (۵-۵۰): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آموزش بصورت روزانه..... ۸۲
- شکل (۵-۵۱): رواناب محاسباتی و مشاهداتی در دوره آزمایش بصورت روزانه..... ۸۲
- شکل (۵-۵۲): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۸۷
- شکل (۵-۵۳): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۸۸
- شکل (۵-۵۴): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۸۸
- شکل (۵-۵۵): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی..... ۸۹
- شکل (۵-۵۶): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی..... ۹۰
- شکل (۵-۵۷): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی..... ۹۲
- شکل (۵-۵۸): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی..... ۹۲
- شکل (۵-۵۹): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۳
- شکل (۵-۶۰): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۴
- شکل (۵-۶۱): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۴
- شکل (۵-۶۲): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۷
- شکل (۵-۶۳): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۷
- شکل (۵-۶۴): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۸

- شکل (۵-۶۵): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۹۹
- شکل (۵-۶۶): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۰
- شکل (۵-۶۷): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۰
- شکل (۵-۶۸): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۲
- شکل (۵-۶۹): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۳
- شکل (۵-۷۰): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۴
- شکل (۵-۷۱): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۴
- شکل (۵-۷۲): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۵
- شکل (۵-۷۳): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۶
- شکل (۵-۷۴): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۶
- شکل (۵-۷۵): رواناب شبیه سازی شده توسط *ANN* و رواناب مشاهداتی بصورت..... ۱۰۷
- شکل (۵-۷۶)-الف: نمودار رگرسیونی مدل *GMDH* در حالت ماهانه مربوط به..... ۱۰۸
- شکل (۵-۷۶)-ب: نمودار رگرسیونی مدل *ANN* در حالت ماهانه مربوط به..... ۱۰۹
- شکل (۵-۷۷)-الف: نمودار رگرسیونی مدل *GMDH* در حالت ماهانه نرمال مربوط..... ۱۰۹
- شکل (۵-۷۷)-ب: نمودار رگرسیونی مدل *ANN* در حالت ماهانه نرمال مربوط..... ۱۱۰
- شکل (۵-۷۸)-الف: نمودار رگرسیونی مدل *GMDH* در حالت روزانه نرمال شده..... ۱۱۰
- شکل (۵-۷۸)-ب: نمودار رگرسیونی مدل *ANN* در حالت روزانه نرمال شده..... ۱۱۱
- شکل (۵-۷۹)-الف: نمودار رگرسیونی مدل *GMDH* در حالت روزانه نرمال شده..... ۱۱۱
- شکل (۵-۷۹)-ب: نمودار رگرسیونی مدل *ANN* در حالت روزانه نرمال شده..... ۱۱۲