بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد

دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی منابع طبیعی – آبخیزداری

پیش بینی دبی‌های متوسط روزانه و ماهانه با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی فازی و خودهمبسته میانگین متحرک (مطالعه موردی: حوضه رودخانه سفید)

استاد راهنما:

دکتر حسین ملکی‌نژاد

استاد مشاور:

دکتر رسول روزگار

پژوهش و نگارش:

نسرین اسلامی

مهر ماه ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدر و مادرم؛

آنانکه وجودم همه برایشان رنج بوده و وجودشان برایم مهر. مویشان سپیدی گرفت تا روی سفید بمانم. آنانکه فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودان زندگیم هستند و آنانکه راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوندی که با الطاف بیکران خود دغدغه آموختن و اندیشیدن را در وجودم ودیعه نهاد و پیمودن این راه پر فراز و نشیب را در سایه سار محبت های خانواده ام به من ارزانی داشت. در آغاز وظیفه خود می دانم از زحمات بی دریغ استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر حسین ملکی نژاد صمیمانه تشکر کنم که قطعاً بدون راهنمایی ایشان این مجموعه به انجام نمی رسید. همچنین از تلاش های بی وقفه استاد مشاور پایان نامه جناب آقای دکتر رسول روزگار که با راهنمایی های سودمند خود مرا در انجام این پایان نامه همراهی کردند سپاسگزارم. از اساتید محترم جناب آقای دکتر محمد رضا اختصاصی و جناب آقای دکتر علی فتح زاده که داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند سپاسگزارم.

از پدر و مادر عزیزم و خانواده مهربانم که در تمام مراحل زندگی تکیه گاهم و مخصوصاً در امر تحصیل مشوقم هستند کمال تشکر را دارم. همچنین از مهندس یوسفی که مرا در انجام این پژوهش یاری کردند سپاسگزارم. در پایان از تمامی دوستانی که مرا در تهیه و تدوین این پایان نامه یاری کردند تشکر می کنم و از خداوند مزید توفیقشان را خواستارم.

چکیده

پیش‌بینی جریان رودخانه یکی از مهم‌ترین ارکان در مدیریت منابع آب‌های سطحی به ویژه اتخاذ تدابیر مناسب در مواقع سیلاب و بروز خشکسالی‌ها است. در این پژوهش برای پیش‌بینی دبی روزانه و ماهانه رودخانه سفید از روش‌های سری زمانی، شبکه عصبی – فازی و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. همچنین برای مدل‌سازی شبکه عصبی – فازی و شبکه عصبی مصنوعی از روش‌های تعیین ترکیب رگرسیون گام به گام، آزمون گاما، الگوریتم ژنتیک و تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی استفاده گردید. سپس با استفاده از ترکیب‌های ورودی تعیین شده شبکه عصبی – فازی مدل‌سازی شد. مدل شبکه عصبی – فازی برای داده‌های روزانه در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما و در داده‌های ماهانه با ترکیب رگرسیون گام به گام بهترین نتیجه را نشان داد. در گام بعد مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با ترکیب‌های ورودی تعیین شده انجام گرفت. در این مرحله داده‌های روزانه و ماهانه در حالت استفاده از تمام پارامترها مناسب‌ترین نتیجه را داشت. در آخر مدل‌سازی سری زمانی انجام گرفت و بهترین مدل بر اساس معیار آکائیک انتخاب شد. در این مرحله برای داده‌های روزانه مدل ARIMA (5,0,9) و برای داده‌های ماهانه مدل ARIMA (1,0,2) به عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها انتخاب شدند. در نهایت نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در سری داده‌های روزانه به ترتیب شبکه عصبی فازی با ترکیب منتخب آزمون گاما با ضریب همبستگی ۹۸/۰۵ ٪ و مجذور میانگین مربعات خطای ۴×۱۰^{-۵}، شبکه عصبی مصنوعی با تمام پارامترهای ورودی با ضریب همبستگی ۹۴/۹۴٪ و میانگین مربعات خطای ۲×۱۰^{-۴}، و مدل ARIMA (5,0,9) با ضریب همبستگی ۵۳/۶۵٪ و مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۲۷ به عنوان مناسب‌ترین روش‌ها انتخاب شدند. همچنین در داده‌های ماهانه به ترتیب مدل ARIMA (1,0,2) با ضریب همبستگی ۹۹/۹۷٪ و مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۰۷ ، روش شبکه عصبی مصنوعی با ضریب همبستگی ۹۸/۲۲٪ و میانگین مربعات خطای ۵×۱۰^{-۴}، با تمام پارامترهای ورودی و مدل شبکه عصبی – فازی با ضریب همبستگی ۷۵/۵۳٪ و مجذور میانگین مربعات خطای ۰/۰۰۲۹ با ترکیب ورودی رگرسیون گام به گام به عنوان مناسب‌ترین روش‌ها انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: پیش بینی، شبکه عصبی - فازی، مدل ARIMA، دبی روزانه، دبی ماهانه، رودخانه سفید

فهرست مطالب صفحه

فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه..... ۲

۱-۲-اهداف.....۴

۱-۳-فرضیات تحقیق ۴

۱-۴-تعاریف..... ۴

۱-۴-۱- سری زمانی..... ۴

۱-۴-۲- هوش مصنوعی..... ۴

۱-۵- اهمیت پیش‌بینی دبی رودخانه ۵

۱-۶- روش‌های پایه پیش‌بینی دبی رودخانه..... ۵

۱-۶-۱- روش استدلالی.....۶

۱-۶-۲- روش مدت-مساحت..... ۷

۱-۶-۳- روش هیدروگراف واحد ۹

۱-۷- مدل‌های هیدرولوژیکی.....۱۰

۱-۷-۱- طبقه‌بندی مدل‌های هیدرولوژیکی.....۱۱

۱-۷-۱-۱- مدل‌های آماری.....۱۱

۱-۷-۱-۱-۱- سری‌های زمانی.....۱۱

۱-۷-۱-۲- مدل‌های مفهومی ۱۲

۱-۷-۱-۲-۱- شبکه عصبی مصنوعی ۱۲

۱-۷-۱-۲-۲- سیستم استنتاج فازی ۱۳

فصل دوم- پیشینه تحقیق

۲-۱- مرور پژوهش‌های انجام شده در ایران ۱۶

۲-۲- مرور پژوهش‌های انجام شده در سایر کشورها ۲۰

فصل سوم- مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه ۲۶

۳-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۲۷

۳-۳- مراحل انجام پژوهش ۲۹

۳-۴- هوش مصنوعی ۳۰

۳-۵- اجزای محاسبات نرم و هوش مصنوعی سنتی ۳۱

۳-۶- منطق فازی ۳۲

۳-۷- سیستم‌های استنتاج فازی ۳۳

۳-۷- ۱- مدل‌های فازی ممدانی ۳۴

۳-۷-۲- مدل‌های فازی سوگنو ۳۴

۳-۷- ۳- مدل‌های فازی تسوکاموتو ۳۵

۳-۸- تابع عضویت ۳۶

۳-۹- دلایل استفاده از منطق فازی ۳۶

۳-۱۰- تفاوت میان نظریه احتمالات و منطق فازی ۳۷
۳-۱۱- شبکه عصبی مصنوعی ۳۸
۳-۱۲- الگوریتم ژنتیک ۴۰
۳-۱۳- سری زمانی ۴۲
۳-۱۴-اجزاء تشکیل دهنده سری زمانی ۴۴
۳-۱۵- انواع سری‌های زمانی ۴۵
۳-۱۶- تئوری مدل‌های سری زمانی ۴۶
۳-۱۶-۱- مدل‌های خودهمبسته مرتبه P یا AR(P) ۴۶
۳-۱۶-۲- مدل‌های میانگین متحرک مرتبه Q یا MA(Q) ۴۶
۳-۱۶-۳- مدل مرکب خودهمبسته- میانگین متحرک ARMA(P,Q) ۴۷
۳-۱۶-۴- مدل ARIMA(P,D,Q) ۴۷
۳-۱۷- الگوسازی برای یک سری زمانی ۴۷
۳-۱۸- معیار AIC ۵۰
۳-۱۹- تحلیل مؤلفه‌های اساسی ۵۱
۳-۲۰- آزمون گاما ۵۲
۳-۲۱- نرم افزار متلب ۵۴
۳-۲۲- نرم افزار R ۵۴
۳-۲۲-۱- امکانات R ۵۵

۳-۲۲-۲- محدودیت‌های زبان R ۵۵

۳-۲۳- نرم افزار WINGAMMATM ۵۶

۳-۲۴- بررسی اعتبار مدل ۵۶

فصل چهارم- نتایج

۴-۱- مقدمه ۶۰

۴-۲- داده‌های مورد استفاده در این مطالعه ۶۰

۴-۲-۱- داده‌های روزانه ۶۰

۴-۲-۱-۱- تعیین ترکیب بردارهای ورودی ۶۲

۴-۲-۱-۱-۱- رگرسیون گام به گام ۶۲

۴-۲-۱-۱-۲- آزمون گاما ۶۵

۴-۲-۱-۱-۳- الگوریتم ژنتیک ۶۷

۴-۲-۱-۱-۴- تحلیل مؤلفه اصلی ۶۹

۴-۲-۱-۲- تعیین تعداد داده‌های آموزش ۷۴

۴-۲-۱-۳- مدل‌سازی شبکه عصبی- فازی (ANFIS) ۷۷

۴-۲-۱-۴- مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی ۸۶

۴-۲-۲- داده‌های ماهانه ۹۳

۴-۲-۲-۱- تعیین ترکیب بردارهای ورودی ۹۴

۴-۲-۲-۱-۱- رگرسیون گام به گام ۹۴

۴-۲-۲-۱-۲- آزمون گاما ۹۵
۴-۲-۲-۱-۳- الگوریتم ژنتیک ۹۵
۴-۲-۲-۱-۴- تحلیل مؤلفه اصلی ۹۷
۴-۲-۲-۲- تعیین تعداد داده‌های آموزش ۹۹
۴-۲-۲-۳- مدل‌سازی شبکه عصبی- فازی (ANFIS) ۱۰۱
۴-۲-۲-۴- مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی ۱۰۶
۴-۲-۳- داده‌های پیک ماهانه ۱۱۱
۴-۲-۳-۱- تعیین ترکیب بردارهای ورودی ۱۱۲
۴-۲-۳-۱-۱- رگرسیون گام به گام ۱۱۲
۴-۲-۳-۱-۲- آزمون گاما ۱۱۴
۴-۲-۳-۱-۳- الگوریتم ژنتیک ۱۱۴
۴-۲-۳-۱-۴- تحلیل مؤلفه اصلی ۱۱۵
۴-۲-۳-۲- تعیین تعداد داده‌های آموزش ۱۱۸
۴-۲-۳-۳- مدلسازی شبکه عصبی- فازی (ANFIS) ۱۲۱
۴-۲-۳-۴- مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی ۱۲۸
۴-۲-۴- داده‌های طبقه‌بندی شده ۱۳۵
۴-۲-۴-۱-تعیین ترکیب بردارهای ورودی ۱۳۵
۴-۲-۴-۱-۱- رگرسیون گام به گام ۱۳۵

۴-۲-۴-۱-۲- آزمون گاما ۱۴۳
۴-۲-۴-۱-۳- الگوریتم ژنتیک ۱۴۳
۴-۲-۴-۱-۴- تحلیل مؤلفه اصلی ۱۴۴
۴-۲-۴-۲-تعیین تعداد داده‌های آموزش ۱۵۴
۴-۲-۴-۳- مدل‌سازی شبکه عصبی- فازی (ANFIS) ۱۵۵
۴-۲-۴-۳-۱- داده‌های طبقه یک ۱۵۵
۴-۲-۴-۳-۲- داده‌های طبقه دو ۱۵۷
۴-۲-۴-۳-۳- داده‌های طبقه سه ۱۵۸
۴-۲-۴-۳-۴- داده‌های طبقه چهار ۱۵۹
۴-۲-۴-۴- مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی ۱۶۰
۴-۲-۴-۴-۱- داده‌های طبقه یک ۱۶۰
۴-۲-۴-۴-۲- داده‌های طبقه دو ۱۶۲
۴-۲-۴-۴-۳- داده‌های طبقه سه ۱۶۳
۴-۲-۴-۴-۴- داده‌های طبقه چهار ۱۶۴
۴-۲-۵- سری زمانی ۱۶۵
۴-۲-۵-۱- داده‌های روزانه ۱۶۵
۴-۲-۵-۱-۱- تشخیص مدل آزمایشی ۱۶۷
۴-۲-۵-۲- داده‌های ماهانه ۱۷۰

۴-۲-۵-۲-۲- تشخیص مدل آزمایشی.....۱۷۱

۴-۲-۶- انتخاب مناسب‌ترین روش ۱۷۵

فصل پنجم- بحث و نتیجه گیری

۵-۱- نتیجه گیری ۱۸۰

منابع.....۱۸۵

فهرست جداول صفحه

جدول ۳-۱: نقاط قوت روش‌های مختلف (کیا، ۱۳۹۰). ۳۲

جدول۳-۲: رفتار توابع خود همبستگی و خود همبستگی جزئی برای مدل‌های ایستا ۴۹

جدول ۴-۱: شاخص‌های آماری پارامترهای ورودی و خروجی ۶۲

جدول ۴- ۲: مقدار ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی ۶۴

جدول ۴-۳: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده ۶۵

جدول۴-۴: نمونه‌ای از نتایج آزمون گاما و انتخاب مناسب‌ترین ترکیب ورودی ۶۷

جدول۴-۵: مقدار پارامترهای الگوریتم ژنتیک در تعیین مناسب‌ترین ترکیب ورودی ۶۸

جدول۴-۶: نمونه‌ای از نتایج الگوریتم ژنتیک و انتخاب مناسب‌ترین ترکیب ورودی ۶۹

جدول۴-۷: قضاوت در مورد ضریب KMO ۷۰

جدول ۴-۸: آماره KMO ونتایج آزمون کرویت بارتلت ۷۱

جدول ۴-۹: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف ۷۲

جدول۴-۱۰: ماتریس عاملی دوران یافته ۷۳

جدول ۴-۱۱: مشخصات پارامترهای ثابت در نظر گرفته شده در مدل عصبی – فازی ۷۸

جدول ۴-۱۲: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۷۸

جدول ۴-۱۳: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۸۰

جدول ۴-۱۴: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۸۱

جدول ۴-۱۵: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما ۸۳

جدول ۴-۱۶: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک ۸۴

جدول ۴-۱۷: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی ۸۵

جدول ۴-۱۸: نتایج مدل عصبی – فازی در روش‌های تعیین ترکیب مختلف ۸۶

جدول ۴-۱۹: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۸۷

جدول ۴-۲۰: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۸۸

جدول ۴-۲۱: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما ۸۹

جدول ۴-۲۲: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک ۹۰

جدول ۴-۲۳: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی..۹۱

جدول ۴-۲۴: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۹۳

جدول ۴-۲۵: شاخص‌های آماری پارامترهای ورودی و خروجی ۹۴

جدول۴-۲۶: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی ۹۵

جدول ۴-۲۷: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده.....۹۵

جدول ۴-۲۸: نتایج حاصل از آزمون گاما ۹۵

جدول۴-۲۹: مقدار پارامترهای الگوریتم ژنتیک در تعیین مناسبترین ترکیب ورودی.....۹۶

جدول ۴-۳۰: نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک ۹۷

جدول ۴-۳۱: آماره KMO ونتایج آزمون کرویت بارتلت.....۹۷

جدول ۴-۳۲: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۹۷

جدول۴-۳۳: ماتریس عاملی دوران یافته ۹۸

جدول ۴-۳۴: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۰۱

جدول ۴-۳۵: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۱۰۳

جدول ۴-۳۶: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۱۰۴

جدول ۴-۳۷: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی ۱۰۶

جدول ۴-۳۸: نتایج مدل عصبی – فازی در روشهای تعیین ترکیب مختلف ۱۰۶

جدول ۴-۳۹: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۱۰۷

جدول ۴-۴۰: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۱۰۸

جدول ۴-۴۱: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی.....۱۰۹

جدول ۴-۴۲: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۱۰

جدول ۴-۴۳: شاخص‌های آماری پارامترهای ورودی و خروجی ۱۱۱

جدول۴-۴۴: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی ۱۱۳

جدول ۴-۴۵: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده.....۱۱۴

جدول ۴-۴۶: نتایج حاصل از آزمون گاما ۱۱۴

جدول ۴-۴۷: نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک ۱۱۵

جدول ۴-۴۸: آماره KMO ونتایج آزمون کرویت بارتلت.....۱۱۵

جدول ۴-۴۹: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۱۱۶

جدول ۴-۵۰: ماتریس عاملی دوران یافته.....۱۱۷

جدول ۴-۵۱: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۲۱

جدول ۴-۵۲: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۱۲۳

جدول ۴-۵۳: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۱۲۴

جدول ۴-۵۴: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما.....۱۲۵

جدول ۴-۵۵: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک ۱۲۶

جدول ۴-۵۶: نتایج مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی ۱۲۷

جدول ۴-۵۷: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۲۸

جدول ۴-۵۸: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۱۲۹

جدول۴-۵۹: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۱۳۰

جدول ۴-۶۰: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما ۱۳۱

جدول ۴-۶۱: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک ..۱۳۲

جدول ۴-۶۲: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی.....۱۳۴

جدول ۴-۶۳: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۳۵

جدول ۴-۶۴: تعداد داده‌های دبی در هر طبقه.....۱۳۵

جدول۴-۶۵: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی طبقه ۱ .....۱۳۶

جدول ۴-۶۶: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده طبقه۱.....۱۳۷

جدول۴-۶۷: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی ۱۳۸

جدول ۴-۶۸: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده طبقه۲.....۱۳۹

جدول۴-۶۹: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی طبقه ۳ .....۱۴۰

جدول ۴-۷۰: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده طبقه ۳..۱۴۱

جدول۴-۷۱: مقادیر ضریب همبستگی ساده بین پارامترهای ورودی طبقه ۴.....۱۴۲

جدول ۴-۷۲: تعیین ترکیب ورودی با استفاده آزمون رگرسیون گام به گام پیشرونده طبقه ۴..۱۴۳

جدول ۴-۷۳: نتایج حاصل از آزمون گاما برای ۴ طبقه.....۱۴۳

جدول ۴-۷۴: نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک برای ۴ طبقه ۱۴۴

جدول ۴-۷۵: آماره KMO ونتایج آزمون کرویت بارتلت.....۱۴۴

جدول ۴-۷۶: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۱۴۵

جدول ۴-۷۷: ماتریس عاملی دوران یافته.....۱۴۶

جدول ۴-۷۸: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۱۴۷

جدول ۴-۷۹: ماتریس عاملی دوران یافته.....۱۴۹

جدول ۴-۸۰: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۱۵۰

جدول ۴-۸۱: ماتریس عاملی دوران یافته.....۱۵۱

جدول ۴-۸۲: درصد واریانس و مقادیر ویژه عامل‌های مختلف.....۱۵۲

جدول ۴-۸۳: ماتریس عاملی دوران یافته.....۱۵۳

جدول ۴-۸۴: تعداد داده‌های آموزش ترکیبهای مختلف طبقه ۱.....۱۵۴

جدول ۴-۸۵: تعداد داده‌های آموزش ترکیبهای مختلف طبقه ۲.....۱۵۵

جدول ۴-۸۶: تعداد داده‌های آموزش ترکیبهای مختلف طبقه ۳.....۱۵۵

جدول ۴-۸۷: تعداد داده‌های آموزش ترکیبهای مختلف طبقه۴.....۱۵۵

جدول ۴-۸۸: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۵۶

جدول ۴-۸۹: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۵۷

جدول ۴-۹۰: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۵۷

جدول ۴-۹۱: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۵۸

جدول ۴-۹۲: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۵۹

جدول ۴-۹۳: نتایج حاصل از شبکه عصبی-فازی در ترکیب‌های ورودی مختلف ۱۶۰

جدول ۴-۹۴: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در ترکیب‌های ورودی مختلف.....۱۶۱

جدول ۴-۹۵: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۶۱

جدول ۴-۹۶: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در ترکیب‌های ورودی مختلف.....۱۶۲

جدول ۴-۹۷: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۶۲

جدول ۴-۹۸: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در ترکیب‌های ورودی مختلف.....۱۶۳

جدول ۴-۹۹: مقایسه روش‌های ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۶۴

جدول ۴-۱۰۰: مشخصات شبکه عصبی مصنوعی در ترکیب‌های ورودی مختلف.....۱۶۴

جدول ۴-۱۰۱: مقایسه روشهای ترکیب ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۱۶۵

جدول۴-۱۰۲: مقادیر برازش داده شده روی باقیمانده‌ها پس از حذف روند ۱۶۷

جدول۴-۱۰۳: ضرایب برآورده شده روند.....۱۶۷

جدول ۴-۱۰۴: نتایج حاصل از مدل ARIMA (5,0,9) ۱۷۰

جدول ۴-۱۰۵: مقادیر برازش داده شده روی باقیمانده‌ها پس از حذف روند ۱۷۱

جدول ۴-۱۰۶: ضرایب برآورده شده روند.....۱۷۱

جدول ۴-۱۰۷: نتایج حاصل از مدل ARIMA (1,0,2) ۱۷۴

جدول ۴-۱۰۸: انتخاب مناسب‌ترین روش ۱۷۷

فهرست اشکال صفحه

شکل ۱-۱: روش مدت مساحت ۸

شکل ۳-۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.....۲۸

شکل ۳-۲: فلوچارت مراحل انجام پژوهش ۲۹

شکل ۴-۱: مناسب‌ترین حالت الگوریتم ژنتیک ۶۸

شکل ۴-۲: نمودار اسکری گراف برای تعیین تعداد عامل‌ها ۷۳

شکل ۴-۳: نمودار سه بعدی پراکنش متغیرها نسبت به عامل‌های استخراج شده ۷۴

شکل ۴-۴: تعیین تعداد داده‌های تست و آموزش در ترکیب منتخب رگرسیون گام به گام.....۷۵

شکل ۴-۵: تعیین تعداد داده‌های تست و آموزش در ترکیب منتخب آزمون گاما ۷۶

شکل ۴-۶: تعیین تعداد داده‌های تست و آموزش در ترکیب منتخب الگوریتم ژنتیک.....۷۶

شکل ۴-۷: تعیین تعداد داده‌های تست و آموزش در ترکیب منتخب تحلیل مؤلفه اصلی ۷۷

شکل ۴-۸: آموزش مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از تمام ورودی‌ها ۷۹

شکل ۴-۹: آموزش مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب رگرسیون گام به گام ۸۱

شکل ۴-۱۰: آموزش مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب آزمون گاما ۸۲

شکل ۴-۱۱: آموزش مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب الگوریتم ژنتیک ۸۳

شکل ۴-۱۲: آموزش مدل عصبی – فازی در حالت استفاده از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی.....۸۴

شکل۴-۱۳: میزان ضریب همبستگی در مراحل آموزش، اعتبارسنجی، آزمایش و ضریب کلی ...۸۷

شکل۴-۱۴: میزان ضریب همبستگی در مراحل آموزش، اعتبارسنجی، آزمایش و ضریب کلی ...۸۹