



دانشگاه بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی در برنامه ریزی

محیطی

عنوان:

پیش بینی خشکسالی با استفاده از شبکه‌های

عصبی مصنوعی مطالعه موردی: ایستگاه

سینوپتیک شیراز

استاد راهنما:

دکتر محمود خسروی

استاد مشاور:

دکتر علی اکبر صفوی

تحقیق و نگارش:

مریم نصیری

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

بهمن ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان پیش بینی خشکسالی با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک شیراز قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی توسط دانشجو مریم نصیری تحت راهنمایی استاد پایان نامه، دکتر محمود خسروی، تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(مریم نصیری)

این پایان نامه واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ توسط هیئت داوران بررسی و درجه به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	دکتر محمود خسروی	
استاد مشاور:	دکتر علی اکبر صفوی	
داور ۱:	دکتر تقی طاوسی	
داور ۲:	دکتر حسین نگارش	
نماینده تحصیلات تکمیلی:	مهندس محمدرضا پودینه	



دانشگاه سیستان و بلوچستان
تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مریم نصیری تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مریم نصیری

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

پدر و مادر همسر، پشتیبان زندگی ام

خواهرانم و برادرانم

و تقدیم به همسر عزیزم فرهاد

سپاسگزاری

با سپاس بی کران از خداوند منان که فرصتی به من داد که این پایانامه را به پایان برسانم. در اینجا از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر محمود خسروی که طی این دو سال و در طول انجام پایانامه مرا همراهی و راهنمایی نمودند سپاس و قدر دانی دارم.

از استاد عزیزم و گرانمایه دانشکده مهندسی شیراز جناب آقای دکتر سید علی اکبر صفوی که در یادگیری و انجام پایانامه صبورانه مرا یاری رساندند بسیار متشکرم و از محبت های پدرانۀ ایشان بسیار سپاسگزارم .

از کلیه اساتید محترم دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان، جناب آقای دکتر طاوسی، دکتر نگارش، دکتر بذرافشان، دکتر نوری، دکتر بریمانی و دکتر فتوحی نهایت تشکر را دارم.

از آقای مهندس حسین حسینی نیکنام که تجارب ارزنده خود را در اختیارم قرار داده اند بسیار ممنون و سپاسگزارم. از سایر دوستانم خانم مهندس فردوسی ، خانم مهندس ریحانه برزگری و خانم مهندس فاطمه سراج الدین و خانم مهندس هانیه شکیبا و همکلاسی هایم آقایان بیرانوند ، درخشی ، آرمش ، ابراهیمی تبار ، بستانی کمال تشکر و سپاس را دارم.

چکیده:

خشکسالی یک رویداد اقلیمی است که خصوصیات آن بستگی به مدت شدت و وسعت منطقه تحت تأثیر و تسلط آن دارد که می تواند کوتاه یا شدید باشد. منشاء آن کمبود بارش می باشد که منجر به کاهش ذخیره ی آبی و زیان اقتصادی می شود. موفقیت در کاهش خشکسالی به چگونگی تعیین خشکسالی بستگی دارد. با توجه به دقت کمتر و خطای بیشتر روش های آماری متداول در این پژوهش برای پیش بینی خشکسالی شهرستان شیراز از شبکه ی عصبی مصنوعی در نرم افزار متلب (MATLAB) به عنوان یک روش کارآمد که نتایج شبیه سازی خشکسالی را بر اساس داده های واقعی بدست می آورد استفاده گردیده است. تاکنون مدل هایی که اثر ترکیبی الگوهای ارتباط از دور و عناصر اقلیمی را بر خشکسالی شیراز بررسی کنند توسعه نیافته است. در این پژوهش با استفاده از این الگوهای ارتباط از دور و برخی از عناصر اقلیمی به عنوان ورودی شبکه ی عصبی و مقادیر شاخص خشکسالی SPI که نمایش کمی خشکسالی می باشد به عنوان خروجی شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردیده است. در ابتدا برای تحلیل ارتباط میان خشکسالی در مقیاس زمانی متفاوت با شاخص های اقلیمی و عناصر اقلیمی از روش همبستگی استفاده گردیده است. همبستگی ها در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد آزمون قرار گرفته و با استفاده از روش رگرسیونی چند متغیره تاثیر این متغیرها تأیید گردید و مناسبترین متغیرها در مقیاس زمانی انتخاب شد. در مرحله بعدی با استفاده از مدل شبکه های عصبی مصنوعی پس انتشار و رادیال بیس و متغیرهای چون شاخص های اقلیمی و عناصر اقلیمی مؤثر اقدام به پیش بینی خشکسالی های منطقه شیراز گردید. پیش بینی ها برای مقیاس زمانی ۱ و ۳ ماهه در حالت پیوسته و برای حالت گسسته، پیش بینی فصلی زمستانه خشکسالی صورت گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده در پیش بینی پیوسته ۱ و ۳ ماهه خشکسالی، شاخص های اقلیمی Nino 1+2, Nino 3, Nino 4, Nino 3/4, SW monsoon و عناصر اقلیمی بیشنه دما، کمینه دما، بیشینه رطوبت نسبی، کمینه رطوبت نسبی و بارش، موجب بهبود نتایج مدل ها گردید. در پیش بینی فصل زمستان از میان شاخص های اقلیمی، شاخص Nao زمستانه و عناصر اقلیمی بارش، بیشینه رطوبت نسبی و بیشینه دما، بهترین نتایج را با کمترین خطا و بیشترین ضریب همبستگی ارائه داده اند.

کلمات کلیدی: شیراز، خشکسالی، پیش بینی، شبکه های عصبی مصنوعی، الگوهای ارتباط از دور، عناصر اقلیمی.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: چارچوب کلی تحقیق
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق
۷	۳-۱- سوالات تحقیق
۷	۴-۱- فرضیات تحقیق
۸	۵-۱- پیشینه پژوهش
۸	۱-۵-۱- پژوهش‌های خارجی
۱۱	۲-۵-۱- پژوهش‌های داخلی
۱۴	۶-۱- اهداف تحقیق
۱۴	۷-۱- روش تحقیق
۱۴	۸-۱- مراحل تحقیق
۱۸	فصل دوم: ویژگی‌های طبیعی منطقه مطالعاتی
۱۷	۱-۲- مقدمه
۱۷	۲-۲- شهرستان شیراز
۱۷	۳-۲- موقعیت جغرافیایی و حدود و وسعت
۱۸	۴-۲- توپوگرافی شیراز
۱۹	۵-۲- موقعیت پستی ها و بلندی ها
۲۱	۶-۲- موقعیت ایستگاه سینوپتیک شیراز
۲۰	۷-۲- ویژگی‌های اقلیمی استان
۲۰	۱-۷-۲- عنصر دما
۲۱	۲-۷-۲- عنصر رطوبت نسبی
۲۲	۸-۲- طبقه بندی اقلیمی (روش دمارتون)

۲۳	.....۹-۲- ویژگی‌های کشاورزی شهرستان شیراز.....
۲۷	..... فصل سوم : مبانی نظری تحقیق
۲۸	.....۱-۳- مقدمه.....
۲۸	.....۲-۳- خشکسالی.....
۲۸	.....۱-۲-۳- تعریف و مفهوم خشکسالی.....
۲۹	.....۲-۲-۳- وجوه تمایز خشکی و خشکسالی.....
۲۹	.....۳-۲-۳- انواع خشکسالی.....
۳۰	.....۴-۲-۳- روشهای مطالعه خشکسالی.....
۳۱	.....۵-۲-۳- شاخص خشکسالی بارندگی استاندارد شده (SPI).....
۳۶	.....۳-۳- مبانی و تعاریف پایه‌ی شاخص‌های اقلیمی.....
۳۸	.....۱-۳-۳- پدیده نوسانات جنوبی (SO) و شاخص نوسانات جنوبی (SOI).....
۳۸	.....۲-۳-۳- پدیده انسو (ENSO).....
۴۰	.....۳-۳-۳- پدیده النینو (EL-Nino) و لانینا (LA-Nino).....
۴۱	.....۴-۳-۳- نوسانات اطلس شمالی (NAO) و شاخص AO.....
۴۲	.....۵-۳-۳- الگوی آرام/آرام‌آمریکای شمالی (PNA).....
۴۳	.....۶-۳-۳- شاخص Nino1+2.....
۴۳	.....۷-۳-۳- شاخص Nino3.....
۴۳	.....۸-۳-۳- شاخص Nino3/4.....
۴۳	.....۹-۳-۳- شاخص Nino4.....
۴۴	.....۱۰-۳-۳- شاخص بارندگی موسمی ناحیه جنوب غربی (SW Monsoon Region rainfall).....
۴۴	.....۱۱-۳-۳- الگوی استخر گرم نیمکره غربی (WHWP).....
۴۵	.....۱۲-۳-۳- دمای سطح دریاها (اقیانوس‌ها) (SST).....
۴۵	.....۱۳-۳-۳- شاخص چند متغیره انسو (MEI).....
۴۵	.....۱۴-۳-۳- الگوی آرام غربی (WP).....
۴۶	.....۱۵-۳-۳- الگوی نوسان آرام شرقی (EPO).....

۴۶	..... (TNA) الگوی حاره‌ای اطلس شمالی
۴۶	..... (TSA) الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس
۴۷	..... (BEST) شاخص سری‌های زمانی انسو دو متغیره
۴۷	..... (AMO) شاخص نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس
۴۷	..... شبکه‌های عصبی مصنوعی
۴۸	..... ۱-۴-۳ تاریخچه شبکه‌های عصبی
۴۹	..... ۲-۴-۳ ساختار نرون
۵۰	..... ۳-۴-۳ مدل نرون مک کی و پیتز
۵۳	..... ۴-۴-۳ ساختار کلی شبکه‌ی عصبی
۵۴	..... ۵-۴-۳ طبقه بندی شبکه‌های عصبی
۵۵	..... ۶-۴-۳ توابع انتقال
۵۵	..... ۱-۶-۴-۳ تابع انتقال (Hard Limi)
۵۶	..... ۲-۶-۴-۳ تابع انتقال خطی (Purelin)
۵۶	..... ۳-۶-۴-۳ تابع انتقال (Log Sigmoid)
۵۷	..... ۷-۴-۳ انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی
۵۷	..... ۱-۷-۴-۳ شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه
۵۸	..... ۱-۱-۷-۴-۳ قاعده یادگیری پرسپترون چند لایه
۶۲	..... ۲-۱-۷-۴-۳ الگوریتم پس انتشار (BP)
۶۴	..... ۳-۱-۷-۴-۳ روش‌های آموزشی سریعتر
۶۴	..... ۴-۱-۷-۴-۳ معماری شبکه
۶۵	..... ۲-۷-۴-۳ شبکه‌های عصبی تابع شعاع مدار
۶۵	..... ۸-۴-۳ معیارهای ارزیابی عملکرد شبکه در مرحله آموزش و تست
۶۸	..... فصل چهارم : مواد و روشها
۶۹	..... ۱-۴ - مقدمه
۶۹	..... ۲-۴ - تحلیل داده‌های بارش

۷۰	..... ۳-۴-آزمون همگنی داده ها
۷۱	..... ۴-۴- محاسبه شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی مختلف
۷۳	..... ۵-۴- شاخص های اقلیمی
۷۳	..... ۶-۴- عناصر اقلیمی
۷۴	..... ۷-۴- بررسی ارتباط بین شاخص های اقلیمی و برخی عناصر اقلیمی با شاخص خشکسالی SPI
۷۵	..... ۸-۴- رگرسیون چندگانه
۷۸	..... ۹-۴- نرمال سازی داده
۷۹	..... ۱۰-۴- روش شبکه های عصبی مصنوعی جهت پیش بینی خشکسالی
۸۰	..... ۱-۱۰-۴- شبکه های پس انتشار (BP)
۸۱	..... ۲-۱۰-۴- شبکه ی Radial Basis
۸۲	..... فصل پنجم : بحث و تحلیل مدل ها
۸۳	..... ۱-۵- مقدمه
	..... ۲-۵- محاسبه همبستگی بین شاخص های اقلیمی و عناصر اقلیمی با شاخص خشکسالی SPI در مقیاس
۸۳	..... زمانی ۱ ماهه
	..... ۳-۵- محاسبه همبستگی بین شاخص های اقلیمی و عناصر اقلیمی با شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۳
۸۵	..... ماهه
	..... ۴-۵- محاسبه همبستگی بین شاخص های اقلیمی و عناصر اقلیمی با شاخص خشکسالی SPI در فصل
۸۷	..... زمستان
	..... ۵-۵- فرایند مدل سازی در پیش بینی پیوسته خشکسالی در مقیاس زمانی ۱ ماهه به کمک شبکه پس
۸۸	..... انتشار
۹۵	..... ۶-۵- فرایند مدل سازی در پیش بینی پیوسته خشکسالی در مقیاس زمانی ۳
۹۹	..... ۷-۵- پیش بینی فصلی خشکسالی (پیش بینی خشکسالی زمستان)
	..... ۸-۵- فرایند مدل سازی در پیش بینی پیوسته خشکسالی در مقیاس زمانی ۱ ماهه به کمک شبکه رادیال

۱۰۲	.....بیس
	۹-۵- فرایند مدل سازی در پیش بینی پیوسته خشکسالی در مقیاس زمانی ۳ ماهه به کمک شبکه ی رادیال
۱۰۵	.....بیس
۱۰۸	.....۱۰-۵- پیش بینی فصلی خشکسالی (پیش بینی خشکسالی زمستانه)
۱۱۱	..... فصل ششم : نتایج و پیشنهادات
۱۱۲	.....۱-۶- جمع بندی نتایج حاصله
۱۱۳	.....۲-۶- آزمون فرضیات
۱۱۴	.....۳-۶- پیشنهادات
۱۱۶	..... منابع و ماخذ

فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
۱۹	جدول ۱-۲. موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک شیراز.....
۲۳	جدول ۲-۲- طبقه بندی اقلیمی دمارتون.....
۲۴	جدول ۳-۲- سطح برداشت و تولید محصولات عمده بخش زراعت شهرستان شیراز و مقایسه آن با استان فارس در سال ۱۳۸۸.....
۲۵	جدول ۴-۲- سطح و تولید محصولات عمده بخش باغبانی شهرستان شیراز و مقایسه آن با استان فارس در سال ۱۳۸۸.....
۲۵	جدول ۵-۲- تولید محصولات عمده دامی شهرستان شیراز سال ۱۳۸۸.....
۳۱	جدول ۱-۳- برخی از شاخصهای خشکسالی.....
۳۴	جدول ۲-۳- طبقه بندی خشکسالی بر اساس مقادیر SPI.....
۳۷	جدول ۳-۳- تقسیم بندی شاخص های اقلیمی مورد استفاده در تحقیق حاضر.....
۵۱	جدول ۴-۳- تابع خالص.....
۵۲	جدول ۵-۳- تابع فعال.....
۶۹	جدول ۱-۴- اطلاعات آماری سری زمانی بارندگی سا لیا نه ایستگاه سینو پتیک.....
۷۰	جدول ۲-۴- نتایج آزمون ران تست نسبت به میانگین.....
۷۳	جدول ۳-۴- شاخص های اقلیمی بکار رفته در پژوهش.....
۷۶	جدول ۴-۴- مؤثرترین عوامل بر خشکسالی ماهانه شیراز.....
۷۶	جدول ۵-۴- مؤثرترین عوامل بر خشکسالی Jan.Feb.Mar (فصل زمستان) شیراز.....
۸۳	جدول ۱-۵- ضرایب همبستگی (پیرسون) ماهانه شاخص خشکسالی spi و برخی از عناصر اقلیمی و شاخص اقلیمی در دوره ی آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۷ در شیراز.....
۸۵	جدول ۲-۵- ضرایب همبستگی (پیرسون) ۳ ماهه شاخص خشکسالی spi و برخی از عناصر اقلیمی و شاخص اقلیمی در دوره ی آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۷ در شیراز.....
	جدول ۳-۵- ضرایب همبستگی (پیرسون) زمستانه شاخص خشکسالی spi و برخی از عناصر

- ۸۷ اقلیمی و شاخص اقلیمی در دوره ی آماری ۲۰۰۷-۱۹۵۱ در شیراز.
- جدول ۵-۴- مدل های ساخته شده برای پیش بینی پیوسته خشکسالی ماهانه پارامتر خروجی در
- ۸۹ تمام مدل ها عبارتست از $SPI(1)$.
- جدول ۵-۵- نتایج پیش بینی پیوسته خشکسالی در مقیاس ۱ ماهه در شبکه ی عصبی Feed
- ۹۱ Forwar
- جدول ۵-۶- مدل های ساخته شده برای پیش بینی پیوسته خشکسالی ۳ ماهانه. پارامتر خروجی در
- ۹۶ تمام مدل ها عبارتست از $SPI(3)$.
- ۹۶ جدول ۵-۷- نتایج مدل های ساخته شده پیش بینی شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۳ ماهه.....
- ۹۹ جدول ۵-۸- مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی زمستان.....
- ۱۰۰ جدول ۵-۹- نتایج مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی زمستان.....
- جدول ۵-۱۰- مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ماهانه به کمک شبکه عصبی رادیال
- ۱۰۳ بیس.
- جدول ۵-۱۱- نتایج مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ماهانه به کمک شبکه عصبی
- ۱۰۴ رادیال بیس شبکه عصبی رادیال بیس.....
- جدول ۵-۱۲- مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ۳ ماهه به کمک شبکه عصبی رادیال
- ۱۰۵ بیس.....
- جدول ۵-۱۳- نتایج مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ۳ ماهه به کمک شبکه عصبی
- ۱۰۶ رادیال بیس.....
- جدول ۵-۱۴- مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ۳ ماهه به کمک شبکه عصبی رادیال
- ۱۰۸ بیس.....
- جدول ۵-۱۵- نتایج مدل های ساخته شده پیش بینی خشکسالی ۳ ماهه به کمک شبکه عصبی
- ۱۰۸ رادیال بیس.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان شکل
۴	شکل ۱-۱- نمودار سری زمانی شاخص استاندارد بارش.....
۵	شکل ۲-۱- نقشه خشکسالی در سال آبی ۸۶-۸۷.....
۱۸	شکل ۱-۲- موقعیت جغرافیایی شهرستان شیراز در استان فارس.....
۲۰	شکل ۲-۲- موقعیت ایستگاه سینوپتیک شیراز.....
۲۱	شکل ۳-۲- نمودار تغییرات سالانه دمای ایستگاه شیراز.....
۲۱	شکل ۴-۲- نمودار تغییرات دمای ماهانه ایستگاه شیراز در دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۵۱).....
۲۲	شکل ۵-۲- نمودار تغییرات سالانه رطوبت نسبی ایستگاه شیراز.....
۲۲	شکل ۶-۲- نمودار تغییرات رطوبت نسبی ماهانه ایستگاه شیراز در دوره آماری (۲۰۰۷-۱۹۵۱).....
۴۱	شکل ۱-۳- فازهای مختلف الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی-اقیانوسی انسو.....
۴۲	شکل ۲-۳- نوسانات اطلس شمالی.....
۴۳	شکل ۳-۳- مناطق مختلف اندازه گیری شاخص های دمای سطح آب اقیانوس آرام.....
۴۹	شکل ۴-۳- ساختار سلول عصبی انسان.....
۵۰	شکل ۵-۳- مدل نرون تک ورودی.....
۵۱	شکل ۶-۳- مدل نرون مک کی و پیتز.....
۵۴	شکل ۷-۳- ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی.....
۵۴	شکل ۸-۳- مدل ساده شبکه پیشخور با دو لایه میانی.....
۶۰	شکل ۹-۳- شبکه پسخور.....
۶۰	شکل ۱۰-۳- تابع انتقال Hard Limi.....
۵۶	شکل ۱۱-۳- تابع انتقال خطی.....
۵۶	شکل ۱۲-۳- تابع انتقال سیگموئید.....
۵۸	شکل ۱۳-۳- شبکه پرسپترون سه لایه.....
۶۰	شکل ۱۴-۳- یادگیری با ناظر.....

- شکل ۳-۱۵- یادگیری بدون ناظر..... ۶۰
- شکل ۳-۱۶- شبکه عصبی در حال یادگیری (Training Mode) ۶۱
- شکل ۳-۱۷- شبکه پس انتشار دو لایه با توابع tansig و purelin..... ۶۳
- شکل ۳-۱۸- شبکه رادیال بیس..... ۶۴
- شکل ۳-۱۹- شبکه Radial Basis..... ۶۵
- شکل ۴-۱- نمودار بارندگی سالیانه بر حسب میلیمتر در ایستگاه سینوپتیک شیراز (۱۹۵۱-۲۰۰۷)..... ۷۰
- شکل ۴-۲- نمودار سری زمانی شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی ۱ ماهه..... ۷۱
- شکل ۴-۳- نمودار سری زمانی شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی ۳ ماهه..... ۷۲
- شکل ۴-۴- نمودار سری زمانی شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی گسسته فصل زمستان..... ۷۲
- شکل ۵-۱- نمودار ضرایب همبستگی متقابل (Cross Correlations) بین شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۱ ماهه و عناصر اقلیمی همراه با تأخیر زمانی. ۸۴
- شکل ۵-۲- نمودار ضرایب همبستگی متقابل (Cross Correlations) بین شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۱ ماهه و شاخص های اقلیمی همراه با تأخیر زمانی. ۸۴
- شکل ۵-۳- نمودار ضرایب همبستگی متقابل (Cross Correlations) بین شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۳ ماهه و عناصر اقلیمی همراه با تأخیر زمانی. ۸۶
- شکل ۵-۴- نمودار ضرایب همبستگی متقابل (Cross Correlations) بین شاخص خشکسالی SPI در مقیاس ۳ ماهه و شاخص های اقلیمی همراه با تأخیر زمانی. ۸۶
- شکل ۵-۵- نمودار ضرایب همبستگی متقابل (Cross Correlations) بین شاخص خشکسالی SPI زمستانه و عناصر اقلیمی زمستانه همراه با تأخیر زمانی..... ۸۷
- شکل ۵-۶- ضرایب همبستگی مدل ANN9 در مرحله آموزش و تست..... ۹۳
- شکل ۵-۷- مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI در مدل ANN6 با پارامترهای ورودی: بیشینه دما، شاخص اقلیمی nina1، بارش، شاخص اقلیمی SW monsoon..... ۹۳
- شکل ۵-۸- مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI در مدل ANN7 با پارامترهای ورودی: بیشینه دما، شاخص اقلیمی

- ۹۴ nina1، بارش، شاخص اقلیمی SW monsoon، بیشینه رطوبت نسبی.....
- شکل ۵-۹ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI در مدل ANN8 با پارامترهای ورودی: بیشینه دما، شاخص اقلیمی nina1، بارش، شاخص اقلیمی SW monsoon، بیشینه رطوبت نسبی، شاخص اقلیمی nina3.....
- ۹۴ nina1، بارش، شاخص اقلیمی SW monsoon، بیشینه رطوبت نسبی، شاخص اقلیمی nina3 و شاخص اقلیمی nina4.....
- ۹۵ nina4 اقلیمی.....
- ۹۷ شکل ۵-۱۱ - ضرایب همبستگی مدل ANN3 در مرحله آموزش و تست.....
- شکل ۵-۱۲ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI ۳ ماهه در مدل ANN3 با پارامترهای ورودی: بارش، کمینه دما، بیشینه دما.....
- ۹۸ شکل ۵-۱۳ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI ۳ ماهه در مدل ANN4 با پارامترهای ورودی: بارش، کمینه دما، بیشینه دما، شاخص اقلیمی Nina4.....
- ۹۸ شکل ۵-۱۴ - ضرایب همبستگی مدل ANN4 در مرحله آموزش و تست.....
- ۱۰۰ شکل ۵-۱۵ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI زمستانه در مدل ANN4 با پارامترهای ورودی: بارش، بیشینه رطوبت نسبی، شاخص اقلیمی Nao، بیشینه دما.....
- ۱۰۱ شکل ۵-۱۶ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI زمستانه در مدل ANN3 با پارامترهای ورودی: بارش، بیشینه رطوبت نسبی، شاخص اقلیمی Nao.....
- ۱۰۱ شکل ۵-۱۷ - ضرایب همبستگی مدل ANN5 در مرحله آموزش و تست.....
- ۱۰۴ شکل ۵-۱۸ - مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI ماهانه در مدل ANN5 با پارامترهای ورودی: بیشینه دما، شاخص

- ۱۰۵ اقلیمی Nino 1+2، بارش، شاخص اقلیمی Swmonsoon، بیشینه رطوبت نسبی، شاخص اقلیمی Nino 3
- ۱۰۷ شکل ۵-۱۹- ضرایب همبستگی مدل ANN5 در مرحله آموزش و تست.....
- شکل ۵-۲۰- مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI ماهانه در مدل ANN ۱ با پارامترهای ورودی: بارش، کمینه دما، بیشینه دما.....
- ۱۰۷
- ۱۰۹ شکل ۵-۲۱- ضرایب همبستگی مدل ANN3 در مرحله آموزش و تست.....
- شکل ۵-۲۲- مقایسه نتایج پیش بینی شده (forecasted) خطوط قرمز رنگ و مشاهده ای (Observed) خطوط آبی رنگ شاخص خشکسالی SPI زمستانه در مدل ANN ۳ با پارامترهای ورودی: بارش زمستانه، بیشینه رطوبت نسبی زمستانه، شاخص اقلیمی Nao.....
- ۱۱۰

فهرست علائم

نشانه	علامت
شاخص مد جنوبی اقیانوس اطلس	AMM
شاخص نوسان چند دهه‌ای اقیانوس اطلس	AMO
شبکه‌های عصبی - مصنوعی	ANN
شاخص سری‌های زمانی انسو دو متغیره	BEST
پدیده النینو - نوسانات جنوبی	ENSO
الگوی نوسان آرام شرقی	EPO
ژانویه - فوریه - مارس	JAS
میانگین قدر مطلق خطا	MAE
شاخص چند متغیره انسو	MEI
نوسانات اطلس شمالی	NAO
مرکز ملی کاهش اثرات خشکسالی	NDMC
شاخص دمای سطح اقیانوس آرام	Nino
اداره ملی اقیانوس و اتمسفر ایالات متحده امریکا	NOAA
الگوی آرام/ آمریکای شمالی	PNA
شاخص شبه دو سالانه	QBO
ریشه میانگین مربعات خطا	RMSE
شاخص نوسانات جنوبی	SOI
شاخص خشکسالی بارندگی استاندارد شده	SPI
فشار سطح دریاها	SSP
دمای سطح دریاها	SST
شاخص بارندگی موسمی ناحیه جنوب غربی	SW Monsoon

الگوهای ارتباط از دور	TEL
الگوی حاره‌ای اطلس شمالی	TNA
شاخص ترنس- نینو	TNI
الگوی حاره‌ای جنوب اقیانوس اطلس	TSA
الگوی استخر گرم نیمکره غربی	WHWP
الگوی آرام غربی	WP

فصل اول

چارچوب کلی تحقیق