دانشکده علوم انسانی

گروه جغرافیا

پایان نامه: دوره کارشناسی ارشد

در رشته کاربرد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی

عنوان:

تحلیل و پیش‌بینی روزهای خشک ایران زمین با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

استاد راهنما:

دکتر حسین عساکره

استاد مشاور:

دکتر سعید فضلی

دانشجو:

فریبا صیادی

شهریور ۱۳۹۱

چکیده

بسیاری از پدیده‌های طبیعی- اقلیمی نظیر بارش از تغییرپذیری بالایی برخوردارند. این ویژگی در رخداد حالات مختلف بارش به خوبی نمایان است. یکی از این حالات، عدم رخداد بارش در امتداد زمان و طی روزهای سال است، که تداوم آن موجب بروز روزهای خشک و به دنبال آن پدیده خشکسالی می‌شود. در این پژوهش سعی شده است با نشان دادن تصویر کلی از مشخصات عمومی بارش در پهنه ایران، به پیش‌بینی روزهای خشک پرداخته شود. در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های روزانه بارش کشور در طول دورهٔ آماری (۲۰۰۸-۱۹۶۱) با به کارگیری الگو زنجیره مارکوف به تعیین الگوی احتمالاتی روزهای خشک پرداخته شود. سپس به منظور انجام عملیات پهنه‌بندی و افراز نواحی مشابه و نیز پرهیز از انجام تحلیل بر روی تک تک ایستگاه‌ها، با استفاده از تحلیل خوشه‌ی، محاسبه فاصله اقلیدسی و روش ادغام وارد مناطق همگن به لحاظ روزهای پیش‌بینی شده با مدل مارکوف تشخیص داده شد. در نهایت ۷ گروه برای پهنه ایران به دست آمده و نماینده هر یک از گروه‌ها انتخاب گردید. سپس به منظور تعیین زمان تاخیرهای لازم برای برازش الگوی شبکه عصبی و با به کارگیری تکنیک تحلیل طیفی برای نماینده هر یک از گروه‌ها، چرخه‌های معنادار برآورد گردید. در نهایت، با استفاده از طول دوره آماری (۲۰۰۸-۱۹۷۶) و نیز بر اساس آزمون و خطای تاخیرهای مورد نظر در نرم افزار Matlab و شاخه Neural Network به پیش‌بینی روزهای خشک پرداخته شد. شبکه مورد استفاده در این پژوهش، شبکه چند لایه پس انتشار Feed-Forwad با الگوریتم مارکوارت- لونبرگ و تابع انتقال خطی در لایه خروجی و تانژانت سیگموئید در لایه میانی می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که در بیش‌تر ایستگاه‌های مورد بررسی شبکه عملکرد بالایی داشته و توانسته پیش‌بینی نزدیک به واقعیت داشته باشد. اما در ایستگاه رشت پاسخ مطلوبی برای وقوع روزهای خشک نداده است. نتایج مقایسه پیش‌بینی روزهای خشک حاصل از زنجیره مارکوف و شبکه عصبی نشان داد که دو مدل صلاحیت بالایی در برآورد روزهای خشک ایران زمین دارند.

کلمات کلیدی: تحلیل روزهای خشک، زنجیره مارکوف، شبکه عصبی مصنوعی، پهنه ایران زمین

۱-۱ تعریف مساله :

از آن جا که دستگاه اقلیم حاصل اندرکنش عناصر، عوامل و اجزاء مختلف اقلیمی است، بنابراین تغییر در هر یک از این عناصر، عوامل و اجزاء باعث شکل‌گیری رفتارهای مختلف در این سامانه می‌شود. امروزه از موضوع تغییر اقلیم و اثرات ناشی از آن به عنوان یکی از مسائل مهم جهانی یاد می‌شود که اذهان بسیاری از اندیشمندان را به خود معطوف داشته است. تغییرات معنادار دمای کره‌ی زمین و به دنبال آن گرمایش جهانی یکی از نمودهای واقعی تغییر اقلیم در چند دهه اخیر بوده است. بسیاری از معظلات محیطی و اقتصادی ما از جمله خشکسالی، سیل و ... ریشه در تغییر اقلیم دارد. از جمله این تغییرات، بارش و به تبع آن تاثیرهای مختلف آن در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی و ..... در سطح جوامع می‌باشد. بنابراین یکی از نمودهای این وضعیت پدیده خشکسالی است به گونه‌ای که کاهش یا افزایش در هر یک از عناصر، عوامل و اجزاء اقلیمی باعث رخداد این پدیده می‌شود (علیزاده و همکاران ،۱۳۸۷). روزهای خشک و به دنبال آن خشکسالی وضعیتی از کمبود بارش و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی می‌تواند رخ دهد. کشور ایران به دلیل قرارگیری در کمربند خشک و مجاورت با پرفشار جنب حاره دارای اقلیم گرم و خشک می‌باشد که آئین‌های باران خواهی هفت هزار ساله خود موید این نکته می‌باشد. به دلیل اهمیت خشکسالی و به تبع آن تاثیر متنوعی که می‌تواند بر روی جوامع بشری داشته باشد در چند دهه اخیر مطالعاتی در زمینه تحلیل و پیش‌بینی روزهای خشک صورت گرفته است. از آن‌جا که این پدیده یک فرایند احتمالاتی- تصادفی است، علاوه بر روش‌های رگرسیون چند متغیره و زمین آمار که تقریباً روش‌های قدیمی به حساب می‌آیند. امروزه در بیش‌تر مطالعات از سیستم‌های فازی و شبکه عصبی مصنوعی(ANN)[1] برای پیش‌بینی سیکل‌های خشکسالی، ترسالی، سیلاب و... استفاده می‌شود، که شاید دلیل آن را در سرعت بالا و قدرت نفوذ در پیش‌بینی و شبیه‌سازی پروسه‌هایی دانست که بشر درک درستی از آن‌ها نداشته است، هم‌چنین این شبکه قادر است قوانین حاکم بر داده‌ها را استخراج کرده و نیازی به توضیح این فرایندها به صورت ریاضی نیست (خوشحال دستجردی و حسینی،۱۳۸۹). بنابراین

1- Artificial Neural NetWork

به منظور دست‌یابی به شناخت بیش‌تر پدیده خشکسالی و سیکل آن در پژوهش حاضر سعی بر آن است به سوالات زیر پاسخ داده شود:

۱- آیا روزهای خشک ایران زمین دارای رفتار احتمالاتی خاصی است؟

۲- آیا مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روزهای خشک کشور روش مناسبی به حساب می‌آید؟

۱-۲ فرضیات پژوهش :

درپژوهش حاضر دو فرضیه مطرح شده است که عبارتند از:

۱- روزهای خشک در تمام کشور از یک فرایند مارکوف مرتبه یک تبعیت می‌کنند.

۲- شبکه عصبی مصنوعی مدل مناسبی برای پیش‌بینی روزهای خشک به شمار می‌رود.

۱-۳ اهداف پژوهش :

۱- تعیین روند روزهای خشک در تمام مناطق کشور

۲- شناسایی عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی روزهای خشک

۳- شناسایی بهترین مدل برازنده شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی روزهای خشک در ایران

۱-۴ پیشینه پژوهش :

به علت اهمیت بارش، و به دنبال آن پدیده خشکسالی مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران صورت گرفته است. در پژوهش حاضر به دلیل به کارگیری مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روزهای خشک سعی شده،کارهایی که در این زمینه در دو سطح خارجی و داخلی انجام گرفته ارائه شود تا مبنایی برای کارهای بعدی باشد. در سطح جهان مطالعات زیادی به ویژه از دهه۱۹۹۰ صورت گرفته است، به

منظور رعایت ایجاز در دنباله‌ای این بخش به مطالعاتی که در این بازه زمانی صورت گرفته خواهیم پرداخت.

کریسپو و مورا[۲] (۱۹۹۳) با بررسی داده‌های بارش در حوضه یک رودخانه به مساحت ۳۶۵ کیلومتر و دوره زمانی ۱۱ ساله به این نتیجه رسیدند که با انتخاب ورودی مناسب می‌توان به وسیله مدل‌های شبکه عصبی، خشکسالی‌ها را پیش‌بینی کرد. جین لونگ[۳]و همکاران (۱۹۹۷) به مقایسه پیش‌بینی بلندمدت بارش ماه‌های ژوئن تا آگوست در دره چانگ جیانگ- هوآیهه[۴]با مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیون پرداخته است و نتایج بررسی نشان داد که شبکه عصبی می‌تواند برای پیش‌بینی سیل و خشکسالی روش مفیدی باشد. بودری و سرماک[۵](۲۰۰۰) با استفاده ازشبکه عصبی در دو ایستگاه مراویا[۶] طی دوره آماری ۳۸ ساله به پیش‌بینی بارش‌های فرین تابستانه پرداختند و نشان دادند که مدل‌های ای.ان ان[۷] دارای توانایی بالایی در پیش‌بینی بارش در این مناطق هستند.

بودری و سرمک (۲۰۰۱) با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ۶ ایستگاه هواشناسی چکسلواکی و ۴ ایستگاه مجارستان طی دوره آماری (۱۹۹۸-۱۹۶۱) به پیش‌بینی بارش ماهانه در آینده پرداختند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که شبکه عصبی در مرحله آموزش و یادگیری با استفاده از داده‌های واقعی پیش‌بینی نزدیک به واقعیت داشته است.

میچائلیدس[۸]و همکاران (۲۰۰۱) با استفاده از داده‌های بارش ایستگاه کلیماتولوژی قبرس طی دوره آماری ۱۹۹۵-۱۹۱۷ و روش تحلیل خوشه‌ای به طبقه‌بندی بارش پرداختند و سپس به طور آزمایشی نتایج حاصل از تحلیل را به دو صورت به عنوان ورودی به شبکه عصبی داده که در مرحله اول ورودی شبکه را یک سال (۱۲ماه) و در مرحله دوم دو سال (۲۴ماه) در نظرگرفتند سپس در مرحله بعد از

1- Crespo and Mora
2- Jin Long
3- Changjiang-Huaihe
4- Bodri and Sermak
5- Moravia
6- ANN
7-Michaelides

یادگیری خود سازمان‌دهنده کوهنن و چند الگوریتم انتخابی استفاده کردند و در نهایت نتایج بررسی نشان داد که شبکه عصبی در مقایسه به تحلیل خوشه‌ای طبقه بندی واقع بینانه‌تری از بارش را به دست می‌دهد.

جان چنگ[۹] و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از مدل RTRL[۱۰] (یادگیری پس انتشار زمان واقعی) و داده‌های رواناب بارش در رودخانه دا-چیا[۱۱] تایوان به مطالعه زمان واقعی جریان پیش‌بینی سری‌های زمانی پرداختند. وانگ[۱۲] و همکاران (۲۰۰۳) از داده‌های بارش ماهانه ۶۲۹ ایستگاه طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۰ استفاده کرده و با استفاده از شاخص z خشکی و رطوبت را در ۷ دسته طبقه بندی کرده و به این نتیجه رسیدند که همه خشکسالی‌های اتفاق افتاده در مناطق مختلف چین شمالی در فصل‌های مختلف دارای روندهای متفاوتی بوده اند.

چونهوی و ژی فنگ[۱۳] (۲۰۰۴) به بررسی عوامل محرک در تغییرات بارش درحوضه رودخانه زرد (YRB)[۱۴] پرداختند. در این مطالعه ابتدا به منظور محاسبه مقدار و میزان عوامل تاثیرگذار بر رواناب طبیعی در حوضه رودخانه زرد از روش تحلیلی استفاده و در نهایت با شناسایی این عوامل از طریق مدل پس‌انتشار خطا در شبکه عصبی مصنوعی نشان دادند که فعالیت‌های انسانی نقش مهمی در کاهش رواناب طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۸۰ در حوضه مذکور داشته است.کیم[۱۵] (۲۰۰۴) به تجزیه و تحلیل هیدرولوژیکی در کره جنوبی با استفاده از مدل شبکه عصبی و پردازش تصادفی پرداخت و شبکه را با ساختار مناسب در سه لایه ورودی، پنهان و خروجی که شامل۲-۸-۸ گره طراحی کرد که ورودی به

1- John Cheng
2- Real-Time Recurrent Learning
3- Da-Chia
4- Wang
5- Chunhui & Zhifeng
6- Yellow River Basin
7- Kim

شبکه را جریان رودخانه، بارش، تبخیر و درجه حرارت ماهانه انتخاب و به این نتیجه رسید که با شبکه عصبی می‌توان مدیریت بهتری در ذخیره مخازن آندونگ و ایمها[16] در کره جنوبی داشت.

راجورکار[17] و همکاران (۲۰۰۴) به مدل‌سازی رابطه بارش و رواناب با استفاده از شبکه عصبی برای۵ ایستگاه در حوضه هند پرداختند و نتایج آن‌ها نشان دادکه ای.ان.ای روش مناسبی برای مدل‌سازی داده‌های این حوضه و مکان‌های دیگر جغرافیایی به شمار می‌رود و ایشان به یک رابطه ساده خطی بین رواناب و بارش در حوضه مذکور رسیدند.کیسی[18] (۲۰۰۴) به پیش‌بینی و مدل‌سازی جریان رودخانه (ایستگاه ترکیه) پرداخته است و در نهایت به مقایسه نتایج روش‌های اتورگرسیو (AR)[19] با شبکه عصبی پرداختند و نتایج به دست آمده نشان داد که مدل اتورگرسیو دارای عملکرد مشابهی برای داده‌های ایستگاه مذکور در مقایسه با مدل ای.ان.ای دارد. پیترژانگ و مین‌کی[20] (۲۰۰۵) به بررسی عملکرد شبکه عصبی در پیش‌بینی روند سری‌های زمانی و فصلی پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که عملکرد شبکه در پردازش داده‌های غیرفصلی و بدون روند مطلوب بوده و در ادامه نتایج به‌دست آمده را با نتایج مدل باکس جنکینز، اتورگرسیو و میانگین متحرک مقایسه و نشان دادند که حتی شبکه عصبی با استفاده از داده‌های خام، بدون روند و غیرفصلی می‌تواند با کمینه خطا پیش‌بینی نزدیک به واقعیت داشته باشد.

ترافالیس[21] و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی یادگیری شبکه‌ها در برآورد رواناب با استفاده از داده‌های بارش ایستگاه اوکلاهما[22] پرداختند. برای برآورد رواناب از مدل‌های‌شبکه عصبی مصنوعی LS-SVR[23] ، RR[24] , LR[25] به کارگرفته شده است و نتایج نشان داد که LS-SVR سازماندهی بهتر و سپس شبکه‌های عصبی

1- Andong and Imha
2- Rajurkar
3- Kisi
4- Autoregressive
5- Peter Zhang and Min Qi
6- Trafalis
7- Oklahoma
8- Least-Squares Support Vector Regression
9- Rain Rate
10- Linear Regression

مصنوعی، رگرسیون خطی و فرموله کردن میزان بارش در برآورد رواناب داشته‌اند. سنتیل کومار[۲۶] و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعات خود به بررسی عملکرد مدل های MLP[۲۷] و RBF[۲۸] در رواناب بارش دو حوضه رودخانه هند پرداختند که نتایج بررسی نشان داد که هر یک از این مدل‌ها دارای مزایا و محدودیت‌هایی می‌باشند که برای نمونه مدلMLP نیاز به روش‌های طولانی آزمون و خطا برای ایجاد تعداد متغیر از نورون‌های پنهان دارد و از سوی دیگر می توان ساختار شبکه RBF با استفاده از یک‌سری الگوریتم آموزشی مناسب اثبات کرد.

افی موف و پوسوشکوف[۲۹] (۲۰۰۶) به پیش‌بینی بارش در دریای سیاه با استفاده از مدل شبکه عصبی در ماه‌های زمستان پرداختند که یافته‌های آن از بهره وری بالای روش ای.ان.ای نسبت به روش بازکاوی برای شبیه سازی بارش حکایت می‌کند. سریکالرا و تان پراسرت[۳۰] (۲۰۰۶) با به کار بردن داده‌های بارش در حوضه رودخانه چوپرایا[۳۱] طی دوره آماری(۲۰۰۵-۲۰۰۲) به پیش‌بینی رواناب با استفاده از شبکه عصبی پرداختند که نتایج بررسی آن‌ها با انتخاب ۶۰ درصد داده‌ها در مرحله آموزش و ۲۰ درصد در مرحله اعتبارسنجی و یادگیری نشان دادند که میانگین درستی در مرحله آموزش و تست‌سنجی به ترتیب ۹۷/۴۲ درصد و ۹۵/۴۴ درصد می باشد و در نهایت نشان دادند که پیش‌بینی بارش به وسیله شبکه نتایج نزدیک به واقعیت داشته است. کیم[۳۲] (۲۰۰۶) به پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از داده‌های بارش۴ ایستگاه در ایالت متحده با مدل پس انتشار شبکه عصبی مصنوعی پرداخت و نشان داد که در مرحله یادگیری شبکه همبستگی بالایی بین داده‌های مشاهده شده وجود داشته و در نهایت به اندازه‌گیری خطاهای مشاهده شده در ایستگاه‌های مذکور پرداخت. میشرا و دیزای[۳۳] (۲۰۰۶) با محاسبه

1- Kumar
2- Multi-Layer Perceptron
3- Radial Basis Function
4- Efimov and Pososhkov
5- Srikalra and Tanprasert
6- Chao Phraya
7- Kim
8- Mishra and Desai

شاخص(SPI)[۳۴]و بکار بردن مدل‌های (ARIMA/SARIMA[۳۵]،RMSNN[۳۶]،DMSNN[۳۷]) در پیش‌بینی خشکسالی‌های حوضه کانسابتی[۳۸]در ناحیه پورولیا در غرب بنگلادش و هند به این نتیجه دست یافتند که مدل‌های بکار گرفته پتانسیل زیادی در پیش‌بینی خشکسالی‌ها در زمان‌های مختلف دارند. بوستامی[۳۹]و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی بارش و سطح آب رودخانه بدآپ[۴۰]در ایالت ساراواک[۴۱]مالزی پرداختند و نتایج مطالعات نشان داد که مدل ای.ان.ای با دقت۹۶/۴ درصد از داده‌های گمشده بارش در حوضه بدآپ تخمین درستی برای پیش‌بینی سطح آب داشته که ارزش آن ۸۵/۳ درصد که در مقایسه با پیش‌بینی سطح آب با داده‌های گمشده بارش حدود۷۱ درصد است بنابراین روشن کردند که ای.ان.ان در پیش‌بینی بارش از دست رفته و داده‌های سطح آب برای هیدرولوژی در سطح جهان ضروری است.

چادوپادیای[۴۲](۲۰۰۷) با استفاده از مدل ای.ان.ای و ساختار سه لایه ورودی (بارش ماهانه، شاخص بارش استوایی و ناهنجاری‌های دمای سطح دریا) و تابع سیگموئید[۴۳]غیرخطی با طول دوره آماری۱۹۹۵ - ۱۹۵۰به پیش‌بینی میانگین بارش تابستانه درهند پرداختند و نتایج بررسی نشان داد که پیش‌بینی صورت گرفته با مدل ای.ان.ان ماندگاری بیش‌تری نسبت به پیش‌بینی با مدل رگرسیون خطی چندگانه دارد. آکسوی و داهامشه[۴۴](۲۰۰۸) به پیش‌بینی بارش ماهانه در سه ایستگاه صفوی،[۴۵]باکورا،[۴۶]آمان[۴۷]با

---

1 - Standardized Precipitation Index

2- Autoregressive Integrated Moving Average
3- Recursive Multi-step Neural Network
4- Direct Multi-step Neural Network
5- Kansabati
6- Bustami
7- Bedup
8- Sarawak
9- Chattopadhyay
10- Sigmoeid Function
11- Aksoy and Dahamsheh
12- Safawi
13- Baqura
14- Amman

استفاده از روش‌هایFFBP[۴۸]،RBF[۴۹] پرداخت و نتایج نشان داد که کالیبراسیون FFBP بهترین عملکرد را در پیش‌بینی بارش با توجه به ضریب تعیین، میانگین مربعات خطا، میانگین خطای مطلق و شیب و عرض از مبدا دارد و شبکه بهترین عملکرد را در مرحله اعتبارسنجی در ایستگاه‌های باکورا و آمان داشته ولی در ایستگاه صفوی به عنوان خشک‌ترین ایستگاه عملکرد خوبی نداشته است. در نهایت نشان دادند که مدل‌های RBF, MLR دارای عملکرد خوبی بوده‌اند.

اوچوا ریورا[۵۰](۲۰۰۸) با به‌کاربردن شبکه پرسپترون چندلایه[۵۱] با الگوریتم پس انتشار[۵۲]برای جریانات ماهانه یک حوضه جغرافیایی به این نتیجه رسید که با کالیبراسیون این مدل(شبکه عصبی) می توان سیکل خشکسالی‌ها را برای آینده پیش‌بینی کرد.گاو[۵۳]و همکاران (۲۰۱۰) به پیش‌بینی جریان رودخانه در حوضه هوایهه[۵۴]طی سال‌های (۲۱۰۰-۲۰۱۰) با استفاده از شبکه عصبی تحت سه مرحله (B_1, A_1B, $SRES\text{-}A_2$) پرداختند. نتیجه مطالعات آن‌ها نشان داد که نتایج پیش‌بینی در مرحله $SRES\text{-}A_2$ با ضریب همبستگی بالا بین داده‌های مشاهده شده و جریان رودخانه بهتر از مرحله دیگر بوده است. جیونگ[۵۵]و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی و مقایسه سه مدل خطی، یک مدل غیرخطی ، رگرسیون چندلایه (MLR)[۵۶]و شبکه عصبی در ۵ ایالت کانادا با داده‌های حداکثر و حداقل دما و بارش روزانه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدلMLR ماهانه، ای.ان.ان ماهانه و سالانه و MLR سالانه حاصل شده بهترین عملکرد برای دمای حداکثر و حداقل و بارش اتفاق افتاده دارند هم‌چنین MLR ماهانه برای توابع انتقال در دمای حداکثر و MLR سالانه برای دمای حداقل و بارش اتفاق افتاده بهترعمل کرده و در نهایت مدل رگرسیون را به علت متاثر نبودن داده‌های مورد استفاده از داده‌های پرت توصیه نکرده ولی مدل ای.ان.ان

1- Feed- forward back propagation
2- Radial Basis Function
3- Ochoa-Rivera
4- Multi-Layer Perceptron
5- Back-Propagation
6- Gao
7- Huaihe
8- Jeong
9- Multi-Layer Regression

را برای دمای حداقل پیشنهاد کردند. اسپینوزا[۵۷] و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی الگوهای گردشی بزرگ مقیاس و ارتباط آن با بارش حوضه آمازون طی دوره آماری(۲۰۰۲-۱۹۷۵) با رویکرد شبکه عصبی مصنوعی پرداختند که این الگوهای گردشی در حوضه آمازون برای بادهای دوره ERA-40 روزانه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال محاسبه و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی(نقشه‌های خود سازمان‌دهنده) و طبقه بندی سلسله مراتبی، به بررسی این الگوها پرداختندکه نتایج هریک از الگوهای گردشی نشان داد که ارتباط منسجمی بین حرکت الگوهای بارشی منطقه وفعالیت‌های همرفتی وجود دارد. این ارتباط بین بخش‌های رو به شمال و جنوب حوضه آمازون بیش‌تر نمود داشته است. شناسایی این الگوهای گردشی (Cps) می‌تواند در درک تنوع بارش منطقه‌ای و در زمینه هیدرولوژی حوضه آمازون به محققان کمک کند.

در سطح کشور نیز تحقیقاتی در زمینه کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در زمینه های اقلیمی و هیدرولوژی از اواخر دهه ۲۰۰۰ صورت گرفته که در زیر به اختصار اشاره شده است.

علیجانی و قویدل رحیمی(۱۳۸۴) به مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی طی دوره آماری (۲۰۰۳-۱۹۵۱) پرداختند و نتایج به‌دست آمده نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های دیگر، پیش بینی نزدیک به واقعیت داشته است. رستم افشار و همکاران (۱۳۸۵) به شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان رودخانه‌ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل طیفی پرداختند. برای پیش‌بینی جریان یک سال در نظرگرفته که نتایج نشان داد با انتخاب متغیر ورودی مناسب به شبکه پیش‌بینی مطلوب حاصل شده است. خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۶) با استفاده از داده‌های ناهنجاری‌های دمایی کره زمین و میانگین بارش سالانه ایستگاه تبریز طی دوره آماری(۲۰۰۵-۱۹۵۱) به شبیه‌سازی با

1- Espinoza

شبکه عصبی مصنوعی پرداختند که نتایج بررسی نشان داد روش پرسپترون چند لایه با ۳ لایه مخفی و الگوریتم آموزش پس انتشار قابلیت بالایی در پیش‌بینی دارد.

رضیئی[58] و همکاران (۲۰۰۹) از داده‌های بارش ماهانه با مقیاس زمانی ۱۲ ماه طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۶۶در غرب کشور با استفاده از شاخص (SPI)[59] به این نتیجه رسیدند که طول دوره آماری و مقیاس مکانی مهم‌ترین سیگنال موثر بر بارش نواحی مختلف کشور هستند سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی بارش برای بازه‌های زمانی سه و شش ماه آینده پرداختند و تحلیل نتایج خروجی مدل شبکه عصبی با داده های مشاهده شده نشان داد که طی فاز گرم انسو[60] و فاز منفی ناو[61] شرایط ترسالی و طی فاز سرد انسو و مثبت ناو شرایط خشکسالی در سطح ایران به وقوع می پیوندد.

صداقت کردار و فتاحی (۱۳۸۶) از داده‌های بارش ماهانه (۲۰۰۰-۱۹۶۰) با به‌کاربردن شاخص نوسان جنوبی(SOI), شاخص(NAO)، و پدیدهENSO در مناطقNINO1+2, NINO3, NINO4, NINO3,4 استفاده کردند که برای تعیین مهم‌ترین سیگنال موثر بر بارش نواحی مختلف کشور از روش رگرسیون چند متغیره استفاده کردند، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی بارش برای بازه‌های زمانی سه و شش ماه آینده پرداختند و تحلیل نتایج خروجی مدل شبکه عصبی با داده های مشاهده شده نشان داد که طی فاز گرم ENSO و فاز منفی NAO شرایط ترسالی و طی فاز سرد ENSO و مثبت NAO شرایط خشکسالی در سطح ایران به وقوع می پیوندد.

فلاح قالهری و همکاران(۱۳۸۷) به پیش‌بینی بارش فصلی بر اساس الگوهای سینوپتیکی با استفاده از مدل شبکه عصبی-فازی تطبیقی پرداختند و سپس مدل سیستم فازی-عصبی دوره ۱۹۹۳-۱۹۷۰ آموزش، و پیش‌بینی بارش برای دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۳ صورت گرفت و نتایج نشان داد که سیستم فازی-عصبی با ۷۰ درصد سال‌ها می‌تواند پیش‌بینی قابل قبولی داشته باشد. صدرموسوی و رحیمی(۱۳۸۸) به

1- Raziei
2- Standardized Precipitation Index
3- ENSO
4- NAO

مقایسه نتایج رگرسیون خطی چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی غلظت ازن در شهر تبریز طی ماه‌های آذر و دی سال ۱۳۸۵ پرداختندکه نتایج به دست آمده نشان داد که مدل شبکه عصبی توانایی بیش‌تری نسبت به رگرسیون خطی چندگانه دارد که ضریب همبستگی حاصل از شبکه ۹۱ درصد در حالی‌که ضریب مدل ۴۵ درصد می‌باشد. قلی زاده و دارند(۱۳۸۸) با استفاده از داده‌های بارش ماهانه طی دوره آماری(۲۰۰۳-۱۹۵۱) به پیش‌بینی بارش ماهانه با مدل ای.ان.ان پرداختند و بعد از آموزش نشان دادند که شبکه با دو لایه پنهان و ضریب یادگیری۰/۱ و مومنتم۰/۷ مدل بهتری ارائه می‌دهد و در نهایت ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی را با شبکه۰/۹۱ و ضریب تعیین۰/۸۳ به دست آوردند.

آزادی و سپاس خواه[۶۲](۲۰۱۱) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی بارش سالانه برای مناطق غرب، جنوب‌غرب و جنوب ایران پرداختند. به منظور برآورد میزان بارش سالانه در۱۰ ایستگاه انتخابی، شبکه‌ی با ساختار۱-۱۰-۶-۶-۲ و الگوریتم آموزش مارکوارت-لونبرگ و تابع فعال‌سازی سیگموئید لجستیک تعریف کردند و نتایج نشان دادکه مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل رگرسیون دارای افزایش دقت و پیش‌بینی بهتری بوده است.

خلیلی[۶۳]و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک مشهد طی دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۶) به پیش‌بینی بارش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند و در نهایت شش مدل را برای بارش ایستگاه در نظر گرفتند که از بین شش مدل، دو مدل (GS651, GS531) را به عنوان بهترین مدل با ضریب همبستگی بالا شناسایی کردند و نشان دادند که شبکه عصبی مصنوعی توانایی بالایی در پیش‌بینی عناصر اقلیمی دارد.

1- Azadi and Sepaskhah
2- Khalili

ستاری[۶۴] و همکاران(۲۰۱۱) به منظور بررسی رابطه بارش و رواناب در رودخانه سوهو[۶۵] از مدل شبکه عصبی با الگوریتم back-Propagation استفاده کردند بنابراین مدل ای.ان.ان را در دو مرحله به شرح زیر انجام دادند: در طی مرحله اول، داده‌های اندازه‌گیری جریان برگشتی رودخانه برای مدل در نظرگرفته شد و بهترین معماری شبکه با استفاده از دو نرون بوده که شامل لایه ورودی (تاخیر جریان رودخانه در روز اول و دوم) و دو لایه پنهان و یک لایه خروجی که ضریب تعیین برای معماری شبکه ۸۱/۴ درصد محاسبه گردید. در طی مرحله دوم، مقادیر جریان با استفاده از مقادیر اندازه گیری بارش و دما تخمین زده شده است. بهترین معماری شبکه شامل سه لایه ورودی با تاخیر ۳ روزه بارش، تاخیر۳ روزه جریان و دمای فعلی که ضریب تعیین محاسبه شده برای آن ۸۵/۵ درصد می‌باشد. بنابراین نتایج بررسی نشان داد که شبکه در مرحله دوم پیش‌بینی درستی از جریان رودخانه و شرایط کنونی آن داشته است زیرا از متغیرهای بیش‌تری برای ورودی به شبکه استفاده شده است.

بری ابرقویی[۶۶] و همکاران(۲۰۱۱) به بررسی توانایی شبکه عصبی در پیش بینی خشکسالی (مطالعه موردی: منطقه اردکان) پرداختند. ابتدا به محاسبه شاخص بارش استاندارد در مقیاس‌های زمانی مختلف (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ ماهه) از ۴ ایستگاه و سپس به ارزیابی و آزمایش شبکه عصبی مصنوعی اقدام کردند و در ادامه به این نتیجه دست یافتند که شبکه پس انتشار با کاهش شیب در مرحله یادگیری توانایی بهتری نسبت به دیگر شبکه‌ها دارد، سپس شاخص SPI را با تاخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه به عنوان ورودی به شبکه داده که ضریب همبستگی آن‌ها ۷۹ درصد بوده است و نهایتاً ایشان به این نتیجه دست یافتند که شبکه عصبی مصنوعی با ۹۰ درصد توانایی بالایی در پیش‌بینی سیکل خشکسالی در منطقه اردکان داشته است.

اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از داده‌های ماهانه دما ۳۸ ساله ایستگاه سنندج به پیش‌بینی دمای ماهانه با شبکه عصبی پرداخت، که بررسی نتایج به دست آمده نشان از کارآیی بالای

3- Sattari
4- Sohu
1- Bari Abarghouei

شبکه در پیش‌بینی دما با ضریب همبستگی ۰/۹۹ و میانگین خطای مدل ۱/۹۷ درصد است. صلاحی و همکاران(۱۳۸۹) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و داده‌های حداکثر دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک اردبیل طی دوره آماری(۲۰۰۵-۱۹۸۵) به پیش‌بینی دمای حداکثر ماهانه پرداختند که نتایج بررسی عملکرد شاخص‌های به کار گرفته در مدل حاکی از آن بود که شبکه با ضریب همبستگی بالا بین مقادیر پیش‌بینی و مشاهده شده، پیش‌بینی قابل قبولی ارائه داده است. دستجردی و حسینی (۱۳۸۹) از داده‌های بارش روزانه حداقل۲۰ سال (۱۳۸۳-۱۳۶۰) و با استفاده از شبکه پرسپترون چند لایه با الگوریتم پس انتشار خطا و تکنیک یادگیری مارکوارت-لونبرگ، ساختارهای گوناگونی از شبکه عصبی با تغییر در لایه های ورودی(۶ مدل)، تعداد گره‌ها در لایه پنهان و خروجی(۲ الی۲۰ گره) ایجاد کردند که نتایج نشان داد که در میان الگوهای مورد بررسی، دمای بیشینه، دبی و بارش نقش مثبتی در پیش‌بینی خشکسالی‌های استان اصفهان داشته که با کارکرد شبکه عصبی می‌توان با دقت بالای ۹۵ درصد سیکل خشکسالی استان را پیش‌بینی نمود.

پیره و فاتحی مرج (۱۳۹۰) به بررسی میزان توان تاثیرگذاری سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی بر بارش نواحی مختلف ایران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداختند.

۱-۵ معرفی پهنه مورد مطالعه در پژوهش

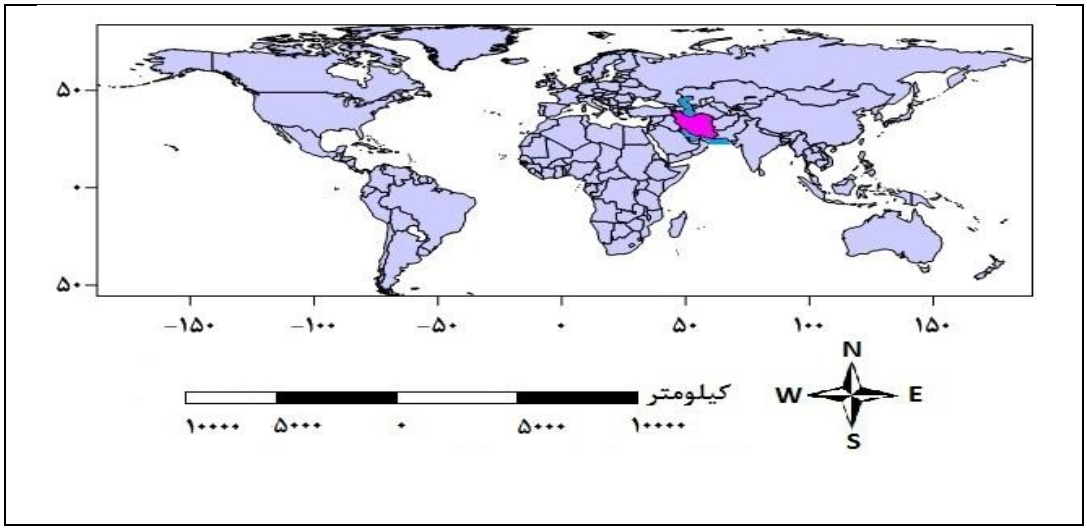
۱-۵-۱ موقعیت جغرافیایی پهنه ایران

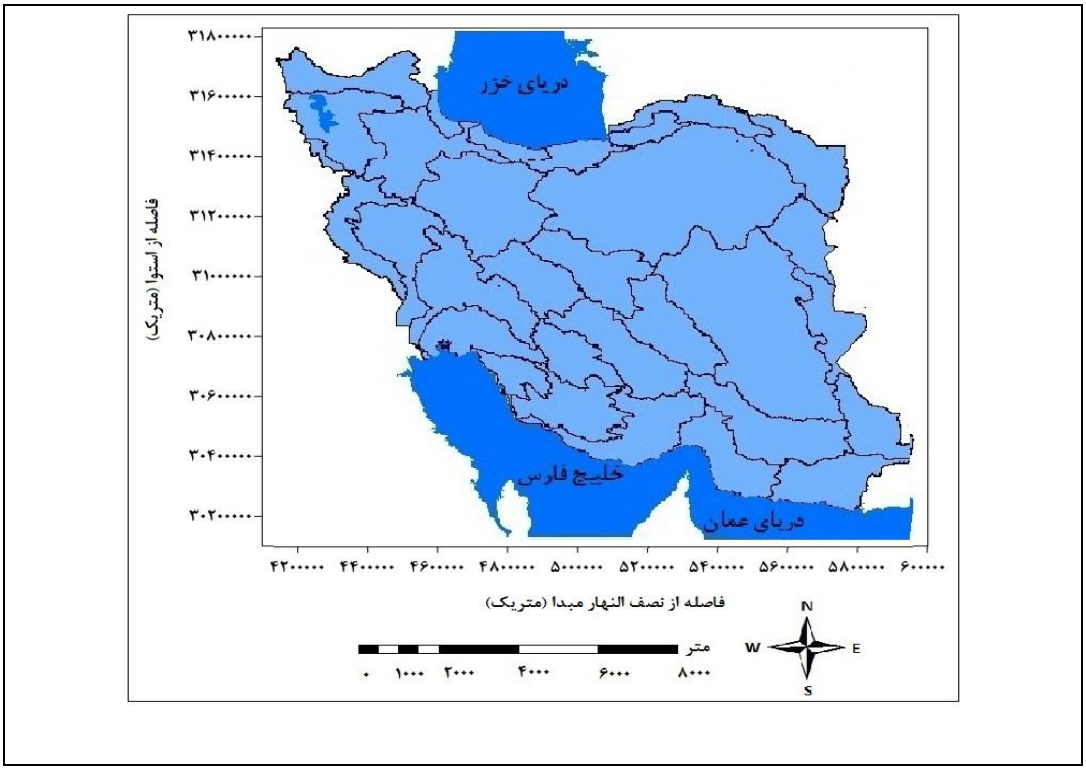
کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع، بین ۲۵ تا۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است که طول محیط ایران تقریبا ۸۶۳۱ کیلومتر است. از این مقدار حدود ۵۸۶۱ کیلومتر آن را مرز خشکی و ۲۷۷۱ کیلومتر مرز آبی در برگرفته است. (علایی طالقانی، ۱۳۸۵). در قسمت شمالی کشور مرز مشترک با دریای خزر داشته که در آن سوی کشورهای ترکمنستان، آذربایجان و ارمنستان واقع شده‌اند، در مغرب با عراق و ترکیه و در مشرق با افغانستان و پاکستان همسایه بوده و در

قسمت جنوبی کشور دارای مرز آبی با خلیج فارس و دریای عمان است اما در قسمت جنوبی مرزخشکی با هیچ کشوری ندارد. در شکل(۱-۱) موقعیت کشور ایران در جهان آورده شده است.

۱-۵-۲ توپوگرافی پهنه ایران

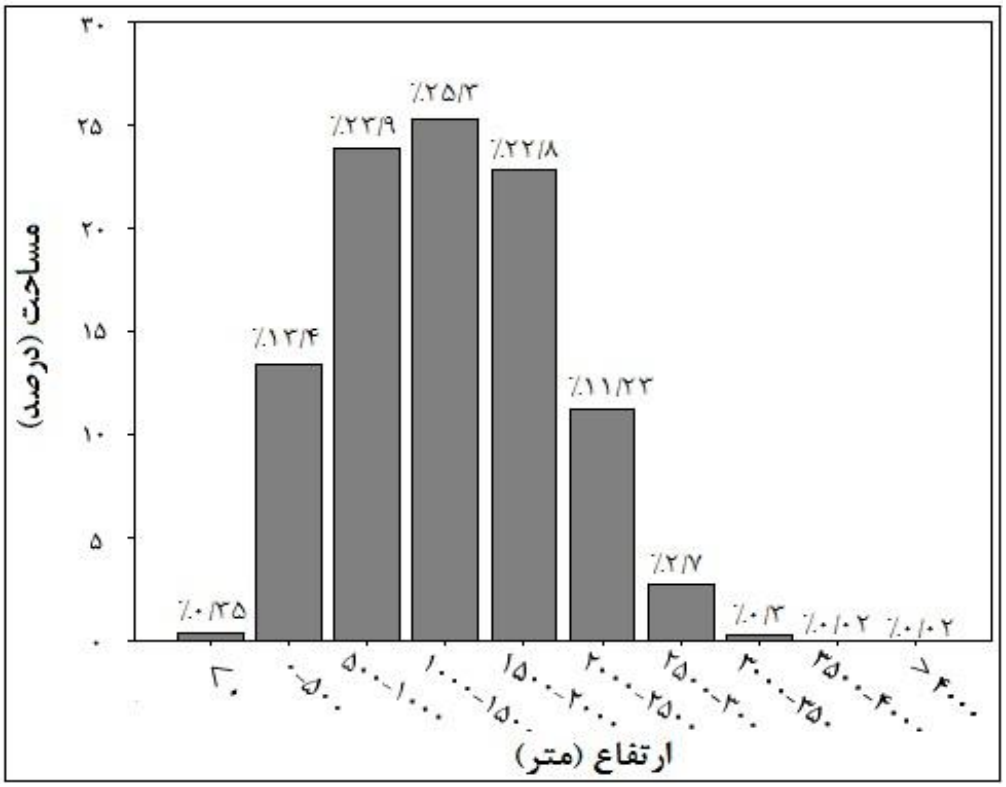
فلات ایران سرزمین مرتفعی است که مساحت آن حدود ۲/۵ میلیون کیلومتر مربع می‌باشد. پیرامون این فلات را رشته کوه‌های مرتفعی احاطه کرده که در قسمت حاشیه شمالی کشور، رشته کوه‌های آذربایجان، البرز و خراسان و هندوکش در افغانستان به صورت قوس‌های نمایان هستند به همین ترتیب در غرب و جنوب‌غرب کشور رشته کوه‌های عظیم زاگرس و به دنبال آن رشته کوه‌های مکران و بلوچستان در جنوب و کوه‌های سلیمان در شرق ، فلات ایران را احاطه کرده‌اند(جداری عیوضی،۱۳۸۳). حصارهای کوهستانی





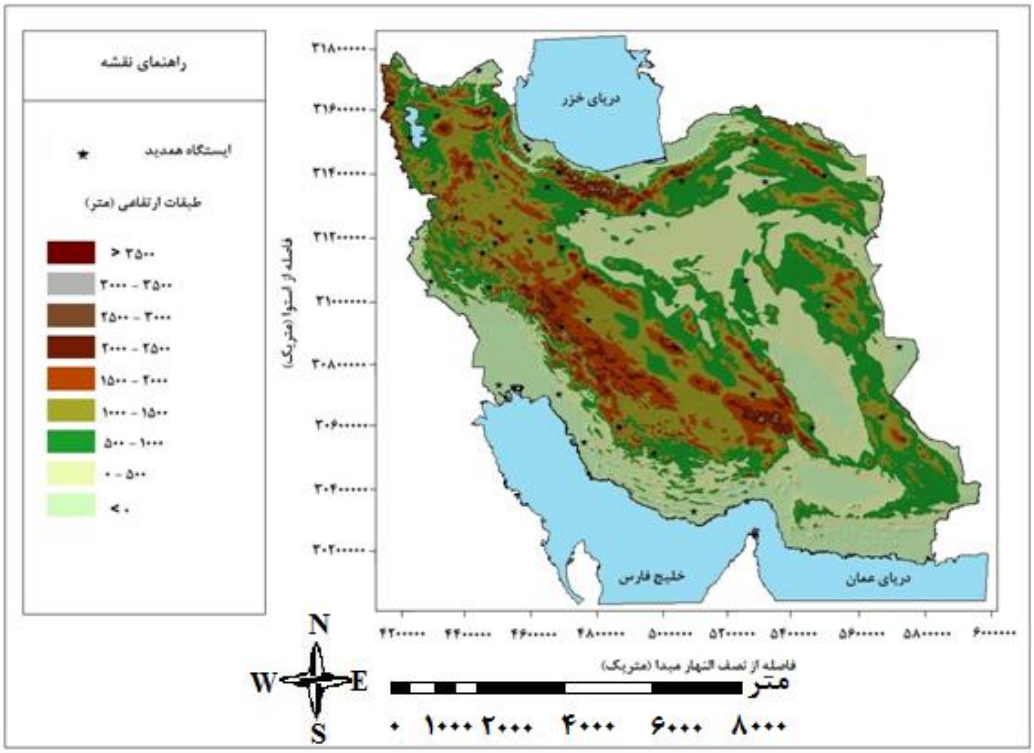
شکل۱-۱: نقشه موقعیت جغرافیایی ایران زمین در جهان

شمالی و جنوب‌غربی فلات ایران در گوشه شمال‌غربی با کوه‌های ارمنستان فلات آناتولی گره خورده و در نتیجه توده کوهستانی مهمی را به وجود آورده‌اند و در گوشه شمال‌شرقی رشته کوه‌های حاشیه فلات با توده کوهستانی هندوکش گره خورده و مقدمه‌ی برای تشکیل فلات پامیر می‌باشند(علایی طالقانی،۱۳۸۵). ارتفاع متوسط درتمامی کشور۱۲۵۰ متر و ارتفاع فلات داخلی قریب به ۹۰۰ متر می‌باشد(جداری عیوضی،۱۳۸۳). براساس نمودار آلتی متری (شکل۱-۲) حدود۲۵/۳ درصد از مساحت کشور، ارتفاع بین۱۵۰۰-۱۰۰۰ متر و بیش از نیمی از مساحت کشور ارتفاعی بین۲۰۰۰-۱۰۰۰ دارند و حدود ۱۵ درصد از مساحت کشور دارای ارتفاع بیش از دو هزارمتر هستند.



شکل ۱-۲ : نمودارآلتی متری (بر اساس یاخته) پهنه ایران زمین

هم چنین در شکل ۱-۳ توزیع ارتفاعی ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش آورده شده، که بیش‌ترین ایستگاه‌ها در ارتفاعات بین ۲۰۰۰-۱۰۰۰ متر واقع شده‌اند.



شکل۱-۳ : توزیع ارتفاعی ایستگاه‌ها بر روی پهنه ایران زمین

(مأخذ: سازمان زمین‌شناسی)

۱-۶ مراحل انجام تحقیق :

۱- مطالعه تئوریک و تقویت بنیان‌های نظری

۲- جمع آوری و تهیه پایگاه داده‌ها از سازمان هواشناسی کل کشور

۳- به کارگیری روش بهینه میان‌یابی"کریگینگ" و تهیه نقشه‌های هم‌بارش در دو مقیاس سالانه و ماهانه

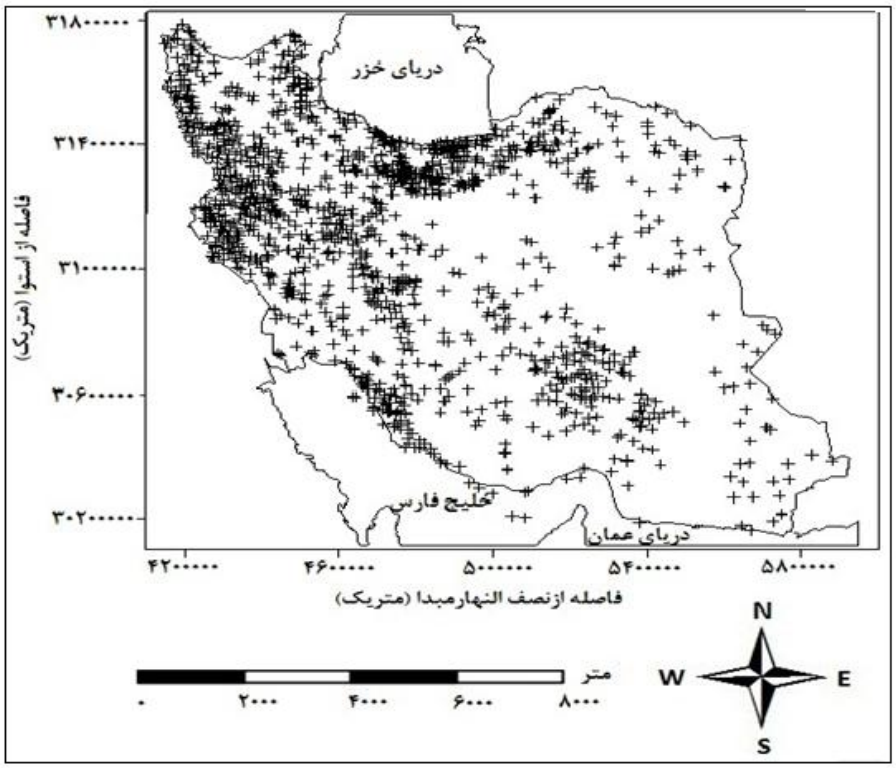
۴- تحلیل آماری (توصیفی واستنباطی)، و به کارگیری روش زنجیره مارکوف و تحلیل طیفی

۵- به کارگیری تحلیل خوشه‌ی و پیش‌بینی روزهای خشک ایران زمین برای نماینده‌های به دست آمده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی

۱-۷ مواد و روش‌ها

۱-۷-۱ مواد

در فصل دوم پژوهش حاضر از داده‌های شبکه‌ی بارش روزانهٔ ایران، که از پایگاه داده اسفزاری ویرایش نخست در دانشگاه اصفهان و به وسیلهٔ دکتر سید ابوالفضل مسعودیان طراحی شده، استفاده گردیده است. این داده ها دارای تفکیک زمانی روزانه از ۱۳۴۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ است. تفکیک مکانی داده‌ها ۱۵ ×۱۵ کیلومتر است که در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل نگاشته شده‌اند. با توجه به مختصات یاد شده سراسر ایران با ۷۱۸۷ یاخته پوشیده می‌شود.



شکل ۱-۴ : توزیع مکانی ایستگاه های مورد استفاده در میان یابی

بر این اساس هر یک از داده‌های شبکه‌ای دما و بارش ایران آرایه‌ای است به ابعاد ۷۱۸۷× ۱۵۹۹۲ که با آرایش گاه‌جای[1](زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شده است. درایه‌های این آرایه به

1- S-Mode