

## بررسی تغییرات زمانی بارش در استان همدان با استفاده از مدل‌های آماری و شبکه عصبی مصنوعی

زهرا مریانجی\*

استادیار گروه جغرافیا - دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی، همدان، ایران

حامد عباسی

استادیار گروه علوم جغرافیایی دانشگاه لرستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۶

### چکیده

تغییر اقلیم یکی از معضله‌های کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلای سیاره زمین به شمار می‌آید. افزایش دمای کره زمین سبب تغییرات ژرف و وسیع در اقلیم‌های زمین شده و باعث بروز تغییراتی در زمان و مکان بارش می‌شود که آسیب‌های بسیاری را خصوصاً در دهه اخیر وارد کرده است. در این راستا این پژوهش با شناخت تغییرات و روند فصل و دوره بارش در گذشته به الگوهای مؤثر بارش در بازه‌های مختلف زمانی می‌پردازد و پیش‌بینی تغییرات در آینده را از روش شبکه عصبی مصنوعی امکان پذیر می‌کند. در انجام این پژوهش از داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک همدان و نوژه استفاده شده دوره آماری مورد مطالعه نیز ۳۰ ساله (۹۰-۱۳۶۱) انتخاب شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش به نظر می‌رسد فصل بارندگی در ناحیه مرکزی استان همدان در دهه اخیر دیرتر آغاز و دیرتر به پایان می‌رسد به عبارتی آغاز فصل بارندگی در همدان که در فصل پاییز رخ می‌داد به سمت زمستان می‌رود و فصل پاییز خشک‌تر از دوره‌های قبل است این نشان از جابه‌جایی فصل بارندگی در این ناحیه است. در استفاده از روش شبکه عصبی توجه به دو نکته مهم در پیش‌بینی بارش ضروری به نظر می‌رسد یکی دقت پایین شبکه عصبی در پیش‌بینی دراز مدت بارش است اگر چه این روش در پیش‌بینی‌های کوتاه مدت دقت بهتری دارد و دیگری اغراق در مقادیر حداقل و حداکثر بارش در فصول مختلف سال است.

واژگان کلیدی: آغاز و خاتمه بارش، روند، شبکه عصبی مصنوعی، فصل بارش.

### مقدمه

برنامه ریزی‌های محیطی و آمایش سرزمین بدون شناخت اقلیم و پهنه بندی اقلیمی و بدون در نظر گرفتن توزیع زمانی و مکانی عناصر آب و هوایی موفق به نظر نمی‌رسد در این بین بارش که بیشترین بی‌نظمی زمانی را در بین عناصر دارد لازم است که بیشتر مطالعه شود و تغییرات رفتاری آن که در اکثر موارد آسیب‌های جبران ناپذیری را بر جای می‌گذارد

مشخص شود. برای این که به توان راهکار مناسبی برای کنترل بی نظمی این عنصر اقلیمی یافت لازم است مدیریت ریسک را جایگزین مدیریت بحران کرده و پیش بینی مناسبی از دوره‌های زمانی بارش انجام شود.

بارش تغییر پذیرترین پارامتر جوی است که زمان و فصل آن هم دچار تغییر می‌شود. شناخت دقیق ساز و کار و نحوه تغییرات بارش اهمیت بسیار دارد، در این راستا توجه به پایستگی و مانایی بارش از اهمیت شایان توجه برخوردار است. یکی از نمایه‌های ردیابی پایستگی بارش تحلیل فصل بارندگی است. لذا پژوهش‌های گسترده‌ای در سطح جهان بر روی این پارامتر اقلیمی انجام شده است. که در این پژوهش به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود: کایرکیلا (kirkyla, 1989, 1989)، از طریق مقایسه بین داده‌های دیدبانی شده ۲۳ سال و یک مدل گردش عمومی که در دانشگاه ایالت اورگان طراحی شده بود، به تحلیل هارمونیک چرخه فصلی بارش در ایالت متحده آمریکا پرداختند. آنها مرزهای منطقه‌ی رژیم‌های بارشی متعدد در ایالت متحده آمریکا را معین کرده و به این نتیجه رسیدند، هنگامی که نتایج مدل گردش عمومی توسط تحلیل هارمونیک تجزیه و تحلیل می‌شود، جزئیات منطقه‌ی قابل توجهی از اقلیم شناسی بارش نشان داده می‌شود. کادی اغلو (kadioglu, 1999, 1717) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۲۰۰ ایستگاه بارانسنجی به بررسی اقلیم شناسی بارش ترکیه به روش تحلیل هارمونیک پرداختند و دریافتند که تنها دو هارمونیک اول و دوم برای بیان بیشتر از ۹۰٪ تغییرات اقلیمی در ترکیه کافی است. تاراونه (Taraweneh, 2003, 123)، به مطالعه اقلیم شناسی بارش در کشور اردن در ۱۷ ایستگاه پرداختند. آنها با استفاده از تناوب هارمونیک‌های متفاوت، رفتار بارش را بررسی و به این نتیجه رسیدند که تحلیل‌های اولین و دومین هارمونیک به طور مؤثر بیش از ۹۰ درصد تغییرات بارش در اردن را تبیین می‌کند. همچنین نشان دادند که فصل عمده بارش در زمستان با ضریب تغییرات بالا می‌باشد. بودری (Bodri, 2005, 151) روند تغییرات بارش در چک اسلواکی را در طی دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ مورد مطالعه قرار دادند و تغییر پذیری را با روش تفاوت مطلق در بارش بین دو دوره زمانی مجزا تعیین کردند. نتایج اشاره بر یک افزایش کلی در تغییر پذیری بارش در تمام مقیاس‌های مورد بررسی داشت. کاراجیانندیس (karagianndis, 2008, 193)، با استفاده از داده‌های ۵۰ ایستگاه هواشناسی اروپایی و با روش تحلیل هارمونیک، داده‌های بارش سالانه و ماهانه را بررسی کردند و نشان دادند که مجموع اولین و دومین هارمونیک به طور رضایت بخشی، رژیم بارش میانگین سالانه را توصیف می‌کند. آشابوکو (Ashabokov, 2008, 98) به مطالعه تغییرات رژیم بارش در روسیه پرداختند. آنها از داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی در یک دوره ۲۰۰۴-۱۹۵۵ استفاده کردند. نتایج نشان داد که توزیع نرمال بهترین توزیع آماری قابل برازش بر این داده‌ها است. همچنین افزایش قابل توجهی در شدت بارش زمستانه در ناحیه جلگه‌ای دیده شد. لیوادا (Livada, 2008, 45)، به مطالعه ویژگی‌های زمانی- مکانی بارش در یونان، با استفاده از اطلاعات ۱۱۰ ایستگاه باران سنجی پرداختند. این تحلیل نشان داد که بالاترین درصد واریانس که توسط اولین هارمونیک توضیح داد می‌شود، در بخش‌های جنوب و جنوب شرق یونان دیده شده‌اند و در مقابل برای نواحی شمالی و خصوصاً "نواحی کوهستانی، هارمونیک‌های مرتبه بالاتر (سوم تا پنجم) نیاز است تا پارامتر تحت بررسی، توصیف شود. بررسی تغییرات رژیم بارش در ایران نیز مورد توجه واقع شده

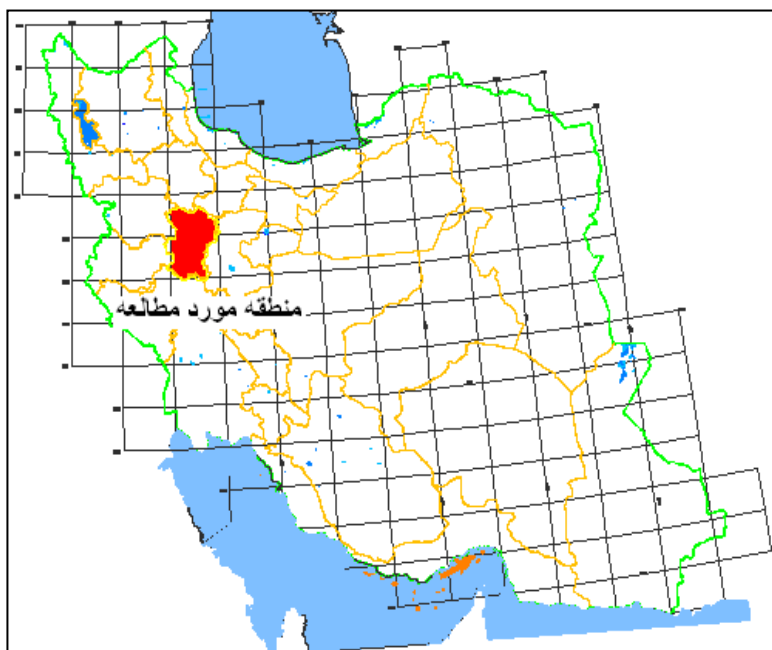
است در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: خوش اخلاق (خوش اخلاق، ۱۳۷۷، ۱۳۷)، پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران را مطالعه کرده و نتیجه گرفته است که با وجود محرز بودن رابطه بین شاخص نوسان جنوبی و بارش-های کشور به سبب بعد مسافت بین آن منطقه و ایران و نیز وجود عوامل دیگر آثار آن تعدیل، تخفیف و حتی به شکل معکوس در می‌آید. بابایی فینی (بابایی فینی، ۱۳۸۲، ۲۱۰)، جهت تعیین الگوهای مکانی بارش سالانه از متغیرهای انحراف معیار، میانگین بارش و ضریب تغییر استاندارد شده سالانه ۳۳ سال استفاده کرده که نتیجه آن معرفی ۷ الگوی بارش در کشور بوده است. مسعودیان (مسعودیان، ۱۳۸۴، ۳۳)، با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ایران (ژانویه ۱۹۹۵ تا دسامبر ۱۹۹۹) و به روش تحلیل خوشه‌ای به شناسایی رژیم بارش ایران پرداخته و یافته است که در ایران ۳ رژیم بارش اصلی، قابل شناسایی است: رژیم زمستانی، رژیم زمستانی-بهاری و رژیم پاییزی و نشان داد توزیع زمانی بارش در ایران با عرض جغرافیایی ارتباط دارد. محمدی (محمدی، ۱۳۸۵، ۱۰۰)، برای بررسی تغییرات زمانی بارش ایران از مدل‌های تغییرات تصادفی استفاده کردند و ذکر نمودند که با توجه به سنجش و پیش بینی‌های مدل‌ها، بارش‌های فصلی تمام ایستگاه‌ها دارای تغییرات تصادفی بوده است. عساکره (عساکره، ۱۳۸۶، ۱۴۵) تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران را با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری و آمار کلاسیک و بر پایه تکنیک‌های ترسیمی طی یک دوره ۴۴ ساله آماری و بر اساس داده‌های ۳۲۲ ایستگاه مورد تحلیل قرار داد. نتایج پژوهش‌های او نشان می‌دهد که حدود ۵۱ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفتند. این تغییرات عمدتاً در نواحی کوهستانی غرب کشور و عموماً "در نواحی با بارندگی بیشتر، رخ داده است. مسعودیان (مسعودیان، ۱۳۸۶، ۸۳) به کمک داده‌های بارش روزانه ۳۳۳ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی، و با انجام یک تحلیل خوشه‌ای بر روی فصل‌های اقلیدسی به روش ادغام وارد نشان داد که بر حسب مقدار و زمان دریافت بارش در ایران، ۸ ناحیه بارش متمایز وجود دارد. در این راستا این پژوهش با شناخت تغییرات در گذشته به الگوهای مؤثر بارش در بازه‌های مختلف زمانی می‌پردازد و پیش بینی تغییرات در آینده را از روش شبکه عصبی مصنوعی امکان پذیر می‌کند.

## داده‌ها و روش‌ها

### - موقعیت جغرافیایی استان همدان

استان همدان با مساحت ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع، ۱/۲ درصد از کل مساحت کشور را در بر می‌گیرد. این استان بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. استان همدان جز استان‌های غربی ایران است که از شمال به استان قزوین و زنجان، از جنوب به استان لرستان از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود می‌شود شکل (۱).

در انجام این پژوهش از داده‌های دو ایستگاه سینوپتیک همدان و نوژه برای مطالعه استفاده شد آمار مورد مطالعه نیز ۳۰ ساله (۹۰-۱۳۶۱) انتخاب شد. در این طرح تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار (Excel-Spss) و روش شبکه عصبی مصنوعی انجام گرفته است. داده‌ها با استفاده از آمارهای روزانه سازمان هواشناسی با دقت زیاد استخراج و آزمون‌های آماری انجام شده است، مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آمده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه

نام	نوع	ارتفاع (متر)	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی
نوژه	سینوپتیک	۱۶۷۹	۴۸°۶۸'	۳۵°۲۰'
همدان	سینوپتیک	۱۷۴۹	۴۸°۵۳'	۳۴°۵۸'

پس از صحت سنجی داده‌ها، برخی شاخص‌های توصیفی نظیر، میانگین، مقدار روند و... مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار روند از روش‌های متعددی بدست می‌آید (مشکانی، ۱۳۶۶، ۲۰۱). در این مطالعه میزان روند از طریق تابع رگرسیون خطی (با فرض خطی بودن روند) و روش حداقل مربع‌ها بدست آمد که در سطح اطمینان مورد نظر معنادار و در حد این پژوهش جواب‌گو بوده است. روابط مربوطه به شرح زیر می‌باشد: (عبدا... زاده، ۱۳۸۰، ۵۰)

$$Y = a + bX \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$a = \bar{Y} - n\bar{X} \quad \text{رابطه (۳)}$$

داده‌های مورد نیاز این مطالعه تاریخ بارندگی روزانه در استان همدان است به این صورت که به اساس تقویم ژولیوس در یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۱)، تاریخ آغاز و پایان بارندگی در یک سال برای دو ایستگاه ذکر شده بدست آمده و بر اساس آن برای هر سال طول دوره بارش در یک سال مشخص شده است.

جدول ۲: مقادیر روند ایستگاه‌ها مورد مطالعه

	دوره بارش بلند مدت	پایان بارش بلند مدت	آغاز بارش بلند مدت
همدان	۱/۰۸	۱/۲۳	۰/۱۵
نوژه	-۰/۲۵	-۰/۱۵	۰/۲۴

#### - یافته‌ها

#### - تحلیل رون

در ایستگاه نوژه در دوره سی ساله آغاز بارش دارای روند مثبت و خاتمه آن تقریباً بدون روند است این موضوع نشان‌دهنده کاهش طول فصل بارش در این ایستگاه در دوره مور مطالعه است.

در همدان بر اساس داده‌های مربوط به میانگین ۳۰ ساله تغییر محسوسی در روند تاریخ آغاز بارندگی رخ نداده یعنی آغاز بارندگی در یک دوره ۳۰ ساله رفتاری نسبتاً ثابت داشته است اما مقدار روند تاریخ پایان بارندگی روند افزایشی دارد که این نمایانگر افزایش طول دوره بارش در دوره مورد مطالعه است (جدول ۲).

#### - مدل سازی شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌ای عصبی مصنوعی، یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری<sup>۱</sup> و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نرون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد. در این تیژوهش از شبکه MLP و TDNN استفاده شد این شبکه شامل یک لایه ورودی، یک یا چند لایه پنهان و یک لایه خروجی است. برای آموزش این شبکه، معمولاً از الگوریتم پس انتشار<sup>۲</sup> (BP) استفاده می‌شود. در طی آموزش شبکه MLP به کمک الگوریتم یادگیری BP، ابتدا محاسبه‌ها از ورودی شبکه به سوی خروجی شبکه انجام می‌شود و سپس مقادیر خطای محاسبه شده به لایه‌های قبل انتشار می‌یابد.

#### - پیش بینی بارش در ایستگاه همدان (H) با شبکه‌های عصبی مصنوعی

در این ایستگاه ۴۲۰ داده بارش ماهانه از فرودین ماه ۱۳۵۶ تا اسفند ماه ۱۳۹۰ در دسترس بوده است. طبق فرض شبکه عصبی این تعداد داده به صورت ۶۰، ۲۰ و ۲۰ درصد به ترتیب برای مراحل آموزش، صحت‌سنجی و آزمون مدل شبکه

<sup>1</sup> Learning

<sup>2</sup> Back propagation

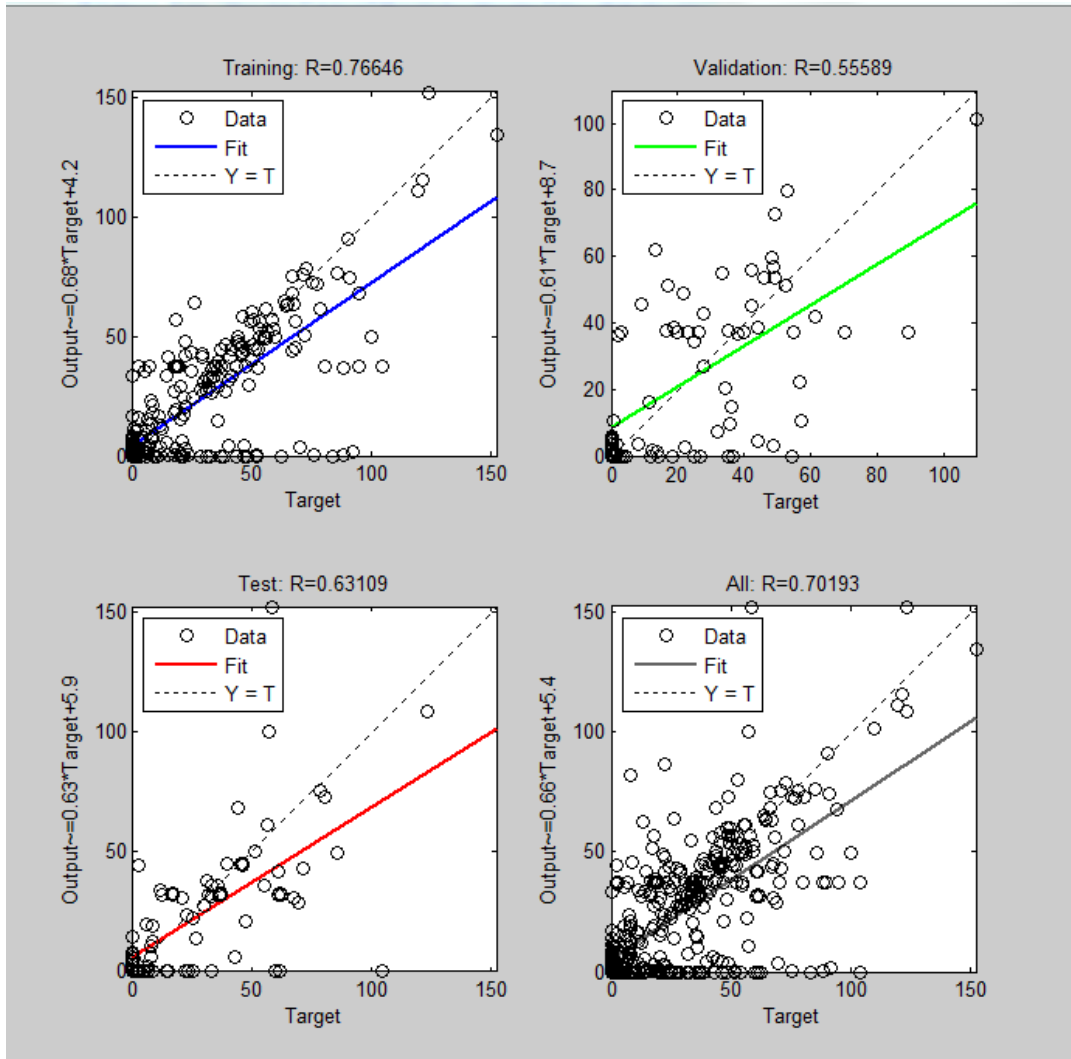
عصبی تقسیم شده است. داده‌های ورودی به مدل شبکه عصبی ۱۲ سری داده بارش با تأخیرهای زمانی ۱ تا ۱۲ ماه به صورت جدول ۳، می‌باشد.

جدول ۳: داده‌های ورودی به شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی بارش ماهانه‌ی ایستگاه همدان

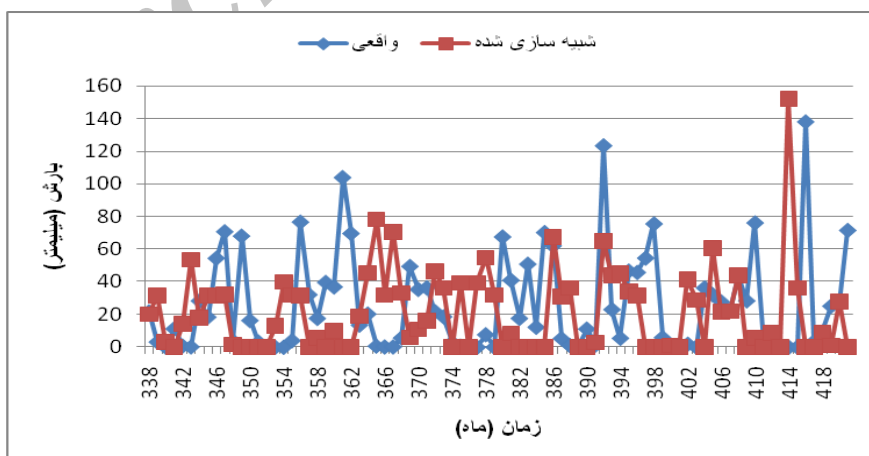
P(i-1)	P(i-2)	P(i-3)	p(i-4)	P(i-5)	P(i-6)	P(i-7)	P(i-8)	P(i-9)	P(i-10)	P(i-11)	P(i-12)
۲۷	۲۵/۲	۹/۴	۳/۶	۱۳۸	۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵
۲۵/۲	۹/۴	۳/۶	۱۳۸	۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹
۹/۴	۳/۶	۱۳۸	۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹	۲۲/۳
۳/۶	۱۳۸	۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹	۲۲/۳	۲۷/۸
۱۳۸	۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹	۲۲/۳	۲۷/۸	۳۲
۰/۱	۰	۰	۰/۹	۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹	۲۲/۳	۲۷/۸	۳۲	۳۶/۴
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
۱/۳	۷۶/۳	۲۸/۵	۴۲/۹	۲۲/۳	۲۷/۸	۳۲	۳۶/۴	۰/۱	۱/۹	۰/۱	۰
۱۷/۲	۶/۳	۴۳	۲۵/۹	۲۰	۶۰/۵	۹۴/۴	۲۴/۸	۸	۰	۰	۵۱/۴
۶/۳	۴۳	۲۵/۹	۲۰	۶۰/۵	۹۴/۴	۲۴/۸	۸	۰	۰	۵۱/۴	۲۷/۶
۴۳	۲۵/۹	۲۰	۶۰/۵	۹۴/۴	۲۴/۸	۸	۸	۰	۵۱/۴	۲۷/۶	۵۲/۲

در جدول ۳،  $P(i-1)$  سری زمانی بارش با تأخیر یک‌ماهه نسبت به زمان حال (گام زمانی  $i$ ) و به همین ترتیب  $P(i-12)$  سری زمانی بارش با تأخیر دوازده‌ماهه نسبت به زمان حال (گام زمانی  $i$ ) می‌باشد. از ۴۲۰ داده‌ی بارش ۶۰ درصد آن یعنی ۲۵۲ داده برای آموزش شبکه عصبی، ۲۰ درصد آن یعنی ۸۴ داده برای صحت‌سنجی شبکه‌ی عصبی و ۲۰ درصد باقیمانده‌ی داده‌ها یعنی ۸۴ عدد آنها برای تست شبکه عصبی به کار گرفته شده است. شکل ۲، مقادیر ضریب همبستگی را در مراحل مختلف آموزش، صحت‌سنجی و تست مدل شبکه عصبی نشان می‌دهد.

یکی از دلایل پایین بودن مقادیر ضرایب همبستگی در شکل (۲) می‌تواند به وجود خودهمبستگی پایین در بین مقادیر سری زمانی بارش باشد. شکل (۳)، بارش واقعی و شبیه‌سازی شده را در مرحله‌ی تست شبکه عصبی نشان می‌دهد. محور افقی شکل (۳) زمان شبیه‌سازی را به ماه از شروع دوره‌ی آماری نشان می‌دهد. مطابق شکل قسمت تست شبکه عصبی برای ۸۴ ماه انتهایی دوره آماری (از فروردین ماه ۱۳۸۴ الی اسفند ماه ۱۳۹۰) انجام شده است.

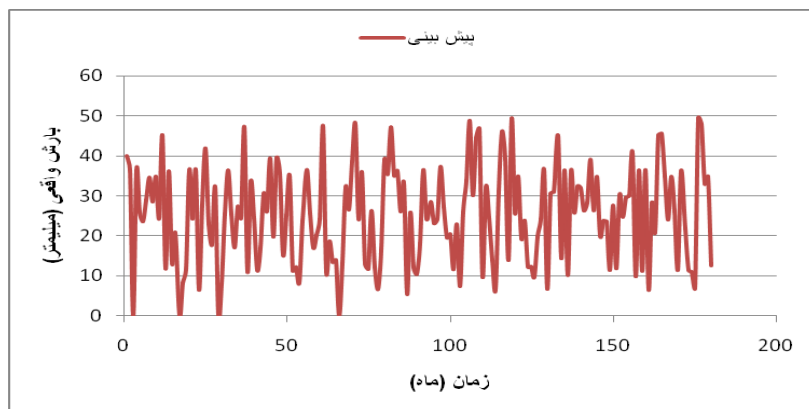


شکل ۲: بارش واقعی و شبیه سازی شده ایستگاه همدان



شکل ۳: نمودار مقادیر بارش واقعی و شبیه سازی شده در مرحله‌ی تست شبکه عصبی ایستگاه همدان

شبکه‌ی TDNN با دو لایه‌ی میانی و چهار نورون در هر لایه (با تاخیر یک در هر دو لایه) به عنوان بهترین شبکه از نوع TDNN برای داده‌های مسئله‌ی مفروض به‌دست آمده است. در شکل (۴) مقادیر بارش پیش‌بینی شده برای ۱۵ سال از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۴۰۵ نشان داده شده است.



شکل ۴: نمودار مقادیر بارش پیش‌بینی شده برای ۱۵ سال آینده ایستگاه همدان

دو نکته مهم در پیش‌بینی بارش ایستگاه H به کمک شبکه عصبی که در شکل (۴)، مشخص است و حاکی از دقت پایین شبکه عصبی در پیش‌بینی دراز مدت بارش می‌باشد، یکی صفر نشدن بارش‌ها در ماه‌های تابستان و دیگری کم بودن حداکثر مقادیر بارش‌ها در فصل‌های پر بارش سال است.

#### پیش‌بینی بارش در ایستگاه نوزه (K) با شبکه‌های عصبی مصنوعی

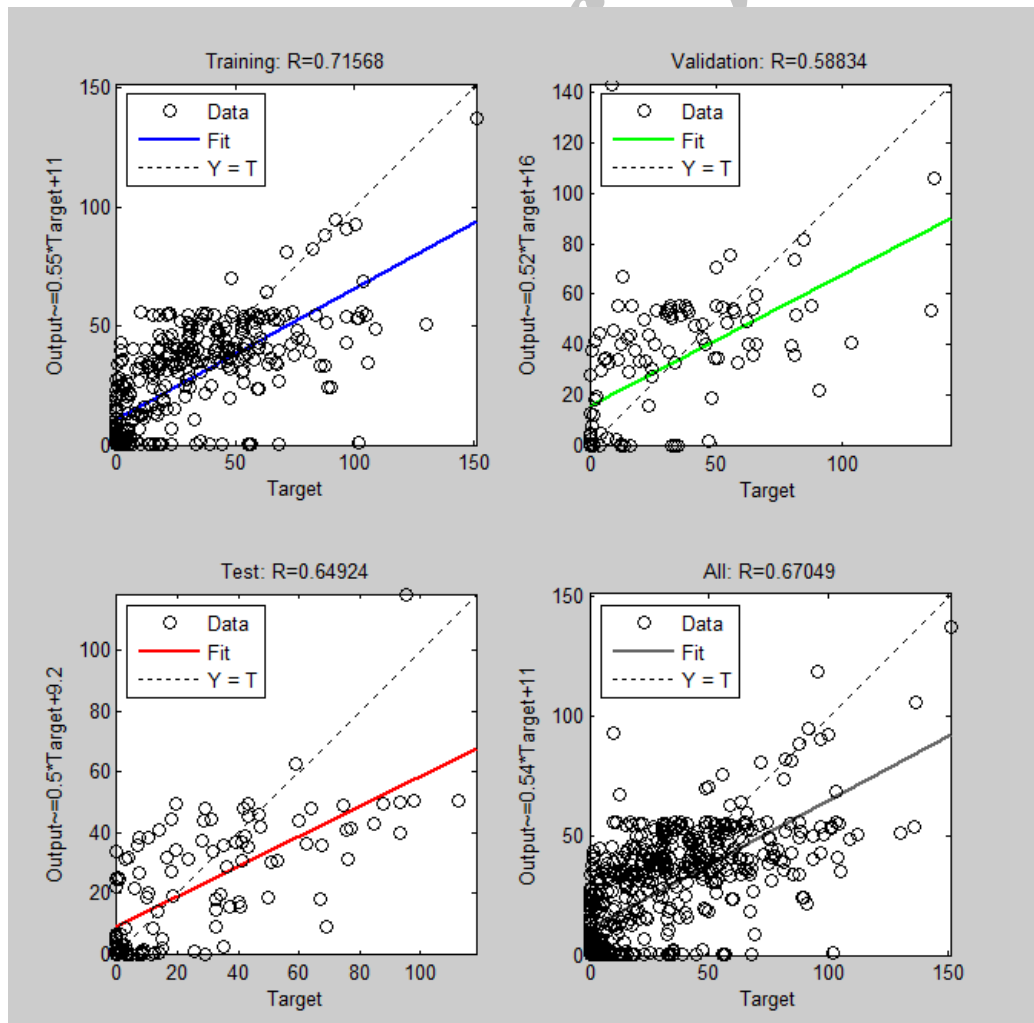
در این ایستگاه ۶۱۲ داده بارش ماهانه از فرودین ماه ۱۳۴۰ تا اسفندماه ۱۳۹۰ در دسترس بوده است. طبق فرض شبکه عصبی این تعداد داده به صورت ۶۰، ۲۰ و ۲۰ درصد به ترتیب برای مراحل آموزش، صحت‌سنجی و آزمون مدل شبکه عصبی تقسیم شده است. داده‌های ورودی به مدل شبکه عصبی ۱۲ سری داده بارش با تاخیرهای زمانی ۱ تا ۱۲ ماه به صورت جدول ۴ می‌باشد.

در جدول (۴)  $P(i-1)$  سری زمانی بارش با تأخیر یک‌ماهه نسبت به زمان حال (گام زمانی  $i$ ) و به همین ترتیب  $P(i-12)$  سری زمانی بارش با تأخیر دوازده‌ماهه نسبت به زمان حال (گام زمانی  $i$ ) می‌باشد. از ۶۱۲ داده‌ی بارش حدود ۶۰ درصد آن یعنی ۳۶۸ داده برای آموزش شبکه عصبی، ۲۰ درصد آن یعنی ۱۲۲ داده برای صحت‌سنجی شبکه‌ی عصبی و ۲۰ درصد باقیمانده‌ی داده‌ها یعنی ۱۲۲ عدد آنها برای تست شبکه عصبی به کار گرفته شده است. شکل (۵) مقادیر ضریب همبستگی را در مراحل مختلف آموزش، صحت‌سنجی و تست مدل شبکه عصبی نشان می‌دهد.



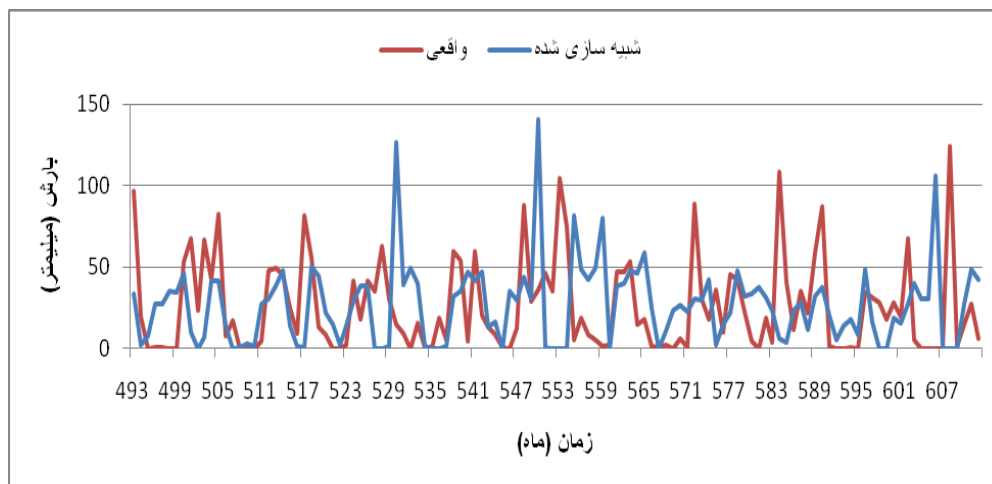
جدول ۴: داده‌های ورودی به شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی بارش ماهانه‌ی ایستگاه نوزه

P(i-1)	P(i-2)	P(i-3)	p(i-4)	P(i-5)	P(i-6)	P(i-7)	P(i-8)	P(i-9)	P(i-10)	P(i-11)	P(i-12)
۶/۲	۲۷/۲	۱۵	۱/۸	۱۲۴	۰	۰	۰/۲	۰	۵/۸	۶۷/۲	۲۰
۲۷/۲	۱۵	۱/۸	۱۲۴	۰	۰	۰/۲	۰	۵/۸	۶۷/۲	۲۰	۲۸/۴
۱۵	۱/۸	۱۲۴	۰	۰	۰/۲	۰	۵/۸	۶۷/۲	۲۰	۲۸/۴	۱۷/۸
۱/۸	۱۲۴	۰	۰	۰/۲	۰	۵/۸	۶۷/۲	۲۰	۲۸/۴	۱۷/۸	۲۸
۱۲۴	۰	۰	۰/۲	۰	۵/۸	۶۷/۲	۲۰	۲۸/۴	۱۷/۸	۲۸	۳۱/۶
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
۰	۲/۲	۱	۴	۹۵/۳	۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰
۲/۲	۱	۴	۹۵/۳	۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰	۰
۱	۴	۹۵/۳	۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰	۰	۰
۴	۹۵/۳	۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰	۰	۰	۱/۵
۹۵/۳	۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰	۰	۰	۱/۵	۰/۴
۶۱/۶	۵۰	۱۰۵/۳	۴۳/۷	۵۰/۸	۱/۳	۰	۰	۰	۱/۵	۰/۴	۷۱/۶



شکل ۵: نمودار بارش واقعی و شبیه‌سازی شده ایستگاه نوزه

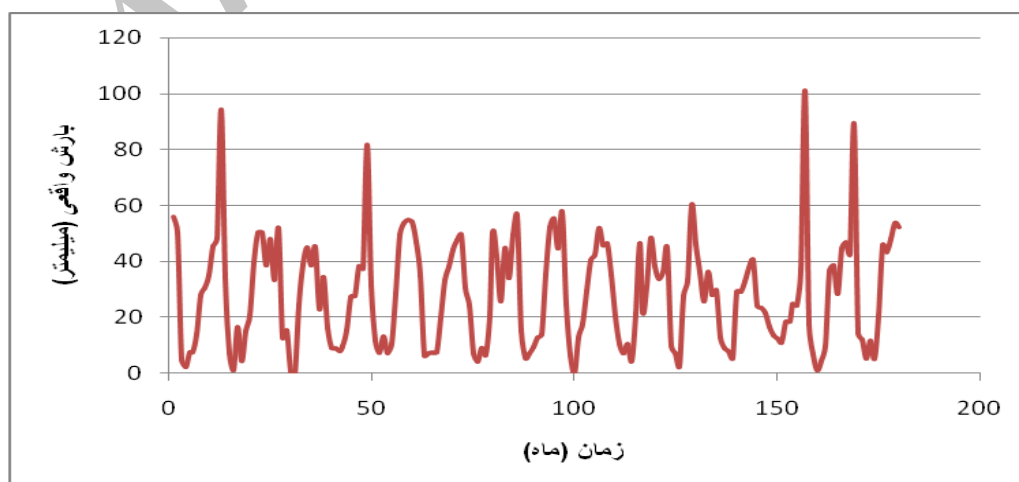
یکی از دلایل پایین بودن مقادیر ضرایب همبستگی در شکل (۶) می‌تواند به وجود خود همبستگی پایین در بین مقادیر سری زمانی بارش باشد. شکل (۶) بارش واقعی و شبیه‌سازی شده را در مرحله‌ی تست شبکه عصبی نشان می‌دهد.



شکل ۶: نمودار مقادیر بارش واقعی و شبیه‌سازی شده در مرحله‌ی تست شبکه عصبی ایستگاه نوژه

محور افقی شکل (۶) زمان شبیه‌سازی را به ماه از شروع دوره‌ی آماری نشان می‌دهد. مطابق شکل قسمت تست شبکه عصبی برای ۱۲۰ ماه انتهایی دوره‌ی آماری (از فروردین ماه ۱۳۳۸۱ تا اسفندماه ۱۳۹۰) انجام شده است. حال با استفاده از دستور زیر به پیش‌بینی با استفاده از مدل آموزش داده شده پرداخته شده است. برای تعیین بهترین شبکه‌ی TDNN از نرم‌افزار MATLAB استفاده شده است.

شبکه‌ی TDNN با دو لایه‌ی میانی و چهار نورون در هر لایه (با تاخیر یک در هر دو لایه) به عنوان بهترین شبکه از نوع TDNN برای داده‌های مسئله‌ی مفروض به‌دست آمده است. در شکل (۷)، مقادیر بارش پیش‌بینی شده برای ۱۵ سال از سال ۱۳۹۱ تا سال ۱۴۰۵ نشان داده شده است.



شکل ۷: مقادیر بارش پیش‌بینی شده برای ۱۵ سال آینده ایستگاه نوژه

دو نکته مهم در پیش‌بینی بارش ایستگاه K به کمک شبکه عصبی که در شکل ۳ مشخص است و حاکی از دقت پایین شبکه عصبی در پیش‌بینی دراز مدت بارش می‌باشد، یکی صفر نشدن بارش‌ها در ماه‌های تابستان و دیگری کم بودن حداکثر مقادیر بارش‌ها در فصول پربارش سال است.

### - نتیجه‌گیری

ارزیابی محدودیت‌هایی که اقلیم محل بر برنامه‌ریزی زمین مورد نظر ایجاد می‌کند مستلزم جمع‌آوری اطلاعات خاصی است که به شناسایی دقیق اقلیم منجر شود که بعد از شناسایی دقیق می‌توان از پتانسیل‌ها در جهت رفع یا کم رنگ نمودن محدودیت‌ها استفاده کرد.

استان همدان به لحاظ موقعیت ویژه کشاورزی مستلزم برنامه‌ریزی‌های گسترده‌ای در زمینه کشت بعضی محصولات استراتژیک نظیر گندم و جو و ... می‌باشد، این برنامه‌ریزی بدون شناخت بارش و بدون نظر گرفتن توزیع زمانی و مکانی بارش موفق به نظر نمی‌رسد از این‌رو مطالعات اقلیمی در استان و به روز کردن داده‌ها و اطلاعات اقلیم شناسی ضروری به نظر می‌رسد.

در این پژوهش با تعیین میزان روند در تاریخ وقوع آغاز و خاتمه بارندگی و طول دوره بارندگی تغییرات و جابه‌جایی فصل بارندگی طی دوره سی ساله ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۷ برای دو ایستگاه ناحیه مرکزی استان همدان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این پژوهش به نظر می‌رسد فصل بارندگی در دهه اخیر دیرتر آغاز و دیرتر به پایان می‌رسد به عبارتی آغاز فصل بارندگی در استان همدان که در فصل پاییز رخ می‌داد به سمت زمستان می‌رود و فصل پاییز خشک‌تر از دوره‌های قبل است این نشان از اهمیت مطالعات جابه‌جایی فصل بارندگی در مطالعات خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی (خصوصاً در فصل پاییز) برای استان همدان را دارد.

استفاده از روش شبکه عصبی در پیش‌بینی عناصر اقلیمی خصوصاً بارش می‌تواند چشم‌انداز کلی از تغییرات کوتاه مدت این عنصر اقلیمی در منطقه حاصل کند اما توجه به دو نکته مهم در پیش‌بینی بارش ضروری به نظر می‌رسد یکی دقت پایین شبکه عصبی در پیش‌بینی دراز مدت بارش می‌باشد و اغراق در مقادیر حداقل و حداکثر یعنی صفر نشدن بارش‌ها در ماه‌های تابستان و دیگری کم بودن حداکثر مقادیر بارش‌ها در فصل‌های پربارش سال است.

### منابع

- ۱- بابایی فینی ا. (۱۳۸۲): تحلیل و الگویابی مکانی و زمانی بارش در ایران، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- خوش اخلاق، ف. (۱۳۷۷): پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی. (۵۱): ۱۳۹-۱۲۱.
- ۳- عبد ... زاده، ک. (۱۳۸۰): آمار و احتمالات، انتشارات آمار پردازان.

- ۴- عساکره، ح. (۱۳۸۶): تغییرات زمانی - مکانی بارش ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه، ۵ (۱۰): ۱۶۴-۱۴۵.
- ۵- محمدی ح. جاوری م. (۱۳۸۵): تغییرات زمانی بارش ایران، مجله محیط شناسی، (۴۰): ۸۷-۱۰۰.
- ۶- مسعودیان ا. (۱۳۸۴): شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره (۵۲): ۳۳-۲۱.
- ۷- مسعودیان س. ا. (۱۳۸۶): نواحی بارش ایران. مجله جغرافیا و توسعه (۱۳): ۷۹-۹۱.
- ۸- مشکانی، م، (۱۳۶۴): آمار مقدماتی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

- 9- Ashabokov Bischokov R. and Derkach, D. (2008): Study of Changes in The Regime of Atmospheric Precipitation in The Central Northern Caucasus, *Meteorologiya i Hidrologiya*. NO. 2: 98-102.
- 10- Bodri L., Cermak V., and Kresl M. (2005): Trend in Precipitation Variability: Progue (The Czech Republic), *Climatic Change*. 72:151-170.
- 11- Kadioglu M., Ozturk N., Erdun H., and Sen Z. (1999): On The Precipitation Climatology of Turkey by Harmonic Analysis, *Int. J. Climatol*. 19:1717-1728.
- 12- Karagiannidis A., Bloutsos A., Mahers P., and Sachsamanoglou Ch. (2008): Some Statistical Characteristic of Precipitation in Europ, *Theor. Appl. Climatol.*, 91: 193-204.
- 13- Kirkyla K., and Sultan Hameed. (1989): Harmonic Analysis of The Seasonal Cycle in Precipitation Over The United States: a Comparison Between Observations and General Circulation Model, *American Meteorological Society*. 11794:1463-1475.
- 14- Livada I., Charalambous G., and Assimakopoulos M. (2008): Spatial and Temporal Study of Precipitation Characteristics Over Greece, *Theor. Appl. Climatol*. 93:45-55.
- 15- Tarawneh Q., and Kadoglu M. (2003): An Analysis of Precipitation Climatology in Jordan, *Theor. Appl. Climatol*, 74:123-136.