

## ارائه یک شبکه عصبی *MLP* به منظور پیش‌بینی یخبندان در استان کرمانشاه

علیرضا انتظاری\*، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

جواد حدادنیا، دانشیار الکترونیک، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

مرتضی جعفرزاده، کارشناس ارشد ریاضی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار

ابراهیم کوروندی، کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی

### چکیده

در این مطالعه با استفاده از داده‌های دمای حداقل روزانه، در دوره‌ی آماری ۲۱ ساله‌ی به پیش‌بینی یخبندان‌های استان کرمانشاه با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداخته شده است. داده‌های مورد استفاده از طریق تابعی یک به یک و پوشا به منظور تعیین معیاری جهت پیش‌بینی یخبندان به مقادیر بین صفر و یک تبدیل شده و از شبکه پیش‌رو<sup>۱</sup> با یک لایه میانی مخفی با تعداد نورون‌های متغیر برای هر یک از ایستگاه‌ها به پیش‌بینی و بالاخره تعیین بازه‌های یخبندان پرداخته شد. الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش، پس انتشار<sup>۲</sup> با روش آموزش دسته‌ای<sup>۳</sup> و توابع انتقال Satlins، Satlins و Logsig و Satlin بوده است. تعیین بازه‌های یخبندان و بدون یخبندان در هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک و پیش‌بینی یخبندان‌های زودرس و دیررس از نتایج این مطالعه بوده و شبکه طراحی شده بین ۷۲.۲۲ تا ۸۰.۵۵ درصد برای هر ایستگاه همگرایی داشته است. نتایج نشان می‌دهد با توجه به محدودیت داده‌ها، شبکه‌های عصبی *MLP* توانایی مطلوبی در پیش‌بینی و تخمین یخبندان‌ها دارد.

### واژگان کلیدی

یخبندان، شبکه‌های عصبی مصنوعی، آموزش دسته‌ای

Email: entezari@sttu.ac.ir

<sup>1</sup> - Feed Forward

<sup>2</sup> - Backpropagation

<sup>3</sup> - Batch Training

\* نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

کنترل عوامل جوی و اقلیمی توسط انسان ناممکن است اما انسان با تلاشی که در جهت ارتقای دانش خود نسبت به تأثیر عوامل جوی دارد، می‌تواند توانمندی خود را در کاهش خسارات ناشی از پدیده‌های جوی؛ چون یخبندان به مرحله اجرا در آورد. بلایای طبیعی از جمله یخبندان از مسائل مهم مورد توجه پژوهشگران در سال‌های اخیر بوده است. وسعت خسارات ناشی از وقوع این پدیده در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، آب، تهیه و توزیع سوخت، جهانگردی و حمل و نقل، لزوم مطالعه‌ی دقیق این پدیده را به منظور مقابله با خسارات احتمالی ضروری می‌سازد (مجرد قره باغ، ۱۳۷۶: ۱۵-۵). در ایالات متحده خسارات ناشی از عوامل جوی بیش‌ترین ضرر اقتصادی را ایجاد می‌کند. در همین منطقه یخبندان در سال ۱۹۹۸ در حدود ۷۰۰ میلیون دلار خسارت وارد کرده است (نوحی و همکاران، ۱۳۸۷). طبق گزارش بانک کشاورزی، خسارت سرما و یخبندان در سال ۱۳۸۶ در کلیه‌ی نقاط کشور بالغ بر چندین هزار میلیارد ریال بوده است (بانک کشاورزی، ۱۳۸۷). پیش‌بینی یخبندان‌ها یکی از اقدامات مفید و مؤثر جهت برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد اقتصادی- اجتماعی است. در صورتی که برآورد و پیش‌بینی‌های قابل اعتمادی از وضعیت یخبندان چند ماه یا چند سال آینده در دسترس باشد، برنامه‌ریزان و مدیران می‌توانند ضمن آمادگی جهت مقابله با حوادث نامطلوب، نسبت به بهره‌برداری بهینه از منابع اقدام نمایند. استان کرمانشاه به علت وجود شرایط کوهستانی در فصول مختلف سال (اکتبر تا آوریل) با پدیده یخبندان مواجه است. لذا مطالعه‌ی یخبندان در این استان امری ضروری به نظر می‌رسد. شناخت نظام تغییرات زمانی، برنامه‌ریزی و به تبع آن چیرگی بر محدودیت‌ها و شرایط محیطی، خسارات ناشی از یخبندان را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. استفاده‌ی شبکه‌های عصبی<sup>۱</sup> در بین روش‌های گذشته و حال به جهت داشتن مزیت دقت و یادگیری، از جایگاه مناسبی در علوم مختلف برخوردار است (آنکتیل و همکاران، ۲۰۰۳).

امران تصدق<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۱)، جهت پیش‌بینی میانگین دماهای ساعتی از روش شبکه‌های عصبی بهره برده و تایید کردند که مدل شبکه‌های عصبی می‌تواند ابزار ارزشمندی برای پیش‌بینی دماهای ساعتی باشد. شفیقر<sup>۳</sup> و مهندس (۲۰۰۷) به تخمین تشعشعات خورشیدی کلی پرداختند، شواهد این مطالعه حاکی از قابلیت مناسب شبکه‌های عصبی برای تخمین تشعشعات خورشیدی است. دمبایس و گلسو<sup>۴</sup> (۲۰۰۸)، جهت پیش‌بینی دمای محیط از روش شبکه‌های عصبی بهره برده و ثابت کردند این روش یک مدل معتبر برای پیش‌بینی دماهای محیطی است. ساهو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸) پیش‌بینی دمای جریان‌های آب را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند روش شبکه‌های عصبی در بین روش‌های به کار برده شده دارای بیش‌ترین راندمان است. رحیمی‌خوب (۲۰۰۹) با تخمین تشعشعات خورشیدی با استفاده شبکه‌های عصبی به کارآیی بالای شبکه‌های عصبی اذعان نموده است. مجرد قره‌باغ (۱۳۷۷) ضمن تحلیل ۱۶ شاخص یخبندان در آذربایجان، سعی در ارائه مدل پیش‌بینی آماری یخبندان کرده است. براتی (۱۳۷۵) به مطالعه‌ی ۶۲ مورد یخبندان بهاره طی یک دوره ۲۰ ساله پرداخته و از لحاظ شدت، مدت و گسترش مکانی، یخبندان‌ها را مورد بررسی و مطالعه قرار داده است.

<sup>1</sup> - Artificial Neural Network

<sup>2</sup> - Imran Tasadduq

<sup>3</sup> - Shafiqur And Mohandes

<sup>4</sup> - Dombayc And Golcu

<sup>5</sup> - Sahoo

## ۲- موقعیت جغرافیایی

استان کرمانشاه در میانه ضلع باختری ایران بین ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. استان کرمانشاه از عوامل و شرایط اقلیمی متعددی در منطقه تأثیر می‌پذیرد که از جمله مهم‌ترین آن می‌توان به پر فشار جنب حاره‌ای، بادهای غربی، فرود بلند مدیترانه و فرابار سیبری اشاره کرد. به این عوامل شرایط محلی چون ارتفاع ایستگاه‌ها و شرایط توپوگرافیکی را هم می‌توان افزود. تحت تأثیر این عوامل متوسط بارندگی استان ۴۰۸ میلی‌متر و متوسط دمای آن ۱۵.۴ درجه سانتی‌گراد است. میانگین روزهای یخبندان در استان ۶۸ روز بوده و دارای نوسانات زمانی و به خصوص مکانی زیادی در طول دوره آماری مورد بررسی است. جدول ۱ موقعیت، ارتفاع و میانگین دمایی ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

## ۳- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های دمای روزانه در طی دوره‌ی آماری ۲۱ ساله (۱۹۸۷-۲۰۰۷) که از سازمان هواشناسی کشور فراهم آمده، استفاده شده است. داده‌ها مربوط به ۵ ایستگاه سینوپتیک استان کرمانشاه اسلام‌آباد غرب، کنگاور، کرمانشاه، روانسر و سرپل‌ذهاب) است. دوره‌ی مورد بررسی جهت پیش‌بینی از آغاز ماه نوامبر تا پایان ماه آوریل به مدت ۱۲۰ روز بوده است. با توجه به هدف تحقیق که مبتنی بر پیش‌بینی روزهای یخبندان است بایستی طی فرآیندی اقدام به تعیین ورودی‌هایی که با آن بتوان روزهای یخبندان را پیش‌بینی کرد، نماییم. بدون شک شرایط محلی در بروز یخبندان در هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک تأثیر وافر داشته به گونه‌ای که نمی‌توان عاملیت آن را مد نظر نداشت. به عنوان مثال با ورود یک سیستم سینوپتیک به منطقه تحت تأثیر شرایط محلی از قبیل ارتفاع و شرایط توپوگرافیکی، مقادیر خاصی از دما را خواهیم داشت که منجر به افزایش روزهای یخبندان و یا کاهش آن می‌شود. هم‌چنین در شدت بروز یخبندان و رخداد دماهای مینیمم هم مؤثر می‌باشد. با این وصف سعی شده با در نظرگیری شرایط محلی که در دماهای روزانه نمود می‌یابد داده‌ها را به مقادیر واقعی و طبیعی آن نزدیک کنیم.

جدول شماره ۱: موقعیت، ارتفاع و میانگین دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول		عرض		ارتفاع	میانگین دمایی
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه		
اسلام‌آباد غرب	۲۶	۴۶	۸	۳۴	۱۳۴۶	۱۴.۱
کنگاور	۰	۴۸	۳۰	۳۴	۱۴۶۰	۱۳.۴
کرمانشاه	۷	۴۷	۱۷	۳۴	۱۳۲۲	۱۴.۵
سرپل‌ذهاب	۵۲	۴۵	۲۴	۳۴	۵۴۵	۲۰.۲
روانسر	۴۰	۴۶	۴۳	۳۵۴	۱۳۶۲	۱۵

## ۳-۱- ساختار بردار ورودی و هدف

بردار ورودی  $P 1 \times 36$  و بردار خروجی  $T 1 \times 36$  می‌باشد. در ابتدا مقدار عددی ۰.۵ به عنوان مبنای رخداد یخبندان در نظر گرفته شد. با توجه به دمای حداقل و حداکثر در هر روز این مقدار به سوی عدد ۱ (وقوع یخبندان) یا صفر (عدم وقوع یخبندان) تمایل می‌یابد. به این صورت که هر چه دمای مورد نظر به

سمت مقادیر مینیمم سوق یابد (هوا سردتر گردد)، ورودی هر روز به سمت عدد ۱ تمایل یافته و در صورتی که دمای مورد نظر به سمت مقادیر ماکزیمم سوق یابد (هوا گرمتر گردد)، ورودی هر روز به سمت عدد صفر تمایل می یابد. با انجام این عملیات ورودی هر روز بین عدد صفر و یک قرار گرفته و از حالت صفر و یک مطلق (یخبندان و عدم یخبندان) خارج می شود. اگر دمای هر ایستگاه در ماتریس  $Temp_{180 \times 21}$  ذخیره شده باشد، آنگاه برای تبدیل بازه‌ی دماها بین صفر و ۱ و ایجاد یک ضریب مناسب برای دمای مورد نظر، بین صفر و ۱ از روابط ریاضی زیر می توان استفاده کرد. (در حقیقت سعی شده حداقل دما جهت یخبندان که یک عدد منفی است را به ۱ نزدیک کرده و حداکثر دما که یک عدد مثبت است به صفر نزدیک شود) :

$$Temp = - Temp \quad (1)$$

$$Max = Max \{Temp\} \quad (2)$$

$$Min = Min \{Temp\} \quad (3)$$

برای دماهای بالاتر از صفر :

$$Temp(i,j) = (50 + (Temp(i,j) \times 50 / Max)) / 100 \quad (4)$$

برای دماهای کمتر از صفر :

$$Temp(i,j) = (50 - (Temp(i,j) \times 50 / Min)) / 100 \quad (5)$$

با توجه به اینکه دوره مورد بررسی ۱۸۰ روزه، به مدت ۲۱ سال است، ماتریسی به ابعاد  $180 \times 21$  را در بر می گیرد که در قالب ۳۶ الگو به عنوان ورودی شبکه در نظر گرفته شده است. و هر الگو دارای ۲۱ نمونه خواهد بود.

### ۳-۲- ساختار شبکه‌های عصبی

در این مطالعه از شبکه Feed-Forward با یک لایه میانی مخفی استفاده شده است. بردار ورودی  $P_{1 \times 36}$  که در بخش قبل ارائه گردید و بردار خروجی  $T_{1 \times 36}$  می باشد. معماری این شبکه‌ها شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و دست کم یک لایه پنهان در بین عصب‌های ورودی و خروجی است. با استفاده از قابلیت یادگیری شبکه، الگوریتم‌های متنوعی پیشنهاد می گردد که همگی سعی در نزدیک کردن خروجی تولید شده توسط شبکه به خروجی ایده آل و مورد انتظار دارند (صیادی، ۱۳۸۷). فرآیند آموزش، برای تشخیص الگو و یا طبقه‌بندی الگوها مورد استفاده قرار می گیرد. در طول فرآیند آموزش، وزن‌ها و بایاس‌ها تنظیم می شوند تا تابع کارایی شبکه حداقل شود. تمامی این توابع از شیب تابع کارایی برای تنظیم وزن‌ها و بایاس‌ها استفاده می کنند. این شیب با تکنیکی به نام پس انتشار تعیین می شود. هدف از الگوریتم آموزش پس انتشار، از بین بردن تأثیرات مضر بر روی اندازه مشتقات جزئی است. تنها علامت مشتق، برای بروزرسانی وزن‌ها استفاده می شود و اندازه مشتق اثری بر روی بروزرسانی وزن‌ها ندارد. مقدار تغییرات وزن با استفاده از یک مقدار به روزرسانی جداگانه تعیین می شود. مقدار به روزرسانی برای هر وزن و بایاس در صورتی که مقدار مشتق در هر تکرار متوالی تغییر علامت ندهد افزایش داده می شود. در این روش با استفاده از مجموع وزن‌های تصادفی اولیه، آموزش آغاز می گردد. پس از تعیین خروجی مدل برای هر یک از الگوهای ارائه شده در مجموع آموزش، خطای حاصل از تفاوت بین خروجی مدل و مقادیر مورد انتظار محاسبه شده و با برگشت به داخل شبکه در جهت عکس (خروجی به ورودی) مقادیر وزن‌ها تصحیح می شود. در اکثر شبکه‌های تغذیه پیشرفتی با یک لایه میانی مخفی از تابع انتقال Logsig استفاده می شود (بن و پاتریک، ۱۹۹۶).

روش آموزش شبکه در این پژوهش روش آموزش دسته ای است. شیب‌های محاسبه شده برای هر ورودی با هم جمع می‌شوند تا در نهایت میزان وزن و بایاس‌ها از طریق آن به روز شوند. تابع آموزش مورد استفاده در این پژوهش الگوریتم لونیبرگ مارکودت ۱ (LM) است. این روش سعی در کاهش محاسبات با استفاده از عدم محاسبه ماتریس هسین ۲ دارد. به عبارت دیگر هدف از این روش، اضافه کردن یک ماتریس مثبت به ماتریس هسین به گونه‌ای است که ماتریس حاصل معکوس پذیر باشد. زمانی که تابع کارآیی به صورت مجموع مربعات باشد از تقریب زیر برای محاسبه ماتریس هسین استفاده می‌کند:

$$X_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (6)$$

زمانی که مقدار عددی  $\mu$  صفر باشد این تابع تبدیل به یک روش نیوتن برای تقریب ماتریس هسین می‌شود. زمانی که  $\mu$  یک عدد بزرگ باشد این تبدیل به روش شیب توام با گام کوچک می‌شود. بنابراین  $\mu$  پس از هر گام موفق کاهش می‌یابد (گام موفق یعنی کاهش تابع کارآیی) و فقط زمانی افزایش می‌یابد که گام آزمایشی تابع کارآیی را افزایش دهد. به این ترتیب تابع کارآیی همیشه در هر تکرار کاهش می‌یابد. با بهره‌گیری از این روش سرعت محاسبات افزایش یافته، گرادیان خطا به حداقل رسیده و در عین حال حجم محاسبات و حافظه مورد نیاز در محاسبات کاهش می‌یابد (اسکویی، ۱۳۸۱). یک حسن روش LM این است که در آن نیازی به تعیین نرخ یادگیری از ابتدا نیست و الگوریتم قادر است نرخ یادگیری را به صورت تطبیقی تغییر دهد (طاهری، ۱۳۸۴). با توجه به ابزار کاربردی این پژوهش، درصد همگرایی و میانگین خطای هر ایستگاه با توابع انتقال مختلف و تعداد نورون‌های متغیر لایه میانی تخمین زده شده است.

#### ۴- نتایج

۱- مقادیر عددی برابر با ۰.۵ در بردار هدف، دارای میانگین دمای صفر در روزهای وقوع یخبندان هستند. هرچه مقادیر ذکر شده در بردار هدف، به عدد صفر نزدیک شود احتمال وقوع یخبندان هم کاهش می‌یابد و هرچه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر شود احتمال وقوع یخبندان هم افزایش می‌یابد.

۲- براساس میانگین‌های دمایی، بازه‌ی یخبندان (دمای زیر صفر) در اسلام‌آباد غرب از ۲۱ نوامبر آغاز و تا ۱۹ مارس ادامه دارد. احتمال وقوع یخبندان در این ایستگاه در تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه به حداکثر می‌رسد که به ازای هر ۵ روز احتمال وقوع ۴.۲۸ روز یخبندان وجود دارد. در این میان، تاریخ ۱۰ تا ۱۴ مارس از کم‌ترین احتمال وقوع یخبندان برخوردار است، یعنی ۲.۴۵ به ازای هر ۵ روز. در این ایستگاه احتمال بروز یخبندان‌های دیررس از یخبندان‌های زودرس بیشتر بوده و برابر ۱۵.۲ (از ۲۰ تا ۲۹ مارس) نسبت به ۱.۸۵ می‌باشد (از ۱۱ تا ۲۰ نوامبر).

۳- در ایستگاه کنگاور، بازه‌ی یخبندان همچون اسلام‌آباد غرب، از ۲۱ نوامبر آغاز و در بازه‌ی زمانی کم‌تر تا ۹ مارس ادامه دارد. احتمال وقوع یخبندان در این ایستگاه در تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه با شدتی بیش‌تر نسبت به ایستگاه‌های دیگر یعنی ۴.۵ روز به ازای هر ۵ روز به حداکثر می‌رسد. در کنگاور ۱ تا ۵ دسامبر با ۲.۶ روز از پایین‌ترین احتمال برای وقوع یخبندان برخوردار است. احتمال وقوع یخبندان زودرس از یخبندان دیررس بیش‌تر بوده که دارای مقادیر ۴.۲ (از ۶ تا ۱۵ نوامبر) در مقابل ۲.۱۲ (از ۱۰ تا ۱۹ مارس) است. لازم به ذکر

<sup>1</sup>- Levenberg markurdt

<sup>2</sup>- Hessian

است که بازه‌ی یخبندان در دو ایستگاه اسلام‌آباد غرب و کنگاور به صورت پیوسته بوده و تنها در الگوی ۶ تا ۱۰ دسامبر دچار وقفه شده است.

۴- در ایستگاه کرمانشاه، بازه یخبندان دارای انقطاع بوده، اما آغاز آن را می‌توان ۲۶ نوامبر در نظر گرفت؛ سپس با یک وقفه ۱۵ روزه از ۱۶ دسامبر آغاز و تا ۲۸ فوریه ادامه یافته است. احتمال وقوع یخبندان در این ایستگاه هم‌چون دو ایستگاه دیگر در تاریخ ۲۰ تا ۲۴ ژانویه به حداکثر می‌رسد با مقدار ۴.۱۵ روز به ازای هر ۵ روز. ۲۶ تا ۳۰ نوامبر در کرمانشاه از کم‌ترین احتمال وقوع یخبندان برخوردار است. در این ایستگاه احتمال وقوع یخبندان دیررس از یخبندان زودرس بیش‌تر بوده با ۲.۰۵ برای دیررس (۲۹ فوریه تا ۲۴ مارس) در مقابل ۱.۶۲ برای زودرس (۱۶ تا ۲۵ نوامبر).

۵- در ایستگاه روانسر، بازه‌ی یخبندان از تاریخ ۲۱ دسامبر آغاز می‌شود که نسبت به ۳ ایستگاه پیشین از تاخیر زمانی بین ۲۰ روز تا ۱ ماه برخوردار است. این بازه تا ۲۸ فوریه به صورت پیوسته ادامه دارد. احتمال وقوع یخبندان در این ایستگاه هم در ۲۰ تا ۲۴ ژانویه به حداکثر می‌رسد با مقدار ۴.۴ روز و در تاریخ ۵ تا ۹ ژانویه هم با ۲.۶ روز دارای کم‌ترین مقدار است. احتمال وقوع یخبندان زودرس در این ایستگاه ۱.۸۲ (۲۶ نوامبر تا ۲۰ دسامبر) روز بوده در مقابل ۱.۶۸ روز برای یخبندان دیررس (۲۹ فوریه تا ۱۹ مارس).

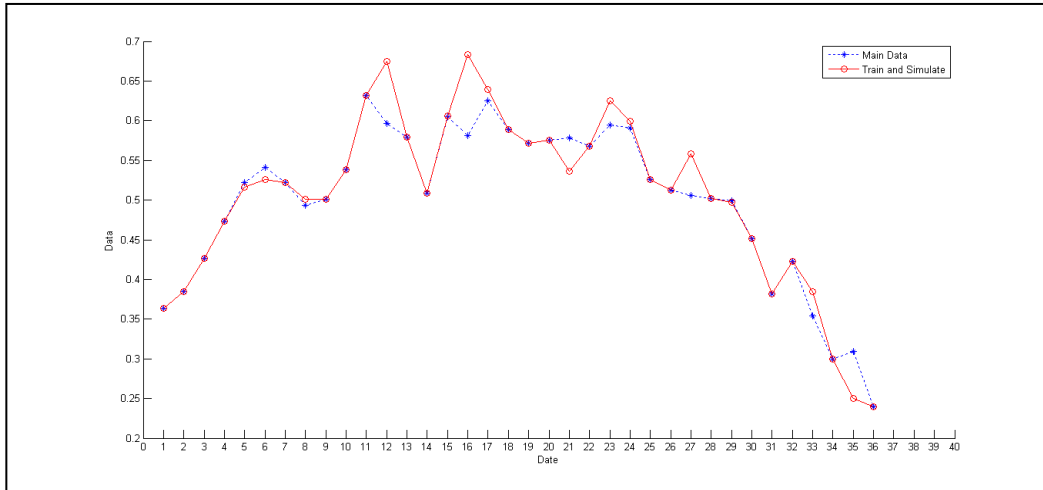
۶- در ایستگاه سرپل‌ذهاب، یخبندان دارای هیچ بازه‌ی نبوده و در مطلوب‌ترین شرایط احتمال وقوع یخبندان به تقریباً یک روز به ازای هر ۵ روز رسیده است که مربوط به تاریخ ۴ تا ۸ فوریه است. در ۲۵ تا ۲۹ ژانویه بردار هدف مقدار ۰.۴۱ را نشان می‌دهد که احتمال وقوع یخبندان در این الگو ۰.۸۵ روز به ازای هر ۵ روز بوده است.

۷- در بین کلیه ایستگاه‌های استان، اسلام‌آباد غرب از بازه‌ی زمانی طولانی‌تری برخوردار است و ایستگاه روانسر هم دارای کوتاه‌ترین بازه‌ی یخبندان است. در این میان ایستگاه کنگاور از شدت یخبندان و میانگین روزهای یخبندان بیش‌تری برخوردار است. این امر به نوعی می‌تواند تداعی‌کننده شرایط محلی این ایستگاه، چون ارتفاع ایستگاه و شرایط توپوگرافیکی باشد. ایستگاه سرپل‌ذهاب هم کم‌ترین شدت یخبندان و میانگین روزهای یخبندان کم‌تری را در بین ایستگاه‌ها دارا می‌باشد.

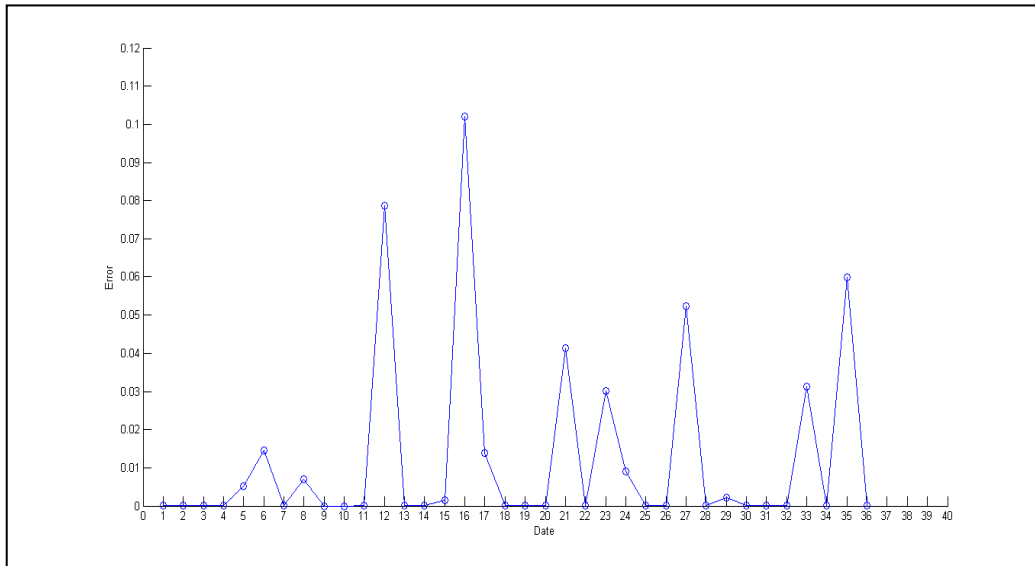
با استفاده از روش سعی و خطا و کاربرد توابع انتقال مختلف و تغییر تعداد نورون‌های لایه‌ی میانی، به تخمین میزان همگرایی شرایط موجود (بردار ورودی) با بردار هدف پرداخته شد که نتایج آن در جدول و شکل‌های زیر قابل مشاهده است. جدول ۲ خصوصیات شبکه و درصد همگرایی و میانگین خطای هر ایستگاه را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲: خصوصیات شبکه، میانگین خطا و درصد همگرایی

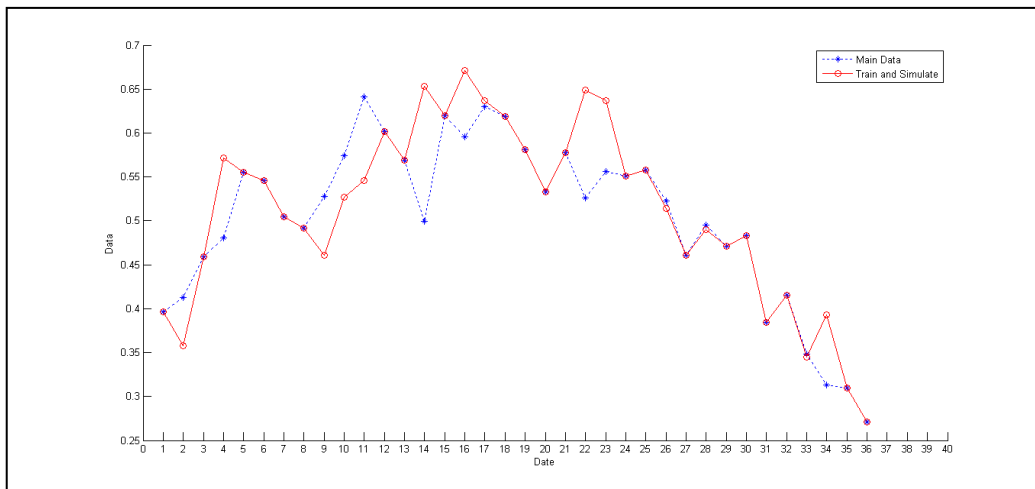
نام ایستگاه	تعداد نرون‌های لایه میانی مخفی	تابع انتقال	میانگین خطا	درصد همگرایی
اسلام‌آباد غرب	۲۶	<i>satlins</i>	۰.۰۱۲۴۵۸	۷۵
کنگاور	۵۰	<i>logsig</i>	۰.۰۲۴۸۳۵	۷۲.۲۲
کرمانشاه	۲۸	<i>logsig</i>	۰.۰۱۸۲۳۴	۷۲.۲۲
سرپل‌ذهاب	۳۲	<i>satlin</i>	۰.۰۱۴۰۳۰	۷۷.۷۷
روانسر	۲۶	<i>satlin</i>	۰.۰۱۱۸۱۸	۸۰.۵۵



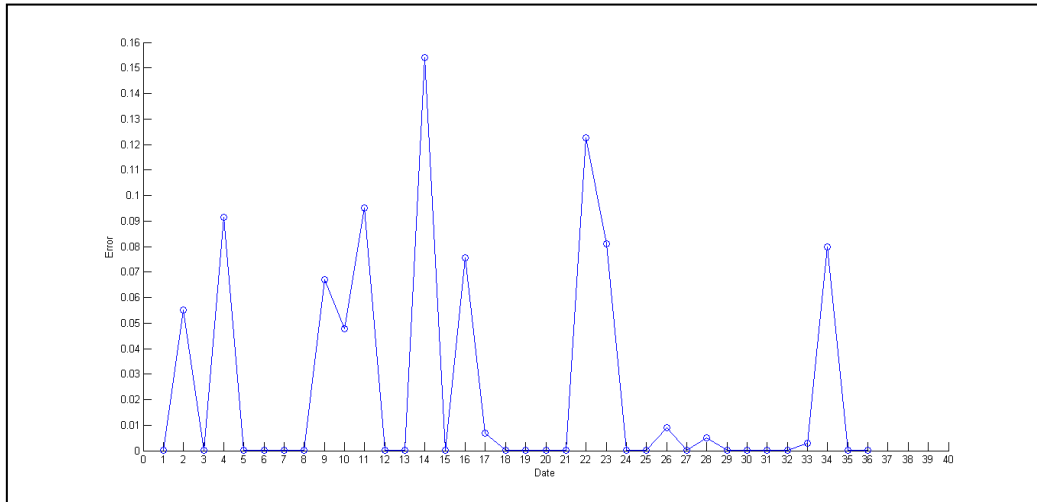
شکل شماره ۱: درصد همگرایی در ایستگاه اسلام آباد غرب (۰.۷۵٪)



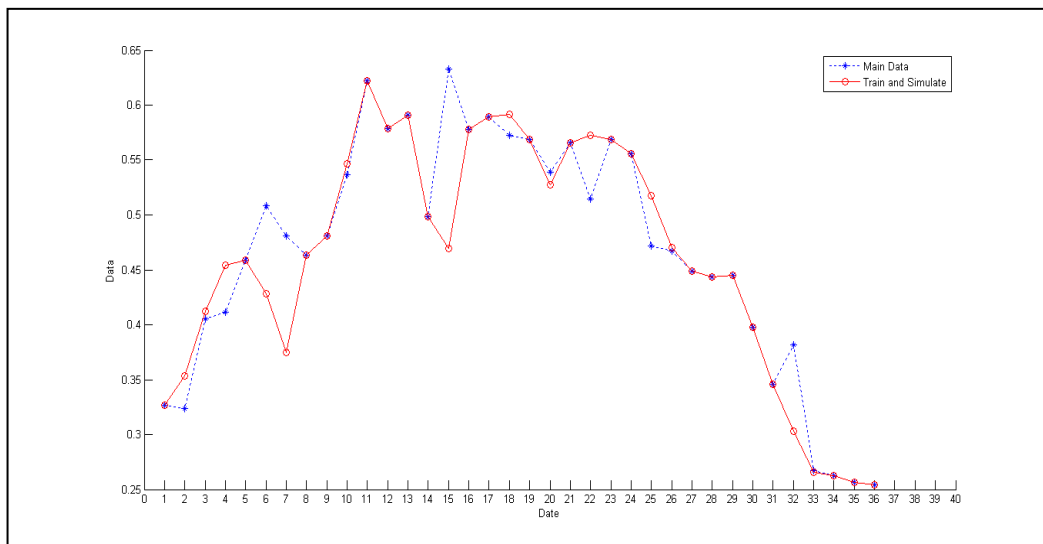
شکل شماره ۲: میزان خطا در ایستگاه اسلام آباد غرب



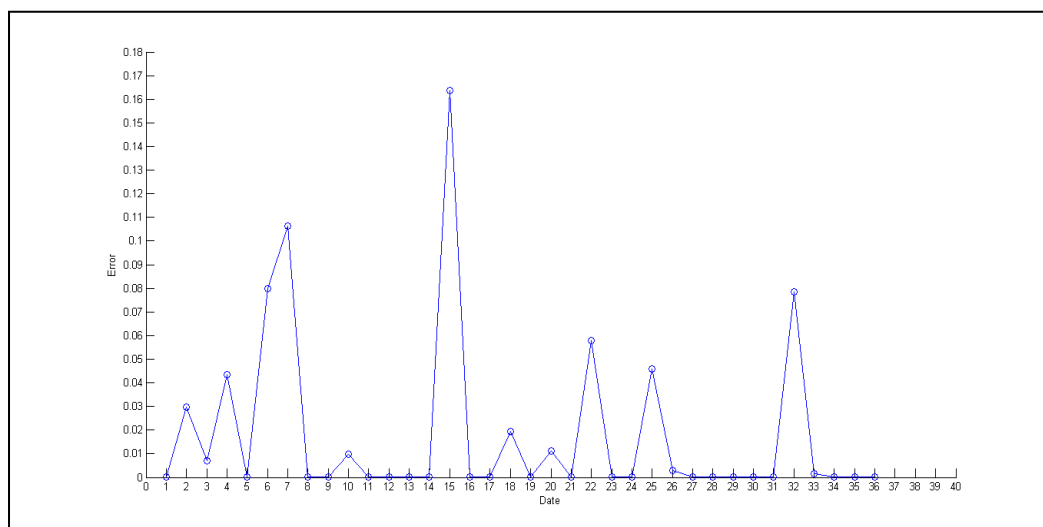
شکل شماره ۳: درصد همگرایی در ایستگاه کنگاور (۰.۷۲.۲۲٪)



شکل شماره ۴ : میزان خطا در ایستگاه کنگاور

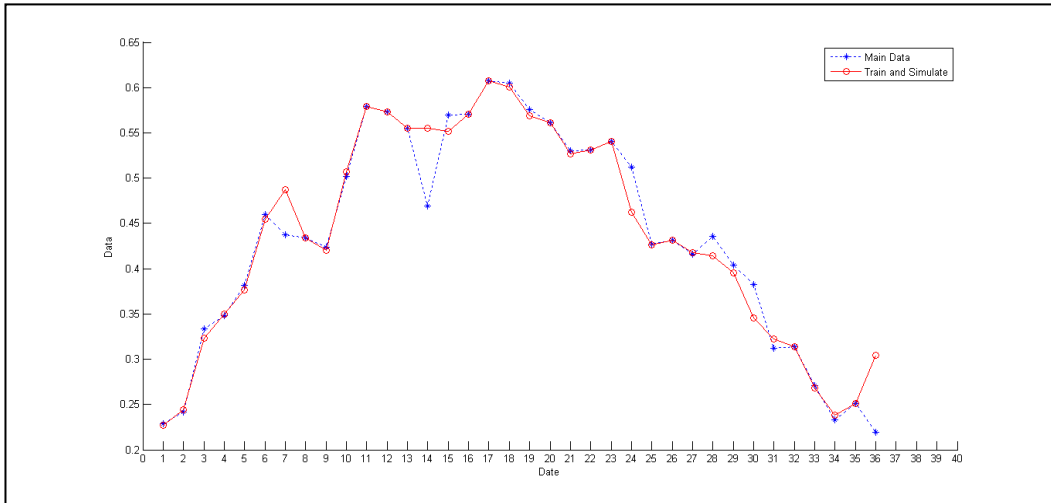


شکل شماره ۵ : درصد همگرایی در ایستگاه کرمانشاه (۷۲.۲۲٪)

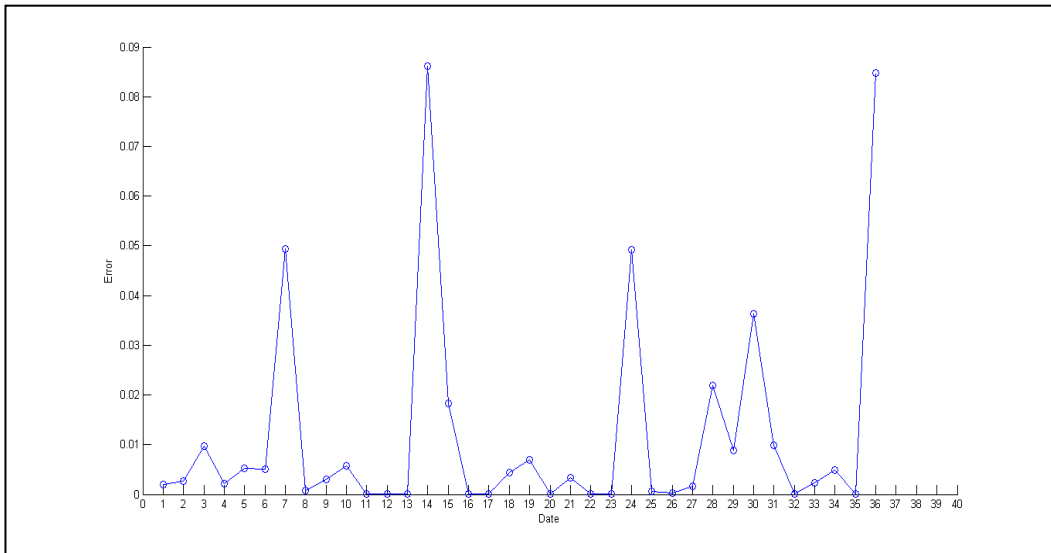


شکل شماره ۶ : میزان خطا در ایستگاه کرمانشاه

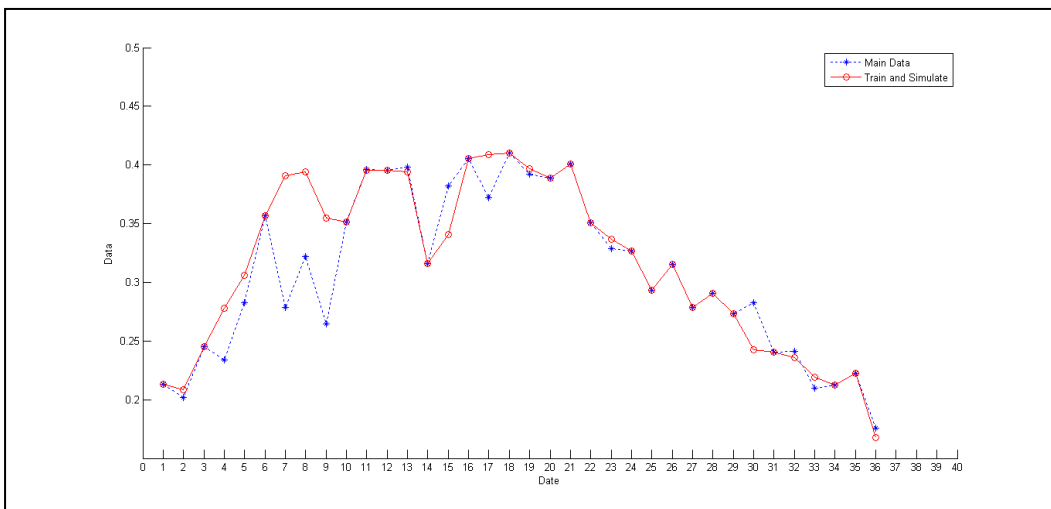




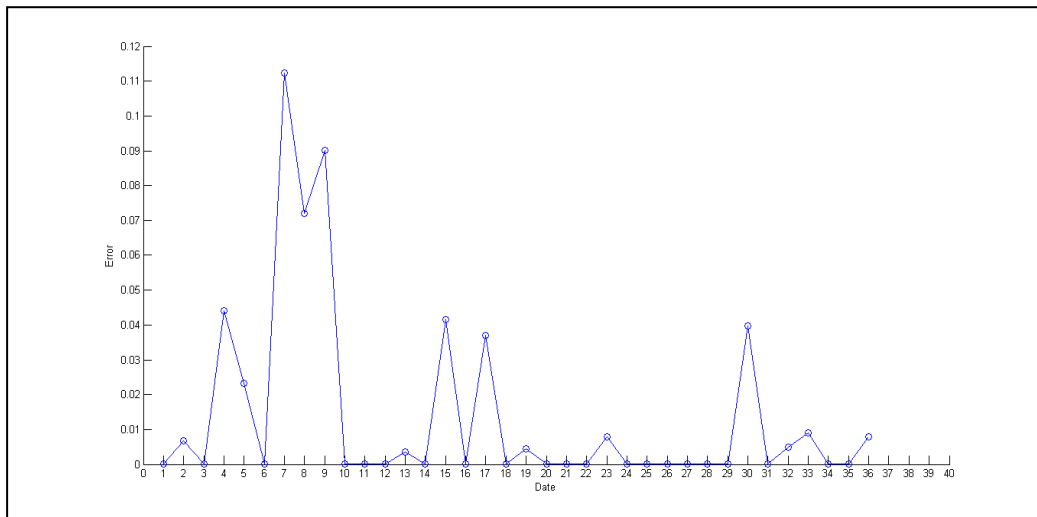
شکل شماره ۷: درصد همگرایی در ایستگاه روانسر (۰.۷۷.۷۷٪)



شکل شماره ۸: میزان خطا در ایستگاه روانسر



شکل شماره ۹: درصد همگرایی در ایستگاه سرپل ذهاب (۰.۸۰.۵۵٪)



شکل شماره ۱۰: میزان خطا در ایستگاه سرپل ذهاب

### ۵- نتیجه گیری

با انجام عملیات تخمین یخبندان ایستگاه‌های سینوپتیک استان کرمانشاه، با استفاده از شبکه عصبی Feed-Forward، با یک لایه میانی مخفی و الگوریتم آموزش انتشار برگشتی و روش آموزش Batch Training (آموزش دسته‌ای) و تعداد نوروں‌های متغیر لایه میانی مخفی و با توجه به درصد همگرایی و میانگین خطا در هر ایستگاه می‌توان نتایج زیر را تایید نمود:

۱- با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت که روش شبکه‌های عصبی مصنوعی توانایی مطلوبی در پیش‌بینی بازه‌های یخبندان دارند. در این مطالعه بین ۷۲.۲۲ تا ۸۰.۵۵ درصد بین خروجی و بردار هدف همگرایی وجود دارد که با توجه به محدودیت تعداد ورودی‌ها می‌توان آن را قابل قبول تلقی کرد. با افزایش تعداد ورودی‌ها بر کارکرد و توانایی شبکه هم افزوده خواهد شد. هم‌چنین با نظر به آزمون‌های انجام شده و استفاده از روش‌های مختلف می‌توان گفت که تعیین نوع بهینه‌ی شبکه‌های عصبی تأثیر زیادی در انجام عمل پیش‌بینی دارد. در این مطالعه بهترین شبکه جهت برآورد مناسب از یخبندان‌ها، شبکه Feed-Forward با روش یادگیری پس انتشار، تشخیص داده شد.

۲- یخبندان در شرق استان نسبت به غرب آن زودتر آغاز می‌شود.

۳- بازه‌ی یخبندان در ایستگاه اسلام‌آباد، نسبت به دیگر ایستگاه‌ها، طولانی‌تر خواهد بود.

۴- شدت وقوع و میانگین روزهای یخبندان در ایستگاه کنگاور، نسبت به دیگر ایستگاه‌ها بیش‌تر خواهد بود. این امر را می‌توان تداعی‌کننده‌ی شرایط محلی این ایستگاه، چون ارتفاع و شرایط توپوگرافیکی آن دانست.

۵- بازه‌ی یخبندان در شرق استان در یک تاریخ ثابت و مشخص آغاز می‌شود که می‌توان این امر را تحت تأثیر یک عامل اقلیمی در سطح منطقه دانست.

۶- ایستگاه سرپل ذهاب از پایین‌ترین مقادیر روزهای یخبندان برخوردار است.

در رابطه با وقوع یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهار هر یک از ایستگاه‌ها دارای شرایط زیر می‌باشند:

جدول شماره ۳: تاریخ و احتمال وقوع یخبندان‌های زودرس و دیررس در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	تاریخ وقوع زودرس‌ها	احتمال وقوع به ازای هر روز	تاریخ وقوع دیررس‌ها	احتمال وقوع به ازای هر روز
اسلام آباد	۱۱ تا ۲۰ نوامبر	۱.۸۵	۲۰ تا ۲۹ مارس	۲.۱۵
کنگاور	۶ تا ۱۵ نوامبر	۲.۴	۱۰ تا ۱۹ مارس	۲.۱۵
کرمانشاه	۱۶ تا ۲۵ نوامبر	۱.۶۲	۲۹ فوریه تا ۲۴ مارس	۲.۰۵
روانسر	۲۶ نوامبر تا ۲۰ دسامبر	۱.۸۲	۲۹ فوریه تا ۱۹ مارس	۱.۶۸
سرپل	ندارد	*	ندارد	*

ایستگاه سرپل ذهاب دارای هیچ بازه‌ی یخبندانی نبوده و شرایط دمایی کاملاً متفاوتی با دیگر ایستگاه‌های استان دارد. این امر را تا حد زیادی می‌توان به کاهش ارتفاع منطقه به سمت غرب نسبت داد که از ارتفاع ۱۴۶۰ متر در کنگاور به ارتفاع ۵۴۵ متر در این ایستگاه می‌رسد.

۸- بیشترین احتمال وقوع یخبندان در چهار ایستگاه اسلام آباد غرب، کنگاور، کرمانشاه و روانسر در بازه زمانی ۲۰ تا ۲۴ ژانویه خواهد بود.

۹- حداقل احتمال وقوع یخبندان در بازه‌های یخبندان در ایستگاه اسلام آباد غرب، ۱۵ تا ۱۹ مارس، کنگاور، ۱ تا ۵ دسامبر، کرمانشاه، ۲۶ تا ۳۰ نوامبر و روانسر، ۱۶ تا ۲۰ دسامبر خواهد بود.

## ۶- فهرست منابع

- (۱) براتی، غلامرضا (۱۳۷۵)؛ طراحی و پیش‌بینی الگوهای سینوپتیک یخبندان‌های بهاره ایران، رساله‌ی دکتری اقلیم‌شناسی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- (۲) تاکامی محمدی، سید محسن (۱۳۸۴)؛ روش‌های پیش‌پردازش داده‌ها و تشخیص الگو، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین توسی.
- (۳) خلجی، مهدی (۱۳۸۰)؛ پیش‌بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی در استان چهارمحال و بختیاری، فصل‌نامه نهال و بذر، جلد ۱۷ شماره ۲.
- (۴) صیادی، امید (۱۳۸۷)؛ آشنایی مقدماتی با شبکه‌های عصبی مصنوعی، تهران: دانشگاه صنعتی شریف.
- (۵) طاهری، داور و سیدصالحی، سید علی (۱۳۸۴)؛ مقایسه روش‌های مبتنی بر گرادیان به منظور تعلیم شبکه‌های عصبی مصنوعی با سیناپس پویا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- (۶) سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸۸)؛ آمار داده‌های خام روزانه دما ایستگاه‌های سینوپتیک استان کرمانشاه.
- (۷) عزیزی، قاسم (۱۳۸۳)؛ ارزیابی سینوپتیکی یخبندان‌های فراگیر بهاری در نیمه غرب ایران، فصل‌نامه‌ی مدرس، بهار ۱۳۸۳، شماره ۳۲.
- (۸) علیجانی، بهلول و غلامرضا براتی (۱۳۷۵)؛ تحلیل سینوپتیک یخبندان بهار ۱۳۶۶، فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۰.
- (۹) علیجانی، بهلول (۱۳۷۴)؛ آب و هوای ایران، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
- (۱۰) کیا، مصطفی (۱۳۸۷)؛ شبکه‌های عصبی در مطلب، تهران: انتشارات کیان.
- (۱۱) مجردقره‌باغ، فیروز (۱۳۷۷)؛ تحلیل و پیش‌بینی یخبندان در آذربایجان، رساله‌ی دکتری اقلیم‌شناسی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- (۱۲) منهای، محمد باقر (۱۳۷۹)؛ هوش محاسباتی جلد اول مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- (۱۳) نوحی، صحرائیان، پدرام و صداقت کار، عبدالله (۱۳۸۷)؛ تعیین طول دوره بدون یخبندان با استفاده از تاریخ‌های آغاز و خاتمه یخبندان فرارفتی و تابشی در نواحی زنجان، قزوین و تهران، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۶، ۱۳۸۷.
- (14) Aiming Wu, William W. Hsieh, Benyang Tang (2006), *Neural network forecasts of the tropical pacific sea surface temperatures*, Department of Earth and Ocean Sciences, University of British Columbia, 6339 Stores Road, Vancouver, BC, Canada V6T 1Z4b Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, USA.
- (15) Ali Rahimikhoob (2009), *Estimating global solar radiation using artificial neural network and air temperature data in a semi-arid environment*, Irrigation and Drainage Engineering Department, College of Abouraiham, University of Tehran, Iran.
- (16) Ben Krose, Patrick van der Smagt (1996), *An introduction to Neural Network*.
- (17) Brian A. Smith, Gerrit Hoogenboom, Ronald W. McClendon, (2009), *Artificial neural networks for automated year-round temperature prediction*, Computer and Electronics in Agriculture.

- (18) G.B. Sahoo, S.G. Schladow, J.E Reuter (2008), *Forecasting stream water temperature using regression analysis, artificial neural network, and chaotic non-linear dynamic models*, journal of hydrology.
- (19) Imran Tasadduq, Shafiqur Rehman, Khaled Bubshait (2001), *Application of neural networks for the prediction of hourly mean surface temperatures in Saudi Arabia*.
- (20) Omer Altan Dombayc, Mustafa Golcu (2008), *Daily means ambient temperature prediction using artificial neural network method: A case study of Turkey*.
- (21) Shafiqur Rehman, Mohamad Mohandes (2007), *Artificial neural network estimating of global solar radiation using air temperature and relative humidity*. Energy policy 36, 571-576.