اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

پیش بینی پارامترهای هواشناسی توسط تلفیق سیستم های هوشمند و سامانه اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی (استان لرستان)

علی صمدی رحیم[۱*]، فاطمه یوسفوند[۲]، محبوبه یونسی[۳]، حجت الله یونسی[۴]

۱- دانشجوی دکتری سازه های آبی، دانشگاه لرستان
۲- کارشناس ارشد سازه های آبی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشجوی دکتری مدیریت منابع آب، دانشگاه بوعلی سینا همدان
۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان

چکیده :

پیش بینی دما بعنوان یکی از مهم ترین پارامترهای اقلیمی در حوزه های مختلف مدیریت منابع آب، خشکسالی ها، مطالعات زیست محیطی، خطر سیلاب، و غیره از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مدل پرسپترون چندلایه (*MLP*) یکی از پرکاربردترین مدل های شبکه های عصبی مصنوعی در زمینه پیش‌بینی عناصر جوی و اقلیمی می باشد. در این تحقیق، با استفاده از اطلاعات معدل حداکثر دمای سالانه بعنوان ورودی شبکه پرسپترون چندلایه، میانگین دمای سالانه در ۵ ایستگاه سینوپتیک استان لرستان پیش بینی شد. پارامترهای مذکور سال های آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۲ را شامل می شوند. بدین منظور از امکانات و توابع موجود در محیط نرم افزار نروسولوشن استفاده شد و برای هر ایستگاه مدل های مختلفی طراحی گردید. ارزیابی عملکرد مدل توسط معیارهای آماری از جمله ضریب همبستگی، میانگین درصد خطا، میانگین مربعات خطا، میانگین مطلق خطا، ضریب تبیین و مجذور میانگین مربعات خطا تعیین شد. بعلت اینکه پیش بینی ها در ایستگاه ها صورت می گیرد در نهایت جهت مدلسازی مکانی متوسط دمای سالانه در محدوده مورد مطالعه، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) استفاده شد. نتایج نشان دهنده کارآیی مناسب و قابل قبول شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی میانگین دمای سالانه می باشد. بطوریکه متوسط ضریب تبیین برابر ۰/۹۵ و متوسط میانگین مربعات خطای مدل برابر با ۰/۲۹ درصد است. بدین ترتیب می توان با استفاده از این روش پارامترهای دمایی را بصورت قابل قبولی پیش بینی و مدلسازی نمود

واژه‌های کلیدی : پیش بینی دما، استان لرستان، مدل پرسپترون چندلایه، سامانه اطلاعات جغرافیایی

نویسنده مکاتبه کننده : علی صمدی رحیم
آدرس پستی : لرستان- شهرستان خرم آباد- بلوار ولیعصر- جنب بانک ملی- ابتدای خیابان نیما- کدپستی: ۶۸۱۶۸۷۳۴۸۳
تلفن : ۰۹۱۹۲۵۸۳۰۹۴
آدرس پست الکترونیک : alisamadirahim@yahoo.com

۱- مقدمه

دما در کنار بارش از مهم ترین عناصر اقلیمی محسوب می شود که در تعیین و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی مؤثر است. همچنین این پارامتر از عوامل اساسی در پهنه بندی و طبقه بندی اقلیمی محسوب می گردد، لذا نوسانات و تغییرات دما دارای اهمیت بالایی است و عواملی همچون رطوبت، سرعت باد، ارتفاع، دوری و نزدیکی به سواحل و دریا در تغییرات آن نقش دارند. از طرفی تغییرات مکانی متغیرهای هواشناسی از جمله دما و بارش در بسیاری از مطالعات هواشناسی و آبشناسی مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن به علت نداشتن شبکه کامل ایستگاه های اندازه گیری در تمام محدوده مورد نظر، برآورد پارامترهای مذکور برای مناطق بین ایستگاه ها بسیار حائز اهمیت می باشد. امروزه با پیشرفت تکنولوژی و ابداع روش های هوشمند در علوم مختلف، ضرورت استفاده از این روش ها مطرح می گردد. یکی از این روش های هوشمند، شبکه های عصبی مصنوعی هستند که توانایی زیادی در مدلسازی و پیش بینی عناصر جوی و اقلیمی دارند. این شبکه ها با استفاده از مجموعه ورودی و خروجی، روابط بین آن ها را تخمین زده و اصطلاحاً آموزش می بینند، به نحوی که پس از آن به ازای یک المان جدید از مجموعه ورودی، خروجی متناظر با آن را تقریب می زنند[۱]. جین[1] (۲۰۰۳) به منظور توسعه یک سیستم هشدار مرتبط با یخبندان، دمای هوا را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی نمود[۲]. رحمان[2] و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی تابش خورشیدی را با استفاده از پارامترهای دما و رطوبت نسبی بعنوان ورودی شبکه، برآورد کردند[۳]. سنکال[3] و همکاران (۲۰۰۹)، با تلفیق شبکه های عصبی مصنوعی و داده های ماهواره ای، میزان تابش خورشید را در کشور ترکیه پیش بینی کردند[۴]. جهانبخش اصل و باباپور (۱۳۸۲)، با بکارگیری مدل آریما[4]، متوسط دمای ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز را تا سال ۲۰۱۰ در سطح اعتماد ۹۵٪ پیش بینی کردند[۵]. علیجانی و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، با استفاده از روش رگرسیون خطی و شبکه های عصبی مصنوعی به مقایسه و پیش بینی تغییرات دمای سالانه شهر تبریز پرداختند[۶]. رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۶) با بهره گیری از مدل شبکه های عصبی مصنوعی، دقت پیش بینی دمای حداکثر هوای استان خوزستان را مورد مطالعه قرار داد، و نشان داد که مدل با ساختار ۶ نرون در لایه ورودی و ۱۹ نرون در لایه پنهان، بهترین ساختار می باشد[۷]. سیستم اطلاعات مکانی بعنوان یک ابزار توانمند و کارآمد در طراحی و ایجاد پایگاه اطلاعات پارامترهای جوی و اقلیمی معرفی می شود. از روش های مدلسازی مکانی پارامترهای جوی و اقلیمی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی[5] (*GIS*) می توان به مطالعات یونال[6] و همکاران (۲۰۰۳)، کاررا هرناندز و گاسکین[7] (۲۰۰۷)، ژو[8] و همکاران (۲۰۰۷)، مسعودیان (۱۳۸۲)، امام هادی و علیجانی (۱۳۸۳)، مسعودیان و عطایی (۱۳۸۴)، اشاره نمود[۸،۹،۱۰،۱۱،۱۲،۱۳].

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده های مورد استفاده

محدوه مورد مطالعه در استان لرستان واقع شده و شامل طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی است، بطوریکه مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۱۰۴ کیلومترمربع می باشد. در این تحقیق از داده های معدل حداکثر دما و میانگین دمای سالانه ایستگاه های هواشناسی خرم آباد، بروجرد، دورود، ازنا و سیلاخور طی دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۹۲ استفاده شده است.

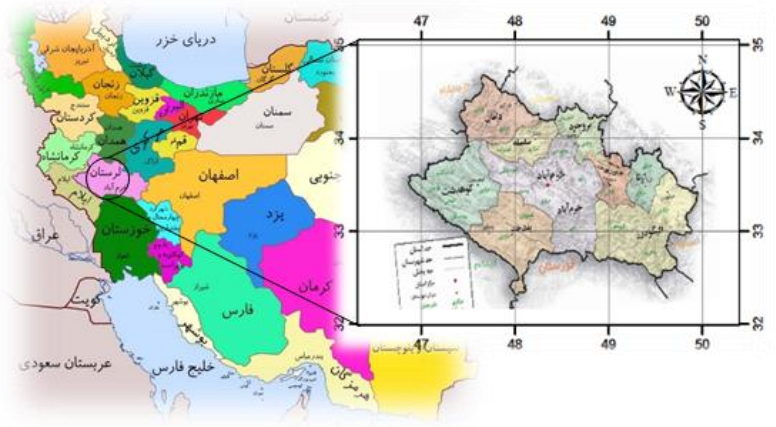
---

[1]- *Jain*
[2]- *Rehman*
[3]- *Senkal*
[4]- *Arima*
[5]- *Geographic Information System (GIS)*
[6]- *Unal*
[7]- *Carrere-Hernandez & Gaskin*
[8]- *Zhou*

قبل از تجزیه و تحلیل داده ها، کمبودهای آماری برخی ایستگاه ها بازسازی شد. همچنین به منظور اطمینان از همگنی داده ها، از آزمون توالی یا ران تست[9] استفاده گردید [۱۴]. در شکل ۱ محدوه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه های هواشناسی مذکور نمایش داده شده است.

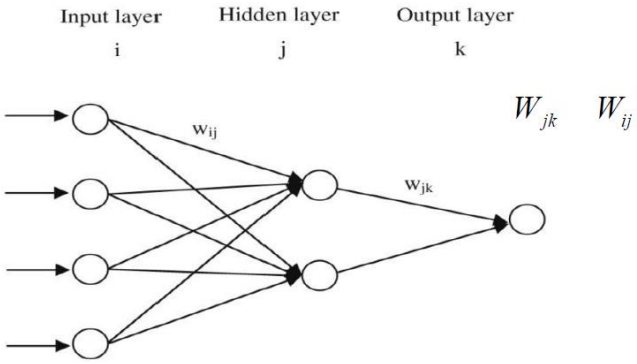
۲-۲- شبکه عصبی پرسپترون چندلایه۱۰ (MLP)

شبکه مورد استفاده، شبکه پرسپترون چندلایه است که از شبکه های پیشخور[11] محسوب می شود. در این نوع شبکه ها اطلاعات تنها در یک جهت به سمت جلو حرکت می نماید و از طریق نرون های ورودی به نرون های لایه های مخفی و پس از آن به نرون های لایه خروجی انتقال می یابند. شکل ۲ یک شبکه عصبی سه لایه شامل i و j و k با اتصال دهنده های میانی وزنی W_{ij} و W_{jk} بین نرون ها را نشان می دهد. اساساً ایجاد ساختار مناسب شبکه در یک مساله، توسط سه مرحله تثبیت ساختار، آموزش شبکه و کنترل شبکه انجام می گیرد [۱۵]. در این تحقیق به منظور مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی از نرم افزار نروسولوشن[12] نسخه ۵ استفاده گردیده است. بطوریکه ۷۰ درصد از داده ها بعنوان داده های آموزش[13]، ۲۰ درصد داده ها بعنوان داده های تست[14] و ۱۰ درصد آن ها به منظور اعتبارسنجی[15] مدل انتخاب شدند. جدول ۱ خلاصه ای از توابع و تعداد نرون های بکار گرفته شده در نرم افزار نروسولوشن را فهرست کرده است. در تمامی مدل های استفاده شده، یک لایه پنهان بکار رفته و تابع محرک در لایه پنهان و لایه خروجی یکسان می باشد. همچنین تعداد تکرارها در هر بار اجرای مدل برابر با ۱۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. بدین ترتیب برای هر ایستگاه هواشناسی ۵۰ مدل مختلف در نظر گرفته شد تا بتوان بهترین مدل را جهت پیش بینی پارامتر متوسط دمای سالانه در محدوده مورد نظر بکار گرفت.



شکل ۱: محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه های مورد استفاده

[9]- *Run Test*
[10]- *Multilayer Perceptron (MLP)*
[11]- *Feed-Forward*
[12]- *NeuroSolution 5*
[13]- *Training Data*
[14]- *Testing Data*
[15]- *Cross Validation*



شکل ۲: ساختار یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (سه لایه)

جدول ۱: مشخصات توابع و پارامترهای مورد استفاده در مدل های مختلف شبکه عصبی در نرم افزار نروسولوشن

تعداد نرون های مورد استفاده	تابع محرک	تابع آموزش
۴-۵۰	*TanhAxon*	*Momentum*
	SigmoidAxon	*Levenberg Marquardt*
	LinearTanhAxon	*Quick Prop*
	LinearSigmoidAxon	*Delta Bara Delta*

برای ورود داده ها به شبکه عصبی نیاز است، کلیه داده های ورودی به شبکه نرمال سازی شوند. نرمال سازی به این معنی است که پارامترهای ورودی شبکه بین صفر و یک قرار بگیرند. در این صورت میزان خطا کاهش و سرعت محاسبات شبکه نیز افزایش می یابد. جهت نرمال سازی پارامترهای ورودی از فرمول زیر استفاده شده است:

$$y' = \frac{y_i - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، y_i پارامتر ورودی، y_{min} کمترین مقدار پارامتر y ، y_{max} بیشترین مقدار پارامتر y و y' نیز مقدار نرمال شده پارامتر ورودی y_i می باشد.

۲-۲-۱- ارزیابی مدل های شبکه عصبی مصنوعی

شاخص های اندازه گیری خطایی که در این تحقیق از آن ها استفاده شده است، شامل میانگین مربعات خطا (*MSE*)، مجذور میانگین مربعات خطا (*RMSE*)، میانگین مربعات خطای نرمال شده (*NMES*)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب همبستگی (R) می باشد:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x_i})^2 \qquad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x_i})^2} \quad (3)$$

$$NMSE = \frac{MSE}{V} \quad (4)$$

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(\hat{x_i} - \overline{\hat{x}})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(\hat{x_i} - \overline{\hat{x}})^2} \quad (5)$$

$$R = \sqrt{R^2} \quad (6)$$

که در روابط فوق n تعداد داده ها، x_i مقدار مشاهداتی، $\hat{x_i}$ مقدار برآورد شده توسط مدل، V واریانس خروجی مورد نظر، $\bar{q}$ و $\overline{\hat{q}}$ به ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی خروجی مدلسازی می باشند.

۲-۳- استفاده ار سامانه اطلاعات جغرافیایی

به فرآیند برآورد ارزش های کمی برای نقاط بدون داده به کمک اطلاعات نقاط مجاور و معلوم، درونیابی[16] می‌گویند[۱۶]. آنچه مسلم است شباهت نقاط مجهول به نزدیک ترین نقاط معلوم یا اصل نزدیک ترین همسایه مبنای توسعه تقریباً تمام روش های درونیابی می باشد. در یک دسته بندی کلی روش های درونیابی را می توان به دو دسته بزرگ تقسیم نمود: روش درونیابی جبری و قطعی، روش درونیابی زمین آماری. روش های زمین آمار توابع ریاضی و آماری را در درونیابی بکار می گیرند و برپایه ویژگی های آماری داده ها استوار می باشند. این تکنیک نقاط مجهول را براساس همبستگی بین نقاط اندازه گیری شده و ساختار فضایی آن ها پیش بینی می کند. در این مطالعه با جمع‌آوری داده های ایستگاه های هواشناسی خرم آباد، بروجرد، ازنا، دورود و سیلاخور در طول دوره آماری شاخص (۹۲-۱۳۵۰) و پیش بینی متوسط دمای سالانه ایستگاه های مذکور توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی به مدلسازی پارامتر متوسط دمای سالانه پرداخته شده است. سپس با بکارگیری داده های واقعی و پیش بینی شده، نقشه های دمایی محدوده مورد نظر با استفاده از نرم افزار *ArcGIS* و روش درونیابی زمین آماری ترسیم شده است.

۳- بحث و نتایج

همانطورکه ذکر گردید مقادیر متوسط دما در هریک از ایستگاه های هواشناسی خرم آباد، بروجرد، دورود، ازنا و سیلاخور با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه پیش بینی گردید. در هریک از ایستگاه های مذکور مدل مناسب با توجه به شاخص های ارزیابی عملکرد مدل که پیشتر بیان شدند از میان ۵۰ مدل تعریف شده انتخاب گردید. جدول ۲ مشخصات مدل پرسپترون چندلایه مناسب را برای هریک از ایستگاه های هواشناسی ارائه می کند. همچنین جدول ۳ مقادیر شاخص های ارزیابی عملکرد را در ۵ ایستگاه معرف نشان می دهد.

جدول ۲: مشخصات مدل پرسپترون چندلایه (MLP) منتخب برای هریک از ایستگاه های مورد مطالعه

ایستگاه	تعداد نرون لایه مخفی	تابع محرک	تابع آموزش

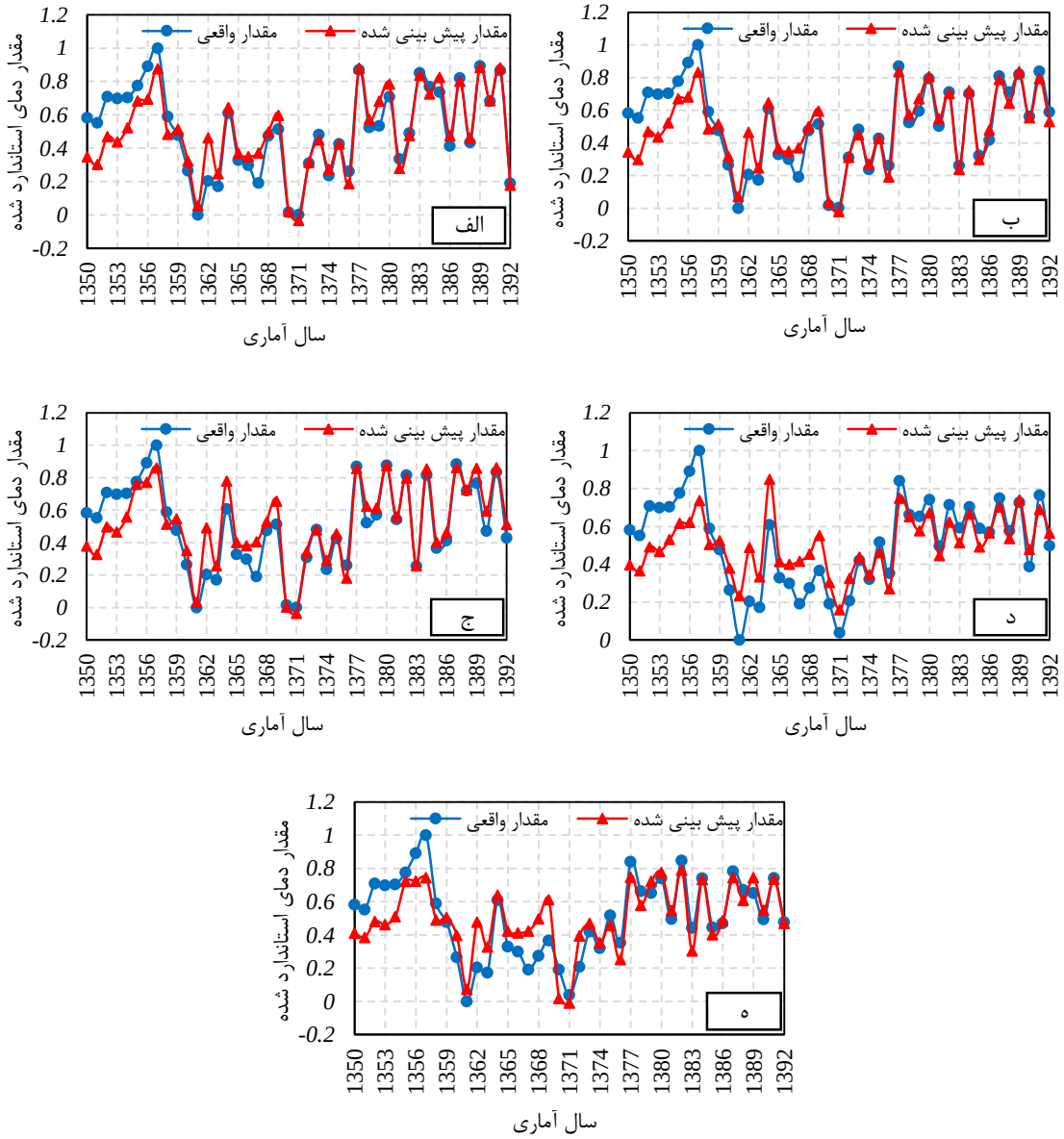
[16]- *Interpolation*

خرم آباد	۲۰	*SigmoidAxon*	*Momentum*
بروجرد	۱۰	*SigmoidAxon*	*Levenberg Marquardt*
دورود	۴	*SigmoidAxon*	*Levenberg Marquardt*
ازنا	۴	*SigmoidAxon*	*Levenberg Marquardt*
سیلاخور	۲۰	*LinearTanhAxon*	*Levenberg Marquardt*

جدول ۳: بررسی مقادیر شاخص های ارزیابی عملکرد مدل منتخب برای هریک از ایستگاه های مورد مطالعه

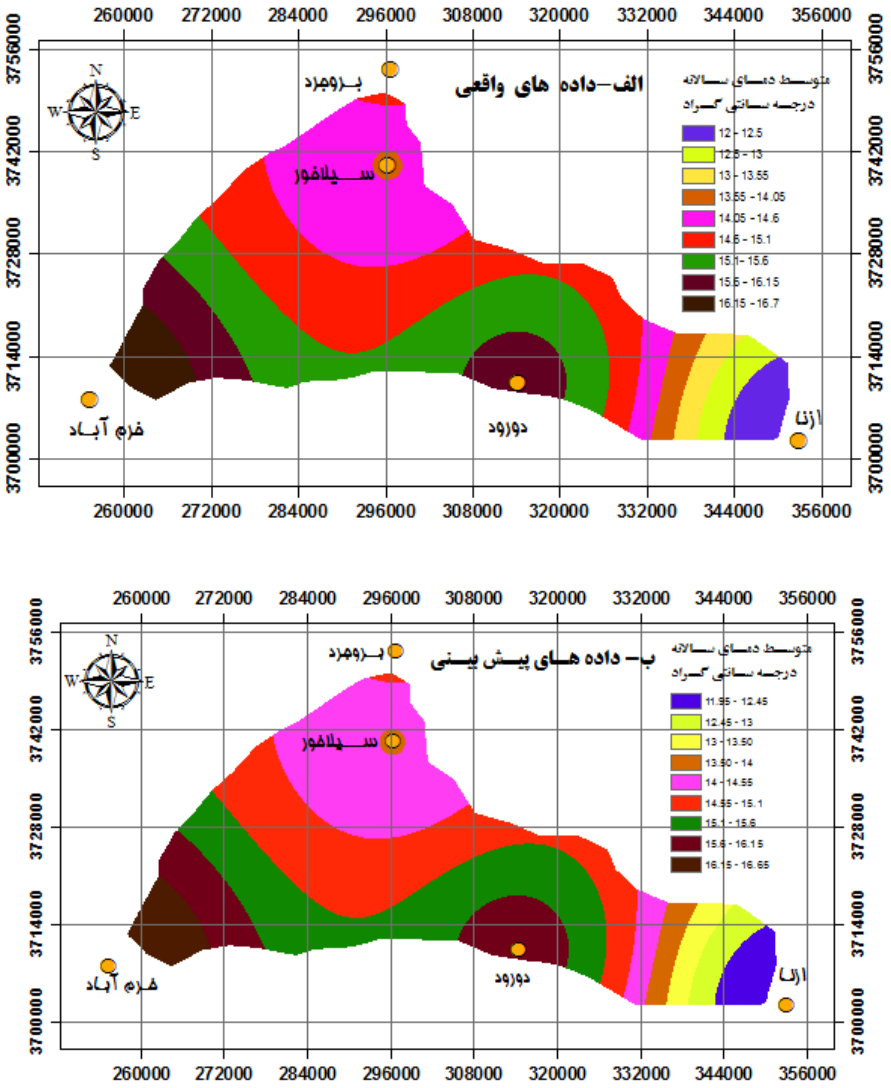
ایستگاه	داده های آموزش			داده های تست			داده های اعتبارسنجی		
	MSE	*NMSE*	*R*	*MSE*	*NMSE*	*R*	*MSE*	*NMSE*	*R*
خرم آباد	۰/۰۲۷۰	۰/۴۱۵۰	۰/۷۸۷	۰/۰۰۳۷	۰/۲۵۴۱	۰/۸۸۱	۰/۰۰۵۳	۰/۵۵۱۷	۰/۹۹۲
بروجرد	۰/۰۱۷۲	۰/۲۵۲۸	۰/۸۷۵	۰/۰۰۱۷	۰/۰۵۶۹	۰/۹۷۴	۰/۰۰۱۳	۰/۰۳۱۴	۰/۹۹۹
دورود	۰/۰۱۶۳	۰/۲۳۹۸	۰/۸۷۲	۰/۰۰۴۱	۰/۱۰۶۰	۰/۹۷۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۵	۰/۹۹۹
ازنا	۰/۰۱۶۹	۰/۲۴۹۷	۰/۸۷۱	۰/۰۰۲۷	۰/۰۷۷۶	۰/۹۶۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲۸	۰/۹۹۹
سیلاخور	۰/۰۲۴۱	۰/۳۷۰۹	۰/۷۹۵	۰/۰۰۲۲	۰/۱۳۲۴	۰/۹۳۴	۰/۰۱۰۶	۰/۳۷۴۷	۰/۸۲۲
مقدار متوسط	۰/۰۲۰۳	۰/۳۰۵۶	۰/۸۴۰	۰/۰۰۲۹	۰/۱۲۵۴	۰/۹۴۷	۰/۰۰۳۵	۰/۱۹۲۴	۰/۹۶۲

با توجه به جدول ۲ ملاحظه می گردد که در تمام ایستگاه ها به جز سیلاخور، تابع محرک سیگموئیدی نتیجه بهتری را بدست می دهد. همچنین تابع آموزش لونبرگ-مارکوارت بخوبی توانسته است داده های مربوط به این مدل ها را پیش بینی نماید. شکل ۳ مقایسه نتایج حاصل از پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی را در مقابل داده های واقعی برای ۵ ایستگاه مورد مطالعه نشان می دهد. همانطورکه مشاهده می گردد، مدل پرسپترون چندلایه در هریک از ایستگاه توانسته است با دقت مناسبی مقادیر متوسط دما را پیش بینی نماید.



شکل ۳: مقادیر متوسط دمای واقعی و پیش بینی شده استاندارد در هریک از ایستگاه ها- الف: ازنا، ب: بروجرد، ج: دورود،د: خرم آباد، ه: سیلاخور

با توجه به اینکه مقادیر خروجی از شبکه های عصبی مصنوعی بخوبی میزان متوسط دمای سالانه را پیش بینی می کنند حال می توان با استفاده از روش های درونیابی در محدوده مورد مطالعه با استفاده از ایستگاه های مورد بررسی، متوسط دمای سالانه را برآورد و سپس نقشه های مربوط به آن را برای کل منطقه تهیه نمود. در شکل ۴ نقشه متوسط دمای سالانه در محدوده مورد مطالعه براساس داده های واقعی و خروجی های حاصل از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، با استفاده از نرم افزار *ArcGIS* ترسیم شده است. با توجه به این نقشه ها می توان دریافت که بخوبی می توان پارامترهای جوی و اقلیمی را بصورت مکانی مدلسازی نمود. با توجه به شکل ۴، درصورت استفاده از داده های شبکه عصبی مصنوعی مقدار خطای نسبی برآورد متوسط دمای سالانه در مقایسه با داده های واقعی تقریباً ۰/۲ درصد می باشد.



شکل ۴: نقشه متوسط دمای سالانه محدوده مورد مطالعه براساس داده های واقعی و پیش بینی شده

الف: داده های واقعی، ب: داده های پیش بینی شده

۴- نتیجه گیری

استفاده از سیستم های هوشمند و مدلسازی مکانی پارامترهای جوی و اقلیمی در سال های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و مدیران در سطح دنیا قرار گرفته است. علت این امر سهولت بدست آوردن اطلاعات و تعیین دقیق پارامترهای جوی و اقلیمی جهت مدیریت های کلان می باشد. اهم دستاوردهای این تحقیق را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

- نرم افزار نروسولوشن بخوبی جهت پیش بینی متوسط دمای سالانه در ایستگاه های مورد مطالعه بکار گرفته شده است. تمام مدل ها توسط یک لایه پنهان طراحی شدند، و تعداد تکرارها در هر اجرا ۱۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شد.
- به نظر می رسد تابع محرک سیگموئیدی به همراه تابع آموزش لونبرگ-مارکوارت از برتری نسبی در میان سایر مدل ها برخوردار می باشد و پیش بینی های قابل قبولی را ارائه می دهد.

- با توجه به خروجی های شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (*MLP*) کارآیی سیستم های هوشمند جهت پیش بینی پارامترهای جوی و اقلیمی مشهود می باشد. در تحقیق حاضر متوسط ضریب تبیین برای پیش بینی متوسط دمای سالانه برابر ۰/۹۵ و متوسط میانگین مربعات خطای مدل برابر با ۰/۲۹ درصد است.
- مدلسازی مکانی داده های متوسط دمای سالانه واقعی و پیش بینی شده توسط نرم افزار *ArcGIS* نشان دهنده تطبیق مناسب داده های پیش بینی شده با داده های واقعی است. بطوریکه میزان خطای برآورد توسط داده های پیش بینی شده ۰/۲ درصد می باشد.
- بدین ترتیب از تلفیق سیستم های هوشمند و سامانه اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) می توان جهت پیش بینی بسیاری از پارامترهای جوی و اقلیمی استفاده نمود.

۵- مراجع

[۱] کارآموز، م.، رمضانی، ف. و رضوی، س.، "پیش بینی بلندمدت بارش با استفاده از سیگنال های هواشناسی: کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی"، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، ۱۳۸۵.

[2] Jain, A., "Predicting Air Temperature For Frost Warning Using Artificial Neural Network", A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The University of Georgia in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree MASTER OF SCIENCE, ATHENS, GEORGIA, 2003.

[3] Rehman, S., Mohandes, M., "Artificial neural network estimation of global solar radiation using air temperature and relative humidity", Energy Policy, Vol. 36, pp: 571–576, 2008.

[4] Senkal, O., Kuleli, T., "Estimation of solar radiation over Turkey using artificial neural network and satellite data", Applied Energy, Vol. 86, pp: 1222–1228, 2009.

[۵] جهانبخش اصل، س. و باباپور، ع.، "بررسی و پیش بینی متوسط دمای ماهانه تبریز با استفاده از مدل آریما (*ARIMA*)"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی دانشگاه اصفهان، ج ۱۸، ش ۳، ص ۴۶-۳۴، ۱۳۸۲.

[۶] علیجانی، ب. و قویدل رحیمی، ی.، "مقایسه و پیش بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری های دمایی کره زمین با استفاده از روش رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی. مجله جغرافیا و توسعه دانشگاه سیستان و بلوچستان"، ج ۳، ش ۶، ص ۳۸-۲۱، ۱۳۸۴.

[۷] رحیمی خوب، ع.، بهبهانی، م.ر. و نظری فر، م.ه.، "پیش بینی دمای هوای استان خوزستان براساس داده های ماهواره نوا و مدل شبکه عصبی"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۱۱، ش ۴۲ب، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۳۶۴-۳۵۷، ۱۳۸۶.

[8] Unal, Y., Kindap. T, and Karacab, M., "Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis", Int. J. Climatol., Vol. 23, pp: 1045-1055, 2003.

[9] Carrera-Hernandez, J. J. and Gaskin, S.J., "Spatio temporal analysis of daily precipitation and temperature in the Basin of Mexico", Journal of Hydrology, Vol. 336, pp: 231– 249, 2007.

[10] Zhou, D., Khan, S., Abbas, A., Rana, T., Zhang, H. and Chen, Y., "Climatic regionalization mapping of the Murrumbidgee Irrigation Area, Australia", Progress in Natural Science, Vol. 19, No.12, pp: 1773-1779, 2009.

[۱۱] مسعودیان، ا.، "نواحی اقلیمی ایران"، مجله جغرافیا و توسعه، ج ۲، ص ۱۸۴-۱۷۱، ۱۳۸۲.

[۱۲] امام هادی، م. و علیجانی، ب.، "توده های هوای مؤثر بر ایران در دوره سرد سال"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ج ۷۵، ص ۵۳-۳۴، ۱۳۸۳.

[۱۳] مسعودیان، ا. و عطایی، ه.، "شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه ای"، مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ج ۱۸، ش ۱، ص ۱۲-۱، ۱۳۸۴.

[۱۴] مهدوی، م.، *هیدرولوژی کاربردی*، ج ۱، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۱.

[۱۵] شریف زاک، م و بارانی، غ.ع.، "پیش بینی دبی جریان در کانال های مرکب با استفاده از الگوریتم شبکه های عصبی"، اولین کنفرانس ملی عمران و توسعه زیباکنار، ۱۳۹۰.