

## پیش بینی سرعت باد با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در فرودگاه مهرآباد

محمد عرب عامری<sup>۱</sup>، فریده حبیبی<sup>۲</sup>، احمد کلهر<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دوره کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، [m.arabameri@ut.ac.ir](mailto:m.arabameri@ut.ac.ir)

<sup>۲</sup> استادیار موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، [fhabibi@ut.ac.ir](mailto:fhabibi@ut.ac.ir)

<sup>۳</sup> استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، تهران، [akalhor@alumni.ut.ac.ir](mailto:akalhor@alumni.ut.ac.ir)

### چکیده

پیش بینی کوتاه مدت سرعت باد امری ضروری برای جلوگیری از خسارت ناشی از بادهای شدید است. پیش بینی سرعت باد کاربرد های زیادی در امور نظامی و غیر نظامی برای کنترل ترافیک هوایی، پرتاب موشک، ناوبری کشتی ها و . . . دارد. پیش بینی کوتاه مدت سرعت باد (در آینده ای نزدیک) به متغیر های هواشناسی دیگری مانند: فشار، رطوبت موجود، بارش و . . . وابسته است در این تحقیق مقادیر این پارامترها از گزارشات متار ایستگاه مهرآباد تهران به دست آمده است و برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه استفاده شده است. مدل آموزش دیده ی شبکه های عصبی با استفاده از مجموعه ای از داده های مشابه، آزموده شده است. پس از آن مدل برای پیش بینی سرعت باد با استفاده از اطلاعات هواشناسی یکسان مورد استفاده قرار گرفته است. این مقاله از مدل شبکه ی عصبی مصنوعی از نوع پرسپترون چند لایه برای پیش بینی سرعت باد در یک بازه یک ساعته استفاده نموده است. مجذور مربعات میانگین خطا برای مرحله آموزش، آزمون و اعتبار سنجی به ترتیب ۰.۰۷۳۵، ۰.۰۶۵۶ و ۰.۰۷۳۴ بوده است.

واژه های کلیدی: پیش بینی سرعت باد، گزارشات متار، شبکه های عصبی مصنوعی، پرسپترون چند لایه، متغیر های هواشناسی، پیش بینی کوتاه مدت

### Wind speed prediction in Mehrabad Airport with using MLP network

Arab Ameri, M.<sup>1</sup>, Habibi, F.<sup>2</sup>, Kalhor, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Geophysics, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran

<sup>2</sup> Assistant Prof., Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

### Abstract

Short-term prediction of wind speed is necessary to prevent damages caused by high winds. Prediction of wind speed has many applications in military and nonmilitary like air traffic control, missile lunch and navigation. Short-term prediction of wind speed is depended on meteorological

variables such as pressure, humidity, precipitation and etc. In this research, the values of these parameters are obtained from Metar reports of Tehran Mehrabad station. Then, these data had been used to train the artificial neural network Multi\_Layer Perspectron (MLP). The trained neural network model has tested with using the same data set. Then, this model is used to predict wind speed with using the same meteorological data. Then, this model has been used to predict wind speed with using the same meteorological data. In this MLP model has been used to predict wind speed one-hourly interval. The root mean square error has obtained for training, testing and validation 0.0735, 0.0656 and 0.0734 respectively.

**Key words:** Prediction of wind speed, Metar reports, artificial neural network, Multi\_Layer Perspectron, Short-term prediction, Meteorological variables

## مقدمه

پیش بینی سرعت باد همواره امری ضروری برای جلوگیری از خسارات ناشی از تندباد ها بوده است همچنین پیش بینی سرعت باد در علوم مختلف مانند هوانوردی، نیروگا ههای بادی و غیره امری ضروری به نظر می رسد. از روش هایی که در سال های اخیر برای این منظور استفاده شده اند می توان به کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی که بر گرفته شده از سیستم عصبی انسان است، اشاره نمود. در این زمینه شبکه های بسیاری طراحی شده است که در این مقاله از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه که جزئی از شبکه های پیشخور محسوب می شوند استفاده شده است. M. Kulkarni و همکارانش در سال ۲۰۰۸ به مقایسه دو روش شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون آماری برای پیش بینی سرعت باد پرداختند و اعلام نمودند که شبکه های عصبی با دقت بیشتری نسبت به روش رگرسیون آماری قادر به پیش بینی سرعت باد هستند. همچنین در سال ۲۰۱۲ H. Selcuk Nogay و همکاران به پیش بینی سرعت باد با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در ترکیه پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که مدل شبکه عصبی طراحی شده توسط آنها داری دقت قابل قبولی برای پیش بینی باد است. در این مقاله پیش بینی سرعت باد در فرودگاه مهرآباد تهران با استفاده از داده های متار با فاصله زمانی یک ساعت صورت پذیرفته است. مدل مورد استفاده نیز شبکه عصبی پرسپترون چند لایه است که از تابع تحریک تانژانت سیگموئیدی و همچنین الگوریتم پس انتشار خطا استفاده می کند.

## روش تحقیق

شبکه مورد استفاده شبکه پرسپترون چند لایه است که از شبکه های پیش خور محسوب می شود. در این نوع از 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. الگوریتم یادگیری مورد استفاده در این شبکه از نوع پس انتشار خطا می باشد و نوع تابع تحریک نیز تانژانت سیگموئیدی است.

از آنجایی که سرعت باد وابسته به پارامترهای هواشناسی دیگر مانند فشار، دما، میزان ابرناکی و غیره است لذا برای ورود داده

ها به شبکه عصبی از داده های متار استفاده شده است. این داده ها شامل جهت باد، سرعت باد، فشار، دید افقی، دما، دمای نقطه شبنم و نوع ابر بوده است. بازه اماری مورد بررسی از ابتدای سال ۲۰۰۵ لغایت مارس سال ۲۰۱۳ می باشد. ابتدا برای ورود داده ها به شبکه عصبی نیاز است که کلیه داده های ورودی به شبکه نرمالیزه شوند. نرمالیزه بد آن معنی است که پارامتر های ورودی شبکه بین صفر و یک قرار بگیرند. در این صورت میزان خطا کاهش و سرعت محاسبات شبکه نیز افزایش میابد. در نرمالیزه کردن پارامترهای ورودی از فرمول زیر استفاده شده است.

$$(۱) \\ x' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

در رابطه شماره (۱)  $x_i$  پارامتر ورودی،  $x_{\min}$  کمترین مقدار پارامتر  $x$ ،  $x_{\max}$  بیشترین مقدار پارامتر  $x$  و  $x'$  نیز مقدار نرمال شده پارامتر ورودی  $x_i$  می باشند.

اگر سرعت باد را به عنوان یک سیگنال در نظر بگیریم می توان گفت که رفتار این سیگنال در زمان  $t$  ممکن است وابسته به مقدار این سیگنال در زمان  $t-1$  باشد. لذا برای ورود داده ها به شبکه ابتدا ۷ متغیر موجود در داده های متار به صورت ۷ سری زمانی جدا شده اند و پس از آن هر سری زمانی با شش گام زمانی قبل از خودش به عنوان ۶ سری زمانی مجزا انتخاب شده اند. در پایان به ۴۲ سری زمانی به دست آمده یک سری زمانی که همان بایاس یک هست اضافه شده است. بایاس ۱ در واقع میزان ورودی عدد یک است که به شبکه داده می شود و دلیل آن بررسی تاثیر ورودی یک بر خروجی است.

واضح است که ورود ۴۳ سری زمانی به شبکه عصبی باعث افزایش محاسبات، پیچیدگی شبکه و افزایش میزان خطای شبکه در نتیجه کاهش دقت شبکه خواهد شد لذا ابتدا با استفاده از روش های انتخاب ویژگی، سری های زمانی را که اطلاعات مشابه ای به شبکه می دهند حذف شده و تنها سری های زمانی به شبکه وارد می شوند که سیگنال های متفاوت و مفیدی را به شبکه وارد نمایند.

از ۴۳ سری زمانی با استفاده از روش های انتخاب ویژگی ۱۰ سری زمانی برای ورود به شبکه عصبی انتخاب شده اند. روش های انتخاب ویژگی که در این تحقیق استفاده شده اند عبارتند از: معیار اطلاعات متقابل<sup>۱</sup>، روش انتخاب پیش رو<sup>۲</sup>، روش انتخاب گام به گام<sup>۳</sup> و روش حذف پس رو<sup>۴</sup>.

پارامتر های ورودی به شبکه با استفاده از تمامی روش های ذکر شده فوق به شبکه عصبی پرسپترون چند لایه وارد شده و ۷۰ درصد از داده

<sup>1</sup> - Mutual Information

<sup>2</sup> - Forward Selection

<sup>3</sup> - Forward Selection Step By Step

<sup>4</sup> - Backward Elimination

ها برای مرحله آموزش، ۲۰ درصد برای مرحله آزمون و ۱۰ درصد برای مرحله اعتبار سنجی انتخاب شده اند. پس از آن با توجه به شاخص های اندازه گیری خطا بهترین روش انتخاب شده است. شاخص های اندازه گیری خطایی که در این تحقیق از آنها استفاده شده است، عبارتند از: مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص بدون بعد خطا (NDEI) که به ترتیب به شکل ذیل تعریف می شوند.

مجذور میانگین مربعات خطا : یک معیار بسیار معمول برای بدست آوردن بهترین برآوردگر، میانگین توان دوم خطا یا به اختصار MSE است. استفاده از MSE برای اولین بار، را به گاوس ریاضیدان آلمانی نسبت می دهند. با استفاده از این معیار، برآوردگری که دارای کمترین MSE باشد انتخاب می شود. RMSE مجذور MSE است.

$$(۲)$$

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{est} - y_{act})^2}{n}$$

در فرمول شماره (۲)  $y_{est}$  مقدار تخمینی یک پارامتر و  $y_{act}$  نیز مقدار واقعی آن است.

**شاخص بدون بعد خطا :** این شاخص با توجه به تقسیم مجذور مربعات خطا (RMSE) بر انحراف از معیار داده ها (STD) بدست می آید و زمانی کاربرد دارد که سیگنالی با تغییرات زیاد موجود باشد. در این حالت تمایز بین مدلی که یک سیگنال با تغییرات زیاد را با یک سیگنال با تغییرات کم، پیش بینی می کند را می توان توسط این شاخص فهمید. چون امکان اینکه مقدار مجذور میانگین مربعات خطا در این دو سیگنال متفاوت یکی باشد، وجود دارد ولی یقیناً عملکرد شبکه ای که سیگنال با تغییرات زیاد را با همان میزان خطا محاسبه کرده بهتر است. در فرمول شماره ۳ آمده است.

$$(۳)$$

$$NDEI = RMSE/STD$$

### نتیجه گیری

بهترین روش با توجه به شاخص های خطا روش حذف پس رو انتخاب شده است و پارامتر های ورودی در جدول شماره (۱) آمده اند. FF نشان دهنده سرعت باد و اندیس آن هم نشان دهنده گام زمانی آن است. TEMP دما، DEWP دمای نقطه شبنم، QNH فشار، BIAS1 هم نشان دهنده ورودی ثابت ۱ می باشند.

در جدول شماره (۲) نیز تعداد لایه های شبکه، تعداد نرون های شبکه، تعداد تکرار شبکه و نرخ یادگیری آورده شده است. نمودار شماره (۱) نیز مقایسه بین سرعت باد واقعی و پیش بینی شده را برای مدت ۴۸ ساعت نشان می دهد.

جدول (۱): پارامتر های ورودی به شبکه عصبی

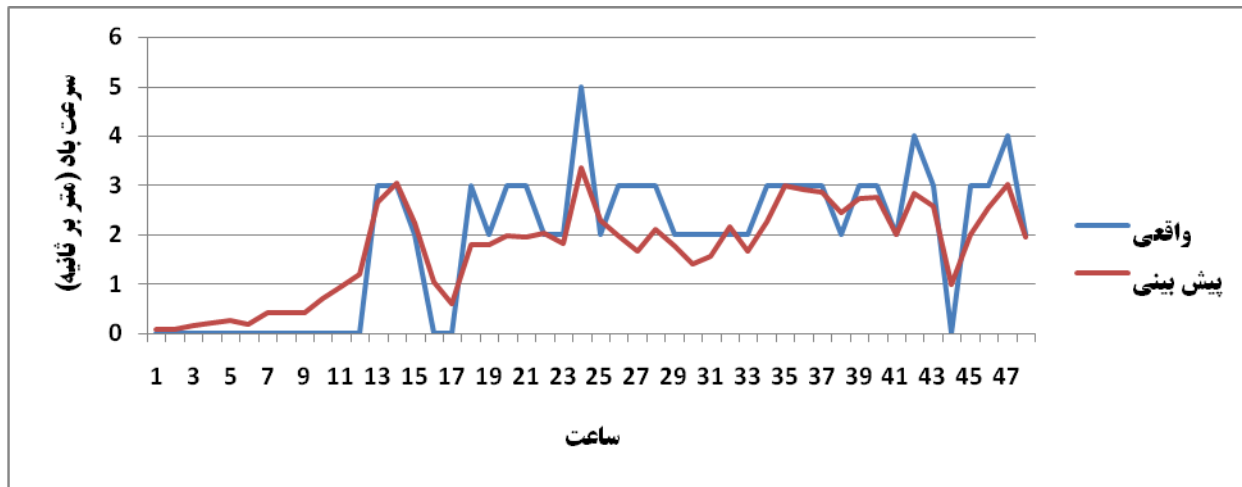
۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
FF <sub>T-5</sub>	TEMP <sub>T-6</sub>	DD <sub>T-1</sub>	FF <sub>T-3</sub>	QNH <sub>T-6</sub>	Bias 1	DEWP <sub>T-6</sub>	FF <sub>T-2</sub>	TEMP <sub>T-1</sub>	FF <sub>T-1</sub>

جدول (۲): مشخصات شبکه عصبی مصنوعی

روش ورودی	تعداد لایه های پنهان	تعداد نرون	تعداد مراحل یادگیری	نرخ یادگیری
حذف پس رو	۱	۱۰	۱۵۰	۰/۰۰۱

جدول (۳): مقادیر شاخص های خطا برای سه مرحله آموزش، آزمون و اعتبارسنجی

RMSE_train	RMSE_test	RMSE_Validation	NDEI_train	NDEI_test	NDEI_Validation
0.0735	0.0040	0.0754	0.6534	0.0393	0.6239



نمودار شماره ۱: مقایسه سرعت باد واقعی و پیش بینی شده برای مدت ۴۸ ساعت

## مراجع :

- 1- Kulkarni, A., Patil, S., Rama, G V., Sen, PN.,2008, Wind speed prediction using statistical regression and neural network: J. Earth Syst. Sci. 117, No 4.
- 2- Sreelakshmi, K., Ramakanth Kumar, P.2008. Neural Networks for short term wind speed prediction, International Conference on Computer, Electrical, and Systems Science, and Engineering - CESSE 2008, August 13-15. 2008, Vienna, Austria, Published in proceedings of WASET Vol 32 August 2008, pp863-867.
- 3 – Selcuk Nogay, H., Cetin Akinci, T., Eiduekiciute, M., 2012, Application of artificial neural networks for short term wind speed forecasting in Mardin, Turkey: Journal of Energy in Southern Africas, Vol 23 No 4.