مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران
سال ۲۸، شماره‌ی ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص ۱۱۳– ۱۲۶

براورد سرعت باد در شهرستان بم

مهدیه مظفری[*،†] و حسین نگارستانی[‡]

[†] مجتمع آموزش عالی بم
[‡] دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان

چکیده: یکی از عامل‌های حیاتی در موضوع‌های کشاورزی و علوم مربوط به آن مسئله‌ی تأمین آب مورد نیاز گیاهان است. در این علوم محاسبه و پیش‌بینی سرعت باد از آن جهت مهم است که سرعت باد یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در محاسبه‌ی تعرق و تعیین نیاز آبی گیاهان است. به‌عنوان دلیل دیگر بر اهمیت مطالعه‌ی باد می‌توان به بحث اشتغال‌زایی آن اشاره کرد. ایجاد شغل در صنعت تولید برق و توربین‌های بادی در میان صنعت‌های دیگر انرژی از همه بیش‌تر است. برای این منظور، از داده‌های حداکثر سرعت باد به‌صورت روزانه که در طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ در مرکز هواشناسی شهرستان بم به ثبت رسیده‌اند، استفاده شده است. نتیجه‌ها نشان می‌دهند مقدار آماره‌ی آزمون خی‌دو در گام ۱۲، ۷/۷ و $P-$ مقدار متناظر با این گام ۰/۳۵۹ است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی مناسب بودن مدل ARMA(۱,۳) برای داده‌های سرعت باد است. همچنین نتیجه‌های آماری وجود یک روند منظم در سرعت باد در طول سال‌های مورد مطالعه را نشان دهند. این مطلب، اهمیت توجه به این موضوع را افزایش می‌دهد.

واژگان کلیدی: براورد؛ پیش‌بینی؛ روند؛ سرعت باد؛ شهرستان بم.

۱- مقدمه

مطالعه‌ی تغییرات سرعت باد، کاربردهای وسیعی در علوم و صنعت دارد. از جمله‌ی این کاربردها می‌توان استفاده از باد در تأمین انرژی را نام برد. امروزه استفاده از انرژی‌های نو به‌عنوان یک جایگزین برای سوخت‌های فسیلی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. یکی از

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات
دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۶، پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۶.

این انرژی‌های پاک و تمام نشدنی و رایگان انرژی باد است. با استفاده از پیش‌بینی سرعت باد می‌توان کنترل و تنظیم توربین‌های بادی در یک منطقه را به‌طور بهتر و صحیح‌تر انجام داد. همچنین، یکی از عوامل حیاتی در بحث‌های کشاورزی و علوم مربوط به آن مسئله‌ی تأمین آب مورد نیاز گیاهان است. در این علوم محاسبه و پیش‌بینی سرعت باد از آن جهت مهم است که سرعت باد یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در محاسبه‌ی تعرق و تعیین نیاز آبی گیاهان است. سرعت باد در هر منطقه تحت تأثیر عامل‌های متعددی است. از جمله‌ی این پارامترها می‌توان به فشار هوا، رطوبت نسبی، دمای هوا و دمای خاک اشاره کرد.

انرژی باد به‌دلیل حساسیت و اهمیت ویژه، یکی از انرژی‌های مورد توجه در سال‌های اخیر در دنیا بوده است. اهمیت این انرژی به‌دلیل فواید و در عین حال ضررهای زیست‌محیطی آن است. از مسائل به روز و با اهمیت در جهان، استفاده از انرژی‌های پاک از جمله انرژی خورشیدی، اتمی و باد برای تأمین نیازهای بشر است. به همین جهت در بین کشورهای پیشرفته، این مسئله روز به روز با اهمیت‌تر و حیاتی‌تر می‌شود. خوشبختانه کشور ایران به‌دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه این امکان را دارد که بتوان در تمامی فصل‌های سال از این انرژی‌ها استفاده و انرژی مورد نیاز به خصوص انرژی برق را به‌طور پاک و ارزان تهیه کرد. در کنار این فایده، باد از جمله عوامل مؤثر در مسائل خشکسالی و کم آبی و همچنین ایجاد طوفان‌های شن در مناطق بیابانی است.

در سال‌های اخیر، مطالعه‌های زیادی در مورد انرژی باد انجام شده است. گندم‌کار با بررسی دوره‌ی ده ساله‌ی وزش باد در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، برای ارزیابی انرژی پتانسیل باد، آن‌ها را از نظر سرعت باد به چهار گروه تقسیم‌بندی کرد: گروه اول در بیش‌تر ایام سال، گروه دوم در برخی زمان‌های سال، گروه سوم در زمان‌های محدودی از سال، توان بادخیزی بالایی دارند و گروه چهارم توان بادخیزی درخور توجهی ندارند [۵]. پس از وی نیز رحیم‌زاده و همکاران‌ش در دوره‌ی اقلیمی ۲۰۰۵-۱۹۹۲ برای مطالعه‌ی میانگین ماهانه‌ی سرعت باد و انرژی آن بر اساس داده‌های ساعتی ۱۱ ایستگاه سینوپتیک اصفهان، به این نتیجه رسیدند که سرعت باد در طول ماه‌های سرد کم‌تر است و با شروع فصل بهار سرعت باد افزایش می‌یابد [۲].

قهرمان و قره‌خانی نیز در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۵ در شبکه‌ای متشکل از ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران به بررسی روند تغییرات میانگین سرعت باد در مقیاس‌های ماهانه و

سالانه پرداختند [۴]. همچنین افشاری‌آزاد و شعبان‌زاده روند تغییرات سرعت باد را در ایستگاه همدیدی رشت، طی دوره‌ی ۳۳ ساله‌ی ۲۰۰۹-۱۹۷۷ مورد بررسی قرار دادند [۱]. نتیجه‌های آن‌ها حاکی از این بود که میانگین سرعت باد در ایستگاه رشت بیانگر وجود تغییر در این سری‌ها می‌باشد، که نتیجه‌ی حاصله، وجود روند معنی‌دار کاهشی را نشان داد. همچنین در ماه‌های مختلف سال، زمان و نوع تغییرات ناگهانی، افزایشی و کاهشی دیده شد.

رضایی بنفشه و همکاران به‌منظور بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، از هفت ایستگاه سینوپتیک که دارای طولانی‌ترین دوره‌ی آماری بودند (۲۰۰۵-۱۹۶۱) استفاده کردند [۳]. نتیجه‌های این تحقیق در طول دوره‌ی آماری، نشان داد که شمال‌غرب ایران از نظر سرعت باد منطقه‌ی همگنی نیست. همچنین مشخص شد که در ایستگاه‌های ارومیه و خوی روند کاهشی، در اردبیل و زنجان روند افزایشی، در تبریز و سنندج به‌ترتیب در یک و دو سری زمانی روند کاهشی و ایستگاه سقز در مقیاس‌های فصلی و سالانه فاقد روند می‌باشند. از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که روندهای اتفاق‌افتاده در منطقه، تابع نظم خاصی نیست. میرعباسی نجف‌آبادی و دین‌پژوه در مطالعه‌ای به بررسی روند تغییرات سرعت باد در ۲۲ ایستگاه از ایستگاه‌های کشور ایران پرداختند [۶]. برای این منظور داده‌های مربوط به میانگین سرعت باد در دو مقیاس ماهانه و سالانه در دوره‌ی آماری ۲۰۰۵- ۱۹۶۶ را در نظر گرفتند. نتیجه‌ها نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های ایران روند سرعت باد در تمام ماه‌های سال (به جز ماه‌های فوریه و نوامبر) نزولی است.

جیج هاریج در بررسی روند تبخیر تشت و پارامترهای مؤثر بر تبخیر در شمال هند بیان داشت که ساعات آفتابی و سرعت باد تقریباً در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند (افزایشی، کاهشی) است [۷]. پریر نوعی روند کاهشی غالب در صدک‌های ۵۰ و ۹۰ و میانگین سالانه‌ی سرعت باد در سطح آمریکا را گزارش کرد [۸]. وان و همکاران روند سرعت بادهای نزدیک سطح زمین ۱۱۷ ایستگاه در کانادا را مورد بررسی قرار دادند [۹]. نتیجه‌ها نشان داد که روند سرعت باد در قسمت‌های غربی کانادا و بیش‌تر قسمت‌های جنوبی آن (به استثنای ناحیه‌ای موسوم به ماری‌تایمز[1]) در همه‌ی فصل‌های کاهشی است. ولی در قسمت‌های مرکزی و شمالی در همه‌ی فصل‌های و در ناحیه‌های دریایی (ماری‌تایمز) در فصل‌های بهار و پاییز، روند افزایشی است.

۲- داده‌ها و روش تحلیل آن‌ها

شهرستان بم یکی از شهرستان‌هایی است که در تمام فصل‌های سال می‌توان شاهد وزش باد در آن بود. این مطالعه، به‌منظور بررسی و پیش‌بینی سرعت باد در شهرستان بم انجام گرفته است، تا بتوان به کمک الگوی معرفی شده، میزان خطا در پیش‌بینی را تا حد امکان کاهش داد و از نتیجه‌های آن در زمینه‌های کشاورزی، تولید انرژی سالم و پاک و همچنین در مطالعات زمین‌شناسی استفاده شود.

۲-۱- داده‌ها

در این مطالعه، از داده‌های گرداوری‌شده توسط اداره‌ی هواشناسی شهرستان بم برای بررسی پیش‌بینی و براورد سرعت باد استفاده شده است. این داده‌ها شامل داده‌های مربوط به سرعت وزش باد است که در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ در این مرکز به ثبت رسیده‌اند. این داده‌ها در محیط نرم افزار Excel تنظیم شده و جهت تحلیل مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۲- روش تحلیل داده‌ها

شهرستان بم یکی از نقطه‌های مهم و با اهمیت کرمان و ایران است. این شهرستان چه به لحاظ صنعت کشاورزی و منابع طبیعی و چه به لحاظ صنعت گردشگری دارای اهمیت ویژه‌ای است. شهرستان بم دارای آب و هوایی گرم و خشک است اما به‌دلیل مجاورت با کویر آب و هوایی متغیر دارد به‌طوری‌که در برخی از روزهای سال گرم‌ترین و در برخی دیگر سردترین نقطه‌ی کشور گزارش شده است. همین مطلب سبب شده است که بخش‌هایی از این شهرستان از جمله منطقه‌ی خوش آب و هوای دهبکری به یکی از مراکز توریستی کشور تبدیل شود.

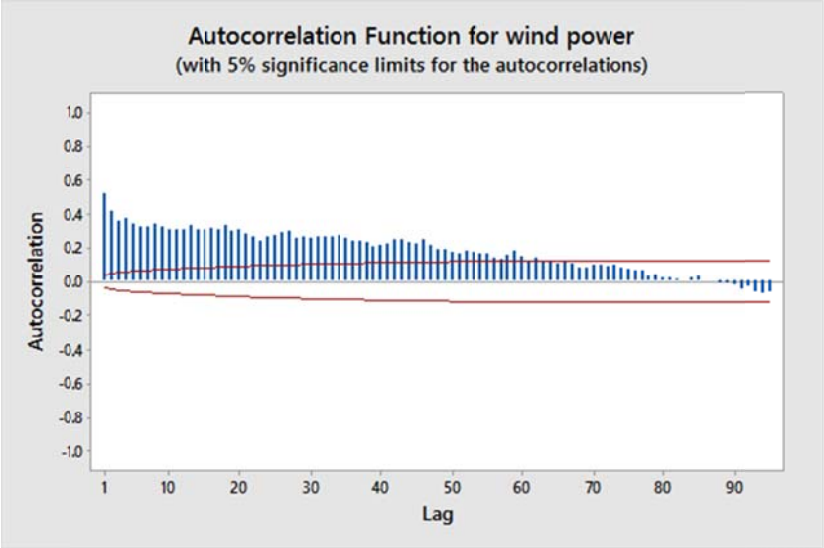
این موضوع ما را بر آن داشت که در مورد یکی از انرژی‌های پاک که به وفور در این منطقه از کشور یافت می‌شود، تحقیقی انجام دهیم. انرژی باد از جمله منابع محسوس در شهرستان بم است که با کمی برنامه‌ریزی می‌توان آن را در خدمت مردم این منطقه درآورد. همچنین می‌توان با مطالعه‌ی دقیق‌تر آن از خطراتی که این انرژی می‌تواند به صنعت این شهرستان وارد کند، جلوگیری کرد.

در این تحقیق تلاش می‌شود که پس از بررسی اجمالی و کلی داده‌های سرعت وزش باد، با استفاده از مدل‌های سری زمانی، یک مدل مناسب برای الگوی رفتاری داده‌ها ارایه شود، تا با استفاده از این الگو بتوانیم یک براورد دقیق برای روزهای آینده‌ی این متغیر داشته باشیم. قابل ذکر است که تمامی محاسبات انجام شده در این تحقیق به وسیله‌ی نرم‌افزار آماری Minitab نسخه‌ی ۱۷ انجام شده است.

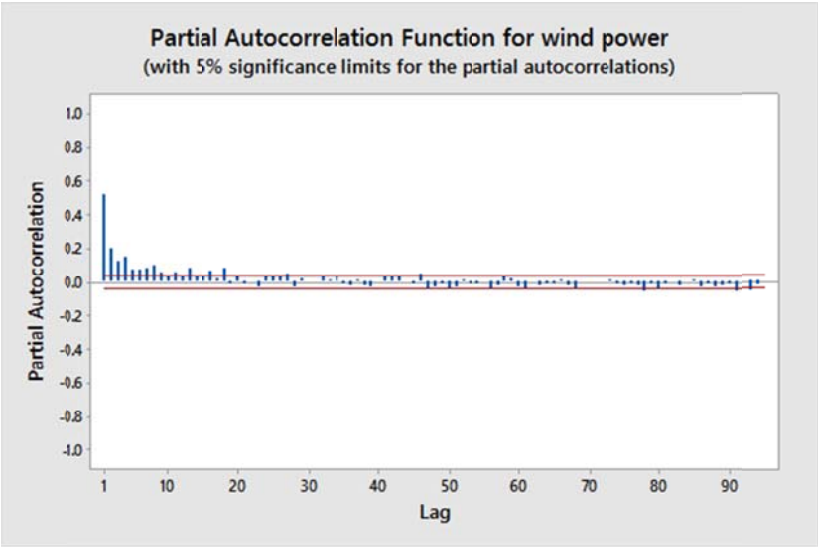
۳- بررسی فرض‌های مدل و براورد پارامترها

یکی از اساسی‌ترین فرض‌ها در مسائل آماری، نرمال بودن داده‌های آماری است. این فرض در سری‌های زمانی به‌صورتی جامع‌تر مطرح می‌شود. در این داده‌ها مقدارهای سری زمانی باید از فرایند اغتشاش خالص تبعیت کنند تا نتیجه‌های برامده از تحلیل‌ها صحت کافی داشته باشد. یک راه مناسب و تجربی برای بررسی ایستا بودن سری زمانی، رسم نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی است. با توجه به این دو نمودار می‌توان نتیجه گرفت که تعداد تفاضل لازم برای رسیدن به یک سری زمانی ایستا چه تعداد است. همچنین این دو نمودار تعداد پارامترهای مدل و در نتیجه نوع مدل مناسب برای برازش بر روی داده‌ها را نیز مشخص می‌کند. برای داده‌های سرعت وزش باد نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ ترسیم شده‌اند.

با توجه به نمودار خودهمبستگی مشاهده می‌شود که میل به صفر تابع خودهمبستگی یا به اصطلاح میرای تابع خودهمبستگی ضعیف می‌باشد. بنا بر این می‌توان نتیجه گرفت که سری زمانی ایستا نیست و برای ایستایی آن نیازمند یک تفاضل‌گیری ساده هستیم. این مطلب از نمودار تابع خودهمبستگی نیز مشخص است، چرا که در این نمودار نیز تابع خودهمبستگی جزئی در طول زمان میراست. با توجه به بحث‌های انجام‌شده مشخص است که برای تحلیل این داده‌ها باید روی داده‌ها، تفاضل‌گیری انجام داد.

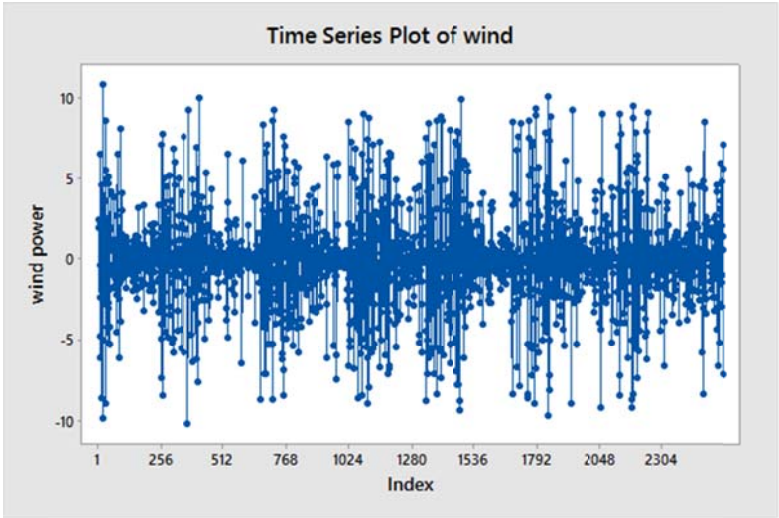


شکل ۱- نمودار خودهمبستگی برای داده‌های سرعت وزش باد.



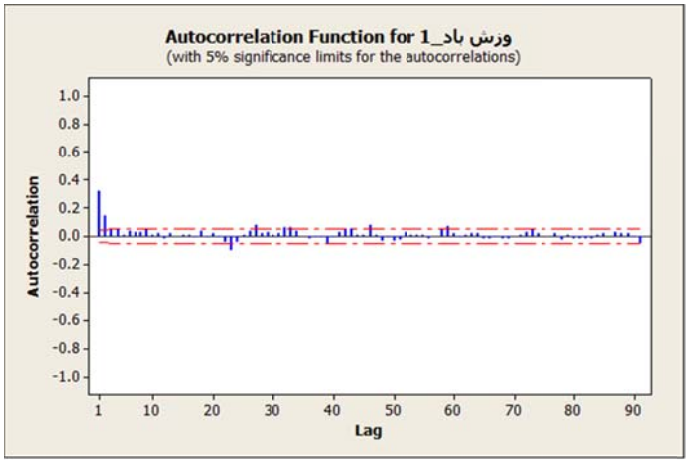
شکل ۲- نمودار خودهمبستگی جزئی برای داده‌های سرعت وزش باد.

در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب نمودارهای سری در مقابل زمان، خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی برای داده‌های روندزدایی‌شده ترسیم شده است. این روندزدایی با گرفتن یک تفاضل معمولی و یک تفاضل فصلی انجام شده است.

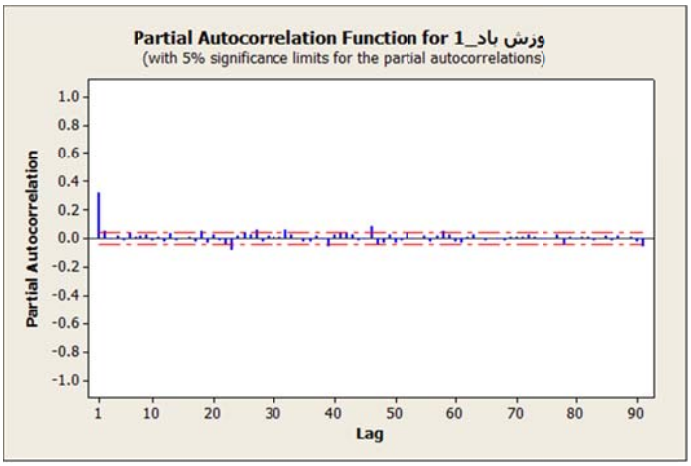


شکل ۳- نمودار سری در مقابل زمان.

با دقت در نمودار سری در مقابل زمان مشاهده می‌شود که داده‌ها پس از حذف روند ایستا شده‌اند و روندی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. همچنین این موضوع از نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی مشخص می‌باشد چرا که در این نمودارها نیز روند میل به صفر یا میرایی نمودار پس از گام اول بسیار شدید و مشهود است. این مطلب دلالت بر آن دارد که یک مدل مناسب برای داده‌ها، مدل اتورگرسیو - میانگین متحرک با مرتبه‌ی $P = ۱$ و $q = ۳$ ($\mathrm{ARMA}^{۲}(۱,۳)$) است.



شکل ۴- نمودار تابع خودهمبستگی برای داده‌های سرعت وزش باد روندزدایی‌شده.



شکل ۵- نمودار تابع خودهمبستگی جزئی برای داده‌های سرعت وزش باد روندزدایی‌شده.

۴- برازش مدل

در این بخش مدل ARMA(۱,۳) را روی داده‌ها برازش می‌دهیم. ضریب‌های این مدل برازش داده‌شده، در جدول زیر خلاصه شده‌اند:

جدول ۱- براورد ضریب‌های مدل برازش داده‌شده همراه با خطای استاندارد و آماره‌های آزمون.

نوع	ضریب براورد شده	خطای استاندارد	T- مقدار	P- مقدار
ثابت	۰/۰۰۴۴۹	۰/۰۱۸۲۶	۴/۲۵	۰/۰۰۶
AR1	۰/۷۹۸۹	۰/۱۵۹۶	۵/۰۱	۰/۰۰۰
MA1	۰/۴۹۸۷	۰/۱۶۲۰	۳/۰۸	۰/۰۰۲
MA2	۰/۱۰۱۲	۰/۰۵۳۳	۱/۸۳	۰/۰۴۷
MA3	۰/۶۹۳	۰/۰۳۶۹	۱/۸۸	۰/۰۴۱

تفاضل‌گیری: معمولی صفر، فصلی ۱ با مرتبه ۳۶۵.
تعداد مشاهدات: ۲۵۵۶، باقی‌مانده: ۱۴۵۸۲/۷، میانگین مربع: ۶/۷، درجه آزادی: ۲۱۸۶.

با توجه به مقادیر گزارش‌شده در جدول ۱ ملاحظه می‌شود که مدل پیش‌نهادی به‌صورت زیر است:

$$\left(۱ - ۰/۷۸۹B\right)\left(X_t - ۰/۰۰۴۴۹\right) = \left(۱ - ۰/۴۹۸۹B - ۰/۱۰۱۲B^{۲} - ۰/۰۶۹۳B^{۳}\right)Z_t$$

یک روش برای بررسی مناسب بودن مدل آن است که، آزمون فرض

$$\begin{cases} H_{۰}: \beta_i = ۰ \\ H_{۱}: \beta_i \neq ۰ \end{cases}$$

را انجام دهیم. از این‌رو با توجه به $P-$مقدار متناظر با ضریب‌های براوردشده‌ی مدل در جدول ۱، ملاحظه می‌شود که $P-$مقدار تمامی ضریب‌های کم‌تر از مقدار خطای نوع اول $\left(\alpha = ۰/۰۵\right)$ است، بنا بر این فرض صفر رد می‌شود. این مطلب به معنی آن است که با توجه به شواهد موجود و داده‌های مورد بررسی، تمامی ضریب‌های سری در سطح معنی‌داری ۵ درصد مخالف صفر هستند. این موضوع دلالت بر مناسب بودن مدل پیش‌نهادی است.

به‌منظور مطالعه‌ی دقیق‌تر، آزمون مناسبت مدل نیز انجام شد و نتیجه‌های این آزمون در جدول ۲ بیان شده است. آزمون فرض زیر را در نظر بگیرید:

$$\begin{cases} H_{۰}: \text{مدل } ARMA(۱,۳) \text{ مناسب است} \\ H_{۱}: \text{مدل } ARMA(۱,۳) \text{ مناسب نیست} \end{cases}$$

با توجه به نتیجه‌های بیان‌شده در جدول ۲ ملاحظه می‌شود مقدار آماره‌ی آزمون در گام ۱۲، ۷٫۷ و $P-$مقدار متناظر با این گام ۰٫۳۵۹ است. بنا بر این فرض صفر در سطح معنی‌داری $\alpha = ۰٫۰۵$ پذیرفته می‌شود، به عبارت دیگر مدل مناسب است. با افزایش تعداد گام‌ها ملاحظه می‌شود که مقدار آماره‌ی آزمون خی‌دو افزایش‌یافته و $P-$مقدار به سمت صفر میل می‌کند. این مطلب حاکی از آن است که تعداد تفاضل‌های گرفته‌شده برای رسیدن به ایستایی کافی است.

جدول ۲- آماره خی‌دوی تعمیم‌یافته باکس برای آزمون.

گام	۱۲	۲۴	۳۶	۴۸
آزمون خی‌دو	۷٫۷	۴۲٫۲	۶۵٫۵	۱۱۱٫۳
درجه آزادی	۷	۱۹	۳۱	۴۳
P-مقدار	۰٫۳۵۹	۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۰	۰٫۰۰۰

همچنین به‌منظور دید عینی و مشهود محاسبات انجام‌شده، نمودار مقدارهای براوردشده و مقدارهای واقعی سری سرعت باد، در شکل ۶ ترسیم شده است. با توجه به این نمودار، ملاحظه می‌شود که مقادیر براوردشده، به مقدارهای واقعی بسیار نزدیک هستند.

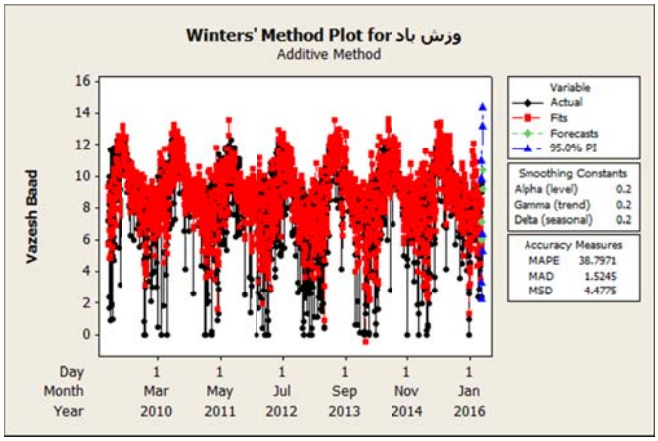
همچنین یک روش دیگر برای بررسی مناسب بودن مدل، مقایسه‌ی مقادیر واقعی سری زمانی با مقادیر برازش‌شده یا همان شاخص‌های صحت مدل (شاخص‌های MAPE[۲]، MAD[۳] و MSD[۴]) است. بر اساس شاخص‌های صحت مدل مطرح‌شده در جدول ۳ نیز مدل ARMA(۱,۳) دارای کم‌ترین شاخص صحت مدل است که نشان‌دهنده‌ی خوب بودن مدل در بین سایر مدل‌ها می‌باشد.

$$\left(MSD = ۴٫۴۷, MAD = ۱٫۵۲, MAPE = ۳۸٫۷\right)$$

جدول ۳- مقایسه‌ی شاخص‌های صحت مدل برای انتخاب مدل مناسب داده‌های سرعت باد.

مدل	MSD	MAD	MAPE
ARMA (۱,۳)	۴٫۴۷	۱٫۵۲	۳۸٫۷۹
H.Winters (۰٫۲,۰٫۲,۰٫۲)	۱۴٫۹۸	۲٫۸۷	۱۴٫۹۸
Linear Trend	۵٫۷۰	۱٫۶۵	۴۶٫۵۰

در شکل ۶، نمودار نقطه‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل برای ۵ روز آینده را نشان می‌دهد. همچنین نقاط مثلثی شکل مربوط به بازه‌های اطمینان مشاهده‌های پیش‌بینی‌شده است.



شکل ۶- نمودار مدل برازش داده شده به همراه مقدارهای پیش‌بینی و بازه‌های اطمینان.

مقدارهای براوردشده برای ۱۰ روز آینده‌ی سری و بازه‌های اطمینان آن‌ها نیز در جدول ۴ بیان شده است.

جدول ۴- مقدارهای پیش‌بینی شده به همراه بازه‌های اطمینان آن‌ها.

روز	کران‌بالا	کران پایین	مقدار براورد
۱	۱۳٫۸۷۳۰	۶٫۵۵۹۴۹	۱۰٫۲۱۶۲
۲	۱۲٫۷۶۱۲	۵٫۳۳۳۱۹	۹٫۰۴۷۲
۳	۱۲٫۴۷۲۷	۴٫۹۱۶۸۷	۸٫۶۹۴۸
۴	۱۵٫۰۵۲۰	۷٫۳۵۵۹۴	۱۱٫۲۰۴۰
۵	۱۳٫۸۱۸۷	۵٫۹۷۰۵۳	۹٫۸۹۴۶
۶	۱۳٫۴۹۰۳	۵٫۴۷۸۷۷	۹٫۴۸۴۵
۷	۱۶٫۲۸۴۴	۸٫۰۹۹۰۸	۱۲٫۱۹۱۷
۸	۱۴٫۹۲۶۵	۶٫۵۵۷۵۷	۱۰٫۷۴۲۱
۹	۱۴٫۵۵۵۲	۵٫۹۹۳۳۵	۱۰٫۲۷۴۳
۱۰	۱۷٫۵۶۱۲	۸٫۷۹۸۳	۱۳٫۱۷۹۵

۵- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارایه‌شده در این مطالعه، مشاهده شد که با استفاده از یک مدل سری زمانی می‌توان به‌خوبی سرعت باد را پیش‌بینی کرد. همچنین در فصل سوم به‌منظور مدل‌بندی صحیح داده‌های گرداوری‌شده، ملاحظه شد که مدل ARMA(۱,۳) و با در نظر گرفتن تفاضل‌های فصلی و معمولی، یک مدل مناسب برای این داده‌ها است.
نتیجه‌های به‌دست آمده در فصل قبل حاکی از آن است که مدل ارایه‌شده دارای معیارهای خوب در برازش و مدل‌سازی داده‌هاست. از این‌رو به‌منظور استفاده در صنایع مختلف موجود در شهرستان بم می‌توان از آن بهره‌ی مطلوب برد. بنا بر این این پژوهش را هم می‌توان در اختیار مهندسان برق و صنایع قرار داد تا از آن به‌منظور مطالعه‌ی پتانسیل‌های شهرستان بم در تولید برق استفاده شود، و هم می‌توان به بخش کشاورزی ارایه داد تا از آن در زمینه‌ی آثار مخرب باد و شن‌های روان پراکنده‌شده از آن مورد استفاده قرار گیرد. در بحث تولید برق تضمین وجود بادهای همیشگی و مناسب برای به حرکت درآوردن توربین‌های بادی بسیار با اهمیت است چرا که هزینه‌های ایجاد یک مزرعه‌ی بادی بسیار زیاد است. بنا بر این می‌توان از نتیجه‌های این طرح در پیش‌بینی وجود بادهای همیشگی و مناسب برای به حرکت درآوردن توربین‌های بادی استفاده کرد. همچنین به‌دلیل قرار داشتن شهرستان بم در یک منطقه‌ی کویری وجود بادهایی با شدت بالا می‌تواند باعث وقوع طوفان‌های شنی شود. این طوفان‌ها موجب خسارت‌های بسیار زیادی در بخش کشاورزی و همچنین قطعه‌های صنعتی می‌شود. از طریق این مطالعه می‌توان وقوع این نوع حادثه‌ها را پیش‌بینی کرد و در صورت تکرار زیاد آن‌ها عملیات مختلفی برای جلوگیری از صدمات وارده و کاهش آن‌ها اعمال کرد. یک بخش دیگر که می‌تواند از این پژوهش استفاده کند، بخش گردشگری و جهانگردی و توریستی شهرستان بم است. از طریق این مطالعه می‌توان یک راهکار مناسب برای برنامه‌ریزی در جهت ارایه‌ی خدمات به مسافرانی که قصد سفر به این شهر را دارند را ارایه داد.

توضیحات

1. Maritimes
2. AutoRegressive-Moving Avrage

3. Mean Absolute Percentage Error
4. Mean Absolute Diviation
5. Mean Squared Diviation

مرجع‌ها

[۱] افشاری آزاد، محمدرضا؛ شعبان‌زاده، فائزه (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه همدید رشت، مجله‌ی چشم‌انداز جغرافیایی. شماره‌ی ۱۱، صص ۱-۱۱.

[۲] رحیم‌زاده، فاطمه؛ پدرام، مژده؛ صداقت کردار، عبدالله؛ کمالی، غلامعلی (۱۳۸۸). براورد انرژی باد در ایستگاه‌های همدیدی استان اصفهان، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره‌ی ۳، صص ۱۵۵-۱۷۲.

[۳] رضایی بنفشه، مجید؛ جوان، خدیجه؛ زینالی، بتول (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، فصل‌نامه‌ی جغرافیایی طبیعی لار، شماره‌ی ۱۳، صص ۲۷-۳۶.

[۴] قهرمان، نوذر؛ قره‌خانی، ابوذر (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در گستره‌ی اقلیمی ایران، مجله‌ی آبیاری و زهکشی ایران، شماره‌ی ۱، صص ۳۱-۴۳.

[۵] گندم‌کار، امیر (۱۳۸۸). ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره‌ی ۴، صص ۸۵-۱۰۰.

[۶] میرعباسی نجف‌آبادی، رسول؛ دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۹۴). بررسی روند تغییرات سرعت باد در ایستگاه‌های منتخب ایران، نشریه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره‌ی ۵۲، صص ۲۷۷-۳۰۱.

[7] Jhajharia, D., Shrivastava, S.K., Sarka, D.R, and Sarkar ,S . (2009). Temporal Characteristics of Pan Evaporation Trends Under the Humid Conditions of Northeast India, Agric. for. Meteorol, **149**, 763-770.

[8] Pryer, S.C. (2009). Wind Speed Trends Over the Contiguous USA, J. Geophysical Res – Atmospheres (forthcoming).

[9] Wan, H., Wang, X.L. and Swail, V.R. (2010). Homogenization and Trend Analysis of Canadian Near-surface Wind Speeds, Journal of Climate, **23**, 1209-1225.

مهدیه مظفری
فوق لیسانس آمار ریاضی
کرمان، بم، بزرگراه خلیج فارس، مجتمع آموزش عالی بم، دانشکده‌ی ریاضی و محاسبات، گروه آمار.
رایانشانی: mmozaffari@iran.ac.ir

حسین نگارستانی
دکتری آمار
رفسنجان، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، دانشکده‌ی علوم ریاضی، گروه آمار.
رایانشانی: negarestani@vru.ac.ir