

## پیش‌بینی متغیر سرعت باد در حوضه زاینده رود با استفاده از سری زمانی

فائزه جان نثاری<sup>۱\*</sup>، سعید اسلامیان<sup>۲</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

DOI: 10.22103/nrswe.2022.19744.1007

### چکیده

باتوجه به تاثیر سرعت باد بر مسائل مهم اقلیمی همچون تبخیر و تعرق، در این تحقیق سرعت باد در هفت ایستگاه هواشناسی حوضه زاینده‌رود با استفاده از روش سری زمانی مورد بررسی قرار گرفت. دوره‌های زمانی مورد بررسی شامل ۷ روز، ۱۵ روز، ۳۰ روز، فصلی و روزانه بود. داده‌های پرت با روش‌های نمودار جعبه‌ای، نرمال و گروپزیک مشخص گردید. مدل‌سازی با بررسی نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی و معیارهای آکایک، شوارتز و حنان کوین انجام شد. سپس نرمال بودن با آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و جارک برا مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی صحت مدل از آزمون‌های دورین واتسون و پرت ماتو استفاده شد. آزمون روند و همگنی با استفاده از نرم افزار Matlab و مدل‌سازی با استفاده از نرم افزار Eviews، Minitab، انجام گردید. جهت اعتبارسنجی در بازه‌های روزانه و ۷ روزه از ۵ درصد داده‌ها و در ۱۵ روز و ۳۰ روز از ۱۰ درصد و در بازه زمانی فصلی از ۲۰ درصد داده‌ها استفاده شد. بررسی روند با روش ناپارامتری من‌کندال انجام گرفت و تقریباً در تمامی بازه‌ها روند افزایشی مشاهده شد. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده (ضریب تعیین بالاتر از ۰/۷ و میانگین مربعات خطا و درصد خطا زیر ۲۰ درصد) مدل SARIMA در بازه‌های زمانی ۷ روزه و ۱۵ روزه و ۳۰ روزه و مدل ARIMA در بازه‌های زمانی روزانه و فصلی به عنوان مدل برتر معرفی گردید.

**واژگان کلیدی:** پیش‌بینی، حوضه زاینده رود، سری زمانی، سرعت باد، SARIMA, ARIMA

### مقدمه

حال تبدیل است که به آن، چرخه آبی (هیدرولوژیک) گفته می‌شود. به دلیل اینکه میزان کل آب موجود در چرخه آبی ثابت است می‌توان این چرخه را به صورت یک سیستم بسته در نظر گرفت. فرآیندهای اساسی این چرخه شامل بارندگی، تبخیر، سرعت باد و رطوبت است. هر چند فرآیندهای هیدرولوژیک محدود هستند ولی به دلیل

از چالش‌های مهم کشورها از جمله ایران خشکسالی و تغییرات اقلیمی است و یکی از این عناصر اقلیمی، سرعت باد است که اثراتی بر اکوسیستم و کشاورزی دارد (Little 2013). آب در طبیعت به صورت مداوم و در یک چرخه در جریان بوده و به حالت‌های مختلف جامد، مایع و گاز در

\* - نویسنده مسئول و دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

Email: jan.faezeh@yahoo.com

<sup>۲</sup> - استاد و عضو هیات علمی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

سال ۲۰۱۷-۲۰۱۲ پرداختند. مدلسازی با بررسی نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی صورت گرفت و بررسی دقت نتایج مدل بر اساس ریشه میانگین مربعات خطا، میانگین درصد مطلق خطا و همچنین میانگین خطای مطلق انجام شد. (Yasir et al. 2020) به بررسی دما در ۲۰ ایستگاه هواشناسی در شرق، غرب و شمال هند، چین و افغانستان پرداختند. متغیرها شامل دمای بیشینه، کمینه و میانگین دما بودند و نتیجه بدست آمده نشان داد که دما با نرخ ۰/۲۶ و ۰/۱۳ درجه سانتی گراد در حال افزایش است که منجر به آب شدن یخ‌های قطبی و افزایش دما خواهد شد. این عوامل باعث ایجاد شرایط خطرناکی برای وضعیت منابع آب می‌شود. (Kocsi et al. 2020) به مطالعه داده‌های بارش و نقاط شکست در سری‌های زمانی در بازه‌های سالانه، فصلی و ماهانه در مجارستان غربی پرداختند و هیچ‌گونه نقطه شکستی گزارش نکردند. ایشان روند کاهشی قابل توجه بارش به میزان ۰/۲ تا ۰/۷ میلی‌متر در سال با آزمون من‌کنندال را گزارش کردند و نتایج بدست آمده نشان داد که روند کاهش بارندگی در فصل پاییز به اندازه ۰/۱۵ تا ۰/۳۸ میلی‌متر در سال است. (Helmi et al. 2020) به بررسی دقت مدل SARIMA در نمونه‌های مختلف آماری برای تخمین بارش با هدف پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از شاخص (خشکسالی) Standardized Precipitation SPI (Standardized Precipitation Index) پرداختند. داده‌های مورد استفاده به صورت ماهانه، در ۷ ایستگاه سینوپتیک و در دوره آماری ۲۰ سال بود. در این مطالعه ابتدا به بررسی ایستایی و فصلی بودن داده‌ها پرداخته شد و با معیار آکاییک و شوارتز بهترین مدل بدست آمد. نتایج حاکی از آن بود که مدل SARIMA برای تمامی ایستگاه‌ها مناسب و نمودار باقیمانده‌ها نزدیک به نرمال بود. همچنین مقادیر پیش‌بینی شده مناسبی بدست آمد. (asfaw et al. 2018) داده‌های بارندگی و دما در شمال اتیوپی مرکزی را مورد بررسی قرار دادند. روند داده‌ها توسط آزمون من‌کنندال بررسی شد. بررسی روند نشان داد که روند افزایشی در میانگین و میانگین کمینه دما به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ۱۰ درصد وجود دارد و همچنین اشاره شد که برای استفاده در بخش کشاورزی بایستی داده‌های بارش همراه با دما در نظر گرفته شود. (Kalamaras et al. 2017) در جزیره کرت در یونان با استفاده از سری زمانی، میانگین و بیشینه و کمینه دما را مورد بررسی قرار دادند. بازه داده‌ها به صورت روزانه از ژانویه ۱۹۷۳ تا دسامبر ۲۰۱۰

فرآیندهای اندرکنشی پیچیده، بررسی چرخه آب در طبیعت به ویژه در مقیاس‌های بزرگ نظیر حوضه‌های آبریز امری دشوار است که نیاز به شناسایی، تخمین و مدل‌سازی کلیه فرآیندهای اندرکنشی دارد (Nazaripour et al. 2012). معنا و مفهوم استوکاستیک در علم آمار به معنی تصادفی بودن است. در علم هیدرولوژی این مفهوم به صورت خاصی به کار رفته است و به سری زمانی اشاره می‌کند که به صورت نیمه تصادفی باشد. می‌توان چنین عنوان کرد که فرایندهای استوکاستیک فاصله بین فرایندهای احتمالی و فرایندهای قطعی را پر می‌کند. پس می‌توان گفت فرایندهای استوکاستیک پدیده‌های غیر قطعی و اتفاقی را پوشش می‌دهد. مدل‌های سری زمانی شامل مشاهداتی هستند که به‌وسیله یک فرایند تصادفی به وجود آمده است (Qahraman et al. 2012). پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی، بررسی روند و استفاده بهینه از منابع آب مسئله مهم و کلیدی در برنامه‌ریزی منابع آب است. داده‌های مورد استفاده باید استوکاستیک و ایستا باشد. منظور از ایستایی، مستقل بودن داده‌ها نسبت به زمان است. این ویژگی‌ها باعث شده تا بتوان از تحلیل‌های سری زمانی استفاده کرد. به مجموعه‌ای از داده‌های آماری که دارای فواصل زمانی مساوی و منظمی باشد سری زمانی گفته می‌شود. در واقع یک سری از داده‌ها وقتی ایستاست که تغییر منظمی در میانگین و واریانس آن وجود نداشته و تغییرات دوره‌ای در آن حذف شده باشد. سری‌های زمانی ناپیدا را می‌توان با روش تفاضل گرفتن و یا پایدار نمودن واریانس و میانگین به سری‌های زمانی ایستا تبدیل نمود (Gardfaramarzi et al. 2017). هدف از تحلیل سری زمانی، پیش‌بینی داده‌های مورد نظر و بدست آوردن مدل تغییرات و شناسایی روند آن‌ها است. ضرورت استفاده از روش سری زمانی، پیش‌بینی متغیر سرعت باد در حوضه‌های آبریز به جهت تاثیر سرعت باد در میزان تبخیر، طراحی ارتفاع آزاد مخزن سدها، تاثیر باد در شکستن مکانیکی گیاهان و برآورد ارتفاع مناسب بادشکن‌ها برای حفاظت از گیاهان است. (Alencar et al. 2018) به بررسی متغیر سرعت باد با روش‌های SARIMA و شبکه عصبی در بازه زمانی روزانه در منطقه ماکائو و پترولینا واقع در منطقه شمال شرقی برزیل پرداختند. نتایج بدست آمده نشان داد که روش ترکیبی شبکه عصبی و SARIMA خطای کمتری در تخمین سرعت باد دارد. (Chen et al. 2018) به بررسی متغیر سرعت باد در

بازه زمانی، کدام سری زمانی نتیجه بهتری دارد. علاوه بر این در پایان این تحقیق پیشنهاد شده است که این بررسی‌ها در اقلیم مرطوب نیز مطالعه گردد. حوضه مورد مطالعه یکی از حوضه‌هایی است که از نظر مدیریت دارای مشکلات زیادی است که در سطح جهان مورد توجه قرار گرفته است. تحلیل موارد مذکور و آزمون‌های استفاده شده و همچنین بازه‌های زمانی در نظر گرفته شده نیز نوآوری محسوب می‌شود.

دوره‌های زمانی مورد استفاده به دلایل زیر انتخاب شده اند: ۱. هر چه داده‌ها بیشتر باشد، خطای کمتری دارد. ۲. در روش سری زمانی هر چه تعداد داده‌ها بیشتر باشد مدل‌سازی بهتری صورت می‌گیرد که در این تحقیق با تعداد محدودی از داده‌ها مواجه بودیم. ۳. یکی از نوآوری‌های این تحقیق استفاده از بازه‌های زمانی مختلف و بررسی آنها در متغیر مورد مطالعه بود.

#### مواد و روش‌ها

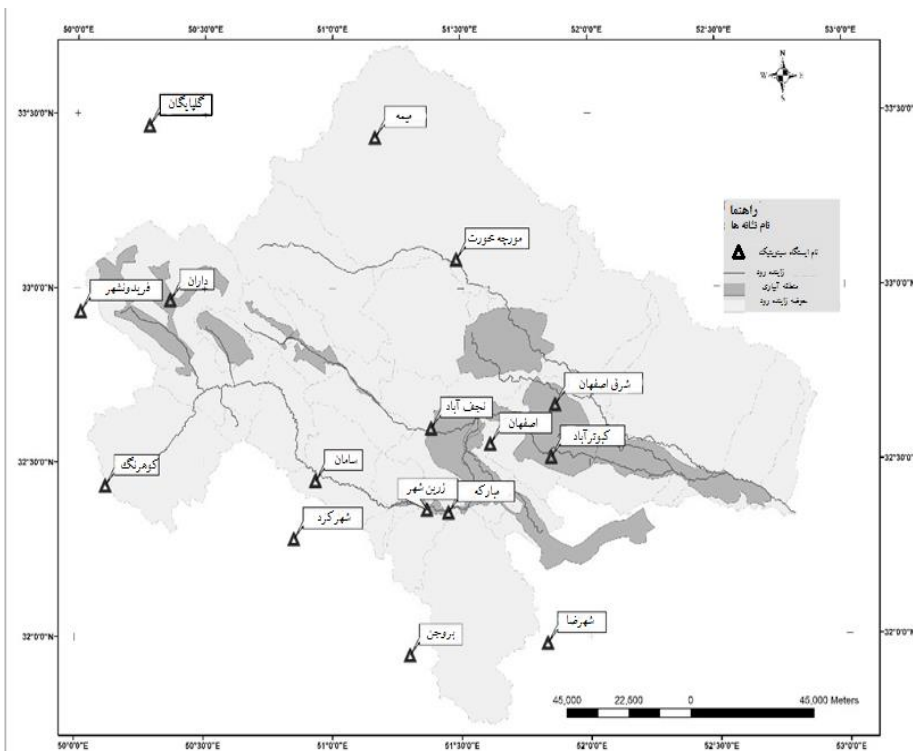
منطقه مورد مطالعه در حوضه زاینده‌رود در استان اصفهان واقع است و ارتفاع متوسط آن ۱۴۶۶ متر است. مساحت کل حوضه ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع است و ۷ ایستگاه سینوپتیک اصفهان، شرق اصفهان، کبوتر آباد، مبارکه، شهرضا، داران و نجف آباد به عنوان نمونه از این حوضه مورد بررسی قرار گرفتند (فقط این ایستگاه‌ها دارای اطلاعات و آمار کاملی بودند). داده‌های هواشناسی متغیر سرعت باد از وزارت نیرو دریافت شد. واحد اندازه‌گیری سرعت باد کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شد. آمار ایستگاه‌های هواشناسی، از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۸ بودند. تعداد داده‌ها در بازه زمانی روزانه ۹۵۹۵، ۷ روزه ۱۳۷۱، ۱۵ روزه ۶۴۰، ۳۰ روزه ۳۱۳ و فصلی ۱۰۶ برآورد شد.

بود. رفتار همه مدل‌های سری زمانی بلند مدت (میانگین، بیشینه و کمینه دمای روزانه) با اقلیم محلی تقریباً یکسان بود. (Khazaei and Mirzaei, 2014) جهت پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی (دما، بارش و تبخیر) حوضه آبخیز زهره، از آزمون‌های کلموگراف اسمیرنوف جهت بررسی نرمال بودن و من‌کنندال جهت بررسی روند استفاده گردید. در ادامه با استفاده از نمودارهای خود همبستگی ACF و خود همبستگی جزئی PACF و همچنین با در نظر گرفتن معیار آکاییک بهترین مدل بدست آمد. سپس به کمک مدل (SARIMA) متغیر دما و تبخیر به صورت ماهانه مدل‌سازی شد. (Modares and Eslamian, 2006) از مدل‌های فصلی اتورگرسیو و میانگین متحرک جهت مدل‌سازی جریان ماهانه رودخانه زاینده‌رود در غرب استان اصفهان با استفاده از روش باکس و جنکینز استفاده نمودند و مدل (۰،۱،۱) ARIMA(۱،۱،۰) را به عنوان بهترین مدل معرفی کردند.

هدف از تحلیل سری‌های زمانی، پیش‌بینی داده‌های مورد نظر و به دست آوردن مدلی از تغییرات و شناسایی روند آنها می‌باشد (Dudangeh et al. 2012) که شامل تشخیص ساختار زمانی، شناسایی داده‌های ایستا و نایستا، بررسی اثر متغیرهای خارجی، بررسی اثر ساختار همبستگی داده‌ها و خود همبستگی آنها، شناسایی فصلی بودن داده‌ها و نشان دادن مقادیر پیش‌بینی بلافاصله در مرحله بعد است. اما تعداد داده‌های پیش‌بینی شده زیاد نیست. البته باید در نظر داشت که در علم هیدرولوژی تضمینی وجود ندارد، بلکه پیش‌بینی به معنای تخمین است. فرضیات مطالعه حاضر، استوکاستیک و تصادفی بودن داده‌ها است و همچنین اثر عوامل مصنوعی و انسانی بر روی داده‌های مطالعه ناچیز در نظر گرفته شده است.

نوآوری این تحقیق مقایسه آزمون‌های بکار برده شده و بررسی حساسیت این آزمون‌هاست. همچنین بدست آوردن اینکه چه آزمونی در چه شرایطی انجام شود و اینکه در کدام





شکل (۱): ایستگاه‌های موجود در حوضه زاینده رود

در ابتدا، ازداده‌ها آزمون‌های آماری مختلفی گرفته شد که عبارت اند از: بررسی روند از طریق آزمون ناپارامتری من‌کندال انجام گرفته که در صورت وجود روند، روند زدایی انجام گیرد. روش بررسی به این صورت است که معمولاً یک ساختار دوره‌ای در داده‌ها وجود دارد که باعث می‌شود میانگین و واریانس ناپایدار باشد. به طور کلی حذف روند با استفاده از روش‌های زیر صورت می‌گیرد: حذف روند در میانگین، حذف روند در واریانس، حذف روند در واریانس و میانگین، حذف جابجایی در واریانس و حذف جابجایی در واریانس و میانگین. در این مطالعه تقریباً تمامی بازه‌های زمانی دارای روند بودند که روند زدایی انجام گرفت. همچنین هیچگونه جابه‌جایی در این مطالعه مشاهده نشد. داده‌های پرت با روش‌های نمودار جعبه‌ای، نرمال و گروپزبک مشخص گردید. آزمون همگنی با آزمون‌های انحراف تجمعی، SNH، وون نیومن و بویس هند رانگ به صورت برنامه‌نویسی در نرم افزار متلب مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی ایستایی از آزمون ریشه واحد ADF، KPSS استفاده شد (آزمون ریشه واحد برای بررسی ایستایی داده‌ها استفاده می‌شود و فرض صفر به این صورت است که داده‌ها دارای

ریشه واحد هستند و ایستا نیستند. اگر فرض صفر رد شود نتیجه گرفته می‌شود که داده‌ها ایستا هستند. برای برطرف کردن آن از روش تفاضل گیری استفاده می‌گردد). پس از بررسی داده‌ها و آزمون‌های انجام گرفته مدلسازی شروع شد. روش مورد استفاده در این تحقیق باکس و جنکینز بود (shabani et al. 2013) که یک روش معتبر در زمینه مدلسازی متغیرهای اقلیمی است. جهت برآورد پارامترها از روش حداقل مربعات استفاده شد. جهت بدست آوردن مدل مناسب، از نمودارهای خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی (PACF) استفاده گردید. همچنین جهت بدست آوردن مدل بهینه از معیارهای آکاییک، شوارتز و حنان کویین نیز استفاده شد. از لحاظ نرمال بودن، آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف، جاک برا و روش آماری (بررسی کشیدگی و چولگی) بکار برده شد و پس از آن از نظر درستی مدل، آزمون‌های دوربین واتسون و پرت مانتو انجام گرفت. جهت ارزیابی از معیارهای  $R^2$  و درصد خطا و RMSE و MSE در نظر گرفته و تعدادی از داده‌های مشاهداتی به منظور اعتبارسنجی مدلسازی استفاده شد. به این صورت که در بازه‌های روزانه و ۷ روزه، ۵ درصد داده‌ها، در ۱۵ روز و ۳۰ روز ۱۰ درصد و در بازه زمانی فصلی ۲۰

برای شروع مدل‌سازی، نمودارهای خودهمبستگی داده‌ها بررسی می‌شود و رتبه‌های  $p$ ،  $q$ ،  $d$ ،  $P$ ،  $Q$ ،  $D$  بدست می‌آید. سپس برای برآورد بهترین مدل از چند روش استفاده می‌شود که عبارت‌اند از: بررسی خودهمبستگی (ACF) و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌ها (PACF) (Nury et al. 2017). به این ترتیب که در نمودار خود همبستگی و خود همبستگی جزئی باقیمانده‌ها تا تاخیر ۳ یا ۴ نباید هیچگونه همبستگی مشاهده شود که در صورت مشاهده، مدل بایستی جایگزین شود. همچنین برای برآورد مدل بهینه از معیارهای آکاییک، شوارتز و حنان کوئین نیز استفاده می‌شود (Khtar and Bahmani 2015). به این صورت که با توجه به تعداد داده‌ها، معیار مناسب از بین ۳ معیار ذکر شده انتخاب، و مدل‌های برآورد شده اولیه با یکدیگر مقایسه می‌گردند و مدلی که کمترین مقدار را داشته باشد انتخاب خواهد شد (Eslamian 2014).

درصد داده‌ها در نظر گرفته شد. بعد از اعتبارسنجی، خطای مدل‌ها بررسی و بهترین مدل بدست آمد. سپس با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و آزمون جاکر برا، نرمال بودن مدل بررسی قرار گرفت که در صورت نرمال بودن، مدل قابل قبول خواهد بود. فرمول مدل ARMA با معادله (۱) بررسی شده است.

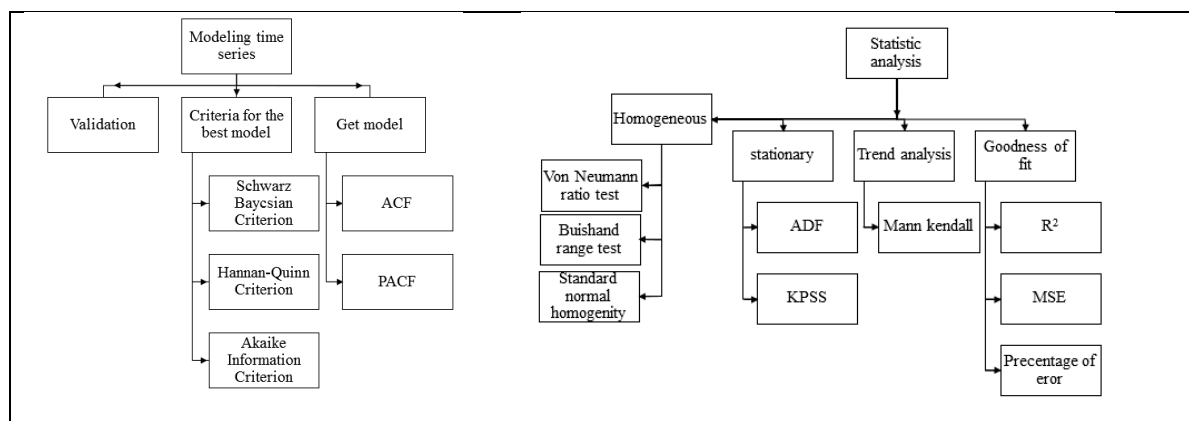
$$Y_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (1)$$

$Y_t$ : داده‌های نرمال،  $\varepsilon_t$ : خطا  $\{\varphi_1, \dots, \varphi_p\}$  و  $\{\theta_1, \dots, \theta_q\}$  به ترتیب پارامترهای میانگین متحرک و اتورگرسیو هستند.  $p$  و  $q$  برابر با مرتبه میانگین متحرک و مرتبه اتورگرسیو هستند. در صورتی که داده‌ها دارای خصوصیت فصلی باشند به فرمول بالا، یک قسمت که مربوط به خصوصیت فصلی است با پارامترهای  $Q$ ،  $P$  اضافه می‌شود که معرف مرتبه اتورگرسیو و میانگین متحرک فصلی است.

جدول (۱): معیارهای برآورد بهترین مدل

تعداد داده	معیار
بالای ۲۰۰	آکاییک <sup>۱</sup> (AIC)
۲۰۰-۱۰۰	حنان کوئین <sup>۲</sup> (HQIC)
زیر ۱۰۰	شواربیزین <sup>۳</sup> (SBIC)

فلو چارت برآورد بهترین مدل و مراحل مدل‌سازی در شکل (۲) در ادامه آورده شده است.



شکل (۲): فلوچارت مدل‌سازی و آزمون‌های استفاده شده

<sup>۱</sup>- Akaike Information Criterion

<sup>۲</sup>-Hannan-Quinn Criterion

<sup>۳</sup>-Schwarz Bayesian Criterion

$$MSE = \frac{\sum(\hat{y}_t - y_t)^2}{N} \quad (۴)$$

$y$  متغیر مورد بررسی و  $\hat{y}$  میانگین متغیر مورد نظر و  $N$  تعداد داده‌ها است. از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز استفاده گردید که فرمول این شاخص از جذر شاخص قبلی (میانگین مربعات خطا) بدست می‌آید. (Khtar and Bahmani 2015).

جهت اعتبارسنجی در بازه‌های روزانه و ۷ روزه از ۵ درصد داده‌ها و در ۱۵ روز و ۳۰ روز از ۱۰ درصد و در بازه زمانی فصلی از ۲۰ درصد داده‌ها استفاده شد. پس از تعیین خطا، با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و جارک برا، نرمال بودن مدل بررسی شد و در صورت نرمال بودن، مدل مورد نظر پذیرفته شد.

آزمون روند و همگنی با استفاده از نرم افزار Matlab و مدل‌سازی با استفاده از نرم افزار Minitab ، Eviews انجام گرفت.

موضوع است که داده‌ها ایستا نیستند. مورد دیگری که می‌توان از نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی تعیین کرد، بررسی فصلی بودن داده‌ها است. اگر روندی در فواصل مشخص در نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی مشاهده شود، به نظر می‌رسد داده‌ها دارای خصوصیت فصلی هستند.

از مدل‌های بدست آمده، آزمون‌های دوربین واتسون و پرت مانتو به منظور بررسی درستی گرفته شد. از نظر نرمال بودن، آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف، جارک برا (Alsharif et al. 2019) و روش آماری (بررسی چولگی-کشیدگی) مورد استفاده قرار گرفت. پس از آن به منظور ارزیابی از شاخص ضریب تبیین ( $R^2$ ) استفاده شد که از به توان ۲ رساندن معادله‌ی شماره (۲) بدست می‌آید.

$$r(x, y) = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \frac{1}{2} [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2] \frac{1}{2}}} \quad (۲)$$

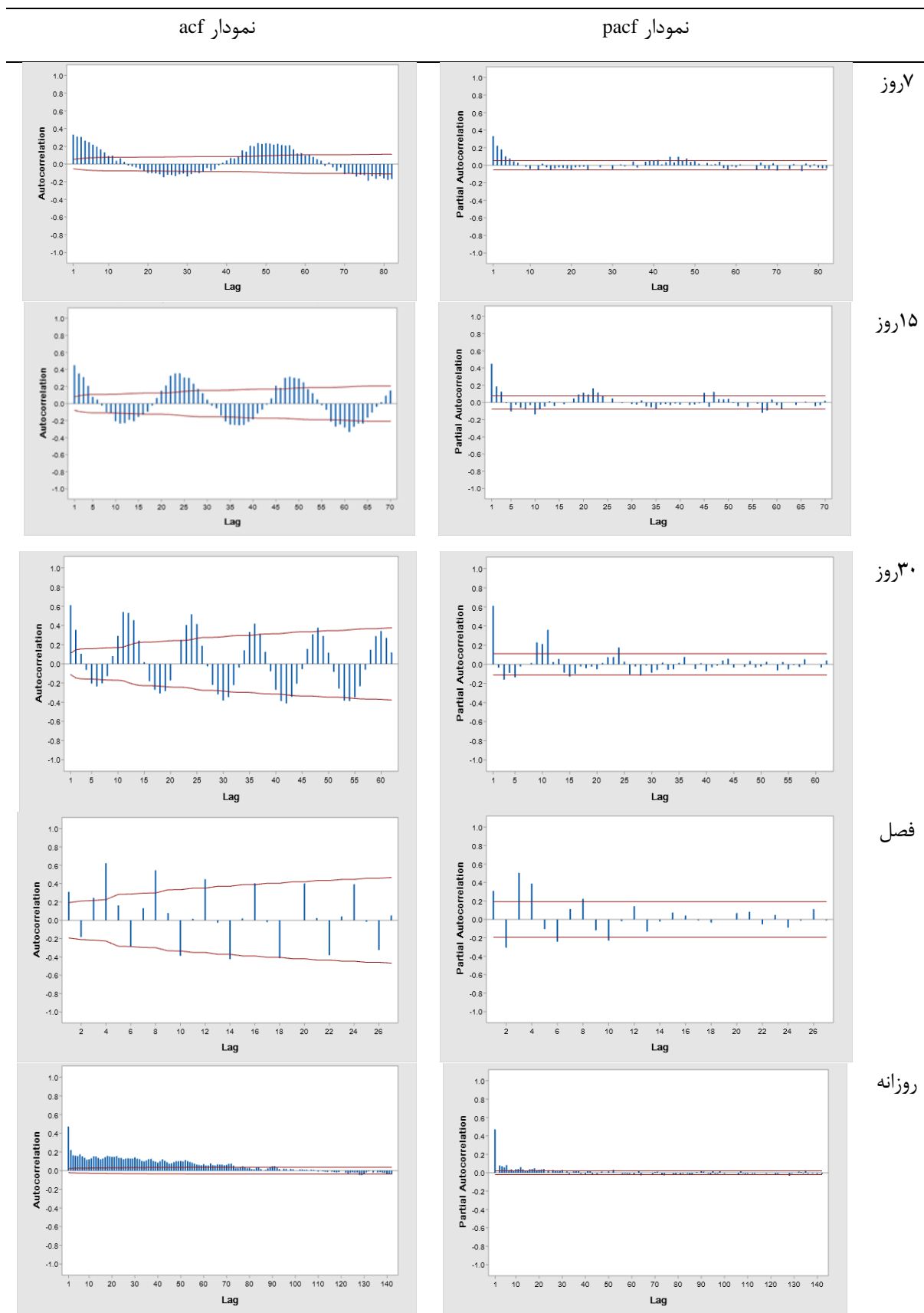
$x, y$  متغیرهای مشاهداتی و پیش بینی شده و  $n$  تعداد متغیرها است. از درصد خطا نیز استفاده گردید که رابطه آن در معادله شماره (۳) ارائه شده است.

$$\text{Error percentage} = \frac{\text{actual} - \text{prediction}}{\text{actual}} * 100 \quad (۳)$$

از میانگین مربعات خطا (MSE) که در معادله شماره (۴) توضیح داده شده نیز استفاده گردید.

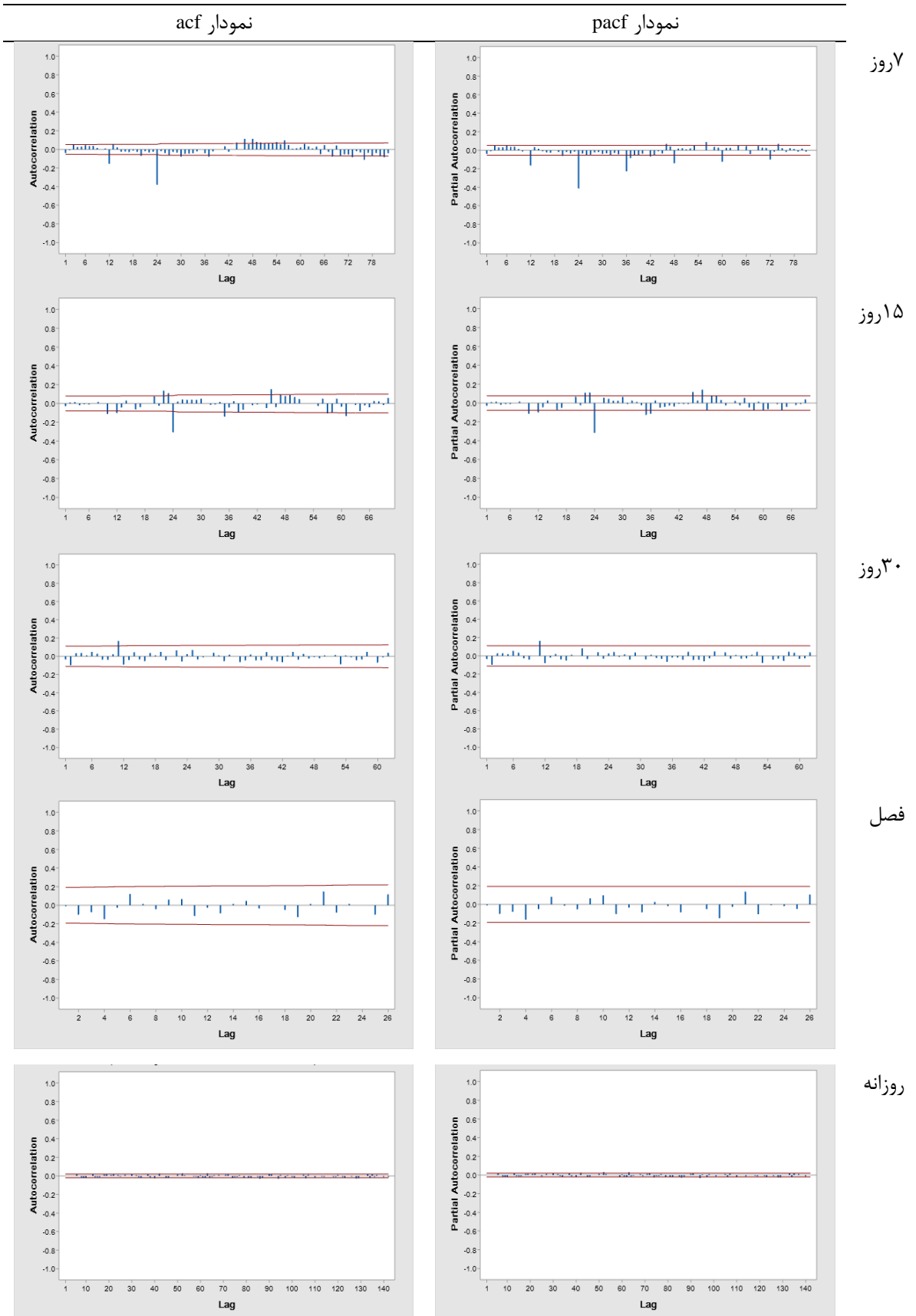
### نتایج و بحث

در میان ایستگاه‌ها، نمودارهای متغیر سرعت باد در ایستگاه شهرضا به عنوان نمونه آورده شد. ایستایی داده‌ها با رسم نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی (شکل ۳) مورد بررسی قرار گرفت. در این شکل محور عمودی نمودار، خودهمبستگی و محور افقی تاخیر در نظر گرفته شد. اگر در بازه ۵ درصدی محور خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی معنی‌داری مشاهده شد، نشان دهنده این

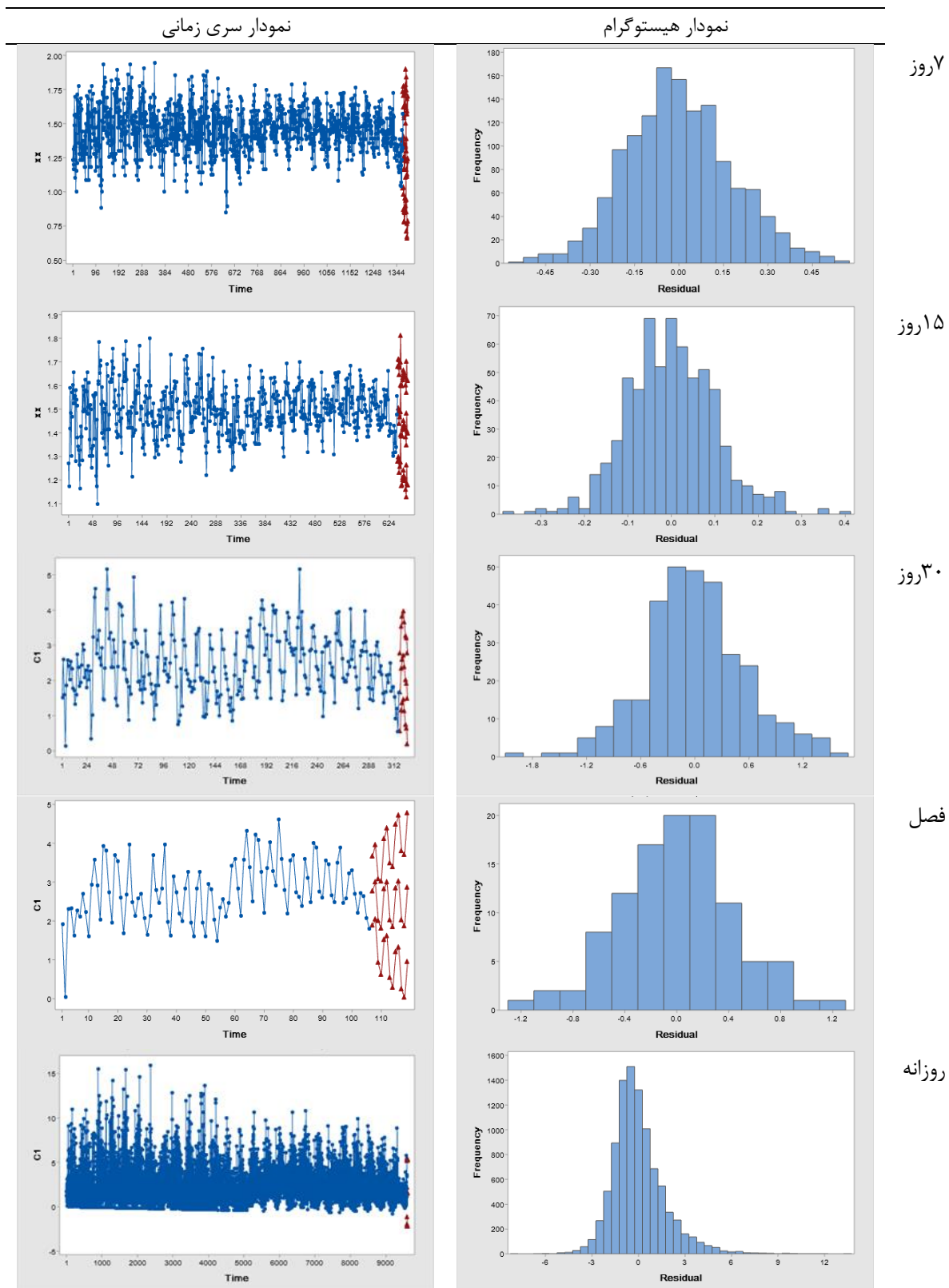


شکل (۳): خودهمبستگی داده‌ها سرعت باد ایستگاه مبارکه





شکل (۴): نمودار خودهمبستگی باقیمانده‌ها سرعت باد ایستگاه مبارکه



شکل (۵): بررسی نمودارهای هیستوگرام و مقادیر پیش‌بینی شده به منظور بررسی درستی مدل ایستگاه شهرضا

با بررسی نمودارهای خود همبستگی داده‌ها (شکل ۳) به نظر می‌رسد فواصل زمانی ۷ روزه، ۱۵ روزه و ۳۰ روزه دارای خصوصیت فصلی هستند. جهت بررسی مدل، نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۴). به این صورت که در نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌ها تا تاخیر ۳ یا ۴ نباید هیچ‌گونه معنی‌داری وجود داشته باشد که در صورت مشاهده مدل جایگزین خواهد شد.

به طور کلی با بررسی نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی می‌توان مدل صحیح را شناسایی کرد.

پس از مدل‌سازی، نمودارهای هیستوگرام و سری زمانی با مقادیر پیش‌بینی‌شده ترسیم شد (شکل ۵) و حد بالا و پایین مقادیر پیش‌بینی‌شده ۵ درصد در نظر گرفته شد. با توجه به نمودارها به نظر می‌رسد که در بازه زمانی فصلی و روزانه چولگی وجود دارد و دلیل آن نیز به نظر می‌آید به علت وجود داده‌های پرت است. این داده‌ها حذف نمی‌شوند و دلیل آن این است که این داده‌ها، داده‌های مشاهده‌ای هستند و نمی‌توان آنها را حذف کرد. جهت اعتبارسنجی در سری‌هایی با بازه زمانی روزانه و ۷ روزه، ۵ درصد داده‌ها در نظر گرفته شده و برای بازه ۱۵ روزه و ۳۰ روزه، ۱۰ درصد داده‌ها و در بازه زمانی فصلی ۲۰ درصد داده‌ها در نظر گرفته شد. مقادیر پیش‌بینی شده ایستگاه شهرضا در متغیر سرعت باد به عنوان نمونه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): مقادیر پیش‌بینی شده سرعت باد ایستگاه شهرضا

روزانه		فصلی		۳۰ روزه		۱۵ روزه		۷ روزه	
شماره	داده	شماره	داده	شماره	داده	شماره	داده	شماره	داده
۱	۲/۱۴	۱	۲/۷۶	۱	۱/۶۵	۱	۶/۴۰	۱	۳/۷۸
۲	۱/۶۱	۲	۲/۹۹	۲	۲/۳۳	۲	۶/۹۸	۲	۳/۳۸
۳	۱/۴۸	۳	۱/۹۹	۳	۲/۵۸	۳	۵/۶۱	۳	۴/۰۹
۴	۱/۴۹	۴	۱/۸۰	۴	۲/۷۰	۴	۶/۸۲	۴	۲/۴۸
۵	۱/۴۶	۵	۲/۸۱	۵	۲/۳۷	۵	۶/۱۶	۵	۱/۸۳
۶	۱/۴۹	۶	۳/۰۰	۶	۱/۹۹	۶	۹/۳۷	۶	۲/۳۹
۷	۱/۴۶	۷	۲/۰۰	۷	۱/۹۰	۷	۶/۵۸	۷	۱/۹۰
۸	۱/۴۸	۸	۱/۸۳	۸	۱/۴۷	۸	۴/۶۹	۸	۲/۳۶
۹	۱/۴۶	۹	۲/۸۴			۹	۴/۷۴	۹	۳/۳۷
۱۰	۱/۴۸	۱۰	۳/۰۱			۱۰	۵/۱۴	۱۰	۲/۵۳
۱۱	۱/۴۶	۱۱	۲/۰۱			۱۱	۵/۲۷	۱۱	۳/۲۳
۱۲	۱/۴۸۷	۱۲	۱/۸۵			۱۲	۵/۸۶	۱۲	۵/۴۱
۱۳	۱/۴۶۷	۱۳	۲/۸۶			۱۳	۵/۵۵	۱۳	۳/۳۵
۱۴	۱/۴۸۶					۱۴	۵/۴۲	۱۴	۲/۹۳
۱۵	۱/۴۶۸					۱۵	۵/۲۰	۱۵	۳/۹۲
						۱۶	۴/۶۱	۱۶	۱/۸۴
						۱۷	۴/۱۰	۱۷	۱/۵۵
						۱۸	۶/۴۷	۱۸	۲/۳۰
						۱۹	۵/۰۲	۱۹	۱/۶۵
						۲۰	۴/۸۹	۲۰	۲/۴۳

و تبدیل باکس و کاکس ارزیابی شدند. همچنین مقادیر  $R^2$  در جدول (۵) تقریباً بالاتر از ۰/۷ بدست آمد.

داده‌های سرعت باد دارای روند افزایشی بودند که روندزدایی در آن‌ها صورت گرفت. همچنین مدل‌ها در جدول (۳) از لحاظ نرمال بودن، درستی مدل، درصد خطای برآورد شده

جدول (۳): بررسی نرمال بودن، درستی مدل، میزان خطا و تبدیل باکس کاکس کل ایستگاه‌ها

ایستگاه	نرمال بودن			ایستگاه	بازه	درستی مدل	درصد خطا		تبدیل باکس کاکس
	amar	j	k				خطا	تعداد	
داران	۰/۱	۷روز	۷روز	داران	۷روز	×	-۱	۲۰	۰/۵
					۱۵روز	×	۹	۱۰	-
					۳۰روز	×	۶/۳	۱۱	-
					فصل	×	۰/۰۰۱	۷	-
					روزانه	×	-۵/۹	۹	-
اصفهان	۲/۵ ۱/۱	۷روز	۷روز	اصفهان	۷روز	×	۵/۹	۲۰	۰/۲۳
					۱۵روز	×	۲/۱	۱۲	۰/۵
					۳۰روز	×	۱/۲	۱۲	۰/۵
					فصل	×	۱۰/۵	۷	۰/۰۶
					روزانه	×	۰/۵	۲۰	-۰/۳۴
کبوترآباد	۰/۳۶ ۰/۱۸	۷روز	۷روز	کبوترآباد	۷روز	×	۳/۸	۲۰	۰/۱۴
					۱۵روز	×	۵/۷	۲۰	۰/۵
					۳۰روز	×	-۲	۱۰	۰
					فصل	×	-۰/۴۷	۷	۰/۵
					روزانه	×	-۷/۴	۱۶	۰
مبارکه	۰/۲	۷روز	۷روز	مبارکه	۷روز	×	-۱/۳	۱۵	۰
					۱۵روز	×	۴/۳	۲۰	۰/۲۴
					۳۰روز	×	۱/۸	۹	-
					فصل	×	۶/۲	۷	-
					روزانه	×	۱/۴۶	۲۰	۰/۱۶
نجف آباد	-۰/۰۶	۷روز	۷روز	نجف آباد	۷روز	×	۰/۳۸	۱۵	۰
					۱۵روز	×	-۱/۴۸	۲۰	۰
					۳۰روز	×	۴/۷	۲۰	۰/۵
					فصل	×	۵/۲	۷	-
					روزانه	×	۱/۲۱	۲۰	۰/۴۱
شهرضا	۱/۶۳ -۰/۰۲	۷روز	۷روز	شهرضا	۷روز	×	۷/۲	۲۰	۰/۲۴
					۱۵روز	×	۰/۱۵	۲۰	۰/۲۱
					۳۰روز	×	-۲/۵	۸	-
					فصل	×	۳/۴	۱۳	-
					روزانه	×	۸/۲	۱۵	-
شرق اصفهان	۲/۵ -۰/۳۲	۷روز	۷روز	شرق اصفهان	۷روز	×	۳/۵۹	۲۰	۰
					۱۵روز	×	۲/۵۳	۲۰	۰/۵
					۳۰روز	×	-۱/۱۶	۱۱	-
					فصل	×	۱/۵۱	۱۰	-
					روزانه	×	۳/۶۳	۲۰	۰/۲۷
شهرضا	۰/۰۵	۷روز	۷روز	شهرضا	۷روز	×	۰/۰۵	۲۰	۰
					۱۵روز	×	۰/۰۹	۲۰	۰/۵
					فصل	×	۰/۰۹	۲۰	۰/۵
اصفهان	۰/۰۵	۷روز	۷روز	اصفهان	۷روز	×	۰/۰۵	۲۰	۰
					۱۵روز	×	۰/۰۹	۲۰	۰/۵
					فصل	×	۰/۰۹	۲۰	۰/۵

			روزانه	۳.۷۱
<b>ادامه جدول (۳): بررسی نرمال بودن کل ایستگاه‌ها</b>				
ایستگاه	بازه	نرمال بودن	j	amar
شرق اصفهان	۷روز	$>0.150$		
	۱۵روز	۰.۰۶		
	۳۰روز	$>0.150$		
	فصل	$>0.150$		
	روزانه			۰.۸۲
				۰.۲۲

راهنمای جدول: k منظور از روش کولموگروف اسمیرنوف، J منظور روش جاکر برا، d روش دوربین واتسون، L روش پرت مانتو است. amar منظور روش آماری که اولین پارامتر منظور کشیدگی و پارامتر دوم چولگی است. همچنین علامت - به معنای این است که مقداری بدست نیامده است.

مدلسازی‌ها بر اساس معیارهای ذکر شده انجام گرفت. و با بررسی نمودارهای خودهمبستگی، خودهمبستگی جزئی مدل‌ها برآورد شد که در جدول (۴) ارائه شده است.

<b>جدول (۴): مدل‌های بدست آمده از سایر ایستگاه‌ها</b>		
ایستگاه	بازه	مدل برازش داده شده سرعت باد
داران	۷روز	SARIMA (۴,۱,۲)(۰,۱,۱)
	۱۵روز	SARIMA (۳,۱,۳)(۱,۰,۱)
	۳۰روز	SARIMA (3,1,4)(1,0,1)
	فصل	ARIMA(۴,۱,۲)
اصفهان	روزانه	ARIMA(۱,۱,۲)
	۷روز	SARIMA(۵,۱,۰)(۱,۱,۰)
	۱۵روز	SARIMA(۳,۱,۳)(۱,۱,۱)
	۳۰روز	SARIMA(1,1,2)(1,1,1)
کبوترآباد	فصل	ARIMA(۲,۱,۳)
	روزانه	ARIMA(۱,۱,۱)
	۷روز	SARIMA(۳,۰,۳)(۰,۱,۱)
	۱۵روز	SARIMA(۵,۱,۰)(۱,۰,۱)
مبارکه	۷روز	SARIMA(۴,۱,۲)(۱,۰,۱)
	۱۵روز	SARIMA(۴,۱,۲)
	روزانه	ARIMA(۵,۱,۱)
	۷روز	SARIMA(۲,۱,۲)(۲,۱,۱)
نجف آباد	۱۵روز	SARIMA(۲,۱,۴)(۱,۰,۱)
	۳۰روز	SARIMA(۴,۰,۴)(۱,۱,۱)
	فصل	ARIMA(۴,۱,۲)
	روزانه	ARIMA(۱,۱,۱)
نجف آباد	۷روز	SARIMA(۳,۰,۱)(۱,۱,۰)
	۱۵روز	SARIMA(۳,۱,۴)(۱,۰,۰)

ادامه جدول (۴): مدل‌های بدست آمده از سایر ایستگاه‌ها

ایستگاه	بازه	مدل برازش داده شده سرعت باد
شهرضا	۳۰روز	SARIMA(۳,۱,۱)(۱,۱,۱)
	فصل	ARIMA(۴,۱,۴)
	روزانه	ARIMA(۱,۱,۳)
شرق اصفهان	۷روز	SARIMA(۱,۰,۱)(۱,۱,۰)
	۱۵روز	SARIMA(۲,۰,۳)(۱,۲,۱)
	۳۰روز	SARIMA(۳,۱,۳)(۱,۰,۱)
شرق اصفهان	فصل	ARIMA(۴,۱,۲)
	روزانه	ARIMA(۱,۱,۵)
	۷روز	SARIMA(۳,۰,۲)(۱,۱,۱)
شرق اصفهان	۱۵روز	SARIMA(۳,۱,۳)(۱,۰,۱)
	۳۰روز	SARIMA(۵,۱,۲)(۱,۰,۱)
	فصل	ARIMA(۴,۱,۲)
روزانه	ARIMA(۱,۱,۳)	

همچنین مدل از نظر سایر معیارهای ارزیابی نیز بررسی شد که نتایج آن در جدول (۵) گردآوری شده است.

داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده از ضریب تعیین خوبی برخوردار بودند که در جدول (۵) آورده شده است و

جدول (۵): معیارهای بدست آمده سایر ایستگاه‌ها

نام ایستگاه	مقادیر نکویی برازش	۷روز	۱۵روز	۳۰روز	فصل	روزانه
داران	$R^2$	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۷۸
	معیار آکاییک	-۱/۶۱	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۲۸	۱/۹
	معیار شوارتز	-۱/۵۹	۰/۲۹	۰/۱۴	۰/۴۱	۱/۹۱
	معیار حنان کویین	-۱/۶	۰/۲۶	۰/۰۹	۰/۳۳	۱/۹
	MSE	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲۷	۰/۱۲
	RMSE	۰/۱۰۷	۰/۴۰۵	۰/۳۶۲	۰/۳۸۲	۰/۹۴۱
اصفهان	$R^2$	۰/۷۲	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۸۲
	معیار آکاییک	-۲/۴۹	۰/۱۱	-۲	۰/۳۸	-۵/۵۴
	معیار شوارتز	-۲/۴۷	۰/۱۶	-۱/۹۲	۰/۵	-۵/۵۴
	معیار حنان کویین	-۲/۴۸	۰/۱۳	-۱/۹۷	۰/۴۳	-۵/۵۴
	MSE	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۲۴	۰/۰
	RMSE	۰/۱۰۴	۰/۳۷	۰/۱۲۷	۰/۴۰	۰/۰۲۲
کبوترآباد	$R^2$	۰/۷۹	۰/۸	۰/۸۵	۰/۶۸	۰/۷۶
	معیار آکاییک	-۳/۵۴	۰/۰۷	-۰/۹۹	-۰/۴۸	۰/۸۵
	معیار شوارتز	-۳/۵۲	۰/۱۲	-۰/۹۱	-۰/۳۵	۰/۸۵
	معیار حنان کویین	-۳/۵۳	۰/۰۹	-۰/۹۶	-۰/۴۳	۰/۸۵
	MSE	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶
	RMSE	۰/۰۶۱	۰/۳۶۷	۰/۲۱	۰/۲۶۳	۰/۵۵۶

ادامه جدول (۵): معیارهای بدست آمده سایر ایستگاه‌ها

روزانه	فصل	۳۰روز	۱۵روز	۷روز	مقادیر نکویی برازش	نام ایستگاه
۰/۸	۰/۸۴	۰/۷۷	۰/۸۴	۰/۸۳	R <sup>2</sup>	مبارکه
-۳/۹۱	۰/۲	۰/۶۰	-۳/۰۳	-۰/۷۷	معیار آکاییک	
-۳/۹۱	۰/۱۲	۰/۶۷	-۲/۹۸	-۰/۷۵	معیار شوارتز	
-۳/۹۱	۰/۱۲	۰/۶۳	-۳/۰۱	-۰/۷۶	معیار حنان کویین	
۰/۰	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	MSE	
۰/۰۵۱	۰/۳۲۳	۰/۴۷۳	۰/۰۷۸	۰/۲۴۴	RMSE	
۰/۷	۰/۷۷	۰/۸۵	۰/۷۴	۰/۸	R <sup>2</sup>	نجف اباد
-۰/۳۵	۰/۸۶	-۱/۸۱	-۰/۵۸	-۰/۷۷	معیار آکاییک	
-۰/۳۴	۰/۹۸	-۱/۷۲	-۰/۵۴	-۰/۷۵	معیار شوارتز	
-۰/۳۵	۰/۹۱	-۱/۷۷	-۰/۵۷	-۰/۷۶	معیار حنان کویین	
۰/۰۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱	MSE	
۰/۳۰۴	۰/۵۰۴	۰/۱۳۸	۰/۲۶۸	۰/۲۴۴	RMSE	
۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۸۴	۰/۷۹	R <sup>2</sup>	شهرضا
۳/۱	۱/۲۱	۰/۷۸	-۲/۷۴	-۲/۳۶	معیار آکاییک	
۳/۱۱	۱/۳۳	۰/۸۷	-۲/۷	-۲/۳۴	معیار شوارتز	
۳/۱	۱/۲۶	۰/۸۲	-۲/۷۲	-۲/۳۵	معیار حنان کویین	
۰/۰۱۷	۰/۰۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	MSE	
۱/۷۱	۰/۶	۰/۵۱۶	۰/۰۸۸	۰/۱۱	RMSE	
۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۷۹	۰/۷۹	R <sup>2</sup>	شرق اصفهان
-۲/۲۷	۰/۵۴	-۰/۰۵	-۱/۰۷	-۱/۰۳	معیار آکاییک	
-۲/۲۷	۰/۶۶	-۰/۰۳	-۱/۰۲	-۱	معیار شوارتز	
-۲/۲۷	۰/۵۹	-۰/۰۲	-۱/۰۵	-۱/۰۲	معیار حنان کویین	
۰/۰۰۱	۰/۰۲۹	۰/۰۱۷	۰/۰۱	۰/۰۰۷	MSE	
۰/۱۱۶	۰/۴۱۴	۰/۳۳۱	۰/۲۰۸	۰/۲۱۴	RMSE	

#### نتیجه‌گیری

خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی و همچنین معیارهای آکاییک، شوارتز و حنان کویین استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن تمامی داده‌ها در بازه‌های زمانی ۷روزه، ۱۵روزه، ۳۰روزه، و فصلی از آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و جاکرک برا استفاده شد و در بازه‌های زمانی روزانه از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی درستی مدل از آزمون‌های پرت مانتو و دوربین واتسون استفاده گردید. درصد خطای بدست آمده زیر ۲۰ درصد بود. ایستگاه شهرضا از نظر درصد خطا در بازه زمانی ۱۵ روزه کمترین خطا و روزانه بیشترین خطا را دارا بود و به همین علت این ایستگاه جهت ارائه نمودارها در این تحقیق انتخاب شد.

دوره زمانی مورد بررسی متغیر سرعت باد در تحقیق حاضر به صورت ۷روزه، ۱۵روزه، ۳۰روزه، فصلی و روزانه بود که هر چه تعداد داده‌ها کمتر باشد، مقدار خطا بیشتر، بدست می‌آید. همچنین از تبدیل باکس کاکس استفاده گردید. نتایج مدلسازی انجام شده از نظر R<sup>2</sup> مناسب و بالای ۰/۷ بدست آمد. تعیین روند با آزمون ناپارامتریک من‌کنندال بررسی شد و نتایج، حاکی از آن بود که ایستگاه‌های اصفهان، داران، مبارکه و کبوترآباد در تمام بازه‌ها دارای روند افزایشی بودند و بقیه ایستگاه‌ها نیز در بازه ۷روزه و روزانه دارای روند افزایشی بودند. روشی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت روش باکس و جنکینز بود و مراحل انجام آن عبارت بود از: جهت بدست آوردن بهترین مدل از نمودارهای

شده و تاثیر درصد رطوبت و دما بر سرعت باد استفاده کرد و همچنین از پیش‌بینی‌های انجام شده و مدل‌های برآورد شده در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان حوضه استفاده نمود. اما محدودیت‌های تحقیق حاضر به شرح زیر بود: یکی از فرضیه‌ها این بود که تأثیر عوامل مصنوعی و انسانی بر داده‌های مطالعه ناچیز بوده و طول دوره مورد استفاده به عنوان نمونه‌ای از کل جامعه در نظر گرفته شد. در ادامه این تحقیق و برای انجام تحقیقات بیشتر در آینده پیشنهاد می‌شود که اثر تغییر اقلیم بر مدل‌ها در نظر گرفته شود، از روش موجک در تحلیل سری زمانی استفاده شود، استفاده از روش‌های ARCH و GARCH و منطقه‌ای کردن نتایج و مقادیر پیش‌بینی شده نیز انجام پذیرد.

مدل‌های معرفی شده در بازه‌های ۷ روزه، ۱۵ روزه، ۳۰ روزه SARIMA و در بازه‌های روزانه و فصلی ARIMA بدست آمد. جهت بررسی روند، طبق مطالعات (khatr and bahmani. 2015; asfaw et al. 2018; nury et al. 2017) از روش من‌کنندال استفاده شد و طبق مطالعات (khatr and bahmani. 2015; asfaw et al. 2018; alencar et al. 2018) نیز از شاخص‌های RMSE و MSE برای اعتبارسنجی مدل استفاده گردید. در تحقیق مشابه‌ای که توسط (khatr and bahmani. 2015) جهت پیش‌بینی دمای خاک در بازه‌ی زمانی ماهانه انجام گرفت، مدل SARIMA به عنوان مدل مناسب معرفی شد. از نتایج بدست آمده می‌توان در برنامه‌ریزی محصولات کشاورزی مناسب این حوضه با توجه به سرعت باد پیش‌بینی

#### منابع

1. Alencar D.B., Affonso C.M., Oliveira R.C., and Jose Filho C.R. 2018. Hybrid approach combining SARIMA and neural networks for multi-step ahead wind speed forecasting in Brazil. IEEE Access, 6: 55986-55994. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872720>
2. Alsharif M.H., Younes M.K. and Kim J. 2019. Time series ARIMA model for prediction of daily and monthly average global solar radiation: Tcastud Seo. Symmetry, 11: 240-257. <https://doi.org/10.3390/sym11020240>
3. Asfaw A., Simane B., Hassen A. and Bantider A. 2018. Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin. Weather and Climate Extremes, 19:29-41. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2017.12.002>
4. Chen J., Zeng G.Q., Zhou W., Du W., and Lu K.D. 2018. Wind speed forecasting using nonlinear-learning ensemble of deep learning time series prediction and extremal optimization. Energy conversion and management, 165, 681-695. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.03.098>
5. Dudangeh A., Abedi Koopai J., and Gohari A. 2012. Application of time series models to determine the trend of future climatic parameters in order to manage water resources. Water and Soil Science, 16: 59-74 (In Persian).
6. Eslamian S. 2014. Handbook of Engineering Hydrology Engineering Hydrology and Water Management. CRC Press, USA.
7. Gardfaramarzi S., Saberi, and Qaisouri A. 2017. Determining the best time series model in forecasting annual rainfall of selected stations in West Azerbaijan province. Applied Research in Geographical Sciences, 17: 87-105 (In Persian).
8. Helmi M., Bakhtiari B. and Ghaderi K. 2020. Modeling and forecasting of meteorological drought using SARIMA time series model in different climatic samples of Iran, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 14:1090-1079 (In Persian).
9. Kalamaras N., Philippopoulos K., Deligiorgi D., Tzani C.G. and Karvounis G. 2017. Multifractal scaling properties of daily air temperature time series. Chaos, Solitons & Fractals, 98: 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.03.003>



10. Khazaei M., and Mirzaei M. 2014. Prediction of climatic variables using time series analysis of Zohreh watershed. *Applied Research in Geographical Sciences*, 34: 233-250 (In Persian).
11. Khtar B., and Bahmani A. 2015. Prediction of soil layer temperature using time series models. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 210-199 (In Persian).
12. Kocsi T., Kovács-Székely I., and Anda A. 2020. Homogeneity tests and non-parametric analyses of tendencies in precipitation time series in Keszthely, Western Hungary. *Theoretical and Applied Climatology*, 139 :849-859.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-019-03014-4>
13. Little T.D. 2013. *The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology*, Vol. Oxford University Press.
14. Modares R., and Eslamian S. 2006. Modeling the time series of Zayandehrud river flow. *Iranian Journal of Science and Technology*, 30:570-567 (In Persian).
15. Nazaripour H., Karimi Z., and Sedaghat M. 2012. Hydrometeorological drought assessment based on the integrated drought index and its prediction with Markov chain in Sarbaz river basin (southeast of Iran). *Journal of Soil and Water Sciences*, 20: 169-151 (In Persian).
16. Nury A.H., Hasan, K. and Alam, M.J.B. 2017. Comparative study of wavelet-ARIMA and wavelet-ANN models for temperature time series data in northeastern Bangladesh. *Journal of King Saud University Science*, 29:47-61. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.12.002>
17. Shabani B., Mousavi Baigi M., Jabbari Noghahi M., and Hero B. 2013. Modeling and forecasting the maximum and minimum monthly temperatures of Mashhad plain using time series models. *Journal of Water and Soil*, 27: 906-896 (In Persian).
18. Qahraman N., and Qarakhani, A. 2012. Evaluation of time series stochastic models in estimating evaporation from the pan (Case study: Shiraz station). *Water Research in Agriculture (Soil and Water Sciences)*, 25: 81-75 (In Persian).
19. Yasir L ., Ma Y., Sher M., Muhammad Y., and Muhammad Atif W.2020. Spatial analysis of temperature time series over the Upper Indus Basin (UIB) Pakistan. *Theoretical and Applied Climatology*, 139: 741-758. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-019-02993-8>

## Prediction of Wind Speed Meteorological Variable in Zayandehrud Basin Using Time Series Analysis

Faezeh Jannesary\*<sup>1</sup>, Saeid Eslamian<sup>2</sup>

DOI: 10.22103/nrswe.2022.19744.1007

### Abstract

Considering the effect of wind speed on important climatic issues such as evaporation, wind speed was investigated in seven meteorological stations of Zayandehrud basin using time series method. In this study the periods includes 7 days, 15 days, 30 days, seasonal and daily. Outlier data were determined by box diagram, normal and Grubs beck methods. The modeling was performed by examining the autocorrelation and partial autocorrelation diagrams using the criteria of Akaike, Schwartz and Hannan Quinn. Kolmogorov-Smirnov and Jark Bera tests that were used to check the normality of data and Durbin Watson and Pert Manto tests were used to check the accuracy of the model. Trend and homogeneity tests were performed using Matlab and modeling was performed using Minitab, Eviews. For validation at daily and 7-day intervals, 5% of data were considered, at 15 days and 30 days, 10% of data and at seasonal intervals, 20% of data. The trend analysis was performed by non-parametric Man Kendall method and the trend was observed in the majority of intervals. also, based on the results obtained (the coefficient of determination above 0.7 and the mean square error and error percentage below 20%) the model of SARIMA was introduced as the best model in the 7-day, 15-day and 30-day time intervals, and ARIMA model in daily and seasonal intervals.

**Keywords:** Forecasting, Zayandehrud basin, Time series, Wind Speed, ARIMA, SARIMA

---

<sup>1</sup>\*- Corresponding author, Graduated of MSc , Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan. Iran. Email:jan.faezeh@yahoo.com

<sup>2</sup> - Professor . Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.