

## بررسی دوره برگشت سریعترین باد سالانه در ایستگاه بوشهر

محمد مرادی

دکترای هواشناسی، استادیار و عضو هیات علمی پژوهشکده هواشناسی

تاریخ وصول: ۱۳۹۶/۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱۱

### چکیده

در این پژوهش سریعترین سرعت باد سالانه ایستگاه بوشهر در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۵۱ بررسی شد و با استفاده از رابطه گامبل نوع اول، دوره برگشت چند ساله برای این کمیت بدست آمد. برای محاسبه فراسنجهای مقیاس و محل رابطه گامبل، از روشهای گرافیکی، و عددی شامل کمترین مربعات، گشتاورها، تقرب آماری مرتبه ای و بیشینه درشتنمائی استفاده شد. نتایج برآورد فراسنجهای مقیاس و محل برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر به روش گامبل نوع اول نشان داد که بر پایه میانگین مربع خطاها، روشهای گشتاورها، کمترین مربعات، گرافیکی، تقرب آماری مرتبه ای و بیشینه درشتنمائی به ترتیب کمترین تا بیشترین میانگین مربع خطاها را دارا می باشند. در نتیجه روش گشتاورها برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری انتخابی از دقت بیشتری برخوردار است. بر این اساس از روش گشتاورها برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد سالانه ایستگاه بوشهر استفاده شد. از محاسبات دیده شد که سریعترین باد ایستگاه بوشهر با دوره برگشت ۲۵ ساله، ۲۹/۷ متر بر ثانیه، ۵۰ ساله، ۳۲/۸ متر بر ثانیه، ۱۰۰ ساله، ۳۵/۸ متر بر ثانیه و با دوره برگشت ۱۰۰۰ ساله، ۴۵/۹ متر بر ثانیه برآورد شده است. بعلاوه بیشترین سرعت باد روزانه ایستگاه بوشهر ۳۹/۰ متر بر ثانیه است که در سال ۱۹۵۹ رخ داده است که دوره برگشت آن ۲۰۷/۲ سال است. در سال ۲۰۱۴ نیز سریعترین سرعت باد ایستگاه بوشهر ۳۵ متر بر ثانیه ثبت شده است که این مقدار نیز بر اساس روش گشتاورها دوره برگشت ۸۲/۹ ساله دارد.

**کلید واژگان:** کمترین مربعات، بیشینه درشتنمائی، تقرب آماری مرتبه ای، روش گشتاورها.

## مقدمه

رویدادهای حدی، رویدادهای شدید و تصادفی هستند که بندرت رخ می‌دهند و در دنباله توزیع فراوانی، همواره دورتر از نقطه تمرکز توزیع قرار می‌گیرند. افزایش رخداد و فراوانی رویدادهای حدی جوی و اقلیمی سبب شده است تا بررسی آنها بویژه در سالهای اخیر همواره مورد توجه پژوهشگران هواشناسی، اقلیم‌شناسی، آبشناسی و مهندسان طراح قرار داشته باشد. این پژوهشگران در بررسی تغییر وضع هوا، خشکسالی و تغییر اقلیم، فراوانی، کنترل سیلاب، سدسازی و طراحی سازه‌های بزرگ مانند نیروگاه‌ها و استفاده از انرژی باد، سعی کرده‌اند تا با بکارگیری روشهای آماری مناسب، مقادیر حدی جوی را تحلیل و احتمال تکرار آن را در زمانهای مختلف فرمول بندی نمایند. دمای بیشینه مطلق، بیشترین بارش روزانه و سریعترین سرعت باد روزانه، از مهمترین کمیتهای حدی جوی مورد توجه این پژوهشگران می‌باشند.

از آنجائی که نقش گرمایش جهانی در تغییر اقلیم و تغییر فراوانی و شدت رویدادهای حدی جوی بوسیله مدل‌های اقلیمی آشکار شده است (کارل و همکاران، ۲۰۰۰)، از این رو برخی پژوهشگران هواشناسی و اقلیم‌شناسی مانند دانگ و همکاران (۲۰۰۱)، سلسی و کامبرلین (۲۰۰۶) و روادکار و کالکارنی (۲۰۰۸) رخداد کمیتهای حدی جوی را در ایستگاه‌های هواشناسی بررسی کرده‌اند و برخی نیز مانند ویوکناندان (۲۰۱۶) و حسن و همکاران (۲۰۱۴)، طی مقالات متعدد، مبانی آماری حاکم بر مقادیر حدی جوی را تحلیل نموده‌اند. از آنجائی که در این پژوهش نیز مبانی آماری یکی از مقادیر حدی جوی بررسی می‌شود، از این رو به برخی پژوهشهای گروه دوم اشاره می‌شود.

ویوکناندان طی مقالات پی در پی (ویوکناندان و همکاران، ۲۰۱۲؛ ویوکناندان و روی، ۲۰۱۲؛ ویوکناندان و همکاران، ۲۰۱۲؛ ویوکناندان، ۲۰۱۵ و ویوکناندان، ۲۰۱۶) تابع توزیع گامبل و فریچت را روی مقادیر حدی بارش، دما و سرعت باد ایستگاه هواشناسی خانیکوماری در جنوب هند (در موقعیت ۷۷/۵۴۶ شرقی و ۸/۰۸۴ شمالی)، بکار برد و نشان داد که تابع توزیع گامبل برای مقادیر حدی بارش و دما و تابع توزیع فریچت برای مقادیر حدی سرعت باد این

منطقه مناسب تر می‌باشد. این پژوهشگر همچنین روشهای محاسبه پارامترهای تابع چگالی را روی مقادیر حدی مختلف مانند، دمای کمینه و بیشینه سطح زمین، بیشترین سرعت باد و بیشترین بارش ارزیابی کرد. او نشان داد که برای برآورد دمای بیشینه سطح زمین، روش لوگ نرمال نوع سوم و برای برآورد دمای کمینه روش لوگ پیرسون نوع سوم مناسب ترین روش می‌باشد.

حسن و همکاران نیز در یک سلسله مقالات (حسن، ۲۰۱۰؛ حسن و همکاران، ۲۰۱۱؛ ۲۰۱۲؛ ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴) مقادیر حدی دما و بارش را بطور موردی در مناطق مختلف مالزی و پنانگ بررسی و مدل سازی کردند. این پژوهشگران در دوره آماری ۲۰۱۲-۱۹۸۱ برای بیست و دو ایستگاه هواشناسی دمای روزانه و بیشینه دما را بررسی کردند و با بکارگیری دو روش گشتاورها و بیشینه درشتنمائی، پارامترهای تابع توزیع گامبل را برآورد کردند. آنها در ادامه دوره برگشت ۱۲۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ ماهه مقادیر حدی دما را برای ایستگاه‌های تحت بررسی بدست آوردند.

از جمله پژوهشگران آبشناسی که از توابع آماری مناسب برای تحلیل فراوانی سیلاب استفاده کرده‌اند، می‌توان به کارماکار و سیمونویچ (۲۰۰۹) و شی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد. کارماکار و سیمونویچ نشان دادند که توابع ناپارامتری، در تحلیل دبی اوج-حجم رواناب، دبی اوج-مدت و حجم رواناب-مدت توانمند می‌باشند. شی و همکاران با بررسی دوازده ایستگاه آبشناسی در چین، نشان دادند که تابع توزیع احتمال لجستیک تعمیم یافته روی داده‌های فراوانی دبی کمینه هفت روزه مناسبتر میباشد.

در ایران نیز پژوهشگران زیادی مقادیر حدی جوی را بررسی کرده‌اند و توابع مختلفی را نیز برای هر کمیت حدی بکار برده‌اند که برای نمونه به تقوی و محمدی (۲۰۰۷) میتوان اشاره کرد. آنها روند و دوره برگشت شاخص‌های حدی را برای ایستگاه هواشناسی تهران در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ و نیز برای چند ایستگاه نمونه در دوره آماری ده ساله بررسی کردند و نشان دادند که دوره برگشت نمایه‌های گرم، سرد و بارشی طولانی تر شده است و فراوانی رخداد شاخص‌های سرد نیز کاهش یافته است.

احتمال گامبل برای متغیرهای  $-\infty < x < +\infty$  به صورت زیر نوشته می‌شود (گامبل، ۱۹۶۰):

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \exp\left[-\exp\left(-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right)\right] \quad (1)$$

در این معادله  $\alpha$  و  $\beta$  به ترتیب، فراسنجهای مقیاس و محل<sup>۱</sup> و  $f(x)$  تابع چگالی احتمال می‌باشد. تابع تجمعی این توزیع نیز با رابطه زیر مشخص می‌شود (سامی و همکاران، ۲۰۱۶):

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\left(\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right)\right] \quad (2)$$

از معادله (۲) می‌توان  $x$  را بر حسب  $F(x)$  بازنویسی کرد (راسموسون و گوتام، ۲۰۰۳):

$$x = \beta - \alpha \ln[-\ln[F(x)]] \quad (3)$$

از آنجائی که  $F(x) = 1 - p = 1 - \frac{1}{T}$  که در آن  $p$  تابع احتمال و  $T$  دوره برگشت بر حسب سال است، از این رو با بکارگیری اندیس  $T$ ، معادله (۳) به صورت زیر بازنویسی می‌شود (ویوکناندان، ۲۰۱۵):

$$x_T = \beta - \alpha \ln\left[-\ln\left[1 - \frac{1}{T}\right]\right] \quad (4)$$

در معادله فوق متغیر  $y_T$  که به متغیر کاهش یافته گامبل معروف است، به صورت زیر تعریف می‌شود (ویوکناندان، ۲۰۱۶):

$$y_T = -\ln\left[-\ln\left[1 - \frac{1}{T}\right]\right] \quad (5)$$

بنابراین رخداد  $x_T$  با دوره برگشت  $T$  سال از رابطه زیر بدست می‌آید (ویوکناندان و همکاران، ۲۰۱۲):

$$x_T = \beta + \alpha y_T \quad (6)$$

فراسنجهای مقیاس و محل به روشهای گرافیکی و عددی برآورد می‌شوند. از مهمترین روشهای عددی (بیسکو و همکاران، ۲۰۱۵) میتوان به روش گشتاورها (MOM)، بیشینه درشتنمائی (MLM)، تقرب آماری مرتبه ای (OSA) و کمترین مربعات (LSM) اشاره کرد.

هدف از این تحقیق محاسبه دوره برگشت برای مقادیر حدی بیشترین سرعت باد روزانه ایستگاه بوشهر در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۵۱ بر اساس رابطه گامبل می‌باشد. برای محاسبه فراسنج های مقیاس و محل در این پژوهش، روشهای مختلفی بکار گرفته شد که بر اساس میانگین مربعات خطا بهترین روش انتخاب و در محاسبات استفاده شد.

## مواد و روشها

ایستگاه بوشهر در موقعیت ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیائی شرقی و ۲۸ درجه و ۵۹ درجه عرض جغرافیائی شمالی با ارتفاع ۱۹/۶ متر از سطح دریا، از سال ۱۹۵۱ تاسیس شده است و پس از چند جابجائی در سالهای ۱۹۶۱ و ۱۹۷۱، سرانجام به فرودگاه بوشهر منتقل شده است. داده‌های این ایستگاه در دو ماهه اول سال ۱۹۷۹ دارای گسستگی است ولی سریعترین سرعت باد روزانه در این سال نیز از بین سریعترین باد ماه‌های بعد استخراج شد. بنابراین برای بررسی سریعترین باد روزانه در سالهای مختلف، دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۵۱ انتخاب شد. در این دوره، این داده‌ها از سازمان هواشناسی گرفته شد. بررسی داده‌های فوق برای آشکارسازی خطاهای فاحش، نشان داد که پنج داده مشکوک در بین داده‌ها قرار دارد. بیشترین سرعت باد روزانه در ماه نوامبر سال ۲۰۱۳ به مقدار ۲۹ متر بر ثانیه و در ماه می ۲۰۱۴ به مقدار ۳۵ متر بر ثانیه ثبت شده است. از مقایسه این داده‌ها با ایستگاه بوشهر ساحلی، این دو داده مشکوک تایید شد. بیشترین سرعت باد روزانه در ماه می سال ۱۹۵۹، در ماه مارس سال ۱۹۶۹ و در ماه اکتبر سال ۱۹۷۹ به ترتیب ۳۹، ۳۳ و ۳۱ متر بر ثانیه ثبت شده است که با مقایسه با ساعتهای قبل و بعد از رخداد و نیز قضاوت کارشناسی به عنوان باد جستی مورد تایید قرار گرفت. داده‌های سریعترین باد سالانه ایستگاه همدیدی بوشهر طی دوره آماری ۶۵ ساله، از نظر وجود روند بررسی شد. بررسی خط روند، وجود روند صعودی ضعیفی را نشان داد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد با آزمون من-کنندال آزمایش شد و مورد تایید قرار نگرفت.

در زیر با نگاهی کوتاه به مبانی نظری، نحوه برآورد ضرایب تابع توزیع گامبل بررسی می‌شود. تابع چگالی

1 scale and local parameters  
2 Method of Moments, Maximum Likelihood Method, Order Statistics Approach, Least Square Method.

روش گرافیکی

که در آن،  $P(x_i)$  از رابطه تجربی گرینگورتن که در معادله (۷) آورده شده است، بدست می‌آید.

در این روش پس از مرتب کردن داده‌ها از کوچک به بزرگ، از یک تابع احتمال تجربی مانند  $P(x_i)$  استفاده می‌شود:

$$P(x_i) = \frac{i - 0.44}{N + 0.12} \quad (۷)$$

در این رابطه،  $N$  تعداد داده‌ها و  $i$  شماره ردیف داده  $i$ ام در سری زمانی مرتب شده می‌باشد. تابع فوق به رابطه تجربی گرینگورتن<sup>۱</sup> معروف است. برای هر  $x_i$  که تابع احتمال آن  $P(x_i)$  مشخص شده است،  $y_i = -Ln[-Ln[P(x_i)]]$  بدست می‌آید.

در این رابطه،  $N$  تعداد داده‌ها و  $i$  شماره ردیف داده  $i$ ام در سری زمانی مرتب شده می‌باشد. تابع فوق به رابطه تجربی گرینگورتن<sup>۱</sup> معروف است. برای هر  $x_i$  که تابع احتمال آن  $P(x_i)$  مشخص شده است،  $y_i = -Ln[-Ln[P(x_i)]]$  بدست می‌آید.

$$L(\alpha, \beta) = \frac{1}{\beta} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{y_i - \alpha}{\beta} + EXP\left[-\frac{y_i - \alpha}{\beta}\right] \right] \quad (۱۳)$$

لگاریتم تابع درشتنمائی نیز که با  $l = Ln[L(\alpha, \beta)]$  تعریف شده است، به صورت زیر نوشته می‌شود:

با پلات کردن مقادیر  $x_i$  و  $y_i$  و برازش یک تابع خطی به داده‌های فوق، فراسنجهای مقیاس و محل بدست می‌آیند(شبری، ۲۰۰۲):

$$l = -N Ln(\beta) - \sum_{i=1}^N \left\{ \left( \frac{y_i - \alpha}{\beta} \right) + \sum_{i=1}^N \left[ -\left( \frac{y_i - \alpha}{\beta} \right) \right] \right\} \quad (۱۴)$$

$$Y = \frac{1}{\alpha} (X - \beta) \quad (۸)$$

برای برآورد فراسنجهای مقیاس و محل، تابع درشتنمائی باید بیشینه شود. برای اینکار مشتق این تابع نسبت به فراسنجهای یاد شده باید صفر باشد. بنابراین دسته معادلات زیر باید حل شود(میبر و همکاران، ۲۰۰۴):

۲-۲-روش گشتاورها

$$\frac{\partial l}{\partial \alpha} = 0, \quad \frac{\partial l}{\partial \beta} = 0, \quad \frac{\partial^2 l}{\partial \alpha^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 l}{\partial \beta^2} = 0, \quad \frac{\partial^2 l}{\partial \alpha \partial \beta} = 0 \quad (۱۵)$$

روش گشتاورها بر اساس میانگین و انحراف معیار سری زمانی داده شده بنا شده است. در این روش فراسنجهای مقیاس و محل از روابط زیر بدست می‌آیند(ویوکناندان و روی، ۲۰۱؛ الشنشوری و رمضان، ۲۰۱۲):

برای حل معادلات فوق از روش تکرار نیوتن-رافسون<sup>۲</sup> استفاده می‌شود. در این الگوریتم ابتدا از روش گشتاورها مقادیر  $\alpha_{old} = \alpha_G$  و  $\beta_{old} = \beta_G$  در نظر گرفته می‌شود و سپس، مشتقهای مرتبه اول و دوم محاسبه می‌شود و مقادیر جدیدی برای فراسنجهای فوق بدست می‌آید. مقادیر جدید با مقادیر قبلی مقایسه می‌شود. این مراحل تا جایی ادامه می‌یابد که اختلاف مقادیر جدید و قبلی از یک مقدار انتخابی کوچک کمتر شود (مهدی و آشکار، ۲۰۰۴).

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma \quad (۹)$$

$$\beta = \bar{x} - \gamma \alpha \quad (۱۰)$$

۲-۵-روش تقرب آماری مرتبه ای

در این معادلات،  $\bar{x}$  میانگین و  $\sigma$  انحراف معیار سری زمانی داده شده می‌باشد.  $\gamma = 0.5772157$  عدد ثابتی است که به تقریب اوایلر معروف است.

در این روش که بر اساس تکنیک لیبلیان، (لیبلیان، ۱۹۷۴) بنا شده است، داده‌های حدی دیدبانی شده، به  $k$  زیر گروه و  $m$  عنصر تقسیم می‌شود به طوریکه  $N = k \times m + m'$ . در این رابطه  $N$  تعداد داده‌های مورد بررسی و  $m'$  تعداد باقیمانده داده‌ها است. پس از این کار داده‌های هر گروه از بزرگ به کوچک مرتب می‌شوند. به طوریکه عنصر اول هر زیر گروه، کوچکترین و عنصر آخر هر زیر گروه، بزرگترین عنصر می‌باشد. در ادامه مجموع عناصر ستونها از رابطه زیر محاسبه می‌شود(AERB,2008):

۲-۳-روش کمترین مربعات

در این روش فراسنجهای مقیاس و محل تابع گامبل به ترتیب از روابط زیر برآورد می‌شود(دودا و همکاران، ۲۰۰۱):

$$\hat{\beta} = \frac{[\sum_{i=1}^N x_i]^2 - N \sum_{i=1}^N x_i^2}{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - [\sum_{i=1}^N x_i][\sum_{i=1}^N y_i]} \quad (۱۱)$$

$$\hat{\alpha} = \bar{x} + \frac{\hat{\beta}}{N} \left\{ \sum_{i=1}^N Ln[-Ln[P(x_i)]] \right\} \quad (۱۲)$$

## نتایج و بحث

بر پایه مبانی نظری، روشهای مختلفی برای برآورد فراسنجهای مقیاس و محل روی داده‌های سریعترین باد روزانه ایستگاه بوشهر بکار گرفته شد که نتایج آن در زیر بررسی می‌شود.

روش گرافیکی برای تعیین پارامترهای مقیاس و محل در شکل ۱ نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که بین سریعترین باد روزانه ایستگاه بوشهر و  $y_i = -Ln[-Ln[P(x_i)]]$ ، رابطه خطی با معادله  $wspd_{max24} = -3.442 + 0.2191y_i$  وجود دارد. از این رابطه بر اساس معادله (۸) فراسنجهای مقیاس و محل برآورد شد و مقادیر سریعترین باد با استفاده از معادله‌های (۵) و (۶) محاسبه شد. نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که مقادیر سریعترین باد برآورد شده با روش گرافیکی با باد واقعی تطابق مناسبی دارد. شکل ۲ اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده با روش گرافیکی را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که در سرعت‌های پایین و بالا، باد برآورد شده با روش گرافیکی از مقدار واقعی کمتر است و در بقیه سرعتها، این باد بیشتر از باد واقعی تخمین زده شده است. میانگین مربع خطاها در این روش  $1/2706$  متر بر ثانیه می‌باشد.

از آنجائی که میانگین و انحراف معیار سریعترین باد در دوره آماری به ترتیب  $18/31$  و  $5/582$  متر بر ثانیه برآورد شد، از این رو فراسنجهای مقیاس و محل بر اساس روش گشتاورها از معادله‌های (۹) و (۱۰) برآورد و مقادیر سریعترین باد با این کمیته‌ها، محاسبه شد. نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که مقادیر سریعترین باد برآورد شده با روش گشتاورها مشابه روش گرافیکی، با باد واقعی تطابق مناسبی دارد. شکل ۴ اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده با این روش را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که در این روش اختلافها نسبت به روش گرافیکی کمتر است. میانگین مربع خطاها در این روش  $1/2378$  متر بر ثانیه می‌باشد.

$$S_j = \sum_{i=1}^k X_{ij} \quad , \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

با مشخص شدن مجموع عناصر هر ستون، فراسنجهای اولیه آلفا و بتا که به ترتیب با  $\alpha'$  و  $\beta'$  نشان داده شده‌اند، از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\alpha' = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^m a_{mj} S_j \quad (17)$$

$$\beta' = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^m b_{mj} S_j \quad (18)$$

در این معادلات،  $a_m$  و  $b_m$  ضرایب وزنی تکنیک فوق می‌باشند. اگر تعداد عناصر باقی مانده صفر باشد آنگاه پارامترهای توزیع  $\alpha' = \alpha$  و  $\beta' = \beta$  می‌باشند. در صورتی که  $m' \neq 0$  معادله‌های (۱۷) و (۱۸) با کمی تغییر برای عناصر باقیمانده نیز نوشته می‌شود:

$$\alpha'' = \sum_{j=1}^{m'} a_{m'j} S'_j \quad (19)$$

$$\beta'' = \sum_{j=1}^{m'} b_{m'j} S'_j \quad (20)$$

در این معادلات  $S'_j$ ها مجموع عناصر باقیمانده است. اگر تعداد داده‌ها  $m'$  باشد، آنگاه پارامترهای توزیع  $\alpha'' = \alpha$  و  $\beta'' = \beta$  می‌باشند. در غیر اینصورت پارامترهای آلفا و بتا به صورت زیر محاسبه می‌شوند (ویکاندان و روی، ۲۰۱۲):

$$\alpha = t\alpha' + t'\alpha'' \quad (21)$$

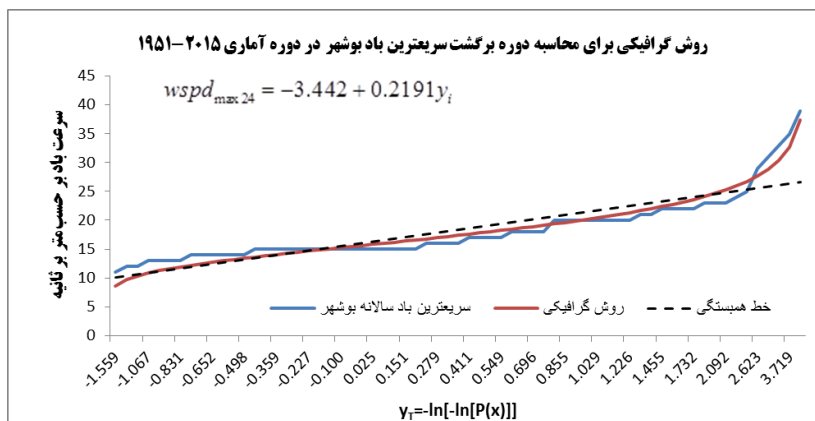
$$\beta = t\beta' + t'\beta'' \quad (22)$$

که در آن  $t$  و  $t'$  به صورت زیر تعریف می‌شوند:

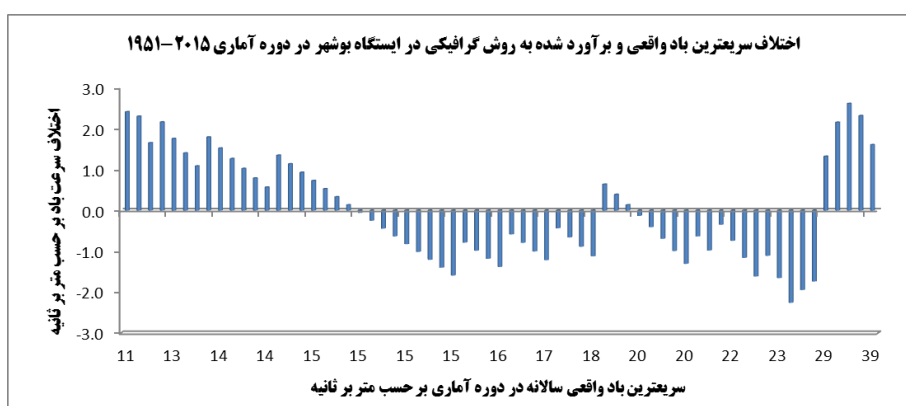
$$t = \frac{k \times m}{N} \quad (23)$$

$$t' = \frac{m'}{N} \quad (24)$$

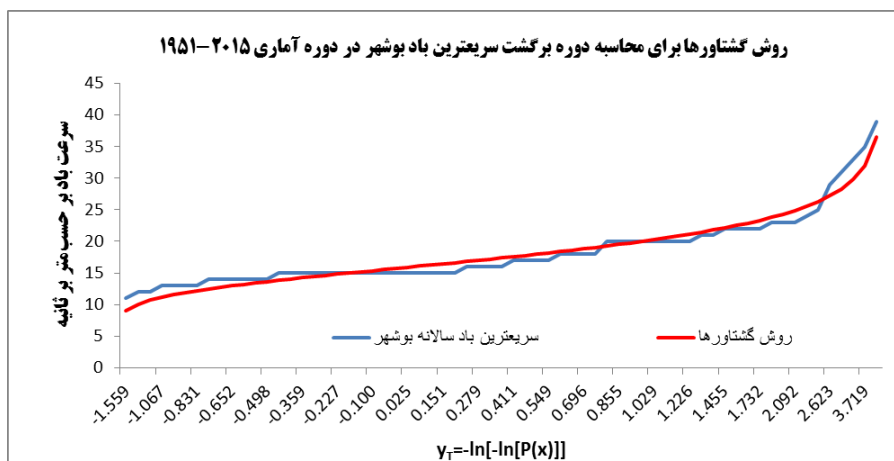
بر اساس الگوریتم گفته شده در این بند، فراسنجهای مقیاس و محل برای محاسبه دوره برگشت داده‌های سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۵۱، محاسبه شد. بر اساس مربع میانگین خطاها، بهترین روش نیز ارزیابی گردید.



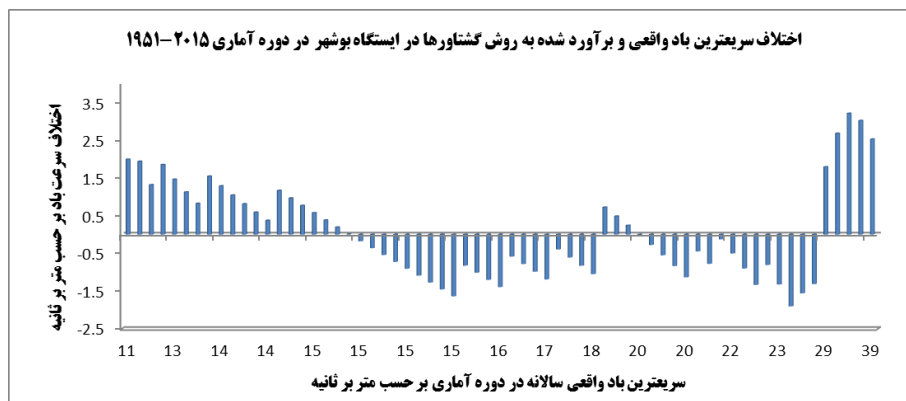
شکل ۱- رابطه بین سریعترین باد واقعی و برآورد با روش گرافیکی در ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵).



شکل ۲- اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده به روش گرافیکی در ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵).



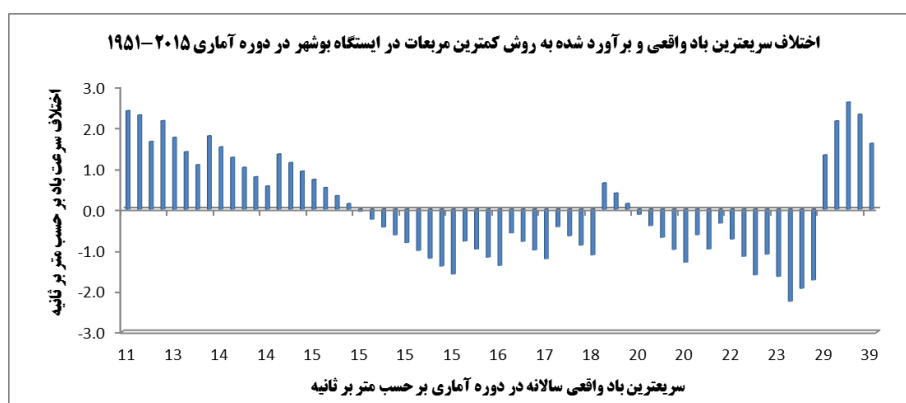
شکل ۳- رابطه بین سریعترین باد واقعی و برآورد شده با روش گشتاورها در ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵).



شکل ۴- اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده به روش گشتاورها در ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵).

شده با این روش را نشان میدهد. از این شکل دیده می‌شود که در این روش اختلافها مانند روش گرافیکی است. میانگین مربع خطاها در این روش  $1/2703$  متر بر ثانیه می‌باشد.

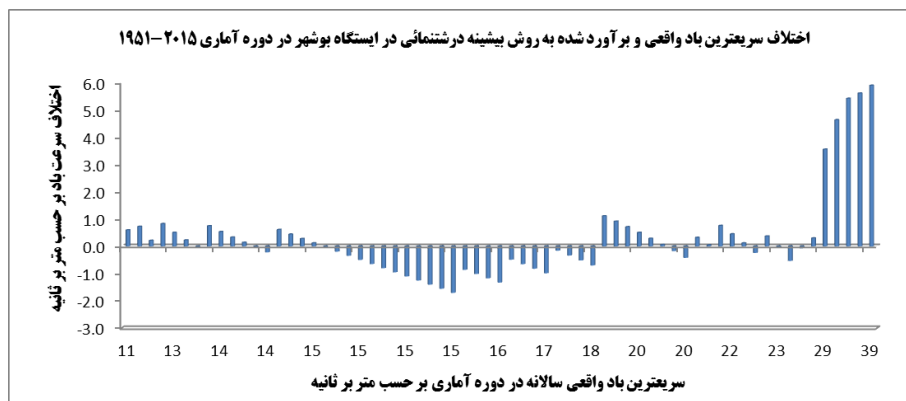
در روش کمترین مربعات، فراسنجهای مقیاس و محل از معادله‌های (۱۱) و (۱۲) برآورد و مقادیر سریعترین باد با این کمیتها، محاسبه شد. مقادیر سریعترین باد برآورد شده در این روش مشابه روش گرافیکی، با باد واقعی تطابق مناسبی دارد. شکل ۵ اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد



شکل ۵- اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده به روش کمترین مربعات در ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵).

شده با این روش را نشان میدهد. از این شکل دیده می‌شود که در این روش اختلافها در مقادیر بالای سرعت خیلی بیشتر از روش گرافیکی است در حالیکه در مقادیر کمتر، اختلافها خیلی کم می‌باشد. میانگین مربع خطاها در این روش  $1/5621$  متر بر ثانیه می‌باشد.

در روش بیشینه درشتنمائی، فراسنجهای مقیاس و محل بر اساس الگوریتم ارائه شده برآورد گردید و مقادیر سریعترین باد با این کمیتها، محاسبه شد. مقادیر سریعترین باد برآورد شده در این روش مشابه روش گرافیکی، با باد واقعی تطابق مناسبی دارد. شکل ۶ اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد

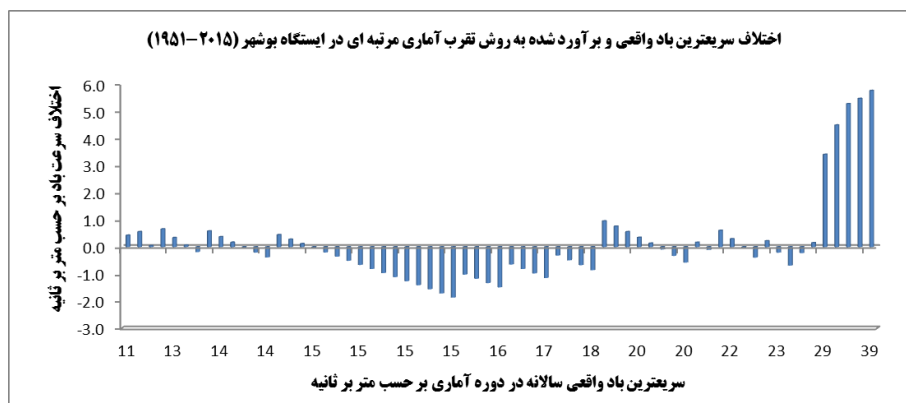


شکل ۶- اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده به روش بیشینه درشتنمائی در ایستگاه بوشهر (۲۰۱۵-۱۹۵۱).

در روش تقریب آماری مرتبه ای، داده‌های سریعترین باد دوره آماری ۶۵ ساله، به شش زیر گروه ده عضوی تقسیم شد و پنج عضو نیز باقی ماند. زیر گروه‌ها ابتدا مرتب شدند و مجموع ستونی زیر گروه‌ها بر اساس معادله (۱۶) بدست آمد و بر پایه معادلات (۱۷) و (۱۸) فراسنج‌های اولیه با  $\alpha'$  و  $\beta'$  برآورد شدند. چون تعداد عناصر باقیمانده غیر صفر بود، با استفاده از معادله‌های (۱۹) و (۲۰)، فراسنج‌های مقیاس و محل به صورت نهائی برآورد شدند و مقادیر سریعترین باد با این کمیتها، محاسبه شد. مقادیر سریعترین باد برآورد شده در این روش مشابه روش بیشینه درشتنمائی است. شکل ۷ اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده با این روش را

نشان می‌دهد. میانگین مربع خطاها در این روش ۱/۵۴۹۱ متر بر ثانیه می‌باشد. نتایج برآورد فراسنجهای مقیاس و محل و نیز میانگین مربع خطاها برای همه روشهای شرح داده شده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است که بر اساس کمترین میانگین مربع خطاها مرتب شده است. از ستون آخر این جدول دیده می‌شود که روش گشتاورها دارای کمترین میانگین مربع خطا و روش بیشینه درشتنمائی بیشترین میانگین مربع خطا را دارا می‌باشد. در نتیجه روش گشتاورها برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری انتخابی از دقت بیشتری برخوردار است.

نشان می‌دهد. میانگین مربع خطاها در این روش ۱/۵۴۹۱ متر بر ثانیه می‌باشد. نتایج برآورد فراسنجهای مقیاس و محل و نیز میانگین مربع خطاها برای همه روشهای شرح داده شده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است که بر اساس کمترین میانگین مربع خطاها مرتب شده است. از ستون آخر این جدول دیده می‌شود که روش گشتاورها دارای کمترین میانگین مربع خطا و روش بیشینه درشتنمائی بیشترین میانگین مربع خطا را دارا می‌باشد. در نتیجه روش گشتاورها برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری انتخابی از دقت بیشتری برخوردار است.



شکل ۷- اختلاف سریعترین باد واقعی و برآورد شده به روش تقریب آماری مرتبه‌ای در ایستگاه بوشهر (۲۰۱۵-۱۹۵۱).

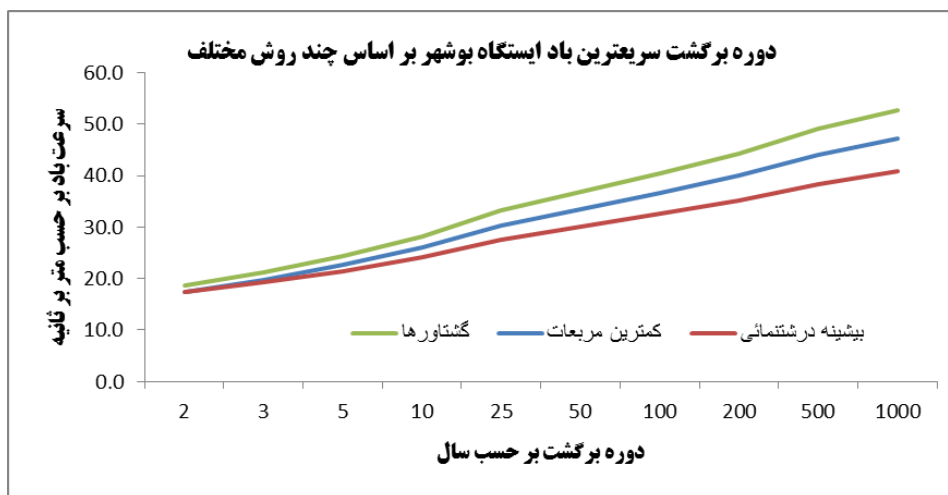


جدول ۱- برآورد پارامترهای محل، مقیاس و میانگین مربع خطا در روشهای مختلف.

انواع روشها	پارامتر محل $\beta$	پارامتر مقیاس $\alpha$	میانگین مربع خطاها
گشتاورها	۱۵/۷۹۶	۴/۳۵۲	۱/۲۳۸۷
کمترین مربعات	۱۵/۷۰۷۱	۴/۵۶۳۲	۱/۲۷۰۳
گرافیکی	۱۵/۷۱۰۰	۴/۵۶۴۰	۱/۲۷۰۶
تقرب آماری مرتبه ای	۱۶/۱۷۰۰	۳/۵۹۱۰	۱/۵۴۹۱
بیشینه درشتنمائی	۱۶/۰۱۱۹	۳/۵۹۶۳	۱/۵۶۲۱

قرار گرفته است. مقادیر دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در جدول ۲ آورده شده است. با محاسبه خطای معیار که جذر واریانس دوره برگشت می‌باشد، کرانه‌های بالا و پایین نیز برای سریعترین باد بوشهر محاسبه شد. در شکل ۹ دوره برگشت سریعترین باد بر اساس روش گشتاورها و کرانه‌های بالا و پایین برای سریعترین باد بوشهر نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که بر اساس روش فوق، سریعترین باد با دوره برگشت ۱۰۰۰ ساله ۴۵/۹ متر بر ثانیه است که بین مقادیر ۳۹ و ۵۳ متر بر ثانیه تغییر می‌کند.

در شکل ۸ دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری انتخابی بر اساس روشهای مختلف برای سالهای بین ۲ تا ۱۰۰۰ سال، نشان داده شده است. چون روش گرافیکی با روش کمترین مربعات و روش تقرب آماری مرتبه‌ای با روش بیشینه درشتنمائی تفاوت زیادی نداشت و خطوط مربوط به این مقادیر روی هم قرار می‌گرفت، از این رو در شکل فوق روشهای گرافیکی و تقرب آماری مرتبه‌ای نشان داده نشده‌اند. از این شکل دیده می‌شود که روش کمترین مربعات بین دو روش گشتاورها و بیشینه درشتنمائی

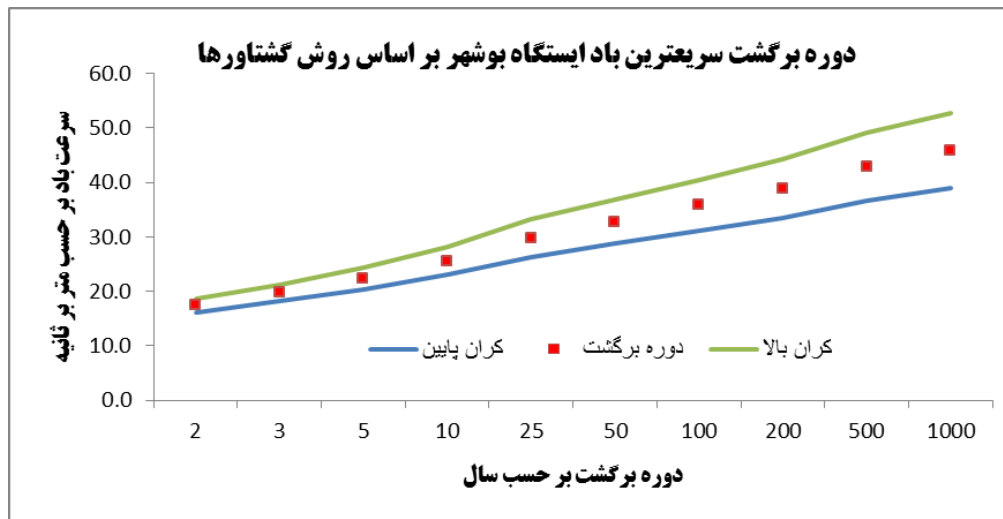


شکل ۸- دوره برگشت سریعترین باد در ایستگاه بوشهر بر اساس چند روش مختلف (۱۹۵۱-۲۰۱۵).

جدول ۲- برآورد دوره برگشت سریعترین باد بر حسب متر بر ثانیه ایستگاه بوشهر (۱۹۵۱-۲۰۱۵) با روشهای مختلف.

دوره برگشت (سال)	گشتاورها	کمترین مربعات	گرافیکی	تقرب آماری مرتبه ای	بیشینه درشتنمائی
2	17.4	17.4	17.4	17.5	17.3
3	19.7	19.8	19.8	19.4	19.3
5	22.3	22.6	22.6	21.6	21.4
10	25.6	26.0	26.0	24.3	24.1
25	29.7	30.3	30.3	27.7	27.5

30.0	30.2	33.5	33.5	32.8	50
32.6	32.7	36.7	36.7	35.8	100
35.1	35.2	39.9	39.9	38.8	200
38.4	38.5	44.1	44.1	42.8	500
40.9	41.0	47.2	47.2	45.9	1000



شکل ۹- دوره برگشت سریعترین باد در ایستگاه بوشهر بر اساس روش گشتاورها (۱۹۵۱-۲۰۱۵).

### نتیجه گیری

بر پایه بررسی مطالب بندهای پیش، علاوه بر این که تمامی شکلها و جدولهای ارائه شده در بند نتایج و بحث به عنوان نتایج این تحقیق در نظر گرفته می شود، بلکه موارد زیر نیز به عنوان نتایج موردی ارائه می شود:

روشهای گرافیکی و تقریب آماری مرتبه‌ای با روش بیشینه درشتنمائی در برآورد فراسنجهای مقیاس و محل تفاوت قابل توجهی ندارد ولی روشهای گشتاورها و کمترین مربعات با روش درشتنمائی متفاوت می باشند بطوریکه روش کمترین مربعات بین دو روش گشتاورها و بیشینه درشتنمائی قرار گرفته است. این نتیجه نشان می دهد که روش گشتاورها مقادیر بیشینه را بیشتر از روش بیشینه درشتنمائی برآورد می کند.

در طراحی سازه های بزرگ مانند نیروگاه های اتمی، روش تقریب آماری مرتبه ای برای محاسبه دوره برگشت، به دلیل کاهش برآورد مقادیر بیشینه، بیشتر مورد توجه قرار دارد. عملیاتی کردن این روش بر روی داده های ایستگاه های همدیدی، از نتایج این پژوهش است که برای نخستین بار در ایران بکار گرفته شده است.

نتایج برآورد فراسنجهای مقیاس و محل برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر به روش گامبل نوع اول نشان داد که بر پایه میانگین مربع خطاها روش گشتاورها، روش کمترین مربعات، روش گرافیکی، روش تقریب آماری مرتبه ای و روش بیشینه درشتنمائی به ترتیب کمترین تا بیشترین میانگین مربع خطاها را دارا می باشند. در نتیجه روش گشتاورها برای محاسبه دوره برگشت سریعترین باد ایستگاه بوشهر در دوره آماری انتخابی از دقت بیشتری برخوردار است.

در دوره آماری انتخابی، بیشترین سرعت باد روزانه ایستگاه بوشهر ۳۹/۰ متر بر ثانیه است که در سال ۱۹۵۹ رخ داده است. بررسی دوره برگشت این کمیت با روش گشتاورها نشان داد که این مقدار دوره برگشت ۲۰۷/۲ ساله دارد. در سال ۲۰۱۴ نیز سریعترین سرعت باد ایستگاه بوشهر ۳۵ متر بر ثانیه ثبت شده است که این مقدار نیز بر اساس روش گشتاورها دوره برگشت آن ۸۲/۹ سال است. سریعترین باد ایستگاه بوشهر با دوره برگشت ۵۰ ساله، ۳۲/۸ متر بر ثانیه است که می تواند بین ۲۸/۲ و ۳۶/۸ متر بر ثانیه تغییر نماید. این کمیت با دوره برگشت ۱۰۰ ساله به ۳۵/۸ متر بر ثانیه می رسد که کرانهای پایین و بالای آن به ترتیب ۳۱/۱ و

- Conference Proceedings. V1309, pp. 372-393.
12. Lieblein, J., 1974, Note on simplified estimates for Type I extreme value distribution - NBSIR 75-647, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Washington D.C.
  13. Karmakar, S., and S.P., Simonovic, 2009, Bivariate flood frequency analysis, Part 2: a copula-based approach with mixed marginal distributions. *Journal of Flood Risk Management*, 2(1), 32-44, 2009.
  14. Mahdi, S. and F., Ashkar, 2004, Exploring generalized probability weighted moments, generalized moments and maximum likelihood estimating methods in two-parameter Weibull model, *Journal of Hydrology* 285: 62-75.
  15. Meyer, C.M. and M., Woodroffe, 2004, Consistent maximum likelihood estimation of a unimodal density using shape restrictions. *Canad. J. Statist.* 32 85-100.
  16. Myung, I., J., 2003, Tutorial on maximum likelihood estimation. *Journal of Mathematical Psychology* 47 (2003) 90-100.
  17. Rasmussen, P.F. and N., Gautam, 2003, Alternative PWM-estimators of the Gumbel distribution. *Journal of Hydrology*, Vol. 280, Nos. 1-4, Pp 265-271.
  18. Revadekar, J.V. and Kulkarni, Ashwini. 2008: The ElNino- Southern Oscillation and winter precipitation extremes over India. *Int. J. Climatol.* 28: 1445-1452.
  19. Sami, G., D., Hadda, and K., Mehdi, 2016, Estimation and mapping of extreme rainfall in the catchment area of Batna (ALGERIA). *Analele Universității din Oradea, Seria Geografie.* 1: 107-117.
  20. Seleshi, Y. and Camberlin, P. 2006: Recent Changes in dry spell and extreme rainfall events in Ethiopia. *Theor. Appl. Climatol.* 83: 181-191.
  21. Shi, P., X., Chen, S., Qu, Z., Zhang and J., Ma, 2010. Regional frequency analysis of low flow based on L Moments: Case study in karst area, Southwest China. *Journal of Hydrologic Engineering* 15(5): 370-377.
  22. Shabri, A., 2002, A comparison of plotting formulas for the Pearson type III distribution. *Jurnal Teknologi*, 36(C) Jun. 2002: 61-74.
  23. Taghavi, F., H., Mohammadi, 2007, Study the Return Period of Extreme Climate Events for Reduction of Environmental Impacts. *Journal of environmental studies*, 43, 11-20.
  24. Vivekanandan, N., F.T., Mathew, and S.K., Roy, 2012, Modelling of wind speed data using probabilistic approach. *Journal of*
- ۴۰/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. در دوره برگشت ۱۰۰۰ ساله بیشترین سرعت باد ۴۵/۹ متر بر ثانیه برآورد شده است و کرانه‌های پایین و بالای آن نیز ۳۹/۰ و ۵۲/۷ متر بر ثانیه می‌باشد.
- منابع**
1. Atomic Energy Regulatory Board (AERB), 2008, Extreme values of meteorological parameters-AERB safety guide no. NF/SG/S-3.
  2. Beskow, S., T.L., Caldeira, C.R., Mello, L.C., Faria and H.A.S., Guedes, 2015, Multi parameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4 (2015) 123-133.
  3. El-shanshoury, G.I. and A.A., Ramadan, 2012, Estimation of extreme value analysis of wind speed in North-Western coast of Egypt. *Arab Journal of Nuclear science and application*, 45(4), 265-274.
  4. Karl, K. and B., Baker, 2000, The record breaking global temperature of 1997 and 1998: Evidence for an increase in the rate of global warming? *Geophys. Res. Lett.*, 27, 719-72.
  5. Duda, R.O., P.E. Hart, and D.G. Stork, 2001, *Pattern Classification*, New York: John Wiley.
  6. Gumbel, E.J., 1960, *Statistics of extremes*, 2nd Edition, Columbia Univ. Press, New York, USA.
  7. Hasan, H. and W.C., Yeong, 2010, Extreme Value Modeling and Prediction of Extreme Rainfall. A Case Study of Penang. *AIP Conf. Proc.* V1309, p372-393.
  8. Hasan, H., N.F., Ahmad Radi, and S., Kassim, 2011, Modeling the Distribution of Extreme Share Return in Malaysia Using Generalized Extreme Value (GEV) Distribution, *AIP Conf. Proc.* V1450, p82-89.
  9. Hasan, H., N.F., Ahmad Radi, and S., Kassim, 2012, Modeling of Extreme Temperature Using Generalized Extreme Value (GEV) Distribution: A Case Study of Penang. *World Congress on Engineering* 2012. Vol. 1, p181-186.
  10. Hasan, H., S., Norfatin, and S., Kassim, 2013, Modeling annual extreme temperature using generalized extreme values distribution: A case study in Malaysia. *AIP Conf. Proc.* 1522, p1195-1203.
  11. Hasan, H. and W.C., Yeong, 2014, Extreme value modelling and prediction of extreme rainfall: A case study of Penang. *AIP*

- Using OSA of EV1 and EV2 distributions. International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology, 3(4):57-60.
28. Vivekanandan, N. 2016, Evaluation of Parameter Estimation Methods of Probability Distributions for Modelling of Surface Temperature. Journal of Scientific and Engineering Research, 2016, 3(1):74-81.
29. Zhang, X., W. D. Hogg, and B. R. Bonsal, (2001): A cautionary note on the use of seasonally varying thresholds to assess temperature extremes. Climatic Change, 50, 505-507.
- power and river valley development, Vol 62, No, 3-4, Pp 42-45.
25. Vivekanandan, N. and S.K., Roy, 2012, Comparison of estimators of Gumbel distribution for modeling wind speed data. Journal of data mining, Vol 2, No, 4, Pp 11-15.
26. Vivekanandan, N., S.K., Roy and R.S., Jagtap, 2012, Assessment of rainfall and temperature using OSA estimators of extreme value distributions. Journal of software engineering and soft computing, Vol 2, No, 3, Pp 16-21.
27. Vivekanandan, N. 2015, Modelling of annual extreme rainfall, temperature and wind speed