



ارائه مدلی براساس روش مونت کارلو و زنجیره مارکوف به منظور پیش بینی میانگین سرعت باد در استان خوزستان

حسن شاه محمد^۱، پوریا شکسته بند^۲، ندا سالمی^۳

دکترای مهندسی صنایع، عضو هیئت علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

دانشجوی دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

کارشناسی آمار و کاربردها، دانشگاه پیام نور مرکز اهواز

چکیده: از پدیده هایی که چند سالی است گریبان گیر مردم استان خوزستان شده است، گرد و غباری است که در پی وزش بادهایی با سرعت چشم گیری بر روی مناطق خشک و بیابانی اطراف این منطقه از کشور شکل می گیرد. مدل سازی سرعت باد با استفاده از روش توزیع احتمال یکی از عمده ترین روش های پیدا کردن الگوهای بادی است. نوع توزیع آمار وزش باد تا پیشتر براساس توزیع ویبول بود، لیکن دیگر نمی توان از این توزیع برای همه مناطق دنیا استفاده کرد با توجه به الگوهای متنوع سرعت باد لازم است تا توزیع های جدید احتمالی برای مدل سازی تعریف شود. استفاده از روش بیزی و بکار بردن اطلاعات پیشین یکی از بهترین شیوه های مدل سازی بحساب می آید. هدف این پژوهش تجزیه و تحلیل داده های میانگین روزانه سرعت باد در سال ۱۳۹۵ در منطقه خوزستان به مرکزیت کلانشهر اهواز با استفاده از توزیع احتمال گامای دو مدی به روش بیزی می باشد. میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری در روزهای مختلف سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای این مدل احتمالی به روش بیزی و با استفاده از الگوریتم مونت کارلو- زنجیره مارکوف (MCMC) سپس به کمک نرم افزار R برآورد شده است.

کلمات کلیدی: سرعت باد، توزیع گاما، مونت کارلو، زنجیره مارکوف



۱. مقدمه

گسترده‌تری نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسائل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دستیابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است. انسان همواره در تصورات خود نیرویی تمام نشدنی را جستجو می‌کرد که همواره در هر زمان و مکان در دسترس باشد. این موضوع را می‌توان در داستانهای مختلف که ساخته تخیل و ذهن بشر نخستین بوده، به خوبی دریافت. با پیشرفت تمدن بشری، چوب و پس از آن ذغال سنگ، نفت و گاز وارد بازار انرژی گردیدند. اما به دلیل افزایش روز افزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی از یک سو افزایش آلودگی محیط زیست ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی های تجدید پذیر را روز به روز با اهمیت تر و گسترده تر نموده است.

۲. توزیع های سرعت باد

محققان توابع توزیع احتمالاتی متعددی را به عنوان کاندیدا جهت توجیه سرعت باد مورد آزمون قرار داده اند. این توزیع ها شامل تابع بتا، گاما، لوگ نرمال، لجستیک، ریلی، ویبل و ویبل بریده شده می باشند که در میان آن ها توزیع وایبل بیشتر مورد استفاده پژوهشگران قرار گرفته است. چانگ (۲۰۱۱)، مرات کنتار و همکاران (۲۰۱۵)، پیشکار و همکاران (۲۰۱۵). اغلب توزیع های مورد اشاره به صورت تک مدی می باشند. در مطالعه ی داده های سرعت باد گاهها مشاهده می شود که با توجه به ساختار داده ها نیاز داریم تا از توزیع های دو یا چند مدی برای پردازش دقیقتر داده ها استفاده کنیم. تا کنون این مسله بطور جدی مورد توجه قرار نگرفته است. هدف این پژوهش نخست معرفی توزیع دو مدی گاما برای اولین بار و سپس تجزیه و تحلیل داده های میانگین سرعت باد در منطقه کرمان با استفاده از توزیع مذکور می باشد. توزیع جدید گامای دو مدی معرفی شده در این بخش بر اساس توزیع مبنای گاما ساخته می شود.

۳. معرفی توزیع جدید گامای دومدی (BMGD (BG)

تعریف: گویم متغیر تصادفی X دارای توزی گاما دومدی (BMGD) با پارامترهای α, λ, β است هرگاه دارای تابع چگالی زیر باشد.

$$f_x(x, \alpha, \beta, \lambda) = \frac{1}{(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2}} \frac{\lambda^\alpha x^{\alpha-1} e^{(-\lambda x)} (\beta - x)^2}{\Gamma(\alpha)} \quad x > 0, \alpha, \beta, \lambda > 0$$

و با $X \sim \text{BMGD}(\alpha, \beta, \lambda)$ نشان داده می شود.

واضح است که وقتی $\beta = 0$ آنگاه $\text{Gamma}(\alpha+1, \lambda) = \text{BMGD}(\alpha, \beta = 0, \lambda)$

قضیه ۱: فرض کنید متغیر تصادفی X دارای توزیع $\text{BMGD}(\alpha, \beta, \lambda)$ باشد، آنگاه تابع توزیع X به صورت زیر است.

$$F_X(X) = W_1 F_{X1}(X) + W_2 F_{X2}(X) + W_3 F_{X3}(X)$$

به طوری که F_{X3}, F_{X2}, F_{X1} به ترتیب توابع توزیع متغیرهای تصادفی

$$X_1 \sim \text{Gamma}(\alpha + 2, \lambda), X_2 \sim \text{Gamma}(\alpha + 1, \lambda), X_3 \sim \text{Gamma}(\alpha, \lambda)$$



و وزن های W_1 ، W_2 و W_3 به صورت زیر می باشند.

$$W_1 = \frac{\beta^2}{(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2}} \cdot W_2 = -\frac{2\beta\alpha}{\lambda \left[(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2} \right]} \cdot W_3 = \frac{\alpha(\alpha + 1)}{\lambda^2 \left[(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2} \right]}$$

۴. برآورد بیزی (MCMC)

زنجیره مارکف که به افتخار آندری مارکوف ریاضی دان اهل روسیه این گونه نام گذاری شده یک سیستم ریاضی است که در آن انتقال از یک حالت به حالت دیگر صورت می گیرد که البته تعداد این حالات قابل شمارش است. زنجیره مارکف یک فرایند تصادفی بدون حافظه است بدین معنی که توزیع احتمال شرطی حالت بعد تنها به حالت فعلی بستگی دارد و به وقایع قبل از آن وابسته نیست. این نوع بدون حافظه بودن خاصیت مارکف نام دارد. زنجیره مارکف در مدل سازی دنیای واقعی کاربردهای زیادی دارد. روش های زنجیره مارکف مونت کارلو (که شامل روش های قدم زدن تصادفی مونت کارلو می باشد) دسته ای از الگوریتم هاست برای نمونه برداری از توزیع های احتمال که مبنای آن ساختن یک زنجیره مارکف با ویژگی های مطلوب است. سپس حالت زنجیره پس از تعداد بسیار زیادی مرحله به عنوان نمونه ای از توزیع مطلوب استفاده می شود. کیفیت این نمونه متناسب با افزایش تعداد مراحل افزایش می یابد. معمولاً ساختن یک زنجیره مارکف با ویژگی های مطلوب کار ساده ای است. مشکل اصلی تعداد مراحل مورد نیاز است برای اینکه حالت زنجیره با خطای قابل قبولی به یک توزیع ثابت همگرا شود.

زنجیره خوب زنجیره ای است که در آن با شروع از یک موقعیت دلخواه خیلی سریع به توزیع ثابت برسیم. به طور معمول استفاده از زنجیره مارکف مونت کارلو برای نمونه برداری توزیع مورد نظر ما را فقط تخمین می زند. به دلیل این که این توزیع همواره تحت تاثیر نقطه شروع ما است. ولی الگوریتم های پیچیده ای وجود دارند که اساس آن ها زنجیره های مارکف مونت کارلو است و با محاسبات اضافی تاثیر نقطه شروع را از بین برده و توزیع مورد نظر ما را به طور دقیق مشخص می کنند.

الگوریتم هایی برای تولید چنین زنجیره هایی وجود مانند، الگوریتم متروپلیس - هستینگز و الگوریتم نمونه گیر گیبز. در این پژوهش به برآورد بیزی برای پارامترها مدل گامای دومدی در زنجیره مارکوف مونت کارلو انجام شده است.

فرض کنید X_1, X_2, \dots, X_n یک نمونه n تایی از توزیع گامای دومدی $BMGD(\alpha, \beta, \lambda)$ باشد. آنگاه تابع درستنمایی بر حسب مقادیر مشاهده شده X_1, X_2, \dots, X_n بصورت زیر می باشد.

$$L(\alpha, \beta, \lambda, \underline{x}) = \left(\frac{1}{(\beta - \frac{\alpha}{\lambda})^2 + \frac{\alpha}{\lambda^2}} \right)^n \frac{\lambda^{n\alpha} \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha-1} e^{-\lambda x_i} (\beta - x_i)^2}{\Gamma(\alpha)^n}$$

با توجه به اطلاعات پیشین در مورد داده های سرعت باد برای هرکدام از پارامترهای توزیع $BMGD(\alpha, \beta, \lambda)$ توزیع های پیشین بصورت زیر در نظر گرفته می شود.

$$\alpha \sim \text{Gamma}(a, b)$$



9

$$\beta \sim \text{Uniform}(c, d)$$

9

$$\lambda \sim \text{Gamma}(e, f)$$

این توزیع های پیشین را با $\pi(\lambda), \pi(\beta), \pi(\alpha)$ نشان می دهیم. اکنون تابع احتمال پسین بصورت زیر تعریف می شود .

$$\pi(\alpha, \beta, \lambda | \underline{x}) \propto L(\alpha, \beta, \lambda, \underline{x}) \pi(\alpha) \pi(\beta) \pi(\lambda)$$

با در نظر گرفت توابع زیان مربع خطا و قدر مطلق

$$L(\delta(\underline{x}), \theta) = (\delta(\underline{x}) - \theta)^2$$

9

$$L(\delta(\underline{x}), \theta) = |\delta(\underline{x}) - \theta|$$

برآوردگرهای بیزی به صورت صریح به دست نمی آیند، بنابراین باید به صورت حل معادلات عددی برآوردگرها محاسبه شوند. با استفاده از نرم افزار R و بکاربردن الگوریتم $MCMC$ پارامترهای مدل برآورد می شوند.

۵. داده های سرعت باد

به منظور ارزیابی مدل BG داده های مربوط به میانگین روزانه سرعت باد در سال ۱۳۹۵ در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین از ایستگاه سینوپتیک اهواز جمع آوری شده است. داده های مذکور از اداره کل هواشناسی استان خوزستان گرفته شده است. آماره های توصیفی مربوط به داده های سرعت باد در جدول شماره (۱) و همچنین اطلاعات مرتبط با مشخصات ایستگاه، در جدول (۲) آمده است.

تعداد	ماکسیمم	مینیم	میانه	واریانس	میانگین	آماره
۳۶۳	۷	۱/۲۵	۳/۵	۱/۰۹۲	۳/۶۲۵۷	مقدر

جدول ۱. خلاصه آماره های توصیفی میانگین سرعت روزانه باد طی سال ۲۰۱۵ بر حسب نات^۱

نام شهرستان	نوع ایستگاه	محل ایستگاه	کد	مشخصات جغرافیایی		
				طول	عرض	ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر

^۱ . knots



22.5	۳۱	۲۰	۴۸	۴۹	۴۰۸۱۱	فرودگاه اهواز	سینوپتیک	اهواز
------	----	----	----	----	-------	---------------	----------	-------

جدول ۲. مشخصات ایستگاه سینوپتیک اهواز

۶. برآورد پارامترهای مدل احتمال به بیزی (MCMC)

تخمین بیزین یا استنباط بیزی (به فرانسوی: *Inférence bayésienne*) یک چهارچوب برای فرمول بندی مشکلات استنباطی آماری است که یک روش «جمع پذیر» است، از تبدیل ریاضی و تخصیص ضرایب مختلف به داده‌ها استفاده می‌کند.

درایتون آدر مقدمه‌ای که به منظور معرفی استفاده از روش بیزین در فراتحلیل برای مسائل علوم انسانی نوشته‌است، می‌گوید که دستیابی به روابط علت و معلولی عام، مستلزم تکرار آزمایش‌های مکرر است. از آن جا که چنین فعالیت‌هایی مستلزم طرح ریزی اولیه و هماهنگی بین محققان مختلف هستند و اجرای این هماهنگی تقریباً غیر ممکن است، درایتون پیشنهاد می‌کند که برای حصول به هدف بحث شده، از روش‌های ترکیبی استفاده شود.

در روش بیزین سه مرحله به شرح زیر است:

الف) در مرحله اول، محقق باید باور خود را از واقعیت بیان کند و آن را از فیلتر آماری میانگین مورد انتظار، واریانس مورد انتظار و قدرت اعتقادات در باور اولیه، عبور دهد. این سه ملاک می‌توانند براساس تجربه پیشین، تحقیقات گذشته یا ترکیبی از آنها باشند. در صورتی که تجارب گذشته به صورت میانگین، انحراف استاندارد و حجم نمونه فرضی بیان شوند، چیزی وجود ندارد که مانع مراجعه به تحقیقات گذشته شود.

ب) مرحله دوم، جمع آوری نتایج آزمایش‌ها یا مشاهدات است. این مرحله را می‌توان از طریق کسب خلاصه آمارهایی که مشابه آنهایی هستند که از قبل تعیین شده‌اند، انجام داد.

ج) مرحله سوم عبارت است از ترکیب درست نمایی و اعتقاد اولیه و شکل دادن اطلاعات پسین^۳ اطلاعات پسین می‌توانند جدید و بیشتر از اطلاعات اولیه آگاه کننده باشند. ترکیب اطلاعات پسین با تحقیقات دیگر، درست نمایی جدیدی را به وجود می‌آورد. در این روش‌ها به همین ترتیب تکرار می‌شوند، و در نتیجه به مطالعه جدیدی منجر شده و در نهایت به ویژگی‌های خاص خود تبدیل می‌شوند. همان طور که درایتون خاطرنشان ساخته‌است نمونه گیری می‌تواند تا زمانی که تمام جامعه را تحت پوشش قرار دهد یا تا وقتی که آخرین مغایرت‌ها توجیه شوند، ادامه داشته باشد. این روش در استفاده از ضرایب متفاوت و تبدیل‌های ریاضی، انعطاف پذیر است. نظریه بیزین به اندازه نمونه (n) حساس است.

این روش در تخمین یک متغیر تصادفی بر اساس مشاهدات سیگنال ورودی، فلسفه بیزین بر پایه ترکیب کردن مشاهدات سیگنال ورودی با توزیع احتمال فرایند است.

^۲ . daryton

^۳ posterior



www.ISEAS.ir
www.Listjournal.ir
www.ConferenceList.ir

پایگاه استنادی ملی مقالات دانشگاهی ایران
 پایگاه استنادی ملی مجلات دانشگاهی ایران
 پایگاه استنادی ملی کنفرانس های دانشگاهی ایران

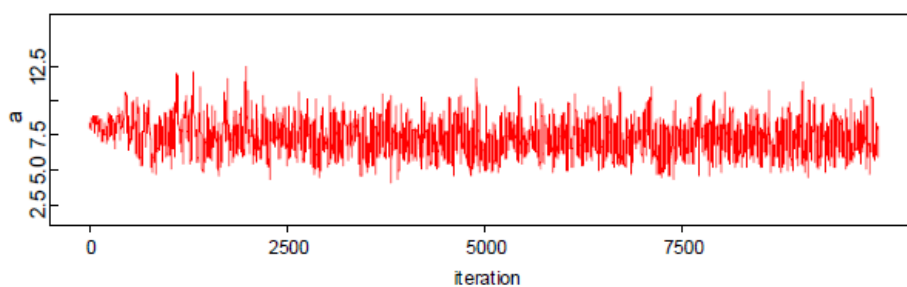
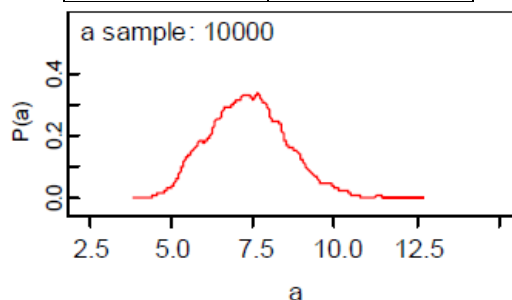
در این بخش به روش *MCMC* پارامترهای مدل برآورد می شود. نتایج مربوط به برآورد بییزی در ۱۰۰۰۰ استفاده از الگوریتم *MCMC* در جداول ۳، ۴ و همچنین نمودارهای مربوطه در شکل های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

جدول ۳. برآورد بییزی پارامترها با تابع زیان مربع خطا

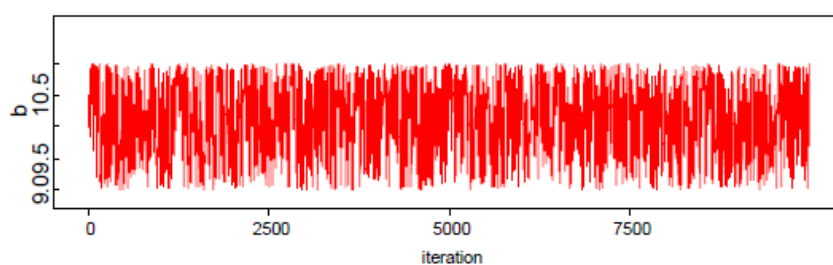
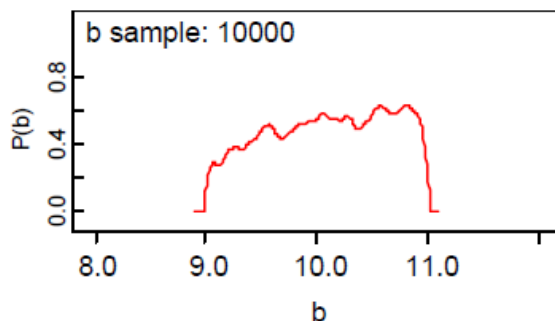
$\hat{\alpha}$	7.369
$\hat{\beta}$	10.1
$\hat{\lambda}$	1.476

جدول ۴. برآورد بییزی پارامترها با تابع زیان قدر مطلق

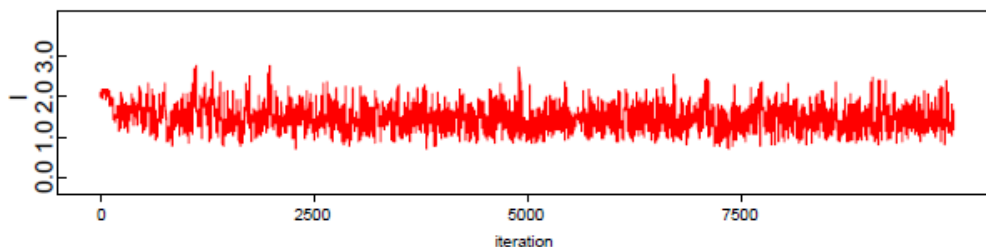
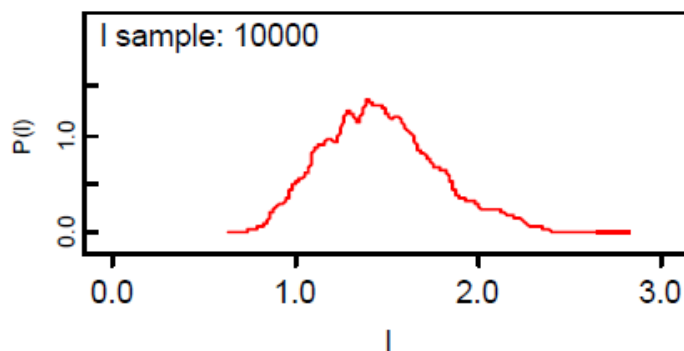
$\hat{\alpha}$	7.337
$\hat{\beta}$	10.94
$\hat{\lambda}$	1.452



شکل ۱. حدود پیش بینی برای پارامتر اول



شکل ۲. حدود پیش بینی برای متغیر دوم



شکل ۳. حدود پیش بینی برای متغیر سوم

۷. نتیجه گیری



در این پژوهش، یک تحلیل آماری روی داده میانگین سرعت باد در ایستگاه سینوپتیک در منطقه شهر اهواز به منظور شناسایی الگوها و مدل سازی سرعت باد انجام شده است. برای تحلیل و مدلسازی سرعت باد در این ایستگاه محاسبات لازم بر روی اطلاعات آماری اندازه گیری شده توسط سازمان اداره کل هواشناسی استان خوزستان انجام شده است. میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری در روزهای مختلف سال ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفته اند. پارامترهای این مدل احتمالی جدید به روش بیزی در ۱۰۰۰۰ بار استفاده از الگوریتم *MCMC* برای تابع زیان مربع خطا و قدر مطلق شبیه سازی شدند. اکنون کارشناسان هواشناسی می توانند پیش بینی کنند در روزهای آتی سال های بعد چه سرعت بادی را انتظار باید داشت. سپس می توان براساس سرعت وزش باد و وجود چمسه های تشکیل گرد و خاک، اطلاعات را به مردم انتقال دهند که تدارکات لازم را برای مقابله با این پدیده بیانندیشند.

در پژوهش های آتی می توان بر روی برآورد ها و الگوریتم های دیگر روش زنجیره مارکوف مونت کارلویی کار کرد. همچنین انجام چنین پژوهش هایی در طی سال های آتی انتظار می رود، زیرا پدیده گرد غبار یک پدیده تصادفی است و نیاز به تکرار طی دوره های زمانی دارد تا بتوان برای هر دوره پیش بینی نسبت به متغیرهای جوی داشت.

۸. مراجع

- [1] Akgül, Fatma Gül, Birdal Şenoğlu, and Talha Arslan. "An alternative distribution to Weibull for modeling the wind speed data: Inverse Weibull distribution." *Energy Conversion and Management* 114 (2016): 234-240.
- [2] Carta, Jose A., Penelope Ramirez, and Sergio Velazquez. "A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.5 (2009): 933-955.
- [3] Pishgar-Komleh, S. H., A. Keyhani, and P. Sefeedpari. "Wind speed and power density analysis based on Weibull and Rayleigh distributions (a case study: Firouzkooch county of Iran)." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42 (2015): 313-322.
- [4] Kantar, Yeliz Mert, and Ilhan Usta. "Analysis of the upper-truncated Weibull distribution for wind speed." *Energy Conversion and Management* 96 (2015): 81-88