



## تحلیل فراوانی سرعت باد منطقه بیرجند بمنظور احداث نیروگاه بادی در منطقه

سید سعید اسلامیان، محمد رضا فرزانه، هادی حسن زاده و ابوالفضل اکبرپور

مطرح می شود. تازمانیکه این منابع وجود دارد امکان دستیابی به تولیدات جدید انرژی امکان پذیر می باشد [6 و 7]. باد به عنوان یکی از قدیمی ترین منابع انرژی از دیر باز مورد توجه و کاربرد انسان بوده است. استفاده مستقیم از باد به صورت خشک کردن و تهویه و استفاده غیرمستقیم از آن به صورت تبدیل انرژی جریان باد به انواع مختلف انرژی جهت آرد کردن غلات، پمپاژ آب به مزارع و استفاده از آن در شبکه سراسری برق می باشد. طی سالین دراز ثابت شده است که می توان انرژی باد را به صورت انرژی مکانیکی و یا الکتریکی مورد استفاده قرار داد. شواهد و منابع تاریخی نشان می دهند که در بسیاری از کشورها نظیر ایران، عراق، مصر، چین، ایتالیا، اسپانیا و ... از انرژی باد جهت آسیاب و آبیاری استفاده می شده است [3].

از بین انرژی های نو، بنظر می رسد که استفاده از انرژی خورشید و باد در کشورما اقتصادی تر و مقرون به صرفه تر باشد. هر چند استفاده از انرژی خورشیدی بر سایر روش های تولید انرژی های نو برتری آشکار دارد، ولی نباید از این نکته غافل شد که اولاً بازده استفاده از سلول های فتوولتائیک در تبدیل انرژی خورشیدی به برق حدود 10 تا 15 درصد است، ثانیاً مهار انرژی قابل ملاحظه خورشیدی مستلزم دسترسی به تکنولوژی پیشرفته و کاربرد کلکتورهای بزرگ و سلول های فتوولتائیک است که هزینه گزافی به دنبال دارد. این مسئله سبب شده است که امروزه توجه بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران به انرژی باد معطوف گردد.

بمنظور استفاده از انرژی باد ابتدا نیاز به بررسی وضعیت بادخیزی منطقه و بررسی های آماری بر اساس گزارش ها و آمار هواشناسی الزامی می باشد. یکی از روش هایی که این امر را میسر می سازد تحلیل فراوانی سرعت باد بمنظور

چکیده - از بین انرژی های نو، بنظر می رسد که استفاده از انرژی خورشید و باد در کشورما اقتصادی تر و مقرون به صرفه تر باشد. بمنظور استفاده از انرژی باد ابتدا نیاز به بررسی وضعیت بادخیزی منطقه و بررسی های آماری بر اساس گزارش ها و آمارهای هواشناسی الزامی می باشد. در این پژوهش به بررسی سرعت متوسط و سالانه باد در ایستگاه سینوپتیک بیرجند در طول دوره آماری 1955 تا 2005 پرداخته شد. ابتدا بوسیله نرم افزار **Frequency Analysis Flood** توزیع آماری مناسب برای داده های سالانه انتخاب و نمودار آن ترسیم شد. سپس مقادیر سرعت متوسط با دوره های بازگشت مختلف با سرعت نامی و حداکثر مجاز در توربین ها مقایسه گردید. پس از آن به بررسی سرعت های متوسط و حداکثر ماهانه در دوره های بازگشت مختلف پرداخته شد. نتایج نشان می دهد که سرعت متوسط سالانه و ماهانه کمتر از محدوده بیشترین میزان تولید انرژی توربین ها بوده ولی مقادیر حداکثر سالانه و ماهانه از حداکثر مجاز توربین ها کمتر بوده و در هیچ ماهی شاهد خارج شدن توربین از مدار تولید انرژی در ایام سال نمی باشیم.

واژه های کلیدی - سرعت باد، تحلیل فراوانی، نیروگاه بادی، بیرجند.

### 1- مقدمه

در حال حاضر اکثر تولید انرژی مورد نیاز، حاصل از زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی می باشد. در سال های اخیر بدلیل جهانی شدن و رخدادهای سیاسی و عمدتاً بدلیل بحران آب، یک روند شدید افزایشی در قیمت این مواد مشاهده می شود. این افزایش قیمت ها ما را بمنظور یافتن راه حلی مناسب جهت کاهش هزینه ها و افزایش ثبات سوق می دهد [9 و 13]. علاوه براین، انرژی های تجدید پذیر بعنوان منبعی در دسترس که به راحتی قابل تبدیل می باشد و پایان ناپذیر

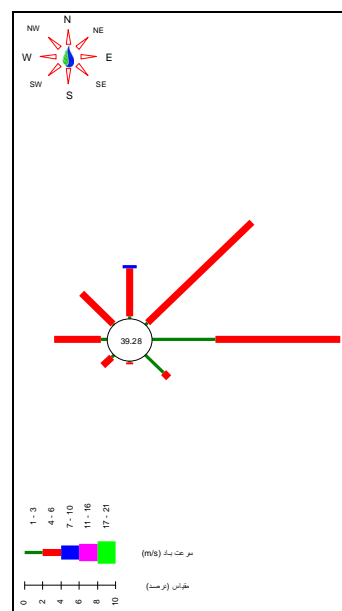
انتخاب مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه های بادی در یک منطقه خاص می باشد

## 2- مواد و روش ها

### 2-1- منطقه مورد مطالعه

ایستگاه سینوپتیک بیرجند در طول جغرافیایی  $59^{\circ} 12'$  و عرض جغرافیایی  $32^{\circ} 52'$  واقع شده است. ابتدا داده های ماهانه سرعت باد برحسب Knots از سال 1955 تا سال 2005 از سایت سازمان هواشناسی دریافت شد. سپس داده های متوسط و حداکثر سرعت باد محاسبه شد و سپس با استفاده از نرم افزار Flood Frequency analysis، تحلیل فراوانی در دوره های بازگشت 2، 5، 10، 20، 50، 100، 200، 500 سال برای 13 توزیع مختلف با روش گشتاورهای خطی توزیع صورت پذیرفت. با مقایسه مقادیر Pvalue های توزیع های مختلف و رسم نمودارهای آن ها، بهترین توزیع برای هر ماه و بهترین توزیع برای کل سال انتخاب شد. با مقایسه مقادیر متوسط و حداکثر سرعت باد در دوره های بازگشت مختلف با حداکثر سرعت مجاز و سرعت نامی توربین ها منطقه مورد نظر احداث نیروگاه بادی مورد ارزیابی قرار گرفت.

شکل (1) گلباد منطقه مورد مطالعه در ماه سپتامبر را نشان میدهد. همانطوریکه در شکل نشان داده شده است باد غالب منطقه در این ماه به سمت شمال شرق می باشد.



شکل (1)- گلباد داده های متوسط ماه سپتامبر ایستگاه بیرجند

### 2-2- گشتاورهای خطی توزیع های احتمال

گشتاورهای خطی ترکیبات خطی از آماره های ترتیبی هستند و برای جمع بندی و توصیف ویژگی های توزیع های آماری و نمونه های داده مورد استفاده قرار می گیرند. این گشتاورها در راستای گشتاورهای متداول بوده و همانند آنها سنجه هایی از موقعیت، پراکندگی، چولگی، کشیدگی و دیگر جنبه های شکل توزیع های احتمال فراهم می آورند. همچنین برآوردگرهای گشتاورهای خطی، توابع خطی از مقادیر نمونه مشاهداتی هستند و از این رو غیراریب بوده، نسبت به داده های پرت حساس نیستند و می توانند یک توزیع آماری را به شیوه ای معنی دارتر خلاصه کنند.

گشتاورهای خطی از لحاظ نظری مزایایی بر گشتاورهای متداول دارند. این گشتاورها می توانند دامنه گسترده تری از توابع توزیع را مشخص کنند. برآوردگرهای گشتاورهای متداول مانند واریانس و ضریب چولگی نمونه، داده های مشاهداتی را به ترتیب به توان های 2 و 3 می رسانند. بدین ترتیب وزن بیشتری به داده های پرت داده می شود و نهایتاً منجر به اریبی و واریانس زیاد آن ها می گردد.

گشتاورهای وزنی-احتمالاتی (PWMS) که توسط گرینوود و همکاران تعریف شدند به صورت زیر تعیین می شوند:

$$\beta_r = E[x\{F(x)\}^r] \quad (1)$$

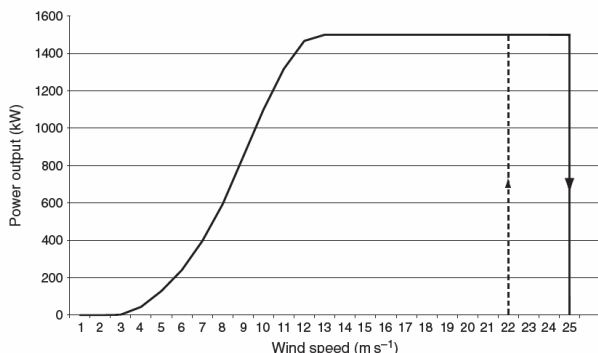
که می توان آن را به صورت زیر نوشت:

$$\beta_r = \int_0^1 x(F)F^r dF \quad (2)$$

که  $F=F(x)$  تابع توزیع تجمعی (CDF) برای  $x$  می باشد و  $x(F)$  معکوس CDF می باشد.  $r$  نیز برابر 0، 1، ... s اعداد صحیح نامنفی می باشند. زمانی که  $r=0$  باشد،  $\beta_0$  برابر با میانگین توزیع،  $\mu=E[x]$  می باشد.

گشتاورهای خطی که توسط هاسکینگ بر حسب گشتاورهای وزنی احتمال  $\beta$  مشخص شده اند به صورت زیر است:

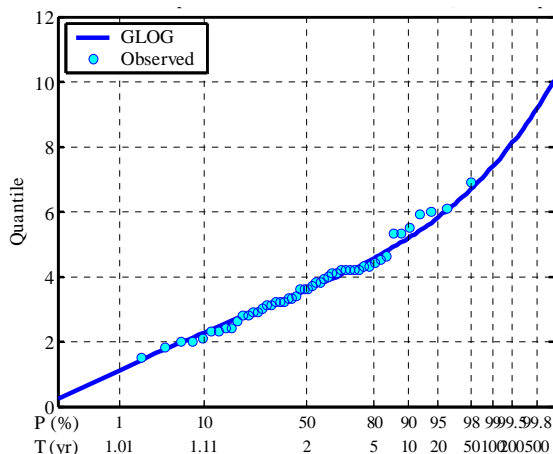
$$\lambda_{r+1} = \sum_{k=0}^r \beta_k (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} \quad (3)$$



شکل (1) سرعت نامی و حداکثر مجاز مورد استفاده در توربین ها

### 3-1- تحلیل فراوانی داده های متوسط سالانه

از بین 13 توزیع برازش یافته بر داده های متوسط سالانه، توزیع لجستیک تعمیم یافته برازش بهتری داشته است. مقدار Pvalue حاصل از آزمون نکویی برازش Kolomogorov-Smirnov برابر 0/975 و برای آزمون Chi-Square برابر 0/695 بدست آمد. نمودار حاصل از برازش این توزیع بر این داده ها در شکل (2) و مقادیر آن در جدول (1) آورده شده است.



شکل (2) نمودار توزیع لجستیک تعمیم یافته داده های متوسط سالانه

جدول (1) پارامترها و دوره های بازگشت مختلف توزیع لجستیک تعمیم یافته داده های متوسط سالانه

L-Cv	L-Cs	L-Ck	m-glog	a-glog
0/16	0/06	0/16	4/98	0/77

T(Year)	2	5	10	20	50	100	200
V(Knots)	4/86	6/16	6/99	7/8	8/92	9/8	10/73

همانطوریکه در جدول (1) ارائه شده است، کلیه مقادیر متوسط در دوره های بازگشت متفاوت کمتر از سرعت نامی توربین بوده و می توان چنین نتیجه گرفت که با توجه به در نظر گرفتن هر دوره بازگشت در طراحی، به حداکثر توان تولیدی نخواهیم رسید.

### 3-2 تحلیل فراوانی داده های حداکثر سالانه

توزیع لجستیک برازش بهتری با داده های حداکثر سالانه داشته است (شکل (3)). مقدار Pvalue حاصل از آزمون نکویی برازش Kolomogorov-Smirnov برابر 0/465 و برای آزمون Chi-Square

هاسکینگ نسبت های گشتاورهای خطی را به صورت زیر تعیین نمود:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (4)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (5)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (6)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (7)$$

نسبت گشتاورهای خطی که قابل مقایسه با گشتاورهای متداول می باشند توسط هاسکینگ به صورت زیر ارائه شده است:

$$L - C_v = \tau_2 = \lambda_2 / \lambda_1 \quad (8)$$

$$L - skew = \tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2 \quad (9)$$

$$L - kurtosis = \tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2 \quad (10)$$

که در آن  $\tau_2$  معیار پراکنش (LCV)،  $\tau_3$  اندازه یا معیار چولگی (LCs) و  $\tau_4$  اندازه یا معیار کشیدگی (LCK) می باشد. به عبارت دیگر نسبت  $\lambda_2$  به  $\lambda_1$ ،  $\tau_2$  یا ضریب تغییرات گشتاورخطی، نسبت  $\lambda_3$  به  $\lambda_2$ ،  $\tau_3$  یا ضریب چولگی گشتاورخطی و نسبت  $\lambda_4$  به  $\lambda_2$ ،  $\tau_4$  یا ضریب کشیدگی گشتاورخطی نامیده می شود.

### 3-2- برآورد پارامترهای توزیع

در روش گشتاورهای خطی نیز همانند روش معمول گشتاورها، برآورد پارامترهای توزیع از طریق معادل قرار دادن چند گشتاور خطی اول با چندکهای نظیر مربوط به جامعه انجام می پذیرد. به طور کلی، به دست آوردن توزیع دقیق برآوردکننده های پارامتر با استفاده از روش گشتاورهای خطی دشوار است.

### 3- بحث و بررسی

با توجه به در نظر گرفته شدن سرعت نامی توربین و حداکثر سرعت مجاز کارکرد توربین (Cut out) دو سری داده متوسط و حداکثر سرعت باد به دو صورت ماهانه و سالانه مورد تحلیل صورت گرفت. با توجه به شکل (1) تحلیل داده های منطقه بر اساس دوره های بازگشت مختلف، با سرعت نامی 26 Knots و حداکثر مجاز 50 Knots که برابر 13 و 25 متر بر ثانیه می باشد [5] مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول (3) مقادیر سرعت حداکثر باد در دوره های بازگشت

مختلف (Knots)

T	10	50	100	200
Jan	30.8	37.17	39.82	42.45
Feb	31.2	37.5	40.1	42.6
Mar	30	34.3	36	37.8
Apr	33	39.3	41.9	44.5
May	30.6	36.2	38.6	40.9
Jun	27.8	32.1	34	35.8
Jul	31.7	37.3	39.6	41.9
Aug	28.8	33.7	35.7	37.7
Sep	25.3	29.4	31.1	32.7
Oct	24.8	29.5	31.5	33.5
Nov	24.9	30.1	32.2	34.3
Dec	26	30.9	32.9	34.9

جدول (4) مقادیر سرعت متوسط باد در دوره های بازگشت

مختلف (Knots)

T	10	50	100	200
Jan	5.2	6.7	7.4	8.1
Feb	6.4	8.4	9.3	10.35
Mar	6.9	8.7	9.5	10.4
Apr	7.2	9.1	9.9	10.8
May	7.8	9.9	20.9	12
Jun	9.2	11.4	12.3	13.3
Jul	10.9	14	15.4	17
Aug	9.6	12.3	13.5	14.9
Sep	7.2	9.3	10.2	11.2
Oct	5.4	6.7	7.2	7.8
Nov	5	6.5	7.3	8
Dec	4.7	6.2	6.9	7.6

با توجه به عدم تاثیر جهت باد در توربین های جدید، بدلیل چرخش این توربین ها و قرار گرفتن در مسیر باد بصورت اتوماتیک، به بررسی دقیق گلباد منطقه پرداخته نشد

#### 4- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که توزیع لجستیک تعمیم یافته، بر داده های متوسط سالانه و توزیع لجستیک بر داده های حداکثر سالانه سرعت باد برازش بهتری نسبت به دیگر توزیع ها داشته است.

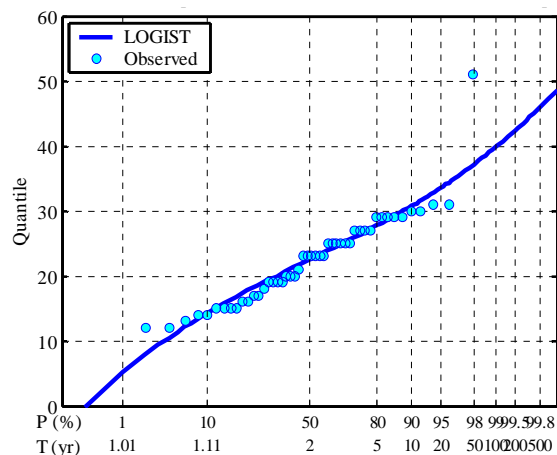
داده های متوسط ماهانه و سالانه حداکثر سرعت باد در توزیع مذکور کمتر از سرعت نامی توربین ها بوده که نشانگر کمتر بودن توان تولیدی، نسبت به توان اسمی توربین می باشد.

داده های حداکثر ماهانه و سالانه سرعت باد کمتر از حداکثر مجاز مورد نیاز برای توربین ها بوده و گویای خارج نشدن توربین ها در ایام مختلف سال می باشد.

منطقه مورد مطالعه از نظر حداکثر سرعت باد منطقه ای بسیار مناسب بمنظور احداث نیروگاه بادی بوده و لی با توجه به کمتر بودن مقادیر

برابر 0/694 بدست آمد که نمودار و جدول (2) مشخصات این توزیع را

نشان می دهد.



شکل (3) نمودار توزیع لجستیک داده های حداکثر سالانه

جدول (1) پارامترها و دوره های بازگشت مختلف توزیع LOG داده های

حداکثر سالانه

L-Cv	L-Cs	L-Ck	m-log	a-log
۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۲۲	۲۹۸/۲	۳/۱۸

T(Year)	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
V(Knots)	۲۹/۳	۳۴/۹	۳۸/۱	۴۱/۱	۴۴/۹	۴۷/۷	۵۰/۶

نتایج ارائه شده در جدول (2) حاکی از کمتر بودن مقادیر حداکثر داده های سالانه در همه دوره های بازگشت محاسبه شده می باشد که گویای این مطلب می باشد که توربین ها در کل سال از مدار خارج نمی گردند.

#### 3-3 تحلیل فراوانی داده های متوسط و حداکثر ماهانه

نتایج جدول (2) نشان داد که در تمام دوره های بازگشت مقادیر حداکثر سرعت باد بدست آمده کمتر از حداکثر مجاز مورد استفاده در توربین ها می باشد. بمنظور مشخص شدن دقیق تر این موضوع به بررسی ماهانه دوره های بازگشت پرداخته شد. همانطور که در جدول (3) نشان داده شده است مقادیر حداکثر ماهانه در دوره های بازگشت مختلف گویای خارج نشدن توربین ها در کلیه ماه های سال از مدار تولید توان، بدلیل کمتر بودن مقادیر حداکثر سرعت باد از حداکثر سرعت مجاز توربین ها میباشد. و همانطوریکه در جدول (4) نشان داده شده است مقادیر متوسط ماهانه در دوره های بازگشت مختلف و در کلیه ماه ها، کمتر از حداکثر توان تولیدی توربین می باشد. لازم بذکر است تحلیل های ماهانه بر اساس توزیع سالانه شاخص یعنی توزیع لجستیک برای داده های حداکثر و توزیع لجستیک تعمیم یافته برای داده های متوسط مورد استفاده قرار گرفت.

distribution by the method of probability-weighted moments. Technometrics. 27: 251-261

- 12- Hosking, J. R. M. 1986. The theory of probability weighted moments. Research Report, Rc 12210, IBM Research Division, T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, N.Y. 10598.
- 13- Valle Costa Claudia do, La Roverea Emilio, Assmann Dirk. Technological innovation policies to promote renewable energies: lessons from the European experience for the Brazilian case. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2008;12:65-90.

متوسط به بررسی سرعت باد در ایستگاه های اطراف بمنظور تصمیم گیری بهتر نیاز می باشد.

### 5- پیشنهادات

تحلیل های آماری صورت پذیرفته، نیاز به محاسبه چگالی توان منطقه و نمودارهایی نظیر نمودار تداوم سرعت و نمودار تداوم دوره های آرام و محاسبات تئوری مربوط به توان تولیدی و مکانیابی مناطق مستعد جهت احداث نیروگاه های بادی دارد که پیشنهاد می گردد بمنظور تصمیم گیری بهتر در مراحل بعدی صورت پذیرد.

### 6- مراجع

- 1- اسلامیان، س. و سلطانی کوپایی، س. 1381. تحلیل فراوانی سیل. انتشارات ارکان
- 2- اسلامیان، س. و چاوشی بروجنی، س. 1381. کاربرد تئوری گشتاورهای خطی در تحلیل تناوب سیل حوزه های آبخیز مرکزی ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 1، 1-17
- 3- زاهدی، م، ب. صلاحی و م. جمیل. "1384" محاسبه چگالی و توان باد به منظور استفاده از انرژی آن در اردبیل. مجله پژوهش های جغرافیایی. شماره 53، صص 41-55.
- 4- مقدسی تفرشی، س. م. "1384" منابع تولید انرژی در قرن بیست و یکم. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- 5- Ackermann, Th., "2005". Wind power in power system. Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden
- 6- Asif M, Muneer T. Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007; 11:1388-413.
- 7- Diakoulaki D, Karangelis F. Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007;11:716-27.
- 8- Greenwood, J. A., Landwehr J. M., Matalas N. C. and Wallis J. R. 1979. Probability Weighted Moments: definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. Water Resources Research. 15 (5): 1049-1054
- 9- Hiremath RB, Shikha S, Ravindranath NH. Decentralized energy planning; modeling and applicationda review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2007;11:729-52
- 10- Hosking, J. R. M. 1990. L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. Journal of the Royal Statistical Society. Series B, 52: 105-124
- 11- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R. and Wood, E. F. 1985. Estimation of the generalized extreme-value