

بررسی آماری جست‌بادهای همرفتی و غیرهمرفتی در محدوده ایران

محمد حسام محمدی¹، امیرحسین مشکوتی²، سرمد قادر³، مجید آزادی⁴

¹ دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم زمین، تهران، ایران.

² دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه علوم زمین، تهران، ایران.

³ دانشیار، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

⁴ دانشیار، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران.

چکیده

یکی از پدیده‌های مخرب جوی که می‌تواند در بحث ایمنی پرواز، حمل و نقل، شهرسازی، انرژی و غیره اثر مستقیم داشته باشد، جست‌باد است. بررسی زمانی و مکانی وقوع این پدیده می‌تواند به کاهش سوانح و خطرات ناشی از آن منجر شود. بدین منظور داده‌های ثبت شده در 31 ایستگاه همدیدی فرودگاهی در محدوده کشور ایران بین سال‌های 2013 تا 2017 میلادی مورد مطالعه قرار گرفت. از مجموع 3441 گزارش جست‌باد با تندی برابر یا بیشتر از 15 متر بر ثانیه، فرودگاه اردبیل با 1019 مورد بیشترین تعداد گزارش را داشت. نتایج نشان داد تعداد گزارش‌های جست‌باد همرفتی در مناطق شمال غرب، غرب، شمال شرق و مرکزی به مراتب بیشتر از سایر مناطق است. بیشتر جست‌بادهای همرفتی در بهار گزارش گردیده است. حدود 42 درصد از جست‌بادهای غیرهمرفتی در اواخر زمستان و ابتدای بهار اتفاق افتاده است. همچنین اغلب جست‌بادهای در بین ساعت 12 تا 18 محلی گزارش گردیده است.

واژه‌های کلیدی: جست‌باد، توفان تندر، پدیده‌های حدی جوی، همرفتی، غیرهمرفتی، ایران

A statistical analysis of convective and non-convective wind gusts over Iran

Mohammad Hesam Mohammadi¹, Amir Hussain Meshkatee², Sarmad Ghader³, Majid Azadi⁴

¹ Ph.D. Candidate, Department of geoscience, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

² Associate Professor, Department of geoscience, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

³ Associate Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran.

⁴ Associate Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran.

Abstract

One of the most damaging atmospheric phenomena that can have a direct impact on the safety of flight, transportation, urban planning, energy, etc. is the occurrence of wind gusts. Identifying the areas where frequent wind gust have been reported, as well as the timely review of these reports, can lead to a reduction in the accidents and risks associated with this atmospheric phenomena.

The main objective of this study is to explore temporal and spatial distribution of wind gusts' speeds that have been occurred during 2013 and 2017 in Iran. To do so, METAR reports of 31 aviation weather stations in Iran were studied for wind gust speeds higher than or equal to 15 ms⁻¹. Ardabil Airport had the highest number of reports with 1019 out of 3441 reports. The results indicate that the number of convective wind gust reports in north-west, west, north-east and

central parts of Iran were significantly higher than the other regions. Most convective wind gusts had been occurred in spring when the thunderstorm activities are at their peak in Iran. About 42% of non-convective wind gusts had been occurred in March, April and May (late winter and early spring). Most of the wind gusts were reported between 12:00 and 18:00 local standard time (0800 to 1400 UTC). The highest wind gust speed reported during the study period was 89 ms^{-1} at the Hamadan station on 11 June 2015 and was non-convective. The highest reported convective wind gust speed was 78 ms^{-1} at the Kish Island station on 11 November 2015.

Keywords: wind gust, thunderstorm, severe weather, convective, non-convective, Iran

1 مقدمه

تأثیر رویدادهای حدی جوی و اقیانوسی در ایجاد خسارت به اموال و زندگی بشر، امری غیر قابل انکار است. بر اساس فهرست مخرب‌ترین رویدادهای جوی به‌وقوع پیوسته در سالیان گذشته، نام جست‌باد¹ به دفعات در مناطق مختلف جهان به چشم می‌خورد. با وجود پیشرفت‌های فن‌آوری، جست‌باد هنوز تهدیدی جدی برای زندگی انسان و برخی صنایع از جمله صنعت هوانوردی محسوب می‌گردد. بنابر تعریف، جست‌باد نشان دهنده حداکثر تندی باد لحظه‌ای (2-3 ثانیه) است که از میانگین 2 دقیقه‌ای باد، حداقل 5 متر بر ثانیه بیشتر باشد (سازمان هواشناسی جهانی²، 2018). کالندویی و همکاران (2016) به بررسی جست‌بادهای همرفتی و غیرهمرفتی در لهستان از سال 2001 تا 2015 پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که بیشترین تهدید از لحاظ تکرار و شدت حداکثر جست‌باد همرفتی در ماه ژولای اتفاق می‌افتد. در زمستان اگرچه توفان تندی به ندرت اتفاق می‌افتد، اما در صورت وقوع، در حدود 80 درصد آنها جست‌باد با سرعت بیش از 15 متر بر ثانیه تولید می‌کنند. جست‌بادهای غیرهمرفتی در ماه ژانویه بیشتر اتفاق می‌افتد (علت اصلی آن مربوط به گردش‌های جوی است) و وقوع آنها در تابستان به ندرت است. آنها همچنین نشان دادند که همرفت اثر زیادی در شدت جست‌باد دارد و شدت وقوع جست‌بادهای همرفتی بیشتر از غیرهمرفتی است. فریرا و ناسیمنتو (2016) به مطالعه جست‌بادهای شدید همرفتی در برزیل در بازه زمانی سال‌های 2005 تا 2015 پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که بیشترین تکرار جست‌باد با سرعت برابر یا بیشتر از 25 متر بر ثانیه، در فصل بهار اتفاق می‌افتد و از لحاظ زمانی نیز بیشترین فراوانی از حدود ظهر تا بعدازظهر و پس از آن در طول شب بوده است. مهر و همکاران (2017) به بررسی خصوصیات آماری جست‌بادهای همرفتی در کشور آلمان پرداختند. آنها 110 ایستگاه اقلیم‌شناسی در کشور آلمان را طی سال‌های 1992 تا 2014 از لحاظ گستردگی زمانی و مکانی، شدت و احتمال وقوع جست‌بادهای همرفتی، مورد بررسی قرار دادند. آنها نشان دادند که تعداد دفعات وقوع جست‌بادهای همرفتی، مشابه با تعداد دفعات وقوع توفان‌های تندی، از جنوب به شمال کشور آلمان روند کاهشی دارد. همچنین شدت وقوع آنها طی 20 سال گذشته در حال افزایش بوده است.

هدف اصلی از این مطالعه، بررسی فراوانی و تکرار زمانی و مکانی وقوع جست‌باد در ایران با توجه به حداکثر تندی آن و با در نظر گرفتن هر دو حالت همراه با توفان‌های تندی (همرفتی) و در غیاب توفان‌های تندی (غیرهمرفتی) می‌باشد.

2 روش تحقیق

این مطالعه به بررسی داده‌های سرعت باد یک ساعته (گزارش‌های متار در ارتفاع استاندارد 10 متر از سطح زمین) از 31 ایستگاه همدیدی فرودگاهی بین سال‌های 2013 تا 2017 میلادی می‌پردازد. این بدان معناست که تنها اطلاعات جست‌بادهایی که در طول 10 دقیقه قبل از گزارش متار دیدبانی شده باشند، ثبت می‌گردد و اطلاعاتی از وقوع جست‌باد در طول بازه 50 دقیقه‌ای میان زمان‌های دیدبانی موجود نیست. داده‌ها از بانک داده سازمان هواشناسی ایران دریافت گردید. جهت اطمینان بیشتر از صحت گزارش‌های در دسترس، تنها اطلاعات ایستگاه‌های فرودگاهی جهت بررسی داده‌های مورد نیاز، در نظر گرفته شد. سعی شد انتخاب ایستگاه‌ها به گونه‌ای باشد که کل منطقه ایران را پوشش دهد. در این مطالعه تنها جست‌بادهای با حداکثر تندی 15 متر بر ثانیه و بیشتر در نظر گرفته شد که در حقیقت بیانگر شرایط

¹Wind gust

²World Meteorological Organization (WMO)

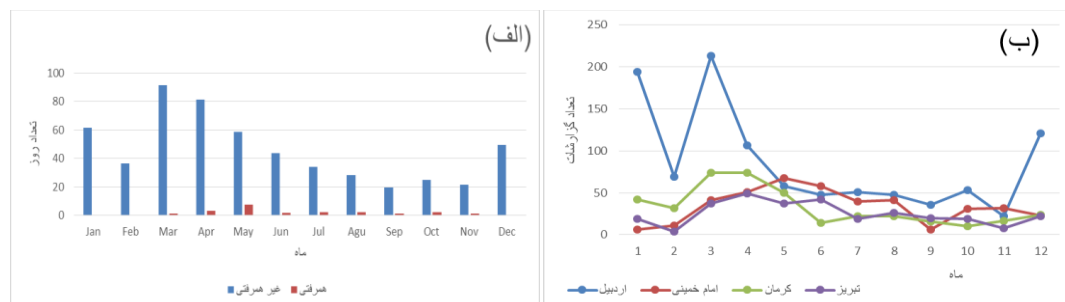
جوی نامساعدی است که به علت وقوع این پدیده، می‌تواند برای افراد، تجهیزات و تاسیسات مخرب باشد و از جست‌بادهای با تندی کمتر از 15 متر بر ثانیه صرف نظر گردید. در این مطالعه از نتایج تحقیقات چوی و هدایت (2002) و کوک و همکاران (2003) جهت تفکیک جست‌بادهای همرفتی از غیرهمرفتی استفاده گردید. آنها آن دسته از گزارش‌های جست‌باد که همراه با توفان تندی بود را به عنوان جست‌بادهای همرفتی و سایر گزارش‌ها را به عنوان جست‌بادهای غیرهمرفتی در نظر گرفتند.

اطلاعات هوای حاضر در گروه (WW) گزارش‌های هواشناسی و به صورت کدهای دو رقمی آورده می‌شود. در این مطالعه از کدهای 17، 29، 95، 96، 97، 98 و 99 مربوط به پدیده‌های همراه با توفان‌های تندی به عنوان شاخصی جهت تشخیص همرفتی یا غیرهمرفتی بودن جست‌باد گزارش شده استفاده شده است (سازمان هواشناسی جهانی، 2018). به منظور دسته‌بندی جست‌بادها از لحاظ شدت، طبقه‌بندی شامل 5 سطح معرفی گردید. در واقع این طبقه‌بندی می‌تواند مرجعی برای پیش‌بینی سطح خطر و اعلام هشدار برای این پدیده جوی باشد. جست‌بادهای سطح 5 (دارای تندی بیش از 35 متر بر ثانیه) بالاترین سطح از لحاظ آسیب‌های زیست محیطی بوده و نیاز به هشداردهی مناسب و اقدامات پیشگیرانه خاص دارند.

3 نتیجه‌گیری

در مجموع، گزارش‌های موجود شامل تعداد 3441 مورد جست‌باد بود که 140 مورد از آنها حاوی اطلاعاتی مبنی بر وجود توفان تندی در زمان ارائه گزارش بودند. بر اساس آمارها، فرودگاه اردبیل با 1019 مورد، بیشترین گزارش جست‌باد را داشته و به دنبال آن فرودگاه‌های امام خمینی، کرمان و تبریز، به ترتیب با 397، 408 و 296 مورد قرار دارند. بالاترین تندی جست‌باد گزارش شده در طی دوره مورد مطالعه، 89 متر بر ثانیه و مربوط به ایستگاه همدان و در ساعت 1200 مورخه 11 ژوئن 2015 و از نوع غیرهمرفتی بود. بالاترین سرعت جست‌باد همرفتی گزارش شده نیز 78 متر بر ثانیه مربوط به ایستگاه جزیره کیش و در ساعت 0130 مورخه 11 نوامبر 2015 بود.

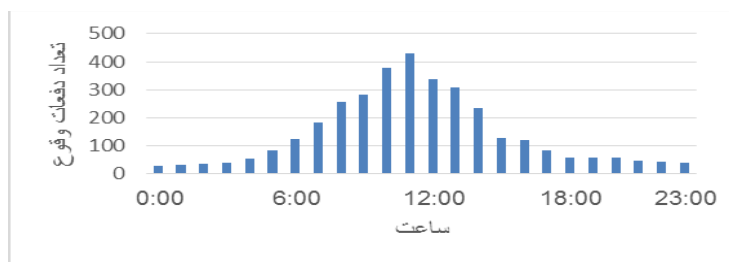
تعداد گزارش‌های جست‌باد غیرهمرفتی نسبت به نوع همرفتی، به مراتب بیشتر بود (شکل 1 الف). اغلب جست‌بادهای همرفتی در فصل بهار گزارش گردیده که این امر می‌تواند به دلیل شرایط مطلوب برای تشکیل همرفت مرطوب عمیق و وقوع تعداد بیشتر توفان‌های تندی در ایران در این فصل از سال باشد که با نتایج تحقیقات قویدل و همکاران (2017) نیز مطابقت دارد. جست‌بادهای غیرهمرفتی نیز بیشتر در اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار گزارش گردیده‌اند که این می‌تواند ناشی از ناپایداری لایه مرزی جو در این فصول باشد. نتایج نشان داد حدود 42 درصد از جست‌بادهای غیرهمرفتی در سه ماه مارس، آوریل و می یعنی حدود فصل بهار اتفاق افتاده‌اند. این در حالی است که تنها حدود 12 درصد آنها در سه ماه سپتامبر، اکتبر و نوامبر یعنی حدود فصل پاییز اتفاق افتاده است. همچنین روند تغییرات برای 4 ایستگاهی که نسبت به سایر ایستگاه‌ها گزارش‌های بیشتری را ثبت نموده‌اند، تقریباً مشابه هم بوده و مقادیر بیشینه را برای ماه‌های مارس و آوریل و مقادیر کمینه را برای ماه‌های سپتامبر و نوامبر نشان می‌دهد (شکل 1 ب).



شکل 1. الف) میانگین ماهیانه تعداد روزهای با جست‌باد همرفتی و غیرهمرفتی با تندی برابر و یا بیشتر از 15 متر بر ثانیه در ماه ب) تعداد گزارش‌های جست‌باد در هر ماه از سال برای 4 ایستگاه اردبیل (آبی)، امام خمینی (قرمز)، کرمان (سبز) و تبریز (بنفش)

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، حدود 7 درصد جست‌بادهای گزارش شده دارای تندی بین 30 تا 35 متر بر ثانیه (سطح 4) و حدود 4/5 درصد نیز دارای تندی بیش از 35 متر بر ثانیه (سطح 5) بوده‌اند. همچنین از 164 مورد گزارش

ثبت شده جست‌باد شدید با تندی بیش از 35 متر بر ثانیه، تنها 11 مورد از نوع همرفتی و سایر موارد از نوع غیرهمرفتی بوده است. تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها، بیشترین گزارش جست‌باد در حدود ساعات 12 تا 18 محلی بوده است (UTC 08-14). در واقع زمان وقوع این پدیده اکثراً در بعدازظهر است که این می‌تواند به علت ناپایداری بیشتر در لایه مرزی به علت افزایش دمای سطح زمین در ساعات بعدازظهر باشد (شکل 2).



شکل 2. تعداد دفعات وقوع جست‌باد در طول ساعات روز

بررسی شدت وقوع جست‌باد، نشان می‌دهد تعداد جست‌بادهای با تندی بالای 35 متر بر ثانیه که از لحاظ شدت در سطح 5 و رده پدیده‌های بسیار پرمخاطره جوی قرار می‌گیرند، فقط حدود 4/5 درصد از گزارش‌ها را به خود اختصاص داده و بیشتر گزارش‌های جست‌باد مربوط به تندی 15 تا 20 متر بر ثانیه بوده که حدود 56 درصد گزارش‌ها را شامل می‌شود. به طور کلی، تعداد گزارش‌ها با افزایش تندی جست‌باد کاهش می‌یابد.

4 منابع

1. Choi, E. C. C., Hidayat, F. A., 2002, Gust factors for thunderstorm and non-thunderstorm winds: *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **90**, (12), 1683–1696.
2. Cook, N. J., Harris, R. I., and Whiting, R., 2003, Extreme wind speeds in mixed climates revisited: *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **91**, (3), 403–422.
3. Ferreira, V., Nascimento, E., 2016, Convectively-Induced Severe Wind Gusts in Southern Brazil: Surface Observations, Atmospheric Environment, and Association with Distinct Convective Modes: 28th Conference on Severe Local Storms, At Portland/OR, USA.
4. Ghavidel, Y., Baghbanan, P., Farajzadeh, M., 2017, The spatial analysis of thunderstorm hazard in Iran: *Arabian Journal of Geosciences*, **10**, (5), 1-13.
5. Kolendowicz, L., Taszarek, M., Czernecki, Bartosz., 2016, Convective and non-convective wind gusts in Poland, 2001-2015: *Meteorology Hydrology and Water Management*, **4**, (2), 15-21.
6. Mohr, S., Kunz, M., Richter, A., and Ruck, B., 2017, Statistical characteristics of convective wind gusts in Germany: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **17**, (6), 957-969.
7. WMO Wind gust definition: www.wmo-sat.info/oscar/variables/view/205; last accessed January of 2018.