دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۷۲
زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۸۳-۱۵۹

محمد خلیل‌نژاد[۱]
***رضا برنا**[۲]
منوچهر فرج زاده اصل[۳]

ارزیابی تغییرات سمت و سرعت باد غالب سطح زمین موثر بر ایمنی هوانوردی (مطالعه موردی: فرودگاه تبریز)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۳

چکیده

در پژوهش حاضر به مطالعه داده‌های سه ساعته سمت و سرعت باد ایستگاه فرودگاهی تبریز در دو دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۵۱ و ۲۰۱۷-۱۹۹۱ پرداخته شده است و با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT برای هر یک از این دوره‌ها، در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ گلبادهای شانزده جهتی ترسیم گردید. با بررسی این گلبادها؛ ویژگی‌های باد غالب در هر یک از ساعات همدید، مشخص گردید و با مقایسه نتایج دو دوره یاد شده، میزان تغییرات باد غالب به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سمت وزش باد غالب فرودگاه تبریز در این دو دوره، به استثناء ساعت همدید ۰۹، فاقد تغییرات است و شرقی محسوب می‌شود. ولی از میزان وزش آن حدود ۰/۹٪ کاسته شده است. از طرفی، میزان وزش باد غالب این فرودگاه در محدوده‌ی سرعت ۱۳-۵ نات با ۱/۵٪ افزایش و در محدوده‌ی سرعت‌های ۵-۱ نات، ۲۰-۱۳ نات، ۲۵-۲۰ نات و بیش از ۲۵ نات به‌ترتیب با ۰/۳٪، ۱/۸٪، ۰/۲٪ و ۰/۱٪ کاهش مواجه شده است. تغییرات موصوف، باعث افزایش ۰/٦٦ درصدی ضریب استفاده از باند موجود این فرودگاه (باند ۳۰-۱۲) شده است. با توجه به این‌که ضریب مزبور در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۱ برابر با ۹٤/٥٦٪ و در دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۵۱ برابر با ۹۳/۹٪ است و در هر دو دوره از حداقل مورد نیاز (۹۵٪)، کم‌تر

۱- دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
*۲- گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول). E- mail: bornareza@yahoo.com
۳- گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

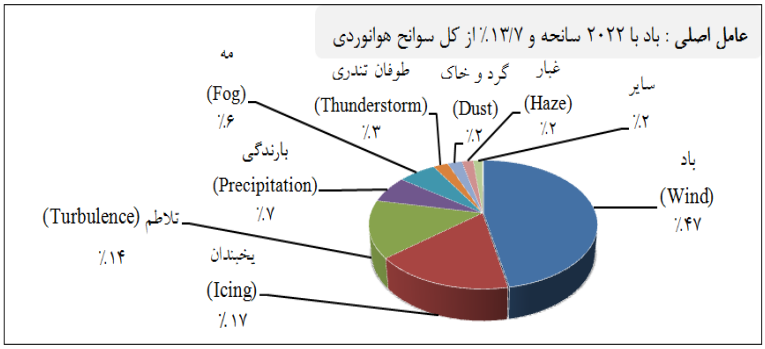
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

است؛ در نتیجه ساخت باند جدید در امتداد ۲۵-۰۷ در جهت باد نائب غالب، برای فرودگاه تبریز پیشنهاد می‌گردد. در صورت ساخت باند مزبور، ضریب استفاده از باندهای این فرودگاه به ۹۸/۶۸٪ افزایش خواهد یافت.

کلید واژه‌ها: باد، گلباد، ضریب استفاده از باند پرواز، فرودگاه تبریز، ایمنی هوانوردی.

مقدمه

بررسی سوانح هوایی ثبت شده بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶، در پایگاه اطلاعات سوانح هوانوردی متعلق به هیئت ایمنی حمل‌ونقل ملی ایالات‌متحده (NTSB[4]) نشان می‌دهد که ۲۹/۲٪ از کل سوانح هوانوردی و ۳۹/۷٪ از کل کشته های این سوانح به دلیل نامساعد بودن آب‌وهوا رخ داده است. باید توجه داشت که در مناطق مختلف جغرافیایی، عناصر آب‌وهوایی مختلفی بر ایمنی هوانوردی تأثیرگذار است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به سمت و سرعت باد در سطح زمین، میدان دید، نوع، مقدار و ارتفاع ابر، بارندگی، یخبندان، دما و فشار هوا، اشاره کرد (Kumar, 2006: 427). در میان عناصر آب‌وهوا، وضعیت باد بیش‌ترین تاثیر را بر ایمنی پرواز هواپیماها به‌ویژه در هنگام نشست‌وبرخاست دارد. (شکل ۱)، سوانح هوانوردی مرتبط با آب‌وهوا را به تفکیک عناصر آب و هوایی نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، نامساعد بودن وضعیت باد برای انجام پرواز، عامل اصلی و یا حداقل یکی از عوامل موثر در وقوع ٤٧٪ از کل سوانح هوانوردی مرتبط با آب‌وهوا می‌باشد.



شکل ۱: سوانح هوانوردی مرتبط با آب‌وهوا به تفکیک عناصر آب و هوایی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶ (استخراج شده از NTSB، ۲۰۱۷).

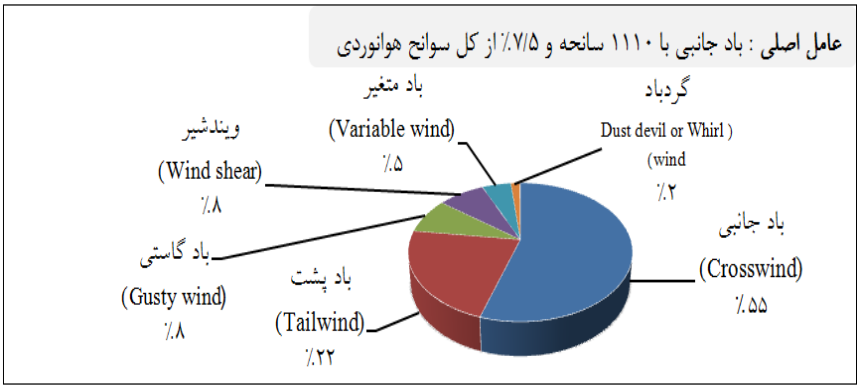
Figure 1: Aviation accidents caused by various climatic elements 2007 to 2016 (extracted from NTSB, 2017)

همان‌گونه که می‌دانیم، لازم است کلیه‌ی نشست‌وبرخاست هواپیماها در وضعیت رو به باد انجام شود. به جهت بادی که متضاد با جهت نشست یا برخاست هواپیما باشد،"Head Wind (باد روبرو یا باد مقابل)" گویند. این باد، نیروی بالابری بال‌ها را در هنگام برخاستن هواپیما افزایش داده و باعث می‌شود هواپیما زودتر از روی باند، بلند شود. به‌علاوه در هنگام فرود، باد روبرو به مانند ترمز برای هواپیما عمل کرده و باعث می‌شود هواپیما پس از طی طول کم‌تری از باند، متوقف شود. در نتیجه برخاستن و نشستن هواپیما در وضعیت باد روبرو، به باند کوتاه‌تری نیاز دارد.

4- National Transportation Safety Board

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در مقابل اگر نشست یا برخاست هواپیما در امتداد جهت باد، انجام شود نیاز به باند طویل‌تری خواهد بود (Behbahani and Imani, 1997: 71). به جهت بادی که موافق با جهت نشست یا برخاست هواپیما باشد، "Tailwind (باد پشت)" گویند. (شکل ۲) سوانح هوانوردی ناشی از وضعیت‌های مختلف باد را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، ۲۲٪ از سوانح هوانوردی مرتبط با عنصر باد، ناشی از باد پشت بوده است؛ بنابراین نشست و یا برخاست هواپیما در وضعیت باد پشت، مخاطره‌آمیز بوده و حتی می‌تواند باعث وقوع سانحه هوایی شود.



شکل ۲: سوانح هوانوردی ناشی از وضعیت‌های مختلف باد ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۶ (استخراج شده از NTSB، ۲۰۱۷)

Figure 2: Aviation accidents caused by different wind conditions from 2007 to 2016 (extracted from NTSB, 2017)

بنابراین امتداد یا جهت‌گیری باند فرودگاه، بایستی به نحوی طراحی شود که هواپیما هنگام نشست‌وبرخاست با سر وارد جریان باد، شود. برای این منظور لازم است؛ امتداد باند در جهت وزش باد غالب منطقه، طراحی و ساخته شود. بر اساس توصیه سازمان ایکائو، لازم است ضریب استفاده از باند[5] حداقل ۹۵٪ باشد. بر این اساس بایستی جهت‌گیری باند پرواز به نحوی انتخاب و طراحی شود که حداقل در ۹۵ ٪ پروازها، برای فرود و صعود قابل استفاده باشد که به آن ضریب استفاده ۹۵٪ نیز گفته می‌شود (Annex 14, 2009: 1-3). به بیان دیگر، لازم است باند در امتدادی ساخته شود که برای ۹۵٪ پروازها، نشست و یا برخاست در وضعیت باد روبرو و یا باد جانبی با سرعت و جهت مجاز (معین)، ایمن باشد. باید توجه داشت که اگر جهت باد نسبت به مسیر پرواز و یا نسبت به جهت باند، دارای یک زاویه باشد به آن باد جانبی گفته می‌شود (Kumar, 2006: 190). در (شکل ۳) وضعیت بادهای جانبی که برای نشست‌وبرخاست هواپیما، مشکل‌آفرین و حتی مخاطره‌آمیز هستند؛ نمایش داده شده است. بر اساس این شکل، باد جانبی عمود (۹۰ درجه) برجهت نشست‌وبرخاست هواپیما با سرعت بیش از ۱۵ مایل در ساعت (۱۳ نات) در "منطقه خطر" قرار دارد. همچنین بر اساس (شکل ۲) بیش از نیمی (۵۵٪) از سوانح هوانوردی مرتبط با عنصر باد، ناشی از بادهای جانبی بوده است. یکی دیگر از خصوصیات باد که برای هواپیماها مخاطره‌آمیز محسوب می‌شود، تغییر ناگهانی باد از نظر جهت یا سرعت و یا هردو می‌باشد. همان‌طور که (شکل ۲) نشان می‌دهد در مجموع ۲۳٪ از سوانح هوانوردی مرتبط با عنصر باد ناشی از تغییر ناگهانی باد، بوده است که در این میان ۸ ٪ ناشی از تغییر ناگهانی

5- Usability factor of runway

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سرعت باد[۶]، ۵٪ ناشی از تغییر ناگهانی جهت باد، ۸٪ ناشی از تغییر ناگهانی در جهت و سرعت باد[۷] و ۲٪ ناشی از گردبادهای کوچک در سطح زمین می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت که از بین عناصر آب‌وهوا، بیش ترین تاثیر را عنصر باد و به‌ویژه باد جانبی بر ایمنی هوانوردی دارد. همان‌طور که اشاره شد، باندهای پرواز در جهت باد غالب منطقه ساخته می‌شوند؛ در نتیجه تغییر در سمت وزش باد غالب یک فرودگاه می‌تواند باعث افزایش میزان وزش بادهای جانبی نسبت به باند آن فرودگاه شود و از این طریق تاثیر منفی را بر توازن و تعادل هواپیما در هنگام برخاستن از روی باند و یا فرود آن روی باند فرودگاه، در پی داشته باشد. از طرفی در این مطالعه بر اساس شکل (۳) وزش بادهای جانبی نسبت به باند یک فرودگاه با سرعت کم‌تر از ۱۳ نات (۱۵ مایل) در ساعت، مجاز در نظر گرفته شده است. روشن است که افزایش سرعت وزش بادهای مزبور به بیش از این مقدار، برای نشست‌وبرخاست هواپیما مخاطره‌آمیز محسوب می‌شود. در نتیجه تغییر جهت وزش باد غالب و یا افزایش سرعت بادهای جانبی به بیش از مقدار مجاز (۱۳ نات) باعث کاهش قابلیت استفاده از باند یک فرودگاه می‌شود؛ بنابراین در ایمنی هوانوردی، تغییر جهت و یا سرعت وزش بادهای غالب در سطح زمین، مهم است. بر این اساس در مقاله حاضر به ارزیابی تاثیر تغییرات سمت و سرعت باد غالب فرودگاه تبریز بر ضریب استفاده از باند موجود این فرودگاه؛ به‌عنوان یکی از اثرات آب‌وهوا بر ایمنی هوانوردی پرداخته شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند بر ایمنی پروازها و همچنین افزایش ظرفیت ترافیک هوایی و رونق کسب‌وکار در این فرودگاه موثر واقع شود.



شکل ۳: نمودار بادهای جانبی (FAA, 2016: 8-17).

Figure 3: Crosswinds diagram (FAA, 2016: 8-17)

پیشینه پژوهش

نظر به اهمیت حمل‌ونقل هوایی و تاثیر برجسته عناصر آب‌وهوا بر ایمنی هوانوردی و فرودگاه‌ها، تحقیقات مختلفی در این زمینه شکل گرفته است که به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره می‌گردد. Irvine et al (2013) به مطالعه الگوهای آب‌وهوایی شمال اقیانوس اطلس جهت انتخاب مسیر پرواز بهینه پرداختند. آن‌ها با بررسی پروازهای مسیر نیویورک

6- Gusty wind
7- Wind shear

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به لندن (پروازهای روبه شرق) نشان دادند که با انتخاب مسیر پرواز بهینه و استفاده از مزایای بادهای پشت قوی و اجتناب از بادهای روبرو، می‌توان مدت این پرواز را بیش از ٦٠ دقیقه کاهش داد. همچنین مسیر پرواز بهینه بر اساس قدرت و موقعیت رودبادهای این منطقه، متغیر است. تحقیق Burbidge (2016) نشان می‌دهد که یکی از اثرات کلیدی آب‌وهوا بر فرودگاه‌های قاره اروپا، تغییر در الگو و وضعیت باد است. وی همچنین خاطر نشان کرده است که با تغییر سمت بادهای غالب محلی، وزش بادهای زاویه‌دار (باد جانبی) با امتداد باندهای پرواز، بیش‌تر شده و نیاز به احداث باند متقاطع افزایش می‌یابد. Mangini et al (2018) تاثیر تغییرات جهت و سرعت باد در ارتفاع‌های مختلف بر مدت پرواز هواپیما در مسیر لندن–نیویورک را بررسی نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که پروازهای رو به شرق (از نیویورک به لندن) به‌طور متوسط در ارتفاع ٣٤ هزار پا حدود ٢ دقیقه زودتر از ارتفاع‌های ٣٠ هزار پا و ٣٩ هزار پا به مقصد می‌رسند. همچنین پروازهای رو به غرب (از لندن به نیویورک) در ارتفاع ٣٠ هزار پا حدود ٣ دقیقه زودتر از ارتفاع‌های بالاتر به مقصد می‌رسند. Jahanbakhsh Asl, Sari Sarraf and Hosseini (2006) به مطالعه داده‌های سه ساعته سمت و سرعت باد فرودگاه اردبیل پرداختند. آن‌ها با استفاده از گلبادهای شانزده جهتی، بادهای غالب این فرودگاه را شناسایی نمودند. ایشان نشان دادند که جهت‌گیری مناسب برای باند این فرودگاه به ترتیب ٢٣–٠٥ و ٢٤–٠٦ با ضریب استفاده بیش از ٩٥٪ و با در نظر گرفتن بادهای جانبی مجاز (١٣ نات در ساعت) می‌باشد. این تحقیق در حالی صورت گرفت که جهت‌گیری باند موجود این فرودگاه ٣٣–١٥ بود و ٨٠ تا ٩٠ درجه از جهت‌های مناسب شناسایی شده، اختلاف وجود داشت. لازم به ذکر است که باند دوم فرودگاه اردبیل در سال ١٣٨٥، طراحی و به بهره‌برداری رسید (World Economy Newspaper, 2006). همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که باند دوم این فرودگاه به دلیل موانع طبیعی موجود، با اندکی تفاوت از امتدادهای مناسب شناسایی شده در این پژوهش و با جهت‌گیری ٢٥–٠٧ ساخته شده است (Jeppesen, 2020: 781). طی پژوهشی Omidvar (2010) با استفاده از گلبادهای هشت جهتی ماهانه، نشان داد که بادهای غالب ایستگاه یزد از سمت شمال‌غرب و غرب می‌وزد. Khoshhal Dastjerdi and Ghavidel Rahimi (2007) نشان دادند که بیش‌ترین فراوانی وقوع طوفان‌های تندری ایستگاه تبریز در ماه مه و فصل بهار می‌باشد. آن‌ها یادآور شدند که پدیده‌های از قبیل تگرگ، رگبارهای سنگین و سیل‌آسا، بادهای شدید و صاعقه با این طوفان‌ها همراهی می‌کنند. Kharajpour (2010) به بررسی تاثیر عناصر آب‌وهوا بر تاخیر یا لغو پروازهای فرودگاه تبریز بین سال‌های ١٣٨٦ تا ١٣٨٨ پرداخت. وی به این نتیجه رسید که ارتباط قوی بین عناصر آب‌وهوا و تاثیر آن‌ها بر تاخیر یا لغو پروازهای این فرودگاه وجود دارد. Moradi and et al (2014) با استفاده از داده‌های دوثانیه‌ای باد، به مطالعه پدیده ویندشیر عمودی سطوح پایین جو در ایستگاه فرودگاهی مهرآباد پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در ماه ژانویه، این پدیده در اثر عبور جبهه‌های جوی و وارونگی دما ایجاد شده است و بیش‌ترین فراوانی آن در ساعت ٠٠ و در لایه ١٠ تا ٧١ متری رخ داده است. همچنین در ماه ژولای نیز این پدیده در اثر وارونگی دما ایجاد شده و بیش‌ترین فراوانی آن در ساعت ١٢ و در لایه ١٠ تا ٧١ متری است. Pourmoradi and Sabzehparvar (2018) به مطالعه اثرات پدیده ویندشیر بر هواپیما در پرواز

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ارتفاع پایین پرداختند. همچنین محققین دیگری از قبیل Chukhachizadeh Moghadam (1987)، Jahanbakhsh Asl, Khorshid Doost and Hosseini (2002)، Jahanbakhsh Asl, Zahedi and Hosseini (2002)، Ebrahimzadeh and Izadfar (2009)، Foroughi (2009)، Sarvar and Abdoli (2010) نیز به مطالعه نقش عناصر آب‌وهوا در مکان‌یابی فرودگاه‌های ایران پرداخته‌اند.

مواد و روش‌ها

ایستگاه هواشناسی فرودگاهی تبریز با موقعیت ۳۸/۰۵ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۰٤٦/۱۷ درجه طول جغرافیایی شرقی در ارتفاع ۱۳٦۱ متر از سطح متوسط دریا قرار دارد. به‌علاوه فرودگاه تبریز یکی از فرودگاه‌های بین‌المللی اصلی ایران است و کد ایکائوی آن OITT است (Jeppesen, 2020: 821). بر اساس آمار سازمان هواپیمایی کشوری در سال ۱۳۹۵، تعداد ۱۸٤٤۰ نشست‌وبرخاست هواپیما در این فرودگاه انجام شده است که ۲/۵۸ درصد از کل نشست‌وبرخاست هواپیما در ۸۵ فرودگاه موجود کشور در این سال را شامل می‌شود. در (جدول ۱) برخی از مهم‌ترین عناصر آب‌وهوا مربوط به ایستگاه مورد مطالعه که در مطالعات اقلیم فرودگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، ارائه شده است. همچنین در (جدول ۲) نتایج طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه تبریز که با استفاده از روش‌های دمارتن، آمبرژه، سلیانیف و کوپن محاسبه شده است، ارائه گردید. در پژوهش حاضر از داده‌های سه ساعته سمت و سرعت باد ایستگاه تبریز در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۵۱ استفاده شده است. در این مطالعه از روش‌های کمی، جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده گردید. همچنین نرم‌افزار Excel برای ترسیم نمودارها، نرم‌افزار Irimo Climate برای آشکارسازی تغییرات اقلیمی و نرم‌افزار WRPLOT برای ترسیم گلبادها، به‌کار گرفته شد. در ادامه به تشریح مختصر این دو نرم‌افزار پرداخته شده است.

جدول ۱- برخی از مهم‌ترین عناصر آب‌وهوا به همراه مشخصات فرودگاه تبریز، مورد استفاده در مطالعات اقلیم فرودگاهی

Table 1- Some of the most important climatic elements with the characteristics of Tabriz airport, used in airport climate studies

میانگین سالانه کشور	فرودگاه تبریز	عناصر آب‌وهوا و مشخصات فرودگاه تبریز
-------	٤٤٤۹ پا	ارتفاع باند فرودگاه از سطح دریا
-------	٦/۲ درجه سانتی‌گراد	درجه حرارت استاندارد در ارتفاع فرودگاه
-------	۳۲/۹ درجه سانتی‌گراد	درجه حرارت مرجع
۱۸ درجه سانتی گراد	۱۲/٦ درجه سانتی‌گراد	میانگین دمای سالانه
۲۵۰ میلی‌متر	۲۸۳/۸ میلی‌متر	میانگین بارش سالانه
-------	نات ٦/۱	میانگین سرعت باد سالانه
۵٦ روز در سال	۸۸ روز در سال	تعداد روزهای یخبندان
۳۵ روز در سال	۲۸ روز در سال	تعداد روزهای غباری
۵۳ روز در سال	۱۰۱/٦ روز در سال	تعداد روزهای بارانی
۹ روز در سال	۳۲/۱ روز در سال	تعداد روزهای برفی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۱- برخی از مهم‌ترین عناصر آب‌وهوا به همراه مشخصات فرودگاه تبریز، مورد استفاده در مطالعات اقلیم فرودگاهی

Table 1- Some of the most important climatic elements with the characteristics of Tabriz Airport, used in airport climate studies

میانگین سالانه کشور	فرودگاه تبریز	عناصر آب‌وهوا و مشخصات فرودگاه تبریز
-------	12L / 30R[8] 12R / 30L	امتداد یا جهت‌گیری باند

منبع : ۱- ارتفاع باند، درجه حرارت مرجع و امتداد باند : استخراج شده از نشریه اطلاعات هوانوردی ایران (Jeppesen, 2020: 821)

۲- درجه حرارت استاندارد در ارتفاع فرودگاه

۳- میانگین دما، بارش و سرعت باد سالانه فرودگاه تبریز: استخراج شده از سایت هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری (۲۰۱۰-۱۹۵۱).

٤- تعداد روزهای یخبندان و غباری: https://www.amar.org.ir/Portals/0/PropertyAgent/461/Files/7294/Havashenasi_Marakez_Ostan_94.xlsx

۵- تعداد روزهای بارانی و برفی: استخراج شده از سایت هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری (۲۰۰۵-۱۹۵۱).

٦- میانگین سالانه کشور: مسعودیان ۱۳۹۰، به‌ترتیب صفحات ۱۲۲، ۹۸، ۸۰، ٦٦، ۱۳۷ و ۱٤۰.

جدول ۲- طبقه‌بندی اقلیمی ایستگاه تبریز

Table 2- Climate classification of Tabriz station

روش کوپن	روش سلیانیف	روش آمبرژه	روش دمارتن	روش طبقه‌بندی اقلیمی
نیمه‌خشک (استپی سرد)	استپ خشک	نیمه‌خشک سرد	نیمه‌خشک	نوع اقلیم

آشکارسازی تغییرات اقلیمی ایستگاه مورد مطالعه

برای آشکارسازی تغییرات اقلیمی ایستگاه فرودگاهی تبریز از خروجی‌های مدل Irimo Climate استفاده گردید. این مدل توسط سازمان هواشناسی کشور در ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۷ ارائه شده است. نرم‌افزار این مدل از طریق آدرس اینترنتی <http://www.ardebilmet.ir/to/in/ahtml/44-5-software.htm>، قابل دسترسی است. روش مورد استفاده در مدل Irimo Climate، در واقع بسط روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن سالیانه به بازه فصلی و ماهیانه است. در روش دمارتن برای طبقه‌بندی اقلیمی از عناصر دما و بارش سالیانه و برحسب فرمول زیر استفاده می‌شود:

رابطه (۱)
$$I = \frac{P}{T + 10}$$

در رابطه فوق، I ضریب اقلیمی، P بارش سالیانه به میلی‌متر و T دمای سالیانه به درجه سانتی‌گراد است. بر اساس فرمول دمارتن، شش نوع آب‌وهوا به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

نوع آب‌وهوا	خشک	نیمه‌خشک	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	مرطوب	بسیار مرطوب
ضریب اقلیمی	I <۱۰	۱۰< I <۱۹/۹	۲۰< I <۲۳/۹	۲٤< I <۲۷/۹	۲۸< I <۳٤/۹	I >۳۵

در مدل Irimo Climate، روش دمارتن سالیانه از طریق روابط زیر به ماهیانه و فصلی تبدیل شده است:

۸- باندهای پرواز را با یک عدد دو رقمی در دو سر باند مشخص و نام گذاری می کنند. این عدد نشانگر زاویه باند و میزان انحراف آن از شمال مغناطیسی است. اعداد دو سر باند همیشه ۱۸۰ درجه با هم اختلاف دارند. برای مثال دو سر باند فرودگاه تبریز با اعداد ۱۲ و ۳۰ نام‌گذاری شده است و به معنای آن است که زاویه یک سر آن ۱۲۰ درجه و سر دیگر باند ۳۰۰ درجه است. همچنین اگر در فرودگاهی دو یا سه باند موازی وجود داشته باشد، زیر اعداد دو رقمی مزبور حروف R ، C و L، نوشته می شود که به‌ترتیب، نشان‌دهنده ی باند سمت راست، میانی و سمت چپ است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

رابطه (۲) طبقه‌بندی اقلیمی ماهیانه $I = (\frac{P}{T+10}) \times 12$

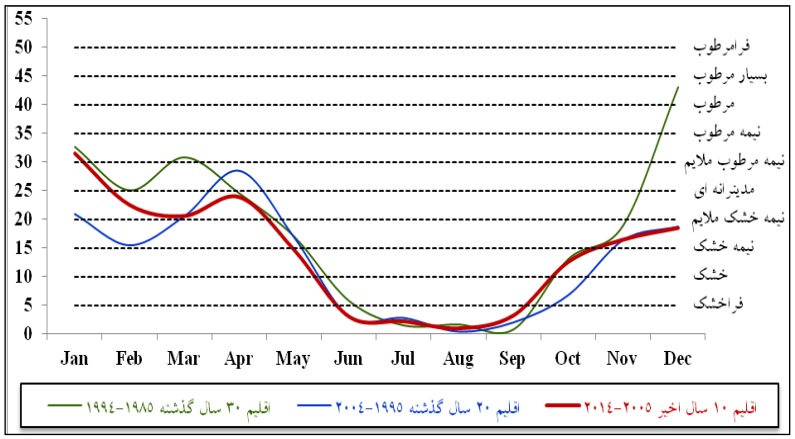
رابطه (۳) طبقه‌بندی اقلیمی فصلی $I = (\frac{P}{T+10}) \times 4$

در این مدل بر اساس دو فرمول مزبور، ۱۰ نوع آب‌وهوا با ضریب اقلیمی یکسان (۵ ±)، به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

نوع اقلیم	فراخشک	خشک	نیمه‌خشک	نیمه‌خشک ملایم	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب ملایم	نیمه مرطوب	مرطوب	بسیار مرطوب	فرا مرطوب
ضریب	I <۵	۵<I< ۹/۹	۱۰ <I< ۱۴/۹	۱۵ <I< ۱۹/۹	۲۰ <I< ۲۴/۹	۲۵ <I< ۲۹/۹	۳۰ <I< ۳۴/۹	۳۵<I< ۳۹/۹	۴۰ <I< ۴۴/۹	I > ۴۵

خشک — نرمال — مرطوب

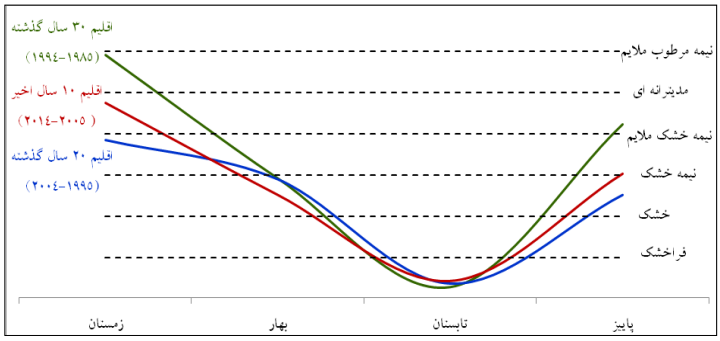
در مدل Irimo Climate، نابهنجاری اقلیمی بر پایه آماری ۱۰، ۲۰ و ۳۰ ساله بر روی نمودارهای ماهانه و فصلی به‌صورت یکپارچه نمایش داده می‌شود و تغییرات اقلیمی به‌صورت آشکار نمایان می‌گردد (Hemmati et al., 2016) در (اشکال ٤ و ٥) آشکارسازی تغییرات اقلیمی ایستگاه فرودگاهی تبریز به‌صورت ماهانه و فصلی ارائه شده است. همچنین در جدول (۳) طبقه‌بندی اقلیمی ماهانه و سالانه این ایستگاه ارائه گردید. بر اساس این جدول در ماه ژانویه دوره‌های ۱۹۹٤-۱۹۸۵، ۲۰۰٤-۱۹۹۵ و ۲۰۱٤-۲۰۰۵ میانگین دمای ماهانه به‌ترتیب برابر با ۲/۸-، ۰/۱- و ۱/۸- درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی ماهانه به‌ترتیب برابر با ۱۹/۵، ۱۷/۲ و ۲۱/۵ میلی‌متر است. با استفاده از مدل Irimo Climate و فرمول طبقه‌بندی اقلیمی ماهانه، تغییرات اقلیمی ایستگاه مورد مطالعه در ماه ژانویه نمایان می‌شود. بر اساس خروجی‌های این مدل، در ماه ژانویه دوره ۱۹۹٤-۱۹۸۵، اقلیم این ایستگاه نیمه مرطوب بوده است و در دوره ۲۰۰٤-۱۹۹۵ به مدیترانه‌ای تغییر یافته است و در دوره ۲۰۱٤-۲۰۰۵ نیز دوباره در طبقه اقلیمی نیمه مرطوب قرار می‌گیرد. در ادامه تغییرات اقلیمی ایستگاه مورد مطالعه برای بقیه ماه‌های سال با استفاده از نرم‌افزار Irimo Climate، استخراج گردید. برای جلوگیری از اطاله مطلب، خلاصه نتایج مربوطه در (جدول ۳) درج شده است.



شکل ٤: آشکارسازی تغییرات اقلیمی ماهانه ایستگاه تبریز با استفاده از مدل Irimo Climate (Irimo Climate Software, 2019).

Figure 4: Detection of monthly climate change in Tabriz station using Irimo Climate model

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۵: آشکارسازی تغییرات اقلیمی فصلی ایستگاه تبریز با استفاده از مدل Irimo Climate (Irimo Climate Software, 2019)

Figure 5: Detection of Seasonal climate change in Tabriz station using Irimo Climate model

جدول ۳- آشکارسازی تغییرات اقلیمی ماهانه و سالانه ایستگاه تبریز با استفاده از مدل Irimo Climate (Irimo Climate Software, 2019)

Table 3- Detection of Monthly and Annual climate change in Tabriz station using Irimo Climate model

اقلیم ۱۰ سال اخیر ۲۰۱۴-۲۰۰۵	اقلیم ۲۰ سال گذشته ۲۰۰۴-۱۹۹۵	اقلیم ۳۰ سال گذشته ۱۹۹۴-۱۹۸۵	میانگین مجموع بارندگی ماهیانه (mm)			میانگین درجه حرارت ماهیانه (°C)			ماه
			آمار ۱۰ سال اخیر ۲۰۱۴-۲۰۰۵	آمار ۲۰ سال گذشته ۲۰۰۴-۱۹۹۵	آمار ۳۰ سال گذشته ۱۹۹۴-۱۹۸۵	آمار ۱۰ سال اخیر ۲۰۱۴-۲۰۰۵	آمار ۲۰ سال گذشته ۲۰۰۴-۱۹۹۵	آمار ۳۰ سال گذشته ۱۹۹۴-۱۹۸۵	
نیمه مرطوب	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	۲۱/۵	۱۷/۲	۱۹/۵	-۱/۸	-۰/۱	-۲/۸	ژانویه
مدیترانه‌ای	نیمه‌خشک ملایم	نیمه مرطوب ملایم	۲۱/۸	۱۴/۷	۱۹/۷	۱/۷	۱/۴	-۰/۶	فوریه
مدیترانه‌ای	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	۲۹/۴	۲۷/۷	۳۶/۳	۷/۱	۶/۲	۴/۱	مارس
مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب ملایم	مدیترانه‌ای	۴۵/۲	۵۱/۸	۴۴/۴	۱۲/۷	۱۱/۸	۱۱/۷	آوریل
نیمه‌خشک	نیمه‌خشک ملایم	نیمه‌خشک ملایم	۳۴/۱	۳۸/۵	۳۷/۴	۱۸	۱۷/۵	۱۶/۴	می
فراخشک	فراخشک	خشک	۸/۴	۸/۲	۱۵/۵	۲۳/۸	۲۳/۱	۲۲/۲	ژوئن
فراخشک	فراخشک	فراخشک	۶/۷	۸/۳	۴/۴	۲۶/۸	۲۶/۱	۲۵/۹	جولای
فراخشک	فراخشک	فراخشک	۲/۹	۱/۲	۴/۸	۲۶/۸	۲۶/۹	۲۵	آگوست
فراخشک	فراخشک	فراخشک	۸/۶	۵/۳	۲/۱	۲۲/۱	۲۱/۷	۲۱/۱	سپتامبر
نیمه‌خشک	خشک	نیمه‌خشک	۲۶/۱	۱۴/۲	۲۵/۸	۱۴/۹	۱۵/۱	۱۳/۷	اکتبر
نیمه‌خشک ملایم	نیمه‌خشک ملایم	نیمه‌خشک ملایم	۲۲/۶	۲۳/۵	۲۶/۳	۶/۵	۷/۲	۶/۶	نوامبر
نیمه‌خشک ملایم	نیمه‌خشک ملایم	بسیار مرطوب	۱۶/۶	۱۸/۴	۳۶/۶	۰/۸	۱/۸	۰/۲	دسامبر
نیمه‌خشک	خشک	نیمه‌خشک	۲۴۳/۹	۲۲۸/۹	۲۷۲/۸	۱۳/۳	۱۳/۲	۱۲	سالانه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نرم‌افزار WRPLOT

در مطالعه حاضر از آخرین نسخه این نرم‌افزار (Version 8.0.2) استفاده شده است. این نرم‌افزار، قابلیت ترسیم گلبادهای ٤، ٦، ٨، ١٠، ١٢، ١٦، ١٨، ٢٠، ٢٤ و ٣٦ جهتی را به‌صورت ساعتی، روزانه، ماهانه، سالانه و دوره‌های بلندمدت، در اختیار کاربران قرار می‌دهد (Hemmati, 2012: 4). گلباد نموداری است که نسبت بادهای غالب را که از جهتی خاص و در دوره زمانی معین می‌وزند را نشان می‌دهد (Mohammadi, 2007: 259). باید توجه نمود که در طراحی باند فرودگاه، داده‌های سمت و سرعت باد حداقل برای یک دوره پنج‌ساله مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Behbahani and Imani, 1997: 37) و معمولا از گلبادهای ١٦ جهتی استفاده می‌شود (Oveysi and Hakimi, 2015: 288) که در این صورت سمت باد دیده‌بانی شده، بر اساس جدول (٤) گرد شده (تقریب) و در ترسیم گلباد به‌کار برده می‌شود.

جدول ٤- طبقه‌بندی جهت باد در گلبادهای شانزده جهتی (Saffarzadeh et al., 2014: 275)

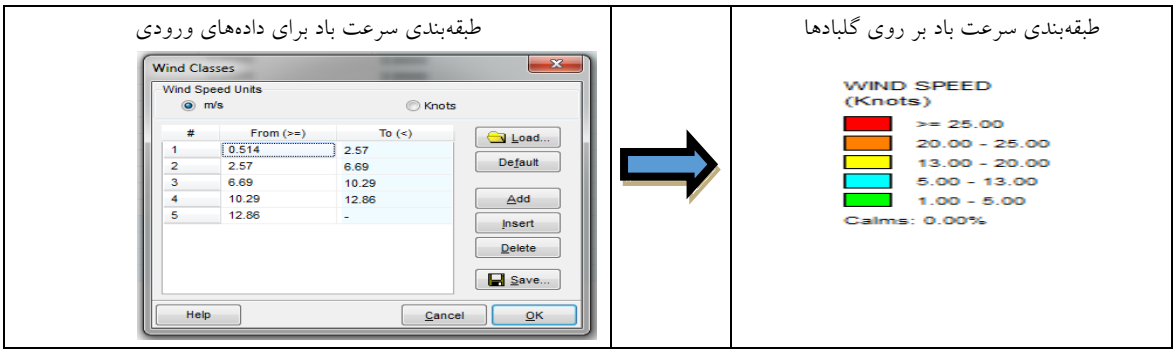
Table 4- Classification of wind direction in sixteen directional wind roses (Saffarzadeh et al., 2014: 275)

ردیف	طبقه‌بندی جهت باد	تقریب	نام قطاع
١	٣٤٨/٧٥ ° – ١١/٢٥ °	٠/٠ °	N
٢	١١/٢٥ ° – ٣٣/٧٥ °	٢٢/٥ °	NNE
٣	٣٣/٧٥ ° – ٥٦/٢٥ °	٤٥/٠ °	NE
٤	٥٦/٢٥ ° – ٧٨/٧٥ °	٦٧/٥ °	ENE
٥	٧٨/٧٥ ° – ١٠١/٢٥ °	٩٠/٠ °	E
٦	١٠١/٢٥ ° – ١٢٣/٧٥ °	١١٢/٥ °	ESE
٧	١٢٣/٧٥ ° – ١٤٦/٢٥ °	١٣٥/٠ °	SE
٨	١٤٦/٢٥ ° – ١٦٨/٧٥ °	١٥٧/٥ °	SSE
٩	١٦٨/٧٥ ° – ١٩١/٢٥ °	١٨٠/٠ °	S
١٠	١٩١/٢٥ ° – ٢١٣/٧٥ °	٢٠٢/٥ °	SSW
١١	٢١٣/٧٥ ° – ٢٣٦/٢٥ °	٢٢٥/٠ °	SW
١٢	٢٣٦/٢٥ ° – ٢٥٨/٧٥ °	٢٤٧/٥ °	WSW
١٣	٢٥٨/٧٥ ° – ٢٨١/٢٥ °	٢٧٠/٠ °	W
١٤	٢٨١/٢٥ ° – ٣٠٣/٧٥ °	٢٩٢/٥ °	WNW
١٥	٣٠٣/٧٥ ° – ٣٢٦/٢٥ °	٣١٥/٠ °	NW
١٦	٣٢٦/٢٥ ° – ٣٤٨/٧٥ °	٣٣٧/٥ °	NNW

نظر به این‌که هدف اصلی تحقیق حاضر، ارزیابی تغییرات سمت و سرعت باد غالب سطح زمین موثر بر ایمنی پروازهای فرودگاه تبریز می‌باشد. لذا برای نیل به این هدف؛ ابتدا طولانی‌ترین آمار موجود سمت و سرعت باد ایستگاه مربوطه، به دو دوره آماری قبل و بعد از سال ١٩٩٠ تقسیم گردید. در ادامه برای دو دوره آماری قید شده به‌طور جداگانه گلبادهای شانزده جهتی سالانه در هشت نوبت ترسیم گردید. بدین معنی که برای هر یک از دو دوره آماری مزبور، در هشت قرائت در شبانه‌روز با فاصله سه ساعته و برای ساعات همدید ٠٠، ٠٣، ٠٦، ٠٩، ١٢، ١٥، ١٨

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

و ۲۱ به وقت گرینویچ[۹]، گلباد ترسیم گردید. در گلبادهای ترسیمی؛ دایره مرکزی گلباد، بادهای آرام کم‌تر از ۱ نات در ساعت را نشان می‌دهد. مقدار بادهای آرام در راهنمای گلباد به درصد قید شده است. همچنین سرعت بادها برحسب شکل (٦) طبقه‌بندی گردید. طبقه اول، درصد بادهای بین ۱ تا ۵ نات را نشان می‌دهد. طبقه دوم، حداکثر سرعت باد جانبی مجاز بر محور باند را نشان می‌دهد که بر اساس شکل (۳) بادهای جانبی با سرعت کم‌تر از ۱۳ نات در ساعت، مجاز در نظر گرفته شده است. طبقه سوم، به بادهای با حداکثر سرعت ۲۰ نات، طبقه چهارم به بادهای با حداکثر سرعت ۲۵ نات و طبقه پنجم به بادهای با سرعت بیش از ۲۵ نات اختصاص یافته است. همان‌طور که شکل (٤) نشان می‌دهد، واحد سرعت باد در داده‌های ورودی برحسب متر بر ثانیه و در گلبادها برحسب نات است. طبقه‌بندی جهت بادها نیز بر اساس جدول (٤) انجام شده است.



شکل ٤: طبقه‌بندی سرعت باد مورد استفاده در این پژوهش، برای داده‌های ورودی و خروجی نرم‌افزار WRPLOT

Figure 4: Wind speed classification used in this research, for input and output data of WRPLOT software

در پژوهش حاضر از طریق تجزیه‌وتحلیل آماری گلبادهای موصوف، ابتدا ویژگی‌های سمت و سرعت باد در هر یک از ساعات همدید بررسی و بادهای غالب آن شناسایی گردید و با مقایسه نتایج دو دوره آماری مورد مطالعه، میزان تغییرات سمت و سرعت باد غالب این فرودگاه حاصل گردید. باید توجه داشت که تغییرات سمت و سرعت باد غالب ایستگاه فرودگاهی تبریز می‌تواند بر ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه تاثیرگذار باشد. روشن است که افزایش ضریب استفاده از باند موجود یک فرودگاه، می‌تواند بر افزایش ظرفیت ترافیک هوایی و بهبود ایمنی نشست‌وبرخاست هواپیما در آن فرودگاه موثر واقع شود. بر این اساس در ادامه، ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز محاسبه شد.

تعیین ضریب استفاده از باند

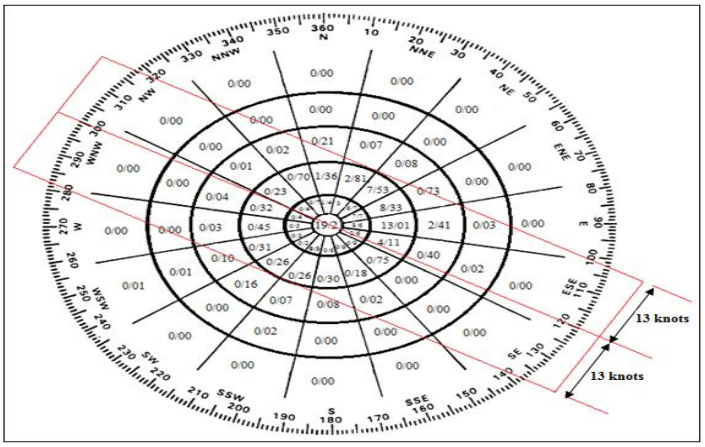
در پژوهش حاضر ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز (باند۳۰-۱۲) برای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ٠٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ در دو دوره آماری ۱۹۹۰-۱۹۵۱ و ۲۰۱۷-۱۹۹۱ و با در نظر گرفتن بادهای جانبی مجاز[۱۰] (۱۳

۹- ساعات همدید به وقت گرینویچ می‌باشد. برای تبدیل ساعت گرینویچ به ساعت رسمی ایران؛ در نیمه اول سال چهار ساعت و نیم و در نیمه دوم سال سه ساعت و نیم، به ساعت گرینویچ اضافه می‌شود.

۱۰- در این پژوهش، بادهای جانبی با سرعت کمتر از ۱۳ نات در ساعت، مجاز در نظر گرفته شده است (FAA, 2016: 8-17).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نات یا ۱۵ مایل در ساعت بر اساس شکل ۳) به روش FAA[11]، محاسبه شده است. برای این منظور، از یک نوع سیستم مختصات قطبی گلباد (شکل ۵) که مختص محاسبات ضریب استفاده از باند پرواز است، استفاده گردید. در واقع این گلباد استاندارد شامل یک رشته دایره‌های هم مرکز است که با خطوط شعاعی متقارن قطع شده‌اند. خطوط شعاعی مزبور نشان دهنده میزان بزرگی و سرعت باد است، چنان‌که فضای بین هر دو خط شعاعی متوالی نشان دهنده جهت باد است (Saffarzadeh et al., 2014: 273). جهت و سرعت این گلبادها نیز بر اساس (جدول ٤) و (شکل ٤) طبقه‌بندی شده است. درصد زمانی که باد با سرعت معین و در جهت معینی می‌وزد، بر روی این گلباد و در قطعه مربوطه نوشته می‌شود. برای محاسبه ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه مورد مطالعه از یک نوار کاغذی شفاف (ترانسپارانسی) که بر روی آن سه خط موازی به فواصل مساوی رسم شده است، استفاده گردید. خط میانی نشان دهنده خط مرکزی باند پرواز و فاصله دو خط طرفین از خط میانی معادل مقدار باد جانبی مجاز (۱۳ نات) را نشان می‌دهد. این نوار شفاف طوری روی گلباد گذاشته شد که خط میانی آن از مرکز گلباد گذشته و دو سر این خط روبروی امتدادهای باند (۱۲۰ درجه و ۳۰۰ درجه) قرار گیرد. بدین ترتیب مجموع اعداد روی قطعه‌های واقع بین خطوط طرفین نوار شفاف (زیر سطح نوار شفاف)، محاسبه شد. در مواردی که قسمتی از یک قطعه زیر نوار شفاف و قسمتی خارج از آن واقع شود، در این صورت مقدار مربوطه متناسب با کل سطح قطعه محاسبه می‌گردد (Oveysi and Hakimi, 2015: 288) در شکل (۷) به‌طور نمونه، ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز (باند ۳۰-۱۲) در ساعت همدید ۰۳ دوره ۲۰۱۷-۱۹۹۱ محاسبه شده است.



شکل ۷: ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز (باند ۳۰-۱۲) در ساعت همدید ۰۳(۲۰۱۷-۱۹۹۱)

Figure 7: Usability factor of the current runway of Tabriz Airport (runway 12-30) at the synoptic hours of 03 (1991-2017)

محاسبات مربوط به ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز در ساعت همدید ۰۳ دوره حاضر به شرح زیر می‌باشد:

۹۸/۸٤ = ۰/۰۷ + ۰/۰۲ + ۰/۰۱ + ۰/۰٤ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۰۲ + ۰/۰۲ + ۰/۳۰ + ۲/٤۱ + ۰/٤۰ + ۰/۰۲ + ٤۰/۹۹ + ۳۵/۲٦ + ۱۹/۲

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، ضریب استفاده از باند فرودگاه بایستی حداقل ۹۵٪ باشد (Annex14, 2009: 3-1)؛ یعنی سطح زیر نوار شفاف دارای پوشش ۹۵٪ باشد. بر این اساس اگر ضریب استفاده از باند موجود محاسبه شده

11- Federal Aviation Administration

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

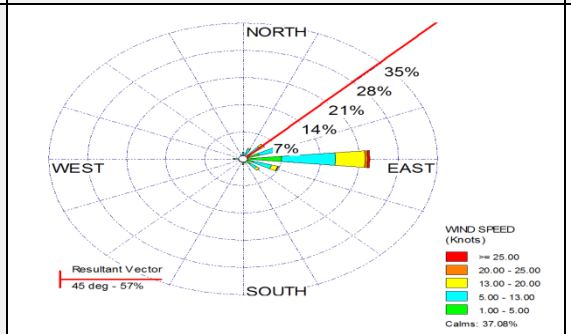
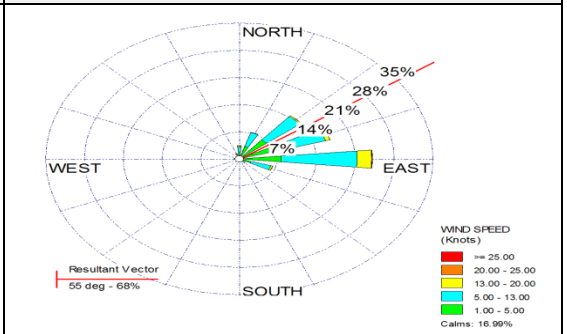
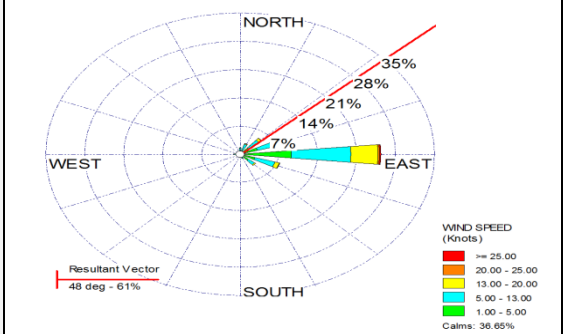
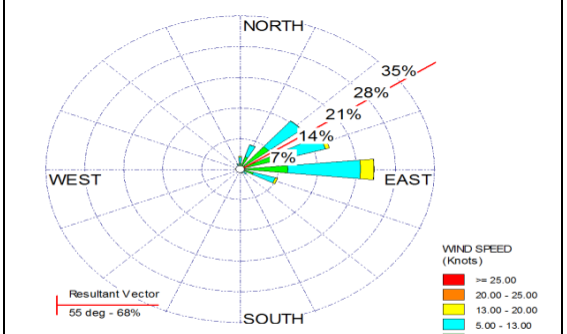
کم تر از میزان مزبور باشد، باید دو باند در دو امتداد مختلف انتخاب گردد تا در مواقعی که به علت وزش باد از یک باند نمی‌توان استفاده نمود، باند دیگر مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت لازم است؛ نوار شفاف دوم را طوری روی گلباد مزبور قرار دهیم که اکثر اعداد بیرون از نوار شفاف اول، داخل نوار شفاف باند دوم قرار گیرند. بدین ترتیب جهت مناسب باند دوم به‌دست می‌آید (Oveysi and Hakimi, 2015: 290).

یافته‌ها و بحث

جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌های سمت و سرعت باد ایستگاه تبریز، گلبادهای شانزده جهتی برای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ به‌وقت گرینویچ ترسیم گردید. گلبادهای مزبور در (جدول ۵) ارائه شده است. در این جدول وضعیت سمت و سرعت باد این ایستگاه در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ (۱۹۹۰-۱۹۵۱ و ۲۰۱۷-۱۹۹۱) نشان داده شده است. با تجزیه‌وتحلیل گلبادهای مندرج در جدول موصوف وضعیت باد این ایستگاه در کلیه ساعات همدید مورد بررسی قرار گرفت و نتیجه در (جدول‌های ٦ و ٧) ارائه گردید. در این جدول‌ها خصوصیات سرعت و جهت باد ایستگاه فرودگاهی تبریز در دو دوره آماری یاد شده مورد مقایسه قرار گرفته است. در ادامه به تشریح جدول‌های موصوف پرداخته شده است.

جدول ۵- گلبادهای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰

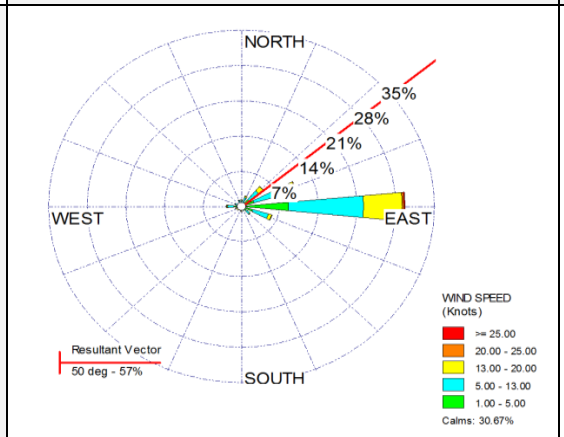
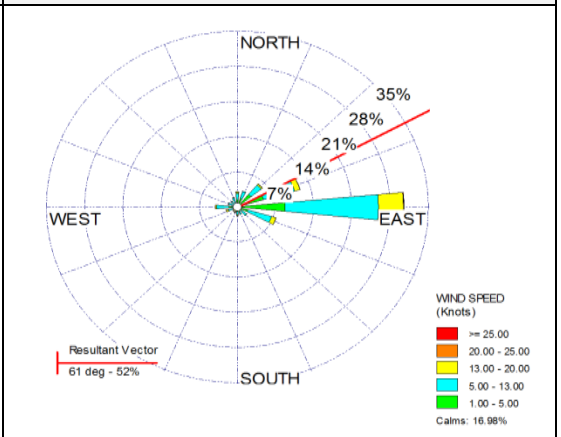
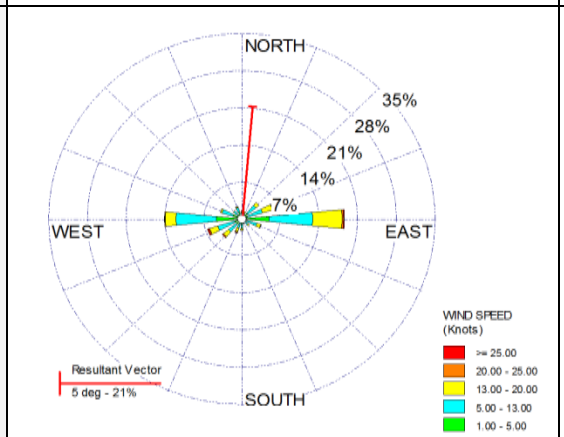
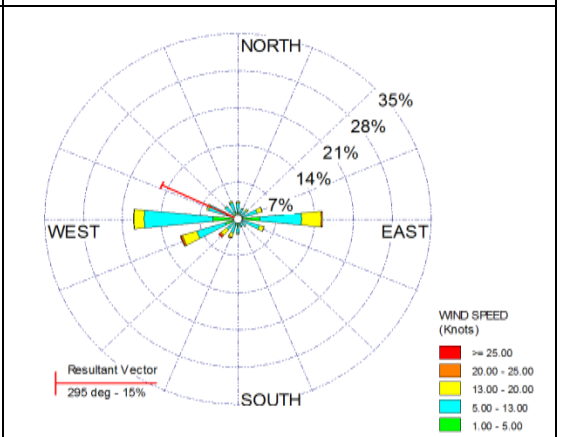
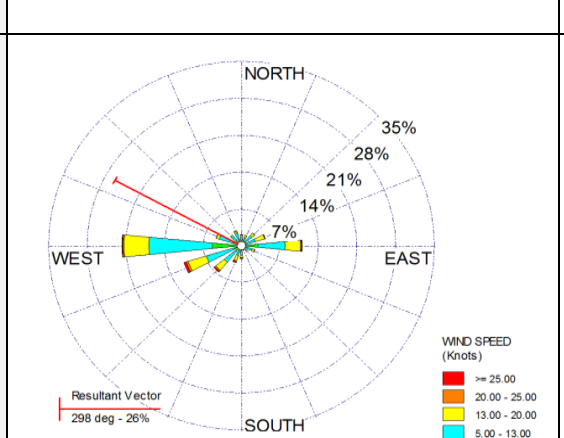
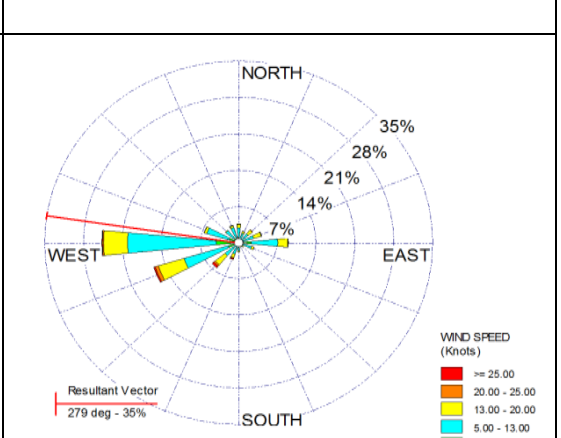
Table 5- Wind roses synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21 Tabriz station in the period before and after 1990

	گلبادهای دوره گذشته (۱۹۹۰ – ۱۹۵۱)	گلبادهای دوره حاضر (۲۰۱۷ – ۱۹۹۱)
ساعت ۰۰		
ساعت ۰۳		

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۵- گلبادهای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰

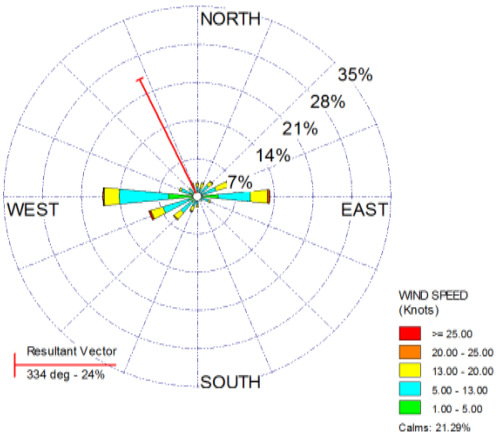
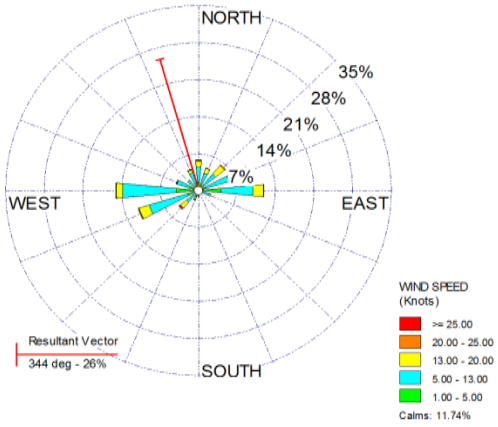
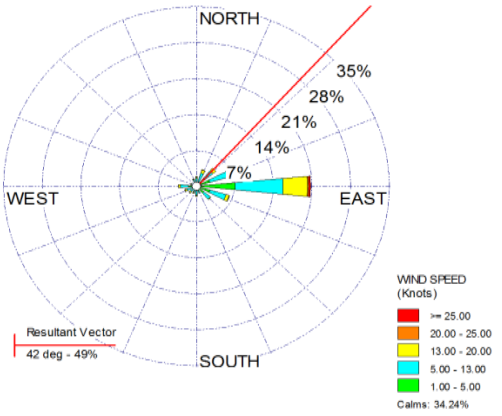
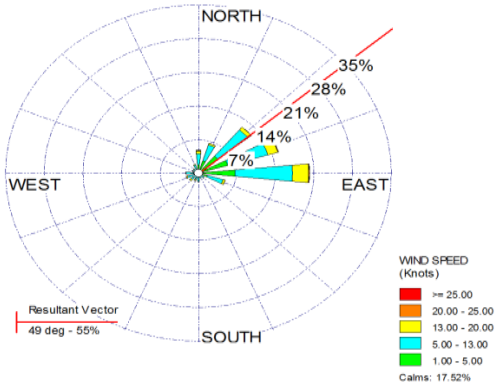
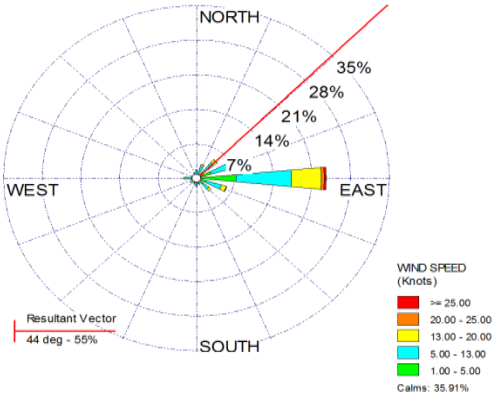
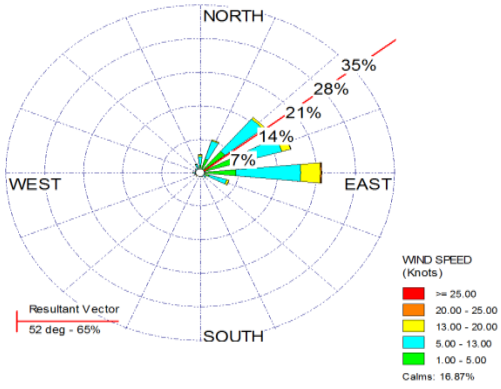
Continue Table 5: Wind roses synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21 Tabriz station in the period before and after 1990

	گلبادهای دوره گذشته (۱۹۹۰ – ۱۹۵۱)	گلبادهای دوره حاضر (۲۰۱۷ – ۱۹۹۱)
ساعت ۰۶		
ساعت ۰۹		
ساعت ۱۲		

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۵- گلبادهای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰

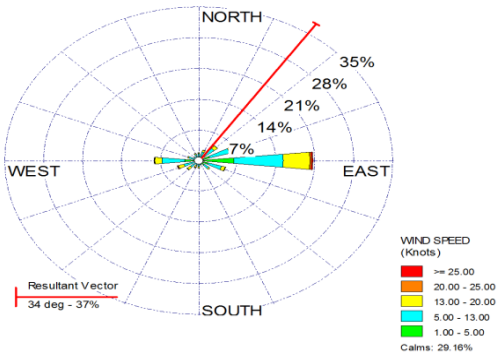
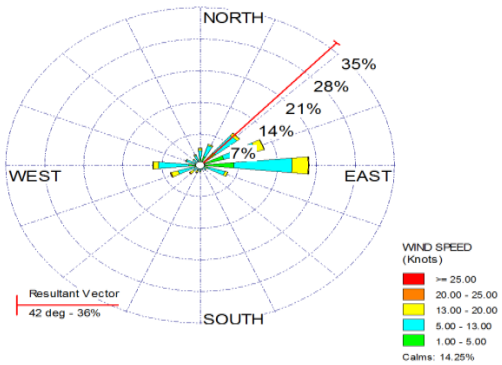
Continue Table 5: Wind roses synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21 Tabriz station in the period before and after 1990

	گلبادهای دوره گذشته (۱۹۹۰ – ۱۹۵۱)	گلبادهای دوره حاضر (۲۰۱۷ – ۱۹۹۱)
ساعت ۱۵		
ساعت ۱۸		
ساعت ۲۱		

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۵- گلبادهای ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰

Continue Table 5- Wind roses synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21 Tabriz station in the period before and after 1990

	گلبادهای دوره گذشته (۱۹۹۰ – ۱۹۵۱)	گلبادهای دوره حاضر (۲۰۱۷ – ۱۹۹۱)
میانگین کل دوره		

الف- تغییرات سرعت وزش بادهای ایستگاه تبریز

بر اساس جدول (٦) و با مقایسه سرعت وزش بادهای ایستگاه تبریز در دوره آماری حاضر (۲۰۱۷-۱۹۹۱) نسبت به دوره آماری گذشته (۱۹۹۰-۱۹۵۱) تغییراتی به شرح زیر مشهود است:

بیش‌ترین تغییرات در سرعت وزش بادهای این ایستگاه، مربوط به بادهای آرام است. به‌طوری که بادهای آرام در کلیه ساعات همدید دوره حاضر نسبت به دوره گذشته، کاهش یافته است. مقدار این کاهش به‌طور میانگین برابر با ١٤/٩٪ است. بیش‌ترین کاهش در ساعت ۰۰ با ۲۰/۱٪ و کم‌ترین کاهش در ساعت‌های ۱۲ و ۱۵ با ۹/۵٪ رخ داده است؛ به عبارت دیگر می‌توان گفت که سرعت وزش بادهای آرام این ایستگاه در دوره حاضر نسبت به دوره گذشته با افزایش همراه است و ١٤/٩٪ از بادهای آرام به بادهایی با سرعت بیش از یک نات در ساعت تغییر یافته است. همچنین در ایستگاه تبریز بادهای با سرعت ۵-۱ نات و ۱۳-۵ نات در کلیه ساعات همدید به غیر از ساعت ۱۲ با افزایش مواجه است و به‌طور میانگین و به‌ترتیب ۵/۷٪ و ۱۲/۸٪ افزایش یافته است و بادهای با سرعت ۲۰-۱۳ نات و بیش‌تر از ۲۵ نات در کلیه ساعات همدید با کاهش روبه‌رو است و به‌طور میانگین و به‌ترتیب ۳/۱٪ و ٠/٤٪ از وزش بادها مزبور کاسته شده است. از طرفی تغییرات در بادهای با سرعت ۲۵-۲۰ نات اندکی متفاوت است. به‌طوری که در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦ و ۲۱ با کاهش و در ساعات ۰۹، ۱۲ و ۱۵ با افزایش و در ساعت ۱۸ بدون تغییر است. وزش بادهای مزبور در دوره حاضر به‌طور میانگین ۰/۱٪ کاهش داشته است.

ب- تغییرات جهت وزش بادهای ایستگاه تبریز

بر اساس جدول (۷) و با مقایسه جهت وزش بادهای ایستگاه تبریز در دوره آماری حاضر (۲۰۱۷-۱۹۹۱) نسبت به دوره آماری گذشته (۱۹۹۰-۱۹۵۱) تغییراتی به شرح زیر مشهود است:

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

باد غالب این ایستگاه در هر دو دوره گذشته و حاضر در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۱۸ و ۲۱ به‌طور میانگین از سمت شرق (E) می‌وزد و در ساعات ۱۲ و ۱۵ که گرم‌ترین ساعات روز است، از سمت غرب (W) می‌وزد؛ اما در ساعت ۰۹ سمت وزش باد غالب در دوره حاضر نسبت به دوره گذشته متفاوت است. بدین‌صورت که در دوره گذشته باد غالب در این ساعت، شرقی بوده و در دوره حاضر به باد غربی تغییر یافته است. در مجموع باد غالب این ایستگاه در دو دوره مورد مطالعه به‌طور میانگین باد شرقی محسوب می‌شود و از میزان وزش آن حدود ۰/۹٪ کاسته شده است. همچنین باد نائب غالب ایستگاه تبریز در هر دو دوره گذشته و حاضر در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۱۸ و ۲۱ از سمت ENE (٦۷/۵ درجه) می‌وزد؛ اما در ساعات گرم روز وضعیت این باد متفاوت است. به‌طوری‌که در ساعت ۰۹ سمت باد نائب غالب در دوره گذشته غربی بوده و در دوره حاضر با ۱۸۰ درجه تغییر از سمت شرق می‌وزد. در ساعت ۱۲ این باد در دوره گذشته شرقی بوده و در دوره حاضر با ۱۵۷/۵ درجه تغییر از سمت WSW (۲٤۷/۵ درجه) می‌وزد. در ساعت ۱۵ جهت باد نائب غالب در هر دو دوره شرقی است. در مجموع سمت باد نائب غالب این ایستگاه به‌طور میانگین در دوره گذشته غربی بوده و در دوره حاضر با ۱۵۷/۵ درجه تغییر از سمت ENE (٦۷/۵ درجه) می‌وزد و میزان وزش آن حدود ٤/۱٪ افزایش یافته است. از طرفی وزش بادهای قرینه باد غالب[۱۲] این ایستگاه به‌طور میانگین ۰/۵٪ افزایش یافته است.

ج- تغییرات ضریب استفاده از باند فرودگاه تبریز

ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز (باند ۳۰-۱۲) در جدول ۷، برای کلیه ساعات همدید در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ محاسبه و با هم مقایسه گردید. در این خصوص تغییراتی به شرح زیر قابل ذکر است:

در دوره حاضر ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۸ و ۲۱ افزایش یافته است و در گرم‌ترین ساعات روز یعنی ساعات ۱۲ و ۱۵ از این ضریب کاسته شده است. در مجموع ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه در دوره حاضر به میزان ۰/٦٦٪ افزایش یافته است. لازم به ذکر است که میزان وزش بادهای غالب و قرینه باد غالب با این ضریب ارتباط مستقیم دارد. بدین صورت که با افزایش میزان وزش این بادها، ضریب یاد شده افزایش می‌یابد. برعکس با کاهش میزان وزش بادهای مزبور، ضریب استفاده از باند نیز کاهش می‌یابد. در خصوص فرودگاه تبریز، کاهش ۰/۹ درصدی وزش بادهای غالب، تاثیر منفی و افزایش ۰/۵ درصدی وزش بادهای قرینه باد غالب، تاثیر مثبت بر ضریب استفاده از باند فعلی را در پی دارد و در مجموع میزان وزش بادهای یاد شده، تاثیر منفی بر ضریب مزبور را به دنبال داشته است. بر این اساس، دلیل افزایش ۰/٦٦ درصدی ضریب استفاده از باند فعلی در دوره حاضر را بایستی در کاهش سرعت وزش بادهای جانبی به کم‌تر از ۱۳ نات بررسی نمود. بر اساس (جدول ٦) در فرودگاه تبریز وزش بادهای با سرعت کم‌تر از ۱۳ نات افزایش یافته است. در حالی که وزش بادهای با سرعت بیش تر از ۱۳ نات با کاهش مواجه است. این ویژگی می‌تواند باعث افزایش ۰/٦٦

۱۲- جهت وزش بادهای قرینه باد غالب، ۱۸۰ درجه با جهت وزش باد غالب متفاوت است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

درصدی ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه در دوره حاضر شود. از طرفی محاسبات انجام شده در خصوص ضریب استفاده از باند فعلی فرودگاه تبریز در دوره حاضر نشان می‌دهد که بیش‌ترین ضریب استفاده از این باند در ساعت ۰۳ برابر با ۹۸/۸٤٪ و کم‌ترین آن در ساعت ۱۲ برابر با ۸۸/۰۱٪ است. همچنین ضریب یاد شده در ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۱۸ و ۲۱ بیش از ۹۵٪ است و از این نظر، ساعات مزبور که خنک‌ترین ساعات شبانه‌روز نیز هستند، به‌عنوان مناسب‌ترین و به عبارتی ایمن‌ترین ساعات برای نشست‌وبرخاست هواپیما در باند فعلی این فرودگاه محسوب می‌شوند. در حالی که ضریب یاد شده در ساعات ۰۹، ۱۲ و ۱۵ کم‌تر از ۹۵٪ است. در مجموع ضریب استفاده از باند فعلی در دوره حاضر برابر با ۹٤/٥٦٪ است. همان‌طور که می‌دانیم، حداقل ضریب استفاده از باند برابر با ۹۵٪ است. در نتیجه فرودگاه تبریز جهت تامین حداقل ضریب استفاده از باند، نیاز به احداث باند دیگری دارد. بر این اساس همان‌گونه که پیش‌تر نیز بیان گردید، نوار کاغذی شفاف (ترانسپارانسی) دوم روی گلباد قرار داده شد و سطح زیر این نوار به استثناء قسمت مشترک با باند فعلی (نوار شفاف اول) را برای سه امتداد ۲۷-۰۹ (در جهت باد غالب)، ۲۵-۰۷ (در جهت باد نائب غالب) و ۲۰-۰۲ (در جهت باد درجه سوم) محاسبه شد که به‌ترتیب برابر با ۳/۲٦٪، ٤/۱۲٪ و ۳/٤۱٪ است؛ بنابراین امتداد ۲۵-۰۷ در جهت باد نائب غالب، حداکثر اعداد بیرون از نوار شفاف اول را پوشش می‌دهد. بدین ترتیب جهت‌گیری مناسب باند دوم، شناسایی گردید. از طرفی حاصل جمع مقدار مربوط به زیر سطح نوار شفاف باند دوم (٤/۱۲٪) و ضریب استفاده از باند فعلی (۹٤/٥٦٪) برابر با ۹۸/٦۸٪ می‌شود؛ بنابراین در صورت ساخت باند ۲۵-۰۷، ضریب استفاده از باندهای این فرودگاه در محدوده قابل قبول و بالاتر از ۹۵٪ قرار می‌گیرد.

جدول ٦- وضعیت سرعت باد ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از ۱۹۹۰ مربوط به ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Table 6 : Wind speed status of Tabriz station in two statistical periods before and after 1990 related to the synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

	سرعت باد / دوره	بادهای آرام	۵-۱ نات	۱۳-۵ نات	۲۰-۱۳ نات	۲۵-۲۰ نات	≥ ۲۵
ساعت ۰۰	گذشته	٪۳۷	٪۲۱/٦	٪۲۹	٪۱۰/۹	٪۰/۸	٪۰/۷
	حاضر	٪۱٦/۹	٪۳٤/۲	٪٤۳/۳	٪٥/۳	٪۰/۲	٪۰/۱
	تغییرات	٪۲۰/۱ کاهش	٪۱۲/٦ افزایش	٪۱٤/۳ افزایش	٪٥/٦ کاهش	٪۰/٦ کاهش	٪۰/٦ کاهش
ساعت ۰۳	گذشته	٪۳٦/٦	٪۲٤/۹	٪۲۸/٥	٪۹/۱	٪۰/٥	٪۰/٤
	حاضر	٪۱۹/۱	٪۳٥/۳	٪٤۱	٪٤/٥	٪۰/۱	۰
	تغییرات	٪۱۷/٥ کاهش	٪۱۰/٤ افزایش	٪۱۲/٥ افزایش	٪٤/٦ کاهش	٪۰/٤ کاهش	٪۰/٤ کاهش
ساعت ۰٦	گذشته	٪۳۰/٦	٪۲۳/۷	٪۳۰/۸	٪۱۳/۸	٪۰/۷	٪۰/٤
	حاضر	٪۱۷	٪۳۱/۷	٪٤۱/۹	٪۸/۸	٪۰/٤	٪۰/۲
	تغییرات	٪۱۳/٦ کاهش	٪۸ افزایش	٪۱۱/۱ افزایش	٪٥ کاهش	٪۰/۳ کاهش	٪۰/۲ کاهش
ساعت ۰۹	گذشته	٪۲۲/۱	٪۲٥/٤	٪۳٤/٦	٪۱٥/۸	٪۱/۱	۱
	حاضر	٪۸/۸	٪۲٦/۸	٪٤۸/۸	٪۱۳/۷	٪۱/۳	٪۰/٦

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ٦- وضعیت سرعت باد ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از ۱۹۹۰ مربوط به ساعات همدید ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Continue Table 6 : Wind speed status of Tabriz station in two statistical periods before and after 1990 related to the synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

سرعت باد / دوره		≥ ۲۵	بادهای آرام	۵-۱ نات	۱۳-۵ نات	۲۰-۱۳ نات	۲۵-۲۰ نات	≥ ۲۵
	تغییرات	٪۱۳/۳ کاهش	٪۱/٤ افزایش	٪۱٤/۲ افزایش	٪۲/۱ کاهش	٪۰/۲ افزایش	٪۰/٤ کاهش
ساعت ۱۲	گذشته	٪۱۵/۳	٪۲۲/۱	٪٤۰	٪۱۹/٦	٪۱/۵	٪۱/۵
	حاضر	٪۵/۸	٪۱۹/۱	٪۵۲/٦	٪۱۹/٤	٪۱/۹	٪۱/۲
	تغییرات	٪۹/۵ کاهش	٪۳ کاهش	٪۱۲/٦ افزایش	٪۰/۲ کاهش	٪۰/٤ افزایش	٪۰/۳ کاهش
ساعت ۱۵	گذشته	٪۲۱/۲	٪۲۲/۱	٪۳۷/۱	٪۱۷/۳	٪۱/۲	٪۱/۱
	حاضر	٪۱۱/۷	٪۲۳/۵	٪٤٦/٦	٪۱٦/۳	٪۱/۳	٪۰/٦
	تغییرات	٪۹/۵ کاهش	٪۱/٤ افزایش	٪۹/۵ افزایش	٪۱ کاهش	٪۰/۱ افزایش	٪۰/۵ کاهش
ساعت ۱۸	گذشته	٪۳٤/۲	٪۲٤/۵	٪۲۹/٦	٪۱۰/٦	٪۰/۵	٪۰/٦
	حاضر	٪۱۷/٦	٪۳۰/٦	٪٤۲/۹	٪۸/۲	٪۰/۵	٪۰/۲
	تغییرات	٪۱٦/٦ کاهش	٪٦/۱ افزایش	٪۱۳/۳ افزایش	٪۲/٤ کاهش	بدون تغییر	٪۰/٤ کاهش
ساعت ۲۱	گذشته	٪۳۵/۹	٪۲۲/۱	٪۲۸/۹	٪۱۱/٤	٪۱	٪۰/۷
	حاضر	٪۱٦/۹	٪۳۱/٤	٪٤۳/٦	٪۷/۵	٪۰/٤	٪۰/۲
	تغییرات	٪۱۹ کاهش	٪۹/۳ افزایش	٪۱٤/۷ افزایش	٪۳/۹ کاهش	٪۰/٦ کاهش	٪۰/۵ کاهش
میانگین کل دوره	گذشته	٪۲۹/۱	٪۲۳/۳	٪۳۲/۳	٪۱۳/٦	٪۰/۹	٪۰/۸
	حاضر	٪۱٤/۲	٪۲۹	٪٤۵/۱	٪۱۰/۵	٪۰/۸	٪۰/٤
	تغییرات	٪۱٤/۹ کاهش	٪۵/۷ افزایش	٪۱۲/۸ افزایش	٪۳/۱ کاهش	٪۰/۱ کاهش	٪۰/٤ کاهش

جدول ۷ – وضعیت جهت باد ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط به ساعات ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Table 7- Wind direction status of Tabriz station in two statistical periods before and after 1990 related to the synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

	جهت باد / دوره	باد غالب/ درصد	باد نائب غالب/ درصد	قرینه باد غالب/ درصد	ضریب استفاده از باند موجود
ساعت ۰۰	گذشته	٪۲۲/۷ /E	٪۹/۳ /ENE	٪۱/۹ /W	٪۹٦/۲۳
	حاضر	٪۲٤ /E	٪۱۷/۱ /ENE	٪۱/۱ /W	٪۹۸/۲۷
	تغییرات	بدون تغییر/٪۱/۳ افزایش	بدون تغییر/٪۷/۸ افزایش	بدون تغییر/٪۰/۸ کاهش	٪۲/۰٤ افزایش
ساعت ۰۳	گذشته	٪۲۵/۳ /E	٪۹/۳ /ENE	٪۱/۲ /W	٪۹۷/۰۵
	حاضر	٪۲٤/۱ /E	٪۱٦/ ۸ /ENE	٪۰/۹ /W	٪۹۸/۸٤
	تغییرات	بدون تغییر/٪۱/۲ کاهش	بدون تغییر/٪۷/۵ افزایش	بدون تغییر/٪۰/۳ کاهش	٪۱/۷۹ افزایش
ساعت ۰٦	گذشته	٪۲۹/٦ /E	٪۱۰/۵ /ENE	٪۲/۸ /W	٪۹٤/۷۹
	حاضر	٪۳۰/۵ /E	٪۱۲ /ENE	٪٤/۱ /W	٪۹۷/۰۳
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۹ افزایش	بدون تغییر/ ٪۱/۵ افزایش	بدون تغییر/٪۱/۳ افزایش	٪۲/۲٤ افزایش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۷ – وضعیت جهت باد ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط به ساعات ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Continue Table 7- Wind direction status of Tabriz station in two statistical periods before and after 1990 related to the synoptic hours of 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

	جهت باد / دوره	باد غالب/ درصد	باد نائب غالب/ درصد	قرینه باد غالب/ درصد	ضریب استفاده از باند موجود
ساعت ۰۹	گذشته	٪۱۸/۵/E	٪۱٤/W	٪۱٤/W	٪۹۲/٦۲
	حاضر	٪۱۸/۸/W	٪۱۵/۳/ E	٪۱۵/۳/ E	٪۹۳/۰۸
	تغییرات	۱۸۰ درجه /٪۰/۳ افزایش	۱۸۰ درجه /٪۱/۳ افزایش	۱۸۰ درجه /٪۱/۳ افزایش	٪۰/٤٦ افزایش
ساعت ۱۲	گذشته	٪۲۱/٦/W	٪۱۱/ E	٪۱۱/E	٪۸۸/۹
	حاضر	٪۲٤/٦/W	٪۱٦/WSW	٪۹ /E	٪۸۸/۰۱
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۳ افزایش	۱۵۷/۵ درجه / ٪۵ افزایش	بدون تغییر/ ٪۲ کاهش	٪۰/۸۹ کاهش
ساعت ۱۵	گذشته	٪۱۷ /W	٪۱۳/۱/E	٪۱۳/۱ /E	٪۸۹/۸۹
	حاضر	٪۱۵ /W	٪۱۱/۹ /E	٪۱۱/۹ /E	٪۸۸/٦
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۲ کاهش	بدون تغییر/ ٪۱/۲ کاهش	بدون تغییر/ ٪۱/۲ کاهش	٪۱/۲۹ کاهش
ساعت ۱۸	گذشته	٪۲۰/٦ /E	٪۸/۷ /ENE	٪۳/۳ /W	٪۹۵/۳۷
	حاضر	٪۲۰/۱ /E	٪۱۵/۱ /ENE	٪۲/۳ /W	٪۹۵/۹۸
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۵ کاهش	بدون تغییر/ ٪٦/٤ افزایش	بدون تغییر/ ٪۱ کاهش	٪۰/٦۱ افزایش
ساعت ۲۱	گذشته	٪۲۳/۵ /E	٪۹ /ENE	٪۲/۳ /W	٪۹۵/۵۱
	حاضر	٪۲۱/۹ /E	٪۱۷/۱ /ENE	٪۱/۵ /W	٪۹۷/۱۲
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۱/٦ کاهش	بدون تغییر/ ٪۸/۱ افزایش	بدون تغییر/ ٪۰/۸ کاهش	٪۱/٦۱ افزایش
میانگین کل دوره	گذشته	٪۲۰/۵ /E	٪۸ /W	٪۸ /W	٪۹۳/۹
	حاضر	٪۱۹/٦/ E	٪۱۲/۱ /ENE	٪۸/۵ /W	٪۹٤/۵٦
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۹ کاهش	۱۵۷/۵ درجه/٪٤/۱ افزایش	بدون تغییر/ ۰/۵ افزایش	٪۰/٦٦ افزایش

جدول ۸ – تغییرات جهت و سرعت وزش بادهای غالب ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط به ساعات ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Table 8- Changes in the direction and speed of the prevailing winds of Tabriz station in the two statistical periods before and after 1990 related to 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

	جهت باد / دوره	جهت باد غالب/ درصد	سرعت باد غالب				
			۱-۵ نات	۵-۱۳ نات	۱۳-۲۰ نات	۲۰-۲۵ نات	≥ ۲۵
ساعت ۰۰	گذشته	٪۲۲/۷ /E	٪۷	٪۹/٦	٪۵/۳	٪۰/٤	٪۰/٤
	حاضر	٪۲٤ /E	٪۷/۷	٪۱۳/٦	٪۲/٦	٪۰/۱	۰
	تغییرات	بدون تغییر/٪۱/۳ افزایش	٪۰/۷ افزایش	٤٪ افزایش	٪۲/۷ کاهش	٪۰/۳ کاهش	٪۰/٤ کاهش
ساعت ۰۳	گذشته	٪۲۵/۳ /E	٪۹/۲	٪۱۰/۷	٪٤/۹	٪۰/۳	٪۰/۲
	حاضر	٪۲٤/۱ /E	٪۸/٦	٪۱۳	٪۲/٤	٪۰/۱	۰
	تغییرات	بدون تغییر/٪۱/۲ کاهش	٪۰/٦ کاهش	٪۲/۳ افزایش	٪۲/۵ کاهش	٪۰/۲ کاهش	٪۰/۲ کاهش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ادامه جدول ۸- تغییرات جهت و سرعت وزش بادهای غالب ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط به ساعات ۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱

Continue Table 8- Changes in the direction and speed of the prevailing winds of Tabriz station in the two statistical periods before and after 1990 related to 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 and 21

جهت باد / دوره		جهت باد غالب/ درصد					
ساعت ۰۶	گذشته	٪۲۹/۶ /E	٪۸/۶	٪۱۳/۵	٪۷	٪۰/۳	٪۰/۲
	حاضر	٪۳۰/۵ /E	٪۸/۸	٪۱۷	٪۴/۵	٪۰/۱	٪۰/۱
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۹ افزایش	٪۰/۲ افزایش	٪۳/۵ افزایش	٪۲/۵ کاهش	٪۰/۲ کاهش	٪۰/۱ کاهش
ساعت ۰۹	گذشته	٪۱۸/۵ /E	٪۵	٪۷/۸	٪۵/۳	٪۰/۲	٪۰/۲
	حاضر	٪۱۸/۸ /W	٪۴/۶	٪۱۲/۳	٪۱/۸	٪۰/۱	۰
	تغییرات	۱۸۰ درجه /٪۰/۳ افزایش	٪۰/۴ کاهش	٪۴/۵ افزایش	٪۳/۵ کاهش	٪۰/۱ کاهش	٪۰/۲ کاهش
ساعت ۱۲	گذشته	٪۲۱/۶ /W	٪۵/۳	٪۱۱/۵	٪۴/۵	٪۰/۲	٪۰/۱
	حاضر	٪۲۴/۶ /W	٪۴/۱	٪۱۵/۹	٪۴/۳	٪۰/۲	٪۰/۱
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۳ افزایش	٪۱/۲ کاهش	٪۴/۴ افزایش	٪۰/۲ کاهش	بدون تغییر	بدون تغییر
ساعت ۱۵	گذشته	٪۱۷ /W	٪۵/۳	٪۸/۸	٪۲/۷	٪۰/۱	٪۰/۱
	حاضر	٪۱۵ /W	٪۴/۲	٪۹/۶	٪۱/۱	٪۰/۱	۰
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۲ کاهش	٪۱/۱ کاهش	٪۰/۸ افزایش	٪۱/۶ کاهش	بدون تغییر	٪۰/۱ کاهش
ساعت ۱۸	گذشته	٪۲۰/۶ /E	٪۷/۱	٪۸/۶	٪۴/۴	٪۰/۲	٪۰/۳
	حاضر	٪۲۰/۱ /E	٪۶/۷	٪۱۰/۴	٪۲/۹	٪۰/۱	۰
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۵ کاهش	٪۰/۴ کاهش	٪۱/۸ افزایش	٪۱/۵ کاهش	٪۰/۱ کاهش	٪۰/۳ کاهش
ساعت ۲۱	گذشته	٪۲۳/۵ /E	٪۷/۲	٪۱۰	٪۵/۴	٪۰/۵	٪۰/۴
	حاضر	٪۲۱/۹ /E	٪۶/۵	٪۱۱/۶	٪۳/۵	٪۰/۲	٪۰/۱
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۱/۶ کاهش	٪۰/۷ کاهش	٪۱/۶ افزایش	٪۱/۹ کاهش	٪۰/۳ کاهش	٪۰/۳ کاهش
میانگین کل دوره	گذشته	٪۲۰/۵ /E	٪۶/۴	٪۸/۹	٪۴/۷	٪۰/۳	٪۰/۲
	حاضر	٪۱۹/۶ /E	٪۶/۱	٪۱۰/۴	٪۲/۹	٪۰/۱	٪۰/۱
	تغییرات	بدون تغییر/ ٪۰/۹ کاهش	٪۰/۳ کاهش	٪۱/۵ افزایش	٪۱/۸ کاهش	٪۰/۲ کاهش	٪۰/۱ کاهش

د- تغییرات جهت و سرعت وزش بادهای غالب ایستگاه تبریز

تغییرات سمت و سرعت وزش بادهای غالب ایستگاه تبریز در دو دوره آماری قبل و بعد از سال ۱۹۹۰ مربوط به کلیه ساعات همدید در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این‌که در بند قبلی تغییرات سمت وزش بادهای غالب این ایستگاه بررسی گردید؛ بر این اساس در ادامه به تغییرات سرعت بادهای غالب ایستگاه مورد مطالعه به شرح زیر پرداخته شد:

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

میزان وزش بادهای غالب ایستگاه تبریز با سرعت ۵-۱ نات در کلیه ساعات همدید به غیر از ساعات ۰۰ و ۰٦ با کاهش مواجه است. بادهای یادشده در دوره حاضر به‌طور میانگین ۰/۳٪ کاهش یافته است. همچنین وزش بادهای غالب با سرعت ۱۳-۵ نات در کلیه ساعات همدید با افزایش روبرو است و در دوره حاضر به‌طور میانگین ۱/۵٪ بر میزان وزش این بادها افزوده شده است. از طرفی وزش بادهای غالب با سرعت ۲۰-۱۳ نات، ۲۵-۲۰ نات و بیش از ۲۵ نات در کلیه ساعات همدید به استثنای سه مورد که بدون تغییر بوده با کاهش روبرو است. این بادها در دوره حاضر به‌طور میانگین و به ترتیب ۱/۸٪، ۰/۲٪ و ۰/۱٪ کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های سمت و سرعت وزش باد ایستگاه فرودگاهی تبریز در دو دوره آماری گذشته (۱۹۹۰-۱۹۵۱) و حاضر (۲۰۱۷-۱۹۹۱) نشان می‌دهد که به‌طور کلی سمت وزش باد غالب فرودگاه تبریز به استثناء ساعت همدید ۰۹، فاقد تغییرات است و در هر دو دوره یادشده به‌صورت میانگین، شرقی محسوب می‌شود. باید توجه داشت که جهت وزش باد غالب این فرودگاه در ساعت همدید ۰۹ بدین صورت است که این باد در دوره گذشته از سمت شرق می‌وزید، در حالی که در دوره حاضر با ۱۸۰ درجه تغییر از سمت غرب می‌وزد. البته این تغییر، تاثیر چندانی در میانگین جهت وزش باد غالب دوره حاضر نگذاشته است. لازم به ذکر است که میزان وزش باد غالب این فرودگاه در حال کاهش است و در دوره حاضر حدود ۰/۹٪ کاسته شده است. همچنین سرعت وزش باد غالب این فرودگاه در دوره آماری حاضر نسبت به دوره آماری گذشته، دارای تغییراتی است. بدین‌صورت که در دوره حاضر میزان وزش باد غالب با سرعت ۱۳-۵ نات حدود ۱/۵٪ افزایش یافته است. برعکس در محدوده سرعت‌های ۵-۱ نات، ۲۰-۱۳ نات، ۲۵-۲۰ نات و بیش از ۲۵ نات به ترتیب با ۰/۳٪، ۱/۸٪، ۰/۲٪ و ۰/۱٪ کاهش مواجه است. در این زمینه نتایج پژوهشی که در فرودگاه‌های کشور فرانسه انجام شده است، نشان می‌دهد که در فرودگاه‌های این کشور، تغییر محسوس در میانگین سمت و سرعت وزش باد، مورد انتظار است و تغییرات درازمدت در سمت وزش بادها، امکان تاثیر منفی بر قابلیت استفاده از باند را در پی دارد (Lopez, 2016).

از طرفی بررسی‌ها گویای آن است که وزش بادهای جانبی نسبت به باند موجود فرودگاه تبریز (باند ۳۰-۱۲)، با سرعت کم تر از ۱۳ نات افزایش یافته است، در صورتی که وزش این بادها با سرعت بیش از ۱۳ نات با کاهش مواجه است. این ویژگی می‌تواند ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه در دوره حاضر را افزایش دهد.

تغییرات ذکر شده در وزش بادهای غالب و جانبی فرودگاه تبریز، باعث افزایش ۰/٦٦ درصدی ضریب استفاده از باند فعلی این فرودگاه در دوره حاضر نسبت به دوره گذشته شده است. در اثر افزایش مزبور، ضریب استفاده از باند موجود فرودگاه تبریز در دوره حاضر برابر با ۹٤/٥٦٪ شده است. با توجه به این‌که مقدار این ضریب در دوره حاضر و گذشته از حداقل مورد نیاز کم‌تر است؛ در نتیجه این فرودگاه جهت تامین حداقل ضریب استفاده از باند (۹۵٪)، نیاز به احداث باند دیگری در امتداد جهت باد نائب غالب را دارد. بر این اساس ساخت باند جدید در امتداد ۲۵-۰۷

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

برای این فرودگاه پیشنهاد می‌گردد. در صورت ساخت باند موصوف، ضریب استفاده از باندهای این فرودگاه به ۹۸/٦۸٪ افزایش خواهد یافت.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

References

- Behbahani, H., Imani, M., (1997), "***Airport planning and design***", Tehran: Iran University of Science and Technology. [In Persian].
- Burbidge, R., (2016), "Adapting European airports to a changing climate", ***6th Transport Research Arena***, April 18: 14-23.
- Civil Aviation Organization of Iran, (2016), "***Statistical yearbook of aviation***", Tehran: Civil aviation organization. [On line]: http://www.cao.ir/statistical-yearbook, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Federal Aviation Administration (FAA), (2016), "***Airplane flying handbook***", Washington: United states department of transportation. [Online]: https:// www. faa. gov/ policies/ handbooks_manuals/aviation/airplane_handbook/media/10_afh_ch8.pdf, regulations_ accessed on 26/01/2021.
- Hemmati, R., (2012), "What is a wind rose?". [On line]: http:// www. ardebilmet.ir/ to/in/ download/windrose_Interpretation.PDF, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Hemmati, R., Mohammadi, S., Farzollahpour, M., Shahmari, A., (2016), " Detecting of climate change in the northwest of the country by introducing the innovative model of Iran climate detector chart Irimo C. D. C ", ***5th Regional Conference on Climate Change***, January 25-26, 2016, Tehran . [On line]: https://civilica.com/doc/557260/ , accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- International Civil Aviation Organization (ICAO), (2009), "***Annex 14: Aerodromes, Volume I, aerodrome design and operations***", Fifth Edition, Montreal: International civil aviation organization. [On line]: http://www.icao.int .
- Irvine, Emma, A., Hoskins, Brian, J., Shine, Keith, P., Lunnon,. W., Christine, F., (2013),"Characterizing north atlantic weather patterns for climate-optimal aircraft routing", ***Meteorological Applications***, 20: 80-93. [Online]: https:// rmets. onlinelibrary. wiley. com/ doi/ pdf/10.1002/met.1291, accessed on 26/01/2021.
- Jahanbakhshasl, S., Sari Sarraf, B., Hosseini, A., (2006), "The evaluation of flight line extension by analysing the wind element", ***Geographical Research***, 38 , 57 (38): 113-126. [On line]: https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=61672, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Jeppesen, (2020), "***Airport information***", Colorado: Jeppesen sanderson company.
- Kharajpour, H., (2010), "Investigation of the effect of climatic elements on airport flights (Case study: Tabriz)", Master Thesis, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Tabriz.
- Khoshhal Dastjerdi, J., Ghavidel Rahimi, Y., (2007), "Identification of environmental hazards properties in northwest Iran: A case study of thunderstorm hazards in Tabriz", ***MJSP***m 11: 101-116. [Online]: http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-1567-fa.html, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Kumar, B., (2006), "***An illustrated dictionary of aviation***", Indian, New delhi, Tata McGraw-Hill publishing company.
- Lopez, A., (2016), "Vulnerability of airports on climate change: An assessment methodology", ***6th Transport Research Arena***, April 18: 24-31.
- Mangini, F., Irvine, E. A., Shine, K. P., (2018)," The dependence of minimum time routes over the North Atlantic on cruise altitude", ***Royal Meteorological Society***, 25: 655-664.
- Meteorological Organization of Iran, (2018), "***Climate change detection software***", [On line]: http://www.ardebilmet.ir/to/in/ahtml/44-5- software.htm.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- Mohammadi, H., (2007), "***The concepts and tachnical term of climatology***", Tehran: University of Tehran. [In Persian].
- Moradi, M., Rezazadeh, P., Vazife, A., (2014), "A case study on low level vertical wind shear in Mehrabad Airport", ***Journal of Climatological Research***, 17-18: 31-44. [Online]: http://clima.irimo.ir/article_15075. html, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Omidvar, K., (2010), "Analysis of strong winds and storms regime in Yazd", ***MJSP***, 14 (1): 84-105. [On line]: http://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-10071-fa. html, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Oveysi, Kh., Hakimi, R., (2015), "***Planning and design of airport***", Tehran: Amir Kabir University of Technology, Pub. [In Persian].
- Pourmoradi, A., Sabzehparvar, M., (2018)," Dynamic response of the aircraft to wind shear using multibody loading approach", ***Modares Mechanical Engineering***, 18 (2): 243-252. [Online]: http://mme.modares.ac.ir/article-15-205-fa.html, accessed on 26/01/2021. [In Persian].
- Saffarzadeh, M., Masoumi, G., Nadimi, N., (2014), "Planning and design of airport", Volume One, Tehran: Transportation Research Institute. [In Persian].
- Masoudian, A., (2011), "***Climate of Iran***", Mashhad: Sharia Toos Pub. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]