پژوهش های جغرافیایی – شماره۵۷، پاییز۱۳۸۵
صص ۱۲۶-۱۱۳

ارزیابی امتداد باندپرواز فرودگاه اردبیل با تجزیه وتحلیل عنصر باد

سعید جهانبخش اصل - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
بهروز ساری صرّاف - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
عباس حسینی* - دانشجوی دوره دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

دریافت مقاله : ۸۳/۱۰/۵
تأئید نهایی: ۸۴/۳/۳۰

چکیده

در طرّاحی و احداث فرودگاه‌ها به ویژه در جهت‌گیری باندپرواز، عامل باد اهمّیّت بسزائی دارد. امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست در جهت بادهای غالب احداث می‌شوند؛ به طوری که در آن جهت سرعت بادهای جانبی بر محور باندپرواز از ۱۳ نات یا ۱۵ مایل بر ساعت تجاوز ننموده و ۹۵٪ از بادها را با احتساب بادهای آرام جذب نماید.

در این پژوهش با استفاده از آمار هفده سالهٔ ایستگاه سینوپتیک اردبیل (۲۰۰۰-۱۹۸۴) در هشت قرائت در روز و در ساعات اصلی و فرعی سینوپ و با بهره‌گیری از نرم افزار (WR-PLOT) تحت ویندوز، گلبادهای شانزده جهتی ماهانه برای شناخت بادهای غالب منطقه در ساعات اصلی و فرعی سینوپ ترسیم شده است. سپس گلبادهای قطبی شانزده جهتی مختصّ محاسبات مربوط به ضریب استفاده از امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست با استفاده از نرم افزار اتوکد برای هر ماه ترسیم شده است. درصدهای فراوانی وزش باد از جهات شانزده‌گانه با منظور نمودن ۱۳ نات باد جانبی مجاز عمود بر محور باندپرواز بر روی گلباد درج گردیده و آنگاه با تقسیم‌بندی گلباد به ۳۶۰ درجه با فواصل ۱۰ درجه، امتدادهای نشست و برخاست برای ماه‌های مختلف سال طرّاحی شده است. از بررسی‌ها و مطالعات انجام یافته نتیجه می‌شود که باند ۲۳–۵ و ۲۴–۶ بیش از ۹۵٪ بادها را با درنظرگرفتن بادهای جانبی مجاز (۱۳ نات در ساعت) در طول سال جذب می‌نمایند. امتدادهای فوق‌الذکر نسبت به باند۳۳–۱۵، باندپرواز موجود فرودگاه اردبیل ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت راست چرخش نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: **اقلیم‌شناسی، باد، باندپرواز، فرودگاه اردبیل.**

مقدّمه

آب و هوا تأثیر مستقیم در بنیان عوامل سازندهٔ محیط‌های جغرافیایی داشته و اقلیم‌شناسی یکی از شاخه‌های کاربردی جغرافیای طبیعی بشمار می‌رود که سعی دارد با شناخت عوامل اقلیمی هر محل و تأثیر آنها در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و ..... شرایط زندگی را برای انسان‌ها بهتر و آسان‌تر نماید.

* E-mail: Hosseini845@yahoo.com
نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۴۴۱۱۳۰۴۵

Archive of SID
www.SID.ir

مطالعات و تجربیّات سال‌های اخیر نشان داده است که منشاء بسیاری از وقایع و شرایط طبیعی آینده، ریشه در آب و هوای گذشته دارد؛ بنابراین در صورت پیشرفت علم اقلیم‌شناسی و مطالعات آب و هوای گذشته می‌توان برنامه‌ریزی قابل قبولی برای جلوگیری از بروز مشکلات و بحران‌های ناشی از پدیده‌های جوّی و یا به حدّاقل رساندن آنها بعمل آورد.

اقلیم‌شناسی از جمله علومی است که جهت هر نوع مطالعه و بررسی و برای تحقّق اهداف خاصّ خود از آمار هواشناسی و نقشه‌های سینوپتیکی و به عبارت بهتر از یکجا نگری آب و هوایی استفاده می‌کند. اقلیم کاربردهای مختلفی در برنامه‌ریزی‌های محیطی دارد که یکی از آنها کاربرد اقلیم در سیستم حمل و نقل و به ویژه در هوانوردی می‌باشد.

امروزه در اجرای اهداف عملی اقتصادی و صنعتی، یافته‌های اقلیمی کاربردهای خود را به اثبات رسانده که یکی از زمینه‌های کاربردی آن در رابطه با ترافیک است؛ به طوری که در این شاخهٔ نسبتاً جوان نه تنها با شناسایی ویژگی‌های مخاطره آمیز اقلیم محلی (مانند یخ زدگی سطح جاده ها، فراوانی بادهای جانبی و ...) به نصب علائمی جهت جلوگیری از بروز حوادث می‌پردازند، بلکه تأثیر نوسانات و تغییر ویژگی‌های آتمسفری اخلال کنندهٔ ترافیک را پس از شناسائی از طریق روش‌های اقلیم‌شناسی در حدّ امکانات موجود با کاربرد شیوه‌های مناسب خنثی می‌کنند (علیجانی۱۳۸۱).

بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط رادیچ در سال ۱۹۸۶ میلادی بیش از یازده سانحه مرگبار بین سال‌های ۱۹۸۴–۱۹۶۲ میلادی در ارتباط با عوامل جوّی رخ داده است (رادیش۱۹۸۶[1]).

همچنین بر اساس اعلام سازمان هوانوردی غیرنظامی انگلستان سی مورد از مجموع ۲۰۶ مورد سانحهٔ هواپیماها در سال ۱۹۷۷ میلادی در رابطه با عوامل جوّی اتّفاق افتاده و در ۲۷ مورد که اشتباه خلبان عامل سانحه بوده، علّت آن نیز شرایط نامساعد جوّی و باد شدید گزارش شده است (ماهاپاترا[2] ۱۹۹۹).

نظر به اینکه وزش بادهای جانبی شدید و مداوم برمحور باندپرواز موجود در فرودگاه اردبیل مشکلات عدیده‌ای را برای نشست و برخاست هواپیماها در این فرودگاه بوجود آورده است، لذا در این پژوهش تلاش شده است تا با تجزیه و تحلیل آماری باد برای ماه‌های مختلف سال در ساعات اصلی و فرعی سینوپ در سایت فرودگاه اردبیل به تحقیق در باره آنها پرداخته شود و امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست برای فرودگاه مورد نظر پیشنهاد گردد تا بدین وسیله ضمن ارائهٔ نمونه‌ای از کاربردهای عملی دانش اقلیم‌شناسی در صنعت حمل و نقل، به ویژه در احداث فرودگاه‌ها، نظر متخّصّصین و برنامه‌ریزان به اهمّیّت موضوع و نتایج حاصل از این مطالعات در برنامه‌ریزی‌ها جلب شود.

پیشینهٔ تحقیق

سازمان هواپیمایی بین المللی (ICAO) منابعی تحت عنوان انکس چهارده[3] در مورد طرّاحی فرودگاه‌ها و انکس سه درمورد هواشناسی هوانوردی و انکس پانزده در مورد اطّلاعات هوانوردی و انکس چهار در مورد چارت‌های هوانوردی منتشر نموده که از منابع با ارزش در طرح و توسعهٔ فرودگاه‌ها بشمار می‌روند. در این منابع مطالبی در مورد اطلاعات آماری مربوط به محاسبات اقلیم فرودگاهی، عوامل مؤثّر در مکان‌یابی فرودگاه، جهت‌گیری و تعداد امتدادهای

[1]- Radich
[2]- Mahapatra
[3]- Anex 14

Archive of SID

www.SID.ir

نشست و برخاست از قبیل بادهای غالب، وزش بادهای جانبی عمود بر محور باندپرواز، درجهٔحرارت، محاسبات مربوط به درجهٔحرارت مرجع فرودگاه و قابلیت دید بیان شده است که به عنوان رفرانس در مطالعات و بررسی‌های اقلیم فرودگاهی و طرح و توسعهٔ فرودگاه‌ها از جمله در تحقیق حاضر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

توسط هورنجف[1] و مک کلوی[2](۱۹۹۴)، ترسیم گلبادهای قطبی شانزده جهتی و محاسبات مربوط به ضریب استفاده فرودگاه‌ها با در نظرگرفتن بادهای مجاز جانبی بر محور باندپرواز و محاسبات مربوط به دمای مرجع فرودگاه، ارتفاع فرودگاه از سطح دریا و کنترل مجموع درجهٔ حرارت و ارتفاع و برآورد نسبی طول باندپرواز مورد بحث قرار گرفته ست.

تورنس(۱۹۹۷) اقلیم هوانوردی و خطرات ناشی از اوضاع نامساعد جوّی و محدودیّت‌های اقلیمی از قبیل بادهای شدید، یخبندان، قابلیّت دید ضعیف ناشی از باران و برف، ابرهای پائین و مه مطالبی را مورد بحث قرار داده است.

ماهاپاترا(۱۹۹۹) توسط نامبرده اختلاف سرعت باد، توربولانس و قابلیّت دید ضعیف وعوامل بوجود آورنده و خطرات ناشی از آنها را مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

پریرا (۱۹۹۹) تحقیقی توسط این محقّق در مورد اختلاف سرعت باد بر روی فرودگاه سائوپولو برزیل انجام گرفته است. اختلاف سرعت باد تغییرات ناگهانی سمت و سرعت باد در یک مسافت کوتاه به صورت افقی یا عمودی می‌باشد. این تحقیق کار بسیار ارزنده‌ای است که انجام چنین مطالعه ای نیازمند آمارهای جو بالا، رادار داپلر یا دستگاه سودار است که هیچکدام از موارد مذکور برای فرودگاه اردبیل موجود نمی‌باشد.

در رابطه با دستگاه سودار (مدل PA1) گزارشی علمی توسط علی اکبری بیدختی و مالکی فرد (۱۳۸۱) به رشتهٔ تحریر در آمده که ضمن معرفی دستگاه سودار، نمونه‌هایی از داده‌های دستگاه مربوط به لایهٔ مرزی در محل موسسهٔ ژئو فیزیک دانشگاه تهران ارائه شده است. سودارها طبق نظریه پراکندگی یک موج صوتی گسیل شده به جوّ عمل می‌کنند. این امواج در اثر تغییرات ضریب شکست ناشی از تلاطم‌های کوچک مقیاس دمایی و افت و خیزهای سرعت به ویژه در مرزهای وارونگی با شیوه‌های تند پراکنش می‌نمایند. در واقع سودارها با گسیل امواج صوتی در حدّ شنوائی که به وسیلهٔ بلندگوهای قوی تولید می‌شوند، موجب می شوند تا دریافت موج بازگشتی به وسیلهٔ یک بشقاب متّصل به یک میکروفون حسّاس کانونی صورت گیرد. همان طور که اشاره شد، دستگاه سودار (مدل PA 1) موسسهٔ ژئو فیزیک دانشگاه تهران نصب شده و مورد بهره‌برداری قرار دارد.

بهبهانی و ایمانی (۱۳۷۳) به بررسی مطالبی در ارتباط با طرّاحی و برنامه‌ریزی فرودگاه، موانع فرودگاه، طرّاحی باندپرواز و رابطهٔ و تأثیرپذیری آنها از عناصر و عوامل اقلیمی و توپوگرافیکی پرداخته اند.

بهنیا (۱۳۶۴) مطالبی در مورد رده‌بندی فرودگاه‌ها و طرّاحی باندپرواز و تأثیر عناصر و عوامل اقلیمی به ویژه باد در طرّاحی باندپرواز به رشتهٔ تحریر در آمده است.

چوخاچی مقدّم (۱۳۶۷) در مطالعهٔ باد در ده ایستگاه سینوپتیکی ایران و اثرات آن در تأسیس فرودگاه به تحقیق در مورد تأثیرباد درنشست و برخاست هواپیماها به ویژه در ایستگاه اهواز و تربت حیدریه پرداخته شده است .

[1]- Horonjeff
[2]- Xmcrelvey

Archive of SID

www.SID.ir

حسینی شمعچی (۱۳۷۹) در ارتباط با مکان‌یابی فرودگاه میانه به مطالعه و بررسی فاکتورهای اقلیمی درجهٔ حرارت، یخبندان، بارش، رطوبت نسبی، فشار، قابلیّت دید و باد با استفاده از آمار یازده سالهٔ ایستگاه سینوپتیک میانه به صورت میانگین ماهانه پرداخته شده است.

روش کار

در طرّاحی و احداث فرودگاه‌ها با در نظرگرفتن بادهای غالب منطقه، یک یا چند امتداد مشخّص برای نشست و برخاست هواپیماها در نظر گرفته می‌شود. امتداد یا امتدادهای انتخاب شده در یک فرودگاه زمانی مطلوب خواهد بود که ضریب استفادهٔ آن فرودگاه همواره از حدّاقل قابل قبول ردهٔ آن فرودگاه بالاتر باشد. دارا بودن ضریب ۱۰۰٪ برای فرودگاه‌ها اجباری نبوده، و واضح است که نیل به چنین وضعی عملاً غیر ممکن است. پس می‌توان تحت شرایط خاصّ جوّی (باد شدید) غیر قابل استفاده بودن فرودگاه را در آن مقطع زمانی پذیرفت و برای نشست و برخاست هواپیماها از فرودگاه کمکی[1] استفاده کرد. ضریب استفادهٔ حدّاقل طبق رده‌بندی فرانسوی برای فرودگاه‌ها بدین شرح می‌باشد:

برای فرودگاه های ردهٔ A (۹۵٪)، ردهٔ B (۹۰٪)، ردهٔ C (۸۰٪)، ردهٔ D (۷۰٪). در رده‌بندی ایکائو ضریب استفاده برای کلیّهٔ رده ها برابر با ۹۵٪ می‌باشد (بهنیا۱۳۶۴).

برای محاسبهٔ ضریب استفادهٔ یک امتداد نشست و برخاست، اطّلاعات آماری باد از قبیل فراوانی، جهت و سرعت به صورت نمودار (گلباد) نشان داده می‌شود. پس از ترسیم گلبادها و بررسی و تجزیه و تحلیل آنها، بادهای غالب منطقه تعیین می‌شود و از محاسبهٔ باد غالب منطقه و هوای آرام میزان بهره‌برداری از آن جهت برای امتداد نشست و برخاست بدست می‌آید. در صورتی که پوشش باد غالب از یک جهت کافی نباشد، باد غالب درجهٔ دوّم منطقه تعیین می‌شود تا از مجموع باد غالب و باد درجهٔ دوّم و هوای آرام، پوشش لازم برای امتداد نشست و برخاست بدست آید.

بنابراین اگر بیشترین وزش باد از یک جهت خاصّ صورت گیرد، ترافیک هوایی از ظرفیّت یک باند تجاوز نمی‌کند و لذا تنها از یک باند استفاده می‌شود. امّا اگر وزش باد از جهات مختلف باشد، برای دستیابی به حدّاقل قابل قبول رده‌بندی فرانسوی یا ایکائو ضرورت دارد تا از دو یا چند باند (موازی، متقاطع یا غیر متقاطع) استفاده گردد (هورنجف و مک کلوی۱۹۹۴).

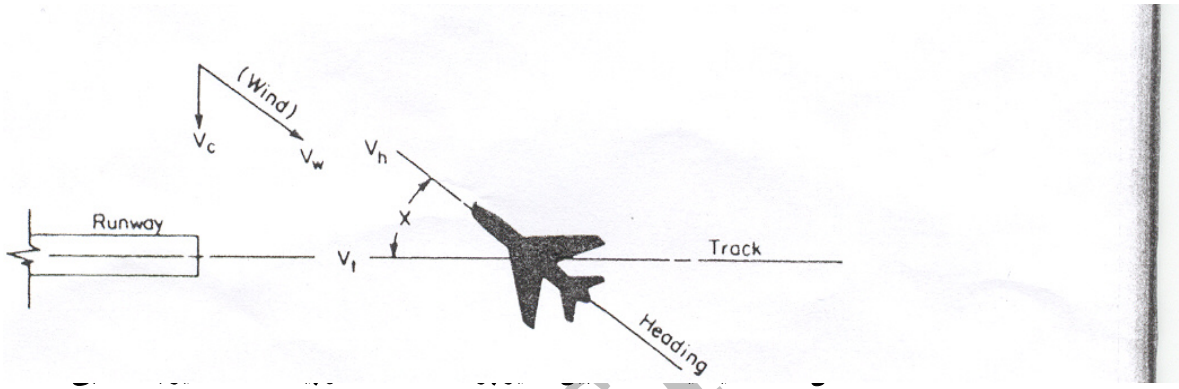
برای تعیین ضریب استفاده از یک یا چند امتداد نشست و برخاست باید به وضعیّت بادهای جانبی نیز توجّه شود. باد جانبی مؤلّفهٔ عمود بر محور باندپرواز است. بدین معنی که جهت هواپیما نسبت به خطّ مرکزی باندپرواز به هنگام نزدیک شدن به باند فرودگاه به قدرت وزش باد جانبی بر محور باندپرواز بستگی دارد. مسیر حرکت هواپیما جهت تقرّب به باندپرواز در امتداد خطّ مرکزی باند به عنوان مسیر پرواز بیان می‌شود و هواپیما برای فرود بی خطر و ایمن باید در آن امتداد پرواز نماید. رابطهٔ بین مسیر پرواز، جهت هواپیما و باد جانبی در شکل شماره(۱) نشان داده شده است(همان۱۹۹۴).

[1]- Alternate

Archive of SID

www.SID.ir

شکل۱- زاویهٔ تیجاد شده بین مسیر پرواز و جهت هواپیما تحت تأثیر باد جانبی
(هورنجف ومک کلوی۱۹۹۴)



به طوری که در شکل شماره(۱) مشاهده می‌شود، برای این که هواپیما وزش باد جانبی را نسبت به مسیر پرواز خنثی نماید، مجبور است تا پرواز خود را در جهت زاویهٔ X از مسیر پرواز انجام دهد. اندازه زاویهٔ X از رابطهٔ زیر بدست می آید :

$$\text{Sin } x = V_c / V_h \ldots\ldots\ldots (۱)$$

در رابطهٔ فوق:

V_h = سرعت واقعی هواپیما بر حسب نات یا مایل در ساعت

V_c = باد جانبی بر حسب نات یا مایل در ساعت

باد جانبی V_c بادی است که به صورت عمود بر مسیر پرواز هواپیما می‌وزد. زاویهٔ X به عنوان زاویهٔ حرکت عرضی هواپیما بیان می‌شود. لازم به توضیح است که اندازه زاویهٔ X مستقیماً به سرعت باد و به طور غیر مستقیم به سرعت هواپیما بستگی دارد؛ یعنی وقتی هواپیما آهسته پرواز می‌کند و باد جانبی شدید می‌باشد، زمانی که هواپیما به باندپرواز نزدیک می‌شود، زاویهٔ X بزرگتر خواهد بود. مفهوم V_t عبارت است از سرعت هوائی واقعی در امتداد مسیر پرواز که با Cos V_h Vh برابر خواهد بود ($V_t=V_h.\text{Cos } x$). سرعت زمینی در امتداد مسیر پرواز برابر است باV_t منهای بادی که بر محور مسیر پرواز هواپیما می‌وزد (همان۱۹۹۴).

در این تحقیق با توجه به مشکلات بوجود آمده در مورد وزش بادهای جانبی بر محور باندپرواز و احتمال وجود اختلاف سرعت باد موضوع از حسّاسیّت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بنابراین تجزیه و تحلیل آماری باد بر اساس گلبادهای شانزده جهتی براساس آمارهای هفده سالهٔ (۲۰۰۰ –۱۹۸۴) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اردبیل در هشت قرائت در شبانه‌روز با فاصلهٔ سه ساعته در ساعات اصلی (۰۰، ۰۶، ۱۲، ۱۸) و فرعی (۰۳، ۰۹، ۱۵، ۲۱) سینوپ به وقت گرینویچ (GMT) معادل ساعات اصلی (۳۰: ۰ ۳۰ : ۶، ۳۰ : ۱۲، ۳۰ : ۱۸) و فرعی (۳۰ : ۳، ۳۰ : ۹، ۳۰ : ۱۵، ۳۰ : ۲۱) به وقت محلی با بهره‌گیری از داده‌های سازمان هواشناسی کشور انجام گرفته است. از آنجا که در صنعت هواپیمایی عمداً

Archive of SID

www.SID.ir

ازسیستم بین‌المللی پیروی می‌کنند و در سیستم بین‌المللی ساعات به وقت گرینویچ و سرعت باد برحسب نات کاربرد معمول‌تری دارد؛ ضمن آن که داده‌برداری باد نیز در ایستگاه‌های هواشناسی با مقیاس نات و در ساعات اصلی و فرعی سینوپ به وقت گرینویچ ثبت و گزارش می‌شود، لذا در این پژوهش نیز تجزیه و تحلیل داده‌ها از نظر زمانی بر اساس ساعات گرینویچ و سرعت بادها بر حسب نات انجام گرفته است. همچنین ساعات گرینویچ به ساعات محلی تبدیل و در کنار ساعات گرینویچ در داخل پارانتز آورده شده است. بر اساس این آمارها گلبادهای شانزده جهتی با استفاده از نرم افزار WRPLOT تحت ویندوز برای شناخت بادهای غالب و درجهٔ دوّم منطقه از جهات شانزده‌گانه برای ماه‌های سال ترسیم شده است. بدین معنی که هر ماه از سال دارای هشت گلباد در ساعات اصلی و فرعی سینوپ با فواصل سه ساعته می‌باشد.

به دلیل شرایط خاصّ فرودگاه اردبیل از نقطه نظر وزش بادهای متقاطع، از جهات مختلف برای جهت‌گیری باندپرواز مبادرت به ترسیم گلبادهای قطبی شانزده جهتی مختّص محاسبات مربوط به ضریب استفاده از امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست با استفاده از نرم افزار اتوکد شده و برای دستیابی به امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست درصدهای فراوانی باد از جهات شانزده‌گانه بر روی گلباد درج شده است. در نهایت با تقسیم‌بندی گلباد به ۳۶۰ درجه با فواصل ۱۰ درجه طرّاحی باندپرواز با منظور نمودن ۱۳ نات باد جانبی مجاز بر محور باندپرواز برای ماه‌های مختلف سال انجام گرفته است.

موقعیّت جغرافیایی استان اردبیل

استان اردبیل در شمالغربی فلات ایران با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع که تقریباً ۱٪ از کلّ مساحت کشور را در بر می‌گیرد در مختصّات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳ دقیقهٔ طول شرقی از نصف النّهار گرینویچ واقع شده است. این استان از شمال با جمهوری آذربایجان همسایه بوده و حدود ۴۰۰ کیلومتر با این کشور مرز مشترک دارد و از غرب به استان آذربایجان شرقی، از جنوب به استان زنجان و از شرق به استان گیلان محدود شده است.

دشت اردبیل در مرکز استان در میان ارتفاعات تالش در شرق و قلّهٔ آتشفشانی سبلان در غرب و بزغوش در جنوب و جنوبشرق قرار گرفته و یک واحد مستقلّ توپوگرافی را بوجود آورده است. وسعت دشت اردبیل تقریباً ۲۷۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که حدود ۹۰۰ تا ۹۵۰ کیلومتر مربع آن را دشت کاملاً هموار و بدون عارضه تشکیل می‌دهد. شیب این قسمت کمتر از ۵٪ و جهت شیب به طرف شمال و شمالغرب می‌باشد. بقیّهٔ مساحت این دشت را تا ارتفاعات مذکور، تپه ماهورها و ارتفاعات حدّ فاصل تشکیل می‌دهد. شهر اردبیل با ارتفاع متوسّط ۱۳۴۰ متر در این دشت استقرار یافته است(شکل ۲).

وضعیّت ناهمواری‌های

ناهمواری‌های استان اردبیل که حدود $\frac{۲}{۳}$ نواحی کوهستانی آذربایجان را شامل می‌شود (مهندسین مشاور زیستا۱۳۶۷) از نقطه نظر تأثیرگذاری بر وزش بادهای محلی فوق‌العاده حائز اهمّیّت می‌باشند. ناهمواری‌ها از یک طرف با ایجاد اختلاف ارتفاع و به تبع آن اختلاف فشار هوا در فصول مختلف سال و به خصوص در فصل گرم سال، شرایط را برای

Archive of SID

www.SID.ir

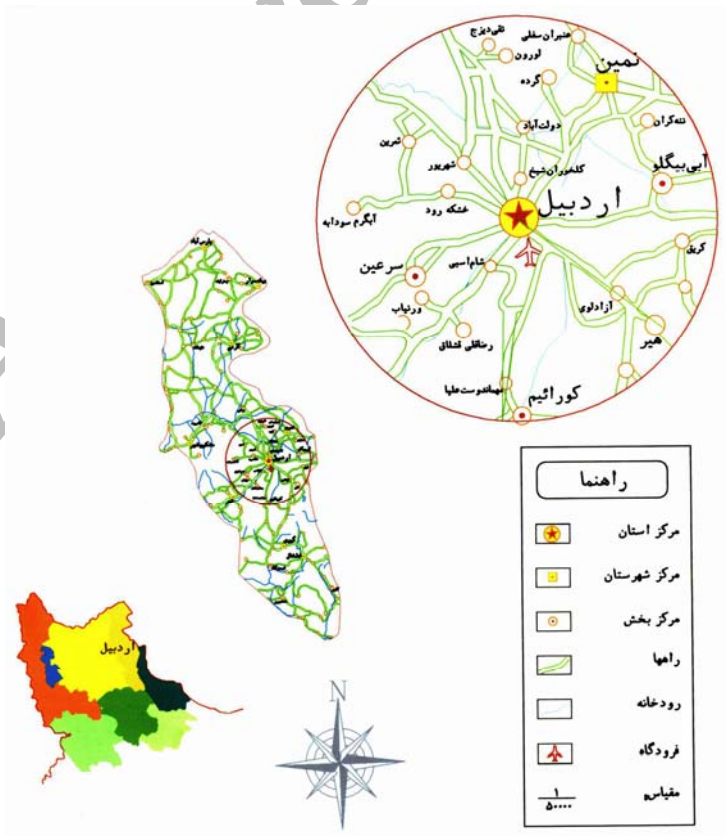
وزش بادهای محلی فراهم می‌آورند و از طرف دیگر طرز قرارگیری آنها در انحراف بادها و همسو سازی جریان‌های جوّی نقش عمده‌ای ایفاء می‌کنند. این ناهمواری‌ها را می‌توان به سه بخش عمده تقسیم کرد:

۱- کوه‌های شمالی: این رشته کوه‌ها از کوه‌های آرارات در خاک ترکیه شروع شده وتا کوه‌های تالش در شرق استان اردبیل ادامه می‌یابد. از جملهٔ آنها در منطقه، کوه‌های قره داغ در شمال و شمالغرب مشکین‌شهر می‌باشد که دارای جهت غربی– شرقی است. رودخانه قره‌سو ناهمواری‌های مذکور را بریده و به سمت شمال تا رسیدن به رودخانه ارس در حوالی اصلاندوز جریان می‌یابد.

کوه‌های شرقی: شامل کوه‌های تالش با جهت شمالی ـ جنوبی و کوه‌های صلوات داغ و خروسلو با جهت شمالشرقی ـ جنوبغربی می‌باشد. کوه‌های تالش که بلندترین نقطهٔ آن آق داغ با ارتفاع ۳۳۲۲ متر می‌باشد، دنبالهٔ کوه‌های البرز محسوب می‌شود. این کوه‌ها (گردنه حیران) با ارتفاع تقریبی ۱۳۵۰ متر در بخش جنوبغربی اردبیل به عنوان یک مرز طبیعی، این استان را از مناطق ساحلی دریای خزر با ارتفاع (۲۸ـ) متر از سطح دریای آزاد جدا می‌سازد. تأثیر این ناهمواری در اقلیم منطقه به گونه‌ای است که از نفوذ رطوبت دریای خزر به مناطق غربی استان جلوگیری می‌کند؛ به طوری که دامنهٔ شرقی این کوه‌ها تحت تأثیر جریانات خزری پوشیده از جنگل و دامنهٔ غربی به دلیل موقعیّت باد پناهی به صورت مراتع و علفزار در آمده است.

۲- کوه‌های مرکزی و جنوبی: شامل کوه سبلان با حدّاکثر ارتفاع ۴۸۱۱ متر و کوه بزغوش با حدّاکثر ارتفاع ۳۸۰۰ متر که در جنوب کوه سبلان با جهت شرقی ـ غربی تا درهٔ قرانقوچای ادامه می‌یابد.

شکل ۲- موقعیّت جغرافیایی شهر و فرودگاه اردبیل



www.SID.ir

ترسیم گلباد

باندپرواز در امتدادی مطلوب است که بتواند بادهای غالب را پوشش دهد و بر اساس توصیهٔ ایکائو ۹۵٪ بادهای غالب را با احتساب بادهای آرام جذب نماید و وزش بادهای جانبی بر محور باندپرواز از مقدار مجاز نسبت به ردهٔ آن فرودگاه تجاوز ننماید که برای فرودگاه اردبیل به دلیل حسّاسیّت موضوع و مشکلات بوجود آمده از نقطه نظر بادهای جانبی، ۱۳ نات منظور شده است. ترسیم گلباد برای منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس آمار هفده سالهٔ (۲۰۰۰-۱۹۸۴) ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اردبیل و با بهره‌گیری از نرم افزار WRPLOT انجام گرفته و گلباد ماهانه در هشت نوبت برای ساعات اصلی و فرعی سینوپ ترسیم شده است. سپس برای نشان دادن درصد فراوانی وزش بادهای بیش از ۲۵ نات در ساعات اصلی و فرعی سینوپ از جهات شانزده‌گانه نمودارهایی در محیط اکسل برای ماه‌های مختلف سال ترسیم شده است شکل های شماره(۴ و ۵).

برای محاسبهٔ ضریب استفاده از باندپرواز فرودگاه در ماه‌های مختلف، گلبادهای قطبی شانزده جهتی مختصّ محاسبات ضریب استفاده از باندپرواز با استفاده از نرم افزار اتوکد ترسیم شده است. این گلباد از یک سری دوایر متّحدالمرکز تشکیل شده و به وسیله خطوطی جهات مختلف جغرافیایی را به صورت شانزده‌گانه نشان می‌دهند. در این گلباد دایرهٔ مرکزی گلباد درصد بادهای آرام کمتر از ۴ نات در ساعت را نشان می‌دهد. دایرهٔ دوّم از مرکز گلباد حدّاکثر باد مجاز جانبی عمود بر محور باند پرواز را نشان می‌دهد که بر اساس توصیهٔ سازمان ایکائو (که ایران نیز در زمینهٔ تهیّه و تبادل اطّلاعات جوّی به منظور سلامت پرواز و تسهیلات هواپیمایی خود به این سازمان وابسته است) ۱۳ نات منظور شده است. دایرهٔ سوّم به بادهای با حدّاکثر سرعت ۲۰ نات، دایرهٔ چهارم به بادهای با حدّاکثر سرعت ۲۵ نات و دایرهٔ پنجم به بادهای با سرعت بیش از ۲۵ نات اختصاص یافته است. برای محاسبهٔ ضریب استفاده، یک نوار شفّاف متشکل از سه خطّ موازی تهیّه شده که خطّ میانی بیانگر خطّ مرکزی باندپرواز و دو خطّ کناری مقدار باد جانبی مجاز (۱۳ نات) را نشان می‌دهد. محاسبهٔ ضریب استفاده از باندپرواز با استفاده از گلباد و چرخانیدن نوار شفّاف حول محور مرکز گلباد صورت گرفته است. بدین ترتیب که مقدار درصد خانه‌های واقع بین خطوط بیرونی نوار شفّاف به طور کامل محاسبه شده و هنگامی که ضلع نوار نورگذران از داخل یک خانه عبور نماید در این صورت قسمتی از آن خانه که در زیر نوار قرار گرفته مقدارش نسبت به کلّ سطح محاسبه شده است. این عمل تا زمانی که پوشش باد بر اساس درصدهای فراوانی باد به حدّاکثر ممکن برسد، ادامه یافته است. گلبادها، نمودارها وگلبادهای مختّص محاسبات ضرایب استفاده از باند پرواز و نتایج حاصل از محاسبات انجام گرفته برای ماه‌های مختلف سال به شرح زیر می‌باشد :

شکل شماره(۳) گلبادهای ترسیمی از جهات شانزده‌گانه را در ساعات اصلی و فرعی سینوپ درماه ژانویه نشان می‌دهد. بر اساس گلبادهای ترسیمی، وزش باد غالب با ۸/۷۵٪ فراوانی از سمت جنوب - جنوبغرب و باد درجهٔ دوّم با ۸/۰۳٪ فراوانی از سمت شرق صورت گرفته و ۴۸/۵۹٪ به بادهای آرام اختصاص یافته است. حدّاکثر سرعت وزش باد در این ماه در طول دورهٔ آماری مورد مطالعه (۲۰۰۰–۱۹۸۴) ۵۴ نات در بیست وچهارم ژانویهٔ ۱۹۸۷ میلادی، ساعت ۱۲ از سمت غرب - جنوبغرب (۲۴۰ درجه) و دو مورد درنهم و بیست و نهم ژانویه ۱۹۸۷ میلادی، ساعت ۲۱ از سمت جنوب جنوبغرب (۲۱۰ درجه) به ثبت رسیده است. بر اساس محاسبات انجام گرفته در مورد ضریب استفاده از باندپرواز حدّاکثر پوشش باد در جهت ۲۳۰–۵۰ درجه به شرح زیر می‌باشد :

Archive of SID

www.SID.ir

۴۸/۵۹ + ۲۷/۵۲ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۱ + ۰/۱ +۰/۷۲ + ۳/۱۵ + ۰/۱۳ + ۰/۰۵ + ۰/۰۳+ ۰/۹۵ + ۱/۷۲

+ ۱/۲۷ + ۲/۵۸ + ۲/۲۷ + ۰/۹ + ۱/۰۸ + ۲/۶۱ + ۰/۷۷ + ۰/۷ + ۰/۹ + ۰/۷ + ۰/۰۱ + ۰/۰۲ = ۹۷/۲۳

بنابراین باند ۲۳–۵ با ۹۷/۲۳٪ دارای حدّاکثر پوشش باد برای ماه ژانویه می‌باشد. ضمن آن که باند ۲۴–۶ نیز با ۹۶/۰۳٪ پوشش باد بر اساس استاندارد ایکائو از شرایط قابل قبولی برخوردار است. در این ماه حدّاکثر فراوانی وزش بادهای بیش از ۲۵ نات در ساعت ۱۲ (شکل شماره۴) و از سمت جنوب جنوبغرب (SSW) و جنوبغرب (SW) (شکل شماره ۵) صورت گرفته است. در این ماه محاسبات مربوط به پوشش باد برای باند ۳۳–۱۵، باندپرواز فعلی فرودگاه اردبیل ۸۲/۱٪ به شرح زیر می‌باشد :

۴۸/۵۹ + ۲۷/۵۲ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۰۲ +۰/۰۴+ ۰/۰۵ + ۰/۰۸ + ۰/۰۳ + ۰/۰۲ + ۱/۷۲ + ۱/۱۴ + ۰/۱۵ +

۰/۰۵ + ۰/۱ + ۱/۲۶ + ۰/۰۲ + ۰/۶۵. + ۰/۳۱ + ۰/۰۸ + ۰/۲۱ = ٪۸۲/۱

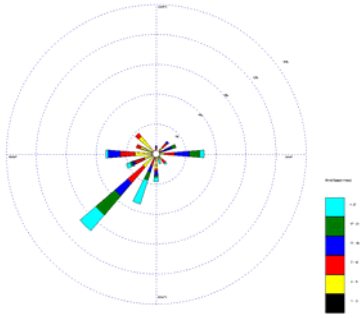
با توجه به این که از این مقدار ۷۶/۱۱٪ آن پوشش مشترک دو باندپرواز فعلی و پیشنهادی یا به عبارت دیگر مربوط به بادهای آرام و بادهای جانبی مجاز (۱۳نات) می باشد و تنها ۴/۷۳٪ از بادهای غالب بیش از ۱۳ نات را جذب می کند.

در ادامه، گلبادهای مشابهی در ساعات اصلی و فرعی سینوپ و از جهات شانزده‌گانه برای بقیّهٔ ماه‌های سال ترسیم شده است. سپس ضرایب استفاده از باندپرواز برای هر یک از ماه‌های سال به صورت جداگانه محاسبه شده است. لازم به توضیح است که چون جهت بادها در اردبیل عمدتاً از سمت شمالشرق و جنوبغرب صورت می‌گیرد، لذا محاسبات مربوط به ضریب استفاده از باندپرواز تنها در محدودهٔ این دو جهت یعنی بین (۹۰–۵۰ درجه) و (۲۳۰–۲۷۰ درجه) صورت گرفته است (شکل ۶). برای جلوگیری از اطالهٔ مطلب و همچنین تکراری بودن روش انجام کار، نتایج مربوط به ضرایب استفاده از باندپرواز در جدول شماره(۱) و خلاصهٔ نتایج حاصل از ترسیم گلبادها در جدول شماره (۲) درج شده است.

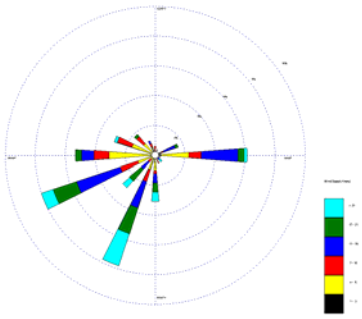
Archive of SID

www.SID.ir

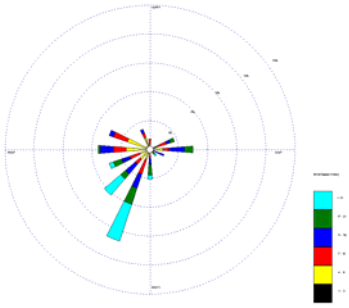
شکل ۳- گلبادهای ماه ژانویهٔ اردبیل در ساعات اصلی و فرعی سینوپ (۲۰۰۰-۱۹۸۴)



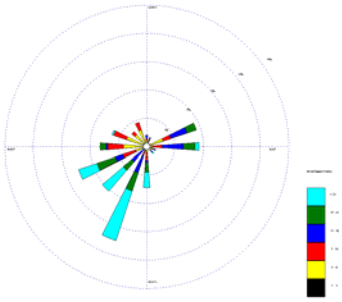
ساعت ۰۰



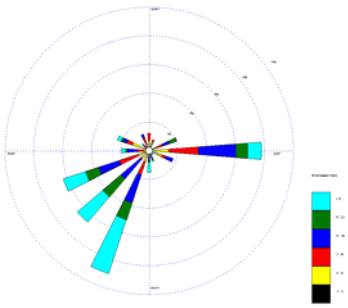
ساعت ۰۳



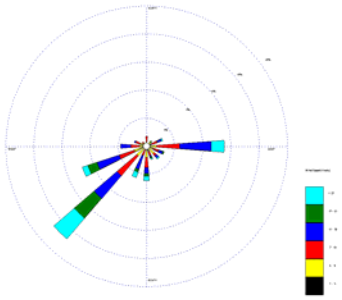
ساعت ۰۶



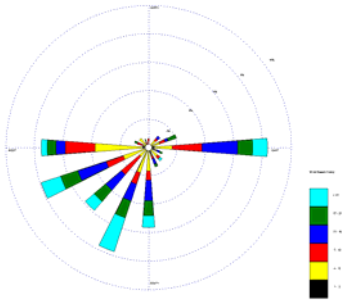
ساعت ۰۹



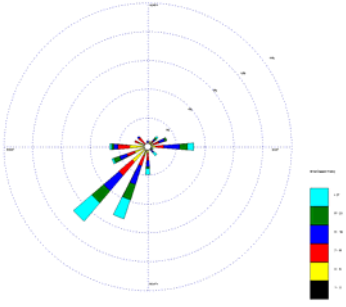
ساعت ۱۲



ساعت ۱۵

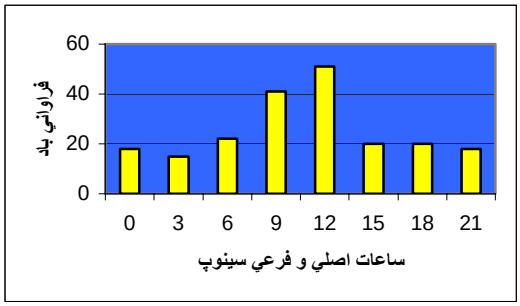


ساعت ۱۸

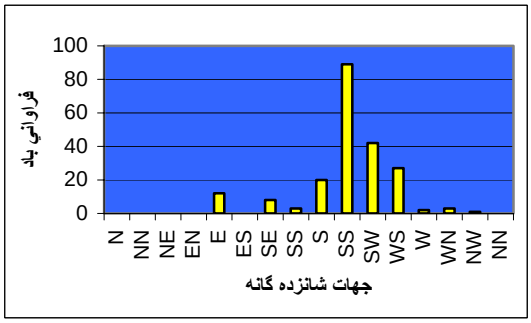


ساعت ۲۱

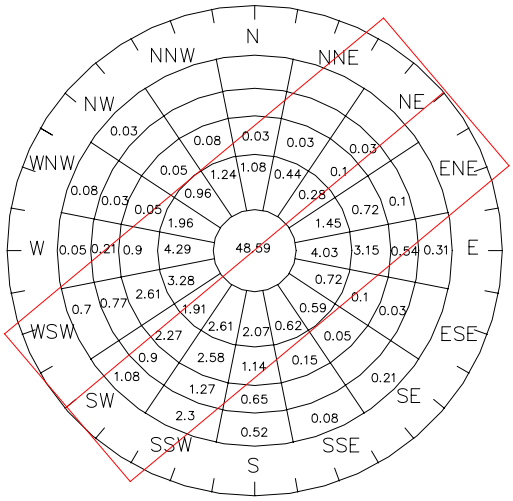
www.SID.ir



شکل۴- بادهای بیش از۲۵ نات در ماه ژانویه (۱۹۸۴-۲۰۰۰)



شکل ۵- بادهای بیش از ۲۵ نات در ماه ژانویه (۱۹۸۴-۲۰۰۰)



شکل ۶- ضریب استفاده از باند پرواز فرودگاه اردبیل در ماه ژانویه (۱۹۸۴-۲۰۰۰)

جدول ۱- ضرایب استفاده از باند پرواز در ماه‌های مختلف سال، فرودگاه اردبیل (۱۹۸۴-۲۰۰۰)

ماه ها	باند۲۳-۵	باند۲۴-۶	باند۲۵-۷	باند۲۶-۸	باند۲۷-۹	باند۳۳-۱۵
ژانویه	۹۷/۲۳	۹۶/۰۳	۹۳/۳۵	۹۱/۶	۹۳/۰۹	۸۲/۱
فوریه	۹۵/۴۹	۹۴/۳۷	۹۲/۹۹	۹۱/۱۳	۸۹/۲۱	۸۰/۰۸
مارس	۹۶/۲۳	۹۶/۳۸	۹۵/۵۷	۹۴/۹۲	۹۳/۰۵	۸۳/۷۵
آوریل	۹۴/۸	۹۴/۸۳	۹۳/۷۸	۹۲/۸۸	۹۱/۳۲	۸۰/۰۹
مه	۹۵/۵۷	۹۶/۳۲	۹۶/۱۸	۹۴/۵۳	۹۵/۱۴	۸۳/۳۶
ژوئن	۹۷/۹۱	۹۸/۵۹	۹۹/۴۲	۹۹/۳۱	۹۹/۰۷	۸۰/۱۶
ژوئیه	۹۵/۱۵	۹۸/۷۳	۹۹/۵۲	۹۹/۷۴	۹۹/۵۷	۷۳/۳
اوت	۹۷/۳۲	۹۹/۲۲	۹۹/۸۱	۹۹/۶۷	۹۹/۴۵	۷۷/۴
سپتامبر	۹۷/۳۳	۹۹/۱۲	۹۹/۳۴	۹۹/۳	۹۹/۳۴	۸۰/۹۴
اکتبر	۹۷/۲۲	۹۷/۸۹	۹۸/۶۲	۹۷/۹۸	۹۷/۹۸	۸۴/۱۴
نوامبر	۹۷/۶۵	۹۶/۹۶	۹۵/۷۲	۹۴/۲۶	۹۲/۸۹	۸۳/۹۱
دسامبر	۹۷/۲۴	۹۵/۹۴	۹۴/۱۴	۹۱/۶۱	۸۹/۳۹	۸۰/۹۳

Archive
www.SID.ir

جدول ۲- خلاصه نتایج گلبادها و نمودارهای وزش باد در ماه‌های مختلف سال اردبیل (۲۰۰۰-۱۹۸۴)

وضعیت باد / ماه ها	باد غالب	باد درجه ۲	۲۵< نات	حداکثر مطلق	باد آرام
	جهت / درصد	جهت / درصد	جهت / ساعت	جهت / سرعت	- / درصد
ژانویه	SSW / ۸/۷۵	E / ۸/۰۳	SSW / ۱۲	WSW / ۵۴ نات	- / ۴۸/۵۹
فوریه	E / ۱۲/۵۵	SSW / ۸/۳۲	SSW / ۱۲	SW / ۶۴ نات	- / ۴۲/۰۹
مارس	E / ۱۶/۶۲	SSW / ۵/۴۷	SSW / ۱۲	SW / ۵۱ نات	- / ۴۵/۷۴
آوریل	E / ۱۶/۳۹	SSW / ۵/۹۲	WSW / ۱۲	WSW / ۶۰ نات	- / ۴۰/۵۵
مه	E / ۲۱/۹۲	ENE / ۶	E / ۱۲	SSW,S / ۵۸ نات	- / ۴۵/۸۸
ژوئن	E / ۳۳/۳۸	ENE / ۸/۷۳	E / ۱۲	WNW,W / ۴۲ نات	- / ۴۴/۹۵
ژوئیه	E / ۴۰/۵۰	ENE / ۱۱/۷۹	E / ۱۲	E / ۳۹ نات	- / ۳۸/۰۳
اوت	E / ۴۱/۳۴	ENE / ۹/۶۹	E / ۱۲	E / ۳۵ نات	- / ۴۰/۴۰
سپتامبر	E / ۳۷/۰۷	ENE / ۷/۲۵	E / ۱۲	E / ۳۸ نات	- / ۴۵/۷۶
اکتبر	E / ۲۷/۷۵	ENE / ۴/۱۷	E / ۱۲	SW / ۶۴ نات	- / ۴۹/۰۴
نوامبر	E / ۱۵/۵۳	SSW / ۷/۶۶	SSW / ۹	SW / ۷۷ نات	- / ۴۹/۰۵
دسامبر	E , SSW / ۱۰/۳۱	WSW / ۷/۵۰	SSW / ۱۲	SSW / ۶۶ نات	- / ۴۶/۷۷

* : ساعات به وقت گرینویچ می باشد

- ستون چهارم ساعت فراوانی بادهای بیش از ۲۵ ثات می باشد.

نتیجه گیری

در فصل تابستان از نقطه نظر جهت وزش باد، وزش بادها کاملاً شرقی است. در فصل پائیز اگرچه باد غالب هنوز شرقی می‌باشد، ولی از مقدار بادهای شرق، شرق - شمالشرق، شمالشرق، شمال - شمالشرق به مقدار زیادی کاسته شده و

Archive of SID

www.SID.ir

بر فراوانی بادهای جنوب، جنوب – جنوبغرب، جنوبغرب، غرب – جنوبغرب و غرب افزوده می‌شود. چنین روند چرخشی در جهت وزش بادها در فصل زمستان با شدّت هر چه تمامتر ادامه می‌یابد تا این که بادهای غالب کاملاً جهت جنوب – جنوبغرب به خود می‌گیرند. در فصل بهار بادهای غالب دوباره جهت شرقی به خود می‌گیرند، ضمن آن که بادهای جنوب – جنوبغرب هنوز از فراوانی نسبتاً بالائی برخوردار می‌باشند تا این که در فصل تابستان مجدداً وزش بادهای غالب کاملاً شرقی می‌شوند. لازم به ذکر است که بادهای شرقی به شدّت وزش بادهای جنوبغربی نیست و به عبارت دیگر بادهای با سرعت حدّاکثر مطلق عمدتاً در حدّفاصل جنوب تا غرب و در فصل زمستان اتّفاق می‌افتند.

با توجّه به مراتب فوق معلوم می‌شود که بادهای غالب در طول سال به ترتیب اولویّت از سمت شرق، شرق – شمالشرق یا به عبارتی بین ۶۰ تا ۹۰ درجه واز جنوبغرب، جنوب جنوبغرب و غرب جنوبغرب یعنی بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه صورت گرفته است. بر همین اساس محاسبات مربوط به ضریب استفاده از باندپرواز نیز در این محدوده انجام گرفته است.

از بررسی‌ها و مطالعات نتیجه می‌شود، امتدادی که بتواند در طول سال از ضریب استفاده لازم براساس توصیهٔ ایکائو برخوردار گردد و بیش از ۹۵٪ بادها را در طول سال جذب نماید، به شرح زیر می باشد : امتداد ۲۳–۵ به استثناء ماه آوریل با ۹۴/۸٪، یازده ماه از سال از پوشش باد لازم بر اساس توصیهٔ سازمان ایکائو بر خوردار می‌باشد. ولی نسبت به بادهای غالب فصل تابستان (بادهای شرقی) فاصله می گیرند. امتداد ۲۴–۶ در طول سال به غیر از ماه فوریه با ۹۴/۳۷٪ و ماه آوریل با ۹۴/۸۳٪ از پوشش باد لازم بر اساس توصیهٔ سازمان ایکائو بر خوردار می‌باشد، امتداد ۲۵–۷ درجه با هشت ماه پوشش باد از اولویّت بعدی برخوردار است. لازم به ذکر است که هر سه امتداد از شرایط لازم برای ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر برخوردار می‌باشند و زمانی مشکل پدید می‌آید که بادهای غالب به سمت جنوبغرب تغییر مسیر می‌دهند؛ ضمن آن که بادهای شدید نیز اغلب از سمت جنوبغرب و در فصل زمستان می‌وزند. بنابراین امتداد های ۲۳–۵ و ۲۴–۶ برای جهت‌گیری باندپرواز مطلوب بنظر می‌رسند. امتدادهای فوق‌الذکر نسبت به باند ۳۳–۱۵، باندپرواز فعلی فرودگاه ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت راست چرخش نشان می دهند که تقریباً عمود بر باند موجود فرودگاه قرار می‌گیرند. از آنجا که آماربرداری باد از سطح زمین انجام گرفته است و سرعت و شدت بادها با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد؛ لذا به نظر می‌رسد مشکلات بوجود آمده برای نشست و برخاست هواپیماها مربوط به وزش بادهای جانبی بر محور باندپرواز فعلی بوده و با تغییر جهت باندپرواز مشکلات موجود مرتفع گردد.

منابع و مآخذ

۱– بهبهانی، ح و م، ایمانی (۱۳۷۳) ، طرح و محاسبهٔ فرودگاه، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

۲– بهنیا، ک (۱۳۶۴)، طرح فرودگاه ها، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۳– جهانبخش اصل، س، و ع، حسینی شمعچی(۱۳۸۲)،تجزیه وتحلیل دما و یخبندان در ارتباط با اقلیم فرودگاهی، فصل نامه پژوهش های جغرافیایی، دانشگاه تهران، زیر چاپ.

۴– جهانبخش اصل، س و ع، حسینی شمعچی (۱۳۸۱)، باد عامل تأثیر گذار در طرّاحی و احداث فرودگاه، مطالعهٔ موردی فرودگاه میانه، فصل نامهٔ فضای جغرافیایی، شمارهٔ ۶، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد اهر).

Archive of SID

www.SID.ir

۵- چوخاچی مقدّم، م .ب (۱۳۶۷)، مطالعهٔ باد در ده ایستگاه سینوپتیکی ایران و اثرات آن در تأسیس فرودگاه، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.

۶- حسینی شمعچی، ع (۱۳۷۹)، مطالعات اقلیمی در ارتباط با مکان یابی فرودگاه میانه آذربایجان شرقی، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

۷- حسینی شمعچی، ع (۱۳۷۹)، اقلیم و هوانوردی، فصل نامهٔ بازرسی و ایمنی نهاجا، شمارهٔ ۲۷.

۸- سازمان جغرافیایی کشور(۱۳۵۹)، نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱، اردبیل، برگ ۱، شماره ۵۶۶۶ سری ۷۵۳ k.

۹- سازمان جغرافیایی کشور(۱۳۶۰)، نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰۰ : ۱، آراللوی بزرگ، برگ ۲، شماره ۵۶۶۶، سری ۷۵۳ k.

۱۰- معاونت آموزشی و پژوهشی (۱۳۷۷)، مطالعه و بررسی اقلیم فرودگاه کرمانشاه، معاونت آموزشی و پژوهشی سازمان هواشناسی کشور، تهران.

۱۱- مهندسین مشاور زیستا (۱۳۶۷)، طرح جامع شهر و شهرستان اردبیل، وزارت مسکن و شهرسازی استان اردبیل.

12- Augusto , J , Pereira, (1999), Wind Shear and Turbulence at the Sao Paulo International Airport , Cristina V.C fogaccia infraero , Sao Paulo , Brazil

13-Bromley , E , (1977), Aeronatical meteorology , progress and challenges-today and tomorrow, Ball Am , Meteeoral . SOC , 58 , pp . 1156 - 1160

14- Horonjeff , R and Xmckelvey , (1994), Planing and Design Of Airports Mc Graw- Hill , inc

15- International Civil Aviation Organization , (1990) , Aerodromes , Anex 14 , to the Convention On International Civil Aviation , Vol 1 , Aerodrome Design and Operation , 1 st , ed , International Civil Organization , Montral Canada

16- International Civil Aviation Organization , (1983) , Meteorlogical Service for International Air Navigation , to the Convention On International Civil Aviation , Anex 3, 9 st ,ed , International Civil Organization , Montral Canada

17- International Civil Aviation Organization , (1983) , Aeronautical Charts, Anex 4,To the Convention On International Civil Aviation , 7 st ,ed , International Civil Organization , Montral Canada

18- International Civil Aviation Organization , (1984) , Aeronautical Information Services , Anex 15 ,To the Convention On International Civil Aviation ,6 st ,ed , International Civil Organization , Montral Canada

19- International Civil Aviation Organization , (1994) , Aerodrome Design Manual pt , 1, Runways 2d , ed , International Civil Aviation Organization, Montral , canada

20 - Mahapatra , P, (1999) , Aviation Weather Surviellance Systems , American Institute Of Aeronautics and Astornatics

21-Santos , A.P , et al , (1996) , Wind Shear events at the SPIA between 1989-1995 , proceedings BMS , 390-398

22- Thompson , R.D , and Perry , (1997) , Applied Climatology Principles and Practices

23- World Meteorological Organization , (1992) , Technical Regulation NO-49, : Aeronatical Climatology (C,3,2) , World Meteorological Organization

Archive of SID

www.SID.ir