

پژوهش های جغرافیایی - شماره ۵۷، پاییز ۱۳۸۵

صص ۱۱۳-۱۲۶

ارزیابی امتداد باند پرواز فرودگاه اردبیل با تجزیه و تحلیل عنصر باد

سعید جهانبخش اصل - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

بهروز ساری صراف - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

عباس حسینی* - دانشجوی دوره دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

دریافت مقاله: ۸۳/۱۰/۵

تأیید نهایی: ۸۴/۳/۳۰

چکیده

در طراحی و احداث فرودگاه‌ها به ویژه در جهت‌گیری باند پرواز، عامل باد اهمیت بسزایی دارد. امتداد یا امتدادهای نشست و برخاست در جهت بادهای غالب احداث می‌شوند؛ به طوری که در آن جهت سرعت بادهای جانبی بر محور باند پرواز از ۱۳ تا ۱۵ مایل بر ساعت تجاوز ننموده و ۹۵٪ از بادهای آن با احتساب بادهای آرام جذب نماید. در این پژوهش با استفاده از آمار هفده ساله ایستگاه سینوپتیک اردبیل (۱۹۸۴-۲۰۰۰) 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 مختص 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 شانزده گانه با منظور نمودن ۱۳ تا ۱۵ مایل بر محور باند پرواز 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 طراحی شده است. از بررسی‌ها و مطالعات انجام یافته نتیجه می‌شود که باند ۲۳-۵ و ۲۴-۶ بیش از ۹۵٪ بادهای جانبی مجاز (۱۳ تا ۱۵ مایل بر ساعت) در طول سال جذب می‌نمایند. امتدادهای فوق‌الذکر نسبت به باند ۳۳-۱۵، باند پرواز موجود فرودگاه اردبیل ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت راست چرخش نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: اقلیم‌شناسی، باد، باند پرواز، فرودگاه اردبیل.

مقدمه

آب و هوا تأثیر مستقیم در بنیان عوامل سازنده 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

مطالعات و تجربیات 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 جوئی و یا به حداقل رساندن آنها بعمل آورد.

اقلیم‌شناسی از جمله علمی است که جهت هر نوع مطالعه و بررسی و برای تحقق اهداف خاص 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 شاخه نسبتاً جوان نه تنها با شناسایی ویژگی‌های مخاطره آمیز اقلیم محلی (مانند یخ زدگی سطح جاده‌ها، فراوانی بادهای جانبی و ...) به نصب علائمی جهت جلوگیری از بروز حوادث می‌پردازند، بلکه تأثیر نوسانات و تغییر ویژگی‌های آتمسفری اخلاص کننده ترافیک را پس از شناسایی از طریق روش‌های اقلیم‌شناسی در حد امکانات موجود با کاربرد شیوه‌های مناسب خنثی می‌کنند (علیجانی ۱۳۸۱).

بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط رادیک در سال ۱۹۸۶ میلادی بیش از یازده سانحه مرگبار بین سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۶۲ میلادی در ارتباط با عوامل جوئی رخ داده است (رادیک ۱۹۸۶).

همچنین بر اساس اعلام سازمان هوانوردی غیرنظامی انگلستان سی مورد از مجموع ۲۰۶ مورد سانحه هواپیماها در سال ۱۹۷۷ میلادی در رابطه با عوامل جوئی اتفاق افتاده و در ۲۷ مورد که اشتباه خلبان عامل سانحه بوده، علت آن نیز شرایط نامساعد جوئی و باد شدید گزارش شده است (ماهاپاترا^۲ ۱۹۹۹).

نظر به اینکه وزش بادهای جانبی شدید و مداوم بر محور باند پرواز 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 ارائه نمونه‌ای از کاربردهای عملی دانش اقلیم‌شناسی در صنعت حمل و نقل، به ویژه در احداث فرودگاه‌ها، نظر متخصصین و برنامه‌ریزان به اهمیت موضوع و نتایج حاصل از این مطالعات در برنامه‌ریزی‌ها جلب شود.

پیشینه تحقیق

سازمان هواپیمایی بین‌المللی (ICAO) منابعی تحت عنوان انکس چهارده^۳ در مورد طراحی فرودگاه‌ها و انکس سه در مورد هواشناسی هوانوردی و انکس پانزده در مورد اطلاعات هوانوردی و انکس چهار در مورد چارت‌های هوانوردی منتشر نموده که از منابع با ارزش در طرح و توسعه فرودگاه‌ها بشمار می‌روند. در این منابع مطالبی در مورد اطلاعات آماری مربوط به محاسبات اقلیم فرودگاهی، عوامل مؤثر در مکان‌یابی فرودگاه، جهت‌گیری و تعداد امتدادهای

^۱ - Radich

^۲ - Mahapatra

^۳ - Anex 14

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

توسط هورنجنف^۱ و مک کلوی^۲ (۱۹۹۴)، ترسیم گلبادهای قطبی شانزده جهتی و محاسبات مربوط به ضریب استفاده فرودگاه‌ها با در نظر گرفتن بادهای مجاز جانبی بر محور باندپرواز و محاسبات مربوط به دمای مرجع فرودگاه، ارتفاع فرودگاه از سطح دریا و کنترل مجموع درجه حرارت و ارتفاع و برآورد نسبی طول باندپرواز مورد بحث قرار گرفته است. تورنس (۱۹۹۷) اقلیم هوانوردی و خطرات ناشی از اوضاع نامساعد جوئی و محدودیت‌های اقلیمی از قبیل بادهای شدید، یخبندان، قابلیت 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 قابلیت دید ضعیف و عوامل بوجود آورنده و خطرات ناشی از آنها را مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

پرییرا (۱۹۹۹) تحقیقی توسط این محقق 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 مطالعه‌ای 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 رشته تحریر در آمده که ضمن معرفی دستگاه سودار، نمونه‌هایی از داده‌های دستگاه مربوط به لایه مرزی در محل موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران ارائه شده است. سودارها طبق نظریه پراکندگی یک موج صوتی گسیل شده به جو 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 حد شوائی که به وسیله بلندگوهای قوی تولید می‌شوند، موجب می‌شوند تا دریافت موج بازگشتی به وسیله یک بشقاب متصل به یک میکروفون حساس کانونی صورت گیرد. همان طور که اشاره شد، دستگاه سودار (مدل PA 1) موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران نصب شده و مورد بهره‌برداری قرار دارد.

بهیسانی و ایمانی (۱۳۷۳) به بررسی مطالبی در ارتباط با طراحی و برنامه‌ریزی فرودگاه، موانع فرودگاه، طراحی باندپرواز و رابطه و تأثیرپذیری آنها از عناصر و عوامل اقلیمی و توپوگرافیکی پرداخته‌اند.

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

چوخاچی مقدم (۱۳۶۷) در مطالعه باد در ده ایستگاه سینوپتیکی ایران و اثرات آن در تأسیس فرودگاه به تحقیق در مورد تأثیر باد در نشست و برخاست هواپیماها به ویژه در ایستگاه اهواز و تربت حیدریه پرداخته شده است.

¹ - Horonjeff

² - Xmcrelvey

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

روش کار

در طراحی و احداث فرودگاه‌ها با در نظر گرفتن بادهای غالب منطقه، یک یا چند امتداد مشخص برای نشست و برخاست هواپیماها در نظر گرفته می‌شود. امتداد یا امتدادهای انتخاب شده در یک فرودگاه زمانی مطلوب خواهد بود که ضریب استفاده آن فرودگاه همواره از حداقل قابل قبول رده 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 خاص جوئی (باد شدید) غیر قابل استفاده بودن فرودگاه را در آن مقطع زمانی پذیرفت و برای نشست و برخاست هواپیماها از فرودگاه کمکی^۱ استفاده کرد. ضریب استفاده حداقل طبق رده‌بندی فرانسوی برای فرودگاه‌ها بدین شرح می‌باشد:

برای فرودگاه های رده A (۹۵٪)، رده B (۹۰٪)، رده C (۸۰٪)، رده D (۷۰٪). در رده‌بندی ایکائو ضریب استفاده برای کلیه رده ها برابر با ۹۵٪ می‌باشد (بهینیا۱۳۶۴).

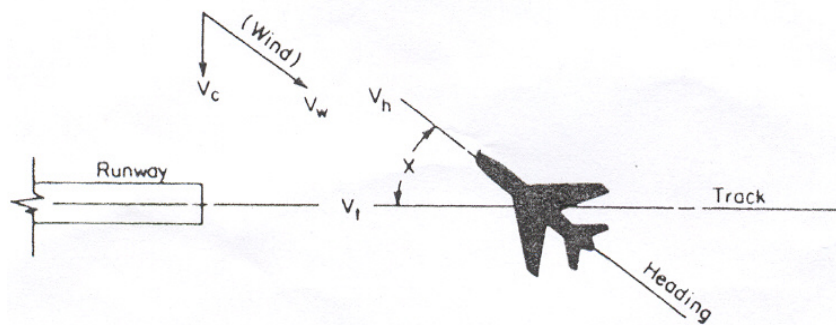
برای محاسبه ضریب استفاده یک امتداد نشست و برخاست، اطلاعات آماری باد از قبیل فراوانی، جهت و سرعت به صورت نمودار (گلباد) نشان داده می‌شود. پس از ترسیم گلبادها و بررسی و تجزیه و تحلیل آنها، بادهای غالب منطقه تعیین می‌شود و از محاسبه باد غالب منطقه و هوای آرام میزان بهره‌برداری از آن جهت برای امتداد نشست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

بنابراین اگر بیشترین وزش باد از یک جهت خاص صورت گیرد، ترافیک هوایی از ظرفیت یک باند تجاوز نمی‌کند و لذا تنها از یک باند استفاده می‌شود. اما اگر وزش باد از جهات مختلف باشد، برای دستیابی به حداقل قابل قبول رده‌بندی فرانسوی یا ایکائو ضرورت دارد تا از دو یا چند باند (موازی، متقاطع یا غیر متقاطع) استفاده گردد (هورنجف و مک کلوی ۱۹۹۴).

برای تعیین ضریب استفاده از یک یا چند امتداد نشست و برخاست باید به وضعیت بادهای جانبی نیز توجه شود. باد جانبی مؤلفه عمود بر محور باند پرواز است. بدین معنی که جهت هواپیما نسبت به خط مرکزی باند پرواز به هنگام نزدیک شدن به باند فرودگاه به قدرت وزش باد جانبی بر محور باند پرواز بستگی دارد. مسیر حرکت هواپیما جهت تقریب به باند پرواز در امتداد خط مرکزی باند به عنوان مسیر پرواز بیان می‌شود و هواپیما برای فرود بی خطر و ایمن باید در آن امتداد پرواز نماید. رابطه بین مسیر پرواز، جهت هواپیما و باد جانبی در شکل شماره (۱) نشان داده شده است (همان ۱۹۹۴).

^۱ - Alternate

شکل ۱- زاویه تیجاد شده بین مسیر پرواز و جهت هواپیما تحت تأثیر باد جانبی
(هورنجف ومک کلوی ۱۹۹۴)



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 زاویه X از مسیر پرواز انجام دهد. اندازه زاویه X از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sin x = V_c / V_h \dots \dots \dots (1)$$

در رابطه 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. زاویه X به عنوان زاویه حرکت عرضی هواپیما بیان می‌شود. لازم به توضیح است که اندازه زاویه 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 باند پرواز نزدیک می‌شود، زاویه X بزرگتر خواهد بود. مفهوم V_t عبارت است از سرعت هوائی واقعی در امتداد مسیر پرواز که با \cos V_h برابر خواهد بود ($V_t = V_h \cdot \cos x$). سرعت زمینی در امتداد مسیر پرواز برابر است با V_t منهای بادی که بر محور مسیر پرواز هواپیما می‌وزد (همان ۱۹۹۴).

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

از سیستم بین‌المللی پیروی می‌کنند و در سیستم بین‌المللی ساعات به وقت گرینویچ و سرعت باد بر حسب 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 پاراتر آورده شده است. بر اساس این آمارها گلبادهای شانزده جهتی با استفاده از نرم افزار WRPLOT تحت ویندوز برای شناخت بادهای غالب و درجه دوّم منطقه از جهات شانزده گانه 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 خاص فرودگاه اردبیل از نقطه نظر وزش بادهای متقاطع، از جهات مختلف برای جهت‌گیری باندپرواز مبادرت به ترسیم گلبادهای قطبی شانزده جهتی مختص 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 شانزده گانه 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.

موقعیت جغرافیایی استان اردبیل

استان اردبیل در شمال‌غربی فلات ایران با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع که تقریباً ۱٪ از کل مساحت کشور را در بر می‌گیرد در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف النهار 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 قلّه آتشفشانی سبلان در غرب و بزغوش در جنوب و جنوب‌شرق قرار گرفته و یک واحد مستقل 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. بقیه مساحت این دشت را تا ارتفاعات مذکور، تپه ماهورها و ارتفاعات حدّ فاصل تشکیل می‌دهد. شهر اردبیل با ارتفاع متوسط ۱۳۴۰ متر در این دشت استقرار یافته است (شکل ۲).

وضعیت ناهمواری‌های

ناهمواری‌های استان اردبیل که حدود $\frac{2}{3}$ نواحی کوهستانی آذربایجان را شامل می‌شود (مهندسین مشاور زیستا ۱۳۶۷) از نقطه نظر تأثیرگذاری بر وزش بادهای محلی فوق‌العاده حائز اهمیت 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

ترسیم گلباد

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

برای محاسبه ضریب استفاده از باند پرواز فرودگاه در ماههای مختلف، گلبادهای قطبی شانزده جهتی مختص محاسبات ضریب استفاده از باند پرواز با استفاده از نرم افزار اتوکد ترسیم شده است. این گلباد از یک سری دواير متحدالمرکز تشکیل شده و به وسیله خطوطی جهات مختلف جغرافیایی را به صورت شانزده گانه نشان می دهند. در این گلباد دایره مرکزی گلباد درصد بادهای آرام کمتر از ۴ نات در ساعت را نشان می دهد. دایره دوم از مرکز گلباد حداکثر باد مجاز جانبی عمود بر محور باند پرواز را نشان می دهد که بر اساس توصیه سازمان ایکائو (که ایران نیز در زمینه تهیه و تبادل اطلاعات جوئی به منظور سلامت پرواز و تسهیلات هواپیمایی خود به این سازمان وابسته است) ۱۳ نات منظور شده است. دایره سوم به بادهای با حداکثر سرعت ۲۰ نات، دایره چهارم به بادهای با حداکثر سرعت ۲۵ نات و دایره پنجم به بادهای با سرعت بیش از ۲۵ نات اختصاص یافته است. برای محاسبه ضریب استفاده، یک نوار شفاف متشکل از سه خط موازی تهیه شده که خط میانی بیانگر خط مرکزی باند پرواز و دو خط کناری مقدار باد جانبی مجاز (۱۳ نات) را نشان می دهد. محاسبه ضریب استفاده از باند پرواز با استفاده از گلباد و چرخاندن نوار شفاف حول محور مرکز گلباد صورت گرفته است. بدین ترتیب که مقدار درصد خانه های واقع بین خطوط بیرونی نوار شفاف 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 کل سطح محاسبه شده است. این عمل تا زمانی که پوشش باد بر اساس درصدهای فراوانی باد به حداکثر ممکن برسد، ادامه یافته است. گلبادها، نمودارها و گلبادهای مختص محاسبات ضرایب استفاده از باند پرواز و نتایج حاصل از محاسبات انجام گرفته برای ماههای مختلف سال به شرح زیر می باشد:

شکل شماره (۳) گلبادهای ترسیمی از جهات شانزده گانه را در ساعات اصلی و فرعی سینوپتیک در ماه ژانویه نشان می دهد. بر اساس گلبادهای ترسیمی، وزش باد غالب با ۸/۷۵٪ فراوانی از سمت جنوب - جنوبغرب و باد درجه دوم با ۸/۰۳٪ فراوانی از سمت شرق صورت گرفته و ۴۸/۵۹٪ به بادهای آرام اختصاص یافته است. حداکثر سرعت وزش باد در این ماه در طول دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۰۰-۱۹۸۴) ۵۴ نات در بیست و چهارم ژانویه ۱۹۸۷ میلادی، ساعت ۱۲ از سمت غرب - جنوبغرب (۲۴۰ درجه) و دو مورد در نهم 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 باند پرواز حداکثر پوشش باد در جهت ۲۳۰-۵۰ درجه به شرح زیر می باشد:

$$۴۸/۵۹ + ۲۷/۵۲ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۱ + ۰/۱ + ۰/۰۷۲ + ۳/۱۵ + ۰/۱۳ + ۰/۰۵ + ۰/۰۳ + ۰/۰۹۵ + ۱/۷۲ + ۱/۲۷ + ۲/۵۸ + ۲/۲۷ + ۰/۹ + ۱/۰۸ + ۲/۶۱ + ۰/۷۷ + ۰/۷ + ۰/۹ + ۰/۷ + ۰/۰۱ + ۰/۰۲ = ۹۷/۲۳$$

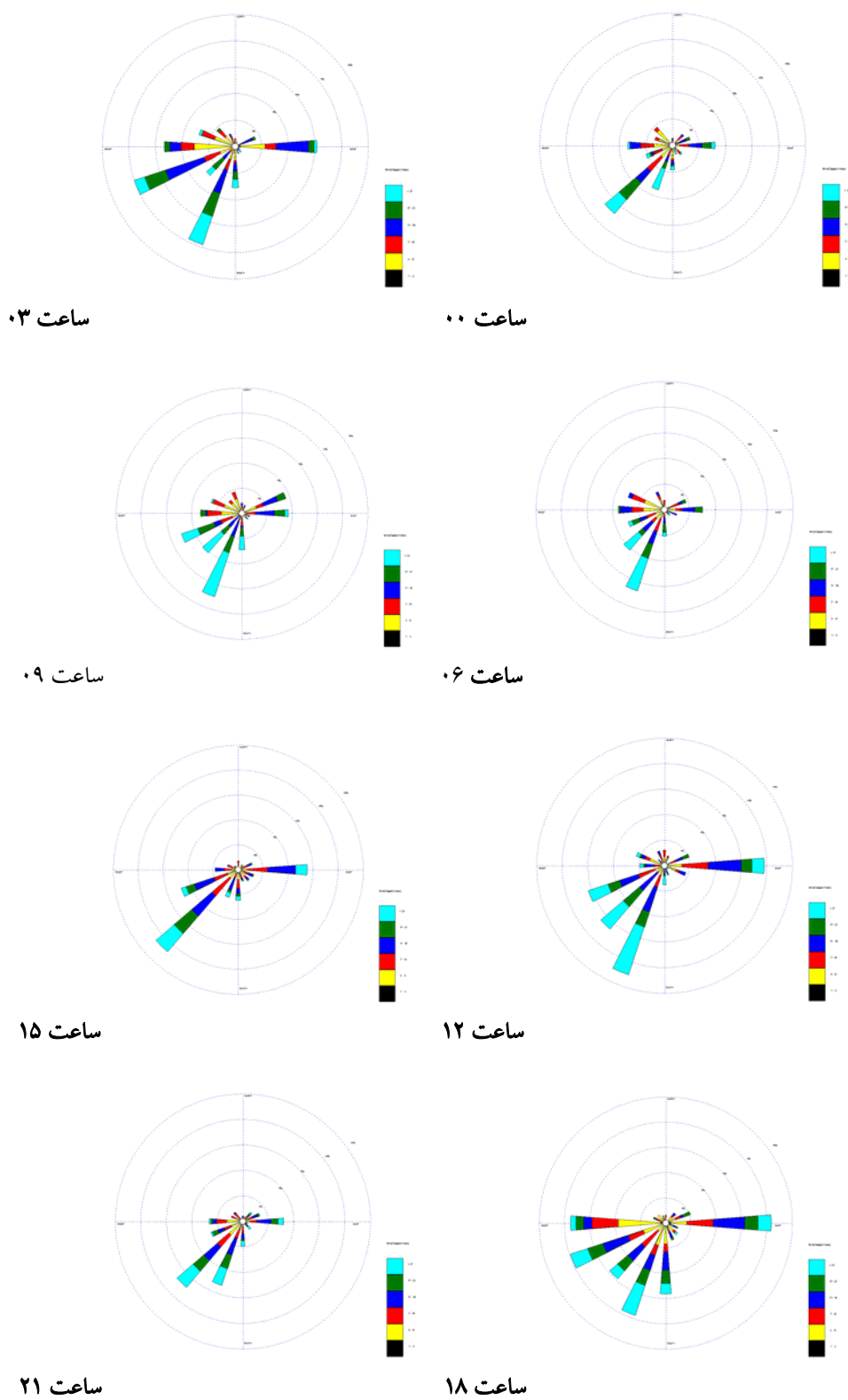
بنابراین باند ۲۳-۵ با ۹۷/۲۳٪ دارای حداکثر پوشش باد برای ماه ژانویه می‌باشد. ضمن آن که باند ۲۴-۶ نیز با ۹۶/۰۳٪ پوشش باد بر اساس استاندارد ایکائو از شرایط قابل قبولی برخوردار است. در این ماه حداکثر فراوانی وزش بادهای بیش از ۲۵ نات در ساعت ۱۲ (شکل شماره ۴) و از سمت جنوب جنوب غرب (SSW) و جنوب غرب (SW) (شکل شماره ۵) صورت گرفته است. در این ماه محاسبات مربوط به پوشش باد برای باند ۳۳-۱۵، باند پرواز فعلی فرودگاه اردبیل ۸۲/۱٪ به شرح زیر می‌باشد:

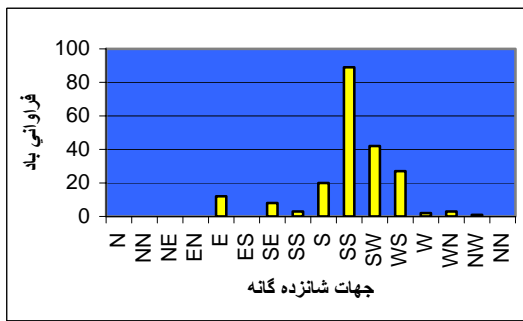
$$۴۸/۵۹ + ۲۷/۵۲ + ۰/۰۳ + ۰/۰۳ + ۰/۰۲ + ۰/۰۴ + ۰/۰۵ + ۰/۰۸ + ۰/۰۳ + ۰/۰۲ + ۱/۷۲ + ۱/۱۴ + ۰/۱۵ + ۰/۰۵ + ۰/۱ + ۱/۲۶ + ۰/۰۲ + ۰/۶۵ + ۰/۳۱ + ۰/۰۸ + ۰/۲۱ = ۸۲/۱٪$$

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

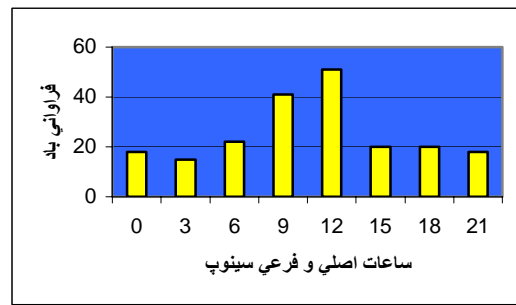
در ادامه، گلبادهای مشابهی در ساعات اصلی و فرعی سینوپ و از جهات شانزده گانه برای بقیه ماه‌های سال ترسیم شده است. سپس ضرایب استفاده از باند پرواز برای هر یک از ماه‌های سال به صورت جداگانه محاسبه شده است. لازم به توضیح است که چون جهت بادهای در اردبیل عمدتاً از سمت شمال شرق و جنوب غرب صورت می‌گیرد، لذا محاسبات مربوط به ضریب استفاده از باند پرواز تنها در محدوده این دو جهت یعنی بین (۹۰-۵۰ درجه) و (۲۳۰-۲۷۰ درجه) صورت گرفته است (شکل ۶). برای جلوگیری از اطاله مطلب و همچنین تکراری بودن روش انجام کار، نتایج مربوط به ضرایب استفاده از باند پرواز در جدول شماره (۱) و خلاصه نتایج حاصل از ترسیم گلبادهای در جدول شماره (۲) درج شده است.

شکل ۳- گلبادهای ماه ژانویه اردیبهیل در ساعات اصلی و فرعی سینوپ (۱۹۸۴-۲۰۰۰)

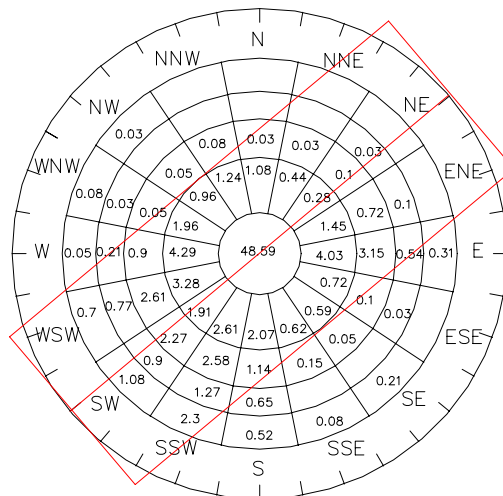




شکل ۵- بادهای بیش از ۲۵ نات در ماه ژانویه (۱۹۸۴-۲۰۰۰)



شکل ۴- 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	باند ۲۳-۵	باند ۲۴-۶	باند ۲۵-۷	باند ۲۶-۸	باند ۲۷-۹	باند ۲۸-۱۰
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

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

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

* : ساعات به وقت گرینویچ می باشد

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

نتیجه گیری

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

بر فراوانی بادهای جنوب، جنوب - جنوبغرب، جنوبغرب، غرب - جنوبغرب و غرب افزوده می‌شود. چنین روند چرخشی در جهت وزش بادهای فصل زمستان با شدت 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 بالایی برخوردار می‌باشند تا این که در فصل تابستان مجدداً وزش بادهای غالب کاملاً شرقی می‌شوند. لازم به ذکر است که بادهای شرقی به شدت وزش بادهای جنوبغربی نیست و به عبارت دیگر بادهای با سرعت حداکثر مطلق عمدتاً در حدفاصل جنوب تا غرب و در فصل زمستان اتفاق می‌افتند.

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

از بررسی‌ها و مطالعات نتیجه می‌شود، امتدادی که بتواند در طول سال از ضریب استفاده لازم براساس توصیه‌ی ایکائو برخوردار گردد و بیش از ۹۵٪ بادهای را در طول سال جذب نماید، به شرح زیر می‌باشد: امتداد ۲۳-۵ به استثناء ماه آوریل با ۹۴/۸٪، یازده ماه از سال از پوشش باد لازم بر اساس توصیه‌ی سازمان ایکائو برخوردار می‌باشد. ولی نسبت به بادهای غالب فصل تابستان (بادهای شرقی) فاصله می‌گیرند. 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 توصیه‌ی سازمان ایکائو برخوردار می‌باشد، امتداد ۲۵-۷ درجه با هشت ماه پوشش باد از اولویت 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 باند پرواز مطلوب بنظر می‌رسند. امتدادهای فوق‌الذکر نسبت به باند ۳۳-۱۵، باند پرواز فعلی فرودگاه ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت راست چرخش نشان می‌دهند که تقریباً عمود بر باند موجود فرودگاه قرار می‌گیرند. از آنجا که آماربرداری باد از سطح زمین انجام گرفته است و سرعت و شدت بادهای با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد؛ لذا به نظر می‌رسد مشکلات بوجود آمده برای نشست و برخاست هواپیماها مربوط به وزش بادهای جانبی بر محور باند پرواز فعلی بوده و با تغییر جهت باند پرواز مشکلات موجود مرتفع گردد.

منابع و مآخذ

- ۱- بهبهانی، ح و م، ایمانی (۱۳۷۳)، طرح و محاسبه فرودگاه، دانشگاه علم و صنعت، تهران.
- ۲- بهنیا، ک (۱۳۶۴)، طرح فرودگاه‌ها، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- ۳- جهانبخش اصل، س، و ع، حسینی شمعی (۱۳۸۲)، تجزیه و تحلیل دما و یخبندان در ارتباط با اقلیم فرودگاهی، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، دانشگاه تهران، زیر چاپ.
- ۴- جهانبخش اصل، س و ع، حسینی شمعی (۱۳۸۱)، باد عامل تأثیرگذار در طراحی و احداث فرودگاه، مطالعه موردی فرودگاه میانه، فصل‌نامه فضای جغرافیایی، شماره ۶، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد اهر).

- ۵- چوخاچی مقدم، م. ب. (۱۳۶۷)، مطالعه باد در ده ایستگاه سینوپتیکی ایران و اثرات آن در تأسیس فرودگاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- حسینی شمعی، ع (۱۳۷۹)، مطالعات اقلیمی در ارتباط با مکان یابی فرودگاه میانه آذربایجان شرقی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- ۷- حسینی شمعی، ع (۱۳۷۹)، اقلیم و هوانوردی، فصل نامه بازرسی و ایمنی نهجا، شماره ۲۷.
- ۸- سازمان جغرافیایی کشور (۱۳۵۹)، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، اردبیل، برگ ۱، شماره ۵۶۶۶ سری ۷۵۳. k
- ۹- سازمان جغرافیایی کشور (۱۳۶۰)، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، آرالوی 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) , Meteorological 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