تجزیه و تحلیل دما و یخبندان در ارتباط با اقلیم فرودگاهی

دکتر سعید جهانبخش اصل- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
دکتر حمید زاهدی- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
عبّاس حسینی- دانشجوی دورهٔ دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز
پذیرش مقاله: ۸۱/۱۰/۳۰

چکیده

گسترش روز افزون صنعت هواپیمائی، ضرورت احداث فرودگاه‌های مناسب را امری اجتناب ناپذیر می‌سازد. در این رابطه مکان‌یابی و طرّاحی قسمت های مختلف فرودگاه نیازمند مطالعه و شناخت جامع عناصر و عوامل آب و هوائی مرتبط با فنّ هوانوردی است. دما یکی از عوامل مؤثّر در مطالعات اقلیمی بوده و نقش تعیین کننده ای در شناخت شرایط محیطی دارد. پدیدهٔ یخبندان که نتیجهٔ کاهش دما در محیط می باشد، در امر هوانوردی دارای اهمّیّت زیادی است؛ زیرا وقوع یخبندان چه در سطح باند و چه بر روی بدنه و کنترل فرامین هواپیما بالاخص به هنگام نشست و برخاست آن عامل بسیار خطرناکی برای ایمنی هواپیما محسوب می شود. با توجّه به این که انتظار می‌رود در سال های آتی به دلیل نیازهای عمومی منطقه، فرودگاه مشترک و چند منظوره ای در مجاورت شهر میانه واقع در استان آذربایجان شرقی احداث شود؛ لذا در این پژوهش عنصر دما و به تبع آن پدیدهٔ یخبندان به عنوان یکی از عوامل آب و هوایی مؤثّر در مطالعات اقلیم فرودگاهی مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته است.

برای انجام این مطالعه از آمار و اطّلاعات یازده سالهٔ(۱۹۹۷-۱۹۸۷) دما و تعداد روزهای یخبندان ایستگاه سینوپتیک میانه استفاده شده است. تجزیه و تحلیل های دمایی منطقه و بررسی میانگین، حدّاکثر و حدّاقل مطلق دما نشان می دهد که منطقهٔ مورد مطالعه در طیّ سال های متوالی دارای تابستان های گرم تا بسیار گرم و زمستان های سرد تا بسیار سرد بوده و دامنهٔ تغییرات نهائی دما با ٦٧/٤ درجهٔ سانتی گراد بسیار چشمگیر است. تطبیق دورهٔ برگشت دما با روش توزیع نرمال نشان می دهد که طیّ چهل سال آینده احتمال دارد میانگین حدّاکثر دما به ٤٢/٤٦ درجهٔ سانتی گراد نیز برسد. بررسی آمار و ارقام مربوط به تعداد روزهای یخبندان نشان می دهد که با در نظر گرفتن انحراف معیار به مدّت سیزده روز با اطمینان ۹۵ ٪ تاریخ تقریبی شروع یخبندان در منطقه در ماه اکتبر بوده و در ماه ژانویه به حدّاکثر خود (۲۸ روز) می‌رسد. در ادامهٔ این بررسی با استفاده از دماهای میانگین متوّسط روزانه و میانگین حدّاکثر روزانه، درجه حرارت مرجع فرودگاه تعیین گردیده و تصحیحات مربوط به طول پایهٔ باند پرواز برای هر رده فرودگاه انجام شده است. در نهایت راهکارها و پیشنهاداتی نیز در این زمینه ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: اقلیم کاربردی، دما، یخبندان، اقلیم فرودگاهی، میانه

Archive of SID

www.SID.ir

مقدّمه

برای هر کشور یا منطقه ای از جهان، یک سیستم حمل و نقل کارآمد، ایمن و کم هزینه هدفی حیاتی بشمار می آید. از اینرو سیستم حمل و نقل دارای نقش اساسی و تعیین کننده در فعّالیّت های اقتصادی هر کشور می باشد. بدیهی است که انواع سیستم های حمل و نقل (هوائی، آبی، راه آهن و جاده‌ای) با هوا و اقلیم هر ناحیه رابطهٔ تنگاتنگی دارد. امروزه در اجرای اهداف اقتصادی و صنعتی، یافته های اقلیمی کاربرد عملی خود رابه اثبات رسانده و یکی از این زمینه ها کاربرد اقلیم شناسی در رابطه با ترافیک است. شاید سیستم ترابری هوائی بیش از سایر سیستم های حمل و نقل با شرایط آب و هوائی ارتباط داشته باشد که قسمت مهمّی از خدمات پرهزینهٔ ادارات و ایستگاه های هوا شناسی بر پایهٔ اطمینان و ایمنی این شاخه از ترافیک متمرکز شده است. مطالعات اقلیمی در ارتباط با برنامه ریزی برای یک فرودگاه نسبت به سایر مدل های حمل و نقل نیاز به مطالعات گسترده‌تری دارد؛ زیرا هوانوردی یک صنعت حسّاس و پرتحّرک بوده و پیش بینی اطّلاعات مورد نیاز برای آیندهٔ آن امر دشواری است. حمل و نقل هوائی بر خلاف سایر موارد حمل و نقل در مرحلهٔ تکوین بوده و هنوز به یک مرحلهٔ ثابت طرّاحی نرسیده است (بهبهانی و ایمانی ۱۳۷۳). بنابراین برای پی بردن به واقعیّت مسائل مطرح در زمینهٔ اقلیم فرودگاهی، جمع آوری داده ها و اطّلاعات و تجزیه و تحلیل آنها اهمّیّت بنیادی دارد.

با توجّه به تغییرات موجود در شرایط اقلیمی که از سا لی به سال دیگر رخ می دهد و ماهیّت غیر قابل پیش‌بینی این تغییرات، اعمال مدیریّت مؤثّر در مورد تأثیرات آتمسفر بر سیستم حمل و نقل (مدیریّت آتمسفر) نیاز به تفاهم بیشتر بین برنامه ریزان حمل ونقل و اقلیم شنا سان دارد (بروملی ۱۹۷۷، صص ۱۱۶۰- ۱۱۵۶). در میان سایر فاکتورهای اقلیمی، عنصر دما نقش مؤثّر و تعیین کننده ای در ویژگی های آب و هوایی هر منطقه داشته و به لحاظ ارتباطی که با سایر پارامترهای اقلیمی پیدا می کند، در اکثر مطالعات آب و هواشناسی مدّنظر محقّقین قرار می‌گیرد. در مطالعات مربوط به اقلیم فرودگاهی، تعیین دما های آستانه دارای اهمّیّت زیادی است. دماهای آستانه در ارتباط با هواپیماها، فرودگاه‌ها و باندهای پرواز را به شرح زیر می توان خلاصه کرد:

۱ـ در دمای پائین تر از حدود ۵۱/۵ – درجهٔ سانتی گراد فقط هواپیمای کنکورد امکان پرواز دارد.

۲- در دمای پائین تر از حدود ۳۰ – درجهٔ سانتی گراد، یخ زدائی شیمیایی قادر به جلوگیری از یخ زدن هواپیما به هنگام بلند شدن نمی باشد.

۳- در دمای حدود زیر صفر درجهٔ سانتی گراد جهت جلوگیری از یخ زدن سطوح هواپیما که مانع بلند شدن می‌شود یخ زدائی شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد.

- در دمای بالاتر از ۲۵ درجهٔ سانتی گراد در صورتی که تراکم هوا نیز کم باشد راندمان هواپیما برای بلند شدن کاهش می یابد.

۵- اگر دمای سطح باند به کمتر از صفر درجهٔ سانتی گراد برسد و هوای اطراف باند مرطوب باشد، امکان یخبندان در سطح باند وجود خواهد داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

۶- اگردمای سطح باند به بیش از ۴۵ درجهٔ سانتی گراد برسد، امکان ذوب اسفالت سطح باند دور از انتظار نخواهد بود (تامپسون و پری ۱۹۹۷، صص ۲۰۳ - ۲۰۱).

از طرفی پدیدهٔ یخبندان که نتیجهٔ کاهش دما در محیط می باشد، در امر هوانوردی حائز اهمّیّت زیادی است؛ زیرا وجود یخبندان چه در سطح باندها و چه بر روی سطوح هواپیما بالاخص به هنگام نشست و برخاست آن، عامل بسیار خطرناکی محسوب می شود. امکان بروز این شرایط به ویژه در ماه‌های بسیار سرد سال که درجهٔ حرارت پیوسته در پایین تر از صفر درجهٔ سانتی گراد قراردارد، بیشتر است. به طور کلّی اثرات یخبندان را در امر هوانوردی و به ویژه در فرودگاه ها می توان به شرح زیر خلاصه کرد:

۱- لغزندگی سطح باندها و امکان خارج شدن هواپیما از باند به ویژه به هنگام فرود؛

۲- تغییر شکل آئرودینامیکی و کاهش راندمان حرکتی هواپیما ؛

۳- افت قدرت موتور هواپیما ؛

۴- اختلال در خواصّ کنترل فرامین و وسائلی که جهت فرود هواپیما مورد استفاده قرار می‌گیرد (نظیر چرخ‌ها، ترمز و ...)؛

۵- کاهش دید (کاهش دید به محیط خارج هواپیما) ؛

۶- از دست دادن دستگاه های ارتبا طی؛

۷- اختلال و بی نظمی در آلات دقیق و وسا ئل کنترل هواپیما و نداشتن دقّت لازم.

نمونه های سوانح هوایی ناشی از یخبندان فراوان است که از جملهٔ آنها می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱- در ماه نوامبر سال ۱۹۸۷ میلادی یک هواپیمایDC-9 خطوط هوایی کنتینا نتال بلافاصله بعد از بلند شدن از باند فرودگاه سقوط کرده و متلاشی می شود . علّت اصلی این سانحه قصور خلبان در درخواست انجام یخ زدائی قبل از پرواز به علّت امکان تأخیر در بلند شدن در شرایط یخبندان فرودگاه تشخیص داده شده است (اینانلو ۱۳۷۷، ص ۱۰) .

۲- در ماه نوامبر سال ۱۹۸۹ یک فروند فوکر اف –۲۸ خطوط هوائی کره به علّت شکستن قطعات یخ از سطوح فوقانی بال ها و ورود آنها به داخل موتورها به هنگام بلند شدن دچار سانحه گردید. این هواپیما قبل از بلند شدن با وجود نیاز به یخ زدائی، یخ زدائی نشده بود .(همان، ص ۱۰)

مواد و روش ها

در این تحقیق به منظور مطالعه و جمع آوری اطّلاعاتی در مورد دما و یخبندان و ارتباط آنها با اقلیم فرودگاهی، اقدامات و بررسی‌هایی به شرح زیر انجام گرفته است:

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مرحلهٔ استفاده از روش کتابخانه‌ای:

مراجعه به کتابخانه‌های مرتبط با موضوع تحقیق در تعدادی از دانشگاه ها، فرودگاه های کشوری و لشکری، معاونت طرح و توسعهٔ فرودگاه های کشور، مراکز تحقیقاتی و مطالعاتی نهاجا، سازمان هواشناسی کشور، وزارت مسکن و شهر سازی، سازمان مدیریّت و برنامه ریزی با هدف جمع آوری داده ها و بررسی‌های اوّلیّه و انجام مطالعات نظری؛

۲- استفاده از آمار و اطّلاعات یازده سالهٔ (۱۹۹۷-۱۹۸۷) ایستگاه سینوپتیک میانه با بهره‌گیری از داده‌های سازمان هواشناسی کشور.

لازم به توضیح است که هر چند آمار هواشناسی موجود در ایستگاه سینوپتیک میانه منحصر به سال های آماری (۱۹۹۷-۱۹۸۷) می باشد[۱] و با توجّه به توصیهٔ سازمان هواشناسی جهانی (WMO) که انجام مطالعات اقلیم فرودگاهی را با داشتن آمار حدّاقل پنج وترجیحاً ده سال متوالی میّسر می داند ؛ لذا در این مطالعه به آمار و اطّلاعات موجود بسنده شده است؛

۳- تحلیل داده‌ها:

بررسی‌های دمائی شامل محاسبات مربوط به میانگین ها، میانگین های حدّاکثر و حدّاقل، حدّاکثرها و حدّاقل های مطلق، میانگین متوسّط روزانه ومیانگین حدّاکثر روزانه می باشد. دورهٔ برگشت دمای مطلق به روش توزیع نرمال بدست آمده و تعداد روزهای یخبندان نیز جزء داده های مورد استفاده بوده است .

موقعیّت جغرافیائی

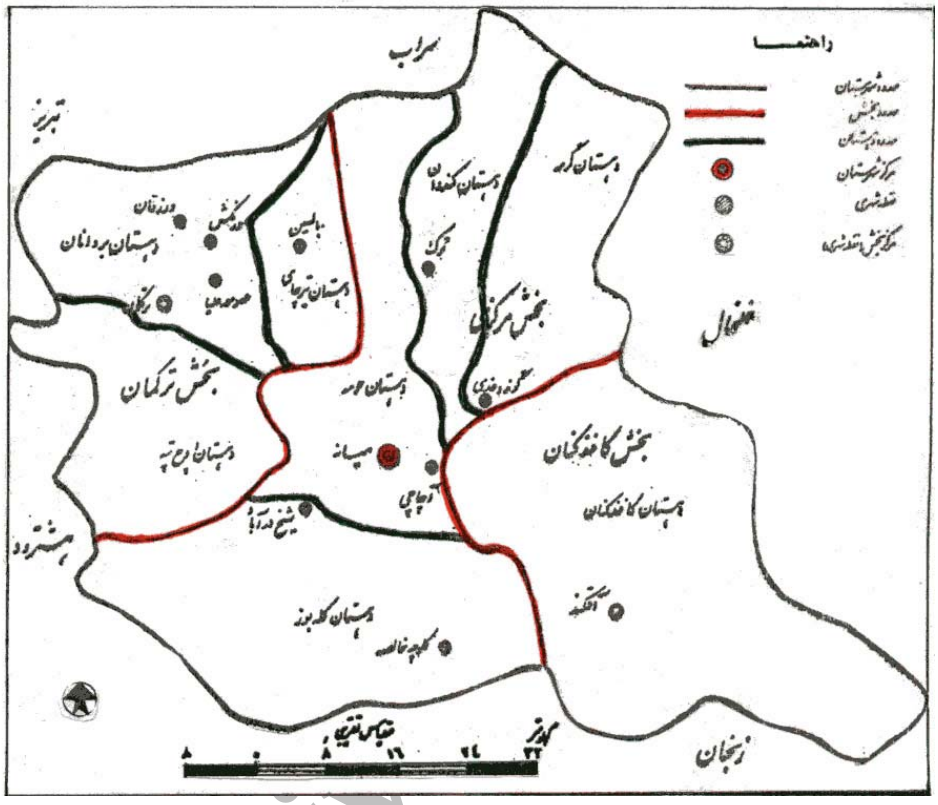
شهرستان میانه با وسعت ۵۸۳۹ کیلومترمربّع درجنوبشرقی استان آذربایجان شرقی و در مختّصات ´ ۰۲- °۳۷ الی ´۵۴- °۳۷ عرض جغرافیائی بین ارتفاعات بزغوش در شمال و قافلانکوه در جنوب با دامنه های صخره ای و عاری از پوشش گیاهی قرار گرفته و شهر میانه در یک جلگهٔ وسیع در ارتفاع ۱۱۰۰ متری در مرکز این شهرستان واقع شده است. شهرستان میانه از طرف شمال به شهرستان سراب و استان اردبیل، از شرق به شهرستان خلخال، از جنوب به استان زنجان و از غرب به شهرستان های تبریز و هشترود محدود است. موقعیّت جغرافیائی شهرستان میانه در شکل شمارهٔ (۱) نشان داده شده است . واحد کوهستانی بزغوش در شمال شهرستان میانه به طول ۹۰ کیلومتر از غرب به شرق امتداد یافته است. ارتفاع این کوهستان در بخش شرقی ۳۸۰۰ متر می باشد، ولی در بخش غربی از ارتفاع آن کاسته شده و در حوالی شیشک کوه به ۲۴۵۰ متر می رسد. واحد کوهستانی قافلانکوه با ارتفاع ۱۵۴۰ متر در جنوب شهرستان میانه قرار دارد.

۱- داده برداری از ایستگاه کلیماتولوژی میانه به مدّت ده سال (۱۹۸۷-۱۹۷۸) با وقفه مواجه بوده و جمع آوری داده ها از سال ۱۹۸۷ با راه اندازی یک ایستگاه سینوپتیک دوباره آغاز شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- موقعیّت جغرافیایی شهرستان میانه (منبع ٦)



رژیم دمائی

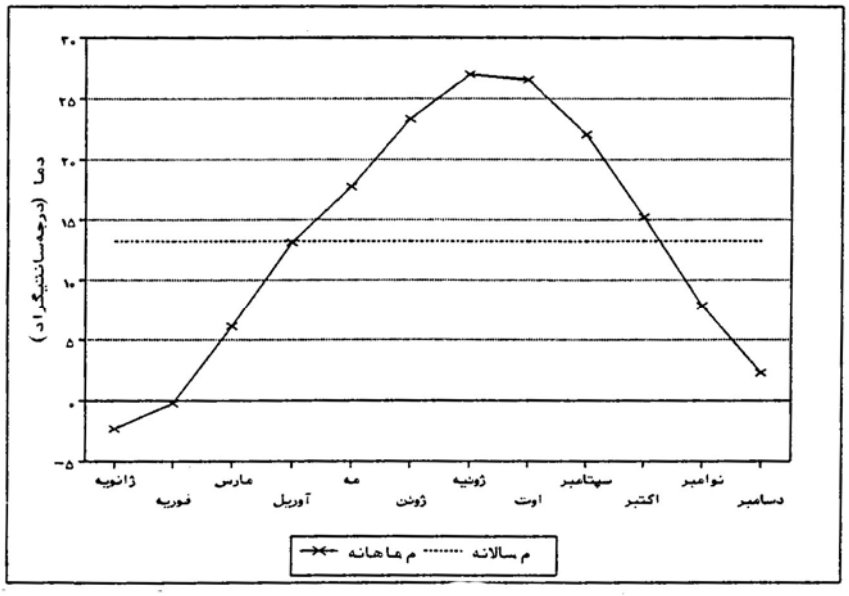
منطقهٔ میانه دارای تابستان های گرم تا بسیار گرم وزمستان های سرد تا بسیار سرد در سال های متوالی می باشد. فرارسیدن فصل زمستان دربعضی سال ها ناگهانی بوده و سرعت تغییرات دما در مقایسه با مناطق مرطوب بیشتر است. از اینرو تغییرات سالانه، فصلی و شبانه روزی دما در منطقه زیاد و قابل توجّه بوده و به ویژه تغییرات نهائی دما (با ۶۷/۴درجهٔ سانتی گراد اختلاف حدّاکثر و حدّاقل مطلق دما در طول سال) بسیار چشمگیر است. حدّاقل مطلق دما در منطقه ۲۵/۶- درجهٔ سانتی گراد در ماه فوریهٔ سال ۱۹۸۹ و حدّاکثر مطلق آن ۴۸/۸ درجهٔ سانتی گراد در ماه اوت سال ۱۹۹۵به ثبت رسیده است. چنین اختلاف قابل ملاحظه در تغییرات دمائی، انعکاسی از موقعّیت برّی منطقه است؛ زیرا در طول فصل تابستان به علّت طولانی بودن ساعات روز، مقدار انرژی دریافتی زیاد بوده و همچنین به دلیل نفوذ توده های مداری برّی و شفّافیّت هوا، با نم نسبی ناچیز افزایش درجهٔ حرارت نیز قابل توجّه است. امّا در فصل زمستان حاکمیّت توده های هوای سرد برّی و هجوم توده های هوای قطبی موجب افت دما در منطقه می شود. در جدول شمارهٔ (۱) میانگین دمای ماهانه و سالانه ودر شکل شمارهٔ (۲) تغییرات درجه حرارت متوسّط ماهانهٔ میانه در طول سال نشان داده شده است.

Archive
www.SID.ir

جدول ۱- میانگین دمای ماهانه و سالانهٔ ایستگاه میانه (۱۹۹۷- ۱۹۸۷) ($^{\circ}C$)

ماهها	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
TºC	- ۲/۳۴	۰/۲۸	۶/۱۵	۱۳/۰۷	۱۷/۷۱	۲۳/۳۲	۲۶/۹۹	۲۶/۵۵	۲۲/۰۶	۱۵/۱۹	۷/۸	۲/۲۴	۱۳/۲۱

شکل ۲- تغییرات درجه حرارت ماهانه در ایستگاه میانه (۱۹۹۷-۱۹۸۷)



رژیم یخبندان

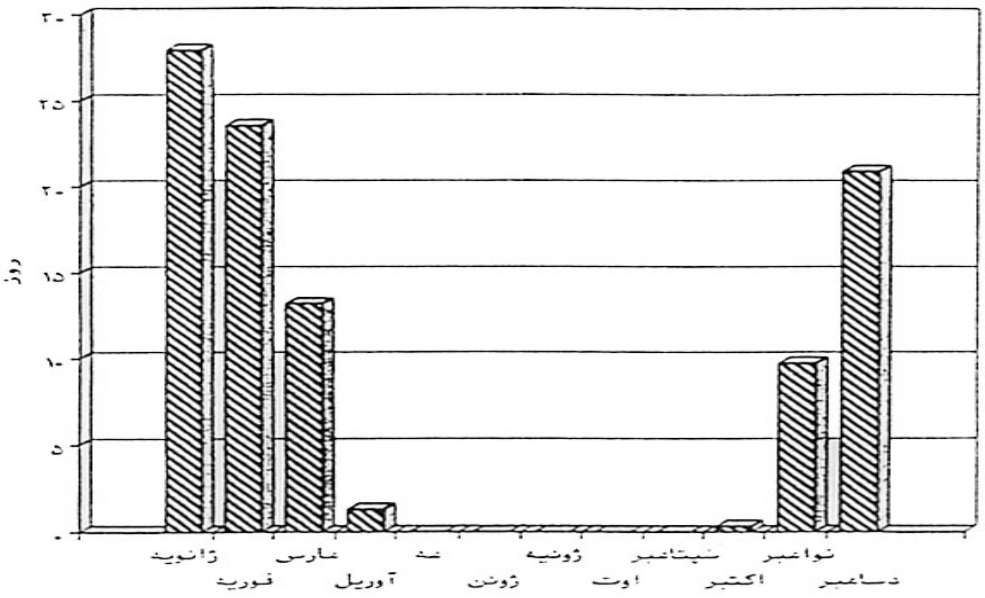
در هر منطقه تعداد روزهای یخبندان ونیز دوام دورهٔ یخبندان نشانگر تأثیرپذیری آن از طریق توده ها و جبهه‌های هوای سرد در طول دورهٔ سرد سال می باشد . تعداد روزهای یخبندان منطقهٔ میانه در جدول شمارهٔ (۲) وشکل شمارهٔ (۳) نشان داده شده است :

جدول۲- میانگین ماهانهٔ تعداد روزهای یخبندان ایستگاه میانه (۱۹۹۷-۱۹۸۷)

ماهها	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
تعداد روز	۲۷/ ۹	۲۳/۵۴	۱۳/۱۸	۱/۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۳	۹/۷۲	۲۰/۹

www.SID.ir

شکل ۳-میانگین ماهانه تعداد روزهای یخبندان ایستگاه میانه (۱۹۹۷- ۱۹۸۷)



با توجّه به جدول شمارهٔ (۲) ملاحظه می شود که حدّاکثر تعداد روزهای یخبندان (۲۸روز) در ماه ژانویه اتّفاق افتاده، به طوری که در طول دورهٔ آماری مورد مطالعه، وقوع یخبندان پدیدهٔ غالب ماه مذکور محسوب می شود و فقط درسال۱۹۹۵ تعداد روزهای یخبندان دراین ماه به بیست روز کاهش یافته است . در ماه فوریه از تعداد روزهای یخبندان به تدریج کاسته شده و در ماه آوریل فقط با یک روز یخبندان، بروز این دوره در منطقه خاتمه یافته است. بعد از سپری شدن یک دورهٔ بدون یخبندان به مدّت شش ماه، دو باره وقوع درجه حرارت‌های زیر صفراز ماه نوامبر آغازمی شود. نتایج بررسی های آماری و محاسبهٔ انحراف معیار به مدّت ۱۳روز با اطمینان ۹۵ ٪ نشان می دهد که تاریخ تقریبی شروع یخبندان در منطقهٔ مورد مطالعه از ماه اکتبر آغاز شده و در ماه ژانویه به حدّاکثر خود (۲۸ روز) می‌رسد.

معیارهای پراکندگی داده ها

برخی پارامترهای آماری نشان دهندهٔ چگونگی تغییرات یا پراکندگی داده ها در اطراف میانگین می باشند؛ به طوری که با داشتن این پارامترها و بدون مرور داده ها می توان به پراکنش آنها پی برد. از جملهٔ این پارامترها عبارتند از :

۱-انحراف معیار: معمول ترین معیار پراکندگی داده ها انحراف از معیار است که از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \overline{X})2}{N-1}} \qquad (۱)$$

S= ۰/۸۸

Archive of SID

www.SID.ir

۲- توزیع نرمال: توزیع نرمال توسّط میانگین (X) و انحراف معیار (S) مشخّص می گردد. در این توزیع برای این که بتوان متغیّر را با احتمال مورد نظر محا سبه کرد از فرمول زیر استفاده می شود :

$$X = \overline{X} + K.S \qquad (۲)$$

در رابطهٔ فوق K (ضریبی فراوانی) که به احتمال وقوع آن متغیّر بستگی دارد، از جدول K بدست می آید. تطبیق درجه حرارت های حدّاکثر مطلق و دورهٔ برگشت آن در جداول شمارهٔ (۴ و ۳) نشان داده شده است . بر اساس جداول دورهٔ برگشت دما، نمودار مربوط به آن در شکل شمارهٔ (۴) ترسیم شده است .

جدول ۳- تطبیق درجه حرارت های حدّاکثر مطلق ایستگاه میانه با توزیع نرمال (۱۹۹۷-۱۹۸۷)

سال آماری(n)	TºC حدّ اکثر مطلق	ردیف (m)	TºC مرتّب شده	درصداحتمال وقوع $P=\frac{m}{n-1}100$	در صد عدم وقوع ۱۰۰ - P	زمان برگشت در سال T = ۱۰۰ / P
۱۹۸۷	٤۰	۱	٤۱/۸	۸/۳	۹۱/۷	۱۲/۰۵
۱۹۸۸	٤۰/۸	۲	٤۱/۵	۱٦/۷	۸۳/۳	۵/۹۹
۱۹۸۹	٤۰/۲	۳	٤۱	۲۵	۷۵	٤
۱۹۹۰	٤۱/۵	٤	٤۱	۳۳/۳	٦٦/۷	۳
۱۹۹۱	٤۱	۵	٤۰/۸	٤۱/۷	۵۸/۳	۲/٤
۱۹۹۲	٤۰/٦	٦	٤۰/٦	۵۰	۵۰	۲
۱۹۹۳	۳۹/۲	۷	٤۰/٦	۵۸/۳	٤۱/۷	۱/۷
۱۹۹٤	۳۸/۲	۸	٤۰/۲	٦٦/۷	۳۳/۳	۱/۵
۱۹۹۵	٤۱/۸	۹	٤۰	۷۵	۲۵	۱/۳
۱۹۹٦	٤۰/٦	۱۰	۳۹/۲	۸۳/۳	۱٦/۷	۱/۲
۱۹۹۷	٤۱	۱۱	۳۸/۲	۹۱/۷	۸/۳	۱/۱

جدول ٤- محاسبهٔ دورهٔ برگشت با روش توزیع نرمال با استفاده ازفرمول $T=\overline{T}+K.S$

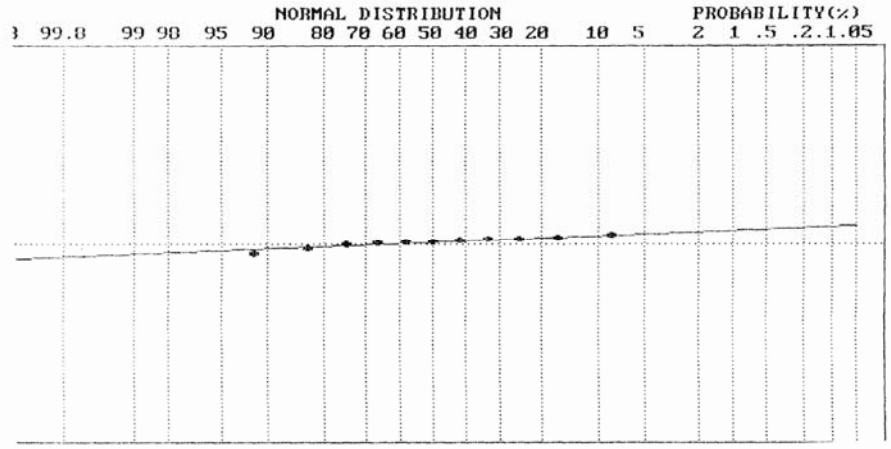
دوره برگشت به سال	۵	۱۰	۲۰	٤۰
ضریب k	۰/۸٤۲	۱/۲۸۲	۱/٦٤۵	۱/۹٦۰
حّداکثر درجهٔ حرارت به °C	٤۱/۳۱	٤۱/۷٦	٤۲/۱۳	٤۲/٤٦
در صد احتمال وقوع(%)	۲۰	۱۰	۵	۲/۵

S =۱/۰۳ $\overline{T}$ = ۴۰/۴۴ n =۱۱

Archive of SID

www.SID.ir

شکل (٤) تطبیق دماهای حدّاکثر ایستگاه میانه با توزیع نرمال (۱۹۹۷-۱۹۸۷) (^0C)



تأثیر درجه حرارت و ارتفاع در برآورد نسبی طول باند پرواز

یکی از مسائل مهم در طرّاحی فرودگاه ها، تعیین طول باند فرودگاه می با شد. در این رابطه نوع فرودگاه با یکی از دو روش طبقه بندی فرودگاه ها که توسّط سازمان ایکائو[1] بر اساس استانداردهای هندسی طول باند پرواز ارائه شده، تعیین می شود. در این طبقه بندی که فرودگاه ها به وسیلهٔ حروف A تا E مشخّص می شوند، فرودگاه نوع A طولانی ترین و فرودگاه نوع E کوتاه ترین باند پرواز را دارا می باشند. خلاصه مشخّصات هندسی طول پایهٔ باند پرواز براساس توصیهٔ ایکائو برای هر نوع فرودگاه درجدول شمارهٔ (۵) نشان داده شده است. برای تعیین طول واقعی باند پرواز باید طول پایهٔ باند پرواز نسبت به تفاوت ارتفاع از سطح دریا، اختلاف درجهٔ حرارت فرودگاه نسبت به درجهٔ حرارت استاندارد (۱۵ درجهٔ سانتی گراد) وشیب طولی تصحیح شود.

جدول ۵- خلاصه مشخّصات هندسی طول پایهٔ باند براساس توصیه ایکائو(منبع۲)

طبقه‌بندی	طول اساسی باند پرواز				عرض روسازی		حدّاکثرشیب
فرودگاه	حدّاکثر		حدّاقل		باند پرواز		طولی (٪)
	متر	فوت	متر	فوت	متر	فوت	
A	–	–	۲۱۰۰/۰	۷۰۰۰/۰	٤٥/۰	۱٥۰/۰	۱/٥
B	۲۰۹۹/۰	٦۹۹۹/۰	۱٥۰۰/۰	٥۰۰۰/۰	٤٥/۰	۱٥۰/۰	۱/٥
C	۱٤۹۰/۰	٤۹۹۹/۰	۹۰۰/۰	۳۰۰۰/۰	۳۰/۰	۱۰۰/۰	۱/٥
D	۸۹۹/۰	۲۹۹۹/۰	۷٥۰/۰	۲٥۰۰/۰	۲۲/٥	۷٥/۰	۲/۰

1-International Civil Aviation Organization (ICAO)

Archive of SID

www.SID.ir

۲/۰	۶۰/۰پ	۱۸/۰	۲۰۰۰/۰	۶۰۰/۰	۲۴۹۹/۰	۷۴۹/۰	*E*

تعیین طول پایهٔ باند پرواز

طول پایهٔ باند پرواز بر اساس فرضیّات زیر تعیین می شود :

الف- فرودگاه درارتفاع سطح دریا واقع شده است؛

ب- درجهٔ حرارت فرودگاه برابر مقدار استاندارد (۱۵ درجهٔ سانتی گراد) است؛

پ- باند پرواز در جهت طولی مسطّح است؛

ت- در باند پرواز هیچ گونه وزش بادی وجود ندارد؛

ث- هواپیما با ظرفیّت کامل بارگیری شده است.

محاسبهٔ درجه حرارت مرجع فرودگاه

برای هر فرودگاه محاسبهٔ درجه حرارت مرجع واصلاح طول پایهٔ باند پرواز ضرورت دارد. درجهٔ حرارت مرجع هر فرودگاه در مقیاس سلسیوس (سانتی گراد) از میانگین درجهٔ حرارت ماهانه و میانگین درجه حرارت‌های حدّاکثر روزانهٔ گرم ترین ماه سال که از میانگین یک دورهٔ سالانه بدست می آید، طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\text{درجه حرارت مرجع فرودگاه} = Ta + \frac{Tm - Ta}{3} \qquad (۳)$$

در رابطهٔ فوق :

Ta – میانگین درجهٔ حرارت متوسّط روزانه برای گرم ترین ماه سال (c°)؛

Tm – میانگین حدّاکثر درجه حرارت روزانه برای ماه مشابه از سال (c °).

برای محاسبهٔ درجه حرارت مرجع فرودگاه درمنطقهٔ میانه، مقادیر Ta و Tm محاسبه گردیده و در جدول شمارهٔ (۶) ارائه شده است.

جدول ٦ –میانگین دمای متوسّط وحدّاکثر روزانهٔ ایستگاه میانه (۱۹۹۷ – ۱۹۸۷)

ماهها	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
میانگین متوّسط روزانه (Ta)	۲/۳۴ –	۰/۲۸ –	۶/۱۵	۱۳/۰۷	۱۷/۷۱	۲۳/۳۲	۲۶/۹۹	۲۶/۵۵	۲۲/۰۶	۱۵/۱۹	۷/۸۰	۲/۲۴	۱۳/۲۱
میانگین حَداکثر روزانه (°C) (Tm)	۱/۹۶	۴/۵۹	۱۱/۸۱	۱۹/۹۸	۲۵/۱۳	۳۱/۵۸	۳۴/۸۵	۳۴/۵۰	۳۰/۳۹	۲۲/۲۲	۱۳/۶۹	۶/۵۵	۱۹/۷۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شمارهٔ (۶) نشان می دهد که ماه ژوئیه با میانگین ۲۶/۹۹ درجهٔ سانتی گراد گرم ترین ماه سال بوده و میانگین حدّاکثر روزانه در آن ۳۴/۸۵ درجهٔ سانتی گراد است. بنابراین درجهٔ حرارت مرجع فرودگاه طبق فرمول شمارهٔ(۳) عبارت است از :

درجه حرارت مرجع فرودگاه در منطقهٔ مورد مطالعه = 26/99 + $\frac{34.85 - 26.99}{3}$ = 29.6 ºC

تصحیح طول باند پرواز

طول پایهٔ باند پرواز برای ارتفاع سطح دریا با وضعیّت جوّی استاندارد تعیین می شود؛ بنابراین اصلاحات لازم می بایست در رابطه با هر گونه تغییردر ارتفاع، دما و شیب برای محلّ واقعی فرودگاه به شرح زیر انجام گیرد :

الف- تصحیح برای تغییر ارتفاع :

با افزایش ارتفاع، چگالی هوا کاهش می یابد. این پدیده به نوبهٔ خود باعث کاهش نیروی بالابری بال های هواپیما شده و هواپیما برای بلند شدن به سرعت زیادتری نیاز خواهد داشت که در نتیجه برای رسیدن به سرعت بیشتر، نیاز به باند پرواز طولانی تری خواهد بود. سازمان ایکائو توصیه می کند که به ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا به میزان ۷ ٪ به طول پایهٔ باند پرواز اضافه شود.

ب- تصحیح برای تغییر درجه حرارت :

تأثیر افزایش درجهٔ حرارت مرجع فرودگاه نسبت به درجه حرارت استاندارد همانند تأثیر افزایش ارتفاع می‌باشد. تصحیح مربوط به تغییر درجه حرارت براساس توصیهٔ سازمان ایکائو طبق موارد زیرعمل می‌شود :

۱- درجه حرارت استاندارد جوّی برابر ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد منظور می شود ؛

۲- درجه حرارت مرجع فرودگاه محاسبه می شود ؛

۳- افزایش درجه حرارت مرجع فرودگاه نسبت به درجه حرارت استاندارد تعیین می شود ؛

۴- به ازاء هر یک درجه افزایش دما به میزان ۱٪ به طول پایهٔ تعدیل شدهٔ باند پرواز اضافه می شود و در حالت دقیق تر، اثر افزایش ارتفاع در میزان درجه حرارت استاندارد در نظر گرفته می شود؛ بدین ترتیب که به ازاء هر یک متر ارتفاع از سطح دریا معادل ۰/۰۰۵۶ درجهٔ سانتی گراد از درجه حرارت استاندارد جوّی (۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد) کسر می شود.

ج- کنترل مجموع تصحیح ارتفاع و درجه حرارت:

طبق توصیهٔ موسّسهٔ ایکائو، اگر مجموع تصحیح ارتفاع و درجه حرارت از ۳۵٪ طول پایهٔ باند پرواز فرودگاه تجاوز نماید، این تصحیحات باید با انجام مطالعات ویژه ای در محل و توسّط آزمایش های نمونه کنترل شود .

Archive of SID

www.SID.ir

محاسبات مربوط به طول باند پرواز در منطقهٔ مورد مطالعه:

با توجّه به ارتفاع ۱۱۰۰ متری منطقهٔ مورد مطالعه و درجه حرارت مرجع فرودگاه (۲۹/۶ درجهٔ سانتی گراد) و طول پایهٔ باند پرواز حدّاقل هر رده فرودگاه، تصحیح مربوط به ارتفاع و درجه حرارت و در نهایت کنترل تصحیح مربوط به ارتفاع به اضافهٔ درجه حرارت به شرح زیر محاسبه شده است :

۱- تصحیح ارتفاع: متر $539 = 2100 * \frac{1100}{300} * \frac{7}{100}$ = تصحیح برای فرودگاه ردهٔ A

متر ۲۶۳۹ = ۵۳۹ + ۲۱۰۰ = طول تصحیح شده برای ارتفاع

۲- تصحیح درجه حرارت : سانتی گراد ۱۴/۶ = ۱۵ - ۲۹/۶ = افزایش درجه حرارت

متر $385 = 14.6 * \frac{2639}{100}$ = تصحیح برای فرودگاه ردهٔ A

متر ۳۰۲۴ = ۳۸۵ + ۲۶۳۹ = طول باند حداقل تصحیح شده برای فرودگاه ردهٔ A

کنترل کلّ تصحیح ارتفاع به اضافهٔ درجه حرارت :

درصد $44 = 100 * \frac{3024 - 2100}{2100}$ = درصد کلّ تصحیح

متر ۶۶۰ = ۱۰۰/ ۴۴ * ۱۵۰۰ = تصحیح برای فرودگاه ردهٔ B

متر ۲۱۶۰ = ۶۶۰ + ۱۵۰۰ = طول باند حّداقل تصحیح شده برای فرودگاه ردهٔ B

متر $396 = 900 * \frac{44}{100}$ = تصحیح برای فرودگاه ردهٔ C

متر ۱۲۹۶ = ۳۹۶ + ۹۰۰ = طول باند تصحیح شده برای فرودگاه ردهٔ C

متر $330 = 750 * \frac{44}{100}$ = تصحیح برای فرودگاه ردهٔ D

متر ۱۰۸۰ = ۳۳۰ + ۷۵۰ = طول باند تصحیح شده برای فرودگاه ردهٔ D

خلاصه و نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل های آماری دما نشان می دهد که اقلیم منطقهٔ میانه دارای تابستان های گرم تا بسیار گرم و زمستان‌های سرد تا بسیار سرد در طیّ سال های متوالی بوده و دامنهٔ تغییرات نهایی دما با ۶۷/۴ درجه سانتی گراد بسیار چشمگیر است. تطبیق دوره های برگشت دما با روش توزیع نرمال نشان می‌دهد که طیّ چهل سال آینده احتمال افزایش میانگین حدّاکثرمطلق دما به ۴۲/۴۶ درجهٔ سانتی گراد وجود دارد.

اگر دمای هوا از ۲۵ درجهٔ سانتی گراد تجاوز نماید، غلظت هوا کمتر شده و در نتیجه از نیروی بالابری و راندمان هواپیما کاسته می شود. با توجّه به درجه حرارت های بالای تابستان به ویژه در ماه های ژوئیه و اوت با

Archive of SID

www.SID.ir

میانگین حدّاکثر مطلق ۴۱/۸ درجهٔ سانتی گراد و حدّاکثر مطلق ثبت شده در ماه اوت ۱۹۹۵ (۴۸/۸ درجه سانتی‌گراد) توصیه می شود در چنین مواقعی هواپیما ها از بلند شدن با حدّاکثر ظرفیت بار و مسافر اجتناب نمایند. اگر دمای سطح باند به بیش از ۴۵ درجهٔ سانتی گراد برسد، امکان ذوب اسفالت سطح باند دور از انتظار نخواهد بود که با توجّه به میانگین حدّاکثر مطلق منطقه (۸/ ۴۱ درجه سانتی گراد) و احتمال افزایش آن به ۴۲/۴۶ درجهٔ سانتی گراد و حدّاکثر مطلقی که در ماه اوت سال ۱۹۹۵ (۴۸/۸ درجهٔ سانتی گراد) به ثبت رسیده است، باید تمهیداتی در رابطه با روسازی سطح باند اندیشیده شود و مصالحی مورد استفاده قرار گیرد که توان مقاومت در دماهای فوق را داشته باشد.

بررسی داده‌های مربوط به طول دورهٔ آماری و با در نظر گرفتن انحراف معیار به مدت سیزده روز با اطمینان ۹۵ ٪ نشانگر آن است که زمان تقریبی آغاز وقوع یخبندان در منطقهٔ مورد مطالعه ماه اکتبر بوده و در ماه ژانویه به حدّاکثرخود (۲۸ روز) می رسد؛ آنگاه به تدریج از تعداد روزهای یخبندان کاسته شده و در ماه آوریل خاتمه می‌یابد. تاریخ وقوع یخبندان ها بیانگر آن است که آغاز دورهٔ یخبندان همزمان با نفوذ توده های هوای سرد از سیبری، آسیای مرکزی و اروپا اتفاق می افتد که منجر به کاهش دما برای روزهای متوالی می‌گردد. همچنین کوهستانی بودن منطقه در طولانی شدن تعداد روزهای یخبندان سهم بسزائی ایفاء می کند. بنابراین زمانی که دما به کمتراز صفر درجهٔ سانتی گراد برسد و رطوبت کافی موجود باشد، امکان وقوع یخبندان درسطح باند محتمل خواهد بود. در چنین مواردی اگر سرمای هوا از (۵-) درجهٔ سانتی گراد کمتر نباشد، برای پائین آوردن نقطهٔ انجماد می‌توان از مادّهٔ اوره[1] استفاده کرد، ولی اگر برودت هوا از (۵-) درجهٔ سانتی گراد فراتر رود (با توّجه به وقوع حدّاقل مطلق دما ۲۵/۶- درجهٔ سانتی‌گراد در ماه فوریه سال ۱۹۸۹ و این که دماهای پائین تراز ۵- درجهٔ سانتی گراد اغلب در ماه‌های ژانویه و فوریه بوقوع می پیوندد) استفاده از نمک های سدیم، منیزیم و کونزین یا برخی دیگر از موادّ شیمیایی از خانوادهٔ گلیکول[2] توصیه می شود. البتّه باید توجّه داشت که این موادّ شیمیایی بسیار گران قیمت بوده و فقط در مواقع ضروری بکار برده می شوند؛ زیرا استفاده از چنین موادّی موجب ورود موادّ شیمیایی زیان آور به آب رودخانه ها و نهرهای مجاور منطقهٔ فرودگاه شده و به جانوران آبزی و محیط زیست آسیب می رساند. تبدیل شدن اوره به آمونیاک و سپس به نیترات‌ها باعث رشد جلبک‌ها گردیده و در نتیجه اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد. از طرف دیگر استفاده از موادّ شیمیایی جهت یخ زدائی هواپیماها در مواقعی که دمای هوا به پائین تر از صفر درجهٔ سانتی گراد می رسد، اجتناب ناپذیر است. استعمال موادّ شیمیایی به مقدار کم (حدود ۱/۴ مقدار لازم جهت ذوب یخ) می‌تواند برای جلوگیری از تشکیل یخ کارساز باشد. در این رابطه پیش‌بینی‌های دقیق زمانی برای جلوگیری از بروز یخبندان ضروری است؛ زیرا اگر موادّ شیمیایی بسیار زود پاشیده شوند، امکان شسته شدن آنها به وسیلهٔ باران وجود خواهد داشت. امروزه در فرودگاه های مدرن با نصب سنسور[3] باندهای پرواز، درجه حرارت سطح باند ها را اندازه گیری کرده و با پیش بینی و ذخیرهٔ موادّ شیمیایی لازم و استفاده به موقع از آنها از انجماد سطح باندها جلوگیری می شود. همچنین جهت کنترل آلودگی های ناشی از یخ زدائی شیمیایی، در برخی از فرودگاه ها نظیر

1- Urea
2- Glycol
3- Sensor

Archive of SID

www.SID.ir

کپنهاک و استکهلم یخ زدائی هواپیما ها بر روی صفحات لاستیکی[1] صورت می گیرد، تا هم از ورود موادّ شیمیایی به محیط زیست جلوگیری شده وهم از آنها دوباره استفاده گردد.

توصیه می‌شود تا در ایّام یخبندان و قبل از آماده شدن هواپیما برای پرواز، در صورت وجود برف و یخ در روی سطوح هواپیما، کلّیّهٔ سطوح هواپیما به ویژه سطوح کنترل فرامین یخ زدائی شده و از برف و یخ پاک گردد. باید توجّه داشت که اگر یخ زدائی هواپیما به وسیلهٔ هیتر[2] انجام گیرد، در این صورت یخ زدگی مجدّد هواپیما به هنگام بلند شدن وجود خواهد داشت.

با توجّه به این که در منطقهٔ مورد مطالعه کلّ تصحیح مربوط به ارتفاع و درجهٔ حرارت ۴۴ ٪ محاسبه شده است که از ۳۵ ٪ تجاوز می کند؛ لذا بر اساس توصیهٔ سازمان ایکائو پیشنهاد می شود تا مطالعات ویژه و بررسی های کارشناسی به هنگام تعیین محلّ دقیق فرودگاه و جا نمایی باند پرواز از طرف مسئولین و متخصّصان امر صورت گیرد.

همچنین با توجّه به این که طول پایهٔ باند پروازبر اساس ۱۱۰۰متر ارتفاع از سطح دریا محاسبه شده، لازم است تا در صورت تغییر ارتفاع، تصحیحات مربوط به ارتفاع و درجهٔ حرارت مورد تجدید نظر قرار گیرد و به تبع از اصلاح آن، طول باند پرواز نیز تغییریابد.

Archive of SID

1- Rubber mat
2- Heater

www.SID.ir

منابع و مآخذ:

۱- اینانلو، ر (۱۳۷۷)، نمونه هایی از سوانح هوایی ناشی از عوامل جوّی، فصل نامه بازرسی و ایمنی نهاجا، شمارۀ۲۱، ص ۱۰ .

۲- بهبهانی، ح و ایمانی، م (۱۳۷۳)، طرح و محاسبه فرودگاه، دانشگاه علم و صنعت، تهران .

۳- بهنیا، ک (۱۳۶۴)، طرح فرودگاه ها، مرکز نشر دانشگاهی، تهران .

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

۵ – کاظم زاده، م.ر (۱۳۷۶)، سوانح پروازی ناشی از پدیده های جوّی خطرناک و راههای پیشگیری از آنها ، فصل نامه بازرسی و ایمنی نهاجا، شمارۀ ۲۰، ص ۸-۵ .

۶-مهندسین مشاور زیستا (۱۳۷۱)، طرح جامع شهر و شهرستان میانه، وزارت مسکن و شهرسازی(اداره کّل مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی) .

7- Bromley, E, (1977) , Aeronatical Meteorology, Progress and Challenges Today and Tommorrow, Ball Am , Meteorological .So. , 58 , pp: 1156 1160.

8- Federal Aviation Administration , (1989) , Airport Design , Advisor Circular Ac 150/53000-13 Federal Aviation Administration , Washington, U.S.A.

9- Horonjeff, R and Xmckelvey, (1994), Planing and Design of Airport , pp:259-278.

10-International Civil Aviation Organization , (1984) Aerodrome Design Manual , part, Ranway 2d ed , International Civil Aviation Organization , Montral , Canada .

11-Perkins, Pand Reike,W, (1993), Aircraft Icing Problems - After 50 Years , American Institut of Aeronautics and Astronatics , Washington Dc, U.S.A.

12- Thompson , R.D,and Perry ,A,(1997), Applied Climatology Principles and Practice pp: 201-203.

13- Transportation Reserch Board , (1989), Aviation Forecasting Methodology , A Special Work Shop , Circular 348, Transportation Reserch Board , Washington, U.S.A.

14- World Meteorological Organization , (1992) , Technical Regulation No-49, Aeronatical Climatology (C.3.2) , World Meteorological Organization.

Archive of SID

www.SID.ir