



دانشگاه تهران



بیت

کنفرانس ملی هواشناسی ایران ۱۳۹۴

(دوم و سوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ - یزد)

گواهی ارائه مقاله



بدین وسیله گواهی می شود: نویسنده محترم
موضیه نوروزیان ، عباس مفیدی

در تاریخ دوم لغایت سوم اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۴ در کنفرانس ملی هواشناسی که توسط انجمن علمی هواشناسی ایران با همکاری دانشگاه یزد و سازمان هواشناسی کشور برگزار شد شرکت نموده

مقاله خود را تحت عنوان ساختار وارونگی دما در کلانشهر تهران
ارائه نموده اند.



دبیر علمی کنفرانس
دکتر فریاد احمدی گیوی

دبیر اجرایی کنفرانس
دکتر سید مجید میرزایی



ساختار وارونگی دما در کلانشهر تهران

مرضیه نوروزیان، عباس مفیدی^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هوا شناسی شهری دانشگاه فردوسی مشهد

استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

به منظور بررسی ساختار وارونگی دما در کلانشهر تهران، از داده های جو بالا برای ساعت ۰۰:۰۰ و ۱۲ برای سال های ۲۰۰۵-۲۰۰۹ و ترسیم نمودار تفی گرام با استفاده از نرم افزار Raob، استفاده گردید. نتایج این بررسی نشان داد که وارونگی های تهران بیشتر در فصول گرم رخ می دهند و بیشتر از نوع فرونشستی هستند. ارتفاع پایه وارونگی متناسب با فصول سرد و گرم تغییر می کند و وارونگی های مرتفع مربوط به فصول گرم هستند و وارونگی های سطح پایین در فصول سرد رخ می دهند. بیشترین تداوم وارونگی فرونشستی مربوط به فصل تابستان است. ضخامت وارونگی فرونشستی در فصل گرم افزایش می یابد و ضخامت وارونگی تشعشعی در ماه ژانویه افزایش داشته است.

واژگان کلیدی: نمودار تفی گرام، نرم افزار Raob، وارونگی، کلانشهر تهران

The Structure of Temperature inversion in the Tehran Metropolis

Marziye Norooziyan , Abbas Mofidi

Abstract

In order to investigate the structure of temperature inversion in Tehran used radio sound data 00:00 and 12:00 for 2005 – 2009 years. For drawing tephigram , had used Raob software . The results showed inversions of Tehran occur more during warm seasons and they are more subsidence . inversion base height varies according to warm and cold seasons . the high inversion occurs in warm seasons and the Low – level inversion occurs in cold seasons . The most continuity subsidence inversions are in the summer .The most thickness of subsidence inversions form in the summer and The most thickness of radiation inversions form in the January moon .



عوامل متعددی در آلودگی شهر موثرند که در بین آنها عوامل جغرافیایی و هواشناسی از اهمیت بیشتری برخوردار می باشند. وجود جریانهای هوایی در جهات مختلف، آلودگیها را از محل تولید چه در جهت افقی و چه در جهت عمودی پخش و غلظت آنها را کم می کند. عوامل هواشناسی از جمله وارونگی های دمایی و استقرار مداوم سامانه های پرفشار همراه هوای پایدار به خصوص در دوره سرد سال، باعث افزایش آلاینده های هوا می شوند. معمولاً در اتمسفر تحتانی تروپوسفر هوای مجاور سطح زمین از هوای بالای آن گرمتر است که دلیل عمده آن این است که اتمسفر از زیر گرم می شود زیرا تابش خورشیدی سطح زمین را گرم میکند که در عوض لایه اتمسفری را که بالای آن قرار دارد گرم میکند. به طور متوسط کاهش درجه حرارت نسبت به ارتفاع در طبقات پایین جو، ۶ درجه سانتی گراد در هر کیلومتر است که آن را گرادیان قائم دما با لپس ریت می گویند. زمانی که با افزایش ارتفاع دما نیز افزایش یابد وارونگی رخ داده است. به طور طبیعی در لایه تحتانی جو (تروپوسفر) با افزایش ارتفاع، دما کاهش می یابد، یعنی هوای سطح زمین که در مجاورت زیست کره واقع شده گرم تر از سطوح بالاتر است، لذا در چنین شرایطی نوسانات عمودی جو به راحتی مهیا شده و هوای سطح زمین با هوای پاک و پاکیزه سطوح بالایی جابجایی صورت داده و تهویه طبیعی به این شکل انجام می گیرد. اگر شرایط به گونه ای باشد که با افزایش ارتفاع دما نیز افزایش یابد، یعنی هوای مجاور سطح زمین سردتر از سطوح بالایی باشد، در این حالت جابجایی عمودی جو متوقف شده و هوای سطح زمین به حالت پایدار باقی می ماند، به چنین حالتی وارونگی دمایی یا اینورژن گفته می شود. پایداری جوی ناشی از وارونگی دمایی یکی از مهمترین علل افزایش پتانسیل آلودگی هوا بخصوص در کلان شهرها است. از آنجایی که منابع آلاینده هوا به طور دائم آلاینده های خود را در داخل لایه سطحی تریق می کنند، غلظت آلاینده ها در این شرایط به شدت افزایش می یابد. آلودگی هوا زمانی به شدیدترین حد خود می رسد که پدیده وارونگی، با ارتفاع کم و برای مدت طولانی تر در هوای شهر باقی بماند. در واقع لایه اینورژن با ارتفاع کم و مدت زمان مدید، حائل پایدار و ساکنی ایجاد می کند که مانع اختلاط این سطح با سطوح بالایی شده و با افزایش غلظت آلاینده ها در زیر آن، آلودگی هوا تشدید می شود. وارونگی هوا به معنای تغییر یا انحراف هوا از وضعیت موجود به حالتی دیگر به علت ارتفاع می باشد که در بیشتر موارد به وارونگی دمایی مربوط بوده و منجر به تهدید سلامتی انسان ها می شود. تهران از جمله شهرهای بزرگ دنیاست که هم اکنون به شدت از مسئله آلودگی رنج می برد. رشد شتاب آلود جمعیت، مهاجرت های روستایی، گسترش کارخانجات، تراکم و سائط نقلیه، شرایط توپوگرافی و عوامل طبیعی، تهران را به آلوده ترین شهر کشور و از جمله شهرهای آلوده ی جهان مبدل ساخته است. خصوصیات آلودگی هوا در سطح شهرها نتیجه سه عامل عمده موقعیت طبیعی شهر، منابع آلاینده و شرایط جوی و اقلیمی است، و از آنجایی که منابع آلاینده و موقعیت طبیعی شهر در یک مقطع زمانی معین تقریباً ثابت هستند، لذا تغییرات میزان آلودگی، ناشی از تغییرات جوی می باشند. عوامل جوی به نوبه خود می توانند باعث افزایش یا کاهش پتانسیل آلودگی هوا و تغییر غلظت آلاینده ها در ابر شهرها موثر باشند (کریمی ۱۳۸۴) مهمترین عامل جوی در تشدید آلودگی تهران وارونگی دما است. (سلیقه ۱۳۹۰) مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است:

ویتمن (۱۹۸۱) در بررسی تجزیه وارونگی دمایی در دره های عمیق کلرادو غربی از داده های رادیو سوند استفاده کردند. نتایج این بررسی نشان داد که ویژگی های ساختار عمودی دمای بالقوه از سه الگوی خاص پیروی می کند و بدین ترتیب وارونگی شکسته می شود. الگوی اول مربوط به گرم شدن و افزایش دما سطح زمین می باشد. الگوی دوم مربوط به ایجاد لایه مرزی همرفت (CBL) در سطح وارونگی است و الگوی سوم مربوط گسترش لایه مرزی همرفت است که در این مرحله کف لایه وارونگی حذف می شود و وارونگی گرم و شناور می شود. نتایج و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی وارونگی دما لایه سطحی جنوب شرق دریای عرب از داده های ۱۱۳۲ ایستگاه استفاده کردند. نتایج نشان داد که وارونگی یکی از ویژگی های فصلی پایدار زمستان است و این وارونگی به آب های ساحلی محدود شده است. لایه وارونگی در این محدوده ضخامتی حدود ۱۰ تا ۸۰ متر دارد و شیب گرادیان از ۰ تا ۱٫۲ درجه است. علت ایجاد این وارونگی فرا رفت هوای سرد خلیج بنگال بر روی



آب گرم دریای عرب در امتداد سواحل غرب هند است. نیکسون و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی تأثیر وارونگی های دمایی روی دمای سطح زمین و زمین های یخ زده گسسته در نورمن، دره مکنزی و کانادا داده های رادیو سوند برای ساعت صفر و ۱۲ و دمای هوا سطح زمین و دیگر پارامترها از محیط زیست جو کانادا به صورت ساعتی اخذ گردید. نتایج این بررسی نشان داد که ضخامت زمین های یخ زده با رخداد وارونگی افزایش پیدا می کند و دمای هوا کاهش می یابد. کومار و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی ویژگی های وارونگی دمایی اتمسفر میانی در عرض های پایین اطلاعات Lidar (یک تکنولوژی بالغ سنجش از راه دور که حال حاضر با موفقیت برای برنامه های کاربردی نقشه برداری باد استفاده می شود) جمع آوری شده در ۱۱۹ شب از مارس ۱۹۹۸ تا فوریه ۲۰۰۰ مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که حداکثر فراوانی وارونگی در اعتدالین و حداقل آن در تابستان و زمستان است. اوج ارتفاع وارونگی مربوط به محدوده ۷۳ تا ۷۹ کیلومتر است و محتمل ترین ارتفاع رخداد وارونگی حدود ۲۰ کیلومتر است. کوبر (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر وارونگی های دما روی آلودگی هوا شهر سیبیو مقادیر روزانه حداقل و حداکثر دمای هوا از ایستگاه هواشناسی سیبیو و پالتینس گرفته شده و متوسط روزانه آلاینده های مرجع O_3 , CO , PM_{10} , SO_2 , NO_2 سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ از ایستگاه کنترل کیفیت هوا از آژانس های منطقه ای حفاظت محیط زیست سیبیو گرفته شده است. نتایج این بررسی نشان داد که وارونگی دمایی شهر سیبیو به احتمال زیاد به دلیل قرار گرفتن آن در یک فرو رفتگی بین کارپینانس جنوبی و فلات نرسونیان اتفاق می افتد. اثرات وارونگی نه تنها منجر به دماهای بسیار کم می شود بلکه طبقه بندی هوا را پایدار می کند و اجازه همرفت را نمی دهد و همین مسئله باعث آلودگی هوا می شود. حداکثر غلظت این آلاینده های مرجع در روزهای وارونگی با فشار اتمسفر بالا و سرعت باد آرام رخ داده است. بنابراین پراکندگی و انتشار آلاینده بسیار ضعیف است و وقتی هوا حرکت ندارد، این مسئله موجب می شود که نه تنها فشار اتمسفر در توده هوا و اچرخند (آنتی سیکلون) بالا رود بلکه وارونگی دما نیز رخ دهد. در این بررسی نتایج نشان داد که بیشتر وارونگی های دمایی در اواخر فصل پاییز و فصل زمستان ثبت شده اند. در ایران کریمی و درخشان (۱۳۸۴) در بررسی وارونگی دمایی در شهر اصفهان داده های جو بالا سال های ۱۹۹۱-۱۹۹۳ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که وارونگی دمایی طی دوره مورد پژوهش در شهر اصفهان در تمام فصول برقرار بوده و به دلیل واجد بودن شرایط اینورژن، پایداری جوی سطح زمین برقرار بوده است و ۸۰ درصد از روزهای ۳ سال مورد بررسی شرایط اینورژن حاکم بوده است اما ارتفاع لایه وارونگی با تغییر فصول تغییراتی داشته و کم ترین قطر لایه وارونگی حدود ۴۰ متر در ماه مارس و بیشترین قطر وارونگی در حدود ۱۲۱۲ متر در ماه نوامبر بوده است. علیجانی و نجفی نیک (۱۳۸۸) در بررسی الگوهای سینوپتیکی اینورژن در مشهد از تحلیل خوشه ای و سپس روش تحلیل عاملی به طبقه بندی الگوی نقشه های پراکندگی فشار، در منطقه ی مورد مطالعه پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که دو تیپ الگوی تابستانه، سه تیپ الگوی زمستانه و دو تیپ الگوی پاییزی در اینورژن های شهر مشهد دخالت دارند. از هفت تیپ به دست آمده، سه نوع آن الگوی زمستانه با استقرار پرفشار روی زاگرس شمالی، الگوی زمستانه با گسترش پرفشار سیبری روی فلات ایران و الگوی زمستانه با استقرار پرفشار روی آرال، دو الگوی تابستانه با استقرار پرفشار روی شمال غرب کشور و استقرار کم فشار روی خلیج فارس و دو الگوی پاییزی با استقرار پرفشار روی دریای آرال و نوار شمالی کشور است که اینورژن های فصل سرد پایداری و تداوم بیشتری دارند. جهان بخش اصل و روشنی (۱۳۹۲) در بررسی وضعیت و شدت وارونگی های سطح پایین شهر تبریز داده های رادیو سوند ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ را در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی را مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. سپس روزهای وارونگی دما از سطح زمین تا ۷۰۰ هکتوپاسکال بودند، شناسایی شد. پارامترهای مورد استفاده شامل ارتفاع پایه و رأس لایه وارونگی، مقدار دما در پایه و رأس وارونگی، اختلاف دما بین پایه و رأس لایه وارونگی، عمق لایه وارونگی، مقدار فشار در پایه و رأس لایه وارونگی می باشد. نتایج این بررسی نشان داد که میانگین تعداد روزهای توأم با وارونگی دما در تبریز ۱۱۹ روز می باشد که ۸۷ درصد آن مربوط به وارونگی تابشی و ۱۳ درصد دیگر مربوط به وارونگی فرونشستی است. دلجو (۱۳۷۸) با مطالعه بر روی وارونگی دما و آلودگی هوای شهر تهران به این نتیجه رسید که حداقل ارتفاع وارونگی در اواخر فصل پاییز و اوایل فصل زمستان رخ میدهد و ارتفاع وارونگی با شدت آن ضریب همبستگی منفی دارد. غلظت گاز مونواکسید کربن ضریب همبستگی منفی را نسبت به سمت و سرعت



کنفرانس ملی هواشناسی ایران - اردیبهشت ۱۳۹۴ - دانشگاه یزد

باد نشان می‌دهد و غلظت این گاز با شدت وارونگی رابطه مستقیم دارد. گاز دی اکسید نیتروژن در برابر شدت وارونگی، افزایش کلی را نشان می‌دهد. یآوری و سلیقه (۱۳۹۰) در بررسی سطوح وارونگی تهران طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷، ۱۰۰ روز آلوده از پنج ایستگاه تهران را استخراج و سپس وضعیت وارونگی با استفاده از نمودارهای *Skew-t*، نقشه‌های فشار سطح زمین، ۵۰۰ هکتو پاسکال و امگای ۸۵۰ هکتو پاسکال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که وارونگی‌های دمایی شهر تهران متأثر از سامانه‌های فشار و تشعشع زیاد سطح زمین است و همچنین ایستگاه آزادی از نظر غلظت *CO*، *Pm₁₀*، *SO₂* آلوده‌ترین ایستگاه بوده است. با توجه به تأثیر بسیار زیاد وارونگی دما بر روی آلودگی شهر تهران، بنابراین مطالعه ساختار و توزیع فصلی آن ضرورت و اهمیت می‌یابد. هدف از این بررسی رسیدن به شناختی جامع در رابطه با ساختار وارونگی دما در کلانشهر تهران است.

۱) آیا کلانشهر تهران در طول سال تمامی تیپ‌های وارونگی دمایی را تجربه می‌کند؟

۲) آیا در کلانشهر تهران وارونگی تشعشعی بیشتر در ماه‌های زمستانی و وارونگی فرونشستی در ماه‌های تابستانی رخ می‌دهد؟

۱) کلانشهر تهران در طول سال تمامی تیپ‌های وارونگی دمایی را تجربه می‌کند.

۲) گمان می‌رود در کلان شهر تهران از میان انواع وارونگی دمایی، دو تیپ وارونگی تشعشعی و وارونگی فرونشستی بالاترین فراوانی وقوع را به ترتیب در ماه‌های زمستانی و تابستانی به خود اختصاص می‌دهند.

۲-۱- مواد و روش کار

به منظور دستیابی به شناخت ساختار وارونگی دما در کلانشهر تهران از داده‌های رادیو سوند (جو بالا) که برای در ابتدا برای تعیین انواع وارونگی‌های دمایی در کلانشهر تهران داده‌های جو بالا (رادیو سوند) برای ایستگاه مهرآباد برای دو زمان ۰۰:۰۰ و ۱۲:۰۰ در روز برای سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ از سایت دانشگاه Wyoming به آدرس <http://weather.uwyo.edu> اخذ گردید. رادیوسوندها از دستگاه‌های هواشناسی هستند که برای اندازه‌گیری دما، رطوبت، فشار، سمت و سرعت باد در جو بالا بکار می‌روند.

در این بررسی برای تعیین روزهای وارونگی و نوع آن داده‌های *Text* در ساعت صفر و ۱۲ برای ایستگاه مهرآباد تهران اخذ گردید. این داده‌ها با نرم افزار *Raob* ترسیم گردید. نمودار ترمودینامیک به دست آمده از نوع تفی گرام انتخاب گردید. نمودار ترمودینامیک نموداری است که رابطه بین خصوصیات اتمسفری (۱) فشار، (۲) دما، (۳) دمای بالقوه، را نشان می‌دهد. از بین نمودارهای ترمودینامیک، نمودار تفی گرام بدین منظور انتخاب گردید.

۳-۱- یافته‌ها

۱-۳-۱- بررسی فراوانی وقوع وارونگی‌های دمایی

در این دوره مطالعه (۲۰۰۵-۲۰۰۹) ۷ تیپ وارونگی شنا سایی شد که سه تیپ اول اصلی و چهار تیپ دیگر فرعی و در واقع ترکیبی از سه تیپ اصلی می‌باشند.



کنفرانس ملی هواشناسی ایران - اردیبهشت ۱۳۹۴ - دانشگاه یزد

تیپ ۱) وارونگی تشعشعی / تیپ ۲) وارونگی فرونشستی / تیپ ۳) وارونگی جبهه‌ای / تیپ ۴) وارونگی تشعشعی-فرونشستی / تیپ ۵) وارونگی تشعشعی-فرونشستی-جبهه‌ای / تیپ ۶) وارونگی تشعشعی-جبهه‌ای / تیپ ۷) وارونگی فرونشستی - جبهه‌ای

فراوانی مطلق هر یک از تیپ‌های وارونگی محاسبه گردید. فراوانی مطلق بدون در نظر گرفتن روزهای مشترک (منظور از روزهای مشترک روزهایی است که در ساعت صفر و در ساعت دوازده وارونگی داشته اند). شمارش شده‌اند.

فراوانی مطلق بدون در نظر گرفتن روزهای مشترک و تکراری برای مجموع وارونگی‌ها در این دوره پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۹) ۱۵۲۰ وارونگی می‌باشد.

جدول ۱- فراوانی تیپ‌های وارونگی

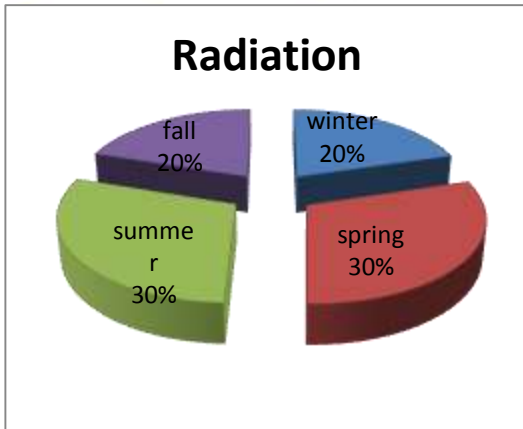
Rad(1)	۴۵۲
Sub(2)	۵۲۰
Fro(3)	۵۲
Rad-sub (4)	۳۵۳
Rad-sub-fro (5)	۳۹
Rad-fro (6)	۲۲
Sub-fro(7)	۸۲

جدول ۱ تعداد هریک از هفت تیپ وارونگی را در این دوره ۵ ساله (۲۰۰۵ - ۲۰۰۹) نشان می‌دهد که بیشترین تعداد وارونگی در این دوره پنج ساله وارونگی تیپ ۲ (فرونشستی) بوده است.

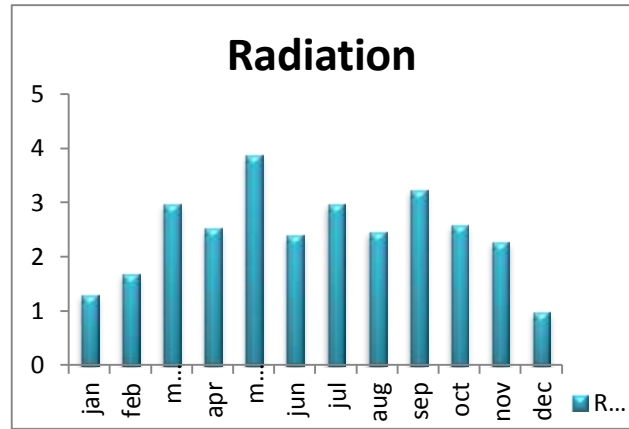
جدول ۲- تعداد روزهای وارونگی

سال	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	میانگین
تعداد روزهای وارونگی	۱۵۲	۲۵۷	۲۶۶	۲۸۳	۲۰۸	۲۳۳

جدول ۲ تعداد روزهای وارونگی را همراه با در نظر گرفتن روزهای مشترک نشان می‌دهد. کمترین تعداد وارونگی سال ۲۰۰۵ و بیشترین تعداد وارونگی در سال ۲۰۰۸ بوده است. میانگین تعداد روزهای وارونگی در این دوره مورد مطالعه (۲۰۰۵-۲۰۰۹) ۲۳۳ روز می‌باشد.

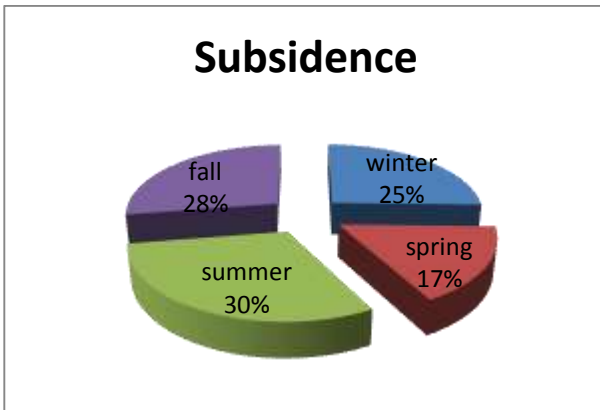


نمودار ۲) توزیع فصلی وارونگی تیپ ۱

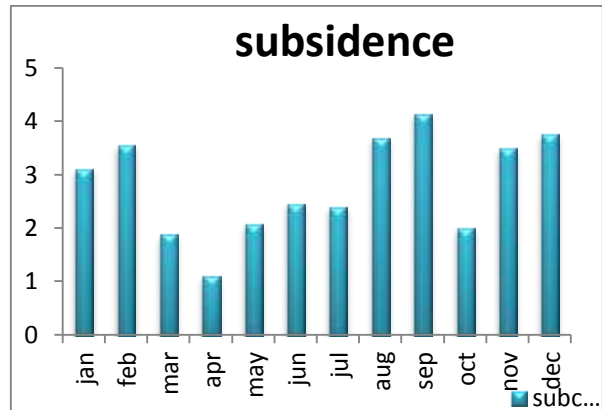


نمودار ۱) توزیع ماهانه وارونگی تیپ ۱

این نمودار متوسط ماهانه وارونگی تشعشعی را در دوره پنج ساله نشان می دهد. در این دوره پنج ساله بیشترین وارونگی تیپ یک (تشعشعی) مربوط به ماه می، مارس و سپتامبر است و کمترین میزان آن مربوط به ماه دسامبر و ژانویه است. (نمودار ۱) در این نمودار متوسط فصلی پنج ساله در نظر گرفته شده است. این نمودار نشان می دهد که بیشترین درصد وارونگی تشعشعی مربوط به فصل تابستان و بهار است. (نمودار ۲)



نمودار ۴) توزیع فصلی وارونگی تیپ ۲



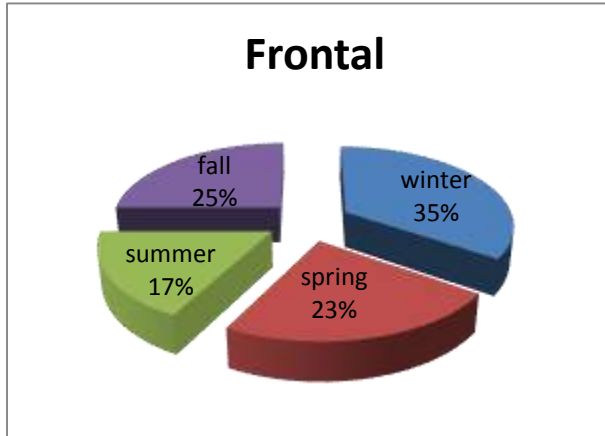
نمودار ۳) توزیع ماهانه وارونگی تیپ ۲

این نمودار متوسط ماهانه وارونگی فرونشستی (تیپ ۲) را نشان می دهد. بیشترین درصد وارونگی فرونشستی در این دوره پنج ساله مربوط به ماه های سپتامبر، آگوست و دسامبر است و کمترین میزان درصد مربوط به ماه های آوریل، مارس و می است. (نمودار ۳) این نمودار، نمودار فصلی

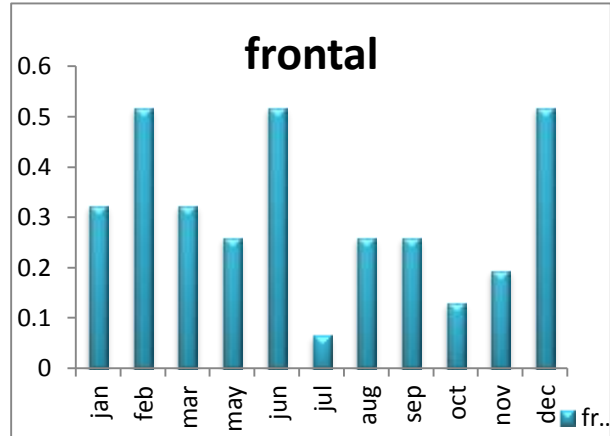


کنفرانس ملی هواشناسی ایران - اردیبهشت ۱۳۹۴ - دانشگاه یزد

میانگین پنج ساله وارونگی تپ ۲ (فرونشستی) را نشان می دهد. بیشترین درصد فراوانی مربوط به فصل تابستان و پاییز است.

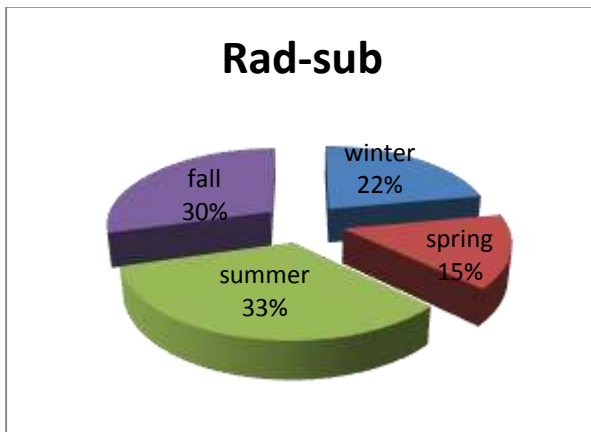


نمودار ۶) توزیع فصلی وارونگی تپ ۳

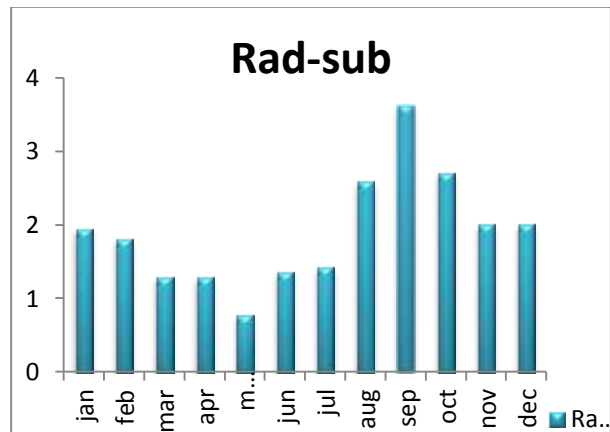


نمودار ۵) توزیع ماهانه وارونگی تپ ۳

این نمودار متوسط ماهانه وارونگی جبهه‌ای (تپ ۳) را در بازه زمانی پنج ساله نشان می دهد. بیشترین درصد وارونگی مربوط به فوریه، دسامبر و ژوئن است و کمترین مقدار آن مربوط به ماه جولای و اکتبر است. (نمودار ۵) این نمودار میانگین فصلی پنج ساله برای تپ ۳ را نشان می دهد. بیشترین درصد وارونگی جبهه‌ای در این بازه زمانی (۲۰۰۹-۲۰۰۵) مربوط به فصل زمستان و پاییز است. (نمودار ۶)

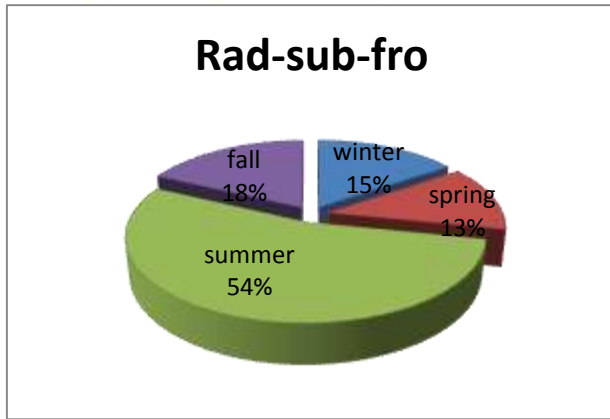


نمودار ۸) توزیع فصلی وارونگی تپ ۴

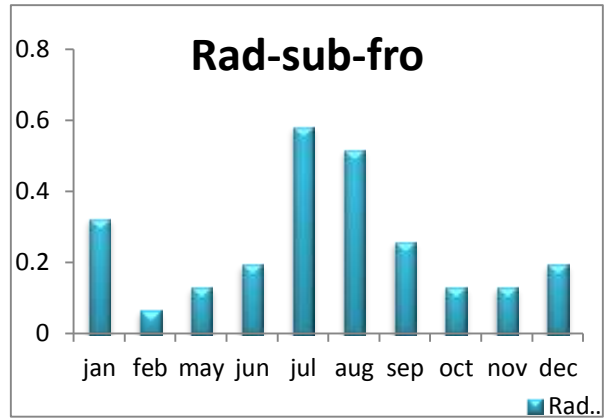


نمودار ۷) توزیع ماهانه وارونگی تپ ۴

این نمودار متوسط ماهانه پنج ساله برای تپ ۴ (تشعشی - فرونشستی) را نشان می دهد. بیشترین درصد فراوانی تپ ۴ در این بازه زمانی مربوط به ماه‌های سپتامبر، اگوست و اکتبر است. این نمودار نشان می دهد که وارونگی تپ ۴ از می تا سپتامبر افزایش پیدا کرده و از سپتامبر به سمت ماه‌های سرد روند کاهشی داشته است. (نمودار ۷) این نمودار میانگین فصلی پنج ساله وارونگی تپ ۴ را نشان می دهد. بیشترین درصد فراوانی تپ ۴ در این بازه زمانی مربوط به فصل تابستان و پاییز است. (نمودار ۸)

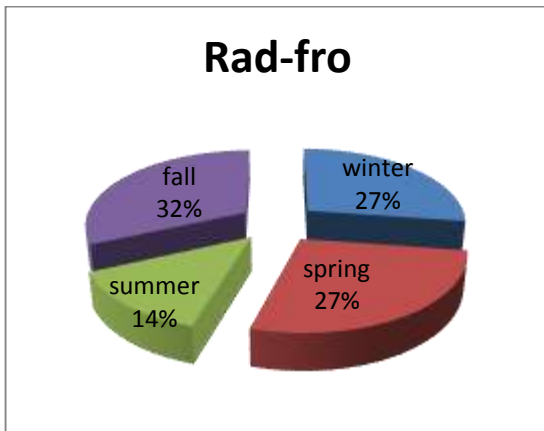


نمودار ۱۰) توزیع فصلی و ارونگی تیپ ۵

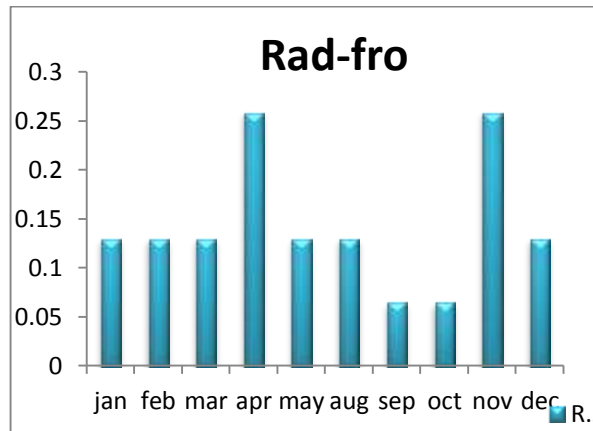


نمودار ۹) توزیع ماهانه و ارونگی تیپ ۵

این نمودار متوسط ماهانه پنج ساله تیپ ۵ (تشنشعی - فرونشستی - جبهه‌ای) را نشان می دهد. بیشترین درصد و ارونگی تیپ ۵ مربوط به ماه‌های جولای و آگوست است و کمترین درصد آن مربوط به فوریه و می است. (نمودار ۹) این نمودار میانگین فصلی پنج ساله و ارونگی تیپ ۵ (تشنشعی - فرونشستی - جبهه‌ای) را نشان می دهد. بیشترین درصد و ارونگی تیپ ۵ در دوره پنج ساله مربوط به فصل تابستان و پاییز است. (نمودار ۱۰)

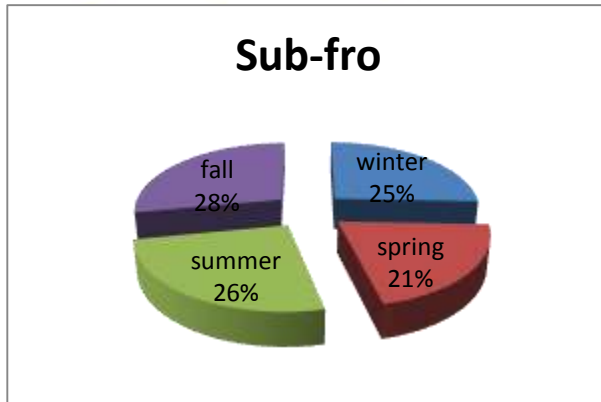


نمودار ۱۲) توزیع فصلی و ارونگی تیپ ۶

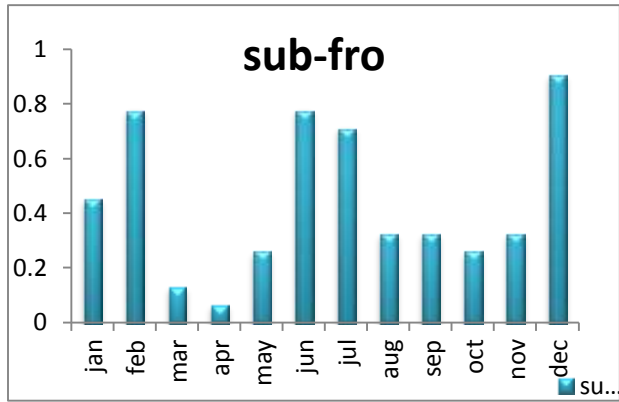


نمودار ۱۱) توزیع ماهانه و ارونگی تیپ ۶

این نمودار، نمودار متوسط ماهانه پنج ساله تیپ ۶ (تشنشعی - جبهه‌ای) را نشان می دهد. بیشترین درصد فراوانی و ارونگی تیپ ۶ مربوط به ماه‌های آپریل و نوامبر بوده و کمترین درصد آن مربوط به سپتامبر و اکتبر است. (نمودار ۱۱) نمودار میانگین فصلی پنج ساله تیپ ۶ (تشنشعی - جبهه‌ای) نشان می دهد که بیشترین درصد فراوانی در این دوره پنج ساله مربوط به فصل پاییز است. (نمودار ۱۲)



نمودار ۱۴) توزیع فصلی وارونگی تیپ ۷

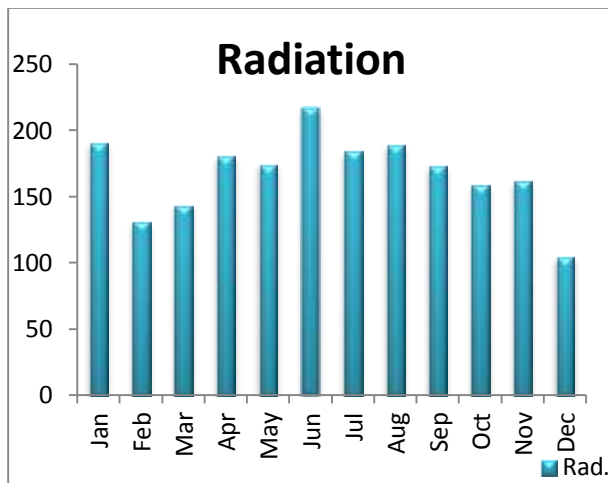


نمودار ۱۳) توزیع ماهانه وارونگی تیپ ۷

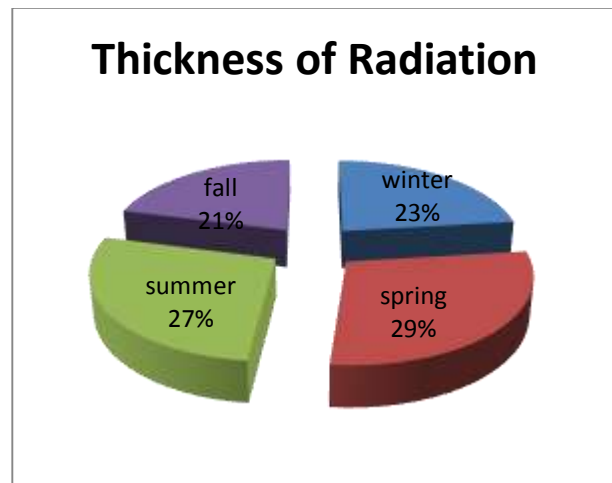
این نمودار متوسط ماهانه پنج ساله تیپ ۷ (فرونشستی - جبهه‌ای) را نشان می‌دهد. بیشترین درصد فراوانی وارونگی تیپ ۷ در این دوره پنج ساله مربوط به ماه‌های دسامبر، ژوئن و فوریه است و کمترین درصد آن مربوط به ماه‌های آپریل و مارس است. (نمودار ۱۳) این نمودار میانگین فصلی پنج ساله تیپ ۷ (فرونشستی - جبهه‌ای) را نشان می‌دهد. بیشترین درصد وارونگی تیپ ۷ مربوط به فصل پاییز است. (نمودار ۱۴)

۲-۳-۱- ضخامت انواع وارونگی

ضخامت وارونگی که کمتر در بحث وارونگی و انواع آن مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، در واقع کسر ارتفاع پایه (شروع) وارونگی از ارتفاع رأس (نقطه پایان) وارونگی است (نقطه ای که وارونگی اتمام می‌یابد و شرایط لپس ریت عادی می‌شود). ضخامت وارونگی فرونشستی نسبت به دو نوع وارونگی تشعشعی و جبهه‌ای از نوسان بیشتری برخوردار است. به طوری که در ماه‌های سرد فوریه و ژانویه و در ماه‌های گرم جولای، آگوست و سپتامبر حداکثر ضخامت را دارا می‌باشند.



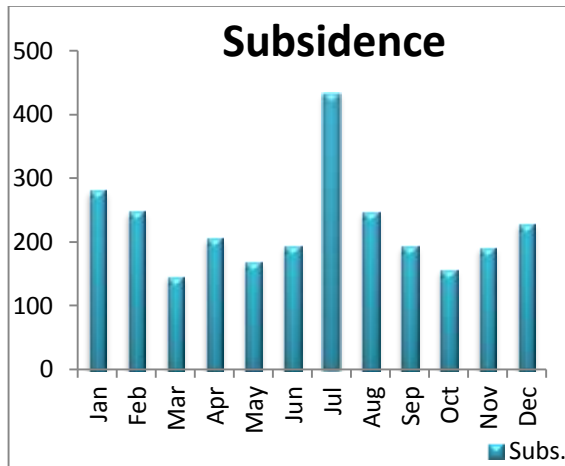
نمودار ۱۷) توزیع ماهانه ضخامت وارونگی تیپ ۱



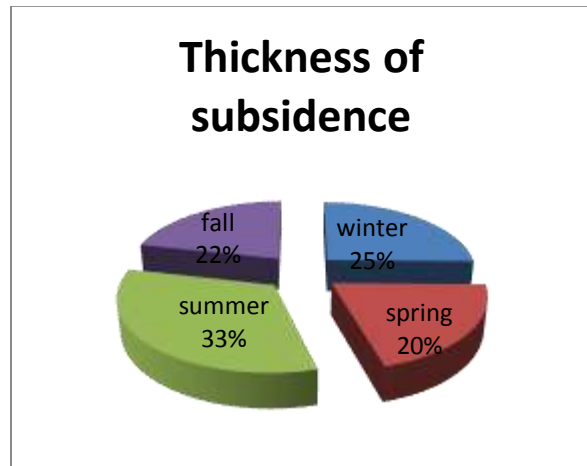
نمودار ۱۶) توزیع فصلی ضخامت وارونگی تیپ ۱



توزیع فصلی وارونگی تیپ تشعشعی نشان می دهد که بیشترین ضخامت مربوط به فصل بهار و تابستان است. (نمودار ۱۶) توزیع متوسط ماهانه وارونگی تشعشعی نشان می دهد بیشترین ضخامت مربوط به ژوئن و ژانویه است. (نمودار ۱۷)

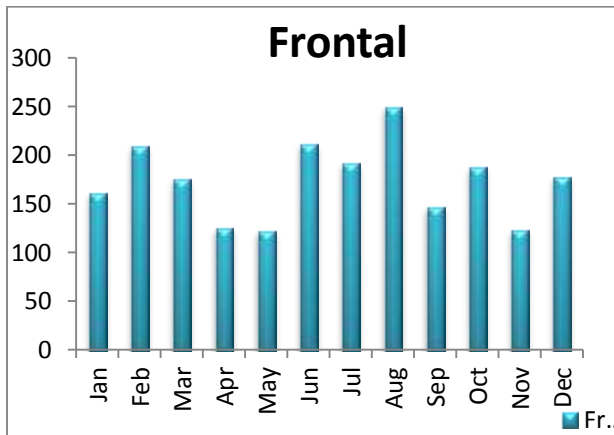


نمودار ۱۹) توزیع ماهانه ضخامت وارونگی تیپ ۲

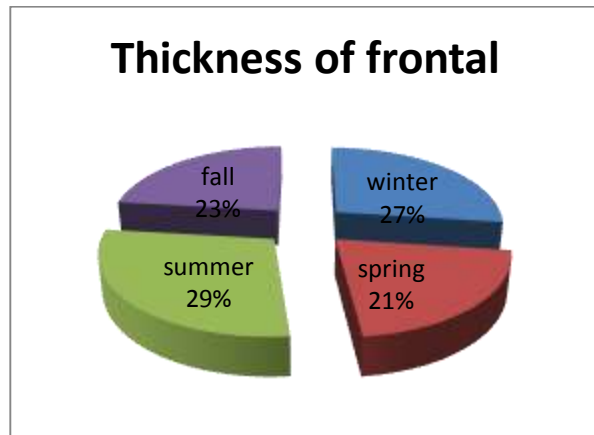


نمودار ۱۸) توزیع فصلی ضخامت وارونگی تیپ ۲

ضخامت وارونگی فرونشستی در این دوره مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و نمودار توزیع فصلی این تیپ وارونگی نشان می دهد که بیشترین ضخامت این تیپ وارونگی مربوط به فصول گرم است. (نمودار ۱۸) این نمودار متوسط ماهانه تیپ وارونگی فرونشستی دوره پنج ساله را نشان می دهد. بیشترین ضخامت در این نمودار مربوط به ماه جولای است. (نمودار ۱۹)



نمودار ۲۱) توزیع ماهانه ضخامت وارونگی تیپ ۳



نمودار ۲۰) توزیع فصلی ضخامت وارونگی تیپ ۳



توزیع فصلی وارونگی جبهه ای نشان می دهد که بیشترین ضخامت این تیپ وارونگی مربوط به فصل تابستان است. (نمودار ۲۰) توزیع متوسط ماهانه وارونگی جبهه ای نشان می دهد که بیشترین ضخامت مربوط به ماه آگوست است. (نمودار ۲۱)

۳-۳-۱- ارتفاع پایه و رأس انواع وارونگی ها

منظور از ارتفاع پایه وارونگی ارتفاعی است که وارونگی از آن ارتفاع شروع می شود. این ارتفاع با توجه به نوع وارونگی متفاوت است. منظور از ارتفاع رأس وارونگی ارتفاعی است که وارونگی در آنجا به اتمام می رسد و شرایط لپس ریت عادی می شود و منحنی T به حالت اولیه خود باز می گردد. در این قسمت انواع وارونگی اصلی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند.

الف) وارونگی تشعشی

ارتفاع پایه وارونگی تشعشی (تیپ ۱) به طور معمول از ۱۱۹۱ متر شروع میشود.

جدول ۳- متوسط ارتفاع پایه و رأس وارونگی تیپ ۱ بر حسب متر

ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۱	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۱	ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۱	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۱
Jan	۱۱۹۱	۱۳۴۴	Jul	۱۲۰۲	۱۳۸۶
Feb	۱۱۹۱	۱۳۲۹	Aug	۱۱۹۹	۱۳۶۹
Mar	۱۲۰۱	۱۳۵۸	Sep	۱۱۹۷	۱۳۶۶
Apr	۱۱۹۲	۱۳۹۱	Oct	۱۱۹۳	۱۳۵۲
May	۱۱۹۲	۱۳۸۲	Nov	۱۱۹۴	۱۳۴۱
June	۱۲۰۷	۱۴۱۴	Dec	۱۲۰۰	۱۳۱۴

جدول به دست آمده نشان می دهد که بالاترین ارتفاع پایه وارونگی وارونگی تشعشی در ماه جون بوده و کمترین ارتفاع مربوط به ماه های زمستانی است. بالاترین ارتفاع رأس وارونگی تشعشی در ماه جون و کمترین ارتفاع مربوط به ماه دسامبر است (جدول ۳).

ب) وارونگی فرونشستی

در وارونگی فرونشستی این ارتفاع متناسب با فصول گرم و سرد تغییر می یابد. به این ترتیب که در ماه های ژانویه، فوریه و ماه های سرد این ارتفاع به مرز ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ متر می رسد که در واقع به سطح زمین نزدیک تر می شود. در مواردی نیز بلافاصله پس از وارونگی تشعشی رخ می دهد که این مطلب شامل فصول گرم نیز می شود. این در حالی است که در ماه اکتبر ترکیبی از ارتفاع بالا و ارتفاع پایین را می توان دید. با این وجود شواهد و بررسی های لازم حکایت از این واقعیت دارد که ارتفاع وارونگی فرونشستی و در واقع نقطه شروع آن در ماه های سرد کاهش پیدا می کند و بالعکس در ماه های گرم این ارتفاع به سمت بالا تمایل دارد و مرتفع تر می گردد. به طوری



کنفرانس ملی هواشناسی ایران - اردیبهشت ۱۳۹۴ - دانشگاه یزد

که بیشترین ارتفاع رأسی که وارونگی فرونشستی به خود اختصاص می دهد مربوط به ماه جولای سال ۲۰۰۶ است و مقدار عددی آن برابر با ۱۱۵۹۶ متر می باشد. در مواردی ارتفاع پایه وارونگی تا ارتفاع ۱۱۹۱ متر کاهش می یابد. این ارتفاع مربوط به ماه های سرد است با این وجود این ارتفاع در موارد کمی در ماه های گرم به عنوان ارتفاع پایه وارونگی قرار گرفته است.

جدول ۴- متوسط ارتفاع پایه و رأس وارونگی تیپ ۲ بر حسب متر

ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۲	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۲	ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۲	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۲
Jan	۳۴۳۰	۳۶۴۵	Jul	۶۱۱۱	۶۴۵۵
Feb	۴۲۲۲	۴۴۱۴	Aug	۶۰۷۷	۶۳۷۹
Mar	۴۱۳۲	۴۲۶۱	Sep	۵۸۶۷	۶۰۰۶
Apr	۴۵۴۹	۴۷۳۱	Oct	۵۰۷۳	۵۲۰۷
May	۴۸۵۷	۵۰۰۰	Nov	۴۰۳۱	۴۱۸۲
June	۶۲۳۵	۶۳۸۸	Dec	۳۸۳۲	۳۹۸۳

جدول ۴ نشان می دهد که بالاترین ارتفاع پایه وارونگی فرونشستی در ماه جون و کمترین ارتفاع پایه وارونگی در ماه دسامبر بوده است و بیشترین ارتفاع رأس وارونگی فرونشستی در ماه جولای و کمترین ارتفاع رأس وارونگی در ماه ژانویه رخ داده است.

ج) وارونگی جبهه ای

همانند وارونگی فرونشستی ارتفاع پایه و رأس وارونگی متفاوتی را تجربه می کند. ارتفاع پایه وارونگی آن در ماه های سرد کاهش می یابد و در ماه های گرم مرتفع تر می شود. کمترین ارتفاع پایه وارونگی را اغلب در یک ماه سرد مانند دسامبر و بیشترین آن را در ماه گرم می میتوان دید.

جدول ۵- متوسط ارتفاع پایه و رأس وارونگی تیپ ۳ بر حسب متر

ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۳	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۳	ماه	ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۳	ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۳
Jan	۳۲۳۶	۳۳۷۲	Jul	۶۰۴۴	۶۱۷۷
Feb	۳۸۷۴	۴۱۰۱	Aug	۶۶۴۷	۶۸۷۹
Mar	۴۵۰۱	۴۶۷۶	Sep	۷۷۳۴	۷۸۸۱



Apr	۵۴۵۷	۵۵۸۲	Oct	۵۱۲۰	۵۲۰۸
May	۶۲۶۳	۶۳۸۵	Nov	۴۰۹۷	۴۲۱۲
June	۷۱۱۷	۷۳۱۰	Dec	۳۴۵۰	۳۴۷۳

مشاهدات جدول به دست آمده نشان می دهد که بالاترین ارتفاع پایه وارونگی تیپ ۳ در ماه جون و کمترین ارتفاع پایه وارونگی در ماه ژانویه بوده است و بالاترین ارتفاع رأس وارونگی تیپ ۳ در ماه سپتامبر و کمترین ارتفاع رأس وارونگی مربوط به ماه ژانویه است (جدول ۵).

۴-۱- نتیجه گیری

متوسط تعداد روزهای وارونگی در دوره مورد مطالعه ۲۳۳ روز در کلان شهر شهر تهران می باشد که در این بررسی ۷ تیپ وارونگی که ۳ تیپ اول آن اصلی و چهار تیپ دیگر ترکیبی می باشند، به دست آمد. یافته ها نشان می دهد که وارونگی تشعشعی (تیپ ۱) بیشتر در فصول گرم رخ داده است، با این وجود می توان گفت دسامبر و ژانویه وارونگی تیپ ۱ را بسیار تجربه کرده اند اما نمی توان وارونگی تشعشعی مختص فصول گرم یا سرد دانست. روند پنج ساله میانگین ضخامت وارونگی تیپ ۱ نشان می دهد که میانگین ضخامت وارونگی تشعشعی در ماه های گرم بیشتر است. وارونگی تیپ ۲ بیشتر در فصول گرم رخ داده است و ارتفاع پایه آن در ماه های سرد کمتر و در ماه های گرم بیشتر می شود. وارونگی فرونشستی نیز بیشتر در فصول گرم تداوم و ضخامت دارند. در وارونگی تیپ ۳ نیز ارتفاع پایه وارونگی در ماه های سرد پایتتر می آید و در ماه های گرم مرتفع تر می شود. وارونگی تیپ ۳ (جبهه ای) بیشتر در ماه های سرد (پاییز و زمستان) رخ داده است. وارونگی تیپ ۴ (تشعشعی - فرونشستی) بیشتر در فصل تابستان رخ داده است. وارونگی تیپ ۵ (تشعشعی - فرونشستی - جبهه ای) بیشتر در فصل تابستان رخ داده است. وارونگی تیپ ۶ (تشعشعی - جبهه ای) و وارونگی تیپ ۷ (فرونشستی - جبهه ای) بیشتر در فصل پاییز رخ داده است.

از این بررسی می توان نتیجه گرفت که در این مطالعه وارونگی تیپ ۲ (فرونشستی) با تعداد ۵۲۲ بیشترین فراوانی و کمترین فراوانی مربوط به تیپ ۶ (تشعشعی - جبهه ای) با تعداد ۲۸ وارونگی می باشد.

شواهد نشان می دهد که ۳۱ درصد وارونگی ها در فصل تابستان، ۲۱ درصد وارونگی ها در فصل بهار، ۲۳ درصد وارونگی ها در فصل زمستان و ۲۵ درصد وارونگی در فصل پاییز رخ داده است. همچنین بررسی ضخامت وارونگی ها نشان می دهد که وارونگی های جبهه ای، تشعشعی و فرونشستی در فصل تابستان ضخامت بیشتری داشته اند. همچنین ماه ژانویه برای وارونگی تشعشعی (تیپ ۱) در این دوره پنج ساله ضخامت قابل توجهی داشته است.

به طور کلی پایه وارونگی در فصول گرم در ارتفاع بالاتری قرار می گیرد و مرتفع تر می شود و در فصول سرد در ارتفاع پایتتری قرار می گیرد.

منابع



کنفرانس ملی هواشناسی ایران - اردیبهشت ۱۳۹۴ - دانشگاه یزد

- (۱) جهان بخش اصل.س، روشنی.ر، ۱۳۹۲، بررسی وضعیت و شدت وارونگی سطح پایین شهر تبریز طی دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره ۴، شماره پیاپی ۱۱۱، ۴۵-۵۴.
- (۲) دلجو، امیر هوشنگ، ۱۳۷۸، مطالعه و بررسی وارونگی دما و ناپایداری بر روی آلودگی هوای شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران.
- (۳) کریمی.محسن، درخشان.حسین، ۱۳۸۴، بررسی وارونگی دمایی (اینورژن) در شهر اصفهان، اداره کل هواشناسی استان اصفهان، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی.
- (۴) عظیمی.فریده، ۱۳۸۷، ارزیابی تأثیر وارونگی دما بر روند آلودگی هوای شهراهاز، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱۹، ۱۰۵ تا ۱۱۲.
- (۵) علیجانی، بهلول؛ نجفی نیک، زهرا؛ ۱۳۸۸؛ بررسی الگوهای سینوپتیکی اینورژن در مشهد با استفاده از تحلیل عاملی؛ جغرافیا و توسعه ی ناحیه ای؛ شماره ی ۱۲.
- (۶) یآوری، حسین؛ سلیقه، محمد؛ بهار ۱۳۹۰؛ سطوح وارونگی در آلودگی های شهر تهران؛ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی؛ جلد ۱۷؛ شماره ۲۰؛ صص ۸۹-۱۰۵.

7. Nixon. Mark ,Eley.Joe,Burgess.Margo, Egginton .Paul, 1998, Effect of Atmospheric Temperature Inversions on Ground Surface Temperatures and discontinuous Permafrost Norman Wells, Mackenzie Valley Canada, vol.55,Permafrost –seventh International Conference, Nordicana,1043 – 1048.
8. Kumar, Siva V., Kumar. Bhavani .Y, Raghunath.K, Rao.P.B,Mokrishnaiah ,Mizutani .K, Aoki.T,Yasuiand.M,Itabe.T., 2001, Lidar Measurments of Mesospheric Temperature Inversion At A Low Latitude ,Annales Geophysicae Society, 19, 1039-1044
9. ROGER.WHITON , JAMES .OVERALL , THE USE OF THE SKEW-T LOG P DIAGRAM IN ANALYSIS AND FPRECASTING , MARCH 1990 , AIR WEATHER SERVICE , Scott Air Force Base, Illinois 62225-5008.
10. Thadathil.Pakajakshan,K.Gosh.Aravind, 1992, Surface Layer Temperature Inversion in The Arabian Sea During Winter , Journal of Oceanography,48, 293-304
11. Whiteman. David , 1981, Break up of Temperature Inversions in Deep Mountain Valleys :Part 1.Observations, Journal of Applied Meteorology, 21, 270-289.