

ارزیابی تأثیر وارونگی دما بر روند آلودگی هوای شهر اهواز

دکتر فریده عظیمی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

Email: azimifaride@yahoo.com

چکیده:

دمای هوا معمولاً با افزایش ارتفاع کاهش می یابد و حالتیکه با افزایش ارتفاع، دما افزایش می یابد؛ وارونگی دما^۱ می نامند. شهر اهواز، مرکز استان خوزستان، از نظر آلودگی هوا، جزء ۷ شهر آلوده کشور است. تشدید پدیده وارونگی دما در این شهر موجب افزایش پایداری جو و تجمع مواد آلاینده در لایه پایینی هوای سطح شهر می شود. خطرات ناشی از تجمع این آلایندها ما را بر آن داشت تا به بررسی وضعیت اقلیمی موثر بر آلودگی هوای شهر اهواز بپردازیم. تحقیق حاضر با مطالعه عناصر اقلیمی دوره آماری ۵۵ ساله و تفسیر نقشه های هوای سطح زمین و سطح ۵۰۰ میلی بار به منظور بررسی اثر وارونگی دما در روند آلودگی هوای شهر اهواز انجام گرفته است. نتایج این تحقیق نشان میدهد که بیشینه شدت وارونگی دما دلیل پایداری هوا و تجمع مواد آلاینده در سطح زمین است که در شهر اهواز این پدیده عمدتاً " در فصل گرم سال رخ میدهد. ارائه راهکارهایی چون گاز سوز کردن خودروها، ایجاد فضای سبز، پایش گازهای خروجی آگروزها و دودکشهای صنایع و نیز آمایش سرزمین در کنترل و کاهش آلودگی هوا می تواند گام موثری در مسیر توسعه درخورد و ماندگار باشد.

واژه های کلیدی: وارونگی دما، آلودگی هوا، شهر اهواز

مقدمه

دمای هوای محیط در تروپوسفر معمولاً " با افزایش ارتفاع کاهش می یابد (به ازاء هر ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع بین ۵ الی ۶ درجه سانتیگراد دما کاهش می یابد) ولی گاهی با افزایش ارتفاع دمای هوا افزایش یافته که به این وضعیت وارونگی دمایی یا اینورژن می گویند (Ghosh A.K. et al, 1999) و می توان گفت معیار تشخیص وارزیابی این پدیده، دوفاکتور ارتفاع و تغییرات دما می باشد که در حالت وقوع پدیده وارونگی دمایی این پدیده ها با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند (Ogino S.Y. et al, 2006).

وارونگی دما به طرق گوناگون ایجاد می شود که بر این اساس چهار نوع وارونگی ذیل حائز اهمیت است:

- ۱- وارونگی تشعشعی که در اثر زمینتاب در شب و سرد شدن هوای سطح زمین نسبت به جو بالا ایجاد می شود و معمولاً در شبهای بدون ابر و همراه باد ضعیف پدیدمی آید (Yasuda I, 2005).
 - ۲- وارونگی تروبولانسی که قدرت باد و تروبولانس ایجاد شده در یک حدمعین سبب ایجاد وارونگی عمیق تر و بولانسی در سطح زمین و گاهی در سطوح فوقانی می گردد (Lehmacher G.A. et al 2006).
 - ۳- وارونگی فرونشینی که در اثر فرونشینی هوا به دلیل همگرایی هوا در سطح فوقانی و واگرایی همزمان هوا در سطح زمین رخ می دهد (Brandt, R. et al, 2005).
 - ۴- وارونگی جبهه ای، شرایط لازم جهت تشکیل این وارونگی هنگامی بوجود می آید که هوای گرم اجباراً از روی هوای خنک در مجاورت منطقه باشیب معین صعود کند، در این وارونگی علاوه بر افزایش دما با افزایش ارتفاع مقدار بخار آب نیز افزایش می یابد و از این نظر با سایر انواع وارونگی متفاوت است (Eisenbach S. et al, 2004).
- وارونگی گاهی از سطح زمین به طرف بالا رخ می دهد که آن را وارونگی سطح زمین می گویند و گاه در لایه های بالاتر از سطح زمین دیده می شود که آن را وارونگی فوقانی می خوانند (Brandt, R. et al, 2005).
- از آن جائیکه در شهر اهواز در طول سال به خصوص در دوره گرم سال پدیده وارونگی دمایی به کرات اتفاق می افتد (فخاری، ح. و همکاران) و در تشدید آلودگی هوای این شهر نقش بسزایی دارد و سبب مشکلات عدیده ای برای ساکنین این شهر می شود، بر آن شدیم تا به بررسی عوامل موثر بر ایجاد این پدیده و نقش آن در آلودگی هوای شهر اهواز با استفاده از آمار دوره ۵۵ ساله هواشناسی بپردازیم.

روش بررسی

در این پژوهش به تجزیه و تحلیل آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیکی و جو فوقانی شهر اهواز برای یک دوره ۵۵ ساله (۲۰۰۴-۱۹۴۹) شامل عناصری چون دما، بارش و رطوبت نسبی و باد پرداخته ایم، همچنین داده های سطوح فوقانی و نقشه های هوای سطح زمین و سطح ۵۰۰ میلی باری را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده ایم.

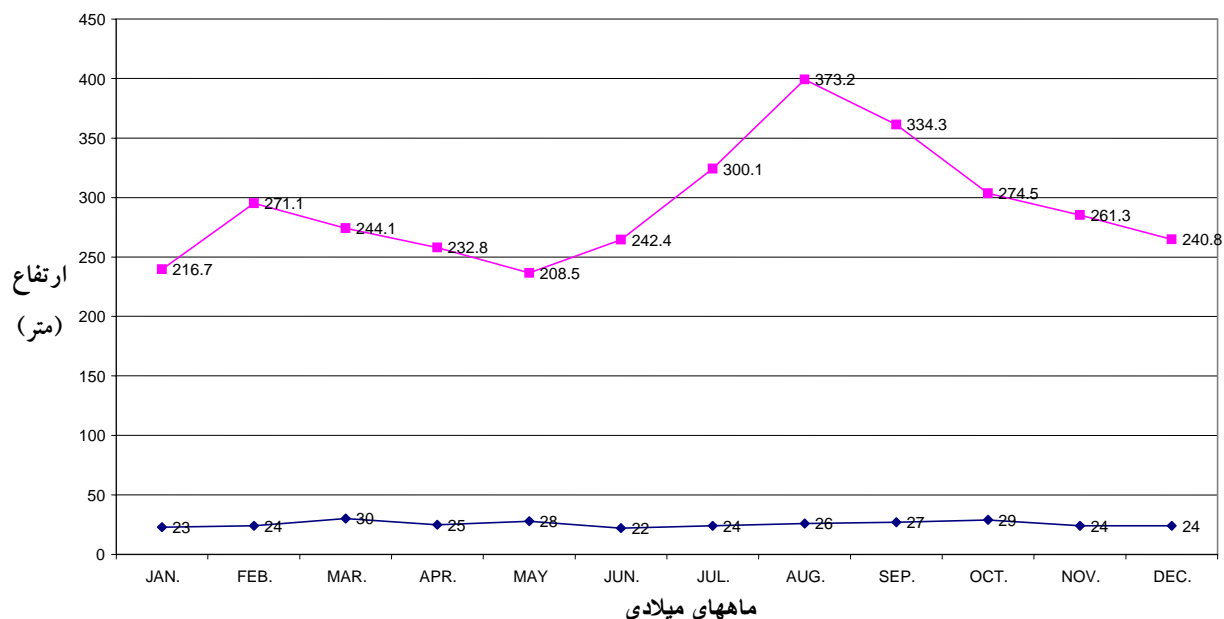
نوع روش تحقیق میدانی و کتابخانه ای بوده و جهت داده آمایی از نرم افزار Spss و آزمون آماری ANOVA یکطرفه استفاده شده و همچنین از آمار میانگین مربوط به بیشینه و کمینه و متوسط هر یک از عناصر مذکور به صورت روزانه و برای جو بالا به صورت ماهیانه و سالیانه استفاده شد، سپس درصد فراوانی و تعداد وارونگی دما برای هر ماه میلادی محاسبه گردید و در مرحله بعد شدت و ارتفاع وارونگی تعیین و نمودار آنها ترسیم گردید. لازم به ذکر است جهت محاسبه شدت و فراوانی وارونگی دما با استفاده از نقشه های سطوح مختلف جو و آمار هواشناسی، فرایند افت و خیز دما را برای ارتفاعات مختلف محاسبه نمودیم.

نتایج

نتایج بدست آمده در این پژوهش در ۵ شکل به ترتیب زیر آورده شده است:

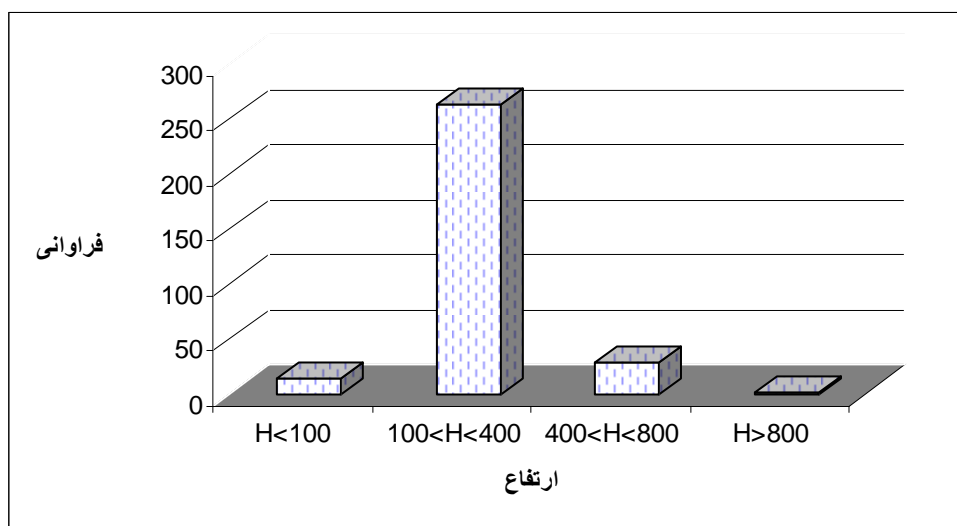
شکل شماره ۱ نشان می دهد که میانگین ارتفاع بیشینه قلّه لایه وارونگی دمایی تشعشعی زمین طی بررسی آماری ۵۵ ساله، مربوط به ماه اگوست و برابر با ۳۷۳/۲ متر و میانگین حداقل ارتفاع آن در ماه می و برابر با ۲۸۰/۵ متر است، همچنین در این شکل فراوانی وارونگی دمایی در طی این دوره نشان داده شده است که بیشترین تعداد

وارونگی مربوط به ماه مارس برابر با ۳۰ روز و کمترین فراوانی مربوط به ماه ژوئن برابر با ۲۲ روز می باشد و بطور میانگین ۲۶ روز در ماه وارونگی دمایی مشاهده شده است.



شکل شماره ۱- نمودار میانگین ارتفاع و تعداد وارونگی دما برای ۵۵ سال (۱۹۴۹-۲۰۰۴)

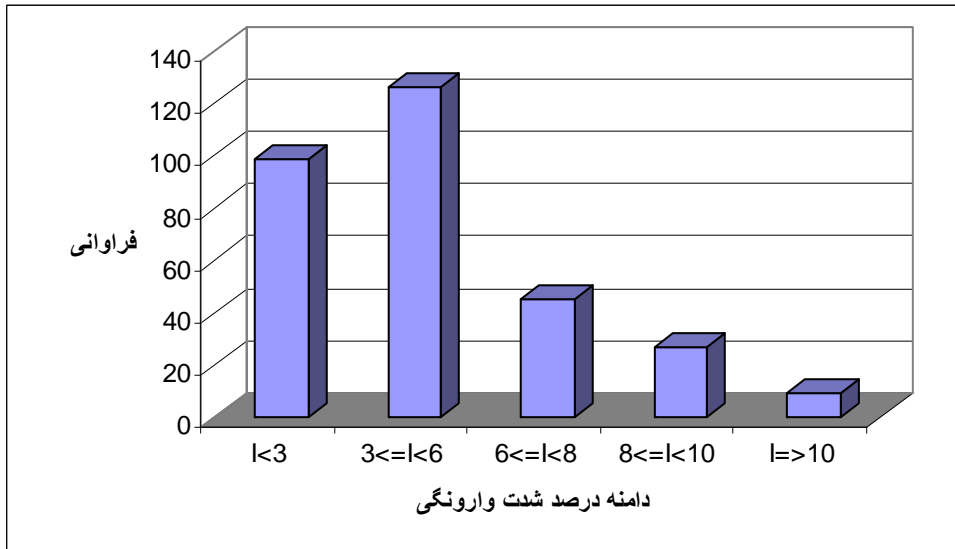
شکل شماره ۲ که درصد فراوانی ارتفاع وارونگی دمایی اهواز را برای سال ۲۰۰۴ میلادی نشان می دهد، بیانگر آنست که ۸۶٪ یا ۲۶۳ مورد وارونگی دمایی در ارتفاع بین ۴۰۰-۱۰۰ متری از سطح زمین و ۹٪ یا ۲۸ مورد در دامنه ارتفاعی ۸۰۰-۴۰۰ متری حادث گشته و حدود ۳٪ یا ۱ مورد نیز در ارتفاع بیش از ۸۰۰ متر وارونگی دما حادث شده که حاکی از ارتفاع اختلاط توسط باد تلاطمی و همرفتی درجومی باشد.



شکل شماره ۲- نمودار درصد فراوانی وارونگی دمایی اهواز در سال ۲۰۰۴

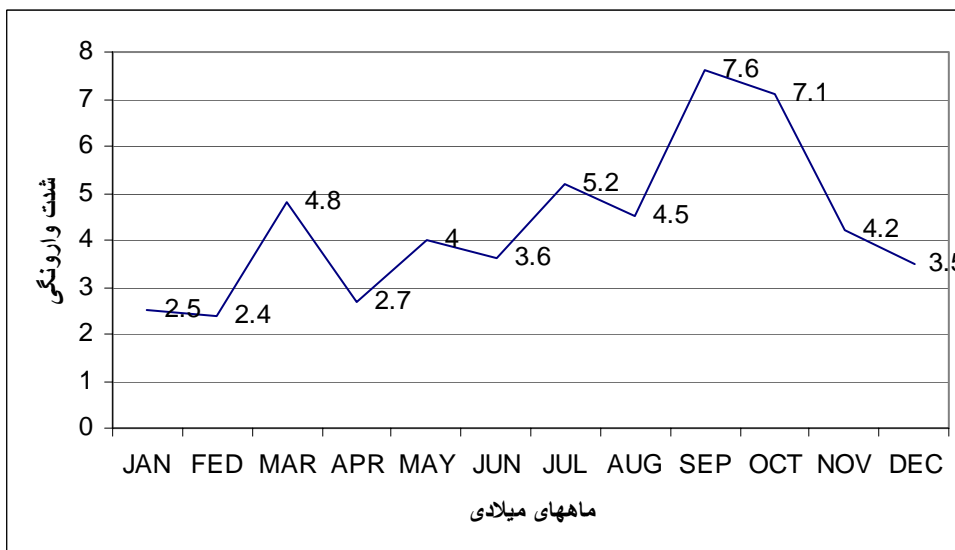
شکل شماره ۳ نشان دهنده درصد فراوانی و شدت وارونگی دمایی شهر اهواز در سال ۲۰۰۴ میلادی می باشد. بر اساس داده های سطوح فوقانی و رسم نمودار و محاسبات لازم، مشخص شد که از ۳۶۵ روز سال ۲۰۰۴ میلادی،

۳۰۶ روز یا ۸۵٪ مواقع وارونگی دمایی در شهر اهواز رخ داده است که ۹۹ بار یا ۳۲٪ مواقع وارونگی با شدت کمتر از ۳ درجه، ۱۲۶ بار یا ۴۱٪ مواقع با شدت بین ۳-۶ درجه، ۴۵ بار یا ۱۵٪ مواقع با شدت بین ۶-۸ درجه، ۲۷ بار یا ۹٪ مواقع وارونگی با شدت ۸-۱۰ درجه و فقط ۹ بار یا ۳٪ مواقع، بیشترین شدت وارونگی دمایی دیده شده است.



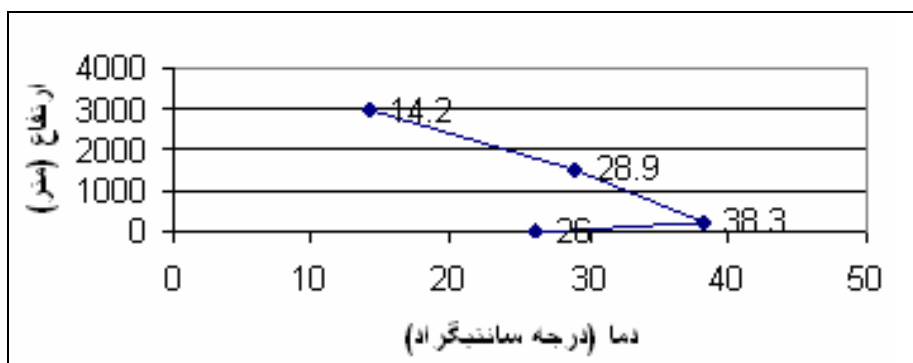
شکل شماره ۳- نمودار درصد وارونگی دمایی در سال ۲۰۰۴ در شهر اهواز

در شکل شماره ۴ نشان داده شده که بیشینه میانگین شدت وارونگی طی دوره ۵۵ ساله به میزان ۷/۶ در ماه سپتامبر و کمینه میانگین آن به میزان ۲/۳ مربوط به ژانویه می باشد و بطور میانگین شدت وارونگی در اهواز ۴/۳ می باشد.



شکل شماره ۴- نمودار میانگین ماهیانه شدت وارونگی دمایی برای دوره آماری ۵۵ ساله

شکل شماره ۵ نشان دهنده حداکثر شدت وارونگی دمایی در اهواز است که بر این اساس در روز ۲۸ سپتامبر سال ۲۰۰۴ بیشترین وارونگی دمایی در طی دوره آماری مورد بررسی در اهواز دیده شده است که با افزایش ارتفاع به میزان ۲۵۰ متر، دما ۱۲/۳ درجه سلسیوس زیاد شده است.



شکل شماره ۵ - نمودار حداکثر مطلق شدت وارونگی دمایی در ۲۸ سپتامبر ۲۰۰۴

نتیجه گیری و پیشنهادات

بررسی های انجام شده نشانگر آن است که در شهر اهواز ارتفاع قله ی لایه وارونگی دمایی سطح زمین در طی سال در محدوده بین ۱۰۱۶-۳۵ متر متغیر بوده است یعنی حداقل مطلق آن ۳۵ متر در فصل سرد و حداکثر مطلق این ارتفاع ۱۰۱۶ متر در فصل گرم بوده است. به بیان دیگر در تابستان به دلیل همرفت وزشی و تلاطمی هوای اهواز، قله لایه وارونگی دمایی بالاتر و لایه وارونگی از ضخامت بیشتری نسبت به زمستان برخوردار است و در زمستان سطح قله لایه وارونگی دما پایینتر و از ضخامت کمتری برخوردار است، در طول تابستان ارتفاع وارونگیها متغیر و بین ۸۰۰-۱۰۰۰ متر، و حدود ۱ مورد نیز بیش از ۸۰۰ متر وارونگی دمایی حادث شده که حاکی از ارتفاع اختلاط توسط باد تلاطمی و همرفتی در جو می باشد.

نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان می دهد که در بیشتر روزهای سال در اهواز وارونگی دمایی مشاهده شده است که این امر می تواند به دلیل شرایط پایداری هوا، وجود پرفشار جنب حاره، سرعت کم باد و طولانی بودن دوره گرما باشد و این پدیده گاهی می تواند سبب تشکیل گنبدی از گرد و غبار تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری زمین بر روی شهر اهواز گردد.

در این تحقیق پس از بررسی داده های آماری نشان داده شد که در اهواز بیشینه شدت وارونگی تشعشی دمایی در فصل تابستان، ماه آگوست و سپتامبر و کمینه شدت وارونگی دمایی در زمستان، ماه دسامبر و ژانویه رخ می دهد. محاسبات بیانگر آنستکه در حدود ۳۶ روز شدت وارونگی دمایی زمینتاب، بیش از ۸ درجه سلسیوس می باشد. کمبود بادهای آرام با سرعت کمتر از ۲ متر بر ثانیه در تابستان، باعث تلاطم هوا و افزایش ضخامت لایه وارونگی و پراکنش جوی می شود (Kidson, 1992). مقایسه دمای کف و قله لایه وارونگی و شدت لایه وارونگی نشان از ارتباط مستقیم این سه فاکتور (بادهای آرام، ضخامت لایه وارونگی دما و تلاطم هوا) دارد که با افزایش دما در فصول گرم سال شدت وارونگی بیشتر و در هوای سرد همراه با رطوبت بیشتر، از شدت وارونگی دمایی کاسته می شود (علیچانی، ۱۳۷۱). بدلیل استقرار سامانه پرفشار دینامیکی بر روی منطقه و افزایش شدت تغییرات شبانه روزی دما در تابستان بیشینه وارونگی دمایی بالاتر از ۸ درجه سلسیوس در اواخر تابستان و اوایل پاییز حادث

می شود و از کل وارونگی زمینتاب که در سال ۲۰۰۴ میلادی صورت گرفته، میزان ۳۲٪ با شدت کمتر از ۳ درجه، ۴۱٪ بین ۳ تا ۶ درجه، ۱۵٪ بین ۶ تا ۸ درجه، ۹٪ بین ۸ تا ۱۰ درجه و ۳٪ بیشترین شدت وارونگی دمایی یعنی بیش از ۱۰ درجه را داشته که بدلیل اختلاف شدید دمای شبانه روزی حادث گردیده است.

بررسیهای انجام شده نشان داده است که دو نوع وارونگی دمایی تشعشی زمینتاب و فرونشینی^۱، مانع از خروج گازهای آلاینده و بخصوص ذرات معلق از لایه اصطکاک می شوند و گنبد غبار آلودی بر روی شهر ها ایجاد می کنند (Stern 1984) و همچنین وارونگی دمایی در سطوح بالاتر جو در طول دوره گرم سال عامل افزایش غلظت آلاینده ها در طی شبانه روز می باشد (Qiu B., 2002) که میتوان گفت پدیده های فوق در مورد شهراوهاز نیز صادق است.

در تابستان در شهراوهاز به علت آسمان صاف و تابش شدید خورشید، گرمایش سطح زمین و تشکیل کم فشار حرارتی باعث صعود هوا و آلاینده های آن می گردد و همگرایی در سطح زمین باعث می شود که هوای پر فشار اطراف، به درون شهر بوزد ولی بافت و معماری نامناسب شهری بصورت مانعی باعث کاهش سرعت باد در سطح زمین می شود (رویوران، ۱۳۸۴). در ارتفاع کمی بالاتر واگرایی هوا صورت می گیرد و با تضعیف عمل همرفت عمودی و بازتاب شبانه؛ بسرعت سطح زمین سرد شده و هوای سرد و متراکم سطح زمین باعث غلظت آلاینده ها می شود (علیزاده، ۱۳۸۳). در بالای کم فشار حرارتی سطح زمین، وارونگی فروکشی (فرونشینی) اتفاق می افتد که حاصل از ریزش هوای پرفشار دینامیکی جنب حاره از زیر لایه تروپوپاز تا هوای مجاور سطح زمین می شود (جعفر پور، ۱۳۷۱) که این دو نوع وارونگی در شب حادث شده و در طی روز به نظر می رسد وارونگی دمائی فرونشینی مانع از خروج مواد آلوده کننده از لایه پیلوسفر (اصطکاک) می شود (پرکینز، ه. ک. ۱۳۸۰) ولی در پاییز عامل همرفت و تلاطم هوا و سرعت بیشتر باد، میتواند شرایط ناپایداری بوجود آورد که سبب کاهش قله وارونگی دمایی گردد (Yamaguchi, h. 2004).

همه انواع وارونگیها در سطح زمین و یا ارتفاعات بالاتر، از اختلاط اتمسفری جلوگیری کرده و موجب تجمع آلاینده ها می شوند (عرفان منش ۱۳۸۱). در شهراوهاز تابستان به دلیل آسمان صاف، سطح زمین به سرعت بانور خورشید گرم شده و سبب ایجاد پدیده وارونگی دما می گردد. وجود وارونگی دمایی غالباً منجر به افزایش بیش از حد غلظت آلاینده ها می شود (دینورز، ۱۳۸۰)

در اهواز بدلیل تشعشعات حاصل از جزیره حرارتی و عمل همرفت و تلاطم و زمستان کوتاه و ملایم، وارونگی دمایی در طول سال به کرات رخ می دهد که ارتفاع آن در زمستان از ارتفاع لایه دمایی در تابستان کمتر است. لایه وارونگی دمایی تشعشی ایجاد شده در سطح زمین و وارونگی دمایی فرونشینی در سطوح بالاتر جو در طول دوره گرم سال عامل افزایش غلظت آلاینده ها در طی شبانه روز می باشد (Stern, 1984) و از آنجائیکه فراوانی این دو نوع وارونگی در شهر اهواز نیز در تابستان زیاد بوده، سبب افزایش غلظت آلاینده ها در این شهر شده اند.

باتوجه به اینکه در فصل گرم سال، شدت وارونگی دمایی در شهراوهاز بیشتر است لذا برای جلوگیری از افزایش بی رویه دما و کاهش تاثیر پدیده وارونگی دمایی بر آلودگی این شهر، راهکارهای ذیل پیشنهاد می گردند:

- ۱- گسترش و ایجاد فضای سبز کمربندی در اطراف شهر و درون شهر اهواز، جهت کاهش آفتابگیری آسفالت‌های خیابان و غیره.
- ۲- طراحی الگوی بهینه مسکن همساز با اقلیم شهر اهواز به منظور کاهش ضرورت استفاده از دستگاه‌های مکانیکی سرمایشی، زیرا این دستگاه‌ها خود سبب افزایش دمای شهری می‌شوند.
- ۳- تشویق و اشاعه فرهنگ مردمی به منظور استفاده از وسایل نقلیه عمومی بجای وسایل نقلیه شخصی با هدف کاهش تردد خودروها در مرکز شهر زیرا تردد وسایل نقلیه علاوه بر آلودگی محیط زیست، سبب افزایش دمای هوا نیز می‌شوند.
- ۴- کنترل رشد جمعیت شهر و مهار مهاجرتهای بی رویه به شهر بزرگ و صنعتی اهواز به منظور کاهش آلودگی هوای شهر.
- ۵- ساخت شهرها و شهرکهای جدید و جذب سرریزهای جمعیتی.
- ۶- ایجاد شهرکهای صنعتی به منظور انتقال کارخانجات صنعتی آلوده کننده هوا به خارج از شهر اهواز.
- ۷- جایگزینی اتومبیل‌های جدید با مصرف سوخت پایین، بجای اتومبیل‌ها و خودروها قدیمی .

منابع و مآخذ

- ۱- پرکینز، ه.ک.، ترجمه غیاث الدین، منصور (۱۳۸۰): آلودگی هوا، دانشگاه تهران، ص ۵ - ۸.
- ۲- جعفر پور، ا. (۱۳۷۱): اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، شماره ۱۹۶۹، ص ۵ - ۶، ۲۲ - ۲۷، ۵۰ - ۵۷، ۲۰۰.
- ۳- دنورزن، ا.، ترجمه ترکیان، ا.، نعمت پور، ک. (۱۳۸۰): مهندسی کنترل آلودگی هوا، دانشگاه صنعتی شریف، ص ۱ - ۳، ۱۱۲، ۱۳۵ - ۱۵۶، ۲۵۶، ۲۵۷، ۲۷۷، ۲۸۸.
- ۴- رویوران، م.، زویداوی، آ. (۱۳۸۴): پایان نامه آلودگی هوا (محدوده شهر اهواز)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ص ۱۲ - ۹۲.
- ۵- ریتالاک، بی. جی.، ترجمه: نوحی، ا. (۱۳۷۳): هواشناسی عمومی، سازمان هواشناسی، تهران، ص ۵، ۸، ۱۹، ۲۷، ۲۹، ۱۰۶ - ۱۱۱، ۱۳۹، ۱۴۶.
- ۶- عرفان منش، م.، افیونی، م. (۱۳۸۱): آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا)، ارکان اصفهان. ص ۱۸۵ - ۲۰۸، ۱۸۸، ۲۲۵ - ۱۷۶، ۱۹۹.
- ۷- عزیزی، ق. (۱۳۸۳): تغییر اقلیم، نشر قومس، تهران، ص، ۱۲ - ۱۳، ۱۹۲، ۲۳۸ - ۲۴۷.
- ۸- علیجانی، ب.، کاویانی، م. (۱۳۷۱): مبانی آب و هواشناسی، سمت، تهران، ص ۳۶ - ۴۱، ۱۰۷، ۱۱۲ - ۱۲۰، ۱۳۲ - ۱۳۳، ۱۵۳ - ۱۶۰.
- ۹- علیزاده، ا.، و همکاران (۱۳۸۳): هوا و اقلیم شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۸۲. ص ۱۳ - ۱۶، ۲۶ - ۳۶، ۵۳، ۱۲۲، ۷۹، ۳۵۰ - ۳۵۳، ۳۶۲ - ۳۶۴.
- ۱۰- فخاری، ح. و همکاران (۱۳۷۸): آب و هوای خوزستان، اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ص ۴۶ -

- 11- Brandt, R. et al, (2005): A look at the Surface-Basced Temperature Inversion on the Antarctic Plateau, Journal of Climate.
- 12- Eisenbach, S. et al, (2004): Minimum Temperature, Diurnal Temperature Ranges, and Temperature Inversion in Limestone Sinkholes of Different Sizes and Shapes, Journal of Applied Meteorology.
- 13- Ghosh, A. et al, (1999): A Quality-control Procedure for Surface Temperature and Surface Layer Inversion in the XBT data Archive from the Indian Ocean, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology.
- 14- Kidson, Jw. (1992): The Utility of surface and upper Air Data in synoptic Climatological Specification of surface Climatic Variables. International Journal of Climatology; Vol. 17, pp399-413.
- 15- Lehmacher, G. A. et al, (2006): Intense Turbulence Observed Above a Mesospheric Temperature Inversion at Equatorial Latitude, 33rd ed, Geophysical Research Letters.
- 16- Ogino, S. et al, (2006): Climatological Discription of Seasonal Variations in Lower-Tropospheric Temperature Inversion Layers over the Indochina Peninsula, Journal of Climate.
- 17- Qiu, B. (2002): Tests of Inversion for Temperature, Journal of Physical Oceanography.
- 18- Sterne, A. C. et al, (1984): Fundamentals of air pollution, 2nd ed, Academic press pp 3_17.
- 19- Yamaguchi, H. (2004): Pressure-temperature Inversion Paths Obtained from Garnet in the Himalayan Collision Belt, 113rd ed, Journal of geography PP 688-702.
- 20- Yasuda, I. et al, temperature Inversion in the Subtropic north pacific, Journal of Physical oceanography.

