# سطوح وارونگی در آلودگی های شهر تهران

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۲/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۱۵
صفحات: ۱۰۵-۸۹

حسین یاوری: کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران[1]
Email:iryavari75@yahoo.com
محمد سلیقه: دانشیار دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم تهران
Email:saligheh@tmu.ac

**چکیده**

**هدف از این تحقیق بررسی سطوح رخداد وارونگی دما و تاثیر آن بر روی آلودگی هوای شهر تهران است. بدین منظور ابتدا برای ۵ ایستگاه انتخابی سطح شهر تهران، طی سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷، ۱۰۰ روز از روزهایی که ایستگاه‌ها بیشترین میزان آلودگی را داشته‌اند انتخاب گردید و وضعیت وارونگی در سطوح ۹۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال در روزهای آلوده با استفاده از نمودارهای Skew-T و نقشه‌های فشار سطح زمین، ۵۰۰ هکتوپاسکال و امگای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که بین ۷۳ تا ۸۵/۵ درصد میزان آلودگی در ایستگاه‌های سطح شهر تهران ناشی از وارونگی دما بوده است. از طرفی دیگر نتایج نشان داد وارونگی‌های دمایی شهر تهران متاثر از سامانه‌های فشار و تشعشع زیاد سطح زمین است. از نظر میزان CO، $PM_{10}$ و $SO_2$ ایستگاه آزادی آلوده‌ترین ایستگاه بوده اند. از نظر $NO_2$ ایستگاه شهر ری آلوده‌ترین و از نظر میزان غلظت $O_3$ ایستگاه شهر ری آلوده‌ترین ایستگاه بوده است. با اینکه جهت باد غالب تهران از غرب به شرق است اما درآلودگی های ناشی از وارونگی، به دلیل سرعت کم جریان هوا، باد تاثیر زیادی در پالایش هوا ندارد. همچنین از نظر توزیع فضایی آلودگی، در مرکز و غرب از شرق بیشتر است. بعلاوه از شمال به جنوب تهران، بر میزان غلظت آلاینده‌های $NO_2$ و $O_3$ افزوده می گردد و از میزان غلظت آلاینده‌های CO، $PM_{10}$ و $SO_2$ کاسته می‌شود.**

**کلیدواژگان: هوای تهران، تحلیل فضایی، وارونگی دما، آلودگی هوا، اینورژن**

---

[1]. نویسنده مسئول: کرج- حصارک- خیابان شهید بهشتی- دانشگاه تربیت معلم

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**مقدمه**

از مسائل مهم در بررسی آب و هوا که تاثیر زیادی در سلامتی موجودات زنده یک منطقه دارد، مسئله آلودگی هواست. از مهمترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است، بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری و متعاقب آن آب وهوای شهری می‌باشد(شکویی، ۱۳۵۸). ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراث های ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی محیط زیست شهری کشور بویژه شهرهای بزرگ را متاثر نموده است. در شهرهای بزرگ تعداد روزهای همراه با گرد و غبار و آلودگی ۲/۵ برابر بیشتر از تعداد همین روزها در اطراف شهر است (عسکری ۱۳۴۸، ص: ۴۵ ). رشد شتاب آلود جمعیت، مهاجرت های روستایی، گسترش کارخانجات، تراکم وسائط نقلیه، شرایط توپوگرافی و عوامل طبیعی، تهران را به صورت یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان درآورده است. گذشته از عامل انسانی، عوامل جغرافیایی نظیر موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی و وارونگی دمایی هم در تشدید آلودگی تهران موثرند. مهمترین عامل جغرافیایی درتشدید آلودگی تهران وارونگی دما است. همچنین به دلیل تابش شبانه و وجود برف بر روی ارتفاعات شمالی، وقوع اینورژن‌های تابشی بسیار معمول است. شهر تهران سالانه بیش از دویست و ده روز دچار پدیده اینورژن است (بیگدلی، ۱۳۷۵). این تحقیق سعی دارد سطوح وقوع وارونگی دما در تهران را مشخص کرده و سطحی را که بیشترین تاثیر را در آلودگی هوای تهران دارد نشان دهد. در این زمینه مطالعاتی صورت گرفته است که برخی از آنها عبارتند از:

چنگ و لام (۲۰۰۰) طبقه بندی سینوپتیک و کاربرد آن را در تعیین تاثیرات اقلیمی بر روی غلظت دی اکسید سولفور و اکسید نیتروژن را در شهر هنگ کنگ انجام دادند. سانچز و فاتیما (۲۰۰۲) تاثیر شرایط جوی بر روی رفتار غلظت آلاینده‌های عناصر ناچیز در سائوپائولو برزیل را مورد مطالعه قرار دادند. آنها دریافتند که در شرایط سینوپتیکی یک جبهه سرد، عناصر آلاینده غلظت پایین‌تری را نشان می‌دهند و این امر را به تهویه شدید هوا بوسیله بارندگی نسبت دادند. پراکندگی آلودگی هوا در باریکه‌های خیابانی شهری، عنوان تحقیق دیگریست که توسط اولگا و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام شده است. تحلیل آلودگی هوا در اطراف ایستگاه-های مرکزی شهر لندن، تحقیق دیگری است که توسط الساندرو بیگی و روی هاریسون در سال ۲۰۱۰ صورت گرفته است. محسنی (۱۳۶۵) تاثیر عوامل جوی بر آلودگی هوای تهران را مورد بررسی قرار داده است. مقدم (۱۳۷۲) در پایان‌نامه خود تحت عنوان بررسی آلودگی تهران و ارتباط آن با اینورژن به بررسی اقلیم تهران پرداخته است. پوراحمد، (۱۳۷۷) نقش اقلیم و

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

ساختار جغرافیایی در آلودگی هوای شهر تهران را مورد بررسی قرار داده است. عابدینی، (۱۳۷۸) اثر پایداری شدید بر تمرکز آلودگی هوای شهرهای دره ای (تهران)، را بررسی نموده است. صداقت کردار (۱۳۸۰) در تحقیق خود به بررسی اثر کوهستان بر روی کیفیت هوای تهران پرداخته است. رابطه بین افزایش آلودگی هوا و مرگ و میر در افراد با سن بیشتر از ۶۴ سال در تهران عنوان تحقیق دیگریست که توسط مسعود یونسیان و همکاران (۱۳۸۰) صورت گرفته است. در تحقیقی دیگر صفوی و علیجانی(۱۳۸۲) تحت عنوان بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران داشته اند، به تهیه الگوهای فشار موثر در آلودگی هوای تهران بر اساس نقشه‌های هوای روزهای آلوده به روش خوشه‌بندی پرداختند. انتظاری (۱۳۸۴) به مطالعه آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای تهران پرداخته است. تحلیل الگوی سینوپتیکی اینورژن‌های شدید تهران کار دیگریست که توسط لشکری(۱۳۸۵) صورت گرفته است. محمدی (۱۳۸۵) به بررسی ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های تهران با مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای قلبی (دوره ۱۹۹۹-۲۰۰۳) پرداخته است. امیری (۱۳۸۵) در تحقیق خود به عنوان تاثیر عوامل و عناصر آب و هوایی در تشکیل آلودگی هوای تهران پرداخته است.

شدت و دوام آلودگی هوا به عوامل متعددی بستگی دارد. یکی از مهمترین این عوامل ارتفاع و ضخامت لایه ای است که وارونگی دما در آن رخ داده و بیشترین تاثیر را بر آلودگی داشته است. هدف اصلی انجام این تحقیق بررسی ارتفاع لایه وارونه ونقش آن در شدت آلودگی است. همچنین ارتباط توزیع فضایی آلودگی هوا با ارتفاع و ضخامت لایه های وارونگی ازاهداف این تحقیق است. بر اساس اهداف تحقیق فرضیه زیر قابل بررسی می‌باشد: "بین شدت وارونگی دما و توزیع فضایی آلودگی هوا و رخداد آن در تهران رابطه وجود دارد".

## روش تحقیق

ابتدا داده‌های اندازه‌گیری مربوط به عناصر آلاینده هوای شهر تهران از سال ۱۳۸۳ تا سال ۱۳۸۷ به مدت ۵ سال از سازمان محیط زیست تهران تهیه گردید که شامل داده‌های روزانه بود. از بین عناصر آلاینده هوا، آلاینده‌های منو اکسید کربن CO ، دی اکسید نیتروژن $NO_2$ ، دی اکسید گوگرد $SO_2$ ، ازن $O_3$ وذرات معلق PM انتخاب گردیده‌اند. سپس برای تهیه آمار وارونگی دمای تهران، از سایت دانشگاه ویومینگ، نمودارهای Skew-T شهر تهران تهیه گردید.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

همچنین برای بررسی چگونگی جریانات قائم جو نقشه‌های امگای سطح ۸۵۰ hpa[1] برای روزهای انتخابی تهیه گردید. برای بررسی وضعیت باد در تهران از آمار سال های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ استفاده گردید. جهت بررسی وضعیت الگوهای جریان، نقشه‌های سطح ۵۰۰ hpa وسطح زمین، برای روزهای انتخابی، تهیه گردیدند.

برای انجام این تحقیق ۵ ایستگاه از ایستگاه‌های آلودگی سنجی تهران که آمار آلودگی‌های آنها نسبت به سایر ایستگاه‌ها کامل تر بود انتخاب گردید. این ایستگاه‌ها عبارتند از:

۱) آزادی ۲) قلهک ۳) پردیسان ۴) سرخه حصار ۵) شهر ری.

برای هر کدام از ایستگاه‌های از آمار سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹، ۱۰۰ روز را که بالاترین میزان آلودگی وجود داشت، استخراج گردید روزهایی که وارونگی دما وجود داشت به آن کد ۱ و روزهایی که وارونگی دما وجود نداشت کد صفر داده شد. برای تعیین سطح وارونگی‌های دمایی، از سطح ۹۰۰ hpa تا سطح ۳۰۰ hpa به ۶ سطح (۹۰۰- ۸۰۰,۸۰۰-۷۰۰،۷۰۰-۶۰۰،-۶۰۰-۵۰۰،۵۰۰-۴۰۰،۴۰۰-۳۰۰) تقسیم شد. از روی نمودارهای Skew-T ، همانند روش فوق برای هر کدام از سطوح دوازده گانه روزهایی که در هر کدام از سطوح، وارونگی دما وجود داشت کد ۱ و در غیر این صورت کد صفر داده شد و فراوانی آنها مورد محاسبه قرار گرفت. با استفاده از نمودار سایکرومتریک میزان رطوبت نسبی و چگونگی روند آن در سطوح مختلف جو در هر یک از روزهای نمونه مورد محاسبه قرار گرفته است. از طرفی دیگر برای بررسی وضعیت فشاراز نقشه‌های تراز ۵۰۰ hpa و سطح زمین استفاده گردیده است. سپس نمودار فراوانی وقوع وارونگی‌های دمایی در هر کدام از سطوح، برای هر ایستگاه محاسبه ترسیم شد. پهنه‌بندی آلودگی هوا به تفکیک هر یک از عناصر پنجگانه، تحلیل فضایی آلودگی هوا و وارونگی‌های دمایی در این تحقیق مورد توجه قرار گرفت.

### آستانه های آلاینده های هوا

جدول ۱ آستانه های آلاینده های هوا را بر اساس آژانس حفاظت محیط زیست نشان می دهد.

[1]- hecto Pascal

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**جدول (۱) آستانه های آلاینده های هوا**

| نوع آلاینده | میانگین وزنی (میکرو گرم در متر مکعب) | میانگین(ppm[1]) | میانگین زمانی |
|---|---|---|---|
| $SO_2$ | ۳۵۰ | ۰/۱۴ | ۱ ساعته |
| | ۱۰۰ – ۱۵۰ | ۰/۰۴ – ۰/۰۶ | ۲۴ ساعته |
| | ۴۰ – ۶۰ | ۰/۰۱۵ – ۰/۰۲۳ | یک سال |
| CO | ۳۰ | ۲۶ | ۱ ساعته |
| | ۱۰ | ۹ | ۸ ساعته |
| $NO_2$ | ۴۰۰ | ۰/۲۱ | ۱ ساعته |
| | ۱۵۰ | ۰/۰۸ | ۲۴ ساعته |
| $O_3$ | ۱۵۰ – ۲۰۰ | ۰/۰۸- ۰/۱ | ۱ ساعته |
| | ۱۰۰ – ۱۲۰ | ۰/۰۵ – ۰/۰۶ | ۸ ساعته |
| $PM_{10}$ | ۷۰ | | ۲۴ ساعته |

**مأخذ:آژانس حفاظت محیط زیست (EPA)**

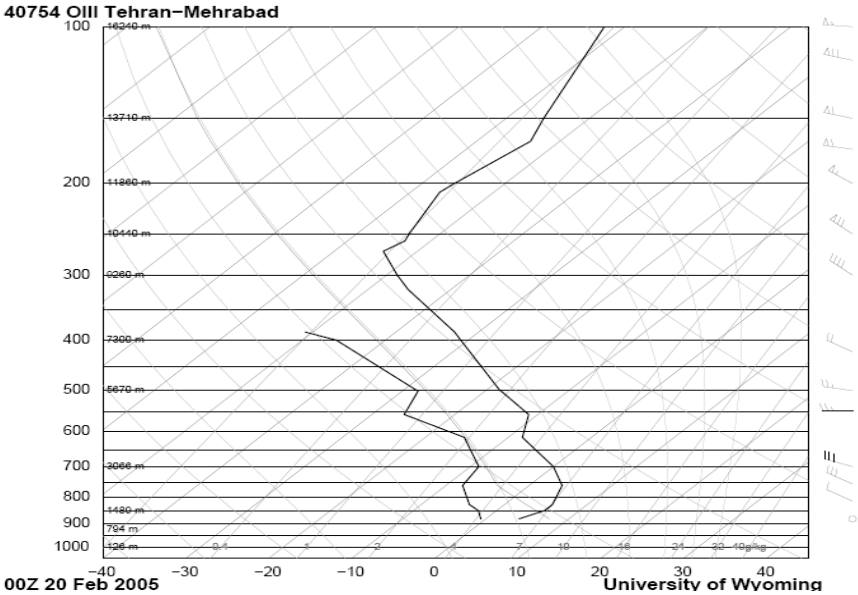
دربخش تجزیه و تحلیل، به طور نمونه یکی از روزهایی که بیشترین آلودگی وجود داشته، همراه با نمودار وارونگی دمایی همان روز و با نقشه‌های امگای سطح ۸۵۰ hpa تطبیق داده شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از نمودار سایکرومتریک میزان رطوبت نسبی و چگونگی روند آن در سطوح مختلف جو در هر یک از روزهای نمونه مورد محاسبه قرار گرفت. از طرف دیگر برای بررسی وضعیت فشار از نقشه‌های تراز ۵۰۰ وسطح زمین استفاده گردیده است. در نهایت نمودار فراوانی وقوع وارونگی و فراوانی وارونگی در سطوح مختلف در ۱۰۰ روز با بیشترین آلودگی ترسیم شد.

شکل یک نمودار تغییرات دما با افزایش ارتفاع است. منحنی مشکی پر رنگ سمت راست افت محیطی دما را نشان می‌دهد. که از روی آن می توان به وجود وارونگی دما یا عدم وجود آن پی برد. این منحنی اگر به سمت راست انحراف پیدا کند نشانه آن است که با افزایش ارتفاع، افزایش دما رخ داده، اما اگر به سمت چپ انحراف پیدا کرده باشد نشانه آن است که دما در اتمسفر به ازای افزایش ارتفاع سیر عادی خود را طی کرده و کاهش دما رخ داده است در شکل (۱) وارونگی دما از سطح ۹۲۰ hpa شروع شده و تا سطح ۷۵۰ hpa ادامه دارد.

[1] - یک قسمت در یک میلیون قسمت part per million.

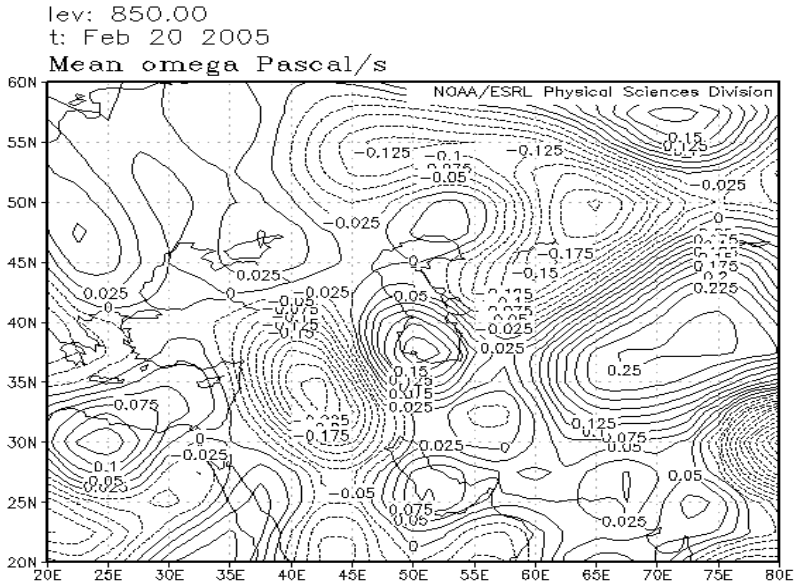
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

عمق وارونگی در این روز حدود ۱۴۵۰ متر (از ارتفاع ۱۰۵۰ تا ۲۵۰۰ متری) است. روند افزایش دما در لایه وارونگی ۱۰ درجه به ازای ۱۴۵۰ متر می‌باشد. از سطح ۵۵۰ hpa تا ۶۰۰ hpa یک لایه وارونگی دیگر وجود دارد که از شدت زیادی برخوردار نبوده و روند افزایش دمایی در آن حدود ۱ درجه می باشد. از سطح ۵۵۰ hpa به بالا دما کاهش می‌یابد و تا سطح ۳۰۰ hpa حدود ۱۶ درجه دما کاهش می‌یابد. بیشترین رطوبت نسبی در سطح ۷۰۰ تا۶۰۰ hpa بوده و از ۶۰۰ hpa به بعد رطوبت نسبی روند کاهشی به خود می‌گیرد.




**شکل (۱) نمودار تغییرات دما با ارتفاع در ایستگاه مهرآباد مورخ ۲۰ فوریه ۲۰۰۵**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

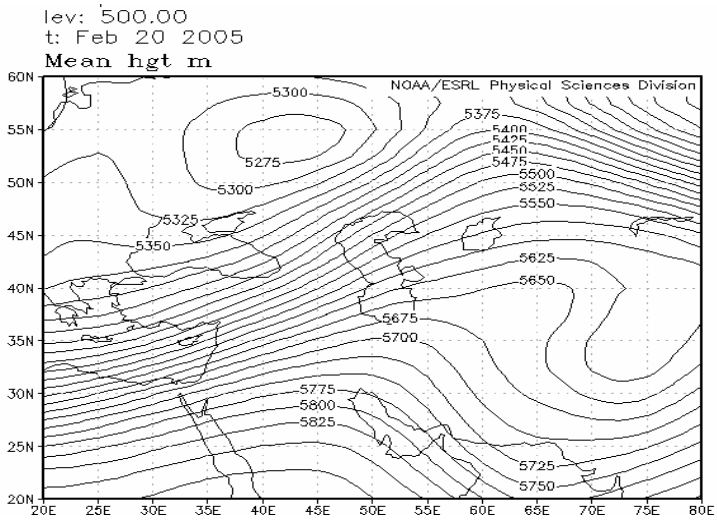



**شکل (۲) نقشه امگای سطح ۸۵۰ hpa**

۲۰ فوریه ۲۰۰۵ از جمله‌ی روزهایی است که آلودگی هوای تهران در ایستگاه پردیسان از حد مجاز بالاتر رفته است. شدت آلودگی هوای تهران با وضعیت وارونگی دما و سامانه‌های فشار و چگونگی جریانات قائم جو مرتبط است. همانطور که از شکل (۲) پیداست، جریانات قائم هوا در روز مذکور نزولی می باشد. میزان امگای واقع بر روی تهران ۰/۱۵ پاسکال بر ثانیه است. جریانات نزولی در تراز ۸۵۰ hpa ناشی ازوقوع پدیده وارونگی در سطوح فوق است.

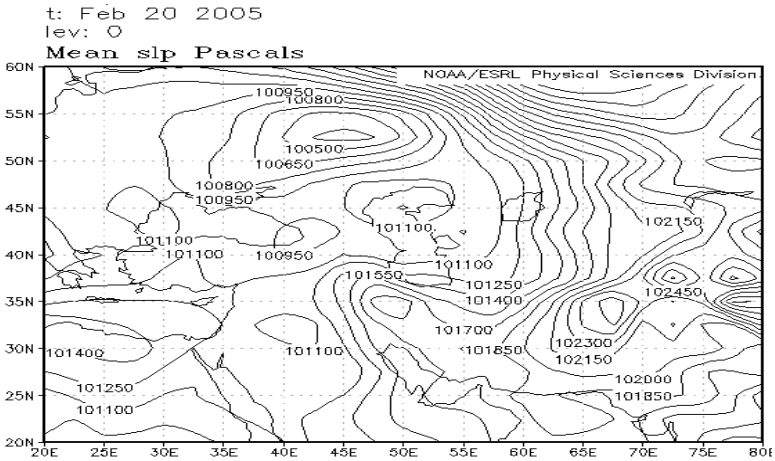
شکل ۳ توزیع مراکز فشار در سطح ۵۰۰ hpa را نشان می دهد. خطوط هم ارتفاع در این سطح حاکی از گسترش یک پشته عمیق بر روی ایران می باشد. این پشته زبانه ای از یک دستگاه پر فشار است که به سمت شمال غرب توسعه یافته است. وارونگی در سطح ۹۰۰ hpa بیشتر از نوع وارونگی تشعشعی و در سطح۶۰۰hpa از نوع وارونگی جبهه ای و نفوذ هوای سرد در این سطوح می باشد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۳) خطوط هم ارتفاع در سطح ۵۰۰ hpa**

در شکل۴ الگوی سینوپتیکی حاکم در سطح زمین مشاهده می‌شود. زبانه پرفشار سیبری با حرکت به سمت جنوب و جنوب شرق، منطقه ایران را نیز در بر گرفته است. این زبانه در سطح زمین تهران و شمال غرب کشور تشکیل یک منحنی بسته با فشار مرکزی ۱۰۱۹ hpa داده است. همانطور که مشاهده می‌شود سامانه مذکور شرایط پایداری را در کشور به وجود آورده و نقش اساسی را در ایجاد وارونگی دمایی تهران ایفا نموده است.




**شکل (۴) نقشه فشار سطح زمین**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

## سطوح آلودگی و توزیع زمانی آنها

جدول ۱ توزیع آلودگی را در ۲۴ مورد از آلوده ترین شب های تهران نشان می دهد. در تمام این موارد آلودگی ها ناشی از وجود شرایط وارونگی بوده است. ۴۴٪ آن در مجاورت سطح زمین ،۲۸٪ در سطح ۷۰۰تا ۸۰۰ هکتوپاسکالی و مابقی در سطوح بالاتر رخ داده است.

**جدول (۲) توزیع آلودگی هوای تهران در شب**

| سرعت متوسط باد | جهت باد | درصد اینورژن | بدون اینورژن | ضعیف | متوسط | شدید | بسیار شدید | سطح |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱-۶ نات | غربی | ٪۴۴ | | | ۱ | ۳ | ۷ | ۸۰۰-۹۰۰ |
| ۲-۶ نات | غربی- شرقی | ٪۲۸ | | | ۳ | ۴ | | ۷۰۰-۸۰۰ |
| ۴-۱۰ نات | غربی- شرقی | ٪۸ | | | ۱ | ۱ | | ۶۰۰-۷۰۰ |
| ۶-۱۲ نات | غربی | ٪۱۲ | | | | ۲ | ۱ | ۵۰۰-۶۰۰ |
| ۱۲- ۲۰ نات | غربی | ٪۴ | | | | | ۱ | ۴۰۰-۵۰۰ |
| ۱۲-۲۰ نات | غربی | ٪۴ | | | | ۱ | | ۳۰۰-۴۰۰ |
| | | ٪۱۰۰ | | | ۵ | ۱۱ | ۹ | مجموع |
| | | | | | ٪۲۰ | ٪۴۴ | ٪۳۶ | درصد |

جدول ۲ توزیع آلودگی را در ۲۴ مورد از آلوده ترین روز های تهران نشان می دهد. در روزها نسبت به شب ها سطوح آلودگی بالاتر است. در روزها سطح پایین آلودگی در ارتفاع ۸۰۰ هکتوپاسکالی قرار دارد. ۳۵٪ وارونگی ها در سطح ۸۰۰تا ۷۰۰ هکتوپاسکالی و ۳۰٪ آن در ۷۰۰تا ۶۰۰ هکتوپاسکالی بوقوع می پیوندد.

## وضعیت وارونگی دما در ایستگاه های نمونه

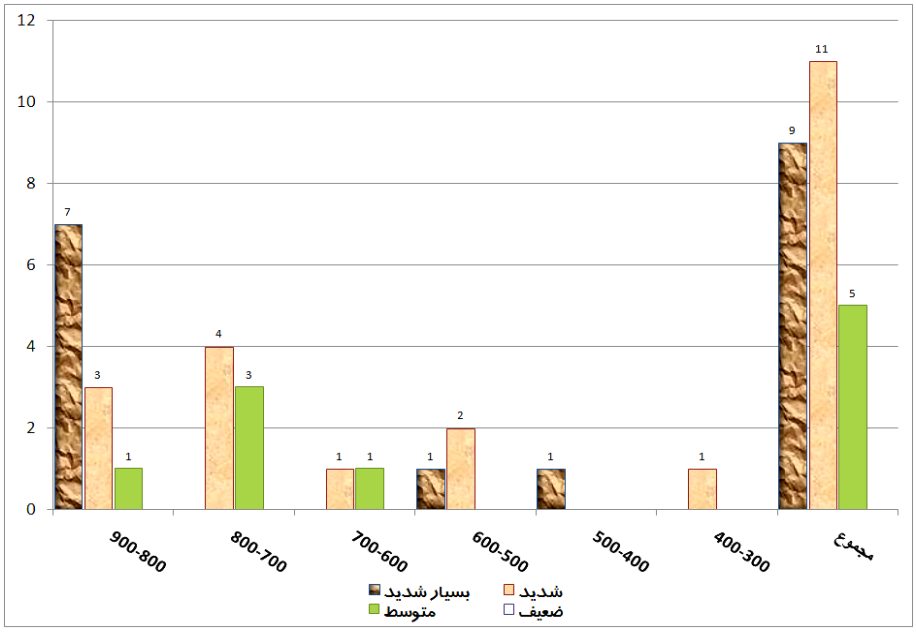
شکل ۵ نمودار توزیع وقوع اینورژن در سطوح مختلف را نشان می دهد. در ایستگاه آزادی در ۱۰۰ روز نمونه‌ای که میزان آلودگی آلاینده‌ها از حد مجاز فراتر رفته ،۹۰ روز وارونگی دمایی وجود داشته است که حدود ۷۹ روز آن در سطح ۸۵۰ تا ۹۰۰ hpa رخ داده است (به عبارتی در ۸۵/۵ درصد از وارونگی‌ها، ارتفاع پایه وارونگی در سطح ۹۰۰ تا ۸۵۰ قرار داشته

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

است). بنابراین وارونگی‌های تهران اغلب در نزدیکی سطح زمین رخ می‌دهند و متاثر از تابش شدید سطح زمین در روزهای سرد زمستانی است.

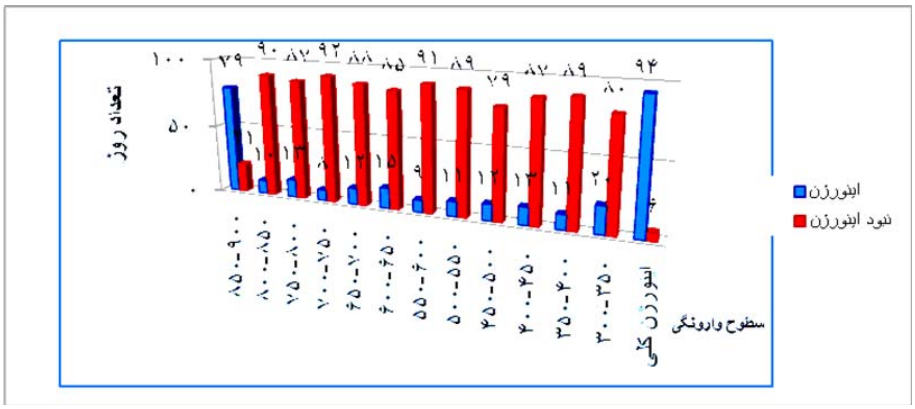
**جدول (۳) توزیع آلودگی هوای تهران در روز**

| سرعت متوسط باد | جهت باد | درصد اینورژن | بدون اینورژن | ضعیف | متوسط | شدید | بسیار شدید | سطح |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱-۶ نات | غربی | | ۴ | | | | | ۸۰۰-۹۰۰ |
| ۲-۶ نات | غربی | ٪۳۵ | ٪۲۰ | | ۳ | ۳ | ۱ | ۷۰۰-۸۰۰ |
| ۴-۱۰ نات | غربی شمالی | ٪۳۰ | | | ۱ | ۳ | ۲ | ۶۰۰-۷۰۰ |
| ۶-۱۲ نات | غربی | ٪۱۰ | | | | ۱ | ۱ | ۵۰۰-۶۰۰ |
| ۱۲- ۲۰ نات | غربی | ٪۵ | | | | | ۱ | ۴۰۰-۵۰۰ |
| ۱۲-۲۰ نات | غربی | | | | | | | ۳۰۰-۴۰۰ |
| | | | ۴ | | ۴ | ۷ | ۵ | مجموع |
| | | ٪۱۰۰ | ٪۲۰ | | ٪۲۰ | ٪۳۵ | ٪۲۵ | درصد |



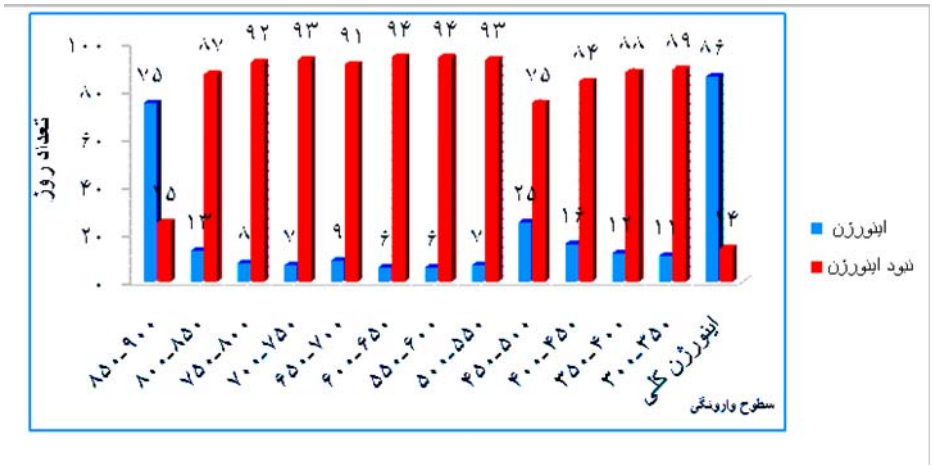

**شکل (۵) نمودار فراوانی و شدت وارونگی در سطوح متفاوت جو تهران**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۶) نمودار وضعیت وارونگی دما در ۱۰۰ روزه نمونه در ایستگاه آزادی**

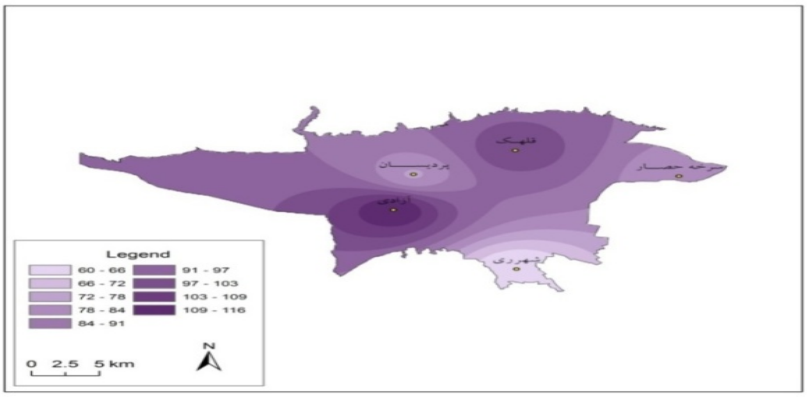
شکل ۶ نمودار توزیع وقوع اینورژن در سطوح مختلف را در ایستگاه قلهک نشان می دهد. در ۱۰۰ روز نمونه که میزان آلودگی آلاینده‌ها از حد مجاز فراتر رفته، ۸۶ روز وارونگی دمایی وجود داشته است که حدود ۷۵ روز آن در سطح ۸۵۰ تا ۹۰۰ hpa رخ داده است (به عبارتی در ۸۷ درصد از وارونگی‌ها، ارتفاع پایه وارونگی در سطح ۹۰۰ تا ۸۵۰ قرار داشته است).



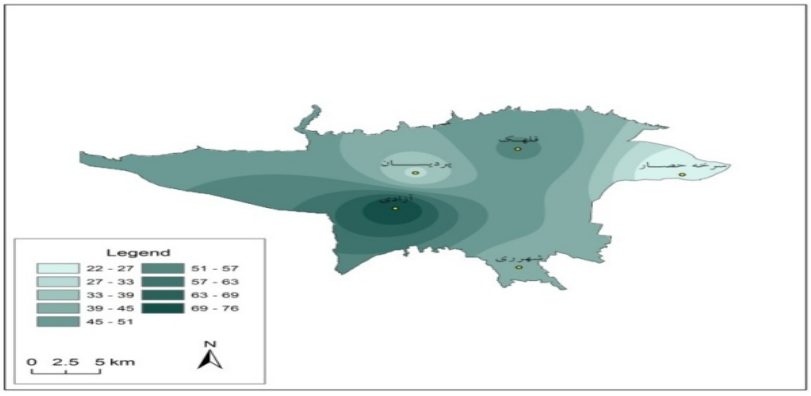

**شکل (۷) نمودار وضعیت وارونگی دما در ۱۰۰ روزه نمونه در ایستگاه قلهک پهنه بندی آلودگی هوای تهران از نظر غلظت آلاینده ها**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

شکل ۷ توزیع آلودگی را از نظر میزان $PM_{10}$ در پهنه استان تهران نشان می دهد. بر طبق این شکل دو هسته غلظت آلاینده $PM_{10}$ در شمال شرق و جنوب تهران مشاهده می شود. شکل ۸ توزیع آلودگی را از نظر میزان غلظت $SO_2$ در پهنه استان تهران نشان می دهد. بر طبق این شکل دو هسته غلظت آلاینده $SO_2$ در شمال شرق و جنوب تهران مشاهده می شود.




**شکل (۸) پهنه بندی آلودگی هوای تهران از نظر غلظت $PM_{10}$**



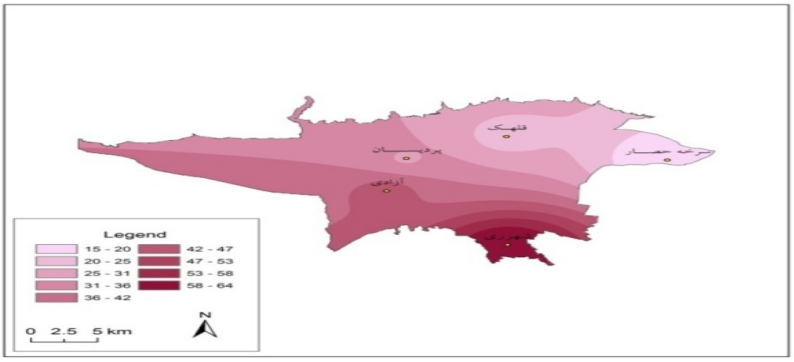

**شکل (۹): پهنه‌بندی الودگی هوای تهران از نظر غلظت $SO_2$**

شکل ۹ توزیع آلودگی را از نظر میزان غلظت $NO_2$ در پهنه استان تهران نشان می دهد. بر طبق این شکل هسته پرغلظت آلاینده $NO_2$ در جنوب وهسته کم غلظت در شمال شرق مشاهده می شود. شکل ۱۰ توزیع آلودگی را از نظر میزان غلظت $O_3$ در پهنه استان تهران

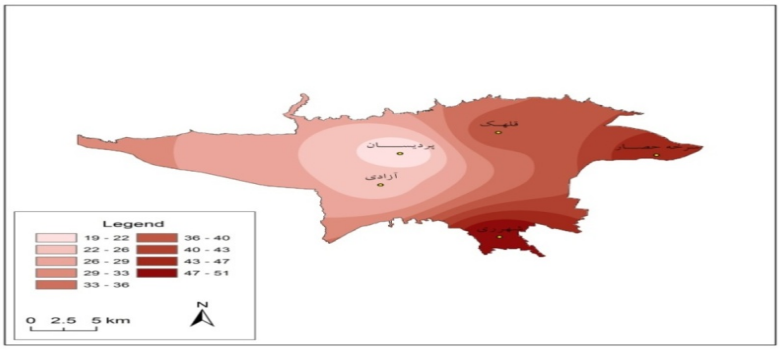
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

نشان می دهد. بر طبق این شکل هسته غلظت آلاینده $O_3$ در شمال شرق و جنوب شرق مشاهده می شود.

شکل ۱۱ توزیع آلودگی را از نظر میزان غلظت CO در پهنه استان تهران نشان می دهد. بر طبق این شکل هسته پرغلظت آلاینده CO در جنوب و هسته کم غلظت در شمال شرق مشاهده می شود.

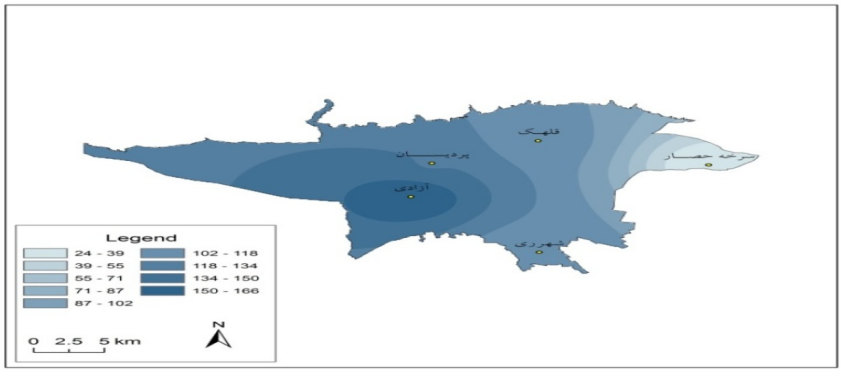



**شکل (۱۰) پهنه‌بندی آلودگی هوای تهران از نظر غلظت $NO_2$**




**شکل (۱۱) پهنه‌بندی آلودگی هوای تهران از نظر غلظت $O_3$**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۱۲) پهنه‌بندی آلودگی هوای تهران از نظر غلظت CO**

## نتایج بررسی وضعیت وارونگی دمایی

تحلیل وارونگی دمایی، نقشه‌های فشار و فرا رفت قائم در ایستگاه های سطح شهر تهران درروزهای نمونه که میزان آلودگی آلاینده‌ها از حد مجاز فراتر رفته، نشان داد که در ۹۰ درصد موارد از روزهای آلوده وارونگی وجود داشته است که ۷۷ روز آن در سطح ۸۵۰ تا ۹۰۰ hpa رخ داده است. بنابراین وارونگی‌های دمایی تهران اغلب در نزدیکی سطح زمین رخ می دهند که متأثر از تشعشع سطح زمین بویژه در روزهای سرد زمستانی است. این وضعیت سبب شده که آلاینده‌ها در نزدیکی سطح زمین متراکم شده و به دلیل رکود هوا قابلیت جابجایی و انتقال به سطوح بالاتر جو نداشته باشند. وارونگی‌های دمایی در سطوح میانی تروپوسفر متاثر از سامانه‌های فشاری که در فصول سرد سال از عرضهای بالاتر وارد منطقه می‌شوند

نتایج به دست آمده از وضعیت آلودگی و میانگین غلظت آلاینده‌ها در ایستگاه‌ها طی سالهای آماری ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷نشان می دهد که از نظر میزان غلظت ذرات معلق($PM_{10}$)، ایستگاه آزادی با میانگین ۱۱۶ میکروگرم بر متر مکعب، از نظر میزان غلظت دی اکسید گوگرد ($SO_2$)، ایستگاه آزادی با میانگین ۷۶ میکروگرم بر متر مکعب، از نظر میزان غلظت دی اکسید ازت ($NO_2$)، ایستگاه شهر ری با میانگین ۶۴ میکروگرم برمترمکعب، از نظر میزان غلظت ازن ($O_3$)، ایستگاه شهرری با میانگین ۵۱ میکروگرم بر متر مکعب، از نظر میزان

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

غلظت منو اکسیدکربن (CO)، ایستگاه آزادی با میانگین غلظت ۱۶۶ میکروگرم بر متر مکعب آلوده ترین ایستگاه‌ها بوده‌اند.

در میان انواع آلوده کننده ها منو اکسیدکربن خطرناکترین آلاینده می‌باشد. در بین ۱۰۰ روز انتخابی فصول زمستان و پاییز دارای بیشترین تعداد روزهای آلوده بوده‌اند که دلیل آن پایین بودن ارتفاع پایه وارونگی دمایی و ورود سامانه‌های پرفشار به منطقه و همچنین استفاده از وسایل گرمازا در این فصول است. در ایستگاه‌های آزادی، قلهک و پردیسان بیشترین تعداد روزهای آلوده را در فصل زمستان و ایستگاه‌های سرخه حصار و شهر ری بیشترین تعداد روزهای آلوده را در فصل پاییز داشته‌اند. با اینکه جهت باد از غرب به شرق است اما به دلیل تراکم زیاد ساختمان ها جریان باد تاثیر زیادی در پالایش هوا ندارد. همچنین از نظر توزیع فضایی میزان آلودگی هوای شهر تهران، میزان آلودگی در مرکز و غرب از شرق بیشتر است. بعلاوه از شمال به جنوب تهران بر میزان غلظت آلاینده‌های $NO_2$ و $O_3$ افزوده می‌گردد و از میزان غلظت آلاینده های CO، $PM_{10}$ و $SO_2$ کاسته می‌شود.

فرضیه‌ای که در این تحقیق مطرح بود عبارت بود از "بین شدت وارونگی و توزیع فضایی آلودگی هوا و رخداد آن در تهران رابطه وجود دارد". با توجه به تحلیل‌هایی که از نمودارهای Skew-T و نقشه‌های فشار و امگای تراز ۸۵۰ hpa در ۱۰۰ روز نمونه همراه با بیشترین آلودگی، که طی سالهای ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ انتخاب شده بودند نشان داد بیش از ۹۰ درصد روزهای با آلودگی، همراه با وارونگی بوده است. بعلاوه هنگام وقوع وارونگی بیشتر ایستگاه ها در سطح استان تهران دارای آلودگی شدید بوده اند. لذا فرضیه مورد پذیرش قرار می گیرد.

**منابع و ماخذ**

۱. امیری، لقا (۱۳۸۵) **تاثیر عوامل و عناصر آب و هوایی در آلودگی تهران**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۲. انتظاری، علیرضا (۱۳۸۴) **مطالعه آماری و سینوپتیکی آلودگی هوای تهران**، پایان نامه دکترا، دانشگاه تربیت معلم.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

۳. بیگدلی، آتوسا (۱۳۸۰) **تاثیر اقلیم و آلودگی هوای تهران بر بیماری سکته قلبی**، ، تحقیقات جغرافیایی، ۵۵۲.

۴. پور احمد، احمد (۱۳۷۷) **نقش اقلیم و ساختار جغرافیایی در آلودگی هوای شهر تهران**، پژوهشهای جغرافیایی؛ دوره ۳۴، صفحه ۳۸ تا ۵۳.

۵. شکویی، حسین (۱۳۵۸) **محیط زیست شهری**، انتشارات موسسه تحقیقات اجتماعی و علوم انسانی، تبریز.

۶. صفوی، سید یحیی و علیجانی بهلول (۱۳۸۲) **بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران**، پژوهشهای جغرافیایی ۵۸، ص ۱۱۲-۹۹.

۷. عابدینی، علی (۱۳۷۸) **اثر پایداری شدید بر تمرکز آلودگی هوای شهرهای دره ای (تهران)**، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۸. عسکری، حسین (۱۳۴۸) **تاثیر شهرهای بزرگ بر روی آب و هوای خود**، نشریه هواشناسی کشور.

۹. لشکری، حسن، هدایت، پریسا (۱۳۸۵) **تحلیل الگوی سینوپتیکی اینورژن های شدید شهر تهران**، پژوهشهای جغرافیایی، ۵۶، ص ۶۵ تا ۸۲ .

۱۰. محسنی، ذات الله (۱۳۶۵) **تاثیر عوامل جوی بر روی آلودگی هوای تهران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۱۱. محمدی، حسین (۱۳۸۵) **ارتباط عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوای تهران با مرگ و میرهای ناشی از بیماریهای قلبی (۱۹۹۹-۲۰۰۳)** ، پژوهشهای جغرافیایی- ۵۸، صفحه۶۶-۴۷.

۱۲. مقدم، فاطمه (۱۳۷۲) **بررسی آلودگی هوای تهران و ارتباط آن با اینورژن**، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۱۳. یونسیان، مسعود. زمستان (۱۳۸۰) **رابطه بین افزایش آلودگی هوا و مرگ در افراد با سن بیشتر از ۶۴ سال در تهران**، فصلنامه پایش،پژوهشکده علوم بهداشتی جهاد دانشگاهی، ۱، زمستان ۱۳۸۰، صفحه ۱۹ تا ۲۴.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

Alijani, b. (2004) ***the relation between peressure distribution and air pollution concentration in Tehran***. 30 International Geography Union, 16 – 20 August 2004, Glasgow, England.

Alessandro Bigi a, Roy M. Harrison b (2010). ***Analysis of the air pollution climate at a central urban background site***, 2004-2012.

Lam, K. C., Cheng, S., (1998). ***A synoptic climatological approach to forecast concentrations of sulfur dioxde and nitrogen oxides in Hong Kong***. Environmental pollution 101, 183-191.

Olga V. Taseiko a, Sergey V. Mikhailuta a, Anne Pitt b, Anatoly A. Lezhenin c, Yuri V. Zakharov d.(2009***)*** ***Air pollution dispersion within urban street canyons***. (.245-252.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]