

بررسی دلایل اصلی کاهش دید افقی شهر زنجان براساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و سنجش از دور زمین پایه شیدسنجی

احمد صابر^{۱*}، مریم میهمی^۲ و امیر معصومی^۳

۱. استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳. استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(دریافت: ۹۸/۸/۱۳، پذیرش نهایی: ۹۹/۳/۲۰)

چکیده

داده‌های روزانه دید افقی، دما و وضعیت جوی برای تمامی ۱۰۳۵۹ روز داده ثبت شده ایستگاه هواشناسی شهر زنجان بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷ به همراه داده‌های نمای آنگستروم و عمق اپتیکی هواویزها برای ۱۲۶۹ روز داده ایستگاه شیدسنجی زنجان بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد که دید افقی در ماه‌های سردتر سال کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن به شرایط جوی بارانی، مه و برفی نسبت داده شد. ارتباط معناداری بین افزایش غلظت غبار به‌عنوان هواویز غالب جوی شهر زنجان با کاهش دید افقی دیده نشد. در بازه آماری مورد بررسی تعداد ۷۶ روز غباری ثبت شد که متوسط دید افقی آنها (۹ کیلومتر) تنها دو کیلومتر از متوسط دید افقی تمامی روزها (۱۱ کیلومتر) کمتر بود. در پایان به این نتیجه رسیدیم که هواویزهای جوی زنجان از چشمه‌های غباری خارجی منشأ می‌گیرند و بیشتر آنها بدون نشست قابل‌ملاحظه در نزدیکی سطح و در ارتفاعات بالای جوی به‌جای دیگر منتقل می‌شوند و در نتیجه نمی‌توانند عامل اصلی کاهش دید افقی باشند.

واژه‌های کلیدی: دید افقی، عمق اپتیکی هواویزها، دما، همبستگی، زنجان.

۱. مقدمه

می‌شود (آرامی، ۱۳۹۴). دید افقی به‌میزان و غلظت آلاینده‌های جوی بستگی دارد و در این کار بستگی و ارتباط آن با دما و وضعیت جوی به‌عنوان دو پارامتر گزارش شده ایستگاه همدیدی هواشناسی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. شهر زنجان در شمال‌غربی ایران به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در نظر گرفته شده است و دلیل آن وجود همزمان ایستگاه همدیدی و ایستگاه سنجش از دور شیدسنجی در آن است. داده‌های ایستگاه شیدسنجی غلظت و اندازه ذرات هواویز جوی را در اختیار ما قرار می‌دهند و در نتیجه امکان مطالعه تأثیرات هواویزها بر دید افقی را فراهم می‌کنند (معصومی و همکاران، ۲۰۱۳). ساختار مقاله در ادامه به این صورت است که ابتدا در بخش ۲، تمامی داده‌های مورد استفاده و نحوه استفاده از آنها بحث می‌شود. سپس در بخش بحث و بررسی داده‌ها (بخش ۳)، تأثیرات پارامترهای مختلف بر

مشاهده هر شیء به‌واسطه نوری است که از آن شیء پراکنده شده و به چشم ما می‌رسد. بخشی از این نور در مسیر رسیدن به چشم ما توسط ذرات ریز معلق در جو خاموش شده و در نتیجه شدت نور کمتری به چشم انسان می‌رسد. کاهش شدت نور موجب کاهش دید یا دید می‌شود. کاهش دید، بیماری‌های جسمی و روانی را در پی دارد و موجب اختلال در پرواز هواپیماها و حمل‌ونقل می‌شود (گو و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بالاسوب رامانیان، ۲۰۱۶). دید به‌چند نوع طبقه‌بندی می‌شود که دید افقی یکی از آنهاست. دید افقی به بیشینه فاصله افقی گفته می‌شود که یک شخص سالم در شرایط جوی مناسب و با چشم غیرمسلح قادر به دیدن یک جسم سیاه‌رنگ در آن فاصله است (بایرز، ۱۹۵۹). دید افقی یکی از مهم‌ترین پارامترهای جوی اندازه‌گیری شده در تمامی ایستگاه‌های هواشناسی است و معمولاً برحسب کیلومتر یا متر گزارش

دید افقی تحلیل خواهند شد و در نهایت در بخش ۴ به جمع‌بندی نتایج خواهیم پرداخت.

۲. داده‌ها و روش کار

ایستگاه همدیدی هواشناسی شهر زنجان از سال ۱۹۷۳ میلادی شروع به داده‌برداری کرده است و پارامترهای هواشناسی را در بازه‌های زمانی سه ساعته گزارش می‌کند. با میانگین‌گیری روزانه از داده‌های سه ساعته، داده‌های روزانه به دست می‌آیند. بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷ (۱۳۵۲-۱۳۹۶)، تعداد ۱۰۳۵۹ روز داده برای ایستگاه هواشناسی زنجان موجود است. در این کار، داده‌های دمای میانگین روزانه برحسب درجه سلسیوس، دید افقی میانگین روزانه برحسب کیلومتر و وضعیت جوی روزانه انتخاب شده و تحلیل می‌شوند. وضعیت جوی یا به اصطلاح FRSHTT یکی از گزارش‌های روزانه ایستگاه‌های همدیدی است که وضعیت کلی روزانه آب و هوا را گزارش می‌کند. در گزارش وضعیت جوی، حرف F مخفف fog و به معنی مه است؛ حرف R مخفف واژه rainfall و به معنی شرایط بارانی است؛ حرف S اول واژه snow و به معنی شرایط برفی است؛ حروف HTT نیز اول واژه hail, thunder and tornado و به معنی شرایط بارش تگرگ، رعدوبرق و طوفان و گردباد است و نبود همه اینها به معنی شرایط جوی صاف و آفتابی است (واراهاسامی، ۲۰۱۴).

در سال ۲۰۱۰ (۱۳۸۹)، اولین و تنها ایستگاه شیدسنجی ایران در دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه در شهر زنجان شروع به کار کرد (معصومی و همکاران، ۲۰۱۳). شیدسنج یک دستگاه اندازه‌گیری شدت نور مستقیم رسیده از خورشید و نیز شدت نور پراکنده شده از آسمان در طول موج‌های معین و در زوایای گوناگون است. با تحلیل این داده‌ها اطلاعات ذی‌قیمتی درباره غلظت و ویژگی‌های فیزیکی و اپتیکی هواویزهای جوی به دست می‌آید (بیات و همکاران، ۲۰۱۱؛ معصومی و همکاران، ۲۰۱۹). در این کار از داده‌های میانگین روزانه دو پارامتر

عمق اپتیکی هواویزها و نمای آنگستروم استفاده شده که از تحلیل اندازه‌گیری‌های شیدسنج به دست آمده‌اند. در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۷، تعداد ۱۲۶۹ روز داده برای ایستگاه شیدسنجی زنجان ثبت شده است. عمق اپتیکی هواویزها معیاری کمی از غلظت ذرات معلق جوی است و نمای آنگستروم نیز معیاری نیمه کمی از اندازه متوسط هواویزها می‌باشد (معصومی و همکاران، ۲۰۱۳).

طبق نظریه پراکندگی نور از ذرات، اگر اندازه ذره خیلی کوچک‌تر از طول موج نور فرودی باشد، در این صورت ذره در رژیم پراکندگی ریلی قرار می‌گیرد و خاموشی نور از ذره با عکس توان چهارم طول موج نور متناسب است (هالست، ۱۹۸۱). معنی این جمله این است که نمای آنگستروم مولکول‌های گاز موجود در جو برابر ۴ است. از سوی دیگر اگر ذره خیلی بزرگ‌تر از طول موج نور فرودی به آن باشد در این صورت ذره در رژیم پراکندگی هندسی قرار می‌گیرد و خاموشی نور از ذره مستقل از طول موج نور خواهد بود. در نتیجه ذرات بزرگ مقیاس دارای نمای آنگستروم برابر صفر خواهند بود. در نهایت اگر ذره‌ای دارای ابعادی از مرتبه طول موج نور باشد؛ خاموشی نور از ذره تابع رژیم می خواهد بود و در این صورت ذره نمای آنگسترومی از مرتبه بین صفر و ۴ خواهد داشت (هالست، ۱۹۸۱). برهم کنش هواویزهای جوی با نور در مبحث رژیم پراکندگی می قرار می‌گیرد و بسته به اندازه آنها، هواویزهای درشت‌تر دارای نمای آنگستروم کوچک‌تر و هواویزهای ریزتر دارای نمای آنگستروم بزرگ‌تر خواهند بود (آنگستروم، ۱۹۲۹).

طبق نتایج کارهای قبلی (معصومی و همکاران، ۲۰۱۳؛ بیات و همکاران، ۲۰۱۱؛ معصومی و همکاران، ۲۰۱۹)، هواویزهای با منشأ فعالیت‌های شهری-صنعتی همیشه در جو شهر زنجان حضور دارند و دارای غلظت تقریباً ثابتی هستند. این هواویزها ریزدانه بوده و نمای آنگستروم میانگین بیشتر از یک دارند. از سوی دیگر هواویزهای نوع غبار در برخی روزها از چشمه‌های

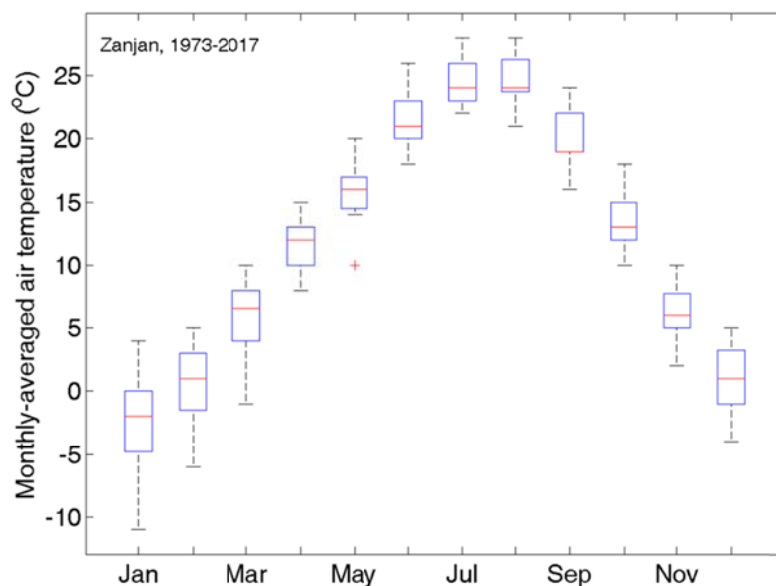
قرمزرننگ، دمای میانی ماهانه و محدوده مستطیل، ۲۵ درصد دماهای بیشتر و کمتر از مقدار میانی را مشخص می‌کند. همان‌گونه که دیده می‌شود بیشینه مقدار دمایی به فصل گرم تابستان و به ماه‌های جولای و آگوست (تیر و مرداد) متعلق است و کمینه مقادیر به فصل سرد زمستان و ماه ژانویه (دی) مربوط است.

شکل ۲ نمودار جعبه‌ای ماهانه دید افقی شهر زنجان را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود مقدار میانی دید افقی ماهانه تقریباً ثابت است و تغییرات ناچیزی بین ۱۰ و ۱۱ کیلومتر دارد. از سوی دیگر دیده می‌شود که دید افقی در فصل تابستان بیشترین مقدار را دارد. برای بررسی بهتر ارتباط بین دما و دید افقی، شکل ۳ ترسیم شده است. در شکل ۳، نمودار میانگین ماهانه دید افقی و دمای زنجان با هم و در یک نمودار رسم شده است. دید افقی در ماه‌های سرد سال کم می‌شود که دلیل آن می‌تواند افزایش احتمال بارش باران و برف باشد.

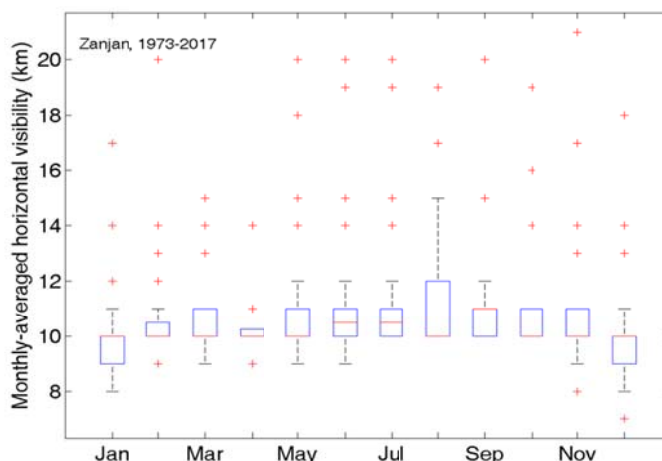
غباری منطقه به جو زنجان افزوده می‌گردند. غبار ذره درشت‌دانه‌ای محسوب می‌شود و افزوده شدن آن به جو شهر زنجان باعث می‌شود که هم غلظت هواویزها (مقدار عمق اپتیکی) و هم اندازه میانگین آنها افزایش یابد. در نتیجه افزایش (کاهش) قابل ملاحظه عمق اپتیکی (نمای آنگستروم) در روزهای غباری می‌تواند به کاهشی نسبی دید افقی منجر شود. کاهش ملموس این پارامتر به این معنی می‌تواند باشد که غبار از سطح زمین برخاسته و منشأ محلی دارد. از سوی دیگر عدم کاهش قابل ملاحظه دید افقی در روزهای غباری به این معنی است که غبار موجود در جو زنجان منشأ خارجی دارد و در نتیجه نشست آن در نزدیکی سطح ناچیز است. ارتباط بین این پارامترها در بخش‌های بعدی بحث خواهند شد.

۳. تحلیل داده‌ها و نتایج

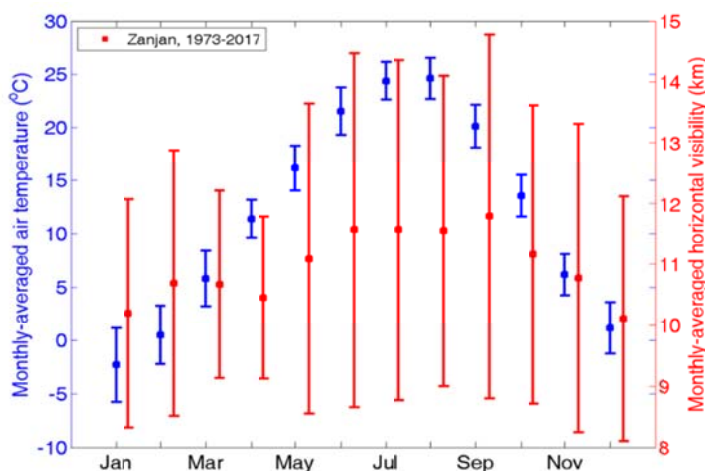
در شکل ۱ نمودار جعبه‌ای ماهانه دما برای شهر زنجان بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷ آورده شده است. خط



شکل ۱. نمودار جعبه‌ای ماهانه دما برای شهر زنجان بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷. برای شهری در موقعیت زنجان، انتظار چنین تغییراتی در دمای میانگین ماهانه می‌رود.



شکل ۲. نمودار جعبه‌ای ماهانه دید افقی برای شهر زنجان بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷. دید افقی در طول سال تقریباً ثابت است.

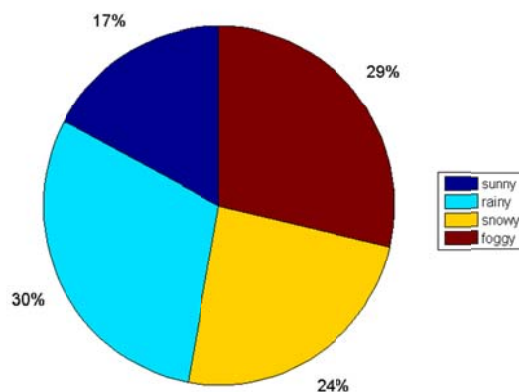


شکل ۳. نمودار میانگین ماهانه دما و دید افقی برای شهر زنجان بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۷. همراه مقدار میانگین داده‌ها، انحراف استاندارد داده‌ها هم رسم شده است. کاهش دما با کاهش دید افقی همراه شده است. دلیل کاهش دید افقی در ایام سرد سال به شرایط بارشی می‌تواند نسبت داده شود.

افقی شده است. این به این معنی است که روزهای غباری که در زیرمجموعه روزهای آفتابی طبقه‌بندی می‌شوند، سهم کمی در کاهش دید افقی دارند. برای دیدن بهتر این نتیجه‌گیری به شکل ۵ نظر می‌کنیم. در بازه آماری موردبحث در شهر زنجان شاهد ۷۰ روز با دید افقی خیلی کم (< 5 km) هستیم که سهم روزهای غباری در کل آنها برابر ۱۰ روز (۱۴ درصد) است (شکل ۵). پس می‌توان به‌طور ضمنی نتیجه‌گیری کرد که میزان غبار کمی در ارتفاعات خیلی پایین وجود دارد. بنابراین غبار به احتمال زیاد دارای منشأ خارجی است و نشست کمی در نزدیکی سطح دارد.

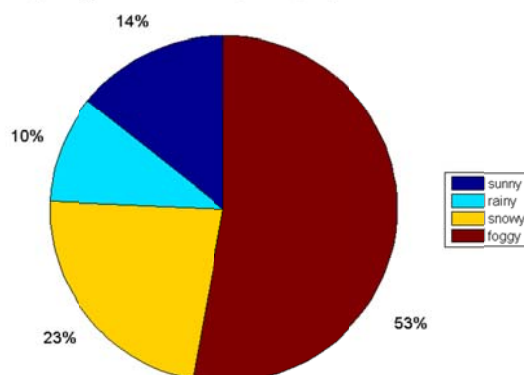
برای توصیف دقیق و کمی‌تر ارتباط بین دید افقی و شرایط جوی، شکل‌های ۴ و ۵ رسم شده‌اند که به ترتیب شرایط جوی میانگین روزانه (آفتابی، برفی، بارانی و مه) را برحسب دید افقی برای مقادیر کمتر از ۸ و ۵ کیلومتر نمایش می‌دهند. در داده‌های مربوط به سال‌های بین ۱۹۹۰-۲۰۱۷ که پیوستگی بهتری دارند دیده می‌شود که برای تعداد ۴۹۹ روز، دید افقی روزانه کمتر از ۸ کیلومتر داریم (شکل ۴). در این روزها دید افقی کاهش معناداری دارد و تنها در تعداد ۸۶ روز از این ۴۹۹ روز (۱۷ درصد) شرایط آفتابی برقرار است. در اغلب روزهای دارای دید افقی کم (۸۳ درصد) شرایط بارشی موجب کاهش دید

Daily-averaged horizontal visibility < 8 km, Zanjan, 1990-2017



شکل ۴. دید افقی روزانه برحسب شرایط روزانه جوی مختلف (آفتابی، برفی، بارانی و مه) برای مقادیر کمتر از ۸ کیلومتر دید افقی. تنها ۸۶ روز آفتابی در این نمودار دیده می‌شود (۱۷ درصد) و در نتیجه روزهای غباری در کاهش دید افقی در شهر زنجان چندان اثرگذار نیستند.

Daily-averaged horizontal visibility < 5 km, Zanjan, 1990-2017



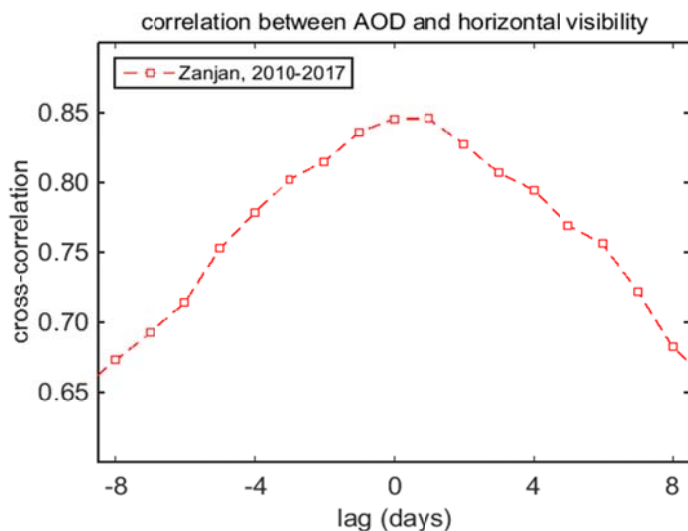
شکل ۵. دید افقی روزانه برحسب شرایط روزانه جوی مختلف (آفتابی، برفی، بارانی و مه) برای مقادیر کمتر از ۵ کیلومتر دید افقی. در بازه زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۷ (حدود ۹۰۰ روز داده) تنها ۷۰ روز با دید افقی خیلی کم (کمتر از ۵ کیلومتر) وجود دارد که تعداد ۱۰ روز آنها شامل شرایط جوی غباری یا به عبارتی آفتابی هستند. در نتیجه روزهای غباری در کاهش شدید دید افقی در شهر زنجان نیز چندان اثرگذار نیستند.

نتایج این همبستگی در شکل ۶ آورده شده است و نشان می‌دهد که همزمانی بین تغییرات دید افقی و عمق اپتیکی هواویزها وجود دارد. حال می‌توان نمودار میانگین روزانه دید افقی برحسب عمق اپتیکی هواویزها را ترسیم کرد (شکل ۷). مقدار میانگین کل عمق اپتیکی و دید افقی برای تمامی این روزها به ترتیب برابر ۰/۲۴ و ۹/۴ کیلومتر است. طبق برازش خطی شکل ۷، افزایش عمق اپتیکی (افزایش غلظت هواویزهای جوی) تنها به کاهش ناچیز دید افقی منجر شده است. به همین ترتیب به صورت متناظر به شکل ۸ می‌پردازیم که تغییرات دید افقی را برحسب

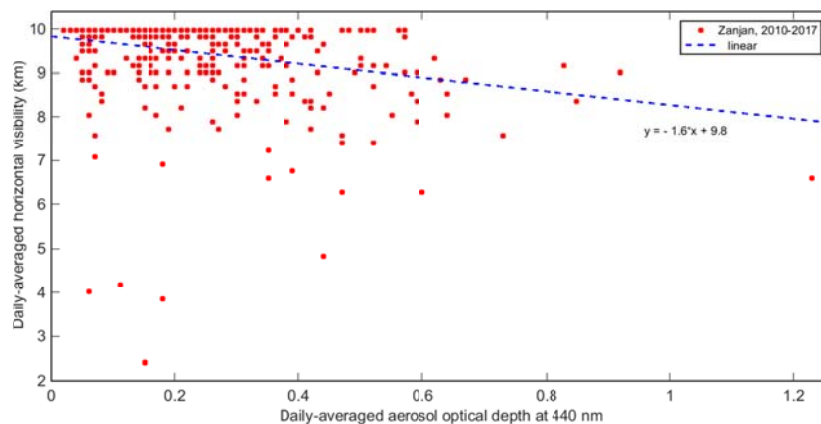
برای بررسی دقیق‌تر ارتباط بین ذرات هواویز جوی با تغییرات دید افقی، به نتایج داده‌های شیدسنج خورشیدی شهر زنجان می‌پردازیم. ایستگاه شیدسنجی در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۱۰ (۱۳۸۹-۱۳۹۶) در طی ۱۲۶۹ روز داده‌برداری کرده است. با توجه به این که دیدبان‌ها در دوره‌های مختلف دید افقی را با دستورالعمل‌های مختلفی گزارش می‌کنند بنابراین ما تنها توجه خود را به روزهای دارای دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر معطوف می‌کنیم که تعداد آنها برابر ۴۰۴ روز است. ابتدا همبستگی زمانی میان دید افقی و غلظت هواویزهای جوی را بررسی می‌کنیم.

درصد روزهای مورد مطالعه بود. عمق اپتیکی هواویزها در شرایط غباری افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کرد و از متوسط ۰٫۲۴ به مقدار ۰٫۴۸ افزایش پیدا می‌کرد. از سوی دیگر نمای آنگستروم روزهای غباری کاهش شدیدی را نشان می‌داد و از متوسط ۰٫۸۴ به مقدار ۰٫۱۷ کاهش پیدا می‌کرد. در شکل‌های ۹ و ۱۰ دید افقی برای روزهای غباری به ترتیب برحسب عمق اپتیکی و نمای آنگستروم هواویزها ترسیم شده است. متوسط دید افقی روزهای غباری برابر ۸٫۷ کیلومتر است و کاهش کم دید افقی در این روزها به‌رغم افزایش غلظت غبار جوی، به‌عدم نشست مؤثر غبار در نزدیکی سطح می‌تواند نسبت داده شود.

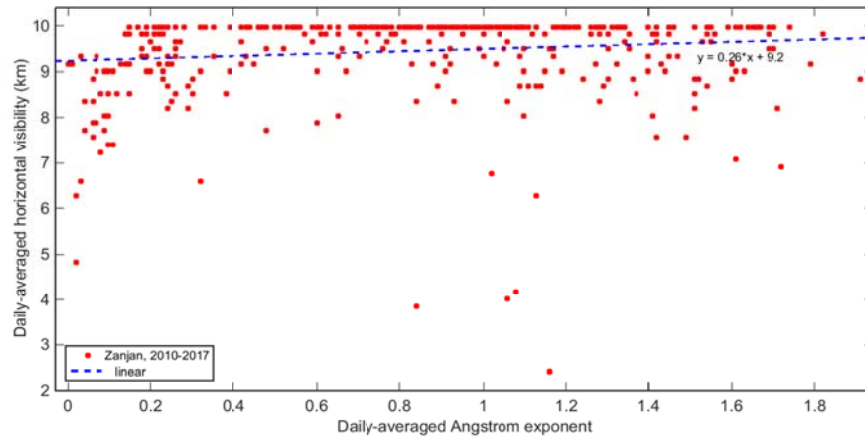
نمای آنگستروم مشخص می‌کند. مقدار میانگین کل نمای آنگستروم و دید افقی برای شهر زنجان با استفاده از شیدسنج خورشیدی به ترتیب برابر ۰٫۸۴ و ۹٫۴ کیلومتر است. نمای آنگستروم معیاری از اندازه متوسط ذرات هواویز است و همراهی کاهش دید افقی با کاهش نمای آنگستروم به معنی افزایش حضور ذرات درشت‌دانه غبار در جو شهر زنجان است. میزان غبار موجود در جو شهر زنجان متغیر است و بنابراین برای بررسی دقیق‌تر تأثیرات غبار بر دید افقی، توجه خودمان را به روزهای غباری معطوف کردیم. تعداد روزهای غباری ثبت شده در جو زنجان در بازه مورد بررسی برابر ۵۶ روز بود که برابر ۱۴



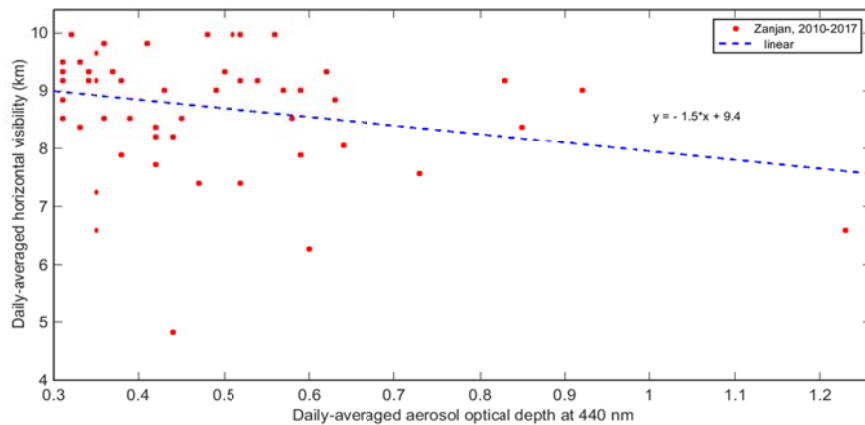
شکل ۶. همبستگی زمانی بین دید افقی و عمق اپتیکی هواویزها.



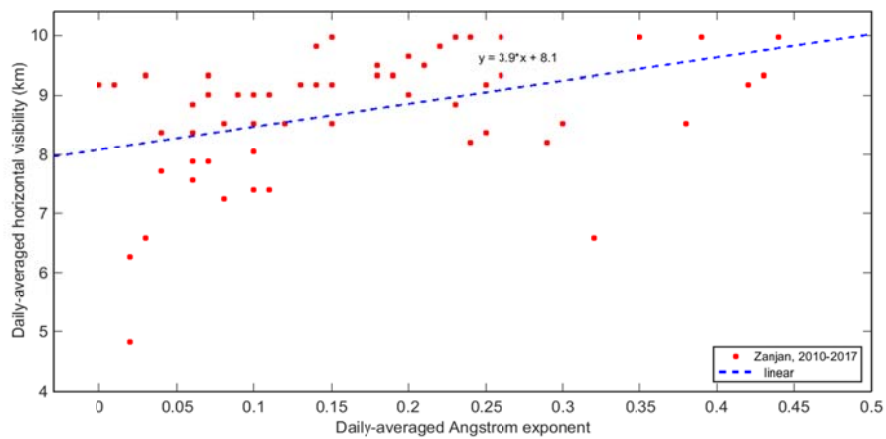
شکل ۷. دید افقی روزانه برحسب عمق اپتیکی هواویزها در طول موج ۴۴۰ نانومتر. مقدار میانگین عمق اپتیکی و دید افقی برای ۴۰۴ روز با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر از شهر زنجان به ترتیب برابر ۰٫۲۴ و ۹٫۴ کیلومتر است. عمق اپتیکی بیانگر غلظت هواویزهای جوی است و افزایش آن تنها به کاهش ناچیز دید افقی منجر شده است.



شکل ۸. دید افقی روزانه برحسب نمای آنگستروم، مقدار میانگین نمای آنگستروم و دید افقی برای ۴۰۴ روز با دید افقی کمتر از ۱۰ کیلومتر از شهر زنجان به ترتیب برابر ۰/۸۴ و ۹/۴ کیلومتر است. نمای آنگستروم معیاری از اندازه متوسط ذرات هواویز است و همراهی کاهش کم دید افقی با کاهش نمای آنگستروم به معنی افزایش حضور غبار در جو شهر زنجان است.



شکل ۹. دید افقی روزانه برحسب عمق اپتیکی هواویزها برای ۵۶ روز غباری. مقدار میانگین عمق اپتیکی و دید افقی برای روزهای غباری زنجان به ترتیب برابر ۰/۴۸ و ۸/۷ کیلومتر است. کاهش کم دید افقی در روزهای غباری زنجان به رغم افزایش غلظت غبار جوی، به عدم نشست مؤثر غبار در نزدیکی سطح نسبت داده می‌شود.



شکل ۱۰. دید افقی روزانه برحسب نمای آنگستروم برای ۵۶ روز غباری ثبت شده زنجان بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۷. مقدار میانگین نمای آنگستروم و دید افقی برای روزهای غباری شهر زنجان به ترتیب برابر ۰/۱۷ و ۸/۷ کیلومتر است. کاهش نمای آنگستروم به معنی افزایش حضور غبار درشت‌دانه در جو زنجان است و به کاهش کم دید افقی منجر شده است.

۴. نتیجه گیری

مطالعه همزمان داده‌های آماری ایستگاه هواشناسی همدیدی و ایستگاه شیدسنجی (مطالعه هواویزهای جوی) شهر زنجان، امکان بررسی دقیق‌تر عوامل مؤثر در کاهش دید افقی را فراهم می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاهش دید افقی بیشتر از شرایط بارشی نظیر برف و باران و مه نشأت می‌گیرند و شرایط غباری اغلب تأثیر چشمگیری بر دید افقی ندارند. بنابراین در همراهی با مطالعات قبلی (معصومی و همکاران، ۲۰۱۳؛ معصومی و همکاران، ۲۰۱۹) می‌توان نتیجه گرفت که غبار جوی منطقه شمال-غرب ایران نمی‌تواند چشمه محلی مهمی داشته باشد و غبار افزوده شده به جو شهر زنجان اغلب از چشمه‌های

اصلی منطقه خاورمیانه (جلگه دجله و فرات) سرچشمه می‌گیرند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از سازمان هواشناسی استان زنجان و نیز دکتر خالصی فرد (مسئول راه‌اندازی و اداره ایستگاه شیدسنجی) بابت تهیه داده‌های ارزشمند دما، دید افقی، شرایط جوی و نیز مشخصات هواویزهای جوی کمال تشکر را دارند.

مراجع

آرامی، ز.، ۱۳۹۴، تخمین عمق دید با استفاده از پردازش تصویر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.

- Angstrom, A., 1929, On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air. *Geografiska Annaler*, 11, 156-166.
- Balasubramanian, A., 2016, Technical report, Measurement of Meteorological Variables, Department of studies in earth science, University of Mysore, Mysore, India.
- Bayat, A., Masoumi, A. and Khalesifard, H. R., 2011, Retrieval of atmospheric optical parameters from ground-based sun-photometer measurements for Zanjan, Iran. *Atmospheric Measurement Techniques*, 4, 857-863.
- Byers, H. R., 1959, General meteorology. In *General meteorology*. McGraw-Hill.
- Hulst, H. C. and van de Hulst, H. C., 1981, Light scattering by small particles. Courier Corporation.
- Gu, Sh., Yang, G., Woodward, A., Li, M., He, T., Wang, A., Lu, B., Liu, X., Xu, G. and Liu, Q., 2017, The short-term effects of visibility and haze on mortality in a coastal city of China: A time-series study. *International journal of environmental research and public health*, 14, 1-11.
- Masoumi, A., Khalesifard, H. R., Bayat, A. and Moradhaseli, R., 2013, Retrieval of aerosol optical and physical properties from ground-based measurements for Zanjan, a city in Northwest Iran. *Atmospheric research*, 120-121, 343-355.
- Masoumi, A., Laleh, E. and Bayat, A., 2019, Optical and physical properties, time-period, and severity of dust activities as a function of source for the main dust sources of the Middle East. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 185, 68-79.
- Varahasamy, R., 2014, Principal parameter identification for rainfall during summer season. *Rasa yan Journal of Chemistry*, 7(3), 264-268.

Study of reduction of horizontal visibility for the city of Zanjan based on the data of synoptic and ground-based remote sensing stations

Saber, A.^{1*}, Meihami, M.² and Masoumi, A.³

1. Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

2. M.Sc. Student, Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3. Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(Received: 4 Nov 2019, Accepted: 9 June 2020)

Summary

Atmospheric visibility is a Common meteorological parameter and almost all meteorological stations have recorded it for a long time. Visibility is defined as the maximum distance at which a selected target can be seen by human eyesight. Horizontal visibility is a kind of atmospheric visibility and it is a visual perception of weather conditions. Its values depend on different weather conditions like the clear sky (sunshine), fog, rain, snow, hail, thunder, and tornado. Furthermore, it depends on air quality and urban-industrial activities that can change it. Low visibility causes psychological problems and effects on flight safety and transportation.

Horizontal visibility variation has both natural and anthropogenic origins and so its values depend on both weather conditions and air pollutants. Almost all large cities of Iran have meteorological stations and for decades, parameters like horizontal visibility and weather condition types have been measured and recorded. On the other hand, atmospheric aerosols are the main air pollutants and retrieval of their parameters needs specific aerosol monitoring stations. Unfortunately, only Zanjan city has an aerosol monitoring station and therefore, we focus on this city in this work.

The Zanjan weather station has recorded data from 1973 until now. In this work, the effects of air temperature and weather type on horizontal visibility are first discussed. Also, data acquisition in Zanjan's aerosol monitoring station (IASBS sun-photometer site) began in 2010. The aerosol optical depth and Angstrom exponent as two important parameters of aerosol are discussed here. Extinction of direct sunlight throughout the atmosphere is related to both aerosol and molecular concentrations and the pure aerosol portion is named aerosol optical depth or AOD and its higher (lower) values are related to aerosol more (less) number densities. Angstrom exponent or alpha is a qualitative indicator of aerosol mean size and higher (lower) values are related to fine (coarse) aerosols. Therefore, both AOD and alpha determine the dominant type of aerosols and their concentrations.

In this work, all 10,359 days of recorded data from Zanjan's weather station during 1973-2017 are selected to investigate the correlation between horizontal visibility, temperature, and atmospheric conditions. The results show that the horizontal visibility is reduced in the colder months of the year due to rainy weather conditions, fog, and snowfall. During 70 days in 1990-2017, horizontal visibility dropped below 5 km and 86% of these days have foggy, rainy, and snowy conditions. So, one concludes that air pollution is not the main reason for visibility reduction in Zanjan city. Furthermore, the optical depth and Angstrom exponent parameters of atmospheric aerosols are extracted from the sun-photometer station of Zanjan during 2010-2017. No significant correlation is observed between the horizontal visibility reduction and the increase in the concentration of dust particles as the dominant aerosol of the Zanjan's atmosphere. In the studied period, 1269 (76) days (dusty days) were recorded, with mean horizontal visibility of 11 (9) km. Therefore, one concludes that the parameter of horizontal visibility is not sharply decreased during dust events and it is mainly related to dust transportation from external sources to the atmosphere of Zanjan, especially at higher altitudes.

Keywords: horizontal visibility, aerosol optical depth, temperature, correlation, Zanjan.

* Corresponding author:

ahad.saber@gmail.com