دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۲۹ فصلنامهٔ مدیریت نظامی
پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹ سال بیست و سوم، شمارهٔ۴، زمستان ۱۴۰۲
مقاله پژوهشی ص‌ص ۷۹-۹۸

بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر در شهر زابل و ارتباط آن با سلامتی نیروهای نظامی

حسن رضایی[۱] *، مریم مرادی[۲]، یاسر حاجی آقانژاد[۳]

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر در شهر زابل و ارتباط آن با سلامتی نیروهای نظامی می باشد. برای انجام این تحقیق از پارامترهای اقلیم و میزان غلظت PM۱۰ ایستگاه هوا شناسی زابل طی بازه زمانی ۱۰ ساله (۱۳۸۸-۱۳۹۸) استفاده گردید. بعد از آن شاخص کیفیت هوا به صورت فصلی و ماهیانه بررسی شد و جهت بررسی پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰میکرومتر از ضریب پیرسون استفاده شد. همانطور که نتایج نشان داد که سطح معنی داری بدست آمده بین میزان غلظت PM۱۰ و میانگین رطوبت نسبی (۰/۴۲۱-)، مجموع بارش سالانه (۰/۴۵-) ، میانگین دمای سالانه (۰/۵۹۶)، حداکثر سرعت باد (۰/۵۹۲) و با تعدادروزهای همراه گرد و غبار و تعداد روزهای دید کمتر از ۲ کیلومتر برای ایستگاه زابل به ترتیب ۰/۸۰۱ و ۰/۷۶۹ می باشد. بررسی شاخص کیفیت هوا نشان داد که ماه ها تیر و مرداد از بیش ترین و دی از کم‌ترین آلودگی هوا برخوردار می باشند. با توجه به تاثیر میزان غلظت PM۱۰ بر سلامتی در مطالعات متعدد، پیشنهاد می‌گردد، فرماندهان در به کارگیری صحیح نوبت‌کار، تقسیم دوره ای افراد در مناطق آلوده وکاهش زمان کار اقدامات لازم را انجام دهند.

کلمات کلیدی: پارامتر اقلیمی، ذرات معلق، سلامتی، نیروهای نظامی، زابل.

---

۱. استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه افسری امام علی(ع)، تهران، ایران.
۲. دکتری سلامت در بلایا و فوریت ها، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران.
۳. دکتری روانشناسی ، مدرس دانشگاه افسری امام علی(ع)، تهران، ایران.

مقدمه

ذرات معلق موجود در هوا دارای منشأ طبیعی و انسانی می‌باشند (فرجی و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۷۵)، منشأ طبیعی ذرات معلق، ذرات نمک برخاسته از اقیانوسها و گردوغبار حمل شده توسط باد از مناطق بیابانی و ذرات جامد ناشی از فعالیتهای آتشفشانی است(استیکس و همکاران، ۲۰۱۸: ۶۵۰۸). یکی از علل اصلی انتشار ذرات معلق با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرومتر (PM۱۰) در هوای مناطق خشک جهان و ازجمله در هوای استانهای خشک و بیابانی کشور ایران، وقوع طوفان‌های گردوغبار است که شدت و تواتر آن نسبت به گذشته افزایش یافته و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی به دنبال داشته است(مدرس و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۱۳-۱۱۴). پدیده گرد و غبار عبارت است از افزایش ذرات جامد معلق در جو به طوری که موجب تیرگی هوا شده و میزان دید افقی یا دید عمودی را کاهش یابد و رطوبت نسبی هوا کمتر از ۸۰ درصد باشد(چانگ جانگی و همکاران، ۲۰۲۰: ۳) . ذرات جامد به صورت معلق در جو زمین همواره وجود دارند اما تراکم این ذرات مانند هر متغییر جوی دیگری اگر از محدوده ای فراتر رود به مثابه یک حادثه غیر مترقبه جوی ظاهر شده و خسارت زا و خطرناک خواهد بود(آشپولو وواشنگتن، ۲۰۱۳: ۶۹۷۰).

غلظت این ذرات در هوای مناطق مختلف جغرافیایی و ازجمله در هوای مناطق شهری به عوامل متعدد اقلیمی، محیطی و زمینی وابسته است(ستین و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۷۸). شناسایی عوامل اقلیمی مؤثر بر تغییر غلظت ذرات معلق موجود در هوای مناطق مختلف، توسط پژوهشگران متعدد موردبررسی قرار گرفته است. هر یک از این پژوهشگران، عوامل مختلفی را در افزایش و یا کاهش غلظت ذرات معلق مؤثر دانسته اند. به عنوان مثال وانگ وهمکاران(۲۰۱۵) در مطالعه ای ، عوامل مؤثر بر افزایش غلظت PM۱۰ در سال ۲۰۱۰ در شهر اگزیان چین پرداخت ونتایج نشان داد که، افزایش سرعت باد و کاهش رطوبت نسبی تاثیر دارد، نامداری و همکاران(۲۰۱۸) از شاخص اپتیکی آئروسل‌ها برای سنجش میزان فعالیت توفان‌های گردوغبار در بیابانهای خاورمیانه استفاده کردند. بر اساس یافته های حاصل از تحقیق آنها، افزایش دما و کاهش بارندگی از علل اصلی کاهش رویدادهای گردوغبار در خاورمیانه بوده است. همچنین ذرات معلق هوا بر آلودگی هوا تاثیر دارد (احمدی و همکاران: ۲۰۲۱: ۱۵۷۶۹). در سال ۲۰۱۹، سازمان بهداشت جهانی، آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی به عنوان مهمترین تهدیدهای جهانی زیست محیطی برای سلامت انسان شناخته شده است. آلودگی هوا بر

سلامتی جوامع تأثیر سوئی دارد و منجر به مرگ زودرس(فان و همکاران، ۲۰۱۹)، بیماری قلب و عروقی (فرزاد و همکاران،۲۰۲۰)، برونشیت(اندرسون و همکاران، ۲۰۱۳)، اختلالات تنفسی(گامد و ساواج ، ۲۰۱۷) و سرطان(لی و همکاران، ۲۰۱۷) می شود. تحقیقات اخیر نشان می دهد که تقریباً ۹ میلیون مرگ سالانه از آلودگی هوا در جهان وجود دارد(برنت و همکاران، ۲۰۱۸: ۹۵۹۳). آلودگی هوا و بروز عوارض آلاینده های مختلف، علاوه بر سالمندان، بیماران ریوی و قلبی وکودکان نیروهای نظامی را به عنوان یکی از گروه های اصلی دفاعی بخصوص در مناطق مرزی یا شهرهای مرزی کشور تحت تاثیر قرار داده اما کمترکسی به تأثیر آلاینده های هوا بر سلامت نیروهای نظامی توجه کرده و در مورد آن ابراز نگرانی کرده است (میر باقری و قادری، ۱۳۹۰: ۹۶).

در سالهای اخیر به دلیل کاهش نزولات جوی، خشکسالی‌های متوالی، تخریب پوشش گیاهی، خشکیده شدن تالابها، تشدید رخداد فرسایش بادی و فقدان برنامه ریزیها و سرمایه گذاری‌های طولانی مدت برای مبارزه با این پدیده، میزان فعالیت توفانهای شن و گردوغبار و غلظت ذرات معلق هوا بر فراز بسیاری از شهرهای بیابانی ایران افزایش یافته است (خوسفی ودرگاهیان، ۱۳۹۷: ۷۸).

با توجه به تأکید سلسله مراتب فرماندهی و ماموریت اخیر نیروی زمینی محوری ارتش جمهوری اسلامی ایران جهت مراقبت مرزی شرق کشور، ضروری است که، عامل‌هایی از قبیل اقلیم و گردوغبار که نیروی انسانی و تجهیزات را تحت تاثیر قرار می‌دهند، مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به اینکه شهر زابل، شهری است که در نزدیکی یکی از مهمترین کانون‌های بحرانی تولید گردوغبار استان سیستان واقع شده است. ذرات گردوغبار می‌تواند منجر به افزایش نگرانی های زیست‌محیطی و تهدید بیشتر برای ساکنین منطقه و نیروهای نظامی شده و با توجه به اینکه عوامل اقلیمی نقش مهمی بر تغییر غلظت ذرات معلق دارند و تاکنون مطالعه‌ای راجع به شناسایی مهمترین عوامل اقلیمی مؤثر بر تغییر غلظت ذرات معلق هوای شهر زابل انجام نگرفته است و نیز با توجه به ماموریت اخیر نیروی زمینی محوری ارتش جمهوری اسلامی ایران جهت مراقبت مرزی، در این پژوهش سعی بر آن است که در ابتدا به این موضوع پرداخته شود و سپس با استخراج شاخص کیفیت هوا به صورت فصلی و ماهیانه اقدامات مرتبط جهت سلامت نیروهای نظامی پیشنهاد گردد.

پیشنیه تحقیق

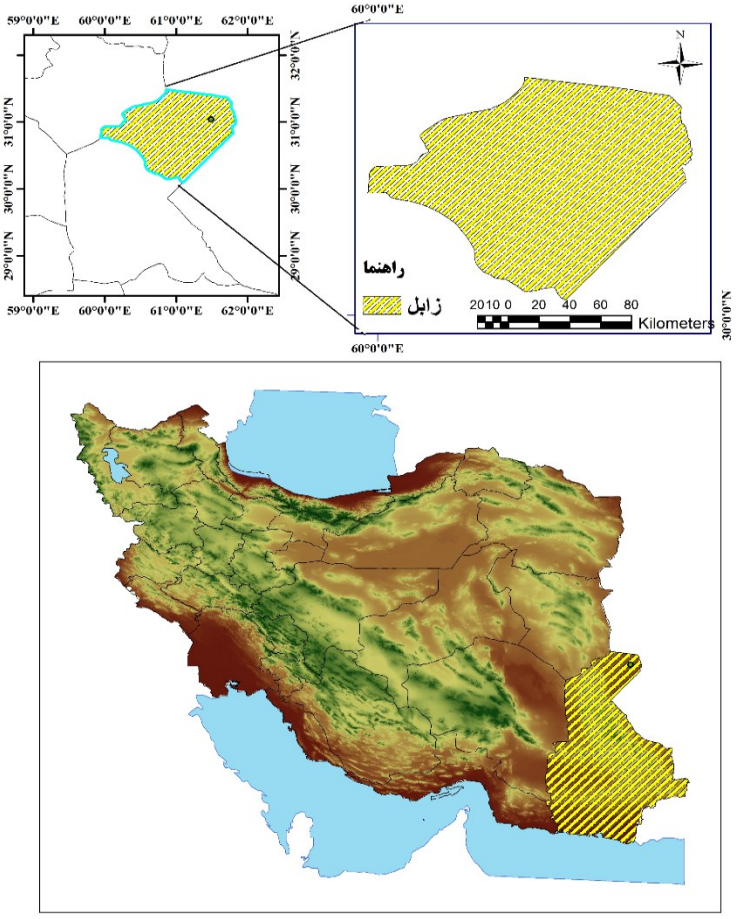
گارشیک وهمکاران در سال ۲۰۱۹ در مطالعه ای به بهداشت تنفسی خدمت سربازی در جنوب غربی آسیا و افغانستان پرداختند . نتایج نشان داد طوفان های گرد و غبار باعث کاهش عملکرد ریوی و برونشیت در نیروهایی که در افغانستان مستقر می باشند، شده است. در مطالعه ای تأثیر آلودگی هوا بر عملکرد ایمنی رانندگان بررسی شد و نتایج نشان داد که افزایش ۱ میکروگرم در مترمکعب ذرات معلق در هوا، تعداد حوادث رانندگی را ۴ درصد در یک روز افزایش میدهد(احمدی و همکاران، ۲۰۲۱). یغمائیان و همکاران(۲۰۱۸)، بررسی اثرات بهداشتی ذرات معلق در هوا بر کیفیت هوای سمنان در سال ۲۰۱۷ پرداختند و نتایج نشان داد که بیش از ۸۰٪ از مرگ و میرهای قلبی عروقی و تنفسی ، و همچنین مراجعات بیماران سرپایی با بیماری های تنفسی و قلبی، به همان گروه غلظت ذرات معلق در هوا بستگی دارد. باغخانی و همکاران (۱۳۹۷)، اثرات ذرات معلق جامد آلودگی هوا (PM) بر سلامت انسان را با روش کتابخانهای(۱۲ مقاله) بررسی کردند و نتایج نشان داد که ذرات معلق در هوا، باعث بیمارهای قلبی، ریوی، عملکرد انسان, تغییرات هورمونهای محور هیپوفیز تخمدان مادر، تعداد مرگ و میر تنفسی، روحیه کاری، سرطان ریه، تغییرات فشار خون، و زایمان زود رس تاثیر بسزایی دارد. در پژوهش حاضر، به بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر پرداخته و با استخراج شاخص کیفیت هوا به صورت فصلی و ماهیانه اقدامات مرتبط جهت سلامت نیروهای نظامی پیشنهاد گردید.

مواد و روش ها

۱- منطقه مورد مطالعه

سیستان کنونی در شرق ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان در دشت پست و هموار در ۳۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی، نسبت به نیمروز گرینویچ قرار دارد (شکل ۱). از شمال به استان خراسان جنوبی، از جنوب تا نزدیک دشتک، از شرق به کشور افغانستان و از غرب به کویر کرمان محدود است. مساحت دشت سیستان ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع است دشت سیستان در جنوب شرق ایران و شمال استان سیستان و بلوچستان واقع است که به لحاظ اقلیمی در گروه اقلیم میانه قرار گرفته است. براساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی زابل در این منطقه به طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز خشکی وجود دارد. اقلیم آن به روش گوسن و سلیانییوف،

بیابانی و به روش کوپن، خشک بسیار گرم با تابستان خشک و به روش تحلیل خوشه ای بسیار کم بارش، گرم و خشک است. این دشت علی رغم یکنواختی نسبی از نظر ژئومورفولوژی دارای اشـــکال ناهموار ویژه‌ای اســـت که از آن جمله می‌توان به فرورفتگی‌ها، چاله ها، ارتفاعات کوه خواجه، تپه ها ی ماســه‌ای، پشـــته‌های شـــنی، تراس‌های دریاچه‌ای و یک گســـل اشـــاره نمود (گودرزی وهمکاران، ۱۳۹۴: ۸۳۴).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران(منبع: نگارنده،۱۴۰۰)

۲-روش کار:

ضریب همبستگی پیرسون

این ضریب میزان همبستگی بین دو متغیر فاصله‌ای یا نسبی را محاسبه کرده مقدار آن بین ۱+ و ۱- می‌باشد. اگر مقدار بدست آمده مثبت باشد به معنی این است که تغییرات دو متغیر به طور هم جهت اتفاق می‌افتد، یعنی با افزایش در هر متغیر، متغیر دیگر نیز افزایش می یابد و برعکس. اگر مقدار r منفی شد، بدین معنی است که دو متغیر در جهت عکس هم عمل می‌کنند، به عبارت دیگر با افزایش مقدار یک متغیر مقادیر متغیر دیگر کاهش می یابد و برعکس. اگر مقدار بدست آمده صفر شود، نشان می‌دهد که هیچ رابطه ای بین دو متغیر وجود ندارد. اگر ضریب همبستگی برابر ۱+ شد، همبستگی مثبت و کامل و اگر برابر ۱- شد، همبستگی منفی است.

ضریب همبستگی پیرسون مبتنی بر کوواریانس دو متغیر و انحراف معیارهای آنها می باشد، بنابراین می توان از برآورد های آنها برای محاسبه ضریب همبستگی پیرسون استفاده نمود:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{NS_X S_Y} = \frac{\sum(xy)}{NS_X S_y}$$

در رابطه فوق: S_x انحراف استاندارد نمره های x ، N تعداد مشاهدات ، r_{xy} همبستگی بین متغیرهایx و y است، S_y انحراف استاندارد نمره های y ، $\sum xy$ مجموع حاصل ضرب تفاضل نمره ها از میانگین y و x (رضائی، ۱۴۰۰).

شاخص کیفیت هوا

کیفیت هوا بر کیفیت زندگی و تنفس انسان اثر دارد. همان گونه که وضعیت آب وهواروز به روز و حتی ساعت به ساعت تغییر می کند کیفیت هوا نیز می تواند متغیر باشد. شاخص کیفیت هوا بر اثرات آلاینده ها روی سلامت که ممکن است از تنفس چند ساعت یا چند روز این آلاینده بوجود آید، متمرکز شده است. این شاخص برای آلاینده های عمده که توسط قانون هوای پاک مورد توجه بوده است محاسبه می شود: اوزن موجود سطح زمین، گرد و غبار (ذرات

آلاینده)، مونو اکسید کربن، دی اکسید سولفور و دی اکسید نیتروژن (ژان و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۳۴۴).

برای هر یک از آلاینده های اصلی هوا جدولی وجود دارد که برای اطلاع رسانی به عموم مردم در زمینه آلودگی هوا تهیه شده است. در اینجا با توجه به اهمیت موضوع، شاخص کیفیت هوا بر پایه آلاینده‌ی ذرات معلق در جدول ۱، به صورت مختصر توضیح داده شده است (لی و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۳۶۷). همچنین در هنگام پدیده گرد و غبار شاخص کیفیت هوا یک ابزار کلیدی برای بیان نحوه‌ی اثر آلودگی هوا بر سلامت افراد و اتخاذ روش های محافظتی در برابر آلودگی هوا است که مردم را از کیفیت هوا (پاک بودن یا آلودگی آن) آگاه کرده و اثرات سلامتی مرتبط با آن را ارائه می‌کند.

جدول ۱: دستورالعمل های احتیاطی برای شرایطی که ذرات معلق ($PM_{۱۰}$)(هانگ[۱] و همکاران، ۲۰۱۸).

مقدارشاخص	سطوح مرتبط باسلامت	دستورالعمل احتیاطی
۰-۵۴	پاک	ندارد
۵۵-۱۵۴	سالم	افراد خیلی حساس در صورت امکان، فعالیت های طولانی یا سنگین را کاهش دهند.
۱۵۵-۲۵۴	ناسالم برای گروه های حساس	افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی، سالمندان و کودکان باید فعالیت های طولانی یا سنگین خارج از منزل را کاهش دهند.
۲۵۵-۳۵۴	ناسالم	افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی، سالمندان و کودکان باید از فعالیت های طولانی یا سنگین خارج از منزل اجتناب ورزند. افراد دیگر باید فعالیت های طولانی یا سنگین خارج از منزل را کاهش دهند
۳۵۵-۴۲۴	خیلی ناسالم	افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی، سالمندان و کودکان باید از هرگونه فعالیت فیزیکی خارج از منزل اجتناب کنند. افراد دیگر باید از فعالیت های طولانی یا سنگین خارج از منزل اجتناب کنند.
۴۲۵-۵۰۴ بالاتر از ۵۰۴	خطرناک	افراد مبتلا به بیماری های قلبی یا ریوی، سالمندان و کودکان باید از منزل خارج نشوند و فعالیت های خود را به حداقل برسانند. افراد دیگر باید از فعالیت های طولانی یا سنگین خارج از منزل اجتناب نمایند.

[۱] Huang

یافته های پژوهش

تحلیل آزمون پیرسون جهت تعیین میزان همبستگی بین متغیرها

جداول همبستگی در ابتدا پیچیده به نظر می‌رسند زیرا هنگامی که بیش از دو متغیر برای انجام آزمون همبستگی انتخاب شود ماتریس مربعی شکلی از همبستگی بوجود می‌آید. روی قطر اصلی، ضرایب همبستگی همواره یک است زیرا مقدار همبستگی هر متغیر با خودش در این سلول ها وجود دارند. در سلول های دیگر ضرایب همبستگی (r) و همچنین معیار تصمیم (sig) دو به دو برای متغیرها محاسبه شده است. بدیهی است که همبستگی متغیر مجموع بارندگی سالیانه با متغیر میانگین رطوبت نسبی سالیانه و حالت عکس آن یک مقدار باشد. در آزمون های همبستگی، معمولا سطح آزمون یا معیار تصمیم را ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نظر می‌گیرند. چنانچه مقادیر معیار تصمیم برای هر زوج از متغیرها کمتر از این مقدار باشد نشان از وجود یک نوع رابطه بین هر زوج از متغیرهای آزمون دارد، به عبارتی متغیرها دو به دو به هم وابسته هستند. در جدول ۲، نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین هر ۶ زوج متغیر در ایستگاه زابل بدست آمده است.

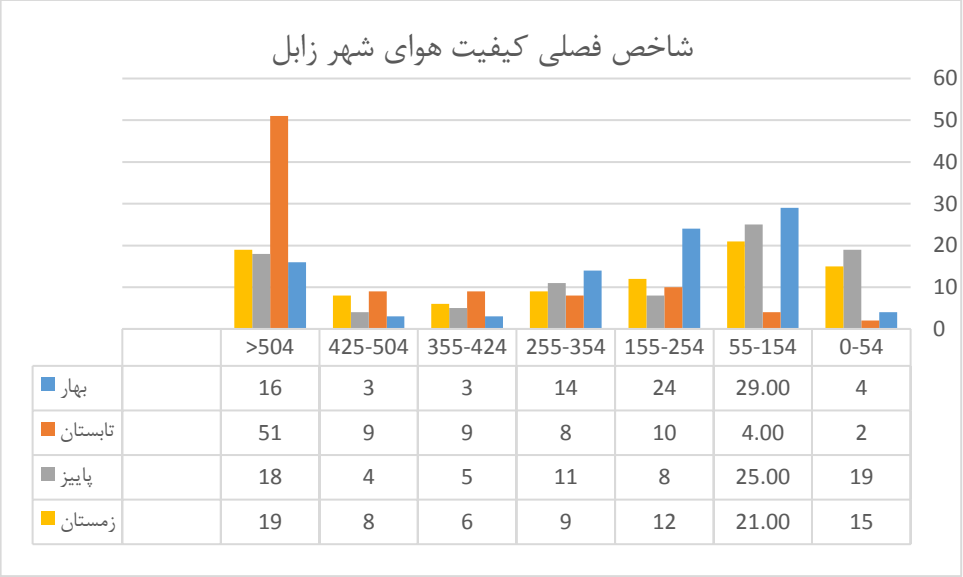
جدول ۲: نتایج حاصله از آزمون همبستگی پیرسون در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد (r ضریب مقدار همبستگی و sig، سطح معنی داری)، *وجود روند در سطح ۹۵ درصد، **وجود روند در سطح ۹۹ درصد

		ایستگاه زابل						
		بارش سالانه	دما	حداکثر سرعت باد	رطوبت نسبی	روزهای گردوغباری	روزهای با دید کمتر و مساوی ۲ کیلومتر	میزان غلظت PM_{10}
بارش سالانه	r	۱	-۰/۳۵۶	-۰/۰۵۴	۰/۵۴۴**	-۰/۳۶۷*	-۰/۱۹۸	-۰/۴۵*
	Sig		۰/۰۵۳	۰/۷۷۶	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶	۰/۲۹۵	۰/۰۴۶
دما	r	-۰/۳۵۶		۰/۰۱۲	-۰/۴۶۲*	۰/۴۴۶*	-۰/۳۵۵	۰/۵۹۶**
	Sig	۰/۰۵۳	۱	۰/۹۴۹	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۵۵	۰/۰۰۲
حداکثر سرعت باد	r	-۰/۰۵۴	۰/۰۱۲		-۰/۴۵	-۰/۵۴۶**	-۰/۰۱۶	۰/۵۹۲**
	Sig	۰/۷۷۶	۰/۹۴۹	۱	۰/۰۵۲	۰/۰۰۲	۰/۹۳۲	۰/۰۱
رطوبت نسبی	r	۰/۵۴۴**	-۰/۴۶۲*	-۰/۴۵		-۰/۳۶۷*	-۰/۰۹۶	-۰/۴۲۱*
	Sig	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۵۲	۱	۰/۰۴۶	۰/۶۱۵	۰/۰۵
روزهای گردوغباری	r	-۰/۳۶۷*	۰/۴۴۶*	۰/۵۴۶**	-۰/۳۶۷*	۱	۰/۰۲۳	۰/۸۰۱**
	Sig	۰/۰۴۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۴۶		۰/۹۰۲	۰/۰۱
روزهای با دید کمتر و مساوی ۲ کیلومتر در سال	r	-۰/۱۹۸	-۰/۳۵۵	-۰/۰۱۶	۰/۰۹۶	-۰/۰۲۳		۰/۷۶۹**
	Sig	۰/۲۹۵	۰/۰۵۵	۰/۹۳۲	۰/۶۱۵	۰/۹۰۲	۱	۰/۰۱
میزان غلظت PM_{10}	r	-۰/۴۵*	۰/۵۹۶**	۰/۵۹۲**	-۰/۴۲۱*	۰/۸۰۱**	۰/۷۶۹**	۱
	Sig	۰/۰۴۶	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۱

همانطور که از جداول ۲ مشخص است سطح معنی داری بدست آمده بین میزان غلظت PM_{10}. و میانگین رطوبت نسبی سالیانه برای ایستگاه زابل ۰/۰۵ است و میزان ضریب پیرسون نیز به ترتیب ۰/۴۲۱- بدست آمده است. جهت این همبستگی منفی می باشد. بین میزان غلظت PM_{10}. با پارامتر مجموع بارش سالانه در ایستگاه مورد مطالعه همبستگی منفی برقرار است. ایستگاه زابل (۰/۴۵-) در سطح اعتماد ۹۵ در صد معنی دار می‌باشد که نشان از تاثیر پذیری میزان غلظت PM_{10}. از این پارامتر اقلیمی است. بین میزان غلظت PM_{10}. با پارامتر میانگین دمای سالانه در ایستگاه مورد مطالعه همبستگی مثبت برقرار است. این همبستگی در ایستگاه زابل (۰/۵۹۶) در سطح اعتماد ۹۹ در صد معنی دار است نتایج حاصل از همبستگی بین میزان غلظت PM_{10}. با پارامتر حداکثر سرعت باد نسبی حاکی از آن است که بین این متغیر با متغیر حداکثر سرعت باد همبستگی معنی دار مثبت در سطح اعتماد ۹۹ درصد برقرار است و مقدار آن ۰/۵۹۲ است. میزان همبستگی بین میزان غلظت PM_{10}. با تعدادروزهای همراه گرد و غبار و تعداد روزهای دید کمتر از ۲ کیلومتر برای ایستگاه زابل به ترتیب۰/۸۰۱ و ۰/۷۶۹ است و سطح معنی داری آن ۹۹ درصد بدست آمده است. جهت این همبستگی مثبت می باشد یعنی با افزایش این دو پارامتر میزان غلظت PM_{10}. افزایش پیدا می کند. با توجه به نتایج بدست آمده پارامترهای اقلیمی فوق همبستگی بالایی با میزان PM_{10}. در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد داشته است.

بررسی وضعیت شاخص کیفیت هوای زابل بر حسب ذراتPM_{10} در بازه زمانی مورد مطالعه:

در بررسی فصلی، فصل تابستان از در صد فراوانی بیشتری نسبت به دیگر فصل ها در روزهایی که شاخص کیفیت هوای آن در محدوده بیشتر از ۱۵۴ میکروگرم بر متر مکعب است، برخوردار می باشد. یعنی هوای آن از محدوده مرز سالم گذشته ودر شرایط ناسالم تا بحرانی و حتی فراتر از آن قرار گرفته است. و بر عکس آن فصل پاییز، بیشترین در صد فراوانی روز های پاک و سالم، روزهایی که شاخص کیفیت هوای آن در محدوده کمتر مساوی ۱۵۴ میکروگرم بر متر مکعب است، را به خود اختصاص داده است(شکل۲).



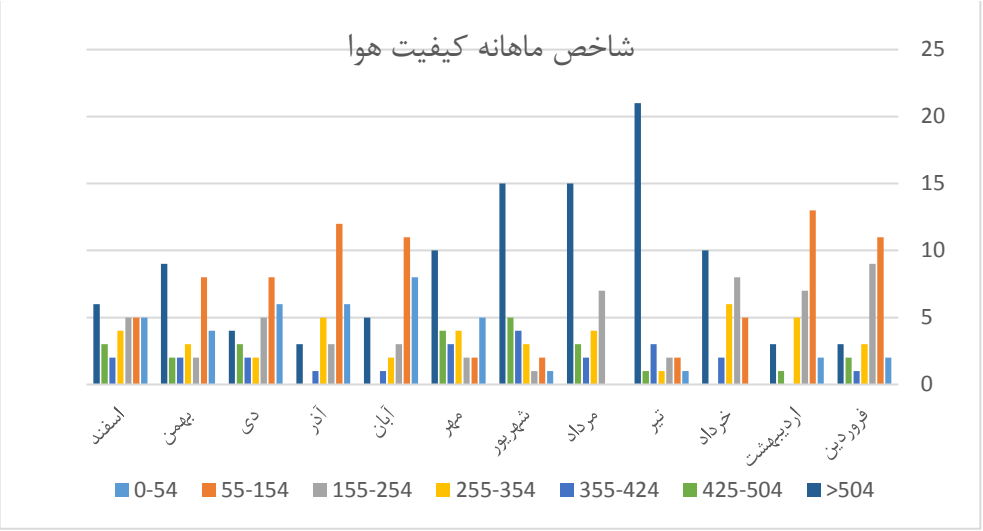
	>504	425-504	355-424	255-354	155-254	55-154	0-54
بهار	16	3	3	14	24	29.00	4
تابستان	51	9	9	8	10	4.00	2
پاییز	18	4	5	11	8	25.00	19
زمستان	19	8	6	9	12	21.00	15

شکل۲: بررسی شاخص کیفیت هوا در منصقه مورد مطالعه به صورت فصلی.

در بررسی ماهیانه کیفیت هوای شهر زابل، ماه های تیر و مرداد به نسبت دیگر ماه ها دارای بیشترین درصد فراوانی روزهای آلوده، روزهایی که شاخص کیفیت هوای آن در محدوده ناسالم تا بحرانی و فراتر از آن می باشد، قرار گرفته است. ماه دی دارای کمترین درصد فراوانی روز های آلوده می باشد. یعنی درصد فراوانی روزهایی که شاخص کیفیت هوای آن در محدوده سالم و پاک (کمتر مساوی ۱۵۴ میکرو گرم بر متر مکعب) قرار دارد در ماه دی نسبت به دیگر ماه های سال بیشتر است(جدول ۳ و شکل ۳).

جدول ۳: بررسی شاخص کیفیت هوا در منصقه مورد مطالعه به صورت ماهیانه.

	میزان غلظتPM10	۰-۵۴	۱۵۴-۵۵	۲۵۴-۱۵۵	۳۵۴-۲۵۵	۴۲۴-۳۵۵	۵۰۴-۴۲۵	>۵۰۴
	شاخص کیفیت هوا	پاک	سالم	ناسالم برای افراد حساس	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک	فراتر از بحرانی
فروردین	تعداد روز	۲	۱۱	۹	۳	۱	۲	۳
	درصد فراوانی	۶,۴	۳۵,۵	۲۹	۹,۷	۳,۲	۶,۵	۹,۷
اردیبهشت	تعداد روز	۲	۱۳	۷	۵	۰	۱	۳
	درصد فراوانی	۶,۴	۴۲	۲۲,۶	۱۶,۱	.	۳,۲	۹,۷
خرداد	تعداد روز	۰	۵	۸	۶	۲	۰	۱۰
	درصد فراوانی	۰	۱۶,۲	۲۵,۸	۱۹,۳	۶,۴	.	۳۲,۳
تیر	تعداد روز	۱	۲	۲	۱	۳	۱	۲۱
	درصد فراوانی	۳,۲	۶,۴	۶,۴	۳,۲	۹,۷	۳,۲	۶۷,۹
مرداد	تعداد روز	۰	۰	۷	۴	۲	۳	۱۵
	درصد فراوانی	۰	۰	۲۲,۶	۱۲,۹	۶,۴	۹,۷	۴۸,۴
شهریور	تعداد روز	۱	۲	۱	۳	۴	۵	۱۵
	درصد فراوانی	۳,۲	۶,۴	۳,۲	۹,۷	۱۲,۹	۱۶,۲	۴۸,۴
مهر	تعداد روز	۵	۲	۲	۴	۳	۴	۱۰
	درصد فراوانی	۱۶,۶	۶,۷	۶,۷	۱۳,۳	۱۰	۱۳,۳	۳۳,۴
آبان	تعداد روز	۸	۱۱	۳	۲	۱	۰	۵
	درصد فراوانی	۲۶,۶	۳۶,۷	۱۰	۶,۷	۳,۳	.	۱۶,۷
آذر	تعداد روز	۶	۱۲	۳	۵	۱	۰	۳
	درصد فراوانی	۲۰	۴۰	۱۰	۱۶,۶	۳,۳	.	۱۰
دی	تعداد روز	۶	۸	۵	۲	۲	۳	۴
	درصد فراوانی	۲۰	۲۶,۷	۱۶,۷	۶,۷	۶,۷	۱۰	۱۳,۳
بهمن	تعداد روز	۴	۸	۲	۳	۲	۲	۹
	درصد فراوانی	۱۳,۳	۲۶,۷	۶,۷	۱۰	۶,۷	۶,۷	۳۰
اسفند	تعداد روز	۵	۵	۵	۴	۲	۳	۶



شکل ۳: بررسی شاخص کیفیت هوا در منصقه مورد مطالعه به صورت ماهیانه.

بحث

میزان غلظت PM_{10}. بر ا ساس کیفیت هوا ا ستاندارد محیط زی ست ایران ۱۵۰ میکرو گرم بر متر مکعب برای ۲۴ ساعت می‌باشد که بر اساس نتایج تحقیق حاضر از خرداد تا مهرماه شرایط از حد مجاز بیشتر می‌باشدو نتایج تحقیق نشان داد که علت افزایش غلظت PM_{10}.، افزایش دما و سرعت باد ، کاهش رطوبت و بارش می‌باشد، مطالعه مسعودی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که غلظت PM_{10}. با سرعت باد همبستگی مثبت و با بارش همبستگی منفی دارد که با نتایج تحقیق حا ضر مطابقت دارد. اتابکی تاثیر پارامترهای اقلیمی بر تغییرات غلظت PM_{10}. را برر سی نمودند و نتایج نشـان داد که تغییرات غلظت PM_{10}. با دما و سـرعت همبسـتگی مسـتقیم و با بارش و رطوبت نسبی همبستگی معکوس دارد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. تاثیر ذرات معلق در هوا نیز بر سلامتی انسان در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است. گارشیک[۱] وهمکاران در سـال ۲۰۱۹ در مطالعه خود نشـان داد طوفان های گرد و غبار باعث کاهش عملکرد ریوی و برونشیت در نیروهای نظامی مستقر در افغانستان شده است. در مطالعه ای تأثیر آلودگی هوا بر عملکرد ایمنی رانندگان بررسـی شـد و نتایج نشـان داد که افزایش ۱ میکروگرم در مترمکعب ذرات معلق در هوا، تعداد حوادث رانندگی را ۴ درصـد در یک روز افزایش می‌دهد(احمدی و

[۱] Garshick

همکاران، ۲۰۲۱). یغمائیان و همکاران(۲۰۱۸)، بررسی اثرات بهداشتی ذرات معلق در هوا بر کیفیت هوای سمنان در سال ۲۰۱۷ پرداختند و نتایج نشان داد که بیش از ۸۰٪ از مرگ و میرهای قلبی عروقی و تنفسی ، و همچنین مراجعات بیماران سرپایی با بیماری های تنفسی و قلبی ، به غلظت ذرات معلق در هوا بستگی دارد. باغخانی و همکاران (۱۳۹۷)، اثرات ذرات معلق جامد آلودگی هوا (PM) بر سلامت انسان را با روش کتابخانه‌ای(۱۲ مقاله) بررسی کردند و نتایج نشان داد که ذرات معلق در هوا، در بیمارهای قلبی، ریوی، عملکرد انسان, تغییرات هورمونهای محور هیپوفیز تخمدان مادر، تعداد مرگ و میر تنفسی، روحیه کاری، سرطان ریه، تغییرات فشار خون، و زایمان زود رس تاثیر بسزایی دارد.

نتیجه گیری

این تحقیق به بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر در شهر زابل و ارتباط آن با سلامتی نیروهای نظامی پرداخت. برا ساس نتایج آزمون همبستگی پیر سون، کاهش بارندگی، رطوبت و افزایش دما، تعداد روزهای گرد وغبار و سرعت باد باعث افزایش میزان غلظت PM_{10} در شهر زابل شده است و بادهای غالب موجود در منطقه می‌توان به عنوان عامل مؤثر در افزایش غلظت ذرات معلق نام برد. که وزش بادهای ۱۲۰ روزه، دمای بالا، رطوبت کم و وجود ذرات ریز دانه بستر خشکیده دریاچه هامون و دشت سیستان، به افزایش ذرات معلق در هوا تاثیر دارد و در میان ماه ها تیر و مرداد از بیش ترین و دی از کم ترین فراوانی ذرات معلق در هوا برخوردار می‌باشند. افزایش میزان غلظت PM_{10} در ماه تیر و مرداد(فصل تابستان) در شهر زابل،تاثیر بسزایی در سلامت نیروی نظامی به عنوان یک انسان دارد لذا با توجه به نتایج مطالعات جهت کاهش میزان تاثیر غلظت PM_{10} (آلودگی هوا) پیشنهاد می‌گردد:

- پرهیز از مصرف دخانیات، استفاده صحیح و مناسب از ماسک تنفسی، مصرف میوه و سبزیجات مناسب، ورزش و خواب مناسب برای نیروهای نظامی مستقر در زابل انجام شود.
- فرماندهان جهت کاهش اثرات ذرات معلق جامد آلودگی هوا در به کارگیری صحیح نوبت‌کار، تقسیم دوره ای افراد در مناطق آلوده وکاهش زمان کار اقدمات لازم را انجام

دهند و با ساخت کیوسک های دارای هوای پاک یا نصب دستگاه های تصفیه هوا در برجک های نگهبانی در مناطق مرزی می توان تماس با آلاینده ها را کاهش داد.

- معاینات پز شکی برای شنا سایی نیروهای در معرض خطر به صورت حداقل سالیانه انجام شود تا درمان به موقع یا در واقع برای پیشگیری ازگسترش مسمومیت اقدام کرد.
- در ماهای تیر، مرداد و به طور کلی در فصل تابستان به صورت استحقاقی به کلیه پرسنل مستقر در شهر زابل، ماسک های تنفسی جهت کاهش ورود ذرات معلق در هوا، تحویل گردد.

فهرست منابع

- ابراهیمی خوسفی، زهره و درگاهیان، فاطمه. (۱۳۹۷). بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر تغییر غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر و ارتباط آن با رخداد فرسایش بادی در مناطق خشک، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۹(۳۴)، ۹۲-۷۶.
- اتابکی، محمدرضا، سخایی، محمد، هویدی، حسن، پوته‌ریگی، محمد، کریمی‌منش، احسان. (۱۳۹۶). برر سی تغییرات غلطت ذرات معلق در هوا و تاثیر پارامترهای هوا شنا سی بر آن در سال ۱۳۹۲، فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط، ۳(۳):۲۰۷-۱۹۸.
- احدی، پریسا، خالدی، شهریار و احمدی، محمود .(۱۳۹۹). اثرات بلندمدت گرد و غبار در حوزه سلامت جهت پیشگیری از آثار آن در برنامه ریزی های آینده‌ی استان خوزستان. *فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱۰(۳۹)،۳۶-۲۱.
- باغخانی، مهدیه و ابراهیمی ثابت، صدف و هجرتی، سیده مع صومه و احت شامی، مجید .(۱۳۹۷). برر سی اثرات ذرات معلق جامد آلودگی هوا PM بر سلامت انسان، *چهارمین کنفرانس بین المللی یافته های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست*، تهران، ایران.
- رضائی، حسن. (۱۴۰۰). *اثر تغیر اقلیم بر کشاورزی*، انتشارات دانشگاهیان، تهران، ایران.
- سازمان هواشناسی کل کشور.(۱۳۹۹). شناسنامه آب و هواشناسی استان سیستان و بلوچستان.
- گودرزی، غلامر ضا.، احمدی‌آنگالی،کامبیز، سلیمی،جواد، غفاری‌زاده،فرخ، کدخدایی، فرزاد، ابراهیم زاده، غلامر ضا، ا سکندری، آمنه و برج سته ع سکری فاطمه. (۱۳۹۴). برر سی کیفیت بهدا شتی هوای شهر ستان زابل برا ساس شاخص AQI و محا سبه‌ی میزان مرگ و میر نا شی از ریزگردها، *مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار*، ۲۲(۵)، ۸۴۱-۸۳۲.
- میرباقری، حسین و قادری، جعفرعلی (۱۳۹۰). آلاینده های هوای شهرتهران و آثار زیانبار آن بر سلامت پلیس راهنمایی و رانندگی، *فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک*، ۱۹، ۱۰۶-۹۵.

- Anderson HR, Favarato G, Atkinson RW (۲۰۱۳) Long-term exposure to air pollution and the incidence of asthma: meta-analysis of cohort studies. *Air Qual Atmos Health*, ۶(۱),۴۷–۵۶
- Ashpole I, Washington R. (۲۰۱۳). A new high-resolution central and western Saharan summertime dust source map from automated satellite dust plume tracking. *J Geophys Res*, ۱۱۸،۶۹۸۱–۶۹۹۵.
- Achilleos, S, Al-Ozairi, E, Alahmad, B, Garshick, E, Neophytou, A. M., Bouhamra, W & Koutrakis, P (۲۰۱۹): Acute effects of air pollution on mortality: A ۱۷-year analysis in Kuwait. *Environment international*, ۱۲۶, ۴۷۶-۴۸۳.
- Boroghani, M., Pourhashemi, S., Zanganeh Asadi, M., & Moradi, H. (۲۰۱۷). Dust source identification in the middle east by using remote sensing. *Journal of Natural Environmental Hazards*, ۶(۱۱), ۱۰۱-۱۱۸.
- Chanchangi, Y. N., Ghosh, A., Sundaram, S., & Mallick, T. K. (۲۰۲۰). Dust and PV Performance in Nigeria: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ۱۲۱, ۱۰۹۷۰۴.
- Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (۲۰۱۷). Changes in the particulate matter and CO۲ concentrations based on the time and weather conditions: the case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, ۴۰(۱-II), ۴۷۷-۴۸۵.
- Derwent, R. G., Manning, A. J., Simmonds, P. G., Spain, T. G., & O'Doherty, S. (۲۰۱۸). Long-term trends in ozone in baseline and European regionally-polluted

air at Mace Head, Ireland over a ۳۰-year period. *Atmospheric Environment*, ۱۷۹, ۲۷۹-۲۸۷.

- Fann N, Coffman E, Hajat A, Kim SY (۲۰۱۹) Change in fine particlerelated premature deaths among US population subgroups between۱۹۸۰ and ۲۰۱۰. *Air Qual Atmos Health*, ۱۲(۶):۶۷۳–۶۸۲.
- Farzad K, Khorsandi B, KhorsandiM, Bouamra O,Maknoon R (۲۰۲۰) A study of cardiorespiratory related mortality as a result of exposure to black carbon. *Sci Total Environ*, ۷۲۵:۱۳۸۴۲۲
- Faraji, M., Pourpak, Z., Naddafi, K., Nodehi, R.N., Nicknam, M.H., Shamsipour, M., Rezaei, S., Ghozikali, M.G., Ghanbarian, M., Mesdaghinia, A. (۲۰۱۸). Effects of airborne particulate matter (PM۱۰) from dust storm and thermal inversion on global DNA methylation in human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) in vitro. *Atmospheric Environment*, ۱۹۵, ۱۷۰-۱۷۸.
- Garshick, E., Abraham, J. H., Baird, C. P., Ciminera, P., Downey, G. P., Falvo, M. J., ... & Blanc, P. D. (۲۰۱۹). Respiratory health after military service in Southwest Asia and Afghanistan. An official American Thoracic Society workshop report. *Annals of the American Thoracic Society*, *۱۶*(۸), e۱-e۱۶.
- Goudarzi, G, Shirmardi, M, Naimabadi, A, Ghadiri, A, & Sajedifar, J (۲۰۱۹): Chemical and organic characteristics of PM۲. ۵ particles and them in-vitro

cytotoxic effects on lung cells: The Middle East dust storms in Ahvaz, *Iran*. *Science of the Total Environment*, ۶۵۵, ۴۳۴۴۵.

- Gumede PR, Savage MJ (۲۰۱۷) Respiratory health effects associated with indoor particulate matter (PM ۲,۵) in children residing near a landfill site in Durban, South Africa. *Air Qual Atmos Health,* ۱۰(۷),۸۵۳–۸۶۰
- Huang, W., Wang, H., & Wei, Y. (۲۰۱۸). Endogenous or exogenous? examining trans-boundary air pollution by using the air quality index (aqi): A case study of ۳۰ provinces and autonomous regions in china. *Sustainability*, ۱۰(۱۱), ۴۲۲۰.
- Li J, Li WX, Bai C, Song Y (۲۰۱۷) Particulate matter-induced epigenetic changes and lung cancer. *Clin Respire J*, ۱۱(۵), ۵۳۹–۵۴۶
- Li, H., Wang, J., Li, R., & Lu, H. (۲۰۱۹). Novel analysis–forecast system based on multi-objective optimization for air quality index. *Journal of cleaner production*, ۲۰۸, ۱۳۶۵-۱۳۸۳.
- Modarres, R., Sadeghi, S. (۲۰۱۸). Spatial and temporal trends of dust storms across desert areas of Iran. *Natural Hazards*, ۹۰, ۱۰۱-۱۱۴.
- Masoudi M, Sakhaei M, Behzadi F, Jokar P. (۲۰۱۶). Status of PM۱۰ as an air pollutant and its prediction using meteorological parameters in Tehran, Iran. Fresenius environmentalbulletin. ۲۵(۶): ۲۰۱۷-۲۰۰۸.

- Namdari, S., Karimi, N., Sorooshian, A., Mohammadi, G., Sehatkashani, S. (۲۰۱۸). Impacts of climate and synoptic fluctuations on dust storm activity over the Middle East. *Atmospheric Environment*, ۱۷۳, ۲۶۵-۲۷۶.
- Shahsavani, A, Yarahmadi, M, Jafarzadeh,N, Naeemabadi, A, Mahmoudian, M.A , Saki.H, Solati, M.H, Soleymani.Z,Nadafi. K (۲۰۱۰): The Effects of Dust Storms on Health and the Environment. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*, ۴(۲), ۴۵-۵۶
- Stix, J., de Moor, J.M., Rüdiger, J., Alan, A., Corrales, E., D'Arcy, F., Diaz, J.A., Liotta, M. (۲۰۱۸). Using drones and miniaturized instrumentation to study degassing at Turrialba and Masaya volcanoes, Central America. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* ,۱۲۳, ۶۵۰۱-۶۵۲۰.
- Wang, P., Cao, J., Tie, X., Wang, G., Li, G., Hu, T., Wu, Y., Xu, Y., Xu, G., Zhao, Y. (۲۰۱۵). Impact of meteorological parameters and gaseous pollutants on PM۲. ۵ and PM۱۰ mass concentrations during ۲۰۱۰ in Xi'an, China. *Aerosol and Air Quality Research*, ۱۵, ۱۸۴۴-۱۸۵۴.
- Yaghmaeian, K., Ghobakhloo, S., & Mazloomi, S. (۲۰۱۸). Estimation of Health Effects attributed to PM ۲,۵ and Assessing the Health Quality of Semnan Air from the Perspective of this Pollutant. *Journal of health research in community*, ۴(۳), ۲۰-۳۳.

- Zhan, D., Kwan, M. P., Zhang, W., Yu, X., Meng, B., & Liu, Q. (۲۰۱۸). The driving factors of air quality index in China. *Journal of Cleaner Production*, *۱۹۷*, ۱۳۴۲-۱۳۵۱.

Investigating the Effect of Climatic Parameters on the Concentration of Suspended Particles Changes (Less than ۱۰ Micrometers) in Zabul and Its Relationship with the Health of Military Forces

Hasan Rezaee [۱] *
Maryam Moradi [۲]
Yaser Haji Aghanejad [۳]

Abstract

This study aims to investigating the effect of climatic parameters on the concentration of suspended particles changes (less than ۱۰ micrometers) in Zabul and its relationship with the health of military forces. To conduct this research, climate parameters and PM۱۰ concentration of Zabul weather station were used during a ۱۰-year period (۲۰۰۹-۲۰۱۹). Then, the air quality index was checked seasonally and monthly, and Pearson's coefficient was used to check the climatic parameters on changes in the concentration of suspended particles (less than ۱۰ micrometers). The results showed that the significant level obtained between PM۱۰ concentration and average relative humidity (-۰,۴۲۱), total annual rainfall (-۰,۴۵), average annual temperature (۰,۵۹۶), maximum wind speed (۵۹۲ ۰,۰) and with the number of days with dust and the number of visibility days less than ۲ km for Zabul station is ۰,۸۰۱ and ۰,۷۶۹ respectively. The investigation of the air quality index showed that the months of July and August have the most air pollution and December has the least air pollution. Considering the impact of PM۱۰ concentration on health in many studies, it is suggested that the commanders should take the necessary steps in the correct use of shift work, periodic division of people in polluted areas and reduction of working time.
Keywords: Climatic Parameters, Suspended Particles, Health, Military Forces, Zabul.

۱ Assistant Professor in Climatology, Imam Ali Military University (IAMU), Tehran, Iran. (corresponding author)
۲ PhD in Health in Disasters and Emergencies, Aja University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
۳ Ph.D. in Psychology, Lecturer at Imam Ali Military University, Tehran, Iran.