

Environmental Risk of Carbon Monoxide Pollutant in Tehran Outdoor Sports Spaces and Recreation Sites

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Bahmanpour H.^{*1} PhD,
Naghbi SH.² PhD,
Abdi H.² PhD

How to cite this article

Bahmanpour H, Naghbi SH, Abdi H. Environmental Risk of Carbon Monoxide Pollutant in Tehran Outdoor Sports Spaces and Recreation Sites. Geographical Researches. 2020;35(2):155-165.

¹Department of Environment, Faculty of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

²Department of Physical Education, Faculty of Human Sciences, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Iran

*Correspondence

Address: Shahrood Branch of Islamic Azad University, Daneshgah Boulevard, Shahrood, Iran. Postal Code: 3619943189.

Phone: +98 (21) 44838161

Fax: +98 (21) 88546377

hooman.bahmanpour@gmail.com

Article History

Received: March 25, 2020

Accepted: May 11, 2020

ePublished: May 30, 2020

ABSTRACT

Aims & Backgrounds The purpose of this study was to evaluate the environmental risk of Tehran's sports spaces in terms of the release of carbon monoxide pollutants.

Methodology First, data related to carbon monoxide pollutants were collected from the Tehran Air Pollution Monitoring Center and analyzed from the beginning of April 2018 to the beginning of April 2019. Using Craig's introspection, the corresponding raster was generated and classified. Finally, the classification was done and the relevant map was prepared using the air quality index table (AQI / PSI), the spatial location layer of the sports complex, and the pollution layer of the carbon monoxide was merged using IO technique in the GIS. William Fine's risk assessment method, with two different scenarios, was used to determine the level and rank of environmental risk.

Findings The results showed that the highest and the lowest hourly concentration of carbon monoxide pollutants are recorded in Aqdasiyeh (with 2.39 ppm) and Piroozi (with 2.11 ppm), respectively. The cleanest air was recorded in Aqdasiyeh station (with 77 clean days), while the most polluted air was recorded in Piroozi station (with just 7 clean days). Approximately, 30 percent of the days of the year had grouped into categories of "unhealthy" and "unhealthy for sensitive groups". The average hourly and daily concentration of carbon monoxide pollutants

was less than permitted levels at all stations, indicating that none of the sports complexes in the study area are at risk for hourly concentrations of carbon monoxide pollutants. According to Scenario A, the risk rating is related to the carbon monoxide pollutant 24, which indicates a non-hazardous situation and a "low-risk level".

Conclusion About 12 sports complexes are directly exposed to this pollutant and it is necessary to adopt management strategies to improve the quality of this type of urban land use.

Keywords Carbon Monoxide Pollutant; Environmental Risk Assessment; Sports Spaces

CITATION LINKS

[Arnesano M, et al; 2016] A tool for the optimal sensor placement to optimize ...; [Allen HH, et al; 2009] Risk evaluation of green components to hazardous ...; [Ghanbari H, Azizi GH; 2007] Numerical simulation of Tehran air pollution ...; [Bahmanpour H, et al; 2013] The qualitative and quantitative evaluation of ...; [Blair C, et al; 2010] Volatile organic compounds in runners ...; [Bono R, et al; 2006] Benzene and formaldehyde in air of two winter ...; [Brunekreef ST, Holgate S; 2002] Air pollution and ...; [Campbell M, et al; 2005] Should people be physically active ...; [Carlisle AJ, Sharp NC; 2001] Exercise and outdoor ambient air ...; [Daisey JM, et al; 2003] Indoor air quality, ventilation and health ...; [Florida-James G, et al; 2004] Athens 2004: The pollution climate and ...; [Folinsbee LJ; 2001] Air pollution: Acute and chronic ...; [O'Brien TD, et al; 2016] Systematic review of physical activity and exercise ...; [International Agency for Research on Cancer; 1995] International Agency for Research on Cancer ...; [Kim YM, et al; 2001] Concentrations and sources of volatile organic ...; [Lippi G, et al; 2008] Air pollution and sports performance in ...; [Mohaghegh S, Hajian M; 2013] Sport and air ...; [Nameni A, et al; 2019] Environmental risk assessment of sports complexes ...; [Nasibullina A; 2015] Education for sustainable development and ...; [Rohani A, et al; 2017] Spatial assessment and environmental sustainability ...; [Raub JA, Benignus VA; 2002] Carbon monoxide and the nervous ...; [Swain DP, Brawner CA; 2014] ACSM's resource manual for guidelines ...; [TAQCC; 2016] Tehran air quality control ...; [United States Environmental Protection Agency; 2004] An examination of EPA risk assessment ...; [Vedal S, et al; 2003] Air pollution and daily mortality in a city ...; [Wark K, et al; 1998] Air pollution: Its origin and ...; [WB; 2015] Air pollution cost in ...; [World Health Organization; 2017] Air quality and health ...; [Wu D, et al; 2015] Will joint regional air pollution control ...; [Zammori F, Gabbriellini R; 2012] ANP/RPN: A multi criteria evaluation of the risk priority ...

ریسک محیط زیستی آلاینده مونواکسیدکربن در فضاهای ورزشی و تفریحی روباز شهر تهران

هومن بهمن پور* PhD

گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

سیدهای نقیبی PhD

گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

حسن عبدی PhD

گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم انسانی، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

چکیده

اهداف و زمینه‌ها: هدف این تحقیق ارزیابی ریسک زیست محیطی فضاهای ورزشی شهر تهران در ارتباط با آلاینده مونواکسید کربن هوا است.

روش‌شناسی: در ابتدا، داده‌های مربوط به آلاینده مونواکسید کربن در بازه زمانی ابتدای فروردین ۱۳۹۷ تا ابتدای فروردین ۱۳۹۸، به صورت خام از مرکز پایش آلودگی هوای تهران جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. براساس درون‌یابی به روش کریجینگ به تفکیک رستر مربوطه تولید و کلاس‌بندی انجام شد. در نهایت براساس جدول شاخص کیفیت هوا (AQI / PSI) طبقه‌بندی صورت گرفت و نقشه مربوطه تهیه گردید. از طریق تکنیک IO در سیستم GIS اقدام به روی هم‌گذاری لایه موقعیت مکانی مجموعه‌های ورزشی و لایه پهنه‌بندی آلاینده مونواکسید کربن گردید. از روش ارزیابی ریسک ویلیام فاین و براساس دو سناریوی مختلف، برای تعیین سطح و رتبه ریسک زیست محیطی استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین میزان غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن به ترتیب متعلق به ایستگاه‌های اقدسیه (2.39 ppm) و پیروزی (2.11 ppm) است. بیشترین هوای پاک متعلق به ایستگاه اقدسیه (۷۷ روز) و کمترین آن متعلق به ایستگاه پیروزی (۷ روز) بوده است. حدوداً ۳۰٪ روزهای سال دارای کیفیت هوای "ناسالم" و "ناسالم برای گروه‌های حساس" بوده است. میانگین غلظت ساعتی و روزانه آلاینده مونواکسید کربن در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، کمتر از حد مجاز توصیه شده بوده است که نشان هیچ یک از مجموعه‌های ورزشی در محدوده مطالعاتی در معرض خطر غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن نیستند. براساس سناریوی الف؛ رتبه ریسک مربوط به آلاینده مونواکسید کربن ۲۴ بوده که نشانگر وضعیت غیراضطراری و «سطح ریسک کم» است. ولیکن؛ در سناریوی دوم، رتبه ریسک ۹۰ و سطح ریسک «متوسط» ارزیابی می‌گردد.

نتیجه‌گیری: حدوداً ۱۲ مجموعه ورزشی، در معرض مستقیم این آلاینده هوا قرار دارند و لازم است تا با اتخاذ راهکارهای مدیریتی به ارتقای کیفیت این نوع از کاربری‌های شهری همت گماشت.

کلیدواژه‌ها: آلاینده مونواکسید کربن، ارزیابی ریسک محیط زیستی، فضاهای ورزشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

* نویسنده مسئول: hooman.bahmanpour@gmail.com

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که کیفیت زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثرات سوئی بر سلامت انسان می‌گذارد.

این اثرات باعث تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در بدن می‌گردند که در نهایت به بیماری شدید و حتی مرگ منتهی می‌شود [Arnesano et al, 2016]. آلاینده‌های هوا که تعداد آنها به بیش از ۱۸۰ نوع می‌رسد، ممکن است طبیعی یا ساخته دست بشر بوده و به اشکال مختلف مانند ذرات جامد، قطرات مایع و یا گاز وجود داشته باشند [Daisey et al, 2003]. دو گروه عمده آلاینده‌ها عبارتند از آلاینده‌های اولیه و ثانویه. آلاینده‌های اولیه استند که مستقیماً از منابع آلودگی نشأت می‌گیرند. نظیر مونواکسیدکربن، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌ها و ذرات معلق (دوده، گرد و غبار و مه دود). آلاینده‌های ثانویه در اثر برهم‌کنش عوامل محیطی (نور خورشید، رطوبت و سایر آلاینده‌ها) با آلاینده‌های اولیه ایجاد شده و شامل آلاینده‌های ازن، آلدهیدها، اسیدسولفوریک و پراکسی استیل نیترات (PAN) است [Folinsbee, 2001]. آلودگی هوای شهرها شامل هر دو نوع آلاینده اولیه و ثانویه است. در سال ۲۰۱۳ آلودگی هوا و ذرات معلق به عنوان ترکیبات سرطان‌زای درجه ۱ برای انسان طبقه‌بندی شده‌اند [IARC, 2013]. آلودگی هوا چهارمین عامل خطر برای مرگ منتسب در دنیا و همچنین هفتمین عامل خطر در ایران است. طبق بررسی‌های انجام شده توسط سازمان بهداشت جهانی، هر سال در اثر آلودگی هوا بیش از چهار میلیون نفر دچار مرگ زودرس می‌شوند [WHO, 2017]. براساس گزارش بانک جهانی، خطرانی که آلودگی هوا بر سلامت می‌تواند داشته باشد در کشورهای در حال توسعه بیشترین میزان است [WB, 2015].

با وجود تحقیقات فراوانی که در خصوص علل ایجاد و روش‌های کنترل آلودگی هوا صورت گرفته است، کیفیت هوا همچنان یکی از مشکلات شهرهای بزرگ است [Nasibullina, 2015]. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که اثرات سو آلاینده‌های هوا بر انسان با افزایش فعالیت فیزیکی افزایش یافته و مواجه با آلاینده‌های هوا در هنگام ورزش بر کارکرد ریوی و کارآیی ورزشکاران تأثیر منفی دارد [Bono et al, 2006; Campbell et al, 2005; Lippi et al, 2008]. دلیل این امر، افزایش ضربان قلب و تعداد دفعات دم و بازدم به هنگام ورزش کردن است که سبب می‌شود بدن به اکسیژن بیشتری نیاز پیدا کند، این در حالی است که به جای دریافت اکسیژن، آلاینده‌ها با حجم زیادتری وارد ریه ورزشکاران می‌شود [Swain & Brawner, 2014; O'Brien et al, 2016]. در حقیقت ورزشکاران به دلیل تحرک بالا، بیش از افراد عادی آلاینده‌ها را وارد بدن خود می‌کنند. به طوری که خستگی زود هنگام بسیاری از ورزشکاران، ناشی از ورود آلاینده‌ها به جای اکسیژن به دستگاه تنفسی آنها است [Mohaghegh & Hajian, 2013; Florida et al, 2004]. تأثیر آلاینده‌های مونواکسید کربن و ازن بر کاهش کارایی ورزشکاران اثبات شده است [Carlisle & Sharp, 2001]. ورزشکاران به دلیل تحرک بالا، بیش از افراد عادی آلاینده‌ها را وارد بدن خود می‌کنند و خستگی زود هنگام بسیاری از ورزشکاران ناشی از ورود آلاینده‌ها به جای اکسیژن به دستگاه تنفسی آنها است

هوای تهران محسوب می‌شوند [Bahmanpour et al, 2013]. فضاهای ورزشی از تنوع و تعدد بسیاری برخوردار هستند. این فضاها شامل مکان‌های ورزشی سرپوشیده و روباز است. در حال حاضر، بخشی از مجموعه‌های ورزشی کشور (و نیز شهر تهران) روباز نیستند و در فصول مختلف پذیرای تعداد زیادی از ورزشکاران آماتور و حرفه‌ای هستند. این در حالی است که آلاینده‌های مختلف در هوای شهر تهران پراکنده بوده و متناسب با زمان‌های مختلف، از کمیت و کیفیت متفاوتی برخوردارند و در بسیاری از زمان‌ها تهدیدی برای سلامت شهروندان به شمار می‌روند. این موضوع به ویژه برای افرادی که در این گونه فضاها و اماکن اقدام به فعالیت بدنی می‌نمایند، حایز اهمیت است.

بهمین‌پور و همکاران [Bahmanpour et al, 2013] در یک تحقیق موردی در شهر تهران نشان دادند که پراکنش آلاینده‌های هوا از الگوی ثابت و منظمی تبعیت نمی‌کند. همچنین؛ برخی از محققان با استفاده از شاخص AQI کیفیت هوا در شرق شهر تهران را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که پهنه شرقی تهران از لحاظ کیفیت هوا در وضعیت مطلوبی به سر نمی‌برد [Rohani et al, 2017]. در تحقیقی دیگر، ارزیابی ریسک فضاهای ورزشی در شهر تهران از دیدگاه کیفیت هوا بررسی شد و مشخص گردید که سطح ریسک بالا است [Nameni et al, 2019].

[Lippi et al, 2008]. جدول ۱؛ خلاصه‌ای از اثرات زیان‌بار آلاینده مونواکسید کربن بر سلامت شهروندان و کاهش کارایی ورزشکاران را نشان می‌دهد. کلان شهر تهران با توجه به شرایط توپوگرافیکی و اقلیمی و همچنین تردد نزدیک به ۵ میلیون وسیله نقلیه و استقرار تعداد زیادی واحدهای صنعتی بزرگ و کوچک، یکی از هشت شهر بزرگ کشور است که آلودگی هوا در آن به یکی از مشکلات بزرگ فراروی مردم و مسئولین این شهر تبدیل شده است. خسارات سالانه آلودگی هوا در ایران تا سال ۲۰۱۶ میلادی حدود ۱۶ میلیارد دلار برآورد شده است. شهر تهران در سال ۱۳۹۵، دارای ۸۰ روز ناسالم برای گروه‌های حساس جامعه و ۹ روز ناسالم برای عموم افراد جامعه بوده است [TAQCC, 2016].

سالانه در شهر تهران بیش از ۴ هزار و ۴۰۰ نفر بر اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند. آمارها نشان می‌دهد که در روزهای تشدید آلودگی هوای تهران، شمار بیماران تنفسی «تا ۶۰ درصد» افزایش می‌یابد [Ghanbari & Azizi, 2007]. بنابر پژوهش‌ها روزانه بالغ بر یک‌هزار و ۱۹۲ تن مواد آلاینده در هوای تهران منتشر می‌شود. بیشترین این آلاینده‌ها مربوط به اکسیدهای گوگرد با انتشار ۶۹۵ تن در هر روز است که بعد از آن به ترتیب اکسیدهای نیتروژن، مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های سوخته نشده، عمده آلاینده‌های

جدول ۱) پیامدهای آلاینده مونواکسید کربن بر سلامت شهروندان و ورزشکاران [Holzer, 2012; IARC, 2013; Kim et al, 2001; Lippi et al, 2008; Mohaghegh & Hajian, 2013; Vedal et al, 2003; Blair et al, 2010; Nasibullina, 2015]

اثرگذاری

- غلظت CO در شهرها در ساعات اولیه صبح و ساعات پایانی روز از حداکثر مقدار خود برخوردار است در صورتی که در روزهای آخر هفته و روزهای تعطیل، غلظت CO در ساعات پایانی روز کاهش می‌یابد.
- با تشکیل کربوکسی هموگلوبین، مانع انتقال اکسیژن به بافت‌ها می‌شود. ورزش سنگین به مدت ۳۰ دقیقه در مجاورت ترافیک سنگین می‌تواند غلظت کربوکسی هموگلوبین را تا ۱۰ برابر افزایش دهد که معادل کشیدن ۱۰ نخ سیگار است. نیمه عمر تجزیه این ترکیب نسبتاً طولانی و بین ۲ تا ۶/۵ ساعت است.
- سبب آسیب‌های دایمی قلبی و عصبی گردیده و کاهش حداکثر میزان جذب اکسیژن و برون‌ده کاری را به دنبال دارد. نهایتاً در دوزهای بالا کشنده است.
- حد مجاز برای سلامت انسان، ۱۴۴ میکروگرم در مترمکعب ppm ۱۲۵، میانگین ۱ ساعت است. از سوی دیگر، در استانداردهای کیفیت هوای متعادل برای محافظت افراد از اثرات بهداشتی نامطلوب مونواکسید کربن در محیط‌های باز، غلظت ppm ۹ برای ۸ ساعت و ppm ۳۵ برای ۱ ساعت در نظر گرفته شده است.
- میزان مونواکسید کربن که منجر به تشکیل کربوکسی هموگلوبینی کمتر از ۱۵٪ می‌شود، بر واکنش‌های فیزیولوژیکی به ورزش کم شدتی (مثلاً: ۳۵ تا ۷۰٪ VO_{2ma}) که ۵ تا ۶۰ دقیقه به طول می‌انجامد، تأثیر ناچیزی دارد.
- انتظار است فردی که با شدت بالا به مدت یک ساعت در هوایی با غلظت مونواکسید کربن معادل ppm ۲۰ ورزش می‌کند، دارای غلظت COHb ۱/۶٪ در خون باشد. مقادیر COHb ۲/۷٪ و بالاتر منجر به ایجاد اختلالات رفتاری می‌شود.

فضاهای ورزشی شهر تهران در ارتباط با آلاینده مونواکسید کربن است.

روش‌شناسی

محدوده مطالعاتی تحقیق، شامل مجموعه‌های ورزشی روباز واقع در شمال شرق شهر تهران (مناطق ۷-۸-۱۳-۴) است. در ابتدا، داده‌های مربوط به آلاینده مونواکسید کربن به صورت خام از مرکز پایش آلودگی هوا و شرکت کنترل کیفیت هوای تهران جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. بدین منظور، داده‌های آماری ۵ ایستگاه فعال در منطقه مطالعاتی شامل: ایستگاه‌های دروس، ستاد بحران، گلبرگ،

از آنجا که تمامی فعالیت‌های انسانی با ریسک همراه است، ارزیابی و تعیین میزان ریسک اقدامات و فعالیت‌ها می‌تواند به عنوان ابزاری در برنامه‌ریزی و مدیریت اقدامات آتی به کار آید [Allen et al, 2009]. ارزیابی ریسک زیست محیطی، فرآیند تحلیل کیفی پتانسیل‌های خطر و ضریب بالفعل شدن ریسک‌های بالقوه موجود در منطقه یا پروژه مورد نظر و همچنین حساسیت یا آسیب‌پذیری محیط پیرامونی است. هدف عمده از آنالیز و ارزیابی ریسک تعیین میزان عدم قطعیت سیستم مورد مطالعه و هزینه ناشی از آن و ارائه راهکارهای کاهش آن و همچنین تجمع هزینه راهکار مربوطه است. بنابراین؛ هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی ریسک زیست محیطی

پیروزی و اقدسیه در بازه زمانی ابتدای فروردین ۱۳۹۷ تا ابتدای فروردین ۱۳۹۸، گردآوری و بررسی گردیدند. به منظور استخراج نتایج مطلوب و اطلاعات حقیقی، داده‌ها و آمار مورد پیش پردازش قرار گرفتند. در ابتدا موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سنجش آلاینده تعیین و وارد محیط GIS شد و تبدیل به فایل خام گردید و سپس با روی هم گذاری موقعیت ورزشگاه‌ها با نقشه‌های میزان غلظت آلاینده‌ها، سایر نقشه‌ها تهیه و تولید گردید. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از شاخص استاندارد آلاینده‌ها (PSI) و نیز شاخص کیفیت هوا (AQI) استفاده گردید. شاخص PSI دارای زیرشاخص‌های متعددی است که برای آلاینده‌های مختلف از طریق درون‌یابی بین نقاط مشخص براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شوند و در این حالت بالاترین زیرشاخص محاسبه شده تعیین کننده PSI کل هوا است [USEPA, 2004].

رابطه (۱)

$$PSI = [(I_{high} - I_{low}) \times (C - C_{low}) / (C_{high} - C_{low})] + I_{low}$$

که در آن PSI: شاخص استاندارد آلودگی هوا، C: مقدار آلاینده مشاهده شده، C_{low}: مقدار آلاینده کمتر از مقدار آلاینده مشاهده شده در جدول ۲، C_{high}: مقدار آلاینده بیشتر از مقدار آلاینده مشاهده شده در جدول ۲، I_{low}: مقدار شاخص برای مقدار آلاینده کمتر از مقدار آلاینده مشاهده شده در جدول ۲، I_{high}: مقدار شاخص برای مقدار آلاینده بیشتر از مقدار آلاینده مشاهده شده (جدول ۲). سپس براساس جدول میانگین غلظت آلاینده در ایستگاه‌های منتخب اعداد وزنی آلاینده مونواکسیدکربن در جدول مربوطه فایل وارد شد.

جدول ۲) شاخص PSI در برابر آلاینده‌های هوا [Wu & Zhang, 2015; Zammori & Gabbrielli, 2012]

شاخص PSI	PM _{2.5} (۲۴ ساعته) Ug/m ³	PM ₁₀ (۲۴ ساعته) Ug/m ³	SO ₂ (۲۴ ساعته) ppm	CO (۸ ساعته) ppm	O ₃ (۱ ساعته) ppm	NO ₂ (۱ ساعته) ppm
۵۰-۰	۱۵/۴	۵۴	۰/۰۳	۴/۵	۰/۰۶	-
۱۰۰-۵۰	۶۵/۴	۱۵۴	۰/۱۴	۹/۴	۰/۱۲	-
۲۰۰-۱۰۰	۱۵۰/۴	۳۵۴	۰/۳	۱۵/۴	۰/۲	۰/۶
۳۰۰-۲۰۰	۲۵۰/۴	۴۲۴	۰/۶	۳۰/۴	۰/۴	۱/۲
۴۰۰-۳۰۰	۳۵۰/۴	۵۰۴	۰/۸	۴۰/۴	۰/۵	۱/۶
۵۰۰-۴۰۰	۵۰۰/۴	۶۰۴	۱	۵۰/۴	۰/۶	۲
حداکثر غلظت ۸ ساعته = ۱۰/۴۸۵ mg/m ³ و یا ۹/۴ ppm			حداکثر غلظت ۱ ساعته = ۴۰/۷۷۵ mg/m ³ و یا ۳۵ ppm			
Conversion factors						
Note: At ۷۶۰ mmHg and ۲۰ °C, 1ppm = ۱/۱۶۵ mg/m ³ and 1 mg/m ³ = ۰/۸۵۸ ppm; at ۲۵ °C, 1 ppm = ۱/۱۴۵ mg/m ³ and 1 mg/m ³ = ۰/۸۷۳ ppm.						

برابر با مقادیر نمونه است. وزن‌ها به درجه همبستگی بین نقاط نمونه و نقاط برآورد شده بستگی دارد و همیشه جمع آنها برابر با ۱ است [Raub & Benignus, 2002]. به این ترتیب برای آلاینده مونواکسید کربن این روش تکرار و خروجی نقشه گرفته شد. در نهایت براساس جدول شاخص کلی کیفیت هوا که مبتنی بر استاندارد EPA, 2004 است، طبقه‌بندی سطح اهمیت ایمنی بهداشتی نیز صورت گرفت و نقشه مربوطه تهیه گردید. مبنای سنجش میزان آلاینده، براساس شاخص کیفیت هوا (AQI)، تنظیم گردیده است. به‌طور کلی این شاخص، جهت گزارش روزانه کیفیت هوا به کار می‌رود و اثرات سلامتی مرتبط با آن را ارائه می‌کند.

سپس براساس درون‌یابی به روش کریجینگ (Kriging) براساس وزن آلاینده رستر مربوطه تولید و کلاس‌بندی براساس محدوده حداقل و حداکثر انجام شد. برای برآورد مقادیر براساس روش کریجینگ روش‌های مختلفی وجود دارد که در این تحقیق از روش کریجینگ معمولی استفاده شده است. روش عمومی محاسبه کریجینگ براساس رابطه ۲ است:

$$Z_0^1 = \sum_{i=1}^N W_i Z_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این معادله Z₀¹ برابر با مقادیر برآورد شده، W_i برابر با وزن و Z_i

جدول ۳) راهنمای شاخص کیفیت هوا [SEPA, 2004]

مفهوم	شاخص کیفیت هوا	سطح اهمیت بهداشتی
کیفیت هوا رضایت‌بخش بوده و ریسکی وجود ندارد.	۰-۵۰	پاک
کیفیت هوا قابل قبول بوده و برای افراد حساس در حد متوسط قرار می‌گیرد.	۵۱-۱۰۰	سالم
کیفیت هوا برای افراد حساس خوب نیست ولی عامه مردم ممکن است تحت تأثیر قرار نگیرند.	۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه حساس
کیفیت هوا برای عموم خوب نیست و برای افراد حساس وضعیت خطرناک است.	۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
شرایط سلامتی در حالت هشدار است و کلیه مردم از آن متأثر خواهند شد.	۲۰۱-۳۰۰	بسیار ناسالم
کیفیت هوا مخاطره‌آمیز بوده و این شرایط برای تمامی افراد خطرات جدی در بر دارد.	۳۰۱-۵۰۰	خطرناک

ریسک محیط زیستی آلاینده مونواکسیدکربن در فضاهای ورزشی و تفریحی روباز شهر تهران ۱۵۹
مختلف در تحقیق حاضر، روش ویلیام فاین William Fine مورد استفاده قرار گرفت [Wark et al, 1998; Zammori & Gabbrielli, 2012]. در این روش، ریسک از حاصل ضرب سه پارامتر و طبق رابطه ۳ محاسبه می‌شود:
رابطه (۳): $R = C \times E \times P$
در این رابطه: R = رتبه ریسک، C = میزان پیامد، E = میزان تماس، P = میزان احتمال
جدول ۴، راهنمای محاسبه ریسک هستند.

به عبارت دیگر AQI به اثرات سلامتی ناشی از مواجهه با هوای آلوده می‌پردازد. این شاخص برای پنج آلاینده اصلی هوا یعنی ذرات معلق، دی‌اکسید نیتروژن، ازن سطح زمین، مونوکسیدکربن و دی‌اکسید گوگرد محاسبه می‌شود و محدوده آن بین ۰ تا ۵۰۰ متغیر است. هر چه شاخص بالاتر باشد، هوا آلوده‌تر و اثرش بر سلامتی بیشتر است (جدول ۳). سپس، از طریق تکنیک IO اقدام به روی هم گذاری لایه موقعیت مکانی مجموعه‌های ورزشی و لایه‌های پهنه‌بندی آلاینده گردید. برای ارزیابی ریسک جنبه‌ها و فاکتورهای

جدول ۴) راهنمای محاسبه ریسک به روش ویلیام فاین [Zammori & Gabbrielli, 2012]

امتیاز	طبقه‌بندی احتمال وقوع ریسک (P)
۷	اغلب محتمل است (نزدیک به ۱۰۰٪)
۶	شانس وقوع زیاد (کمتر از ۱۰۰٪ و بیشتر از ۷۵٪)
۵	شانس وقوع نسبتاً زیاد (کمتر از ۷۵٪ و بیشتر از ۵۰٪)
۴	شانس وقوع مساوی (۵۰-۵۰) است.
۳	می‌تواند تصادفی اتفاق بیفتد (شانس وقوع کمتر از ۵۰٪)
۲	احتمالاً تا چندسال پس از تماس اتفاق نمی‌افتد، اما امکان دارد
۱	در عمل وقوع آن غیرممکن است (هرگز اتفاق نمی‌افتد)
امتیاز	طبقه‌بندی میزان تماس (E)
۷	به‌طور پیوسته، روزی چندبار، تماس بیش از ۸ ساعت، انتشار مداوم آلاینده
۶	غالباً، هفته‌ای چندبار، تماس بین ۶ تا ۸ ساعت، انتشار زیاد آلاینده
۵	گهگاه، ماهی چندبار، تماس بین ۴ تا ۶ ساعت در روز، انتشار متوسط آلاینده
۴	به‌طور غیرمعمول، سالی چند بار، تماس بین ۲ تا ۴ ساعت در روز، انتشار غیر عادی آلاینده
۳	به ندرت، چند سال یکبار، تماس بین ۱ تا ۲ ساعت در روز، انتشار کم آلاینده
۲	به‌طور جزئی، خیلی کم، تماس کمتر از ۱ ساعت در روز، انتشار قابل اغماض آلاینده
۱	بدون تماس، بدون تواتر وقوع، بدون انتشار آلاینده
امتیاز	میزان پیامد (C)
۷	مرگ و میر چند نفر، خسارت‌های غیرقابل جبران محیط زیستی با اثرات طولانی‌مدت، خسارت مالی زیاد، مصرف بیش از حد منابع و انرژی، غلظت بیش از حد آلاینده‌ها (۵۰٪ بالاتر از استاندارد)
۶	مرگ یک نفر، خسارت‌های غیرقابل جبران محیط زیستی با اثرات میان‌مدت، مصرف نسبتاً زیاد منابع و انرژی، غلظت زیاد آلاینده‌ها (۳۰٪ بیشتر از استاندارد)
۵	آسیب منجر به از کارافتادگی دائم یک نفر، خسارت‌های غیرقابل جبران محیط زیستی با اثرات کوتاه‌مدت، مصرف نسبتاً زیاد منابع و انرژی، غلظت زیاد آلاینده‌ها (۱۰٪ بیشتر از استاندارد)
۴	آسیب طولانی مدت بدون ناتوانایی دائمی، خسارت‌های قابل جبران محیط زیستی با اثرات طولانی‌مدت، مصرف متوسط منابع، غلظت متوسط آلاینده (۵٪ بیشتر از استاندارد)
۳	آسیب موقتی، خسارت‌های قابل جبران محیط زیستی با اثرات کوتاه‌مدت، مصرف کم منابع، غلظت آلاینده کمتر از ۵٪ بیشتر از استاندارد
۲	آسیب جزئی نیازمند به کمک‌های اولیه (۳ روز کمتر)، مصرف اندک منابع، غلظت آلاینده در حد استاندارد
۱	بدون نیاز به بررسی‌های بیشتر، بدون خسارت محیط زیستی، بدون مصرف منابع، آلاینده در حد استاندارد

به ایستگاه پیروزی (۲/۱۱ ppm) است. نمودار ۱ میانگین غلظت ساعتی مونواکسید کربن را در ایستگاه‌های مورد مطالعه و براساس فصول مختلف سال ۹۷ نشان می‌دهد. از سوی دیگر، بیشترین غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن براساس فصول مختلف سال، بدین صورت بوده است که در فصل بهار متعلق به ایستگاه اقدسیه (۲/۲۷ ppm) و در فصل تابستان نیز ایستگاه ستاد بحران دارای بالاترین نرخ (۲/۵۵ ppm) است. در فصل پاییز نیز ایستگاه پیروزی دارای بالاترین نرخ (۲/۵۱ ppm) بوده است و در فصل زمستان

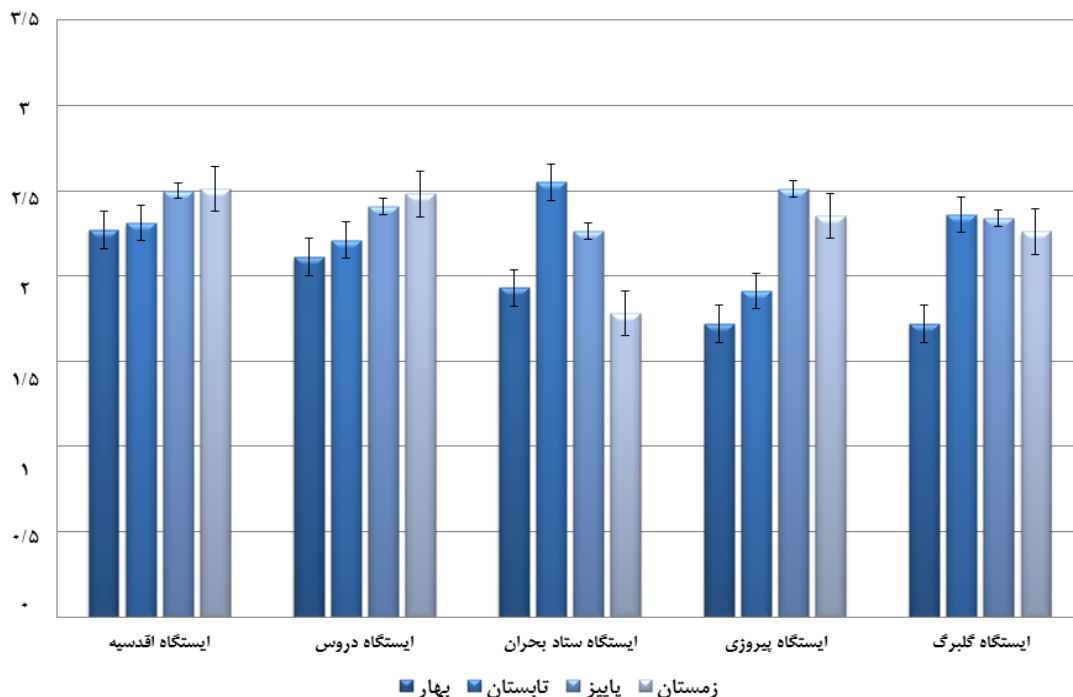
یافته‌ها

غلظت ساعتی مونواکسید کربن

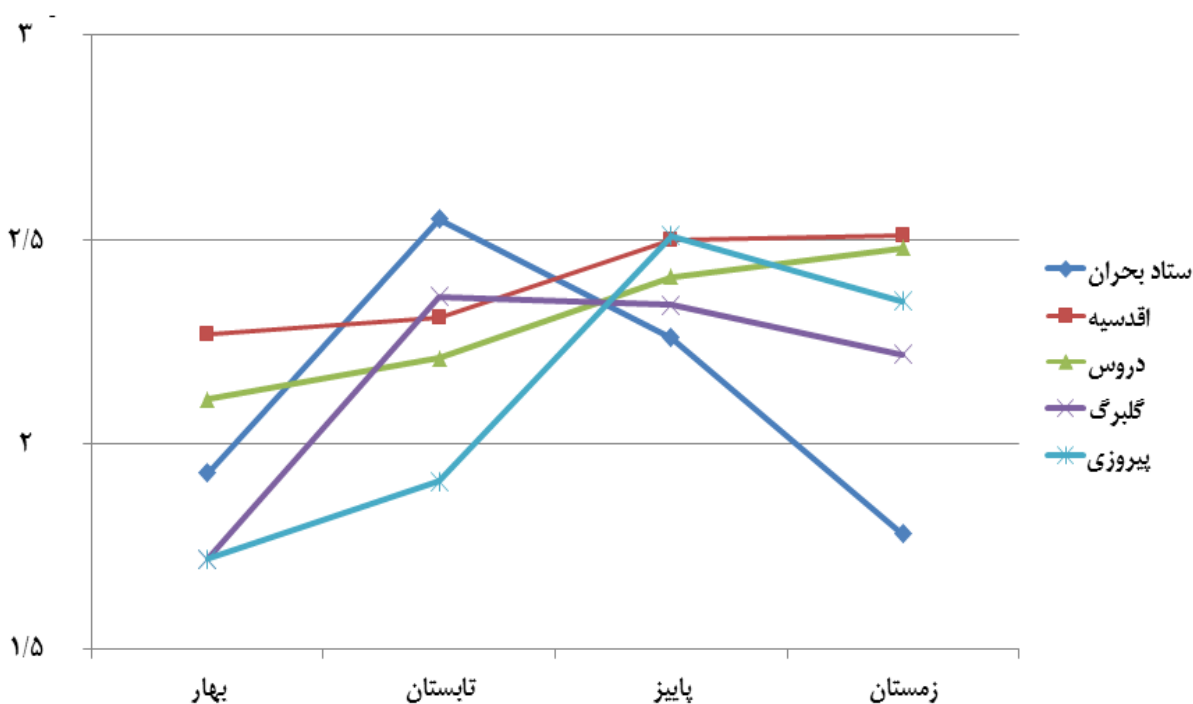
غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن در ایستگاه‌های سنجش واقع در محدوده مطالعاتی به ترتیب ایستگاه اقدسیه (۲/۳۹) ایستگاه پیروزی (۲/۱۱)، ایستگاه دروس (۲/۳۰)، ایستگاه ستاد بحران (۲/۱۳)، ایستگاه گلبرگ (۲/۱۶) است. بیشترین میزان غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن (CO) متعلق به ایستگاه اقدسیه (۲/۳۹ ppm) و کمترین میزان متعلق

مونواکسید کربن را در سال ۱۳۹۷ و در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهند.

بیشترین میزان متعلق به ایستگاه اقدسیه (۲/۴۱ ppm) و (۲/۵۱ ppm) است. نمودار ۲ مقایسه‌ای میانگین غلظت ساعتی آلاینده



نمودار ۱) غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن در سال ۱۳۹۷ براساس فصول مختلف

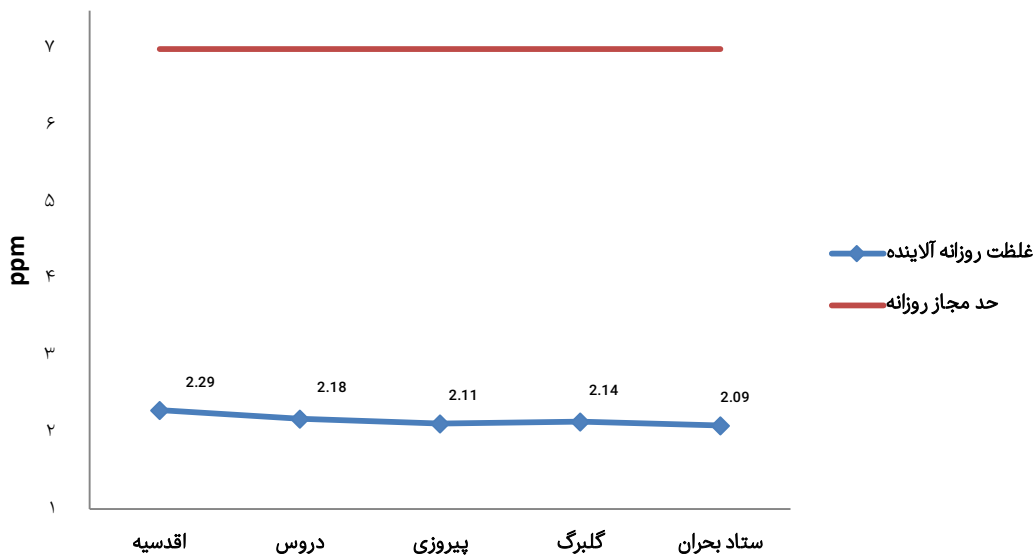


نمودار ۲) مقایسه‌ای غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۷

میانگین غلظت روزانه مونواکسید کربن

همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، میانگین روزانه این آلاینده با حد مجاز (استاندارد ملی = ۷ ppm) فاصله زیادی دارد.

ایستگاه‌های اقدسیه با ۲/۲۹ ppm و ستاد بحران با ۲/۰۹ ppm به ترتیب دارای بیشترین و کمترین غلظت روزانه بوده‌اند (نمودار ۳).

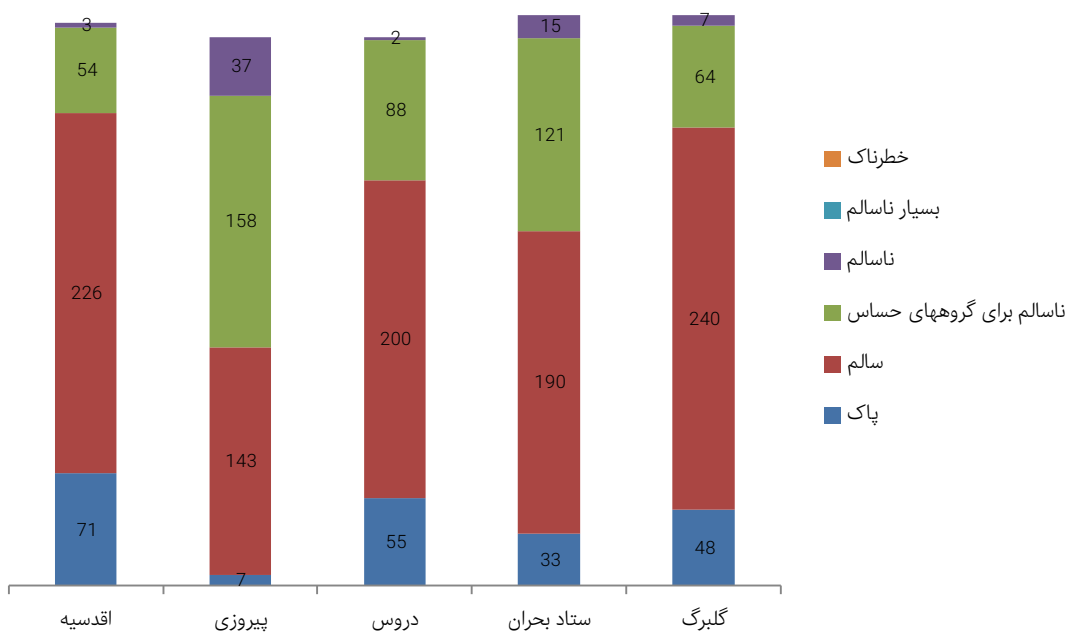


نمودار ۳) میانگین غلظت روزانه آلاینده مونواکسید کربن در مقایسه با حد مجاز دریافت روزانه (۱۳۹۷-۹۸)

ایستگاه پیروزی ضعیف‌ترین کیفیت هوا (۵۳/۴۲٪ روزهای آلوده و ناسالم در کل سال) و ایستگاه اقدسیه بهترین کیفیت هوا (۱۰/۶۱٪ روزهای آلوده و ناسالم در کل سال) را داشته است. بیشترین هوای پاک متعلق به ایستگاه اقدسیه (۷۷ روز) و کمترین آن متعلق به ایستگاه پیروزی (۷ روز) بوده است. با وجود آنکه در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه هوای بسیار ناسالم و خطرناک گزارش نشده است، ولیکن حدوداً ۳۰٪ روزهای سال ۱۳۹۷ دارای کیفیت هوای "ناسالم" و "ناسالم برای گروه‌های حساس" بوده است.

بررسی شاخص AQI و PSI

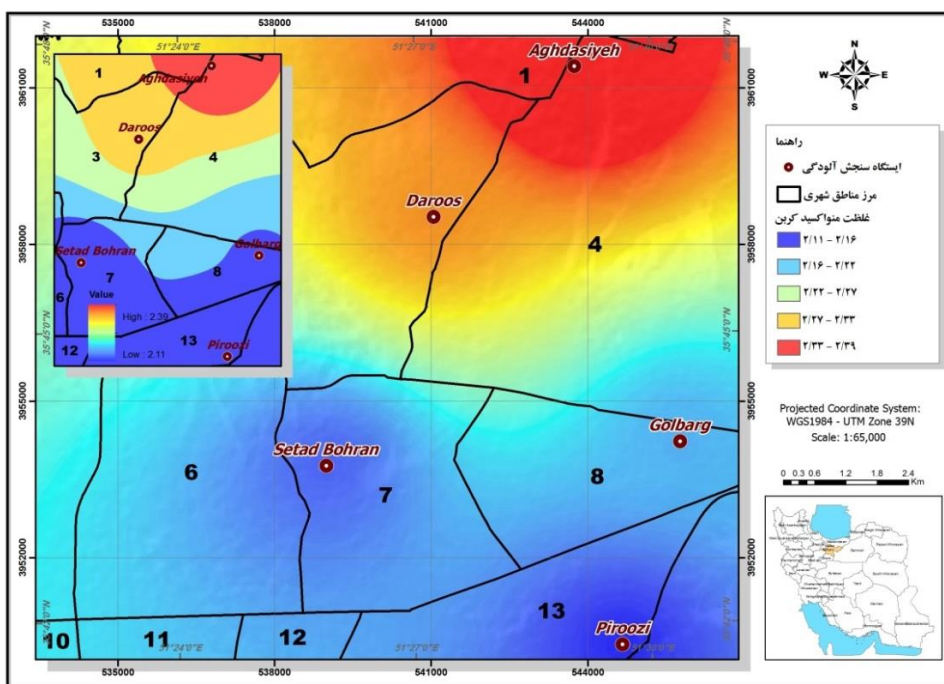
همان‌طور که پیش‌تر ارائه شد، یکی از شاخص‌های مرجع و بین‌المللی در زمینه تشخیص آلودگی هوا، استفاده از شاخص AQI و PSI است. در این شاخص‌ها، تمامی آلاینده‌های شاخص هوا مورد سنجش قرار می‌گیرند. بر این اساس، تعداد روزهای دارای آلودگی هوا ($PSI > 100$) در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و در نمودار ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در نمودار مشخص شده است، کیفیت هوا در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس شاخص مجموع آلاینده‌ها، نشانگر آن است که



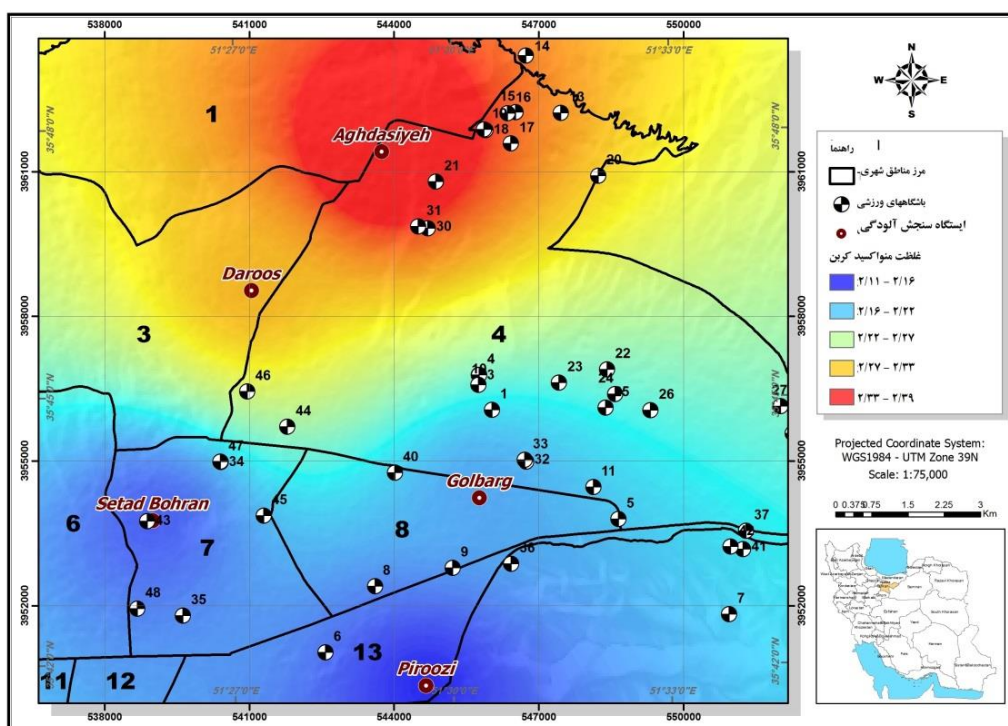
نمودار ۴) مقایسه‌ای شاخص کیفیت هوا (AQI / PSI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۷

در نهایت، با تلفیق لایه موقعیت مکانی مجموعه‌های ورزشی و لایه پراکنش آلاینده مونواکسید کربن در محدوده مطالعاتی، نقشه زیر شکل ۲ به دست می‌آید.

در ادامه، براساس داده‌های سنتز شده می‌توان نقشه میزان غلظت و نحوه پراکنش آلاینده مونواکسید کربن در محدوده مطالعاتی را ترسیم نمود (شکل ۱).



شکل ۱) نحوه پراکنش و غلظت آلاینده مونواکسید کربن در محدوده مورد مطالعه در سال ۱۳۹۷



شکل ۲) نقشه موقعیت مکانی مجموعه‌های ورزشی در محدوده مطالعاتی در ارتباط با آلاینده مونواکسید کربن

ریسک زیست محیطی مجموعه ورزشی منتخب براساس آلاینده مونواکسید کربن گردید. به‌منظور ارزیابی ریسک زیست محیطی انتشار و پخش آلاینده‌های هوا در محدوده مطالعاتی و اثرگذاری دوره ۳۶، شماره ۲، بهار ۱۳۹۹

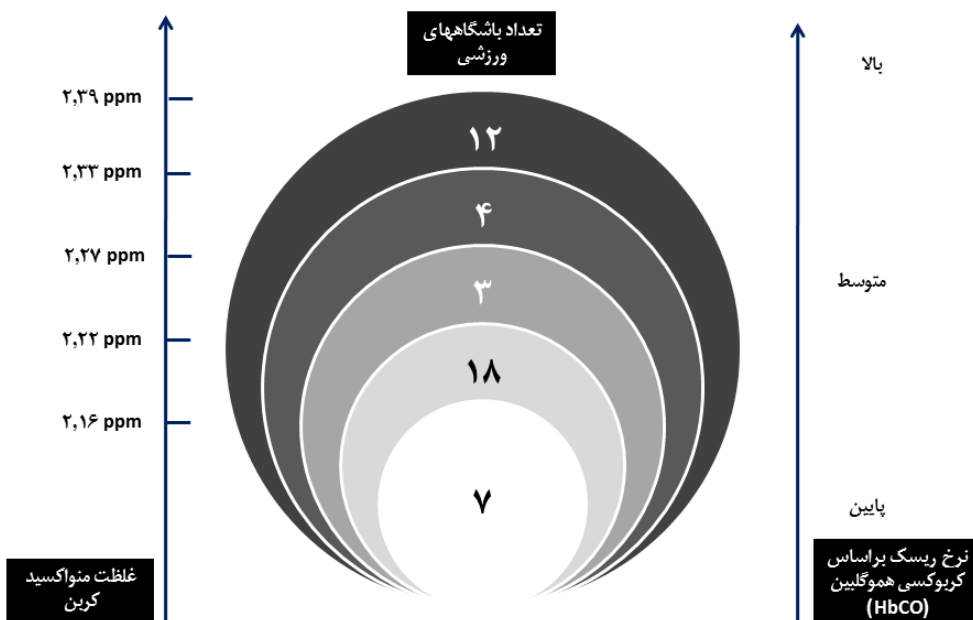
ارزیابی ریسک زیست محیطی مجموعه‌های ورزشی در محدوده مطالعاتی
با استفاده از راهنمای روش ویلیام فاین اقدام به ارزیابی و تحلیل فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی

ریسک محیط زیستی آلاینده مونواکسیدکربن در فضاهای ورزشی و تفریحی روباز شهر تهران ۱۶۳ در مجموع، می‌توان چنین عنوان نمود که براساس سناریوی الف؛ رتبه ریسک مربوط به آلاینده مونواکسید کربن ۲۴ بوده که نشانگر وضعیت غیراضطراری و «سطح ریسک کم» است و لازم است تا خطر تحت نظارت و کنترل باشد. ولیکن؛ در خصوص سناریوی دوم و ارزیابی براساس تمامی آلاینده‌ها؛ رتبه ریسک ۹۰ و سطح ریسک «متوسط» ارزیابی می‌گردد. در جدول ۶ سطح ریسک و خلاصه اقدامات مدیریتی متناسب با آن ارائه شده است.

جدول ۶) خلاصه رتبه ریسک و اقدامات

رتبه	اقدامات	سطح ریسک
> ۲۰۰	اصلاحات فوری برای کنترل ریسک مورد نیاز است	سطح ریسک بالا
۹۰ - ۱۹۹	اضطراری (توجهات لازم در اسرع وقت باید صورت گیرد)	سطح ریسک متوسط
< ۸۹	خطر تحت نظارت و کنترل است	سطح ریسک کم

براساس نتایج و یافته‌های تحقیق، می‌توان نتیجه گرفت که ۱۲ مجموعه ورزشی از ۴۸ مجموعه مورد بررسی به‌عنوان کانون‌های دریافت کننده بیشترین بار آلودگی هستند. شکل ۳، تعداد مجموعه‌ها و باشگاه‌های ورزشی را در هر یک از طبقات آلودگی هوا و همچنین سطح ریسک مربوطه نشان می‌دهد.



شکل ۳) ارتباط میان تعداد مجموعه‌های ورزشی و سطوح ریسک زیست محیطی مربوط به آلاینده مونواکسید کربن در محدوده مطالعاتی

است. بنابراین؛ می‌توان چنین نتیجه گرفت که هیچ یک از مجموعه‌های ورزشی در محدوده مطالعاتی در معرض خطر غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن نیستند. همچنین؛ در مورد میانگین غلظت روزانه آلاینده مونواکسید کربن نیز هیچ یک از ایستگاه‌های

آنها بر مجموعه‌های ورزشی منطقه، ۲ سناریو تعریف گردید و مطابق با جدول ۵ ارزیابی انجام شد.

الف) تعیین رتبه ریسک (میزان پیامد، میزان تماس و میزان احتمال) برای آلاینده مونواکسید کربن و براساس روزه‌های فاقد آلودگی؛

ب) تعیین رتبه ریسک (میزان پیامد، میزان تماس و میزان احتمال) برای تمامی آلاینده‌ها با توجه به شاخص AQI/PSI و براساس ۳۰٪ روزه‌های آلوده در سال و با توجه افزایش میزان کربوکسی هموگلوبین خون به ازای افزایش میزان VO_{2max} طبق رابطه $y=0.9575x + 1.8355$ ؛ در نهایت، این فاکتور به روش ویلیام فاین به شکل زیر ارزیابی گردید:

$$\text{میزان تماس} \times \text{پیامد ریسک} \times \text{احتمال ریسک}$$

جدول ۵) میزان پیامد (c)، میزان تماس (E) و میزان احتمال (p)

سناریو	جنبه	پیامد احتمالی	ریسک پیامد	ریسک تماس	رتبه ریسک	سطح ریسک
الف	انتشار و پراکنش آلاینده CO	مسمومیت / کاهش راندمان	۳	۴	۲	۲۴ کم
ب	انتشار و پراکنش تمامی آلاینده‌ها	مسمومیت / کاهش راندمان	۶	۵	۳	۹۰ متوسط

بحث

نتایج تحقیق نشانگر آن بوده است که میانگین غلظت ساعتی آلاینده مونواکسید کربن در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، کمتر از حد مجاز توصیه شده (استاندارد ppm ۹/۴ برای ۸ ساعت) بوده

مونواکسید کربن مطابقت ندارد.

نتیجه‌گیری

حدوداً ۱۲ مجموعه ورزشی در منطقه مطالعاتی، در معرض مستقیم این آلاینده هوا قرار دارند و با توجه به آسیب‌پذیری ورزشکاران در شرایط آلودگی شدید هوا، لازم است تا با اتخاذ راهکارهای مدیریتی به ارتقای کیفیت این نوع از کاربری‌های شهری همت گماشت. برخی از راهکارهای پیشنهادی و کاربردی در این زمینه عبارتند از: زمان‌بندی مناسب برای فعالیت‌های ورزشی، انتخاب انواع مناسب ورزش‌ها متناسب با شرایط آب و هوایی تهران در زمان‌های اوج آلودگی، طراحی مجموعه‌ها به شکل سرپوشیده و روباز به‌طور توأم که در زمان‌های اوج آلودگی بتوان از فرم سرپوشیده استفاده نمود، بکارگیری دستگاه‌های تصفیه هوا در کنار سیستم تهویه در اماکن ورزشی و همچنین؛ آگاه‌سازی شهروندان و کاربران در خصوص میزان در معرض بودن مجموعه‌ها از جمله اقدامات اساسی مدیریت ورزشی در این گونه مناطق است. این امر سبب می‌گردد تا کاربران نسبت به انتخاب مکان مجموعه و نوع ورزشی مدنظر، دقت بیشتری داشته باشند.

تشکر و قدردانی: نگارندگان از زحمات سرکار خانم مهندس آتوسا حلاجیان در ترسیم نقشه‌ها تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تأییدیه اخلاقی: از آنجا که مطالعه مستقیم به روی انسان و یا سایر موجودات زنده صورت نگرفته است، بنابراین فاقد تأییدیه اخلاقی است.

تعارض منافع: هیچ گونه تعارض منافعی وجود نداشته است.

سهم نویسندگان: هومن بهمن پور (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری (۵۰٪)؛ سیدهای نقیبی (نویسنده دوم) پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث اصلی (۳۰٪)؛ حسن عبدی (نویسنده سوم) پژوهشگر کمکی/تحلیلگر (۲۰٪).

منابع مالی: این مقاله مستخرج از طرح مطالعاتی مستقل است که توسط نگارندگان و با هزینه شخصی ایشان صورت گرفته است.

منابع

- Allen HH, Chia-wei H, Tsai-Chi K, Wei-Cheng W (2009). Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*. 36(3):7142-7147.
- Arnesano M, Revel GM, Seri FA (2016). A tool for the optimal sensor placement to optimize temperature monitoring in large sports spaces. *Automation in Construction*. 68:223-234.
- Bahmanpour H, Askari Rabori A, Gholami M (2013). The qualitative and quantitative evaluation of urban parks and green spaces in city of Tehran. *Advances in Environmental Biology*. 7(11):3474-3481. [Persian]
- Blair C, Walls J, Davies NW, Jacobson GA (2010). Volatile organic compounds in runners near a roadway: increased blood levels after short-duration exercise. *British Journal of Sports Medicine*. 44:731-735.
- Bono R, Degan R, Pazzi M, Romanazzi V, Rovere R (2006). Benzene and formaldehyde in air of two winter olympic venues of Torino 2006. *Environment International*. 36(3):268-275.

مورد مطالعه از محدوده مجاز (حد مجاز ppm ۷ برای ۲۴ ساعت) فراتر نرفته‌اند که این مورد نیز نشانگر شرایط مناسب محیط زیستی برای مجموعه‌های ورزشی واقع در محدوده مطالعاتی است. ولیکن؛ با توجه به شاخص کیفیت هوا که برآیندی از هم‌افزایی ۵ آلاینده شاخص هوا است، می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که مجموعه‌های ورزشی واقع در محدوده مطالعاتی در معرض تهدید آلودگی هوا قرار دارند. به طوری که در محدوده ایستگاه اقدسیه؛ ۱۵٪ از روزهای سال، در ایستگاه پیروزی؛ ۵۳٪، در ایستگاه دروس؛ ۲۵٪، در ایستگاه ستاد بحران؛ ۳۷٪ و در ایستگاه گلبرگ؛ ۱۹٪ از روزهای سال شرایط هوا ناسالم برای گروه‌های حساس و ناسالم برای عموم است. نتایج این بخش نیز با مطالعات صورت گرفته توسط روحانی و همکاران [Rohani et al, 2017; Bahmanpour et al, 2013] همخوانی و مطابقت دارد. نتایج نشان داد که آلاینده مونواکسید کربن، در منطقه مطالعاتی از پراکنش یکسانی برخوردار نبوده و کاملاً تفاوت مشاهده می‌شود. غلظت ساعتی و روزانه این آلاینده با آیین‌نامه سازمان حفاظت محیط زیست و استاندارد اعلامی از سوی سازمان بهداشت جهانی [WHO, 2017] مطابقت دارد. براساس نقشه‌های پهنه‌بندی مشخص می‌گردد که آلوده‌ترین نقاط در اطراف ایستگاه‌های اقدسیه و دروس قرار دارند. همچنین؛ پراکنش و توزیع آلودگی از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند و نظم قابل مشاهده‌ای در آن وجود ندارد. بررسی و تحلیل لایه‌های اطلاعاتی و نقشه‌های ترسیمی نشانگر آن است که اکثر مجموعه‌های ورزشی موجود در منطقه مطالعاتی به نحوی با آلاینده در تماس هستند. نتایج ارزیابی ریسک زیست محیطی آلاینده‌های هوا در منطقه مطالعاتی بیانگر آن است که با توجه به سناریو الف (سطح ریسک ۲۴) سطح ریسک بالا نبوده و اقدام اصلاحی فوری الزامی نیست. ولیکن؛ براساس سناریو ب (سطح ریسک ۹۰) لازم است تا اقدامات لازم در شرایط اضطراری آلودگی هوا صورت گیرد. ۱۲ مجموعه‌ای که دارای بیشترین بار آلودگی جذب شده هستند، عبارتند از: مجموعه ورزشی الزهرا (شماره ۳)، مجموعه ورزشی شهید صنیع‌خانی، فضای ورزشی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، زمین چمن مصنوعی فوتبال شهرداری، سالن ورزشی تعاونی حضرت امیرالمومنین (ع)، پیست سوارکاری ذوالجناح نزا، شهدای ازگل، قایم، مجموعه ورزشی دانشگاه شهید عباسپور، مجموعه ورزشی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی (۱) و (۲).

نتایج تحقیق حاضر با مطالعه صورت گرفته توسط روحانی و همکاران و برانکرف و هلگت [Rohani et al, 2017; Brunekreef & Holgate, 2002] از لحاظ روش‌شناسی و نتایج تا حد زیادی مشابهت دارد. ولیکن با مطالعات عزیززی [Ghanbari & Azizi, 2007] مطابقت ندارد. همچنین با مطالعه بهمن‌پور و همکاران [Bahmanpour et al, 2013] در خصوص آنکه نحوه و نوع انتشار آلودگی هوا در شهر تهران براساس نوع آلاینده، متنوع است، مطابقت دارد. همچنین، با نتایج تحقیق نعیمی و همکاران [Nameni et al, 2019] در زمینه ریسک زیست محیطی آلاینده

- O'Brien TD, Noyes J, Spencer LH, Kubis HP, Hastings RP, Whitaker R (2016). Systematic review of physical activity and exercise interventions to improve health, fitness and well-being of children and young people who use wheelchairs. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2(1).
- Raub JA, Benignus VA (2002). Carbon monoxide and the nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 26(8):925-940.
- Rohani A, Tayebi Sani SM, Bahmanpour H, Morsal B (2017). Spatial assessment and environmental sustainability assessment of Tehran Shemiran sports complexes in connection with zoning of air pollution: in the direction of sustainable development and environmental protection. *Quarterly of Geography (Regional Planning)*. 8(1):215-236.
- Swain DP, Brawner CA (2014). ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins Publisher
- TAQCC (2016). Tehran air quality control company. Report of Tehran, Tehran Municipality, Nashr-e- Shahr. pp 265.
- United States Environmental Protection Agency [Internet]. An examination of EPA risk assessment principles and practices. [Published 2004, 17 March; Cited 2006, 4 November]. Washington, D.C: USEPA Publications.
- Vedal S, Brauer M, White RJ (2003). Air pollution and daily mortality in a city with low levels of pollution. *Environ Health Prospect*. 111(1):45-51.
- Wark K, Warner CF, Davis WT (1998). Air pollution: Its origin and control. 3rd ed. London: Pearson.
- WB (2015). Air pollution cost in global, World Bank Reports.
- World Health Organization [Internet]. Air quality and health. [Published 2017, 7 January; Cited 2019, 3 March]. Geneva: WHO Publications.
- Wu D, Xu Y, Zhang S (2015). Will joint regional air pollution control be more cost-effective? An empirical study of China's Beijing Tianjin Hebei region. *Journal of Environmental Management*. 149:27-36.
- Zammori F, Gabbriellini R (2012). ANP/RPN: A multi criteria evaluation of the risk priority number. *Quality and Reliability Engineering International*. 28(1):104-85.
- Brunekreef ST, Holgate S (2002). Air pollution and health. *The Lancet Conference Alerts*. 360 (9341):1233-1242.
- Campbell M, Li Q, Gingrich S, Macfarlene R, Cheng S (2005). Should people be physically active outdoors on smog alert days? *Canadian Journal of Public Health*. 96:24-28.
- Carlisle AJ, Sharp NC (2001). Exercise and outdoor ambient air pollution. *British Journal of Sports Medicine*. 35(4):214-222.
- Daisey JM, Angell WJ, Apte MG (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: analysis of existing information. *Indoor Air*. 13(1):53-64.
- domestic and public microenvironments. *Environmental Science & Technology*. 35(6):147-53.
- Florida-James G, Donaldson K, Stone V (2004). Athens 2004: The pollution climate and athletic performance. *Journal Sports Science*. 22(10):967-80.
- Folinsbee LJ (2001). Air pollution: Acute and chronic effects. 2nd ed. London: The Royal Society of Medicine.
- Ghanbari H, Azizi GH (2007). Numerical simulation of Tehran air pollution behavior based on wind pattern. *Natural Geographic Researchs*. 68:15-32. [Persian]
- Holzer K (2012). Respiratory symptoms during exercise. In: Brukner P, Brukner and Khan clinical editor. *sports medicine*. 4th ed. McGraw-Hill.
- International Agency for Research on Cancer [Internet]. International Agency for Research on Cancer, Latest world cancer statistics Global cancer burden raises to 14.1 million new cases in 2012: Marked increase in breast cancers must be addressed. [Published 2013, 3 March; Cited 2013, 15 May]. France: IARC Publications.
- Kim YM, Harrad S, Harrison R (2001). Concentrations and sources of volatile organic compounds in urban
- Lippi G, Guidi GC, Maffulli N (2008). Air pollution and sports performance in Beijing. *International Journal of Sports Medicine*. 29(8):696-898.
- Mohaghegh S, Hajian M (2013). Sport and air pollution. *Journal of Medical Council of Iran*. 31(3):237-249.
- Nameni A, Tayebi-Sani SM, Fahiminejad A, Morsal B (2019). Environmental risk assessment of sports complexes in Tehran within Air Pollutant. *Quarterly Journal of Human Geographic*. 11(2):164-179. [Persian]
- Nasibullina A (2015). Education for sustainable development and environmental ethics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 214:1077-1082.