The role of environmental factors in transmission of SARS-CoV-2 and its reduction strategies

Gholamreza Goudarzi [1, 2], Niloofar Neisi[3, 4], Yaser Tahmasebi Birgani[2], Ali Akbar Babaei[2], Mehdi Ahmadi[2], Elham Nejadsadeghi[5], Zeynab Baboli[6*]

1- Air Pollution and Respiratory Diseases Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
3- Department of virology, the school of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
4- Alimentary Tract Research Center, Imam khomeini Hospital Clinical Research Development Unit, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran
5- Department of Public Health, Behbahan faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran
6- Department of Environmental Health Engineering, Behbahan faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran

Abstract

Background and Aims: Limited knowledge about SARS-CoV-2 transmission mechanism and the affecting factors is a global challenge. Due to the high prevalence of Covid-19 pandemic, airborne transmission of SARS-CoV-2 is more important than other modes of transmission. To investigate the airborne transmission of this virus, indoor air sampling was performed in COVID-19 ward of Sina Hospital in Ahvaz.

Materials and Methods: Air samples were collected from two sampling points with a distance of less than or equal to 1 meter from the patient bed (in the patient's room) and more than 3 meters from the patient bed (in the corridor and the nurse station) Sampling was conducted through both active and passive methods. The collected samples were then transferred to the laboratory in the cold chain, where they were tested for the presence or absence of virus by reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). Ethical considerations were observed in all stages of the study.

Results: Of the total air samples collected in our study, (21 samples), 9.52 % of the samples (2 samples) were positive for SARS-CoV-2, both of which were positive in the patient's room and were obtained by active air sampling method. Also, multivariate analysis showed that among the studied parameters, the highest correlation was found between the presence of virus in air samples and temperature, relative humidity, and concentration of particles in the air.

Conclusion: The results indicate the presence of SARS-CoV-2 bioaerosols in the air inside the hospital.

Keywords: SARS-CoV-2, airborne, indoor air quality, RT- PCR, airborne particles

Please Cite this article as: Goudarzi Gh, Neisi N, Tahmasebi Birgani Y, Babaei AK, Ahmadi M, Nejadsadeghi E, Baboli Z. The role of environmental factors in transmission of SARS-CoV-2 and its reduction strategies. Journal of Health in the Field 2022; 9(4):1-9.

Corresponding Author: Department of Environmental Health Engineering, Behbahan faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran
Email: baboliz87@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.22037/jhf.v9i4.37774

Received: 27 February 2022

Accepted: 1 June 2022

مقاله پژوهشی

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت و ایمنی
دوره ۹ شماره۴،زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱ تا ۹

نقش عوامل محیطی در انتقال ویروس SARS- CoV- 2 و راهکارهای کاهش آن

غلامرضا گودرزی[۱،۲]، نیلوفر نیسی[۳،۴]، یاسر طهماسبی بیرگانی[۲]، علی اکبر بابایی[۲]، مهدی احمدی[۲]،الهام نژاد صادقی[۵]، زینب بابلی[۶*]

۱- مرکز تحقیقات آلودگی هوا و بیماری های تنفسی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اهواز، اهواز، ایران
۳- گروه ویروس شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۴- مرکز تحقیقات دستگاه گوارش توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان امام خمینی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران
۵- گروه بهداشت عمومی، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
۶- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: دانش محدود در مورد مکانیسم انتقال ویروس SARS-CoV-2 و عوامل تاثیر گذار بر آن یک چالش در مقیاس جهانی است. با توجه به شیوع بالای اپیدمی کووید-۱۹، انتقال هوایی ویروس نسبت به دیگر راه‌های انتقال مورد توجه بیشتر می‌باشد. بنابراین در این مطالعه به بررسی نقش انتقال هوایی این ویروس، نمونه برداری از هوای داخلی بخش بستری بیماران کرونایی بیمارستان سینا اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها: در هر یک از محل‌های نمونه برداری، از دو نقطه با فاصله‌ی کمتر یا مساوی ۱ متر از تخت بیماران (در اتاق بیماران) و فاصله بیش از ۳ متر از تخت بیماران (در راهرو و ایستگاه پرستار) نمونه هوا به دو روش فعال و غیر فعال جمع‌آوری و در زنجیره‌ی سرما به آزمایشگاه منتقل شد. سپس با استفاده از واکنش زنجیره‌ای پلیمراز رونویسی معکوس (RT- PCR) برای حضور یا عدم حضور ویروس مورد بررسی قرار گرفتند. در تمام مراحل، ملاحظات اخلاقی مد نظر قرار گرفت.

یافته‌ها: از کل نمونه‌های هوای (۲۱ نمونه) جمع‌آوری شده برای حضور ویروس SARS-CoV-2، ۹/۵۲٪ نمونه‌ها (۲ نمونه) مثبت شدند که هر ۲ نمونه مثبت در اتاق بیماران و توسط روش نمونه‌برداری فعال هوا ثبت شدند. تجزیه و تحلیل چند متغیره نشان داد که از بین پارامترهای مورد مطالعه، بیشترین همبستگی بین حضور ویروس در نمونه‌های هوا با دما، رطوبت نسبی، غلظت ذرات موجود در هوا به دست آمد.

نتیجه‌گیری: تحقیق بیانگر وجود بیوآئروسل‌های SARS-CoV-2 در هوای داخل بیمارستان می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ویروس SARS-CoV-2، هوابرد، کیفیت هوای داخل ساختمان، RT- PCR، ذرات معلق در هوا

***نویسنده مسئول:** گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران.

Email: baboliz87@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

مقدمه

عفونت‌های تنفسی با توجه به انتشار بسیار گسترده و سریع از اهمیت بالایی برخوردارند و می‌توانند نقش بسیار مهمی در مرگ و میر کودکان و بزرگسالان داشته باشند. ویروس‌ها از مهمترین عوامل بیماری‌های تنفسی هستند و می‌توانند مجاری فوقانی و تحتانی دستگاه تنفسی را آلوده نمایند. برخی عفونت‌های تنفسی می‌توانند منشاء باکتریایی داشته باشند ولی نسبت به عفونت‌های تنفسی ویروسی از شیوع کمتری برخوردارند. عوامل ویروسی عفونت‌های حاد مجاری تنفسی بسیار متنوع بوده و میزان توزیع آنها در بین بیماران بر اساس سن، فصول سال و مناطق جغرافیایی متفاوت است. کرونا ویروس‌ها نوعی از ویروس‌های تنفسی هستند که با توجه به شواهد به نظر می‌رسد، می‌توانند عامل بروز بیماری‌هایی مانند یک سرماخوردگی ساده، تا بیماری‌های شدیدتری چون سندرم خاورمیانه (Middle east respiratory syndrome) و یا حتی شدیدتر از آن مثل سندرم‌های حاد تنفسی سارس و بیماری کووید-۱۹ اشی از ویروس SARS-CoV-2 شوند. نوع جدید بیماری‌های تنفسی ویروسی مربوط به بیماری 2019-nCoV توسط کرونا ویروس جدید با نام SARS- CoV-2 می‌باشد [۱،۲]. با مشاهده آلودگی با این ویروس در اعضای خانواده‌ها و همچنین کارکنان بهداشتی و پزشکی، انتقال انسان به انسان این کرونا ویروس از طریق قطرات تنفسی و اشیای آلوده برطبق نتایج تحقیقات اخیر، مسیر اصلی انتقال این ویروس از طریق استنشاق قطرات تنفسی آلوده، تماس نزدیک (کمتر از ٦ قدم یا کمتر از ۲ متر) با فرد مبتلا یا تماس با ترشحات فرد بیمار می‌باشد [۳،٤].

به منظور بررسی انتقال ویروس از طریق هوا و تعیین حضور و نحوه پراکنش ویروس در نقاط مختلف، می‌بایست با استفاده از روش‌های استاندارد به نمونه‌برداری از هوای مورد نظر پرداخت. سپس نمونه‌های گرفته شده تحت آزمایشات مولکولی قرار گرفته تا RNA ویروس مورد شناسایی قرار گیرد. روش‌های متعددی برای نمونه‌برداری از آلاینده‌های مختلف هوا وجود دارد و از آنجایی که بحث این تحقیق ویروس‌ها می‌باشند، بنابراین روش‌های نمونه‌برداری از بیوآئروسل‌های هوا مورد بررسی قرار خواهند گرفت. بیوآئروسل‌ها می‌توانند به دو شکل زنده و غیر زنده در هوا موجود باشند که معمولا نمونه‌برداری از آنها به منظور تعیین تماس شغلی در بیمارستان‌ها، مراکز تحقیقاتی، آزمایشگاه‌ها و صنایع مورد استفاده می‌باشند. بیوآئروسل‌های هوای داخل و خارج با استفاده از روش‌های متعدد و پیچیده‌ای نمونه‌برداری و آنالیز می‌گردند. از آنجایی که نمونه‌برداری از ویروس‌های هوا تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله دما، رطوبت، غلظت و نوع ویروس، روش آنالیز، مدت زمان، محل و هدف نمونه‌برداری و ... می‌باشد لذا نمونه‌برداری از این عوامل بسیار مشکل خواهد بود. در مطالعات دیگر برای بیوآئروسل‌های زنده از روش‌های فعال متعددی شامل انواع ایمپکتور، ایمپینجر، فیلترها، اندرسون، سیکلون‌ها و روش‌های غیرفعال استفاده شد [۵].

با توجه به تناقض‌هایی که در مورد روش‌های انتقال بیماری‌ها و عفونت‌های تنفسی و گوارشی ناشی از ویروس مطرح بوده و همچنین دستورالعمل‌های جهانی مختلفی که در مورد نحوه‌ی محافظت و جلوگیری از انتقال این بیماری‌ها در فضای داخلی بیمارستان‌ها موجود می‌باشد و همینطور وجود آمار بسیار بالای ابتلا و مرگ و میر می‌تواند حکایت از نقش موثر هوا و کیفیت سیستم تهویه و کیفیت هوای داخل در انتقال عامل بیماری باشد. براین اساس مطالعه‌ی حاضر به منظور بررسی عوامل تاثیرگذار بر انتشار و حضور و انتقال ویروس از طریق هوا در بیمارستان‌های کودکان و بزرگسالان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در بخش بیماران COVID-19 بیمارستان سینا واقع در شهر اهواز مرکز استان خوزستان انجام شد. تمام بیماران بستری شده در این دو بخش در زمان نمونه برداری، کرونا مثبت بودند. در طول این مطالعه، دو نوع روش نمونه‌برداری آئروسل فعال و غیرفعال مورد استفاده قرار گرفت و کارایی هر دو روش برای جمع‌آوری ویروس SARS-CoV-2 از هوا با هم مقایسه شد. در روش غیرفعال ظروف پتری دیش استاندارد با قطر ۸ میلی‌متر حاوی ۵ میلی‌لیتر از محیط مایع به مدت ۳۰ دقیقه به طور باز در نقاط نمونه‌برداری قرار داده شدند [٦]. در روش فعال که به سه طریق و هر کدام به مدت ۳۰ دقیقه صورت گرفت.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

روش‌های فعال شامل روش ایمپینجر شیشه‌ای متصل به پمپ نمونه‌بردار فردی SKC با نرخ جریان ٤ لیتر در دقیقه، فیلتر غشایی پلی‌تترا فلوئورواتیلن (Polytetrafluoroethylene) با قطر ۳۷ میلی‌متر و منافذ ۰/۳ میکرومتر متصل به پمپ نمونه‌بردار فردی با نرخ جریان ٤ لیتر در دقیقه و ظروف پتری با قطر ۸ میلی‌متر حاوی ۵ میلی‌لیتر محیط مایع متصل به دستگاه نمونه‌بردار تک مرحله‌ای (Quick Take 30 kit) با نرخ جریان ٤ لیتر در دقیقه بودند. هر دو پمپ SKC و Quick Take 30 با استفاده از کالیبراتور الکترونیکی (Bios Defender 510 H) SA کالیبره شدند [۹-۵].

ظروف جمع‌آوری نمونه حاوی ۵ میلی‌لیتر محیط کشت انتقالی ویروس (Dulbecco's Modified Eagle's Medium liquid) بود [۱۰]. پس از نمونه برداری، نمونه‌های مایع جمع‌آوری شده بلافاصله به لوله‌های فالکون استریل ۱۵ میلی لیتری منتقل و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس به آزمایشگاه ویروس‌شناسی منتقل شده و برای آزمایشات مولکولی مورد بررسی قرار گرفتند. تمام ظروف شیشه‌ای و تجهیزات مورد استفاده در نمونه‌برداری با استفاده از محلول اتانول ۷۰ درصد و اتوکلاو ضدعفونی و استریل شدند [۱۲-۵].

در شرایط کاملا ایزوله برای استخراج RNA، ویروس از نمونه‌های هوا، از کیت استخراج RNA Extraction Kit شرکت سیناکلون استفاده شد. بعد از استخراج RNA، با استفاده از کیت (2019-NCOV) Nocleic One Step Novel Coronavirus Acid Diagnostic Kit (PCR- Fluorencence Probing) شرکت Sansure Biotech تست Real Time PCR برای هر دو ژن RdRP و ژن N با استفاده از پروب‌های اختصاصی FAM و TEXASRED و ژن Internal Control (CY5) انجام شد. سیکل دمایی به ترتیب زیر تنظیم شد:

Stage 1: 50 ℃ for 30 min, 1 cycle Stage 2: 95 ℃ for 1 min, 1 cycle Stage 3: 95 ℃ for 15 sec, 60 ℃ for 31 sec, 45 cyclesStage 4: 25 ℃ for 10 sec, 1 cycle Sample Data Collection at Stage 3, Step 2 (60.0 @ Volume: 20µ 0:31 پس از اتمام مراحل، نتایج Ct زیر ٤۰ و منحنی سیگموئیدی برای هر دو ژن به عنوان نمونه مثبت در نظر گرفته شد. نمونه‌هایی که ژن Internal Control فاقد Ct باشد مجددا تکرار خواهند شد [۱۳]. فناوری این کیت تست سریع یک لوله‌ای است و حساسیت ۲۰۰ نسخه در میلی‌لیتر می‌باشد. در این مطالعه علاوه بر بررسی حضور ویروس در نمونه‌های هوا، پارامترهای دیگری از جمله دما (T, ℃)، رطوبت نسبی (%RH)، سرعت هوا (AV m/s)، غلظت ذرات PM_{10} (ذرات با قطرکمتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر)، $PM_{2.5}$ (ذرات با قطر کمتر یا مساوی ۲/۵ میکرومتر) و PM_1 (ذرات با قطر کمتر یا مساوی ۱ میکرومتر)، فاصله بین دستگاه نمونه‌بردار و بیماران (Dis, m)، جمعیت بیمار در هر نقطه نمونه‌برداری (PPS)، دوره‌ی بیماری بیماران (DCI)، مساحت نقطه نمونه‌برداری (A, m^2)، نوع نمونه‌بردار (S)، نوع سیستم تهویه (VS) اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفتند. درجه حرارت (درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی (٪) با استفاده از دستگاه‌های قابل حمل AQ110 و HD 110 مدل KIMO اندازه‌گیری شدند. همه دستگاه‌های نمونه‌برداری در ارتفاع ۱/۵ تا ۱/۸ متری از سطح زمین نصب شدند و در حالی که بیماران در اتاق حضور داشتند، نمونه‌برداری صورت می‌گرفت [١٤]. پارامترهای کیفیت هوای داخل بیمارستان سینا بر اساس روش‌های آماری ساده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و همچنین تجزیه و تحلیل چند متغیره مانند تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA: Principal Component Analysis) به منظور درک بهتر، استفاده شد. انتقال بیوآئروسل‌ها تحت تاثیر عوامل مختلف قرار می‌گیرد، لذا در این بخش رابطه معنی‌دار بین نتایج PCR نمونه‌های هوا با پارامترهای هواشناسی و همچنین سایر پارامترهای مطالعه مورد بررسی قرار گرفت [١٥،١٦]. مولفه‌های اصلی تجزیه و تحلیل به عنوان راهی برای کاهش ابعاد مجموعه داده این مطالعه استفاده می‌شود. در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، متغیرهای اصلی به صورت متعامد تبدیل می‌شوند تا مجموعه جدیدی از متغیرها به دست آید که شامل یک جزء اصلی (مولفه اصلیPC) است و یک تغییر متقارن برای تنظیم آرایش استفاده می‌شود. به منظور دستیابی به کاهش بعد، تعدادی از مولفه‌ها را که درصد قابل قبولی از واریانس کل را تبیین می‌کنند، انتخاب شد و از طرفی به منظور دستیابی به توصیف ساختارهای پراکندگی داده‌ها، سعی شد که مولفه‌های انتخاب شده را به مفاهیمی معقول ارتباط داده شود. این کار سخت‌ترین قسمت در تحلیل مولفه‌های اصلی بود که با ادغام دانش آماری

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

و اطلاعات بر روی پدیده مورد بررسی امکان پذیر شد. یکی از ابزارها برای دستیابی به این هدف، نمودار امتیازها (جدول همبستگی در این مطالعه جدول ۲) و مقایسه نمودارها (در این مطالعه شکل۱) بوده است. بررسی نقش متغیرها در مولفه‌ها از طریق بررسی ضریب همبستگی متغیر و مولفه موردنظر صورت گرفت. بعد از تعیین متغیرهای تاثیرگذار بر روی هر مولفه و با توجه به مثبت یا منفی بودن همبستگی‌ها در مورد مفاهیم مولفه‌های اصلی اظهارنظر گردید [۱۷].

نتایج در قالب اجزا اصلی ارائه شد که در آن متغیرهای هر جز اصلی (PC: Principal Component) به صورت بردارهایی نمایش داده شدند و به سه طریق مورد بررسی قرار گرفتند: ۱- براساس جهت بردارها که به موجب آن اگر یک بردار موازی با محور PC باشد یعنی بیشتر به آن PC مربوط است و متغییرهایی که در یک راستا هستند همبستگی بالایی با هم دارند؛ ۲- براساس زوایای بین بردارها که زوایای کوچک نشان دهنده‌ی همبستگی مثبت قوی و زوایای بزرگتر نشان دهنده همبستگی منفی بین متغیرهای هر جز می‌باشد و ۳- براساس طول بردار که به موجب آن بردارهای بلندتر نشان دهنده ارتباط قوی‌تر هستند [۱۶،۱۸،۱۹].

یافته‌ها

هدف اصلی این مطالعه، مقایسه‌ی روش‌های نمونه‌برداری و شناسایی ویروس SARS-CoV-2 از هوای داخل بیمارستان سینا واقع در شهر اهواز مرکز استان خوزستان بوده است. بنابراین براساس اهداف مطالعه، اطلاعات گردآوری شده آنالیز و نتایج بدست آمده در ادامه ارایه خواهد شد. هدف از اندازه‌گیری و یا ثبت پارامترهای مطالعه، کمک به بررسی تاثیر عوامل مختلف محیطی و شرایط نمونه‌برداری در پراکنش ویروس در هوا بود. به این منظور پارامترهایی شامل مساحت (A) و حجم (V) محل بستری بیماران، غلظت ذرات معلق هوا در سه سایز ۱۰، ۲/۵ و ۱ میکرون (PM_{10}, $PM_{2.5}$ & PM_1)، پارامترهای هواشناسی از قبیل دما (T)، رطوبت نسبی (RH) و سرعت جریان هوا (AV) و همینطور پارامترهای مربوط به شرایط نمونه‌برداری شامل مدت زمان نمونه‌برداری (TS)، دبی پمپ نمونه‌بردار (QS) و حجم هوای مکش شده (AVS) می‌باشد. براساس نتایج از ۲۱ نمونه هوا، ۲ نمونه (۹/۵۲) مثبت بودند که هر ۲ نمونه مثبت در فاصله‌ی کمتر از دو متر از بیماران ثبت شدند. براساس نتایج جدول شماره۱ می‌توان گفت نقاطی که نمونه‌ی هوای مثبت از نظر وجود SARS-CoV-2 داشتند، نسبت به نقاطی با نمونه‌ی هوای منفی، دارای غلظت بالاتری از ذرات معلق هوا هستند. همچنین نمونه‌های مثبت در نقاطی بوده‌اند که دارای ابعاد، رطوبت، دما و سرعت جریان هوای کمتری نسبت به نمونه‌های منفی بوده‌اند. به عبارتی وجود ویروس در نمونه‌های هوا با ابعاد کوچکتر اتاق، دما، رطوبت و سرعت جریان هوای کمتر و غلظت بیشتر ذرات معلق هوا ارتباط دارد. همینطور تحلیل چند متغیره روی مجموعه داده‌های مطالعه اعمال شد و در جدول شماره ۲ و شکل شماره ۱ نشان داده شده است. در این مطالعه، از آنالیز PCA برای بررسی روابط آماری معنادار بین وجود/عدم وجود SARS-CoV-2 موجود در نمونه‌های هوا و پارامترهای هوای داخل ساختمان استفاده شد. با توجه به نتایج PCA، جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که از بین عوامل مورد بررسی، تاثیرگذارترین پارامترها بر روی حضور ویروس در هوا در دو جزء اصلی یعنی PC1 و PC2 قرار گرفتند. شکل شماره ۱ بای پلات دو بعدی PC1 در مقابل PC2 و نقش هر یک از پارامتر موثر بر نتایج هوای داخل را نشان می‌دهد. در بای پلات، هر نقطه نشان دهنده داده‌های نمونه برداری است و هر بردار یکی از متغیرهای مطالعه را نشان می‌دهد. اولین جز (جدول شماره ۲ و شکل شماره ۱ محور عمودی) ۳۸/٤٥ درصد از کل واریانس را توضیح می‌دهد و به طور مثبت (بخش سمت راست محور عمودی) تحت تأثیر عوامل SARS-CoV-2 هوا قرار می‌گیرد. در حالی که با عواملی شامل دما، رطوبت، جمعیت بیماران، دوره بیماری، سرعت جریان هوا و سیستم تهویه نیز ارتباط منفی (بخش سمت چپ محور عمودی) دارد. جزء دوم (جدول شماره ۲، شکل شماره ۱ محور افقی) ۲۰/٦۷٪ از کل واریانس را توضیح می‌دهد و به طور مثبت (بخش بالای محور افقی) با پارامترهای رطوبت، دما، فاصله بیماران و سطح مقطع اتاق بیماران مربوط می‌شود، در حالی که به طور منفی (بخش پایین محور افقی) با SARS-CoV-2 هوا، ذرات، جمعیت بیماران، دوره

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

بیماری، سرعت جریان هوا و سیستم تهویه مرتبط است. ضرایب متغیرهای جز اول و دوم (PC1 و PC2) در تجزیه و تحلیل PCA بین SARS-CoV-2 و چندین عوامل محیطی داخلی در نقاط نمونه‌برداری در جدول شماره ۲ ارائه شده است و این ضرایب نتایج شکل شماره ۱ را تأیید می‌کند. ضرایب پررنگ همان ضرایب موثر برای هر جزء است و ضرایب مثبت و منفی به ترتیب بیانگر تأثیر مستقیم یا معکوس هر پارامتر در هر جزء است. در شکل شماره ۱، براساس طول و جهت بردارها، روابط متقابل و ارتباط نزدیک بین پارامترهای غلظت ذارت معلق (PM_{10} وPM_1 و $PM_{2.5}$) به دلیل هم راستا بودن بردارها، نشان داده شده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که حضور بیوآئروسل‌های SARS-CoV-2 در نمونه‌های جمع‌آوری شده (نمونه‌هایی که PCR مثبت شدند) با غلظت PM_{10}، $PM_{2.5}$و PM_1 هوا همبستگی مثبت دارند. همینطور ارتباط عکس رطوبت نسبی و دما با نتایج PCR قابل مشاهده می‌باشد.

به عبارت دیگر، وجود SARS-CoV-2 در نمونه‌های جمع‌آوری شده با دما و رطوبت همبستگی منفی دارند. در شکل شماره ۱، براساس زاویه‌ی بین بردارها، بردار مربوط به پارامترهای PM_{10}، $PM_{2.5}$ و PM_1 و تصفیه کننده هوا موازی‌تر با بردار SARS-CoV-2 هستند که نشان‌دهنده سهم بالای تاثیرگذاری مثبت بر وجود ویروسSARCoS-V-2 در هوا می‌باشند. به عبارت دیگر هر چه غلظت ذرات معلق هوا بالاتر باشد، غلظت بیوآئروسل‌ها بیشتر می‌شود. از طرفی زاویه بیشتر بین بردارهای دما و رطوبت با SARS-CoV-2 نشان دهنده‌ی تاثیر گذاری منفی بر وجود ویروس SARCoS-V-2 در هوا می‌باشند.

جدول ۱- میانگین مقدار پارامترهای مورد مطالعه در نمونه‌های مثبت و منفی هوا برای حضور SARS-CoV-2

Table 1- Mean values of the studied parameters in positive and negative air samples for the presence of SARS-CoV-2

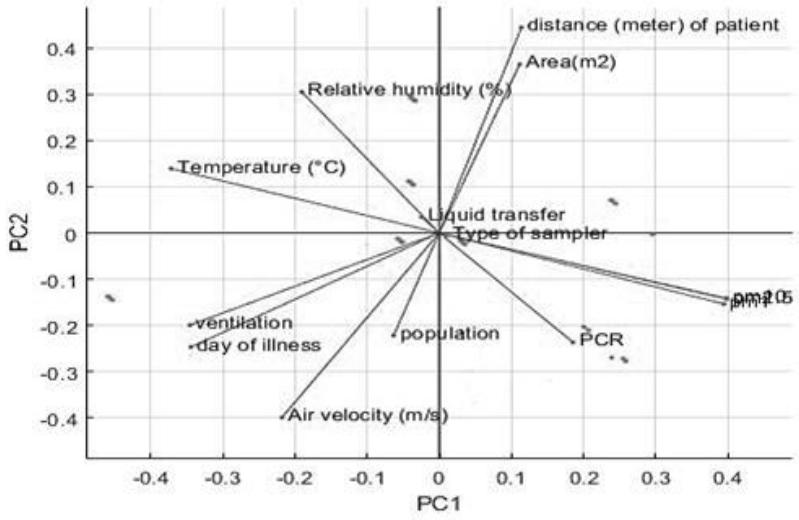
مشخصات	ابعاد اتاق(m^2)	سرعت جریان هوا (m/s)	دما (°C)	رطوبت (%RH)	PM_1 ($\mu g/m^3$)	$PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	PM_{10} ($\mu g/m^3$)
کل نمونه‌ها	۳۳/۰٦	۰/۱۸	۲٤/۷۱	۵۰/۸۰	٤٤/۸۲	٤۸/٦۵	۵٦/٤۷
نمونه‌های منفی	۳۲/۲٦	۰/۱۹	۲٤/۸٤	۵۱/۷٤	٤۱/۲۲	٤٤/۷۷	۵۲/٦۸
نمونه‌های مثبت	۲۸/۰۰	۰/۱٦	۲٤/۰۳	٤٤	٦۵/۳۳	۷۰/۳۳	۷۷/۳۳

جدول ۲- ضرایب متغیرهای موثر بر اجزای اصلی در آنالیز چند متغیره‌ی مولفه‌های اصلی (PCA)

Table 2- Coefficients of variables affecting the main components in multivariate principal component analysis (PCA)

متغیرهای مطالعه	جزء اول PC1	جزء دوم PC2
نوع نمونه بردار	-۰/۰۱	۰/۰۱
نوع سیستم تهویه	-۰/۳۵	-۰/۱۹
نوع محیط کشت مورد استفاده	-۰/۰۲	۰/۰۳
فاصله نمونه بردار از بیماران	۰/۱۲	۰/٤۵
ابعاد اتاق	۰/۱۱	۰/۳٦
سرعت جریان هوا	-۰/۲۲	-۰/٤
دمای هوا	-۰/۳۷	۰/۱٤
رطوبت هوا	-۰/۱۹	۰/۳۱
تراکم بیماران	-۰/۰٦	-۰/۲۲
دوره بیماری	-۰/۳٤	-۰/۲۵
غلظت ذرات PM_{10}	۰/۳۹	-۰/۱٤۸
غلظت ذرات $PM_{2.5}$	۰/۳۹	-۰/۱٤۸
غلظت ذرات PM_1	۰/۳۹	-۰/۱۵۸
وجود/ عدم وجود ویروس SARS-CoV-2 در نمونه هوا	۰/۱۹	-۰/۲۸

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.



شکل ۱- نتایج تجزیه و تحلیل PCA برای همه پارامترهای مؤثر بر نتایج آزمایش PCR نمونه هوا در بخش COVID- 19

Figure 1- Results of PCA analysis for all parameters affecting the results of PCR test of air samples in COVID-19 section

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ویروس SARS-CoV-2 در ۹/۵۲ درصد از نمونه‌های هوا شناسایی شده است. مطالعات زیادی وجود دارد که ویروس SARS-CoV-2 را در نمونه‌های هوای داخلی بخش‌هایCOVID-19 هم در اتاق بیماران و هم در راهرو شناسایی کردند [۲۰–۷]. سانترپیا و همکاران بیان کردند که نمونه‌های هوای حاوی RNA ویروسی در فواصل زیاد از تخت بیماران نشان‌دهنده انتقال ویروس توسط ذرات سیستم تنفسی بیماران آلوده به فواصل طولانی‌تر مثلا فاصله بیش از ۲ متر از بیمار می‌باشد [۷]. مطالعه‌ی دیگری نشان داد که ذرات حاوی SARS-CoV-2 در هوای داخل بخش کووید–۱۹ تا مسافت ٤ متر و بیش‌تر پراکنده می‌شود [۲۵]، در حالی است که در مطالعات قبلی تیم تحقیق حاضر که هوای بیمارستان رازی شهر اهواز را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که ویروس SARS-CoV-2در هوا منتقل می‌شود زیرا که شناسایی ویروس در فواصل بیش از ۲ متر از بیماران به عنوان منبع ویروس، انتقال هوابردی آن را تقویت می‌بخشد [۲٦]. همینطور می‌توان گفت به دلیل وجود SARS-CoV-2 در نمونه‌های راهرو و انتشار ویروس در فواصل بیش از ۳ متر از تخت بیماران نشان دهنده‌ی تهویه نامناسب هوا در بخش کووید–۱۹ می تشخیص SARS-CoV-2 در نمونه‌های هوا چالش برانگیز است و برخی محققان با استفاده از روش‌های مختلف از جمله نمونه‌بردارهای زیستی برخورد مایع (liquid impinge biosamplers) [۱۰،۲۸]، فیلترهای ژلاتینی (gelatin filters) [۲۷]، و فیلتر کاست (filter cassettes) [۲۹] ، موفق به شناسایی آئروسل‌های ویروس SARS-CoV-2 در هوای داخلی بخش‌های بیمارستانی نشدند. در این مطالعه با استفاده از روش نمونه‌گیری فعال ویروسSARS-CoV-2 در هوای داخلی بخش‌های بیمارستانی شناسایی شد. در نتیجه روش‌های نمونه‌گیری فعال موثرتر از روش‌های غیرفعال برای تشخیص SARS- CoV- 2 در نمونه‌های جمع آوری شده می‌باشند. یکی از دلایل نتایج مختلف در مطالعات مشابه، تفاوت در روش‌های نمونه برداری هوا می‌باشد که بر بازده نمونه‌برداری و تشخیص ویروس تاثیر می‌گذارد [۸،۳۰]. از طرفی به دلیل کم بودن محتوی ژنتیکی ویروس SARS-CoV-2 در نمونه‌های هوا توصیه می‌شود که حجم بالاتری از هوا توسط نمونه‌بردارها جمع‌آوری شود تا تشخیص غلظت‌های کم آئروسل‌های ویروسی آسان‌تر گردد [۳۰،۳۱].

تجزیه و تحلیل چند متغیره ما نشان داد که در بین پارامترهای مطالعه شده، بیشترین همبستگی بین نمونه‌های هوای مثبت با

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

پارامترهای هوای داخل ساختمان از جمله دما، رطوبت نسبی، غلظت ذرات معلق هوا به دست آمد به‌طوری‌که وجود ویروس در نمونه‌های هوا دارای یک رابطه معکوس با تغییرات دما و رطوبت و یک رابطه مستقیم قوی با غلظت ذرات هوا می‌باشد. تحقیقات قبلی در سنگاپور نشان داد که درصد نمونه‌های مثبت هوای داخل برای شناسایی ویروس‌های دستگاه تنفسی مانند آدنوویروس، RSV-A و ویروس آنفلوانزا A به ترتیب ٦٤، ۲۹ و ۷ درصد بودند. همچنین دریافتند که بیوآئروسل‌ها درمقادیر بالاتر رطوبت هوا (بیش از۵۰٪) سریعتر رسوب می‌کنند.

بنابراین، مقادیر بالاتر رطوبت هوا (بالاتر از ٦۳٪) می‌تواند نرخ کم نمونه‌های مثبت آئروسل‌های ویروسی را توضیح دهد؛ زیرا از نظر تئوری در رطوبت بالا ذرات سنگین شده و برای انتقال از طریق هوا مساعد نمی‌باشند. از طرفی بار کم بیوآئروسل ویروسی منجر به پیچیدگی در شناسایی ویروس در نمونه‌های هوا می‌شود [۸]. مطالعات کازانووا و همکاران نشان داد که میزان انتقال یا ماندگاری سایر ویروس‌ها مانند ویروس آنفولانزا در دماهای گرمتر (۳۰ درجه سانتیگراد) کاهش می‌یابد [۳۲]. همچنین در محیط‌های داخلی با رطوبت کمتر از ٤۰ درصد، قطرات سرفه یا عطسه به سرعت رطوبت خود را از دست می‌دهند و این آئروسل‌های خشک برای مدت طولانی‌تری در هوا می‌مانند و این ذرات ویروسی برای مدت طولانی‌تری عفونی می‌مانند [۳۳]. همینطور ذراتی با قطر مساوی یا کمتر از ۲/۵ میکرون به عنوان حامل میکروبیوم شناخته شده‌اند، بنابراین آنها می‌توانند در هوا معلق بمانند، در حالی که قطرات بزرگ به زمین می‌افتند [۳٤] آلاینده‌های ذره‌ای هوا و کیفیت هوا ممکن است منجر به افزایش آمار مبتلایان به Covid-19 شود [۳۵،۳٦]. بنابراین، این تحقیقات راهکارهایی شامل تنظیم دما و رطوبت نسبی بالای هوا و غلظت جرم کم ذرات معلق در هوا را برای به حداقل رساندن ریسک عفونت پیشنهاد می‌کنند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش تأیید می‌کند که SARS-CoV-2 در نمونه‌های هوا شناسایی شده است و انتقال هوایی می‌تواند یک مسیر اصلی برای انتقال ویروس بین افراد در مکان‌های سرپوشیده باشد. براین اساس مهمترین شرایطی که بر حضور ویروس در هوای داخل بخش کووید-۱۹ تأثیر می‌گذارد شامل دما و رطوبت کم و غلظت بالای ذرات معلق هوا می‌باشد. بنابراین، این پارامترها را می‌توان در مکان‌های داخلی برای کاهش انتقال در حد بهینه تنظیم کرد. نتایج تاکید می‌کند که نرخ تهویه‌ی کافی راهی برای بهبود کیفیت هوای داخلی هستند. سایر اقدامات کنترلی اساسی مانند حفظ فاصله فیزیکی و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند ماسک و شستشوی مداوم دستها توصیه می‌گردد. در ادامه براساس نتایج پیشنهاداتی ارایه می‌گردد:

- در ابتدا منبع انتشار ویروس (بیماران) کنترل گردد که اقدامات کنترلی مربوط به کنترل منبع شامل: قرنطینه بیماران در اتاق‌هایی با سیستم تهویه فشار منفی بخصوص در هفته‌ی اول بیماری، استفاده از ماسک صورت، کاهش تعداد بیماران در محل بستری و مدت زمان حضور آنها در محیط‌های بسته، حفظ فاصله‌ی فیزیکی بین بیماران از هم و یا کادر درمان و دیگر افراد سالم از بیمار می‌باشد.
- اقدامات مهندسی مربوط به عوامل محیطی و سیستم تهویه در دستور کار قرار گیرد. به این منظور می‌بایست غلظت ذرات محیطی کاهش یابد، رطوبت و دما در حد بهینه تنظیم شده، کارایی سیستم تهویه به طور مداوم بررسی شود.
- با آموزش و اطلاع‌رسانی صحیح در خصوص راه‌های انتقال و پیشگیری از این بیماری می‌توان به کاهش انتقال بیماری کمک شایانی کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه‌ی مقطع دکترا می‌باشد. نویسندگان مقاله جهت حمایت مالی این پروژه از دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز (طرح تحقیقاتی مصوب با شماره APRD-9909 و کد اخلاق IR.AJUMS.REC.1399.742) و صندوق

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) (با شماره پروژه ۹۹۰۱۷۲۲۹) تقدیر می‌نمایند.

References

1- Kahn N. New virus discovered by Chinese scientists investigating pneumonia outbreak. Wall Street Journal 2020; 8. Available from: https://www. wsj.com/articles/ new-virus- discovered-by- chinese-scientists- investigating- pneumonia- outbreak-11578485668? reflink= desktopwebshare_ permalin. Accessed Apr 30, 2022.

2- Tavakoli A, Vahdat K, Keshavarz M. Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19): an emerging infectious disease in the 21st century. Iranian South Medical Journal 2020; 22(6):432-50 (In Persian).

3- CDC SB. Scientific Brief: SARS-CoV-2 and potential airborne transmission. Centers for Disease Control 2020 Prevention. Available from: https:// www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science-briefs/ sars-cov-2-transmission.html. Accessed Apr 13, 2021.

4- WHO. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations: scientific brief, 27 March 2020. Available from: http:// WHO/ 2019- nCoV/ Sci_Brief/Transmission_modes/2020.2.Accessed Apr 13, 2021.

5- Booth TF, Kournikakis B, Bastien N, Ho J, Kobasa D, Stadnyk L, et al. Detection of airborne severe acute respiratory syndrome (SARS) coronavirus and environmental contamination in SARS outbreak units. The Journal of Infectious Diseases 2005; 191(9):1472-77.

6- Napoli Ch, Marcotrigiano V, Montagna MT. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. BMC Public Health 2012; 12(1):594. Doi: https://doi.org/10. 1186/1471-2458- 12-594.

7- Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V, Morwitzer MJ, Creager H, Santarpia GW, et al. Transmission potential of SARS- CoV- 2 in viral shedding observed at the University of Nebraska Medical Center. MedRxIV 2020. Doi: 10.1038/s41598- 020-69286-3.

8- Coleman KK, Nguyen TT, Yadana S, Hansen-Estruch C, Lindsley WG, Gray GC. Bioaerosol sampling for respiratory viruses in Singapore's mass rapid transit network. Scientific Reports 2018; 8(1):1-7.

9- Hadei M, Hopke PK, Jonidi A, Shahsavani A. A letter about the airborne transmission of SARS-CoV-2 based on the current evidence. Aerosol and Air Quality Research 2020; 20(5):911-14.

10- Faridi S, Niazi S, Sadeghi K, Naddafi K, Yavarian J, Shamsipour M, et al. A field indoor air measurement of SARS- CoV- 2 in the patient rooms of the largest hospital in Iran. Science of the Total Environment 2020; 725:138401.

11- Kenarkoohi A, Noorimotlagh Z, Falahi S, Amarloei A, Mirzaee SA, Pakzad I, et al. Hospital indoor air quality monitoring for the detection of SARS- CoV- 2 (COVID- 19) virus. Science of the Total Environment 2020; 748:141324. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141324.

12- Verreault D, Moineau S, Duchaine C. Methods for sampling of airborne viruses. Microbiology and Molecular Biology Reviews 2008; 72(3):413-44.

13- Gorbalenya AE, Baker SC, Baric R, Groot RJd, Drosten C, Gulyaeva AA, et al. severe acute respiratory syndrome- related coronavirus–The species and its viruses, a statement of the Coronavirus Study Group. BioRxiv 2020. Doi: https: //doi. org / 10. 1101/ 2020. 02. 07. 937862.

14- Nguyen TT, Poh MK, Low J, Kalimuddin S, Thoon KC, Ng WC, et al. Bioaerosol Sampling in Clinical Settings: A Promising, Noninvasive Approach for Detecting Respiratory Viruses. Open Forum Infect Dis 2017; 4(1): ofw259. DOI: 10.1093/ofid/ofw259. PMID: 28480252; PMCID: PMC5413998.

15- Gulson B, Korsch M, Dickson B, Cohen D, Mizon K, Davis JM. Comparison of lead isotopes with source apportionment models, including SOM, for air particulates. Science of the Total Environment 2007; 381(1-3):169-79.

16- Rad HD, Assarehzadegan M-A, Goudarzi G, Sorooshian A, Birgani YT, Maleki H, et al. Do Conocarpus erectus airborne pollen grains exacerbate autumnal thunderstorm asthma attacks in Ahvaz, Iran? Atmospheric Environment 2019; 213:311-25.

17- Jolliffe I. Principal Component Analysis. In: Lovric M, editor. International Encyclopedia of Statistical Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011. 1094-96.

18- Kwon S-B, Jeong W, Park D, Kim K-T, Cho KH. A multivariate study for characterizing particulate matter (PM10, PM2. 5, and PM1) in Seoul metropolitan subway stations, Korea. Journal of Hazardous Materials 2015; 297:295-303.

19- Zuśka Z, Kopcińska J, Dacewicz E, Skowera B, Wojkowski J, Ziernicka–Wojtaszek A. Application

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

of the principal component analysis (pca) method to assess the impact of meteorological elements on concentrations of particulate matter (PM10): A case study of the Mountain Valley (the Sącz Basin, Poland). Sustainability 2019; 11(23):6740. Doi: 10.3390/su11236740.
20- Lednicky JA, Lauzard M, Fan ZH, Jutla A, Tilly TB, Gangwar M, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. International Journal of Infectious Diseases 2020; 100:476-82.
21- Lednicky JA, Shankar SN, Elbadry MA, Gibson JC, Alam MM, Stephenson CJ, et al. Collection of SARS-CoV-2 virus from the air of a clinic within a university student health care center and analyses of the viral genomic sequence. Aerosol and Air Quality Research 2020; 20(6):1167-1171.
22- Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic characteristics and RNA concentration of SARS-CoV-2 aerosol in Wuhan hospitals during COVID-19 outbreak. BioRxiv 2020.03.08.982637; Doi: https://doi.org/10.1101/ 2020.03.08.982637
23-Razzini K, Castrica M, Menchetti L, Maggi L, Negroni L, Orfeo NV, et al. SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy. Science of the Total Environment 2020; 742:140540. Doi: http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140540.
24- Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Ong SWX, Gum M, Lau SK, et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. Nature Communications 2020; 11(1):2800. Doi: https://doi.org/10.1038/s41467-020-16670-2.
25- Guo Z, Wang Z, Zhang S, et al. Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards, Wuhan, China, 2020. Emerging Infectious Diseases. 2020; 26(7):1583-1591. Doi: https://doi.org/10.3201/ eid2607.200885.
26- Baboli Z, Neisi N, Babaei AA, Ahmadi M, Sorooshian A, Birgani YT, et al. On the airborne transmission of SARS- CoV- 2 and relationship with indoor conditions at a hospital. Atmospheric Environment 2021; 261:118563 . Doi: http://doi.org/ 10.1016/j.atmosenv.2021.118563.
27- Brown J, Tang J, Pankhurst L, Klein N, Gant V, Lai K, et al. Influenza virus survival in aerosols and estimates of viable virus loss resulting from aerosolization and air-sampling. Journal of Hospital Infection 2015; 91(3):278-81.
28- Masoumbeigi H, Ghanizadeh G, Arfaei RY, Heydari S, Goodarzi H, Sari RD, et al. Investigation of hospital indoor air quality for the presence of SARS-Cov-2. Journal of Environmental Health Science and Engineering 2020:1-5.
29- Ong SWX, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MSY, et al. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. Jama 2020; 323(16):1610-12.
30- Dybwad M, Skogan G, Blatny JM. Comparative testing and evaluation of nine different air samplers: end-to-end sampling efficiencies as specific performance measurements for bioaerosol applications. Aerosol Science and Technology 2014; 48(3):282-95.
31- Wu S, Wang Y, Jin X, Tian J, Liu J, Mao Y. Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019. American Journal of Infection Control 2020; 48(8):910-14.
32- Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. Applied and Environmental Microbiology 2010; 76(9):2712-17.
33- Lowen AC, Steel J. Roles of humidity and temperature in shaping influenza seasonality. Journal of Virology 2014; 88(14):7692-95.
34- Feng C, Li J, Sun W, Zhang Y, Wang Q. Impact of ambient fine particulate matter (PM2.5) exposure on the risk of influenza-like-illness: A time-series analysis in Beijing, China. Environmental Health 2016; 15(1):17. Doi: https:// doi.org/ 10. 1186/ s12940- 016- 0115- 2.
35- Rafieepour A, Masoumi G, Rezazadeh Azari M, Dehghani A. Airborne particulate matter and increased risk of COVID- 19 infection. Journal of Health in the Field 2020; 8(3):1-7(In Persian).
36- Yazdani M, Baboli Z, Maleki H, Birgani YT, Zahiri M, Chaharmahal SSH, et al. Contrasting Iran's air quality improvement during COVID-19 with other global cities. Journal of Environmental Health Science and Engineering 2021; 19(2):1801-806.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.