**بررسی همبستگی ذرات معلق و آیروسل‌های زیستی با انتقال ویروس SARS-CoV-2 و استخراج قوانین موثر**

**محمد حسین روزبهانی1\***

استادیار دانشکده فناوری های نوین، دانشگاه علم و صنعت ایران

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت، صندوق پستی ۱۶۳-۱۶۷۶۵، Roozbahani@iust.ac.ir

**چکیده:** پیش از این بررسی ذرات معلق در هوای تنفسی انسان یکی از موضوعات مورد علاقه دینامیک سیالات محاسباتی جهت مدلسازی نرخ نشست ذرات و بررسی محل آن بوده که به دو هدف بررسی ریسک سلامت و یا دارورسانی های ریوی انجام گرفته است. این بررسی ها با وقوع پاندمی بیماری COVID-19 و احتمال تاثیر این ذرات در افزایش انتقال ویروس SARS-CoV-2 اهمیت بیشتری پیدا کرده است. پارامترهای زیادی می تواند در سرعت بخشی به انتقال و شیوع این ویروس و اثربخشی آن در بدن میزبان نقش داشته باشند که در نهایت به افزایش موارد ابتلا و نرخ مرگ و میر منجر می شوند. از این‌رو در این مقاله در کنار ذرات معلق کمتر از 5/2 میکرون، 10 مشخصه دیگر همچون بیشینه دمای زمستانی و تابستانی و موارد دیگر براساس دسترسی به داده ها مورد بررسی قرار گرفت. همبستگی بین مشخصه ها و نرخ مرگ و میر بر اثر ویروس SARS-CoV-2 و ابتلا به بیماری COVID-19 اندازه‌گیری شد. سپس مشخصه‌هایی که با نرخ مرگ و میر کرونا همبستگی بالاتری داشتند برای یادگیری درخت تصمیم و تولید قوانین استفاده شدند. در نهایت نرخ همبستگی و قوانین درخت تصمیم نشان داد که عامل آلودگی هوای ذرات معلق همزمان در نرخ مرگ و میر ناشی از ویروس کرونا و نیز ابتلا به آن تاثیر جدی داشته است.

**کلید واژه‌ها:** ذرات معلق، آیروسل‌های زیستی، آلودگی هوا، SARS-CoV-2، COVID-19، انتقال ویروس، درخت تصمیم

**1- مقدمه**

بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، سالانه چهار میلیون و دویست هزار نفر بر اثر آلودگی هوای بیرون از منزل و ساختمان فوت می­کنند. همچنین سالانه سه میلیون و هشتصد هزار نفر بابت آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از دود و آلاینده های اجاق های پخت و پزی که با چوب یا ذغال کار می کنند و یا سوخت ها می­میرند[[1]](#footnote-1). این آمار اعلام می­کند بیش از 90 درصد از کل جمعیت جهان در مکان­هایی با آلودگی بیش از حد تعیین شده این سازمان زندگی می­کنند. با وجود چالش جهانی آلودگی هوای، با شیوع ویروس SARS-CoV-2، آلودگی­های بایولوژیکی نیز به محیط زندگی انسان ها افزوده شد. آمار مرگ و میر ناشی از این ویروس در کل جهان در مدت دو سال گذشته تا کنون، پنج میلیون و دویست و پنج هزار نفر[[2]](#footnote-2) بوده است. از ابتدای انتشار ویروس SARS-CoV-2در انتهای سال 1398 یکی از مباحث چالش برانگیز تاثیر عامل‌های محیطی در انتقال این ویروس بوده است. آلودگی­های ذرات معلق و آیروسل‌های زیستی یک عامل محیطی مهم می‌باشد. مکانیسم ارتباط بین ذرات معلق کمتر از 10 میکرون [[3]](#footnote-3)و موارد بیماری COVID-19 گزارش شده در مطالعات اپیدمیولوژیک ناشناخته است ]1[. در مطالعات اخیر دو روش عمده تاثیر ذرات معلق در افزایش قدرت انتشار یا تاثیر گذاری بر بدن میزبان مطالعه شده است. یک روش مطالعه آن‌ها بعنوان بستری برای وجود RNA ویروس است که موجب انتقال ذرات معلق حاوی ویروس به هوای تنفسی میزبان می‌شود. منشا ویروس می­تواند از خروج ذرات استنشاقی افراد بیمار هنگام عطسه، صحبت کردن و یا حرف زدن آن‌ها باشد. نوری مطلق و همکاران (1400) با مرور 14 مقاله بیان کرده­اند انتقال ویروس کرونا از طریق ذرات معلق و آیروسل‌های زیستی[[4]](#footnote-4) در هوای محیط‌های داخلی ساختمان‌ها ممکن است ]2[. روش دوم تاثیر آلاینده‌های ذرات معلق بر دستگاه تنفسی افراد در معرض است که زمینه تاثیر بیشتر ویروس را ایجاد می‌کند. برای آلوده کردن سلول‌ها، پروتئین اسپایک (سنبله) SARS-CoV-2 با آنزیم مبدل آنژیوتانسین 2[[5]](#footnote-5) روی سلول‌های راه هوایی میزبان تعامل می‌کند. افزایش بیان این آنزیم در سلول‌های راه­هوایی تحتانی در افراد سیگاری، مکانیسم بالقوه‌ای را نشان می‌دهد که به موجب آن ذرات معلق کمتر از 10 میکرون آسیب‌پذیری را در برابر بیماری COVID-19 افزایش می‌دهد ]1[. قرار گرفتن مزمن در معرض ذرات معلق با قطری کمتر از 5/2 میکرون[[6]](#footnote-6) باعث بیان بیش از حد گیرنده آنزیم مبدل آنژیوتانسین 2 آلوئولی در ریه می شود و در نتیجه دفاع میزبان را مختل می کند ]3[. گیرنده‌های آنژیوتانسین 2 تقریبا در همه جای بدن هستند و به شکل گسترده‌ای در قلب، عروق، روده، ریه (بخصوص در پنوموسیت های نوع 2و ماکروفاژها)، کلیه‌ها، بیضه‌ها و مغز بیان می‌شوند. آنژیوتانسین­2 بیشتر به غشاهای سلولی متصل است و به ندرت در گردش خون به شکل محلول وجود دارد ]4[. آغاز بیماری از ریه‌ها بوده و در ادامه می­تواند سایر اعضا مانند کلیه­ها و روده‌ها را نیز درگیر کند ]5[. از این‌رو بررسی و مدلسازی نشست محلی و موضعی ذرات معلق و آیروسل‌های حاوی ویروس SARS-CoV-2 در درخت راه های هوایی دستگاه تنفسی حائز اهمیت است. مدلسازی و شبیه سازی حرکت و نشست ذرات معلق و آیروسل‌های زیستی حاوی ویروس SARS-CoV-2 نیازمند حل جریان تنفسی در هندسه ریه انسان است. حیدری نژاد و همکاران (1398) و روزبهانی و همکاران (1397) در چند مطالعه روش­های دینامیک سیالات محاسباتی را جهت حل جریان تنفسی بکار گرفته‌اند ]6 و 7[. بررسی تاثیر عوامل محیطی همچون رعایت پروتکل های بهداشتی، آلودگی هوا همچون ذرات معلق و آیروسل‌های زیستی، وضعیت معیشت و چگالی جمعیت در نواحی مختلف، دما و رطوبت هوا، سیگار کشیدن و مواردی از این دست تنها مبتنی بر داده‌ها و روش‌های ریاضیاتی، آماری و الگوریتمی میسر است. بررسی اثر ذرات معلق و آیروسل ها در افزایش نرخ مرگ و میر ناشی از ویروس SARS-CoV-2 می تواند اهمیت شبیه‌سازی و مدلسازی‌های دینامیک سیالات محاسباتی آن‌ها را نیز نشان دهد. این مورد علاوه بر ارزش ذاتی تحلیل آن‌ها در بررسی و مطالعه نحوه و میزان نشست این ذرات در ریه انسان جهت مطالعات ریسک سلامت یا دارورسانی ریوی می‌باشد. مقاله حاضر در پی آنست تا بصورت مطالعه موردی به بررسی میزان همبستگی آلودگی ذرات معلق در افزایش نرخ مرگ و میر ناشی از ویروس SARS-CoV-2 در نسبت با سایر عوامل محیطی بپردازد. از این رو با توجه به آنکه داده‌های لازم جهت انجام مطالعه برای کشور ایران در دسترس نبوده است، مطالعه بر روی 51 ایالت کشور آمریکا انجام شده است.

**داده ها و روش**

امروزه روش های تحلیل آماری و یادگیری ماشین در شناسایی و پیش بینی متغیرهای تاثیرگذار در بیماری­ها و برآورد ریسک حوزه سلامت بسیار مورد استفاده قرار گرفته­است. در این مطالعه از کلاسبند درخت تصمیم و تولید قوانین به منظور شناسایی عوامل تاثیرگذار در شیوع، گسترش و نرخ مرگ و میر ناشی از کرونا استفاده شده است. برای این منظور از داده‌های وو و همکاران (1399) استفاده شد ]8[ تا به صورت مشخص میزان همبستگی آلودگی هوا ذرات معلق بر نرخ مرگ و میر ناشی از بیماری کرونا بررسی گردد. وو و همکاران (1399) به تجزیه و تحلیل رگرسیون اکولوژیکی آلودگی هوا و COVID-19، با استفاده از داده‌هایی با وضوح جغرافیایی دقیق برای شهرهای آمریکا پرداخته‌اند. در گام اول پیش پردازش و آماده­سازی داده­ها انجام شد. در این مرحله به دلیل دردسترس نبودن همه اطلاعات برای تمام شهرها، صرفا اطلاعات مربوط به ایالت ها گردآوری و در نظرگرفته شد. در خصوص داده‌های ذرات معلق با قطر کمتر از 5/2 میکرون با میانگین‌گیری غلظت این آلاینده بصورت میکروگرم در هر مترمکعب هوای 24 ساعت شهرهای هر ایالت متعلق به سال 2020 میلادی (1399 شمسی) کشور آمریکا استفاده شد. نرخ مرگ و میر و ابتلا نیز از جمع آمارهای مربوط به شهرهای یک ایالت به دست آمده­اند. تکنیک یادگیری درخت تصمیم و نرم افزار رپیدماینر برای کشف قوانین و فاکتورهای موثر در مرگ و میر بیماری کرونا استفاده شد. الگوریتم درخت تصمیم یکی از روش­های پرکاربرد برای استنتاج استقرایی است. درخت نمونه ها را با طبقه بندی داده‌ها از ریشه به گره‌ی برگ مرتب می‌کند. طبقه‌بندی یک نمونه، از گره ریشه درخت شروع می‌شود، یک مشخصه را در این گره بررسی می‌کند، سپس شاخه درخت مربوط به مقدار ویژگی به پایین حرکت می‌کند. ایده اصلی درخت تصمیم شناسایی مشخصه­هایی است که حاوی بیشترین اطلاعات در مورد مشخصه هدف هستند. مجموعه داده را در امتداد مقادیر این ویژگی‌ها به نحوی تقسیم می کند که مقادیر ویژگی هدف در گره‌های حاصل تا حد امکان خالص باشد. مشخصه‌ای که عدم قطعیت اطلاعات مشخصه هدف را به بهترین نحو تفکیک می‌کند، بهترین ویژگی برای تقسیم درخت است. فرآیند جستجو برای بهترین ویژگی ادامه می‌یابد تا زمانی که به گره‌های برگ خالص برسیم. برای یافتن بهترین مشخصه، معیارهای مختلفی وجود دارد مانند بهره اطلاعاتی و شاخص جینی. شاخص جینی با کسر مجذور احتمالات هر کلاس از یک محاسبه می شود و به صورت زیر فرموله می‌شود:

|  |  |
| --- | --- |
|  (1) | $$1-\sum\_{k=1}^{K}p\_{k}^{2}=\sum\_{i\ne j}^{}p\_{i}p\_{j}$$ |

در این معادله متغیر *p* احتمال هر کلاس نسبت به کلاس هدف است. ما در این مقاله از درختGradient boosted model جهت استخراج قوانین استفاده شده‌است که یک روش انسمبل پیشخور[[7]](#footnote-7) است که متناسب با مشخصه­های هر کلاس هدف، تعدادی درخت تولید می‌کند این درختان قوانین هر کلاس را نشان می‌دهند. بوستینگ یک روش رگرسیون غیرخطی است که به بهبود دقت درخت کمک می‌کند. با توجه به تازگی داده‌ها و عدم آشنایی پیشین، تمام پارامترها را بصورت دیفالت رپیدماینر تنظیم شد. در دو مرحله تحلیل ابتدا میزان مرگ و میر ناشی از ویروس SARS-COV-2 و سپس در مرحله دوم تعداد ابتلا به این ویروس متغیر هدف در نظر گرفته شد.

**یافته ها**

ابتدا با استفاده از اپراتور وزن دهی Correlation میزان هم بستگی هر مشخصه با مشخصه هدف در مرحله نخست نرخ مرگ و میر بر اثر ویروس SARS-COV-2 و در مرحله بعد با مشخصه هدف موارد ابتلا به بیماری COVID-19 به دست آمد که در جدول 1 و نمودار 1 نشان داده شده است. طبق جدول 1 مشخصه های ذرات معلق کمتر از 5/2 میکرون و دمای بیشینه زمستان و تابستان همزمان در افزایش نرخ ابتلا و افزایش نرخ مرگ و میر ناشی از این ویروس بیش از 20 درصد همبستگی داشته اند. در خصوص سایر مشخصه ها این همزمانی وجود نداشته است. بعنوان مثال مشخصه های جمعیت هر ایالت و تعداد افراد بی خانمان آن بشدت در ابتلای افراد تاثیر داشته است اما این دو مشخصه برای مرگ و میر تاثیر قابل توجه کم تری داشته اند. این می تواند به عادات اجتماعی افراد و در نتیجه رعایت یا عدم رعایت پروتکل های بهداشتی همچون استفاده از ماسک یا رعایت فاصله اجتماعی مربوط باشد اما پس از ابتلای افراد، همانطور که در نمودار 1 مشخص است، مشخصه تعداد افراد بی خانمان نسبت به تعداد جمعیت ایالت، همبستگی بیشتری با تعداد مرگ و میر داشته است. بیکاری در مرگ و میر ناشی از این بیماری، 26 درصد بوده است و این می تواند معرف تاثیر وضعیت اقتصادی در این مسئله باشد. تاثیر سیگار کشیدن نیز در افزایش نرخ ابتلا بیش از 16 درصد بوده است با این حال اما در خصوص همبستگی آن با نرخ مرگ و میر ناشی از بیماری COVID-19 این مقدار ناچیز است و نیازمند پژوهش ویژه برای این مشخصه با داده های بیشتر است بویژه آنکه در این مطالعه به جز برای تعداد افراد مبتلا و افراد فوت شده از داده های سالیانه در دسترس استفاده شده است. تراکم جمعیت نیز در ابتلا و هم در مرگ و میر بیش از 10 درصد همبستگی نشان داده است. با توجه به میزان همبستگی هر مشخصه برای استخراج قوانین 6 مشخصه ی با بیشترین همبستگی در هر مرحله انتخاب و بررسی ادامه یافته است.

جدول 1- همبستگی مشخصه ها با مرگ و میر و ابتلای به بیماری COVID-19

|  |
| --- |
| جدول میزان همبستگی مشخصه ها با نرخ مرگ و میر و موارد ابتلا |
| نرخ همبستگی در موارد ابتلا | نرخ همبستگی در مرگ و میر | عنوان مشخصه |   |
| 0.392 | 0.426 | دمای بیشینه زمستان | 1 |
| 0.325 | 0.359 | دمای بیشینه تابستان | 2 |
| 0.141 | 0.267 | درصد بیکاران بر اساس آمار 2018 میلادی | 3 |
| 0.239 | 0.23 | آلودگی هوای ذرات معلق PM2.5 | 4 |
| 0.089 | 0.226 | درصد افراد زیر خط فقر اعلامی فدرال | 5 |
| 0.103 | 0.205 | درصد ریسک احتمال ابتلای جدی افراد به COVID | 6 |
| 0.103 | 0.152 | چگالی جمعیت در هر مایل مربع | 7 |
| 0.223 | 0.147 | نرخ مرگ بر اثر بیماری مزمن ریوی | 8 |
| 0.744 | 0.116 | شاخص افراد بی خانمان براساس آمار 2019 میلادی | 9 |
| 0.981 | 0.008 | جمعیت بر اساس آمار 2018 میلادی | 10 |
| 0.169 | 0.002 | درصد افراد سیگاری | 11 |



نمودار 1- میزان همبستگی مشخصه ها دو مشخصه هدف مرگ و میر و موارد ابتلا

در واقع جدول 1 مشخص کننده وجود همبستگی است و نمی توان بیش از این تفسیری برای علت این همبستگی بیان نمود. اما آنچه که با توجه به زمینه ها و بسترهای اجتماعی و روش انتقال این بیماری از طریق تماس با محیط آلوده به ویروس یا تنفس ذرات حاوی آن، می توان چنین برداشت نمود که بیشینه دمای تابستان موجب ماندن افراد در فضاهای بسته شده است و نیز ممکن است استفاده از خنک کننده ها در محیط داخلی بسته موجب ابتلا و در نتیجه افزایش نرخ مرگ بوسیله این ویروس را افزایش داده باشد. همین طور برای بیشینه دمای زمستانی می توان به افزایش رفت و آمدها و در نتیجه عدم اجرای پروتکل ها اشاره نمود.

قوانین بدست آمده از درخت تصمیم نشان دهنده ارتباط ذرات معلق و جمعیت همچنین نرخ بیکاری در ابتلای افراد و در نتیجه نرخ مرگ و میر ناشی از ویروس بوده است. حدود 50 قانون از طریق اپراتور tree to rule در رپیدماینر که از درخت قوانینی قابل فهم بصورت if then استخراج می‌کند، استخراج شد که مهم ترین قوانین با ضریب اطمینان بالا با توجه به هدف این مقاله یعنی تمرکز اصلی بر روی تاثیر ذرات معلق در افزایش ابتلا و مرگ و میر ناشی از بیماری COVID-19 به شرح زیر هستند :

If Percent Unemployed > 4.1 and PM2.5 > 19.3 Then 10,000 < Death of COVID-19 < 30,000.

If Percent Unemployed > 4.1 and PM2.5 < 19.3 Then 1000 < Death of COVID-19 < 20,000.

If 3.7< Percent Unemployed < 4.1 and PM2.5 > 21 Then 1000 < Death of COVID-19 < 10,000.

If 3.7< Percent Unemployed < 4.1 and PM2.5 < 21 Then Death of COVID-19 < 1000.

If Percent Unemployed > 4.1 and Summer maximum temperature > 303, PM2.5 > 20.8, Percent living under the federal poverty line >14.6 Then Death of COVID-19 > 50,000.

If Percent Unemployed > 4.1 and Summer maximum temperature > 303, PM2.5 > 20.8, Percent living under the federal poverty line < 14.6 Then Death of COVID-19 < 20,000.

If Percent Unemployed > 4.1 and Summer maximum temperature > 303, PM2.5 < 20.8, Then 10,000 < Death of COVID-19 < 20,000.

if PM2.5 > 5.762 and 9,088 < Number Homeless ≤ 19,523 then COVID-19 cases > 1 Million.

if Population > 719,940 and PM2.5 > 13.9 then 500,000 < COVID-19 cases < 2 Million.

if Population > 719,940 and PM2.5 < 13.9 then 100,000 < COVID-19 cases < 500,000.

if 719,940 < Population < 20 Million and 13.9 < PM2.5 < 15.7 then 100,000 < COVID-19 cases < 1 Million.

if 719,940 < Population < 20 Million and PM2.5 > 15.7, Population > 6 Million then 500,000 < COVID-19 cases < 2 Million.

if 719,940 < Population < 20 Million and PM2.5 > 15.7, Population < 6 Million then 100,000 < COVID-19 cases < 1 Million.

در واقع زمانی که نرخ بیکاری بزرگتر از 1/4 باشد و شاخص ذرات معلق بزرگتر از 3/19 باشد در این حالت مرگ و میر ناشی از ویروس SARS-COV-2 حداقل 10 هزار نفر و تا 30 هزار نفر خواهد بود. در همین نرخ بیکاری برای ذرات معلق کمتر از 19.3 مرگ و میر ناشی از ویروس حداکثر بین هزار تا 20 هزار بوده است. در نرخ بیکاری بین 7/3 تا 1/4 در شاخص ذرات معلق بیش از 21 بین هزا تا 10 هزار نفر فوت کرده اند. در همین نرخ بکیاری در صورتی که ذرات معلق کمتر از 21 باشد کمتر از هزار نفر مرگ بر اثر ویروس وجود داشته است. در نرخ بیکاری بیشتر از 1/4 در دمای تابستانی بیشتر از 303 درجه کلوین برای ذرات معلق بیش از 8/20 مرگ و میر در نواحی با شاخص جمعیت زیر خط فقر بیش از 6/14 بیش از 50 هزار نفر و در شاخص زیر خط فقر کمتر از 6/14 تعداد کمتر از 20 هزار نفر بر اثر این ویروس مرگ و میر وجود داشته است.

در خصوص تاثیر ذرات معلق بر روی انتقال و تاثیر ویروس SARS-COV-2 در موارد ابتلا نتایج به این صورت بوده است که در جمعیت بالای 719 هزار نفر در صورتی که شاخص ذرات معلق بیشتر از 9/13 باشد بین 500 هزار تا 2 میلیون نفر مبتلا شده اند و در همین حالت برای ذرات معلق کمتر از 9/13 بین 100 تا 500 هزار نفر مبتلا شده وجود خواهد داشت. همچنین در صورتی که جمعیت بین 719 هزار تا حداکثر 20 میلیون نفر بوده باشد در شاخص ذرات معلق بیشتر از 9/13 تا 7/15 بین 100 هزار تا 1 میلیون نفر مبتلا وجود دارد و در همین حالت برای ذرات معلق بیشتر از 7/15 در جمعیت تا 6 میلیون نفر بین 100 هزار تا 1 میلیون نفر مبتلا شده اند و برای جمعیت های بیشتر از 6 میلیون نفر در این حالت بین 500 هزار تا 2 میلیون نفر مبتلا شده وجود دارد.

**نتیجه گیری**

ذرات معلق به عنوان آلودگی هوا و یا ذرات پودر دارویی در داروسانی ریوی در دهه اخیر مورد توجه مهندسان مکانیک سیالات، داروسازان و پژوهشگران حوزه سلامت بوده است. با وقوع پاندمی بیماری COVID-19 از ماه های پایانی سال 1398 شمسی و انتقال آن از طریق آیروسل‌های زیستی که بصورت ذرات معلق استنشاقی از دهان و بینی فرد ناقل ویروس این بیماری به محیط راه می یابند، توجه بیشتری به آن شد. با این حال اما هنوز رابطه ذرات معلق در هوا با ذرات استنشاقی حاوی RNA ویروس SARS-COV-2 و میزان تاثیر آن‌ها در انتقال این ویروس و افزایش نرخ مرگ و میر ناشی از آن بخوبی مشخص نیست. برای همین نمی توان به تنهایی با مدلسازی‌های ریاضیاتی و دینامیک سیالات محاسباتی در تحلیل حرکت و تعامل این ذرات با یکدیگر به این مسئله پرداخت. پارامترهای بیشتری در این مسئله وجود دارند که با مدلسازی ها و روابط ریاضیاتی-فیزیکی مهندسی مکانیک ارتباطی ندارند. از این‌رو در این مقاله 11 پارامتر محیطی اثرگذار در موارد ابتلا و نیز مرگ و میر ناشی از پخش، انتقال و نفوذ ویروس SARS-COV-2 به میزبان بررسی شد. با توجه به نرخ همبستگی بدست آمده سه مشخصه میزان ذرات معلق کمتر از 5/2 میکرون و بیشینه دمای تابستان و زمستان بطور همزمان هم در افزایش نرخ موارد ابتلا به این ویروس و هم در افزایش نرخ مرگ و میر بوسیله آن دارای همبستگی بیش از 20 درصد بوده‌اند. از این‌رو اهمیت بررسی بیشتر و همراه با جزئیات چگونگی تاثیر وجود ذرات معلق در هوا همچنین پارامتر دما در مدلسازی‌های دینامیک سیالات محاسباتی بیش از پیش مشخص شد. در خصوص سایر پارامترها همچون بیشینه دما و تعداد بی خانمان‌ها و افراد زیر خط فقر، پژوهش‌های آتی می‌تواند براساس تحلیل داده‌های رعایت یا عدم رعایت پروتکل‌ها صورت پذیرد. در نهایت تکنیک یادگیری درخت تصمیم برای کشف قوانین و فاکتورهای موثر در انتقال بیشتر ویروس SARS-COV-2 در نتیجه ابتلا و مرگ و میر ناشی از بیماری COVID-19 استفاده شد. قوانین بدست آمده نیز بخوبی تاثیر ذرات معلق را در افزایش ابتلا و مرگ و میر نشان داد. در این پژوهش از داده‌های کشور آمریکا استفاده شد که امید است در مراحل بعدی با جمع آوری و امکان دسترسی به داده‌های شهر‌های ایران و همچنین لحاظ فاکتورهای موثر دیگر نظیر شروع و اتمام موج‌های این بیماری و نیز آغاز و درصد واکسیناسیون افراد در هر شهر صورت پذیرد.

**مراجع:**

[1] L. Miyashita, G. Foley, S. Semple, J. Grigg, “Traffic-derived particulate matter and angiotensin-converting enzyme 2 expression in human airway epithelial cells”. *BioRxiv*, 2020.

[2] Z. Noorimotlagh, N. Jaafarzadeh, , S.S. Martínez, , & S.A. Mirzaee, “A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment. Environmental research”, 193, 110612, 2021.

[3] A. Frontera, L. Cianfanelli, K. Vlachos, G. Landoni, G. Cremona, “Severe air pollution links to higher mortality in COVID-19 patients: The "double-hit" hypothesis”. The Journal of infection 81(2), 255–259, 2020.

]4[ هانیه حیدرلو، زهرا علیزاده، «رابطه اساسی بین نقص ACE2 و عفونت SARS-CoV-2»، مجله زیست شناسی ایران، دوره 4، شماره پیاپی 7، صفحه 262-271، بهار و تابستان 1399.

]5[ بهار مانی، «بررسی ساختار ویروس کووید-۱۹ و مسیر بیماری­زایی آن در میزبان: یک مطالعه مروری»، نویدنو، 77 شماره، 24، صفحات 108-120، بهار 1400.

[6] G. Heidarinejad, M.H. Roozbahani, M. Heidarinejad, "Studying airflow structures in periodic cylindrical hills of human tracheal cartilaginous rings, Respiratory Physiology & Neurobiology", Vol. 266, Pages 103-114, August 2019.

[7] M.H. Roozbahani, G. Heidarinejad, M. Heidarinejad, “Impacts of Human Cartilaginous Rings on Tracheobronchial Flow Structures”, 15th conference of the international society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ), Philadelphia, United States, Paper ID #647, July 22. 2018.

[8] X. Wu, RC. Nethery, MB. Sabath, D. Braun, F. Dominici, “Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis”, *Sci Adv*.;6(45):eabd4049. Nov 4. 2020. doi:10.1126/sciadv.abd4049.

The Study of Correlation Between Particulate Matter and Bioaerosols with SARS-CoV-2 Virus Transmission and Extraction of Effective Rules

1st \*Mohammad Hossein Roozbahani1

1 School of Advanced Technologies, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

roozbahani@iust.ac.ir

***Abstract*—** **Previously, the study of inhaled particulate matter in human respiratory tree was one of the topics of interest for computational fluid dynamics to model the particle deposition rate and its local location, which has been done for two purposes: health risk assessment or pulmonary drug delivery. These studies have become more important with the occurrence of the COVID-19 disease pandemic and the potential impact of these particles on increasing SARS-CoV-2 virus transmission. Many parameters can play a role in accelerating the transmission and spread of the virus, which ultimately leads to increased infection incidence and mortality. Therefore, in this paper, in addition to PM 2.5, 10 other characteristics such as maximum winter and summer temperatures and other cases based on access to data were examined. The correlation between characteristics and mortality rate due to SARS-CoV-2 virus and COVID-19 cases was measured. Characteristics that were more correlated with COVID-19 mortality rates were then used to learn the decision tree and generate rules. Finally, the correlation rate and the rules of the decision tree showed that the airborne particulate pollution at the same time had a serious impact on the mortality rate due to coronavirus and its incidence.**

***Keywords—*** ***Inhaled particulate matter, Bioaerosol, Air pollution, SARS-COV-2, COVID-19, Virus transmission, Decision tree.***

1. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\_1 [↑](#footnote-ref-1)
2. https://covid19.who.int [↑](#footnote-ref-2)
3. PM10 [↑](#footnote-ref-3)
4. Bioaerosols [↑](#footnote-ref-4)
5. ACE2 [↑](#footnote-ref-5)
6. PM2.5 [↑](#footnote-ref-6)
7. Forward-learning Ensemble Method [↑](#footnote-ref-7)