

## تعیین تأثیر استراتژی‌های مدیریت و کنترل ترافیک بر الگوی سفرهای برون

### شهری در زمان شیوع ویروس کرونا

#### علمی - پژوهشی

شهریار افندی‌زاده\*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
محمد مهدی فرج‌اللهی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: zargari@iust.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۷ - پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۵

صفحه ۴۲-۲۳

#### چکیده

پس از پیدایش ویروس کووید-۱۹، فراتر از ابعاد نامناسب انتشار و ابتلا به این ویروس، آثاری جانبی در سایر ابعاد جوامع جهانی بوجود آمده است. تغییرات در سلامت روان، ارتباطات اجتماعی، سبک زندگی، حمل و نقل، درآمد، امید به زندگی و ... مواردی است که در تمامی تحقیقات شکل گرفته پس از پیدایش این ویروس مطرح شده است. در این تحقیق اثر انتشار ویروس کرونا بر تغییرات در حجم تردد، مد حمل و نقلی مورد استفاده در سفر، مبتلایان به ویروس کرونا پس از سفرهای برون‌شهری، مقدار آلاینده‌های اکسیدهای گوگرد و نیتروژن، ذرات معلق و کربن مونوکسید برای مسیر چالوس، توسط نرم‌افزار SPSS با روش‌های آماری همبستگی پیرسون (Pearson) و همبستگی متقاطع و رگرسیون چند متغیره بررسی شده است. همچنین آثار سیاست‌ها و استراتژی‌های کنترل کننده شیوع ویروس کرونا بر یکایک پارامترها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در مدت زمان اوج شیوع ویروس کرونا، حجم تردد و همچنین میزان تولید آلاینده‌ها در معبر مورد بررسی با کاهش قابل توجهی همراه بوده است. این در حالیست که تنها با گذشت مدتی کوتاه از اوج شیوع ویروس کووید-۱۹ و محدودیت‌های سختگیرانه تردد خودروهای سواری، میزان تردها با افزایشی بیش از پیش همراه بوده است. همچنین تحلیل تغییرات مد حمل و نقلی و میزان آلاینده‌های مختص به وسایل نقلیه سنگین نشان داده است که محدودیت‌های تردد و سیاست‌های جریمه پلاک‌های غیربومی، علیرغم احتمال بالاتر در ابتلا به ویروس کرونا، باعث تمایل مسافران به انجام سفر با مدهایی غیر از خودروی شخصی شده است. نتایج تحلیل همبستگی متقاطع میان حجم‌های تردد به استان مازندران و تعداد مبتلایان به کرونا در این استان نیز نشان داده که به فاصله ۲۰ روز پس از ورود حجم بالای مسافران و خودروها به این استان، با افزایش همراه است.

واژه‌های کلیدی: اثربخشی، استراتژی‌های کنترل و مدیریت، آلاینده، الگوی سفر، ویروس کرونا

#### ۱- مقدمه

فاصله‌گذاری اجتماعی، افزایش مصرف مواد مخدر، استرس، قتل، خودکشی، خشونت خانوادگی، بحران مالی، کاهش رشد اقتصادی، تولید ناخالص ملی، کیفیت خدمات درمانی و بهداشتی و امید به زندگی و اختلالات تغذیه و سلامت افراد، بیشترین موارد ذکر شده در تحقیقات هستند (Ashraf, 2020; Calderon-Anyosa & Kaufman, 2021; Fernandes, 2020; Mamun, Bhuiyan, & Manzar, 2020; McKibbin & Fernando, 2021; Platitas Reizle et al., 2020; Rahman et al., 2020; Rossi et al., 2020; Tropea & De Rango, 2020).

با توجه به شیوع گسترده ویروس کرونا در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹، عده زیادی از مردم جهان درگیر این ویروس و تبعات آن شده‌اند. این ویروس با ایجاد علائم و نشانه‌های شدید در سیستم تنفسی بخصوص در ریه افراد، باعث بروز مشکل در تنفس و در نهایت منجر به مرگ می‌شود (Manenti et al., 2020). در پاسخ به پیدایش این ویروس در سراسر دنیا، دولت‌ها سیاست‌های گوناگونی برای جلوگیری از شیوع و همه‌گیری ویروس کرونا وضع و اجرا کرده‌اند. از جنبه‌های منفی این استراتژی‌های کنترل‌کننده و در صدر آنان

حجم تردد می‌تواند شاخص مناسبی باشد، بررسی سرعت متوسط تردد و تعداد تخلفات جاده‌ای در معبر مورد مطالعه است. در تحقیق کاتراکازاس و همکاران، میزان جرائم ناشی از تخلفات سرعت بیش از حد مجاز به میزان ۱۰، ۱۵، ۱۶ و ۲۲ درصد به ترتیب در کشورهای دانمارک، انگلیس، فرانسه و استونی نسبت به بازه زمانی مشابه در سال گذشته افزایش داشته است. همچنین در شهر تورنتو کانادا و ایالت کالیفرنیا در ایالات متحده میزان تخلفات سرعت غیر مجاز به ترتیب به میزان ۳۵ و ۸۷ درصد نسبت به مدت مشابه سال ۲۰۱۹ افزایش داشته است. این در حالی است که افزایش کلیه جرائم رانندگی طبق گزارش پلیس در تورنتو به میزان ۲۰۰ درصد بوده است [تحقیق کاتراکازاس و همکاران]. کاهش حجم تردد وسایل نقلیه در فضای شهری، در مواردی باعث تغییراتی سیستم زیست‌محیطی شده و میزان تولید و انتشار آلاینده‌های محیطی را دست‌خوش تغییر کرده است. در تحقیقی که مانتی و همکاران (Manenti et al., 2020) بر حیات‌وحش در ایتالیا انجام داده‌اند، متوجه افزایش طول عمر زندگی حیوانات به علت کاهش آلودگی صوتی در مناطق مورد مطالعه و ثانیاً کاهش تصادفات جاده‌ای شدند. کوماری و تاشنیوال (Kumari & Toshniwal, 2020) نیز در تأیید این موضوع، علیرغم تأثیرات منفی ویروس کرونا بر سلامت انسان، از کاهش حجم تردد خودروها به عنوان زمان استراحت برای سلامت انسان و محیط‌زیست یاد می‌کنند. در تحقیقی که در شهر وین اتریش انجام شد، کاهش ۵۲ درصدی تردد وسایل نقلیه سبک و سنگین منجر به کاهش سطح آلودگی صوتی و کمک به بهبود امر لرزه‌نگاری کرده است (Ali et al., 2021). همچنین محدودیت‌های تردد در شهر استکهلم سوئد به طور متوسط، منجر به افتی ۴ دسیبلی را در تراز صوت و کاهش آلودگی صوتی ناشی از آن در اوایل ماه آپریل شده است (Rumpler, Venkataraman, & Goransson, 2020). باسو و همکاران (Basu et al., 2021) با مرتبط دانستن سلامت انسان و آلودگی صوتی، کاهش آلودگی صوتی در شهر دوبلین ایرلند را در افزایش کیفیت سلامت مردم این شهر دانسته و با کاهش میزان تردد خودروها در فضای شهر و از طرفی حفظ فاصله اجتماعی، مدهای جایگزین حمل و نقل، مانند پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری را به عنوان یکی از گزینه‌های مناسب در کاهش آلودگی صوتی و ارتقاء سطح

این سیاست‌گذاری‌ها تنها به موارد مربوط به سلامت جسمی و روحی، و همچنین اقتصاد محدود نبوده و آثار متفاوتی نیز در حمل‌ونقل داشته است. منوت و همکاران (Menut et al., 2020) در تحقیقی بر روی شهرهای مختلف در کشورهای آلمان، اسپانیا، فرانسه، انگلستان، ایتالیا و هلند متوجه کاهش ۶۰ تا ۹۰ درصدی میزان بار ترافیک شهری شده‌اند. این میزان در سفرهای درون‌شهری در شهرهای مادرید و بارسلونای اسپانیا مجموعاً به میزان ۷۲،۴۱ درصد و در سفرهای بیرون‌شهری به مقادیر ۸۰ و ۸۲ درصد گزارش شده است (Baldasano, 2020). بارنس و همکاران علاوه بر کاهش میزان سفرهای داخل شهری، کاهش تصادفات رانندگی و همچنین تصادفات با جرح و فوت را به ترتیب به ۴۷ و ۴۶ درصد گزارش کرده‌اند (Stephen R. Barnes, 2020). کاهش حجم تردد نیز باعث کاهش فعالیت‌های انسانی و در نتیجه کاهش مصرف سوخت شده است (Muhammad, Long, & Salman, 2020). باید توجه داشت که ترس از ابتلا به ویروس کرونا علاوه بر کاهش میزان تردد خودروها در فضای درون‌شهری و بیرون‌شهری، در روند انتخاب مد حمل‌ونقل برای انجام سفر نیز تأثیر مستقیم داشته است. کوئی و همکاران (Cui et al., 2020) در تحقیقی که در اطراف شهرهای پکن، تیانجین و هیبی در کشور چین انجام دادند، به این نتیجه دست پیدا کردند که میزان ترافیک حاصل از جریان خودروهای سنگین تجاری و اتوبوس‌ها به ترتیب به میزان ۷۷٪ و ۳۹٪ کاهش یافته است. چانگ و همکاران نیز در بررسی تغییرات استفاده از مدهای حمل‌ونقلی، متوجه تمایل بیشتر به استفاده از خودروهای شخصی جهت انجام سفر بجای حمل‌ونقل عمومی شامل متروها و اتوبوس‌های درون‌شهری شده‌اند (Hung-Hao Chang, Chad Meyerhoefer, & Yang, 2020). در تحقیق انجام شده توسط ونگ و همکاران (Ding Wang et al., 2021) پس از شبیه‌سازی شرایط حین انتشار ویروس کووید-۱۹ و بعد از بازگشایی مجدد در دو سناریو، متوجه کاهش اعتماد به استفاده از حمل‌ونقل عمومی حتی پس از دوران بازگشت به روال عادی شدند؛ این در حالیست که طبق نظر این محققان، مد خودروی شخصی و دوچرخه به دلیل تماس کمتر افراد با محیط اطراف و سایر افراد، بیشترین میزان استفاده را پس از بازگشایی مجدد در اختیار خواهد داشت. یکی از موضوعاتی که در تحلیل رفتاری رانندگان بر اساس

Lin, 2020; Grivas et al., 2020; Karuppasamy et al., 2020; Kumari & Toshniwal, 2020; Li & Tartarini, 2020; M.H. Masum & Pal, 2020; Singh et al., 2020; Suhaimi, Jalaludin, & Latif, 2020; Vuong, Thang, Park, & Choi, 2020 کاهش گازهای گلخانه‌ای و BC نیز در تحقیق ماهنورعلی و همکاران (Ali et al., 2021) و هودا و همکاران (Hudda, Simon, Patton, & Durant, 2020) نیز از اثرات کاهش حجم تردد وسایل نقلیه سنگین و سبک شمرده شده است. در تحقیق حاضر با توجه به روندهای بررسی شده و تغییرات اتفاق افتاده در سیستم‌های حمل‌ونقلی و آثار زیست‌محیطی آن، هدف ارزیابی آثار متقابل شیوع ویروس کرونا، تغییرات حجم تردد محور چالوس و آثار استراتژی‌ها مأخوذه برای جلوگیری از انتشار و همه‌گیری ویروس کرونا بر دیگر مسائل مربوط بوده که با اکتساب اطلاعات اولیه و روش‌های آماری و تحلیل نرم‌افزاری، آثار مختلف آن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

## ۲- داده‌ها و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محور چالوس، اتصالی میان دو استان البرز و مازندران به طول ۱۶۰ کیلومتر و حد فاصل ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی تا ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی بوده و از رشته‌کوه البرز عبور کرده و در دسته جاده کوهستانی حساب می‌گردد. محور چالوس از بی‌نظیرترین مناظر و چشم‌اندازهای بکر و طبیعی و از پرفرودارترین مسیرهای منتهی به شمال کشور است که همین امر گاهی سبب ترافیک‌های سنگین در تعطیلات می‌شود. این جاده، آب و هوای نیمه خشک را به معتدل و مرطوب متصل کرده و از مناطقی همچون سد کرج، گچسار، کندوان، هزارچم و ... گذر می‌کند. مسیر این جاده در اکثر نقاط، دوخطه دوطرفه است.

### ۲-۲- داده‌های حجم تردد عبوری، سرعت متوسط،

#### تخلفات جاده‌ای و توزیع مدهای حمل‌ونقلی

کلیه حجم‌های تردد، سرعت‌های متوسط، تعداد تخلفات سرعت، سبقت و فاصله غیرمجاز و سهم ۵ کلاس از خودروهای سواری و وانت، کامیونت و کامیون‌های کوچک و

سلامت انسان، معرفی می‌کند. در دیگر تحقیقات، با کاهش حجم ترافیک در لندن و نیز شهرهای مادرید و بارسلونا در اسپانیا، میزان کاهش تراز صوت به ترتیب برابر ۵,۴ و ۶ دسیبل گزارش شده است (Aletta, Brinchi, et al., 2020; Aletta, Oberman, Mitchell, Tong, & Kang, 2020).

فراتر از آثاری که کاهش ترافیک خودروها بر کاهش آلودگی صوتی دارد، تغییرات در میزان تولید و انتشار آلاینده‌های هوا انکارناپذیر است. برای مثال در تحقیق دونزلی و همکاران (Donzelli, Cioni, Cancellieri, Llopis Morales, & Morales Suárez-Varela, 2020) کاهش حجم تردد خودروها، منجر به کاهش قابل توجه آلاینده نیتروژن دی اکسید ( $\text{NO}_2$ ) شده است. بعلاوه، این محققان معتقدند که تعطیلات سراسری در ایتالیا، تغییر محسوس و معناداری را در میزان تولید آلاینده‌های ذرات معلق کوچکتر از ۱۰ میکرون ( $\text{PM}_{10}$ ) و ۲,۵ میکرون ( $\text{PM}_{2.5}$ ) و ازن ایجاد نکرده است. این درحالیست که پاتل و همکاران (Patel et al., 2020) کاهش  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{PM}_{2.5}$ ،  $\text{NO}_2$  و کربن سیاه (BC) و همچنین افزایش مقدار  $\text{O}_3$  را در اثر کاهش حجم ترافیک و استفاده کمتر از سوخت‌های فسیلی در شهر اوکلند نیوزلند تأیید کرده‌اند. علاوه بر این آلاینده‌ها، وانگ و همکاران (M. Wang, Liu, & Zheng, 2020)، کاهش آلاینده‌های کربن مونوکسید (CO) و گوگرد دی اکسید ( $\text{SO}_2$ )، و همچنین شاخص کیفیت هوا (AQI) را در ۳۲۵ شهر در کشور چین گزارش کرده‌اند. این محققان نیز میزان کاهش مرگ‌ومیر زودرس ناشی از کاهش شدت آلودگی هوا را در طول دوره برداشت نمونه، در حدود ۲۶، ۳۸ تا ۹۷۷ ثبت کرده‌اند.

بررسی اثربخشی استراتژی‌های محدودیت تردد در لهستان توسط فیلونچوک و همکاران (Filonchuk, Hurynovich, & Yan, 2021) در باب کاهش میزان آلاینده‌های  $\text{PM}_{2.5}$ ،  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{NO}_2$  و کاهش تعداد مبتلایان به ویروس کرونا انجام شده که نشان از تأثیر مثبت اعمال این محدودیت‌ها در کاهش ۸ تا ۳۴ درصدی آلاینده‌ها و همچنین کاهش تعداد مبتلایان دارد. در سایر تحقیقات انجام شده در کره جنوبی، هند، سنگاپور، یونان، بنگلادش، ایالات متحده، پاکستان و مالزی،  $\text{PM}_{2.5}$ ،  $\text{PM}_{10}$ ،  $\text{SO}_2$ ،  $\text{NO}_2$ ، CO به ترتیب به میزان ۱۸-۴۵، ۳-۵۷، ۲۱-۷۸، ۳۶-۵۹، ۶-۴۳ درصد کاهش و  $\text{O}_3$  به میزان ۱۸-۷۱ افزایش داشته‌اند (Chen, Chien, Li, &

مینی‌بوس، کامیون‌های معمولی کمتر از ۱۰ متر و سه محوره‌ها، اتوبوس و در نهایت تریلرها و باربرهای بالاتر از سه محور عبوری در مقاطع مختلف مسیر کرج-چالوس در پنج ماهه بهمن تا خرداد برای سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۸، ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ از داده‌های سازمان راهداری جاده‌ای ایران استخراج شده تا برای مقایسه و حصول روند تغییرات مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۲- تغییرات تعداد مبتلایان به ویروس کرونا

دوره ظهور علائم ویروس کووید-۱۹ در افراد در تحقیقات متعددی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. کین و همکاران (Jing Qin et al., 2020) زمان ظهور این علائم در بدن افراد را به طور میانگین ۷,۷۶ روز گزارش کرده‌اند. این درحالی است که تنها ۵ الی ۱۰ درصد از افراد پس از ۱۴,۲۸ روز با ظهور علائم این ویروس مواجه می‌شوند. حدود این بازه اطمینان در تحقیقات دیگر نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Bui et al., 2020; Kong, 2020; McAloon et al., )

۲-۴- آلودگی هوای ناشی از تغییرات نسبت‌های ترافیکی متاثر از شیوع ویروس کرونا

به معنی ورودی شهر چالوس است، مدلسازی خطی آلاینده‌های تولید شده توسط نرم‌افزار IVE نسخه ۲,۰,۱ صورت گرفته است. IVE به عنوان یک رویکرد پایین به بالا (H. Wang, Chen, Huang, & Fu, 2008) می‌تواند پیش‌بینی کند که چگونه استراتژی‌های مختلف بر روی انتشار آلاینده‌های محلی اثر می‌گذارد و فرآیندهای کاهش انتشار را در طول زمان اندازه می‌گیرد (ISSRC, 2008). مدل IVE

پیش‌بینی اثر یک پدیده در سری‌های زمانی بعد از وقوع، از روش همبستگی متقاطع استفاده کرده‌اند. جنس تابع همبستگی در این روش همان روش پیرسون بوده و تفاوت آن تنها بررسی همبستگی در سری‌های زمانی متفاوت است. این همبستگی در سری‌های زمانی متفاوت با مفهومی به نام تأخیر بیان می‌گردد. چنانچه مقدار  $x_{(i)}$  و  $y_{(i)}$  با  $i = 0, 1, 2, \dots, N$  دو متغیر باشند، مقدار  $R$  همبستگی متقاطع آن‌ها به شکل رابطه ۱ است:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{(i)} - \bar{x})(y_{(i-d)} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_{(i)} - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_{(i-d)} - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

{For: Lag time: 0, ±1, ±2, ...  
f:  $i - d < 0$ ,  $i - d \geq N$

توجه نبوده و مقدار ضریب همبستگی متقاطع همواره  $-1 \leq R \leq 1$  خواهد بود. پس از یافتن همبستگی، سایر آزمون‌های آماری نیز همانند آزمون آماره  $t$  و P-Value نیز به جهت بررسی کردن معناداری مقدار همبستگی استفاده شده است.

در این رابطه مقادیر  $\bar{x}$  و  $\bar{y}$  مقدار میانگین هر یک از سری‌های زمانی  $x_{(i)}$  و  $y_{(i)}$  هستند. اگر در رابطه ۱ همه تأخیرهای زمانی مشخص  $d = 1, 2, \dots, N-1$  محاسبه شود، در یکی از گام‌های تأخیر بالاترین همبستگی مشخص می‌گردد. با توجه به شرط رابطه (۳-۱)، نقاط  $i < 0$  و  $i > N$  مورد

در بررسی آثار انتشار ویروس کووید-۱۹ بر میزان تولید آلاینده‌ها، در این تحقیق به دلیل تمرکز بر تأثیر آلاینده‌های تولید شده طی سفرهای برون‌شهری مسافران بر استان مازندران و همچنین به دلیل توزیع خودروهای مسافر در سراسر این استان، به نظر می‌رسد که آثار آلاینده‌های تولید شده باید پیش از ورود به این استان مورد بررسی قرار بگیرد. بنابراین، پیش از ورود خودروها به استان مازندران و در دروازه ورود آن که

(پژو پارس به دلیل سیستم سوخت رسانی شبیه به این مدل، به صورت یکسان در نظر گرفته شده است)، سمند، پژو ۲۰۶، تندر ۹۰، پیکان، آردی، تویوتا، هیوندای و وسایل نقلیه سنگین شامل اتوبوس، مینی‌بوس، تریلی‌های باربر سبک و سنگین است.

## ۲-۴-۲- بخش منطقه مورد مطالعه

به منظور تخمین انتشار در یک منطقه نیاز به توسعه اطلاعات از جمله الگو و رفتار رانندگی و شرایط محیطی، ویژه منطقه مورد مطالعه است. زمانی که این اطلاعات جمع‌آوری و پردازش شد به عنوان ورودی به مدل داده می‌شود. این اطلاعات شامل موارد ذیل است: رفتار رانندگی (مقدار رانندگی، الگوهای رانندگی)، متغیرهای محیطی (ارتفاع، شیب، دما)، ویژگی‌های سوخت (کیفیت سوخت، مقدار آلاینده‌ها و مواد افزودنی). در مدل IVE الگوهای رانندگی با بکارگیری دو پارامتر توان ویژه موتور (VSP) و تنش موتور (ES) مشخص می‌شوند. این پارامترها از ترسیم لحظه به لحظه پروفیل سرعت حاصل می‌شود. اگر شیب جاده نیز لحاظ شود، ارتفاع لحظه‌ای نیز نیاز است، در غیر این صورت صفر در نظر گرفته می‌شود. معادلات ۲ و ۳ نحوه تخمین این پارامترها را نشان می‌دهد.

قابلیت پیش‌بینی آلاینده‌های هوای محلی، گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های سمی از منابع متحرک را داراست. تخمین انتشار با به کارگیری پارامترهای نرخ انتشار وسیله نقلیه، فعالیت وسیله نقلیه و نحوه توزیع ناوگان حاصل می‌شود. دو نوع نرخ انتشار پایه در این نرم‌افزار وجود دارد: یکی برای انتشار در حین راندن و دیگری در هنگام استارت زدن. از آنجا که در محل ورود به شهر چالوس، تعداد توقف و استارت بسیار کم است، از بررسی اثر استارت صرف نظر شده است. این مدل به سه فایل ورودی نیاز دارد که شامل داده‌های بخش ناوگان، فعالیت وسیله (نظیر رفتار رانندگی)، برای موقعیت مورد نظر و تنظیمات پایه است.

## ۲-۴-۱- بخش ناوگان

برای آماده‌سازی فایل ناوگان، شش نوع داده مورد نیاز است: عنوان ناوگان، نوع سوخت (بنزین، گازوئیل، پروپان، اتانول، گاز طبیعی، CNG، LPG و سوخت‌های خاص)، سیستم‌های سوخت‌رسانی (کاربراتور، تزریق تک نقطه‌ای، چند نقطه‌ای، پیش تزریق، تزریق مستقیم، دو زمانه، چهار زمانه)، نوع ویژگی‌های وسایل نقلیه، درصد توزیع وسیله نقلیه مورد نظر، توزیع استفاده از سیستم تهویه مطبوع. در این تحقیق، ناوگان در نظر گرفته شده شامل سواری پراید، تیبا، پژو ۴۰۵

$$VSP = \frac{Power}{Mass} \cong V \times [1.1 \times a + 9.81 \times \tan^{-1}(\sin(grade)) + 0.132] + 0.000302 \times V^3 \quad (2)$$

که در آن Power قدرت موتور، Mass جرم خودرو، Grade شیب جاده، V سرعت بر حسب m/s، a شتاب بر حسب m/s<sup>2</sup>، ارتفاع، VSP توان ویژه موتور بر حسب KW/Ton هستند.

$$Engine\ Stress\ (unitless) = RPM\ Index + (0.08\ ton/kW) * Pre\ average\ Power \quad (3)$$

Pre average Power: Average (VSP<sub>t=5sec to -25 sec</sub>) (kW/ton)

RPM Index: Velocity t=0/Speed Divider (unit less)

است. اعداد بدست آمده از روابط بالا در ۶۰ دسته (Bin) طبقه‌بندی می‌شوند، که براساس ۳ حالت تنش موتور (تنش زیاد، متوسط و کم) به ۳ زیر دسته ۲۰ تایی طبقه‌بندی می‌شوند، که بایستی سهم هر دسته مربوط به الگوی رانندگی

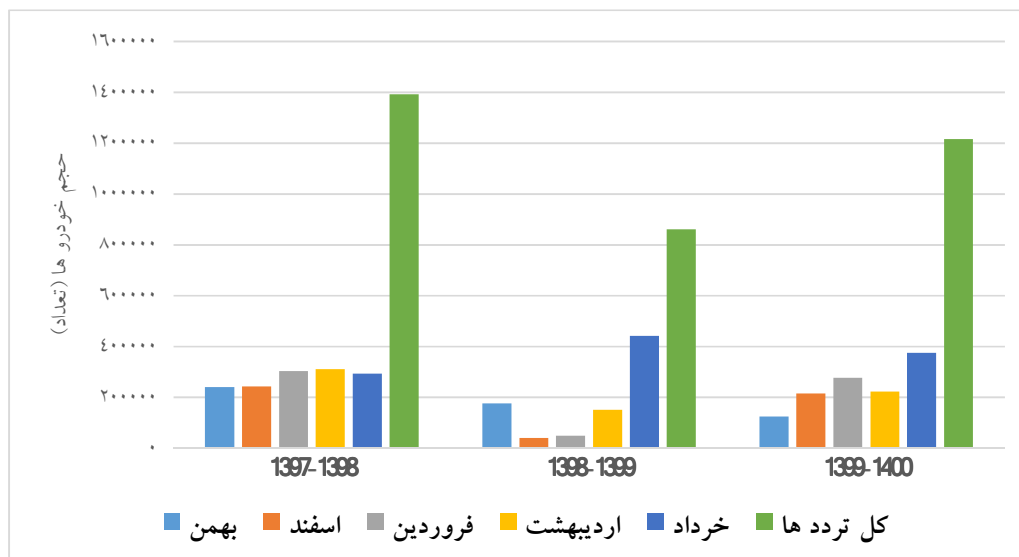
تنش موتور ارتباط بار توان موتور را با شرایط عملکردی موتور در ۲۰ ثانیه اخیر در دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. تنش پایین موتور مربوط به شرایط سرعت پایین و شتاب در ۲۰ ثانیه اخیر عملکرد و دور موتور نسبتاً پایین بوده و تنش بالا مرتبط با سرعت بالا و نیز شتاب و دور موتور بالا در ۲۰ ثانیه اخیر

رانندگی خاص در شرایط استاندارد حاصل می‌شود. هنگامی چنین اطلاعاتی بدست آمد، این اعداد به جای نرخ انتشارات تعریف شده در مدل بکار می‌گیرند. نرخ انتشارهای پایه بر اساس چرخه رانندگی سفرهای برون‌شهری (HWY) تنظیم گردیده است ( T.J. Barlow, S. Latham, I.S. McCrae, & Boulter, 2009).

در خانه مربوط به خود قرار داده شود؛ بدین ترتیب مجموع آنها می‌بایست ۱ یا ۱۰۰ باشد.

### ۳-۴-۲- تنظیمات پایه

مدل IVE یک سری نرخ انتشار پایه را در دو حالت رانندگی و استارت، برای هر نوع فناوری وسایل نقلیه به کار می‌گیرد. این انتشارهای پایه از فرآیند آزمایش دینامومتر در هر چرخه



شکل ۱. روند تغییرات ۵ ماهه تردد خودروها

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تغییرات حجم تردد در بازه زمانی قبل تا بعد از اوج شیوع ویروس کرونا

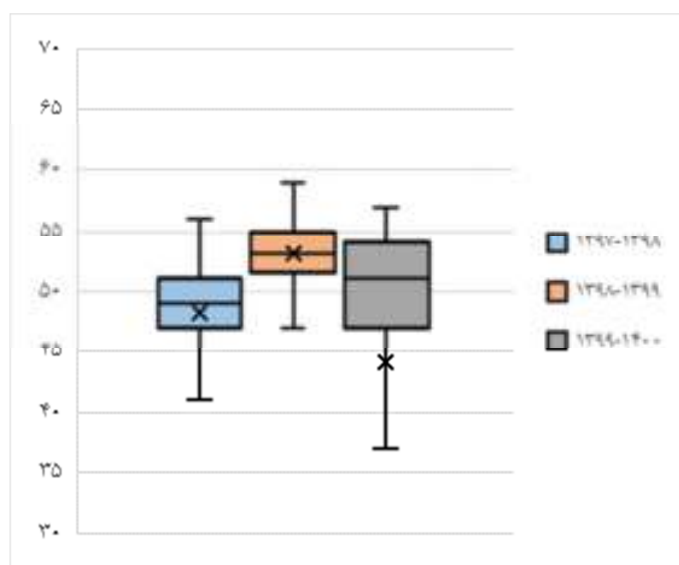
معناداری را با مدت مشابه خود در سال قبل ایجاد کند. در ۵ ماهه اوج سفرهای تفریحی در این ۳ سال، سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ دارای کمترین مقدار حجم تردد است. این کاهش به نسبت مدت مشابه سال قبل برای کلیه تردها برابر ۳۸٫۱۶ درصد بوده است. این میزان نسبت به تحقیق بالدازانو ( Baldasano, 2020) بسیار کمتر بوده (تقریباً نصف مقدار کاهش یافته در این تحقیق) که می‌توان علت آن را در سفرهای افراطی (حدود ۱٫۵ برابر) مسافران در ماه خرداد سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ نسبت به مدت مشابه سال قبل به دلایل جدی نگرفتن موضوع انتقال ویروس کرونا و جبران سفرهای انجام نشده در تعطیلات نوروزی به دلیل وضع محدودیت‌های تردد بین شهری جست‌وجو کرد. به علاوه به نظر می‌رسد در خرداد ماه سال ۱۳۹۹ با توجه به تعطیلات نیمه خرداد و عید فطر که با

حجم‌های تردد هر ماه و مجموع تردد ۵ ماهه هر سال در شکل (۱) ترسیم شده است. طبق آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، حجم تردد هر ماه از سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۸، ۱۳۹۸-۱۳۹۹، ۱۳۹۹-۱۴۰۰ از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. بنابراین معناداری تفاوت میانگین هر ماه از سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ با سال پایه طبق آزمون ناپارامتریک ویلکاکسون انجام شد. اختلاف میانگین داده‌های هر ماه با ماه مشابه خود در سال پایه در همه موارد معنادار بوده ( $P\text{-Value} < 0.05$ ) و تطابق کامل با مقادیر شکل (۱) دارد.

همانطور که در این شکل مشهود است، مقررات منع تردد بین شهری با کمک ترس مسافران از ابتلا به ویروس کووید-۱۹ به صورت موفقیت‌آمیزی توانسته حجم تردد را در ماه‌های اسفند سال ۱۳۹۸ و فروردین سال ۱۳۹۹ کاهش دهد و اختلاف

مردم از سخت‌گیری‌های مقررات منع تردد بین شهری، علیرغم عدم توانایی برای حذف ویروس از کشور، باعث کم اهمیت و عادی شدن مسئله انتقال و شیوع ویروس کرونا شده است. بنابراین بصورت کلی، استراتژی‌های ممنوعیت تردد بین شهری در زمان‌های خاص بسیار سخت‌گیرانه و موفق به کاهش حجم تردد بین شهری و در سایر حالات با تخفیف همراه بوده است. آثار این موضوع را می‌توان در اختلاف قابل ملاحظه در حجم تردد خرداد ماه سال ۱۳۹۹ با ماه‌های قبل خود در همان بازه زمانی مشاهده کرد.

تعطیلات آخر هفته آمیخته شده، فرصت سفر برای افراد نسبت به مدت مشابه سال قبل بسیار بیشتر بوده است. نکته دیگر افزایش مجموع سفرها در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به مدت مشابه در سال قبل است اما این میزان همچنان نسبت به سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ مقدار کمتری دارد. موضوع افزایش نسبی حجم تردد نسبت به سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹، می‌تواند اولاً نشان‌دهنده کاهش سخت‌گیری‌های مجریان قانون در حوزه حمل‌ونقل بین شهری پس از عبور از اوج شیوع ویروس کرونا بوده و ثانیاً با گذشت بیش از یک سال از پیدایش ویروس کرونا و خستگی



شکل ۲. نمودار جعبه‌ای سرعت متوسط در سال‌های قبل تا بعد از انتشار ویروس کووید-۱۹

### ۳-۲- تغییرات رفتار رانندگان

#### ۳-۲-۱- تغییرات در سرعت متوسط

علیرغم پایین‌تر بودن حجم تردد در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به سال پایه (۱۳۹۷-۱۳۹۸)، میانگین سرعت متوسط مقدار کمتری دارد. به علاوه، کمتر بودن مقدار میانگین از مقدار میانه با توجه به تأثیر پذیری میانگین از کل داده‌ها و تأثیر پذیری میانه از ترتیب داده‌ها، نشان از وجود دو دسته بودن داده‌ها دارد. طبق داده‌های سرعت‌های متوسط ثبت شده، تمرکز داده‌ها بیشتر بر مقادیر بالای ۵۰ کیلومتر بر ساعت و پایین‌تر از ۲۰ کیلومتر بر ساعت است. با توجه به مقدار میانگین سرعت متوسط در سال پایه، وجود سرعت‌های زیر ۲۰ کیلومتر بر ساعت در برخی از روزها، مشخصاً به وجود بار ترافیکی

به نظر می‌رسد سرعت متوسط بیانگر آثار مستقیم تغییرات حجم ترافیک در معبر مورد مطالعه است. طبق شکل ۲، میانگین سرعت‌های متوسط در هر یک از نمودارهای جعبه‌ای با علامت ضربدر نشان داده شده است. در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ میانگین سرعت‌های متوسط به نسبت مدت مشابه سال‌های قبل و بعد خود، بیشترین مقدار را داراست. در تفسیر این موضوع می‌توان حجم تردد پایین‌تر و ترافیک سبک این محور را که ناشی از اجرای سیاست محدودیت تردد برون‌شهری و کاهش سفرها بعثت ترس مسافران از ابتلا به ویروس کرونا به عنوان مهم‌ترین عوامل سرعت متوسط بالاتر نسبت به دیگر سال‌ها دانست.

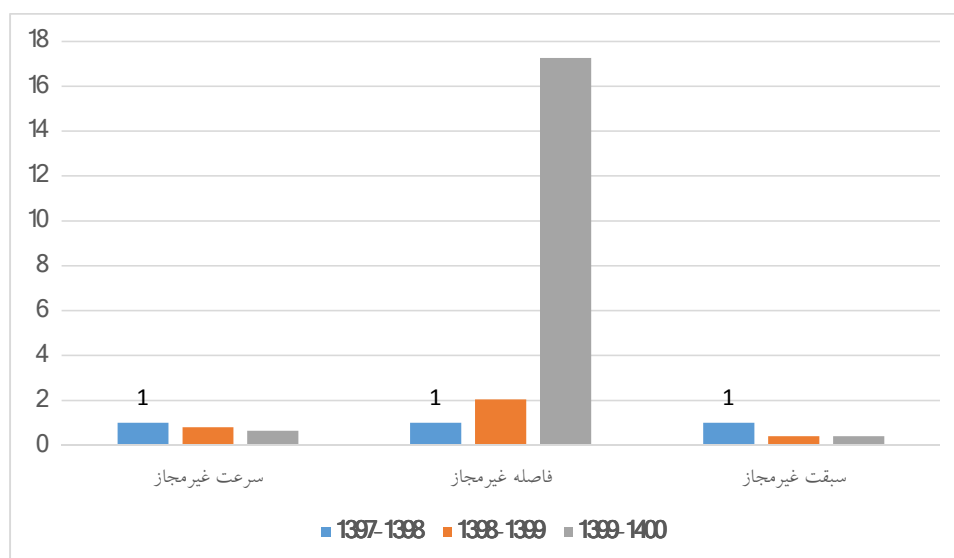
تخلفات سبقت و سرعت غیرمجاز و در عین حال افزایش ۱۷ برابری تخلف فاصله غیرمجاز سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به سال پایه در کنار کاهش سرعت متوسط در همین بازه زمانی، می‌تواند دال بر وجود ترافیک سنگین و محدودیت سبقت‌گیری در مسیر دو خطه دو طرفه محور چالوس، حرکت سپر به سپر رانندگان با سرعت پایین باشد. موضوع ارتباط میان سرعت متوسط پایین‌تر و ترافیک سنگین در برخی از روزهای تعطیل شده به جهت کنترل انتشار ویروس کرونا بیشتر مطرح شده است. بنابراین احتمال می‌رود، سیاست تعطیلات سراسری باعث افزایش تقاضای سفر به شمال کشور از این مسیر شده و همین موضوع موجب حرکت سپر به سپر خودروها و افزایش ۱۷ برابری تخلف فاصله غیرمجاز در سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ شده است. بالاتر بودن نسبت تخلفات فاصله غیرمجاز در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ نیز می‌تواند به دلیل سرعت متوسط بالاتر و حجم تردد پایین‌تر در این دوره باشد.

احتمال می‌رود رانندگی با سرعت بالاتر، فاصله مجاز بیشتری بین خودروها را نیاز داشته که این موضوع معمولاً به دلیل ایجاد شدن فضای مناسب برای رانندگی، توسط رانندگان رعایت نمی‌شود و منجر به ثبت این موضوع به عنوان تخلف فاصله غیرمجاز شده است. علت کمتر بودن مقدار تخلفات سرعت غیرمجاز در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ نسبت به سال پایه ناشناخته است.

سنگین و کاهش سطح سرویس اشاره دارد. شاید بتوان مهم‌ترین عامل ترافیک سنگین در این معبر را تعطیل کردن برخی روزها جهت کاهش خروج مردم از خانه‌هایشان و قطع زنجیره کرونا دانست. به نظر می‌رسد با تعطیل کردن سراسری به مدت چند روز پیاپی و خستگی از محدودیت‌های تردد بین شهری و کاهش مسافرت، تقاضای مسافران برای سفر به شمال کشور بیشتر شده و همین عامل منجر به افزایش ناگهانی بار ترافیک در این مسیر می‌شود. در مقابل، در سال‌های قبل، تمرکز داده‌ها حول میانگین و میانه بیشتر بوده که نشان از عادی بودن رفتار مسافران دارد. با توجه به نکات ذکر شده در قسمت فوق، به نظر می‌رسد سیاست تعطیلی سراسری نتیجه عکس داده و باعث کاهش سطح سرویس و نامنظم شدن الگوی حجم تردد و سرعت متوسط در این معبر شده است.

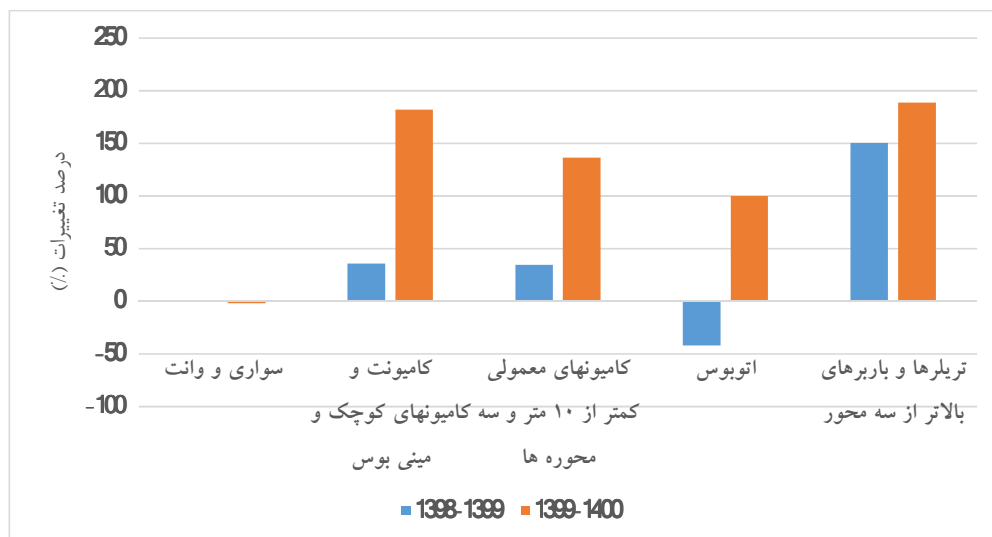
### ۳-۲-۲- تغییرات در تخلفات جاده‌ای

در شکل (۳)، نسبت هر یک از تعداد تخلفات ثبت شده در هر ماه به مقدار آن در ماه مشابه سال پایه ترسیم شده است. باید به این نکته اشاره کرد که تعداد تخلفات در هر ماه از هر سال، متأثر از حجم تردد عبوری است. بنابراین، پیش از اعمال نسبت‌ها، تعداد تخلفات هر ماه ابتدا تقسیم بر حجم تردد شده و سپس به مقدار مشابه خود در سال پایه تقسیم شده است. طبق آنچه گفته شد، نسبت مقادیر سال پایه در شکل (۳) برابر با ۱ بدست آمده و با سایر نسبت‌ها مقایسه شده است. کاهش



شکل ۳. مقایسه تغییرات در تخلفات سرعت، فاصله و سبقت غیر مجاز





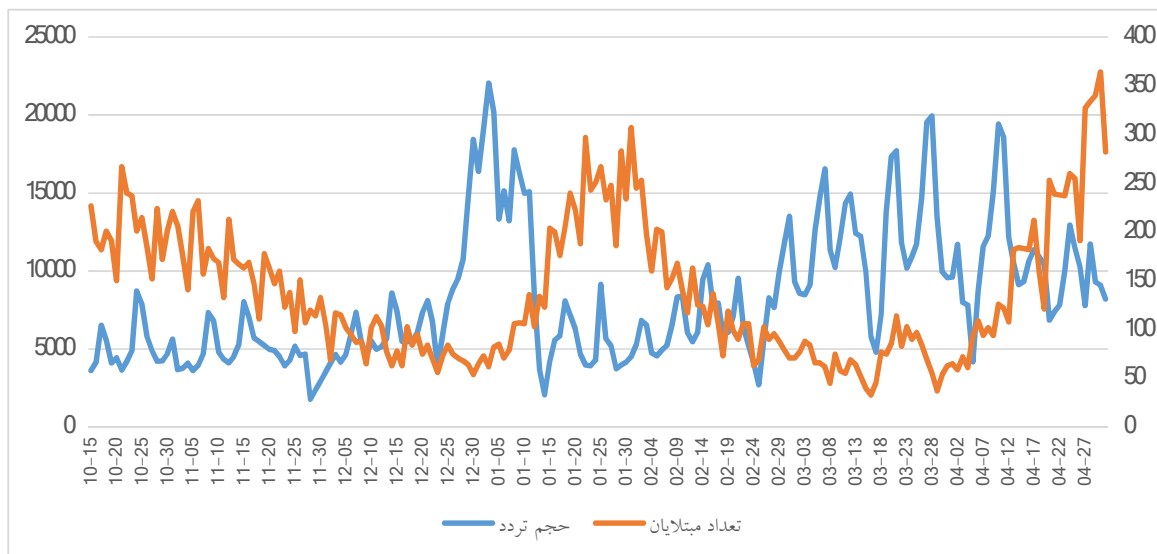
شکل ۴. درصد تغییرات حجم های سهم مربوط به هر یک از کلاس خودرو در مقطع تونل کندوان از جاده چالوس

### ۳-۲-۳- تغییرات مد حمل و نقلی در طول شیوع ویروس کووید-۱۹

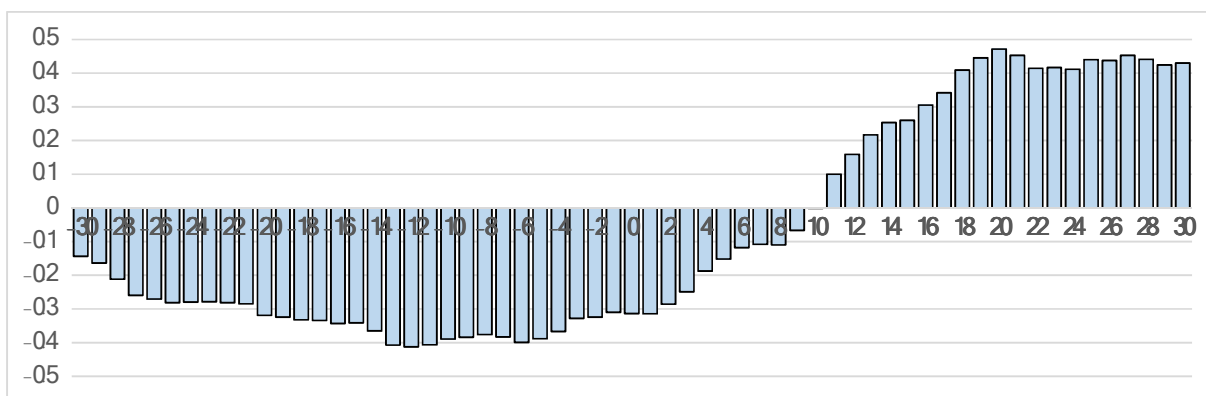
آهسته تر نسبت به خودروهای سبک، با افزایش همراه بوده است. به نظر می رسد سیاست ممنوعیت تردد با سخت گیری بیشتر نسبت به خودروهای سبک و کاهش حجم تردد در این معبر، فرصت تردد مناسبی را برای وسایل نقلیه سنگین فراهم کرده است. کاهش سهم اتوبوس در سال های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ نسبت به سال پایه احتمالاً به دلیل اجتناب مسافران از ابتلا به ویروس کرونا در فضای عمومی و محل تجمع افراد است. اما افزایش آن در سال های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ می تواند به دو دلیل اتفاق افتاده باشد: (۱) عادی شدن موضوع شیوع ویروس کرونا و در نهایت خستگی ناشی از نرفتن به مسافرت در این مدت، میزان سفر را با این مد حمل و نقلی را با رعایت پروتکل های بهداشتی افزایش داده است. (۲) مسافران به علت سیاست ثبت و جریمه پلاک های غیر بومی و اصرار به انجام سفر، ترجیح می دهند برای فرار از جریمه شدن، با اتوبوس به استان مازندران سفر کنند.

تغییرات سهم هر کلاس خودرو از حجم تردد متناظر آن در سال های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به مقدار مشابه خود در سال پایه (۱۳۹۷-۱۳۹۸) در شکل (۴) ترسیم شده است. این جاده کوهستانی با پیچ و خم های فراوان و همچنین دو خطه دو طرفه بودن امکان تردد مناسب تری را برای خودروهای سبک فراهم می کند. بنابراین طبق این دلیل و شکل (۴)، علیرغم کاهش حجم تردد کلی خودروها، سهم خودروهای سواری و وانت در سال های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ تغییر ناچیزی داشته است.

از طرفی سهم کلاس های کامیونت و کامیون های کوچک و مینی بوس، کامیون های معمولی کمتر از ۱۰ متر و سه محوره ها و در نهایت تریلرها و باربرهای بالاتر از سه محور در هر دو بازه زمانی سال های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به سال پایه علیرغم کوهستانی بودن این جاده و ایجاد ترافیک های سنگین به دنبال این کلاس های خودرویی در شرایط حرکت



شکل ۵. تغییرات حجم تردد و تعداد مبتلایان به ویروس کرونا در استان مازندران (اعداد ستون سمت راست مربوط به تعداد مبتلایان و اعداد ستون سمت چپ مربوط به حجم تردد است)



شکل ۶. نمودار همبستگی بر اساس تأخیر

جدول ۱. نتایج آزمون های آماری در مورد معناداری همبستگی مقاطع

R	N	DF	t	t-critical	P-Value
0/471	164	162	6/79	1/65	<0/001

### ۳-۳- بررسی ارتباط میان حجم تردد خودروها و موارد ابتلا به ویروس کووید-۱۹ در استان مازندران

کرونا دیده می‌شود. اولین دلیل احتمالی می‌تواند این موضوع باشد که مسافران یا مبتلا به کرونا بوده یا ناقل آن به استان مازندران بودند و دومین احتمال افزایش جمعیت شناور استان مازندران است که زنجیره انتقال و واگیردار بودن ویروس در این استان را تقویت کرده و تماس بین افراد به خصوص ناقلین یا مبتلایان افزایش می‌یابد. روند کاهش تعداد مبتلایان پس از فروکش حجم تردد به این استان در شکل (۵) نیز مشهود است.

با توجه به تعیین تأثیر استراتژی‌های کنترل‌کننده شیوع ویروس کرونا بر آثار پیش آمده از سفرهای بهاره و تابستانه، تعداد مبتلایان استان مازندران و حجم تردهای ورودی به این استان از شهر چالوس از نیمه دی ماه سال ۱۳۹۹ تا انتهای تیر ماه سال ۱۴۰۰ استخراج شده و در نمودار شکل (۵) ترسیم شده است. در این شکل، به نظر می‌رسد پس از افزایش حجم تردد، نشانه‌هایی از روند افزایشی تعداد مبتلایان به ویروس

طبق آزمون‌های آماری انجام شده و گزارش شده در جدول (۱)، این ضریب همبستگی معنادار است. بنابراین با این اوصاف می‌توان طبق این تحلیل بیان کرد که آثار سفرها احتمالاً پس از ۲۰ روز، آثار کامل خود را در تعداد مبتلایان خواهد گذاشت. این موضوع با سایر تحقیقات (Bui et al., 2020; Jing Qin et al., 2020; Kong, 2020; McAloon et al., 2020; Yang et al., 2020) در روند تأثیر حجم بالای تردها در سفر از شهری به شهر دیگر بر ابتلای جمعیت کثیری از افراد در شهر مقصد به ویروس کرونا، تفاوت داشته و در تکمیل تحقیقات (Zipursky & Redelmeier, 2020) بحثی متفاوت را تحت عنوان تأخیر در آثار سفرهای برون‌شهری بر تعداد مبتلایان به ویروس کووید-۱۹ مطرح می‌کند.

وسایل نقلیه سنگین، در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰، با افزایش چشمگیر درصد وسایل نقلیه سنگین، علیرغم کاهش حجم تردد در ماه‌های فروردین و اردیبهشت، به میزان بسیار بالایی نسبت به سایر ماه‌ها تولید شده است. طبق تحقیقات گذشته، علیرغم تأثیر عکس تغییرات رطوبت بر میزان تولید این آلاینده، این تحقیق ارتباط معناداری میان رطوبت و میزان تولید شده آلاینده ذرات معلق پیدا نکرده است. همچنین با وجود تغییرات کوچکتر دما نسبت به سایر پارامترها مانند تغییرات سهم خودروهای سنگین و طبق نتایج حاصل در جدول (۳)، این پارامتر به میزان بالایی در میزان تولید شده آلاینده ذرات معلق موثر است. بنابراین، افزایش خودروهای سنگین در محور کرج-چالوس یکی از موثرترین عوامل به شمار رفته و همگامی این افزایش در کنار افزایش ناگهانی حجم تردد در خرداد ماه سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به دلیل احتمالی اصرار به انجام سفر پس از محدودیت‌های تردد در تعطیلات عید نوروز، علیرغم فاصله نه چندان زیاد از اوج شیوع ویروس کرونا، بر خلاف روند عادی در خرداد ماه سال ۱۳۹۸، میزان این آلاینده‌ها را به میزان قابل توجهی افزایش داده است. به علاوه، کاهش میزان تولید شده این آلاینده در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ (بجز خرداد ماه) نشان از تأثیر مثبت محدودیت‌های تردد بر کاهش این آلاینده دارد. در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰، افزایش میزان این آلاینده نیز قابل توجه بوده که می‌تواند ناشی از خستگی مردم از محدودیت تردد بین شهری و همچنین تأثیر سیاست تعطیلی سراسری در افزایش سفرها در این مدت باشد.

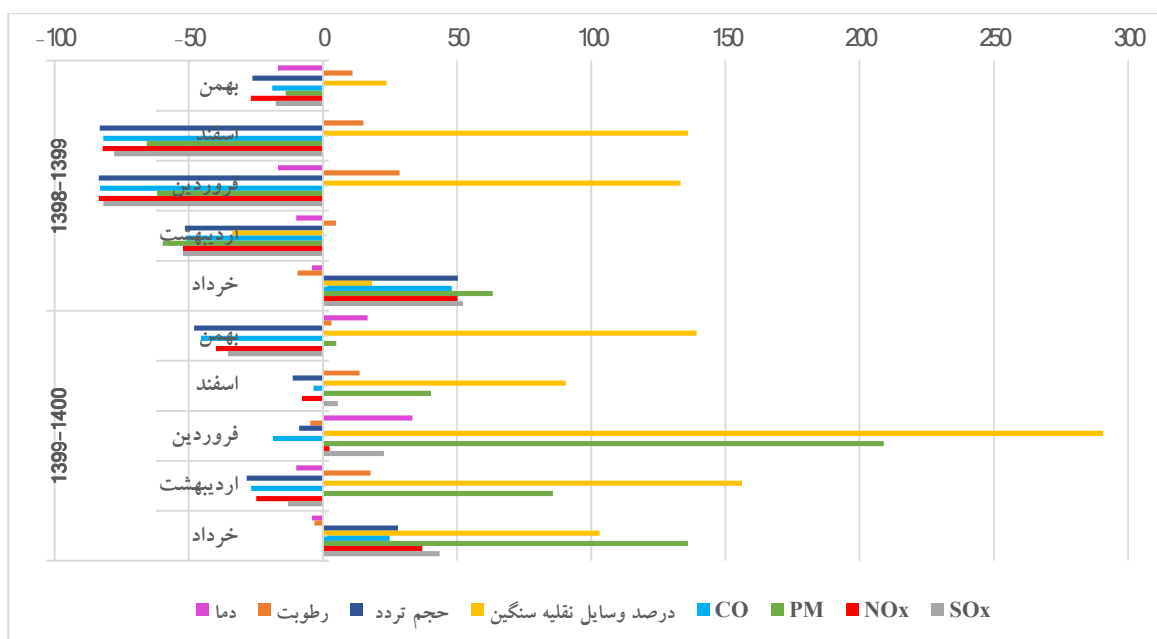
بررسی ارتباط این دو دسته از داده‌ها به علت وجود تأخیر میان عامل یک و آثار تدریجی آن بر عامل دو، با روشی آماری به نام همبستگی متقاطع با در نظر گرفتن ۳۰ تأخیر استفاده شده و نتایج آن در شکل (۶) ترسیم شده است. نتیجه این آزمون آماری درحقیقت بیشترین میزان همبستگی حاصله با توجه به تأخیر خاص را به عنوان همبستگی متقاطع گزارش می‌کند. باید توجه داشت که بیشترین میزان همبستگی در تأخیر مثبت قابل قبول بوده و تأخیر منفی بیانگر تأثیر تعداد مبتلایان به کرونا بر حجم تردد است که مغایر با هدف مطرح شده در این تحقیق است. نتایج نشان می‌دهد که در ۲۰امین تأخیر، بالاترین میزان همبستگی حاصل شده است؛ این موضوع به این معناست که پس از ۲۰ روز تأخیر، دو نمودار با بیشترین احتمال بر هم منطبق شده و این تطابق دارای کمترین خطا است.

#### ۴- بررسی تغییرات در مقدار آلاینده های تولید شده

طبق ورودی‌های مورد نیاز نرم‌افزار IVE، دما و رطوبت میانگین مربوط به هر یک از ماه‌های مورد بررسی نیز در تحلیلی جداگانه به نرم‌افزار وارد شد. همچنین با عنایت به سهم هر یک از خودروها در ۵ ماهه مورد تحقیق در طول سال‌های قبل تا بعد از پیدایش ویروس کووید-۱۹، طبق آمارهای سازمان راهداری، سالنامه آماری (۱۳۹۹) و سپاه انتشار آلودگی شهر تهران (شهسازی و همکاران، ۱۳۹۶) مورد نظر قرار گرفته است. ارتباط هر یک از پارامترهای ورودی به نرم‌افزار IVE با هر یک از آلاینده‌ها و منبع تولید آن‌ها در جدول (۲) و تغییرات مقدار تولید شده هر آلاینده در سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۹ و ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت سال پایه در شکل (۷) آورده شده است. نتایج بدست آمده از رگرسیون خطی تغییرات مقدار تولید شده هر آلاینده با توجه به تغییرات چهار پارامتر دما، رطوبت، حجم تردد و درصد وسایل نقلیه سنگین در جدول (۳) تطبیق کلی به همراه اندکی تفاوت با نتایج تحقیقات پیشین که در جدول (۳) ذکر شده، دارد. در تأیید نتایج جدول (۳)، آزمون آن‌وا دو طرفه انجام شده که نشان از معنادار بودن رابطه خطی میزان آلاینده‌های تولید شده و پارامترهای دما، رطوبت، حجم تردد و درصد وسایل نقلیه سنگین دارد ( $P\text{-Value} < 0.001$ ). سطح پوشش داده‌ها مقداری بالای ۹۰٪ را نشان داده که بیانگر مناسب بودن مدل رگرسیونی برای تخمین میزان آلاینده‌ها با توجه به داده‌ها اولیه است. به نظر می‌رسد موثرترین پارامتر در میزان تولید شده همه آلاینده‌ها حجم تردد کلی خودروها بوده و تأثیر سایر پارامترها با توجه به نوع آلاینده متفاوت است. با توجه به تاثیرپذیری آلاینده ذرات معلق از نسبت

جدول ۲. ارتباط متغیرهای ورودی به نرم‌افزار IVE با آلاینده‌ها و منبع تولید هر یک از آنها

آلاینده‌ها	ارتباط با متغیرها			منبع تولید آلاینده‌ها
	دما	رطوبت	فاکتور انتشار بالاتر در دسته وسایل نقلیه سنگین	
PM	مستقیم	عکس	سنگین	تعلیق مجدد توسط باد، خودروهای سبک و سنگین، سایش ترمز، خوردگی سطح جاده، آلاینده‌ها ثانویه و آئروسول‌ها
CO	مستقیم	مستقیم	سبک	احتراق سوخت اعم از بنزین و گاز طبیعی در خودروها، انتشارات آلاینده‌های فعالیت‌های صنعتی، پخت و پزهای خانگی، اکسیداسیون ترکیبات آلی فرار دارای غیرمتانی و متان و سوزاندن چوب
NOx	مستقیم	عکس	سنگین	سوختن زغال‌سنگ، فرآیندها بیولوژیکی، احتراق سوخت‌های زیست توده، خودروهای دیزلی (معمولاً وسایل نقلیه سنگین)، انتشار برخی از مواد فرار و بخارزا در محیط، فعالیت‌های صنعتی و نیروگاه‌ها و فعالیت‌های دریایی
Sox	عکس	مستقیم	سنگین	در نوع ساکن شامل مناطق شهری، مناطق صنعتی، نیروگاه‌های صنعتی اعم از تصفیه محصولات نفتی و... زمین‌های کشاورزی و در نوع منابع متحرک شامل خودروهای سبک، پیکاپ‌ها و وانت‌ها، تاکسی‌ها، مینی‌بوس‌ها اتوبوس، موتور سیکت‌ها و انواع تریلرها



شکل ۷. درصد تغییرات مقدار تولیدی آلاینده‌ها

## فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال بیستم، دوره اول، شماره ۷۴، بهار ۱۴۰۲

میزان تولید شده آلاینده اکسیدهای نیتروژن پس از تغییرات در حجم تردد، با رطوبت بیشترین ارتباط را دارد؛ افزایش رطوبت، منجر به کاهش میزان اکسید های نیتروژن می شود. تغییرات دما تأثیر بسیار کمی در تغییرات میزان تولیدی این آلاینده دارد. بر خلاف تحقیقات انجام شده پیشین، تأثیر تغییرات در سهم خودروهای سنگین، تأثیر کمتری نسبت به تغییرات حجم تردد کلی و خودروهای سبک دارد. این موضوع نیز درباره آلاینده های اکسید گوگرد اتفاق افتاده است. آثار کاهش خودروهای سواری بصورت مستقیم در کاهش این آلاینده در اثر اعمال محدودیت های تردد، موثر بوده است. البته باید در نظر گرفت که افزایش درصد وسایل نقلیه سنگین و جایگزین شدن آن ها بجای خودروهای سبک در ناوگان حمل و نقلی جاده ای، تا حدی جزئی در افزایش تولید آلاینده ها مؤثر واقع شده است.

طبق جدول (۳)، همانگونه که انتظار می رود، تغییرات درصد سهم وسایل نقلیه سنگین تأثیر چندانی در تغییرات میزان تولید آلاینده کربن مونوکسید نداشته و تأثیر تغییرات در حجم تردد کلی و سهم خودروهای سبک با اختلاف بسیار زیاد در مقدار تولید شده این آلاینده موثر است. پس از تغییرات در حجم تردد، موثرترین عوامل در تغییرات میزان آلاینده تولید شده کربن مونوکسید، به ترتیب تغییرات رطوبت و دما است. به نظر می رسد در اثر افزایش وسایل نقلیه سنگین و همچنین سیاست ممنوعیت تردد به خصوص در تعطیلات عید نوروز، آلاینده CO به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. اما با توجه به افزایش تردد در ماه خرداد سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ خلاف این موضوع پدیدار می شود؛ این افزایش تردد به سان سایر آلاینده ها، ممکن است به دلیل خستگی مردم از مقررات منع تردد و ایجاد شدن فرصت سفر در اثر سیاست تعطیلی های سراسری در ماه های بعد از اوج شیوع ویروس کرونا باشد.

جدول ۳. نتایج آزمون آماری رگرسیون چند متغیره در باب ارتباط داده های آلاینده هوا با سایر پارامترها

پارامترها	ارتباط با متغیرها				نتایج جامع از کلیه نمونه ها			
	تغییرات سهم وسایل نقلیه سنگین	تغییرات حجم تردد	تغییرات رطوبت	تغییرات دما	درجه آزادی	تعداد نمونه	مربع ضریب همبستگی ( $R^2$ )	ضریب همبستگی (R)
ذرات معلق	۰/۵۸۳	۱/۳۶۹	-۰/۲۹۷	۰/۹۱۴	۲۵۹	۲۶۰	۰/۹۱۷	۰/۹۵۷
آماره t	۴/۷۹	۲۰/۲۳۸	۲۴/۵۳۲	-۱/۴۲۹	۴/۸۷۳			
P-Value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۵۴	<۰/۰۰۱			
کربن مونوکسید	-۰/۰۷۱	۱/۰۰۹	۰/۴۸۷	۰/۲۶	۲۵۹	۲۶۰	۰/۹۷۳	۰/۹۸۶
آماره t	-۷/۳۸۲	۶۵/۴۱۵	۶/۳۱۸	۴/۰۲				
P-Value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱				
اکسیدهای نیتروژن	۰/۰۳۶	۰/۹۵۸	-۰/۳۵۵	-۰/۰۳۲	۲۵۹	۲۶۰	۰/۹۷۶	۰/۹۸۸
آماره t	۲/۱۲۸	۳/۹۵۲	۴۸/۷۴۴	-۳/۷۱۲	-۰/۴۶۷			
P-Value	۰/۰۳۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۶۴۱			
اکسیدهای گوگرد	۰/۰۱۲	۰/۹۸۸	۰/۱۳۱	-۰/۱۷۳	۲۵۹	۲۶۰	۰/۹۷۹	۰/۹۹۰
آماره t	۲/۱۷۹	۶۹/۱۵۴	۲/۶۹۹	۵/۵۹۵				
P-Value	۰/۵۵۴	۰/۰۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	<۰/۰۰۱			

## ۵- نتیجه گیری

ویروس کرونا از پیدایش تا اوج گیری و همچنین در دوره های زمانی بعد از فروکش انتشار و ابتلا به ویروس، آثاری جانبی در کنار مشکلات بیماری و مرگومیر داشته که این آثار در بسیاری از مطالعات در سطح بین المللی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق آثار استراتژی های مختلف در روند تغییرات تردهای برون شهری تهران از مسیر کرج چالوس در نظر گرفته و مورد بررسی واقع شده است. خلاصه نتایج به صورت ذیل مشروح است:

-یکی از مهمترین استراتژی های اتخاذ شده در بازه اوج سفرهای بهاره و تابستانه، منع تردد برون شهری و قطع اتصالاتی بین شهری برای کاهش اثر انتقال ویروس کووید-۱۹ است. از آثار مثبت این طرح، کاهش زنجیره انتقال ویروس و کاهش آلاینده ها در برخی از ماه های پر تردد بوده است. از تأثیر مستقیم این سیاست می توان به افزایش قابل توجه خودروهای سنگین در این مسیر اشاره کرد؛ این مورد در افزایش آلاینده های ذرات معلق علیرغم کاهش حجم تردد کلیه خودروها، تأثیر مستقیم داشته است. از دیگر آثار منفی این طرح می توان به تغییر مد حمل و نقلی مسافران از خودروهای شخصی به اتوبوس به عنوان راه حلی جایگزین برای انجام سفر اشاره کرد. با بررسی توامان حجم تردد و موارد ابتلا به ویروس کرونا، این حقیقت روشن می شود که در فروردین و خرداد ماه سال ۱۴۰۰، به دلیل اجرای نادرست قانون منع تردد خودروهای شخصی از این مسیر، علاوه بر افزایش حجم تردد خودروهای نسبت به ماه های دیگر، میزان مبتلایان به ویروس کرونا در استان مازندران با اختلاف زمانی ۲۰ روزه، افزایش قابل توجهی داشته است. آثار تخفیف در اجرای قوانین و رعایت نکردن قوانین توسط مردم به حدی بوده که در خرداد ماه سال ۱۳۹۹ و تنها چند ماه بعد از پیدایش ویروس کرونا در ایران و تعطیلات مربوطه به جهت بهبود وضعیت عمومی کشور، میزان سفرهای انجام شده از این مسیر نسبت به مدت مشابه خود در خرداد ماه سال ۱۳۹۸ به میزان ۵۰ درصد افزایش یافته است. دیگر استراتژی مأخوذه در این مدت، سیاست تعطیلی سراسری در موارد اوج گیری انتشار ویروس کرونا در شهرهای مختلف ایران است. علیرغم تشویق به افزایش تمایل مردم به در خانه ماندن و اجتناب از سفرها غیر ضروری، نتایج این تحقیق تا حدی خلاف این موضوع را نشان می دهد؛ کاهش میانگین سرعت

متوسط در سال های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ نسبت به سال های قبل نشان از گسستگی بالا میان داده ها و وجود روزهایی با سرعت متوسط بسیار پایین داشته که نشان دهنده وارد شدن حجم خودروی بسیار بالا در برخی روزها دارد. این موضوع احتمالاً این نکته را بیان می کند که در برخی از روزها با توجه تعطیلی های سراسری چند روزه و خستگی مردم از نبود سفر در اثر سیاست منع تردد خودروهای سواری در جاده های برون شهری، ممکن است بار ترافیکی بصورت ناگهانی به این مسیر وارد شده که باعث ایجاد سرعت های متوسط بسیار پایین در برخی از روزها شده است. این اتفاق، باعث کاهش سرعت متوسط و در نتیجه پایین آوردن سطح سرویس در این مسیر می شود. این تحقیق نشان می دهد که سیاست تعطیلات سراسری به خودی خود مؤثر نیست و باید در کنار اجرای دقیق مقررات منع تردد توسط مجریان قانون مانند پلیس راهنمایی و رانندگی قرار بگیرد تا اثرات مناسب داشته باشد. از دیگر طرح های دنبال شده در این مدت، ثبت و جریمه پلاک خودروهای غیربومی است. مهمترین اثر این طرح، کاهش تردد خودروهای شخصی به شهرهای دیگر است که بسیار مناسب و مفید اثر واقع شده است. اما از طرفی دیگر اولاً ممکن است به علت سخت گیری های ورود خودروهای غیربومی به شهرهای بزرگ مانند اصفهان و...، انتخاب مقصد سفرهای تفریحی در کنار کوتاه تر بودن مسیر نسبت به شهرهای دیگر، به سمت شهرهای نزدیک تر و احتمالاً با سخت گیری ها کمتر سوق پیدا کند؛ همین موضوع باعث می شود چالوس و سایر شهرهای استان مازندران به عنوان شهرهایی با فاصله کمتر نسبت به شهرهای برزرگی مانند کرج، تهران و... به عنوان جایگزین، مقاصد مناسبی برای سفر شوند. از دیگر آثار منفی این طرح، تغییر مد حمل و نقلی و افزایش میزان استفاده از اتوبوس های برون شهری در سفرهای انجام شده در بازه زمانی سال های ۱۳۹۹-۱۴۰۰ است. اصرار به انجام سفر به دلیل خستگی مردم از سیاست های منع تردد در این روند به کمک سیاست جریمه پلاک های غیربومی آمده تا این تغییر مد حمل و نقلی اتفاق بیافتد. به عنوان آثار ثانویه این طرح پس از افزایش سفرهای برون شهری بوسیله اتوبوس در ناوگان مسافری، افزایش میزان انتشار آلاینده های ذرات معلق می تواند مطرح شود.

## ۶-مراجع

- Basu, B., Murphy, E., Molter, A., Sarkar Basu, A., Sannigrahi, S., Belmonte, M., & Pilla, F., (2021), "Investigating Changes in Noise Pollution Due to the COVID-19 Lockdown: the Case of Dublin, Ireland", *Sustainable Cities and Society*, 65. Doi:10.1016/J.ScS.2020.102597.
- Baudic, A., Gros, V., Sauvage, S., Locoge, N., Sanchez, O., Sarda-Estève, R., Bonsang, B. (2016), "Seasonal Variability and Source Apportionment of Volatile Organic Compounds (Vocs) in the Paris Megacity (France). *Atmospheric Chemistry and Physics*" ,16(18), pp.11961-11989. Doi:10.5194/Acp-16-11961-2016.
- Bui, L. V., Nguyen, H. T., Levine, H., Nguyen, H. N., Nguyen, T. A., Nguyen, T. P., Bui, M. H. (2020), "Estimation of the Incubation Period of COVID-19 in Vietnam, *Plos One*", 15(12), E0243889. Doi:10.1371/Journal.Pone.0243889.
- Calderon-Anyosa, R. J. C., & Kaufman, J. S., (2021), "Impact of COVID-19 Lockdown Policy on Homicide, Suicide, and Motor Vehicle Deaths In Peru. *Prev Med*", 143, 106331. Doi:10.1016/J.Ypmed.2020.106331.
- Chen, L. A., Chien, L. C., Li, Y., & Lin, G., (2020), "Nonuniform Impacts of COVID-19 Lockdown on Air Quality Over the United States", *Sci Total Environ*, 745, 141105. Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.141105.
- Cui, Y., Ji, D., Maenhaut, W., Gao, W., Zhang, R., & Wang, Y., (2020), "Levels And Sources of Hourly PM2.5-Related Elements During The Control Period of The COVID-19 Pandemic At A Rural Site Between Beijing and Tianjin", *Sci Total Environ*, 744, 140840. Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.140840
- Ding Wang, Brian Yuenshuai He, Jingqin Gao, Joseph Y.J .Chow, Kaan Ozbay, & Iyer, S., (2021), "Impact of COVID-19 Behavioral Inertia on Reopening Strategies for New York City Transit", *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(2), pp.197-211.
- Donzelli, G., Cioni, L., Cancellieri, M., Llopis Morales, A., & Morales Suárez-Varela, M., (2020), "The Effect of the Covid-19 Lockdown on Air Quality in Three Italian Medium-Sized Cities", *Atmosphere*, 11(10). Doi:10.3390/Atmos11101118
- اسفندیاری، س. و محمدکمالی، ا. و باقری، س.، (۱۳۹۲)، "ارزیابی رابطه متغیرهای هواشناسی و غلظت دی اکسید گوگرد در شهر تهران"، اولین کنفرانس ملی خدمات شهری و محیط زیست، مشهد.
- Https://Civilica.Com/Doc/238211
- "سالنامه آماری سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای"، (۱۳۹۹)، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- شهبازی، ح. و تقوایی، س. و حسینی، و. و افشین، ح.، (۱۳۹۶)، "سیاهه انتشار آلاینده‌های مقدماتی شهر تهران برای سال میناء ۱۳۹۲"، ششمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران.
- Aletta, F., Brinchi, S., Carrese, S., Gemma, A., Guattari, C., Mannini, L., & Patella, S. M., (2020), "Analysing Urban Traffic Volumes and Mapping Noise Emissions in Rome (Italy) in the Context of Containment Measures for the COVID-19 Disease", *Noise Mapping*, 7(1), pp.114-122. Doi:10.1515/Noise-2020-0010.
- Aletta, F., Oberman, T., Mitchell, A., Tong, H., & Kang, J., (2020), "Assessing The Changing Urban Sound Environment During the COVID-19 Lockdown Period Using Short-Term Acoustic Measurements", *Noise Mapping*, 7(1), pp.123-134. Doi:10.1515/Noise-2020-011.
- Ali, S. M., Malik, F., Anjum, M. S., Siddiqui, G. F., Anwar, M. N., Lam, S. S., Khokhar, M. F. (2021), "Exploring the Linkage Between PM2.5 Levels and COVID-19 Spread and its Implications for Socio-Economic Circles", *Environ Res*, 193, 110421. Doi:10.1016/J.Envres.2020.110421.
- Ashraf, B. N., (2020), "Economic Impact of Government Interventions During the COVID-19 Pandemic: International Evidence from Financial Markets", *J Behav Exp Finance*, 27, 100371. Doi:10.1016/J.Jbef.2020.100371.
- B. Choubin, A. Malekian, A., & Sajedi-Hosseini, F., (2016), "Lag-Time and Effect of Meteorological Drought on the Groundwater Level", *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 10(34) .
- Baldasano, J. M., (2020), "COVID-19 Lockdown Effects on Air Quality By NO<sup>2</sup> in the Cities of Barcelona and Madrid (Spain)", *Sci Total Environ*, 741, 140353. Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.140353.

- Hudda, N., Simon, M. C., Patton, A. P., & Durant, J. L., (2020), "Reductions in Traffic-Related Black Carbon and Ultrafine Particle Number Concentrations in An Urban Neighborhood During the COVID-19 Pandemic. *Sci Total Environ*, 742. Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.140931.
- Hung-Hao Chang, Chad Meyerhoefer, & Yang, F. A., (2020), "COVID-19 Prevention and Air Pollution in the Absence of A Lockdown".
- Ilten, N., & Selici, A. T., (2008), "Investigating The Impacts of Some Meteorological Parameters on Air Pollution in Balikesir, Turkey", *Environ Monit Assess*, 140(1-3), pp.267-277. Doi:10.1007/S10661-007-9865-1.
- ISSRC., (2008), "IVE Model User Manual, Version 2.0.1. International Sustainable Systems Research Center".
- Jing Qin, Chong You, Quishi Lin, Taojun Hu, Shicheng Yu, & Zhou, X. H., (2020), "Estimation of Incubation Period Distribution of COVID-19 Using Disease Onset Forward Time: A Novel Cross-Sectional and Forward Follow-Up Study. *Science Advances*, 6(33), Eabc1202.
- Karuppasamy, M. B., Seshachalam, S., Natesan, U., Ayyamperumal, R., Karuppanan, S., Gopalakrishnan, G., & Nazir, N., (2020), "Air Pollution Improvement And Mortality Rate During COVID-19 Pandemic in India: Global Intersectional Study", *Air Quality, Atmosphere & Health*, 13(11), pp.1375-1384. Doi:10.1007/S11869-020-00892-W.
- Khalil, M. A., & Rasmussen, R. A., (1988), "Carbon Monoxide in An Urban Environment: Application of A Receptor Model for Source Apportionment", *JAPCA*, 38(7), pp.901-906. Doi:10.1080/08940630.1988.10466430.
- Kong, T. K., (2020), "Longer Incubation Period of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Older Adults", *Aging Med (Milton)*, 3(2), pp.102-109. Doi:10.1002/Agm2.12114.
- Kumari, P., & Toshniwal, D., (2020), "Impact of Lockdown Measures During COVID-19 on Air Quality a Case Study of India", *Int J Environ Health Res*, pp.1-8. Doi:10.1080/09603123.2020.1778646.
- Duvall, R. M., Norris, G. A., Dailey, L. A., Burke, J. M., Mcgee, J. K., Gilmour, M. I., Devlin, R. B., (2008), "Source Apportionment of Particulate Matter in The U.S. and Associations with Lung Inflammatory Markers. *Inhal Toxicol*", 20(7), pp.671-683. Doi:10.1080/08958370801935117.
- Fernandes, N., (2020), "Economic Effects of Coronavirus Outbreak (COVID-19) on the World Economy", pp.1-33.
- Filonchyk, M., Hurynovich, V., & Yan, H., (2021), "Impact of Covid-19 Lockdown on Air Quality in The Poland, Eastern Europe, *Environ Res*", 198, 110454. Doi:10.1016/J.Envres.2020.110454.
- Giri, D & Krishna Murthy, V., and Adhikary, P.R., (2008), "The Influence of Meteorological Conditions on PM10 Concentrations in Kathmandu Valley. *Int. J. Environ. Res*, 2(1), pp.49-60.
- Grivas, G., Athanasopoulou, E., Kakouri, A., Bailey, J., Liakakou, E., Stavroulas J., Gerasopoulos, E. (2020), "Integrating in Situ Measurements and City Scale Modelling to Assess the COVID-19 Lockdown Effects on Emissions and Air Quality in Athens, Greece. *Atmosphere*", 11(11). Doi:10.3390/Atmos1111174.
- Gummeneni, S., Yusup, Y. B., Chavali, M., & Samadi, S. Z., (2011), "Source Apportionment of Particulate Matter in the Ambient Air of Hyderabad City, India *Atmospheric Research*", 101(3), pp.752-764. Doi:10.1016/J.Atmosres.2011.05.002.
- Gunnar W. Schade, A. G. R., (2018), "Source Apportionment of Non-Methane Hydrocarbons, Nox and H2S Data From A Central Monitoring Station in the Eagle Ford Shale, Texas", *ELEMENTA, Science of the Anthropocene*, 6, 35. Doi:10.1525/Journal.Elementa.289.
- Hall, D. L., Anderson, D. C., Martin, C. R., Ren, X., Salawitch, R. J., He, H., . . . Dickerson, R. R. (2020), "Using Near-Road Observations of CO, Noy, and CO2 to Investigate Emissions from Vehicles: Evidence for An Impact of Ambient Temperature and Specific Humidity", *Atmospheric Environment*, 232. Doi:10.1016/J.Atmosenv.2020.117558.



- Lockdown", *Global J. Environ. Sci. Manage*, pp.85-94.  
Doi:10.22034/GJESM.2019.06.SI.08.
- Mamun, M. A., Bhuiyan, A., & Manzar, M. D., (2020), "the First COVID-19 Infanticide-Suicide Case: Financial Crisis And Fear of COVID-19 Infection are the Causative Factors", *Asian J Psychiatr*, 54, 102365.  
Doi:10.1016/J.Ajp.2020.102365.
- Manenti, R., Mori, E., Di Canio, V., Mercurio, S., Picone, M., Caffi, M., Rubolini, D., (2020), "The Good, the Bad And The Ugly Of COVID-19 Lockdown Effects on Wildlife Conservation: Insights.  
Doi:10.1016/J.Biocon.2020.108728.
- McAloon ,C., Collins, A., Hunt, K., Barber, A., Byrne, A. W., Butler, F., More, S. J., (2020), "Incubation Period Of COVID-19: A Rapid Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Research", *BMJ Open*, 10(8), E039652. Retrieved From : [https:// www. Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Pubmed/32801208](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32801208).
- Mckibbin, W., & Fernando, R., (2021), "the Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios", *Asian Economic Papers*, 20(2), pp.1-30.  
Doi:10.1162/Asep\_A\_00796.
- Menut, L., Bessagnet, B., Siour, G., Mailler, S., Pennel, R., & Cholakian, A., (2020), "Impact of Lockdown Measures to Combat Covid-19 on Air Quality Over Western Europe", *Sci Total Environ*, 741, 140426.  
Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.140426.
- Muhammad, S., Long, X., & Salman, M., (2020), "COVID-19 Pandemic and Environmental Pollution: A Blessing in Disguise? *Sci Total Environ*", 728, 138820. Retrieved From [https://www. Ncbi.Nlm.Nih.Gov/Pubmed/32334164](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32334164).
- Patel, H., Talbot, N., Salmond, J., Dirks, K., Xie, S., & Davy, P., (2020), "Implications for Air Quality Management of Changes In Air Quality During Lockdown in Auckland (New Zealand) in Response to the 2020 SARS-Cov-2 Epidemic", *Sci Total Environ*, 746, 141129.  
Doi:10.1016/J.Scitotenv.2020.141129
- Pérez-Martínez, P. J., Miranda, R. M., Nogueira, T., Guardani, M. L., Fornaro, A., Ynoue, R., & Andrade, M. F., (2014), "Emission Factors of Air Pollutants From -Lawrence, S., Sokhi, R., & Ravindra, K., (2016), "Quantification of Vehicle Fleet PM10 Particulate Matter Emission Factors From Exhaust and Non-Exhaust Sources Using Tunnel Measurement Techniques", *Environ Pollut*, 210, pp.419-428.  
Doi:10.1016/J.Envpol.2016.01.011.
- Lawrence, S., Sokhi, R., Ravindra, K., Mao, H., Prain, H. D., & Bull, I. D., (2013), "Source Apportionment of Traffic Emissions of Particulate Matter Using Tunnel Measurements", *Atmospheric Environment* , 77, pp.548-557.  
Doi:10.1016/J.Atmosenv.2013.03.040.
- Lestari, P., & Mauliadi, Y. D., (2009), "Source Apportionment of Particulate Matter At Urban Mixed Site in Indonesia Using PMF", *Atmospheric Environment*, 43(10), pp.1760-1770.  
Doi:10.1016/J.Atmosenv.2008.12.044
- Li ,J., & Tartarini, F., (2020), "Changes In Air Quality During the COVID-19 Lockdown in Singapore and Associations with Human Mobility Trends", *Aerosol and Air Quality Research*, 20(8), pp.1748-1758.  
Doi:10.4209/Aaqr.2020.06.0303.
- Lin, C. Y., Jeng, Y. L., Wi, C. S & ,Wu, K. J., (2008), "Influences of Fuel Sulfur Content on Diesel Engine Emission Characteristics Under Varying Temperature and Humidity of Inlet Air, *Journal of Environmental Science and Health.Part A: Environmental Science and Engineering And Toxicology*, 31(4), pp.765-782.  
Doi:10.1080/10934529609376387.
- Lu, X., Yao, T., Li, Y., Fung, J. C. H., & Lau, A. K. H., (2016), "Source Apportionment And Health Effect of Nox Over the Pearl River Delta Region in Southern China", *Environ Pollut*, 212, pp.135-146.  
Doi:10.1016/J.Envpol.2016.01.056
- M Eghtedar Nezhad, O Bazrafshan, & Lari, A. S., (2016), "Adaptive Evaluation of SPI, RDI And SDI Indices in Analyzing the Meteorological and Hydrological Drought Characteristics (Case Study: Bam Plain)", *Journal of Soil and Water Knowledge At Tabriz*, 26, pp.69-81.
- M.H. Masum, & Pal, S. K., (2020), "Statistical Evaluation of Selected Air Quality Parameters Influenced By COVID-19

- Stephen R. Barnes, L.-P. B., Jason Huh, and Dongwoo Kim., (2020), "The Effect of COVID-19 Lockdown on Mobility and Traffic Accidents: Evidence from Louisiana", Global Labor Organization (GLO).
- Suhaimi, N. F., Jalaludin, J., & Latif, M. T., (2020), "Demystifying A Possible Relationship Between COVID-19, Air Quality and Meteorological Factors: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia", *Aerosol and Air Quality Research*, 20(7), pp.1520-1529.  
Doi:10.4209/Aaqr.2020.05.0218.
- T.J. Barlow, S. Latham, I.S. Mccrae, & Boulter, P. G., (2009), "A Reference Book of Driving Cycles for Use in the Measurement of Road Vehicle Emissions", Department for Transport, Cleaner Fuels & Vehicles.
- Tian, S. L., Pan, Y. P., & Wang, Y. S., (2016), "Size-Resolved Source Apportionment of Particulate Matter in Urban Beijing During Haze and Non-Haze Episodes", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(1), pp.1-19.  
Doi:10.5194/Acp-16-1-2016.
- Tropea, M., & De Rango, F., (2020), "COVID- 19 In Italy :Current State, Impact and ICT Based Solutions", *IET Smart Cities*, 2(2), pp.74-81.  
Doi:10.1049/Iet-Smc.2020.0052.
- Vardoulakis, S., & Kassomenos, P., (2008), "Sources and Factors Affecting PM10 Levels in Two European Cities: Implications for Local Air Quality Management", *Atmospheric Environment*, 42(17), pp.3949-3963.  
Doi:10.1016/J.Atmosenv.2006.12.021.
- Viana, M., Kuhlbusch, T. A. J., Querol, X., Alastuey, A., Harrison, R. M., Hopke, P. K., Hitzenberger, R., (2008), "Source Apportionment of Particulate Matter in Europe: A Review of Methods and Results", *Journal of Aerosol Science*, 39(10), pp.827-849.  
Doi:10.1016/J.Jaerosci.2008.05.007.
- Vuong, Q. T., Thang, P. Q., Park, M. K., & Choi, S. D., (2020), "Effects of the COVID-19 Lockdown on Criteria Air Pollutants in the City of Daegu, the Epicenter of South Korea's Outbreak", *Environ Sci Pollut Res Int*, 27(36), pp.45983-45991.  
Doi:10.1007/S11356-020-11360-4.
- Vehicles Measured Inside Road Tunnels in São Paulo: Case Study Comparison", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(8), pp.2155-2168.  
Doi:10.1007/S13762-014-0562-7.
- Platitas Reizle, Park Donghyun, Pagaduan Jesson, Osewe Patrick, Noy Ilan, Ferrarini Benno, Abdul, A., (2020), "The Economic Impact of The COVID-19 Outbreak on Developing Asia", *ADB BRIEFS*.
- Rahman, M. A., Zaman, N., Asyhari, A. T., Al-Turjman, F., Alam Bhuiyan, M. Z., & Zolkipli, M. F., (2020), "Data-Driven Dynamic Clustering Framework for Mitigating the Adverse Economic Impact of Covid-19 Lockdown Practices", *Sustain Cities Soc*, 62, 102372. Doi:10.1016/J.ScS.2020.102372.
- Reza Bayat, Ayoob Torkian, Mohammad Ali Najafi, Mohammad H. Askariyeh, & Arhami, M., (2012), "Source Apportionment of Tehran's Air Pollution By Emissions Inventory".
- Rossi, R., Soggi, V., Talevi, D., Mensi, S., Niolu, C., Pacitti, F., Di Lorenzo, G., (2020), "COVID-19 Pandemic and Lockdown Measures Impact on Mental Health Among the General Population in Italy", *Front Psychiatry*, 11, 790.  
Doi:10.3389/Fpsyt.2020.00790.
- Rumpler, R., Venkataraman, S., & Goransson, P., (2020), "An Observation Of the Impact of Covid-19 Recommendation Measures Monitored Through Urban Noise Levels in Central Stockholm", *Sweden, Sustain Cities Soc*, 63, 102469.  
Doi:10.1016/J.ScS.2020.102469.
- Singh, V., Singh, S., Biswal, A., Kesarkar, A. P., Mor, S., & Ravindra, K., (2020), "Diurnal and Temporal Changes in Air Pollution During COVID-19 Strict Lockdown Over Different Regions of India. *Environ Pollut*", 266(Pt 3), 115368. Doi:10.1016/J.Envpol.2020.115368.
- Staehelin, J., Keller, C., Stahel, W., & Schlöpfer, K., And Wunderli, S., (1998), "Emission Factors From Road Traffic From A Tunnel Study (Gubrist Tunnel, Switzerland)", Part III: Results of Organic Compounds, SO<sub>2</sub> and Speciation of Organic Exhaust Emission. *Atmospheric Environment*, 32, pp.999-1009.

- Zipursky, J. S., & Redelmeier, D. A., (2020), "Mobility and Mortality During the COVID-19 Pandemic", *J Gen Intern Med*, 35(10), pp.3100-3101.  
Doi:10.1007/S11606-020-05943-7.
- Zipursky, J. S., & Redelmeier, D. A., (2021), "Association Between Driving in the Summer and COVID-19 Mortality in the Autumn", *J Gen Intern Med*. Doi:10.1007/S11606-021-07074-Z.
- Zong, Z., Tan, Y., Wang, X., Tian, C., Li, J., Fang, Y., Zhang, G., (2020), "Dual-Modelling-Based Source Apportionment of Nox in Five Chinese Megacities: Providing the Isotopic Footprint from 2013 to 2014", *Environ Int*, 137, 105592.  
Doi:10.1016/J.Envint.2020.105592.
- Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., & Tautan, M. N., (2020), "Assessing the Relationship Between Ground Levels of Ozone (O<sup>3</sup>) and Nitrogen Dioxide (NO<sup>2</sup>) With Coronavirus (COVID-19) in Milan, Italy", *Sci Total Environ*, 740, 140005. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32559534>.  
<https://civilica.com/doc/754654>.
- Worldweather Online.Com., (2021), "Chalus Climate Weather Averages", [Online] Available at: [Accessed 8 September 2021].
- Wang, H., Chen, C., Huang, C., & Fu, L., (2008), "On-Road Vehicle Emission Inventory and its Uncertainty Analysis For Shanghai , China. *Sci Total Environ*", 398(1-3), pp.60-67.  
Doi:10.1016/J.Scitotenv.2008.01.038.
- Wang, M., Liu, F., & Zheng, M., (2020), "Air Quality Improvement from COVID-19 Lockdown: Evidence from China", *Air Qual Atmos Health*, pp.1-14.  
Doi:10.1007/S11869-020-00963-Y
- Yang, L., Dai, J., Zhao, J., Wang, Y., Deng, P., & Wang, J., (2020), "Estimation of Incubation Period and Serial Interval of COVID-19: Analysis of 178 Cases and 131 Transmission Chains in Hubei Province, China. *Epidemiol Infect*", 148, E117.  
Doi:10.1017/S0950268820001338.
- Yarragunta, Y., Srivastava, S., Mitra, D., & Chandola, H. C., (2021), "Source Apportionment of Carbon Monoxide Over India: A Quantitative Analysis Using MOZART-4", *Environ Sci Pollut Res Int*, 28(7), pp.8722-8742.  
Doi:10.1007/S11356-020-11099-Y.

# Determining the Effect of Traffic Management and Control Strategies on the Pattern of Suburban Travel during the Outbreak of Corona Virus

*Shahriar Afandizadeh, Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*Mahammad Mahdi Farajolahi, M.Sc., Student, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail: zargari@iust.ac.ir*

Received: September 2022- Accepted: February 2023

## **ABSTRACT**

After The Emergence of the COVID-19 Virus, Beyond the Inappropriate Aspects of the Contagion of the Virus, the Effects on the Global Society Have Been Appeared. Changes in Mental Health, Social Relations, Lifestyle, Transportation, Income, Living Motivation, Etc. Has Been Investigated in Various Researches. In this Study, the Effects of COVID-19 Contagion on Changes in Traffic Volume, Modes, Air Pollutions Such as Particulate Matter (PM), Sulphur Oxides (Sox), Carbon Monoxide (CO), and Nitrogen Oxides (NOx) For Karaj-Chau's Corridor, is Investigated by SPSS Using Pearson Correlation and Cross-Correlation, And Multivariate Regression. in Addition, the Effects of Control and Management Policies Against Corona Virus Contagion on Each Aforementioned Parameters Were Evaluated. The Results of this Study Showed That, During the Peak Period of the COVID-19 Contagion, the Traffic Volume is accompanied with A Significant Reduction as Well as the Amount of Generated Pollutants. However, After A Short Time Elapsed Since the Peak of Both the Contagion and the Lockdown, Traffic Volume Increased Even More Than Pre-COVID Period. Moreover, the Analysis of Transport Mode Changes and The Heavy Vehicles' Pollution Showed That Traffic Restrictions and Fines for Non-Domestic Passengers, Despite Higher Risk of Infection, Augmented The Interest of Travelling with Suburban Buses. Cross-Correlation Analysis Showed After 20 Days of Entering Higher Amount of Vehicles to Mazandaran District, Corvid Cases Increased Respectively.

**Keywords:** Control and Management Strategies, Covid-19, Effectiveness, Pollution, Subway Travel