

اثر همه گیری کووید-۱۹ بر آلاینده دی اکسید نیتروژن در پنج پناهگاه حیات وحش و شهرهای بزرگ مجاور آنها در ایران

- محمد شجاع الدینی*: آموزشکده کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران
- اشکان موسویان: آموزشکده کشاورزی شهریار، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان تهران، ایران
- سیامک یوسفی سیاه‌کلرودی: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، پیشوا، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۹

چکیده

این مطالعه با هدف تعیین اثر بروز همه‌گیری کووید-۱۹ و محدودیت‌های اجتماعی ناشی از آن بر تغییرات سطوح آلاینده دی اکسید نیتروژن در پنج پناهگاه حیات وحش ایران شامل حیدری، میانکاله، قمیشلو، بختگان و شادگان و پنج کلان‌شهر نزدیک به آنها به ترتیب شامل مشهد، ساری، اصفهان، شیراز و اهواز و مقایسه این داده‌ها با اطلاعات دوره زمانی مشابه سال قبل از بروز همه‌گیری انجام شد. داده‌های مورد نیاز پایش جوی از پایگاه اطلاعات ناسا در فاصله زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن ۲۰۱۹ و هم‌چنین برای ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن ۲۰۲۰ دریافت شد و در نرم‌افزارهای پایتون، متلب و مینی‌تب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تحلیل آماری نشان داد که میانگین سطوح آلاینده در سال‌های ۲۰۱۹ بین کلان‌شهرها و بین پناهگاه‌ها اختلاف معنی‌دار داشت در حالی که در سال ۲۰۲۰ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که کووید-۱۹ اثر محسوسی را در کاهش مقدار دی اکسید نیتروژن در شهر ساری و پناهگاه میانکاله داشته است. مقدار این آلاینده برای پناهگاه شادگان و شهر اهواز در سال ۲۰۲۰ کم‌تر از ۲۰۱۹ بوده است ولی برای پناهگاه شادگان تفاوت چندانی نداشته است. محدودیت‌های اجتماعی ناشی از بیماری کووید ۱۹ بر روی مقدار دی اکسید نیتروژن کلان‌شهر مشهد اثر کاهشی قابل توجه داشته است به طوری که مقدار این آلاینده در بازه سه ماهه مورد مطالعه به طور میانگین ۴۴ درصد کاهش یافته است اما به دلیل کمبود اطلاعات در مورد پناهگاه حیدری نمی‌توان برای کل دوره سه ماهه قضاوت کرد. دی اکسید نیتروژن در پناهگاه بختگان در سه ماهه سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ تغییر محسوسی نداشته است هرچند در شهر شیراز تا روز ۱۳ آوریل هم‌زمان با ۲۴ فروردین ماه، مقدار دی اکسید نیتروژن در اثر بیماری کووید ۱۹ کاهش محسوسی داشته است ولی از ۱۳ آوریل به بعد، مقدار این آلاینده با وجود بیماری کووید ۱۹ بیش‌تر از سال قبل بوده است. انجام مطالعات بیش‌تر برای شناسایی اثرات محدودیت‌کننده ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ بر وضعیت سایر آلاینده‌های جوی در پناهگاه‌های حیات وحش ایران پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: کووید-۱۹، سنجش تروپوسفری، دی اکسید نیتروژن، پناهگاه حیات وحش، کلان‌شهر



مقدمه

شیوع و گسترش همه‌گیری جهانی بیماری کووید-۱۹ باعث مجموعه اقدامات ملی و بین‌المللی در کشورها و هم‌چنین اعلام وضعیت آماده باش بین‌المللی سلامت توسط سازمان بهداشت جهانی شده است که این اقدامات در بسیاری از کشورهای جهان در برگیرنده محدودیت‌های سفر، در خانه ماندن و نیز قرنطینه شهرها است. شدیدترین و مهم‌ترین قرنطینه‌ها مربوط به استان هوبئی در چین (Woodyatt و Griffiths، ۲۰۲۰) و ایتالیا (Horowitz، ۲۰۲۰) بوده است و اجرای آن‌ها همراه با برخی محدودیت‌های داوطلبانه در سایر کشورها ممکن است منجر به ایجاد اختلال در فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی و حتی بروز خطر رکود جهانی شود (Leggett، ۲۰۲۰). اکسیدهای نیتروژن (NO_x) شامل اکسیدنیتروژن (NO) و دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) به علت نقش کاتالیزور در تشکیل آزون جوی و پیش‌سازهای ترکیبات آلی فرار ثانویه به عنوان عوامل اصلی کاهش کیفیت هوا در شهرها و مناطق صنعتی مطرح هستند (Atkinson و همکاران، ۲۰۱۸). بیش‌ترین مقدار دی‌اکسید نیتروژن در اثر فعالیت‌های انسانی مانند احتراق سوخت در خودروها تولید می‌شود که حدود ۶۵ درصد انتشار اکسیدهای نیتروژن را تشکیل می‌دهد. مابقی مقادیر این آلاینده در اثر آتش‌سوزی جنگل‌ها، رعد و برق و متصاعد شدن این گاز از خاک به هوا وارد می‌شود. در اکثر کشورها، به دلیل ارتباط مستقیم این آلاینده با فعالیت‌های انسانی در شهرها، سطوح دی‌اکسید نیتروژن یک چرخه تغییرات هفتگی را نشان می‌دهد که حداقل آن در روزهای تعطیل رسمی ثبت شده است (Beirle و همکاران، ۲۰۰۳). آلاینده‌های جوی از جمله دی‌اکسید نیتروژن دارای بیش‌ترین ظرفیت در اثر بر حیات وحش هستند و از لحاظ نحوه اثرشان به چهار گروه تقسیم می‌شوند (Newman و همکاران، ۱۹۹۲): ۱- آلاینده‌های جوی شامل گازهای منتشر شونده اولیه از جمله دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن، آمونیاک، کلر و مشتقات اسیدی آن، ۲- ترکیبات آلی فرار، یون‌های غیرفلزی، عناصر کمیاب و ذرات رادیو اکتیو ۳- اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی شامل آلاینده‌های ثانویه (آزون و PAN) و پیش‌سازهای آن‌ها، ۴- دیگر ترکیبات آلی مانند آفت‌کش‌های شیمیایی هوازا. اکسیدهای گوگرد و نیتروژن آلاینده‌های اصلی اسیدی کننده هوا هستند و حدود ۳۱ درصد از کل آلاینده‌های گازی ساطع شده در ایالات متحده را تشکیل می‌دهند. اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی محصول واکنش‌های جوی پیش‌سازهای منتشر شده از جمله دی‌اکسید نیتروژن خارج شده از خودروها و منابع ساکن سوزاننده سوخت‌های فسیلی (مناطق صنعتی) هستند. مسیرهای اولیه تماس حیوانات به این آلاینده‌ها از طریق تنفس، جذب و خورده شدن (بلع) هستند. این آلاینده‌ها تحولات پیچیده شیمیایی و مسیرهای

انتقال کوتاه و یا طولانی به سایت‌های گیرنده خود در جانوران و اجزای دیگر حیات وحش را دارا هستند. جذب آلاینده‌های هوا از طریق چسبندگی آن‌ها به سطوح خارجی یا غشاها به عنوان مثال به قرینه چشم در پستانداران انجام می‌شود (Newman و همکاران، ۱۹۹۲). دی‌اکسید نیتروژن (NO_2) برای تنفس انسان و سایر جانوران مضر است و یک ماده ضروری برای تشکیل سطوح زیان‌بار آزون در سطح زمین است. داده‌های حاصل از سنجش از راه دور ماهواره‌ای آزون (OMI) Ozone Monitoring Instrument در پایگاه اطلاعات سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا (ناسا) از سال ۲۰۰۴ میلادی آغاز کرده است که این اطلاعات در انواع مختلفی از کاربردهای سلامتی و کیفیت هوا مورد استفاده قرار گرفته است. پس از آن، دستگاه پردازنده TROPOMI-Sentinel-5P در سال ۲۰۱۷ راه‌اندازی شده است که به لحاظ وضوح مکانی پیشرفت چشمگیری نسبت به ابزار OMI دارد. کاهش قابل توجه دی‌اکسید نیتروژن جوی در شهرها هم‌چنین در تعطیلات عمومی مانند سال نو چینی گزارش شده است (Tan و همکاران، ۲۰۰۹) به دلیل اثرات مضر بر سلامت انسان، انتشار دی‌اکسید نیتروژن و سایر آلاینده‌ها در بسیاری از کشورها دارای مقررات خاص است. پایش ماهواره‌ای بلندمدت ستون‌های این گاز در تحقیقات دیگری برای ارزیابی اثربخشی راهبردهای کاهش بلندمدت آلاینده‌های شهری مورد استفاده قرار گرفته است (Bouwens و همکاران، ۲۰۲۰؛ De-Foy و همکاران، ۲۰۱۶؛ Duncan و همکاران، ۲۰۱۶). اولین بار در ۱۹۸۷ کنگره آمریکا در کتاب پناهگاه ملی حیات وحش قطب شمال، آلاسکا گزارش کرد که سطوح دی‌اکسید نیتروژن شهرهای لس‌آنجلس و نیویورک به ترتیب شش برابر و چهار برابر بیش‌تر از منطقه حفاظت شده خلیج پرودهو واقع در آلاسکا است. در آن زمان، استاندارد ملی حد بحرانی دی‌اکسید نیتروژن در این کشور معادل ۱۰۰ میکروگرم دی‌اکسید نیتروژن بر متر مکعب بوده است و میانگین سالانه این آلاینده برای شهرهای لس‌آنجلس، نیویورک و واشنگتن و پناهگاه حیات وحش قطب پرودهو به میزان ۱۱۸، ۶۸، ۷۴ و ۱۵ بوده است (Anonymous، ۱۹۸۷). Sherwood و همکاران (۲۰۰۲) در کتاب حیات وحش و جاده‌ها: اثرات اکولوژیکی، به بیان مخاطرات آلاینده‌های ناشی از خودروها از جمله دی‌اکسید نیتروژن، ذرات معلق، ترکیبات آلی فرار، دی‌اکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و سرب پرداخت و چنین نوشت که غلظت دی‌اکسید نیتروژن در فواصل نزدیک شهرها می‌تواند برای اثر نامطلوب بر جمعیت‌های حساس زیستگاه‌ها موثر باشد و این آسیب منحصرأ مربوط به اثر مستقیم آن بر پوشش گیاهی نیست بلکه از طریق ایجاد حساسیت در آلودگی به خسارت آفات، آلودگی‌های قارچی و حساسیت به استرس‌های محیطی است. در جنوب انگلستان، Gadsdon و Power (۲۰۰۹) غلظت دی‌اکسید نیتروژن را

در یک منطقه حفاظت شده در مسافت های مختلف از شبکه راه های محلی اندازه گیری کردند. مقادیر این آلاینده تقریباً در همه مناطق کنار جاده ها بیش تر از سطوح بحرانی بود. مطالعه این محققان نشان داد که ترافیک جاده ای به میزان قابل توجهی در افزایش سطوح این آلاینده ها در حیات وحش موثر است و بنابراین پایش آلاینده ها به صورت نقطه ای در هر منطقه پناهگاه های حیات وحش ضروری است. Gautam (۲۰۲۰) اثرات کووید-۱۹ را بر کیفیت هوای چند شهر در کشورهای آسیایی و اروپایی گزارش کرد. Yigit-Avdan و Kaplan (۲۰۲۰) وضعیت آلاینده دی اکسید نیتروژن را در ماه اول ظهور همه گیری کووید-۱۹ برای چند شهر بزرگ ترکیه گزارش کرد. هدف از این تحقیق مطالعه اثر بروز همه گیری کووید-۱۹ و محدودیت های اجتماعی ناشی از آن بر تغییرات سطوح آلاینده دی اکسید نیتروژن در پنج پناهگاه حیات وحش اصلی ایران که در نزدیکی شهرهای بزرگ قرار دارند و مقایسه این داده ها با اطلاعات دوره مشابه در سال گذشته است.

مواد و روش ها

داده های ستونی (Column Data) دی اکسید نیتروژن:

داده های مورد نیاز پایش جوی تروپومی (Tropospheric = TROPOMI Monitoring Instrument) از پایگاه اطلاعات ناسا در یک فاصله زمانی مشابه برای سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ (۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن ۲۰۱۹ و همچنین برای ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن ۲۰۲۰) دریافت شد. تروپومی یک

طیف سنج اندازه گیری کننده چندطیفی (اشعه ماوراء بنفش، نور مرئی، نزدیک مادون قرمز و مادون قرمز موج کوتاه) است که از اندازه گیری تشعشعات خورشیدی منعکس شده یا منتشر شده از سطح زمین و جو (اتمسفر) به فضا برای بازیابی مقادیر گازهای مختلف جوی از جمله دی اکسید نیتروژن به کار می رود. اندازه گیری گازهای جوی و ذرات معلق در هوا، داده ستونی است به این معنی که آن ها عمق کامل جو را پوشش می دهند. ماهواره کوپرنیک Sentinel-5P مجهز به ابزار تروپومی در ۱۳ اکتبر ۲۰۱۷ با موفقیت به فضا پرتاب شده است. تروپومی هر روز پوشش جهانی کامل دارد و وضوح آن $7 \times 3/5$ کیلومتر مربع است. به دلیل وضوح مناسب، مشاهدات تروپومی برای برآورد غلظت آلاینده ها و انتشار آلاینده ها در مقیاس شهرهای کوچک، نیروگاه ها، آتش سوزی ها و زیرساخت های مهم از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اولین داده های میدانی دی اکسید نیتروژن از ژوئیه ۲۰۱۸ عرضه شده اند.

موقعیت و زمان داده برداری: از بین مجموعه پناهگاه های حیات وحش ثبت شده ایران، پنج پناهگاه اصلی شامل حیدری، میانکاله، قمیشلو، بختگان و شادگان که به ترتیب دارای کم ترین فاصله جغرافیایی نسبت به شهرهای بزرگ مشهد، ساری، اصفهان، شیراز و اهواز هستند، انتخاب شدند (جدول ۱). مختصات جغرافیایی مرکز هر پناهگاه به همراه مختصات جغرافیایی مرکز شهرهای بزرگ برای دریافت داده های تروپومی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱: اطلاعات پناهگاه های حیات وحش و کلان شهرهای نزدیک آن ها

پناهگاه حیات وحش	کلان شهر مجاور	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	فاصله مرکز کلان شهر از مرکز پناهگاه (کیلومتر)
حیدری	مشهد	۵۸,۶۵۰۰۹	۳۶,۵۱۶۵۴	۹۱
میانکاله	ساری	۵۳,۹۳۶۰۲	۳۶,۹۱۴۷۴	۸۷
قمیشلو	اصفهان	۵۱,۰۶۸۶۳	۳۲,۹۹۳۸۱	۶۷
بختگان	شیراز	۵۴,۰۲۷۲۸	۲۹,۲۴۷۶۹	۱۴۵
شادگان	اهواز	۴۸,۴۱۶۰۳	۳۰,۷۰۳۴۹	۷۲

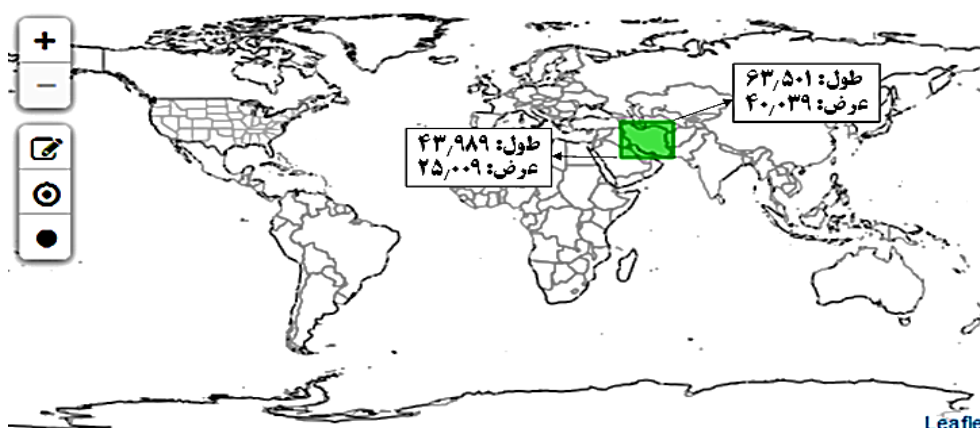
روش تجزیه، تبدیل و تحلیل داده ها: در ابتدا داده های دی اکسید نیتروژن با فرمت netCDF تنها متعلق به کشور ایران (شکل ۱) در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در نرم افزار پایتون (Python Version 3.7) نسخه ۳/۷ خوانش شد. سپس به منظور تحلیل، این داده ها یک به یک به نرم افزار متلب (MATLAB) نسخه R2014a منتقل شدند. داده های سنسج از راه دور ستون دی اکسید نیتروژن برای ساعتی از روز که باید تحت تحلیل قرار می گرفت، بدین صورت بود که مقادیر دی اکسید نیتروژن به دلیل محدودیت های سامانه اندازه گیری، برای تمامی نقاط از پهنه کشور ایران در دسترس

داده های سنسج از راه دور ستون دی اکسید نیتروژن برای دوره زمانی بروز همه گیری کووید-۱۹ در ایران یعنی از تاریخ ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ (قبل از نوشتن و انتشار این مقاله) از پایگاه اطلاعات ناسا با فرمت netCDF (nc) مشتمل بر مختصات جغرافیایی و تاریخ و زمان اندازه گیری دریافت شد. به منظور حذف اثرات ناشی از تغییرات ساعات اداری و تغییر تعداد سفرهای شهری بر میزان آلاینده دی اکسید نیتروژن در طی هر شبانه روز، فقط از داده متعلق به بازه زمانی ۰۹:۰۰ صبح $\pm$ ۱ ساعت استفاده شد.



است، استفاده شد (De Boor, ۲۰۰۴؛ Turner, ۲۰۰۱). در مکان‌های مورد تحلیل در بعضی از زمان‌ها به دلیل آن که هیچ داده‌ای در پیرامون آن منطقه ثبت و اندازه‌گیری نشده بود، مقدار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن گزارش نشد. تحلیل آماری به روش تجزیه واریانس یک‌طرفه در نرم‌افزار Minitab-19 برای مقایسه سطوح آلاینده در بین پناهگاه‌ها و هم‌چنین در بین کلان‌شهرها در طی سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ انجام شد.

نیود به‌طور مثال در تاریخ ۱۹ فوریه ۲۰۲۰ ساعت ۰۹ صبح، مقادیر دی‌اکسید نیتروژن برای ۹۰ هزار نقطه جغرافیایی مختلف از کشور ایران اندازه‌گیری و ثبت شده بود که ممکن است برای نقاط دقیق جغرافیایی مورد نظر این تحقیق، مقدار این آلاینده اندازه‌گیری نشده باشد. به‌منظور به‌دست آوردن مقادیر آلاینده دی‌اکسید نیتروژن برای نقاط مدنظر، از الگوریتم درون‌یابی مکعبی (Cubic Interpolation، درجه ۳) که یکی از روش‌های مرسوم برای تعیین مقادیر بین بازه‌ای

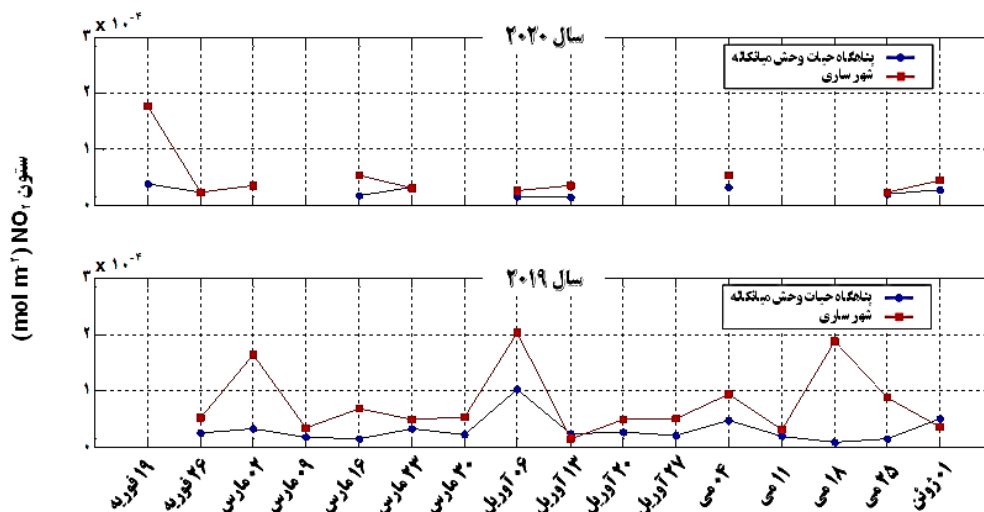


شکل ۱: انتخاب محدوده اطلاعات سنجش از راه دور آلاینده‌گی در پایگاه اطلاعات ناسا به مختصات جغرافیایی ایران

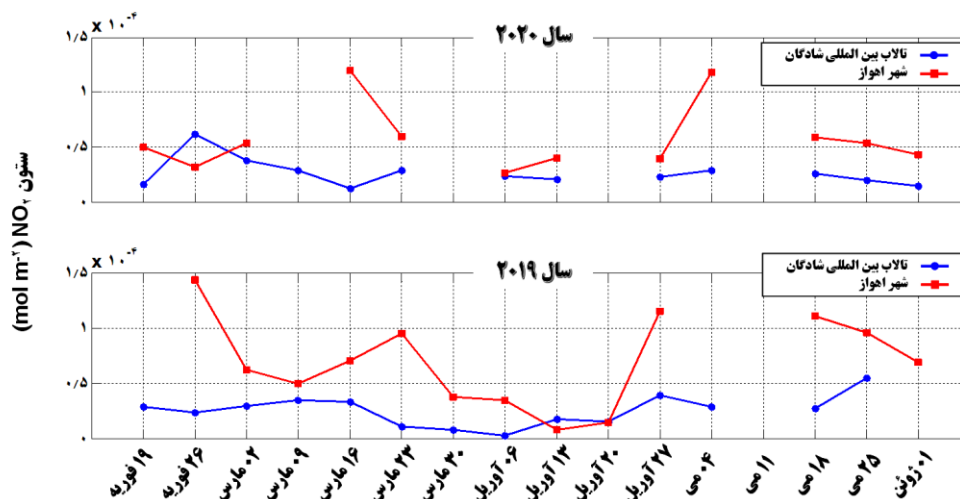
نتایج

۲۰۱۹ است. تغییرات مقدار ستون دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات‌وحش شادگان و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر اهواز در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، در شکل ۳ نشان داده شده است. در روزهای مشابه، مقدار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به‌طور میانگین برای پناهگاه شادگان و شهر اهواز در سال ۲۰۲۰ کم‌تر از ۲۰۱۹ است. شکل ۴، تغییرات مقدار ستون دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات وحش حیدری و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر مشهد در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که اندازه‌گیری مقادیر دی‌اکسید نیتروژن در این مناطق به‌طور محدودتری انجام شده است، دیده می‌شود که در برخی از روزها مقداری از این آلاینده گزارش نشده است. تغییرات مقدار ستون دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات‌وحش بختگان و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر شیراز در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که مقدار دی‌اکسید نیتروژن پناهگاه بختگان در سه ماهه سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ تغییر محسوسی نداشته است. برای شهر شیراز تا روز ۱۳ آوریل مقارن با ۲۴ فروردین ماه، مقدار دی‌اکسید نیتروژن کاهش محسوسی داشته است ولی از ۱۳ آوریل به بعد، مقدار این آلاینده در روز ۰۱ ژوئن ۲۰۲۰ به بیش‌ترین مقدار خود یعنی ۹۵ درصد رسید.

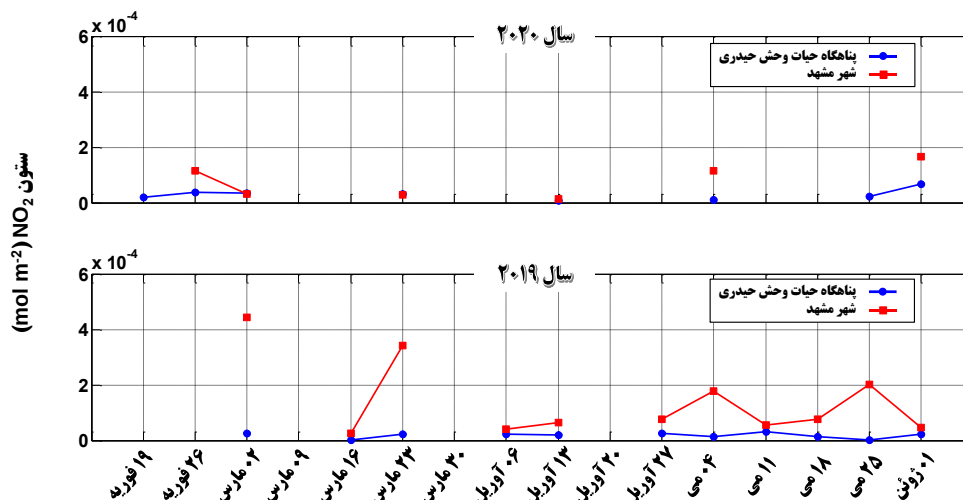
شکل ۲، تغییرات مقدار ستون دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات وحش میانکاله و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر ساری در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل دیده می‌شود که کووید-۱۹ اثر محسوسی را در کاهش مقدار دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری داشت. هم‌چنین در این بازه زمانی حدوداً ۳ ماهه، بیشینه مقدار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری هر دو در روز ۰۶ آوریل ۲۰۱۹ مقارن با ۱۷ فروردین ۱۳۹۸ رخ داد. اما یک‌سال بعد در همین روز یعنی ۰۶ آوریل ۲۰۲۰ مقارن با ۱۸ فروردین ۱۳۹۹، مقدار دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری به‌ترتیب حدوداً ۸۴ و ۸۷ درصد کاهش یافته است. هم‌چنین در این شکل دیده می‌شود که تغییرات مقدار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله از شهر ساری تبعیت می‌کند. تغییرات مقدار ستون دی‌اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات‌وحش شادگان و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر اهواز در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، در شکل ۳ نشان داده شده است. در روزهای مشابه، مقدار آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به‌طور میانگین برای پناهگاه شادگان و شهر اهواز در سال ۲۰۲۰ کم‌تر از



شکل ۲: نمودار تغییرات ستون دی اکسید کربن پناهگاه میانکاله و کلانشهر ساری در بازه زمانی سه ماهه سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹



شکل ۳: نمودار تغییرات ستون دی اکسید کربن پناهگاه شادگان و کلان شهر اهواز در بازه زمانی سه ماهه سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹

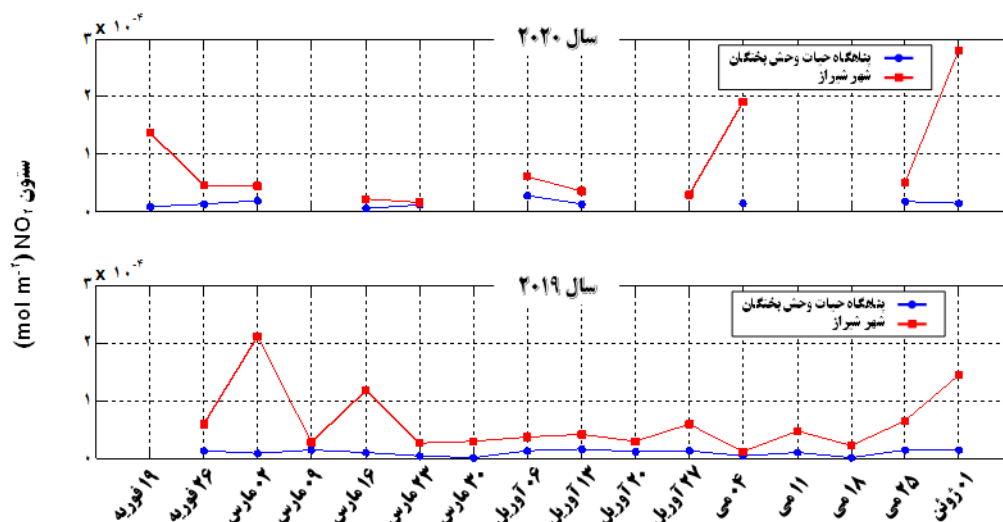


شکل ۴: نمودار تغییرات ستون دی اکسید کربن پناهگاه حیدری و کلان شهر مشهد در بازه زمانی سه ماهه سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹

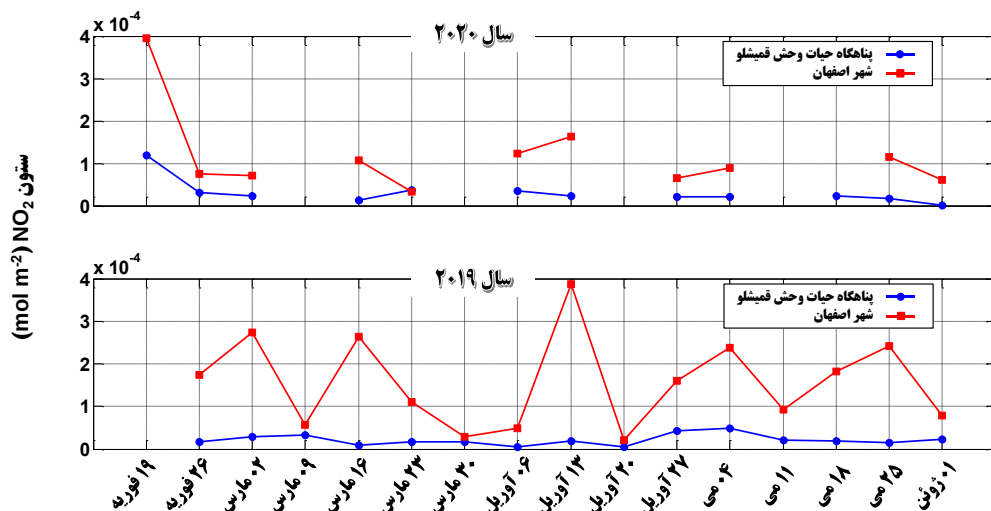


دی اکسید نیتروژن شهر اصفهان از مقدار 0.00039 مول بر مترمربع به 0.00016 مول بر مترمربع معادل یعنی حدود ۶۰ درصد کاهش یافت. همچنین با توجه به روند نمودار تغییرات دی اکسید نیتروژن برای سال ۲۰۱۹، دیده می‌شود که روند تغییرات این آلاینده برای پناهگاه قمیشلو از روند تغییرات آلاینده شهر اصفهان تبعیت کرده است.

شکل ۶، تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات‌وحش قمیشلو و کلان‌شهر نزدیک به آن یعنی شهر اصفهان در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. در این شکل ملاحظه می‌شود که مقدار دی اکسید نیتروژن برای شهر اصفهان به شدت کاهش یافت ولی برای پناهگاه قمیشلو اثر کاهشی محسوسی نداشت. در روز ۱۳ آوریل هم‌زمان با ۲۴ فروردین،



شکل ۵: نمودار تغییرات ستون دی اکسید کربن پناهگاه بختگان و کلان‌شهر شیراز در بازه زمانی سه ماهه سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹



شکل ۶: نمودار تغییرات ستون دی اکسید کربن پناهگاه قمیشلو و کلان‌شهر اصفهان در بازه زمانی سه ماهه سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۱۹

جدول ۲: نتایج آزمون تجزیه واریانس یک طرفه بین پناهگاه‌های حیات وحش و بین کلانشهرهای مجاور

سال	مقایسه	df	f-value	p-value
۲۰۱۹	بین پناهگاه‌ها	۴	۲/۶۳	۰/۰۴۸
	بین کلان‌شهرها	۴	۲/۶۳	۰/۰۴۹
۲۰۲۰	بین پناهگاه‌ها	۴	۱/۰۳	۰/۴۰۹
	بین کلان‌شهرها	۴	۱/۰۰	۰/۴۲۸



مشهد اثر کاهش چشمگیری داشته (شکل ۴)، به طوری که مقدار این آلاینده در این بازه سه ماهه به طور میانگین ۴۴ درصد کاهش یافته است. شایان ذکر است که به دلیل کمبود اطلاعات پناهگاه حیدری، نمی توان در این خصوص اظهار نظر کرد. تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات وحش بختگان و کلان شهر نزدیک به آن یعنی شهر شیراز در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، نشان داد که مقدار دی اکسید نیتروژن پناهگاه بختگان در سه ماهه سال ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ تحت تاثیر همه گیری کووید ۱۹ تغییر محسوسی نداشته است (شکل ۵). برای شهر شیراز تا روز ۱۳ آوریل مقارن با ۲۴ فروردین ماه، مقدار دی اکسید نیتروژن در اثر بیماری کووید ۱۹ کاهش محسوسی داشته است ولی از ۱۳ آوریل به بعد، مقدار این آلاینده با وجود بیماری کووید ۱۹ حتی بیش از سال قبل شده است که این افزایش در روز ۰۱ ژوئن ۲۰۲۰ به بیش ترین مقدار خود یعنی ۹۵ درصد رسید که احتمالاً به دلیل قرارگیری این روز در هفته تعطیلات خردادماه ۱۳۹۹ بوده است که علی رغم وجود این بیماری خطرناک، در برخی مناطق کشور، مسافرت های پر از دحامی اتفاق افتاد که البته شهر شیراز نیز از این موضوع مستثنی نبود. بررسی تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات وحش قمیشلو و کلان شهر نزدیک به آن یعنی شهر اصفهان در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نشان داد که در اثر بیماری کووید ۱۹ مقدار دی اکسید نیتروژن برای شهر اصفهان به شدت کاهش یافت ولی برای پناهگاه قمیشلو اثر کاهشی محسوسی نداشت (شکل ۶). در روز ۱۳ آوریل هم زمان با ۲۴ فروردین، دی اکسید نیتروژن شهر اصفهان حدود ۶۰ درصد کاهش یافت. هم چنین با توجه به روند نمودار تغییرات دی اکسید نیتروژن برای سال ۲۰۱۹ (شکل ۶)، دیده می شود که روند تغییرات این آلاینده برای پناهگاه قمیشلو از روند تغییرات آلاینده شهر اصفهان تبعیت کرده است. بنابراین کلان شهر اصفهان می تواند یکی از مؤثرترین عوامل در تعیین مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن پناهگاه قمیشلو باشد. با توجه به نتایج تحلیل آماری انجام شده به نظر می رسد کاهش سطوح آلاینده ناشی از محدودیت های اعمال شده در سال ۲۰۲۰ باعث نزدیک شدن مقادیر میانگین آلاینده ها و معنی دار نشدن اختلاف آن ها در بین کلانشهرها و پناهگاه های مجاور آن ها بوده است. تحقیقات Bauwens و همکاران (۲۰۲۰) وضعیت مشابهی را در چین، اروپا، کره جنوبی و ایالات متحده در ژانویه تا آوریل سال ۲۰۲۰ براساس داده های با وضوح بالای ماهواره ای نشان داده است. این کاهش نه تنها از مقایسه سطح این آلاینده قبل و در حین محدودیت های قانونی آشکار است بلکه در مقایسه سطوح آن در سال ۲۰۲۰ با مدت مشابه آن در مدت مشابه در سال ۲۰۱۹ است. این کاهش عمدتاً به اقدامات محدود کننده فعالیت های انسانی علیه گسترش

تحلیل داده های سطوح آلاینده طی سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نشان داد که در سال ۲۰۱۹ میانگین سطوح آلاینده در بین هر دو کلان شهرها و پناهگاه های مجاور آن ها دارای اختلاف معنی دار بود در حالی که در سال ۲۰۲۰ تفاوت معنی داری بین پناهگاه ها و هم چنین در بین کلان شهرها مشاهده نشد (جدول ۲).

بحث

این تحقیق نشان داد که به دنبال اعمال محدودیت های حمل و نقل و سفر در شهرهای بزرگ ایران و پناهگاه های حیات وحش مجاور آن ها، کاهش استثنایی ستون دی اکسید نیتروژن رخ داده است. به طوری که بررسی تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ برای پناهگاه حیات وحش میانکاله و کلان شهر نزدیک به آن یعنی شهر ساری نشان داد که کووید-۱۹ اثر محسوسی را در کاهش مقدار دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری داشت (شکل ۲). هم چنین در این بازه زمانی حدوداً ۳ ماهه، بیشینه مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری هر دو در روز ۰۶ آوریل ۲۰۱۹ مقارن با ۱۷ فروردین ۱۳۹۸ رخ داد که احتمالاً به دلیل سفر و طبیعت گردی مردم در روز طبیعت می باشد. اما یک سال بعد در همین روز یعنی ۰۶ آوریل ۲۰۲۰ مقارن با ۱۸ فروردین ۱۳۹۹ که کشور ایران درگیر بیماری کووید ۱۹ بود، مقدار دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله و شهر ساری به ترتیب حدوداً ۸۴ و ۸۷ درصد کاهش یافته است. هم چنین در این شکل دیده می شود که تغییرات مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه میانکاله از شهر ساری تبعیت می کند. بررسی تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، نشان داد که در روزهای مشابه، مقدار آلاینده دی اکسید نیتروژن به طور میانگین برای پناهگاه شادگان و شهر اهواز در سال ۲۰۲۰ کم تر از ۲۰۱۹ است بدین معنی که کووید ۱۹ اثر کاهشی بر روی مقدار دی اکسید نیتروژن شهر اهواز داشته ولی برای پناهگاه شادگان تفاوت چندانی نداشته است (شکل ۳). البته شهرهای جنوبی کشور نظیر اهواز با تأخیر نسبت به شهرهای دیگر کشور، دچار همه گیری کووید ۱۹ شدند که نشان می دهد احتمالاً در بازه زمانی پس از ۰۱ ژوئن ۲۰۲۰، کاهش مقدار دی اکسید نیتروژن نسبت به زمان مشابه در سال قبل محسوس تر خواهد شد. تغییرات مقدار ستون دی اکسید نیتروژن برای پناهگاه حیات وحش حیدری و کلان شهر نزدیک به آن یعنی شهر مشهد در بازه زمانی ۱۹ فوریه تا ۰۱ ژوئن سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نشان داد که محدودیت های اجتماعی ناشی از بیماری کووید ۱۹ بر روی مقدار دی اکسید نیتروژن کلان شهر



۱۰. **Gautam, S., 2020.** COVID-19: air pollution remains low as people stay at home. *Air Quality, Atmosphere, & Health*, p.1.
۱۱. **Griffiths, J. and Woodyatt, A., 2020.** Wuhan coronavirus: Thousands of cases confirmed as China goes into emergency mode. CNN. Available from edition CNN.com/2020/01/26/asia/wuhancoronavirus-update-intl-hnk/index.html.
۱۲. **Horowitz, J., 2020.** Italy locks down much of the country's north over the coronavirus. *The New York Times* Retrieved from nytimes.com/2020/03/07/world/Europe/coronavirus-italy.html, Accessed 25 April 2020.
۱۳. **Kaplan, G. and Avdan Z.Y., 2020.** Short report covid-19: Spaceborne nitrogen dioxide over turkey. *Eskişehir technical university journal of science and technology A applied sciences and engineering*. Vol. 21, No. 2, pp: 251-255.
۱۴. **Leggett, T., 2020.** Coronavirus: Global growth 'could halve' if outbreak intensifies. BBC. Retrieved bbc.com/news/business-51700935, Accessed 25 April 2020.
۱۵. **Newman, J.R.; Schreiber, R.K. and Novakova, E., 1992.** Air Pollution Effects on Terrestrial and Aquatic Animals. *Air Pollution Effects on Biodiversity*. pp: 177-233.
۱۶. **Tan, P.H.; Chou, C.; Liang, J.Y.; Chou, C.K. and Shiu, C.J., 2009.** Air pollution 'holiday effect' resulting from the Chinese New Year. *Atmospheric Environment*. Vol. 43, No. 13, pp: 2114-2124.
۱۷. **Turner, P.R., 2001.** Guide to scientific computing. CRC press.

کووید-۱۹ مرتبط است که باعث کاهش شدید ترافیک و فعالیت‌های صنعتی شده است. از آنجایی که بخش کوچکی از کاهش ستون دی‌اکسیدنیتروژن نیز می‌تواند ناشی از تغییرات سالانه هواشناسی و کاهش انتشار گازهای ناشی از مقررات سیاست‌های زیست‌محیطی باشد بنابراین مطالعات جداگانه‌ای برای جدا کردن تأثیر اقدامات محدودیت‌کننده ناشی از همه‌گیری از دیگر عوامل مؤثر مورد نیاز خواهد بود. در زمان نوشتن این مقاله، ایران در همه شهرهای مورد مطالعه، اغلب محدودیت‌های تردد شهروندان و استفاده از خودروها را برطرف کرده است درحالی‌که برخی کشورها در اروپا و ایالات متحده با احتیاط به سمت کاهش این اقدامات پیش می‌روند. برای ارزیابی تأثیرات موقت محدودیت‌های حمل و نقل شهری و صنعتی بر کیفیت هوای پناهگاه‌های حیات وحش و محیط زیست و چگونگی بازگشت تدریجی وضعیت آلاینده‌های جوی به وضعیت قبل از همه‌گیری، مطالعات بیش‌تری لازم خواهد بود.

منابع

۱. **Anonymous, 1987.** Arctic National Wildlife Refuge, Alaska. U.S. Government Printing Office. pp: 135-155.
۲. **Atkinson, R.W.; Butland, B.K.; Anderson, H.R. and Maynard, R.L., 2018.** Long-term concentrations of nitrogen dioxide and mortality: A meta-analysis of cohort studies. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*. Vol. 29, No. 4, pp: 460-472.
۳. **Sherwood, B.; Cutler, D. and Burton, J.A., 2002.** *Wildlife and roads: the ecological impact*. The Ecological Impact. Imperial College Press, London, England. pp: 118-124.
۴. **Bauwens, M.; Compennolle, S.; Stavrou, T.; Müller, J.F.; Van-Gent, J.; Eskes, H.; Levelt, P.F.; Van-Der, R.; Veefkind, A.J.P.; Vlietink, J.; Yu, H. and Zehner, C., 2020.** Impact of Coronavirus Outbreak on NO₂ Pollution Assessed Using TROPOMI and OMI Observations. *Geophysical Research Letters*. Vol. 47, No. 11, pp: 1-16.
۵. **Beirle, S.; Platt, U.; Wenig, M. and Wagner, T., 2003.** Weekly cycle of NO₂ by GOME measurements: A signature of anthropogenic sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Vol. 3, No. 6, pp: 2225-2232.
۶. **De Boor, G., 2004.** *Spline Toolbox (7th ed.)*. The MathWorks Inc., Natick, MA.
۷. **De-Foy, B.; Lu, Z. and Streets, D.G., 2016.** Satellite NO₂ retrievals suggest China has exceeded its NO_x reduction goals from the twelfth five-year plan. *Scientific Reports*. Vol. 6, No. 1, pp: 35-912.
۸. **Duncan, B.N.; Lamsal, L.N.; Thompson, A.M.; Yoshida, Y.; Lu, Z.; Streets, D.G.; Hurwitz, M.M. and Pickering, K.E., 2016.** A space-based, high-resolution view of notable changes in urban NO_x pollution around the world (2005-2014). *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Vol. 121, pp: 976-996.
۹. **Gadsdon, S.R. and Power, S.A., 2009.** Quantifying local traffic contributions to NO₂ and NH₃ concentrations in natural habitats. *Environmental Pollution*. Vol. 157, No. 10, pp: 2845-2852.



Comparison of the Effect of Social Restrictions on Covid-19 pandemic on Nitrogen Dioxide Pollutant in Five Wildlife Refuges and their Large Neighboring Cities in Iran

- **Mohammad Shojaaddini***: Shahryar Technical College of Agriculture, Technical and Vocational University, Tehran, Iran
- **Ashkan Moosavian**: Shahryar Technical College of Agriculture, Technical and Vocational University, Tehran, Iran
- **Siamak Yousefi Siahkalroodi**: Department of Biology, Faculty of Biological Sciences, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Pishva, Iran

Received: April 2020

Accepted: July 2020

Key words: Covid-19, Tropospheric Monitoring, NO₂, Wildlife Refuge, Large-city

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of Covid-19 pandemic and the resulting social restrictions on changes in nitrogen dioxide levels at five Iranian wildlife refuges, including Heydari, Miankaleh, Qomishlu, Bakhtegan and Shadegan, and five large cities close to them including Mashhad, Sari, Isfahan, Shiraz and Khuzestan, respectively. A comparison between these data was made with similar periodic to the year before the pandemic. The data required for atmospheric monitoring were gained from the NASA database between February 19 and June 1, 2019, as well as from February 19 to June 1, 2020, and were analyzed in Python, MATLAB, and MINITAB softwares. The results of statistical analysis showed that the average levels of pollution in 2019 were significantly different between large cities and between wildlife refuges, while in 2020 there was no significant difference. Also, results showed that covid-19 had a significant effect on reducing the amount of nitrogen dioxide in Sari and Miankaleh wildlife refuge. The amount of this pollutant for Shadegan and Ahvaz city in 2020 was less than 2019, but it was not much different for Shadegan. The social restrictions have had a significant reduction on the levels of nitrogen dioxide in Mashhad, so that the amount of this pollutant has decreased by an average of 44% during the three-month period, but due to lack of information in The Heydari Shelter cannot be judged for the entire three-month period. Nitrogen dioxide in the Bakhtegan has not been changed significantly in the three month of 2019 and 2020. Although in Shiraz until April 13, along with April 15, the amount of nitrogen dioxide due to covid-19 decreased significantly, but from April 13 onwards, the amount of this pollutant has been higher than in the previous year. Further studies will be need to identify the restrictive effects of Covid-19 pandemic on the status of other atmospheric pollutants in Iranian wildlife refuges.

* Corresponding Author's email: shojaaddini@tvu.ac.ir

