

نقش عوامل محیطی و اقلیمی بر انتقال و انتشار آلاینده‌ی منواکسید کربن کشور ایران در سال ۲۰۱۸

مصطفی کرمپور^۱: استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه لرستان، ایران

بیگانه خاموشیان؛ کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

حامد حیدری؛ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه لرستان، ایران.

فاطمه امرایی؛ کارشناس ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۲۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

چکیده

آلودگی هوا به عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی در فضای شهری، ارتباط نزدیکی با شرایط آب و هوایی دارد. امروزه آلودگی در سطح کلان‌شهرها به صورت یک مسئله مهم در آمده که ضرورت مطالعه و ارائه راه حل‌های کاربردی برای بهبود شرایط زیستی در این زمینه را دارد. بنابراین شناخت رابطه بین سیستم‌های سینوپتیکی و آلاینده‌های هوا کمک فراوانی به چگونگی حل مسائل زیستمحیطی و برنامه‌ریزی‌های آینده دارد. لذا در این پژوهش به تحلیل آلگوهای فشاری انتشار و انتقال منواکسید کربن از منابع داخلی و خارجی کشور پرداخته شد. برای این کار از تصاویر ماهواره‌ای GEOS-۵ / GMAO / NASA بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار الودگی از نظر فصلی مربوط به فصول سرد و صبح زود است و کمترین آن مربوط به اوایل بعداز‌ظهر و فصل گرم سال است اتمسفر تهران و خوزستان هسته‌های پر تراکم منواکسید کربن اند. کم فشارهای شرق مدیترانه در کاهش آلاینده‌های جنوب‌غرب کشور نقش بسزایی دارند و در جنوب کشور تحت تاثیر جریانات جوی از بریدگی توپوگرافیکی بندرعباس، جریانات هوای آلوده به منواکسید کربن توانایی نفوذ به بخش‌های داخلی کشور تا نیمه‌ی جنوبی کرمان را دارند در این بخش قدرت نفوذ توسط سامانه‌های کم فشاری در افغانستان و پاکستان بیشتر می‌شود. رشته کوههای زاگرس نیز در واقع نقش مهمی در جلوگیری کردن از ورود آلاینده‌های تولید شده همسایه‌های غربی به ایران را دارند. در تابستان نیز ایران دچار آلودگی منواکسید کربن حامل توسط جریانات موسمی از بخش‌های میانی و جنوب افریقا به کشور ایران می‌شوند و سبب آلودگی زیادی هم شده است.

واژه‌های کلیدی: منواکسید کربن، سامانه‌های فشاری، مونسون، آلودگی جوی، توپوگرافی

^۱. نویسنده مسئول:

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین بحران‌های محیطی کلان‌شهرهای جهان است که طی چهار دهه اخیر زندگی شهرها را پرهزینه و حتی خطرناک ساخته است. حسین زاده (Hosseinzade, ۲۰۰۴) با گسترش شهرنشینی و مصرف بالای سوخت‌های فسیلی از یکسو و تغییرات کاربری و توسعه صنایع از سوی دیگر، افزایش غلظت آلاینده‌ها در هوای شهرها را به دنبال داشته است. یکی از خطرناک‌ترین این آلاینده‌ها مونوکسید کربن (Carbon monoxide) است که شهرها را بی‌بو، بی‌رنگ و بی‌طعم است که بر اثر سوختن ناقص کربن به وجود می‌آید. کربن مونوکسید یک گاز بسیار سمی گازی بی‌بو، بی‌رنگ و بی‌طعم است که بر اثر سوختن ناقص کربن به وجود می‌آید. کربن مونوکسید یک گاز بسیار سمی است و به همین دلیل آن را قاتل نامربی می‌نامند. این گاز در صورت غلظت بالا هم انسان و هم حیوان را از پا در می‌آورد. هنگامی که کربن مونوکسید وارد سیستم تنفسی شخص می‌شود بلافصله با گلبول‌های قرمز شخص ترکیب می‌شود و باعث می‌شود اکسیژن کمتری به اعضای بدن برسد. این امر باعث خواب آلودگی و احساس خستگی مفرط می‌شود، شخص دچار بیهوشی می‌شود. میزان تولید مونوکسید کربن به شرایط احتراق (سوختن) بستگی دارد؛ هرچه میزان اکسیژن در هنگام سوختن کمتر باشد بخش بیشتری از کربن‌ها دچار ناقص سوزی می‌شود و به جای دی‌اکسید کربن (CO₂)، مونوکسید کربن (CO) تولید می‌شود. افرادی که در یک فضای سربسته در معرض استنشاق این گاز قرار می‌گیرند ابتدا احساس کرختی و خواب آلودگی می‌کنند و در صورتی که هرچه سریع‌تر مکان را ترک نکنند یا هوای تازه تنفس نکنند دچار بیهوشی و در نهایت خفگی و مرگ می‌شوند. منابع عمده منواکسید کربن اتمسفر، از سطح زمین ساطع می‌شوند. آندریا (Andreea and et al, ۲۰۰۱) وی در کل منابع تولید کننده CO یا طبیعی هستند یا ناشی از تکنولوژیکی. از نظر تکنولوژیکی، کربن منواکسید ناشی از فعالیت‌های انسانی است که بیشتر به دلیل سوختن ناقص یا اکسیده شدن مواد کربناتی یا مواد مورد استفاده در سوخت موتور وسایل نقلیه و صنایع و کارخانه‌ها و سوخت‌های خانگی و منازل استاسچونمن و همکاران، فلوری و همکاران، ون اوتنینگ (Schueneman and et al, ۱۹۶۳., U.S. Dept of Health Ed. and Wel-fare, ۱۹۶۰., Flury and et al., von Oettingen and et al, ۱۹۹۴) منابع طبیعی بزرگ تولید کننده CO یا منواکسید کربن به طور ویژه در گذشته مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. باتس و همکاران، روبین و همکاران (Robbins and et al, ۱۹۶۸)، Robbins and et al, ۱۹۵۲..، Bates and et al, ۱۹۵۲..، Migeotte and et al, ۱۹۵۲..، White and et al, ۱۹۳۲) مقداری از منواکسید کربن از آتش‌شان‌ها و گازهای طبیعی و منابع زغال‌سنگ و بخشی نیز ناشی از آذرخش در جریان طوفان رعدوبرق است. میگتو و همکاران (Migeotte and et al, ۱۹۵۲..) مقادیر کمی از منواکسید کربن در جریان رشد درختان و جوانه زدن بذر گیاهان شکل می‌گیرد و همچنین مقادیر هم در طول خشک شدن و قطع شدن درختان و برداشت محصولات تولید می‌گردد. وايت و همکاران (White and et al, ۱۹۳۲). مطالعات زیادی نیز نشان داده شده است که در عمق ۳۰۰ متری دریاها و اقیانوس‌ها، مرجان‌هایی به نام Siphonophores منواکسید کربن را در کیسه‌های که در بدن خود دارند تولید می‌کنند و این نوع بی مهرگان دارای گستره‌ی زیادی در دریاها هستند به طوریکه بخش عمده‌ای از پلانکتون‌های دریایی مناطق گرم‌سیرزی جهان را شامل می‌شوند که به صورت حباب منواکسید کربن از عمق آب به سطح دریا صعود می‌کند. بارهام و همکاران (Barham and et al, ۱۹۶۴، ۱۹۶۳) بسیاری نیز معتقدند در ارتفاعات بالای ۷۰ کیلومتری اتمسفر، با توجه به عکس‌های تفکیکی CO₂ در جایی که امواج کوتاه در طول تابش زیر A، جریان دارند دی اکسید کربن به منواکسید کربن و اتم اکسیژن تجزیه می‌شود و منواکسید تولید می‌گردد. باتیس و همکاران (Bates and et al ۱۹۵۲).



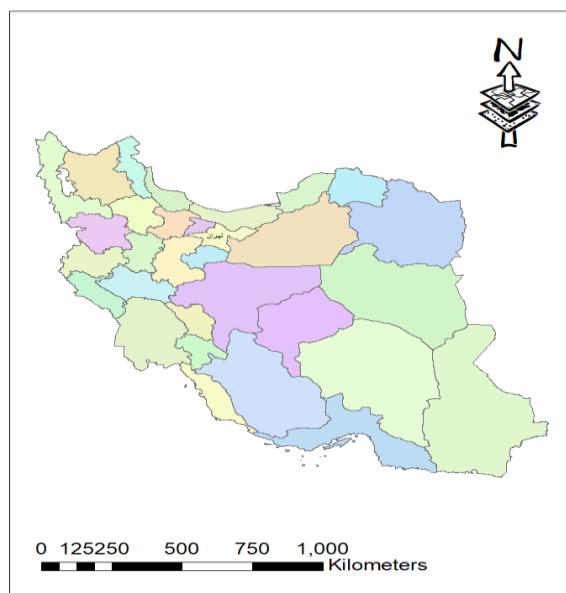
اگر در طول چند هفته تا چند ماه در طول عمر خود، مقدار CO متراکم شود می‌تواند مورد خوبی برای مطالعه انتقال آلودگی جوی و تأثیرات آن‌ها روی مکان شود. لیانگ و همکاران، اسچولبر و همکاران (Liang and et al, ۲۰۰۴., Schoeberl, ۲۰۰۴) این

and et al, ۲۰۰۶). به صورت مشخص در مطالعات مربوط به آلدگی نمایان شده است که آلدگی‌های سطحی می‌توانند از تروپوسفر به استراتوسفر انتقال یابند و تأثیرات خود را بر جای بگذارند. چن و همکاران (Chen and et al, ۲۰۰۶) به ویژه انتقال‌های وسیع و فعل در مناطق حاره‌ای نقش عمده‌ای را دارند. لی و همکاران (Li and et al, ۲۰۰۵) در بخش انتقال آلدگی از سطح به استراتوسفر، مونسون نیز نقش بزرگی دارد. لیو و همکاران، راندل و همکاران، بیان و همکاران (Bian and et al, ۲۰۱۱)، Randel and et al, ۲۰۱۰..، Liu and et al, ۲۰۰۵..، تغییرات منواکسید کربن در تروپوسفر حاره‌ای و استراتوسفر پایین به مطالعه پرداختند نتایج کار آن‌ها نشان داد که چهار مرکز منواکسید غلیظ در مناطق حاره وجود دارد که دو مرکز در نیمکره شمالی و دو مرکز در نیمکره جنوبی واقع شده‌اند. این مراکز واکنش‌های بالایی نسبت به مونسون‌های حاره‌ای/آنتی سیکلونهای بالایی جو در مناطق حاره تأثیر زیادی در انتقال CO به تروپوسفر میانی و همچنین تروپوسفر بالایی و استراتوسفر پایینی دارند و از سویی دیگر می‌توانند سبب تمرکزگرایی CO شوند. همچنین در جنوب شرق آسیا و هند مقدار تزریق CO به جو توسط برخورد بادهای افقی از دو طرف استوا و همرفتهای عمیق و جریانات مونسون در تابستان می‌تواند انتقال بیشتری به جو داشته باشد. لی و همکاران (Li and et al, ۲۰۱۴) در تروپوسفر نیمکره شمالی، غلظت مونوکسید کربن به طور کلی با ارتفاع کاهش می‌یابد، اما در نیمکره جنوبی، این حالت به دلیل حمل و نقل مونوکسید کربن از نیمکره شمالی به نیمکره جنوبی معکوس می‌یابد. در بالای تروپوسفر، غلظت‌ها به طرز ماهرانه‌ای کاهش می‌یابد، به طوری که مونوکسید کربن بین ارتفاع ۲۰ تا ۴۰ کیلومتر کم است؛ در بالاترین ارتفاع‌ها، نسبت مخلوط ممکن است دوباره افزایش یابد. سیلر و همکاران، فابیان و همکاران (Seiler, and et al, ۱۹۶۹..، Fabian and et al, ۱۹۸۱) در اقیانوس اطلس جنوبی نیز اقیانوس کمترین مقدار و به سمت اطلس جنوبی افزایش مقدار CO در جو و درون اقیانوس مشاهده می‌شود سوینرتون و همکاران (Swinnerton and et al, ۱۹۷۴) کشور چین از جمله کشورهای پرجمعیت با آلدگی زیاد هوایی است. با بررسی الگوهای کنترل کننده آلدگی هوا در ۱۰ شهر اصلی شمال چین معلوم شد در این منطقه بین آلدگی و سامانه‌های فشار رابطه قوی وجود دارد. همچنین در منطقه مطالعاتی مورداشارة، سامانه‌های پرفشار در سطح زمین و شرایط دینامیکی عقب ناوه در سطوح بالای جوی به عنوان عامل اصلی تراکم آلاینده‌ها شناسایی گردید. چن و همکاران (Chen and et al, ۲۰۰۸) لذا در این پژوهش به سینوپتیکی انتشار و انتقال مونوکسید کربن کشور ایران با استفاده تصاویر مطالعاتی برای اندازه‌گیری مقدار CO در اب و اتمسفر صورت گرفته است که نتایج مطالعات نشان داد در منطقه ITC اقیانوس کمترین مقدار و به سمت اطلس جنوبی افزایش مقدار CO در جو و درون اقیانوس مشاهده می‌شود سوینرتون و همکاران (Chen and et al, ۲۰۰۶) کشور ایران شانزدهمین کشور بزرگ جهان است ایران در نیمکره شمالی، نیمکره شرقی در قاره آسیا و در قسمت غربی فلات ایران واقع شده و جزو کشورهای خاورمیانه است. نصف النهار ۴۴۵ شرقی از غربی ترین نقطه ایران و نصف النهار ۶۳ شرقی از شرقی ترین نقطه ایران عبور می‌کند همچنین مدار ۳۲۵ شمالی از جنوبی ترین نقطه ایران و مدار ۳۹۷ شمالی از شمالی ترین نقطه این کشور می‌گذرد. ایران با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع مساحت از شمال با ارمنستان، آذربایجان، و ترکمنستان و از مشرق با افغانستان و پاکستان، از مغرب با ترکیه و عراق و از جنوب با خلیج فارس و دریای عمان همسایه است. مساحت ایران یک پنجم آمریکا و تقریباً سه برابر فرانسه است. ایران کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. بیش از نیمی از مساحت کشور را کوه‌ها و ارتفاعات، و کمتر از ۴/۱ آن را نیز اراضی قابل کشت تشکیل داده است. ارتفاعات ایران را به طور کلی می‌توان به چهار رشته کوه شمالی، غربی، جنوبی و کوه‌های مرکزی و شرقی تقسیم کرد که از این جهت در مرتبه‌ی بیست و سوم کوه‌های جهان قرار دارد.

داده و روش کار

الف) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی مورد مطالعه ما در این پژوهش کشور ایران است. کشور ایران شانزدهمین کشور بزرگ جهان است ایران در نیمکره شمالی، نیمکره شرقی در قاره آسیا و در قسمت غربی فلات ایران واقع شده و جزو کشورهای خاورمیانه است. نصف النهار ۴۴۵ شرقی از غربی ترین نقطه ایران و نصف النهار ۶۳ شرقی از شرقی ترین نقطه ایران عبور می‌کند همچنین مدار ۳۲۵ شمالی از جنوبی ترین نقطه ایران و مدار ۳۹۷ شمالی از شمالی ترین نقطه این کشور می‌گذرد. ایران با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع مساحت از شمال با ارمنستان، آذربایجان، و ترکمنستان و از مشرق با افغانستان و پاکستان، از مغرب با ترکیه و عراق و از جنوب با خلیج فارس و دریای عمان همسایه است. مساحت ایران یک پنجم آمریکا و تقریباً سه برابر فرانسه است. ایران کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. بیش از نیمی از مساحت کشور را کوه‌ها و ارتفاعات، و کمتر از ۴/۱ آن را نیز اراضی قابل کشت تشکیل داده است. ارتفاعات ایران را به طور کلی می‌توان به چهار رشته کوه شمالی، غربی، جنوبی و کوه‌های مرکزی و شرقی تقسیم کرد که از این جهت در مرتبه‌ی بیست و سوم کوه‌های جهان قرار دارد.



شکل(۱). منطقه مورد مطالعه

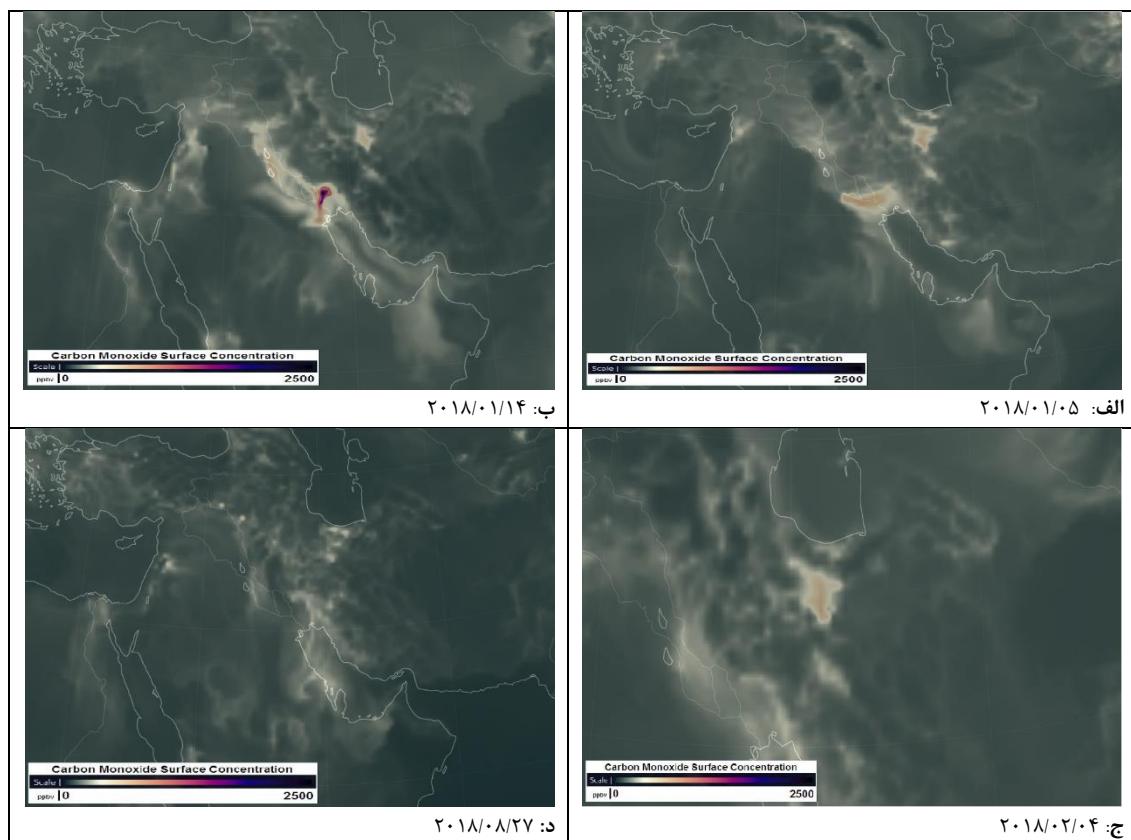
این مطالعه بر اساس روش تحلیل محیطی به گردشی مرکز می‌باشد، به طوری که بر اساس تمرکز منواکسید کربن در سال‌های ۲۰۱۸، الگوهای سینوپتیکی این پدیده شناسایی شده است. در آغاز با توجه به پیشینه تحقیق و تمرکز بیشتر آلاینده در فصل سرد به صورت روزانه ۵ مورد برای مطالعه انتخاب گردید که آلودگی و جریانات جوی نمایان خوبی داشته اند بر همین اساس در ادامه برای روزهای مورد نظر، تصاویر ماهواره‌ای غلظت منواکسید کربن در سطح زمین از سه سازمان GEOS-۵ / GMAO / NASA از سایت (<https://earth.nullschool.net>) اخذ شد. همچنین جهت تحلیل سینوپتیکی، تصاویر ماهواره‌ای MSLP, WS از سازمان‌های US National Weather Service / NCEP / GFS / مطابق با روزهای انتخابی همراه با آلاینده انتخاب گردید و مورد تحلیل قرار گرفت در تصاویر نقشه‌های سینوپتیکی، جهت جریانها و مراکز فشار برای سطح میانگین فشار سطح دریا (mslp) مورد توجه قرار گرفت. سنجنده‌های زیادی برای مطالعات آلاینده‌های جوی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این پژوهش به دلیل دقت بالا از سنجنده MOPITT استفاده شده است. سنجنده MOPITT در واقع یک ابزار اندازه گیری آلودگی تروپوسفر می‌باشد که توسط آن می‌توان آلودگی جو را شناسایی کرد. این سنجنده اولین سنسور ماهواره‌ای جهت استفاده طیف سنجی همبستگی گازها طراحی شده است و جزو برنامه عملیاتی ناسا (ESE) می‌باشد که از سال ۱۹۹۹ برنامه عملیاتی خود را شروع کرده است و بر روی سه ماهواره Terra, Aura, Aqua نصب شده است و بسته به نوع ماموریت در فضا به صورت مدارگرد عمل می‌کند. این سنجنده فقط دو متغیر متان و منواکسید کربن موجود در لایه تروپوسفر جو را اندازه گیری می‌کند که به منظور این امر ۳ باند و ۸ کانال جهت اندازه گیری منواکسید با اندازه $4/6\text{ میکرون}$ (با استفاده از ۴ کانال)، $2/3\text{ میکرون}$ (با استفاده از ۲ کانال) و اندازه گیری متان با اندازه $2/6\text{ میکرون}$ (با کمک ۲ کانال) را بکار می‌برد. سنجنده MOPITT به طور بسیار خاص جهت اندازه گیری منواکسید کربن طراحی شده است. محدود جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نیز به گونه‌ای انتخاب گردید که تمامی سامانه‌های جوی مؤثر بر منطقه مورد مطالعه را در بر بگیرد. با توجه به بررسی تصاویر ماهواره‌ای و مشاهده مقدار زیاد منواکسید کربن در جنوب کشور، این بخش مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که توپوگرافی جنوب کشور نقش مهمی در مقدار و مسیر آلاینده‌های جوی دارد بنابراین نقشه‌ی توپوگرافی آن نیز تهیه گردید و پس از بررسی دالان توپوگرافی که در شمال تنگه‌ی هرمز قرار گرفته است به بررسی این تنگه در عبور جریانات جوی همراه

با ذرات منواکسید پرداخته شد و در ادامه جهت بررسی بهتر مبدا و مقصد جریانات، به صورت سینوپتیکی به بررسی نقشه‌ی جریانات جوی از اقیانوس هند تا جنوب کشور پرداخته شد.

شرح و تفسیر نتایج

- هسته‌های عمدۀ آلاینده منواکسید کربن ایران

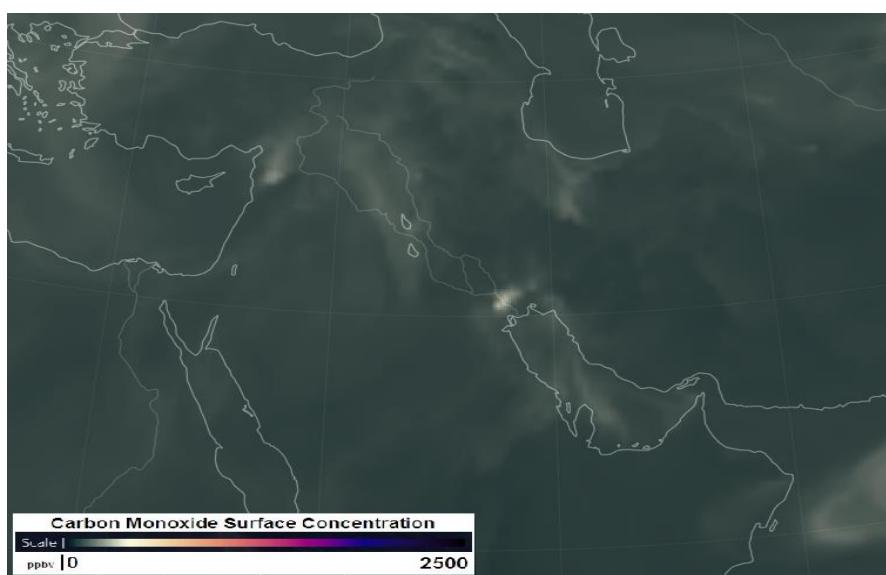
بررسی روزانه تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۱۸ بیان کننده‌ی این واقعیت است که کشور ایران نیز دچار معطل آلودگی هوای ناشی از سوخت ناقص یا گاز سمی منواکسید کربن تولید داخل و خارج است در تصاویر ماهواره‌ای شکل ۱، که الگوهای غالب آلودگی در سال مورد مطالعه است میتوان به وضوح دو هسته‌ی اصلی منواکسید کربن در اتمسفر کلانشهر تهران و در جنوبغرب ایران مشاهده نمود. منبع آلودگی منواکسید کربن شهر تهران، ناشی از سوختن انرژیهای فسیلی کارخانجات و به ویژه حمل و نقل است در هسته‌ی دوم که در استان خوزستان قرار گرفته است منشا تولید آن خارج از جغرافیای ایران است در این موقعیت جغرافیی کشورهای عربی زبان مثل عراق و کویت و...قرار گرفته اند که انرژی لازم برای انواع فعالیتهای عمدۀ و اساسی را از مصرف سوخت‌های عمدتاً نفتی بدست می‌آورند. از نظر جغرافیایی ایران، میتوان نیمه‌ی غربی کشور را نیمه‌ی الوده‌ی ایران به حساب آورد و نیمه‌ی شرقی کشور از نظر این عنصر آلوده نسبتاً پاک‌تر میباشد که دلیل اصلی این توزیع آلودگی به سبب تراکم جمعیتی کشور است که در نیمه‌ی غربی کشور بسیار بیشتر از نیمه‌ی شرقی است.



شکل ۱: تصاویر ماهواره‌ای پراکندگی منواکسید کربن (CO) در کشور ایران

• توزیع زمانی آلودگی منواکسید کربن (CO) در ایران

هر عنصر موجود در اتمسفر تحت تاثیر شرایط اقلیمی متفاوت دچار تغییرات تراکمی می‌شود در همه‌ی موارد از تصاویر ماهواره‌ای مشاهده نمودیم که بیشترین مقدار آلودگی روزانه مربوط به ساعت ۶.۵ صبح و کمترین مقدار آلودگی مربوط به ساعت ۱۵.۵ می‌باشد که دلیل آن را میتوان در انبساط و انقباض دمایی تروپوسفر دانست که پدیده‌هایی همچون وارونگی سبب تراکم زیاد آلاینده‌ها در سطوح پایین و نزدیک به سطح زمین می‌شود در بررسی‌های فصلی نیز کمترین مقدار آلودگی به فصل تابستان و بیشترین آن به شروع تا اختمام فصول سرد می‌باشد که تغییرات آن نیز به دلیل تغییرات دمایی تروپوسفر است. پاک ترین روز در تمام سال ۲۰۱۸ مربوط به ۲۰/۱۱/۱۷ می‌باشد که در تصویر شکل ۲ میتوانید مشاهده کنید. در این روز نیز مقدار کمی الودگی در خلیج فارس و اتمسفر تهران مشاهده می‌شود و هسته‌ی کوچکی نیز در اتمسفر خوزستان قرار گرفته است.

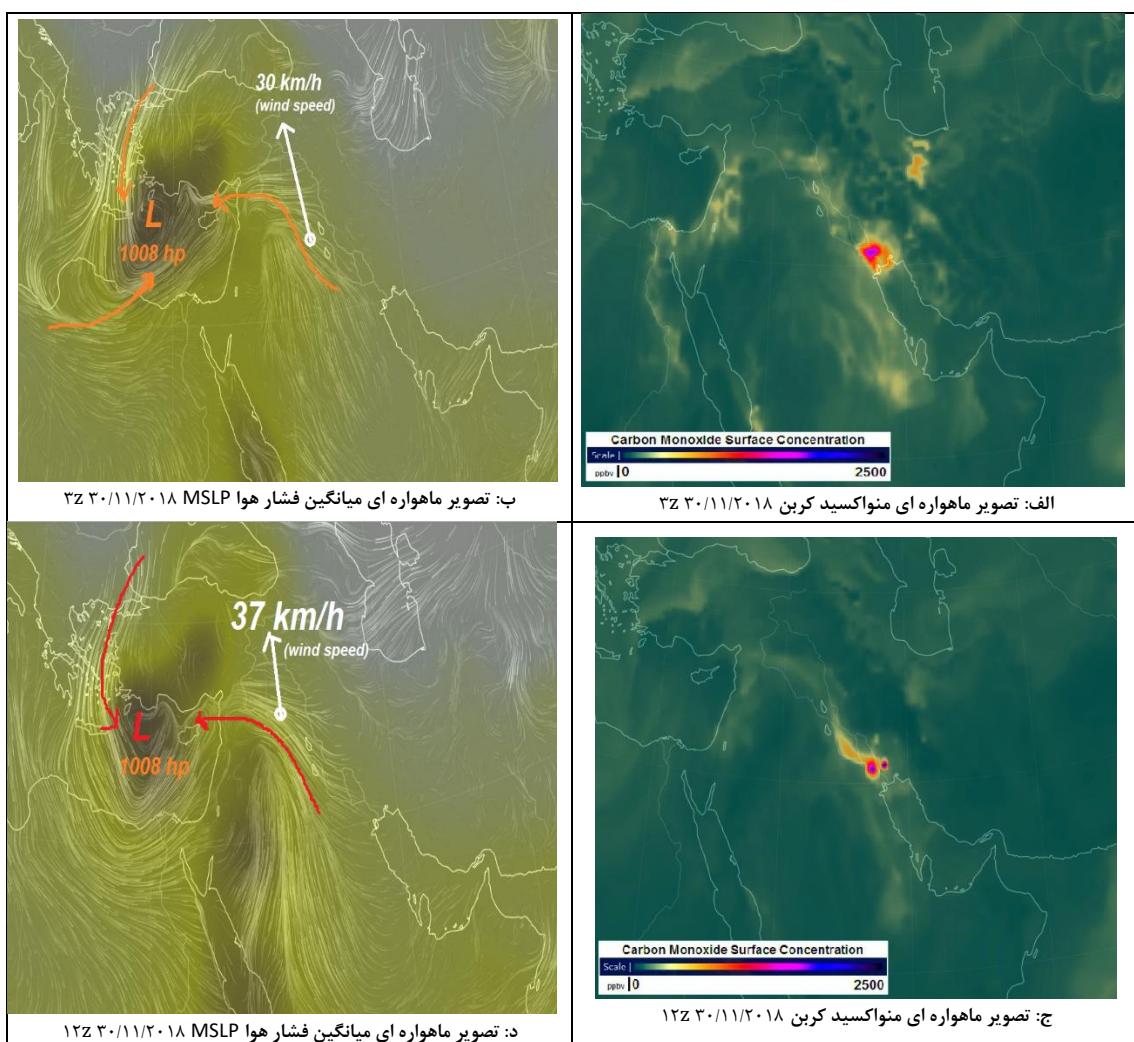


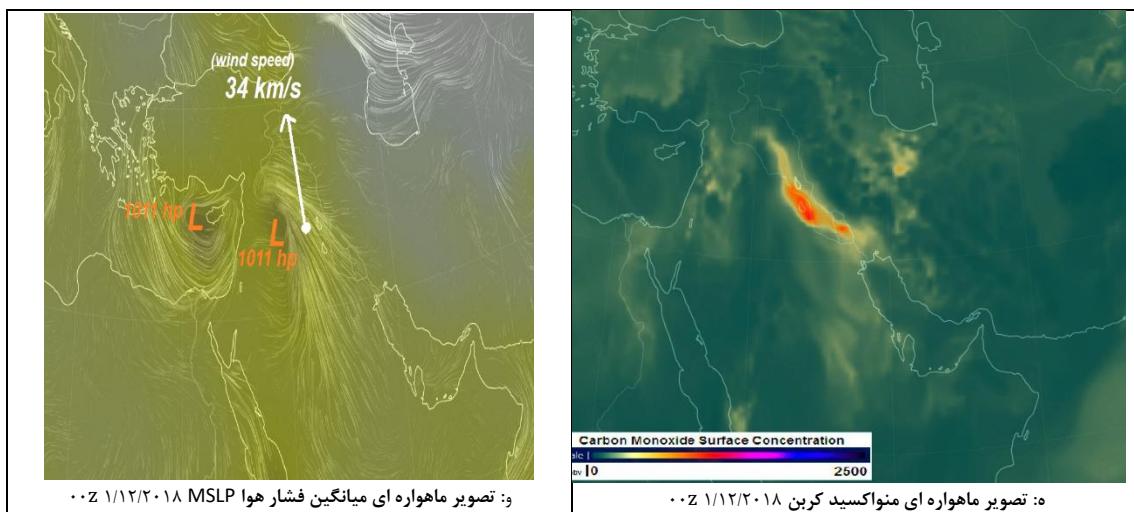
شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای منواکسید کربن (CO) در تاریخ ۲۰۱۸/۱۱/۱۷

• نقش الگوهای فشار بر انتشار آلاینده‌ی CO

در اتمسفر زمین، در ارتفاعات مختلف، جریان‌ها مدام در حال حرکت جذبی و انتقالی است به طوریکه با توجه به اصل اختلاف تابش خورشید بر زمین، مراکز حرارتی سرد و گرم و به طبع مراکز فشار بالا و پایین بوجود می‌آید مراکز فشار به صورت دینامیکی و حرارتی تشکیل می‌شود در هر کدام از آنها مکانیسمی متفاوت از دینامیک هوا وجود دارد، مراکز پرفشار با مکانیسم انتقالی و مراکز کم فشار با مکانیسم جذبی، سبب بوجود آمدن جریانات هوا در جو می‌شوند. الگوهای فشار با میانگین طول عمر ۶ روزه (علیجانی، ۱۳۷۶) دچار تغییرات تشدید یا تضعیف شدگی می‌شوند در حالتی که مقدار فشار یک هسته‌ی کم فشار کاهش پیدا می‌کند قدرت کشش هوا در آن بیشتر می‌شود و در هسته‌ی پرفشار نیز زمانی که فشار افزایش پیدا می‌کند و شدت انتقال هوا بیشتر می‌شود، پس با توجه به متغیر بودن مقادیر فشار در هسته‌های هوا، ذرات و آلاینده‌های موجود در اتمسفر نیز دچار تغییرات در پخش و تراکم می‌شوند. گاز منواکسید کربن یکی از این آلاینده‌های است که به شدت وابسته به تغییرات الگوهای فشار است. در تصاویر ماهواره‌ای شکل ۳ میتوان مشاهده نمود که در تصویر الف، دو هسته‌ی الاینده در بالای تهران و جنوبغرب کشور قرار گرفته است منبع تولید اولی، منابع آلاینده‌های خود شهر تهران می‌باشد و دومی تحت تاثیر آلاینده‌ی کشورهای نفتی مثل کویت می‌باشد در این تصویر که در

ساعت ۳۰ نوامبر ۲۰۱۸ گرفته شده است میتوان تصویر ماهواره ای مربوط میانگین فشار هوا را برای همین زمان مشاهده نمود(تصویر ب) که در آن یک هسته ای کم فشار با حدود ۱۰۰۸ هکتوپاسکال در شرق مدیترانه قرار گرفته است تحت تاثیر همین مرکز کم فشار کشش جذب هوا از اطراف، جریان هوایی را بوجود آورده که حداکثر سرعت آن به ۳۰ کیلومتر در ساعت رسیده است. در تصویر ج شکل ۳ میتوان مشاهده نمود با گذشت ۹ ساعت یعنی در ساعت ۱۲Z هسته ای منواکسید کربن به صورت زبانه ای شمالغرب جنوبشرق درآمده است که زبانه ای آن به سمت مرکز کم فشار کشیده شده است. فشار هسته تغییر پیدا نکرده است اما سرعت باد تحت تاثیر شرایط محلی به ۳۷ کیلومتر در ساعت رسیده است که سبب این رخداد بر شکل هسته ای منواکسید کربن شده است (تصویر د شکل ۳). با گذشت ۱۲ ساعت در تاریخ ۱۱/۱۲/۲۰۱۸ در ساعت ۰۰Z دو هسته ای فشار در شرق مدیترانه و کشور ترکیه با ۱۰۱۱ هکتوپاسکال، شکل گرفته اند. سرعت باد نیز به ۳۴ کیلومتر در ساعت تقلیل یافته است ولی زبانه ای منواکسید کربن به مرکز کم فشار رسیده است. در همین راستا مقدار منواکسید کربن در جنوبشرق کشور در تصویر الف به ۱۸۳۴ ppbv و در تصویر ج به ۲۴۴۹ ppbv و در تصویر ه به ۴۱۵ ppbv تقلیل یافته است که نقش کم فشار را در تخلیه ای منواکسید کربن کشور میتوان مشاهده نمود.

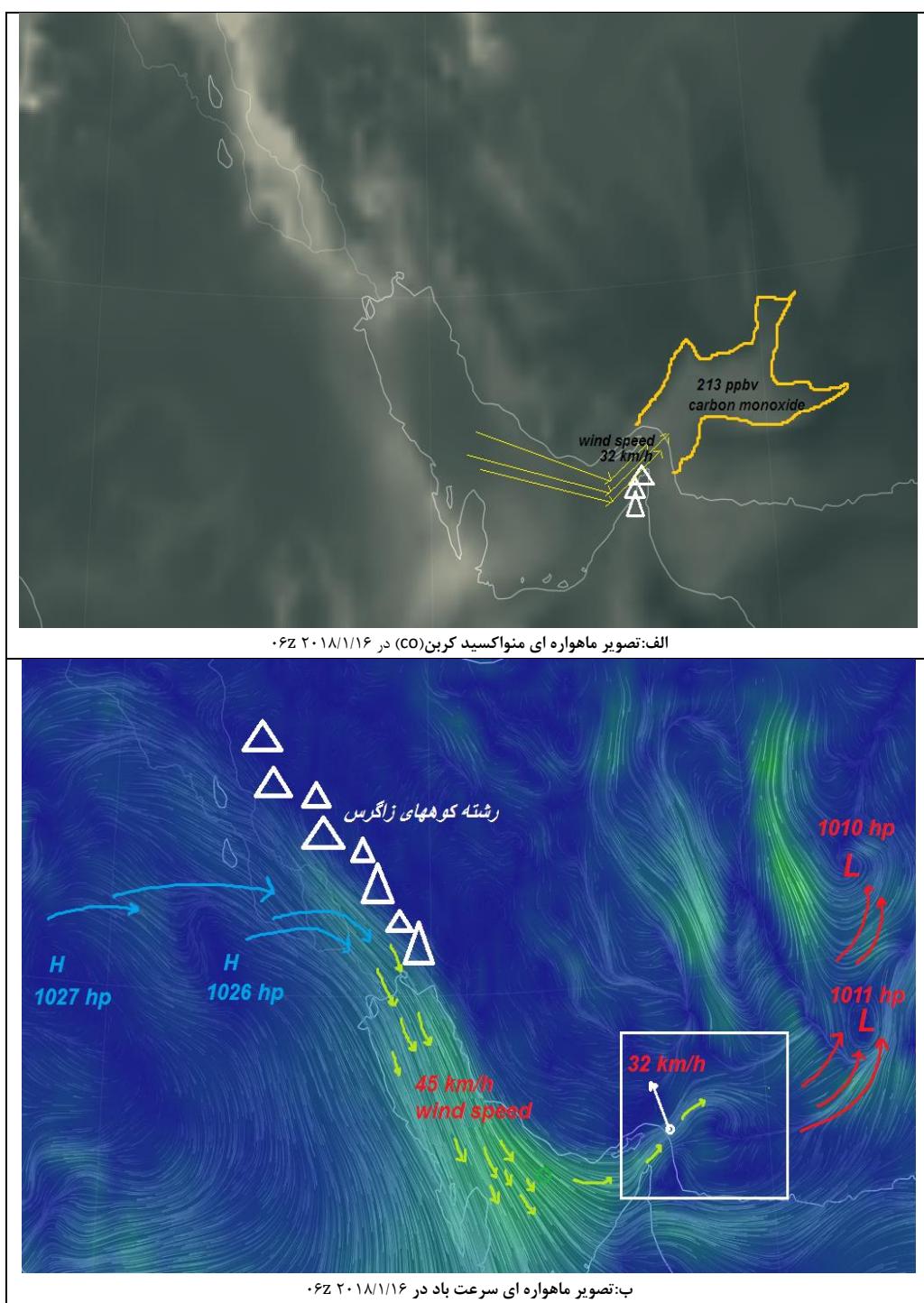




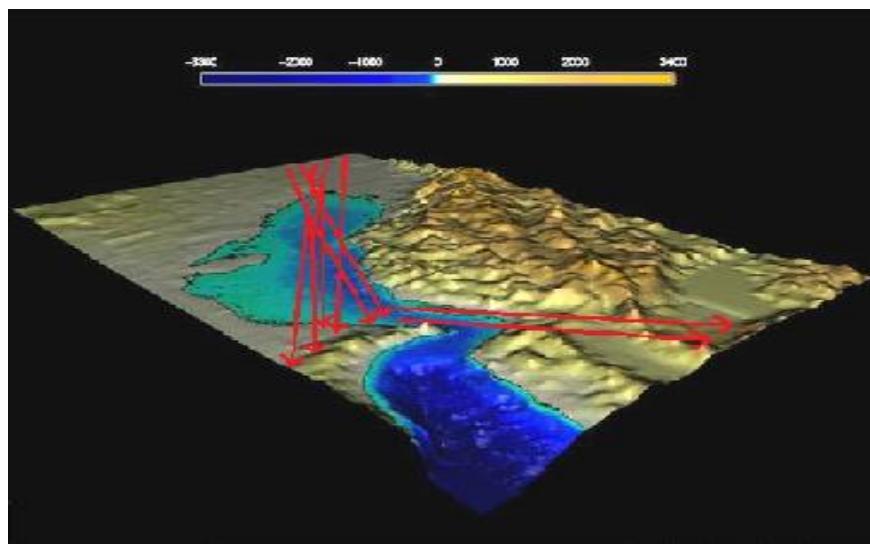
شکل ۳: روابط بین انتشار و انتقال بین الگوهای فشار و توده‌های منواکسید کربن در جو

• نقش توپوگرافی در توزیع منواکسید کربن کشور

توپوگرافی کشور ایران به صورتی است که تاثیرات مشبت و منفی زیادی بر اقلیم کشور گذاشته است که عمدۀ تاثیرات مشبت آن در ذخیره گاههای برفی ارتفاعات و نقش منفی آن در جلوگیری از ورود رطوبت به نواحی مرکزی و شرقی کشور است. اما در پی نتایج این پژوهش به این نتیجه رسیدیم که ارتفاعات در پراکندگی منواکسید کربن کشور نیز نقش بسزایی دارد با توجه به اینکه در شکل بالا از نقش جریانات هوا در انتقال منواکسید کربن گفته شد میتوان گفت که زمانیکه جریانات در منطقه خارج از کشور در غرب، از شماغرب به جنوشرق است و به دلیل ممانعت رشته کوه زاگرس این جریانات سطحی توانایی ورود چندانی به کشور ندارند پس متعاقباً ورود الینده های کشور عراق نیز به ایران کمتر است و این زمانی صادق است که منواکسید کربن در سطح نزدیک به زمین متمرکز باشد در تصویر ب از شکل ۴ میتوان مشاهده نمود که جریانات در جنوب غرب کشور به سمت اقیانوس هند در حرکت است و سرعت باد به ۴۵ کیلومتر در ساعت رسیده است دو هسته‌ی پرشمار در شرق کشور با ۱۰۲۶ و ۱۰۲۷ هکتوپاسکال، عامل بوجود امدن این جریانات نسبتاً شمالی بوده و در شرق کشور نیز دو هسته‌ی کم فشار ضعیف بوجود آمده که در بررسی توپوگرافی آن منطقه بخشی از این جریانات در طول مسیر در تنگه‌ی هرمز دچار تغییر مسیر میشوند که در بررسی توپوگرافی آن منطقه میتوان به دلان عمان اشاره کرد که به دلیل ارتفاع کم توپوگرافی منطقه، جریانات هوا پس از برخود با کوههای منطقه جنوبی به سمت شمالشرق جهت پیدا کرده و از منطقه‌ی توپوگرافی کم ارتفاع وارد کشور ایران شده است، جالب است که در بررسی تصویر الف از شکل ۵ میتوان مشاهده نمود که مقدار زیادی از منواکسید کربن تولید شده در کارخانجات و پالایشگاههای نفتی کشورهای حاشیه‌ی خلیج به داخل کشور وارد شده است که تا نیمه‌ی جنوبی استان کرمان نیز نفوذ کرده است. تراکم منواکسید کربن وارد شده به این منطقه به ۲۱۳ ppbv رسیده است. سرعت جریانی که این مقدار منواکسید کربن را با خود به داخل کشور حمل کرده است به ۳۲ کیلومتر در ساعت رسیده است. کم فشارهای پاکستان و افغانستان نیز در این نفوذ تاثیر گذار بوده اند چون مکانیسم مکش دارند. در تصویر الف میتوان نوار منواکسید کربن را در مرز بیرونی غرب کشور را مشاهده نمود که با توجه به جریابات هوا و مانع توپوگرافی، به کشور ایران وارد نشده است.



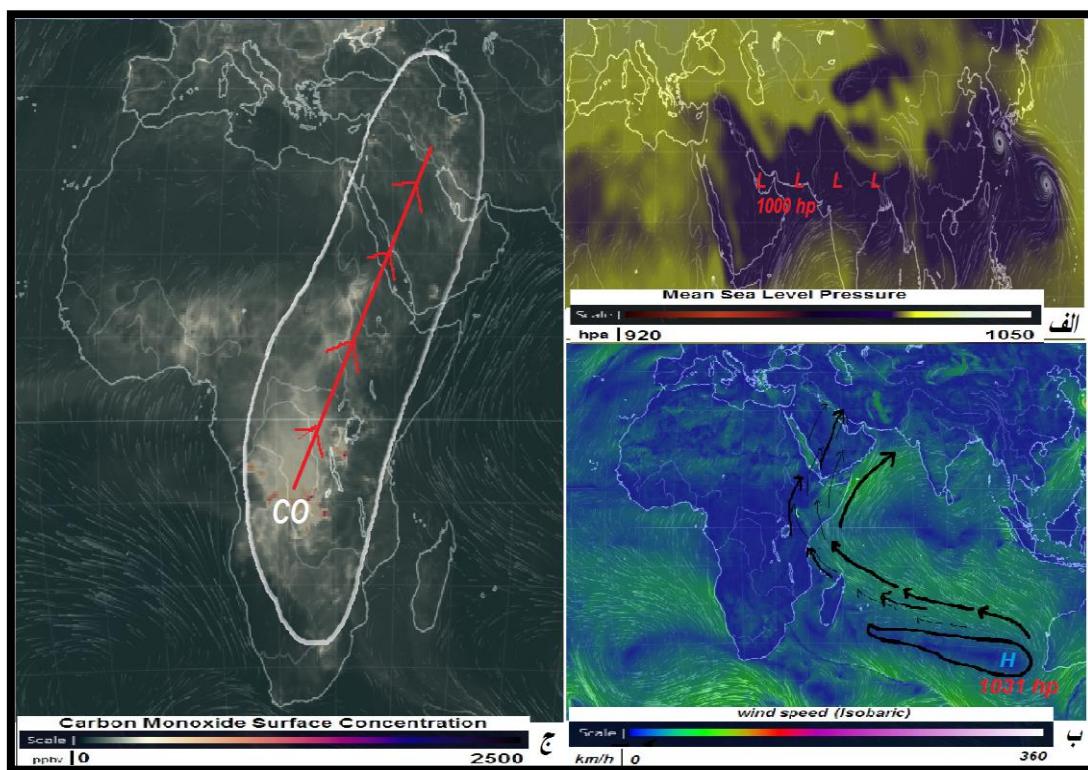
شکل ۴: روابط بین توپوگرافی و جریانات هوا و انتقال منواکسید کربن



شکل ۵: تصویر سه بعدی از توپوگرافی جنوب کشور ایران

• نقش پرفشار اقیانوس هند در انتقال منواکسید کربن آفریقا به خاورمیانه

سامانه مونسون جنوب باخترا اقیانوس هند، یکی از مهمترین اشکال آب و هوایی در جهان میباشد که اکثر بخش‌های شمال آفریقا، جنوب آسیا و مجمع الجزایر اندونزی را تحت تاثیر قرار میدهد. بادهای مونسون از مهمترین بادهای شمال اقیانوس هند میباشد. گرچه در سایر اقیانوسهای جهان بادهای مونسون می‌وزند اما هیچ یک ، مشخصات بادهای مونسون اقیانوس هنر را ندارند. در اقیانوس هند دو باد مونسون تابستانی و زمستانی وجود دارد که در جهتی مخالف یکدیگر و با شدت و ضعفی متفاوت بر پهنه اقیانوس هند شمالی میوزند. آب و هوای دریای عمان تحت تاثیر بادهای ناشی از سیستم بادهای مونسون تابستانی و زمستانی اقیانوس و نیز منطقه‌ی همگرایی درون حاره (ITCZ) میباشد. در این پژوهش به نقش جریانات جوی اقیانوس هند در انتشار و انتقال منواکسید کربن پرداخته شد در شکل ۶ تصاویری آورده شده اند که بیانگر این است که رابطه‌ی موثری بین آلودگی منواکسید کربن اتمسفر کشور ایران با پرفشار اقیانوس هند و تولیدکننده‌های CO₂ قاره آفریقا وجود دارد. در تاریخ ۲۷/۰۸/۲۰۱۸ بخش عظیمی از اتمسفر ایران دچار بحران آلودگی منواکسید کربن شده است (تصویر د-شکل ۱). و سه روز قبل از این رخداد پرفشاری در جنوب اقیانوس هند با ۱۰۳۱ هکتوپاسکال واحد فشاری قرار گرفته است که زبانه‌های فشاری را به شرق آفریقا فرستاده و در طول مسیر تحت تاثیر نیروی کوریولیس در شمال استوا به سمت شرق و جنوب ایران تغییر مسیر داده است (تصویر ب-شکل ۶) در تصویر ماهواره‌ای از MLSP در حدود ۱۰ تا ۳۵ درجه‌ی عرض شمالی، مراکز کم فشاری قرار گرفته اند که در جذب زبانه‌های فشاری پرفشار جنوب اقیانوس هند تاثیر بسزایی دارند (تصویر الف-شکل ۶). قاره‌ی آفریقا از نظر اقلیمی تاثیرات زیادی را بر اقلیم ایران میگذارد یکی از این تاثیرات تحت عاملین پرفشارهای نیمکره‌ی جنوبی و یا اقیانوس هند است در تصویر ج از شکل ۶ مشاهده میکنید بخش میانی و جنوبی آفریقا دچار آلودگی شدیدی از منواکسید کربن اتمسفریک شده است و از طرفی دیگر زبانه‌های فشاری پرفشار مذکور از این بخش الوده افریقا عبور میکنند و همراه خود مقادیر زیادی از آلاینده‌ها را حمل میکنند در طی سه روز به کشور ایران رسیده و بخش وسیعی از اتمسفر کشور به منواکسید کربن دچار شده است.



شکل ۶: تصاویر ماهواره‌ای نقش پرسشار اقیانوس هند(جريان موسمون) در انتشار الاینده CO به ایران ۲۰۱۸/۸/۲۴

نتیجه گیری

شرایط هواشناختی و تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و دینامیکی جو نقش مهمی بر سطوح آلودگی‌های هوا ایفا می‌کنند. مهم‌ترین عاملی که سبب پراکندگی و انتقال آلودگی هوا می‌گردد، بادهای سطح زمین و ترازهای پایین جو است و سیستم‌های سینوپتیک نیز نقش تعیین کننده‌ای در ایجاد حرکات سعودی و پخش آلاینده‌های جوی و همچنین تنظیم لایه‌مرزی دارند. به همین منظور در این پژوهش به تحلیل نقش توپوگرافی و مراکز فشار در توزیع و تراکم و انتقال منواکسید کربن در سال ۲۰۱۸ به کشور ایران پرداخته شد برای این کار از تصاویر ماهواره‌ای CO, MSLP, GFS / NCEP / US National Weather Service WS سازمانهای استفاده شد. نتایج نشان داد ایران در بیشترین حالت آلودگی خود دارای دو هسته‌ی با تراکم بالا در بالای تهران و جنوب‌غرب کشور است در سایر نقاط آلودگی به صورت پهنه وجود دارد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که کم فشارهای حاکم در شرق مدیترانه نقش مهمی در تخلیه‌ی منواکسید کربن جنوب‌غرب کشور دارند و از طرفی پرسشارهای جنوب اقیانوس هند هم‌زمان با ارسال زبانه‌های فشار به عرضهای بالا در مسیر خود که از آفریقا گذر می‌کنند مقدار زیادی از منواکسید کربن را با خود حمل کرده و با کمک نیروهای جذبی کم فشارهای حاکم در نیمه‌ی جنوبی کشور و تغییرات ناشی از نیروی کوریولیس، سبب تراکم زیاد الاینده ای منواکسید کربن در مناطق جنوب حاره از خاورمیانه و ایران می‌شود. در بررسیهای توپوگرافی نیز به این نتیجه رسیدیم که رشتہ کوههای زاگرس در غرب، تا حدود زیادی سبب عدم نفوذ الاینده‌ی منواکسید کربن به کشور شده ولی در جنوب کشور و در نزدیکی بندرعباس، یک راهروی نسبتاً عاری از کوههای مرتفع و به صورت دلان وجود دارد که از این بخش مقدار زیادی از الاینده‌های هوا مثل منواکسید کربن توسط جریانات هوا به داخل کشور تا استان کرمان نفوذ می‌کند.

منابع

- Andreae, M. O.; and P. Merlet. ۲۰۰۱. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, Glob. *Biogeochem. Cycles*, ۱۵, ۹۰۰–۹۶۶.
- Barham, E. G. ۱۹۶۳. Siphonophores and the deep scattering layer. *Science*, ۴۲: ۱۴۰, ۸۲۶–۸۲۸)
- Barham, E. G.; and Wilton, J. W. ۱۹۶۴. Carbon monoxide production by abathypelagic siphonophore. *Science*, ۴۲: ۱۴۴, ۸۶۰–۸۶۲
- Bates, D. R.; and Witherspoon, A. E. ۱۹۰۲. The Photochemistry of some minor constituents of the earth's Atmosphere. *Roy Astr. Soc. Monthly Notices*, ۱۱۲: ۱۰۱
- Bian, J. C.; R. C. Yan, and H. B. Chen. ۲۰۱۱. Tropospheric pollution transport to the stratosphere by Asian summer monsoon, *Chinese J. Atmos. Sci. (in Chinese)*, ۳۵: ۸۹۷–۹۰۲.
- Chen Z.C.; SY.L. Guo, J., Wang, X. & Chen, W. ۲۰۰۸. DS. Relationship between atmospheric pollution processes and synoptic pressure patterns in northern China. *Atmospheric Environment*, ۴۲: ۶۰۷۸–۶۰۸۷.
- Chen, H. B.; J. C. Bian, and D. R. Lü, ۲۰۰۷. Advances and prospects in the study of stratosphere-troposphere exchange. *Chinese J. Atmos. Sci.*, ۳۰: ۸۱۳–۸۲۰.
- Fabian, P.; Borchers, R., Penkett, S. A., and Prosser, N. J. D. ۱۹۸۱. Halocarbons in the stratosphere. *Nature*, ۲۹۴: ۷۳۳–۷۳۰
- Flury, F.; and Zernik, F. ۱۹۳۱. NoxiousGases Smoke, Fog, Fumes and Dust (Schadliche Gase, Dampfe, Nebel, Rauch und Staubarten). *JuliusSpringer, Berlin*.
- Li, Q. B.; D. J. Jacob.; and R. J. Park. ۲۰۰۰. North American pollution outflow and the trapping of convectively lifted pollution by upper-level anticyclone, *J. Geophys. Res.*, ۱۱۰: ۱–۱۸
- LI, Qian.; SHI Hua-Feng, SHAO Ai-Mei, BIAN Jian-Chun¹, and LÜ Da-Ren. ۲۰۱۴. Distribution and Variation of Carbon Monoxide in the Tropical Troposphere and Lower Stratosphere. *Atmospheric And Oceanic Science Letters*, VOL. V, NO. ۳: ۲۱۸–۲۲۳.
- Liang, Q.; L. Jaeglé, D. A. Jaffe, et al. ۲۰۰۴. Long-range transport of Asian pollution to the northeast Pacific: Seasonal variations and transport pathways of carbon monoxide, *J. Geophys. Res.*, 109: D۲۳S۰۷
- Liu, C.; and E. J. Zipser. ۲۰۰۰. Global distribution of convection penetrating the tropical tropopause, *J. Geophys.*, ۱۱۰: D۲۳۱۰۴
- Migeotte, M. V.; and Neven, L. ۱۹۵۲. Recent progress in the observationof the solar infrared spectrum at ۲۸.Jungfraujoch (Switzerland). *Mem.Soc Roy. Sci., Liege, Belgium*, ۱۲: ۱۶۰
- Randel, W. J.; M. Park, L. Emmons, et al. ۲۰۱۰. Asian monsoon transport of pollution to the stratosphere. *Science*, ۳۲۸: ۶۱۱–۶۱۳.
- Robbins, R.; C. Borg, K. M., and Robinson, E. ۱۹۶۸. Carbon monoxide inthe Atmosphere, /. Air Poll. ControlAssoc. ۱۸: (۲) ۱۰۶–۱۱۰
- Schoeberl, M. R.; B. N. Duncan, A. R. Douglass, et al. ۲۰۰۱. The carbon monoxide tape recorder, *Geophys. Res. Lett.*, ۲۸: L۱۲۸۱۱.
- Schueneman, J. J.; High, M. D. and Bye, W. E. ۱۹۶۳. Air Pollution Aspects of the Iron and Steel Industry. *Environmental Health Series*. Public Health Service Publication ۹۹۹-AP-۱
- Seiler, W.; Junge, C. ۱۹۷۹. Decrease of carbon monoxide mixing ratio above the polar tropopause. *Volume21, Issue3*, ۴۴۷–۴۴۹.
- Swinnerton, J. W.; R. A. Lamontagne. ۱۹۷۴. Carbon monoxide in the SouthPacific Ocean, *Tellus*, ۲۶: ۱–۲, ۱۳۶–۱۴۲, Seiler, W. & Junge, C. ۱۹۷۰. CO in the atmosphere. *J. Geophysical Res.*, 75: ۲۲۱۷–۲۲۲۰
- U. S. Dept.; of Health, Ed., and Wel-fare. ۱۹۶۰. Atmospheric Emissions fromPetroleum Refineries. A Guide forMeasurement and Control. Pub-lic Health Service Pub. No. ۷۶۳. U. S.Govt. Printing Office, *Washington, D. C*
- Von Oettingen, W. F. ۱۹۴۴. CarbonMonoxide: Its Hazards and Mech-anism of Its Action." Public Health Bulletin No. ۲۹۰, Public Health Ser-vice, U. S. Govt. Printing Office, *Washington, D. C*
- Hosseinzade, S. R. ۲۰۰۴. *Environmental crises in the metropolises of Iran*. Sustainable city III. England: Wit press.
- White, J. J. ۱۹۳۲. Carbon monoxide andits relation to aircraft. U. S. *NavalMed.Bull.*, ۳۰: ۱۰۱