

مسلسل: ۱۸۴۸۴
مهر ۱۴۰۱

بررسی رخدادهای گردوغبار فروردین ماه ۱۴۰۱ در ایران





مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۸۴۸۴
کد موضوعی: ۲۵۰

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی رخداد گردوغبار فروردین‌ماه ۱۴۰۱ در ایران

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه محیط زیست)

تهیه و تدوین‌کنندگان: حمیدرضا تقوایی نجیب، مجید بیاتی، پروانه سبحانی پژوه

مدیر مطالعه: مجید حسین‌زاده

ناظر علمی: علیرضا رهایی

همکاران: —

همکار خارج از مرکز: نوشدخت بیات افشاری

ویراستار تخصصی: —

ویراستار ادبی: طاهره سیدمحمد

واژه‌های کلیدی:

۱. گردوغبار
۲. آلودگی هوا
۳. پوشش گیاهی
۴. سدسازی
۵. محیط زیست.

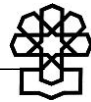


تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۷/۲۳

به نام خدا

فهرست مطالب

۱	چکیده
۲	مقدمه و بیان مسئله
۲	۱. توصیف شاخص‌های محاسباتی سنجش وضعیت گردوغبار
۲	۱-۱. شاخص عمق (یا ضخامت) نوری ذرات معلق در جو (AOD یا AOT)
۳	۱-۲. داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده به منظور تعیین AOT
۳	۲. بررسی رخداد و منشأ گردوغبار فروردین‌ماه ۱۴۰۱ در ایران
۳	۲-۱. وضعیت آلودگی گردوغبار
۷	۲-۲. بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد گردوغبار
۱۳	نتیجه‌گیری
۱۴	منابع و مآخذ



بررسی رخدادهای گردوغبار فروردین‌ماه ۱۴۰۱ در ایران

چکیده

افزایش آلاینده‌ها در هوا سبب کاهش کیفیت زندگی و خسارات متعددی بر سلامت و اقتصاد جامعه می‌شود. منابع متعدد برای طوفان‌های غبار بیش از ۵۰ نوع اثر مخرب را از جمله آلودگی هوا، تعطیلی مشاغل، افزایش مشکلات و بیماری‌های تنفسی، کاهش برداشت محصولات کشاورزی، خرابی تأسیسات و ماشین‌آلات، مشکلات حمل‌ونقل و غیره برشمرده‌اند. بررسی منابع انتشار آلاینده‌های هوا و تسهیم نقش آنها در بروز این پدیده، مهم‌ترین قدم در برنامه‌ریزی برای اتخاذ سیاست‌های مقابله با گردوغبار است. آلودگی‌های هوا ناشی از پراکنش ذرات گردوغبار از منابع داخلی و خارجی نشئت می‌گیرد که طراحی اقدام مقابله‌ای برای هر یک بایستی در دستور کار قرار گیرد. در این گزارش به بررسی رخداد و منشأیابی گردوغبار فروردین‌ماه ۱۴۰۱ پرداخته شده است. مطابق بررسی‌های صورت‌گرفته ورود یک توده گردوغبار در ۱۹ فروردین‌ماه ۱۴۰۱ از کشورهای غربی همسایه به ایران منجر به کاهش دید و افت شدید کیفیت هوا در هفته پیش روی آن در اکثر نقاط کشور شد. به‌طوری که شاخص آلودگی در برخی از شهرهای کشور از جمله تهران، کرمانشاه و زنجان به بیش از ۴۰۰ (حد بسیار خطرناک) رسید. در این مطالعه وضعیت آلودگی غبار با استفاده از شاخص AOT دریافت شده از داده‌های ماهواره‌های سنتینل ۲ در دو هفته پایانی فروردین‌ماه ۱۴۰۱ بررسی شده است. گسترش مکانی و زمانی غبار از عراق عمدتاً به سمت غرب و شمال غرب ایران و در نهایت خروج آن از شرق و شمال شرق کشور بوده است. بیشترین شدت غبار در بازه زمانی ۱۸ تا ۲۳ فروردین‌ماه بوده که نسبت به دو سال گذشته در وضعیتی استثنایی قرار داشته است. از عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش این پدیده می‌توان به کاهش رطوبت خاک، عوامل جوی مانند شدت و جهت باد و کاهش پوشش گیاهی اشاره کرد. بررسی شاخص NDVI در حاشیه دجله و فرات نشان می‌دهد که در پنج سال اخیر که هم‌زمان با شروع آبیگری و افتتاح سد ایلینو ترکیه (ساخته شده بر بالادست دجله) بوده است، از مساحت پوشش گیاهی ۶۷ درصد کاسته و به پهنه بایر و بدون پوشش گیاهی ۲۱ درصد افزوده شده است. البته گفتنی است کاهش میزان بارش نیز در این تغییر قابل توجه، مؤثر بوده است. براساس منشأیابی، گردوغبار وارد شده به کشور ایران نیز حاکی از آن است که در تاریخ ۱۸ تا ۲۲ فروردین‌ماه عمدتاً با منشأ کشور عراق بوده که با توجه به جهت وزش بادهای غالب در سایر نقاط کشور پراکنده شده است. متأسفانه تعداد رخدادها و پراکنش گردوغبارها در صورت عدم اقدام لازم، روزافزون خواهد شد و به همین سبب باید مطابق با وظایف مندرج در ماده (۲۳) قانون هوای پاک و عدم انجام فعالیت متناسب توسط دستگاه‌های ذی‌مدخل تاکنون، اقدامات اجرایی فوری در سطح سیاسی، حقوقی و فنی با همکاری کشورهای همسایه جهت جلوگیری و کنترل ریزگردهای با منشأ برون‌مرزی صورت پذیرد.

مقدمه و بیان مسئله

طوفان‌های گردوغبار به‌خودی خود دارای آثار مخرب زیست‌محیطی فراوانی هستند که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر انسان و محیط زیست اثر می‌گذارند. منابع متعدد برای طوفان‌های غبار بیش از ۵۰ نوع اثر مخرب از جمله آلودگی هوا، تعطیلی مشاغل، افزایش مشکلات و بیماری‌های تنفسی، کاهش برداشت محصولات کشاورزی، خرابی تأسیسات و ماشین‌آلات، مشکلات حمل‌ونقل و غیره برشمرده‌اند. ترکیب دیگر ذرات مانند نمک یا ذرات فلزات سنگین با ذرات گردوغبار، این آثار مخرب را تا چندین برابر نیز تشدید می‌نماید که می‌تواند منجر به صدمات جبران‌ناپذیر به نواحی تحت تأثیر این ذرات شود. صدماتی که علاوه بر نابودی حیات گیاهی و جانوری در محدوده اثر خود، تا مدت‌ها نیز امکان بازیابی حیات را به آن ناحیه نخواهد داد و پیامد آن بیابان‌زایی، ایجاد کانون‌های گردوغبار جدید و نابودی عرصه‌های بیشتری خواهد بود.^۱

در نیمه دوم فروردین‌ماه ۱۴۰۱ یک توده عظیم گردوخاک از کشورهای غربی همسایه وارد کشور شد و منجر به کاهش کیفیت هوا در هفته پیش روی آن در تمام نقاط کشور گردید. این توده ابتدا در ۱۹ فروردین‌ماه هوای ۲۶ استان کشور را در تراز ناسالم برای همه رده‌های سنی قرار داد، به‌طوری که شاخص آلودگی هوا در برخی شهرها از جمله کرمانشاه و زنجان به میزان ۵۰۰ رسید و میزان ریزگردها در برخی استان‌ها از جمله آذربایجان غربی پنج برابر حد مجاز شد. همچنین تهران با شاخص ۴۱۶ در وضعیت خطرناک قرار داشت. پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی نشان می‌داد که طی سه روز پیش رو در استان‌های واقع در غرب، جنوب غرب و مرکز کشور پدیده گردوخاک مشاهده شود. انتقال توده گردوغبار در روز ۲۰ فروردین‌ماه منجر به گسترش کاهش کیفیت هوا و کاهش دید در بخش‌هایی از مرکز و دامنه‌های جنوبی البرز شد. به‌طوری که کیفیت هوای تهران با شاخص ۳۳۲ در شرایط خطرناک قرار گرفت. شرایط کاهش کیفیت هوا و کاهش دید در روز ۲۱ فروردین‌ماه در نواحی مرکز، جنوب، دامنه‌های جنوبی البرز، شمال شرق، شرق و جنوب شرق کشور و در روزهای ۲۳ و ۲۴ فروردین‌ماه علاوه بر نواحی فوق‌الذکر در شمال غرب و غرب کشور نیز مشاهده شد.^۲ در این مطالعه به بررسی وضعیت گسترش گردوغبار در بازه زمانی ۱۳ تا ۳۱ فروردین‌ماه ۱۴۰۱ و مقایسه آن با سال‌های اخیر در محدوده مکانی ایران و عراق و همچنین منشأیابی این گردوغبار پرداخته خواهد شد.

۱. توصیف شاخص‌های محاسباتی سنجش وضعیت گردوغبار

۱-۱. شاخص عمق (یا ضخامت) نوری ذرات معلق در جو (AOD یا AOT)

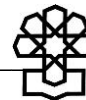
عمق نوری ذرات معلق در جو^۳ (AOD) یا به نام دیگر ضخامت نوری ذرات معلق جو^۴ (AOT) بیانگر شدت و میزان تراکم ذرات معلق در جو (مانند غبار شهری، دود، گردوغبار برخاسته از خاک یا نمک دریا) در ستونی از هواست که در حد فاصل بین سطح زمین تا بالای اتمسفر قرار گرفته است. AOD ذرات معلق (گردوغبار) را می‌توان با استفاده از نسبت تابش بازتاب

1. A. S. Goudie and N. J. Middleton, *Desert dust in the global system*. Springer Science & Business Media, 2006.

۲. داده‌های کیفیت هوا (شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران، سازمان حفاظت محیط زیست).

3. Aerosol Optical Depth

4. Aerosol Optical Thickness



شده از اتمسفر به کل تابش رسیده به آن از طریق داده‌های حاصل از سنجنده‌های نصب شده روی ماهواره‌های مستقر در خارج از اتمسفر اندازه‌گیری کرد یا به‌صورت نسبی از تابش رسیده به سطح زمین به کل تابش رسیده به اتمسفر بیان کرد که به‌وسیله ایستگاه‌های زمینی اندازه‌گیری می‌شود. به‌طور کلی، AOD به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد: [۶]

$$AOD = [\ln(V_0/R^2) - \ln(V/V_{dark}) - A_R(p/p_0)m]/m \quad (1)$$

که در این رابطه، V_0 برابر با ثابت کالیبراسیون برای سنجنده مسئول اندازه‌گیری شدت تابش خورشیدی (سان فوتومتر)^۱ و R برابر با فاصله میان زمین و خورشید است که با واحد نجومی (AU) بیان می‌شود. میانگین فاصله بین زمین تا خورشید برابر با یک AU است، اما این مقدار در طول سال به‌دلیل دایروی نبودن مدار زمین به دور خورشید متغیر است. فاصله تقریبی زمین تا خورشید از رابطه زیر به‌دست می‌آید: [۶]

$$R = (1 - \varepsilon^2)/[1 + \varepsilon \cos(360^\circ \cdot d/365)] \quad (2)$$

که در آن ε خروج از مرکز مداری زمین (برابر با میزان تقریبی ۰/۰۱۶۷)، d عدد روز مورد نظر سال در تقویم ژولین، V و V_{dark} به‌ترتیب ولتاژهای متناظر با نور خورشید و ولتاژ تیره به‌دست آمده از سان فوتومتر، A_R توزیع ضخامت نوری ناشی از پخش مولکولی نور در اتمسفر (Rayleigh) که در کانال قرمز برابر با ۰/۰۵۷۹۳ و در کانال سبز برابر با ۰/۱۳۸۱۳ است، P فشار بارومتری در ایستگاه اندازه‌گیری، p_0 فشار استاندارد در سطح دریاهای آزاد و M جرم نسبی هوا با مقدار تقریبی است.^۲

۲-۱. داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده به‌منظور تعیین AOT

به‌منظور محاسبه شاخص AOT از محصول ضخامت نوری ذرات معلق جو ماهواره سنتینل ۲ استفاده شده است. سنتینل ۲ یک ماهواره چندطیفی با تفکیک زمانی پنج‌روزه است^۳ که یکی از محصولات سطح^۴ آن، مقادیر شاخص AOT را با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر فراهم می‌کند. با توجه به محدودیت تفکیک زمانی و عرض برداشت ۲۹۰ کیلومتری ماهواره، نقشه‌ها در بازه زمانی پنج‌روزه تولید و با استفاده از فیلترهای مکانی به تصحیح آنها پرداخته شده است.

۲. بررسی رخداد و منشأ گردوغبار فروردین‌ماه ۱۴۰۱ در ایران

۲-۱. وضعیت آلودگی گردوغبار

شکل ۱ تا ۳ تغییرات توزیع مکانی وضعیت آلودگی گردوغبار در بازه‌های زمانی پنج‌روزه از ۱۳ فروردین‌ماه تا یکم اردیبهشت‌ماه را در سه سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ نمایش می‌دهد. در بازه زمانی ۱۳ تا ۱۷ فروردین‌ماه توده گردوغبار در

1. Sun Photometer

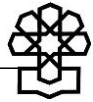
2. J. Gitahi and M. Hahn, "High-resolution Urban Air Quality Monitoring Using Sentinel Satellite Images and Low-cost Ground-based Sensor Networks," in *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 171: EDP Sciences, p. 02002.

3. M. Drusch *et al.*, "Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services," *Remote sensing of Environment*, vol. 120, pp. 25-36, 2012.

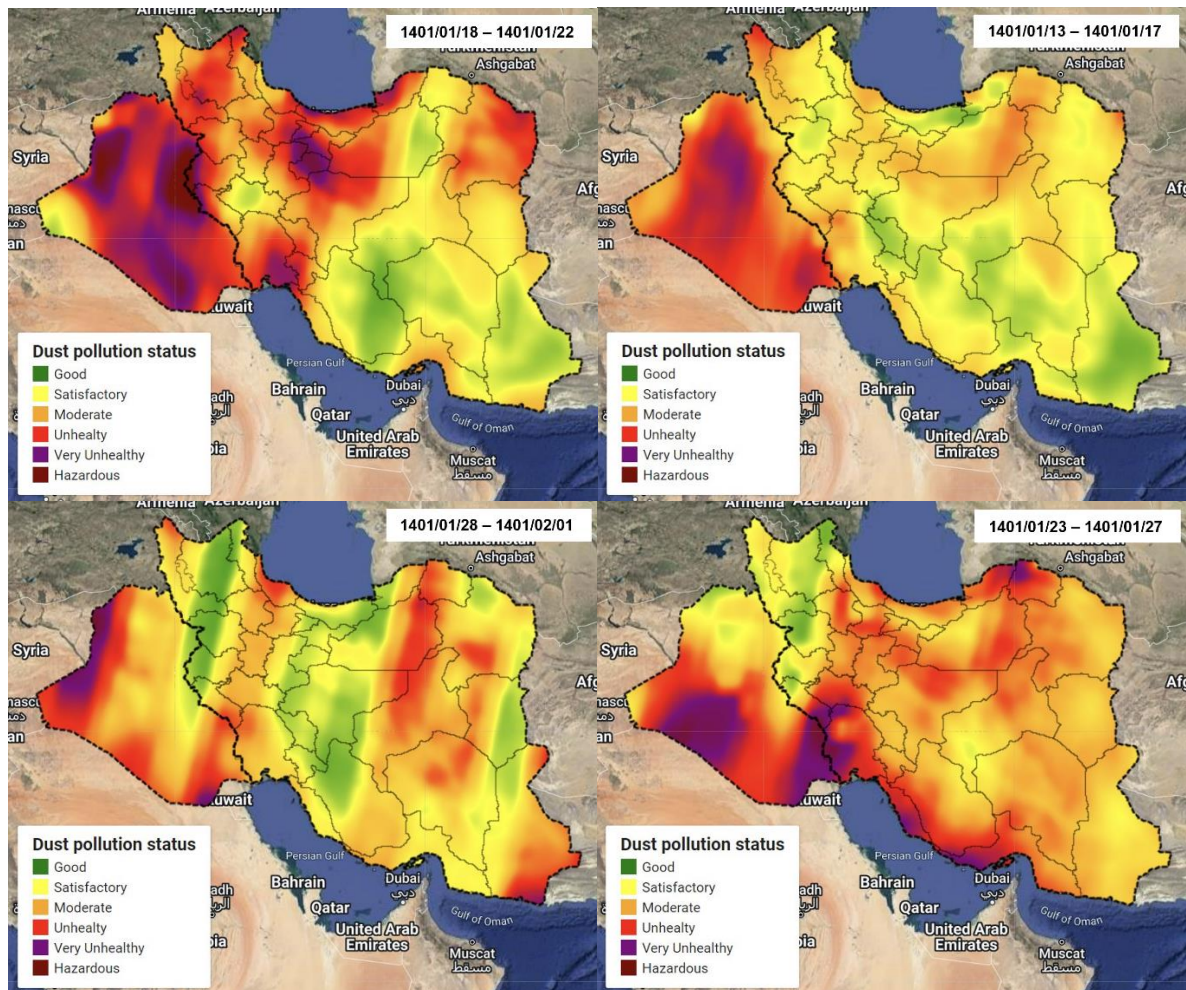
4. Level-2A

کشور عراق در حال شکل‌گیری است و در پنج روز بعدی به اوج خود رسیده است. به طوری که کل کشور عراق را بجز بخش کوچکی از غرب این کشور در وضعیت بسیار ناسالم و خطرناک قرار گرفته‌اند. در همین بازه زمانی ۱۸ تا ۲۲ فروردین‌ماه غرب، شمال غرب، شمال، بخش‌هایی از شمال شرق و مرکز ایران تحت تأثیر قرار گرفته است. استان‌های تهران، البرز، قم، بخش‌هایی از مرکزی و جنوب خوزستان در وضعیت خطرناک قرار گرفته و در بازه زمانی ۲۳ تا ۲۷ فروردین‌ماه از شدت گردوغبار در نیمه شمالی عراق کاسته شده و جنوب شرقی آن در مرز خوزستان به حد بسیار ناسالم رسیده است که به افزایش گردوغبار در نیمه غربی این استان، بوشهر، جنوب فارس و نیمه غربی هرمزگان منجر شده و وضعیت به حد بسیار ناسالم رسیده است. در مناطق دیگر ایران در این بازه زمانی گردوغبار به سمت شرق کشور حرکت کرده و تقریباً شرایط متوسط و ناسالم در تمام کشور بجز شمال غربی پابرجاست. در بازه زمانی ۲۸ فروردین‌ماه تا یک اردیبهشت‌ماه در عراق و ایران نیز در اکثر مناطق کشور از شدت گردوغبار کاسته شده است، اگرچه همچنان هوای بخش‌هایی از استان‌های گیلان، شمال خوزستان، جنوب ایلام، کرمان، یزد، خراسان رضوی، شمالی و جنوبی و نیمه شرقی سمنان در وضعیت ناسالم قرار دارد.

مقایسه وضعیت گردوغبار در سال ۱۴۰۱ با دو سال قبل نشان می‌دهد که فروردین‌ماه ۱۴۰۱ در وضعیت استثنایی قرار داشته است. در تمام بازه زمانی مورد بررسی در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ وضعیت غبار در ایران عمدتاً شرایط پاک و قابل قبول و در عراق شرایط قابل قبول حاکم بوده است. اگرچه در بازه زمانی ۱۸ تا ۲۲ فروردین‌ماه ۱۴۰۰ استان‌های شمالی ایران در شرایط ناسالم قرار داشتند.

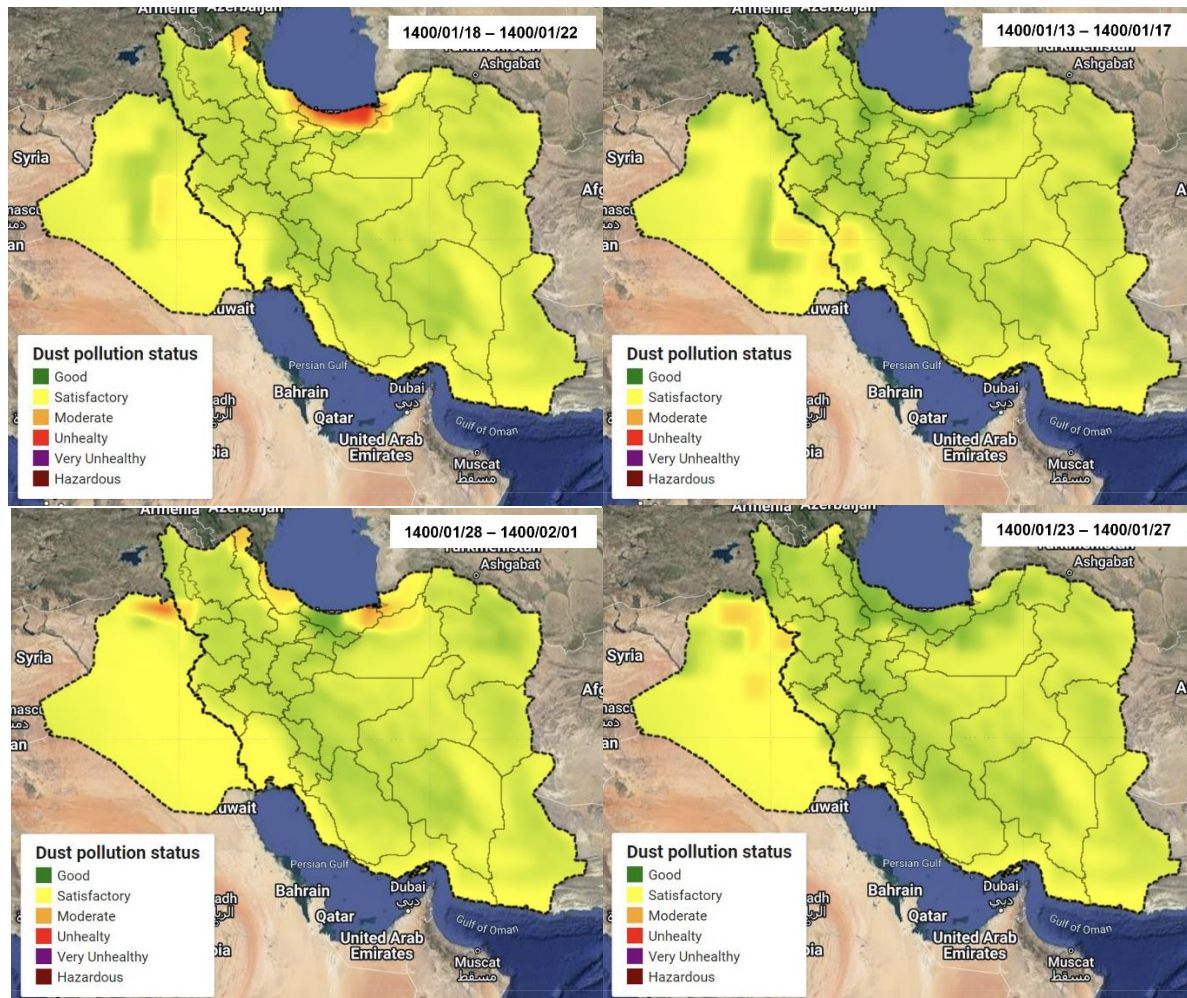


شکل ۱. تغییرات توزیع مکانی وضعیت آلودگی گردوغبار در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه ۱۴۰۱

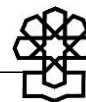


مأخذ: ماهواره سنتینل ۲.

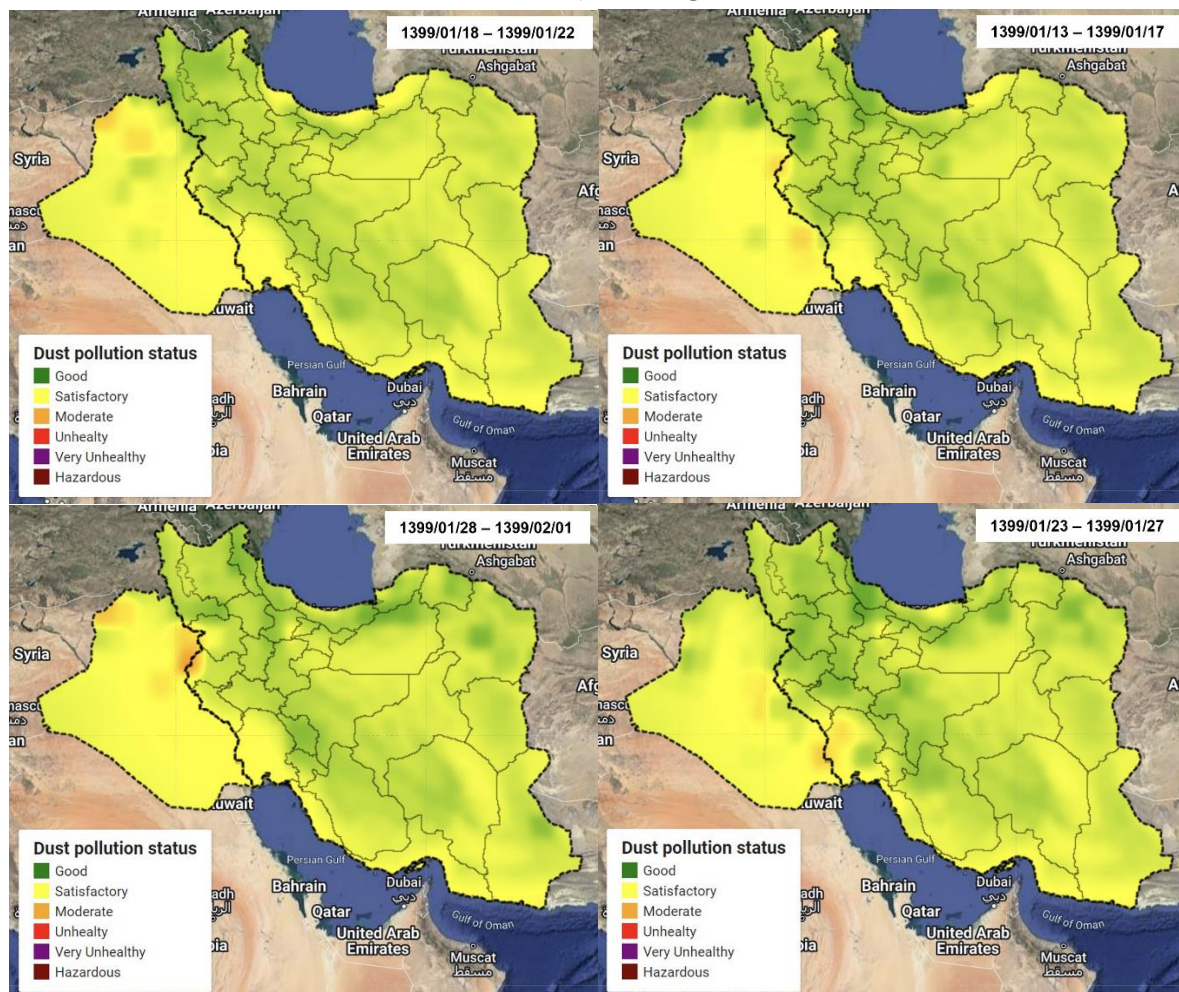
شکل ۲. تغییرات توزیع مکانی وضعیت آلودگی گردوغبار در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه ۱۴۰۰



مأخذ: همان.



شکل ۳. تغییرات توزیع مکانی وضعیت آلودگی گردوغبار در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

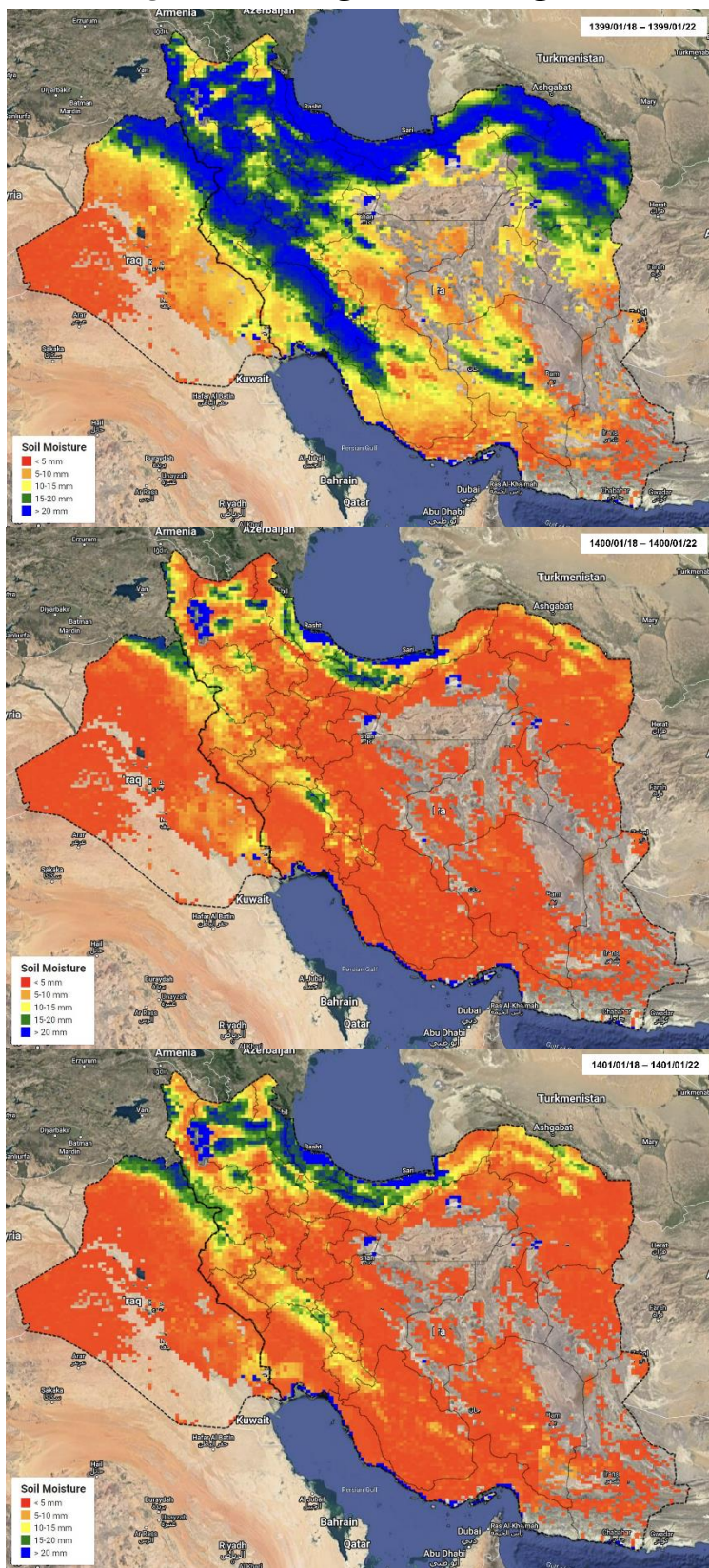


مأخذ: همان.

۲-۲. بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد گردوغبار

شکل ۴ تغییرات رطوبت سطحی خاک را در بازه زمانی ۱۸ تا ۲۳ فروردین ماه در سه سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ که از ماهواره SMAP با تفکیک مکانی یک کیلومتر و تفکیک زمانی سه روزه دریافت شده، نمایش می‌دهد. با توجه به شکل ۱ دو کانون گردوغبار اصلی یکی در شرق عراق در مرز با استان کرمانشاه (کانون شماره ۱) و دیگری در جنوب شرقی در مرز با استان خوزستان (کانون شماره ۲) قرار دارد که تأثیر اصلی را در گردوغبار مشاهده شده در ایران داشته‌اند. میانگین رطوبت سطحی خاک در سه سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ در کانون شماره ۱ به ترتیب ۸/۱۶، ۳/۰۶ و ۲/۹۴ میلیمتر و در کانون شماره ۲ به ترتیب برابر با ۸/۵۹، ۵/۶۸ و ۴/۸۵ میلیمتر بوده است. بنابراین کاهش رطوبت خاک یکی از عواملی است که می‌تواند تشکیل کانون‌های گردوغبار را تسهیل کرده و منجر به ایجاد طوفان‌های گردوغبار و در نهایت کاهش دید و کیفیت هوا شود که نمونه آن در فروردین ماه ۱۴۰۱ مشاهده شده است.

شکل ۴. تغییرات رطوبت سطحی خاک در بازه زمانی ۱۸ تا ۲۳ فروردین ماه در سه سال مورد مطالعه



مأخذ: ماهواره SMAP.



پتانسیل بالا برای انتشار گردوغبار از یک کانون گردوغبار کافی نیست. عامل مؤثر بر تشدید شدت گردوغبار برخاسته از کانون‌های غبار، عوامل جوی از جمله شدت و جهت باد است. فعالیت یک کانون گردوغبار به بادی با شدت بیش از مقدار آستانه فرسایش خاک نیاز دارد. به عبارتی شدت باد محلی باید بیشتر از آستانه‌های فرسایش که براساس ویژگی‌های نوع خاک تعیین می‌شوند، باشد که توانایی انتقال گردوغبار وجود داشته باشد^۱. بنابراین، شدت باد آستانه همراه با کاهش رطوبت خاک می‌تواند جابه‌جایی غبار برخاسته شده را تسریع بخشد. علاوه بر این کاهش شدت باد می‌تواند به ماندگاری گردوغبار در شهرهای کلان از جمله تهران کمک کرده و منجر به افزایش آلودگی هوا شود. از آنجا که در این مطالعه داده‌های شدت و جهت باد در بازه زمانی مورد مطالعه در دسترس نبود، بررسی بیشتر این عامل در مطالعات آتی توصیه می‌شود.

از بین رفتن پوشش گیاهی یکی از عواملی است که منجر به تولید کانون‌های گردوغبار و شدت آلودگی هوا خواهد شد. در شکل ۵ توزیع مکانی شاخص NDVI در حاشیه رودخانه‌های دجله و فرات در بازه زمانی ۱۳ فروردین‌ماه تا یکم اردیبهشت‌ماه در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۴۰۱ نمایش داده شده است. این شاخص با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل ۲ محاسبه شده است. به‌طور کلی مقادیر مثبت بسیار کم (بین صفر و ۰/۱) متناظر با مناطق بایر، خاک، سنگ و ماسه هستند. مقادیر بین ۰/۲ تا ۰/۳ نماینده درختچه و چمن‌زار و مقادیر بین ۰/۶ و ۰/۸ نماینده درختان متراکم هستند. مقادیر منفی عموماً در دسته آب قرار می‌گیرند. بر این اساس در شکل ۵ شاخص محاسبه شده به چهار دسته گیاه، زمین بایر، آب و مقادیر بین ۰/۱ و ۰/۲ تقسیم شده است. مقایسه این نقشه و نقشه‌های وضعیت آلودگی غبار نشان می‌دهد که کانون‌های گردوغبار عمدتاً در نزدیکی مناطقی قرار دارند که میزان شاخص NDVI در دسته زمین بایر قرار می‌گیرد. به عبارتی پتانسیل تولید غبار و برخاسته شدن از خاک‌های بدون پوشش گیاهی وجود دارد. علاوه بر این مقایسه بین دو سال ۱۳۹۶ و ۱۴۰۱ نشان می‌دهد که اگرچه مساحت کلاس پوشش گیاهی در سال ۱۴۰۱ حدود ۴۴ درصد افزایش یافته، اما این افزایش عمدتاً مربوط به مرکز عراق بوده و بیشترین کاهش پوشش گیاهی در شمال عراق و در حاشیه رود دجله مشاهده می‌شود. در شکل ۶ تغییرات مساحت دو کلاس پوشش گیاهی و خاک بدون پوشش گیاهی در پنج سال اخیر در بازه زمانی دو هفته آخر فروردین‌ماه در حاشیه دجله و فرات نمایش داده شده است. به‌طور کلی در پنج سال اخیر حدود ۶۷ درصد از پوشش گیاهی حاشیه دو رود از بین رفته و ۲۱ درصد به میزان مناطق بایر و بدون پوشش گیاهی افزوده شده است، به‌طوری که مساحت مناطق دارای پوشش گیاهی به ۳۲۷۳ کیلومتر مربع کاهش و مساحت مناطق بدون پوشش گیاهی به ۲۴۷۱ کیلومتر مربع افزایش پیدا کرده است. یکی از دلایلی که می‌تواند منجر به این فاجعه زیست‌محیطی و درنهایت افزایش کانون‌های گردوغبار در عراق و پیامدهای آن برای ایران شود، آبگیری سد ایلیسو در ترکیه است. آبگیری این سد ۷/۴۶ میلیارد مترمکعبی (حجم نرمال) از بهمن‌ماه ۱۳۹۶ آغاز شد و به مدت سه سال ادامه داشت. آبگیری کامل این سد سالیانه بیش از نصف جریان سالیانه دجله را جذب خواهد کرد. حجم کل این سد ۱۰/۴ میلیارد مترمکعب (دو برابر حجم سد کرخه) است که این ظرفیت اضافی برای قطع کردن آب ورودی به سوریه و عراق برای چندین ماه

1. B. Marticorena, "Dust production mechanisms," in *Mineral Dust*: Springer, 2014, pp. 93-120.

کافی است.^۱ همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است، با تکمیل آبرگیری این سد و افتتاح رسمی آن در حاشیه دجله و فرات کاهش قابل توجه پوشش گیاهی نیز مشاهده شده است. اثر سدسازی ترکیه را نمی‌توان به راحتی رد نمود. نتایج شکل ۵ نیز نشان می‌دهد که ساخت سد ایلپسو تأثیر مستقیمی بر کاهش کیفیت و مساحت پوشش گیاهی پایین دست سد تا بیش از ۳۰۰ کیلومتر پایین دست سد در حاشیه رودخانه دجله داشته است. افزایش پوشش گیاهی در مناطق مرکزی و جنوبی عراق عمدتاً به دلیل بارش‌های پایین دست سد و زهکشی مناطق مابین به رودخانه‌های دجله و فرات بوده و اگرچه ساخت سد به طور مستقیم به کاهش پوشش گیاهی در مناطق مرکزی و جنوبی عراق مربوط نبوده، بلکه در صورتی که بارش‌ها وجود نداشته باشند، این منطقه نیز با کاهش دبی رودخانه در اثر محدودیت‌هایی که ساخت سد به وجود خواهد آورد، با کاهش بیشتر مساحت پوشش گیاهی روبه‌رو خواهد شد.

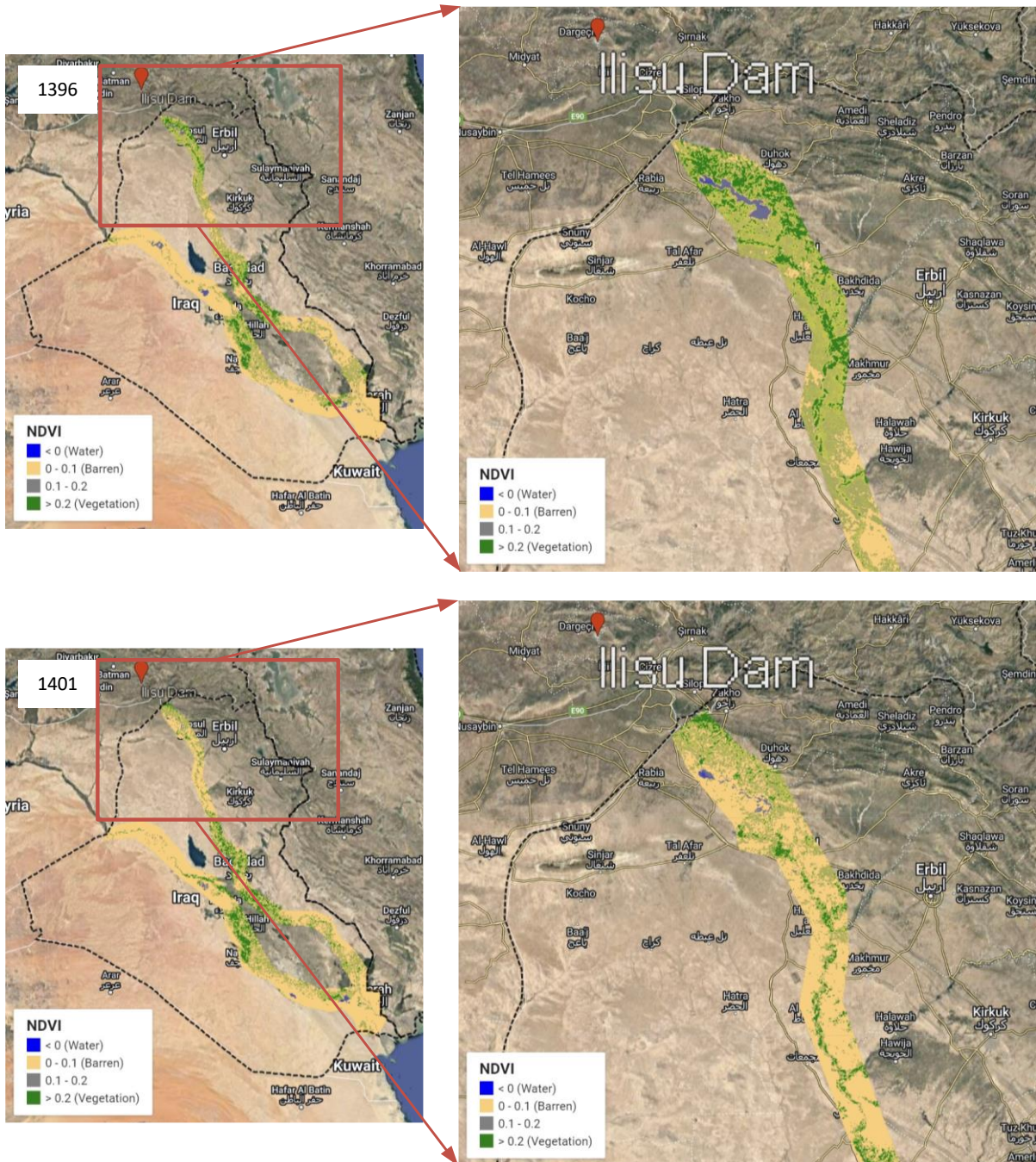
مطابق ماده (۲۳) قانون هوای پاک^۲ (مصوب ۱۳۹۶) دولت مکلف بود که با همکاری همسایگان نسبت به کنترل کانون‌های برون مرزی گردوغبار اقدام کند. بررسی شاخص‌ها و عملکرد دستگاه‌های مسئول حاکی از آن است که در این حکم شرایط به مراتب از پیش از تصویب قانون هوای پاک بدتر است. لذا باید دستگاه‌های ذی‌مدخل در کوتاه‌ترین زمان ممکن نسبت به جبران غفلت‌های گذشته و انجام اقدامات مؤثر و پایدار با به‌کارگیری ظرفیت‌های سیاسی، حقوقی و فنی، اقدامات لازم را به عمل آورد؛ چراکه این مسئله می‌تواند به تهدید جدی و بحرانی برای سلامت و اقتصاد کشور منجر شود و شرایط برگشت‌ناپذیری به وجود آید.

1. <https://www.rivernet.org/turquie>

۲. ماده (۲۳) - دولت مکلف است با رعایت اصل هفتادوهفتم (۷۷) قانون اساسی به منظور ایجاد همکاری منطقه‌ای و بین‌المللی جهت جلوگیری از ایجاد رخداد گردوغبار و نیز کاهش خسارات و پیامدهای مخرب آن در سطح کشور و منطقه با هماهنگی و همکاری نهادهای بین‌المللی ذی‌ربط و مشارکت کشورهای مؤثر و متأثر منطقه، اقدامات لازم را به عمل آورد.

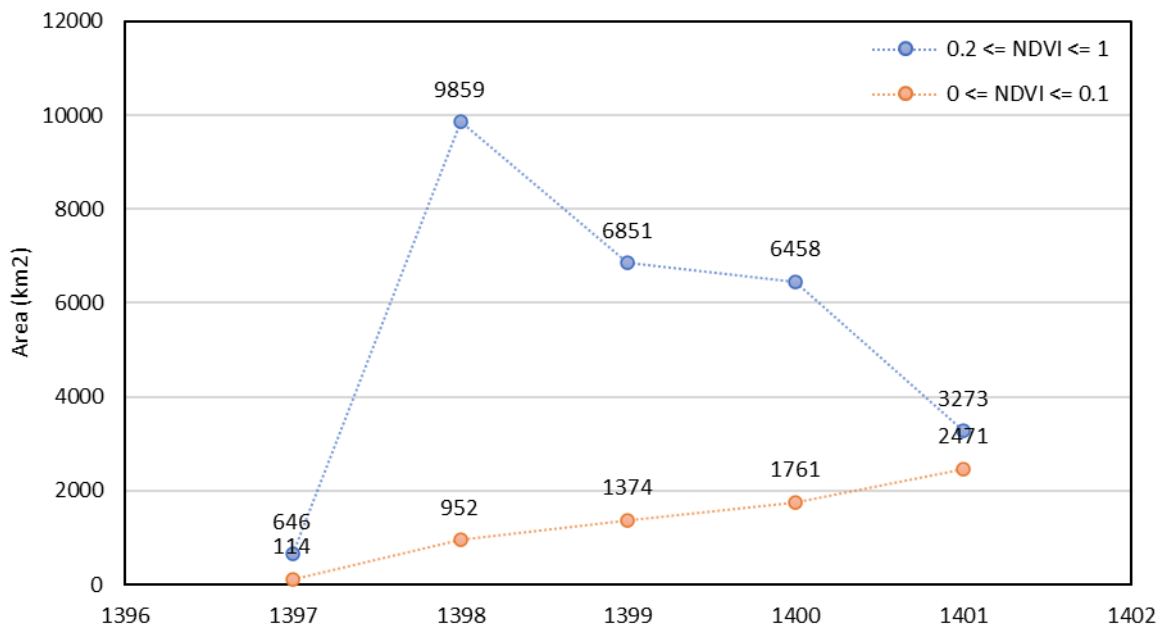


شکل ۵. مقایسه توزیع مکانی شاخص NDVI در حاشیه رودخانه‌های دجله و فرات در کشور عراق در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۴۰۱

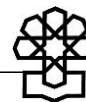


مأخذ: ماهواره سنتینل ۲.

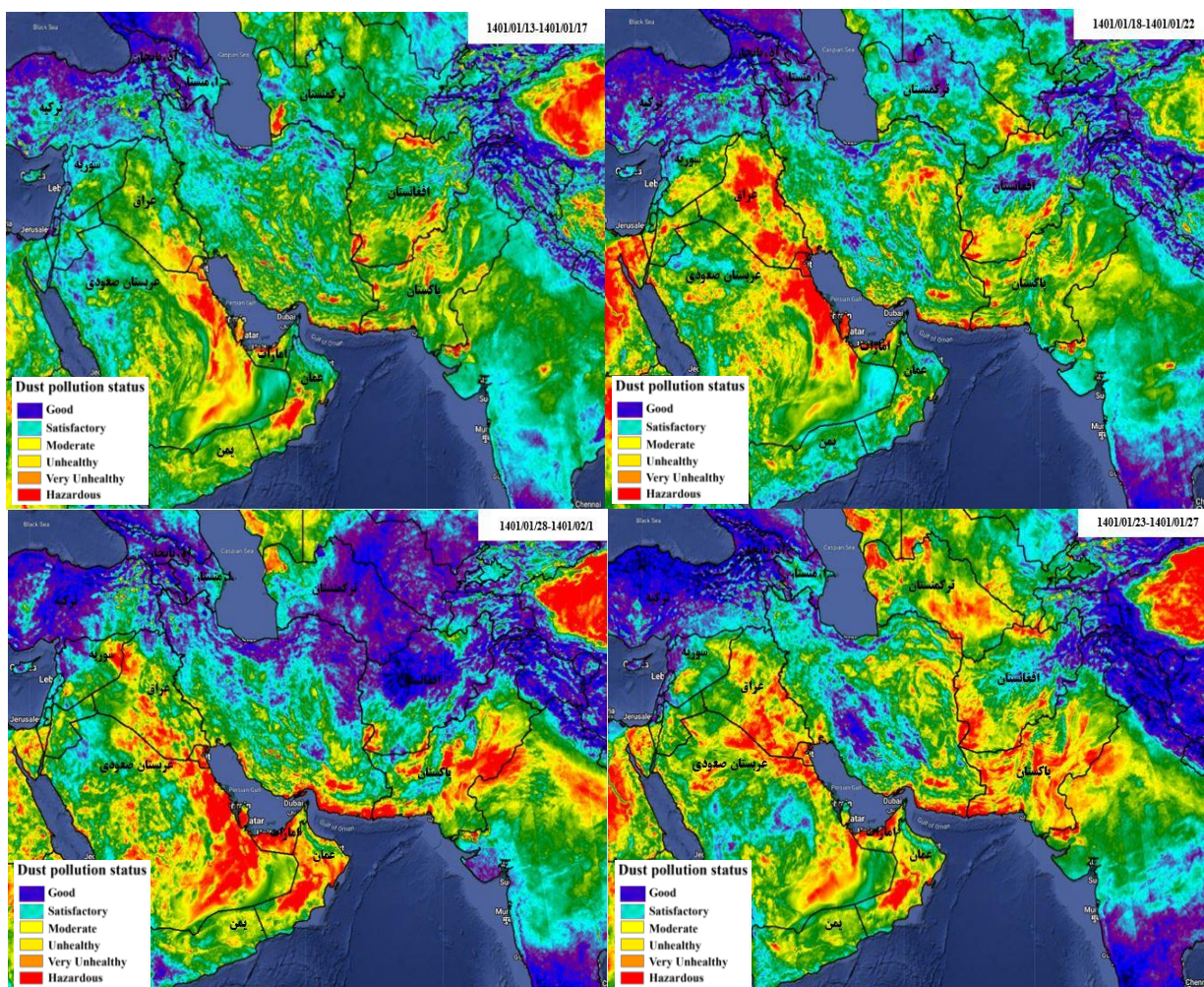
شکل ۶. تغییرات مساحت شاخص NDVI در حاشیه رودخانه‌های دجله و فرات در کشور عراق در بازه زمانی ۱۳ فروردین‌ماه تا یکم اردیبهشت‌ماه در پنج سال اخیر



برای ارزیابی دقیق‌تر، وضعیت پراکنش گردوغبار در محدوده وسیع‌تری در فروردین‌ماه ۱۴۰۱ مورد پایش قرار گرفت. در همین راستا ابتدا به تعیین مقادیر شاخص AOT از ماهواره سنتینل ۲ اقدام گردید و سپس تصاویر ماهواره‌ای طی بازه‌های زمانی تعریف شده (۱۳ فروردین‌ماه تا یکم اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۱) تهیه و استخراج شد. در ادامه پس از پردازش و طبقه‌بندی تصاویر از نظر وضعیت آلودگی ذرات و شدت توزیع (مطابق راهنمای شکل ۷)، با استفاده از نرم‌افزار GIS به محاسبه مساحت و درصد منشأ ذرات گردوغبار پرداخته شد که مطابق این تسهیم هم بیشترین سهم معطوف به کشور عراق بوده است.



شکل ۷. بررسی منشأ ورود و توزیع گردوغبار در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه ۱۴۰۱



مأخذ: ماهواره سنتینل ۲

نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌های سنتینل ۲ نقشه‌های پنج‌روزه وضعیت آلودگی غبار بر مبنای ضخامت نوری ذرات معلق جو در بازه زمانی ۱۳ فروردین ماه تا یکم اردیبهشت ماه ۱۴۰۱ تولید شد. گسترش مکانی و زمانی غبار از عراق به سمت غرب و شمال غرب ایران و خروج آن از شرق و شمال شرق کشور نمایش داده شد. بیشترین شدت آلودگی غبار در بازه زمانی ۱۸ تا ۲۲ فروردین ماه مشاهده شد. علاوه بر این مقایسه نقشه‌های گسترش غبار با دو سال اخیر نشان داد که این پدیده وضعیت آلودگی هوای کشور را در وضعیتی استثنایی قرار داده است. بررسی عوامل مؤثر در ایجاد این گردوغبار نشان داد که کاهش رطوبت خاک در سه سال اخیر در کانون‌های غبار عراق، منجر به افزایش شدت آلودگی غبار در ایران شده است. علاوه بر این از عامل شدت و جهت باد نمی‌توان چشم پوشید. بنابر بررسی منشأ گردوغبار فروردین ماه ۱۴۰۱، سطوح پُرتانسیل گردوغبار موجود در عراق بیشترین سهم را ایجاد شرایط بحرانی بازه زمانی ۱۸ تا ۲۲ فروردین ماه ۱۴۰۱ داشته است. در نهایت بررسی تغییرات پوشش

گیاهی در حاشیه دجله و فرات نشان داد که در چند سال اخیر مساحت پوشش گیاهی ۶۷ درصد کاهش پیدا کرده است. علاوه بر این در پنج سال اخیر افزایش پهنه بایر و بدون پوشش گیاهی روندی افزایشی داشته، به طوری که ۲۱ درصد به مساحت این پهنه‌های در حاشیه دو رود افزوده شده و به ۲۴۷۱ کیلومتر مربع رسیده است. این کاهش مساحت پوشش گیاهی با زمان آبیگری و افتتاح سد ایلیسو ترکیه که بالادست رود دجله ساخته شده است، هم‌زمانی داشته، به طوری که با شروع آبیگری سد، از مساحت پوشش گیاهی نیز به طور قابل توجهی کاسته شده است. البته نقش کاهش بارندگی نیز در وقوع این رخداد قابل توجه است. بنابراین باید دستگاه‌های مسئول مطابق تکالیف قانونی نسبت به کنترل کانون‌های ریزگرد برون‌مرزی با جلب همکاری و تشریک مساعی با کشورهای منطقه اقدام فوری و مؤثری داشته باشند.

منابع و مأخذ

1. A. S. Goudie and N. J. Middleton, Desert Dust in the Global System. Springer Science & Business Media, 2006.
2. B. Marticorena, "Dust Production Mechanisms," in Mineral Dust: Springer, 2014, PP. 93-120.
3. J. Gitahi and M. Hahn, "High-resolution Urban Air Quality Monitoring Using Sentinel Satellite Images and Low-cost Ground-based Sensor Networks," in E3S Web of Conferences, 2020, vol. 171: EDP Sciences, p. 02002.
4. M. Drusch et al., "Sentinel-2: ESA's Optical High-resolution Mission for GMES Operational Services," Remote sensing of Environment, vol. 120, PP. 25-36, 2012.
5. "The Ilisu dam project." <https://www.rivernet.org/turquie/ilisu.htm#:~:text=Ilisu%20is%20a%20case%20in,capacity%20of%207.46%20billion%20m3>.