Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هفتم، بهار ۱۴۰۰

صص ۱۱۷– ۹۹

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.66965.0

مقاله پژوهشی

تأثیر معادن شن و ماسه شهریار بر ریز گردهای استان تهران

دکتر منیژه قهرودی تالی[1] – استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دکتر خدیجه علی نوری – پژوهشگر پسادکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

مریم اجاقلو – کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱/۱۳ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱/۲۹

چکیده

ریز گردها بر وجوه مختلف زندگی و سلامت انسان‌ها اثر می‌گذارند؛ ازاین‌رو ترکیب این ذرات و اثرات زیست‌محیطی آن به یک نگرانی بزرگ تبدیل‌شده است. شهرستان شهریار دارای قریب به ۱۲ واحد معدن ازجمله سیلیس، نمک، شن و ماسه و خاک است که این معادن، شهرستان را به یک منبع تولید گردوغبار در استان تهران تبدیل کرده است. گردوغباری که به استان نفوذ می‌کند، از جهت‌های شمال غربی در جهت باد شهریار است. پژوهش حاضر میزان تأثیر معادن شهریار را بر تشدید گردوغبار استان تهران، موردبررسی قرار داده است. جهت ترسیم جهت و سرعت باد منطقه، داده‌های روزانه باد این ایستگاه در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ تهیه گردید. سرعت و جهت باد منطقهٔ موردمطالعه با استفاده از نرم‌افزار WRPLOT ترسیم شد. برای استخراج میزان گردوغبار، تصاویر سطح یک سنجنده مودیس ماهوارهٔ ترا و آکوا از سایت ناسا تهیه گردید، سپس میزان گردوغبار با استفاده از شاخص‌های AOD،DBAAEL،NDDI همچنین تراکم پوشش گیاهی و رطوبت به ترتیب از شاخص‌های NDVI و NDMI استخراج شد. نتایج نشان داد که در فصل تابستان، بهار و پاییز تأثیر معادن شن و ماسه در تشدید ریز گردها فراوان است؛ به‌طوری‌که علاوه برشدت گردوغبار، عمق ذرات گردوغبار در فصول بهار، تابستان و پاییز در استان تهران افزایش می‌یابد که می‌تواند ناشی از حاکمیت شرایط خشک و وجود معادن شن و ماسه در شهرستان باشد؛ بنابراین باد شهریار در انتقال گردوغبار در غرب و جنوب استان سهم قابل‌ملاحظه‌ای دارد؛ زیرا معادن شن

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۲۶۳۹۶۸

Email: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

و ماسه در مسیر باد شهر استقراریافته‌اند؛ بنابراین می‌توان گفت این معادن یکی از عوامل تشدید گردوغبار در استان تهران به‌ویژه جنوب و غرب آن است.

کلیدواژه‌ها: معادن شن و ماسه، گردوغبار، NDDI، AOD، DBAAEL.

۱- مقدمه

دهه‌های اخیر در ایران، رشد جمعیت به‌ویژه افزایش شهرنشینی موجب توسعهٔ فیزیکی شهرها شده است. این رشد فیزیکی سبب افزایش استفاده از انواع مصالح ساختمانی به‌ویژه شن و ماسه شده است. حفاری در بستر رودخانه‌ها و کناره‌ها، شستشوی شن و ماسه و حمل‌ونقل آن پتانسیل لازم را در ایجاد تخریب فیزیکی و انتشار در محیط‌های آبی و خشکی پیرامون را در پی داشته است و برداشت شن و ماسه از معادن باعث بروز مشکلات محیط‌زیست ازجمله انتشار گردوغبار شده است؛ لذا توجه به ماهیت معادن شن و ماسه در تخریب زیستگاه و آلودگی محیط‌زیست امری اجتناب‌ناپذیر است. بنا به تعریف سازمان هواشناسی جهانی WMO[1] طوفان‌های گردوغبار به‌عنوان نوعی از رویداد غباری اطلاق می‌شود. در بیشتر موارد نتیجه بادهای متلاطم قوی همرفتی هستند که ذرات زیادی از گردوغبار سطوح بیابانی را بالابرده و با گسترش آن‌ها در نواحی وسیع، قدرت دید را به کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهند و در رویدادهای شدید تمرکز گردوغبار به بیش از ٦٠٠٠ میکرومتر می‌رسند (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۳). طوفان گردوغبار یکی از مخاطرات طبیعی در دههٔ اخیر است و یکی از حوادث مخرب و پرهزینه در بسیاری از مناطق بیابانی هستند؛ به‌طوری‌که می‌توانند در هردو محیط طبیعی و انسانی خسارت زیادی ایجاد کنند و منجر به از دست رفتن زندگی شوند و بسیاری از شهرهای آسیا و اروپا با طوفان‌های غیرمعمول مواجه هستند (کیو[2]، ۲۰۰۵). در شرایط آب‌وهوایی خشک و سطوح بیابانی گرم و وزش بادهای قوی در منطقه گردوغبار را به اطراف پراکنده می‌کند و ذرات گردوغبار در هنگام حمل‌ونقل با آئروسل‌های حاصل از فعالیت انسان مخلوط شده و باعث افزایش آلودگی می‌شوند (پارک[3] و همکاران، ٢٠١٤). در بین منشأهای مختلف گردوغبار، گردوغبار معدنی جز ذراتی است که بر کیفیت آب‌وهوا تأثیر می‌گذارند. آئروسل‌های معدنی در سیستم زمین نقش مهمی دارند و تأثیر آن‌ها بستگی به خصوصیات ذراتی دارد که در ابتدا توسط منابع زمینی و رسوبات آن تعیین می‌شوند (بادوک[4] و همکاران، ۲۰۰۹).

بررسی سرعت وجهت باد غالب در شهر استان تهران با استفاده از داده‌های بادسنجی و نرم‌افزار گلباد نشان داد که باد غالب منطقه غربی و جنوب غربی هستند و ۳۷ درصد از بادها توانایی حمل ذرات گردوغبار رادارند (صبر و

1 Meteorological Organization World
2 QU
3 Park
4 Baddok

همکاران،۱۳۹۳). معادن می‌توانند بخش مهمی از طرح‌های توسعه ملی باشند و سهم فراوانی در اقتصاد کشورهای درحال‌توسعه داشته باشند، درعین‌حال فعالیت‌های معدنی با اثرات زیست‌محیطی عمده‌ای روبرو هستند (نرماشیری و محمدخان،۱۳۹۳). غلظت گردوغبار حاصل از فعالیت‌های معدنی شامل Pm10، حدود ٤٠ درصد و ذرات بزرگ تراز Pm10، حدود ٦٠ درصد می‌باشند که به‌وسیله فعالیت‌هایی مانند برخورد مکانیکی سنگ‌ها، کشیدن مواد توسط بیل و بولدوزر و حرکت وسایل نقلیه در جاده‌های خاکی تولید می‌شود (اخبار معادن،۲۰۰۰). در سال‌های اخیر لزوم پایش و کنترل آلاینده‌های هوا در سطح وسیع و با روش‌هایی که از سرعت و دقت بیشتر و هزینه کمتر برخوردار باشند احساس می‌شود (قربانی سالخورده و همکاران، ۱۳۸۹).

بررسی طوفان شن و ماسهٔ مناطق بیابانی با استفاده از تصاویر مودیس و شاخصNDDI[1] در چین و گردوغبار در مناطق گرمسیری و اقیانوس اطلس توانایی شاخص اخیر را در شناسایی خواص گردوغبار، رطوبت و درجه حرارت نشان داد (ایکس[2]،۲۰۱۱ و کیو،۲۰۰۵). میزان ورود گردوغبار از سمت غرب به‌ویژه کشور عراق با تصاویر مودیس بررسی و مشخص گردید که طوفان گردوغبار از سمت غرب وارد ایران می‌شود و دلایل آن می‌تواند وقوع حوادث کاستروف ازجمله وقوع جنگ عراق و آمریکا و تشدید تغییرات اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای باشد (قهرودی تالی، ۱۳۸۹). نقش بیابان‌های استان خوزستان و جنوب شرق عراق در طوفان‌های ریز گرد این استان در طول سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱٤ با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ مودیس موردبررسی قرارگرفته و نتایج حاصل نشان می‌دهد، بیابان‌های داخلی استان خوزستان همراه با شرق و جنوب شرق عراق از یک کانون فرعی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ به یک کانون اصلی از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱٤ تبدیل‌شده است (نبوی و همکاران، ۱۳۹۵) و میزان شدت طوفان به ویژگی سطح زمین، تفاوت‌های توپوگرافی و همچنین خصوصیات کانی‌های گردوغبار منطقه مربوط می‌شود (مهرابی و همکاران، ۱۳۹٤). عمق ذرات گردوغبار در استان خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و شاخص AOD[3] مطالعه شده است و نتایج آن نشان داد سنجندهٔ مودیس می‌تواند ابزار مناسبی جهت پهنه‌بندی توده گردوغبار در غرب ایران در مقیاس منطقه‌ای باشد (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۳). ترکیبات بار گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران و تأثیر آن بر سلامت انسان با نمونه‌برداری و با استفاده از تصاویر شاخص آئروسل وسنجنده OMI و مدل HYSPLIT بررسی‌شده است. جهت تعیین بار گردوغبار از آنالیزهای XRD و XRF جذب اتمی و بررسی‌های آزمایشگاهی برای تعیین میکرو ارگانیزم‌ها استفاده شد و نتایج حاصل نشان می‌دهد کانی‌های اصلی گردوغبار ورودی به غرب ایران شامل کربنات‌ها (کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) است و فاز فرعی کانی‌ها نیز شامل ژیپس است (خوش‌اخلاق و همکاران،۱۳۹۲). گردوغبار معلق در ایستگاه هواشناسی سرپل ذهاب در سال‌های (۲۰۰۹–۱۹۸٦) با استفاده از آمارهای

1 Normalized Dudt Difference Index
2 Xu
3 Aerosol Optical Depth

مربوط به پدیده‌های هواشناسی مثل طوفان‌ها، سرعت وجهت باد، رطوبت نسبی، فشار معادل سطح بارش و میدان دید با استفاده از نرم‌افزار مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و درنهایت با استفاده از نرم‌افزار SPSS statics و نرم‌افزار WRPLOT view version 5.3 سرعت وجهت باد موردبررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از آن نشان داد فراوانی روزهای همراه Surfer full version 8.0 این نوع طوفان از ١٤ مورد در سال ١٩٨٦ به ١٥٢ مورد در سال ٢٠٠٩ افزایش‌یافته است (نوحه‌گر و همکاران، ١٣٩٢). تحلیل همدیدی و wrf طوفان‌های گردوغبار استان یزد بر مبنای مدل‌سازی‌های عددی و با استفاده از خروجی‌های مدل داده شد، نتایج HYSPLIT به مدل WRF دینامیکی صورت گرفت. سپس برای بررسی چشمه‌های طوفان خروجی‌های مدل حاصل نشان می‌دهد عبور سامانه‌های چرخندی از سطوح بالای جو و ریزش هوای سرد ناشی از آن‌ها همراه با گرمایش سطحی در سطح زمین زمینهٔ ایجاد ناپایداری را در منطقه ایجاد کرده است، این شرایط همراه باوجود لایهٔ آمیخته عمیق در مناطق مرکزی و خشک ایران در ساعت‌های قبل از شروع طوفان و همچنین منطقه همگرایی باد و سرعت سطحی قوی در ساعت وقوع این طوفان را به وجود آورده است (محمد پور پنجاه و همکاران، ١٧:١٣٩٣). شکل‌گیری و تکامل یک توفان گردوغبار سنگین در منطقهٔ خاورمیانه با استفاده از شبیه‌سازی به‌وسیلهٔ مدل مشاهدات ایستگاهی و تصاویر ماهواره‌ای مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است و نتایج آنالیز وضعیت جوی WRF/chem شبیه‌سازی‌شده نشان داد، در صورتی بیشینه غلظت گردوغبار در ترازپایین اتفاق می‌افتد که در ناحیهٔ منشأ گردوغبار، گرادیان فشار افقی قابل‌قبول با همرفت قوی در توده‌هوای مستقر در سامانه‌های چرخندی همراه باشد (ملکوتی و بابا حسینی، ١٣٩٣).

منابع گردوغبار جو در استان تهران با استفاده از مدل HYSPLIT در بین سال‌های ١٩٨١–٢٠٠٥ در سطوح مختلف جو مورد شناسایی قرار گرفت و بررسی آماری نشان داد؛ یکی از فراوان‌ترین وقایع گردوغبار در استان تهران در اردیبهشت‌ماه سال ٢٠٠٠ رخ‌داده است و بیش از ٤ روز در ایستگاه‌های آبعلی، چیتگر، فیروزکوه، کرج و شمال استان تهران تداوم داشته است (محمدی و همکاران، ١٣٩٤). تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های گردوغبار در شرق خراسان بر پایه داده‌های ماهواره‌ای و با استفاده از شاخص‌های UVAI, AOD, AAOD موردبررسی قرارگرفته است و نتایج این پژوهش روند صعودی این شاخص‌ها را در طی سال‌های ٢٠٠٢، ٢٠٠٨ و ٢٠١٤ نشان می‌دهد و شاخص UVAI 2014-1978 بیشترین میزان ذرات معلق را در سال‌های ٢٠٠٨ و ٢٠١٤ نشان می‌دهد (میری و همکاران، ١٣٩٦). وجود رسوبات آبرفتی که از کوهپایه‌های البرز تا دشت‌های جنوبی محدودهٔ استان تهران گسترش‌یافته‌اند، محل مناسبی را برای استقرار فعالیت‌های صنعتی و معدنی به‌ویژه معادن شن و ماسه فراهم آورده‌اند. با توجه به اینکه بیشتر معادن موجود در منطقه به‌خصوص دو معدن بزرگ شن و ماسه در منطقهٔ شهریار و طالقان در غرب شهر استان تهران قرارگرفته‌اند؛ لذا در این پژوهش اثرات معادن شن و ماسه شهریار بر ریز گردهای استان تهران موردبررسی قرارگرفته است.

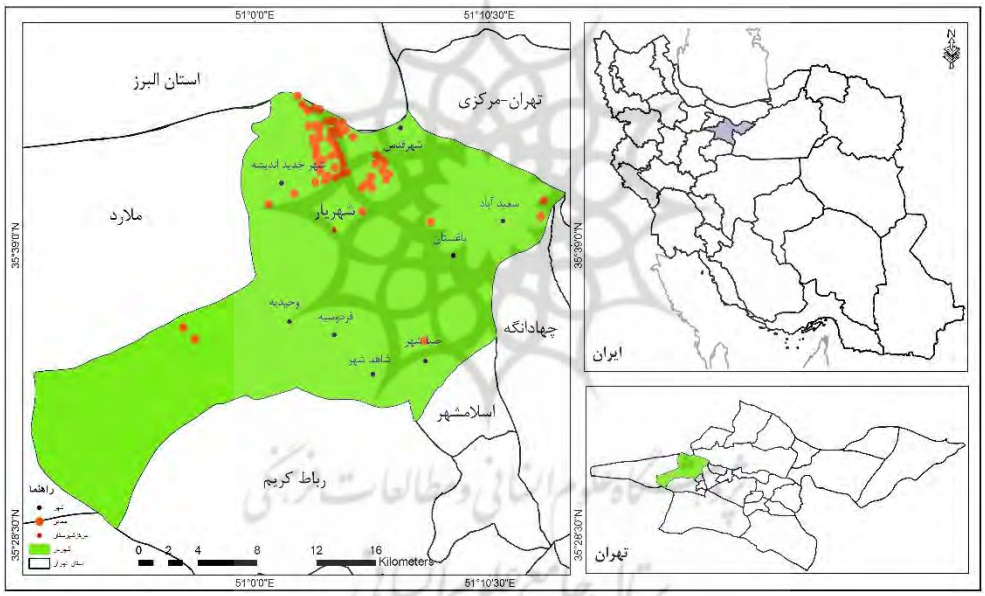
۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه موردمطالعه

استان تهران به لحاظ موقعیت جغرافیایی در دامنه‌های جنوبی البرز قرارگرفته است. رسوبات آبرفتی آن‌که از کوهپایهٔ البرز تا جنوب استان تهران گسترش‌یافته، محل مناسبی را برای معادن شن و ماسه ایجاد کرده است. شهرستان شهریار همچون سایر مناطق ایران دارای معادن متعددی ازجمله سیلیس، نمک، شن و ماسه و خاک است. وضعیت طبیعی و سابقه وجود جریانات سطحی اراضی شمال منطقه، انباشت انواع مخلوط شن و ماسه به‌صورت رسوبات آبرفتی را به دنبال داشته است. در این منطقه زمین‌های آبرفتی از جریان سیلاب رودخانه کرج به وجود آمده و اکنون به دلیل ایجاد سد کرج و قطع آب از زمین‌های موصوف، شرکت‌های متعددی امر بهره‌برداری از شن و ماسه این منطقه را بر عهده‌دارند. در حال حاضر تعداد معادن شن و ماسه قریب به ۷۰ واحد است.

شهرستان شهریار با وسعتی برابر ۱۳۲۹ کیلومترمربع در ارتفاع متوسط ۱۱٦۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان به دلیل نزدیکی به استان تهران با تغییرات بسیار جزئی، آب‌وهوایی مشابه این استان دارد و دارای آب‌وهوای نیمه بیابانی و خشک است (صابرنیا و همکاران، ۱۳۹۱). به لحاظ دمایی، حداکثر دمای ماهانه شهرستان شهریار در تیرماه ۳۱/۷ درجه سانتی‌گراد و حداقل دمای ماهانه دی‌ماه ٤/٥ درجه سانتی‌گراد است. به‌طورکلی دی و بهمن سردترین و ماه‌های تیر و مرداد گرم‌ترین ماه‌های منطقه است. بارندگی در ایستگاه شهریار از ماه مهر شروع و تا اردیبهشت ادامه می‌یابد. بالاترین میزان بارندگی در ماه‌های دی، بهمن، آبان و آذر است و در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور میزان بارندگی کاهش‌یافته و به‌صورت پراکنده اتفاق می‌افتد. باد شهریار در منطقهٔ استان تهران می‌وزد و عمدتاً در هوای گرم سیکلون‌های مهاجر به وجود می‌آید و بادی نسبتاً گرم و مطبوع است (علیجانی، ۱۳۸۲). تشکیلات زمین‌شناسی شهرستان شهریار شامل سنگ‌های آتش‌فشانی به‌ویژه آندزیت‌هایی به رنگ قهوه‌ای بوده که تشکیلات غرب شهرستان را تشکیل می‌دهند و تشکیلات رسوبی هم بخش وسیعی از زمین‌های این منطقه را به خود اختصاص داده و از تشکیلات آبرفتی کرج که بر روی رسوبات میوسن فوقانی رسوب‌کرده‌اند تشکیل‌شده است. این منطقه آرام به نظر می‌رسد؛ زیرا اثر گسل‌های بزرگ در منطقه مشاهده نمی‌شود. گسل‌های کوچک‌تر ازجمله گسل جنوب غربی در حوالی رود شور موجب جابه‌جایی مختصری شده‌اند. منطقهٔ شهریار که بخشی از آن در غرب نقشهٔ زمین‌شناسی استان تهران قرارگرفته؛ ازنظر زمین‌شناسی ساختمان ساده‌ای دارد که شامل آبرفت‌های جوان دوران چهارم یعنی آبرفت‌های موسوم به آبرفت‌های استان تهران است که در چند مورد بیرون‌زدگی رسوبات قبل از آن به چشم می‌خورد. ۸۰ درصد خاک موجود در شهرستان شهریار برای انواع زراعت آبی مستعد است و ۲۰ درصد باقی‌مانده پس از احداث سیستم‌های زهکشی، اصلاح اراضی، حل مشکل شوری خاک و انجام عملیات تسطیح موضعی، قابلیت کشت‌های موردنظر را خواهد داشت. بافت خاک منطقه بیانگر آن است که نزدیک به ۸۰ درصد

اراضی دارای بافت خاک رسی–مارنی و بدون سنگ‌ریزه، ۱۰ درصد شنی و ۱۰ درصد باقی‌مانده حاوی سنگ‌های آتش‌فشانی کوه‌های اطراف است. بخش وسیعی از منطقهٔ شهریار به‌ویژه نواحی شمالی، شمال شرقی و غربی به دلیل فراهم بودن شرایط مناسب خاک و آب زیر کشت گندم، جو، ذرت و غیره قرار می‌گرفته است؛ اما اکنون به دلیل کمبود منابع آب کشاورزی کاهش‌یافته است. باغات میوهٔ شهرستان شهریار به‌ویژه باغات بخش مرکزی چون چترِی سبز در منطقه گسترش‌یافته است. البته این باغات نیز به دلیل نبود آب و برخی سودجویی‌ها نظیر تغییر کاربری اراضی از کشاورزی به مسکونی، کارگاهی و غیره کاهش‌یافته است (صابرنیا و همکاران، ۱۳۹۱). میزان تراکم شبکهٔ آبراهه در بخش شمالی منطقه بالاتر از بخش جنوبی دشت شهریار است. از رودخانه‌های مهم این دشت می‌توان به شاد چای در شمال و رود شور در خط مرزی جنوبی غربی اشاره کرد شکل (۱)، موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان شهریار و پراکنش معادن

۲-۲- داده و روش کار

داده‌های مورداستفاده در این پژوهش شامل آمار روزانه جهت و سرعت باد شهریار در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ مربوط به سازمان هواشناسی و تصاویر سطح ۱ سنجنده مودیس ماهواره ترا و آکوا در بازه‌های زمانی مناسب به شرح جدول (۱) می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات محصولات مودیس جهت استخراج شاخص NDDI

تاریخ	زمان تصویربرداری	مشخصات محصول AOD و DBAAEL	تاریخ	زمان تصویربرداری UTC	مشخصات محصول NDDI
۱۳۹۳/۳/۱۲	۷:۵۰–۷:۵۵	MOD04_L2. A2014153	۱۳۹۳/۳/۱۲	۷:۵۰–۷:۵۵	MOD02HKM. A2017141
۱۳۹۳/۳/۱۳	۷:۵–۷:۱۰	MOD04_L2. A2014154	۱۳۹۳/۳/۱۳	۷:۵–۷:۱۰	MOD02HKM. A2014154
۱۳۹۳/٤/۱۷	۷:۲۵–۷:۳۰	MOD04_L2.A2014158	۱۳۹۳/۳/۱۷	۷:۲۵–۷:۳۰	MOD02HKM. A2014158
۱۳۹۳/۳/۱۸	۸:۵–۸:۱۰	MOD04_L2. A2014159	۱۳۹۳/۳/۱۸	۸:۵–۸:۱۰	MOD02HKM. A2014159
۱۳۹۳/۳/۱۹	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD04_L2.A2014160	۱۳۹۳/۳/۱۹	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD02HKM. A2014160
۱۳۹۳/۳/۲۰	۹:۳۰–۹:۳۵	MYD04_L2. A2014161	۱۳۹۳/۳/۲۰	۹:۳۰–۹:۳۵	MYD02HKM. A2014161
۱۳۹۳/٤/ ٤	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD04_L2.A2014176	۱۳۹۳/٤/٤	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD02HKM. A2014176
۱۳۹۳/٤/ ٥	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD04_L2. A2014177	۱۳۹۳/٤/٥	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD02HKM. A2014177
۱۳۹۳/۱۲/ ۱۸	۹:۳۰–۹:۳۵	MYD04_L2. A2015068	۱۳۹۳/۱۲/۱۸	۹:۳۰–۹:۳۵	MYD02HKM. A2015068
۱۳۹۳/۱۲/ ۱۹	۷:۰–۷:۵	MOD04_L2. A2015069	۱۳۹۳/۱۲/۱۹	۷:۰–۷:۵	MOD02HKM. A2015069
۱۳۹٤/٤/ ۲۸	۷:۰–٦:۵۵	MOD04_L2. A2015200	۱۳۹٤/٤/۲۸	۷:۰–٦:۵۵	MOD02HKM. A2015200
۱۳۹٤/٤/ ۲۹	۸:۲۰–۸:۱۵	MYD04_L2. A2015201	۱۳۹٤/٤/۲۹	۸:۲۰–۸:۱۵	MYD02HKM. A2015201
۱۳۹٤/٦/ ۹	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD04_L2. A2015243	۱۳۹٤/٦/۹	۷:۱۰–۷:۱۵	MOD02HKM. A2015243
۱۳۹٤/٦/۱۰	۷:۵۵–۸:۰	MOD04_L2. A2015244	۱۳۹٤/٦/۱۰	۷:۵۵–۸:۰	MOD02HKM. A2015244
۱۳۹۵/٦/ ۹	۹:۵۵–۱۰:۰	MYD04_L2. A2016243	۱۳۹۵/٦/۹	۹:۵۵–۱۰:۰	MYD02HKM. A2016243
۱۳۹۵/٦/۱۰	۹:۰–۹:۵	MYD04_L2. A2016244	۱۳۹۵/٦/۱۰	۹:۰–۹:۵	MYD02HKM. A2016244
۱۳۹۵/۷/ ۲۱	۸:۰–۸:۵	MOD04_L2. A2016286	۱۳۹۵/۷/۲۱	۸:۰–۸:۵	MOD02HKM. A2016286
۱۳۹۵/۷/ ۲۲	۷:۵–۷:۱۰	MOD04_L2. A2016287	۱۳۹۵/۷/۲۲	۷:۵–۷:۱۰	MOD02HKM. A2016287

روش تحقیق به شرح زیر انجام‌شده است:

– برای نمایش فراوانی سمت و سرعت داده‌های بادسنجی از گلباد استفاده‌شده است که نمودار دایره‌ای و بیانگر نتایج تجزیه‌وتحلیل فضایی سمت و سرعت و فراوانی شدیدترین بادهای یک منطقه یا ایستگاه است. در محاسبات مربوط به گلباد، کلیه بادهای با سرعت بیش از یک نات (۰/٥٤ متر بر ثانیه) دخالت داده‌شده است. گلباد بر اساس داده‌های روزانه تنها ایستگاه سینوپتیک شهریار، در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۵ ترسیم‌شده است.

– برای شناسایی گردوغبار **از شاخص** NDDI **استفاده‌شده است که** نسبت نرمال شده **گردوغبار** است. با توجه به انعکاس گردوغبار با طول‌موج‌های بین ۰/٤ تا ۲/٤ میکرومتر با کمترین مقدار در باند ۳ مودیس ۰/٤٦۹ میکرومتر است و بیشترین مقدار آن در باند ۷ مودیس ۲/۱۳ میکرومتر است. ارزش شاخص NDDI برای گردوغبار مثبت و ابرها یک مقدار منفی دارند. این نشان می‌دهد که این شاخص می‌تواند به‌طور مؤثری طوفان گردوغبار را از آب و ابرهای یخی را متمایز کند (کریمی و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص NDDI به‌صورت رابطه (۱) بیان می‌شود.

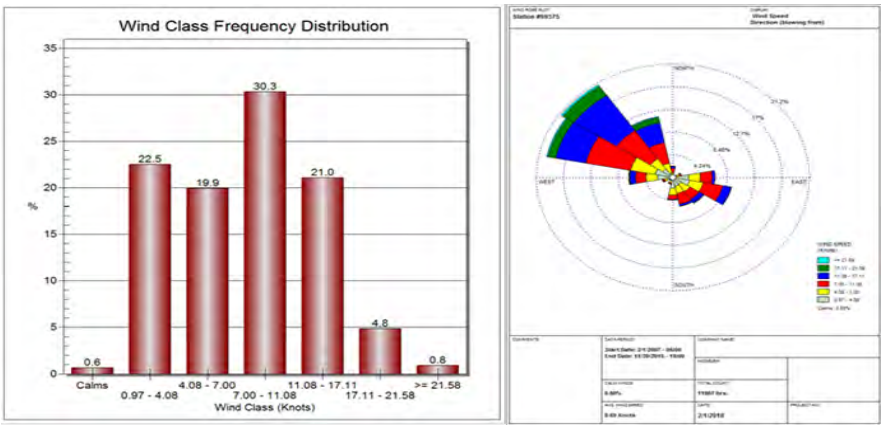
$$NDDI = \frac{b7-b3}{b7+b3} \quad (1)$$

– ضخامت اپتیکی ذرات اتمسفر AOD معیاری است که بیان‌کننده تضعیف رادیانس ورودی به اتمسفر براثر جذب و پراکنش توسط ذرات معلق در ستون عمودی است. این معیار می‌تواند به‌عنوان یک برآورد غیرمستقیم از تراکم ذرات اتمسفری به‌کاربرده شود. البته AOD ثبت‌شده توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای، تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله رطوبت نسبی جو، ساختار کانی‌شناسی ذرات، شرایط هیدروسکوپی ذرات و غیره است (رنگزن و همکاران،۱۳۹۳). این شاخص از رنج مشخصی برخورداراست و رنج آن بین ۰ تا ۰/۵ است. به‌تناسب افزایش گردوغبار رنج آن افزایش می‌یابد. اگر میزان آن ۰ تا ۰/۱ باشد آسمان صاف و به‌تناسب افزایش آن، عمق ذرات معلق در جو افزایش می‌یابد.

– **شاخص** DBAAEL در کنار شناسایی ویژگی‌های شیمیایی و ویژگی‌های اُپتیکی، اندازه ذرات گردوغبار نیز اهمیت فراوانی دارد (برهام وش شمس و محمد زاده،۱۳۹۲). ازجمله شاخص‌هایی که با استفاده از آن می‌توان اندازه ذرات را به دست آورد؛ شاخص DBAAEL است. در این شاخص هرچه اندازه ذرات از ۱ کوچک‌تر باشند و حالت زبر و خشن داشته باشند جزء گردوغبار محسوب می‌شود؛ اما هرچه اندازهٔ ذرات از ۱ بزرگ‌تر باشد، ذرات ریزبافت‌تر بوده و دود و گردوغبار را شامل می‌شود.

۳- یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از ترسیم گلباد شهریار نشان داد که جهت باد غالب و نائب غالب شهریار در تمام فصول سال شمال غربی است. حداکثر سرعت باد شهریار بیشتر از ۲۱ نات است؛ به‌طوری‌که حداکثر فراوانی آن در ماه‌های ژانویه، ژوئن و اکتبر، حداقل فراوانی آن در ماه‌های اوت و نوامبر ثبت‌شده است. شکل (۲) جهت و سرعت میانگین ۹ سال باد ایستگاه شهریار را نشان می‌دهد که جهت باد غالب و نائب غالب آن شمال غربی است؛ حداکثر سرعت باد بیش تراز ۲۱/۵۸ نات است که درصد کمی را به خود اختصاص داده است. حداکثر فراوانی باد با سرعت ۱۱/۰۸–۷ نات؛ با فراوانی ۳/۳۰ درصد است.

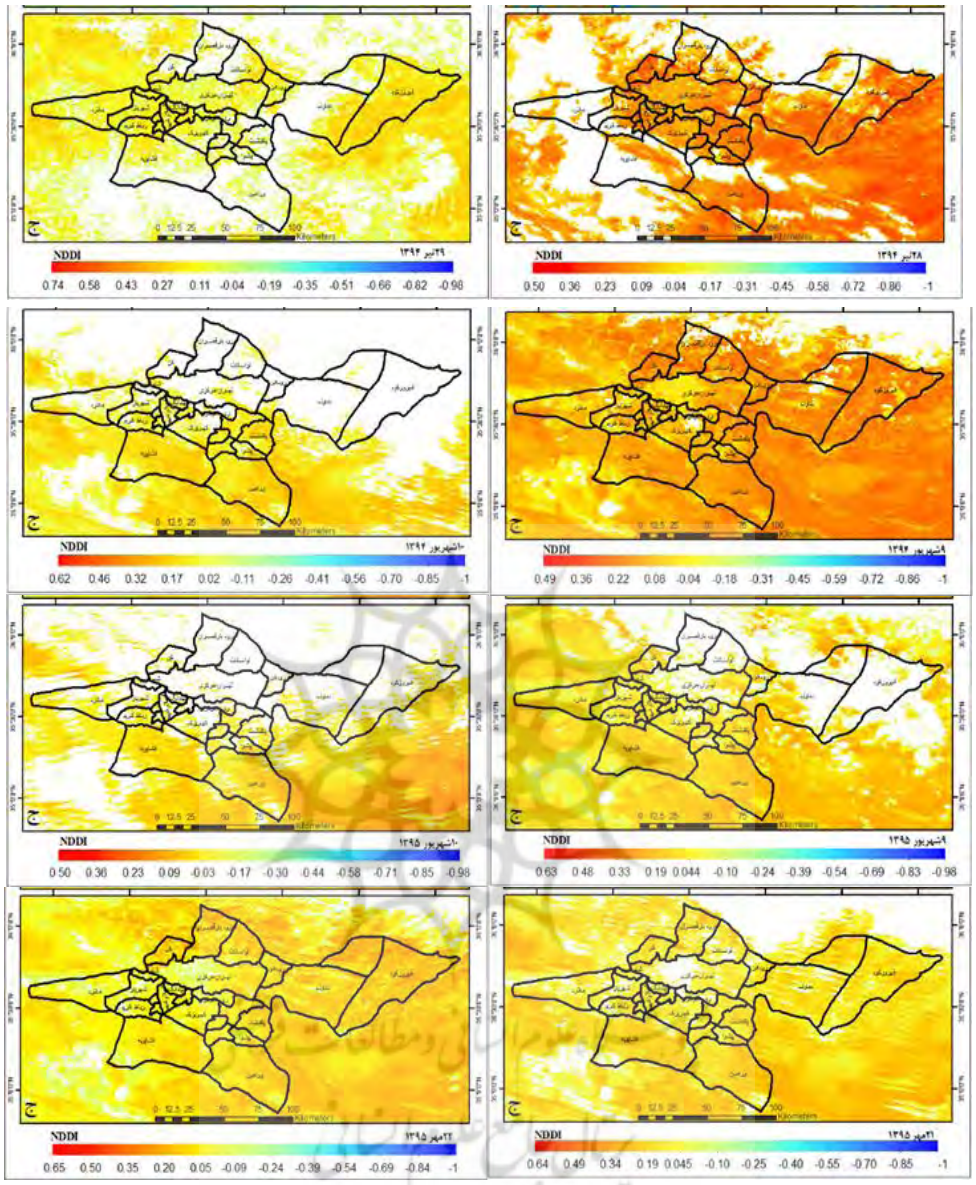


شکل ۲- میانگین سرعت و جهت باد ایستگاه شهرستان شهریار (۲۰۰۷-۲۰۱۵)

شاخص NDDI در شکل (۳) نشان داده‌شده است. در تاریخ ۱۲ خرداد ۱۳۹۳ با توجه به جهت باد شهریار که شمال غربی است حداکثر رنج گردوغبار به ۰/۵٤ و حداقل رنج گردوغبار به ۰/۱۲ رسیده است که گردوغبار شدید در جنوب و شرق استان تهران و غرب استان ازجمله شهرستان شهریار از گردوغبار متوسطی برخوردار است. مناطق شمالی استان تهران نیز بدون گردوغبار است. در تاریخ ۱۳ خرداد ۱۳۹۳ گردوغبار در غرب شهرستان ملارد مستقر است. از شدت کمتری برخوردار بوده، در ۱۷ خرداد حداکثر رنج گردوغبار ۰/٦۱ و حداقل رنج گردوغبار ۰/۰۳ است. گردوغبار شدید در شرق و جنوب شرق متمرکز است. در شهرستان شهریار و غرب استان تهران از گردوغبار متوسطی برخوردار است. بر اساس این تصویر می‌توان گفت که گردوغبار در تمام سطح استان تهران مشاهده می‌شود. در تاریخ ۱۸ خرداد ۱۳۹۳ گردوغبار فقط در شهرستان شهریار و رباط‌کریم و به‌صورت پراکنده در شرق استان تهران نمایان است. در تاریخ ۱۹ خرداد ۱۳۹۳ ذرات گردوغبار حاکم بر استان تهران است که بیانگر مقادیر ابرو گردوغبار در این تاریخ است که حداکثر رنج گردوغبار ۰/۵۰ و حداقل آن ۰/۰۹ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود گردوغبار در تمام سطح استان تهران مشاهده‌شده و کمترین میزان آن در استان تهران مرکزی است و در دیگر قسمت‌های استان شاهد کانون‌های گردوغبار شدید هستیم. در تاریخ ۲۰ خرداد ۱۳۹۳ آرایش مکانی گردوغبار تغییر اندکی کرده است و گردوغبار در بیشتر مناطق استان تهران نمایان است. به سمت جنوب و جنوب شرق استان تهران میزان آن افزایش می‌یابد. در تاریخ ۱۸ اسفند فقط گردوغبار نشان داده می‌شود. در تاریخ ۱۹ اسفند ۱۳۹۳ گردوغبار فقط در غرب استان تهران و شهرستان ملارد قابل‌مشاهده است. در تاریخ ۲۸ تیر ۱۳۹٤ گردوغبار در مرکز، شرق و جنوب استان تهران از شدت فراوانی است. در غرب استان تهران نیز به دلیل وجود ابر میزان گردوغبار قابل‌تشخیص نیست. در تاریخ ۲۹ تیر ۱۳۹٤ از شدت گردوغبار نسبت به‌روز قبل یعنی روز طوفان کاسته شده است؛ گردوغبار ضعیفی در غرب و شرق استان تهران حاکم است. در تاریخ ۹ شهریور ۱۳۹٤ گردوغبار در سراسر استان تهران

حکم‌فرماست. در غرب استان و غرب استان تهران مرکزی از شدت کمتری برخورداراست. در ۱۰ شهریور ۱۳۹٤ از میزان گردوغبار در سطح استان تهران کاسته شده است و گردوغبار فقط در جنوب استان تهران مشاهده می‌شود. در شهرستان شهریار نیز میزان گردوغبار نسبت به‌روز قبل به‌طورقابل‌توجهی کاهش‌یافته است. در تاریخ ٤ تیر ۱۳۹۵ با توجه به این تصویر میزان گردوغبار شدید در جنوب و شرق استان تهران است که رنج آن به ۰/۵ می‌رسد و کمترین میزان در بخش مرکزی استان و بخش‌هایی از شهرستان ملارد را در برگرفته است. گردوغبار همچنان در استان تهران حکم‌فرماست، اما از شدت آن نسبت به‌روز طوفان کاسته شده است. ۹ شهریور ۱۳۹۵ که انتهای فصل تابستان است و شرایط کاملاً خشک بر استان تهران حاکم است. میزان گردوغبار شدیدی در غرب و جنوب استان تهران مشاهده می‌شود. در شرق و شمال استان تهران به دلیل اینکه توسط ابر پوشیده شده است. میزان گردوغبار قابل‌مشاهده نیست. در تاریخ ۱۰ شهریور ۱۳۹۵ از شدت گردوغبار نسبت به‌روز قبل کاسته شده است و گردوغبار ضعیفی در جنوب استان تهران حکم‌فرماست. جنوب شهرستان شهریار نیز از گردوغبار ضعیفی برخوردار است. در تاریخ ۲۱ مهر ۱۳۹۵ گردوغبار در تمام سطح استان تهران مشاهده‌شده اما در جنوب استان شدیدتر است. در شهرستان شهریار گردوغبار ضعیفی حاکم است. در ۲۲ مهر ۱۳۹۵ آرایش مکانی گردوغبار نسبت به‌روز قبل تغییر نکرده است و گردوغبار همچنان در سطح استان تهران مشاهده می‌شود. در شرق و جنوب استان تهران برشدت آن افزوده‌شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳- شاخص NDDI در استان تهران

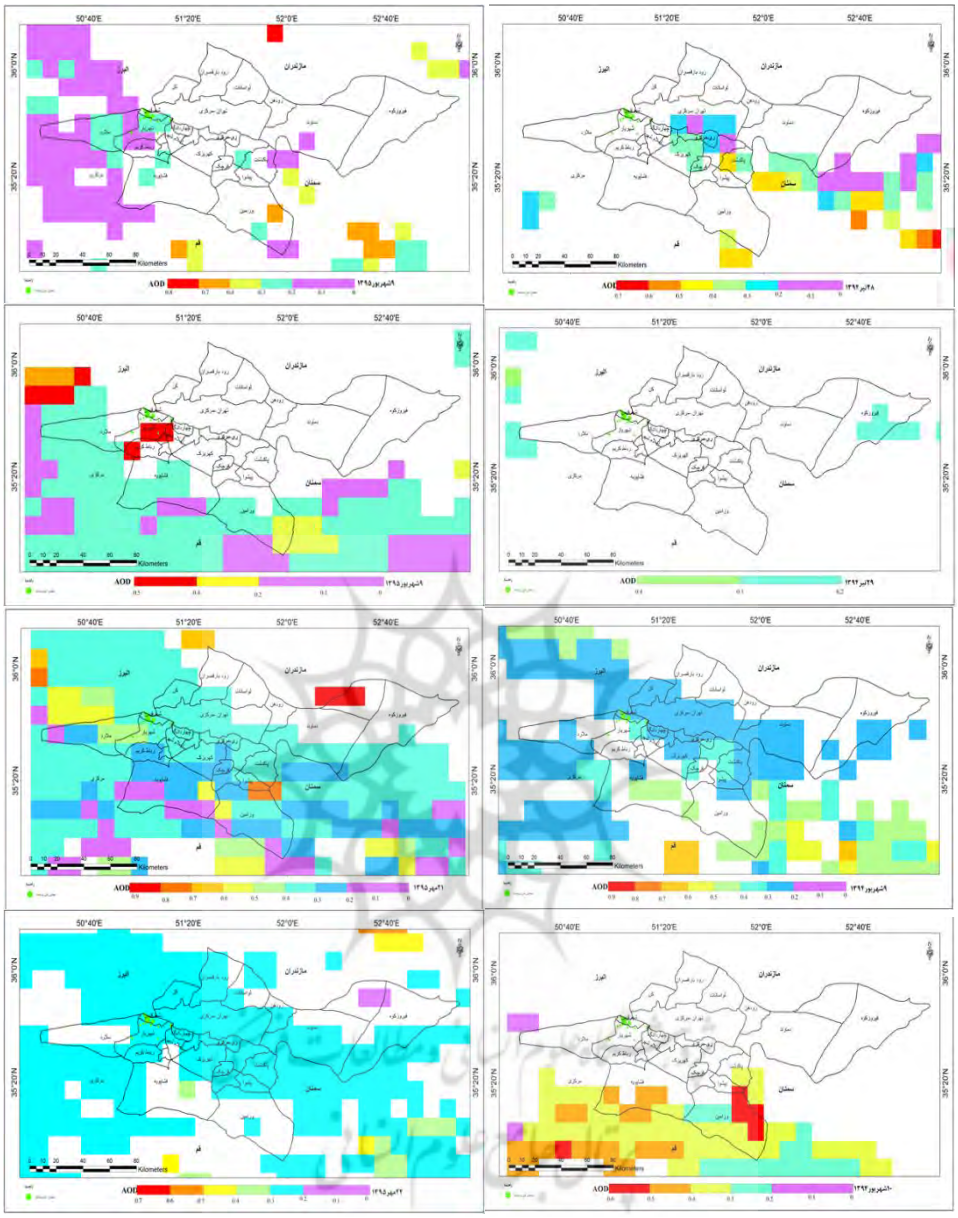
شاخص AOD در استان تهران در شکل (٤) نشان داده‌شده است، همان‌گونه که اشکال اخیر نشان می‌دهد در تاریخ ۱۲ خرداد ۱۳۹۳ ذرات با عمق بیش از ۰/۲ در غرب استان تهران، شهرستان ملارد و شهرستان پیشوا مشاهده می‌شود. دیگر نقاط استان تهران بدون گردوغبار است که در روز بعد کاملاً ناپدید می‌شود. در تاریخ ۱۷ خرداد همان سال ذرات گردوغبار با عمق بیش از ۰/۲ در استان تهران مرکزی، پیشوا، پاکدشت و لواسان مشاهده می‌شود. در شهرستان شهریار به دلیل پوشش ابر قابل‌سنجش نیست. در ۱۸ خرداد هوای استان تهران پاک است. در تاریخ ۱۹

خرداد همان سال ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ در شهرستان پیشوا قرار دارد. همچنین عمق ذرات در تاریخ ۲۰ خرداد نشان می‌دهد که قلمرو ذرات گردوغبار با عمق بیش از ۰/۲ از شهرستان شهریار تا جنوب شرق استان تهران امتداد دارد. در پاکدشت و پیشوا نیز عمق ذرات گردوغبار به بیش از ۰/۳ می‌رسد.

در تاریخ ٤ تیر ۱۳۹۳ ذرات گردوغبار شهرستان‌های ملارد، استان تهران مرکزی، رودهن وب خش‌هایی از فیروزکوه و دماوند را در برگرفته است. شهرستان شهریار نیز به‌طور کامل تحت سیطره ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ قرار دارد. آرایش مکانی شاخص اخیر در روز بعد از طوفان در رباط‌کریم، غرب شهریار، بخش‌هایی از دماوند و فیروزکوه مشاهده می‌شوند. در ۱۸ اسفند ۱۳۹۳ ذرات گردوغبار با عمق ۰/۳ در جنوب شهرستان شهریار، رباط‌کریم، فشاپویه و پاکدشت مشاهده می‌شود. دیگر نقاط استان تهران بدون گردوغبار است. در ۲۸ تیر ۱۳۹٤ ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ در استان تهران مرکزی و بخش‌هایی از ری مشاهده می‌شود. کهریزک و قرچک نیز دارای گردوغبار با عمق ۰/۳ است. در روز بعد از طوفان غیر از شرق فیروزکوه هوای استان پاک است. در ۹ شهریور همان سال ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ در شمال و شرق شهریار و غرب ملارد متمرکزشده و به سمت جنوب شرق امتدادیافته است. روز بعد ذرات با عمق بیش از ۰/۳ فقط در جنوب استان تهران مشاهده می‌شود.

در ۹ شهریور ۱۳۹۵ ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ و بیشتر در کل شهرستان شهریار، ملارد، پاکدشت و فشاپویه مشاهده می‌شود. در روز بعد ذرات با عمق ۰/۲ در جنوب استان تهران تمرکز دارد و در شهرستان شهریار تا عمق ۰/٤ افزایش می‌یابد. در ۲۱ مهر ۱۳۹۵ ذرات با عمق ۰/۳ از سمت شمال غرب به جنوب شرق استان تهران گسترش‌یافته است و در رباط‌کریم، فشاپویه، قرچک و پیشوا تا ۰/۲ کاهش می‌یابد. روز بعد آرایش مکانی گردوغبار اندکی تغییر کرده است و در جنوب استان تهران گردوغبار از بین رفته است و در شهرستان شهریار و استان تهران مرکزی، رباط‌کریم ذرات گردوغبار با عمق ۰/۲ همچنان مشاهده می‌شود و شهرستان شهریار نیز به‌طور کامل تحت سیطره ذرات با عمق ۰/۲ قرار دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ٤- شاخص AOD در استان تهران

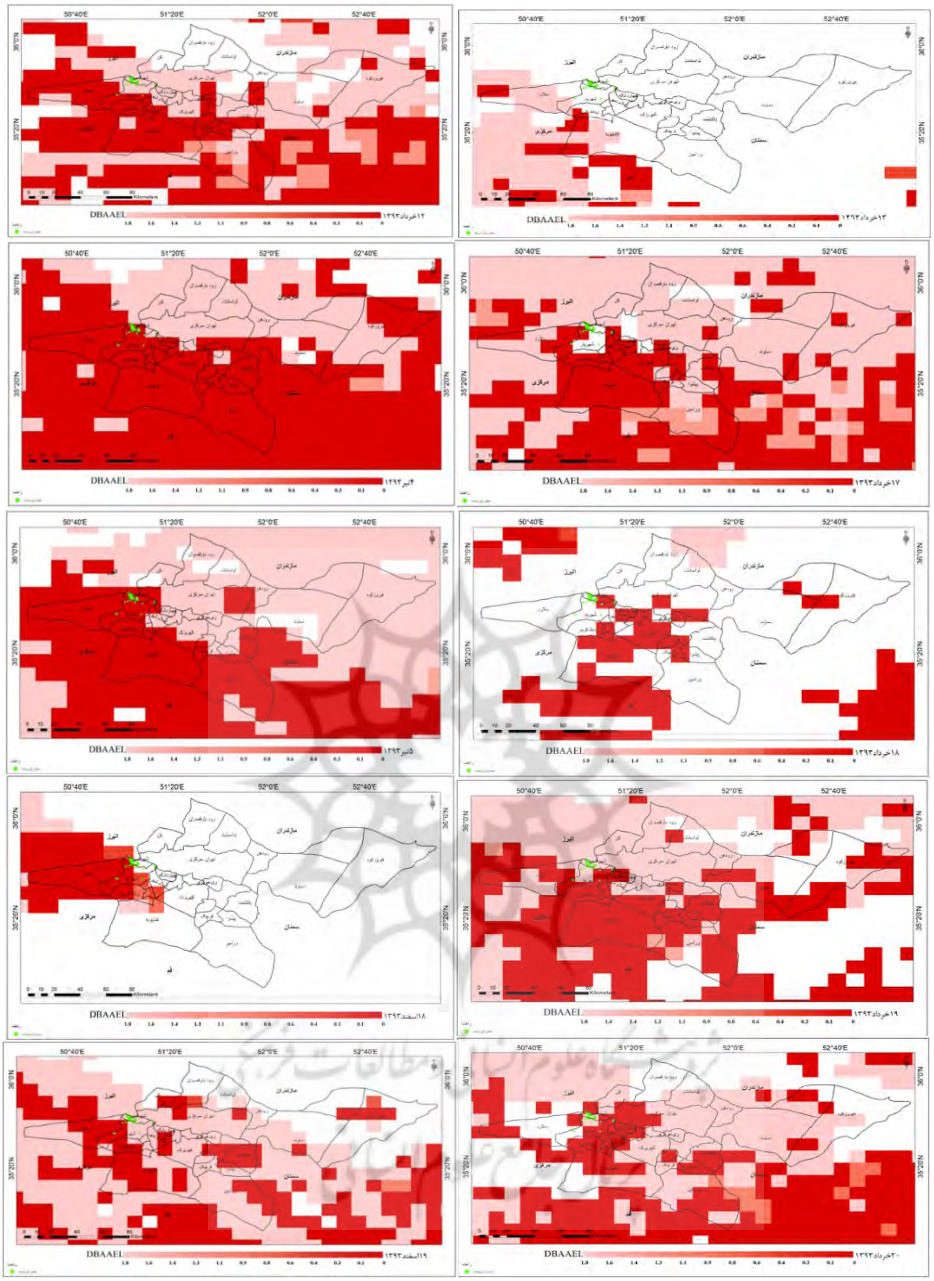
شکل(۵) شاخص DBAAEL را نشان می‌دهد. در تاریخ ۱۲ خرداد ۱۳۹۳ ذرات گردوغبار با مقدار صفر در شهرستان ملارد؛ بخش جنوب و غرب شهرستان شهریار، فشاپویه، قرچک و پیشوا مشاهده می‌شود که این ذرات بیانگر حضور ذرات درشت از نوع گردوغبار است. دود و ذرات گردوغبار و سایر ذرات موجود در جو که ذرات گردوغبار بیشتر از یک را شامل می‌شود، مناطق شرقی، مرکزی و همچنین نیمه شمالی و شرقی شهرستان شهریار را در برگرفته است. همچنین در روز پس از طوفان آرایش مکانی گردوغبار کاملاً تغییر کرده و غرب شهرستان ملارد و

شهریار به‌طور عمده تحت سیطرهٔ ذرات بیش از صفر قرار دارد. در ۱۷ خرداد ۱۳۹۳ کانون عمده ذرات گردوغبار با مقدار صفر در غرب شهرستان شهریار، شرق ملارد، فشاپویه، رباط‌کریم، کهریزک و ری است. این مقدار بیانگر وجود ذرات درشت، از نوع گردوغبار است. در برخی از شهرهای استان به‌صورت پراکنده دیده می‌شود. شرق، شمال قسمت‌های مرکزی استان ازجمله استان تهران مرکزی و بخش‌هایی از پیشوا و ورامین تحت سیطره ذرات بیش از صفر است که اندازه این ذرات از گردوغبار کوچک‌تر بوده و می‌تواند ذرات گردوغبار بسیار ریز و کمتر از ۲/۵ میکرون و آلودگی را شامل می‌شود. ذرات گردوغبار بسیار ریز نیمه شمالی و شرقی و همچنین غرب شهرستان ملارد را دربر گرفته است. همچنین در روز بعد، پس از طوفان، آرایش مکانی ذرات کاملاً تغییر کرده و کانون‌های عمده ذرات با مقدار صفر در شرق شهرستان شهریار، اسلامشهر، فشاپویه و شرق رباط‌کریم مشاهده می‌شود. در تاریخ ۱۹ خرداد ۱۳۹۳ کانون عمده ذرات گردوغبار با مقدار صفر در غرب، جنوب غرب و جنوب شرق استان تهران، در شهرستان‌هایی مثل شهریار، رباط‌کریم، فشاپویه، جنوب دماوند و شرق فیروزکوه مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد این ذرات درشت از نوع گردوغبار است و کانون عمده ذرات بیش‌تر از مقدار صفر در شهرهای استان تهران مرکزی، شرق، مرکز شهریار و شهرستان‌های شمالی استان تهران است و ذرات گردوغبار بسیار ریز از ۰/۰۱ تا ۱ میکرون استان تهران مرکزی و شمال استان تهران را در برگرفته است. همچنین در روز پس از طوفان کانون عمده ذرات گردوغبار با مقدار صفر در شهرهایی مثل جنوب و شرق شهرستان شهریار، رباط‌کریم، اسلامشهر، غرب استان تهران مرکزی، بخش‌هایی از ورامین، پیشوا، فشاپویه است. کانون عمده ذرات گردوغبار بزرگ‌تر از صفر در شرق و مرکز استان تهران مشاهده می‌شود. ذرات گردوغبار بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا یک میکرون که شامل دود و سایر آلاینده‌های موجود در جو را شامل می‌شود، بخش‌هایی از استان تهران مرکزی، شهرهایی مثل دماوند، رودهن، کهریزک و بخش‌هایی از ورامین پراکنده‌شده است. در تاریخ ٤ تیر ۱۳۹۳ تمام قسمت‌های غرب، جنوب و شرق شهرستان دماوند تحت سیطره کامل ذرات با مقدار صفر قرار دارد که بیانگر وجود گردوغبار در این مناطق است. بخش مرکزی، شمالی و شرق استان تهران کانون عمده ذرات گردوغبار بزرگ‌تر از مقدار صفر است. نیمه شمالی استان تهران نیز به‌طور کامل تحت سیطره ذرات بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا ۱ میکرون است. در روز پس از طوفان، همان‌طور که ملاحظه می‌شود آرایش مکانی گردوغبار اندکی تغییر است و کانون عمدهٔ ذرات بیشتر از صفر در شمال، شرق و مرکز استان تهران مشاهده می‌شود و غرب و جنوب استان تهران ازجمله شهرستان شهریار تحت سیطره کامل ذرات با مقدار صفر قرار دارد. ذرات با اندازه ۰/۰۱ تا یک میکرون در شمال و شرق استان، همچنین استان تهران مرکزی، شهرری، کهریزک و اسلامشهر تمرکز دارد. در تاریخ ۱۸ اسفند ۱۳۹۳ کانون عمده ذرات با مقدار صفر مرکز شهرستان ملارد، غرب شهرستان شهریار و رباط‌کریم است و به‌طور پراکنده در شهرهایی مثل فیروزکوه و پاکدشت مشاهده می‌شود. ذرات گردوغبار بسیار ریز نیز از شمال غرب تا جنوب شرق و همچنین غرب استان تهران

را فراگرفته است. همچنین در روز پس از طوفان، کانون عمده بـا مقـدار صـفر شهرسـتان ملـارد و شهرسـتان شـهریار است. این موضوع بیانگر حضور ذرات درشت از نوع گردوغبار است.

در تاریخ ۲۸ تیر ۱۳۹٤ کانون عمده ذرات گردوغبار با مقدار صفر مرکز و جنـوب شـرق اسـتان تهـران اسـت؛ در روز بعد از طوفان همان‌طورکه شکل (۵) نشان می‌دهد، آرایش مکانی پراکندگی ذرات گردوغبـار کاملـاً تغییـر کـرده و کانون عمدهٔ ذرات گردوغبار با مقدار صفر شرق شهرستان ملارد، غرب استان تهران مرکزی و اسلامشـهر اسـت. غـرب شهرستان شهریار تقریباً به‌طور کامل تحت سیطره ذرات با مقـدار صـفر قـرار دارد. ایـن مقـدار، بیـانگر حضـور ذرات درشت از نوع گردوغبار است. در تاریخ ۹ شهریور ۱۳۹٤ تمام مناطق غـرب، جنـوب و جنـوب شـرق اسـتان تهـران تحت سـیطره کامـل ذرات بـا مقـدار صـفر قـرار دارد کـه ایـن موضـوع نشـان‌دهندهٔ حضـور ذرات درشـت از نـوع گردوغباراست. کانون عمدهٔ ذرات بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا یک میکـرون مرکـز، شـمال و بخش‌هـایی از شهرسـتان دماوند است. همچنین در روز بعد از طوفان همان‌طور که ملاحظه می‌شود؛ آرایـش مکـانی ذرات گردوغبـار بـا مقـدار صفرتا حدودی کاهش پیداکرده اسـت و در غـرب شهرسـتان شـهریار و جنـوب اسـتان تهـران مسـتقر اسـت. ذرات گردوغبار بسیار ریز هم کاملاً از بین رفته است. در تاریخ ۹ شهریور ۱۳۹۵ ذرات با مقدار صفر تمام قسـمت‌های غـرب و جنوب استان تهران را فراگرفته است و ذرات بسیار ریز نیـز فقـط در غـرب ملـارد و بخشـی از کهریـزک مشـاهده می‌شود. همچنین در روز پس از طوفان، در غرب و جنوب استان تهران ترکیبی از ذرات، پراکنده‌شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵- شاخص DBAAEL در تصاویر نمونه

شهرستان شهریار نیز تحت سیطره ذرات بسیار ریز قرار دارد. در تاریخ ۲۱ مهر ۱۳۹۵ جنوب استان تهران به‌طور کامل تحت سیطره ذرات گردوغبار بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا ۱ میکرون قرار دارد. همچنین در روز بعد آرایش مکانی گردوغبار تا حدودی تغییر کرده و ذرات گردوغبار با مقدار صفر در شهرستان ملارد، غرب شهرستان شهریار، جنوب، ورامین و فشاپویه مشاهده می‌شود و ذرات گردوغبار بسیار ریز، بیشتر قسمت‌های استان را در برگرفته است.

٤- نتیجه‌گیری

پراکندگی گردوغبار در ایران غیر از کانون‌های خارجی، دارای منشأ داخلی نیز است که شامل تالاب‌های خشک‌شده، زمین‌های بایر، معادن شن و ماسه و نخاله‌های ساختمانی که بدون نظارت در اطراف شهرها و روستاها تخلیه‌شده می‌باشند. گردوغباری که به استان تهران نفوذ می‌کند، از جهت شمال غربی در جهت باد شهریار است که می‌تواند گردوغبار حاصل از معادن شن و ماسه را به استان تهران منتقل کند. نتایج حاصل از باد شهریار نیز نشان داد، جهت باد غالب و نائب غالب شهریار در تمام فصول سال شمال غربی است. نتایج شاخص‌های NDDI، AOD و DBAAEL برای نمونه‌های از چهارفصل سال با توجه به طوفان‌هایی که در استان تهران طی سال‌های مختلف رخ‌داده بود، نشان می‌دهد که در فصل بهار شاخص NDDI از شدت قابل‌توجهی برخوردار است و حداکثر شدت آن، در جنوب و جنوب شرق استان تهران گسترش دارد. همچنین شاخص AOD به دلیل افزایش سرعت باد شهریار به ۰/۲ می‌رسد و تا جنوب استان تهران امتداد می‌یابد. شاخص DBAAEL در فصل بهار فراوانی ذرات با مقدار صفر در جنوب استان تهران نسبت به دیگر مناطق به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در فصل تابستان شاخص NDDI افزایش را نشان می‌دهد که به دلیل افزایش خشکی است، حتی تعداد طوفان‌های گردوغباری هم که اتفاق می‌افتد، در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. عمق ذرات گردوغبار از جهت شمال غرب به جنوب شرق و همچنین غرب استان تهران به بیش از ۰/۲ می‌رسد. با توجه به حاکمیت شرایط خشکی در استان تهران به‌ویژه جنوب و غرب استان تهران که بیابان‌های بیشتری نسبت به دیگر مناطق استان دارد، ذرات با مقدار صفر به حداکثر مقدار ممکن می‌رسد و به‌طور کامل جنوب و غرب استان تهران را دربر می‌گیرد. در فصل پاییز با توجه به افزایش سرعت باد شهریار در ماه اکتبر میزان گردوغبار در غرب و جنوب استان تهران شدت بیشتری می‌یابد و ذرات گردوغبار با عمق بیش از ۰/۲ از شمال غرب استان تهران شروع‌شده تا جنوب و جنوب شرق استان تهران امتداد می‌یابد. حتی ذرات بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا ۱ میکرون (شاخص DBAAEL) در استان تهران گسترش می‌یابد. نتایج شاخص NDDI در فصل زمستان نسبت به فصول دیگر به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. یکی از دلایل آن می‌تواند کاهش سرعت باد شهریار در فصل زمستان باشد. ذرات با عمق بیش از ۰/۲ در استان تهران مشاهده نمی‌شود؛ اما ذرات بسیار ریز با اندازه ۰/۰۱ تا ۱ میکرون در استان تهران گسترش می‌یابد؛ بنابراین در فصل تابستان، بهار و پاییز تأثیر معادن شن و ماسه در تشدید ریز گردها فراوان است، به‌طوری‌که علاوه برشدت گردوغبار عمق ذرات گردوغبار در فصول بهار، تابستان و پاییز در استان تهران افزایش می‌یابد که این می‌تواند ناشی از حاکمیت شرایط خشک و وجود معادن شن و ماسه در شهرستان شهریار باشد.

کتابنامه

برهام وش شمس، شیما؛ محمد زاده، علی؛ ۱۳۹۲. بررسی ویژگی‌های اپتیکی و اندازه ذرات گردوغبار و وابستگی‌های آن‌ها به کمک داده‌های AERONET. *مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته*. دوره ۳، ٤، ٦۳-٥٤. دانشگاه شهید چمران.

پهلوان، احمد؛ پهلوان، راضیه؛ اسماعیلی، علی؛ ۱۳۹۳. برآورد غلظت آلاینده‌های PM10 و pm2.5 در کلان‌شهر استان تهران با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس ماهوارهٔ ترا و آکوا. مجله علمی ترویجی نیوار. شماره ۸۵-۸٤. سازمان هواشناسی کشور.

جهانبخش، سعید؛ ولی زاده کامران، خلیل؛ خسروی، محمد؛ زینالی، بتول؛ اصغری سراسکانرود، صیاد؛ ۱۳۹۳. شناسایی و آشکارسازی طوفان فراگیر ژوئیه ۲۰۰۸ ایران با استفاده از تصاویر مودیس. *فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی*. سال چهاردهم. شماره ٤٦، ٥٠-۳۱. دانشگاه آزاد واحد اهر.

رنگزن، کاظم؛ زراسوندی، علی؛ عبد الخانی، علی؛ مجردی، برات؛ ۱۳۹۳. مدل‌سازی آلودگی هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس: مطالعه موردی توده‌های گردوغبار استان خوزستان. *مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته*. شماره ١٤، ٤٥-۳۸.

صابرنیا، زهرا؛ حسین زاده، محمدمهدی؛ براتی، غلامرضا؛۱۳۹۱. *اثرات تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر فرسایش بادی*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ژئومورفولوژی. دانشگاه شهید بهشتی.

صبر، ابوطالب؛ معین‌الدینی، مظاهر؛ کمالی، محمدصادق؛ ۱۳۹۳. انتشار گردوغبار از معادن شن و ماسه اطراف استان تهران. کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیطزیست و گردشگری، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین‌المللی توسعهٔ پایدار، راهکارها و چالش‌ها. تبریز.

علیجانی، بهلول؛ ۱۳۸۲. *آب‌وهوای ایران*. تهران. موسسه انتشارات دانشگاه پیام نور.

قربانی سالخورده، رضوان؛ مباشری، محمدرضا؛ رحیم زادگان، مجید؛ ۱۳۸۹. توانایی داده‌های سنجندهٔ مودیس در تحلیل‌های کیفی و کمی کیفیت هوا در مناطق شهری. *نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*. شمارهٔ سوم و چهارم،۷۲-٥۹.

قهرودی تالی، منیژه؛ ۱۳۸۹. تغییرات الگوی فضایی طوفان‌های گردوغبار در ایران. دومین همایش ملی فرسایش بادی. انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران، یزد.

محمد پور پنجاه، محمدرضا؛ معماریان، محمدحسین؛ میر رکنی، سید مجید؛ ۱۳۹۳. تحلیل طوفان‌های گردوغبار استان یزد بر مبنای مدل‌سازی‌های عددی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۱۲، صص ۸۳-٦۷. دانشگاه فردوسی مشهد.

محمدی، فهیمه؛ کمالی، سمیه؛ اسکندری، مریم؛ ۱۳۹٤. ردیابی منابع گردوغبار در سطوح مختلف جو تهران با استفاده از مدل HYSPLIT. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ١٦، صص ٥٤-۳۹. دانشگاه فردوسی مشهد.

ملکوتی، حسین؛ بابا حسینی، سمیرا؛ ۱۳۹۳. مطالعه عددی شکل‌گیری و تکامل یک توفان گردوغبار سنگین در منطقه خاورمیانه. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۱۲، ٦٥-٥٣. دانشگاه فردوسی مشهد.

مهرابی، شهباز؛ جعفری، رضا؛ سلطانی کوبانی، سعید؛ ۱۳۹٤. بررسی کارایی NDDI در پهنه‌بندی طوفان گردوغبار (مطالعه موردی، استان خوزستان). *فصلنامه مهندسی اکوسیستم بیابان*. سال چهاردهم، شمارهٔ ۸، ۱۰-۱. دانشگاه کاشان.

میری، پروین؛ راشکی، علیرضا؛ سپهر، عادل؛ ۱۳۹٦. بررسی تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های گردوغبار در شرق خراسان بر پایه داده‌های ماهواره‌ای.*جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۲۳، ۲۰-۱.

نبوی، سید سعید؛ مرادی، حمیدرضا؛ شریفی کیا، محمد؛ ۱۳۹۵. نقش بیابان‌های استان خوزستان و جنوب شرق عراق در توفان‌های ریز گرد این استان در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱٤. دومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گروه آموزش و پژوهش شرکت مهندسی باروگستر پارس. گرگان.

نجفی، محمد سعید؛ خوش‌اخلاق، فرامرز؛ زمانزاده، سید محمد؛ شیرازی، محمدحسن؛ صمدی، مهدی؛ ۱۳۹۲. بررسی ترکیبات بار گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ٦، ۳٦-۱۷.

نرماشیری، فاطمه؛ محمدخان، شیرین؛ ۱۳۹۳. اثرات زیست‌محیطی فعالیت صنعتی غیر منطبق با توسعهٔ پایدار بر رودخانه‌های فصلی در اکوسیستم‌های خشک، مطالعهٔ موردی، معادن شن و ماسه استان کرمان. کنفرانس بین‌المللی توسعهٔ پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری، دبیرخانه بین‌المللی توسعه پایدار، راهکار، چالش‌ها تبریز.

نوحه‌گر، احمد؛ خورانی، اسدالله؛ تمسکی، احسان؛ ۱۳۹۲. تحلیل اقلیمی گردوغبار معلق در ایستگاه هواشناسی سرپل ذهاب (۲۰۰۹-۱۹۸٦). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ٦، ۱۰۹-۸۹.

Baddock M.C; Bullard J.E, Bryant R.G., 2009. Dust source identification using Modis:A comparison of techniques applied to the lake Eyre Basin, Australia. *Remote Sensing of Environment,*113: 1511–1528.

Karimi N Moridnejad A , Golian S , Samani J M V , Karimi D , Javadi S., 2012. Comparison of dust source identification techniques over land in the middle east region using MIDIS data. *Canadian Journal of Remote Sensing:*586-599.

Park S S, Kim J , Lee J, Lee S , Kim J' S chang L S Ou S., 2014. Combined Dust Detection Algorithm by Using Modise infrared Channels Over East Asia. *Remote Sensing Of Enviroment* 141: 24-39

Qu J J, Hao X , Wang W, Wang L , Kafatos, M., 2005. Study of African Dust Storm and Its Effects on Tropical Cyclones over Atlantic Ocean from Space. *CEOSR/SCS, George Mason University, 4400, University Drive, Fairfax*, VA 22030, USA, NASA/GSFC/614.4, Greennbelt, MD 20771, USA: 2715-2718.

Xu D , Qu J J Niu, S , HAO X., 2011. Sand and dust storm detection over desert regions in china with MODIS measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 23: 9365-9373.