مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۲۹ تا ۱۴۶

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

منشأیابی کانون‌های آلودگی گردوغبار ذرات معلق کمتراز ۲/۵ میکرون در شهر مشهد با استفاده از مدل HYSPLIT و DREAM8b

فاطمه باقری[۱،*]، مهری رضائی[۲]

۱- گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، مشهد، ایران

۲- سازمان حفاظت محیط زیست ایران، اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

واژگان کلیدی: ذرات گردوغبار، مشهد، HYSPLIT، DREAM8b، منشأیابی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
f_bagheri1988@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: هدف از این تحقیق منشأیابی کانون‌های گردوغبار ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) در شهر مشهد در یک بازه طولانی‌مدت (طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۸) براساس روزهای ناسالم است. همچنین تغییرات پارامترهای هواشناسی و ارتباط آنها با رخداد طوفان‌های گردوغبار نیز بررسی گردیده است.

روش بررسی: جهت منشأیابی کانون‌های آلودگی غبار در هوای شهر مشهد، ابتدا اطلاعات مربوط به روزهای ناسالم شهر مشهد در یک بازه ۵ ساله از سایت مرکز پایش آلاینده‌های مشهد دریافت و سپس از مدل HYSPLIT برای منشأیابی کانون‌های آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق استفاده گردید. برای راستی آزمایی نتایج؛ خروجی‌های به‌دست آمده از این مدل، با مدل DREAM 8b نیز مقایسه شد.

یافته‌ها: با بررسی پارامترهای هواشناسی و ارتباط آن با خروجی‌های گرفته شده از مدل HYSPLIT و DREAM 8b حداکثر سرعت باد و رطوبت نسبی مربوط به فصل پاییز به‌دست آمد. در روزهای مورد مطالعه (۱۹ روز) هیچ بارندگی صورت نگرفته و بیشترین دما مربوط به فصل تابستان بود که بیانگر ارتباط مابین رخداد روزهای آلوده ناشی از ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون؛ سرعت باد و رطوبت نسبی در فصل پاییز است. نتایج دو مدل مورد استفاده نشان داد، پهنه جنوبی و شمال شرقی شهر مشهد بیشترین منشأ ذرات غبار طی روزهای مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند.

نتیجه‌گیری: علیرغم اینکه در مقالات پیش از این منشأ غبار در شهر مشهد را بیرون از مرزهای جغرافیایی استان اعلام نموده‌اند، بررسی بلند مدت در ارتفاع کم (زیر ۱۰ m) نشان داد که کانون‌های محلی ایجاد غبار سهم اساسی در آلودگی هوای شهر مشهد در شرایط ناپایدار جوی دارند. استفاده نامناسب از زمین‌های کشاورزی و تغییرات شدید کاربری غالبا در پهنه شمال و اجرای پروژه‌های عمرانی ازجمله کمربند جنوبی شهر مشهد نقش اساسی در افزایش ذرات $PM_{2.5}$ در هوای تنفسی شهر مشهد دارد که این یافته اهمیت تصمیم‌گیری جهت اجرای پروژه‌های تثبیت خاک و... در سطح محلی را تأکید می‌نماید.

Please cite this article as: Bagheri F, Rezayi M. Origin of dust pollution particulate matter less than 2.5 micron in Mashhad city using HYSPLIT and DREAM8b model. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):129-46.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

مقدمه

آلودگی هوا یکی از مهمترین و تأثیرگذارترین عوامل بر سلامت انسان و مهمترین عامل خطر محیطی محسوب می‌شود (۱). پارامترهای متعددی در ایجاد آلودگی هوا نقش دارند که ذرات معلق گردوغبار یکی از متداول‌ترین آنهاست. گردوغبار یا ریز گرد به ذرات بسیار کوچک و سبک سیلتی، رسی یا ماسه‌ای اطلاق می‌شود که در اثر فرسایش بادی و بیابان‌زایی توسط باد تا مسافت‌های بسیار طولانی جابجا و منتقل می‌شوند (۲). پدیده گردوغبار در سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک کره زمین رخ می‌دهد که با ویژگی‌های اقلیمی آن مناطق ارتباط دارد. براساس تعریف سازمان هواشناسی جهانی، هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ m/s بیشتر شده و دید افقی به‌واسطه وجود ذرات گردوغبار به کمتر از ۱ km برسد، توفان گردوغبار گزارش می‌شود (۳). فراوانی وقوع توفان‌های گردوغبار در یک منطقه به عواملی ازجمله سرعت بالای باد، عدم پوشش گیاهی، خشکی هوا (۲)، رطوبت خاک (۴)، سیستم هوای محلی، بارش، جنگل‌زدایی، خشک‌سالی، تغییرات در کاربری زمین و برخی فعالیت‌های انسانی بستگی دارد (۵). همچنین یکی از علل اصلی وقوع گردوغبار در مناطق مختلف جهان و ایران شدت و ضعف شاخص تراکم پوشش گیاهی و ساختار گیاهان است. فعالیت‌های انسانی نیز موجب تغییر اقلیم، افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابان‌زایی، تخریب خواص خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان می‌گردد که ادامه این روند باعث از بین رفتن زیست‌توده و کربن آلی خاک شده و پدیده گردوغبار را تشدید می‌کند (۶).

آلاینده‌های موجود در هوا آثار زیانبار متعددی بر سلامت انسان دارند، به‌گونه‌ای که این عوارض سالیان سال گریبان گیر افراد خواهد بود. اختلالات تنفسی، حملات حاد قلبی، کم‌خونی، مرگ‌ومیر ناشی از سکته‌های قلبی و مغزی، جهش‌های ژنی، سقط جنین، عقب ماندگی ذهنی کودکان به همراه انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری و صدمات اقتصادی و فرهنگی به عنوان مهمترین آثار ناخوشایند آلودگی هوا توسط محققین متعددی مورد تایید قرارگرفته است (۷، ۸).

از این‌رو شناسایی منابع گردوغبار با توجه به اثرات مخرب آن بسیار حائز اهمیت است (۶). ذرات گردوغبار حامل آلاینده‌هایی با خصوصیات ترکیبی متفاوت و یا خود با ترکیب دیگر آلاینده‌ها جزئی از آلاینده‌های خطرناک محسوب می‌شوند (۹). اگرچه در کشورهای توسعه یافته با استفاده از سرمایه‌گذاری‌ها و فناوری‌های نوین پیشرفت زیادی در زمینه کنترل آلودگی‌های محلی (مانند آلودگی هوای شهرها) حاصل شده است، اما هنوز کشورهای درحال توسعه در این رابطه با چالش جدی مواجه هستند، بطوریکه آلودگی ناشی از ذرات معلق به یکی از معضلات زیست‌محیطی برای آنها تبدیل شده است، به دلیل قرار گرفتن کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک، شناسایی، ردیابی، پراکندگی مسیر حرکت و ارزیابی آلودگی هوا امکان کنترل و مدیریت بهتر این پدیده را فراهم می‌کند (۳، ۱۰).

در سطح جهان مطالعات زیادی در زمینه شناسایی منابع تولید ریز گردها و مسیرهای آن با استفاده از سنجش‌ازدور و مدلسازی عددی صورت گرفته است. در پژوهشی، با استفاده از مدل HYSPLIT و Wrf با بررسی روند انتشار ریزگردها در سواحل خلیج می سی سی پی به منابع محلی به‌عنوان منشأ تولید ریزگرد در این منطقه دست یافتند (۱۱). Rashki و همکاران (۱۲) به مطالعه مناطق متأثر از طوفان‌های گردوغبار منطقه جازموریان در جنوب شرق کشور ایران با استفاده از مدل HYSPLIT پرداختند. Rajabi و همکاران (۱۳) منشأ ذرات غبار در استان خوزستان را طی شش ماه اول سال در نیمه غربی کشور را کشورهای عربستان، عراق و کویت دانستند. همچنین Azizi و همکاران (۱۴) با استفاده از مدل‌های سنجش از دور منشأ اصلی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

ورود گردوغبار نیمه غربی کشور را منطقه مرزی بین عراق، سوریه و مسیر شمال غرب- جنوب شرق مشخص نمودند. Taghavi و همکاران (۱۵) به تشخیص و پایش طوفان گردوغبار ایران با استفاده از روش‌های سنجش پرداختند. در مقایسه تصاویر بازسازی شده با استفاده از طول موج‌های فروسرخ و مرئی با نقشه‌های مقادیر ضخامت نوری هواویز (AOT) و خروجی مدل DREAM دریافتند که استفاده از الگوریتم‌های آشکارسازی گردوغبار در مقایسه با روش‌های دیگر (بازیابی هواویز با خروجی مدل) راه مطمئن‌تری برای پایش گردوغبار است. Boromandi و همکاران (۱۶) در تحقیقی به بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، توزیع اندازه، شکل ذرات، شناسایی منابع طوفان‌های گرد و غبار توسط مدل HYSPLIT و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی پرداختند.

متأسفانه آلودگی هوای ناشی از $PM_{2.5}$ از سال ۱۳۸۴ در شهر مشهد به طور جدی شروع و باعث اعلام روزهای هشدار برای تمامی گروه‌های سنی شده است، علیرغم اجرای طرح جامع کاهش آلودگی هوا از سال ۱۳۸۰ در شهر مشهد، کماکان شاهد بروز روزهای آلوده در این شهر هستیم. مطمئناً بازنگری طرح جامع با تمرکز بر منشأیابی ذرات $PM_{2.5}$ به‌عنوان اصلی‌ترین پارامتر آلاینده شهر مشهد می‌تواند در تعریف پروژه‌های کاهنده و کنترل‌کننده آلودگی مؤثر واقع شود. لذا شناخت منشأ آلودگی هوا ناشی از $PM_{2.5}$ در سطح این شهر بیش از هر زمان دیگری به‌طور ویژه‌ای احساس می‌گردد، هدف این پژوهش بررسی منشأ آلودگی هوا در روزهای ناسالم در بازه زمانی ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۸ با استفاده از مدل لاگرانژی HYSPLIT و مدل DREAM8b و تطابق بین پارامترهای هواشناسی است. لازم به ذکراست اطلاعات حاصل از این تحقیق به بررسی منشأ آلودگی هوا در روزهای ناسالم و جلوگیری از هر چه بیشتر شدن وخامت این رویداد کمک خواهد کرد و زمینه‌ساز اقدامات لازم در راستای کاهش مضرات این پدیده و مدیریت هر چه‌بهتر شرایط حال حاضر می‌گردد.

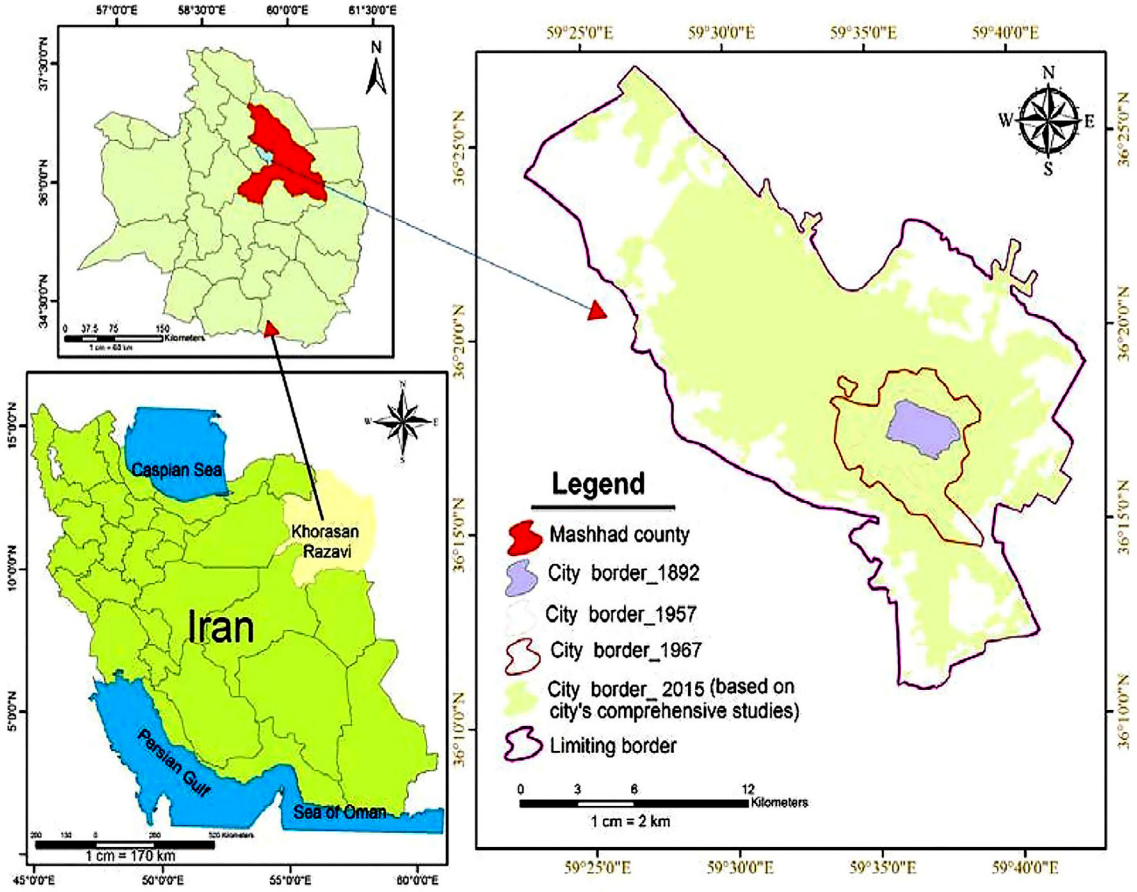
آنچه نتایج پژوهش حاضر را از سایر مطالعات مشابه جدا کرده است ارزیابی بلندمدت (۵ ساله) همزمان پارامترهای هواشناسی و مدل‌های سنجش از دور جهت منشأیابی ذرات $PM_{2.5}$ در شهر مشهد بوده است. استفاده از قابلیت مدل HYSPLIT در سه ارتفاع و انتخاب گام زمانی ۳ h برای ثابت ماندن کانون‌های آلودگی هوا و تطابق خروجی مدل HYSPLIT با مدل DREAM8b از نظر بخش‌های درگیر آلودگی هوا در شهر مشهد است.

مواد و روش‌ها

_ *توصیف منطقه مورد مطالعاتی*

شهر مشهد در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است که در حوضه آبریز کشف رود بین رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع شده است. این شهر در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۷۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). شهر مشهد حدود $328\ km^2$ مساحت دارد و جمعیت آن حدود ۳ میلیون نفر است. بیشینه ارتفاع آن ۱۱۵۰ m و کمینه آن ۹۵۰ m است. به‌طور کلی آب و هوای شهر مشهد به دلیل وجود جغرافیای خاص آن، متغیر است ولی در مجموع آب و هوای معتدل متمایل به سرد و خشک دارد و خشکی هوا در آن بسیار مشهود است. معمولا در مشهد، زمستان‌ها سرد و مرطوب و تابستان‌ها گرم و خشک هستند و به دلیل تراکم بالای جمعیتی و توسعه فیزیکی سریع آن، آلودگی هوا به یکی از معضلات اصلی زیست محیطی این شهر تبدیل شده است (۱۷). به‌طوری‌که براساس گزارش‌های مرکز پایش آلاینده‌های زیست‌محیطی شهر مشهد، در سال ۱۳۹۸ تنها ۴۰ روز هوای این شهر در وضعیت پاک و مطلوب قرار داشته است (۱۸).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]



شکل ۱- پهنه دشت مشهد و مناطق شهری آن

ـ روش مطالعه

این پژوهش، ساختاری- کاربردی است و به لحاظ نوع روش، سنجش از دور محسوب می‌شود. به‌منظور تبیین علل و منشأ اصلی آلودگی هوا ناشی از $PM_{2.5}$ با بهره‌گیری از مدل لاگرانژی HYSPLIT و نیز برای ارزیابی و مقایسه نتایج بهتر، از خروجی‌های مدل DREAM8b استفاده شده است. همچنین با توجه به نقش اساسی پارامترهای هواشناسی از قبیل رطوبت نسبی، دما، بارندگی، سرعت و جهت باد در ایجاد و تشدید آلودگی هوا، اطلاعات مربوطه از دو سایت university IOWA State و Tutiempo.Net تهیه گردیده است.

ـ مسیریابی ذرات گردوغبار با استفاده از مدل HYSPLIT ARL NOAA

یکی از مدل‌های پرکاربرد برای مطالعه انتشار و انتقال ریز گردها مدل HYSPLIT است.این مدل توسط مرکز تحقیقات جوی (National Oceanic and atmospheric administration) NOAA طراحی‌شده است. این مدل، سامانه تلفیق یافته‌ای است که برای محاسبه و شبیه‌سازی انتشار، مسیر حرکت و ته‌نشینی آئروسل‌های جوی و مخصوصا ذرات ریز گرد طراحی شده است. مدل HYSPLIT براساس مدل لاگرانژی (مکانیک سیالات) پی‌ریزی شده است و دربرگیرنده روابط و معادلات متعدد برای محاسبه پارامترهای مختلف مؤثر در شبیه‌سازی انتقال هواویزه‌ها هستند. براساس توصیف دراکسلر مدل HYSPLIT مدل دو گانه برای محاسبات خط سیر، پراکندگی و شبیه‌سازی نهشت با استفاده از رویکرد پف و ذرات است و محاسبه مسیر و غلظت آلاینده‌ها با استفاده از حداقل پارامترهای هواشناسی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

انجام می‌گیرد. روش محاسبه مدل مذکور، ترکیبی میان دیدگاه‌های اویلری (مجموع غلظت ذرات در هر شبکه در طول مسیر تعیین می‌شود) و لاگرانژی (غلظت ذرات برای هر شبکه با استفاده از پخش و انتقال ذرات انجام می‌شود) است و به همین دلیل HYSPLIT را مدلی دوگانه یا هیبریدی می‌نامند (۱۹).

از نظر کاربرد، مدل HYSPLIT برای مدلسازی ریزگرد دو رویکرد پیش‌بینی و تحلیل دارد. پیش‌بینی امکان بروز توفان ریز گرد می‌تواند اطلاعات ارزنده‌ای پیرامون شناسایی چگونگی حرکت و مسیر انتشار ارائه دهد. ولی مهمترین کاربرد آن در اقدامات واکنش سریع و راهکارهای مدیریتی در شرایط اضطراری و بحران است. بعد از تحلیل می‌توان مدل را برای بررسی تناوب منابع و دوره‌های ریزگردی، بررسی خط سیر و غلظت استفاده کرد. برای اجرای مدل از مجموع داده‌های سامانه یکپارچه‌سازی داده‌های جهانی (Global Data Assimilation System (GDAS)) استفاده شد. خود سامانه GDAS نیز از جمع‌آوری داده‌های مشاهداتی سراسر جهان با استفاده از سامانه ارتباطات از راه دور GTS و سایر منابع که به‌صورت بی‌وقفه جمع‌آوری می‌گردد، تشکیل می‌شود. این داده‌ها با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه برای هر سه ساعت به‌صورت روزانه از july ۲۰۱۲ به بعد در آرشیو ARL موجود هستند (۱۹).

وجه تمایز مدل HYSPLIT در بین مدل‌های مشابه، توانایی این مدل در منشأیابی دقیق کانون‌های آلودگی در سه ارتفاع متفاوت و در سه بخش خشکی، دریا و یا باران‌های اسیدی به‌صورت نقطه‌ای است. دیگر مدل‌های منشأیابی، کانون‌های آلودگی را به‌صورت پهنه‌بندی نشان می‌دهند. همچنین از دیگر مزیت‌های این مدل، آرشیو اطلاعات مربوط به منشأ آلودگی هوا از سال ۲۰۰۴ است.

_ مسیریابی آلودگی هوای شهر مشهد ناشی از ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون به کمک مدل لاگرانژی HYSPLIT ARL NOAA

خروجی‌های به‌دست آمده از مدل HYSPLIT مبنای خوبی جهت تعیین منشأ آلودگی هوای شهر مشهد ناشی از $PM_{2.5}$ است. در این مدل زمانی که از مسیرهای رو به عقب (backward) استفاده می‌کنیم، انتخاب ارتفاع مناسب می‌تواند به منشأیابی دقیق آلودگی‌های هوا کمک کند، از این‌رو بسیار مهم است که برای انتخاب ارتفاع، منشأ آلودگی را سطح زمین در نظر بگیریم و یا سطح دریا. به‌طوری‌که برای منشأیابی آلودگی سطح زمین از منظر تأثیر بر بهداشت و سلامت شهروندان بهترین ارتفاع اولیه ۱۰ m و برای منشأیابی باران‌های اسیدی جهت ارتفاع اولیه، ارتفاع نزدیک‌ترین ابرها در نظر گرفته می‌شود.

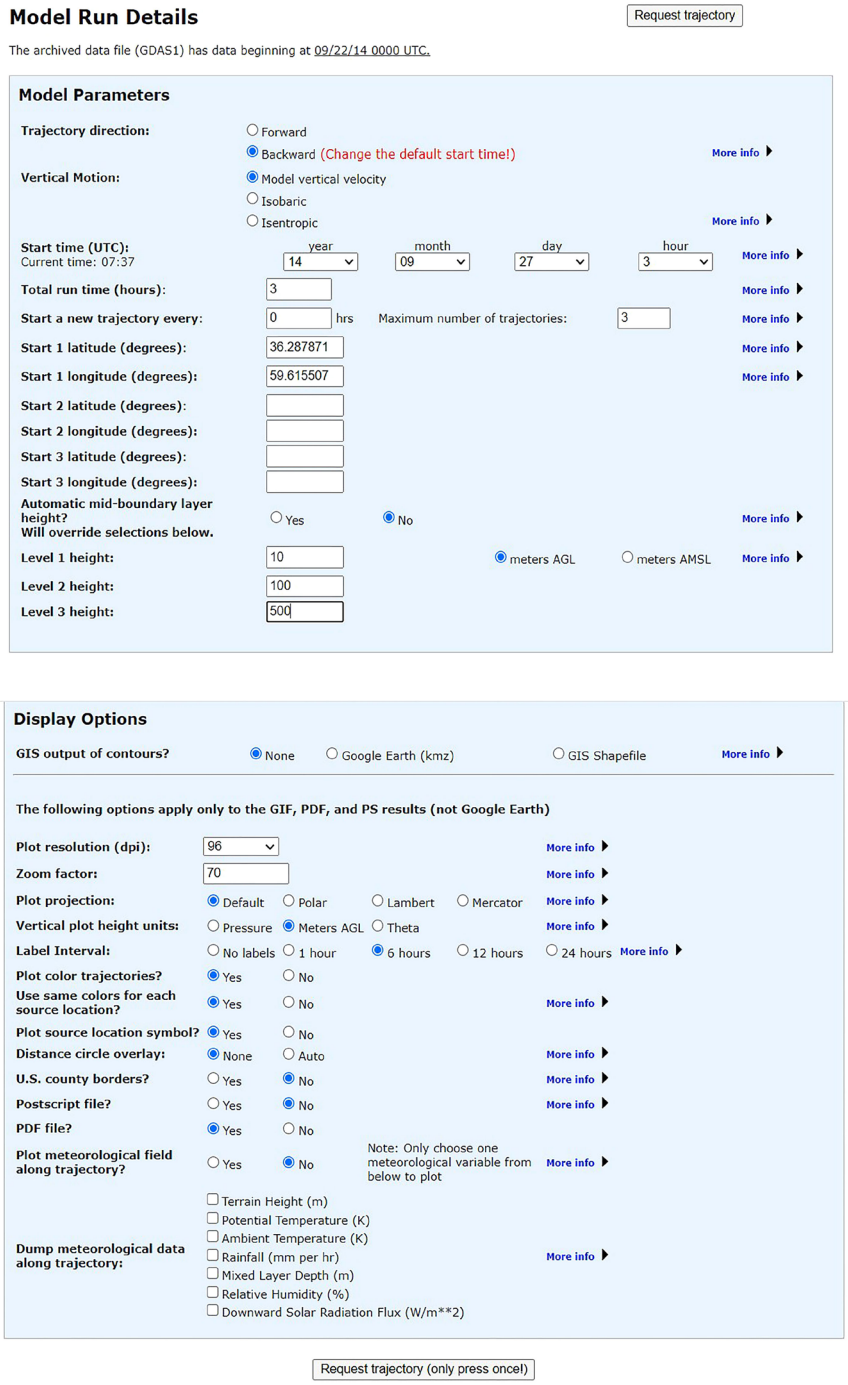
با توجه به اینکه مدل HYSPLIT سه ارتفاع را پشتیبانی می‌کند می‌بایست یک ارتفاع حداقلی، حداکثری و میانگین را در نظر گرفت (۲۰). با توجه به هدف این پژوهش که بررسی منشأ بلند مدت ذرات $PM_{2.5}$ هوای شهر مشهد است، برای ارتفاع اولیه ۱۰ m و برای عدد دوم ۱۰۰ m و ارتفاع حداکثری را ۵۰۰ m در نظر گرفته شد.

در انتخاب گام‌های زمانی در مدل HYSPLIT در مسیرهای رو به عقب (backward) جهت ثابت بودن خروجی‌های گرفته شده طی ساعت‌ها و روزهای مختلف بهترین زمان ۳ h و یا ۶ h پیشنهاد می‌شود و چنانچه زمانی غیر از دو مورد اشاره شده در تنظیمات HYSPLIT را انتخاب کنیم، خروجی‌های گرفته شده طی یک روز منشأ آلودگی هوا را در منطقه‌های متفاوتی نشان می‌دهد لذا نهایتا تنظیمات HYSPLIT در این تحقیق را ۳ h در نظر گرفته‌ایم (۲۱). همچنین به دلیل تشابه خروجی منشأ آلودگی هوا ناشی از $PM_{2.5}$ در مدل HYSPLIT با مدل DREAM8b زمان ۳ h انتخاب شده است.

برای مسیریابی پسگرد (Backward) آلودگی هوای روزهای ناسالم ناشی از ذرات $PM_{2.5}$ در مدل HYSPLIT ابتدا به بخش Compute archive trajectories مدل برای دستیابی به بخش آرشیو مراجعه گردید. در بخش Number of Trajectory Starting Location گزینه Note و در بخش Type of Trajectory گزینه Normal را انتخاب شد. در بخش مربوط به Meteorogy گزینه GDAS (1 degree,global,2006-present) انتخاب و بر روی نقشه کشور ایران و به‌عنوان source Location

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

منطقه ثامـن در شـهر مشـهد انتـخاب گـردید. در قـسمت Archive file که براساس تعداد هر هفته در ماه است تاریخ هفته مورد نظر مشخص گردید و در قسمت انتهایی، گزینه Backward و براساس start time، روز موردنظر و ۳ h برای تمامی بخش‌های زمانی در نظر گرفته شد و در بخش ارتفاع به ترتیب ۱۰ m، ۱۰۰ m و ۵۰۰ m لحاظ گردید (شکل ۲).



شکل ۲- ورودی اطلاعات مدل HYSPLIT

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

_ مدل *DREAM8b*

DREAM یک مدل منطقه‌ای برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی چرخه جوی هوا، ریز گردوغبار معدنی است. متغیرهای تلاطمی در مرحله اولیه فرایند یعنی هنگامی‌که گردوغبار از زمین به لایه‌های بالاتر بلند می‌شود با بادهای مدل در فازهای بعدی فرایند که گردوغبار را از چشمه‌ها دور می‌کند و درنهایت، با فرایندهای ترمودینامیکی و بارندگی مدل جوی و سیمای پوشش زمینی که توده خشک و مرطوب گردوغبار را روی سطح زمینه به‌وجود می‌آورد، ترکیب و مدلسازی صورت می‌گیرد. فرسایش خاک در مدل با متغیرهای نوع خاک، نوع پوشش گیاهی، مقدار رطوبت خاک و تلاطم جوی سطح تعیین می‌شود و جریان عمودی گردوغبار، تابعی از سرعت اصطکاکی و رطوبت خاک است (۱۵).

از مدل DREAM جهت ارزیابی مسیر گردوغبار و تطابق آن با خروجی‌های مدل HYSPLIT طی روزهای ناسالم استفاده شده است، به دلیل هم‌پوشانی و منشأیابی دقیق آلودگی هوا ناشی از ذرات $PM_{2.5}$ در تنظیمات این مدل نیز همانند مدل HYSPLIT؛ زمان h ۳ در نظر گرفته شده است. نقشه‌های حاصله از این مدل با خروجی مدل HYSPLIT تطابق داده شد که نتایج در جدول ۳ آورده شده است.

یافته‌ها

_ *تاریخچه کیفیت هوای مشهد بین سال‌های* ۱۳۹۸-۱۳۹۳

در این مطالعه طی یک دوره ۵ ساله تعداد روزهای ناسالم ناشی از ذرات غبار از سایت مرکز پایش آلاینده‌های هوای شهر مشهد جمع‌آوری گردید، از آنجایی‌که در سایت مرکز پایش آلاینده‌های شهر مشهد، روزهای آلوده h ۲۴ بعد از زمان وقوع آن اعلام می‌شود، درنتیجه در این پژوهش یک روز قبل از تاریخ اعلام شده؛ به‌عنوان روز آلوده در نظر گرفته شده است.

در بین آلاینده‌های موردسنجش در هوای شهر مشهد (مونواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ازن و ذرات معلق)، بیشترین آلودگی طی سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۸ مربوط به ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون است که در این مطالعه نیز به منشأیابی ذرات $PM_{2.5}$ پرداخته شد. در جدول ۱ تاریخ روزهای ناسالم ناشی از آلودگی هوا طی ۵ سال، به همراه منشأ آلودگی‌ها آنها براساس موقعیت جغرافیایی با استفاده از مدل HYSPLIT در سه ارتفاع m ۱۰، m ۱۰۰ و m ۵۰۰ نشان داده شده است.

جدول ۱- منشأ ذرات معلق براساس موقعیت جغرافیایی توسط مدل HYSPLIT

سال	فصل	روز	ارتفاع(m)		
			۵۰۰	۱۰۰	۱۰
۱۳۹۳	پاییز	۵ مهر	شمال شرقی	شمال شرقی	شمال شرقی
		۷ مهر	جنوب شرقی	جنوب	جنوب
		۸ مهر	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی
		۷ آذر	شمال شرقی	شمال شرقی	جنوب غربی
		۱۸ آذر	جنوب	جنوب	شرق
۱۳۹۵	پاییز	۸ مهر	جنوب	جنوب	جنوب
		٦ آبان	جنوب	شرق	شمال شرق
		۱۰ آبان	جنوب	جنوب	جنوب
		۱۲ آبان	جنوب	جنوب	جنوب

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

ادامه جدول ۱- منشأ ذرات معلق براساس موقعیت جغرافیایی توسط مدل HYSPLIT

سال	فصل	روز	ارتفاع(m)		
			۵۰۰	۱۰۰	۱۰
۱۳۹۶	پاییز	٦ آبان	جنوب	شمال شرقی	شمال شرقی
		۷ آبان	جنوب	جنوب	جنوب
		۱۰ آبان	جنوب	جنوب	جنوب
	زمستان	٦ دی	شمال	شمال شرقی	شمال شرقی
		۲۱ دی	جنوب شرقی	شمال شرقی	شمال شرقی
۱۳۹۷	تابستان	۷ خرداد	شمال شرقی	شمال شرقی	شمال شرقی
		۸ خرداد	غرب	شمال شرقی	شمال شرقی
		۹ خرداد	شمال شرقی	شمال شرقی	شمال شرقی
۱۳۹۸	تابستان	۲۷ شهریور	جنوب غربی	جنوب	جنوب
		۳۱ شهریور	جنوب	جنوب	جنوب

مطالعه نیز به منشأیابی ذرات $PM_{2.5}$ پرداخته شد. در جدول ۱ تاریخ روزهای ناسالم ناشی از آلودگی هوا طی ۵ سال، به همراه منشأ آلودگی‌ها آنها براساس موقعیت جغرافیایی با استفاده از مدل HYSPLIT در سه ارتفاع ۱۰ m، ۱۰۰ m و ۵۰۰ m نشان داده شده است.

_ اطلاعات هواشناسی مربوط به‌روزهای ناسالم

متوسط روزانه پارامترهای هواشناسی برای روزهای ناسالم طی پنج سال از دو سایت IOWA State university (۲۲) و Tutiempo.Net (۲۳) در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ پارامترهای دما و رطوبت نسبی روند خاصی با تغییرات بسیار کم را دنبال می‌کنند. سرعت باد نیز در محدوده ۲/۹ m/s تا ۱۱/۷ m/s متغیر است. جهت باد در روزهای ناسالم تنها در روزهای ۶ آبان ۱۳۹۵ در ارتفاع ۵۰۰ m و ۷ خرداد ۱۳۹۷ در سه ارتفاع مورد بررسی موافق با اطلاعات هواشناسی است و میزان بارندگی در ۱۹ روز موردمطالعه در سال‌های مختلف صفر هست.

_ بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار

با بررسی فصلی تعداد روزهای همراه با گردوغبار طی ۵ سال، ۱۲ روز هوای ناسالم مربوط به فصل پاییز، ۴ روز مربوط به فصل تابستان و ۳ روز مربوط به فصل زمستان است و در بین سال‌های موردمطالعه، در سال ۱۳۹۳ بیشترین تعداد روزهای ناسالم مشاهده شده است.

_ بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی

در بررسی فصلی پارامترهای هواشناسی بیشترین میزان رطوبت نسبی در فصل پاییز و بیشترین درجه حرارت مربوط به فصل تابستان مشاهده شده است و جهت وزش باد غالب در فصل

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی روزهای ناسالم توسط IOWA State university و Tutiempo.Net

سال	فصل	روز	اطلاعات هواشناسی			
			دما (^{0}C)	رطوبت نسبی (درصد)	بارندگی (mm)	سرعت باد (m/s)	جهت باد (^{o})
۱۳۹۳	پاییز	۵ مهر	۱۶/۶۶	۶۰	۰	۵	جنوب شرقی
		۷ مهر	۱۶/۱۱	۲۷	۰	۷/۹	شمال
		۸ مهر	۱۵/۸۳	۳۰	۰	۶/۷	شرق
		۷ آذر	۵/۸۳	۹۹	۰	۵/۶	جنوب شرقی
		۱۸ آذر	۵/۲۷	۵۰	۰	۷/۸	شمال غربی
۱۳۹۵	پاییز	۸ مهر	۱۶/۱۱	۴۳	۰	۹/۶	شمال شرقی
		۶ آبان	۱۰	۲۷	۰	۳/۹	جنوب
		۱۰ آبان	۹/۱۶	۲۰	۰	۱۰/۹	جنوب شرقی
		۱۲ آبان	۹/۱۶	۱۵	۰	۲/۹	شمال شرقی
۱۳۹۶	پاییز	۶ آبان	۹/۷۲	۵۱	۰	۱۱/۷	شمال غربی
		۷ آبان	۹/۷۲	۲۹	۰	۷/۲	جنوب غربی
		۱۰ آبان	۹/۱۶	۲۱	۰	۷/۵	جنوب شرقی
	زمستان	۶ دی	۴/۷۲	۶۰	۰	۵/۵	شمال غربی
		۲۱ دی	۴/۷۲	۶۹	۰	۱۱/۷	شمال غربی
۱۳۹۷	تابستان	۷ خرداد	۲۶/۳۸	۵۳	۰	۷/۱	شمال شرقی
		۸ خرداد	۲۶/۳۸	۳۷	۰	۷/۶	جنوب شرقی
		۹ خرداد	۲۶/۹۴	۳۱	۰	۴/۸	شرق
۱۳۹۸	تابستان	۲۷ شهریور	۱۹/۱۶	۲۲	۰	۸/۶	جنوب شرقی
		۳۱ شهریور	۱۸/۰۵	۳۵	۰	۷/۱	جنوب غربی

پاییز ۱۱/۷° و نشانگر جهت وزش باد جنوب شرقی است.

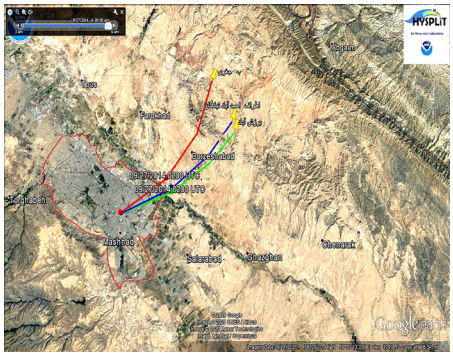
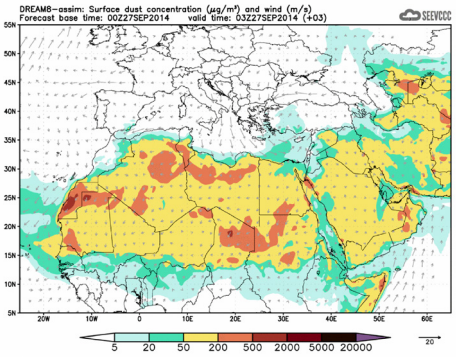
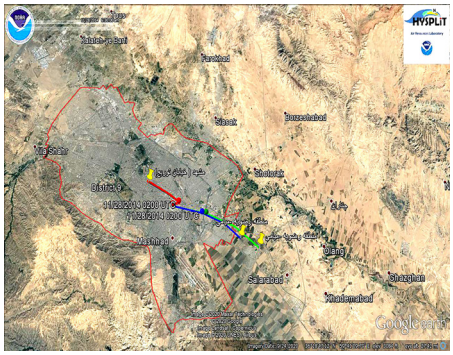
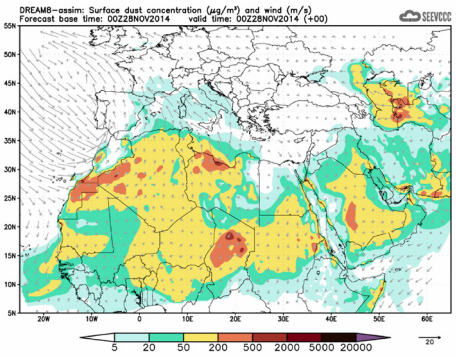
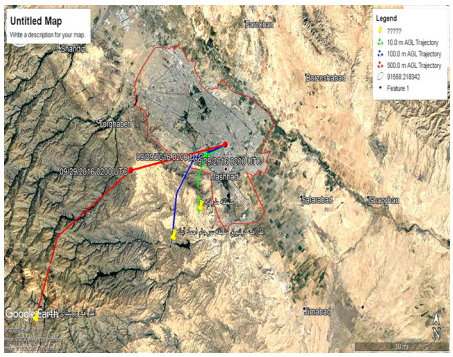
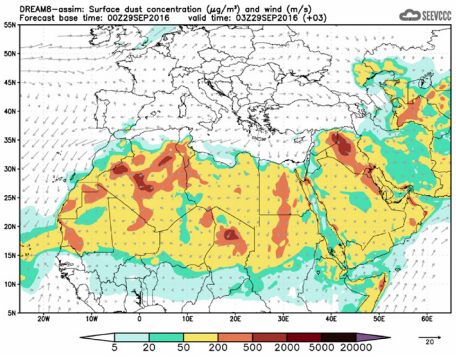
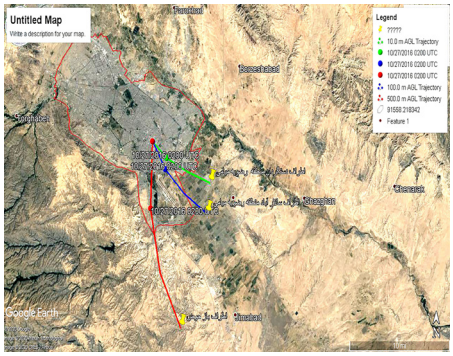
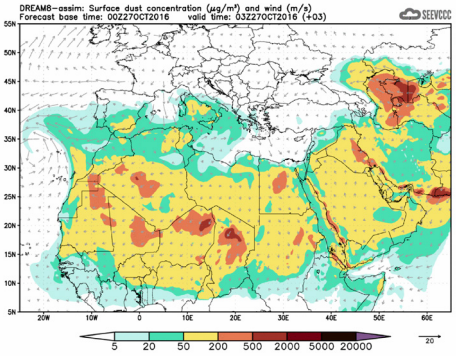
_ مدل *HYSPLIT ARE NOAA* و *DREAM8b*

نقشه‌های حاصله از این دو مدل مربوط به ۸ روز به صورت انتخابی، یک روز از هر ماه در هر سال در جدول ۳ که با هم تطابق دارند ارائه شده است. در مدل HYSPLIT رنگ سبز ارتفاع m ۱۰، رنگ آبی ارتفاع m ۱۰۰ و رنگ قرمز ارتفاع m ۵۰۰ منشأ روزهای آلوده ناشی از $PM_{2.5}$ و درخروجی نقشه مدل DREAM8b نیز همپوشانی مشابهی با مدل HYSPLIT را نشان می‌دهد.

در بین مدل‌های مشابه HYSPLIT تنها مدل DREAM8b از نظر پهنه بندی منشاء آلودگی را نشان می‌داد و هیچ مدلی برای راستی آزمایی از نظر منشاء نقطه‌ای با مدل HYSPLIT وجود ندارد.

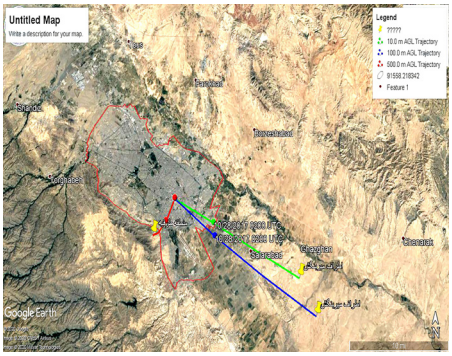
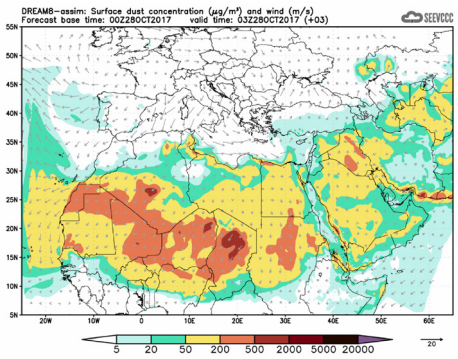
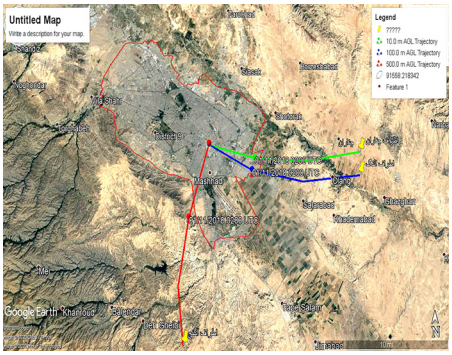
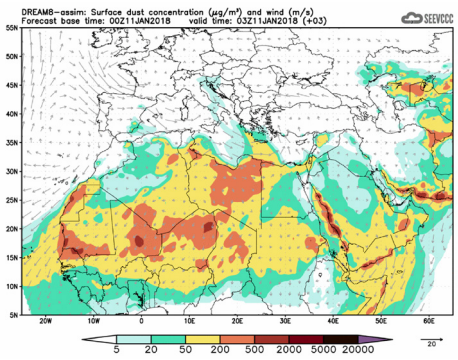
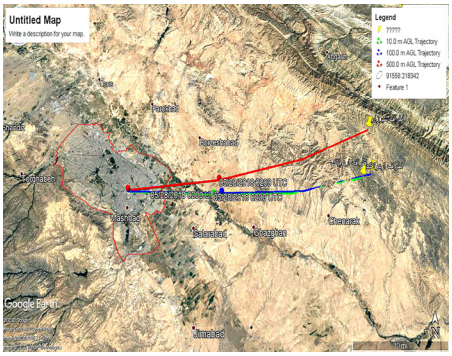
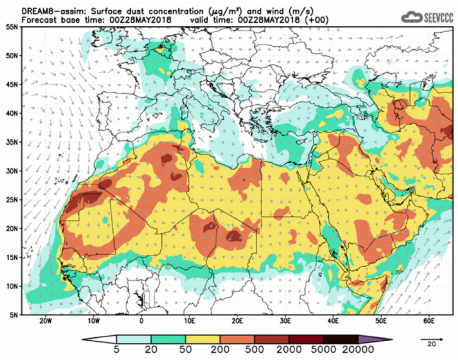
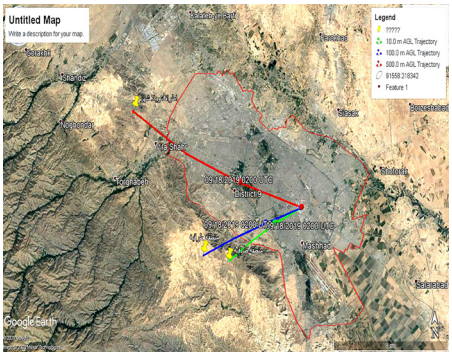
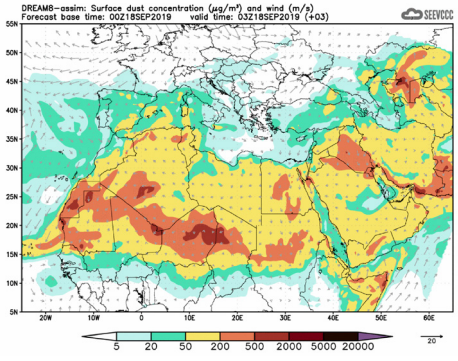
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

جدول ۳- منشأ آلودگی هوا در دو مدل HYSPLIT و DREAM

ردیف	تاریخ	نقشه HYSPLIT	نقشه DREAM 8b
۱	۵ مهر ۱۳۹۳		
۲	۷ آذر ۱۳۹۳		
۳	۸ مهر ۱۳۹۵		
٤	٦ آبان ۱۳۹۵		

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

ادامه جدول ۳- منشأ آلودگی هوا در دو مدل HYSPLIT و DREAM

ردیف	تاریخ	نقشه HYSPLIT	نقشه DREAM 8b
۵	۶ آبان ۱۳۹۶		
۶	۲۱ دی ۱۳۹۶		
۷	۷ خرداد ۱۳۹۷		
۸	۲۷ شهریور ۱۳۹۸		

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

علیرغم مقالاتی که تاکنون درباره منشأیابی غبار در شهر مشهد انجام شده و همگی کانون اصلی آن را به مناطقی خارج از مرزهای جغرافیایی استان و یا حتی کشور نسبت داده‌اند. بررسی بلندمدت ذرات معلق در روزهای آلوده شهر مشهد در هوای تنفسی (ارتفاع کمتر از ۱۰ m) نشان داد که عمده این ذرات از کانون‌های محلی اطراف شهر مشهد نشأت می‌گیرند.

بحث

شهر مشهد یکی از شهرهای صنعتی و جز پرترددترین شهرهای ایران محسوب می‌شود که سبب آلودگی هوای آن شده است. براساس گزارش‌های ارائه شده یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوای این شهر وجود ذرات معلق است که یکی از پدیده‌های متداول و در ردیف بزرگ‌ترین مشکلات جوی محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. به طوری‌که این رخداد هر ساله آثار مخربی برای ساکنان این مناطق در پی دارد و درنتیجه بررسی و منشأیابی آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق را به امری ضروری تبدیل کرده است (۱۰).

ـ بررسی سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی

بیشترین روزهای ناسالم ناشی از آلودگی هوا و حداکثر سرعت باد و رطوبت نسبی مربوط به فصل پاییز است. در ۱۹ روز مورد مطالعه که کیفیت هوا در شرایط ناسالم قرار داشته است هیچ‌گونه بارشی در ایستگاه‌های هواشناسی مشهد گزارش نشده است. اگرچه بیشترین دما در فصل تابستان رخ داده است اما با توجه به بیشتر بودن تعداد روزهای ناسالم در فصل پاییز می‌توان استنباط نمود دمای بالا در فصل تابستان باعث کاهش رطوبت خاک شده و شرایط را برای ایجاد کانون‌های غبار در فصل پاییز فراهم می‌آورد.

در بررسی‌های صورت گرفته در سه ارتفاع مورد بررسی به ترتیب بیشترین میزان منشأ آلودگی هوا ناشی از ذرات غبار به شرح ذیل به دست آمد:

در ارتفاع ۵۰۰ m بیشترین منشأ آلودگی هوا مربوط به پهنه جنوبی (۹ مورد)، پهنه شمال شرقی (۴ مورد)، پهنه جنوب شرقی (۲ مورد)، پهنه شمال غربی، پهنه جنوب غربی و پهنه غربی شهر مشهد هرکدام یک مورد است.

در ارتفاع ۱۰۰ m بیشترین منشأ آلودگی هوا مربوط به پهنه جنوبی (۹ مورد)، پهنه شمال شرقی (۸ مورد)، پهنه شمال غربی (۱ مورد) و پهنه غربی (۱مورد) است.

در ارتفاع ۱۰ m بیشترین منشأ آلودگی هوا مربوط به پهنه جنوب (۸ مورد)، پهنه شمال شرقی (۸ مورد)، پهنه شمال غربی، پهنه جنوب غربی و پهنه شرقی هرکدام یک مورد است.

در این تحقیق با توجه به اینکه عمده منشأ یافته شده، پهنه جنوبی و شمال شرقی شهر مشهد است، بررسی بیشتری برروی منابع احتمالی کانون‌های غبار با استفاده از نقشه Google Map و بازدید میدانی انجام شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد پهنه جنوبی به شدت دستخوش تغییر کاربری در مقیاس بالا شده است که این تغییرات با هدف توسعه شبکه زیر ساخت‌های شهر مشهد ازجمله ساخت جاده کمربند جنوبی مشهد، ساخت ساختمان‌های بلندمرتبه؛ پروژه گازرسانی و ... است که تمامی این فعالیت‌ها همراه با خاک‌برداری در مقیاس بالا؛ عملیات آتش‌باری و تردد وسایل نقلیه سنگین راه سازی است لذا وجود چنین شرایطی به شدت خاک سطحی این ناحیه را ناپایدار و دچار فرسایش نموده و شرایط تشکیل کانون‌های غبار را در شهر مشهد فراهم آورده است.

دومین جهت جغرافیایی که در آن بیشترین منشأ آلودگی به چشم می‌خورد پهنه شمال شرقی است. این پهنه به دلیل استفاده بسیار نامناسب و نامنطبق برتوان طبیعی سرزمین به‌شدت در معرض آلودگی و فرسایش خاک قرارگرفته است. وجود مناطق حاشیه‌نشین و کم برخوردار، وجود اراضی بایر، زمین‌های زراعی، کوره‌های آجرپزی، واحدهای شن شویی، واحدهای صنعتی-کارگاهی و ... ازجمله فعالیت‌های قرارگرفته در این پهنه جغرافیایی هستند. تمرکز هسته حاشیه‌نشینی شهر مشهد در پهنه شمال به همراه تغییر شدید کاربری در حاشیه رودخانه کشف رود درحالی‌که این پهنه دارای خاک لومی ـ رسی است شرایط آن را در برابر فرسایش حساس نموده است. تحقیقات Rahnama در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که پهنه شمالی مشهد به شدت دستخوش تغییر کاربری و از

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

دست رفتن پوشش گیاهی است، لذا چنین شرایطی مطمئنا می‌تواند این پهنه را به منطقه مناسب برای افزایش غبار محلی تبدیل نماید. همچنین پیش‌بینی این مطالعات در خصوص شدت گرفتن تخریب پارامترهای محیطی در پهنه شمال مشهد در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ می‌تواند هشداری باشد به‌شدت گرفتن تعداد روزهای غبار و نیز افزایش دانسیته غبار در دهه آینده (۲۴). نتایج مشابهی در تحقیق Tajbakhsh و همکاران در سال ۲۰۱۶ به‌دست آمده است که در آن پهنه شمالی مشهد را پهنه به شدت درحال توسعه شهری و تغییر مراتع و اراضی کشاورزی به سایر کاربری‌ها عنوان نموده است (۲۵).

پهنه جنوبی و شمال شرقی شهر مشهد بیشترین منشأ گردوغبار نسبت به دیگر پهنه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه با شرایط دمایی و رطوبتی به‌وجود آمده در طی فصل تابستان و همچنین کمبود پوشش گیاهی در این منطقه می‌توان انتظار داشت تابش امواج بلند از سطح زمین در حد قابل ملاحظه‌ای باشد، چراکه مقدار امواج الکترومغناطیسی تابش شده از سطح زمین ارتباط کاملا مستقیمی با دمای سطح آن دارد. بنابراین در مجموع می‌توان گفت که سطح زمین با توجه به دمای بالا و درنتیجه کاهش محسوس رطوبت سطح خاک و خشک شدن آن، شرایط کاملا مناسبی برای بروز طوفان گردوغبار فراهم شده است و این مناطق در صورت مهیا شدن شرایط اتمسفری کاملا آماده انتقال گردوغبارها در اتمسفر هستند (۲۶). عوامل متعددی در ایجاد کانون غبار دخالت دارند. نقش پوشش گیاهی در حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک بسیار حائز اهمیت است، به‌طوری‌که با کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی پوشش گیاهی به‌طور متوسط ۲۱، ۴۵ و ۸۲ درصد فرسایش خاک افزایش خواهد داشت (۲۷). کیفیت خاک نیز تاثیر مهمی بر فرسایش خاک و پایداری خاک در اکوسیستم دارد. درنتیجه برای پیشگیری از تخریب خاک لازم است از زمین به‌گونه‌ای استفاده شود که شاخص کیفیت خاک در حد مطلوب حفظ شود (۲۸). باد در بروز و تشدید آلودگی هوا یک عامل بسیار تأثیرگذار است، بر طبق اطلاعات هواشناسی به‌دست آمده در روزهایی که کیفیت هوا ناسالم گزارش شده است. به ترتیب بیشترین جهت باد غالب از سمت جنوب شرقی و شمالی غربی است.

Miri و همکاران در سال ۲۰۱۵ آلودگی هوای شهر مشهد را بررسی و اعلام نموده‌اند که در محدوده ایستگاه‌های شرق و شمال شرق، غلظت بالاتری از آلاینده‌ها وجود دارد که علت آن تردد بالای وسایل نقلیه درون‌شهری و بزرگراه همت (در پهنه شمالی مشهد) وجود زمین‌های بایر و زمین‌های کشاورزی در منطقه شرقی شهر مشهد گزارش شده است (۱۷).

تحقیقات Mohammadi و همکاران ۲۰۱۶ در مورد پایش ماهواره‌ای و تحلیل همدید پدیده‌های گردوغبار در کلانشهر مشهد نشان داد که نواحی، منشأ غبار روی شهر مشهد طی دوره‌های گرم سال، در شرق و شمال شرق یعنی بیابان‌های ترکمنستان و همچنین اراضی تغییر یافته دشت‌های شمال شرق کشور قرار دارد. و در دوره سرد سال نیز توده گردوغبار بیشتر از نواحی شمال غربی شهر مشهد و شرق دریای خزر به سمت این شهر کشیده می‌شوند. ارتفاع مورد استفاده در این تحقیق m ۵۰ و m ۱۰۰۰ و خروجی مدل براساس گام زمانی h ۶ تنظیم شده است (۲۹).

Dostan در سال ۲۰۱۶ نسبت به تحلیل فضایی گردوغبار شمال شرق کشور اقدام نموده است. نتایج این محقق نشان می‌دهد مسیر عمده گردوغبار در شمال شرق کشور، بیابان ترکمنستان و شرق منطقه با جهت شرقی، شمال و شمال غربی است و در زمستان با ناپایداری هوا و موقعیت سیکلون‌ها، گردوغبار از غرب می‌وزند. بنابراین برنامه‌های مؤثر روی کانون‌های ریز گرد شمال شرقی و شرق منطقه، جهت مدیریت ریسک و بحران گردوغبار مفید پیشنهاد شده است (۳۰).

Bromandi و همکاران در سال ۲۰۱۶ نشان داد بین تغییرات سالیانه و فصلی پارامترهای هواشناسی از جمله درجه حرارت و میزان بارش با رخداد طوفان‌های گردوغبار ارتباط وجود دارد و منشاء اصلی طوفان‌های گردوغبار در شهرستان مسجد سلیمان مناطق شمال غرب کشور عراق و شرق کشور سوریه است (۱۶). تفاوت یافته‌های محققان فوق با یافته‌های این تحقیق می‌تواند ناشی از گام زمانی مورد انتخاب و یا ارتفاع اعمال شده در HYSPLIT باشد. متأسفانه هیچ‌یک از محققین دلایل خود را برای انتخاب دو گزاره فوق (گام زمانی و ارتفاع) شرح نداده

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

بودند. در تحقیق حاضر برای تعیین بهترین ارتفاع و ساعت جهت اعمال در نرم‌افزار، کتابچه راهنمای نرم‌افزار قرائت شد درنهایت بعد از مرور منابع مختلف گام زمانی ۳ h و با توجه به هدف پژوهش ارتفاع در سطوح ۱۰ m و ۱۰۰ m و ۵۰۰ m انتخاب گردید. همچنین تفاوت دیگر نتایج می‌تواند از مدت زمانی باشد که داده‌ها مورد تحلیل قرار گرفته‌اند در حالی‌که اغلب محققین تنها یک روز را ملاک مدلسازی و تحلیل خود قرار داده‌اند در این تحقیق داده‌های ۵ ساله در مشهد بررسی و مورد مدلسازی قرار گرفته‌اند.

ـ ارزیابی و پایش روزهای ناسالم ناشی از آلودگی هوا با استفاده از مدل‌های HYSPLIT و DREAM8b

همان‌طور که گفته شد برای ردیابی مسیر ذرات گردوغبار از مدل HYSPLIT و از روش پسگرد استفاده شده است. ارتفاع نمایش داده در پایین هر نقشه نشان‌دهنده ارتفاع مسیر طی شده ذرات معلق از سطح زمین است که در این پژوهش با توجه به هدف تحقیق که بررسی منشأ ذرات غبار در هوای تنفسی شهر مشهد بود سه ارتفاع ۱۰ m و ۱۰۰ m و ۵۰۰ m از سطح زمین انتخاب شده است.

بررسی نقشه‌های خروجی مدل HYSPLIT، بیشترین منشأ ذرات گردوغبار را در دو مسیر جنوب و شمال شرقی مشهد نشان می‌دهد. پهنه جنوبی به دلیل برخورداری از فضاهای باز طبیعی، رشته‌کوه بینالود و تخریبات صورت گرفته در این رشته کوه، زمین‌های زراعی، معادن، واحدهای صنعتی و کارگاهی، باغ ویلاها و پهنه شمال شرقی نیز به دلیل استفاده نادرست از آنها و نامنطبق بر توان طبیعی به‌شدت در معرض آلودگی و فرسایش قرار دارد.

نتایج حاصل از مطالعات مشابه با استفاده از مدل HYSPLIT در منطقه غرب و جنوب غربی کشور توسط Aliabadi و همکاران در سال ۲۰۱۵ انجام شده است. در این تحقیق منشأ آلودگی هوای منطقه موردمطالعه را کشورهای همسایه عراق و سوریه و عربستان عنوان نموده و به نقش پراهمیت تغییرات زیست‌محیطی ناشی از دخالت انسان از قبیل از بین رفتن پوشش گیاهی، سدسازی و خشک شدن دریاچه‌ها و قطع درختان اشاره شده است (۲۶).

از مدل DREAM8b در این پژوهش به‌عنوان تطبیق و راستی آزمایی خروجی مدل خروجی HYSPLIT استفاده شد. خروجی این مدل مقادیر غلظت بر واحد سطح ذرات معلق را نشان می‌دهد که تمام نقشه‌های به‌دست آمده تطابق مناسبی با خروجی HYSPLIT را از خود نشان می‌دهد. همچنین در نقشه‌های خروجی این مدل (جدول ۳) از سال ۱۳۹۷ بر شدت غلظت آلاینده‌های شهر مشهد افزوده شده است.

در نتیجه آنچه از نتایج این پژوهش برمی‌آید، این است که بهترین سطح مطالعات مربوط به منشأیابی ذرات گردوغبار با مقیاس بزرگ و در دوره‌های زمانی بلند است و فقط با بررسی چنین مقیاسی می‌توان به علل اصلی چنین وقایعی دست یافت. بدیهی است هدف پژوهش می‌تواند ورودی اطلاعات را دستخوش تغییر نماید و بالتبع خروجی متفاوتی را به‌دست دهد. اعمال ارتفاع حداقل در نرم افزار HYSPLIT (کمتر از ۱۰ m) که نزدیک به ارتفاع پراب نمونه برداری در ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوای شهر مشهد است (به عنوان اولین سطح مدلسازی)، می‌تواند مهمترین دلیل تفاوت نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان باشد.

نتیجه‌گیری

با بررسی تغییرات فصلی پارامترهای هواشناسی و منشأیابی کانون‌های آلودگی هوای شهر در روزهای ناسالم طی ۵ سال مورد مطالعه با استفاده از دو مدل HYSPLIT و DREAM8b، منشأ احتمالی ذرات معلق پهنه جنوبی و شمال شرقی مشهد به‌دست آمد که نتایج فوق را می‌توان به استفاده نامناسب از زمین‌های کشاورزی و فرسایش شدید اراضی مرتعی و تغییرات کاربری غالب در پهنه شمال و اجرای پروژه‌های عمرانی و زیر ساختی ازجمله کمربند جنوبی شهر مشهد در ارتفاعات جنوبی شهر نسبت داد. براساس مرور منابع، لحاظ روزهای اینورژن در مدلسازی‌ها، منشأیابی فیزیکی- شیمیایی ذرات گردوغبار با استفاده از آزمایش XRD، XRF می‌تواند در منشأیابی دقیق‌تر ذرات غبار اطلاعات دقیق‌تری به‌دست دهد و مطمئنا نقش مهمی در تخصیص درست اعتبارات لازم برای کاهش و کنترل مساله آلودگی هوا در شهر مشهد را در اختیار مدیران شهری

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

قرار خواهد داد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل یک طرح مطالعاتی با هدف منشأیابی ذرات $PM_{2.5}$ شهر مشهد طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ است. بدینوسیله از جناب آقای دکتر محمدرضا دانشور به خاطر مشورت در حوزه تحلیل پارامترهای اقلیمی کمال تشکر و سپاسگزاری را داریم.

References

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. The Lancet commission on pollution and health. The Lancet. 2018;391(10119):462-512.
2. Mei D, Xiushan L, Lin S, Ping W. A dust-storm process dynamic monitoring with multi-temporal MODIS data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2008;37:965-70.
3. Goudie AS. Desert dust and human health disorders. Environment International. 2014;63:101-13.
4. Huang M, Peng G, Zhang J, Zhang S. Application of artificial neural networks to the prediction of dust storms in Northwest China. Global and Planetary Change. 2006;52(1-4):216-24.
5. Qu JJ, Hao X, Kafatos M, Wang L. Asian dust storm monitoring combining Terra and Aqua MODIS SRB measurements. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2006;3(4):484-86.
6. Givehchi R, Arhami M, Tajrishy M. Contribution of the Middle Eastern dust source areas to PM10 levels in urban receptors: Case study of Tehran, Iran. Atmospheric Environment. 2013;75:287-95.
7. Autrup H. Ambient air pollution and adverse health effects. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2010;2(5):7333-38.
8. Peled R. Air pollution exposure: Who is at high risk? Atmospheric Environment. 2011;45(10):1781-85.
9. Zarasvandi A, Carranza E, Moore F, Rastmanesh F. Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). Journal of Geochemical Exploration. 2011;111(3):138-51.
10. Farajzadeh M, Karimi N. Principles of Satellite Meteorology. Tehran: Samt; 2013 (in Persian).
11. Yerramilli A, Dodla VBR, Challa VS, Myles L, Pendergrass WR, Vogel CA, et al. An integrated WRF/HYSPLIT modeling approach for the assessment of $PM_{2.5}$ source regions over the Mississippi Gulf Coast region. Air Quality, Atmosphere & Health. 2012;5(4):401-12.
12. Rashki A, Kaskaoutis DG, Rautenbach CD, Eriksson PG, Qiang M, Gupta P. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. Aeolian Research. 2012;5:51-62.
13. Rajabi M, Souri B. Evaluation of heavy metals among dustfall particles of Sanandaj, Khorramabad and Andimeshk cities in western Iran2012-2013. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;8(1):11-22 (in Persian).
14. Azizi M, Miri M, Nabavi S. Detection of dust in

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

research. USA: Air Resources Laboratory; 2020 [cited 2021 Feb 20]. Available from: https://hysplitbbs.arl.noaa.gov/viewtopic.php?f=25&t=2336.

22. Iowa State University. Data Calendar for Des Moines. Iowa: Iowa State University; 2012. [cited 2021 Feb 28] Available from: https://mesonet.agron.iastate.edu/sites/hist.phtml?station=DSM&network=IA_ASOS

23. Tutiempo Network. Climate Mashhad, 1949-2021. Spain: Tutiempo Network; 2021. [Cited 2021 Feb 28]. Available from: https://en.tutiempo.net/climate/ws-407450.html

24. Rahnama MR. Forecasting land-use changes in Mashhad Metropolitan area using Cellular Automata and Markov chain model for 2016-2030. Sustainable Cities and Society. 2020:102548.

25. Tajbakhsh M, Memarian H, Shahrokhi Y. Analyzing and modeling urban sprawl and land use changes in a developing city using a CA-Markovian approach. Global Journal of Environmental Science and Management. 2016;2(4):397-410.

26. Aliabadi K, Zangeneh A, Roudbari D. Evaluation and monitoring dust storm by using remote sensing (Case study: west and southwest of Iran). Quarterly Scientific Journal of Rescue and Relief. 2015;7(1):1-20 (in Persian).

27. Zuazo VHD, Pleguezuelo CRR. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: A review. In: Lichtfouse E, Navarrete M, Debaeke P, Véronique S, Alberola C, editors. Sustainable agriculture. Dordrecht: Springer; 2009. p. 785-811.

28. Shahab Arkhazloo H, Emami H, Haghnia GH. Evaluation of the relationship of soil quality models and sustainability indices of agricultural

the western half of Iran. Journal of Arid Regions Geographic Studies. 2012;2(7):63-81.

15. Taghavi F, Owlad E, Safarrad T, Irannejad P. Identifying and monitoring dust storm in the western part of Iran using remote sensing techniques. Journal of the Earth and Space Physics. 2013;39(3):83-96.

16. Broomandi P, Bakhtiar Pour A. Dust source identification using physical-chemical characterization and numerical modeling in Masjed Soleyman. Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):517-26 (in Persian).

17. Miri M, Ghaneian MT, Gholizadeh A, YazdaniAvval M, Nikoonahad A. Assessment of spatial analysis methods in mapping of air pollution in Mashhad. Journal of Environmental Health Enginering. 2016;3(2):143-54 (in Persian).

18. Environment Pollution Monitoting Center. Yearly air quality reports, 2014-2019. Mashhad: Environment Pollution Monitoting Center; 2020 [cited 2021 Feb 9]. Available from: https://epmc.mashhad.ir (in Persian).

19. Ngan F, Stein A, Draxler R. Inline coupling of WRF–HYSPLIT: Model development and evaluation using tracer experiments. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 2015;54(6):1162-76.

20. Air Resources Laboratory. Advancing atmospheric science and technology through research. USA: Air Resources Laboratory; 2020 [cited 2021 Feb 20]. Available from: https://hysplitbbs.arl.noaa.gov/viewtopic.php?f=27&t=1429&p=4114&hilit=hight#p4114.

21. Air Resources Laboratory. Advancing Atmospheric science and technology through

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

and range land soils in South Mashhad. Iranian Journal of Soil Research. 2012;26(3):227-34.

29. Mohamadi Moradian J, Hosseinzadeh SR. The study of desert dust in Mashhad Metropolis using satellite images and synoptic datasets (2009-2013). Journal of Geography and Environmental Hazards. 2015;4(2):35-57 (in Persian).

30. Doostan R. Dust spatial analysis in Northeastern Iran. Journal of Geography and Regional Development. 2017;14(2):67-90 (in Persian).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Origin of dust pollution particulate matter less than 2.5 micron in Mashhad city using HYSPLIT and DREAM8b model

Fatemeh Bagheri[1,*], Mehri Rezayi[2]

1- Plant Biology Department, College of Basic Sciences, IsIamic Azad University Mashhad, Mashhad, Iran
2- Iran Department of Environment, Khorasan Razavi Bureau, Mashhad, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 15 May 2021
Revised: 19 June 2021
Accepted: 21 June 2021
Published: 21 June 2021

Keywords: Dust particles, Mashhad, HYSPLIT, DREAM8b, Origin

***Corresponding Author:**
f_bagheri1988@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: The aim of this study was to investigate dust origin particulate ($PM_{2.5}$) in Mashhad city in a long period of time (2014-2019) based on unhealthy days. Furthermore, changes in meteorological parameters and their relationship with dust storms have also been investigated.

Materials and Methods: In order to locate dust pollution hotspots in mashhad air, first, information about unhealthy days of Mashhad city in a 5-year period was obtained from the site of Mashhad Pollutants Monitoring Center and then HYSPLIT model was used to locate air pollution hotspots caused by particulate matter. To verify the results, the outputs obtained from this model were also compared with the DREAM8b model.

Results: By examining the meteorological parameters and its relationship with the outputs obtained from THEHYSPLIT and DREAM8b models, the maximum wind speed and relative humidity were obtained in autumn. There was no rainfall in the studied days (19 days) and the highest temperature was related to summer, indicating the relationship between the occurrences of polluted days due to particulate matter less than μ 2.5, wind speed and relative humidity in autumn. The results of the two models showed that the southern and northeastern regions of Mashhad city had the highest source of dust particles during the studied days.

Conclusion: Although in previous articles, the origin of dust in Mashhad city was announced outside the geographical boundaries of the province, long-term investigation at low altitude (below 10m) showed that local origin of dust have an essential role in air pollution in Mashhad city under unstable atmospheric conditions. Inappropriate use of agricultural lands and severe changes in land use often in the northern region and implementation of construction projects such as the southern belt of Mashhad city play essential roles in increasing $PM_{2.5}$ particles in the air of Mashhad. This finding shows the importance of decision making for the implementation of soil stabilization projects etc... at the local level.

Please cite this article as: Bagheri F, Rezayi M. Origin of dust pollution particulate matter less than 2.5 micron in Mashhad city using HYSPLIT and DREAM8b model. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(1):129-46.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-11-04]