

شقایق ذوالقدری
دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست
دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
Zolghadri.sh@ut.ac.ir

معرفی

آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، با ارائه تعدادی مدل در حوزه مدل‌سازی پخش آلودگی هوا و شبیه‌سازی کیفیت هوا، در نهایت مدل معروف و ممتاز ایرمود را معرفی کردند. این مدل که از سال ۱۹۹۱ توسعه آن آغاز شده است، انتخاب اول سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) برای مدل‌سازی آلودگی هوا در نواحی شهری و روستایی و برای صنایعی که در مسافت کمتر از ۵۰ کیلومتر قرار دارند می‌باشد. مدل ایرمود قادر به ارزیابی تغییر جهت دود با توجه به اثر تضعیف کنندگی ساختمان‌ها می‌باشد. پس از دسامبر سال ۲۰۰۷، مدل AERMOD جایگزین مدل ISC3 شده است.

ایرمود بر پایه یک مدل گوسی است و برای مدل‌سازی پراکندگی آلودگی هوا در شرایط پایدار و در نزدیکی منابع آلاینده طراحی شده است. این نرم‌افزار نقاط انتشار آلودگی را با ارتفاع‌های مختلف در نظر گرفته و مدل‌سازی را انجام می‌دهد. انواع مختلف مدل‌سازی بر اساس نوع منابع آلاینده مانند منابع متحرک و ثابت یا منابع خطی و نقطه‌ای در این نرم‌افزار امکان‌پذیر است (شکل ۱).

معرفی نرم افزار ایرمود
(AERMOD) و کاربردهای
آن در مطالعات محیط
زیستی



فصلنامه علمی، فرهنگی و اجتماعی بوم‌کره، دوره هفتم، شماره ۲ (پیاپی ۱۰)، تابستان ۱۴۰۳

از انتشار تصادفی شبیه‌سازی کند و به مقامات کمک کند تا استراتژی‌های واکنش موثری را برای محافظت از سلامت و ایمنی عمومی برنامه ریزی کنند.

۷. پایش محیطی: محققان از AERMOD برای تکمیل داده‌های پایش محیطی استفاده می‌کنند و تصویر جامع‌تری از کیفیت هوا در مناطق وسیع و شرایط مختلف ارائه می‌دهند.

نقاط ضعف این نرم افزار

AERMOD، در حالی که ابزاری قدرتمند و پراکاربدر برای مدل‌سازی کیفیت هوا است، دارای چندین ضعف و محدودیت است. نیاز است که کاربران به این نکات توجه کنند تا در نهایت بتوانند مدل‌هایی با کمترین درصد خطا و درصد قطعیت بالا نسبت به دنیای حقیقی تهیه کنند.

۱. اعتبار سنجی و کالیبراسیون: مانند همه مدل‌ها، AERMOD به اعتبارسنجی و کالیبراسیون در برابر اندازه‌گیری‌های دنیای واقعی نیاز دارد. ممکن است اختلافاتی بین پیش‌بینی‌های مدل و مشاهدات واقعی رخ دهد که نیاز به تعدیل و قضاوت متخصص دارد.

۲. الزامات داده های هواشناسی: دقت AERMOD به کیفیت و وضوح داده های هواشناسی بستگی دارد. داده های هواشناسی ناقص و با وضوح پایین می تواند منجر به عدم دقت مورد نظر در مدل سازی پراکندگی آلودگی شود.

۳. حذف جزئیات خاص: AERMOD ممکن است پیچیدگی‌های خاص مرتبط با محیط‌های شهری (مانند اثرات ساختمان) یا مناطق ساحلی (مانند اثرات نسیم دریا) را به طور کامل در نظر نگیرد.

۴. انتشارات غیرمستمر: AERMOD برای انتشار در حالت پایدار و پیوسته مناسبتر است. ممکن است انتشارهای کوتاه مدت، متناوب یا تصادفی آلاینده ها را به طور دقیق مدل سازی نکند.

۵. ساده سازی بیش از حد ترکیبات جوی: AERMOD در توانایی خود برای مدل سازی تغییرات شیمیایی آلاینده‌ها در جو محدود است. معمولاً این مدل، آلاینده‌ها را از نظر شیمیایی خنثی می‌کند که می‌تواند ساده‌سازی قابل توجهی برای ترکیبات خاص باشد.

ع زمان مورد نیاز برای محاسبات پیچیده: به منظور شبیه‌سازی‌های بسیار بزرگ یا پیچیده، AERMOD در بخش محاسباتی فشرده و سخت شده و برای اجرای سناریوهای دقیق به قدرت پردازش و زمان قابل توجهی نیاز دارد.

ع: AERMINUTE: هدف از آن پردازش داده‌های باد یک دقیقه‌ای برای بهبود ورودی‌های هواشناسی است. این ماژول، داده‌های باد یک دقیقه‌ای را با میانگین‌های ساعتی جمع‌آوری می‌کند و مجموعه داده‌های دقیق‌تری را برای AERMET فراهم می‌کند که می‌تواند دقت مدل‌سازی پراکندگی را افزایش دهد.

هر یک از این ماژول‌ها نقش مهمی در فرآیند مدل‌سازی ایفا می‌کنند و تضمین می‌کنند که مدل ایرمود می‌تواند پراکندگی آلاینده‌ها را در شرایط مختلف محیطی به طور دقیق شبیه‌سازی کند. با ادغام داده‌های این ماژول‌ها، ایرمود می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق و قابل اعتمادی از اثرات کیفیت هوا از منابع مختلف ارائه دهد.

موارد استفاده از AERMOD در مطالعات محیط زیستی

۱. **انطباق با مقررات:** AERMOD اغلب برای نشان دادن انطباق با استانداردهای کیفیت هوا تعیین شده توسط سازمان های نظارتی استفاده می شود. صنایع از آن برای مدلسازی انتشار گازهایی گلخانه ای از منابعی مانند کارخانه ها، نیروگاه ها و سایر تأسیسات استفاده می کنند.

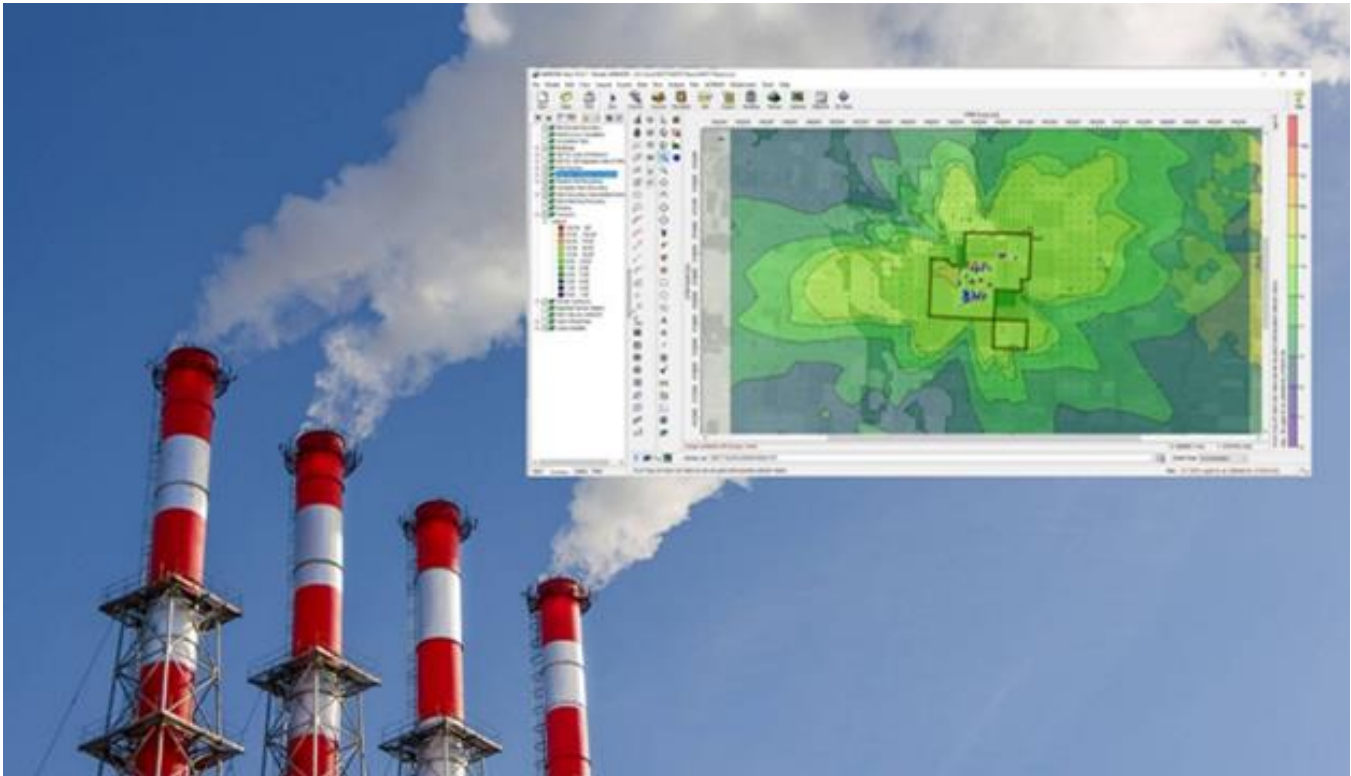
۲. **ارزیابی اثرات زیست محیطی:** ارزیابی اثرات زیست محیطی برای پروژه‌های پیشنهادی از AERMOD به منظور پیش بینی اثرات بالقوه کیفیت هوا استفاده می‌کند و به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند تا پیامدهای زیستمحیطی توسعه‌های جدید را درک کنند.

۳. **ارزیابی خطر سلامت:** با مدل سازی غلظت آلاینده، AERMOD به ارزیابی خطرات بهداشتی مرتبط با قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های خطرناک هوا کمک می‌کند که برای مطالعات بهداشت عمومی و ارزیابی های نظارتی حیاتی است

۴. برنامه ریزی شهری: برنامه ریزان شهری از AERMOD برای درک اینکه چگونه توسعه شهری و الگوهای ترافیکی بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارد استفاده می‌کنند. این اطلاعات می‌تواند تصمیمات منطقه بندی و برنامه‌ریزی حمل و نقل را راهنمایی کند.

۵. مکان یابی صنعتی: AERMOD با پیش بینی پراکندگی آلاینده‌ها و اطمینان از اینکه آن‌ها از استانداردهای کیفیت هوا در مناطق مسکونی مجاور تجاوز نمی‌کنند، به تعیین مکان‌های مناسب برای تأسیسات صنعتی جدید کمک می‌کند.

۶ سناریوهای مربوط به سوانح کار و یا طبیعی: در برنامه ریزی واکنش اضطراری، AERMOD می‌تواند پراکندگی آلاینده‌ها را



شکل ۱: مدل سازی آلودگی هوا بر پایه نرم افزار ایرمود

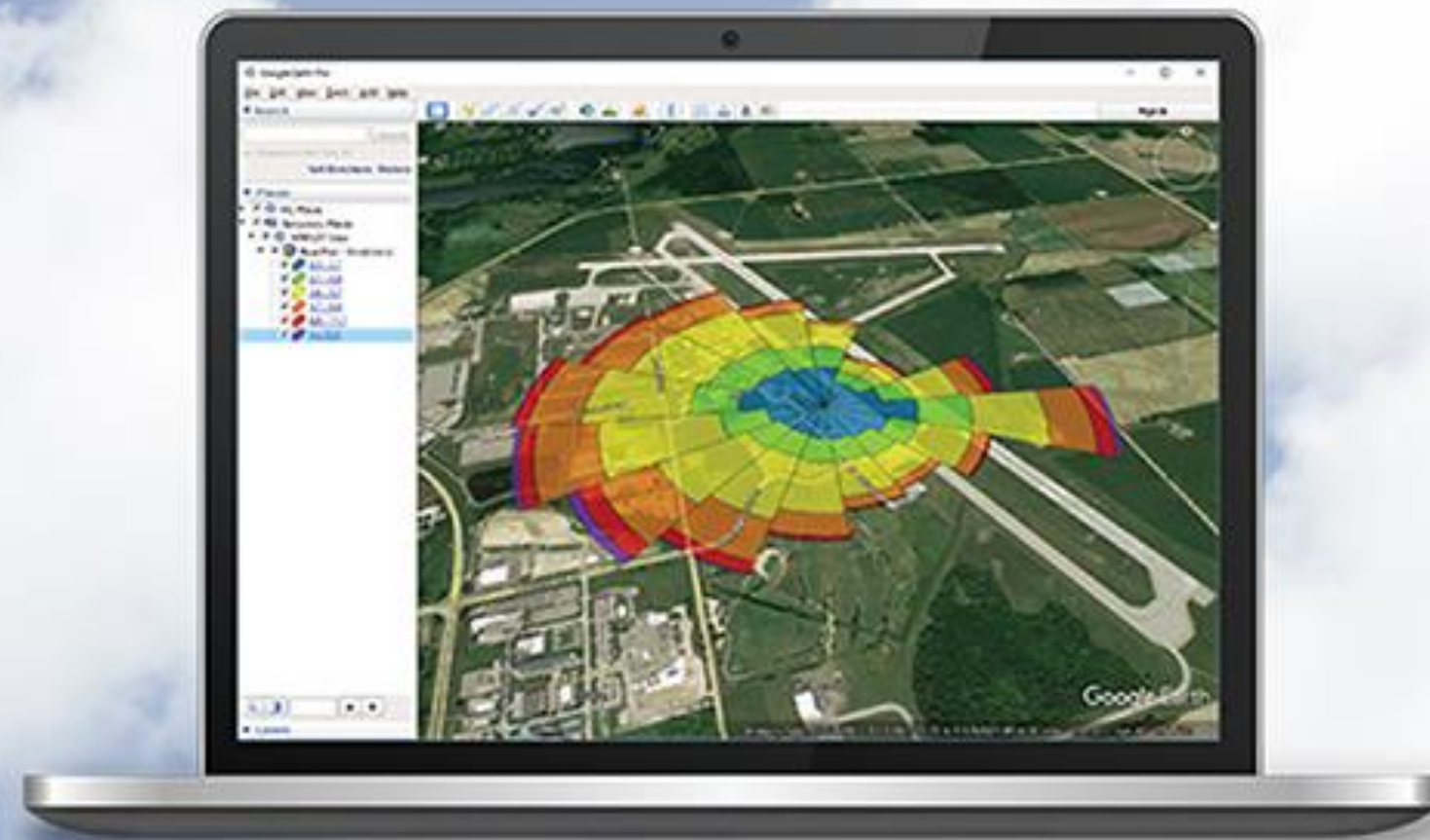
ماژول های کلیدی نرم افزار AERMOD

AERMOD از چندین ماژول کلیدی تشکیل شده‌است که با هم کار می‌کنند تا پراکندگی آلاینده‌ها را در جو شبیه‌سازی کنند. این ماژول‌ها جنبه‌های مختلفی از فرآیند مدل‌سازی را مدیریت می‌کنند که در ذیل به آن پرداخته‌ایم.

۱. AERMET (پیش پردازشگر هواشناسی): هدف آن پردازش داده‌های هواشناسی برای ارائه ورودی‌های لازم در AERMOD است و داده‌های هواشناسی سطح و هوای فوقانی را برای تولید پروفیل‌های پارامترهای جوی مانند سرعت و جهت باد، دما و تلاطم پردازش می‌کند. AERMET این داده‌ها را در قالبی مناسب برای استفاده توسط AERMOD آماده می‌کند.

۲. **AERMAP (پیش پردازشگر زمین):** پردازش داده‌های زمین به منظور ارائه اطلاعات ارتفاعی برای گیرنده‌ها و منابع را انجام می‌دهد و از داده‌های ارتفاعی دیجیتال در خصوص تعیین ارتفاع ویژگی‌های زمین نسبت به شبکه مدل استفاده می‌کند. این پیش پردازشگر، تأثیر ویژگی‌های زمین بر پراکندگی آلاینده‌ها را محاسبه می‌کند که برای مدل‌سازی دقیق در مناطقی با تغییرات توپوگرافی قابل توجه بسیار مهم است.

۳. AERMOD (مدل پراکندگی): مدل مرکزی که پراکندگی آلاینده‌های هوا را شبیه‌سازی می‌کند. از داده‌های هواشناسی از



۷. **فرضیات لایه مرزی:** AERMOD بر فرضیات خاصی در مورد لایه مرزی جو متکی است. در شرایط خاص، مانند آب و هوای بسیار متغیر یا شدید، این مفروضات ممکن است درست نباشند و منجر به عدم دقت بالقوه شود.

در حالی که AERMOD یک ابزار قوی برای بسیاری از برنامه‌ها است، درک محدودیت‌های آن برای تفسیر نتایج و تصمیم‌گیری آگاهانه بر اساس خروجی‌های آن بسیار مهم است.

نتیجه‌گیری:

AERMOD یک سیستم مدل‌سازی پراکندگی اتمسفری پیشرفته است که به طور گسترده برای برآورد پراکندگی آلاینده‌های هوا از منابع صنعتی استفاده می‌شود. این نرم‌افزار توسط انجمن هواشناسی آمریکا (AMS) و آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA) توسعه یافته و دارای ویژگی‌های متعددی است که آن را به ابزاری قدرتمند برای ارزیابی کیفیت هوا تبدیل می‌کند. قابلیت آن در در نظر گرفتن ساختار عمودی غیرهمگن لایه مرزی و استفاده از پروفیل‌های عمودی متغیرهای هواشناسی، دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش می‌دهد. این موضوع به ویژه در شرایط پایداری جوی مختلف اهمیت دارد. برای مثال در شرایط پایدار، مخلوط شدن جریان عمودی هوا محدود شده و ممکن است منجر به افزایش غلظت آلاینده‌ها در سطح زمین شود. در مقابل، در شرایط ناپایدار، ایرمود می‌تواند الگوهای پراکندگی غیرگوسی را توصیف کند و به پتانسیل بالای غلظت آلاینده‌ها در نزدیکی منابع مانند دودکش‌ها در شرایط همرفت اشاره کند. یکی از نقاط قوت کلیدی این مدل، برخورد جامع آن با فرآیندهای لایه مرزی است. با ادغام

داده‌های دقیق هواشناسی، این نرم‌افزار می‌تواند پراکندگی آلاینده‌ها را در محیط‌های شهری و روستایی شبیه‌سازی کند. این موضوع برای اهداف نظارتی، ارزیابی‌های تأثیرات زیست‌محیطی و مطالعات بهداشت عمومی حیاتی است. توانایی مدل در برخورد با زمین‌های پیچیده و استفاده‌های مختلف از زمین، کاربرد آن را در سناریوهای مختلف افزایش می‌دهد و آن را به ابزاری چندمنظوره برای دانشمندان محیط زیست و سیاست‌گذاران تبدیل می‌کند. با این حال، AERMOD محدودیت‌هایی نیز دارد. ممکن است همیشه نتواند غلظت آلاینده‌ها را در محیط‌های بسیار پیچیده به دقت پیش‌بینی کند، مانند مناطقی که دارای تغییرات قابل توجه توپوگرافی یا مناطق شهری با موانع متعدد هستند. علاوه بر این، دقت پیش‌بینی‌های AERMOD به شدت به کیفیت و وضوح داده‌های ورودی هواشناسی بستگی دارد. با وجود این محدودیت‌ها، AERMOD به دلیل بنیاد علمی قوی و پذیرش نظارتی، همچنان گزینه ترجیحی بسیاری از کاربرها است. توسعه و به‌روزرسانی‌های مداوم آن تضمین می‌کند که آخرین پیشرفت‌های علم اتمسفری را در بر می‌گیرد و همچنان در حوزه مدل‌سازی کیفیت هوا مرتبط باقی می‌ماند.

