



## نقش فناوریهای نوین در مدیریت آلودگی هوا در راستای دستیابی به توسعه پایدار

سید عباس جزایری<sup>۱</sup>، محمدجواد براتی<sup>۲</sup>، فاطمه فلاحتی<sup>۳</sup>

۱- رئیس پژوهشکده و مرکز جامع علمی کاربردی سوانح طبیعی

۲- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی

۳- کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تربیت معلم

Falahati\_fp@yahoo.com

### چکیده

ناپایداری توسعه شهری و صنعتی کشور در سنوات گذشته یکی از میراثهای ناخوشایندی است که در ابعاد و گستره وسیعی، محیط اقتصادی، اجتماعی و از جمله محیط زیست شهری کشور بویژه شهرهای بزرگ را متأثر نموده که ابعاد این آثار در زمینه محیط زیست شهری به حدی است که حتی برنامه های کلان کشور نیز بطور محسوسی از این نابهنجاریها متأثر شده و سعی شده ضمن برنامه ریزی برای پایداری توسعه های آتی، نسبت به رفع غبار آلودگی بویژه آلودگی هوا از چهره کلان شهرهای کشور بعنوان یک اصل بنیادی پرداخته شود.

به منظور بررسی اثر کارخانه های صنعتی بر کیفیت هوا و در نتیجه سلامتی افراد ساکن در محیطهای شهری و روستایی اطراف آنها لازم است که چگونگی انتشار آلودگیهای ناشی از گاز و ذرات معلق از این صنایع بررسی شود. ابزار لازم جهت چنین مطالعه ای شامل اندازه گیری های متعدد و همچنین استفاده از ابزاری تحلیلی، برای تعمیم این اندازه گیری ها به کل منطقه می باشد. لذا مدل سازی ریاضی برای پیش بینی نحوه انتشار آلاینده ها لازم و ضروری است. هدف از این پژوهش مدل سازی انتشار گاز از یک یا چند دودکش کارخانجات با توجه به اطلاعات اندازه گیری شده با استفاده از مدل ADMS می باشد. در مدلهای پراکنندگی، از معادلات ریاضی توصیف کننده اتمسفر، پراکنندگی و فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی موجود در دود برای محاسبه غلظت در نقاط مختلف استفاده می گردد.

کلمات کلیدی: مدل پراکنش، شبیه سازی دینامیک، مدلهای آزمایشی

### ۱. مقدمه

اثرات مضر آلودگی هوا بر سلامت انسان، حیوان و گیاهان و همچنین تخریب مواد و آثار فرهنگی موضوع بررسی و مطالعات زیادی بوده است. طی چند دهه اخیر مساله بارانهای اسیدی، لایه اوزون و گرمایش زمین و پیامدهای آن بر اکوسیستم و در نهایت انسان نیز مورد مطالعه و بحث دانشمندان بوده است. از آنجا که عوامل زیادی در ارتباط بین آلودگی هوا و سلامت انسان موثرند، اثبات اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان مشکل خواهد بود. با این حال اطلاعات زیادی وجود دارد که می توان به آنها استناد کرد.

متأسفانه فقط در تعداد اندکی از مطالعات انجام شده، اندازه گیری غلظت ذرات و گازها بطور همزمان انجام شده است. مدلهای مربوط به شبیه سازی غلظت ذرات، از تلفیق ماژولهای دینامیک آئروسولها با مدلهای پراکنش بدست می آیند. با اینکه بسیاری از مدلها مدعی مدلسازی پراکنش ذرات هستند، ولی بدلیل عدم تلقی مناسب از دینامیک ذره، نتایج آنها محدود به محاسبه جرم ذره (معمولاً PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub>) بوده و قادر به محاسبه غلظت تعداد ذرات نمی باشند.

<sup>۱</sup> رئیس پژوهشکده و مرکز جامع علمی کاربردی سوانح طبیعی

<sup>۲</sup> مدرس پژوهشکده سوانح طبیعی

<sup>۳</sup> مدرس پژوهشکده سوانح طبیعی



در این رابطه تحقیقات بسیاری در جهان و در ایران صورت پذیرفته است از جمله ترنر (1961)، رو شهای رگرسون را برای ارزیابی کیفیت هوا و پیش بینی غلظت آلاینده ها بکار برد. در این روش عوامل کیفیت هوا از جمله غلظت دی اکسید گوگرد و شاخص تیرگی هوا به عنوان پیش بینی شوند ه ها و پارامترهای هواشناسی از جمله درجه - روز، میانگین 24 ساعته سرعت باد را به عنوان پیش بینی کننده در نظر گرفت. حسن نژاد و همکارانش (1380)، به بررسی پدیده های جوی و تاثیر آن بر پراکنش و تجمع ذرات آلاینده در آلودگی هوای شهر تهران پرداختند و با استفاده از شرایط هواشناسی، منابع نشر آلاینده ها، سیستم توپوگرافی، توزیع یکنواختی از غلظت آلاینده ها در واحد زمان به دست آوردند.

علیچانی و صفوی (1381)، به بررسی عوامل جغرافیایی در آلودگی هوای تهران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که شرایط توپوگرافی شهر تهران به گونه ای است که شمال و شرق آن به صورت دیوار بلند مانع خروج آلاینده ها میشود. از طرف دیگر وجود وارونگیهای دمایی فراوان به ویژه در دوره سرد سال و استقرار سیستمهای پرفشار در زمستان همگی دلالت بر استعداد بالای پایداری شهر دارد. میرزایی (1382)، نحوه پراکنندگی آلاینده های هوا ناشی از نیروگاههای زمین را مورد بررسی قرار داد. رزاقی (1386)، به بررسی تحلیل مکانی و زمانی مونواکسید کربن شهر تهران تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی پرداخت و نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که دما مهمترین پارامتر در مقیاس فصلی و باد در مقیاس ساعتی میباشد.

## ۲. شاخص آلودگی هوا

یکی از استانداردهای کیفیت هوا است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا، EPA توسعه یافته که گزارش روزانه آلودگی هوا را براساس سطوح پاک، سالم، ناسالم، خیلی ناسالم و خطرناک بیان می کند (جداول ۱ و ۲) و بطور متداول نیز مورد استفاده قرار میگیرد. PSI هر پارامتر بسته به نوع و بازه زمانی پارامتر آلاینده از رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$I_p = \frac{I_{HI} - I_{LI}}{BP_{HI} - BP_{LI}} (C_p - BP_{LI}) + I_{LI}$$

$BP_{HI}$ : حد بالای غلظت آلاینده       $I_{HI}$ : PSI: متناظر  $BP_{HI}$

$I_{LI}$ : PSI: متناظر  $BP_{LI}$        $BP_{LI}$ : حد پایین غلظت آلاینده



جدول 1- شاخص آلودگی هوا

concentration					SI
PM-10(micro gr/m3)	SO2(ppb)	NO2(ppb)	O3(ppb)	CO(ppm)	
24 HOURS	24 HOURS	1 HOUR	1 HOUR	8 HOURS	
0	0	0	0	0	0
75	30	150	60	4.5	50
150	140	300	120	9	100
375	300	600	200	15	200
625	600	1200	400	30	300
875	800	1600	500	40	400
1000	1000	2000	600	50	500

جدول 2- آلودگی هوا بر اساس وضعیت نوع آلاینده

وضعیت	PSI
پاک	0-50
سالم	50-100
ناسالم	100-200
بسیار ناسالم	200-300
خطرناک	>300

### ۳. روش کار

مدل پراکنش شامل یک برنامه کامپیوتری است که با پیاده سازی معادلات ریاضی ذکر شده، چگونگی پخش و غلظت آلاینده های مختلف را در جو تعیین می کند. در بین مدل های معرفی شده مدل ADMS به دلیل داشتن تمامی ویژگی های فوق جهت مدلسازی آلودگی منتشر شده از کارخانجات پیشنهاد می گردند.

ADMS یک مدل توسعه یافته جهت شبیه سازی پراکنش ذرات و گازهای شناور می باشد (Carruthers و همکاران، ۱۹۹۴). این مدل ساختار لایه مرزی را به کمک روش سنجش تشابه، همانند روش Berkowicz و همکاران (۱۹۸۶) پیش بینی می نماید.

ورودی مدل های پراکنش ذرات شامل موارد زیر است:

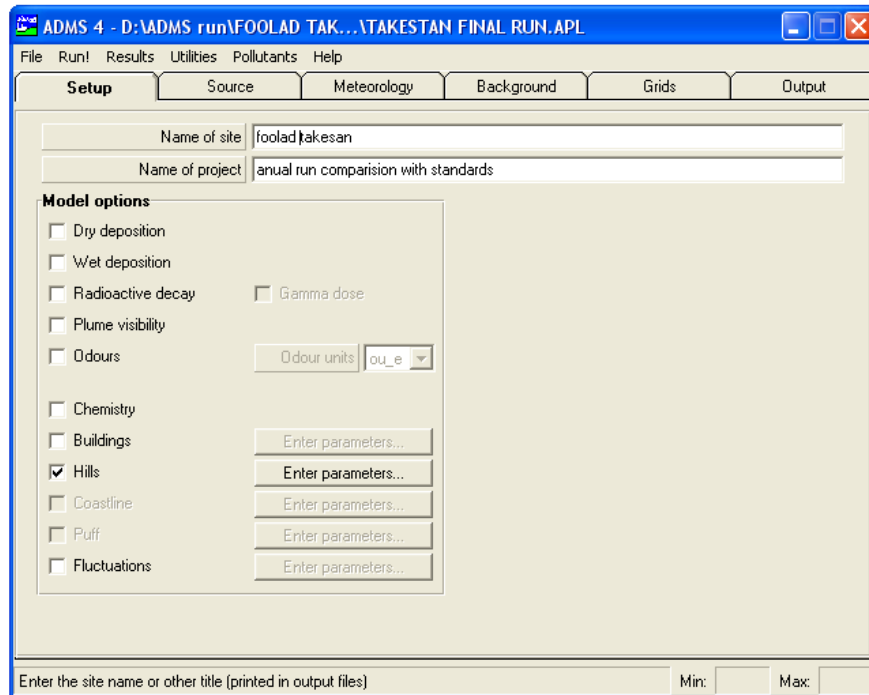
- اطلاعات هواشناسی شامل سرعت و جهت باد، میزان تلاطم در جو (کلاسه های پایداری)، دمای هوا و ارتفاع لایه های اختلاط و غیره
- پارامترهای گسلیلی از منبع انتشار شامل: موقعیت مکانی، ارتفاع، قطر دودکشها و سرعت خروج گاز از دودکش، دمای خروجی گاز و شار مواد.
- پستی و بلندی های اطراف منبع انتشار
- موقعیت و ارتفاع و طول موانع و ساختمان های در مسیر دود



## اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست

برای در نظر گرفتن عوارض زمینی در نحوه انتشار آلودگی از فایلی استفاده میگردد که برای هر نقطه، مختصات X، مختصات Y و ارتفاع Z بر حسب مختصات جغرافیایی UTM در نظر گرفته می شود.

ورودی های هواشناسی مورد استفاده در مدل نیز شامل میانگین های ساعتی اطلاعات هواشناسی مانند شماره روز سال، شماره ساعت روز، سرعت باد بر حسب m/s، جهت باد نسبت به جهت شمال بر حسب درجه، دما بر حسب درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی و پوشش ابر بر حسب عدد اکتاس هستند. نوع اطلاعاتی که نیاز است در خروجی محاسبه شوند در صفحه Outputs نرم افزار مشخص می شوند.



شکل ۱: صفحه اول مدل

### ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی و تهیه پلی گونهای (Voronoi)Thiessen

سیستم اطلاعات جغرافیایی در واقع علم و فن اطلاعات مکان مرجع است که مدیران، تصمیم گیران و متخصصان را قادر به ذخیره سازی، پردازش، بهنگام سازی و بازیافت اطلاعات مختلف در فرمت های متنوع متنی، گرافیکی و رقمی در مقیاسهای متناسب می نماید. امروزه سیستم اطلاعات جغرافیایی به علت قابلیت تقریباً منحصر به فرد اتصال اطلاعات مکانی به اطلاعات توصیفی پراحتی جای خود را در بین سایر علوم کاربردی باز کرده است و توانسته در کنار سایر برنامه های تخصصی ایجاد پایگاه اطلاعاتی به عنوان یک وسیله توانمند و تکنولوژی کارآمد در فرآیند تشکیل بانک اطلاعاتی بشمار آید.

در حقیقت GIS نوعی فناوری است که با استفاده از آن امکان مدیریت و سازماندهی داده های مکانی و توصیفی روی زمین با هدف تصمیم گیری بهینه میسر می گردد



## اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست

به عبارت دیگر GIS یک سیستم کامپیوتری است که چهار قابلیت اساسی را در رابطه با داده های زمین مرجع فراهم می آورد

الف: ورودی داده ها

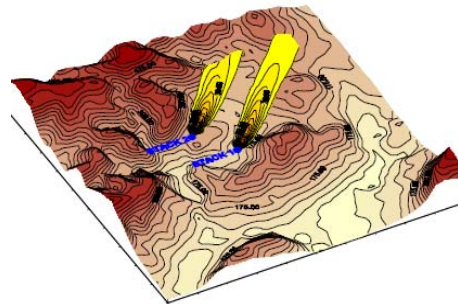
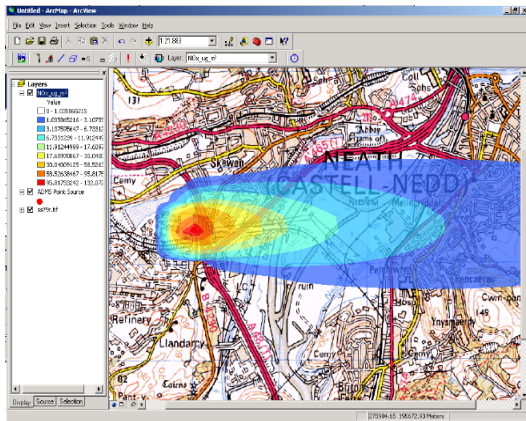
ب: مدیریت داده ها که عبارتست از ذخیره و بازیابی داده ها

ج: پردازش، تجزیه و تحلیل داده ها

د: خروجی داده ها

Thiessen (Voronoi) پلی گونهای برای پیش بینی مقادیر در نقاط اطراف یک نقطه مشاهده، مورد استفاده قرار میگیرند. این مدل در واقع روشی است برای توسعه دادن به اطلاعات نقاط، با فرض اینکه بهترین اطلاعات برای مکانهایی که در آن ها مشاهداتی وجود ندارد، مقدار نزدیک ترین نقطه دارای مشاهده به آن نقطه است. در اطراف یکسری از نقاط پلیگونهای Thiessen بدین طریق ساخته می شوند که هر نقطه در داخل یک پلیگون به نقطه مرکزی آن پلیگون نزدیکتر است تا به نقطه دیگری. در این روش تقسیم بندی که کاملا وابسته به موقعیت نقاط مشاهده میباشد ربطی به چگونگی توزیع طبیعی پدیده مورد مطالعه ندارد. مقدار نسبت داده شده به یک پلی گون معمولا در تجزیه و تحلیل Thiessen فقط با استفاده از یک نمونه (محل مشاهده) تخمین زده میشود.

پلی گونهای Thiessen معمولا در تجزیه و تحلیل داده های هواشناسی و آلودگی هوا استفاده می شوند یعنی زمانی که فقدان مشاهدات در یک مکان موجود باشد .



شکل (۴-۳): نتایج و تصاویر دوبعدی و سه بعدی در ADMS3

## ۴. نتیجه گیری

معیارهای انتخاب مدل مناسب جهت شبیه سازی شامل توانایی مدل در نحوه پخش ذرات از چند منبع نقطه ای با در نظر گرفتن ارتفاع، موقعیت جغرافیایی، مشخصات منابع انتشار دهنده از قبیل شکل، قطر و ارتفاع، سرعت خروج، دمای خروج و غیره و همچنین اطلاعات هواشناسی مانند جهت و سرعت باد، ضرایب پخش، کلاسه های پایداری و سایر پارامترهای جوی در مدل می باشد.



مدل ADMS از یک روش گوسی با توزیع گوسی نرمال در شرایط پایدار و خنثی استفاده می‌نماید، ضمن اینکه پراکنش عمودی توسط دو توزیع گوسی متفاوت تقریب زده می‌شود. نوع نگرش به انعکاس دود از سطح زمین شبیه به سایر مدل‌های گوسی می‌باشد. ADMS صعود دود را بر اساس اختلافات دمایی بین اتمسفر و دود انتشار یافته و جریان مومتم افقی و عمودی و همچنین امکان کشش دود و رهایی از میان شرایط وارونگی در بالای لایه مرزی، محاسبه می‌نماید.

ته‌نشست خشک ذرات بصورت تابعی از ته‌نشینی ثقلی و سرعت ته‌نشینی با توجه به آئروپنایمیک، لایه تحتانی و مقاومتهای سطحی شبیه‌سازی می‌گردد. ته‌نشست تر با استفاده از یک ضریب فروشویی بدست آمده از نرخ بارش، تقریب زده می‌شود.

سایر ویژگیهای این مدل عبارتند از:

-انجام محاسبات مربوط به واکنشهای شیمیایی NOx و O3.

-رابطه گرافیکی با کاربری آسان

-قابلیت اتصال به GIS

-قابلیت ارزیابی ریسک

-قابلیت نمایش خروجی بصورت ۲ و ۳ بعدی بر روی نقشه

-اثر انتشار هر نوع آلودگی از هر تعداد منابع نقطه ای، سطحی و حجمی

این مدل قادر است نحوه انتشار آلاینده ها را با لحاظ نمودن تاثیرات ناشی از وجود موانع و ساختمانهای موجود بر منابع پایین دست پیش بینی نماید، خطاهای کاربر در هنگام ورود اطلاعات را تشخیص دهد و به کاربر اعلام نماید، دارای قابلیت های گرافیکی جهت نمایش خروجی ها بوده و به نرم افزار های GIS مرتبط شود.

## ۵. مراجع

1. Barna, M.G., Gimson, N.R., 2002. Dispersion modelling of a wintertime particulate pollution episode in Christchurch, New Zealand. Atmospheric Environment 36 (21), 3531–3544.
2. Berkowicz, R., Olesen, J.R., et al., 1986. The Danish Gaussian air pollution model (OLM): Description, test and sensitivity analysis, in view of regulatory applications. In: De Wispelaire, V.C., Schiermeier, F.A., Gillani, N.V. (Eds.), Air Pollution
3. Carruthers, D.J., Holroy, D.R.J., et al., 1994. UK-Adms—a new approach to modeling dispersion in the earths atmospheric boundary-layer. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 52 (1-3), 139–153
4. Elbir, T., 2003. Comparison of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in Izmir, Turkey. Atmospheric Environment 37 (15), 2149–2157.
5. Kaasik, M., Kimmel, V., 2003. Validation of the improved AEROPOL model against the Copenhagen data set. International Journal of Environment and Pollution 20 (1-6), 114–120
6. Kumar A., Bellam K., Sud A., 1999. Performance of an Industrial Source Complex Model : Predicting long-term concentrations in an urban area, Environmental Progress, Vol. 18, No. 2.
7. Modeling and Its Application. Plenum, New York, pp. 453–481.
8. Schulman, L.L., Strimaitis, D.G., et al., 2000. Development and evaluation of the PRIME plume rise and building downwash model. Journal of Air and Waste Management Association 50, 378–390.
9. Sharan, M., Yadav, A.K., et al., 1996. Plume dispersion simulation in low-wind conditions using coupled plume segment and Gaussian puff approaches. Journal of Applied Meteorology 35 (10), 1625–1631.
10. Snyder, W.H., Thompson, R.S., et al., 1985. The structure of the strongly stratified flow over hills: dividing streamline concept. Journal of Fluid Mechanics 152, 249–288.
11. Thomson, D.J., Manning, A.J., 2001. Along-wind dispersion in light wind conditions. Boundary-Layer Meteorology 98 (2), 341–358.
12. US EPA, 1998. A Comparison of Calpuff Modeling Results to Two Tracer Field Experiments, <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/calpuff/tracer.pdf>.



اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار  
در بخشهای کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست

۱۳. Villasenor, R., Lopez-Villegas, M.T., et al., 2003a. A mesoscale modeling study of wind blown dust on the Mexico City Basin. *Atmospheric Environment* 37 (18), 2451–2462.
۱۴. Venkatram, A., 2003. Validation of Concentrations estimated from air dispersion modeling for source-receptor distances of less than 100 meters. Sacramento, California, California Air Resources Board, Research Division.