

مدلسازی آلودگی هوا با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس: مطالعه موردی توده های گرد و غبار استان

خوزستان

کاظم رنگزن

دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

علیرضا زراسوندی

استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

علی عبدالخانی

کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، شرکت برق منطقه ای استان خوزستان

برات مجردی

استادیار گروه نقشه برداری، دانشگاه شهید رجایی

Aliabdolkhani@hotmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۹

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۷

چکیده

با افزایش وقوع طوفانهای گردوغبار در چند سال اخیر در جنوب غرب ایران و بویژه در استان خوزستان و به تبع آن کاهش کیفیت هوا در این مناطق، مطالعه این پدیده از اهمیت بالایی برخوردار است. بدین منظور و با جمع آوری داده های AOD سنجنده مودیس و PM₁₀ پنج ایستگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان در ۴ ماه اول سال ۱۳۸۸ رابطه همبستگی بین AOD و میانگین روزانه و ساعتی PM₁₀ مطالعه گردید. نتایج نشان داد که تغییرات زمانی AOD با تغییرات PM₁₀ رابطه مستقیم دارد. اما میانگین ساعتی نسبت به میانگین روزانه همبستگی مثبت بالاتری نشان می دهد. بعد از تصحیح AOD نسبت به رطوبت نسبی معلوم شد که در این منطقه و با استفاده از داده های مودیس با قدرت تفکیک ۱۰ کیلومتر در ۴ ماه اول سال رطوبت عامل مهم تاثیرگذار بر این رابطه نیست. بطور کلی در این تحقیق مشخص شد که AOD سنجنده مودیس می تواند ابزار مناسبی جهت پهنه بندی PM₁₀ توده های گردوغبار جنوب غرب ایران در مقیاس ناحیه ای باشد.

کلمات کلیدی: مودیس، PM₁₀، گردوغبار، کیفیت هوا، همبستگی

مقدمه

در چند سال اخیر کشور ایران و بویژه استان های جنوب غرب از جمله استان خوزستان شاهد افزایش قابل توجه وقوع پدیده گردوغبار می باشد. بطوریکه تعداد روزهای غبار آلود ناشی از ورود امواج گردوغبار فرامنطقه ای از دوازده روز در سال ۱۹۹۸ به ۱۳۶ روز در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته و منجر به کاهش محسوس کیفیت هوا شده است (پایگاه داده سازمان هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۸۸).

این پدیده با توجه به خصوصیات ذاتی ذرات آن، می تواند اثرات زیست محیطی و اقلیمی متعددی در سیستم های مختلف اتمسفر، اقیانوس ها و قاره ها را در پی داشته باشد (Baddock et al., 2009). از آثار مهم طوفانهای گردوغبار می توان تاثیر انتقال آئروسول های معدنی (ذرات گرد و غبار) بر مواد معدنی خاک در مبدا و مقصد انتقال آنها (McTainsh and Strong, 2007)، تغییر مقاومت اتمسفر در برابر تابش خورشیدی (Baddock et al., 2009) و تاثیر بر فعالیت فیتوپلانکتونهای اقیانوسها (Wolff et al., 2006) را نام برد.

ذرات گردوغبار علاوه بر تاثیرات مذکور می توانند تاثیر معنی داری بر سلامت عمومی بشر داشته باشند (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۰). تقریباً نیمی از این توده ها، ذرات با قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر هستند که مطالعات بیماری های مسری نشان می دهد ارتباط قوی بین مقدار این ذرات با بیماری های عمومی و مرگ و میر بیماران ریوی و قلبی وجود دارد (Wang et al., 2009).

برای درک بهتر تاثیرات این ریز ذرات لازم است غلظت و توزیع اندازه آنها بصورت منظم و در مقیاس جهانی مورد پایش قرار گیرد. این عمل بسیار مشکل است. چون ذرات میکرونی اتمسفر هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ مکانی تغییرات بالایی دارند. روش معمول و مستقیم کسب اطلاعات در مورد این ذرات، استفاده از ایستگاههای اندازه گیری زمینی می باشد. اما بعلاوه پیچیدگی فرایند اندازه گیری خصوصیات این ذرات عمده تاسیس و نگهداری این ایستگاهها هزینه بالایی را در بر دارد (Guo et al., 2009). لذا تعداد این ایستگاهها بویژه در مناطق غیر شهری که بخش اعظم هر کشور را تشکیل می دهند، کم است. علاوه بر این ذرات آئروسول ممکن است با صعود به طبقات بالای جو از دسترس پایش توسط ایستگاههای مذکور خارج شوند. موضوع دیگر در این زمینه نقطه ای بودن اندازه گیری های زمینی است، چون این داده های نقطه ای قابلیت لازم برای تهیه نقشه توزیع اندازه ذرات در مقیاس ناحیه ای یا جهانی را ندارند. اما در مقابل مشاهدات ماهواره ای قابلیت شگفت انگیزی در پهنه بندی خصوصیات ذرات معلق جوی دارند. مشاهدات ماهواره ای با توجه به تفکیک زمانی و مکانی قابل قبول می توانند این محدودیت ها را برطرف نموده و به عنوان مکمل ایستگاههای زمینی مورد استفاده قرار گیرد (Guo et al., 2009).

روشهای مختلف سنجش از دور ماهواره ای آئروسول ها در منابعی از جمله (King et al., 1999) و (Mishchenko et al., 2007) بطور گسترده ای شرح داده شده است. علاوه بر این سنجش از دور ماهواره ای به دلیل پوشش مناسب مکانی و زمانی به عنوان یک ابزار مناسب جهت پایش روزانه آئروسول ها پیشنهاد شده است (Kaufman et al., 2002).

به رطوبت نسبی و امکان سنجی استفاده از سنجش از دور در پایش کیفیت هوا در استان خوزستان انجام شده است.

مواد و روش ها

داده های زمینی

در این مطالعه داده های PM_{10} پنج ایستگاه سنجش آلودگی اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان در چهار ماه اول سال ۱۳۸۸ مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). در این ایستگاه ها علاوه بر PM_{10} پارامترهای دیگر هوا از جمله میزان SO_2 ، NO_2 ، NO ، CO ، O_3 در طول سال و با فواصل زمانی پنج دقیقه اندازه گیری می شود. اصولاً برای پهنه بندی کیفیت هوا و ارائه نقشه ایستگاه های مورد استفاده باید هم از لحاظ کاربری اراضی محل احداث و هم از لحاظ مکانی پراکنش مناسبی داشته باشند، اما در این مطالعه، دلیل محدودیت های موجود، ایستگاههای مورد استفاده همگی در مناطق شهری بوده و از لحاظ مکانی نیز پراکنش متمرکز دارند.

برای تامین داده های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق (رطوبت نسبی) از داده های ایستگاههای سینوپتیک سازمان هواشناسی استان استفاده گردید. رطوبت نسبی در این ایستگاهها طبق استاندارد سازمان در ساعتهای ۳، ۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ اندازه گیری و ثبت می شود.

داده های ماهواره ای

در این تحقیق از داده های سنجنده مودیس بدلیل قابلیت های مناسب از جمله دامنه وسیع طیفی، قدرت تفکیک مکانی بالا (شکل ۱) و پوشش روزانه استفاده گردید. محصول مورد استفاده در این تحقیق Deep Blue AOD سنجنده مودیس ماهواره اکوا می باشد. این محصول فقط برای پیکسل های بدون پوشش ابری و با تفکیک ۱۰ در ۱۰ کیلومتر (در واحدهای ۴۰ در ۴۰ پیکسل با قدرت تفکیک ۲۵۰ متر، ۲۰ در ۲۰ پیکسل با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر) و با استفاده از الگوریتم نسل دوم تهیه می شود. این الگوریتم نمونه بازبینی شده و تکامل یافته الگوریتم نسل اول است. میزان دقت این محصول $\Delta\tau = \pm 0.05 \pm 0.15\tau$ بر روی خشکی و $\Delta\tau = \pm 0.03 \pm 0.05\tau$ بر روی اقیانوس می باشد (Remer et al., 2006).

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان در جنوب غربی کشور بین طولهای جغرافیایی $47^{\circ} 40'$ تا $33^{\circ} 33'$ شرقی و عرضهای $29^{\circ} 57'$ تا $33^{\circ} 00'$ شمالی قرار دارد (شکل ۲). مساحت این استان ۶۴ میلیون هکتار بوده و مرکز آن شهر اهواز با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا می باشد. حداکثر و حداقل ارتفاع استان به ترتیب ۳۷۰۷ و صفر متر می باشد. متوسط بارندگی ۲۶۶ میلی متر و متوسط دما ۲۶ درجه سانتیگراد است. این استان در مجاورت کشور عراق بوده ولی امواج بادهای غربی که پدیده حاکم در منطقه هستند در مسیر خود به سمت خوزستان از کشورهای سوریه، شمال عربستان و کویت نیز می گذرند. علاوه بر این سطح وسیعی از استان خوزستان نیز تحت پوشش کانونهای بیابانی فعال می باشد (اداره تثبیت شن و بیابانزدایی استان خوزستان، ۱۳۸۸). که این امر نیز به نوبه خود موجب ایجاد طوفانهای گرد و غبار در مقیاس محلی می گردد. به همین دلیل و با توجه وقوع خشکسالی در سالهای اخیر این استان نسبت به سایر استانهای کشور متحمل وقوع بالاتر از پدیده گرد و غبار بوده و مشکلات فراوانی ناشی از کاهش کیفیت هوا بدلیل استقرار توده های گرد و غبار در استان مشاهده شده است. لذا در این تحقیق استان خوزستان به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب و طوفانهای گرد و غبار چهار ماه اول سال ۱۳۸۸ مورد بررسی قرار گرفت.

ضخامت اپتیکی اتمسفر (AOD) معیاری است که بیان کننده تضعیف رادیانس ورودی به اتمسفر بر اثر جذب و پراکنش توسط ذرات معلق در یک ستون عمودی است، را می توان با استفاده از داده های ماهواره ای محاسبه نمود. این معیار می تواند به عنوان یک برآورد غیر مستقیم از تراکم ذرات اتمسفری بکار برده شود. البته مقدار AOD ثبت شده توسط سنجنده های ماهواره ای تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله رطوبت نسبی جو، ساختار کانی شناسی ذرات، شرایط هیگروسکوپیک ذرات و غیره می باشد. مطالعات قبلی نشان می دهد که بین ضخامت نوری اتمسفر بدست آمده از داده های ماهواره ای و غلظت ذرات با قطر کوچکتر یا مساوی $2/5$ میکرومتر ($PM_{2/5}$) و ذرات با قطر کوچکتر یا مساوی ۱۰ میکرومتر (PM_{10}) همبستگی مثبت خوبی وجود دارد (Wang et al., 2009; Gupta et al., 2006).

مقادیر AOD را می توان با انتگرال گیری از ضریب تضعیف آئروسول از سطح زمین تا حد فوقانی اتمسفر بدست آورد در حالیکه مقادیر غلظت ذرات گرد و غبار در نزدیکی سطح زمین اندازه گیری می شود. لذا برای ایجاد ارتباط بین این دو پارامتر به تعدادی فاکتور تبدیل نیاز است. خوشبختانه مطالعات متعددی در نقاط مختلف جهان به منظور بررسی رابطه بین AOD و PM صورت گرفته است.

برخی از محققان رابطه بین مقادیر AOD ایستگاههای زمینی و PM را بررسی نموده اند. برای نمونه (Chu et al., 2003) رابطه همبستگی خطی مناسبی با ضریب رگرسیون ۰/۸۲ بین متوسط روزانه PM_{10} و AOD محاسبه شده در ایستگاههای آئرونت را در شمال ایتالیا گزارش کرده اند.

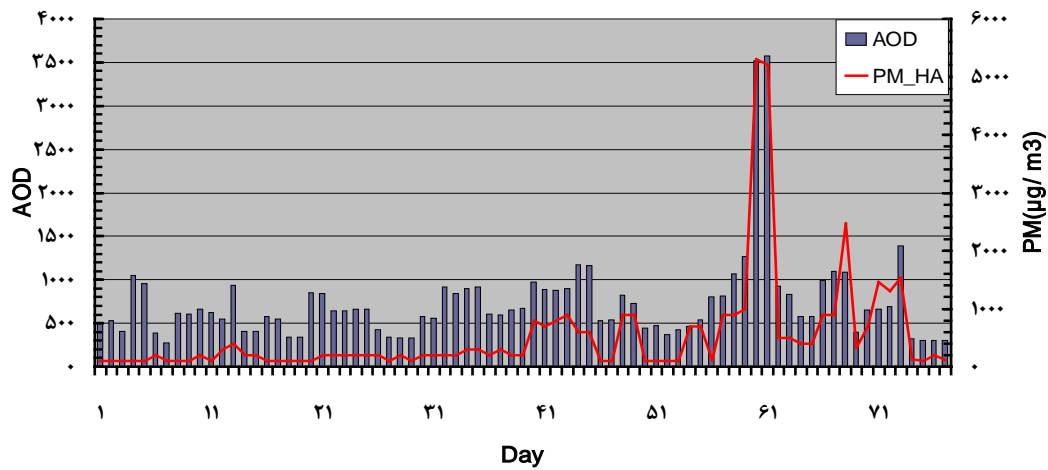
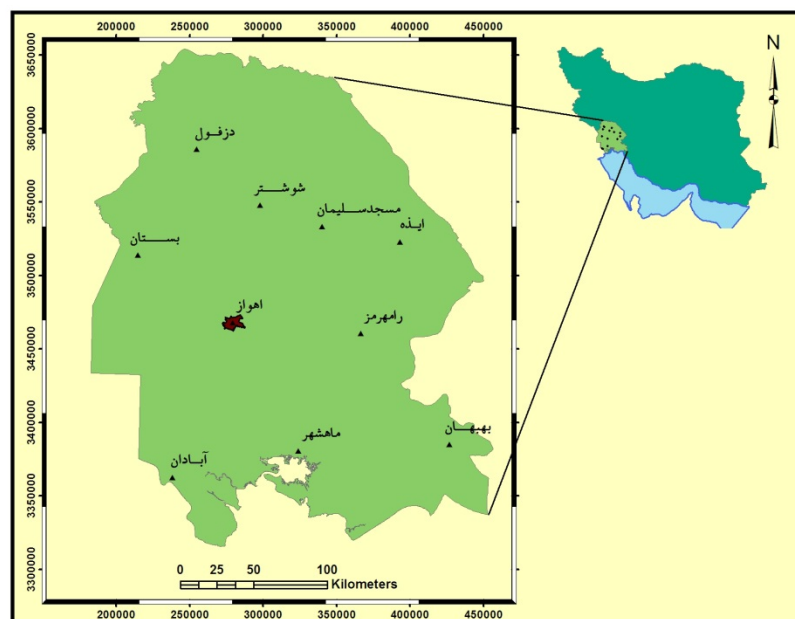
در مقابل برخی دیگر رابطه موجود بین PM با AOD ماهواره ای را مورد مطالعه قرار دادند. (Gupta et al., 2006) با جمع آوری محصولات AOD سنجنده مودیس و مقادیر PM اندازه گیری شده در ۲۶ ایستگاه در پنج شهر بزرگ در سال ۲۰۰۲ اقدام به بررسی رابطه بین میانگین ۲۴ ساعته $PM_{2/5}$ و AOD بر مبنای استاندارد کیفیت هوای آژانس حفاظت محیط ایالات متحده نموده و یک رابطه خطی قوی بین این دو پارامتر با ضریب همبستگی ۰/۹۶ را بدست آوردند. نتایج این بررسی نشان می دهد که عدم وجود پوشش ابری، ارتفاع پایین لایه مرزی، رطوبت نسبی پایین و مقادیر AOD بالاتر از ۰/۱ سبب افزایش ضریب همبستگی می گردد. آنها بالاترین ضریب همبستگی را در حالتی که آسمان فاقد پوشش ابری بوده، رطوبت نسبی زیر ۴۰٪ و ارتفاع لایه اختلاط اتمسفر بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر باشد، بدست آوردند.

(Guo et al., 2009) برای کاهش خطای تصادفی، رابطه بین میانگین ساعتی و روزانه PM ایستگاههای زمینی با AOD پیکسلی که ایستگاه در آن واقع بود، و نیز روابط بین این مقادیر PM با میانگین ۹ پیکسل (کادر 3×3) و میانگین ۲۵ پیکسل (کادر 5×5) اطراف پیکسل حاوی ایستگاه زمینی را در یازده ایستگاه شرق چین در سال ۲۰۰۷ بررسی نمودند. (Li et al., 2009) برای بررسی تاثیر مقیاس زمانی بر کارایی مدل و تعریف یک مقیاس زمانی مناسب جهت بررسی این همبستگی پنج مقیاس متفاوت را در تحلیلهای خود از طریق مقایسه دقت، انحراف و خطای مدل ارزیابی کردند. در نهایت نتایج نشان داد که مدل بدست آمده با استفاده از داده های ۳۰ روز منتهی به زمان مورد مطالعه بهترین کارایی را در ایالات جنوبی آمریکا دارد.

بعلت اختلاف موجود در ترکیب شیمیایی و اندازه ذرات در نقاط مختلف جهان ارائه رابطه همبستگی واحد با جزئیات کامل غیر ممکن بوده در نتیجه رابطه واحد برای استفاده در نقاط مختلف کره زمین وجود ندارد. (Guo et al., 2009). علاوه بر این در ایران نیز تا کنون مطالعه جامعی در زمینه همبستگی بین AOD مودیس و PM_{10} انجام نگرفته است. بنابراین این تحقیق با هدف استخراج رابطه بین AOD و PM_{10} ، بهبود این رابطه با تصحیح AOD نسبت

جدول ۱. مشخصات و مختصات ایستگاههای سنجش آلودگی هوا در منطقه مورد مطالعه

مختصات ایستگاه		نوع ایستگاه	شهر	نام ایستگاه
Y	X			
۶۷۱۶۰۳۴	۲۷۹۶۵۰	ENVIRO_TECH	اهواز	نادری
۳۴۶۶۵۲۰	۲۷۷۳۵۳	ENVIRO_TECH	اهواز	دانشکده بهداشت
۳۴۶۹۹۴۰	۲۸۵۴۰۶	ENVIRO_TECH	اهواز	هواشناسی
۳۴۶۶۱۸۰	۲۷۵۷۵۰	HOREBA	اهواز	اداره کل
۳۴۹۵۵۱۰	۲۳۲۰۳۷	ECOTECH	سوسنگرد	سوسنگرد


 شکل ۱. مقایسه تغییرات AOD و متوسط ساعته PM_{10} - پنج ایستگاه


شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

فرض اینکه افزایش اندازه ذرات آئروسول با افزایش رطوبت نسبی شدید نیست کمی سازی $f(RH)$ از طریق رابطه زیر را پیشنهاد کرد (Hanel, 1976).

$$f(RH) = (1 - RH)^{-\gamma} \quad \text{رابطه -۲:}$$

در این رابطه γ ضریب پراکنش هانل است. اما در این مطالعه از رابطه زیر که توسط (Wang et al., 2009) بکار گرفته شده بود، استفاده گردید.

$$f(RH) = (1 - RH / 100)^{-g} \quad \text{رابطه-۳:}$$

در این رابطه g یک ضریب تجربی است که برای محاسبه آن با توجه به مطالعات قبلی و با استفاده از نمونه های معلوم AOD و PM_{10} بیست مدل محاسبه و مقادیری که کمترین RMS و بیشترین R^2 را داشت انتخاب گردید. با در نظر گرفتن این حقیقت که تابع $f(RH)$ به زمان و مکان وابسته است و خصوصیات هیگروسکوپی آئروسول ها به این تابع وابستگی دارد رابطه ساده زیر که توسط Randriamiarisoa et al., 2006 استفاده گردیده در این مطالعه نیز مورد استفاده قرار گرفت.

$$AOD^{RH} = AOD / f(RH) \quad \text{رابطه-۴:}$$

این بدان معنی است که تابع $f(RH)$ افزایش کراس سکشن تضعیف آئروسول با رطوبت نسبی را توصیف می کند و با متوسط مساحت اجزا آئروسول متناسب است. در نهایت مقادیر AOD در پنج ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از رابطه ۴ تصحیح گردید.

بحث و نتیجه گیری

مقایسه تغییرات زمانی PM_{10} و AOD

سری زمانی میانگین یک ساعته و ۲۴ ساعته مقادیر PM_{10} و داده های متناظر AOD سال ۱۳۸۸ در (اشکال ۳ و ۴) آمده است. همانطور که در (شکل ۵) مشاهده می گردد تغییرات PM_{10} بطور کلی با تغییرات AOD سنجنده مودیس مطابقت دارد ولی در بعضی موارد ناهماهنگی هایی مشاهده می گردد که حتی منجر به انطباق حداکثر PM_{10} بر حداقل AOD شده است. این ناهماهنگی عمدتاً ناشی از استقرار توده گرد و غبار در بالای لایه مرزی می باشد. البته علاوه بر این، تفاوت بین مقیاس اندازه گیری این دو پارامتر (AOD با تفکیک ۱۰ کیلومتر اندازه گیری شده و PM_{10} که بصورت نقطه ای بیان می شود) نیز ممکن است، سبب بروز ناهماهنگی گردد.

همبستگی بین AOD مودیس و PM_{10}

مطالعات قبلی نشان داده است که ارتباط بین AOD و PM_{10} هم از لحاظ زمانی و هم از لحاظ مکانی تغییرات قابل توجهی دارد (Gupta et al., 2006; Wang et al., 2009). علاوه بر این بررسی اولیه داده های PM_{10} حاکی از وجود اختلاف قابل توجه بین متوسط روزانه و ساعتی PM_{10} بود (شکل ۶). لذا برای تایید این نتیجه، ضرایب همبستگی بین متوسط روزانه و ساعتی PM_{10} با AOD برای دو ایستگاه فرودگاه و دانشگاه علوم پزشکی اهواز بطور جداگانه محاسبه گردید. ضرایب R^2 در ایستگاه فرودگاه اهواز برابر ۰/۸۷۶ و ۰/۶۴۷ و در ایستگاه دانشگاه اهواز ۰/۸۴۲ و ۰/۵۴۷ بترتیب برای رابطه بین متوسط ساعتی و متوسط روزانه PM_{10} با AOD بود. که نشان دهنده تغییر این رابطه نسبت به مکان می باشد.

ارزیابی همبستگی بین متوسط ساعتی و روزانه PM_{10} با AOD در ایستگاههای مختلف و نیز در کل آمار موجود نشان دهنده همبستگی بیشتر متوسط ساعتی به متوسط روزانه می باشد (R^2 برای میانگین ساعتی برابر ۰/۸۱۴ و برای میانگین روزانه برابر ۰/۶۰۱ بود). که دلیل آن تغییرات روزانه PM_{10} می باشد.

AOD سنجنده مودیس و PM_{10} ایستگاههای سنجش آلودگی اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان در سطح استان و در مدت ۴ ماه اول سال ۱۳۸۸ برای تجزیه و تحلیل کمی رابطه بین این دو پارامتر جمع آوری گردید. برای ارتباط زمانی بین این مقادیر میانگین مشاهدات PM_{10} در فاصله زمانی نیم ساعت قبل و بعد از زمان گذر ماهواره به عنوان میانگین ساعتی (AOD_HA) و متوسط مشاهدات در ۲۴ ساعت به عنوان میانگین روزانه (AOD_DA) محاسبه گردید. علاوه بر این مقادیر رطوبت نسبی ایستگاههای سینوپتیک سازمان هواشناسی در نزدیک ترین زمان نسبت به زمان گذر ماهواره به عنوان رطوبت نسبی استفاده گردید. البته در مواردی که اختلاف زمان گذر ماهواره با زمان رطوبت سنجی که طبق استاندارد سازمان هواشناسی انجام می گیرد، زیاد باشد از میانگین دو برداشت قبل و بعد از زمان گذر استفاده می شود.

البته باید توجه داشت که مسیر گذر سنجنده مودیس با توجه به زاویه دید لحظه ای آن مساحت وسیعی از زمین را می پوشاند که ممکن است در برخی پیکسل های آن پوشش ابری وجود داشته باشد. علاوه بر این در محدوده مذکور امکان تغییر نوع آئروسول و شرایط هیگروسکوپی ذرات نیز وجود دارد. لذا قبل از استفاده از داده های ماهواره ای برای ارزیابی کیفیت هوا موارد فوق باید به خوبی بررسی شود. بدین منظور در این تحقیق داده های AOD سنجنده مودیس با داده های PM_{10} ایستگاه های زمینی در استان خوزستان مقایسه گردید. در ادامه میانگین گیری و تحلیل های رگرسیون گیری انجام شده ارائه می گردد.

میانگین گیری AOD مودیس

از آنجا که قدرت تفکیک مکانی محصولات MOD04 و MYD04 سنجنده مودیس ۱۰ در ۱۰ کیلومتر است در حالیکه اندازه گیری های زمینی PM_{10} در ایستگاهها بصورت نقطه ای انجام می گیرد بررسی رابطه بین این دو خالی از اشکال نخواهد بود. لذا برای کاهش خطای تصادفی در این تحقیق ارزش متناظر محل هر ایستگاه روی هر تصویر از طریق میان یابی به روش Bilinear و کاهش ابعاد پیکسل به ۵۰۰ متر بدست آمد.

تحلیل همبستگی بین AOD و PM_{10}

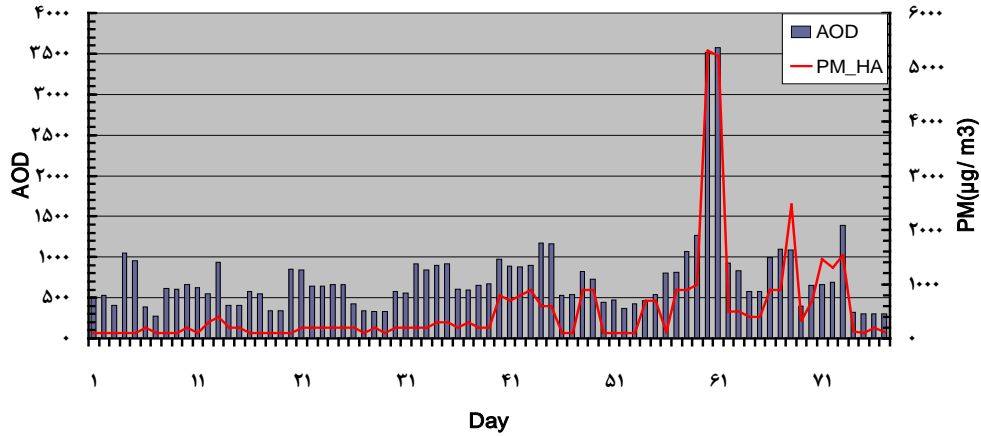
برای بررسی ارتباط بین PM_{10} و AOD سنجنده مودیس در پنج ایستگاه در استان خوزستان دو تحلیل همبستگی جداگانه انجام گرفت. در مورد اول رابطه بین AOD و PM_{10} و در مورد دوم رابطه AOD/F(RH) با PM_{10} مورد بررسی قرار گرفت. برای ارزیابی معنی داری ضرایب همبستگی بین AOD و PM_{10} از روش ANOVA و برای آزمون ضرایب از آزمون تی استفاده گردید.

تصحیح رطوبت نسبی

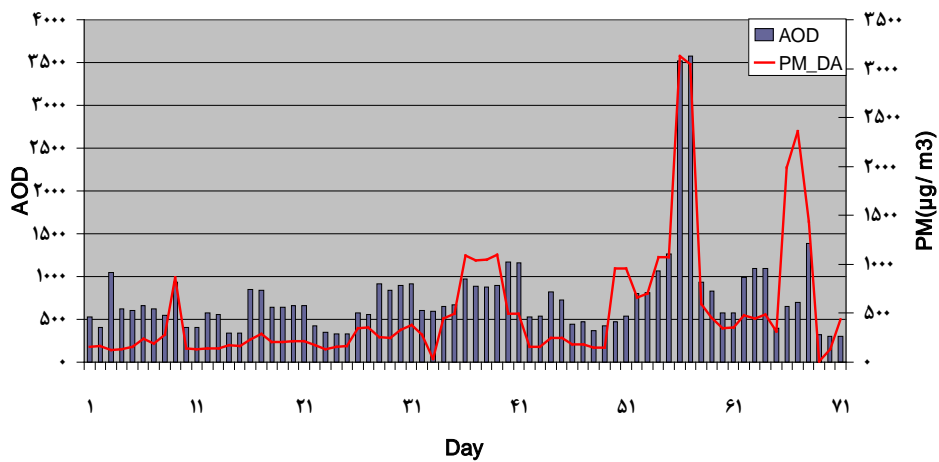
رطوبت نسبی هوا می تواند بطور معنی داری پراکنش نور توسط آئروسول ها و در نتیجه AOD اندازه گیری شده توسط سنجنده را تحت تاثیر خود قرار دهد (Horvath, 1966). افزایش پراکنش نور بصورت تابعی از افزایش رطوبت نسبی که تحت عنوان فاکتور رطوبت با $f(RH)$ نشان داده می شود توسط (Randriamiarisoa et al., 2006) در معادله زیر ارائه شده است:

$$f(RH) = \sigma_{scatt}(RH) / \sigma_{scatt, dry} \quad \text{رابطه - ۱:}$$

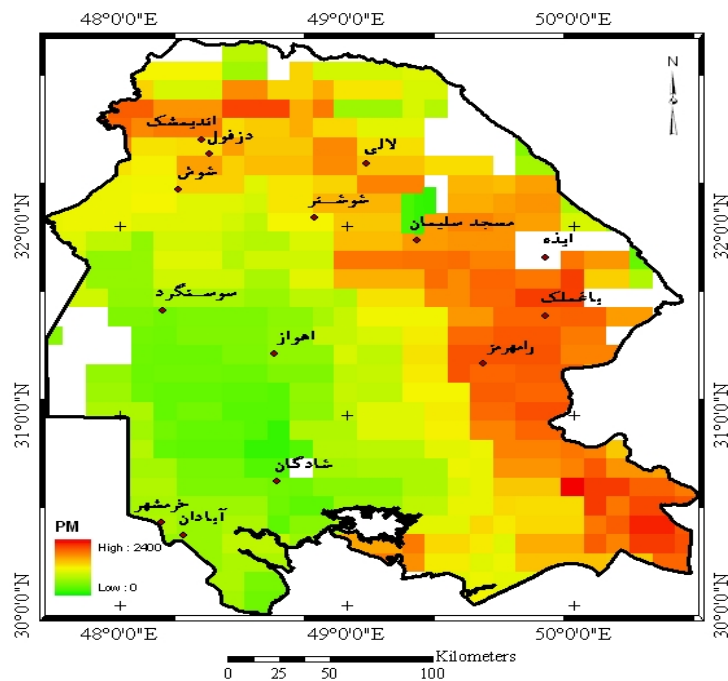
در این معادله $\sigma_{scatt, dry}(RH)$ کراس سکشن پراکنش در رطوبت نسبی کمتر از ۳۰ درصد است. برای ساده تر کردن این بحث، (Hanel, 1976) با



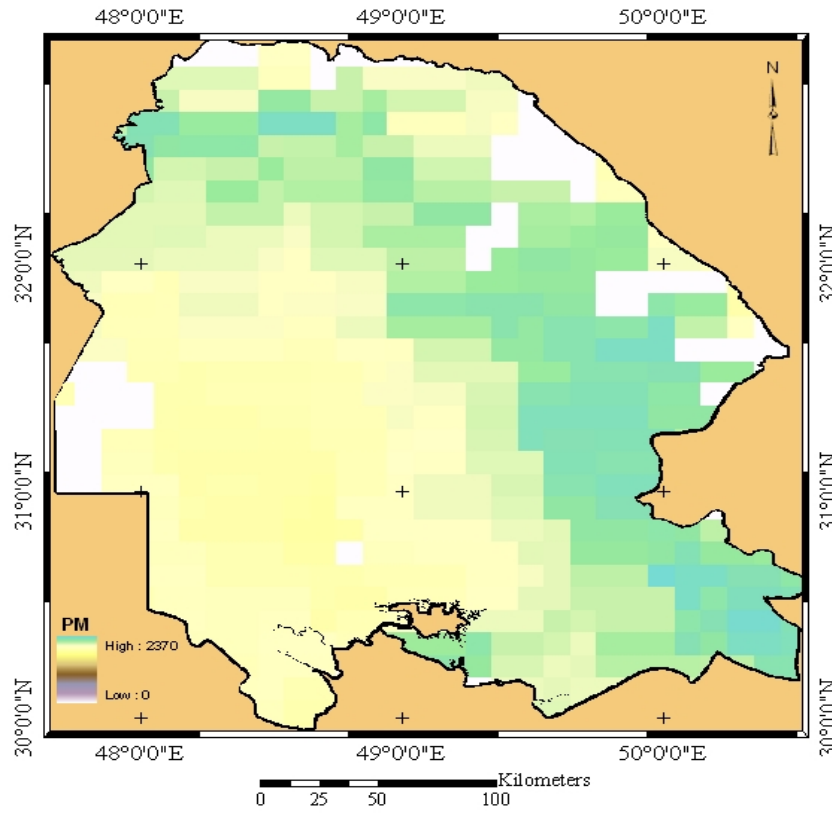
شکل ۳. مقایسه تغییرات AOD و متوسط ساعتی PM_{10} - پنج ایستگاه



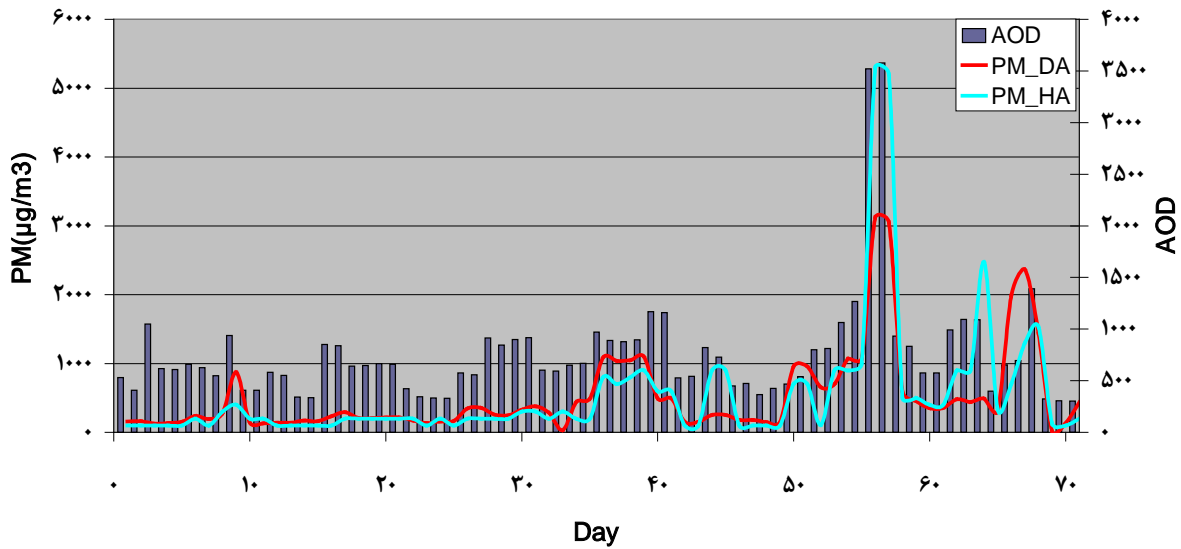
شکل ۴. مقایسه تغییرات AOD و متوسط روزانه PM_{10} - پنج ایستگاه



شکل ۵. نقشه PM_{10} (بالا) و تصویر Deep Blue AOD (پایین)، استان خوزستان در تاریخ ۱۶ تیرماه ۱۳۸۸



ادامه شکل ۵



شکل ۶ مقایسه اختلاف متوسط ساعتی و روزانه PM_{10} - پنج ایستگاه

همبستگی بین PM_{10} و AOD تصحیح شده نسبت به رطوبت نسبی

ضرایب همبستگی بین PM_{10} و AOD تصحیح شده نسبت به رطوبت نسبی برابر ۰/۷۹۹ و ۰/۸۵۵ بترتیب برای متوسط روزانه و ساعتی می باشد. اما همانطور که معلوم است تاثیر این تصحیح در بهبود ضریب رگرسیون چندان قابل توجه نیست و ضریب رگرسیون متوسط ساعتی PM_{10} با AOD فقط ۰/۰۷۱ افزایش یافت. این نشان دهنده این است که در این شرایط و با کاربرد AOD با تفکیک ۱۰ کیلومتر در مقابل اندازه گیری نقطه ای رطوبت نسبی، در جنوب غرب ایران در ۴ ماه اول سال این پارامتر عامل موثر عمده بر رابطه بین PM_{10} و AOD نبوده است. این نتیجه با نتایج بدست آمده توسط Guo et al., 2009 و Gupta et al., 2006 هماهنگی دارد. لازم به ذکر است که Gupta et al., 2006 بهترین رگرسیون را در رطوبت نسبی زیر ۴۰ درصد گزارش کرده اند و این در حالی است که در این تحقیق تقریباً ۹۷٪ داده های رطوبت زیر ۴۰ درصد بود. البته عوامل دیگری نیز از جمله ارتفاع مقیاس لایه و سرعت باد نیز بر این رابطه تاثیر گذار می باشد و علاوه بر آن بدلیل تاثیر ترکیب شیمیایی ذرات بر میزان تضعیف طیف توسط ذرات و میزان آب دوستی آنها، نوع آئروسول و خصوصیات شیمیایی آن نیز می تواند بر این رابطه اثرگذار باشد (Wang et al., 2009).

نتایج و پیشنهادات

در این مطالعه مشاهدات PM_{10} در پنج ایستگاه سنجش آلودگی اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان که اغلب در شهر اهواز واقع شده اند به همراه AOD سنجنده مودیس در سال ۱۳۸۸ جمع آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

مقادیر PM_{10} نشان می داد که علاوه بر تغییرات مکانی، تغییرات زمانی شدیدی نیز در مشاهدات این پارامتر وجود دارد. بطوریکه حداکثر PM_{10} در ایستگاه فرودگاه اهواز در روزهای مورد مطالعه ۵۳۰۰ میکروگرم بر متر مکعب و حداقل آن ۱۰۰ میکروگرم بر متر مکعب است. تغییرات مکانی این پدیده ناشی از تغییرات هوایی و اضافه شدن گرد و غبار ناشی از منابع محلی آئروسول می باشد.

منابع

- 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, vol:113, p:1511-1528
- Chu.D.A., Kaufman.Y.J., Zibordi.G., Chern.J.D., Mao.J.T., Li.C.C., Holben.B.N., 2003, Global monitoring of air pollution over land from the Earth Observing System-Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Journal of Geophysical Research, vol:108.
- Guo.J.P., Zhang.X.Y., Che.H.Z., Gong.S.L., An.X., Cao.C.X., Guang.J., Zhang.H., Wang.Y.Q., Zhang.X.C., Xue.M., Li.X.W., 2009, Correlation between PM concentrations and aerosol optical depth in eastern China, Atmospheric Environment, doi:10.1016/j.atmosenv.2009.08.026, (in press).
- Gupta.P., Christopher.S.A., Wang.J., Gehrig.R., Lee.Y., Kumar.N., 2006, Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities, Atmospheric Environment, vol:40, p:5880-5892
- Hanel, G., 1976. The properties of atmospheric aerosol particles as functions of the relative humidity at thermodynamic equilibrium with the surrounding moist air. Advances in Geophysics 19, 73-188.
- Horvath.H., 1996, Spectral extinction coefficients of rural aerosol in southern Italy- a case study of cause and effect of variability of atmospheric aerosol, Journal of Aerosol Science, vol:27, No:3, p:437-453.
- Kaufman.Y.J., Tanre.D., Boucher.O., 2002, A satellite view of aerosols in the climate system, Nature, vol:419, p:215-223.
- King.M.D., Kaufman.Y.J., Tanre.D., Nakajima.T., 1999, Remote sensing of tropo-spheric aerosols from space: past, present and future, Bulletin of the American Meteorological Society, vol:80, No:11, p:2229-2259.
- Li.H., Farugue.F., Williams.W., Al-Hamdan.M., Luvall.J., Crosson.W., Rickman.D., Limaye.A., 2009, Optimal temporal scale for the correlation of AOD and ground measurements of $PM_{2.5}$ in a real-time air quality estimation system, Atmospheric Environment, vol:43, p:4303-4310
- McTainsh.G.H., & Strong.C.S., 2007, The role of Aeolian dust in ecosystems. Geomorphology, Vol:89, No:1-2, p:39-54.

بطور کلی متوسط ساعتی و روزانه PM_{10} در جنوب غرب ایران عموماً دارای الگوی مشابه AOD سنجنده مودیس است. با رگرسیون گیری بین PM_{10} و AOD مودیس (۱۰ در ۱۰ کیلومتری) مشخص گردید که بین این دو پارامتر رابطه همبستگی مثبت خوبی وجود دارد. اما متوسط ساعتی PM_{10} نسبت به متوسط روزانه آن همبستگی مثبت قوی تری نشان می دهد و علت آن تغییرات روزانه PM_{10} می باشد.

با توجه به تاثیر رطوبت نسبی در روابط بین AOD و PM_{10} ، در اینجا نیز مقادیر AOD با رطوبت نسبی تصحیح و رابطه آن با PM_{10} استخراج گردید. اما بهبود چشمگیری در این رابطه مشاهده نشد. لذا می توان نتیجه گرفت در جنوب غرب ایران در ۴ ماه اول سال این پارامتر، عامل موثر عمده بر رابطه بین PM_{10} و AOD نیست.

بطور کلی می توان نتیجه گرفت که بین AOD سنجنده مودیس و PM_{10} رابطه همبستگی مثبت قوی وجود دارد و این محصول، ابزار مناسبی برای ارزیابی کیفیت هوا (PM_{10}) در استان خوزستان می باشد. لذا پیشنهاد می شود:

در تحقیقات بعدی تاثیر رطوبت بر این رابطه با تغییر اندازه پیکسل داده ها نیز بررسی شود. علاوه بر آن تاثیر فاکتورهای دیگر از جمله ارتفاع لایه مقیاس، ترکیب شیمیایی و غیره بر رابطه مذکور در جنوب غرب ایران نیاز به بررسی دقیق تر دارد.

برای امکان پایش یکنواخت آلودگی هوا در سطح استان، ایستگاههای سنجش آلودگی در سطح استان با پراکنش مناسب تاسیس شود بطوریکه کاربری های متفاوت سطح استان را پوشش دهد.

با توجه به عدم وجود ایستگاهها اندازه گیری دقیق خصوصیات اپتیکی اتمسفر در استان و در نتیجه عدم امکان اعتبار سنجی محصولات اتمسفر سنجنده مودیس، ضخامت اپتیکی اتمسفر در استان با استفاده از داده های دستگاه طیف سنج فیلدسپیک مدلسازی شده و برای اعتبارسنجی محصول AOD سنجنده مودیس استفاده شود.

- Mishchenko.M.I., Geogdzhayev.I.V., Cairns.B., Carlson.B.E., Chowdhary.J., Lacis.A.A., Liu.L., Rossow.W.B., Travis.L.D., 2007, Past, present, and future of global aerosol climatologies derived from satellite observations: a perspective, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol:106, p:325–347.
- Randriamiarisoa, H., Chazette, P., Couvert, P., Sanak, J. and Megie, G. 2006, Relative humidity impact on aerosol parameters in a Paris suburban area, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol 6, PP: 1389–1407,
- Remer.L.A., Tanré.D., Kaufman.Y.J., 2006, Algorithm for remote sensing of tropospheric aerosol from MODIS: Collection 005, <http://modis.gsfc.nasa.gov>
- Wang.Z., Chen.L., Tao.J., Zhang.Y., Su.L., 2009, Satellite-based estimation of regional particulate matter (PM) in Beijing using vertical-and-RH correcting method, Remote Sensing of Environment, (in press)
- WHO (World Health Organization), 2000, Air quality guidelines for Europe (2nd Ed.), Chapter 7 WHO regional publications, European series, vol:91