



پهنه بندی نواحی مستعد در تولید طوفان غبار در کشور و بررسی شدت، تداوم و گستره مکانی طوفانهای غبار با استفاده از فناوری سنجش از دور

امید اسماعیلی^۱، مسعود تجریشی^۲، پیمان دانشکار آراسته^۳

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، مرکز مطالعات آب و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران و مدیر مرکز مطالعات آب و محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف

۳- استادیار دانشکده مهندسی آبیاری و آبخیزداری، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

omid.esmaili@gmail.com

خلاصه

در این پژوهش، ضمن بررسی اجمالی آزمون‌ها و مطالعه داده‌های آماری ثبت شده توسط ۱۶۰ ایستگاه زمینی مستقر در سراسر کشور و روندیابی آن‌ها، با استفاده از شاخص جذب امواج ذرات معلق TOMS-AI و نیز با توجه به این حقیقت که وجود غبار در اتمسفر بر طول اپتیکی مسیر انتقال امواج الکترومغناطیسی اثر نموده و منجر به تغییر در مقدار شاخص عبور دهندگی اتمسفر می‌گردد، به شناسایی مناطق حساس موجود در کشور پرداخته می‌شود.

کلمات کلیدی: سنجش از دور، پهنه بندی کانون غبار، سنجش از نزدیک، TOMS

۱. مقدمه

بررسی تغییرات روند غبارزایی در کشور، نیازمند وجود سری‌های زمانی همگن و بلند مدت از پارامترهای سینوپتیکی مرتبط می‌باشد. لذا داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیکی، مواد اولیه پژوهش‌هایی از این قبیل را فراهم می‌سازد. با بررسی تغییرات زمانی و مکانی یک متغیر در مقیاس‌های زمانی گوناگون (روزانه، ماهانه و سالانه)، می‌توان به ویژگی‌های آن متغیر در یک ایستگاه و محیط پیرامون آن پی برد. از طرفی به دلیل بروز پاره‌ای مسائل در این قبیل مطالعات، از دقت مشاهدات و نتایج حاصل از فناوری سنجش از دور به علت ورود خطاهای متعدد کاسته می‌شود و مشاهدات و اندازه‌گیری‌هایی که در محل انجام می‌شوند، عمدتاً به منظور تفسیر بهتر اطلاعات به‌دست آمده و هم‌چنین مقایسه منطقی آن‌ها به کار می‌روند.

در این مطالعه ابتدا به بررسی اجمالی مراحل انجام آزمون‌ها و مطالعه داده‌های آماری مورد مطالعه می‌پردازیم. در ادامه کار و پس از انجام بررسی‌های لازم روی داده‌های ثبت شده ایستگاه‌های زمینی و روندیابی آن‌ها، با استفاده از شاخص جذب امواج ذرات معلق TOMS-AI و نیز با توجه به این حقیقت که وجود غبار در اتمسفر بر طول اپتیکی مسیر انتقال امواج الکترومغناطیسی اثر نموده و منجر به تغییر در میزان عبور دهندگی اتمسفر می‌گردد، به شناسایی مناطق حساس موجود در کشور بر اساس روند تغییرات این شاخص پرداخته می‌شود.

۲. جمع‌آوری داده‌ها و کنترل کیفی آنها (سنجش از نزدیک)

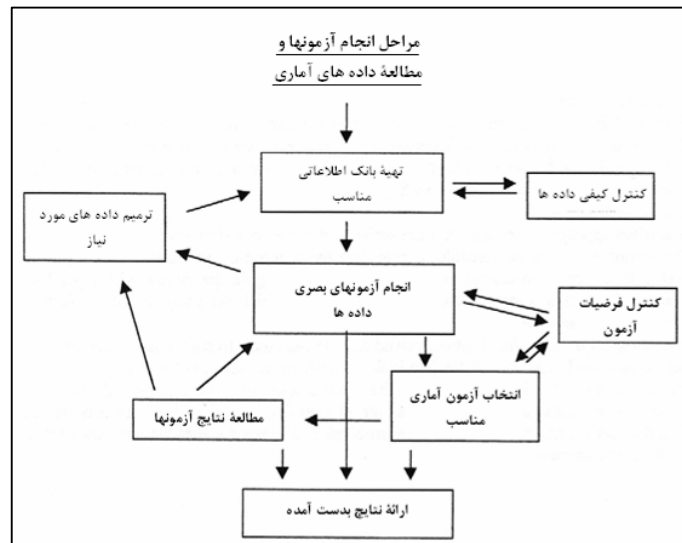
۲.۱. تحلیل‌های آماری سری‌های زمانی

در این قسمت به بررسی اجمالی مراحل انجام آزمون‌ها و مطالعه داده‌های آماری مورد مطالعه می‌پردازیم. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، تحلیل‌های آماری سری‌های زمانی، به چهار مرحله عمده تقسیم می‌شود. در بسیاری از مطالعات، جمع‌آوری اطلاعات آماری مشخص، از جمله مراحل تعیین‌کننده ایست که باید به گونه‌ای انجام گیرد که بتوان ضمن بررسی و مطالعه آن، به پرسشهای ایجاد شده در ذهن پاسخ مناسب داد.

پیش از تحلیل داده‌های گردآوری شده، باید کلیه داده‌ها از نظر کیفی مورد ارزیابی و کنترل قرار گرفته و هوشمندانه‌تر اینکه با استفاده از تکنیک‌های متداول و گاه پیشرفته، تغییراتی را در محدوده مجاز در داده‌های گردآوری شده انجام نمود و به لحاظ کیفی اطلاعات را ساماندهی کرد. از

طرفی، طول بازه اطلاعات به دست آمده باید تا حد ممکن بلند باشد. اطلاعاتی با دوره زمانی کوتاه نسبت به تغییرات آب و هوایی به شدت حساس بوده و استفاده از آن‌ها می‌تواند منجر به بروز اشتباه جدی در محاسبات گردد.

وجود مقادیری که به دلایل مختلف از قبیل نبود دقت کافی در مشاهدات و نقص در سیستم اندازه گیری از دست رفته و خلأی را که به لحاظ محاسباتی در دوره مورد بررسی بوجود آورده اند، کار کنترل کیفی داده ها را مشکل تر نموده و بر مجهولات مسئله می افزایند. به همین دلیل لازم است تا از تصادفی بودن زمان وقوع فاصله های ایجاد شده در دوره مورد بررسی اطمینان حاصل گردد؛ در غیر این صورت وجود چنین شرایطی، اعتبار کیفی داده ها را به شدت تحت تاثیر قرار داده و از دقت پیش بینی ها خواهد کاست.



شکل ۱- مراحل انجام آزمونها و مطالعه داده های آماری

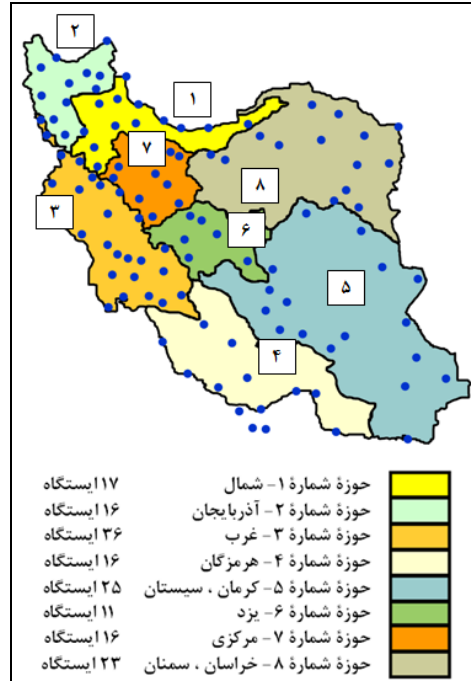
۲.۲. گردآوری داده‌های سینوپتیک مورد نیاز

جهت کنترل و تطبیق اطلاعات ماهواره ای با واقعیت، از اطلاعات سینوپتیکی ایستگاه‌های داخلی استفاده شده است. از جمله اطلاعات سینوپتیکی مفیدی که از ایستگاه‌های داخلی بسته به ضرورت و نوع کاربرد در قالب اطلاعات ماهانه و یا سالانه قابل تهیه می باشند، می توان به چند نمونه زیر اشاره کرد:

۱. تعداد روزهای غبار آلود در ماه
۲. تعداد روزهای با بعد دید کمتر از ۲ کیلومتر
۳. دمای حداقل و حداکثر روزانه
۴. سرعت متوسط و حداکثر باد
۵. میزان بارش و رطوبت نسبی

شبکه جامع ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک ایران که در شکل ۲ نشان داده شده است، مرکب از دو شبکه اصلی می‌باشد که به ترتیب توسط سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو کنترل می‌شوند. تعدادی از ایستگاه‌ها نیز توسط بخش های خصوصی و نیمه دولتی در سطح کشور به طور موقت یا دائم دایر شده است که بعضاً اطلاعات خود را به سازمان هواشناسی ارسال می دارند. برخی از دانشگاه‌های کشور نیز به منظورهای تحقیقاتی ایستگاه‌هایی دایر کرده‌اند.

همان‌طور که در ابتدا توضیح داده شد، به علت وسعت و تنوع اقلیمی محدوده مورد مطالعه، برحجم و دشواریهای تحلیل‌های آماری رایج در مطالعات هواشناسی و هیدرومتری تا حد زیادی افزوده می‌گردد. لذا به منظور بهبود در روند انجام مطالعات آماری و امکان مقایسه منطقی نتایج ایستگاه‌ها با یکدیگر و رسیدن به سطح معنی‌داری قابل قبول در نتایج حاصله، لازم دیده شد تا ایستگاه‌های مورد بررسی با توجه به نوع اقلیمی که در آن قرار گرفته‌اند دسته‌بندی شده و هر دسته به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. این دسته بندی همان‌طور که در شکل ۲ نیز آمده مطابق حوضه‌های هیدرولوژیکی ایران در تقسیم بندی جاماب صورت گرفته است.



شکل ۲- پراکنش ۱۶۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک

۲.۲. همگن سازی داده ها

وقتی سری زمانی یک ایستگاه در مقابل یک سری مبنا بر روی نمودار مورد مقایسه قرار گیرد، می توان پیرامون مقدار همبستگی ایستگاه ها، کیفیت داده های ایستگاه های همسایه و مقدار ناهمگنی موجود در سری مورد بررسی قضاوت نمود. تحلیل منحنی های تجمعی نیز می تواند اطلاعات بیشتری را برای یک ارزیابی مناسب ارائه دهد.

یکی از روش های بررسی همگنی داده ها که کاربرد زیادی نیز دارد روش منحنی جرم مضاعف^۱ می باشد که در سال ۱۹۴۹ به وسیله کهلر ارائه شد [۱]. این روش که بسیار ساده است و در بررسی همگنی داده ها کاربرد زیادی دارد بر مبنای مقایسه نموداری مقادیر افزایشی سری زمانی مبنا و سری زمانی مشکوک استوار است. سری زمانی مبنا می تواند یک ایستگاه که داده های آن همگن و مورد اطمینان است و یا میانگین چند ایستگاه قابل اعتماد باشد.

پس از بررسی های انجام شده و ترسیم منحنی های جرم مضاعف برای هر یک از داده های گردآوری شده، ایستگاه های ناهمگن از همگن جدا شده و آن ها که از شرایط مساعدتری برای همگن سازی برخوردار بودند مورد اصلاح ساختاری قرار گرفتند. لذا با توجه به تعداد اندک ایستگاه های ناهمگنی که فهرست آنها در جدول ۱ نیز آمده است، از تحلیل آن ها صرف نظر شد.

۳.۲. روندیابی داده ها

از آنجائیکه تغییرات اقلیمی خود تابعی از تغییرات چرخه آب و هوایی در مقیاس جهانی است، لذا طول بازه اطلاعات ثبت شده باید تا حد ممکن بلند باشد تا به توان به نتایج روندیابی آن ها اعتماد نمود. طول بازه اطلاعات ثبت شده در بسیاری از مطالعات اقلیمی حداقل ۱۵ سال پیشنهاد می گردد، که معرف دو چرخه کامل تغییرات آب و هوایی است. در این مطالعه نیز یکی از مشکلات موجود در روندیابی سری های زمانی داده های ایستگاه های سینوپتیک، عدم کفایت دوره آماری اندازه گیری شده در تعداد قابل توجهی از آن ها است که لزوم بازسازی و ترمیم سری های زمانی داده ها را بر اساس روش های آماری مناسب اجتناب ناپذیر می سازد.

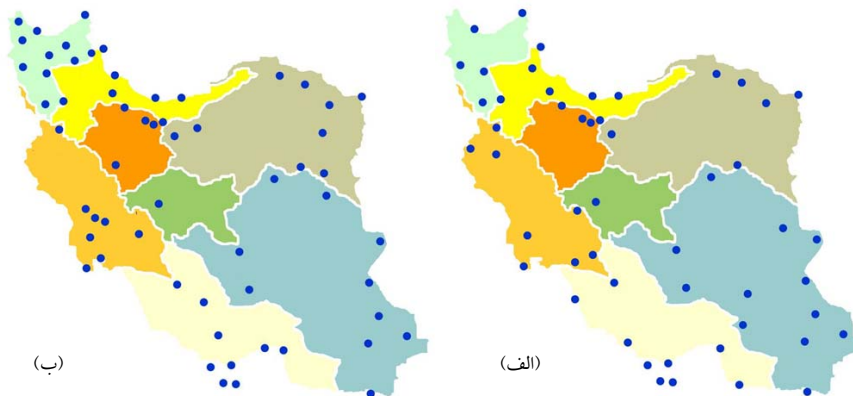
^۱ Double Mass Curve Method

جدول ۱- فهرست ایستگاه‌های شدیداً ناسازگار از نظر آزمون همگنی متحنی جرم مضاعف به تفکیک نوع کمیت

بررسی کیفی ایستگاه‌های سینوپتیکی کشور				
نام منطقه اقلیمی (مطابق با تقسیم بندی جاماب)	تعداد کل ایستگاههای منطقه	نام ایستگاه ناسازگار برای داده مورد نظر	داده مورد بررسی	
			تعداد روز غبار آلود	دما
			بعد دید	سرعت باد
1	14	بندر انزلی	×	
		دامسر	×	
		زنجان	×	
		گرگان	×	
2	13	تبریز	×	
		ارومیه	×	
		خوی	×	
3	25	خرم آباد	×	
		چاسک	×	
4	13	چاسک		×
		بیم		×
5	19	بیم		×

6	7	اراک		×
		کاشان		×
7	11	شاهرود		×
		سمنان		×
		سبزوار		×
کل کشور	120	15		

پس از بازسازی داده‌ها و افزایش طول دوره آماری ایستگاه‌ها، آمار ایستگاه‌هایی که حداقل از ۱۵ سال داده برداری برخوردار بودند در شکل ۳ آمده است.

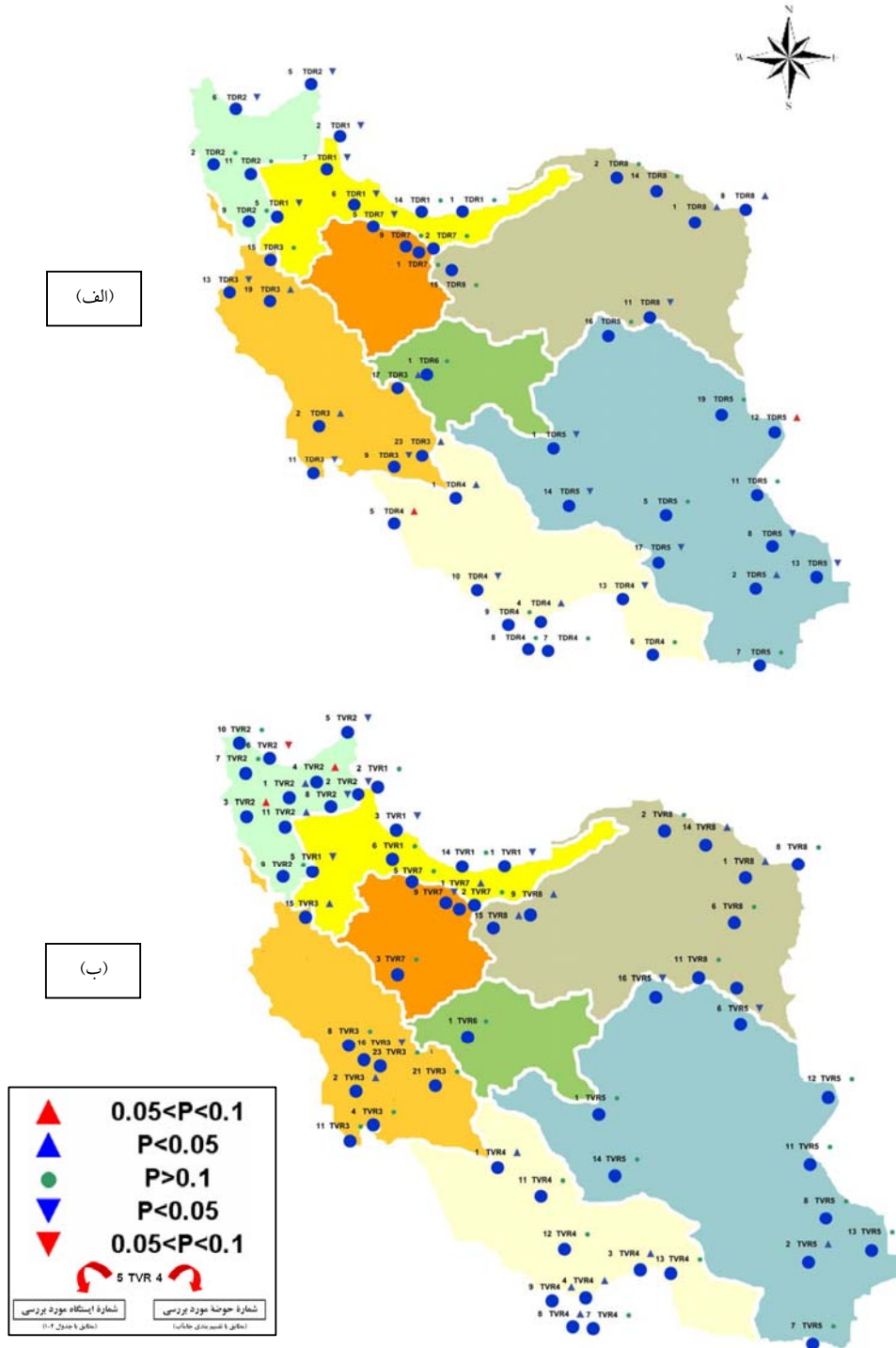


شکل ۳- پراکنش ۵۱ ایستگاهی که پس از فرآیند بازسازی داده‌ها حداقل از ۱۵ سال طول آماری داده برداری تعداد روزهای غبارآلود برخوردارند (الف)، پراکنش ۶۱ ایستگاهی که پس از فرآیند بازسازی داده‌ها حداقل از ۱۵ سال طول آماری داده برداری تعداد روزهای با بعد دید کمتر از ۲ کیلومتر در سال برخوردارند (ب).

۲.۳.۱. آزمون‌های پارامتری و غیرپارامتری

آزمون‌های پارامتری بر این فرض استوارند که داده‌ها و خطاهای متناظر آن‌ها (انحراف از روند) از یک توزیع آماری مشخص پیروی می‌کنند که آن توزیع معمولاً توزیع نرمال می‌باشد. هنگامی که داده‌ها از توزیع آماری مشخصی پیروی نمی‌کنند، آزمون‌های غیرپارامتری به کار می‌آیند. آن‌ها قادر به ردیابی هرگونه تغییرات و روند موجود در داده‌ها بوده ولی در تعیین مقدار کمی آن‌ها ناکارآمدند. آزمون‌های روندیابی Mann-Kendall و

Spearman's Rho از این دسته می باشد [۲]. نتایج کمی آزمون های روندیابی انجام شده روی داده های تعداد روز غبار آلود در سال و هم چنین متوسط سالانه تعداد روز با بعد دید کمتر از ۲ کیلومتر در سطوح معنی داری مختلف در قالب نمودارهای شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴ - نتایج آزمونهای روندیابی داده های تعداد روزهای غبار آلود در سال برای ایستگاه های واجد شرایط مورد مطالعه (الف)، نتایج آزمونهای روندیابی داده های تعداد روزهای با بعد دید کمتر از ۲ کیلومتر در سال برای ایستگاه های واجد شرایط مورد مطالعه (ب).



۳. گردآوری و پردازش تصاویر ماهواره‌ای

۳.۱. معرفی سنجنده TOMS

سنجنده TOMS، در سال ۱۹۷۹ میلادی، روی ماهواره Nimbus 7 (N7) نصب شد و پس از آن عملیات پایش سطح زمین را تا سال ۱۹۹۴ میلادی روی ماهواره Meteor-3 ادامه داد. در سال ۱۹۹۶ میلادی این سنجنده روی ماهواره Earth Probe (EP) قرار گرفت. این سنجنده از طریق پایش و اندازه‌گیری مقدار تشعشع فرابنفش گسیل شده خورشید که از لایه‌های اتمسفر زمین به فضا منعکس می‌گردد، به طور غیر مستقیم به کنترل و سنجش اوزون می‌پردازد. سنجنده TOMS-EP، در هر لحظه انرژی خورشیدی رسیده به سطح زمین و تابش فرابنفش (UV) منعکس شده از آن را در ۶ طول موج مختلف اندازه‌گیری می‌کند. امواج رادیویی منعکس شده^۱، در حقیقت تابش خورشید به لایه‌های زیرین اتمسفر زمین و بازتابش آن به سنجنده‌های ماهواره‌ها توسط مولکولهای هوا و ابرها می‌باشد. در طول این مسیر درصدی از تابش فرابنفش توسط اوزون جذب می‌شود. با مقایسه مقدار تابش فرابنفش منعکس شده با مقدار تشعشع تابیده به سطح زمین در یک طول موج مشخص، دانشمندان قادر به تخمین مقدار آلایدو زمین^۲، که عبارت است از نسبت نور منعکس شده توسط سطح زمین به مقدار تشعشع تابیده به سطح آن، می‌باشند. وجود هرگونه تغییری در نسبت به‌دست آمده در طول موج‌های مختلف را می‌توان در فرآیند تعیین مقدار اوزون سطح زمین به کاربرد. سنجنده TOMS، در هر ۸ ثانیه ۳۵ بار اندازه‌گیری کرده و در هر بار نواری به پهنای ۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر در جهت عمود بر مدار خود را پایش می‌کند. تقریباً با حدود ۲۰۰۰۰۰ داده روزانه تمامی نقاط زمین را جز در نزدیکی یکی از قطبین، که خورشید تمام ۲۴ ساعت شبانه‌روز نزدیک به سطح افق باقی می‌ماند را پوشش می‌دهد. از این سنجنده علاوه بر موارد فوق در تشخیص انواع ذرات معلق در هوا بر اساس خواص جذب و اندازه آن‌ها استفاده می‌شود. هدایت و برنامه‌ریزی TOMS توسط NASA's Goddard Space Flight Center در Greenbelt انجام می‌گردد [۷۶].

۳.۲. شاخص غبار آلودگی، جذب امواج ذرات معلق TOMS-AI

شاخص جذب امواج ذرات معلق (شاخص غبار آلودگی) AI^۳، از جمله محصولات سنجنده TOMS می‌باشد که از ابزارهای قابل اعتماد در ارتباط با اندازه‌گیری‌های ذرات معلق بر فراز اقیانوس‌ها، تمام انواع مختلف سطوح زمین (از جمله یخ و برف) و همچنین ابرها به‌شمار می‌رود. این شاخص به‌صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$AI = -1.0 \cdot \log_{10} \left[\left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_m - \left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_c \right] \quad (1)$$

که در رابطه بالا $\left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_m$ ، عبارت است از میزان امواج منعکس شده در طول موج مورد استفاده و $\left(\frac{I_{340}}{I_{380}} \right)_c$ ، میزان محاسبه شده امواج منعکس شده با فرض خالص بودن محیط گازی اتمسفر می‌باشد [۳ و ۴].

شاخص غبار آلودگی، عددی بین ۰ تا ۵ بوده و به مقدار جذب امواج توسط ذرات معلق در هوا مانند غبارها، شاخص پراکندگی و انکسار در محدوده فرابنفش و ارتفاع ذرات معلق از سطح زمین بستگی دارد. به همین دلیل وجود ابرها و ذراتی که باعث افزایش میزان پراکندگی امواج می‌گردند، منجر به تداخل در عملکرد این سنجنده در ردیابی ذرات جذب کننده امواج در محدوده‌ای به طول و عرض ۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتر می‌گردد. میانگین ماهانه دوره فصلی شاخص غبار آلودگی، به علت وابستگی اطلاعات سنجنده TOMS به ارتفاع ذرات از سطح زمین و چرخه عمده‌ای که در ارتفاع توده ذرات معلق در فصلهای مختلف سال وجود دارد، به طور خطی با میانگین ماهانه غبار وابستگی نخواهد داشت.

۳.۳. گردآوری تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TOMS در مقیاس کل کشور و پردازش آنها

گردآوری اطلاعات خام به‌دست آمده با فرمت LAN از سنجنده TOMS، که سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۹۳ میلادی و سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ میلادی را تحت پوشش قرار می‌دهد، از جمله مراحل تعیین کننده بود که باید به نحوی مطلوب انجام می‌گرفت. اطلاعات خام مورد نیاز از سنجنده TOMS، از

^۱ Backscattered Radiation

^۲ Earth's Albedo

^۳ Absorbing Aerosol Index

منابع معتبر متعددی مانند پایگاه‌های اطلاعاتی وابسته به مرکز مطالعات فضایی آمریکا NASA قابل دسترسی است. لذا تصاویر مورد نیاز از آغاز عملیات پایش تا سال ۲۰۰۴ میلادی از این منابع معتبر زیر گردآوری شد.

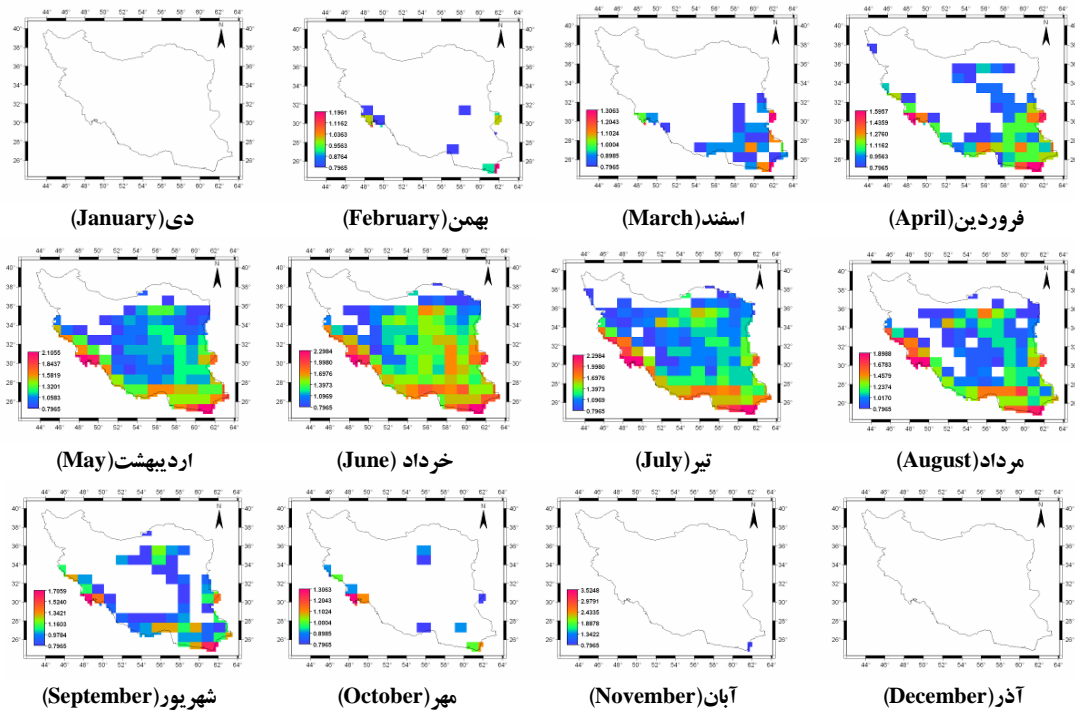
1- <http://jwocky.gsfc.nasa.gov> 2- <http://daac.gsfc.nasa.gov/> 3- <http://toms.gsfc.nasa.gov/eptoms/>

در ابتدا با استفاده از رابطه (۲) که برای تولید شاخص غبار آلودگی از داده‌های خام TOMS با فرمت *Lan. به کار می‌رود به تولید شاخص

غبار آلودگی در مقیاس جهانی می‌پردازیم.

$$(I_{\text{ansource}} - AI) = 0.1377953 \times (I_{\text{ansource}} \text{mpr}) + 0.7000 \quad (2)$$

در ادامه لازم است محدوده جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را تعیین کرده و داده‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند، از کل داده‌ها جدا نموده و تنها به بررسی منطقه مورد مطالعه که در اینجا کل کشور را دربر می‌گیرد پرداخت. در نهایت سیمای تصاویر ماهانه TOMS-AI در یک سال به صورتی خواهد بود که در شکل ۵ آمده است. شکل ۵ در حقیقت گویای تصاویر پردازش شده سال ۱۹۹۲ میلادی سنجنده TOMS می‌باشد که به عنوان نمونه نشان داده شده است. در ادامه و پس از پردازش تصاویر هر سال بصورت جداگانه به مطالعه و تعیین محتملترین نواحی غبارزا در کشور بر اساس فراوانی وقوع پدیده طوفان غبار و شدت شاخص غبار آلودگی در این نواحی پرداخته شده است.



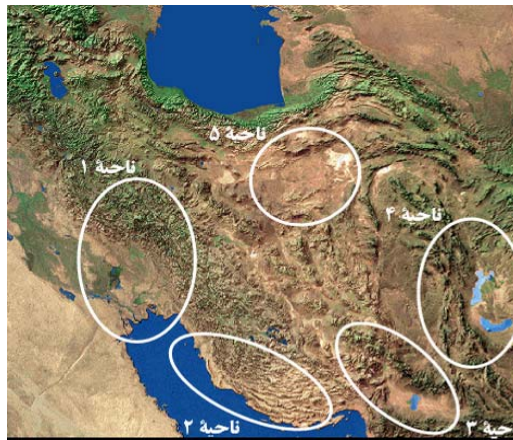
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
High	1.19	1.30	1.60	2.10	2.30	2.30	1.90	1.70	1.31	3.52		
Medium-High	1.12	1.20	1.44	1.85	2.00	2.00	1.68	1.52	1.20	2.28		
Medium	1.04	1.10	1.28	1.58	1.70	1.70	1.46	1.34	1.10	2.43		
Medium-Low	0.96	1.00	1.12	1.32	1.40	1.40	1.24	1.16	1.00	1.90		
Low	0.88	0.90	0.96	1.06	1.10	1.10	1.00	0.98	0.90	1.34		
Very Low	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80		

شکل ۵- تصاویر پردازش شده سال ۱۹۹۲ میلادی سنجنده TOMS

۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پس از بررسی تصاویر پردازش شده و مقایسه نتایج حاصله با نمودارهای بدست آمده از مطالعه داده‌های سینوپتیک مورد مطالعه، مراکز اصلی تولید غبار ایران که از پردازش تصاویر TOMS در سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۰۴ میلادی تعیین شده اند به پنج ناحیه تقسیم می‌شوند که در ادامه بیان شده‌اند (شکل ۶).

- ۱- منطقه مرزی هورالعظیم (31°N , 46°E)، با مساحتی در حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع، که یک سوم آن در خاک ایران و دوسوم آن در خاک عراق قرار دارد.
- ۲ و ۳- نواحی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان. این نواحی به عنوان یکی از نواحی فعال در محدوده کوچک دره های محصور در میان چین خوردگی‌های موازی با حاشیه آبهای جنوبی کشور (27.5°N , 59°E) مطرح می‌باشند. در مرکز این دره، هامون جازموریان، دریاچه خشک پوشیده از نم‌کنزار با مساحتی در حدود ۱۸۰۷ کیلومتر مربع قرار دارد.
- ۴- نواحی واقع در (31°N , 61.5°E) که تا مرزهای ایران با کشور افغانستان گسترش یافته و در غرب این منطقه، کوه‌های سیستان در شرق ایران و در شرق این منطقه، در فاصله دور سلسله کوه‌های هندوکش در افغانستان قرار دارند که رسوبات زیادی از این کوه‌ها و دشتهای توسط رود هیرمند به این منطقه وارد می‌شود. همه ساله توده های غبار بزرگی از سه هامون بزرگ به نامهای هامون صابری (31.5°N , 61.3°E)، هامون پوزک (31.5°N , 61.7°E)، دریاچه هامون (31.7°N , 61.1°E) و نیز کمی دورتر به سمت جنوب گود زره (29.8°N , 61.8°E) ناشی می‌شوند. شهر زابل نیز که در مرکز این هامونها قرار دارد، به طور متوسط مورد هجوم بیش از ۸۱ مورد طوفان شن در سال قرار دارد.
- ۵- نواحی وسیع جنوبی رشته کوه‌های البرز. این منطقه از اطراف تهران (35.6°N , 51.3°E) در جنوب رشته کوه‌های البرز آغاز شده و به سمت شرق تا 60°E ادامه می‌یابد.



شکل ۶- تقسیم بندی نواحی فعال غبارزای کشور بر اساس تصاویر TOMS-AI، در سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۰۴ میلادی

۵. مراجع

۱. بزرگنیا، ابوالقاسم (مترجم)، تجزیه و تحلیل سریهای زمانی و پیش‌بینی، چاپ معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، ۱۳۶۶.
۲. علیزاده، امین (مؤلف)، اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی، ۱۳۸۰.
3. Prospero, J. M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., Gill, T.E., (2002) 'Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Spectrometer (TOMS) Absorbing Aerosol Product', J., Geophysics, Vol. 40, pp. 2-1,2-31.
4. Gillette, D. A. "A qualitative geophysical explanation for "hot spot" dust emitting source regions", Contrib. Atmos. Phys., Vol. 72, 1999, pp. 67-77.
5. Gillette, D. A., "Production of dust that may be carried great distances, in Desert Dust: Origin, Characteristics, and Effect on Man", Spec. Pap. Geol. Soc. Am., Vol. 86, 1981, pp.11-26.
6. Herman, J. R., and E. A.Celariet, "Earth surface reflectivity climatology at 340-380 nm from TOMS data", J. Geophys. Res., Vol. 102, No. 28, 1997, pp. 3-12.
۷. اسماعیلی، امید، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پهنه بندی مقدماتی مراکز تولید غبار با استفاده از فناوری سنجنش از دور، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۵.