علـوم محـیـطی سال هفتـم، شمـاره اول، پـاییـز ۱۳۸۸
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.7, No.1 , Autumn 2009
۱۷۳-۱۹۲

تاثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران

غلامرضا روشن[۱]*، فرامرز خوش اخلاق[۲]، سعید نگهبان[۳]، جعفرمیر کتولی[۱]

۱- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه گلستان

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳- گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران

چکیده

گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها به همراه افزایش شتابان جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی با مصرف بی رویه سوخت‌های فسیلی به شدت آلودگی‌ها را افزایش داده است که عواقب آن در درجه اول به صورت امراض و بیماری‌های تنفسی، تشدید بیماری‌های قلبی و ریوی، متوجه ساکنان شهرها می‌شود و در مرحله بعد، به عنوان عاملی در تشدید نوسانات اقلیمی و تاثیرات زیست‌محیطی نقش ایفا می‌نماید. در تحقیق حاضر از ۲ نوع داده برای بررسی رابطه بین عناصر و مولفه‌ها استفاده شده است. اولین داده مورد بررسی، عناصر اقلیمی در طول دوره آماری ۵۱ ساله از ۲۰۰۳-۱۹۵۲ میلادی، بصورت سه دوره ۱۷ ساله، پاک (۶۹-۱۹۵۲)، دوره میانی(۸۶-۱۹۷۰) و دوره آلوده (۲۰۰۳-۱۹۸۷) می باشد، که نوسانات و تحولات اقلیمی در این سه دوره با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته شده است. دومین متغیر یا داده مورد مطالعه، نوع و میزان آلاینده‌های شهر تهران در طول دوره آماری ۲۰۰۳- ۱۹۹۷ و به صورت میانگین سالانه می‌باشد.در مجموع بعد از محاسبات مختلف این نتیجه حاصل گردید که اقلیم شهر تهران در دوره آلوده نسبت به دو دوره قبل، از نوسان بیشتری برخوردار بوده و نوسانات اقلیم منطقه در دوره آلوده به صورت افزایش دما ، افزایش پتانسیل سیلاب‌خیزی و تغییر اقلیم بسوی وضعیتی گرم و مرطوبتر می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، نوسانات اقلیمی، آلودگی هوا، شهر تهران.

Impact of Air Pollution on Climate Fluctuations in Tehran City

Gholamreza Rowshan[1*], Faramarz Khosh Akhlagh[2], Saeed Negahban[3] ,Jafar Mirkatouly[1]

1- Department of Geography, Faculty of Human Science, University of Golestan
2- Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran
3- Department of Environmental Management and Planning, Faculty of Environment, University of Tehran

Abstract

The expansion of urbanisation and the development of cities along with increasing population and expansion of industrial activities and irregular consumption of fossil fuels have given rise to pollution. At the first stage, its consequences impact on citizens in terms of respiratory illness and increased intensity of heart and lung diseases and, at the second stage, it plays a role in increasing climate fluctuations and environmental impacts. In the current study, two types of data are used in investigating the relationship between parameters and elements. The first data under study are the climate parameters during a statistical period of 51 years from 1952 to 2003, divided into three 17-year periods - a clean period (1952-69), an intermediate period (1970-86) and a polluted period (1987-2003) - whose fluctuations and climate vicissitudes are compared. The second variable or data under study are the type and amount of pollutants in Tehran city during 1997 to 2003, taken as an annual average. Totally, after various calculations, the conclusion was that during the polluted period the climate of Tehran has more fluctuations than in the two previous periods and, during the polluted period, the fluctuations of the region were seen in temperature increases, increasing potential for flooding and change in climate towards a warmer and more humid state.

Keywords: climate change, climate fluctuations, air pollution, Tehran city.

* Corresponding author. *E-mail Address*: ghr.rowshan@gmail.com

مقدمه

آلاینده‌ها عناصری هستند که وجود آنها در جو در شرایط و مقادیر معین سبب صدمه به انسان، حیوان، نبات و حیات میکروبی است (Kaviyani, 2002). آلاینده‌های شیمیایی در لایه تروپسفر همراه با آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های بشری نسبت ترکیبات هوا را تغییر داده و روی هوای محلی، منطقه‌ای و اقلیم جهانی تأثیر می‌گذارند. در شهرها آلاینده‌های متعددی تولید می‌شود که مجموع آنها مه دود شهری را تشکیل می‌دهند، عمده‌ترین آلاینده‌های تشکیل دهنده مه دود شهری عبارتند از: منواکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، ازون و غبار. در تشکیل مه دود عناصرآب و هوایی مثل تابش، دما، رطوبت، پایداری جو، وارونگی دما، سمت و سرعت باد موثرند. اگر هوا پایدار بوده و ارتفاع لایه وارونگی دما پائین باشد آلاینده‌ها متراکم شده و غلظت آلودگی بالا می‌رود. اگر جو ناپایدار باشد و باد بوزد، مواد زاید از جو شهری خارج شده و پس از صعود به سمت لایه‌های بالاتر با هوای آن لایه‌ها مخلوط شده و رقیق می‌گردند (botkin, 2002).

گسترش شهرنشینی و توسعه شهرها به همراه افزایش شتابان جمعیت و توسعه فعالیت‌های صنعتی با مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی به شدت آلودگی‌ها را افزایش داده است که عواقب آن در درجه اول به صورت امراض و بیماری‌های تنفسی، تشدید بیماری‌های قلبی و ریوی، متوجه ساکنان شهرها می‌شود و در مرحله بعد، به عنوان عاملی در تشدید تغییرات اقلیمی، نوسانات اقلیمی و تاثیرات زیست‌محیطی حاصل از آنها، نقش ایفا می‌نماید (Chappelka, 2007).

یکی از جنبه‌های مهم اقلیم، تغییرات اقلیمی است، و تغییرات دراز مدت مشخصه سیاره زمین است (shaemi, 2005). در ۲/۵ میلیون سال گذشته، ۲۲ دوره یخبندان در نتیجه کاهش دما و بین یخبندان در نتیجه افزایش دما وجود داشته است، پس طی این مدت، متوسط دمای زمین چندین درجه سانتی‌گراد بالا و پایین رفته است (Paoletti *et al.*, 2007; Bytnerowicz *et al.*, 2007).

امروزه تغییر اقلیم یک موضوع اصلی در مجامع علمی و در میان نشریات است، در رابطه با علت علاقه و توجه به اقلیم های گذشته و آینده، می توان به موارد زیر اشاره نمود (Azizi, 2002).

۱- با توجه به تغییرات اقلیمی در گذشته، این مساله که اقلیم آینده متفاوت با اقلیم حال باشد محتمل‌تر به نظر می‌رسد تا اقلیم آینده مشابه امروزی باشد.

۲- بررسی‌های تمرکز یافته روی فعالیت‌های انسانی و تاثیر آن بر محیط ثابت می‌کند که انسان‌ها بر روی اقلیم تاثیرات زیادی می‌گذارند.

آلودگی هوا تاثیرات بسیار زیادی بر روی ویژگی‌های اقلیمی مناطق مختلف می‌گذارد(Schaub, 2007) به همین دلیل دانش آب و هواشناسی توجه و تاکید بسیار زیادی بر روی بررسی تاثیرات آلاینده‌های جوی بر ویژگی‌های آب و هوایی دارد. بطور کلی آلودگی هوا طبق تعریفی عبارت است از وجود یک یا چند آلوده کننده مانند گرد و غبار، گازها، بو، دود، بخارات در هوای آزاد با کمیت‌ها و ویژگی‌های مختلف که برای زندگی انسان، گیاه یا حیوان خطرناک و برای اموال مضر باشد و یا به طور غیر قابل قبول، مخل استفاده راحت از زندگی و اموال گردد (Geiser, 2005; Karnosky, 2003; Mickler, 2003; Tang, 2007; Christopher *et al.*, 2007).

لذا در این راستا وظیفه مهمی بر عهده اقلیم شناسان و دانشمندان علوم طبیعی می‌باشد، که بتوانند این تغییرات آب و هوایی را از داده‌های درازمدت هواشناسی، استخراج کرده و این روند نوسانات آب و هوایی را مشخص نموده، و با توجه به دیدگاه اکولوژیک، در

همسانی بین محیط و جامعه انسانی گام نهاده و جامعه انسانی را در راستای وجود این تغییرات آماده نموده تا نه طبیعت به عنوان اربابی در قالب جبر محیطی باعث تاثیرات ژرفی در محیط جامعه انسانی شود، و نه جامعه انسانی با عملکردهای سوئی در قالب استفاده بیش از اندازه از گازهای گلخانه‌ای باعث بر هم زدن تغییرات عمیقی در چرخه اقلیمی محیط طبیعی شود (fiore, 2002;.Geiser , 2007).

تهران در حال حاضر یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان معرفی شده است(Graedel and Crutzenn,1993) تهران دارای بالاترین سهم فعالیت آموزشی، اداری، اجتماعی و فرهنگی است. با توجه به آمار بدست آمده در مورد بیماری‌های مختلف و مرگ و میر ناشی از آلودگی، تهران بالاترین مرگ و میر را دارا می‌باشد. از طرف دیگر بواسطه آلودگی، بازده نیروی انسانی در اثر آلودگی هوا کاهش داشته و خستگی اعصاب جزیی جدایی ناپذیر از زندگی شهروندان تهرانی شده است یکی از مهم‌ترین تاثیرات این آلودگی هوا، تاثیر بر نوسانات اقلیمی شهر تهران و پیامدهای مختلف ناشی از آن است.

در تهران، در بیش از دویست روز از ایام سال غلظت ذرات معلق آنچنان بالا است که گستره دید کامل را به کمتر از پانصد متر کاهش می‌دهد. به همین دلیل ساکنان محدوده دو سوم جنوبی شهر اغلب تصویر محو و کدری از توچال را می‌بینند. از یک سوم بالای شهر هم دو سوم جنوبی آن به زحمت دیده می‌شود، اغلب هم این بخش از شهر در هاله‌ای از "دود مه" خاکستری غرق است. کاهش میدان دید شاید ملموس‌ترین اثر زیست محیطی آلودگی هوا در تهران باشد. جز آن، رنگ باختگی پوشش گیاهی شهر هم قابل توجه است. نتایج بررسی جایکا نشان می‌دهد که بیش از هفتاد درصد درختان واقع در حاشیه بزرگراه‌های تهران به دلیل انباشت لایه‌ای از ذرات زیانبار روی شاخ و برگشان در حالت نیمه مردگی قرار دارند.

همچنین به دلیل آلودگی شدید هوا به تدریج گونه‌های گیاهی سازگار با اقلیم تهران از پهن برگ به سوزنی برگ تغییر کرده‌اند و به واقع چنارستان سابق اکنون به شهر کاج‌های نیمه مرده تبدیل شده است. تغییر گونه‌های سازگار از پهن برگ به سوزنی برگ خود عامل دیگری برای افزایش آلودگی هوا می‌شود زیرا توان پالایش هوا توسط سوزنی برگ‌ها خیلی کمتر از درختان پهن برگ است. البته نمی‌توان از آلودگی هوا به عنوان عامل اصلی گریز حیات وحش بومی منطقه تهران نام برد، اما تردیدی نیست که این پدیده دست کم موجب کاهش شمار پرندگان بومی منطقه شده است. قطعا در هیچ مقطع از تاریخ تهران، شمار پرندگان موجود در این شهر تا به این حد کم نبوده است و پرندگان موجود نیز عمدتا گونه‌های جان سختی مانند کلاغ، یاکریم و گنجشک هستند. از گونه‌های کم نظیر دامنه‌های البرز، همچون عقاب طلایی و هما نیز سالهاست که مطلقا حتی یک نمونه در حوالی شهر تهران دیده نشده است.

درباره تاثیر آلودگی هوا بر آثار معماری و تاریخی شهر تهران، تاکنون گزارش مستندی منتشر نشده است. اما یک نکته در این باره قابل تامل است: تغییر نمای ساختمان‌های تهران از نمونه‌های سنتی و قدیمی آن مانند آجر و گچ به شیشه و سنگ. تصور این است که نماهای آجری که از جمله نمایه‌های اصلی معماری ملی ایران هستند، در تهران به سرعت کدر و کثیف شده و باز پیرایی و شست و شوی آنها دشوار و پر هزینه و بعضا ناممکن است. تمامی آثار معماری مهم و بافت قدیمی شهر نیز با همین نما ساخته شده است، به همین دلیل

نگهداری این بناها همیشه هزینه‌های قابل توجهی به متولیان آنها تحمیل می‌کند.

مواد و روش

در تحقیق حاضر از ۲ نوع داده برای بررسی رابطه بین عناصر و مولفه‌ها استفاده شده است. اولین داده مورد بررسی، عناصر اقلیمی همچون بارش، دما، تابش، باد، رطوبت نسبی، فشار، ابرناکی، تعداد روزهای برفی، در طول دوره آماری ۵۱ ساله از ۲۰۰۳-۱۹۵۲ میلادی، بصورت سه دوره ۱۷ ساله، پاک (۶۹-۱۹۵۲)، دوره میانی(۸۶-۱۹۷۰) و دوره آلوده (۲۰۰۳-۱۹۸۷) می‌باشد، که نوسانات و تحولات اقلیمی در این سه دوره با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته شده است. اما دومین متغییر یا داده مورد مطالعه، نوع و میزان آلاینده‌های شهر تهران، چون مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد، هیدروکربن‌ها و دی اکسید نیتروژن، Co_2 در طول دوره آماری ۲۰۰۳- ۱۹۹۷ و به صورت میانگین سالانه می‌باشد. لازم به ذکر می باشد که سنجش آلاینده‌ها در ایران از سن کمی برخوردار می‌باشد و مربوط به همین سال‌ها می‌باشد.

در این تحقیق چون هدف پیدا کردن تاثیر آلاینده‌های هوا بر عناصر اقلیمی و در نهایت ظهور تغییرات بصورت نوسانات اقلیمی می‌باشد، از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است. اطلاعات مورد نیاز درباره عناصر اقلیمی با مراجعه به سازمان هواشناسی کشور و از سالنامه‌ها و بانک اطلاعات این سازمان و همچنین سایت اینترنتی سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده و اطلاعات و داده های مربوط به میزان آلاینده‌ها از بنگاه‌های اطلاعاتی سازمان محیط‌زیست که بصورت فایل‌های اکسل تنظیم شده است، حاصل گردیده است. در ادامه با استفاده از نمودارها، روش های آماری توصیفی و نیز با استفاده از روابط همبستگی رگرسیونی به بررسی و تجزیه و تحلیل بین عناصر اقلیمی و آلاینده‌ها پرداخته شده است.

لازم به ذکر بوده که جهت شناسایی نوع اقلیم و روند تغییرات آن از دو روش ایوانف و دمارتن استفاده گردیده است.

ضریب رطوبتی ایوانف بصورت رابطه (۲و۱) و ضریب خشکی دمارتن بصورت رابطه (۳) معرفی گردیده است:

$$I = \frac{P}{\sum E} \qquad \text{رابطه(۱)}$$

در معادله فوق مخرج کسر جمع مقادیر تبخیر در ماه‌های مختلف سال است که برای هر ماه با توجه به فرمول پیشنهادی زیر بدست می آید:

$$E = 0/0018(2.5 + T^2)(100 - r) \qquad \text{رابطه(۲)}$$

در معادله بالا I : ضریب رطوبتی ایوانف، T: متوسط دمای حرارت ماهانه(c)، r : متوسط رطوبت نسبی ماهانه(۰/۰)، E: مقدار تبخیر ماهانه، P: مقدار بارندگی سالانه(mm)، E: جمع تبخیر در ماه‌های سال(cm) می‌باشد.

$$I = \frac{P}{T + 10} \qquad \text{رابطه(۳)}$$

در رابطه (۳): I : ضریب خشکی دمارتن، T: متوسط دمای سالانه،P: میانگین بارندگی سالانه(mm) می باشد.

در قسمتی دیگر از پژوهش، برای محاسبه خشکسالی‌ها که از نوسانات آب و هوایی می‌باشند از روش نمایه دهکهای بارندگی استفاده شده است. در این روش مشخص می‌شود که بارش یک ماه یا یک سال معین در چه بازه‌ای از دهکهای متوالی سری بارندگی ماهانه یا سالانه قرار دارد. لذا برای این منظور ابتدا داده‌های بارندگی را بصورت صعودی تنظیم کرده، سپس احتمال وقوع بارش یک سال یا ماه معین از رابطه

(۴) تعیین می‌گردد (گیبس و ماهر،۱۹۶۷).

$$P_i = \frac{i}{N+1} \times 100$$ رابطه(۴)

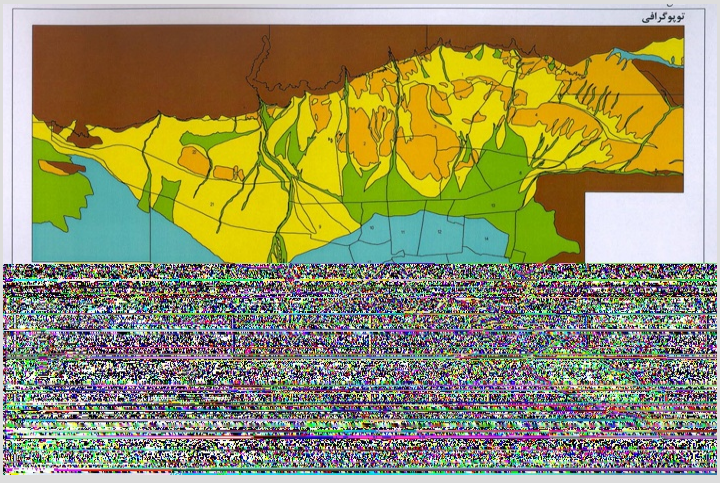
در این فرمول p_i ، احتمال وقوع بارندگی در شماره ردیف i ام و N تعداد داده‌های بارندگی می‌باشد. لازم به ذکر می‌باشد که محدوده این شاخص خشکسالی بین کمتر از ۱۰ که شامل خشکسالی بسیار شدید و بیشتر از ۹۰ که شامل ترسالی بسیار شدید می‌باشد متغییر است.

توپوگرافی و حدود منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از لحاظ موقعیت مکانی در محدوده تهران می باشد که بین ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی در کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع واقع شده است(شکل ۱).

ارتفاع شهر در جنوب در فرودگاه مهرآباد ۱۲۰۰ متر می‌رسد. اگر چه شیب عمومی شهر به طرف جنوب است ولی در داخل شهر هم ناهمواری بسیار است. ارتفاع البرز دیواره‌های شمالی و کوه‌های محدود بی‌بی شهر بانو دیواره شرقی شهر را تشکیل می‌دهند. اما نواحی جنوبی و غربی تهران چندان مرتفع نیست. در نتیجه سدهای کوهستانی شمال و شرق مانع خروج مواد زایدی می‌شوند که توسط بادهای غربی به داخل فضای شهر آورده شده و سبب می‌شوند که هوای شهر بویژه در نواحی مرکزی و شرقی آلوده شود. با توجه به اینکه بادهای غالب تهران جهت غربی و بیشتر صنایع در غرب تهران مستقر هستند می‌توان انتظار داشت که هوای شهر اغلب اوقات آلوده می‌شود.

شیب عمومی شمال به جنوب تهران در وضعیت وارونگی‌های دمایی تهران اثر دارد. برای مثال اگر ارتفاع لایه وارونگی در فرودگاه مهرآباد ۱۰۰ متر باشد، در منطقه مهر آباد مواد آلاینده در ارتفاع بالاتر از سطح زندگی مردم قرار دارند در صورتی‌که در نواحی شمالی‌تر به جهت شیب زمین فاصله تا لایه وارونگی کمتر شده و تراکم آلاینده ها شدیدتر شده و هوا آلوده‌تر می‌شود. شدت آلودگی زمانی زیاد می‌شود که بادهای جنوبی هم بوزند . در صورت بیشتر شدن ارتفاع لایه وارونگی ممکن است که در جنوب لایه وارونگی از سطح زمین فاصله زیاد داشته باشد و در شمال هم سطح زمین بالاتر از سطح وارونگی باشد و فقط مناطق مرکزی تهران آلوده شوند.



شکل ۱– نقشه توپوگرافی شهر تهران

آرایش سدهای کوهستانی سبب شده است که بادهای محلی نیز در تهران بوزند. برای نمونه در شب‌ها نسیم کوه آلاینده‌ها را به طرف مرکز شهر آورده و شدت آلودگی را بالا می‌برد. در طول روز هم نسیم دشت و بادهای جنوبی مواد آلوده را به طرف شمال برده و نواحی شمالی آلوده می‌شوند. اثر توپوگرافی در واقع از طریق تاثیر در شرایط اقلیمی منطقه مانند وارونگی‌ها و جریان‌های هوا جلوه‌گر می شود (Safavi and Alijani, 2007).

نتایج

بررسی و مقایسه برخی عناصر اقلیمی مهم برای سه دوره آماری (پاک، میانی و آلوده)

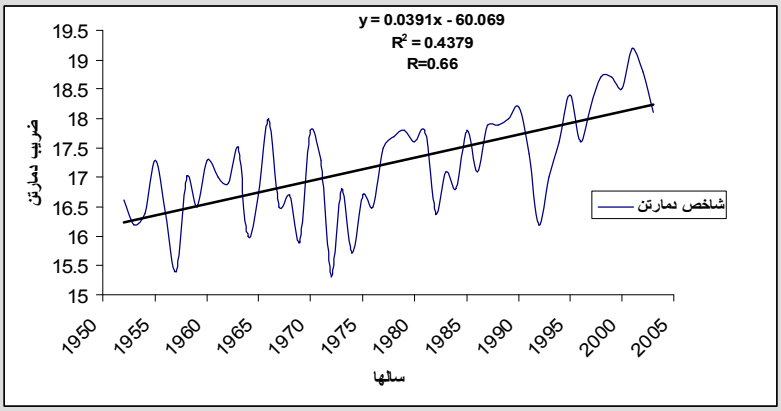
در این پژوهش از ۵۱ سال دوره آماری (پاک، میانی و آلوده) استفاده گردیده است. هدف از این تقسیم‌بندی افزایش وسایل نقلیه موتوری، کارخانه‌ها و افزایش استفاده و بهره‌برداری از سوخت‌های فسیلی و افزایش جمعیت در دوره اخیر(2003-1987)، و انتخاب دوره میانی، بخاطر متعادل بودن شرایط آلودگی در طی سال‌های (1986-1970) و، وجود شرایط عادی، نبود تراکم جمعیتی در تهران، کمبود وسایل نقلیه و کارخانه‌ها و در نهایت پاکیزگی هوا در دوره اول (1969-1952) دلیل انتخاب این نوع تقسیم بندی بوده است.

شناسایی محدوده اقلیمی برای سه دوره مذکور

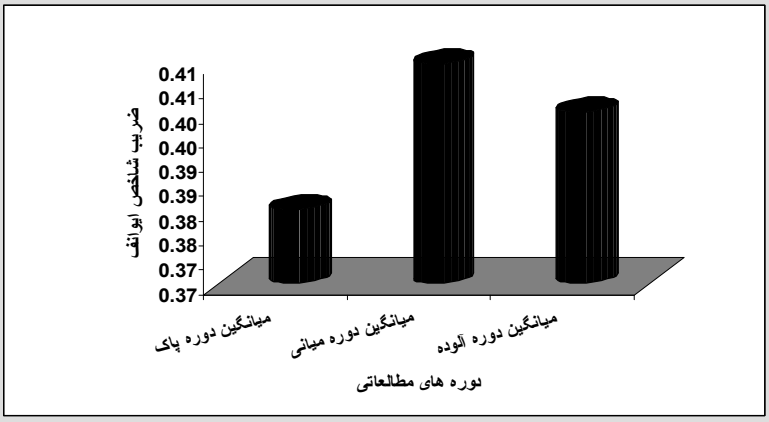
برای درک نوسانات اقلیمی ایستگاه مربوطه، ابتدا با استفاده از طول دوره آماری ۵۱ ساله(2003-1952) ، روند درازمدت نوسانات اقلیمی شناسایی گردید و در مرحله بعد با در نظر گرفتن میانگین اقلیمی برای ۳ دوره مطالعاتی، نوع اقلیم این ایستگاه را برای سه دوره مذکور با استفاده از روش ضریب رطوبتی ایوانف و دمارتن محاسبه گردید.

با توجه به محاسبات انجام شده از طریق داده‌های ۵۱ ساله (2003-1952) ، روند درازمدت اقلیمی ضریب ایوانف از معناداری قابل قبولی برخوردار نبوده، اما این روند برای نوسانات اقلیمی با استفاده از روش دمارتن با R=0.6 کاملا معنادار و قابل قبول می‌باشد. بطور کل افزایشی بودن این روند گویای حرکت به سمت شرایطی مرطوب‌تر نسبت به دهه های گذشته می‌باشد.

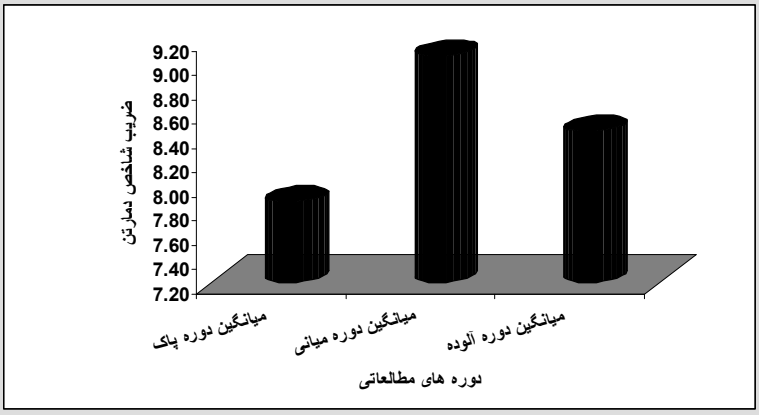
در دنباله ضریب رطوبتی ایوانف برای هر سه دوره مطالعاتی استخراج گردیده که نتایج این‌گونه می‌باشد: در دوره اول ۰/۳۸ ، دوره دوم ضریب ۰/۴۱ و در نهایت دوره سوم ضریب ۰/۴۰ حاصل گردیده است. اگر چه اقلیم منطقه در هر سه دوره در محدوده استپی قرار داشته، اما آنچه مسلم است، افزایشی بودن این ضریب در دوره آلوده نسبت به دوره پاک می باشد (شکل۳). در ادامه همین وضعیت برای خروجی های روش دمارتن نیز قابل مشاهده می‌باشد. در دوره پاک ضریب دمارتن ۷/۸۶، دوره میانی ۹ و دوره آلوده ۸/۴۵ می‌باشد. به طوری که مشاهده می‌شود، هر چند هر سه دوره در محدوده اقلیمی خشک قرار گرفته‌اند اما این وضعیت به وضوح نشان دهنده افزایشی بودن میانگین دوره آلوده نسبت به دوره پاک است. (شکل۴). اگر چه بین خروجی‌های دوره‌های مختلف، از لحاظ کمی و عددی تفاوت ناچیزی مشاهده می‌شود، اما این نکته را نباید فراموش کرد که امروزه، در بسیاری از سناریوهای تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، نتایج تحقیقات بیان کننده تغییرات اقلیم در قالب دهم‌ها و صدم‌هایی است که این مقادیر ناچیز، تاثیرات بسزایی در پدیده های آب و هوایی و ایجاد ناهنجاری‌های جوی داشته اند.



شکل ۲- نوسانات درازمدت شاخص اقلیمی دمارتن برای ایستگاه تهران



شکل ۳- شاخص اقلیمی ایوانف برای ۳ دوره ۱۷ ساله ایستگاه تهران



شکل ٤- شاخص اقلیمی دمارتن برای ۳ دوره ۱۷ ساله ایستگاه تهران

بررسی روند گرمایی در ایستگاه تهران

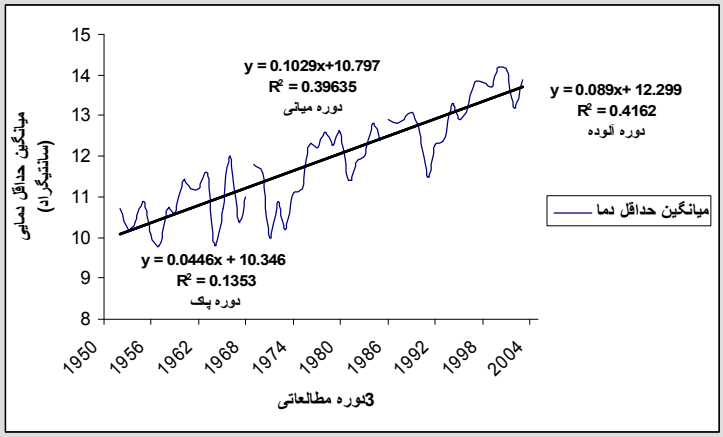
امروزه یکی از اثرات مستقیم افزایش آلودگی های هوا، تشدید گرمایش جهانی است(Harmens, 2007) . در سال‌های اخیر توجه بسیاری از متخصصان اقلیم شناسی به مساله گرم شدن هوا و تغییراتی که در اقلیم بوجود خواهد آمد جلب شده است (Joakim, 2005; Derwent, 2006; Haines, 2006; Linda,2007). بخصوص اینکه گرم شدن هوا بیشتر در مناطقی محسوس است که با آلودگی بیشتر هوا مواجه می‌باشند. هر چند هنوز تعدادی از متخصصان هوا و اقلیم شناسی، اتفاقی را که در یکی دو دهه گذشته در رابطه با افزایش دمای هوا و یا به عبارتی تغییر اقلیم در گوشه و کنار دنیا رخ داده است موضوعی گذرا و غیر پایدار می‌دانند، اما تعداد زیادی از دانشمندان نیز بر این باورند که ما به لحاظ محیط‌شناسی وارد دوران جدیدی از گرم شدن هوا شده‌ایم و باید خود را برای رویاروئی با آن آماده کنیم (Pamela, 2004; Haines, 2006; Raga, 2001). مهم‌ترین عاملی که برای گرم شدن تدریجی هوا ذکر می‌شود حبس شدن انرژی تابشی خورشید در اتمسفر بوسیله گازهای گلخانه‌ای است که غلظت و تراکم آنها در اتمسفر طی سال‌های گذشته و بخصوص سال‌های اخیر بتدریج افزایش یافته است. لذا در این بخش برای نشان دادن نوسانات گرمایی ایستگاه تهران برای این سه دوره، اقدام به میانگین گیری‌های حداقل، حداکثر، روزانه و اختلاف دمایی تهران شده (جدول۱) و نمودارها، روندها و سطوح معناداری آنها را مشخص نموده است (شکل۵و۶و۷و۸).

با توجه به جدول ۱، برای ایستگاه تهران، مشخص می‌شود که میانگین داده‌های دمایی برای هر سه دوره در حال افزایش بوده و این موضوع برای دوره آلوده از مقدار بیشتری نسبت به دوره های قبل و میانگین کل برخوردار می‌باشد. اما همان‌گونه که از میانگین اختلاف دمایی مشاهده می‌شود، این اختلاف برای دوره آلوده نسبت به دوره های قبلی، کاهش یافته که این حالت گویای تعدیل شدن حالت‌های فرین و افراطی و نزدیک شدن به حالت نرمال داده های دمایی می‌باشد. در دنباله با محاسبه معادله خط رگرسیونی و ترسیم روندهای مربوطه، این نکته حاصل گردید که، در هر سه پارامتر حداقل و حداکثر و میانگین دمای روزانه، دوره آلوده با افزایش دمای نسبی و معناداری نسبت به دو دوره دیگر برخوردار می‌باشد، بطوری‌که برای میانگین حداکثر

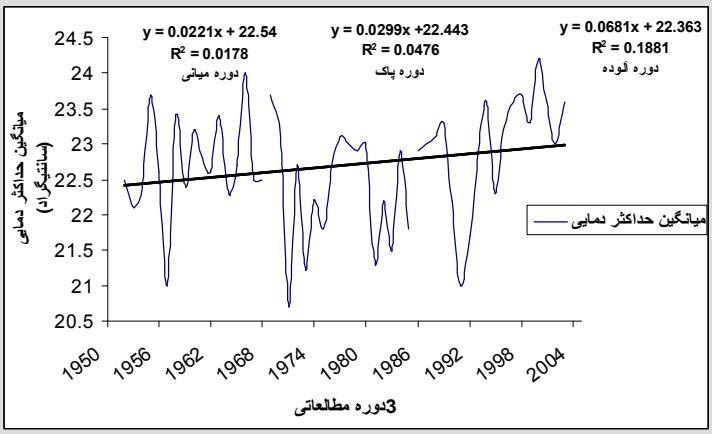
جدول۱- میانگین مولفه‌های دمایی به همراه انحراف معیارشان برای سه دوره مطالعاتی

پارامترها / دوره ها	میانگین اختلاف دمایی	انحراف معیار	میانگین دمای روزانه	انحراف معیار	میانگین حداکثر دمایی	انحراف معیار	میانگین حداقل دمایی	انحراف معیار
دوره پاک	11.9	۰,۴	16.67	۰,۶	22.61	۰,۷	10.73	۰,۶
دوره میانی	10.6	۰,۷	17.0	۰,۸	22.34	۰,۸	11.72	۰,۸
دوره آلوده	9.88	۰,۳	18.02	۰,۷	23.0	۰,۸	13.1	۰,۷
میانگین کل	10.8	۰,۵	17.2	۰,۷	22.6	۰,۷۷	11.79	۰,۷

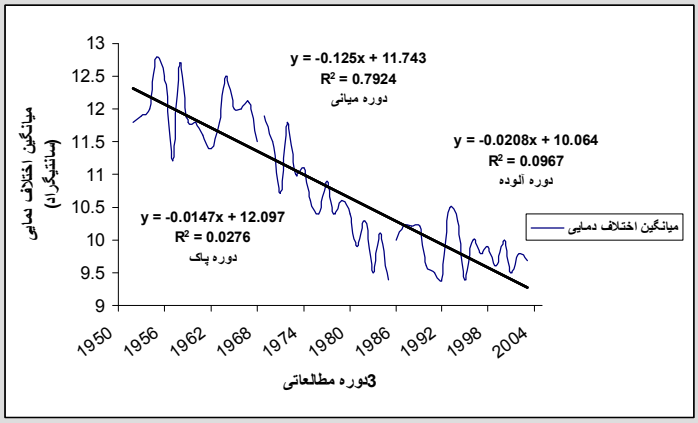
دمایی دو دوره پاک و میانی روندهای افزایشی تصادفی بوده اما در مورد دوره آلوده وضعیت متفاوتی را نشان می‌دهد، بگونه‌ای که این روند افزایش دمایی در سطح ۵ درصد معنادار می‌باشد (شکل ۵) و در مورد میانگین روزانه دمایی، دوره پاک و میانی، مجددا روند افزایشی دما تصادفی بوده، اما در دوره آلوده روند افزایش دمایی در سطح ۲ درصد معنادار می‌باشد (شکل۷) و برای میانگین حداقل دمایی، دوره میانی و آلوده با سطوح معناداری ۱ درصد در حال افزایش بوده اما روند افزایشی دوره پاک تصادفی می‌باشد (شکل۴). اما برای میانگین اختلاف دمایی هر چند دوره آلوده با کاهش، کم‌ترین اختلاف دمایی نسبت به دو دوره قبل همراه است، اما روند دوره میانی با سطح معناداری ۱ درصد، اعتبار بیشتری نسبت به دو دوره دیگر را نشان می‌دهد (شکل۶). در مجموع با توجه به انحراف معیار برای مولفه‌های مختلف دمایی، کم‌ترین مقادیر انحراف معیار در دوره پاک و بیشترین آن در دوره میانی ملاحظه می‌شود.



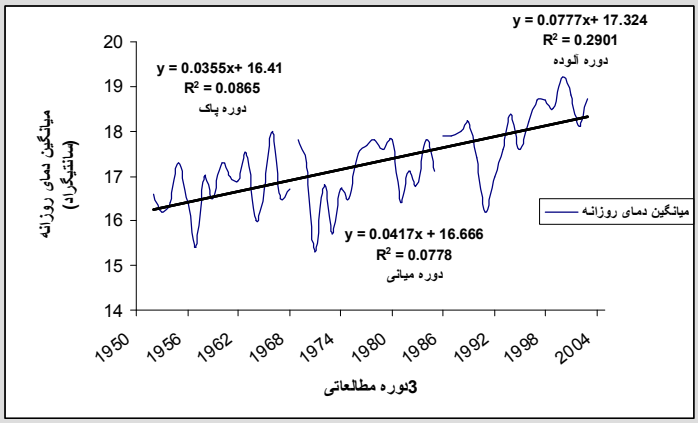
شکل ۵- روند تغییرات حداقل دمایی برای ایستگاه تهران برای ۳ دوره مطالعاتی



شکل ٦- روند تغییرات حداکثر دمایی برای ایستگاه تهران برای ۳ دوره مطالعاتی



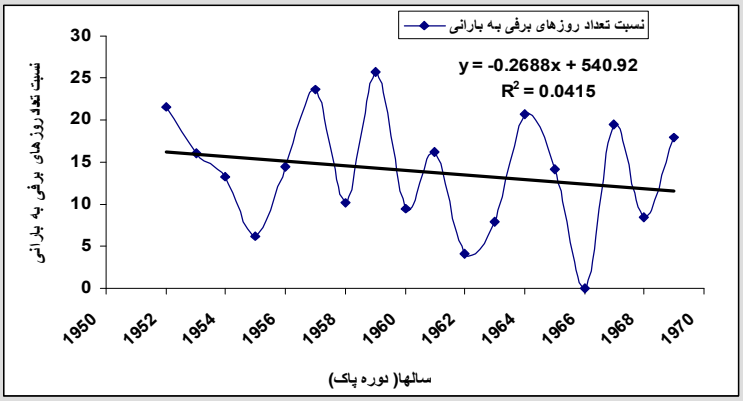
شکل ۷- روند تغییرات اختلاف دمایی برای ایستگاه تهران برای ۳ دوره مطالعاتی



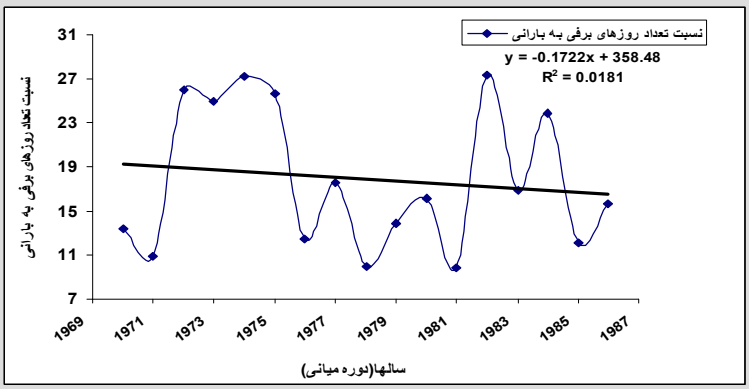
شکل ۸- روند تغییرات روزانه دمایی برای ایستگاه تهران برای ۳ دوره مطالعاتی

نسبت درصد تعداد روزهای برفی به روزهای بارانی

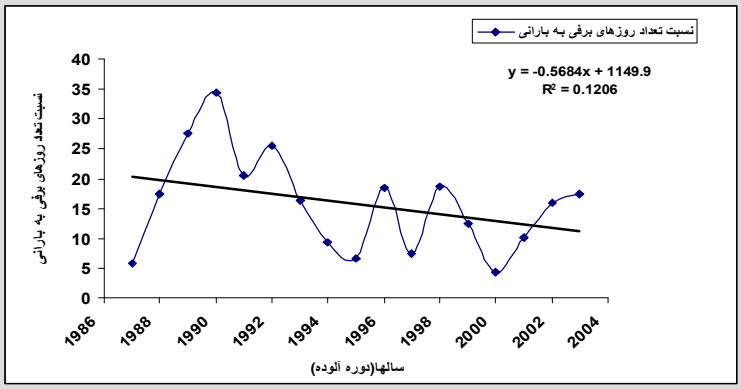
یکی دیگر از از اثرات، افزایش آلودگی هوا و گازهای گلخانه‌ای و در نهایت افزایش گرمایش جهانی، کاهش تعداد روزهایی با بارش از نوع جامدات به عنوان مثال، برف، نسبت به تعداد روزهای با بارش از نوع مایع و باران می‌باشد. بنابراین در این قسمت این نسبت را برای این سه دوره مذکور مشخص گردیده شده است.



شکل۹- روند نسبت تعداد روزهای برفی به بارش برای دوره پاک



شکل۱۰- روند نسبت تعداد روزهای برفی به بارش برای دوره میانی



شکل۱۱- روند نسبت تعداد روزهای برفی به بارش برای دوره آلوده

بعد از بررسی نسبت درصد تعداد روزهای برفی به بارانی برای این سه دوره با توجه به اشکال(۱۰،۹،۱۱)، این نکته حاصل گردید که در تمام دوره‌ها این نسبت نزولی است، اما در دوره آلوده با روند تقریبا معنادار، نسبت به دوره های قبلی همبستگی بیشتری را نشان می دهد و این می‌تواند به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش نسبی در ایستگاه مذکور باشد . بنابراین یکی از اثرات این پدیده می‌تواند افزایش بارش‌های مایع و نیز تشدید حالت همرفتی بوده و پتانسیل سیلاب‌خیزی ایستگاه تهران را برای آینده‌ای نه چندان دور تشدید نماید.

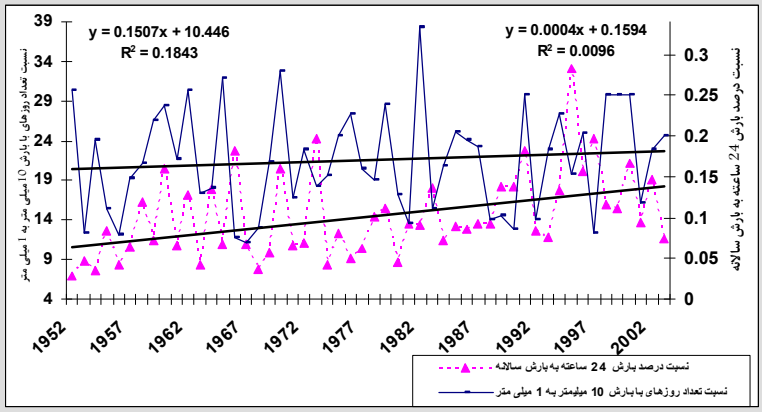
بررسی نوسانات شدت بارش(نسبت درصد بارش ۲٤ ساعته به سالانه - و نسبت تعداد روزهایی با، ۱mmبه۱۰mm بارش)

یکی از روش‌های بررسی تغییرات شدت بارش برای یک دوره آماری، استفاده از نمودار بارش سالانه و ۲۴ ساعته برای هر ایستگاه است (Rowshan *et al.*, 2007). حداکثر بارش ۲۴ ساعته فراسنجی است که نسبت آن به بارش کل ماهانه یا سالانه می‌تواند به عنوان معیاری از جهت شدت بارش و سیلابی بودن آب و هوا مورد توجه قرار گیرد. در دنباله همین نسبت را در مورد تعداد روزهای بارش با ۱mm به ۱۰ mm انجام گرفته شده است. هدف از انجام این مرحله نشان دادن نوسانات فراسنج بارش در طول دوره آماری موجود و تاثیر آن در تشدید یافتن بارش‌های سیلابی ایستگاه تهران بوده است.

همان‌طور که شکل۱۲ نشان می‌دهد، روندها در هر دو پارامتر برای با توجه به کل دوره آماری (2003 - 1952) در حال افزایش می‌باشد، اما این روند در مورد دوره‌های سه گانه متفاوت بوده، بگونه‌ای که نسبت تعداد روزهای بارش با ۱۰mm به ۱ mm برای دوره پاک و میانی کاهشی و تصادفی، اما این وضعیت در مورد دوره آلوده تغییر کرده، و این روند در این دوره صعودی و تقریبا معنادار است، حال در ادامه هر چند که نسبت درصد بارش ۲۴ ساعته به سالانه برای دوره اول و سوم صعودی می‌باشد اما این روند برای دوره میانی نیز روند کاهشی و تصادفی می‌دهد. در مجموع با توجه به شکل (۱۲) این وضعیت گویای افزایش سهم نسبی بارش‌های شدید، مخصوصا در دوره آلوده می‌باشد که این حالت از ویژگی مناطق آب و هوایی در حال خشک و سیلابی شدن است.

خشکسالی هواشناسی

همان‌گونه که مطرح گردید یکی از اثرات آلودگی



شکل۱۲- نمودارمولفه‌های مختلف بارش برای ایستگاه تهران

هوا،گرم شدن زمین و افزایش تبخیر و تعرق و در نهایت افزایش دوره های خشکسالی است. اما گرم شدن زمین در همه جا با افزایش خشکسالی و در نهایت خشکی همراه نمی‌باشد و این سناریو در مکان‌های مختلف نقش متفاوتی را ایفا می‌نماید. به گونه‌ای که گرمایش زمین در بعضی از مناطق دنیا با ترسالیها و افزایش بارش همراه بوده است. بنابراین، در این قسمت با استفاده از شاخص خشکسالی DPI تعداد دوره های خشکسالی و میانگین DPI را برای دوره‌های سه‌گانه محاسبه گردیده تا نقش گرمایش جهانی متاثر از آلاینده‌های هوا، بر روند خشکسالیها در ایستگاه تهران شناسایی گردد.

نمایه دهکهای بارندگی (DPI)

بعد از محاسبه خشکسالی‌ها ، دوره پاک با رخداد ۸ خشکسالی ضعیف تا بسیار شدید و با میانگین DPI، ۴۰/۷، به عنوان خشکسال‌ترین دوره شناسایی گردیده است و مسلما این شرایط بدون تاثیر پذیری از آلودگی هوا می باشد. اما دوره میانی با ۵ دوره خشکسالی ضعیف تا شدید و میانگین DPI، ۵۶/۴ به عنوان ترسال‌ترین دوره شناسایی گردیده است. و حال آنکه دوره آلوده با ۶ دوره خشکسالی ضعیف تا بسیار شدید و میانگین DPI، ۵/ ۵۳ در رده دوم خشکسالی نسبت به دیگر دوره ها قرار گرفته است. آنچه مسلم است، در مقایسه بین دوره آلوده با دوره پاک، می‌توان گفت که دوره آلوده با اختلاف تقریبا ۱۳ درصدی از شاخصDPI ، از ترسالیهای بیشتری نسبت به دوره پاک برخوردار بوده است. چنان‌که روند افزایشی تغییرات اقلیمی با استفاده از روش دمارتن نیز موید این موضوع می‌باشد.

بحث

ارتباط بین عناصر اقلیمی و آلاینده‌های هوا

در این قسمت با استفاده از روش‌های آماری چون ضریب همبستگی، معادله خط رگرسیون، و جداول به بررسی و تجزیه و تحلیل ارتباط عناصر اقلیمی همچون درجه حرارت (میانگین حداکثر، حداقل و روزانه) ، فشار (متوسط از سطح دریا)، رطوبت نسبی (بر حسب درصد)، باد (سرعت)، تابش (ساعات آفتابی)، بارش (ماهانه، تعداد روزهای بارش بالاتر از 10,5,1mm) و تعداد روزهای بارش برف و ابرناکی آسمان با آلاینده‌هایی چون، دی اکسید نیتروژن (NO_2)، NO، مونواکسید کربن (CO)، دی اکسید گوگرد (SO_2)، و Co_2 برای دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۹۷ پرداخته شد.

برای تعیین ضریب همبستگی و ارتباط بین عناصر اقلیمی و آلاینده‌های شهر تهران از میانگین سالانه در طول دوره آماری 2003-1997 استفاده گردید و نتایج زیر بدست آمد:

۱- در بین پارامترهای دمایی(میانگین حداقل، حداکثر و روزانه دمایی)، میانگین حداقل دمایی با میانگین کل همبستگی ۰/۸۳- از نزدیک ترین رابطه با آلاینده‌های هوا برخوردار می‌باشد. بطوری که دی اکسید نیتروژن با r = -۰/۹۱ و در سطح معناداری ۲ درصد از بالاترین اعتبار برخوردار می‌باشد. بطور کل مولفه دما رابطه معنادارتری را با آلاینده های هوا نسبت به دیگر پارامترهای اقلیمی نشان می‌دهد (جدول ۲).

۲- درصد میانگین رطوبت نسبی، با میانگین همبستگی کل r = -۰/۲۵ همبستگی ضعیفی را با آلاینده‌های هوا نشان می‌دهد. اما No با r = -0/51 گویای بالاترین همبستگی آلاینده‌های هوا با رطوبت نسبی است (جدول ۲).

۳- بطور کلی در تمام پارامترهای بارش، رابطه مستقیمی با آلاینده‌های هوا دیده می‌شود. بگونه‌ای که با افزایش آلاینده‌ها ، میزان بارش افزایش یافته و با کاهش آن عکس این قضیه صادق است، و این

جدول۲- ارتباط بین میانگین سالانه عناصر اقلیمی با آلاینده‌های هوای شهر تهران برای دوره آماری(2003-1997)

عناصر اقلیمی / آلاینده های هوا	S_o2	N_o2	C_o2	No	co	میانگین کل همبستگی
میانگین حداقل دمایی	-0.89	-0.91	-0.9	-0.62	-0.81	-0.83
میانگین حداکثر دمایی	-0.73	-0.68	-0.74	-0.66	-0.67	-0.7
میانگین روزانه دمایی	-0.79	-0.8	-0.82	-0.66	-0.75	-0.76
میانگین رطوبت نسبی	0.14	-0.26	-0.26	-0.51	-0.37	-0.25
میانگین بارش سالانه	0.35	0.41	0.56	0.91	0.65	0.57
میانگین تعداد روزهای بارش با ۱۰mm	0.3	0.44	0.51	0.72	0.52	0.5
میانگین تعداد روزهای بارش با ۵mm	0.45	0.59	0.7	0.94	0.81	0.7
میانگین تعداد روزهای بارش با ۱mm	0.17	0.25	0.41	0.84	0.54	0.44
میانگین کل تعداد روزهای بارش	0.59	0.55	0.7	0.89	0.8	0.71
میانگین تعداد روزهای بارش برف	0.37	0.6	0.67	0.88	0.77	0.66
میانگین تعداد روزهای طوفانی	0.23	0.17	0.34	0.68	0.49	0.38
میانگین تعداد روزهای گرد و خاک	0.08	-0.4	-0.29	-0.28	-0.31	-0.24
میانگین متوسط سرعت باد	0.2	0.2	0.38	0.82	0.48	0.42
میانگین فشار متوسط از سطح دریا	0.46	0.81	0.66	0.34	0.6	0.57
میانگین ساعات آفتابی	-0.68	-0.29	-0.47	-0.52	-0.47	-0.49
ابرناکی آسمان در سطح ۲/۸	0.62	0.54	0.71	0.93	0.8	0.72
ابرناکی آسمان در سطح ۷/۸	-0.47	-0.47	-0.59	-0.75	-0.7	-0.59

بخاطر نقش آلاینده‌ها، بعنوان هسته‌های تراکم بارش می‌باشد. اما در بین پارامترهای بارش، میانگین کل تعداد روزهای بارش و تعداد روزهای بارش بالاتر از 5mm با r =0.7 از بالاترین همبستگی در سطح تقریبا ۱۰ درصد و تعداد روزهای بارش با 1mm با میانگین همبستگی کل r = 0.44 کم‌ترین همبستگی با آلاینده‌های هوا را دارند (جدول۲).

۴- در ادامه، همبستگی میانگین تعداد روزهای طوفانی با آلاینده‌های هوا را می‌توان نام برد، که رابطه بین آنها از نوع مستقیم است، بطوری که با افزایش آلاینده‌ها، میزان تعداد روزهای طوفانی افزایش و با کاهش آن از تعداد روزهای طوفانی کاسته می‌شود. امروزه یکی از علل افزایش طوفان‌های سهمگین در سرتاسر جهان منجمله سواحل جنوبی خلیج مکزیک، افزایش دما بر اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای بوده و این نکته را نباید فراموش نمود که دما و رطوبت به عنوان دو بازوی تشکیل طوفان‌های سهمگین عمل می‌نماید. اما در ادامه نکته قابل توجه وجود رابطه معکوس و تصادفی بین تعداد روزهای گرد و خاک با آلاینده‌های هوا برای ایستگاه تهران بوده است (جدول۲).

۵- در بین آلاینده های هوا، No با r = 0.82 و سطح معناداری ۱۰ درصد ارتباط معناداری‌تری نسبت به دیگر آلاینده‌ها با میانگین سرعت متوسط بادرا نشان می‌دهد، و بطور کلی رابطه آلاینده‌های هوا با میانگین سرعت متوسط باد برای ایستگاه تهران مستقیم می‌باشد (جدول ۲).

۶- از میان آلاینده‌های هوا، No2 با r =0.81 و سطح معناداری ۱۰ درصد دارای بالاترین همبستگی با عنصر فشار متوسط از سطح دریا است. لازم به توضیح است، که عنصر فشار همانند سرعت متوسط باد از رابطه مستقیمی با آلاینده‌ها برخوردار است (جدول۲).

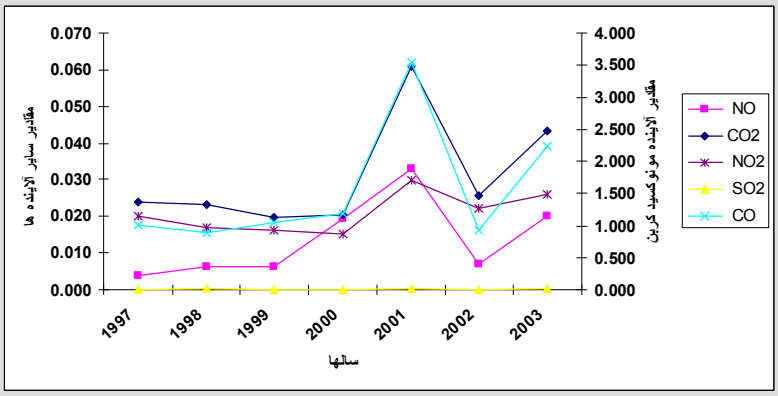
۷- نکته بارز در مورد رابطه بین آلاینده‌های هوا و میانگین ساعات آفتابی وجود رابطه معکوس است، یعنی با افزایش آلاینده‌ها از ساعات آفتابی کاسته و عکس آن نیز، با کاهش آلاینده‌ها به ساعات آفتابی افزوده می‌شود. در مجموع رابطه بین عناصر اقلیمی و آلاینده‌ها از نوع تصادفی است (جدول ۲).

۸- در میان پارامترهای ابرناکی، سطح ابرناکی ۲/۸ با میانگین کل همبستگی، r = 0.72 ارتباط بیشتری با آلاینده‌های هوا نسبت به ابرناکی هوا در سطح ۷/۸ با میانگین کل همبستگی r = -0.52 را نشان داده، اما نکته جالب توجه وجود رابطه مستقیم بین آلاینده‌های هوا با سطح ابرناکی ۷/۸ و عکس این حالت در مورد آلاینده‌های هوا برای سطح ابرناکی ۲/۸ است (جدول۲).

روند آلاینده‌های هوا

در این مرحله، به منظور تعیین سال‌های ازدیاد آلودگی و همچنین نشان دادن روند آلاینده‌های هوا و تغییراتشان، با استفاده از داده های سال‌های (2003-1997) ابتدا میانگین سالانه آنها محاسبه و سپس نمودار آنها ترسیم گردیده است (شکل ۱۳).

همان‌گونه که از شکل ۱۳مشاهده می‌شود، تا قبل از سال 2001 میلادی روند افزایش آلاینده‌ها، بکندی بوده اما در سال 2001 این روند بطور ناگهانی، بصورت جهشی افزایش یافته، حال پس از یک کاهش در میزان آلاینده ها در سال 2002 نسبت به سال 2001، مجددا روند آلاینده‌ها، گویای سیر صعودی برای سال‌های اخیر است. بنابراین وجود روند افزایشی و تقریبا تصادفی آلاینده‌ها برای ایستگاه تهران واضح و روشن می‌باشد.



شکل۱۳– روند میانگین سالانه آلاینده‌های هوا در ایستگاه تهران

نتیجه‌گیری

شهر تهران امروزه به‌عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان شناخته شده است. این شهر در قلب کشور و دارای بالاترین سهم از نظر فعالیت‌های آموزشی، اداری، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی است. آلودگی هوای تهران در وهله اول ناشی از سیستم غلط شهرسازی و رشد و توسعه ناهمگون و بدون برنامه آن، بدون ارزیابی و پیش بینی زیر ساخت‌های لازم برای آن می‌باشد، که در کنار آن مقدار زیاد وسایل نقلیه موتوری و احتراق ناقص سوخت در این وسایل و شرایط توپوگرافی و اقلیمی حاکم بر این شهر بر تشدید این آلودگی کمک نموده است.در این مقاله سعی گردیده که به بررسی تاثیرات آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی ایستگاه تهران پرداخته شود که با توجه به تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در بخش های قبل، نتیجه‌گیری زیر حاصل گریده است:

نتایج تحقیق گویای وجود نوسانات و تغییرات مولفه‌های اقلیمی، بخصوص در دهه اخیر (دوره آلوده) است. و این تغییرات باعث گذار اقلیمی شهر تهران بسوی شرایطی گرم و مرطوب تر شده است. به گونه‌ای که با توجه به محاسبات انجام شده از طریق داده های ۵۱ ساله (1952 - 2003)، روند درازمدت ضریب اقلیمی دمارتن از معناداری قابل قبولی برخوردار بوده. به صورتی که این روند گویای افزایشی بودن ضریب دمارتن برای سال‌های اخیر می‌باشد. این وضعیت نشان‌دهنده نوسانات اقلیمی ایستگاه تهران بسوی اقلیمی مرطوب‌تر نسبت به دهه‌های قبل بوده است. یک دلیل علمی بر معتبر بودن این نتیجه، چنین می‌باشد که با افزایش آلاینده‌های جوی در سال‌های اخیر، این آلاینده‌ها به‌عنوان هستک‌های بارش، پتانسیل ریزش‌های جوی، بالاخص در شدت بارش‌ها برای شهر تهران را افزایش داده‌اند. مطالعات قبلی نیز افزایشی بودن بارش‌ها را در شهرهای بزرگ بدلیل ازدیاد آلاینده‌ها تایید می‌کنند. بنابراین با افزایش بارش که به عنوان مولفه تاثیرگذار در طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن می‌باشد، لذا می‌توان این چنین گفت که روند افزایشی بودن ضریب دمارتن با توجه به مبانی علمی، صحیح می‌باشد.

اما با توجه به جدول ۱، برای ایستگاه تهران، مشخص می‌شود که میانگین داده‌های دمایی برای هر سه دوره در حال افزایش بوده و این روند برای دوره آلوده از مقدار

بیشتری نسبت به دوره های قبل و میانگین کل برخوردار می‌باشد. اما همان‌گونه که از میانگین اختلاف دمایی مشاهده می‌شود، این اختلاف برای دوره آلوده نسبت به دوره‌های قبلی، کاهش یافته که این حالت گویای تعدیل شدن حالت‌های فرین و افراطی و نزدیک شدن به حالت نرمال داده‌های دمایی است. و با توجه به محاسبات انجام شده ، نتایج نشان می‌دهد که در هر سه پارامتر حداقل و حداکثر و میانگین دمای روزانه، دوره آلوده از افزایش دمای نسبی و معناداری نسبت به دو دوره دیگر برخوردار است. شاید این را چنین می‌توان تفسیر نمود که با توجه به افزایش آلاینده‌های جوی در سال‌های اخیر، شرایط گلخانه‌ای تشدید یافته و این وضعیت، گرمای بیشتری را در شهر تهران محبوس نموده که نهایتا این شرایط به مرور زمان، بر میزان مقادیر مولفه‌های دمایی افزوده است. بنابراین افزایش دما، اعتباری بر گذار اقلیمی شهر تهران بسوی آب و هوایی گرم و مرطوبتر می‌باشد. این افزایش دمایی تاثیرات دیگری را بدنبال داشته است، چنان‌چه باعث افزایش سهم تعداد روزهای بارانی به برفی گردیده و این توانسته با توجه به افزایشی بودن سهم بارشهای ۲۴ ساعته به سالانه و بارشهای ۱۰ میلی متر به ۱ میلیمتر، پتانسیل سیلاب‌خیزی منطقه را افزایش دهد. پس از دیگر اثرات افزایش دمایی را می‌توان به افزوده شدن بارش‌های مایع و نیز تشدید حالت همرفتی و در نهایت افزایش پتانسیل سیلاب‌خیزی ایستگاه تهران اشاره نمود.

بعد از محاسبه خشکسالی‌ها نیز ، آنچه استخراج گردید موید وجود ترسالیهای بیشتر در دوره آلوده در مقایسه با دوره پاک می‌باشد. در مقایسه بین دوره آلوده با دوره پاک، می‌توان گفت که دوره آلوده با اختلاف تقریبا ۱۳ درصدی از شاخصDPI ، از ترسالیهای بیشتری نسبت به دوره پاک برخوردار بوده است. چنان‌که روند افزایشی ضریب تغییرات اقلیمی با استفاده از روش دمارتن نیز این موضوع را تایید می‌کند.

به طور کلی پس از محاسبه مقادیر همبستگی میان مولفه‌های اقلیمی و آلاینده‌های هوا برای ایستگاه تهران، نتایج گویای رابطه نسبتاً معنادار بین این دو مولفه بوده، بنا براین چنین می‌توان نتیجه گرفت که هرگونه افزایش و کاهش آلاینده‌ها در میزان و روند عناصر آب و هوایی و نوسانات اقلیمی، بالاخص دوره آلوده، تاثیر گذار بوده است.

اما در پایان، همانگونه که می‌دانیم، شرایط اقلیمی در ابعاد کلان و خرد همانند چرخدنده‌های یک کارخانه عمل می‌نماید، که حرکت یک چرخ دنده باعث حرکت دیگر چرخ دنده‌ها و تاثیرگذاری بروی آنها می‌شود. منظور اینکه شرایط اقلیمی وابستگی زیادی به پدیده‌های مختلف دارد که حتی مدل‌های پیشرفته امروزی نیز از خلق و پیش بینی شرایط آب و هوایی برای آینده‌ای نزدیک نیز عاجز و با اشتباهات بزرگی همراه می‌باشند. لذا ما مدعی این مسئله نمی‌باشیم که یک یا چند عامل آلاینده جوی، به عنوان عوامل کنترل کننده شرایط جوی می‌باشند، اما می‌توانند تاثیراتی هر چند خرد بر شرایط اقلیمی منطقه شهری ایفا نمایند.

منابع

Anderson, D., G. Henry, E. Roney and P. Taylor (2006). Linking air pollution with climate change .*Tyndal centre for climate change research*, 25: 45-51.

Azizi, G.H. (2002). Numerical classification climate station in Iran by use litynski method. *Research in Geography*, 41: 39-51.

Botkin, D. (2002). Environmental problems. Translate by younos karim poor. Oroumiyeh: *Jahad daneshgahi press*.

George, F. (2007). Modeling the regional effects of climate change on air quality. *Geosciences*, 28: 187-197.

Graedel ,T.E. and P.J. Crutzen (1993). Atmospheric change: an earth system perspective. New York: *Freeman Company press*.

Haines, A. (2006). Climate change and human health: Impacts, vulnerability and public health. *Public Health*, 120: 142-150.

Haines, A. (2006). Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation. *The Lancet*, 367: 87-94.

Harmens, H., J. Richma and L. Terri (2007). Implications of climate change for the stomatal flux of ozone: A case study for winter wheat. *Environmental Pollution*, 146:315-324.

Joakim, L. and T. Holest (2005). Impact of climate change on surface ozone and deposition of sulphur and nitrogen in Europe. *Atmospheric Environment*, 39: 441-447.

Karnosky, D.F., D. Kolel and H. Dulay (2003). Air pollution and global change: A double challenge to forest ecosystems. *Developments in Environmental Sciences*, 3: 165-171.

Kaviyani, M. (2002). Microclimatology. Tehran: *Samt press*.

Mickler, R. A., S. Krashen and C. Waddle (2003). Responses of forests in the eastern US to air pollution and climate change. *Developments in Environmental Sciences*, 3: 192-198.

Bytnerowicz, A., S.H moralla and K. Thoram (2007). Integrated effects of air pollution and climate change on forests: A northern hemisphere perspective. *Environmental pollutions*, 47: 124-132.

Chappelka, H. and S. Pan (2007). Influence of ozone pollution and climate variability on net primary productivity and carbon storage in China's grassland ecosystems from 1961 to 2000. *Environmental Pollution*, 149:85-94

Christopher, M., D. korish and F. Coralel (2007). Erratum to "Modeling human exposures to air pollution control (APC) residues released from landfills in England and Wales". *Environment International*, 33: 62-68.

Derwent, R.G., F. Diffley and G. R. Tucker (2006). External influences on Europe's air quality: Baseline methane, carbon monoxide and ozone from 1990 to 2030 at Mace Head, Ireland. *Atmospheric Environment*, 40: 112-116.

Enger , A. J. (2000). transboundary air pollution : climate change and the policy of joint implementation. *United nation*, 59: 85-94.

Fiore, A.M. (2002). linking ozone pollution and climate change. The case for controlling methane. *Geophysical Research Letters*, 106: 178-184.

Geiser, L.H. and P. Neitlich (2007). Air pollution and climate gradients in western Oregon and Washington indicated by epiphytic macro lichens. *Environmental pollution*, 145: 312-317.

Geiser, L.H. and R.F.E. Crang (2005). Effects of season and low-level air pollution on physiology and element content of lichens from the U.S. *Pacific Northwest. Science of Total Environment*, 343: 224-233.

Pamela, K. and B. Hawkis (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agro technology drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 52-57.

Paoletti, E., K. Burt and E. Alatis (2007). Impacts of air pollution and climate change on forest ecosystem emerging research needs. *Scientific world journal*,169: 287-294.

Raga, G.B., G. Beattie and S. Natalicio (2001). The impact of mega city pollution on local climate and implications for the regional environment: Mexico City. *Atmospheric Environment*, 35: 35-42.

Rowshan, G.R., H. Mohammadi and T. Nasrabadi (2007). The Role of Climate Study in Analyzing Flood Forming Potential of Water Basins. *International journal of Environmental Research*, 3: 231-236.

Safavi, S.R. and B. Alijani (2007). Study geographical factors in Tehran air pollution. *Research in Geography*, 58: 99-112.

Schaub, M. and E. Paoletti (2007). Introductory remarks to the special issue – XXII IUFRO World Congress, 2005 Brisbane – Air pollution and climate change: A global overview of the effects on forest vegetation. *Environmental Pollution*, 147: 347-354.

Shaemi, A. (2005). *Determine areas of Iran bioclimatic*. PhD thesis. *University of Tehran*.

Tang, U.W. and Z.S. Wang (2007).Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modeling system. *Environmental Modeling & Software*, 22: 241-247.