جغرافیا (نشریه علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)
دورهٔ جدید، سال ششم، شماره ۱۹ و ۱۸ پاییز و زمستان ۱۳۸۸

مطالعه همدیدی بر همکنش عناصر جوی ترازهای مختلف، در رابطه با تغییرات ازن (مطالعه موردی تهران)

غلامرضا روشن،[۱] دکتر زهرا حجازی زاده،[۲]
دکتر فرامرز خوش اخلاق[۳] و جعفر میرکتولی[۴]

چکیده:

امروزه افزایش جمعیت بشری و استفاده از سوختهای فسیلی باعث افـزایش آلاینـده هـا و در نتیجه تشدید حالتهای گلخانه ای و در بعضی مناطق باعث نازک شدن و یا سوراخ شـدن لایـه ازن گردیده است. با توجه به سهم ازن در سلامت بشری این ضرورت ایجاد گردید کـه مقـادیر بیشینه و کمینه ازن برای ایستگاه تهران شناسایی و رابطـه آن بـا الگوهـای همدیـدی جـوی شناسایی گردد. جهت انجام این کار از مولفه های فـشار، رطوبـت، دمـا، مـوج بلنـد و کوتـاه خورشیدی در سطوح ۵۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال استفاده شده است. مقادیر این داده ها در سطوح مختلف جوی، از نقشه های همدیدی سایت NOAA، استخراج شده است. هرچند که بیـشتر تغییرات ازن سطح بالا در لایه های ۵۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال اتفاق می افتد، ولی هدف از انتخاب تراز ۵۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال، مقایسه نتایج در لایه های مختلف جوی و تعیین اعتبـار مطالعـه مورد نظر بوده است. در راستای انجام این پژوهش، داده های ازن بـرای یـک دوره آمـاری بـه مدت۴ سال(۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵)از سایت موسسه ژئوفیزیک دانـشگاه تهـران اسـتخراج گردیـده است. بعد از مطالعات آماری مورد نظر مقادیر بیشینه و کمینه ازن بترتیب برای ماههای مارس و اکتبر استخراج و در مرحله بعد با استفاده از روشهای کمی و کیفی به شناسـایی رابطـه ایـن مقادیر با مولفه های اقلیمی پرداخته شده است. یافته‌های حاصل از تجزیـه و تحلیـل داده هـا حاکی از آن است که مابین مقادیر بیشینه(کمینه) ازن با رطوبت، دما و امواج بلنـد و کوتـاه ... رابطه معناداری وجود دارد.

---

1 . دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه تهران
2 . استاد جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم
3 . استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
4 . استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان

کلیدواژگان: آب و هوا شناسی همدیدی، مولفه های اقلیمی، ازن سطح بالا، ایستگاه تهران

مقدمه

اگرچه مقدار ازن 10^{-3} درصد جرم جو است، اما نقش مهمی در حیات موجودات زنده کره زمین و زندگی بشر دارد. این مسئله باعث شده است که تحقیقاتی در زمینه توزیع افقی و قائم و سازوکار تشکیل و تغییرات غلظت ازن جوی بعنوان یک عامل مهم انجام شود. مساله جالب در ارتباط با ازن حضور آن بعنوان یک گاز فعال در بسیاری از کنش های شمیایی است. بطور کلی دو مساله مهم در رابطه با ازن وجود دارد، اول وجود تغییرات شدت تابشهای فرابنفش خورشیدی که به زمین می رسد و اثرات قابل توجه آن در زیست کره و دوم اثرات آن در تغییرات دما و نیز ساختار دینامیکی جو .

ازن یک لایه کامل نیست و محل آن از فصلی به فصل دیگر نسبت به عرضهای جغرافیایی تغییر می کند. ولی می توان حداکثر تمرکز آن را در ارتفاع حدود ۲۵ کیلومتری برآورد کرد (دراک،۲۰۰۰ و پاال۲۰۰۰). ازن در دو قسمت از جو دیده می‌شود، یکی در پوش سپهر، بین لایه ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری بالای سطح زمین و دیگری در وردسپهر که از سطح زمین تا ۱۵ کیلومتری آن کشیده شده است. ازن پوش سپهر به عنوان لایه ازن شناخته می شود که نقش موثری در جلوگیری از ورود تابشهای فرابنفش به سطح زمین و در نتیجه حفظ حیات ایفا می‌نماید. اما از طرف دیگر ازن نزدیک به سطح زمین، بعنوان عاملی مضر برای سلامتی بشر، زندگی گیاهان و جانوران ، آلودگی هوا و غیره... تاثیرگذار می باشد (آگیری- باسورک و دیگران،۲۰۰۶).

ازن (O_3)که مولکولهای آن از پیوند یافتن سه اتم اکسیژن با یکدیگر تشکیل شده که تقریبا با اکثر مواد آلی واکنش نشان می‌دهد. تراکم لایه ازن بدلیل ضخامت زیاد لایه ازن در استوا و ضخامت کم در قطب‌ها تغییر می‌کند. میزان ازن در بالای سطح کره زمین بوسیله مقیاسی به نام واحد دابسون اندازه گیری می شود که این میزان در منطقه استوایی در حدود ۲۶۰ دابسون است. بطور کلی ضخامت ازن در نیمکره شمالی در طول سال ۴ درصد کاهش می یابد. حدود ۴/۶ درصد از سطح زمین توسط لایه ازن جوی پوشیده نمی‌شود که به آن رخنه ازن گفته می شود. لایه ازن می تواند در حضور کلرو فلوئور و یا برم تخریب شود. این عناصر در برخی ترکیبات شیمیایی مثل کلرو فلوئورکربنهای (CFC) موجود در سرد کننده ها، وجود دارند که توسط تابشهای فرابنفش تجزیه می‌شوند. علاوه بر موارد اصلی موثر بر توزیع ازن، می‌توان به نوسانات در تابش های خورشیدی(ساعات تابش و یا لکه های خورشیدی)، پهنه های آذرخش، عبور و

استقرار سامانه های همدیدی و بسیاری از عوامل دیگر موثر بر ضخامت لایه ازن در یک منطقه اشاره کرد.

همانگونه که اشاره شد وجود لایه ازن از چنان اهمیتی برخوردار است که اگر این لایه از بین برود، کلیه شکلهای حیات منجمله حیات گیاهی و حیات جانوری و انسان در مدت کوتاهی منقرض خواهند شد. در حال حاضر آسیب دیدن این لایه، سامانه های زیست محیطی را در سراسر پهنه گیتی دچار ناهماهنگی و عدم توازن فزاینده کرده است، اهمیت این موضوع باعث گردیده است که مطالعات فراوانی در مورد کم و کیف ازن و آلودگی هوا در نقاط مختلف دنیا انجام پذیرد، که از آن جمله کارهایی است که در زمینه استفاده از مدلهایی برای پیش بینی و تغییرات کیفیت و ازن هوای شهری می باشد.(گریگوری و دیگران، ۲۰۰۸؛ شیکایی و دیگران، ۲۰۰۸؛ گابریل و همکاران، ۲۰۰۸؛ ویات اپل و همکاران، ۲۰۰۷) و یا کارهایی که در رابطه با تخمین مقادیر آئروسلها و ازن و شناخت مشخصات ازن در نواحی شهری و روستایی توسط محققانی نظیر (شام و همکاران، ۱۹۷۲؛ ویلر، ۱۹۹۴؛ گارسیا و دیگران،۲۰۰۵ ؛ اسچونمیر، ۱۹۹۶) بوده است .

اما در این بین، کارهایی در زمینه آب و هوا شناسی همدیدی و ازن نیز انجام گرفته است. از آنجمله این کارها که توسط وان لی چنگ در زمینه شناسایی ارتباط بین تمرکز ازن سطح بالا در حوضه تای چانگ را می توان نام برد (وان لی چنگ، ۲۰۰۱) و یا به مطالعه و شناسایی رابطه بین پارامترهای هواشناسی در مقیاس همدیدی، ماکرو و مزو در رابطه با کیفیت پایین و آلودگی هوا و افزایش ازن در آتن اشاره نمود (باسیل – کاتسولیس، ۱۹۹۶). بنابراین با توجه به اهمیت نقش ازن در زندگی بشر و حیات در کره زمین، این ضرورت ایجاد گردید تا مقادیر بیشینه و کمینه ازن در ایستگاه تهران از لحاظ سینوپتیکی مورد مطالعه قرار گیرد.

همانگونه که از ادبیات موضوع مشاهده می‌شود، اکثر مطالعات پیشین به استفاده از مدلهایی برای پیش بینی و برآورد تغییرات ازن هوای شهری و توجه بیشتر به ازن سطحی بوده است، اما در این مطالعه سعی گردیده تا بیشترین تلاش صرف شناسایی نوع رابطه بین پدیده‌های جوی (در قالب مطالعه همدیدی) با مقادیر ازن سطح بالا باشد. زیرا شناخت مناسب از وجود نوع رابطه بین این ۲ مولفه، کمک شایانی در پیش‌بینی‌های بعدی را بدنبال خواهد داشت.

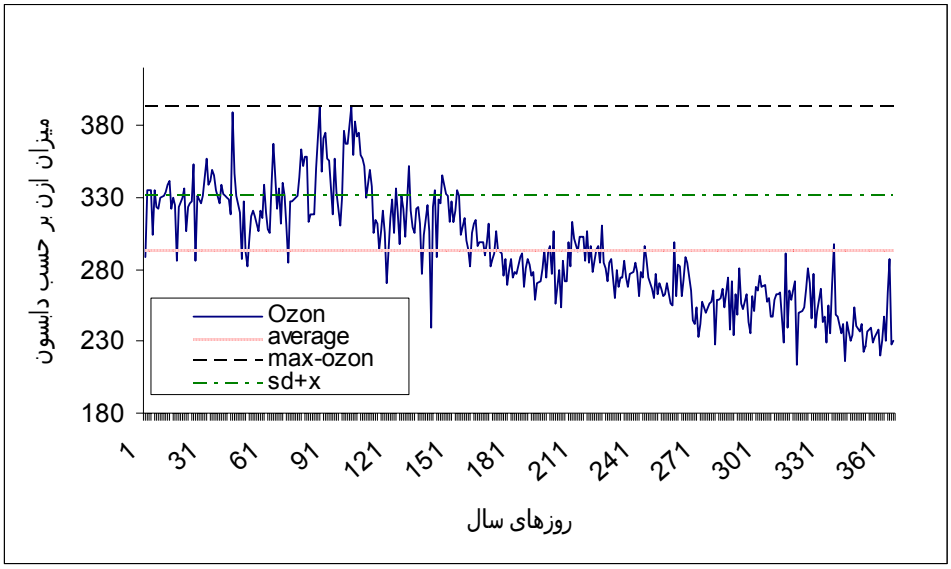
شهر تهران بین ۳۵ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی در کوهپایه های جنوبی رشته کوههای البرز با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومتر مربع واقع شده.است. شیب عمومی شهر به طرف جنوب است ولی در داخل شهر هم ناهمواری بسیار وجود دارد. ارتفاعات البرز، دیواره‌های شمالی و کوههای

محدود بی بی شهربانو دیواره شرقی شهر را تشکیل می دهند. اما نواحی جنوبی و غربی تهران چندان مرتفع نیست. در نتیجه سدهای کوهستانی شمال و شرق از خروج مواد زایدی که توسط بادهای غربی به داخل فضای شهر آورده شده، جلوگیری می‌کنند و باعث آلودگی هوای شهر بویژه در نواحی مرکزی و شرقی می‌شوند. با توجه به اینکه بادهای غالب تهران جهت غربی و بیشتر صنایع در غرب تهران مستقر هستند می توان انتظار داشت که هوای شهر اغلب اوقات آلوده باشد. آرایش سدهای کوهستانی سبب وزش بادهای محلی در تهران شده‌اند. برای نمونه در شبها نسیم کوه آلاینده ها را به طرف مرکز شهر آورده و شدت آلودگی را بالا می برد. در طول روز هم نسیم دشت و بادهای جنوبی مواد آلوده را به طرف شمال برده و نواحی شمالی آلوده می شوند. اثر توپوگرافی در واقع از طریق تاثیر در شرایط اقلیمی منطقه مانند وارونگی ها و جریان های هوا تبلور می‌یابد.

مواد و روشهای پژوهش

در پژوهش حاضر، داده های دما، فشار، رطوبت، مقدار تابشهای بلند زمین‌تاب و کوتاه خورشیدی از نقشه های همدیدی تراز ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکالی، برای طول جغرافیایی صفر تا ۱۰۰ درجه شرقی و عرض ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی استخراج شده است. اگر چه بیشتر تغییرات ازن سطح بالا در لایه های ۵۰ تا ۱۰۰ هکتوپاسکال رخ میدهد، ولی هدف از انتخاب سطوح ۵۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکالی، مقایسه نتایج در لایه های مختلف جو، برای تعیین اعتبار پژوهش مورد نظر بوده است. در این مطالعه علاوه بر مولفه های بالا، از داده های تعداد لکه‌های خورشیدی و نهایتا تعداد روزهای آذرخش نیز استفاده گردیده است. بعلت دامنه کم داده‌های ازن، از آنجا که دوره آماری 2002 تا 2005 از انسجام بیشتر آمار، نسبت به دوره های دیگر برخوردار بوده، بعنوان مبنای دوره مطالعاتی مورد نظر انتخاب گردیده است. لازم به توضیح است که واحد اندازه گیری ازن در این مطالعه بر اساس دابسون می باشد. پس از بازسازی داده‌های ناقص با استفاده از روشهای آماری، دوره بیشینه و کمینه ازن که بترتیب شامل ماه مارس و اکتبر بوده شناسایی گردیده است(شکل۱). در مرحله بعد مقادیر میانگین این ماهها برای سالهای 2005 تا 2002 محاسبه شده است. بنابراین بیشینه مقدار ازن در ماه مارس در سال ۲۰۰۵ و کمینه مقدار ازن برای ماه اکتبر در سال ۲۰۰۳ اتفاق افتاده است.

برای شناسایی حداکثر(حداقل) مقادیر رخداد ازن در سالهای مورد نظر، از دو مولفه حداکثر(حداقل) ازن رخداد داده در سال n ام و میانگین مقادیر ازن سال n ام باضافه(منهای) انحراف معیار آن سال استفاده شده است. بنابراین دوره هایی که ازن آنها در بین این ۲ محدوده قرار دارد، گویای بیشینه ترین(کمینه ترین) دوره های رخداد ازن می باشند.



شکل(۱) مقادیر روزانه ازن برای سال ۲۰۰۵ در محدوده مورد مطالعه

پس از انجام این مرحله و شناسایی بیشینه و کمینه مقدار ازن ماهانه، با استفاده از پراسنجهای‌های اقلیمی فوق الذکر، به مقایسه و شناسایی رابطه بین دوره های بیشینه و کمینه ازن با اقدام گردیده است. بنابراین در هر قسمت، رابطه یکی از عناصر اقلیمی با دوره های بیشینه و کمینه ازن مورد مطالعه قرار گرفته است.

مطالعه دمایی لایه های مختلف جو

در این مرحله، با استفاده از نقشه های تراز ۵۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکالی به شناسایی رابطه بین لایه‌های مختلف دمایی با مقادیر ازن پرداخته شده است. برای انجام این کار بترتیب، ستونی از دمای لایه‌های مختلف (بعنوان مثال تراز ۵۰ هکتوپاسکال) برای ماه مارس (اکتبر) سالهای آماری مورد مطالعه(۲۰۰۵-۲۰۰۲) تنظیم و در ستون دوم نیز بطور متناظر مقادیر ازن آن ماه، برای دوره مربوطه مشخص نموده و در نهایت ضریب همبستگی محاسبه شده است. تا در نهایت بتوان رابطه افزایش و کاهش ازن را با تغییرات دمایی لایه‌های مختلف جوی شناسایی کرد. بنابراین این کار برای تمام لایه‌های دمایی و هر دو ماه کمینه و بیشینه ازن انجام پذیرفته که نتایج در زیر بیان گردیده است:

الف) برای مارس که بیشینه مقدار ازن را در بر دارد، افزایش ازن با افزایش دما در دو لایه ۵۰ و ۱۰۰ میلی بار همراه بوده و با کاهش آن نیز عکس این مسئله صادق بوده است. اما در لایه‌های دیگر با افزایش ازن، کاهش دما و با کاهش ازن، افزایش دما دیده می شود(بین لایه پوش سپهر و وردسپهر رابطه دمایی وارون برقرار می باشد). لازم به ذکر است که از نظر آماری تنها ترازهای ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال، نزدیکترین فاصله را به مرز معناداری را داشته اند. (شکل۳و۲).

ب) در ماه اکتبر که کمینه مقادیر ازن دیده می‌شود بالعکس ماه مارس، در تراز دمایی ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال، افزایش(کاهش) ازن با کاهش(افزایش) لایه دمایی همراه بوده و این تغییرات در سطح ۱۰ درصد معنادارند(شکل۴ و۵). اما در بقیه ترازها، همانند ماه مارس رابطه وارون بین مقدار ازن و دما دیده می شود. برای دوره کمینه ازن همبستگی بین دمای ترازهای جوی با مقادیر ازن از رابطه معناداری در سطح ۱۰ درصد برخوردار بوده که بیشترین معناداری در تراز ۶۰۰ هکتوپاسکال ($R= 0.9$) به چشم می‌خورد.

ج) در مجموع مقایسه ترازهای ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال برای مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳ این نتیجه حاصل گردید که دمای ترازهای مذکور برای مارس ۲۰۰۵، بترتیب 0.56.5- و 0.62.25- درجه سانتیگراد می باشد، اما همین دما برای اکتبر ۲۰۰۳ شامل 0.61.5- و 64.5- درجه سانتیگراد است. این شرایط به وضوح نشان دهنده ارتباط معکوس بین افزایش و یا کاهش ازن با مقدار دمای لایه‌های مذکور می باشد. بگونه ای که در مارس با افزایش ازن مقدار دما نیز افزایش یافته اما در اکتبر این حالت متفاوت عمل نموده است.

مطالعه رطوبت نسبی لایه‌های مختلف جو

در گرمایش جهانی، دو عنصر دی اکسید کربن و بخار آب نقش زیادی دارند. هر چند که نقش دی اکسید کربن بعلت واکنش سریعتر به گرمایش محیط مهمتر از بخار آب می‌باشد. بنابراین افزایش رطوبت می تواند شرایط گلخانه

ای را افزایش دهد. از اینرو در این قسمت رطوبت نسبی در ۳ تراز ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالی برای دو ماه مارس (بیشینه) و اکتبر (کمینه) در دوره آماری (۲۰۰۵- ۲۰۰۲) مورد بررسی قرار گرفته است:

الف) با گذشت سال، وجود یک روند منظم ترتیبی، بصورت افزایشی یا کاهشی داده‌های رطوبت، برای ۳ تراز فوق الذکر، یعنی از مارس ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۰۵ مشاهده نشده است، یعنی افزایش و یا حتی کاهش رطوبت نسبی در مارس ۲۰۰۵ نسبت به دیگر سالها بصورت یک روند ترتیبی صعودی و یا نزولی منظم، مشاهده نمی‌شود، بگونه‌ای که نه افزایش و نه کاهش رطوبت نسبی

بطور منظم از مارس ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ بصورت یکنواخت دیده نمی‌شود و داده های رطوبت برای سالهای مختلف دارای نوسان و افت و خیز می باشد. در نهایت پس از انجام عمل همبستگی مابین مقادیر رطوبت نسبی و ازن، رابطه معناداری شناسایی نشده است.اما در ماه اکتبر که کمینه ازن رخ داده است، وجود یک روند منظم در دوره آماری ۵ ساله از ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ مشاهده می‌شود بنحوی که با افزایش ازن از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ در ماه اکتبر، مقدار رطوبت نیز کاهش یافته، این وضعیت در سطح ۱۰ درصد معنادار بوده است. حال آنکه بیشترین همبستگی با $(r=)0.95$ به لایه ۴۰۰ هکتوپاسکال تعلق دارد. بنابراین این آمار نشان دهنده آن است که با افزایش ازن در لایه‌های مذکور، مقدار رطوبت نسبی کاهش یافته، بگونه‌ای که حداکثر رطوبت نسبی با حداقل ازن که در سال ۲۰۰۳ می‌باشد، همزمان است. اما با مقایسه رطوبت ترازهای مذکور در مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳، این نتیجه حاصل شد که در ترازهای ۳۰۰ ، ۴۰۰ و ۵۰۰، مقدار رطوبت برای مارس بیشتر از اکتبر که با توجه به رابطه بین رطوبت و دما قابل توجیه است. بنابراین افزایش رطوبت در این سه تراز، بیانگر دمای کمتر آنها در مارس ۲۰۰۵، نسبت به اکتبر ۲۰۰۳ می باشد و با در نظر داشتن این نکته که افزایش دما در پوش سپهر دارای ازن، با کاهش نسبی دما در ورد سپهر همراه است، می توان نتیجه گرفت که کاهش دما، در تراز دمای ۳۰۰ ، ۴۰۰ و ۵۰۰ در ورد سپهر در مارس ۲۰۰۵ با افزایش رطوبت این ترازها و متقابلا افزایش دما در ترازهای ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال پوش سپهر که متاثر از افزایش ازن است، همراه بوده که این ویژگی برای اکتبر بصورت وارون عمل کرده است(جدول۱).

جدول (۱) مقادیر دما و رطوبت لایه‌های مختلف جو برای مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳

سطوح / دوره	۵۰mb	۱۰۰mb	۲۰۰mb	۳۰۰mb	۴۰۰mb	۵۰۰mb	۶۰۰mb	۷۰۰mb
دمای مارس ۲۰۰۵	-۵۹.۵	-۶۲.۲۵	-۵۶.۵	-۴۶.۵	-	-۱۸.۷۵	-۱۰	-۱.۲۵
دمای اکتبر ۲۰۰۳	-۶۱.۵	-۶۴.۵	-۵۹	-۴۰.۵	-	-۱۲.۷۵	-۲.۲۵	۷.۵
رطوبت نسبی مارس ۲۰۰۵	-	-	-	۳۱.۵	۳۲.۵	۳۵	-	-
رطوبت نسبی اکتبر ۲۰۰۳	-	-	-	۳۰	۲۷.۵	۳۶.۲۵	-	-

بررسی تابشهای بلند زمینی و تابشهای کوتاه خورشیدی

برای بررسی رابطه بین مقادیر ازن با تابشهای بلند زمین‌تاب و امواج کوتاه خورشیدی، همانند دو پراسنج قبلی مراحل گفته شده را انجام داده و در نهایت نتایج بصورت زیر استخراج گردیده است:

- در زمان بیشینه ازن در ماه مارس، مقایسه بین دمای ترازهای جوی با تابشهای زمینی این نتیجه را بدست داد که در لایه‌های دمایی ۵۰ و ۱۰۰ که بیشترین تغییرات ازن وجود دارد، نتایج عکس دیگر تراز ها می باشد، بگو نه‌ای که افزایش دما با کاهش موج بلند و کاهش دما با افزایش موج بلند همراه است و این تغییرات در سطح ۱۰ درصد معنادار هستند. یعنی با افزایش ازن، میزان ورود تابشهای موج کوتاه خورشیدی کاهش یافته و متعاقب آن از میزان تابشهای زمینی برگشتی نیز کاسته می‌شود. از طرف دیگر رابطه بین دما و تابشهای موج بلند زمینی برای دیگر سطوح نیز از ارتباط مستقیم و معناداری در سطح ۱۰ درصد برخوردار است. هرچند که منبع اصلی گرمای ترازهای مختلف جوی، تابشهای گرمایی زمین است ولی این تراز ها از غلظت بسیار ناچیز ازن برخوردار بوده که نمی توانند در کاهش امواج کوتاه خورشیدی سهم زیادی ایفا نمایند. اما همین رابطه برای تابشهای کوتاه و دمای ترازهای جوی نتایج وارونی را نشان می‌دهد. بصورتی که در تراز ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال با افزایش مقدار موج کوتاه خورشیدی، دمای این ترازها افزایش یافته است. در ادامه بین مقادیر تابش موج بلند زمین‌تاب و تابش های سرخ کوتاه خورشیدی با مقدار ازن نیز همبستگی گرفته شده است. در این مرحله نیز نتایج عکس این دو پارامتر، تعیین اعتباری برای این مرحله از پژوهش بوده است. همبستگی بین تابشهای کوتاه خورشیدی(تابشهای زمینی) و میزان ازن، منفی (مثبت) می باشد. یعنی با افزایش(کاهش) مقدار ازن، ورودی تابش موج کوتاه خورشیدی کاسته(افزوده) شده است.
- در زمان کمینه ازن، که در ماه اکتبر است، همبستگی بین دمای ترازهای جوی و تابشهای زمینی در دو تراز ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال مثبت و معنادار بوده(سطح ۱۰ درصد)، یعنی با افزایش مقدار تابشهای موج بلند زمینی، دمای ترازهای مذکور افزایش پیدا کرده ولی در تراز ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال همبستگی منفی است. که جهت تعیین اعتبار نتایج، از رابطه بین امواج کوتاه و دمای تراز استفاده گردیده که نتایج، وارون تابشهای بلند زمینی بوده است. یعنی بخاطر وجود تمرکز ازن در ترازهای مذکور، موج کوتاه خورشیدی بیشتری جذب و در نتیجه دمای این تراز ها افزایش پیدا کرده است.

- همانگونه که مشخص است، با افزایش ازن علاوه بر کاهش مقدار تابش موج کوتاه در مقدار تابش های بلند زمینی نیز کاهش بوجود آید. بنابراین در مارس ۲۰۰۵، که بیشترین ازن در طول دوره آماری وجود داشته است، مقدار انرژی تابشی موج کوتاه- 202.5 می باشد، اما در اکتبر ۲۰۰۳ که کمینه ازن دیده شده مقدار موج کوتاه در حدود 175- است. حال آنکه متناظر آن مقدار انرژی تابش های بلند برای مارس ۲۰۰۵، حدود ۹۲/۵وات بر متر مکعب بوده که این مقدار علاوه بر کمتر بودن آن برای تمام ماههای مارس در دوره مطالعاتی، مقدار آن نیز از اکتبر ۲۰۰۳ که ۱۰۵ وات بر متر مکعب می باشد نیز کمتر می باشد(جدول۲).

جدول (۲) میانگین میزان امواج بلند و کوتاه در ایستگاه تهران برای دوره کمینه و بیشینه ازن در دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۰۲

سال / پارامتر	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
Long Wave-March	۹۷.۵	۹۲.۵	۹۵	۹۲.۵
Short Wave-March	-۲۱۰	-۲۰۲.۵	-۲۰۲.۵	-۲۰۲.۵
Long Wave-Oct	۱۰۵	۱۰۵	۱۱۲.۵	۱۱۵
Short Wave-Oct	-۱۷۵	-۱۷۵	-۱۷۵	-۱۸۰

ارتباط بین ترازهای فشار و مقدار ازن ترازهای جوی بالا

در این قسمت برای شناسایی نقش الگوهای فشار در مقدار ازن تراز بالا، به بررسی رابطه بین مقدار ازن و الگوهای فشار در ترازهای ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال پرداخته می‌شود.

- بطور کلی هر چه هوا پایدارتر، آشفتگی ها کمتر و آسمان صاف باشد، این عامل می‌تواند باعث تقویت و تشدید آلودگی‌ها و ازن سطحی گردد و انتظار می‌رود که در ترازهای بالا نیز، برای ازن همین شرایط وجود داشته باشد. بنابراین فشار جوی بیشتر با افزایش ازن رابطه مستقیم پیدا می‌کند. آزمون همبستگی بین مقادیر فشار و ازن تراز نشان داد که برای ماه مارس، در تراز ۵۰ هکتوپاسکال و برای ماه اکتبر برای دو تراز ۱۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال از اعتبار و معناداری در سطح ۱۰ درصد برخوردار است.
- در ادامه با مقایسه بین داده‌های فشار برای مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳، این مسئله مشخص می شود که مقادیر فشار در ماه اکتبر بیشتر از مارس می باشد. این مسئله را

شاید بتوان از دو دیدگاه واکاوی کرد، اول اینکه با افزایش فشار، مقدار ازن افزایش یافته ولی با افزایش ازن در ماه مارس دمای ترازهای‌های دیگر افزایش یافته و از مقدار فشار آنها کاسته شده است و یا به بیان دیگر اگر چه با توجه به جدول(۳) مقدار فشار در اکتبر بیشتر بوده است، شاید چنین بتوان استدلال نمود که بعلت افزایش ازن در لایه پوش سپهر، گرمای بیشتری در این لایه ایجاد شده که در نهایت باعث اختلاف بیشتر دمای آن با لایه وردسپهر که سردتر است، گردیده، که این حالت با تشدید حرکات همرفتی همراه بوده است. این نمایه همرفتی که جهت تعدیل انرژی رخ می‌دهد سبب کاهش مقدار فشار در ترازهای مختلف جو در ماه مارس شده است. حال آنکه در اکتبر ۲۰۰۳، بعلت نازکی لایه ازن از اختلاف دما بین لایه پوش سپهر و وردسپهر کاسته شده، بنابراین حرکات همرفتی ضعیف تر بوده و در نهایت این عامل باعث پایداری جوی و فشار بیشتر در منطقه شده است. و دوم مسئله اینکه در اکتبر بیشتر سامانه های تاثیرگذار بر ایران و منطقه خشکتر و پرفشارتر از ماه مارس است که این عامل توانسته منجر به فشار بیشتر در ماه اکتبر نسبت به ماه مارس شود.

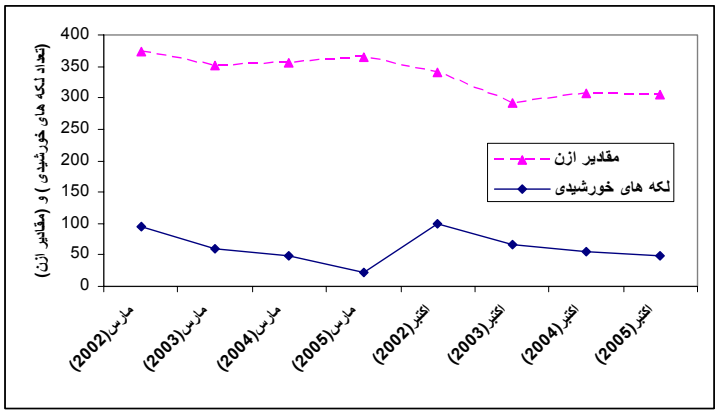
جدول(۳) مقادیر فشار برای سطوح مختلف جوی برای دوره‌های بیشینه و کمینه ازن

ارتفاع سطوح فشار	مارس	اکتبر
50 hectopascal level	20525	20662.5
100 hectopascal level	16225	16400
200 hectopascal level	11860	12150
300 hectopascal level	9250	9525
500 hectopascal level	5650	5825

رابطه بین میزان لکه‌های خورشیدی، ساعات آفتابی و آذرخش با تغییرات مقدار ازن جوی

مهمترین و بارزترین شاخصی که بیان کننده وردش پذیری خورشید است، تعداد لکه‌های موجود بر سطح آن می باشد. در پژوهش‌های اخیر برای سنجش میزان فعالیت خورشیدی از پراسنجهایی چون تعداد لکه‌های خورشیدی، نسبت مساحت و وسعت لکه‌های خورشیدی و طول سیکل لکه‌های خورشیدی استفاد شده است. این امر نقش و اهمیت این پدیده را در مطالعه وردش‌پذیری سطح خورشید و تاثیر آن بر پدیده‌های جوی و اقلیم زمین بیان می‌کند (عزیزی،۱۳۸۳، ۶۴). بطوری که مشخص است با افزایش لکه‌های خورشیدی، تابش مادون قرمز افزایش یافته و بالعکس با کاهش لکه‌های خورشیدی تابش فرابنفش تا اندازه ای بیشتر می شود.

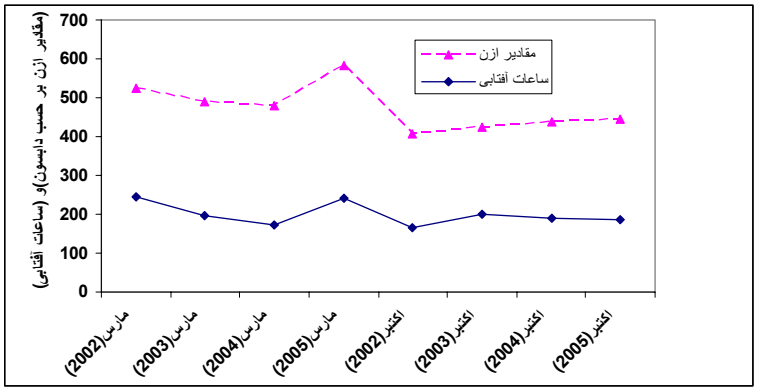
بنابراین چون برای ازن سازی نیاز به طول موج کوتاه بوده(فرابنفش)، پس وقتی لکه ها زیاد می‌باشد، بدلیل اینکه بیشینه تابش خورشیدی بطور نسبی بسمت طول موج بلند تر میل می‌کند و از فرابنفش کاسته می شود، لذا میزان ازن کاسته می‌شود.



شکل(۲) مقایسه تعداد لکه‌های خورشیدی با مقادیر ازن برای دوره بیشینه(مارس) و کمینه(اکتبر) ازن

ضریب همبستگی بین، مقادیر ازن مارس و اکتبر با مقادیر رخداد تعداد لکه‌های ($R=-0.6$پ) نشاندهنده رابطه‌ای وارون با سطح معناداری ۱۰ درصد است که صحت موضوع بالا را مبنی بر افزایش(کاهش) لکه‌های خورشیدی با کاهش (افزایش) مقادیر ازن تایید می‌نماید. همانگونه که شکل(۶) نشان می‌هد مارس ۲۰۰۵ با بالاترین مقدار ازن دارای کمترین مقدار لکه ها است.

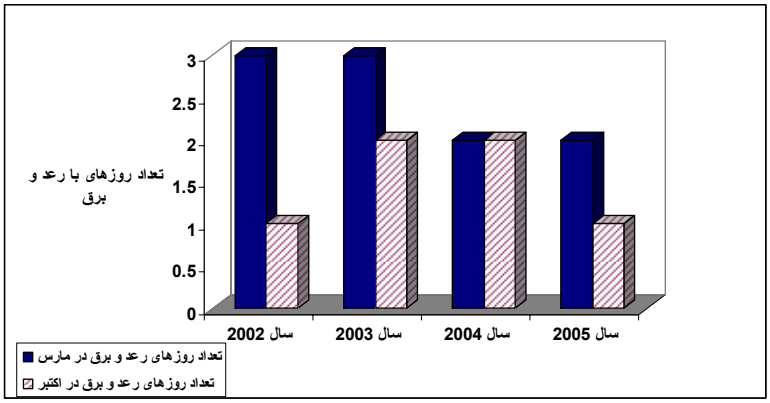
از دیگر عوامل موثر در شکل‌گیری لایه ازن می توان به میزان ساعات آفتابی اشاره کرد. از ضخامت لایه ازن در ساعات شب، بدلیل توقف عمل ازن‌سازی کاسته می‌شود. با توجه به این استدلال، مابین مقادیر ازن و ساعات آفتابی برای دو ماه بیشینه و کمینه ازن با ساعات آفتابی آنها مقایسه‌ای انجام گرفته شده که نتایج آن در شکل (۷) ارائه شده است.



شکل(۳): مقایسه میزان ساعات آفتابی با مقادیر ازن برای دوره بیشینه(مارس) و کمینه(اکتبر) ازن

همانگونه که در شکل (۷) دیده می‌شود، در ایامی که ساعات آفتابی افزایش یافته بر میزان ازن نیز افزوده شده که این شکل براحتی نشان می دهد در مارس ۲۰۰۵ که بالاترین ساعات آفتابی رخ داده، به تبعیت از آن نیز بالاترین مقدار ازن نیز دیده می‌شود.

در پایان مقایسه بین دوره‌های بیشینه و کمینه ازن و تعداد روزهای آذرخش انجام شده، که این متغییر با عمل ازن‌سازی رابطه مستقیم دارد. بدین منظور تعداد روزهای آذرخش با مقادیر در دو دوره بیشینه و کمینه ازن مورد آزمون همبستگی قرار گرفت. در هنگام وقوع آذرخش، بدلیل انرژی زیاد حاصله از آن، برخی از مولکولهای اکسیژن هوا به اتم اکسیژن شکسته و به مولکولهای دیگر اکسیژن، حمله نموده و تبدیل به ازن می‌شود. در ادامه با مقایسه تعداد روزهای آذرخش در مارس و اکتبر این نتیجه حاصل گردید که چون در مارس تعداد توفانهای آذرخش بیشتر از اکتبر است، در نهایت این مهم منجر به افزایش عمل ازن سازی در دوره بیشینه ازن گردیده است.



شکل(۴): مقایسه تعداد روزهای آذرخش برای دوره بیشینه(مارس) و کمینه(اکتبر) ازن

نتیجه گیری

الف)- شایان توجه است که کمبود داده‌های سالم و دوره محدود آماری سبب شده که در برخی موارد نتایج مورد انتظار حاصل نشود. اما با همین محدودیت ها نتایج قابل قبولی بدست آمده است.

ب)- بیشینه و کمینه ازن برای ایستگاه تهران در طول دوره آماری ۵ ساله (۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵)، بترتیب شامل مارس(۲۰۰۵) و اکتبر(۲۰۰۳) می باشد. اما بطور کلی در هر دو ماه با گذشت سال بر مقدار ازن افزوده شده است که این شرایط برای مارس با $R=0.97$ در سطح ۱۰ درصد معنادار بوده است.

ج)- برای مارس که بیشینه مقدار ازن را در بر دارد، افزایش ازن با افزایش دمای ترازهای ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال همراه بوده و برای اکتبر این شرایط وارون بوده است. در مجموع با مقایسه ترازهای ۵۰ و ۱۰۰ هکتوپاسکال برای مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳ این نتیجه حاصل گردید که دمای ترازهای مذکور برای مارس ۲۰۰۵، بترتیب 0.56.5- و 0.62.25- درجه سانتیگراد می‌باشد، اما همین دما برای اکتبر ۲۰۰۳ شامل 0.61.5- و 64.5- درجه سانتیگراد می باشد. این شرایط بگونه ای است که در مارس با افزایش ازن مقدار دما نیز افزایش یافته اما در اکتبر وضعیت وارون بوده است.

د)- روند منظمی در مقادیر رطوبت نسبی ۳ تراز ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال برای مارس ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ مشاهده نشده است. اما در ماه اکتبر که کمینه ازن رخ داده است، وجود یک روند منظم در دوره آماری ۵ ساله از ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ مشاهده می شود، بنحوی که بترتیب با افزایش ازن از سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵، مقدار رطوبت نسبی نیز کاهش یافته که روند آن در سطح ۱۰ درصد معنادار بوده است. با مقایسه بین لایه‌های مختلف رطوبتی نسبی مارس ۲۰۰۵ و اکتبر ۲۰۰۳، در ترازهای مورد مطالعه این نتیجه حاصل شد که در تراز ها ی۳۰۰ ، ۴۰۰ و ۵۰۰ ، مقدار رطوبت برای مارس بیشتر از اکتبر بوده، پس افزایش رطوبت در این سه تراز، گویای دمای کمتر این لایه ها در مارس ۲۰۰۵، نسبت به اکتبر ۲۰۰۳ می باشد. بنابراین می توان چنین گفت که کاهش دمای تراز ۳۰۰ ، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال(لایه‌های وردسپهر) در مارس ۲۰۰۵ با افزایش رطوبت این ترازها و افزایش دما در لایه‌های ۵۰ و ۱۰۰ که متاثر از افزایش ازن بوده است همراه بوده است و این نتیجه برای اکتبر بصورت وارون مشاهده می‌شود.

ز)- بطور کلی با بررسی رابطه بین فشار و مقدار ازن، این نکته بدست می‌آید که با بالا رفتن فشار، متناوباً ازن نیز افزایش پیدا کرده است. این رابطه برای تراز ۵۰ هکتوپاسکال در ماه مارس و تراز ۱۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال در ماه اکتبر در سطح ۱۰ درصد معنی دار است. اما با مشاهده مقادیر فشار برای دو ماه مذکور این مسئله مشخص می شود که مقادیر فشار در ماه اکتبر بیشتر

از مارس می باشد. این مسئله را شاید بتوان از دو دیدگاه واکاری کرد، ابتدا اینکه با افزایش فشار، مقدار ازن افزایش یافته و با افزایش ازن در ماه مارس دمای ترازها بیشتر شده که در نتیجه از فشار آنها کاسته می‌شود، و دوم اینکه سامانه های همدیدی حاکم در منطقه در ماه اکتبر خشکتر و از فشار بالنسبه بیشتری برخوردارند.

و)- با مقایسه ۳ متغییر لکه‌های خورشیدی، ساعات تابش آفتابی و تعداد روزهای آذرخش تهران با مقدار ازن در دوره‌های بیشینه و کمینه، این نتیجه بدست می‌آید که روند نوسانات متغیرهای فوق الذکر تعیین اعتباری در جهت افزایش مقدار ازن در ماه مارس نسبت به اکتبر بوده اند. بطوری که مشخص است با افزایش لکه‌های خورشیدی، تابش مادون قرمز افزایش یافته و بالعکس با کاهش لکه‌های خورشیدی تابش فرابنفش تا اندازه ای بیشتر می شود. بنابراین چون برای ازن‌سازی نیاز به طول موج کوتاه بوده(فرابنفش)، پس وقتی لکه ها زیاد می باشد، بدلیل اینکه بیشینه تابش خورشیدی بطور نسبی بسمت طول موج بلند تر میل می کند و از فرابنفش کاسته می‌شود، لذا میزان ازن کاسته می شود. همچنین وجود رابطه بین مقادیر ازن با رخداد آذرخش را چنین می‌توان تفسیر نمود که، در هنگام وقوع آذرخش، بدلیل انرژی زیاد حاصله از آن، برخی از مولکولهای اکسیژن هوا به اتم اکسیژن شکسته و به مولکولهای دیگر اکسیژن، حمله نموده و تبدیل به ازن می شود. در ادامه با مقایسه تعداد روزهای آذرخش در مارس و اکتبر این نتیجه حاصل گردید که چون در مارس تعداد توفانهای آذرخش بیشتر از اکتبر است، در نهایت این مهم منجر به افزایش عمل ازن سازی در دوره بیشینه ازن گردیده است.

ز)- در آخر باید این جمله را بخاطر داشت که تغییرات آب و هوایی در زمین تنها نتیجه تاثیر مستقیم انرژی خورشیدی نیست، بلکه تغییرات فشار اتمسفر هم تاثیر عمده ای در آن دارد و بنا به عقیده بعضی محققان مکتب شیکاگو، فقط از روی تغییرات سیستمها و امواج طبقات میانی و بالای اتمسفر، می‌توان تغییرات اقلیمی زمین را تبیین کرد(کاویانی و علیجانی،۱۳۷۸). همانگونه که نتایج نشان می‌دهند، روابط معناداری مابین پارامترهای آب و هوایی و ازن سطح بالا وجود دارد. شاید بتوان ازن سطح بالا را بعنوان یکی از مصادیق تاثیرگذار بر تغییرات سیستمها و امواج طبقات میانی و بالای اتمسفر معرفی نمود. بگونه ای که می‌توان پیش بینی نمود که با هر تغییری در میزان ازن سطح بالا، می‌توان انتظار داشت که تغییرات قابل توجهی در کم و کیف عناصر آب و هوایی و سامانه های جوی بر جای خواهد گذاشت، که این شرایط می‌تواند الگوی آب و هوای سطح زمین را دچار تغییر نماید. و این شاید یکی از تفسیرهای جزئی از گفته محققان مکتب شیکاگو باشد که ازن سطح بالا بعنوان جزئی کوچک اما تاثیر گذار بر سیستمهای میانی و بالایی جو معرفی می‌گردد که در برایند با دیگر مولفه ها می‌تواند نقش مهمی‌در تغییرات آب و هوایی سطح زمین ایفا نماید.

منابع

۱. سایت سازمان هواشناسی ایران.www.irimet.net

۲. کاویانی محمد رضا و بهلول علیجانی، مبانی آب و هواشناسی، ۱۳۷۸، انتشارات سمت، تهران، ص ۹.

۳. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران- داده‌های مربوط به ازن سطح بالا(۲۰۰۵- ۲۰۰۲)

۴. عزیزی، قاسم- تغییر اقلیم، ۱۳۸۳، انتشارات قومس، تهران،ص ۶۴.

5. -Agirre-Basurko,E.,Ibarra-Berastegi,G.,Madariaga,I.(2006).Regreession and multilayer perceptron-based models to forecast hourly O3 and NO2 levels in the Bilbao area. Environmental Modeling &Softward,21(4),430-446.
6. Basil D. Katsoulis .(1996).The relationship between synoptic, mesoscale and microscale meteorological parameters during poor air quality events in Athens, Greece, Science of The Total Environment, pp 13-24.
7. Drake , F.(2000). GoLobal Warming The Science of Climate Change. ARNOLD,273 PP.
8. Dubrovsky,M.(1993).Robust locally weighted regression: Algorithm, programming and application to radiation data.Prague: Charles University.
9. Gregorio Andria, Giuseppe Cavone and Anna M.L. Lanzolla.(2008).Modelling study for assessment and forecasting variation of urban air pollution ,Measurement, , pp 222-229.
10. Gregory R. Carmichael, Adrian Sandu, Tianfeng Chai, Dacian N. Daescu, Emil M.(2008). Constantinescu and Youhua Tang,Predicting air quality: Improvements through advanced methods to integrate models and measurements, Journal of Computational Physics,pp 3540-3571.
11. Gabriel Ibarra-Berastegi, Ana Elias, Astrid Barona, Jon Saenz, Agustin Ezcurra and Javier Diaz de Argandoña.(2008). From diagnosis to prognosis for forecasting air pollution using neural networks: Air pollution monitoring in Bilbao, Environmental Modelling & Software, pp 622-637.
12. K. Wyat Appel, Alice B. Gilliland, Golam Sarwar and Robert C. Gilliam.(2007).Evaluation of the Community Multiscale Air Quality (CMAQ) model version 4.5: Sensitivities impacting model performance: Part I—Ozone, Atmospheric Environment,pp 9603-9615.

13. **M. Weller and U. Leiterer.(1994).04.O.03 On aerosol optical thickness monitoring in central europe and some derived results, ,Journal of Aerosol Science, pp 27-28. M.A. García, M.L. Sánchez, I.A. Pérez and B. de Torre.(2005).Ground level ozone concentrations at a rural location in northern Spain,Science of The Total Environment, pp 135-150. NOAA.(2005). National Center for Environmental Prediction, http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.pressure.html.**
14. **Paul,S.(2000).A review of the observation and origins of the spring ozone maximum.Atmospheric Environment,34(21),3545-3561.**
15. **Shi Kai, Liu Chun-qiong, Ai Nan-shan and Zhang Xiao-hong.(2008). Using three methods to investigate time-scaling properties in air pollution indexes time series,Nonlinear Analysis: Real World Applications, pp-707.**
16. **Sham L. Sachdev, J.P. Lodge, Jr. and Philip W. (1972). West Specific method for the determination of ozone in the atmosphere, Analytica Chimica Acta, pp 141-147.**
17. **Th. Schoenemeyer, S. Emeis and M. Wichmann-Fiebig.(1996).Modelling of ozone in Northrhine-Westphalia; effect of emission reduction on ozone distribution, Physics and Chemistry of The Earth, pp 451-455. Wanner, H ., Herting, J. A .(1984). Studies of Urban Climates and Air Pollution in Switzerland. Journal of Climate and Meteorology 23, 1614-1625.**
18. **Wan-Li Cheng .(2001).Synoptic weather patterns and their relationship to high ozone concentrations in the Taichung Basin,Atmospheric Environment, pp4971-4994.**
19. **Yarnal, b.(1993).Synoptic climatology in environmental analysis. Belhaven/CRC press,London.**
20. **Yazdanpanah,M., Karimi, Z., Hejazizadeh, Z.,(2008). Forecasting of daily total atmospheric ozone in Isfahan, Environ Monit Assess,pp 22.668-774.**