



## انتشار آلاینده‌های جوی چالش زیست محیطی شهر اصفهان

ویکتوریا عزتیان: استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، نجف‌آباد، ایران\*

سادات هاشمی‌نسب: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

دریافت: ۱۳۹۰/۴/۷ - پذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۲، صص ۱۶۰-۱۴۵

### چکیده

حوادث بحرانی سال‌های اخیر در خصوص افزایش میزان آلاینده‌های جوی، ضرورت شناخت بیشتر علل وقوع این حوادث را مطرح ساخته است. افزایش میزان آلاینده‌ها از سطوح مجاز در سطح کوتاه مدت و بلند مدت بر محیط زیست اثر گذار بوده به طوری که اثرات کوتاه مدت آلودگی هوا به صورت بروز و تشدید بیماری‌های چشمی، تنفسی، ریوی، سرطان و ... ظاهر می‌شود. اثرات بلند مدت آلودگی هوا به صورت تاثیر بر نقشه ژنتیکی بدن جانداران، میزان هوش و فیزیولوژی بدن ظاهر می‌شود. هوای آلوده، آب و خاک را آلوده ساخته و آبزیان و گیاهان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد که این مواد با قرارگیری در زنجیره غذایی انسان از این طریق نیز آسیب رسانی می‌نمایند. در این پژوهش با استفاده از داده‌های آب و هوایی که در ایستگاه هواشناسی همدیدی اصفهان اندازه گیری می‌شوند و مقادیر آلاینده‌های سطح زمین که توسط ایستگاه‌های سنجش آلاینده‌های سازمان حفاظت محیط زیست اندازه گیری می‌شوند یک مدل آماری ارائه می‌شود که قادر به برآورد مقادیر قابل قبولی از آژن سطحی باشد. بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نشان داد معادله‌ای که از دو متغیر توان دوم تابش آفتاب و توان دوم غلظت گاز منوکسیدکربن بهره‌گرفته بود توانست توجیه گر ۳۵٪ تغییرات غلظت آژن سطحی در طول روز باشد. اگر چه مدل‌های رگرسیونی چند متغیره توان قابل توجهی برای توجیه تغییرات آژن سطحی و پیش بینی غلظت آن دارند، اما تعدد متغیرهای ورودی آنها موجب می‌شود که این مدل‌ها از دیدگاه کاربردی چندان مفید نباشند.

واژه‌های کلیدی: آلاینده ثانویه، مدل آماری، آژن سطحی، پهنه‌بندی

## ۱- مقدمه

## ۱-۱- طرح مسأله

آلاینده‌های جوی مواد (جامد، مایع یا گاز) موجود در هوا هستند که غلظتشان در جو به حدی زیاد می‌شود که سلامتی حیوانات و گیاهان را به مخاطره اندازند، به نباتات و سازه‌ها آسیب رسانند یا محیط را مسموم نمایند. آلاینده‌های هوا از دو منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسانی سرچشمه می‌گیرند. شماری از آلاینده‌های جو آلاینده‌های اولیه به شمار می‌روند زیرا مستقیماً از دود کش‌ها، آگزوزها و غیره وارد جو می‌شوند. دسته دیگر که آلاینده‌های ثانویه نام دارند از ترکیب و برهم‌کنش شیمیایی یک آلاینده اولیه با بعضی از اجزا هوا از قبیل بخار آب و یا آلاینده‌های دیگر ایجاد می‌شوند (اهرنس<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸، ۴۹۱). از جمله آلاینده‌های اولیه می‌توان ذرات ریز گرد و غبار، دی اکسید گوگرد، منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن‌ها و از جمله آلاینده‌های ثانویه می‌توان پراکسی استیل نیترات و آلدئیدها (فرمالئید، آکرولین) و اُزن را نام برد. اُزن از جمله مهمترین آلاینده‌های ثانویه است که علاوه بر بهداشت عمومی، در کشاورزی نیز بسیار تاثیرگذار و مورد توجه است. اُزن سطح زمین برحسب قسمت در میلیون<sup>۲</sup> یا قسمت در بیلیون<sup>۳</sup> بیان می‌شود که عبارت است تعداد مولکول‌های اُزن در ۱ میلیون و ۱ بیلیون مولکول هوا.

اُزن که در سال ۱۸۳۹م (۱۲۱۸) توسط شونباین<sup>۴</sup> (به نقل از سبالد، ۲۰۰۳) دانشمند آلمانی کشف شد، از گازهای جزئی موجود در جو است که ۰/۰۰۰۰۰۰۶ درصد حجمی هوا را تشکیل می‌دهد (چورمن و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۹). پراکنش اُزن در جو به صورت ناهمگن است، به طوری که ۱۰ درصد آن در ورد سپهر و ۹۰ درصد آن در آرام سپهر وجود دارد (امیدواری، ۱۳۸۵، ۱). دلایل ایجاد اُزن و نقش آن در هر کدام از لایه‌های جوی فوق متفاوت است، به طوری که در وردسپهر به عنوان یک آلاینده جدی و در آرام‌سپهر به عنوان سپر حیات مطرح است بنابراین، می‌توان اُزن جو را به دو دسته اُزن ورد سپهری و اُزن آرام‌سپهری تقسیم بندی کرد و هر یک را جداگانه مورد بررسی قرار داد. اُزن سطحی سومین گاز گلخانه‌ای قوی محسوب می‌گردد. تشکیل این آلاینده ثانویه که بر اثر واکنش‌های فتوشیمیایی انجام می‌پذیرد و غلظت آن در محیط، تابعی از شرایط جوی محیط است (دی می زی ری و همکار<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰) و عواملی از جمله دما و تابش موجب ایجاد تغییر در مقادیر آن می‌گردند (رهبر<sup>۷</sup>، ۱۹۹۵). اُزن سطحی به عنوان سمی‌ترین گاز در کشاورزی، سالانه موجب آسیب‌های کمی و کیفی فراوانی بر روی محصولات زراعی می‌گردد به طوری که ۹۰٪ سمیت‌های گازی برای گیاهان ناشی از گاز اُزن است (اجلالی، ۱۳۸۵). اثرات سمی گاز اُزن تا ۲۵٪ کاهش در تولید گندم زمستانه را سبب می‌شود (سولومون<sup>۸</sup>، ۲۰۰۳). این آسیب‌ها تنها شامل گیاهان

4-Schönbein

5-Schurmann &amp; et all

6 -demuzere &amp; et all

7- Rahbar

8 - Solomon

1 -Ahrens

2 - part per million= ppm

3 -part per billion= ppb

بویژه در کشاورزی، اندازه‌گیری این گاز در پایش کمی و کیفی محصولات زراعی باغی و سلامت دام و طیور حائز اهمیت است. به طور کلی، تهدید توسعه پایدار توسط آلاینده‌ها، تهدید سلامت محیط زیست توسط آلاینده‌ها و ایجاد اختلال در فعالیت‌های روزمره بشر به دلیل تجاوز آلاینده از سطوح مجاز از جمله ضرورت‌هایی است که لزوم این گونه مطالعات را ایجاب می‌کند.

### ۱-۳- هدف پژوهش

با توجه به نقش عوامل جوی در تشکیل، انتقال و ترکیب اُزن با آلاینده‌های جو (بوگوکا<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۸)، تعیین مدلی که در آن بتوان با استفاده از فراسنج‌های جوی که در ایستگاه‌های هواشناسی کشاورزی مستقیماً در داخل مزارع کشور اندازه‌گیری می‌شوند و یا احیاناً سایر اطلاعات کمکی موجود به برآورد مقادیر اُزن سطحی پرداخت می‌تواند بسیار سودمند باشد. بنابراین، هدف از این پژوهش ارائه یک مدل آماری است که بتواند با استفاده از فراسنج‌های جوی به برآورد قابل قبولی از مقادیر اُزن سطحی بپردازد.

### ۱-۴- پیشینه پژوهش

امروزه تحقیقات نشان داده‌اند تنها بخشی از اُزن ورود سپهری از آرام‌سپهر تامین می‌گردد و چشمه اصلی تشکیل مولکول‌های اُزن واکنش‌های فتوشیمیایی آن تحت تاثیر سازوگار مه‌دود<sup>۱۲</sup> است (عبدالوهاب، ۲۰۰۵). در پروژه رهبر و همکاران (۱۳۷۹) رابطه بین مقادیر اُزن سطحی و دمای پیشینه روزانه در فرانسه بررسی شد. مدل‌های رگرسیونی هم‌بستگی معنی‌داری

نیست، حیوانات و انسان‌ها نیز با قرارگیری در معرض مقادیر کمی از اُزن دچار آسیب‌های تنفسی و نقص در سیستم بینایی می‌گردند (رائو و همکار<sup>۹</sup>، ۱۹۹۴). جذب پذیری قابل توجه این گاز از طریق روزنه‌های برگ گیاهان، موجب آسیب دیدن نواحی جنگلی وسیعی در ژاپن شده است (چیانگ<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۵).

### ۱-۲- اهمیت و ضرورت

در سال ۱۹۳۴ میلادی (۱۳۱۳) با اندازه‌گیری مقدار اُزن جو بالا به وسیله بالن (اُزن سوند) مشخص شد که بیشینه این مقدار در ارتفاع حدود ۲۰ کیلومتری قرار دارد که این محدوده را لایه اُزن نامیدند. این لایه خیلی نازک از اُزن کافی است که اهالی زمین را از مقادیر مضر تابش فرابنفش خورشید حفظ کند. تابش فرابنفش با طول موج کمتر از ۰/۳ میکرومتر انرژی کافی برای ایجاد سرطان پوست در انسان را دارد. همچنین تابش فرابنفش در ۰/۲۶ میکرومتر می‌تواند اسیدهای نوکلئیک در DNA را تخریب کند که ماده‌ای است که نقشه ژنتیکی را از نسلی به نسلی منتقل می‌کند. اگر غلظت اُزن آرام سپهری کاهش یابد مسائل زیر قابل انتظار است (اهرنس، ۳۳۶، ۱۹۹۸). افزایش در سرطان پوست، افزایش شدید در صدمات چشم از جمله تخریب عدسی چشم و ایجاد نابینایی تدریجی کاتاراکس، اختلال در سیستم ایمنی بدن، تاثیر گذاری منفی در گیاهان، کاهش در رشد فیتوپلانکتون‌های دریایی، خنک شدن آرام سپهر که می‌تواند موجب تغییر در الگوی بادهای آرام‌سپهری گردد. با توجه به اهمیت فوق‌العاده اُزن و سمیت آن

بین این دو فراسنج نشان دادند. رهبر با استفاده از آمار طولانی مدت نشان داد که چرخه تغییرات اُزن سطحی در محیط طبیعی و پاک با چرخه‌های ۲۶ ماهه جو هماهنگ است. تامپسون<sup>۱۳</sup> و همکاران (۱۹۹۹) یک بررسی آماری پیرامون تغییرات اُزن سطحی در واشنگتن انجام دادند و از بیشتر روش‌های آماری مرسوم استفاده نمودند و آنها را با هم مقایسه کردند. لین (۲۰۰۸) با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره به بررسی تغییرات اُزن سطحی در دو فضای زمانی و مکانی در حاشیه مناطق صنعتی کشور چک پرداخت. سپس با استفاده از تحلیل عاملی تفاوت‌های تشکیل اُزن در زمستان و تابستان را مورد مطالعه قرار دادند. به عقیده آنها محتوی بخار آب جو، بهتر از رطوبت نسبی می‌تواند در توجیه مقادیر اُزن نقش داشته باشد. با بررسی مقادیر اُزن سطحی در دوره آماری (۱۸۸۴-۱۹۰۰) با روش شونین نوئل<sup>۱۴</sup> و همکاران (۱۹۹۶) در مدیترانه مرکزی به کمک فراسنج‌های اقلیمی موجود (دما، رطوبت نسبی و سرعت باد) به توجیه تناوب‌های فصلی اُزن در این مدت پرداختند. جیانگ<sup>۱۵</sup> و همکاران (۲۰۰۵) تأثیرات عوامل هواشناسی را در فصل زمستان بر غلظت اکسیدهای نیتروژن<sup>۱۶</sup> (به عنوان عامل اولیه تشکیل اُزن) در اوکلند بررسی کردند و اظهار داشتند که تاثیر شرایط هواشناسی برای غلظت‌های منواکسید نیتروژن ثابت ولی بطور مشخصی برای مقادیر مختلف دی اکسید نیتروژن متفاوت است و احتمالاً عوامل دیگری نیز در

تشکیل این گاز مؤثرند. دباچه و کاکاده<sup>۱۷</sup> (۲۰۰۶) در هندوستان به بررسی ارتباط مقادیر اُزن سطحی با اکسیدهای نیتروژن و ترکیبات آلی فرار<sup>۱۸</sup> و چند فراسنج جوی در مناطق روستایی پرداختند و رابطه غیر خطی پیچیده‌ای را ارائه دادند به عقیده آنان غلظت اُزن در زمستان و در زمان وقوع مونسون به حداکثر خود می‌رسد. الکساندروف<sup>۱۹</sup> و همکاران (۲۰۰۵) در بلغارستان با استفاده از روش شبکه عصبی رابطه‌ای غیر خطی بین مقادیر اُزن سطحی و متغیرهای هواشناسی پیشگو با فاصله زمانی یک ساعته ارائه نمود. چورمن<sup>۲۰</sup> و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان «مدل سازی مکانی و تاثیرات سینوپتیک در تراکم اُزن در پیچیدگی مکان نگاری در جنوب ایتالیا» با استفاده از بادهایی در مقیاس محلی طی ۴ دوره ۵ تا ۷ روزه به عنوان نماینده هر فصل به بررسی غلظت اُزن اقدام نموده اند و مشخص شد هنگامی که باد دریا-کوه به خوبی در منطقه توسعه یابد در مقدار تراکم اُزن مؤثر است. دیمی زی ری<sup>۲۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰) در مقاله‌ای با عنوان «یک روش جدید برای تخمین سطح کیفیت هوا با استفاده رگرسیون و سینوپتیک» طی دوره آماری ۲۰۰۶-۲۰۰۱ به این نتایج دست یافتند که  $O_3$  و  $M_8$  وابسته به تغییرات فصلی می‌باشند و مدل ECMWF عملکرد ضعیف‌تری نسبت به مدل‌های  $PM_{10}$ ,  $O_3$ ,  $M_8$  و سری زمانی اطلاعات هواشناسی دارد.

#### ۱-۵- سئوال‌ها و فرضیه‌های پژوهش

17 . Debaje

18. VOC

19 . Alexandrov

20 . Schürmann.et

21 . Demuzere.et

13. Thompson

14 . Nolle

15 . Jiang

16 . No , No2, Nox

اصفهان (میدان لاله، میدان بزرگ‌مهر، میدان آزادی، میدان احمد آباد و میدان امام حسین) اخذ شده است.

## ۲- مفاهیم، دیدگاه‌ها و مبانی نظری

اکسیدهای نیتروژن گازهایی هستند که زمانی که مقادیری از نیتروژن جو با اکسیژن در طی فرایند گرمای احتراق بنزین تولید می‌شود به وجود می‌آید. اکسیدهای نیتروژن گازهایی بسیار فعال هستند که نقش بسیار کلیدی در تولید اُزن و سایر اجزای مه‌دود فتوشیمیایی دارند. مه دود ترکیبی از دو کلمه مه و دود است. امروزه این کلمه به نوع خاصی از مه‌دود که در شهرهای بزرگ از قبیل لس آنجلس تشکیل می‌شود اطلاق می‌گردد، زیرا این نوع مه‌دود از واکنش‌های شیمیایی که در مقابل نور خورشید انجام می‌شود تشکیل می‌گردد که به مه‌دود فتوشیمیایی یا مه دود نوع لس آنجلسی مشهور است. زمانی که مه‌دود از دودهای سولفوردار و هوای مه آلود تشکیل می‌شود معمولاً مه‌دود لندن نامیده می‌شود (اهرنس، ۲۰۰۷-۴۹۸). مولفه اصلی مه‌دود فتوشیمیایی گاز اُزن است. اُزن یک اکسیدان درجه یک و یکی از گازهای گلخانه‌ای است و افزایش اُزن وردسپهری در کنار کاهش اُزن آرام‌سپهر به عنوان یکی از دلایل تغییر اقلیم شناخته می‌شود (لین<sup>۲۲</sup>، ۲۰۰۸). همچنین انتظار می‌رود روند تغییر اقلیم در ۵۰ سال آینده خود موجب افزایش غلظت اُزن سطحی گردد (چورمن و همکاران<sup>۲۳</sup>، ۲۰۰۷). همان‌طور که مشاهده شد تشکیل اُزن علاوه بر مواد شیمیایی، نیازمند حضور گرما و نور است. در بعضی از روزها به هنگام بروز توفان‌های

سؤال اصلی در انجام پژوهش آن است که:

آیا با استفاده از یک مدل آماری می‌توان به برآورد مناسبی از مقادیر اُزن سطحی دست یافت؟

در این پژوهش فرض شده است که فراسنج‌های آب و هوایی سطح زمین به مقدار زیادی در تشکیل اُزن سطحی سهم دارند.

## ۱-۶- روش پژوهش

در این پژوهش از روش‌های آماری با استفاده از نرم افزارهای اکسل و SPSS استفاده شده است (مقدم و همکاران، ۱۳۷۳). در پهنه بندی میزان آلاینده‌ها از نرم افزار Arcmap استفاده شده است.

## ۱-۷- معرفی متغیرها و شاخص‌ها

داده‌ها و فراسنج‌های مورد استفاده در پژوهش:

ابتدا آمار مورد نیاز ورودی مدل از ایستگاه هواشناسی اصفهان اخذ گردید. این آمار عبارتند از:

الف) داده‌های جوی شامل: دمای هوا، رطوبت جوی، تابش خورشید، سرعت باد، فشار هوا و بارش.

ب) اطلاعات آلاینده‌های سطح زمین از ایستگاه سازمان حفاظت محیط زیست اخذ گردید که شامل: اُزن سطحی، دی اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن بودند. سپس با استفاده از این داده‌ها و استفاده از مدل معین، رابطه‌ای برای برآورد غلظت اُزن سطحی جستجو گردید.

## ۱-۸- محدوده و قلمرو پژوهش

این پژوهش در محدوده شهر اصفهان صورت گرفته است. اطلاعات آب و هوایی از مرکز شیمی جو، اُزن و آلودگی هوا و اطلاعات آلاینده‌های جوی از ایستگاه‌ها سنجش کیفیت هوا در پنج نقطه شهر

22 . Lin

23 . Schurmann & et all

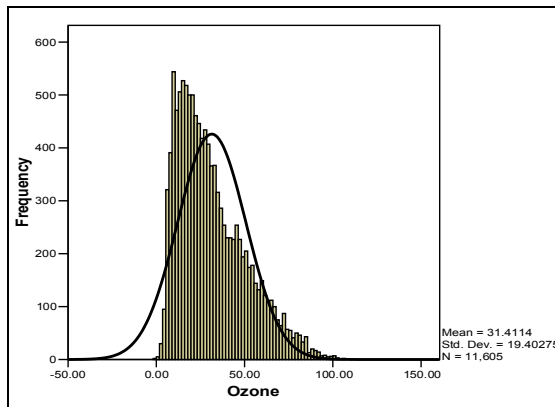
تندری (رعد و برق) شدید به دلیل وجود انرژی کافی در محیط شرایط تشکیل اُزن در سطح زمین وجود دارد به صورتی که بوی اُزن تشکیل شده در لحظه رعد و برق به خوبی قابل استشمام است (رهبر، ۱۳۳۴:۵۳۴-۱۹۸۹).

گفته شد که اتومبیل‌ها عمده ترین منبع برای مه دود فتوشیمیایی هستند و وابستگی شدید به اتومبیل برای حمل و نقل و مسافرت‌های درون شهری در شهرهای بزرگ باعث انتشار مقادیر عظیمی از هیدروکربن‌های سوخته نشده و اکسیدهای نیتروژن شده است. این مسئله به همراه شرایط جوی مانند وارونگی بلند مدت دمای هوا که از انتشار قائم آلودگی جلوگیری می‌کند و شدت کافی نور خورشید شرایط را برای تشکیل مه دود فتوشیمیایی به خوبی فراهم می‌کند. مه دود فتوشیمیایی آثار مخرب زیادی بر دستگاه تنفس انسان دارد که از آن جمله سرفه‌های شدید، تنفس‌های کوتاه و بریده بریده، انقباض مجاری هوا، سردرد، تنگی نفس، التهاب چشم‌ها، بینی و حلق را می‌توان نام برد. همچنین مه دود در کاهش توانایی‌های ورزشی و قوای جسمانی فرد نیز نقش دارد. اُزن به تنهایی باعث بروز مشکلات تنفسی مانند تنگی نفس و درد قفسه سینه می‌شود، علاوه بر این پوشش‌های گیاهی و مصنوعات کائوچو نیز به وسیله اُزن تحت تاثیر قرار می‌گیرند. این گازها به همراه سایر مواد آلاینده موجود در مه دود فتوشیمیایی از قبیل فرمالدئید، پراکسی بنزل نیترات (PBZN)، پراکسی استیل نیترات (PAN) و اکرولین باعث تحریک چشم‌ها می‌گردد (اهرنس، ۲۰۰۷، ۳۱۴). میزان خسارت

اُزن بستگی به غلظت اُزن، مدت زمانی که گیاه در معرض اُزن قرار دارد و حساسیت گیاه به اُزن دارد. اُزن یک اکسید کننده قوی است که به شکل گازی منتقل می‌شود و از طریق روزنه‌های گیاه وارد برگ شده و باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد و پراکسیداسیون اسیدهای چرب تشکیل دهنده غشاء سلولی می‌شود. اُزن باعث بروز خساراتی در برگ درختان و کاهش سرعت رشد گیاهان حساس می‌گردد. همچنین اُزن باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی مانند ذرت، گندم، سویا و بادام زمینی شده است. مطالعات در این زمینه نشان داده که اُزن به تنهایی عامل ۹۰٪ خسارات ناشی از آلودگی هوا بر محصولات کشاورزی است. این مسئله از نظر اقتصادی در حدود ۶ تا ۷ درصد کل تولیدات کشاورزی ایالات متحده را از بین می‌برد (نقل از امیدواری، ۱۳۸۵). غلظت اُزن در حومه شهرها و نواحی روستایی بیش از مرکز شهر است، زیرا اُزن شهری با منواکسید نیتروژن واکنش داده و غلظت آن کاهش می‌یابد. میانگین جهانی اُزن در حدود ۳۰۰ دابسون<sup>۲۴</sup> است و از ۲۳۰ تا ۵۰۰ دابسون متغیر است (عزتیان، ۱۳۸۶).

### ۳- تحلیل یافته‌ها

متوسط داده‌های روزانه دما در طول دوره آماری ۱۶/۷ درجه سانتیگراد است (جدول ۵). میانه، واریانس و انحراف معیار آنها به ترتیب برابر با ۱۷/۹، ۹۵/۲ و ۹/۸ هستند. حداقل و حداکثر دما ۶/۶- و ۳۳/۴ درجه سانتیگراد هستند. توزیع فراوانی داده‌های



شکل ۱- توزیع فراوانی داده‌های ساعتی اُزن سطحی در ایستگاه هواشناسی شهر اصفهان

ضریب تغییرات<sup>۲۵</sup> که معیاری از تغییرپذیری نسبی است، در مورد اُزن نسبتاً بالا و معادل ۶۱/۷٪ است. از آنجایی که ضریب تغییرات بالای ۳۵٪ بر اساس طبقه بندی ویلینگ و درس در گروه متغیرهایی با ضریب تغییرات حداکثر طبقه بندی می‌شوند (محمدی، ۱۳۸۴)، بالا بودن ضریب تغییرات نشان می‌دهد که تغییرات غلظت اُزن بیش از آنکه قائم به ذات باشد تحت تاثیر عوامل بیرونی است. ضریب چولگی که معیاری برای عدم تقارن در تابع توزیع فراوانی است ۰/۸۹۰ بوده و در محدوده اعتبار آماری ۹۵ درصد معنی دار (چولگی به راست) است. کشیدگی که معیاری از میزان تیزی منحنی توزیع فراوانی در نقطه حداکثر آن است نیز معنی دار و برابر ۰/۲۴۵ است. این حالت لپتوکرتیک<sup>۲۶</sup> نامیده می‌شود که چنین توزیع‌هایی ترکیبی از دو جامعه نرمال با واریانس متفاوت ولی میانگین مشابه است. چولگی و کشیدگی در این محدوده معنی دار است. آزمون کولموگروف اسمیرونف نیز عدم نرمال بودن منحنی توزیع فراوانی را تایید می‌کند.

روزانه دما، با توجه به آزمون چولگی و آزمون کولموگروف اسمیرونف، نرمال است.

متوسط دمای نقطه شبنم در دوره مورد مطالعه (۱/۹-) درجه سانتیگراد است. این فراسنج نیز مانند دما تا حدودی از شکلی مشابه با منحنی نرمال برخوردار است (شکل ۴)، اما آزمون کولموگروف اسمیرونف عکس این موضوع را نشان می‌دهد. دامنه تغییرات دمای نقطه شبنم بین ۲۵/۹- تا ۱۴/۲ درجه سانتیگراد است. انحراف معیار آن نیز ۵/۷ درجه سانتیگراد است که از انحراف معیار دما، ۱۰/۹، پایین تر می‌باشد. متوسط دمای نقطه شبنم ۲- و میانه آن ۱/۴- و انحراف معیار آن ۵/۲ درجه سانتیگراد است. هر دو آزمون چولگی و آزمون کولموگروف اسمیرونف، نرمال بودن توزیع فراوانی را تایید می‌کنند (جدول ۵). میانگین غلظت داده‌های ساعتی اُزن ۳۱/۴ ppb و میانه معادل ۲۷ ppb است. نمای این نمونه آماری که نشان دهنده‌ی داده‌ای است که بیشترین فراوانی را دارد، ۱۰/۱ ppb است. عدم تساوی سه آماره فوق نشان دهنده غیر نرمال بودن منحنی توزیع فراوانی ساعتی غلظت اُزن است. از طرفی با توجه به اینکه  $Mod < Med < Mean$ ، انتظار می‌رود که نمودار چوله به راست باشد. انحراف معیار داده‌ها بالا و معادل ۱۹/۴ ppb است که این انحراف معیار بالای اُزن نشان دهنده پراکندگی مشاهدات در اطراف میانگین است (شکل ۱).

1. CV
2. Leptokurtic

جدول ۱- آماره‌های توصیفی داده‌های ساعتی غلظت اُزن

تعداد	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی	کمینه	بیشینه	ضریب تغییرات
۱۱۶۰۵	۳۱/۴۱	۲۷	۱۰/۱	۱۹/۴۰	۳۷۶/۴۷	۰/۸۹	۰/۲۵	۰/۸	۱۰۶/۵	۰/۶۲

بررسی دهک‌های این نمونه آماری (جدول ۲) نشان دهنده این نکته است که در مرز ده درصد ابتدایی مقادیر اُزن ۱۰ppb است که مبین میزان آلودگی بسیار قابل توجه در منطقه اندازه‌گیری است (جدول ۳).

جدول ۲- دهک‌های داده‌های ساعتی اُزن

درصدها	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰
اُزن	۱۰/۱	۱۴/۱	۱۸/۲	۲۲/۴	۲۷/۰	۳۲/۳	۳۹/۰	۴۷/۸	۶۰/۰

جدول ۳- استانداردهای سازمان جهانی بهداشت

نوع آلاینده	میانگین وزنی (Mg/m3)	میانگین ppm	میانگین زمانی
SO <sub>2</sub>	۳۵۰	۰/۱۴	۱ ساعته
	۱۰۰-۱۵۰	۰/۰۴-۰/۰۶	۲۴ ساعته
	۴۰-۶۰	۰/۰۱۵-۰/۰۲۳	یک ساله
CO	۳۰	۲۶	۱ ساعته
	۱۰	۹	۸ ساعته
No <sub>2</sub>	۴۰۰	۰/۲۱	۱ ساعته
	۱۵۰	۰/۰۸	۲۴ ساعته
O <sub>3</sub>	۱۵۰-۲۰۰	۰/۰۸-۰/۱	۱ ساعته
	۱۰۰-۱۲۰	۰/۰۵-۰/۰۶	۸ ساعته

ماخذ: عزتیان، ۱۳۸۱: ۲۵ (تبدیل به PPM در ۲۵ OC و ۱ ATM)

بیشینه نیز تغییری ننموده‌اند. ضمناً ضرایب چولگی و معنی داری آنها نیز دارای تشابه است. با توجه به شباهت مشخصه‌های توزیع فراوانی در دو جامعه ساعتی و سه ساعتی اُزن و همگونی آنها، امکان جایگزینی جامعه ساعتی با جامعه سه ساعتی وجود داشت. علاوه بر بررسی ساعتی و سه ساعتی اُزن، داده‌های روزانه آن نیز مورد بررسی قرار گرفت که از طریق میانگین‌گیری داده‌های ساعتی در هر روز به دست آمدند. در این مورد تعداد داده‌ها به ۴۷۰ مورد کاهش پیدا کردند. میانگین روزانه داده‌های اُزن در این

چنانچه اشاره شد کوتاه‌ترین بازه زمانی موجود که در آن داده‌های هواشناسی ایستگاه همدیدی قابل دسترسی است فواصل ۳ ساعته است. بنابراین، اطلاعات اندازه‌گیری شده گاز اُزن در این ساعات در کنار داده‌های فراسنج‌های جوی قرار گرفت. مجموعه داده‌های سه ساعتی اُزن در این حالت به ۳۸۸۳ رکورد کاهش می‌یابد اما میانگین آن تفاوت چندانی با داده‌های ساعتی ندارد. این حالت خصوصاً در مورد میانه، انحراف معیار و چولگی داده‌ها و تا حد زیادی در مورد نما و واریانس نیز صادق است. کمینه و



اُزن و فراسنج‌های جوی، در فشار سطح دریا و ارتفاع تراز ۸۵۰ میلی باری به صورت منفی و ابرناکی به صورت مثبت دیده می‌شود. در مورد فشار سطح ایستگاه و فشار سطح دریا در قسمت سه ساعته بحث گردید و از آنجایی که ارتفاع تراز ۸۵۰ میلی باری مستقیماً از روی این فشار محاسبه می‌گردد هم‌بستگی بالای آن با اُزن قابل توجیه است. توجیه وجود رابطه مثبت بین اُزن و ابرناکی از لحاظ فیزیکی دشوارتر به نظر می‌رسد. در این مرحله هیچ کدام از فراسنج‌های دمایی، رطوبتی و فراسنج‌هایی از قبیل ساعت آفتابی و تابش هم‌بستگی مشخصی با اُزن نشان ندادند. اما در رگرسیون چند متغیره، دما و ساعت آفتابی نقش خود را در کنار فشار نشان دادند. با این حال قدرت پیش‌گویی مدل به عنوان مدلی کاربردی همچنان پایین است. عمل مجذور کردن و لگاریتم‌گیری طبیعی از متغیرها انجام شد که اگرچه موجب بروز هم‌بستگی بین پاره‌ای از متغیرها و اُزن می‌گردد و در معادلات رگرسیونی چند متغیره تا حد نسبتاً زیادی قدرت پیش‌گویی مدل را بالا می‌برد اما طولانی شدن بیش از حد معادلات از قابلیت کاربردی بودن آنها می‌کاهد.

#### - نتایج مدل‌های رگرسیونی در بررسی داده‌های

##### روزانه

در مرحله اول از میان سه معادله به دست آمده از روش گام به گام بهترین معادله با ضریب هم‌بستگی و ضریب تبیین ۰/۲۱۶ و ۰/۰۴۷ به شکل رابطه ۱ به دست آمده است که همه ضرایب آن معنی دارند:

رابطه (۱)

$$T_{H_{850}} - 0.245 - 0.048 \cdot T - \text{Solar} - 5.849 \cdot O_3 = 104.399 + 0.001$$

حالت، به مقدار ۳۱/۲۶ ppb، نیز تفاوت چندانی با داده‌های ساعتی و سه ساعته ندارد. اما میانه آن، ۳۱/۰۴ ppb، بالاتر از داده‌های ساعتی و سه ساعته است. حداکثر و حداقل غلظت اُزن در این حالت به ترتیب ۱۰/۱۵ و ۰/۵۷ در بیلون هستند. واریانس و انحراف معیار آن نیز مقادیر پایین تری نسبت به دو حالت قبل دارند. آزمون چولگی نشان دهنده وجود چولگی در منحنی است اما آزمون کولموگروف اسمیرونف بر نرمال بودن توزیع فراوانی آن دلالت دارد.

در بررسی همبستگی داده‌های روزانه به روش پیرسون بیشترین همبستگی بین اُزن و فراسنج‌های جوی، در فشار سطح دریا معادل ۰/۱۳۵- و ارتفاع تراز ۸۵۰ میلی باری، ۰/۱۳۴- و ابرناکی معادل ۰/۱۱۷- دیده می‌شود. از آنجایی که ارتفاع تراز ۸۵۰ میلی باری مستقیماً از روی فشار سطح دریا محاسبه می‌گردد همبستگی بالای آن با اُزن قابل توجیه است. توجیه وجود رابطه مثبت بین اُزن و ابرناکی از لحاظ فیزیکی کمی دشوار به نظر می‌رسد. در این مرحله هیچ کدام از فراسنج‌های دمایی - رطوبتی و فراسنج‌هایی از قبیل ساعت آفتابی و تابش هم‌بستگی مشخصی با اُزن نشان ندادند.

برای یافتن رابطه‌ای قویتر، از تعدادی فراسنج‌های جوی که بصورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت می‌گردند استفاده شد. داده‌های سه ساعته و اُزن نیز به صورت روزانه میانگین‌گیری شدند و در مجموع ۱۸ فراسنج جوی به عنوان متغیر به دست آمد. در بررسی همبستگی داده‌های روزانه بیشترین هم‌بستگی ما بین

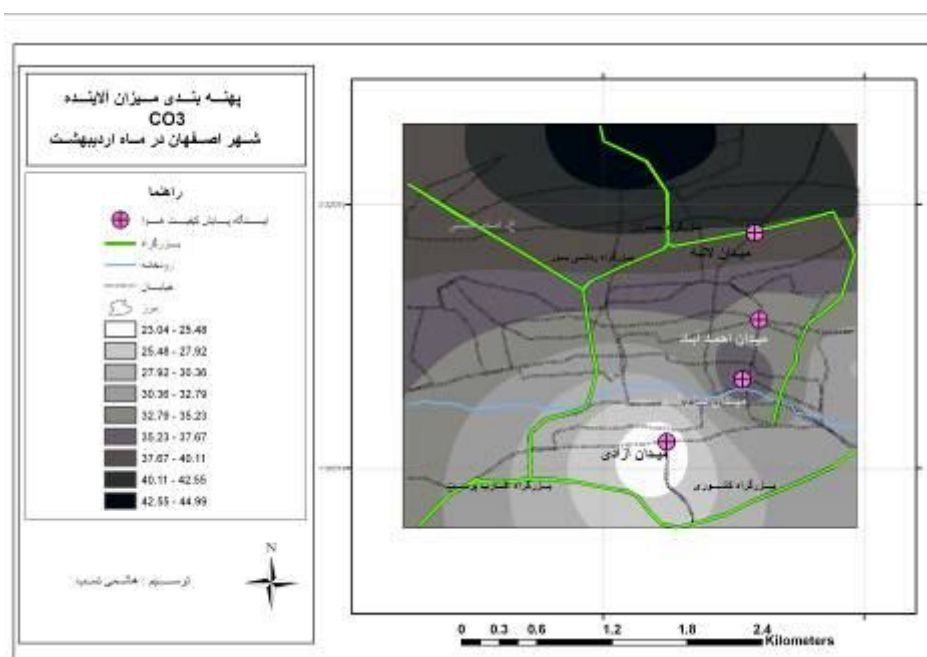
۳-۲- پهنه‌بندی مقادیر اُزن سطحی در شهر اصفهان  
در بخش‌های قبلی ذکر شد که اندازه‌گیری منظم آلاینده‌ها در ۴ ایستگاه شهر اصفهان طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ صورت گرفته است. در شکل دیده می‌شود که در اردیبهشت ماه طی دوره آماری سه ساله حداکثر مقادیر اُزن سطحی در شمال اصفهان روی داده است. میدان آزادی کمترین میزان اُزن سطحی را در طی این دوره تجربه نموده است. در میدان بزرگمهر مقادیر اُزن سطحی ۳۵ - ۳۳ قسمت در بیلیون بوده است.

در گام بعدی با بکارگیری روش پس رو از میان ۱۳ معادله پیشنهادی بهترین و کوتاه‌ترین معادله، رابطه ۲ با ضریب هم‌بستگی و ضریب تبیین ۰/۲۴۴ و ۰/۰۶ است.

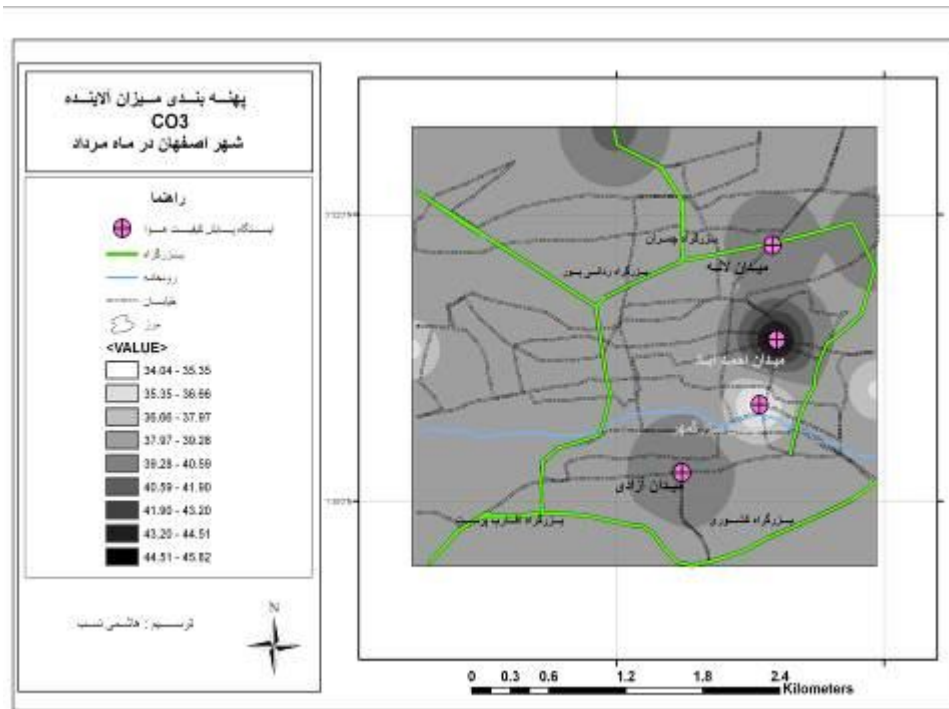
رابطه (۲)

$$QFF O_3 = 358.729 + 0.001_{Solar} - 0.48T_D + 0.207RH - 0.37$$

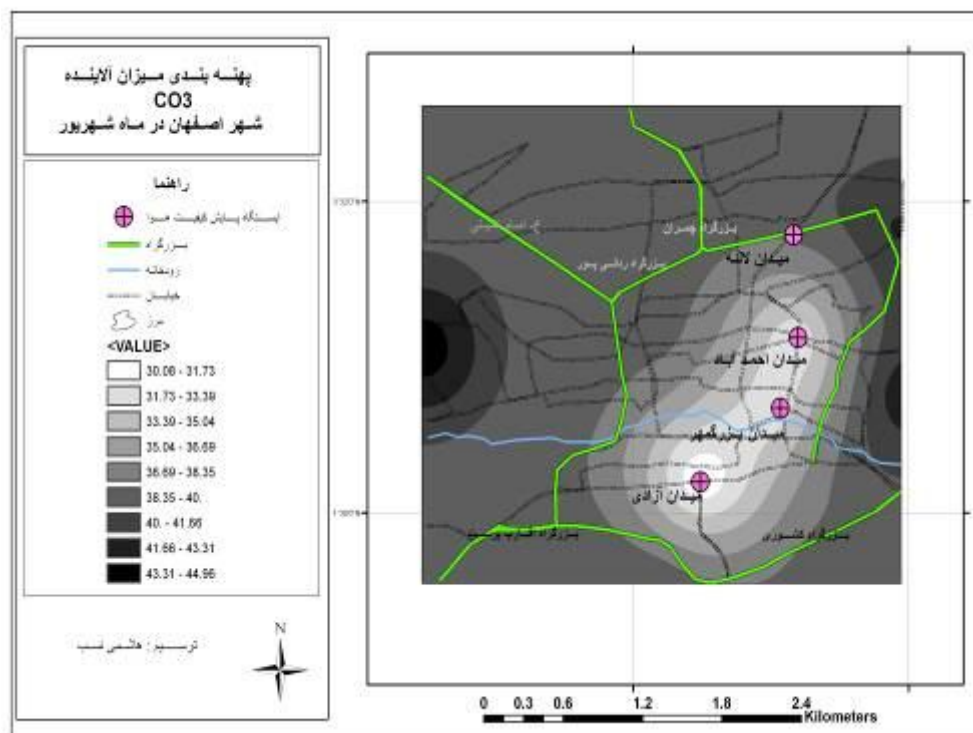
روابط ۱ و ۲ حاکی از آن است که استفاده از داده‌های روزانه نمی‌تواند بخش زیادی از مقادیر غلظت گاز اُزن در سطح زمین را توجیه نماید. این مساله می‌تواند از دو دیدگاه، تاثیرپذیری اُزن از سایر عوامل و احتمال وجود رابطه غیر خطی بین اُزن و سایر فراسنج‌های جوی مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۲- پهنه‌بندی اُزن سطحی شهر اصفهان در اردیبهشت ماه ( دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۸۹)



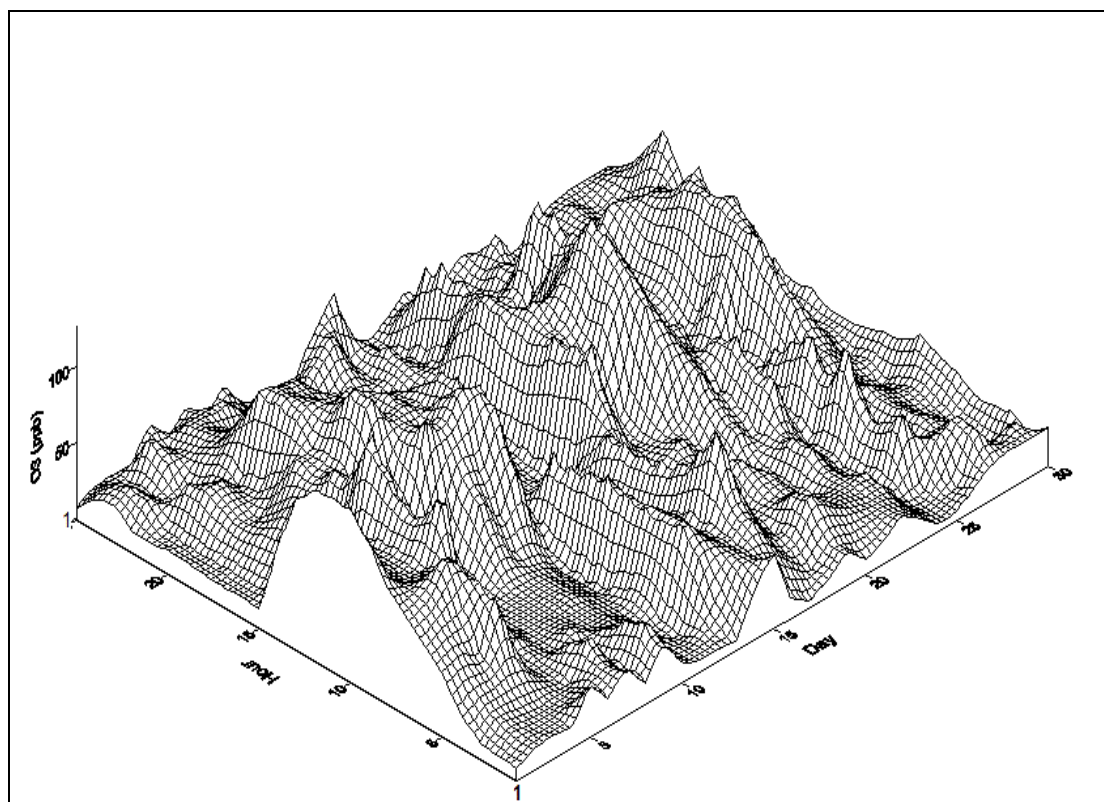
شکل ۳- پهنه‌بندی اُژن سطحی شهر اصفهان در مرداد ماه ( دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۸۹)



شکل ۴- پهنه‌بندی اُژن سطحی شهر اصفهان در آذر ماه ( دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۸۹)

پهنه‌بندی مقادیر اُزن سطحی در شهر اصفهان در طی دوره آماری الگوی خاصی به خود گرفته به طوری که میدانی آزادی و بزرگمهر و احمدآباد کمترین مقادیر اُزن سطحی را تجربه می‌کنند. به ویژه در میدانی آزادی کمترین مقادیر اُزن سطحی اندازه‌گیری شده است. در شرق و غرب شهر اصفهان دو کانون اُزن زیاد با مقادیر  $44/9$  تا  $41$  قسمت در بیلون ثبت شده است.

از آنجایی که اُزن سطحی یک آلاینده ثانویه است که معمولاً از ترکیب آلاینده‌های مختلف به ویژه دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن در حضور نور خورشید حاصل می‌شود در مرداد ماه میدانی احمدآباد بیشترین مقادیر اُزن سطحی یعنی مقادیر  $45/8$  تا  $44/5$  قسمت در بیلون را تجربه نموده است. در شمال اصفهان این مقادیر بین  $43/2$  تا  $44/5$  قسمت در بیلون در نوسان است.



شکل ۵- پهنه‌بندی اُزن سطحی شهر اصفهان در فروردین ماه (دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۸۹)

فروردین ماه در ساعات ۱۵ تا ۲۰ حداکثر میزان از ن سطحی ثبت شده است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

بررسی‌های صورت گرفته در پژوهش نشان داد که از میان هشت فراسنج جوی مورد استفاده در مقیاس سه ساعته بیشترین هم‌بستگی مربوط به

در شکل انتشار اُزن سطحی به صورت ساعتی بررسی شده است. این شکل دارای سه بعد طول، عرض و ارتفاع است. که محور افقی روزهای ماه، محور دیگر ساعت‌های شبانه روز و محور عمودی مقدار اُزن سطحی بر حسب قسمت در بیلون را نشان می‌دهد. در شکل دیده می‌شود که در روز ۲۷

فراسنج‌های جوی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هم‌دیدگی استفاده می‌کنند نمی‌توانند به تنهایی تخمین مناسبی از غلظت اُزن به دست دهند و تنها بخش کوچکی از تغییرات اُزن را توجیه می‌کنند. از آنجایی که در ایستگاه مورد مطالعه در کنار داده‌های اُزن پنج گاز آلاینده دیگر نیز اندازه‌گیری شده بودند، در مرحله بعد این داده‌ها نیز در دو مقیاس سه ساعته و روزانه در کنار فراسنج‌های جوی به عنوان متغیرهای پیشگوی اُزن مورد بررسی قرار گرفتند. وجود هم‌بستگی‌های معنی دار ما بین اُزن و اکسیدهای مختلف نیتروژن نشان داد که افزایش غلظت ترکیبات اکسیژن‌دار نیتروژن تولید اُزن را افزایش می‌دهد. از آنجایی که در هوای شهر اصفهان با مقادیر بالای این نوع ترکیبات مواجه هستیم تولید اُزن سطحی ناشی از ترکیب این آلاینده در حضور نور خورشید از نکات قابل توجه می‌باشد. در این مرحله هم‌بستگی معنی داری بین اُزن و گاز منوکسیدکربن مشاهده نگردید اما در مراحل بعدی و خصوصاً در مقیاس روزانه هم‌بستگی قابل توجهی بین آنها دیده شد. چون گاز منوکسیدکربن آلاینده غالب در شهر اصفهان است بنابراین، تأثیر مستقیم این آلاینده بر تولید اُزن سطحی نیز نکته قابل توجه می‌باشد. در پایان معادله‌ای که از دو متغیر توان دوم تابش آفتاب و توان دوم غلظت گاز منوکسیدکربن بهره گرفته بود توانست توجیه‌گر ۳۵٪ تغییرات غلظت اُزن در روز باشد. به نظر می‌رسد گرچه مدل‌های رگرسیونی و مدل‌های توابع متعامد پیچیده کارایی نسبتاً بالایی برای توجیه تغییرات اُزن سطحی و پیش بینی غلظت اُزن دارند، ولی تعداد بسیار زیاد متغیرهای ورودی آنها موجب می‌شود که این مدل‌ها از دیدگاه کاربردی چندان مفید نباشند.

فراسنج دما و دمای تر است که نشان دهنده تأثیر مثبت دما و رطوبت در تشکیل اُزن است. از طرف دیگر مقادیر فشار سطح ایستگاه نشان دهنده هم‌بستگی منفی با اُزن هستند. وجود هم‌بستگی منفی بین اُزن و فراسنج‌های فشار اگر چه غیر قابل انتظار است، زیرا این رابطه بطور ضمنی نشان دهنده افزایش غلظت اُزن در شرایط ناپایداری جو (حضور سامانه‌های کم فشار) است. با این حال، از آن جا که افزایش دما در ساعات روز موجب رشد کم فشار حرارتی می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که نقش مستقیم و مثبت دما در افزایش اُزن سطحی بارزتر از نقشی است که به طور غیر مستقیم و با کاهش فشار سطحی در کاهش غلظت اُزن بازی می‌کند. به خصوص این که منحنی تغییرات فشار در شبانه روز دقیقاً عکس منحنی تغییرات شبانه روزی اُزن است. ضمناً نتایج به دست آمده در مورد نحوه بروز فشار سطح دریا در مدل نشان می‌دهد که این متغیر جوی در تحلیل‌های نقطه‌ای مدل نمی‌تواند نقشی داشته باشد و ورود آن به مجموعه متغیرهای جوی کمکی به بهبود معادلات نمی‌کند. همه داده‌های فوق بعنوان متغیرهای مستقل در تشکیل رابطه رگرسیونی برای برآورد اُزن سطحی بکار برده شدند. در تشکیل تمامی روابط رگرسیونی چند متغیره در این پژوهش از دو روش "گام به گام" و "پس رو" استفاده شد و نتیجه هر دو روش بررسی گردید. در مرحله اول که داده‌های سه ساعته در مقابل اُزن قرار گرفتند بهترین رابطه به دست آمده از هر دو روش یکسان است و مدل‌های به دست آمده که از پنج متغیر جوی استفاده نموده است بخش نسبتاً اندکی از تغییرات اُزن سطحی را توجیه می‌نماید. مجموع بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که معادلات رگرسیونی که از

## ۵- پیشنهادها

- توسعه حریم ممنوعه شعاع ۵۰ کیلومتر اصفهان. به نظر می‌رسد که محدوده واقع در حریم ممنوعه شعاع ۵۰ کیلومتر اصفهان از نظر حضور و استقرار صنعت، کارگاه‌ها و واحدهای تولیدی اشباع شده است و دیگر این حریم جوابگو نیست. بنابراین، پیشنهاد می‌شود حداقل محدوده این حریم از ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر از میدان امام جمعه توسعه یابد.

- اجتناب از هر گونه بارگذاری نامتوازن بر منابع محدود استان با تأکید بر ممنوعیت استقرار واحدهای تولیدی در حریم ممنوعه شهر اصفهان؛

- عدم توسعه ی صنایع موجود در منطقه ی مرکزی اصفهان و انتقال تدریجی صنایع آلاینده و فرسوده به مکان مناسب؛

- تأکید بر رفع منابع آلاینده آب، خاک و هوا توسط صنایع و کارگاه‌های تولیدی از طریق ایجاد تصفیه خانه برای پساب و نصب برای جلوگیری از آلودگی هوا و دفع مناسب پسماند در محل‌های مجاز؛

- فعال سازی و تقویت صندوق ملی حمایت از محیط زیست به منظور ایجاد بستری مناسب برای کاهش معضلات زیست محیطی بخش صنعت؛

- حفظ فضای سبز و زمین‌های کشاورزی منطقه اصفهان مرکزی و جلوگیری از تغییر کاربری آنها؛

- توجه ویژه دولت به بخش حمل و نقل عمومی شهری؛

- ارزیابی، بازننگری و تأکید بر اجرای طرح جامع کاهش آلودگی هوای اصفهان و اجرای آن؛

- ایجاد و گسترش نیروگاه‌های خورشیدی و بادی و استفاده از انرژی‌های نو و پاک توسط دستگاه‌های دولتی و بخش خصوصی به منظور کاهش آلاینده‌ها و حفظ منابع حیاتی استان؛

از آنجایی که تعداد ایستگاه‌های موجود در شهر اصفهان برای پایش منظم و دقیق آلاینده‌ها کافی به نظر نمی‌رسد بنابراین، برای تکمیل و بهینه سازی بانک اطلاعات آلاینده‌های هوای شهر اصفهان نکات زیر پیشنهاد می‌گردد:

- ایجاد شبکه‌های پایش آلاینده‌ها؛

- تشکیل بانک اطلاعات جامع آلاینده‌ها؛

- تدوین استانداردهای ملی برای سطوح مجاز

آلاینده‌ها؛

- اطلاع رسانی به عموم در خصوص عوامل

انسانی تولید آلاینده‌ها.

لازم به ذکر است که برنامه پایش و پایش بینی

آلاینده‌ها در سه بخش تعریف می‌شود:

الف) پایش و مدیریت داده‌ها؛

ب) مدیریت پایش بینی؛

ج) پژوهش و آموزش.

از طرفی برای تأمین سلامت روحی و جسمانی

شهروندان نیز این موارد پیشنهاد می‌گردد:

- فرهنگ سازی و ارتقای فرهنگ عمومی جامعه در

زمینه حفاظت از محیط زیست و منابع طبیعی؛

- ایجاد شورای حفاظت محیط زیست و توسعه

پایدار به منظور بررسی طرح‌های توسعه استان؛

- تأکید بر اجرای طرح آزمایش سرزمین و رعایت

اصول آن به عنوان سند بالا دستی برای استان؛

- توجه به اقتصاد محیط زیست در امر سرمایه

گذاری در بخش صنعت و لحاظ نمودن هزینه‌های

زیست محیطی در مطالعات توجیهی طرح‌ها و اقتصاد

تولید؛

مقدم، م. محمدی شوطی، ا. آقایی سربرزه، م، (۱۳۷۳)، آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات پیشتاز علم.

Abdulvahab, S.(2005). Principal component and multiple regression analysis in modeling of ground level ozone factors affecting, Environment modeling and software, 20. 1263-1271

Ahrens, D.(1998). Essentials of Meteorology, 314- 336-491

Alexandrov. A. V. et all.(2005).Quantifying nonlinearities in ground level ozone behavior at mountain – valley station at ovarsko, Bulgharia by using neutral net work. Bulgarian Geophysical Journal, Vol. 31, 2005, 45- 58.

Bogucka, B.(2008). High ozone concentrations in selected regions of Poland and their relationship to weather patterns. EMS8 / ECAC7. Vol. 5, EMS(2008)- A - 00461

Debaje. S.B., Kakade, A.D.(2006). Measurements of Surface Ozone in Rural Site of India Aerosol and Air Quality Research, Vol. 6, No. 4, pp. 444-465, 2006

Isakson, I.(1994). Dual effect of ozone reduction. Nature 372. 322-323

Demuzere. M, Lipzig.N,(2010). A new method to estimate air-quality levels using a synoptic-regression approach. Part I: Present-day O3 and PM10 analysis, Atmospheric Environment 44, pp 1341-1355.

Jiang. N,. (2005). Effects of meteorological conditions on concentrations of nitrogen oxides in Auckland, Weather and Climate, 24, 15-34.

Lin. W,(2008). Contributions of pollutants from North China Plain to surface ozone at the Shangdianzi GAW station, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 8, 9139-9165.

Nolle, M. et all.(1996). A study of historical surface ozone measurements (1884-1900) on the island of Gozo in the central Mediterranean

- حمایت همه جانبه از نخبگان، اندیشمندان و محققین عرصه فناوری‌های نوین و انرژی‌های پاک در سطح استان؛

- تأکید بر مدیریت بهینه شهری و سامان دهی مراکز و کارگاه‌های آلاینده بر اساس نظم مکانی؛

- تعامل و هماهنگی دستگاه‌های ذیربط با سازمان حفاظت محیط زیست استان برای ملزم ساختن صنایع آلاینده در جهت کاهش آلاینده‌گی (شامل استانداردی، دادگستری، فرمانداری‌ها، سازمان صنایع و غیره).

#### منابع

آمارنامه سازمان حفاظت محیط زیست، (۱۳۸۴)، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست استان اصفهان.

اجلالی، ف، (۱۳۸۵)، آلودگی هوا، نشر آموزش کشاورزی.

امیدواری، م، (۱۳۸۵)، تغییر پذیری ازن جوی و برهم کنش آن با وردایست و آرام سپهر پایینی در اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه فیزیک دانشگاه اصفهان.

بانک اطلاعات مرکز اُزن سنجی و اداره کل هواشناسی استان اصفهان سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۵ میلادی.

رهبر، م و زندیانپور، ا، (۱۳۷۹)، تولید اُزن آلودگی هوا در تهران. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

عزتیان، ویکتوریا، (۱۳۸۶)، بررسی تاثیر پارامترهای هواشناسی بر شاخص کیفیت هوا در شهر اصفهان، رساله دکتری، دانشگاه اصفهان.

- Solomon, K. et al., (2003), Changes in tropospheric composition and air quality due to stratospheric ozone depletion, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2, 62–67.
- Rao, S.T. Zur benko, I.,(1994). Detecting and tracking changes in ozone air quality. *Air and waste management association*, 44. 1089- 1092
- Thompson. M. et al.(1999).A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone, NRCSE-TRS No. 026.
- Rahbar, M.(1989). Ozone Variability at a Semirural Site in France, CNRS, Orleans, DT/1034/LPCE, 532-534.
- Schürmann. G.J, Algieri. A, Hedgecock. I.M., Manna.. Pirrone. G, N, Sprovieri. F.,(2009), Modelling local and synoptic scale influences on ozone concentrations in a topographically complex region of Southern Italy, *Atmospheric Environment* 43,pp 4424–4434
- Sebal, L. et al. Spectral Analysis of Ozone Air pollutants. *Atmospheric Environment*, 34. 3503-3509





University Of Isfahan

Urban - Regional Studies and Research Journal

4<sup>th</sup> Year – No. 16 - Spring 2013

ISSN (online): 2252-0848

ISSN (Print): 2008-5354

<http://uijs.ui.ac.ir/urs>

# Atmospheric Pollutions Emissions, environmental challenges of Isfahan City

**V. Ezzatian, S. Hasheminasab**

Received: June 28, 2011/ Accepted: April 10, 2012, 35-38 P

## Extended abstract

### 1-Introduction

The recent fatal events with regard to the rise in the atmospheric pollutants levels have suggested that the reason of their occurrence be more identified. The long-term and short-term effects on the environment caused by pollutants that reached unacceptable level are apparent; existence of pollutants has led to short-term effects such as appearance and aggravation of cancer and respiratory, optic and lung diseases. The sequence of long-term effects is seen on DNA, intelligence and physiology. The air pollution results in water and soil pollution. Of course, aquatics and plants are under the influence of these pollutions. Men are not safe from them because they enter man's food chain too. The statistical model represented in this research can estimate the acceptable rate of

surface- ozone by measuring the climatic data of synoptic meteorology of Isfahan Station and evaluating surface pollution rate of station of the Environment Protection Agency. This research shows that equations that profited from two variables including square sunshine and square carbon monoxide concentration could explain %35 of concentration changes in surface- ozone during a day. Even though multivariable regression models can explain dramatical concentration changes in surface- ozone and protector concentration, practical use of these models is limited because of numerous entrance variables. Ozone as one of the most significant secondary pollutants not only influences general health but also has a considerable effect on agriculture. Surface – ozone is in ppm or ppb and it comprises the number of ozone molecules per million and per billion of air molecule.

---

### Author (s)

**V. Rabieifar** (✉)

MA. In Urban Planning, Art University of Tehran, Tehran, Iran  
e-mail: [vrabieifar@gmail.com](mailto:vrabieifar@gmail.com)

**S. Hasheminasab**

PhD. Student of Climatology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

### 2- Theoretical basis

As regards exceptional importance and poisonous state of ozone special in agriculture, it is essential to measure the rate

of this gas for quantitative and qualitative survey of garden products and birds and livestock's health. In general pollutants threat stable development and environment. Furthermore, because its rate is higher than acceptable level, it disrupts man's daily activities. So, it is necessary to study this process. To display a statistical model is the purpose of this study so that surface- ozone rates can be acceptably estimated using atmospheric factors. The main question is this: can an appropriate estimate of surface-ozone rates be determined using a statistical model? It is assumed in this study that climatic factors of land surface play remarkable role in surface- ozone forming. Statistical models using Excel and Spss Software have been used to regionalize pollutant rates. At first, necessary entrance data were adapted from Isfahan Meteorology Station. Data include: A) Temperature and soil moisture. B) Atmospheric factors including: air temperature, atmospheric humidity, sunshine, wind velocity and precipitation.

C) Land surface data of pollutants adapted from the Environment Protection Agency including: surface-ozone, so<sub>2</sub>, Nox. Then, using these data and specific model, a relationship was found to estimate surface concentration. This study has been done in Isfahan. Climatic data and air pollution and atmospheric pollutants data have been taken from measuring station of air quality in five centers of city (Laleh Square, Bozorgmehr Square, Azadi Square).

### 3- Discussion

Data of daily mean temperature during statistical course is 16.7c. Median, variance and standard deviation are 17.9, 95.2 and 9.8, respectively. Minimum and maximum temperatures are -6.6 and 33.4° centigrade. Based on skewness test and Kolmogorov –

Smirnov Test frequency distribution of temperature data is normal. Mean dew-point temperature is -1.9 during studying course. This factor also has a normal curve like temperature. But Kolmogorov- Smirnov Test shows a contrary result. Range of dew-point temperature is between -25.9 to 14.2. Standard deviation is 5.7 °centigrade that is lower than standard deviation of temperature (10.9 ° centigrade). Mean dew-point temperature, median and standard deviation are -2, -1.4 and 5.2. Both above mentioned tests show that the frequency distribution is normal. Average of hourly ozone concentration data is 31.4 ppb and median is 27 ppb. Mode as the most abundant in this statistical sample is 10.1ppb. Three above mentioned statistics are not the same. So, frequency distribution curve of hourly ozone concentration is not normal. Furthermore, because  $Mod < Med < Mean$  so a positive skewness diagram is expected. Standard deviation of data equals 19/4 ppb. The high rate of standard deviation illustrates that observations distribution is around mean. To assess correlation of daily date, based on Pearson Method, the most correlation seen between ozone and atmospheric factors in sea level pressure equals 0/135 and level of 850 milibar equals 0/134 and cloudiness equals 0/117. The level of 850 milibar is measured directly based on sea level pressure. This explains its high correlation with ozone. It seems hard to explain positive relationship between ozone and cloudiness physically. Any of temperature-humidity factors and factors such as sunshine hours and radiation do not show determined correlation with ozone. To find stronger relationship, some atmospheric parameters entered and measured daily, were used. 3-hour date and ozone also were measured daily and collectively 18 atmospheric factors as variable were achieved. After assessment

of correlation of daily data, it is shown that the most correlation between ozone and atmospheric factors is seen in sea level pressure and level of 850mb as negative relationship and with cloudiness as a positive relationship.

#### 4- Conclusion

The study done in this research shows that in 3-hour scale of atmospheric factors, temperature and wet-bulb temperature had the most correlation. It means that temperature and humidity are positively effective on ozone forming. Besides, pressure level of station shows negative relationship with ozone. Negative correlation between ozone and pressure factors is unexpected since this relationship shows increasing ozone concentration in unstable atmosphere (presence of low pressure system). Increasing temperature causes thermal low pressure growth so it can be resulted that direct and positive effect of temperature on increase of surface-ozone is more obvious than its indirect role decreasing surface pressure in lessening of ozone concentration. Particularly, two round-the-clock pressure changes and ozone curves are exactly contrary curves. Besides, results assessed from model about happening of sea level pressure illustrate that it can not play a role in point analysis of model and using this factor is not helpful to improve the equation. These studies show that the regression equation measured out of atmospheric factors of synoptic stations can not singly estimate ozone concentration. These explain just some parts of ozone changes. Whereas beside ozone data, five more pollutant gases have been measured. For the next step these data in tow 3-hour and daily scales were considered beside atmospheric factors as predictor ozone variable. Significant correlation between ozone and Nox<sub>s</sub> represent that ozone rate is increased by

inflation components in Nox<sub>s</sub> concentration. Surface – ozone forming caused by these components in presence of sunshine is a remarkable point because high level of them is available in Isfahan. Here, significant correlation was not seen between ozone and carbon monoxide, but for the next step and special daily scale, a notable correlation is proved between them. Dominated pollutant in Isfahan is carbon monoxide so it has direct and remarkable effect on ozone forming. In short, equation profited tow variables including square sunshine and square carbon monoxide concentration could explain 30 percent of daily ozone concentration changes. It sounds that because of numerous entrance variables, regression models and complicated functions models are not practically helpful; however, they are fairly working to explain surface-ozone changes and predictor ozone concentration.

#### 5- Suggestions

- To form pollutant evaluation network
- To form general data base
- To compose national standard of acceptable pollutant level
- To inform public about human-induced pollutant;

**Key words:** Secondary pollutants, statistical models, ozone level, Regionalization

#### References

- The book of statistics of environmental protect organization .2005. The publications of Esfahan environmental protect organization.
- Ejlali, farid. 2006. Airpollution, The agricultural education publication.
- Omidvari, majid. 2006. Fluatuations of atmospheric ozone and interaction with lower troposphere and stratosphere in Esfahan, M.Sc theses, department of physics, Esfahan university.

- The data bank of Esfahan airpollution, ozone and air chemistry research center, 1995-2004.
- Rahbar, Mohsen. Zand nia poor, Ahmad. 2000. The production of Ozone Air pollutants in Tehran, department of geophysics, Tehran University.
- Ezzatian, Victoria. 2007. The investigation about the effects of meteorological parameters on air quality index in Esfahan city, PHD Theses, Esfahan University.
- Moghadam, majid., Mohammadi, amir, Aghae, mohammad. 1994. Multivariate statistical methods, The publications of pioneer science.
- Abdulvahab, S. 2005. Principal component and multiple regression analysis in modeling of ground level ozone factors affecting, Environment modeling and software, 20. 1263-1271
- Ahrens, D. 1998. Essentials of Meteorology, 314- 336-491
- Alexandrov. A. V. et all. 2005. Quantifying nonlinearities in ground level ozone behavior at mountain – valley station at ovarsko, Bulgharia by using neural network. Bulgarian Geophysical Journal, Vol. 31, 2005, 45-58.
- Bogucka, B. 2008. High Ozone concentrations in selected regions of Poland and their relationship to weather patterns. EMS8 / ECAC7. Vol. 5, EMS 2008 – A - 00461
- Debaje. S.B., Kakade, A.D. 2006. Measurements of Surface Ozone in Rural Site of India Aerosol and Air Quality Research, Vol. 6, No. 4, pp. 444-465, 2006
- Isakson, I. 1994. Dual effect of ozone reduction. Nature 372. P-P 322-323
- Demuzere. M, Lipzig, N., 2010. A new method to estimate air-quality levels using a synoptic-regression approach. Part I: Present-day O<sub>3</sub> and PM<sub>10</sub> analysis, Atmospheric Environment 44, pp 1341–1355.
- Jiang .N., 2005. Effects of meteorological conditions on concentrations of nitrogen oxides in Auckland, Weather and Climate, 24, 15-34.
- Lin. W., 2008. Contributions of pollutants from North China Plain to surface ozone at the Shangdianzi GAW station, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 8, 9139–9165.
- Nolle, M. et all. 1996. A study of historical surface ozone measurements (1884-1900) on the island of Gozo in the central Mediterranean
- Rahbar, M. 1989. Ozone Variability at a Semirural Site in France, CNRS, Orleans, DT/1034/LPCE, 532-534.
- Schu`rmann. G.J, Algeri. A, Hedgecock. I.M., Manna. Pirrone .G, N, Sprovieri. F., 2009, Modelling local and synoptic scale influences on ozone concentrations in a topographically complex region of Southern Italy, Atmospheric Environment 43, pp 4424–4434
- 20- Sebal, L. et all. Spectral Analysis of Ozone Air pollutants. Atmospheric Environment, 34. 3503-3509
- Solomon, K. et all. , 2003, Changes in tropospheric composition and air quality due to stratospheric ozone depletion, Photochem. Photobiol. Sci, 2, 62–67.
- Rao, S.T. Zur benko, I., 1994. Detecting and tracking changes in ozone air quality. Air and waste management association, 44. 1089- 1092
- Thompson. M. et all. 1999. A review of statistical methods for the meteorological adjustment of tropospheric ozone, NRCSE-TRS No. 026.