

تحلیل و بررسی تغییرات ازن شهر اصفهان

جواد خوشحال*، ایران غازی*، محمد باقر بهیار** و ویکتوریا عزتیان***

* گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان

** عضو هیات علمی پژوهشگاه هواشناسی کشور

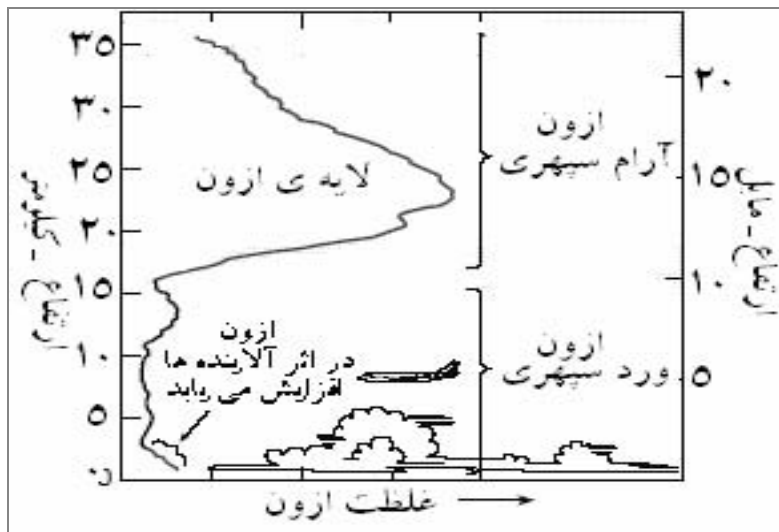
*** دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان

چکیده

گاز ازن در سال ۱۸۳۹ توسط شونباین کشف شد و تا سال ۱۸۵۰ کسی نمی دانست که این گاز یکی از گازهای تشکیل دهنده جو است. ازن در حدود ۶-۱۰× درصد از حجم هوا را تشکیل می دهد و به صورت ناهمگن در جو توزیع شده است. حدود ده درصد آن در تروپوسفر و نود درصد دیگر در استراتوسفر موجود می باشد. چون ازن فراوانترین اکسیدکننده فتوشیمیایی موجود در جو است استاندارد ملی کیفیت هوای آمریکا بر اساس آن تنظیم شده است. بر اساس این استاندارد حضور ازن در غلظتهای بیش از ۰/۱۲ قسمت در میلیون در سطوح پایینی جو خطرناک خواهد بود وجود مقادیر بالاتر بیانگر تولید ازن توسط منابع انسانی است. ازن تروپوسفری در سطح زمین یک آلاینده محسوب می شود زیرا در تبدیل آلاینده های اولیه به آلاینده های ثانویه نقش موثری ایفا می نماید.

در این پژوهش اطلاعات ده ساله ازن کلی شهر اصفهان از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ میلادی و اطلاعات ازن سطحی در سال ۲۰۰۲ میلادی مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انجام پژوهش تعیین متغیرهای جوی موثر بر غلظت ازن کلی و سطحی می باشد. در انجام این پژوهش از روشهای آماری استفاده شده و ابزار تحلیل نرم افزارهای SPSS و EXCEL است. نتایج بیانگر این نکته است که توزیع ازن کلی رابطه معنی داری با پایداری وضعیت جوی نداشته و بیشتر تحت تأثیر دما و سرعت باد در لایه های فوقانی به ویژه لایه ۵۰ میلی باری می باشد. توزیع ازن سطحی هم بستگی بیشتری بامتغیرهای آب و هوایی سطح زمین دارد به ویژه افزایش دما و ساعت آفتابی سبب تولید ازن بیشتر در سطح زمین است.

واژه های کلیدی: ازن کلی، ازن سطحی، متغیر جوی، آلاینده، سامانه جوی.



شکل ۱ - نیمرخ ازن در لایه تروپوسفر و استراتوسفر (ورد سپهر و ورد سپهر)

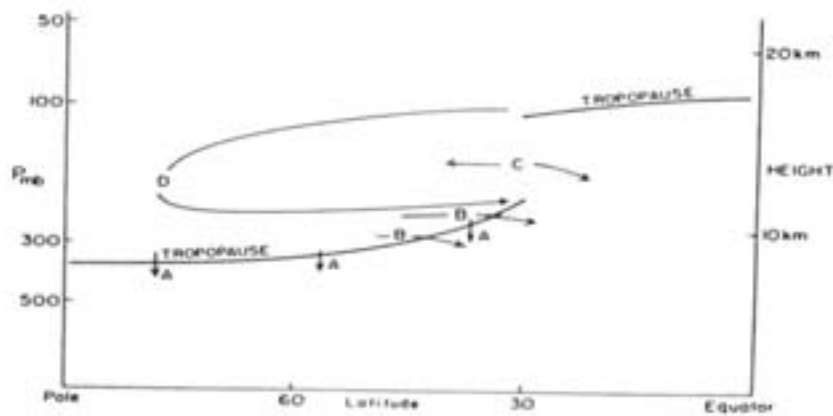
مقدمه

زیست محیطی بسیاری را به همراه دارد (۱۸). تا سه دهه اخیر تصور می شد که منشاء تمامی ازن تروپوسفری، ازن استراتوسفری می باشد ولی امروزه تحقیقات ثابت کرده است که تنها بخش اندکی از ازن تروپوسفری از استراتوسفر تامین می شود و سرچشمه اصلی ازن تروپوسفری واکنشهای فتوشیمیایی هستند، همانگونه که در شکل ۱ دیده می شود بیشترین مقدار ازن کلی در لایه ازن وجود دارد (۲۸). بر هم کنش بین اکسیژن جوی، نور خورشید و برخی آلاینده های اولیه مثل هیدروکربنهای نسوخته به ویژه در مناطق پر ترافیک شهری سبب تولید ازن تروپوسفری می باشد، لذا خودروها، سوختهای فسیلی و فرآوریهای صنعتی که ایجاد کننده دی اکسید نیتروژن هستند از منابع اصلی تولید ازن تروپوسفری محسوب می شوند (۲۹). ازن در سطح زمین در اثر تخلیه الکتریکی شدید (مانند جوشکاری)، رعد و برق، صاعقه و آتش سوزی جنگلها تولید می شود. لازم به ذکر است که گازهای مخرب لایه ازن به مقدار فراوانی در صنایع برودتی، ساخت اسفنج و انواع اسپریها کاربرد دارند (۶).

بر اساس نظریه بروئر جابه جایی ازن به سمت

آلاینده های شیمیایی در لایه تروپوسفر^۱ همراه با آلاینده های ناشی از فعالیت های بشری نسبت ترکیبات هوا را تغییر داده و روی هوای محلی، منطقه ای و اقلیم جهانی تأثیر می گذارند (۱۴). در شهرهای بزرگ گازهای ترکیبی ناشی از احتراق سوخت اتومبیل ها و اجرام زنده به تروپوسفر بالایی صعود نموده و منبع تولید اکسید هیدروژن شده و ازن^۲ تولید می گردد. ازن در سطح زمین آلاینده پیچیده ای است که در اثر تابش خورشید تجزیه شده و رادیکال هیدروکسیل^۳ بسیار فعالی را ایجاد می کند که برخی آلاینده ها را از هوا حذف می نماید (۱۱). ازن سطحی یا تروپوسفری ۱۰ درصد ازن کلی اتمسفر^۴ را تشکیل می دهد ولی به دلیل جذب تابشهای طول موج بلند ساطع شده از سطح زمین در زمره گازهای گلخانه ای قرار گرفته و در تغییرات آب و هوایی، بیولوژیکی و شیمی جو نقش قابل توجهی دارد (۱۵). از طرفی افزایش شدت تابش فرابنفش خورشید ناشی از تخریب لایه ازن، مشکلات

1-Troposphere 2- Ozone 3-Radical Hydroxyl
4- Stratosphere



شکل ۲ - سازو کار احتمالی ازن برای جابه جایی از استراتسفر به تروپسفر (27)

ازن را به خارج از استراتسفر هدایت کند. این مسیر در شکل با B نشان داده شده است.

۳- از آنجایی که سطوح هم آنتروپی در تماس مستقیم با تروپوپاز میانی هستند، لذا حرکات جنوبی خود را به سمت تروپسفر بالایی در مناطق جنب حاره و حاره ادامه می دهند. این حرکات هوای خالی از ازن را از جنوب به شمال و هوای مملو از ازن را از شمال به جنوب می برد. این مسیر در شکل با C نشان داده شده است.

۴- چرخشی همانند آنچه در شکل با D نشان داده شده ممکن است در استراتسفر پایینی موجود باشد که سبب انتقال ازن در لایه های مختلف جوی می باشد (27).

اثرات ازن بر سلامت انسان، گیاه و اجسام

مقادیر بالای ازن تروپسفری سبب تشدید بیماری های تنفسی و قلبی و بروز ناراحتی هایی برای افراد مسن و کودکان می گردد و حملات آسم در روزهایی که غلظت ازن بالا است، به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد (۱۷). برای ازن تا غلظت ۰/۲ قسمت در میلیون اثر مخربی ذکر نشده و سطح ۰/۳ قسمت در میلیون سطح آستانه ای است که در آن تحریکات بینی و گلو آغاز

تروپوسفر در دو مرحله صورت می گیرد: مرحله اول انتقال به سمت پایین از منبع تولید (در حدود ۳۰ کیلومتری سطح زمین) به سمت لایه های پایدار استراتسفر است و در مرحله دوم به تروپسفر منتقل می شود که مرحله دوم در محاسبه توزیع ازن سطحی ضروری است. وی بیان می کند که برای انتقال ازن به استراتسفر پایینی می بایست یک چرخش نصف النهاری وجود داشته باشد که در ناحیه استراتسفر استوایی این حرکت به آهستگی در حال افزایش و در استراتسفر زمستانی قطبی رو به کاهش می باشد. در حوالی استوا حرکات جوی رو به بالا اجازه نمی دهند ازن به سمت پایین نفوذ یا جابه جایی داشته باشد، این امر یکی از دلایل احتمالی کاهش مقادیر ازن در عرض های پایین می باشد. در عرض های جغرافیایی بالاتر تمرکز ازن استراتسفری کاهش دارد. بروئر چهار ساز و کار^۱ برای ازن در تروپسفر پیشنهاد می کند (شکل ۲):

۱- یک کاهش بی در رو^۲ ازن را به سمت تروپوپاز می آورد که در شکل با A نشان داده شده است. این حرکت ممکن است تا آخر تروپوپاز ادامه داشته باشد.

۲- حرکت بسته های هوا در سطوح هم آنتروپی^۳ می تواند

1- Mechanism 2- Non-Adiabatic 3- Isentropic

زمین می‌رسد (۱۱).

روش اندازه گیری ازن کلی

اولین اندازه گیری ازن کلی جو توسط پروفیسور دابسون در دانشگاه آکسفورد انگلستان انجام شد. پس از آن ایستگاههای متعددی در نقاط مختلف کره زمین جهت اندازه گیری ازن راه‌اندازی گردید و در حال حاضر در حدود ۴۴۶ ایستگاه ازن سنجی در جهان فعال می‌باشد که ایستگاه شماره ۳۳۶ در محل ازن سنجی اصفهان، طول جغرافیایی $27^{\circ} 51'$ شرقی و عرض جغرافیایی $47^{\circ} 32'$ شمالی در قسمت جنوبی شهر مستقر می‌باشد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۵۵۰ متر است. در این ایستگاه ازن به دو صورت ازن عمودی^۱ و ازن کلی^۲ توسط بیناب سنج بروئر^۳ اندازه گیری می‌شود. ازن موجود در جو دارای قدرت جذب تابش با طول موج‌های ۳۲۰ - ۲۸۵ نانومتر است لذا تابش‌های خورشیدی با طول موج زیر ۲۸۵ و بالای ۳۲۰ نانومتر حذف و فقط غلظت ازن کلی در محدوده ۳۲۰ - ۲۸۵ نانومتر محاسبه می‌شود. این اندازه گیری توسط دستگاه به طور خودکار از زمان طلوع آفتاب (زاویه سمت الراس به ۷۰ درجه) تا غروب آفتاب ادامه دارد (27).

ازن کلی، میزان ازنی است که در یک ستون قائم جو به مساحت قاعده یک سانتی متر مربع در دمای صفر درجه سانتی گراد و فشار جوی ۱۰۱۳/۲۵ هکتوپاسکال وجود دارد و بر حسب واحد دابسون بیان می‌شود. واحد دابسون مقیاسی از ضخامت لایه ازن است و هر دابسون معادل یک قسمت در بیلیون^۴ ($1 \text{ DU} = 10^{-5} \text{ M}$) می‌باشد. معمولاً

می‌شود (۴). قرار گرفتن در معرض غلظتهای بیش از ۳-۱ قسمت در میلیون به مدت ۲ ساعت باعث خستگی شدید و التهاب مجاری تنفسی، سردرد و التهاب چشمها می‌شود. تماس در مدت ۲ ساعت با غلظتهای در حدود ۹ قسمت در میلیون سبب التهاب ریوی شدید در اکثر افراد می‌شود (۵).

ازن از طریق روزنه‌های موجود در برگ وارد گیاه شده و در متابولیسم سلول گیاهی دخالت می‌کند و در اثر آن برگ گیاهان دارای لکه‌های سفید یا حکاکی می‌شود. در گونه‌های حساس گیاهی پس از گذشت ۸ ساعت از تماس گیاه با مقدار ۰/۰۳ قسمت در میلیون ازن، اثرات آسیب قابل مشاهده است (۳).

ازن به سرعت رنگها، الاستومرها مثل لاستیک، ایاف پارچه‌های طبیعی و مصنوعی و رنگ‌های نساجی را اکسید می‌کند و آثار آن به صورت از دست دادن قدرت کششی درجسم و یا کم شدن قابلیت ارتجاع مواد و شکنندگی ظاهر می‌گردد (۶). ازن بر لایه سطحی آسفالت جاده‌ها و خیابانها و ایزولاسیون پشت بامها نیز اثر فرسایشی و تخریبی دارد.

تابش فرا بنفش خورشید در ارتفاع ۵۰ کیلومتری به سقف استراتوسفر رسیده و توسط مولکول‌های اکسیژن به کلی جذب شده و در اثر این واکنش مولکول اکسیژن به ۲ اتم شکسته شده، ازن و مقداری گرما تولید می‌شود (۷). ازن تولید شده در سقف استراتوسفر به دلیل وزن مولکولی بالاتر از هوا سقوط کرده و در لایه ازن در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر گرفتار می‌شود به همین دلیل تقریباً ۹۰ درصد ازن موجود در جو در لایه ازن قرار دارد. پژوهش‌های سازمان بهداشت جهانی حاکی از آن است که تقریباً ۷۰ درصد تابش فرا بنفش خورشید توسط لایه ازن و گاز ازن موجود در جو جذب شده و تنها مقدار اندکی از آن به سطح

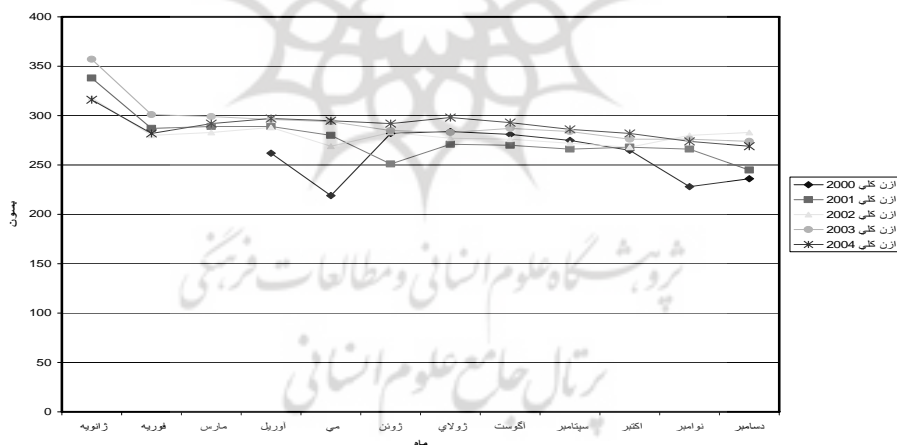
1- Vertical Ozone
3- Brewer

2-Total Ozone
4- P.P.B (Part Per Billion)

جدول ۱ - میانگین ماهانه مقادیر ازن کلی و انحراف آنها از مقادیر میانگین در طول دوره آماری

۲۰۰۴		۲۰۰۳		۲۰۰۲		۲۰۰۱		۲۰۰۰		ماه/سال
O3	sd	O3	sd	O3	sd	O3	sd	O3	sd	
۳۱۶	۶۷/۲	۳۵۷	۶۸	۳۱۸	۷۲/۱	۳۳۸	۶۸/۵	-	-	ژانویه
۲۸۲	۴/۴۸	۳۰۱	۴/۰۴	۲۸۰	۶/۸۱	۲۸۷	۵/۲۳	-	-	فوریه
۲۹۲	۴/۳۶	۲۹۹	۴/۴۹	۲۸۳	۶/۷۵	۲۸۹	۹/۷۹	-	-	مارس
۲۹۷	۵/۲۹	۲۹۶	۴/۳۲	۲۸۸	۱۲	۲۸۹	۱۲/۵	۲۶۲	۵/۴۷	آوریل
۲۹۵	۴/۳۲	۲۹۴	۲/۷۱	۲۶۹	۲۳/۸	۲۸۰	۱۶/۱	۲۱۹	۱/۶۵	می
۲۹۲	۵/۳۷	۲۸۵	۳/۸۲	۲۸۳	۱۲/۱	۲۵۱	۱۷	۲۸۲	۲/۴۹	ژوئن
۲۹۸	۶/۳۶	۲۸۳	۵/۶۸	۲۷۷	۷/۴۲	۲۷۱	۱۷/۳	۲۸۴	۳/۸۳	ژولای
۲۹۳	۵/۶۳	۲۸۷	۴/۴۱	۲۷۶	۷/۰۴	۲۷۰	۲۱/۳	۲۸۱	۹/۸۳	اگوست
۲۸۶	۴/۷۲	۲۸۴	۳/۸۹	۲۷۲	۶/۴۳	۲۶۶	۱۹/۳	۲۷۵	۱۱/۴	سپتامبر
۲۸۲	۳/۷۹	۲۷۶	۴/۲۵	۲۶۸	۵/۵۷	۲۶۸	۱۰/۸	۲۶۵	۵/۹۴	اکتبر
۲۷۴	۳/۰۸	۲۷۶	۳/۸	۲۸۰	۴/۳۷	۲۶۶	۷/۸۳	۲۲۸	۳/۰۲	نوامبر
۲۶۹	۲/۹۲	۲۷۴	۳/۵۳	۲۸۳	۳/۸۲	۲۴۵	۶/۲	۲۳۶	۲/۹۹	دسامبر

ماخذ: مرکز ازن سنجی



شکل ۳- تغییرات ازن کلی در طول دوره آماری

۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ میلادی و میانگین روزانه ازن سطحی به مدت ۲۴۵ روز در سال ۲۰۰۲ که توسط دستگاه نمونه برداری آزمایشگاه هوای سازمان حفاظت محیط زیست اندازه گیری شده نیز بررسی گردید. در تحلیل رگرسیون چند متغیره میانگین روزانه دما، حداکثر و حداقل روزانه

میزان ازن کلی در ستون جو در عرض‌های میانی ۰/۳ سانتی متر اتمسفر و یا ۳۰۰ واحد دابسون است.

داده‌ها

در این پژوهش میانگین روزانه ازن کلی از سال

جدول ۲ - ارزیابی شاخص پایداری K

وضعیت جوی	احتمال وقوع ناپایداری	ارزش K
کاملاً پایدار	صفر درصد	کمتر از ۱۵
پایدار	کمتر از ۲۰ درصد	۱۵-۲۰
اندکی پایدار	۲۰ - ۴۰ درصد	۲۱-۲۵
خستگی	۴۰-۶۰ درصد	۲۶-۳۰
اندکی ناپایدار	۶۰-۸۰ درصد	۳۱-۳۵
ناپایدار	۸۰-۹۰ درصد	۳۶-۴۰
کاملاً ناپایدار	حدود صد درصد	بیشتر از ۴۰

است. تابع خود هم بستگی I_k رابطه خطی موجود میان مشاهدات سری زمانی را که با k وقفه زمانی جدا شده‌اند اندازه گیری می‌کند. میزان I_k همیشه بین $+1$ و -1 می‌باشد. آن دسته از مقادیر I_k که به $+1$ نزدیک باشند بیانگر مشاهداتی هستند که با k وقفه زمانی جدا شده و تمایل شدید به حرکت با یکدیگر در مسیر خطی و با شیبی مثبت دارند. آن دسته از مقادیر I_k که به -1 نزدیک باشند بیانگر مشاهداتی هستند که با k وقفه زمانی جدا شده و تمایل شدید به حرکت با یکدیگر در مسیر خطی و با شیبی منفی دارند. خود هم بستگی مثبت در تاخیر ۱ معمولاً متاثر از نا مانایی^۳ است (۱۶). همانگونه که در شکل ۵ دیده می‌شود خود هم بستگی مرتبه اول معنی دار بوده و بیانگر وجود روند در مقادیر است:

$$I_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t-k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^N (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (1)$$

سؤال اصلی پژوهش آن است که پایداری وضعیت جوی بر غلظت ازن کلی تا چه حد تاثیر دارد؟ بر این اساس پایداری وضعیت جوی در طول دوره آماری

دما، دمای تر، رطوبت نسبی، فشار سطح ایستگاه، بارش روزانه، تابش خورشید، ساعت آفتابی و پایداری وضعیت جوی به عنوان متغیر پیش بینی کننده و مقادیر ازن کلی و ازن سطحی به عنوان متغیر پیش بینی شونده مورد استفاده قرار گرفت.

روش‌ها

کاربرد روش آماری به منظور شناخت رفتار خطی و غیر خطی عناصر اقلیمی از بهترین شیوه‌های ارزیابی روند داده‌های اقلیمی است. در این پژوهش تلاش شده سری زمانی ازن کلی و ازن سطحی از جنبه توزیع فراوانی مقادیر ازن، چگونگی روند و وردایی^۱ توصیف گردد. به منظور بررسی وجود روند در داده‌ها به شکل توزیع فراوانی داده‌ها و فراوانی رخدادهای فرین^۲ توجه شده و با استفاده از روش تحلیل رگرسیون چند متغیره روابط غلظت ازن و متغیرهای هواشناسی بررسی شده است. توصیف چرخه‌های ازن کلی و سطحی با استفاده از تابع خود هم بستگی و خود هم بستگی جزئی قابل شناسایی

1 - Variability
2 - Standard Deviation

$$Y = B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + a \quad (3)$$

$$z_y = \beta_1z_1 + \beta_2z_2 + \beta_3z_3$$

معادله اول اطلاعات وارد شده به کامپیوتر را به صورت نمرات خام متغیرها بیان می‌کند در صورتی که در معادله دوم نمرات خام به نمرات استاندارد تبدیل شده است. در تحلیل رگرسیون گام به گام متغیرهای مستقل همزمان کنترل می‌گردند. ممکن است دو متغیر در دو معادله جداگانه رابطه معنی داری با غلظت آلاینده داشته باشند، ولی وقتی هر دو همزمان وارد معادله شوند رابطه آنها با غلظت تغییر نموده و یکی از آنها معنی داری خود را از دست بدهد. در این روش کامپیوتر از بین متغیرهای پیش بینی کننده هر کدام که بیشترین همبستگی را با غلظت و کمترین هم بستگی معنی دار با سایر متغیرها را داشت وارد معادله می‌کند. سپس متغیر بعدی را که بیشترین هم بستگی را با غلظت دارد وارد معادله می‌کند. اگر احتمال معنی دار بودن یکی از این دو متغیر از ۱۰ درصد تجاوز کرد، آنرا از معادله خارج و متغیر بعدی را وارد معادله می‌کند. وضعیت ایده آل آن است که متغیرهای پیش بینی کننده کمترین هم بستگی را با یکدیگر و بیشترین هم بستگی را با متغیر پیش بینی شونده داشته باشند. در غیر این صورت اگر متغیرهای پیش بینی کننده هم بستگی زیادی با هم داشته باشند کامپیوتر یکی از آنها را که هم بستگی بیشتری با متغیر پیش بینی کننده دارد نگه داشته و دیگری را حذف می‌نماید، حتی اگر هم بستگی آن با متغیر پیش بینی کننده معنی دار باشد (۱۹).

ویژگی عمومی سری زمانی ازن کلی شهر اصفهان

سری زمانی ازن دنباله ای مرتب شده از مشاهداتی است که در فواصل زمانی مساوی روی داده است (۱۳). معمولاً در مدل‌های کلاسیک سری زمانی چهار مولفه

محاسبه گردید. چون روش‌های توصیفی پایداری هوا (شاخص‌های کیفی) برای محاسبات آماری مناسب نمی‌باشد لذا در این پژوهش از شاخص پایداری K (شاخص‌های کمی) برای توصیف پایداری استفاده شده است. این شاخص با استفاده از داده‌های دما و دمای شب‌نیم در لایه‌های ۷۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ میلی باری محاسبه و به شرح جدول ۲ ارزیابی می‌گردد:

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T_{D_{850}} - (T - T_D) 700 \quad (2)$$

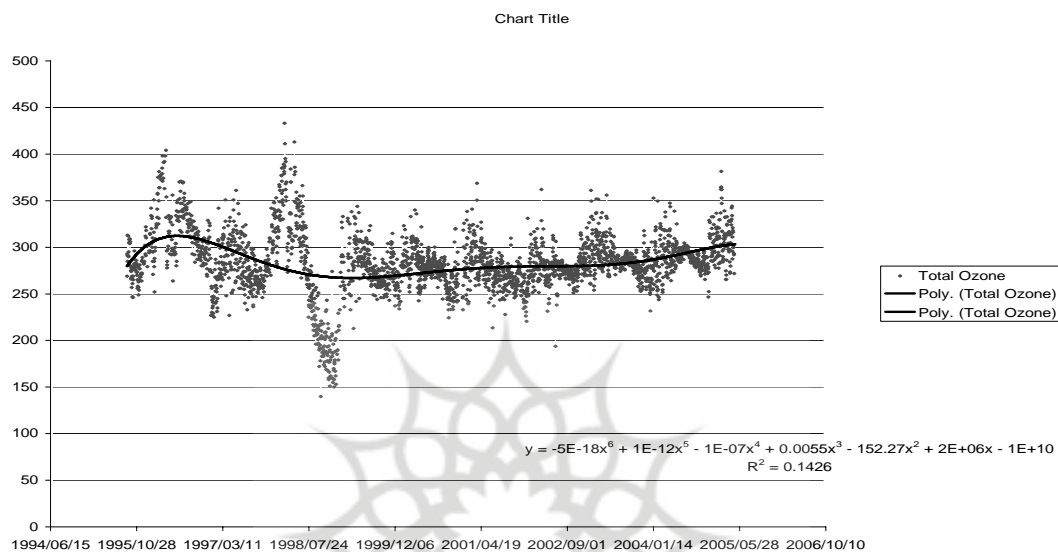
چون ارتفاع شهر بالاتر از ارتفاع سطح ژئوپتانسیل ۸۵۰ میلی باری قرار دارد، در برخی فصول به ویژه تابستان‌ها فشار هیچ گاه به ۸۵۰ میلی باری نمی‌رسد لذا از متوسط دما و دمای شب‌نیم بین سطح ۸۵۰ میلی باری و سطح زمین برای محاسبه پایداری استفاده شده است. پس از محاسبه این شاخص رابطه هم بستگی سری زمانی ازن کلی و شاخص پایداری، فشار - دما - دمای تر سطح زمین، دما - دمای تر - سرعت باد در لایه ۷۰۰ و ۵۰۰ و ۱۰۰ و ۵۰ میلی باری، فشار و دمای تروپوپاز و ارتفاع و فشار سطح یخ زدگی با روش تحلیل رگرسیون چند متغیره بررسی گردید.

تحلیل رگرسیون چند متغیره

یک روش آماری است که بین متغیر وابسته (پیش بینی شونده) و متغیرهای مستقل (پیش بینی کننده‌ها) رابطه هم بستگی برقرار می‌نماید بنحوی که متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل قابل پیش بینی باشد. اساس این تحلیل الگوی خطی عمومی است و زیر بنای تحلیل واریانس، کوواریانس، مانوا و تمایزات می‌باشد. رایج ترین روش در این تحلیل روش گام به گام و روش ورود است که معادله عمومی آن به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۳- ویژگی عمومی میانگین‌های ماهانه ازن شهر اصفهان در طول دوره آماری ۱۹۹۵ - ۲۰۰۵ میلادی

فراسنج	میانگین	پراش	انحراف معیار	ضریب تغییرات	کمینه	بیشینه	دامنه	کشیدگی	چولگی	مد	میان
ارزش	۲۸۲/۹۶	۱۰۴۵/۳۷	۰/۵۷	۰/۲۰	۱۴۰	۴۳۳	۲۹۳	۲/۷۱	-۰/۱۹	۲۷۶	۲۸۱/۹
خطا	۳۲/۳۳	*	*	*	*	*	*	۰/۰۸۹	۰/۰۴۵	*	*

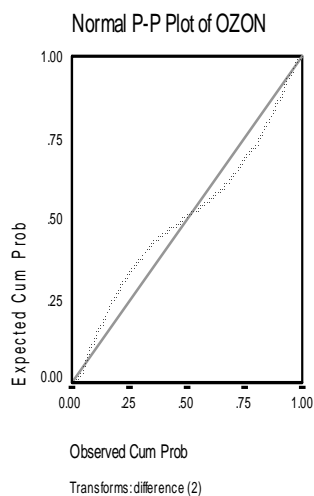


شکل ۴- سری زمانی داده‌های ازن کلی همراه با خط روند

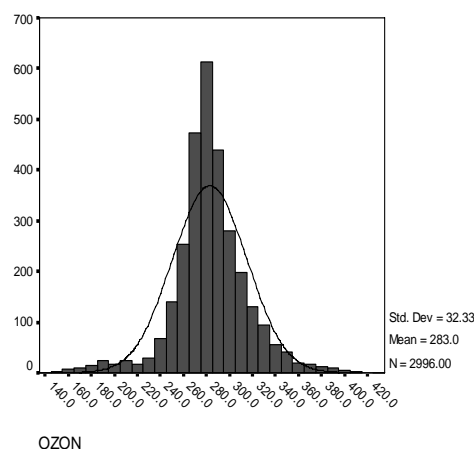
وجود دارد که عبارتند از: مولفه روند، مولفه دوره ای، مولفه فصلی و مولفه نامنظم. روند، تغییرات دراز مدت یا سیر طبیعی سری زمانی در بلند مدت است. مولفه دوره ای اثر خالص نوعی از عامل‌های هم بسته را اندازه می‌گیرد که از زمانی به زمان دیگر گرایش به تغییر دارند. مولفه فصلی در دوره ای از یک سال (درون سالی) مرتبا رخ می‌دهد. مولفه نامنظم مانده حرکت‌هایی را که بعد از به حساب آوردن مولفه‌های دیگر باقی می‌ماند توصیف می‌نماید (۱۳). عمده ترین هدف در مطالعه سری زمانی ازن درک و بیان ساز و کار، پیش بینی مقادیر آینده و کنترل بهینه سیستم است. از این جهت برآورد تغییرات ازن کلی در بازه‌های زمانی مختلف مد نظر می‌باشد. در این بخش ویژگی‌های آماری مقادیر ازن کلی شهر اصفهان

را در طول دوره آماری سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۵ میلادی بررسی می‌کنیم (۱). این ویژگی‌ها در جدول شماره ۳ درج شده است. شکل ۴ نشان می‌دهد که روند تغییرات ازن در بلند مدت با تغییرات چند جمله ای برازش بهتری دارد. میانگین ازن کلی ۲۸۲/۹۶ دابسون و انحراف معیار ۰/۵۷ و ضریب تغییرات ۰/۲ می‌باشد که کم بودن ضریب تغییرات معرف پایداری، نظم و ثبات در وردایی است و لذا داده‌ها از قابلیت اعتماد بیشتری برخوردارند. البته دامنه تغییرات ازن کلی در طول دوره ۲۹۳ دابسون می‌باشد. در طول دوره بیشینه ازن کلی ۴۳۳ دابسون بوده که فقط یکبار تکرار شده ولی بیشترین فراوانی متعلق به ۲۹۰ دابسون است که در طول دوره سه بار تکرار شده یعنی ۳/۸ درصد

وجود دارد که عبارتند از: مولفه روند، مولفه دوره ای، مولفه فصلی و مولفه نامنظم. روند، تغییرات دراز مدت یا سیر طبیعی سری زمانی در بلند مدت است. مولفه دوره ای اثر خالص نوعی از عامل‌های هم بسته را اندازه می‌گیرد که از زمانی به زمان دیگر گرایش به تغییر دارند. مولفه فصلی در دوره ای از یک سال (درون سالی) مرتبا رخ می‌دهد. مولفه نامنظم مانده حرکت‌هایی را که بعد از به حساب آوردن مولفه‌های دیگر باقی می‌ماند توصیف می‌نماید (۱۳). عمده ترین هدف در مطالعه سری زمانی ازن درک و بیان ساز و کار، پیش بینی مقادیر آینده و کنترل بهینه سیستم است. از این جهت برآورد تغییرات ازن کلی در بازه‌های زمانی مختلف مد نظر می‌باشد. در این بخش ویژگی‌های آماری مقادیر ازن کلی شهر اصفهان



شکل ۶- بافت نگار داده‌های ازن کلی منحنی نرمال



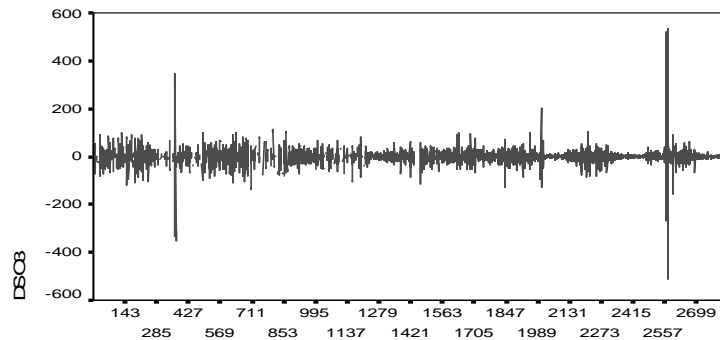
شکل ۵- نحوه توزیع داده‌های ازن

داده‌ها نسبت به توزیع نرمال را نشان می‌دهد. نحوه توزیع، همگنی و تصادفی بودن داده‌ها توسط آزمون‌های ران - تست و t -استیودنت و آزمون کلموگروف- اسمیرنف^۲ بررسی شد که نتایج بیانگر همگنی و تصادفی بودن داده‌ها می‌باشد. ولی توزیع داده‌ها اندکی از حالت نرمال دور است (شکل ۶). در شکل ۵ نیز ملاحظه می‌شود که داده‌ها کاملاً روی نیمساز ربع اول قرار نگرفته و اندکی پراکندگی دارند، لذا داده‌ها نرمال نبوده که با لگاریتم گرفتن داده‌ها نرمال می‌شوند.

بررسی ایستایی سری زمانی ازن

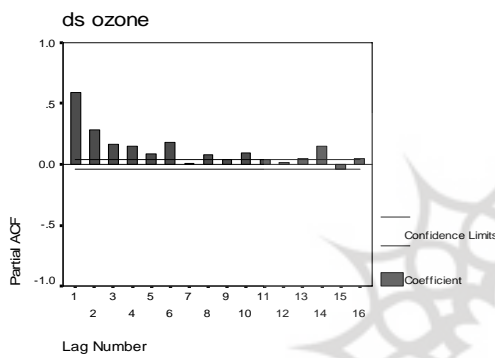
در اشکال ۸ و ۹ تابع خود هم بستگی و خود همبستگی جزئی ازن کلی رسم شده است. شکل بیانگر وجود روند در داده‌های ازن کلی می‌باشد، لذا سری نا ایستا است. چون برخی داده‌ها در خارج از محدوده معنی داری قرار دارند، لذا داده‌های سری زمانی دارای استقلال نمی‌باشند. برای ایستا نمودن سری از روش تفاضل گیری مرتبه دوم استفاده شده که این امر سبب حذف نوسانات

فراوانی داده‌ها را به خود اختصاص داده است. معمولاً بیشترین فراوانی داده‌ها اطراف میانگین رخ می‌دهد و هرچه داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت کنند این مقدار افزون تر خواهد بود ولی در بافت نگار شکل ۲ ملاحظه می‌شود مقادیر ۱۷۹ تا ۳۳۳ در حدود ۲۶ بار در طول دوره تکرار شده است که دور بودن داده‌ها از توزیع نرمال را نشان می‌دهد. اگر ۵ درصد مقادیر بسیار بالا و ۵ درصد مقادیر بسیار پایین را حذف نماییم و از ۹۰ درصد باقیمانده میانگین گرفته شود تفاوت این مقدار جدید (میانگین هرس شده^۱) با میانگین نمونه ۰/۳۱ می‌باشد و این تفاوت نشان می‌دهد که تعدادی مقادیر افراطی بسیار بالا و بسیار پایین داشته ایم. میزان چولگی ۰/۱۹- بوده و خطای استاندارد ۰/۰۴۵ است. چون در ۹۵ درصد موارد کجی در محدوده ۲ ± خطای استاندارد کجی قرار دارد (۱۹)، لذا $0.09 \pm = 0.045 \times 2 \pm$ از آنجایی که ۰/۱۹- در این محدوده قرار ندارد، لذا فرض نرمال بودن مقادیر در جامعه تایید نمی‌شود. در شکل ۶ بافت نگار داده‌های ازن همراه با منحنی نرمال رسم شده که نحوه توزیع

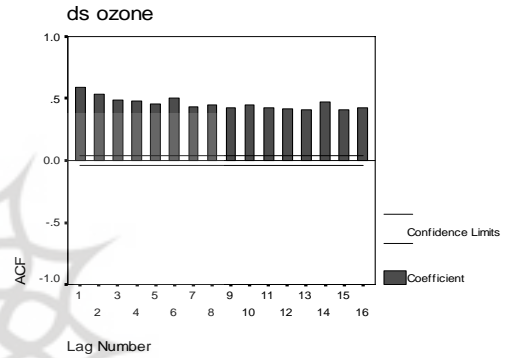


Sequence number
Transforms: difference (2)

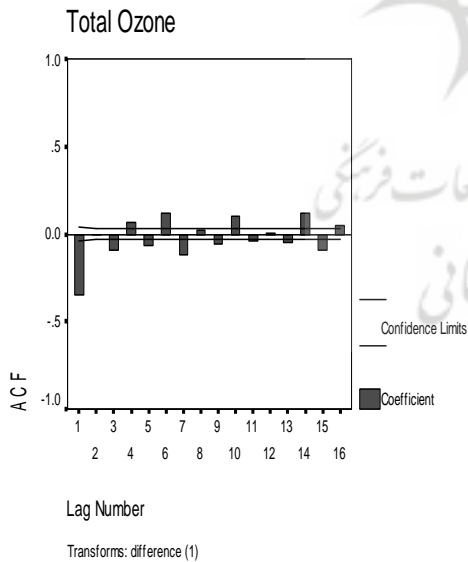
شکل ۷ - سری زمانی ازن کلی بعد از تفاضل گیری



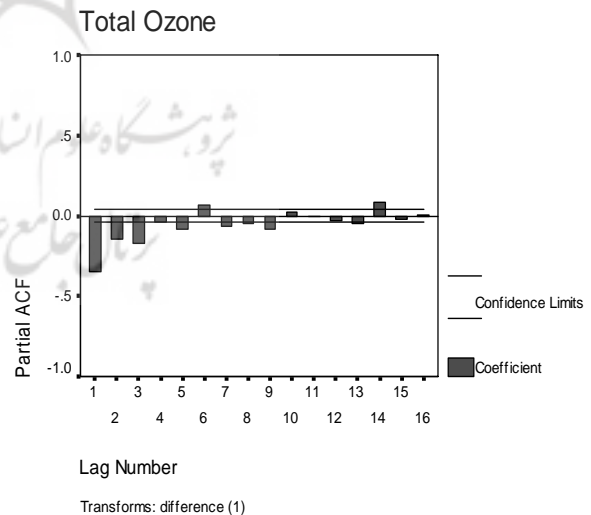
شکل ۹ - تابع خود هم بستگی ازن کلی



شکل ۸ - تابع خود هم بستگی جزئی ازن کلی



شکل ۱۱ - تابع خود هم بستگی جزئی ازن کلی
پس از تفاضل مرتبه اول



شکل ۱۰ - تابع خود هم بستگی ازن کلی
پس از تفاضل مرتبه اول

جدول ۴- محاسبه چندک‌های ازن در طول دوره آماری

چارک سوم	چارک دوم	چارک اول
۷۵٪ داده‌ها	۵۰٪ داده‌ها	۲۵٪ داده‌ها
۲۶۸/۵	۲۸۱/۹	۲۹۸/۲۵

جدول ۵- هم بستگی دوگانه (پیرسون) بین متغیر پیش بینی شونده و متغیرهای پیش بینی کننده

	TD	T	FF	TD	T	FF	TROP2	KI
لایه	سطح زمین	۷۰۰	۷۰۰	۵۰۰	۵۰	۵۰		
غلظت ازن کلی	-۰/۱۴۹	-۰/۱۰۶	-۰/۰۹۵	-۰/۱۶۴	۰/۱۶۴	-۰/۱۶	۰/۱۲۳	۰/۰۲۴
سطح معنی داری	۰/۰۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۴۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۳۳۶

متغیرها به مدت ۳۱۸ روز در طول دوره آماری و به طور تصادفی انتخاب شده‌اند، هدف بررسی تاثیر این متغیرها بر غلظت ازن کلی است. لازم به ذکر است که این داده‌ها توسط بالن و کاوشگر^۱ در ساعت ۱۲ گرینویچ در محل ایستگاه ازن سنجی اصفهان اندازه گیری شده است. هم بستگی دو گانه بین این متغیرها به شرح جدول ۵ می‌باشد:

ضریب هم بستگی ازن کلی با دیگر متغیرها از جمله شاخص پایداری هوا معنی دار نبوده، لذا برای ارایه مدل خطی پیش بینی غلظت ازن کلی وجود فراسنج شاخص پایداری ضرورت ندارد. با روش ورود هم بستگی ازن کلی با همه این متغیرها به شرح جدول ۶ محاسبه گردید. ضریب هم بستگی غلظت ازن کلی با کلیه متغیرهای ذکر شده ۰/۳۸۶ بوده و تقریباً ۱۵ درصد تغییرات غلظت ازن کلی ناشی از تغییر این متغیرها می‌باشد.

با روش گام به گام نیز ضرایب هم بستگی و پراش ازن کلی محاسبه گردید. همانگونه که در جدول ۷

فصلی و کاهش پراش و میانگین در سری است (شکل ۷). اشکال ۱۰ و ۱۱ ضرایب خود هم بستگی و خود هم بستگی جزئی پس از تبدیل تفاضلی را نشان می‌دهند که حاکی از معنی دار بودن ضریب خودهم بستگی در تاخیر یک و معنی دار بودن ضریب خود هم بستگی جزئی در تاخیر سوم است. با توجه به این مساله برای برآورد رفتار سری از یک مدل (ARIMA (p,d,q) می‌توان استفاده نمود.

در جدول ۴ چندک‌ها نیز محاسبه شده است که چندکها مقدار داده‌های موجود در هر دامنه را نشان می‌دهد.

تاثیر پایداری وضعیت جوی بر غلظت ازن کلی

در این بخش غلظت ازن کلی متغیر پیش بینی شونده و پارامترهای جوی از جمله پایداری، فشار، دما، دمای تر سطح زمین - دما، دمای تر، سرعت باد در لایه‌های ۷۰۰-۵۰۰-۱۰۰-۵۰ - تروپوپاز، ارتفاع و فشار سطح یخ زدگی متغیرهای پیش بینی کننده در نظر گرفته شدند. این

جدول ۶ - ضریب هم بستگی و پراش ازن کلی با متغیرهای جوی لایه میانی و فوقانی با روش ورود

del	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.386(a)	.149	.149	2.752	19	298	.000

a Predictors: (Constant), p fl, ff 100, t 500, t 50, t trop2, p trop2, td 100, p surf, t 100, td 700, td 50, ff 700, t 700, td 500, ff 50, h fl, td surf, t surf, ff 500

b Dependent Variable: DS O3

جدول ۷ - ضریب هم بستگی و پراش ازن کلی با متغیرهای جوی لایه میانی و فوقانی با روش گام به گام

Model	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.164(a)	.027	Std. Error of the Estimate	8.717	1	316	.003
2	.227(b)	.051		8.152	1	315	.005
3	.275(c)	.076	.024	8.294	1	314	.004
4	.306(d)	.094	.018	6.164	1	313	.014

a Predictors: (Constant), t 50

b Predictors: (Constant), t 50, td 500

c Predictors: (Constant), t 50, td 500, ff 50

d Predictors: (Constant), t 50, td 500, ff 50, td surf

e Dependent Variable: DS O3

متغیرها به شکل زیر پیشنهاد می شود:

$$(4) \text{ غلظت ازن کلی} = \text{دمای شبنم سطح زمین } B_1 + \text{سرعت باد لایه } 50 \text{ میلی باری } B_2 + \text{دمای شبنم لایه } 500 \text{ میلی باری } B_3 + \text{دمای لایه } 50 \text{ میلی باری } B_1 a$$

$$\text{غلظت ازن کلی} = 359/481 +$$

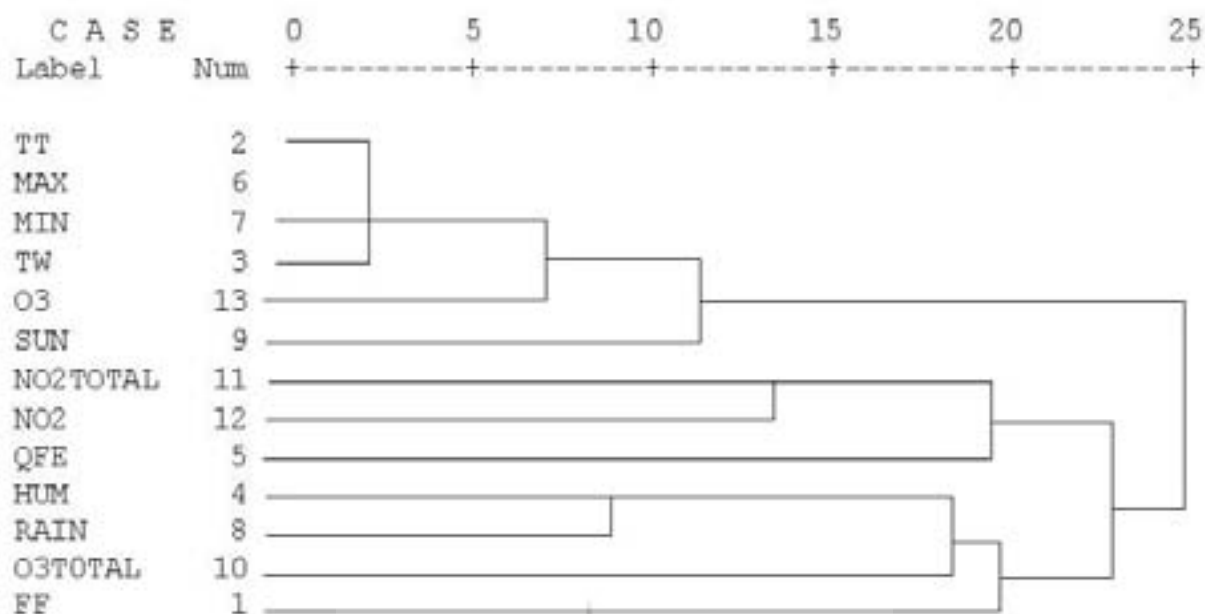
$$50/1/33 \text{ t } 500 - 0/265 \text{ td } 500 - 0/667 \text{ td } 500 - 0/066 \text{ ff } 50 - 0/066 \text{ surf}$$

هم بستگی ازن با دیگر فراسنج های آب و هوایی

در این بخش برای تعیین نحوه ارتباط فراسنج های آب

ملاحظه می شود کامپیوتر در گام اول دمای لایه ۵۰ میلی بار و مقدار ثابت را وارد معادله می کند که ضریب هم بستگی در این حالت ۰/۱۶۴ می باشد. در گام بعدی با ورود دمای شبنم لایه ۵۰۰ میلی باری ضریب هم بستگی ۰/۲۲۷ شده، در گام ۳ سرعت باد لایه ۵۰ میلی باری وارد معادله شده و در گام ۴ دمای شبنم سطح زمین نیز به متغیرهای پیش بینی کننده افزوده شده که در این حالت ضریب هم بستگی ۰/۳۰۶ و پراش ۰/۰۹۴ می باشد بدین معنی که فقط ۹/۴٪ تغییرات ازن کلی ناشی از تغییر این چهار متغیر بوده و ۹۱٪ تغییرات ناشی از عوامل دیگری می باشد.

با محاسبه ضرایب B معادله رگرسیون خطی بین



شکل ۷ - نمودار درختی با روش متوسط فاصله بین گروه ها

جدول ۸ - ضرایب هم بستگی دو گانه پیرسون غلظت ازن کلی و فراسنج های آب و هوایی

	FF	TT	TW	HUM	QFE	MAX	MIN	RAIN	SUN
غلظت ازن کلی	۰/۱۲۳	-۰/۲۴	-۰/۲۷۹	۰/۰۹۷	۰/۱۲۲	-۰/۲۴۵	-۰/۲۲۳	۰/۱۴۹	۰/۰۱۲
سطح معنی داری	۰/۰۲۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۱	۰/۰۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۹	۰/۴۲۶

ارقام مندرج در جدول ۸ بیان می کند که هم بستگی غلظت ازن کلی با رطوبت و ساعت آفتابی در این مرحله معنی دار نمی باشد.

جدول ۹ - ضرایب هم بستگی و پراش غلظت ازن کلی و فراسنج های آب و هوایی با روش گام به گام

Model	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.279(a)	.078	.078	21.239	1	251	.000
2	.312(b)	.097	.019	5.307	1	250	.022
3	.377(c)	.142	.045	13.144	1	249	.000

a Predictors: (Constant), MEAN-TW

b Predictors: (Constant), MEAN-TW, RAIN

c Predictors: (Constant), MEAN-TW, RAIN, SUN

d Dependent Variable

می شود. این عمل بر اساس ترکیب مجموع همزمان شاخص ها صورت گرفته و فراسنج ها به دو شاخه عمده تقسیم می شوند. در شکل ۷ دیده می شود دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای میانگین و دمای تر در یک خوشه قرار

و هوایی بر غلظت ازن از روش خوشه بندی استفاده شده است. در این روش با استفاده از قاعده میانگین کمترین اختلافات درون گروهی نسبت به اختلافات برون گروهی داده ها طبقه بندی شده و فاصله بخشها به ۵ درجه تقسیم

جدول ۱۰ - ضرایب Beta و B محاسبه شده برای ازن کلی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	286.279	2.108		135.788	.000
	MEAN-TW	-.875	.190	-.279	-4.609	.000
2	(Constant)	285.759	2.103		135.911	.000
	MEAN-TW	-.858	.188	-.274	-4.554	.000
	RAIN	1.798	.781	.139	2.304	.022
3	(Constant)	272.550	4.182		65.167	.000
	MEAN-TW	-1.166	.203	-.372	-5.753	.000
	RAIN	3.088	.841	.238	3.671	.000
	SUN	1.533	.423	.256	3.625	.000

a Dependent Variable: o3-total

دمای تر، بارش، ساعت آفتابی و مقدار ثابت را وارد معادله نموده که با ورود هر متغیر ضریب هم بستگی افزایش یافته. در گام ۳ ضریب هم بستگی غلظت ازن کلی با این سه متغیر ۰/۳۷۷ محاسبه شده و تقریباً ۱۴٪ تغییرات غلظت ازن کلی ناشی از تغییر این سه متغیر بوده و عوامل دیگری در تغییر غلظت ازن کلی دخالت دارند. معنی داری ضرایب Beta و B ضرورت وجود هر سه متغیر و مقدار ثابت را در مدل ایجاب می‌کند.

فرمول (۵)

$$\text{غلظت ازن کلی} = \text{دمای تر سطح زمین } B_1 +$$

$$\text{بارش } B_2 + \text{ساعت آفتابی } B_3 + a$$

$$\text{غلظت ازن کلی} = 272/55 +$$

$$1/533 \text{ SUN} - 3/088 \text{ RAIN} - 1/166 \text{ MEAN-TW}$$

با روش ورود همزمان همه متغیرها هم مدل اجرا شد که خلاصه نتایج در جدول ۱۱ مندرج می‌باشد:

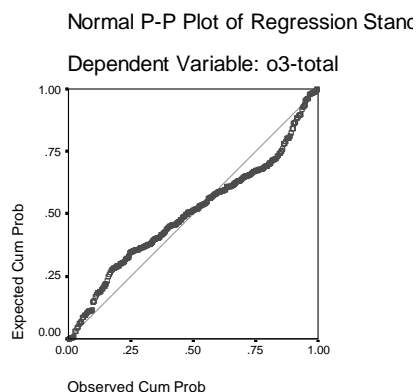
در این روش هم بستگی غلظت ازن کلی با سه متغیر آب و هوایی ۰/۴۰۹ بوده و تقریباً ۱۷ درصد تغییرات ازن کلی ناشی از تغییر این سه متغیر می‌باشد.

گرفته که با ازن سطحی در نزدیکترین فاصله هم بستگی دارند. ازن کلی با رطوبت، سرعت باد و بارش در یک خوشه قرار می‌گیرند. هم بستگی اینها با دیگر متغیرها در فاصله دوری واقع می‌شود. فشار اندازه گیری شده سطح ایستگاه، غلظت دی اکسید ازن کلی و سطحی نیز در یک خوشه واقع شده‌اند.

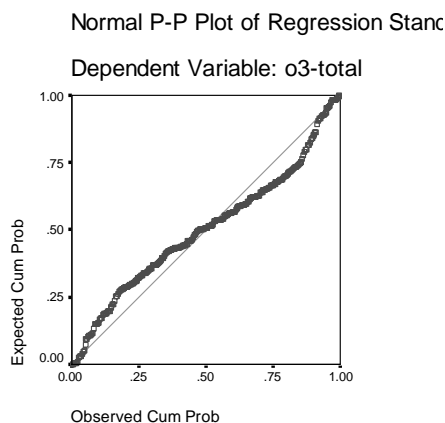
در این بخش روابط هم بستگی پیرسون بین غلظت ازن کلی (پیش بینی شونده) و متغیرهای هواشناسی (پیش بینی کننده‌ها) مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ۸ ملاحظه می‌شود هم بستگی بین غلظت ازن کلی و سرعت باد، دمای میانگین روزانه، دمای تر، فشار سطح ایستگاه، دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش معنی دار بوده ولی همبستگی ازن کلی با ساعت آفتابی و رطوبت نسبی در این سطح معنی دار نمی‌باشد. لازم به ذکر است که میانگین داده‌های جوی در ساعت ۰۳ و ۰۹ و ۱۵ ایستگاه هواشناسی اصفهان به عنوان میانگین روزانه ثبت شده است.

ble: o3-total

در روش گام به گام کامپیوتر در سه مرحله متغیرهای



شکل ۱۳ - منحنی نرمال باقیمانده‌های استاندارد شده استفاده از ضرایب B محاسبه شده با روش گام به گام



شکل ۱۲ - منحنی نرمال باقیمانده‌های استاندارد شده با استفاده از ضرایب B محاسبه شده با روش ورود

جدول ۱۱ - ضرایب هم بستگی و پراش محاسبه شده برای ازن کلی با روش ورود

Model	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.409(a)	.167	.167	5.419	9	243	.000

a Predictors: (Constant), SUN, MEAN-FF, MEAN-QFE, RAIN, MEAN-TW, MEAN-HUM, MIN, MAX, MEAN-TT
b Dependent Variable: o3-total

توسط دستگاه نمونه برداری هوا در محل پتروشیمی اصفهان به مدت ۲۰۹ روز گرد آوری شده مورد بررسی قرار می‌دهیم. در شکل زیر ملاحظه می‌شود داده‌های ازن سطحی کاملاً نرمال بوده زیرا داده‌ها حول نیمساز ربع اول قرار گرفته‌اند. نتایج آزمون کلموگراف - اسمیرنف نیز نرمال بودن توزیع داده‌ها را تأیید می‌کند.

اشکال ۱۵ و ۱۶ بیان می‌کنند که سری زمانی ازن سطحی دارای روند بوده و ایستا نمی‌باشد، لذا با استفاده از روش تابع تفاضل درجه اول این داده‌ها را ایستا می‌کنیم. اشکال ۱۷ و ۱۸ نشان می‌دهند که پس از این تبدیل سری ایستا شده، پراش و میانگین‌ها کاهش یافته است. ضرایب خود هم بستگی در محدوده معنی داری

سطح معنی داری برای B محاسبه شده بیان می‌کند که این ضرایب برای دمای تر، بارش و ساعت آفتابی معنی دار است، لذا مدل پیشنهادی برای پیش بینی غلظت ازن کلی به شکل زیر می‌باشد:

(۶)

غلظت ازن کلی = دمای تر سطح زمین B_1 +

بارش B_2 + ساعت آفتابی $a + B_3$

غلظت ازن کلی = $68/35 +$

$1/862 \text{ SUN} + 2/641 \text{ RAIN} - 1/663 \text{ MEAN-TW}$

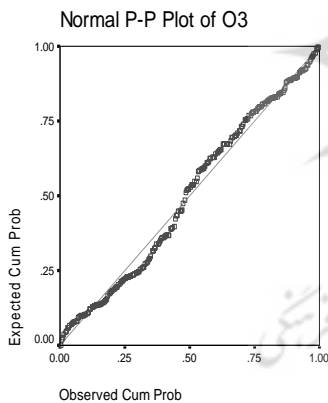
داده‌های ازن سطحی شهر اصفهان

در این بخش داده‌های ازن سطحی در سال ۱۳۸۴ را که

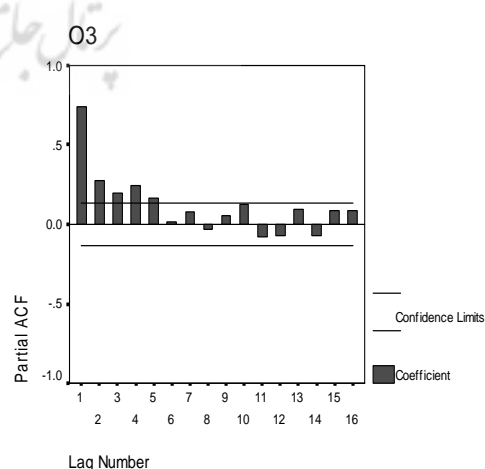
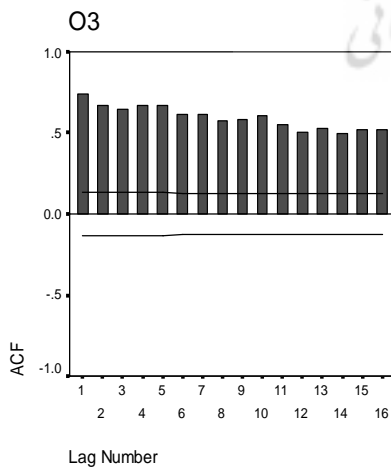
جدول ۱۲ - ضرایب B و Beta محاسبه شده برای ازن کلی

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	68.350	212.464		.322	.748
	MEAN-FF	.286	.217	.086	1.318	.189
	MEAN-TT	.717	1.173	.402	.611	.542
	MEAN-TW	-1.663	.618	-.531	-2.691	.008
	MEAN-HUM	.112	.155	.082	.721	.472
	MEAN-QFE	.240	.250	.071	.959	.339
	MAX	-.707	.687	-.406	-1.029	.304
	MIN	.387	.585	.203	.661	.509
	RAIN	2.641	.953	.204	2.771	.006
	SUN	1.862	.529	.311	3.520	.001

a Dependent Variable: o3-total

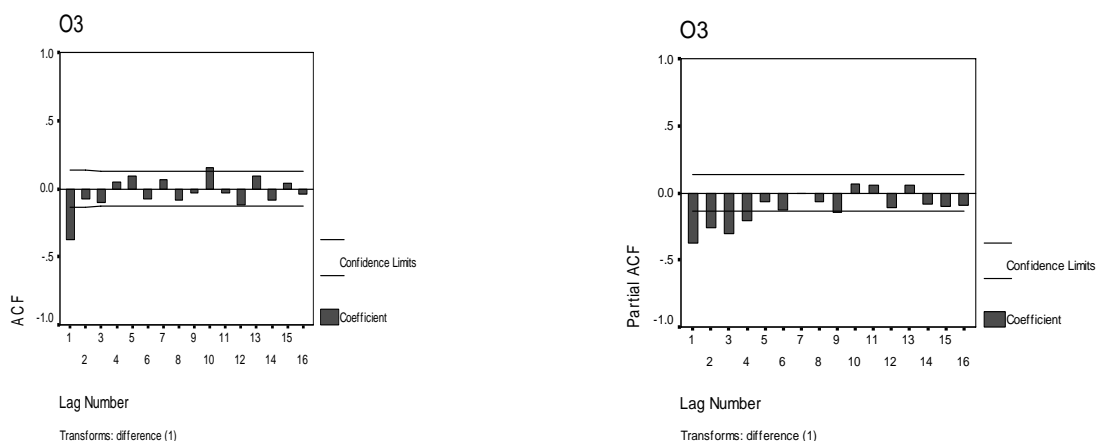


		O3
N		224
Normal Parameters(a,b)	Mean	52.7913
	Std. Deviation	12.34656
Most Extreme Differences	Absolute	.065
	Positive	.065
	Negative	-.051
Kolmogorov-Smirnov Z		.970
Asymp. Sig. (2-tailed)		.304



شکل ۱۶- تابع خود هم بستگی داده‌های ازن سطحی

شکل ۱۵- تابع خود هم بستگی جزئی داده‌های ازن سطحی



شکل ۲۰- تابع خود هم بستگی جزئی سری زمانی ازن سطحی

شکل ۱۹- تابع خود هم بستگی سری زمانی ازن سطحی

جدول ۱۳- ضرایب هم بستگی ساده (پیرسون) غلظت ازن سطحی و متغیرهای آب و هوایی

	FF	TT	TW	HUM	QFE	MAX	MIN	RAIN	SUN
ازن سطحی	-۰/۳۳۳	۰/۷۰۵	۰/۵۹۸	-۰/۴۸۶	-۰/۱۸۵	۰/۷۳۴	۰/۶۳۸	-۰/۱۹۸	۰/۴۹۵
سطح معنی داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰

جدول ۱۴ - ضریب هم بستگی و پراش غلظت ازن سطحی در روش ورود

Model	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.767(a)	.589	.589	33.425	9	210	.000

b Dependent Variable: O3

قرار گرفته، لذا داده‌ها دارای استقلال هستند. نمودار خود همبستگی در تاخیر ۱ معنی دار و سپس CUT OFF شده‌است. تابع خود هم بستگی جزئی به صورت موج سینوسی میرا دارای تناوب بوده و دامنه‌ها در حال کاهش می‌باشد، لذا بهترین مدل برای این حالت مدل ARIMA (4,1,1) می‌باشد.

هم بستگی ازن سطحی با متغیرهای آب و هوایی به مدت ۲۲۰ روز بررسی شد و نتایج در جدول ۱۳ مندرج است:

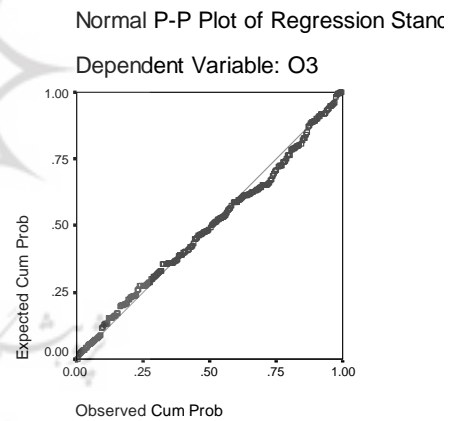
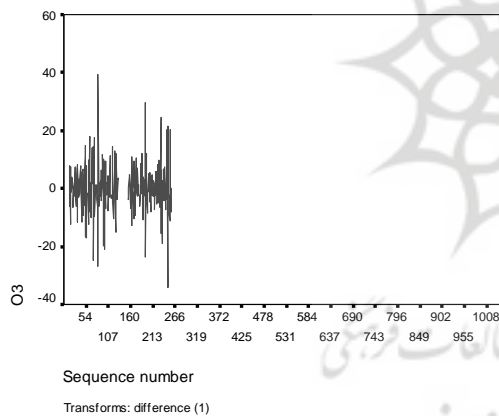
ضریب هم بستگی ساده غلظت ازن سطحی و ۹ متغیر آب و هوایی معنی دار می‌باشد. همبستگی غلظت ازن سطحی و ساعت آفتابی، دمای تر، حداکثر دما و حداقل دما مثبت بوده، لذا افزایش هر یک از این فراسنج‌ها سبب افزایش غلظت ازن سطحی می‌باشد. در صورتی که هم بستگی غلظت ازن سطحی و فشار ایستگاه، رطوبت نسبی و بارش منفی بوده و افزایش و کاهش هر فراسنج اثر معکوس بر غلظت ازن سطحی دارد. ضریب هم بستگی بین غلظت ازن کلی و ۹ متغیر آب

جدول ۱۵- ضرایب B و Beta محاسبه شده برای ازن سطحی با روش ورود

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-108.146	121.234		-.892	.373
	MEAN-FF	-.471	.126	-.192	-3.749	.000
	MEAN-TT	-.849	.879	-.571	-.966	.335
	MEAN-TW	.189	.351	.072	.539	.591
	MEAN-HUM	-.164	.089	-.155	-1.847	.066
	MEAN-QFE	.166	.143	.063	1.164	.246
	MAX	1.069	.563	.744	1.899	.059
	MIN	.572	.384	.370	1.490	.138
	RAIN	.456	.531	.048	.860	.391
	SUN	.456	.304	.099	1.501	.135

a Dependent Variable: O3

ضرایب B و Beta محاسبه شده فقط برای سرعت باد سطح زمین معنی دار است، لذا وجود این فراسنج در مدل ضروری می باشد.



شکل ۱۹ - باقیمانده‌های مدل پیشنهادی

شکل ۲۰ - سری زمانی داده‌های ازن سطحی پس از تفاضل مرتبه اول

تصادفی و دارای استقلال می باشند.

در روش گام به گام کامپیوتر در هر گام یکی از متغیرهای MAX, FF, HUM را وارد معادله می کند ضریب هم بستگی در این روش ۰/۷۵۹ بوده و تقریباً ۵۸٪ تغییرات ازن کلی ناشی از تغییر این متغیرها می باشد.

(۷)

و هوایی در روش ورود داده ۰/۷۶۷ می باشد که تاثیر زیاد این متغیرها بر مقادیر ازن سطحی را نشان می دهد. پراش غلظت ازن کلی ۰/۵۸۹ بوده و بیان می کند که ۵۹٪ تغییرات ازن سطحی ناشی از تغییرات این متغیرها می باشد.

برای بررسی درستی مدل باقیمانده‌ها را مورد بررسی قرار می دهیم. ملاحظه می شود که این باقیمانده‌ها نرمال و

تحلیل و بررسی تغییرات ازن شهر اصفهان

$$\text{غلظت ازن سطحی} = \text{رطوبت } B_1 + \text{سرعت باد } B_2 + ۳۱/۵۵۴$$

$$\text{MAX } -۰/۸۹۵ \text{ FF} -۰/۴۵۶ \text{ HUM } -۰/$$

$$\text{دمای حداکثر } a + B_3$$

جدول ۱۶ - ضریب هم بستگی و پراش غلظت ازن سطحی با روش گام به گام

Model	R	R Square	Change Statistics				
			R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.734(a)	.538	.538	253.964	1	218	.000
2	.753(b)	.567	.029	14.597	1	217	.000
3	.759(c)	.577	.009	4.760	1	216	.030

a Predictors: (Constant), MAX

b Predictors: (Constant), MAX, MEAN-FF

c Predictors: (Constant), MAX, MEAN-FF, MEAN-HUM

d Dependent Variable: O3

جدول ۱۷ - ضرایب B و Beta محاسبه شده برای ازن سطحی با روش گام به گام

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	22.437	1.984		11.312	.000
	MAX	1.054	.066	.734	15.936	.000
2	(Constant)	25.872	2.124		12.180	.000
	MAX	.996	.066	.694	15.121	.000
	MEAN-FF	-.431	.113	-.175	-3.821	.000
3	(Constant)	31.554	3.349		9.422	.000
	MAX	.895	.080	.623	11.166	.000
	MEAN-FF	-.456	.112	-.185	-4.057	.000
	MEAN-HUM	-.125	.057	-.119	-2.182	.030

a Dependent Variable: O3

ضرایب B و Beta محاسبه شده معنی دار بوده لذا مدل پیشنهادی به شکل فرمول (V) می باشد

بحث و نتیجه گیری

بررسی داده‌های ازن کلی در ماه‌های مختلف سال بیانگر این موارد می‌باشد:

(الف) تغییرات نامنظم و پرحاشیه در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و مه سال ۲۰۰۰ و ماه دسامبر سال ۲۰۰۱ (فصل زمستان و بهار).

(ب) تغییرات منظم بسیار کم دامنه در ماه‌های اوت و سپتامبر و اوایل اکتبر (ماه‌های مرداد، شهریور، مهر).

(ج) مقادیر زیر خط روند با شیب کاهشی در ماه‌های اکتبر و نوامبر (اوایل فصل پاییز).

از طرفی محاسبه روابط هم بستگی ساده و چند متغیره بین ازن کلی و متغیرهای آب و هوایی حاکی از آن است که دما و با در لایه‌های فوقانی به ویژه ۵۰ میلی‌متری تأثیر زیادی روی پراکنش ازن کلی دارند. افزایش دما سبب تولید بیشتر ازن و افزایش باد سبب پراکنش ازن در عرض‌های جغرافیایی متفاوت و کاهش غلظت ازن در واحد حجم است. رطوبت و بارش نیز اثر منفی بر مقادیر ازن کلی دارند لیکن به طور میانگین بین ۱۴٪ تا ۱۷٪ تغییرات ازن کلی ناشی از تغییر فراسنج‌های آب و هوایی است، لذا عوامل دیگری نیز از جمله نوع ترکیبات شیمیایی جو و فرآیندهای ثانویه نیز در این مساله تأثیر زیادی دارند که در جای خود می‌بایست بررسی گردد.

غلظت ازن سطحی به مقدار بیشتری تحت تأثیر متغیرهای آب و هوایی قرار دارد بنحوی که ۵۸٪ تا ۵۹٪ تغییرات ازن سطحی ناشی از تغییرات این متغیرها است.

در این مورد نیز نوع ترکیبات شیمیایی جو و فرآیندهای ثانویه نوع پوشش سطحی زمین و توپوگرافی نیز در این مساله تأثیر دارند. دمای حداکثر بالاترین اثر مثبت و رطوبت و مقدار باد سطح زمین بیشترین تأثیر منفی را بر مقادیر ازن سطحی دارند، لذا در روزهای گرم و آفتابی بالاترین مقادیر ازن سطحی و در هنگام استقرار سامانه‌های فشار کم ناپایدار که با بارندگی نیز همراه باشند با کمترین مقادیر ازن سطحی مواجه هستیم. از آنجایی که ازن سطحی یک آلاینده ثانویه و فتوشیمیایی می‌باشد تأثیر مثبت ساعت آفتابی و افزایش دما بر افزایش تولید ازن سطحی بدیهی می‌نماید.

بارش، فشار و رطوبت بالاترین اثر مثبت را بر مقادیر ازن کلی دارند، لذا هنگام استقرار سامانه‌های فشار زیاد با افزایش مقادیر ازن کلی مواجه خواهیم بود.

پیشنهادات

با توجه به کمبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلاینده‌های جوی در سطح شهر اصفهان و نیز عدم وجود بانک اطلاعاتی منسجم در این خصوص این پژوهش با پارامترهای محدود و در مدت زمان کوتاه انجام گرفته است، لذا تاسیس ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا به تعداد کافی در سطح شهر ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- ۱- بانک اطلاعاتی مرکز شیمی جوازن و آلودگی هوا، داده‌های ازن سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۵ میلادی.
- ۲- بانک اطلاعاتی اداره کل هواشناسی استان اصفهان، داده‌های اقلیمی سال ۱۹۹۵ تا سال ۲۰۰۵ میلادی.
- ۳- بوتکین وکلر، "مسائل محیط زیست" ترجمه یونس کریم پور، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان قدس، ۱۳۷۱.
- ۴- بلالی، مهدی و شریعت، مهدی، "آلاینده‌های هوا و اثرات سوء آنها بر سلامت انسان" نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، شماره ۳۱، ۱۳۷۵.
- ۵- بیرقدار، محمد علی. رضایی، فریدون. "آلودگی هوا در مقیاس جهانی" نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۶۸.
- ۶- چبانوگلاس، ج و پوی، ه. س. "مهندسی محیط زیست، هوا و زایدات جامد"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۸.
- ۷- حسینپور، فیضی و اسلامیان، پیرایش. "تابش فرابنفش"، انتشارات دانشگاه تبریز، ۱۳۸۰.
- ۸- خدابخش، حسن. "روش‌های اندازه‌گیری ازن جوی"، بولتن مرکز تحقیقات هواشناسی استان اصفهان، ۱۳۸۲.
- ۹- خراسانی زاده، علی. "کاربرد SPSS در پژوهش‌های آماری"، انتشارات قائم، ۱۳۷۵.
- ۱۰- رضازاده، پرویز. بررسی آلودگی هوای شهری، نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۷۵.
- ۱۱- سبزی پرور، علی اکبر و لبافی میرقوامی، مسعود. "ازن و فعالیت‌های صنعتی" کارگاه آموزشی هواشناسی آلودگی هوا
- و شیمی جو، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جوی، ۱۳۸۱.
- ۱۲- صداقت کردار، عبدالله و همکاران. "توانایی بالقوه علم آمار در مطالعات هواشناسی آلودگی هوا"، مقاله نامه کنفرانس آمار دانشگاه علامه طباطبایی، ۱۳۸۰.
- ۱۳- طالبی مرضیه. "مدل سازی و پیش بینی فشار و سرعت باد ایستگاه‌های داران و اصفهان" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه پیام نور اصفهان، ۱۳۸۲.
- ۱۴- عرفان منش مجید، افیونی مجید. "آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا" چاپ اول، انتشارات ارکان، ۱۳۷۹.
- ۱۵- عباس پور، مجید. "لایه ازن و محیط زیست"، انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۹.
- ۱۶- عساکره، حسین. "تحلیل آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان در دهه‌های اخیر" نشریه نیوار، انتشارات سازمان هواشناسی کشور شماره ۵۳ و ۵۲، ۱۳۸۳.
- ۱۷- فرید، رضا بهار، کمال احمدی، سروش. "نقش عوامل جوی در ایجاد آلرژی یا حساسیت در انسان" نشریه نیوار، شماره ۳۶، انتشارات سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۶۸.
- ۱۸- کریمی، محسن "بررسی ساختار ازن جوی در شهر اصفهان" مقاله نامه یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک، ۱۳۸۲.
- ۱۹- مولوی، حسین. "راهنمای عملی SPSS ۱۰"، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۳۷۹.
- ۲۰- نگهبان، علیرضا. "راهنمای روش تحقیق به کمک پرسشنامه SPSS ۱۱"، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۸۲.
- ۲۱- نقشه‌های وضعیت جوی در لایه‌های مختلف ۲۰۰۵ - ۱۹۹۵، مرکز پیش بینی سازمان هواشناسی کشور.
22. D.Bojkov, Rumen. D 1995: The Changing Ozone

28. World Meteorological Organization 1998: Scientific Assessment of Ozone Depletion, Global Ozone Research & Monitoring Project – Report No.44.
29. World Meteorological Organization 1998: The Ozone Layer & Environment, Global Ozone Research Center.
30. World Meteorological Organization 1996: Dispersion & Forecasting of Air Pollution- NO.319.
- Layer, World Meteorological Organization.
23. E.E Pickett 1987: Atmospheric Pollution , Springer ,Verlag .
24. M.N. RAO & H.V.N.RAO 2001: Air Pollution.
25. Japan Weather Association 1997: The study on an Integral Master Plan for Air Control.
26. Initial National Communication to UNFCCC & UNDP & Department of Environment (2003).
27. Hesam.Taba 1961: Ozone observation and their meteorological applications World Meteorological Organization.No 108 Switzerland

