نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا وبرنامه‌ریزی (دانشکده علوم محیطی و معماری)، سال ۱۶، شماره ۴۱، پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۲۵۰-۲۳۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۸/۰۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۸۹/۱۲/۲۰

تحلیل آماری تغییرات زمانی میزان ازون در جو اصفهان

عباسعلی ولی[۱]
یوسف قویدل[۲]
علی محمدخورشیددوست[۳]

چکیده

ازون، قسمت کوچکی از جو زمین است که با توجه به ویژگی حفاظتی آن در برابر اشعه فرابنفش خورشیدی، نقشی اساس در بقا و حیات ایفا می‌کند. بیشتر میزان ازون (۹۰ درصد کل ازون) در قسمت فوقانی تروپوسفر و در لایه استراتوسفر متمرکز است که به لایه ازون (ازون سپهر) معروف است. میزان ازون در سطح جهانی بین ۵۰۰-۲۰۰ دابسون در نوسان است که این مقدار دارای تغییرات زمانی و مکانی است. در این تحقیق با استفاده از اطلاعات ده ساله ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان و به کارگیری روش‌های تحلیل آماری مثل تحلیل رگرسیون، تحلیل واریانس و آزمون استیودنت نیومن کولز به تحلیل آماری تغییرات زمانی میزان ازون اصفهان پرداخته شده است. نتایج تحلیل‌های آماری حاکی از وجود تغییر در میزان ازون در سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد که در این دوره آماری، این تغییرات در اصفهان با بازه زمانی فصلی تطابق و هماهنگی کاملی دارد، به طوری که میانگین میزان ازون هر ۴ فصل دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با یکدیگر می‌باشند. این در حالی است که این هماهنگی در مورد ماه‌های سال مشهود نمی‌باشد. تمرکز و غلظت فصلی ازون در فصل بهار به حداکثر و در فصل پاییز به حداقل می‌رسد. تمرکز و غلظت فصلی ازون در بازه ماهانه در ماه مارس (اسفند) به حداکثر و در ماه اکتبر (مهر) به

۱ـ دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.
۲ـ استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
۳ـ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. Email:khorshid@tabrizu.ac.ir.

حداقل می‌رسد. بررسی روند در میانگین سالانه سری زمانی ایستگاه مزبور حاکی از عدم وجود روند در داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

واژگان کلیدی: ازون، تغییرات زمانی ازون، تحلیل روند، اصفهان.

مقدمه

ازون گازی است که به صورت طبیعی در جو زمین وجود دارد. هر مولکول ازون از سه اتم اکسیژن تشکیل شده است. ازون در دو ناحیه از جو زمین یعنی تروپوسفر و استراتوسفر یافت می‌شود. ازون تروپوسفر حدود ۱۰ درصد از کل ازون جو را تشکیل داده و از آلاینده‌های گازی جو محسوب می‌شود که اثرات مخرب متعددی بر محیط زیست دارد. از اثرات مخرب آن می‌توان به ایجاد اختلال در رشد و میزان تولید گیاهان، ایجاد اختلالات تنفسی از جمله کاهش ظرفیت شش‌ها، ناراحتی و تورم گلو، سرفه و ناراحتی‌های قلبی، اثرات آن بر روی زیست بوم ها، و همچنین تاثیر در گرمایش کره زمین به علت اثر گلخانه‌ای اشاره کرد (لوتجنس و همکاران، ۲۰۰۰: ۴۹). منبع تولید ازون تروپوسفری که به ازون بد موسوم است، شهرهای بزرگ، سوخت های فسیلی و آلاینده‌های صنعتی است. ازون استراتوسفری در تقابل با ازون تروپوسفری قرار داشته و۹۰ درصد ازون جو را تشکیل می‌دهد و به لایه ازون معروف می‌باشد. چرخه ازون در این لایه قرار دارد. مولکول‌های اکسیژن در اثر اشعه فرا بنفش خورشید شکسته شده و از این فرایند اتم‌های اکسیژن تولید می‌شود. هر اتم اکسیژن با یک مولکول اکسیژن ترکیب شده و مولکول ازون ایجاد می‌کند. مولکول های ازون با جذب قسمتی از اشعه فرابنفش خورشید مجدداً به صورت مولکول اکسیژن درمی‌آید. همچنین اهمیت چرخه ازون استراتوسفر در جذب اشعه فرابنفش خورشیدی که برای حیات زیستمندان خطر دارد، است. از این رو ازون استراتوسفری به ازون خوب معروف است (فاهی، ۲۰۰۲: ۸). توزیع جهانی ازون تابعی از زمان است و دارای تغییرات زمانی در بازه‌های روزانه تا فصلی است. علت نوسان میزان ازون بادهای استراتوسفری و مواد شیمیایی است. بر اثر الگوهای فصلی باد در استراتوسفر، کمترین مقدار آن در استوا و بیشترین مقدار آن در

قطبین زمین است (نیومن و پایل، ۲۰۰۲: ۵۱). برای انـدازه‌گیری ازون، میزان ازون جو را بـر واحد سطح اندازه‌گیری می‌کنند و عدد حاصله را مجموع ازون می‌نامند که یکای آن دابسون است. هر دابسون معادل یک لایه نازک ازون خالص به ضخامت ۰/۰۱ میلی‌متر در سطح زمین است. میزان ازون جو به وسیله تجهیزات روی سطح زمین ویا با استفاده از بالون، هواپیما و ماهواره اندازه‌گیری می‌شود. روش‌های اندازه‌گیری ازون یا به صورت مستقیم به طریق نمونه‌گیری از هوا و تعیین آن با مواد شیمیایی بوده یا به صورت غیرمستقیم با استفاده از میزان تشعشع و روش‌های نوری تعیین می‌شود (مونزکا و فراسر، ۲۰۰۲: ۸۱). در سال‌های اخیر در اثر دخالت انسان تغییراتی در لایه ازون مشاهده می‌شود. بر اثر فعالیت‌های انسان، گازهای تخریب‌کننده ازون که بیشتر ترکیبات کلرین و برمین هستند، در لایه‌های تحتانی جو تجمع پیدا کرده و بر اثر حرکات عمودی هوا به لایه های فوقانی جو راه پیدا کرده و در آنجا تحت تأثیر اشعه فرابنفش خورشید، به ترکیبات فعال تبدیل شده و با ورود به فرایند تخریب ازون چرخه‌های تخریب را به وجود می‌آورند. سرانجام در اثر گردش هوا در استراتوسفر ترکیبات مخرب به سطوح پایین‌تر انتقال یافته و از طریق بارش به زمین انتقال پیدا می‌کنند (کو و پولت، ۲۰۰۲: ۱۱۲).

غلظت ازون از سال ۱۹۸۰ به طور محسوسی در حال کاهش است و در حال حاضر در حدود ۳ درصد ازون استراتوسفری تخریب شده است. این کاهش با عرض جغرافیایی رابطه مستقیم دارد. بنابراین کمترین مقدار کاهش در استوا و بیشترین مقدار کاهش در قطبین زمین است. اوج کاهش ازون در قطب جنوب به صورت حفره ازون مشاهده می‌شود. علت ایجاد حفره در قطب جنوب حاکم بودن شرائط خاص هوا می‌باشد که در هیچ جای دنیا نظیر ندارد. در قطب جنوب دمای کم استراتوسفر باعث ایجاد ابرهای قطبی می‌شود. این ابرهای استراتوسفری باعث تسریع در چرخه تخریب ازون توسط بنیان‌های کلرین و برمین شده و در اثر راکد بودن هوای استراتوسفر پدیده تخریب تشدید می‌شود. از آنجا که این ابرها در دمای ۷۸- درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند، در هر دو قطب شرایط تشکیل ابرهای استراتوسفری فراهم است، لیکن مدت زمان تشکیل این ابرها در قطب شمال در چند هفته و در قطب جنوب در چندین ماه فراهم است. در قطب جنوب بر خلاف قطب شمال این

شرایط در کل سال تداوم داشته و باعث تشکیل حفره ازون در قطب جنوب شده است (نیومن و پایل، ۲۰۰۲: ۵۹).

کاهش ازون در سال‌های اخیر محسوس بوده و از آنجا که امکان جایگزینی و ترمیم ازون وجود ندارد، جوامع جهانی برای جلوگیری از کاهش آن به تکاپو افتاده و قراردادهایی را که اکثر کشورها بدان پیوسته یا در حال پیوستن هستند، وضع نموده‌اند. هدف از این قراردادها کاهش مقادیر بنیان‌های مخرب نظیر کلرین و برمین وکاهش جریان تولید ومصرف هالوژن‌ها می‌باشد. این قراردادها به ترتیب شامل: مونترال (۱۹۸۷)، لندن (۱۹۹۰)، کپنهاگ (۱۹۹۲) و بی‌جینگ (۱۹۹۹) می‌باشند. محققان علوم جو با مطالعه روند تغییرات زمانی و برخی قیاس‌ها در صدد کشف روش‌های احیاء و مرمت لایه ازون می‌باشند و انتظار می‌رود تا اواسط قرن ۲۱ با فراهم کردن تمهیدات جهانی قراردادها، فرآیند تخریب ازون در اثر عوامل انسانی کنترل و در صورت ممکن متوقف شود (چیپرفیلد و راندل، ۲۰۰۲: ۱۵۱).

مطالعات زیادی در مورد میزن ازون استراتوسفری در جهان انجام شده است. اساوی و همکاران (۱۹۸۴: ۳۵) با بررسی میزان تغییرات فصلی اوزون نشان دادند که این میزان تابعی از عرض جغرافیایی است و مؤلفه فتوشیمیایی مهم‌تر از مولفه گردش عمومی جو می‌باشد.

تنها ایستگاه اندازه‌گیری ازون استراتوسفری ایران در اصفهان قرار دارد و ایستگاه مذکور به عنوان شاخص کل ازون استراتوسفری ایران محسوب می‌شود. تحقیق پیرامون ازون اصفهان حول دو محور اساسی انجام می‌گیرد. اکثر تحقیقات به تحلیل آماری و سری‌های زمانی ازون پرداخته شده و در مواردی اندک ارتباط عوامل هواشناختی با کم و کیف ازون جو اصفهان مدنظر قرار گرفته است. از مطالعات نوع آماری می‌توان به کارهای حسن‌زاده و امیدواری (۱۳۸۴: ۴۳۹۳) که در یک دوره آماری سه ساله ویژگی‌های آماری ازون اصفهان را مورد بررسی قرار داده‌اند، مطالعه خسروی دهکردی و مدرس (۱۳۸۶: ۳۳) که روند زمانی تخیله ازون از صنعت پتروشیمی به جو اصفهان را مورد تحلیل قرار داده اند، پیش‌بینی روزانه تمرکز و غلظت ازون اصفهان با استفاده از شبکه عصبی که توسط یزدان‌پناه و همکاران (۲۰۰۸: ۴۴) انجام گرفته است، کار حسن‌زاده و همکاران (۲۰۰۷: ۳) که با استفاده از

روش‌های رگرسیون و آمار چندمتغیره داده‌های ازون را مورد بررسی قرار داده‌اند، تحقیق حسن‌زاده و همکاران (۲۰۰۸: ۴۳۹۳) که در آن با استفاده از روش تحلیل طیفی و تابع انتقال فوریه سری زمانی تمرکز ازون اصفهان مورد بررسی قرار گرفته است، اشاره نمود.

در مورد ارتباط عوامل جغرافیایی و هواشناختی با توزیع زمانی غلظت ازون جو در اصفهان تحقیقات انجام گرفته چندان زیاد نیست. طباطبایی و همکاران (۱۳۸۴: ۵) در تحقیق خود نقش دینامیک جو بویژه جریان بادهای غربی و سیکلون‌ها و آنتی‌سیکلون‌ها را از عوامل اصلی تغییر غلظت ازون در جو اصفهان عنوان نموده‌اند. به عقیده عزتیان (۱۳۸۶: ۷۱) به دلیل اهمیت مقادیر ازون در تعیین شاخص کیفیت هوا اهمیت زیادی دارد. فرونشست هوای سطوح فوقانی از صعود آلاینده‌هایی مثل ازون و پراکنش آنها ممانعت نموده، تراکم آلاینده در سطح زمین را افزایش می‌دهد. در تحقیق حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۶: ۳) نیز به ارتباط پارامترها و عناصر جوی بویژه باد، با میزان تراکم آلاینده‌هایی چون ازون اشاراتی شده است.

این تحقیق به منظور بررسی میزان و تغییرات ازون در ایران با استفاده از اطلاعات ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان طراحی گردیده است. با توجه به تغییرات زمانی مقادیر ازون، این مقاله به بررسی میانگین‌های سالانه، فصلی و ماهانه ازون ایستگاه اصفهان پرداخته است. در این تحقیق وجود یا عدم وجود روند تغییرات سالانه، ماهانه و فصلی ازون از اهداف اصلی بوده و مورد آزمون قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان، ایستگاه ۳۳۶ اندازه‌گیری ازون کلی (ازون استراتوسفری و تروپوسفری) در جهان است. این ایستگاه از سال ۱۳۷۵ با نصب دستگاه ازون‌سنج اسپکتروفتومتر دابسون شماره ۱۰۹ رسماً کار خود را آغاز نمود. این مرکز از لحاظ موقعیت جغرافیایی دارای مختصات ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۵۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته است.

اندازه‌گیری ازون کلی جو (Total Ozone) ایستگاه اصفهان در گذشته توسط دستگاه

اسپکتروفتومتر دابسون انجام می‌گرفت که از آوریل ۲۰۰۰ میلادی از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر بروئر انجام می‌شود. داده‌های مورد استفاده این تحقیق از نوع داده‌های اندازه‌گیری شده از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر بروئر است که با توجه به جدول ۱ تعداد اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در روزهای مختلف برای هر ماه به دلایلی مثل اشکالات فنی، متفاوت است.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، داده‌های روزانه و متوسط ماهانه، متوسط فصلی و سالانه ازون کلی ایستگاه اصفهان از روز اول سپتامبر ۱۹۹۵ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۴ میلادی می‌باشند. داده‌های ماهانه فصلی و سالانه ازون کلی از داده‌های روزانه محاسبه و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این پژوهش برای تحلیل داده‌ها، روش‌های آماری متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای بررسی فرضیات از آزمون‌های آمار استنباطی و تحلیل واریانس و برای مقایسه میانگین‌های مجموع ازون و درصد تغییرات در بازه‌های زمانی سالانه، ماهانه و فصلی از آزمون چنددامنه‌ای مقایسه میانگین‌ها استفاده شده است. برای تحلیل روند زمانی غلظت ازون از تحلیل رگرسیون و آزمون استیودنت نیومن کولز SNK [1] استفاده شده است. آزمون SNK از آزمون‌های تعقیبی و پس تجربی (Post hoc) است که بعد از انجام تحلیل واریانس برای مقایسه میانگین‌ها به کار می‌رود. در این آزمون میانگین‌ها به ترتیب از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند و فاصله دو میانگین، طول میدان تغییرات را برای هر مقایسه تعیین می کند. روش مذکور زمانی به کار برده می‌شود که تحلیل واریانس معمولی و آزمون F معنادار بودن کلی را نشان داده باشند (شیرازی، ۱۳۸۳: ۲۹۰: ۲۹۰). آزمون SNK همانند آزمون‌های دانکن و بویژه توکی بوده و تنها تفاوت آنها در میزان مقادیر بحرانی است و نسبت به آزمون‌های یاد شده حساسیت کمتری دارد.

یافته‌ها

خصوصیات آمار توصیفی داده‌های ماهانه ازون ایستگاه اصفهان پس از استخراج در جدول ۱ درج گردیده است.

1- Student-Newman-Keuls

جدول (۱) ویژگی‌های توصیفی فراسنج‌های آماری ازون ایستگاه اصفهان

عامل	تعداد اندازه‌گیری در هر ماه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییر	کمینه	بیشینه	دامنه	مد	چولگی
ژانویه	۲۱۹	۲۸۳/۴	۳۴/۴	۱۲/۱	۱۷۹	۳۶۱	۱۸۲	۲۷۸	−۰/۲۷
فوریه	۲۰۷	۲۹۴/۵	۳۵	۱۱/۹	۲۳۱	۳۸۹	۱۵۸	۲۷۱	۰/۶۸
مارس	۲۱۲	۳۰۳/۶	۳۴/۴	۱۱/۳	۲۳۳	۴۳۳	۲۰۰	۲۷۶	۱/۱۳
آوریل	۲۱۹	۲۹۶/۷	۲۸/۳	۹/۵	۲۱۳	۴۰۴	۱۹۱	۲۸۲	۰/۹۷
مه	۲۳۷	۲۹۵/۳	۲۸	۹/۴	۲۳۱	۴۱۳	۱۸۲	۲۸۴	۰/۹۴
ژوئن	۲۴۴	۲۹۰/۸	۲۲/۲	۷/۶	۱۹۴	۳۶۶	۱۷۲	۲۸۴	۰/۳۶
جولای	۲۵۶	۲۸۶/۱	۲۴/۵	۸/۶	۲۲۵	۳۷۱	۱۴۶	۲۷۹	۱/۱۲
اوت	۲۶۲	۲۷۷	۲۴/۶	۸/۹	۲۰۵	۳۴۷	۱۴۲	۲۷۶	۰/۲۶
سپتامبر	۲۵۰	۲۶۹/۷	۲۹/۷	۱۱	۱۴۰	۳۴۹	۲۰۹	۲۷۵	−۱/۰۳
اکتبر	۲۵۶	۲۶۳/۷	۲۸/۸	۱۰/۹	۱۶۹	۳۲۱	۱۵۲	۲۵۹	−۱/۲۳
نوامبر	۲۳۵	۲۶۷/۳	۳۳/۲	۱۲/۴	۱۵۱	۳۱۸	۱۶۷	۲۷۵	−۱/۶۵
دسامبر	۲۳۲	۲۶۹	۳۸/۸	۱۴/۴	۱۵۰	۳۴۲	۱۹۲	۳۰۵	−۱/۱۰

با توجه به جدول ۱ میزان تمرکز و غلظت فصلی ازون در بازه ماهانه در ماه مارس (اسفند) به حداکثر و در ماه اکتبر (مهر) به حداقل رسیده است. با توجه به مقادیر چولگی، عدم تقارن توزیع زمانی میزان ازون در دو ماه مارس و اکتبر، ثبات تمرکز زمانی ازون در ماه اوت و بی‌ثباتی مقدار ازون در ماه‌های مارس، نوامبر، دسامبر و جولای که با توجه به فراسنج‌های پراکندگی داده‌ها کاملاً مشهود است، از موارد مهم جدول ۱ است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تغییرات زمانی میزان ازون ماهانه، فصلی وسالانه در جداول ۲ ، ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس تغییرات میانگین ماهانه ازون در ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	سطح معنی‌دار
میزان ازون	۴۵۱۷۱۵	۱۱	۴۱۰۶۵	۴۵/۵	۰/۰۰۰۱
خطا	۲۶۱۹۲۰۸/۴	۲۹۰۱	۹۰۲/۸۵		
کل	۳۰۷۰۹۲۲/۴	۲۹۱۲			

جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس تغییرات میانگین فصلی ازون در ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	سطح معنی‌دار
میزان ازون	۳۳۹۴۹۷	۳	۱۱۳۱۶۵/۷	۱۲۰/۵	۰/۰۰۰۱
خطا	۲۷۳۱۴۲۵	۲۹۰۹	۹۳۹		
کل	۳۰۷۰۹۲۲	۲۹۱۲			

جدول (٤) نتایج تجزیه واریانس تغییرات میانگین سالانه ازون در ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	متوسط مربعات	مقدار F	سطح معنی‌دار
میزان ازون	۴۳۹۴۵۶/۲	۹	۴۸۸۲۸/۵	۵۳/۹	۰/۰۰۰۱
خطا	۲۶۳۱۴۶۶	۲۹۰۳	۹۰۶/۴		
کل	۳۰۷۰۹۲۲/۲	۲۹۱۲			

نتایج تجزیه واریانس جداول مزبور بیانگر رد فرضیه عدم وجود تغییرات در میانگین‌های مجموع ازون ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد. بنابراین بین میانگین‌های میزان مجموع ازون سالانه در سطح احتمال ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین بین میانگین‌های ماهانه و فصلی نیز در سطح احتمال ۰/۰۱ نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. یعنی مجموع ازون در دوره‌های سالانه، فصلی و ماهانه دچار تغییراتی می‌شود. برای بررسی تغییرات در هر بازه زمانی از آزمون مقایسه میانگین‌ها استفاده شده است. نتایج این آزمون در جداول۵ ، ۶ و ۷ ارائه گردیده است.

در جدول ۵ نتایج مقایسه میانگین ماهانه میزان ازون در ۱۰ سال آماری با استفاده از آزمون مقایسهٔ میانگین‌ها ارایه شده است. این نتایج بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در میانگین ماهانه است که بر این اساس ماه‌های سال در ۶ گروه قرار می‌گیرند. ماه‌هایی که در هر گروه قرار می‌گیرند، تفاوت معنی‌داری در میانگین ماهانه میزان ازون ندارند. در گروه اول ماه‌های شـهریور، مـهر، آبان و آذر قرار دارند که بین میانـگین ماهانه آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. به همین ترتیب بقیهٔ گروه‌ها نیز توصیف می‌شوند. بیشترین میزان ازون ماهانه مربوط به اسفند ماه و کم‌ترین آن مربوط به مهر ماه می‌باشد.

جدول (۵) نتایج آزمون SNK درسطح احتمال ۱ درصد برای مقایسه میانگین‌های مجموع ازون ماهانه در ایستگاه اصفهان

ماه	تعداد روز	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ٤	گروه ٥	گروه ٦
اکتبر	۲۸۲	۲۶۴/۶۷					
نوامبر	۲۵۹	۲۶۷/۵۵					
دسامبر	۲۴۴	۲۷۰/۵۷	۲۷۰/۵۷				
سپتامبر	۲۷۷	۲۷۱/۳	۲۷۱/۳				
جولای	۲۵۸	۲۷۷/۱	۲۷۷/۱				
ژوئیه	۲۵۶	۲۸۳/۲	۲۸۳/۲		۲۸۳/۲		
ژانویه	۲۱۸	۲۸۶/۰۵			۲۸۶/۰۵		
فوریه	۲۰۷	۲۹۰/۷۷			۲۹۰/۷۷	۲۹۰/۷۷	
ژوئن	۲۴۵	۲۹۴/۴۸				۲۹۴/۴۸	
مه	۲۳۶	۲۹۵/۳				۲۹۵/۳	
آوریل	۲۱۹	۲۹۶/۷۱				۲۹۶/۷۱	۲۹۶/۷۱
مارس	۲۱۲	۳۰۳/۶۱					۳۰۳/۶۱

نتایج مقایسه میانگین‌های مجموع ازون فصلی با یکدیگر حاکی از اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بوده و بر این اساس میانگین‌های هر فصل در یک گروه مجزا قرار می‌گیرند. بنابراین تغییرات میزان ازون تابع فصول سال بوده و از نظر توزیع فصلی، بیشترین غلظت میزان ازون در بهار و کمترین میزان آن در پاییز متمرکز است.

جدول (٦) نتایج آزمون SNK درسطح احتمال ۱ درصد برای مقایسه میانگین‌های مجموع ازون فصلی در ایستگاه اصفهان

فصل	تعداد روز	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ٤
پاییز	۷۷۲	۲۶۷/۱			
تابستان	۷۹۰		۲۷۹/۹۶		
زمستان	۶۵۶			۲۸۹/۸۱	
بهار	۶۹۵				۲۹۵/۴۱

نتایج مقایسه میانگین سالانه میزان ازون اصفهان در طول دوره ۱۰ ساله، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ بوده و میانگین‌های سالانه دورهٔ مذکور در ۵ گروه

قرار می‌گیرند. سال‌هایی که میانگین آنها در یک گروه قرار گرفته، اختلاف معنی‌داری ندارند. برای مثال میانگین سالانهٔ میزان ازون در سال‌های ۲۰۰۲–۱۹۹۷ اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (جدول ۷) .

بیشترین میانگین ازون سالانه مربوط به سال ۱۹۹۶ با ۳۱۸/۴۸ دابسون و کمترین آن مربوط به سال۱۹۹۸ با ۲۷۱/۰۵ دابسون می‌باشد.

جدول (۷) نتایج آزمون SNK درسطح احتمال ۱ درصد برای مقایسه میانگین های مجموع ازون سالانه در ایستگاه اصفهان

سال	تعداد روز	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ٤	گروه ٥
۱۹۹۸	۳۱۴	۲۷۱/۰۵				
۲۰۰۱	۳۴۳	۲۷۵/۰۵	۲۷۱/۰۵			
۱۹۹۹	۲۸۸	۲۷۵/۵۲	۲۷۵/۵۲			
۲۰۰۰	۳۰۰	۲۷۵/۸۶	۲۷۵/۸۶			
۲۰۰۲	۳۴۵	۲۷۷/۱۰	۲۷۷/۱۰			
۱۹۹۷	۳۰۷	۲۷۹/۲۰	۲۷۹/۲۰			
۱۹۹۵	۸۴		۲۸۰/۶۵	۲۸۰/۶۵		
۲۰۰۳	۳۵۵			۲۸۷/۶۳	۲۸۷/۶۳	
۲۰۰۴	۳۳۹				۲۹۰/۳۵	
۱۹۹۶	۲۳۶					۳۱۸/۴۸

نتایج تحلیل رگرسیون برای تعیین روند تغییرات و میزان آنها در جدول ۸ درج شده است. با توجه به نتایج، یک روند نزولی ملایم در میزان ازون و درصد تغییرات آن محسوس می‌باشد. این میزان به ازای هر سال معادل ۰/۵ دابسون در مجموع ازون سالانه و ۰/۱۷ درصد تغییرات نسبت به میانگین ۱۰ ساله می باشد. البته اگر افزایش نسبتاً زیاد در میانگین سالانه سال ۱۹۹۶ در نظر گرفته نشود، این تغییرات تا حد زیادی نامحسوس خواهند شد.

جدول (۸) تحلیل رگرسیون معادله تعیین روند تغییرات ومیزان آن در ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان

عامل	ضریب تبیین	همبستگی	درجه آزادی	مقدار F	سطح معنی‌داری F	شیب رگرسیون	مقدار ثابت معادله رگرسیون
مجموع ازن	۰/۰۰۲	۰/۰۴۵ *	۲۹۱۱	۶	۰/۰۱۴	-۰/۵۵۴۷	۱۳۹۱/۹۶
درصد تغییر	۰/۰۰۲	۰/۰۴۵ *	۲۹۱۱	۶	۰/۰۱۴	-۰/۱۹۶۴	۳۹۲/۸۱۵

میانگین مجموع ازون در بازه‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه دارای نوساناتی بوده و با فصول سال تطابق و هماهنگی کاملی دارد بطوری که میانگین هر ۴ فصل در اثر اختلاف معنی‌دار بین خود، در ۴ گروه مـجزا قرار می‌گیرند، در صورتی که میانگین میزان ازون با ماه‌های سال هماهنگی کمتری دارد. به این ترتیب ماه‌های سال در ۶ گروه قرار می‌گیرند. مقایسه میانگین‌های سالانه ازون بیانگر وجود ۵ گروه با میانگین‌های فاقد اختلاف معنی‌دار بوده و مقادیر میزان ازون تابع توزیع نرمال نیست. بررسی روند در میانگین‌های دورهٔ آماری ۱۰ ساله با استفاده از آزمون نقاط عطف در جدول ۹ و با استفاده از آزمون رگرسیون درجدول ۱۰ درج شده است. نتایج آزمون‌های نقاط عطف و تحلیل واریانس رگرسیون بیانگر عدم وجود روند در میانگین سری داده‌های سالانه می‌باشند.

جدول (۹) نتایج آزمون نقاط عطف برای تعیین روند داده‌ها

تعداد داده	نقاط عطف مشاهده شده	نقاط عطف مورد انتظار	واریانس نقاط عطف	مقدار Z مورد محاسبه	مقدار Z در جدول
۱۰	۴	۵/۳۳	۱/۴۵	-۱/۱	-۱/۹۶

جدول(۱۰) تحلیل واریانس رگرسیون برای تعیین روند داده‌ها

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	متوسط مربعات	مقدار F	سطح معنی‌دار
رگرسیون	۱	۴۸/۷۳	۴۸/۷۳	۰/۲۴	۰/۶۴
باقی مانده	۸	۱۶۵۳/۲	۲۰۶/۶۵		
کل	۹	۱۷۰۲			

علی‌رغم وجود یک روند کند نزولی، در این بازه زمانی سالانه، از نظر آماری روند کند نزولی میانگین سالانه ازون ایستگاه اصفهان معنی‌دار نیست.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاکی از وجود تغییرات در میزان ازون در سری‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه اصفهان می‌باشد که در طول دوره آماری، این تغییرات در بازه زمانی فصلی تطابق و هماهنگی کامل دارد، به طوری که میانگین میزان ازون هر ۴ فصل با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشند. این در حالی است که این هماهنگی در مورد ماه‌های سال مشهود نمی‌باشد. تمرکز و غلظت فصلی ازون در فصل بهار به حداکثر و در فصل پاییز به حداقل می‌رسد. تمرکز و غلظت فصلی ازون در بازه ماهانه در ماه مارس (اسفند) به حداکثر و در ماه اکتبر (مهر) به حداقل می‌رسد. بررسی روند در میانگین سالانه سری زمانی ایستگاه مزبور حاکی از عدم وجود روند در داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند که این امر نشان‌دهنده نوسانات در میانگین بلندمدت سری‌های ماهانه، فصلی و سالانـه ازون در ایـستگاه اصفهان بـوده و رونـد مشخص نزولی یا صعودی جهت‌دار یا معنی‌داری که بتوان از روی آن میزان ازون اصفهان را در آینده پیش‌بینی نمود، وجود ندارد.

با توجه به نقش و اهمیت اساسی ازون جو در فعل و انفعالات زیستمندان و موجودات زنده و میزان افزایش طبیعی که ازون کلی در عرض‌های بالاتر جغرافیایی مثل مناطق شمال، شمال غرب و شمال شرق کشور دارد، پیشنهاد می‌شود که سلامت زیستمندان مناطق یاد شده با فرض این که افزایش ازون عامل مخل، به وجود آورنده و مؤثر بر بعضی از بیماری‌ها است، مورد مطالعه قرار داده شود. جستجو در برای یافتن آمار ایستگاه‌های ازون‌سنجی کشورهای همسایه از طریق سایت‌های اینترنتی موفقیت‌آمیز نبود وگرنه در صورت وجود داده‌های یاد شده می‌توان با استفاده از داده‌های مذکور درک و بینش بهتری نسبت به توزیع زمانی و مکانی ازون جو در پهنه کشور حاصل نمود و آن را در ارتباط با عوامل و عناصر مـختلف جو بالا و سطح زمین مورد مـطالعه قرار داد. با توجه به اهمیت ایستگاه ازون‌سنجی اصفهان لازم است با استفاده از داده‌های اخذ شده میزان ماهانه و فصلی و سالانه ازون به دقت مورد پایش قرار گرفته و احتمال تغییرات معنی‌دار زمانی و مکانی آن بویژه با توجه به پدیده تغییر اقلیم مورد ملاحظه قرار داده شود.

منابع

۱ـ حسن‌زاده، الف؛ امیدواری، م. (۱۳۸۴)، «***آنالیز آماری اوزون در یک دوره سه ساله (۲۰۰۱-۱۹۹۹)***»، ششمین همایش علوم و فنون دریایی.

۲ـ حسن‌زاده، الف؛ حجازی آ.؛ صداقت کردار، ع. (۱۳۸۶)، «***تعیین کیفیت هوای اصفهان با استفاده از شاخص استاندارد مواد آلاینده (PSI) و تعیین همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و غلظت آلاینده‌ها***»، کنفرانس فیزیک ایران.

۳ـ خسروی دهکردی، الف؛ مدرس، ر. (۱۳۸۶)، «***تحلیل سری زمانی روزانه آلودگی هوای اصفهان ناشی از صنعت پتروشیمی***»، محیط‌شناسی، ۳۳-۴۲: (۴۴) ۳۳.

۴ـ شیرازی، م. (۱۳۸۳)، «***روش‌های آمار کاربردی با رویکرد آمار در پژوهش***»، انتشارات شکوه اندیشه، تهران.

۵ـ عزتیان، و. (۱۳۸۶)، «***بررسی تأثیر عوامل هواشناسی بر روی شاخص کیفیت هوا در شهر اصفهان***»، رساله دکتری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

۶ـ طباطبایی، س.م.ر.؛ حسن‌زاده، الف.؛ امینی، ل.؛ خاکیان دهکردی، غ. (۱۳۸۴)، «***بررسی اثرات پارامترهای دینامیکی برروی لایه ازون درایستگاه ازون‌سنجی اصفهان در سال ۲۰۰٤***»، دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک.

7- Aesawy, M; A.B. Mahout; W.M. Sharobim, (1984), Seasonal Variation of Photochemical and Dynamical Components of Ozone in Subtropical Regions, ***Theoretical and Applied Climatology***, 8(4):35-48.

8- Chipperfield, M; W. Rendell (2002), "Global Ozone: Past and Future", ***In Scientific Assessment of Ozone Depletion***: 1998, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No 44.

9- Fahey, D. (2002), "Twenty Questions and Answers about the Ozone Layer", ***Ozone Assessment***, Les Diablerets, Switzerland, 24-28 June.

10- Hassanzadeh, S.; Omidvari, M; Hosseinibalam, F., (2007), Statistical Methods and Regression Analysis of Stratospheric Ozone and Meteorological Variables in Esfahan, ***Physica***, 387(10): 2317-2327.

11- Hassanzadeh, S; Omidvari, M; Hosseinibalam, F., (2008), "Time Series Analysis of Ozone Data in Esfahan", ***Physica***, 387(16-17): 4393-4403.

12- Ko., M; G., Poulet, (2002), "Very short-lived halogen and Sulfur Substances", In ***Scientific Assessment of Ozone Depletion***: 1998, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No.44.

13- Lutgens, F., K; E.J, Tarbuck; D., Tasa, (2000), "***The Atmosphere: An Introduction to Meteorology***", Prentice Hall Publications.

14- Montzka, S.A; P.J., Fraser, (2002), "***Controlled Substances and Other Source Gases***", ***In Scientific Assessment of Ozone Depletion***: 1998, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No.44.

15- Newman, P.A; H.A., Pyle, (2002), "Polar Stratospheric Ozone: Past and Future", In ***Scientific Assessment of Ozone Depletion***: 1998, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project, Report, No.44.

16- Yazdanpanah, H; M, Karimi; Z, Hejazizadeh, (2008), "Forecasting of Daily Total Atmospheric Ozone in Esfahan", ***Environmental Monitoring and Assessment***, 28(3): 44-53.

پرتال جامع علوم انسانی