

## بررسی روند تغییرات جهانی غلظت ازن سطحی و مشکلات زیست محیطی آن

محسن کریمی<sup>۱</sup>

اصفهان- خیابان بزرگمهر- خیابان ۲۲ بهمن- مجموعه اداری امیر کبیر- اداره کل هواشناسی استان اصفهان- مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان اصفهان- تلفن: ۰۳۱۱-۶۵۴۰۳۴۳ دورنگار: ۰۳۱۱-۶۵۴۰۳۴۴، پست الکترونیک: [mohsen7198@yahoo.com](mailto:mohsen7198@yahoo.com)

### چکیده

ازن سطحی یا تروپوسفری ۱۰ درصد ازن کل اتمسفری را تشکیل می دهد. اما با این وجود نقش به سزایی در تغییرات بیولوژیکی، شیمی جو و آب و هوایی دارد. ازن سطحی به واسطه جذب تابشهای طول موج بلند ساطع شده از سطح زمین در زمره گازهای گلخانه ای قرار می گیرد و می تواند شرایط آب و هوایی را تحت تاثیر قرار دهد.

ازن سطحی یکی از مهمترین اکسیدانهای فتوشیمیایی موجود در جو است و با واکنش با آلاینده های اولیه و هیدروکربنهای نسوخته موجبات تشکیل آلاینده های ثانویه را به وجود می آورد، همچنین به واسطه خاصیت اکسیدکنندگی بالا، یک گاز مضر و زیانبخش برای انسان، اکوسیستمهای گیاهی و جانوری و اجسام و در کل محیط زیست محسوب می شود.

در این پژوهش ۷ ایستگاه اندازه گیری ازن سطحی، با داده های بالای ۱۴ سال از میان ۵۲ ایستگاه جهانی اندازه گیری ازن سطحی انتخاب شدند و پس از جمع آوری داده های دراز مدت ازن سطحی از ایستگاههای انتخابی، روند تغییرات ازن سطحی در این ایستگاهها مورد بررسی قرار گرفته است.

از آنجایی که غلظت ازن سطحی به مقدار زیادی به غلظت دی اکسید ازن، اکسید نیتریک و هیدروکربنهای نسوخته بستگی دارد، لذا روند تغییرات غلظت ساعتی مواد مذکور به طور همزمان با غلظت ساعتی ازن سطحی مقایسه شده است.

در این مقاله همچنین اثرات زیست محیطی ازن سطحی بر انسان، اجسام و گیاهان مورد بررسی قرار گرفته و همچنین درباره روشهای اندازه گیری و دستگاهها و ادوات اندازه گیری کننده ازن سطحی نیز به تفصیل صحبت شده است.

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که روند رشد غلظت ازن سطحی در ایستگاههای مورد بررسی مثبت بوده و همچنین غلظت لحظه ای ازن سطحی به شدت با غلظت دی اکسید ازن، اکسید نیتریک و هیدروکربنهای نسوخته تغییر می کند، البته سرعت تغییرات به شدت تابش نور خورشید بستگی دارد چراکه واکنشها، فتوشیمیایی بوده و در حضور نور انجام می شوند.

**واژه های کلیدی:** ازن سطحی، مه دود فتوشیمیایی، محیط زیست، واکنشهای فتوشیمیایی

### ۱-مقدمه:

گاز ازن با فرمول شیمیایی O<sub>3</sub> یکی از گازهای جزئی تشکیل دهنده جو است که ۱۰×۶ درصد حجمی هوا را تشکیل میدهد ازن به صورت ناهمگن در جو پراکنده شده است ۱۰٪ آن در تروپوسفر و ۹۰٪ دیگر در استراتوسفر واقع شده است. ازن تروپوسفری (ازن سطحی) و ازن استراتوسفری (لایه ازن)، دو نقش متفاوت را در جو از خود بروز می دهند بطوری که ازن موجود در استراتوسفر با جذب تابشهای خطرناک خورشید (تابش ماورای بنفش) از رسیدن این تابشهای مرگبار به سطح زمین جلوگیری می کند و این ماموریت لایه ازن آنقدر مهم است که بعد از اکسیژن و آب لازمه حیات کره زمین شناخته شده است. ازن سطحی بواسطه اینکه با زیست کره در تماس مستقیم است اثرات ناخوشایند بسیاری برای انسان، گیاهان و محیط زیست بوجود آورده است بعلاوه این گاز یکی از عوامل تبدیل آلاینده های اولیه به آلاینده های ثانویه بوده که چه بسا خطر آلاینده های ثانویه از اولیه بیشتر است همچنین ازن به عنوان یک گاز گلخانه ای، موجب افزایش دمای سطح زمین می شود. لذا با این توصیفات ازن موجود در تروپوسفر بر خلاف ازن موجود در استراتوسفر، مضر و غیر مفید شناخته شده است.

تا ۲۸ سال پیش تصور بر این بود که منشاء تمامی ازن تروپوسفری، از ازن استراتوسفری تامین می شود ولی امروزه تحقیقات ثابت کرده اند که تنها بخش اندکی از ازن تروپوسفری از استراتوسفر تامین می شود و سرچشمه اصلی ازن تروپوسفری واکنشهای فتوشیمیایی هستند

هنگامی که اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربنهای نسوخته و نور خورشید یکجا و در کنار هم جمع می شوند. مواد اولیه برای تشکیل و تولید آلاینده های ثانویه از جمله ازن فراهم شده است. همچنین ازن در سطح زمین در اثر تخلیه الکتریکی شدید (مانند جوشکاری) و رعد و برق و ساعقه تولید می شود.

ازن یکی از فراوانترین اکسیدکننده های فتوشیمیایی است که به دلیل اهمیتی که دارد استاندارد کیفیت هوا بر اساس آن تنظیم شده است، ازن به تنهایی باعث بروز مشکلات تنفسی مانند تنگی نفس و درد سینه می شود.

بر اساس گزارشات سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده EPA حدود ۸۰ میلیون آمریکایی در نواحی که حداقل یک نوع آلودگی هوا بالاتر از حد استاندارد وجود دارد زندگی می کنند.

## ۲- اثرات ازن سطحی بر سلامت انسان:

ازن یک ماده اکسیدکننده قوی با قابلیت واکنش بالاست و این فعالیت شیمیایی ازن باعث بروز مشکلاتی از قبیل از بین رفتن بافت سطحی ریه ها و کاهش عملکرد آنها می گردد. شواهد علمی نشان می دهد که مقادیر ازن موجود در هوا نه تنها باعث آسیب رساندن به افرادی که دارای ناراحتی های تنفسی هستند می شود بلکه باعث بروز ناراحتی هایی برای افراد مسن و کودکان نیز می گردد. آمار نشان می دهد که حملات آسم در روزهایی که غلظت بالایی از ازن مشاهده شده، به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است،

برای ازن هیچ اثر مخربی تا غلظت ۰.۲ ppm ذکر نگردیده است و سطح ۰.۳ ppm بنظر می رسد سطح آستانه ای باشد که در آن تحریکات بینی و گلو آغاز می شود. به خصوص در معرض غلظتهایی از ۱-۳ ppm قرار گرفتن به مدت ۲ ساعت باعث خستگی شدید و عدم توازن مه دود فتوشیمیایی آثار مخرب زیادی بر دستگاه تنفس انسان دارد که از آن جمله سرفه های شدید، تنفس کوتاه و بریده بریده، انقباض مجاری هوا، سردرد، تنگی نفس، التهاب چشمها، بینی، حلق و مجاری تنفسی در افراد می شود. تماس در مدت ۲ ساعت با غلظتهای در حدود ۹ ppm در اکثر افراد تولید ادم رویی شدید (تجمع مایع در ریه ها) می شود مقادیر کمتر ازن به تجمع غیر کشنده مایع در ریه ها و آسیب رساندن به مویرگهای ریوی می انجامد

همچنین مه دود در کاهش توانایی های ورزشی و قوای جسمانی فرد نیز نقش دارد. افزایش دما و انجام حرکات ورزشی آثار اکسید کننده ایی نظیر ازن بر انسان تشدید می شود افراد سالخورده و کودکان در مقابل سمیت گاز ازن آسیب پذیری بیشتری از خود نشان می دهند اگر چه تا به حال هیچ رابطه قانع کننده ای بین تغییرات کوتاه مدت اکسیدکننده های مه دود فتوشیمیایی و مرگ و میر روزانه و پذیرش بیمار، به وسیله بیمارستانها مشاهده نشده است لیکن متخصصان به این مسئله با دید تردید نظاره می کنند و یا شاید اثرات مرگبار مه دود فتوشیمیایی با گذشت زمان بروز خواهند کرد.

گروههای سولفیدریل (SH-) موجود در آنزیمها آمادگی ویژه ای برای آسیب دیدن از ازن دارند این گروه به راحتی توسط ازن اکسید می شوند از جمله آنزیمهایی که تحت تاثیر اکسیدکننده های فتوشیمیایی از جمله ازن هستند عبارتند از: ایزوستیریک دهیدروژناز - مالیک دهیدروژناز - گلوکز فسفات دهیدروژناز. اینها آنزیمهایی هستند که در چرخه اسید سیتریک و در تجزیه گلوکز برای تولید انرژی سلولی دخیل هستند و در واقع اکسید کننده ها فعالیت آنزیمهایی را که سلولز و لیپیدها را سنتز می کنند متوقف می سازند.

پیوند دوگانه موجود در چربیهای سیر نشده برای قبول حمله از جانب ازن آماده هستند و در اثر این حمله منجر به شکستن پیوندهای دوگانه و تشکیل محصولات اکسیداسیون می شود و مکانیزم این عمل مشابه اکسیداسیون دو گانه در لاستیک طبیعی است مشکل ازن به علت دلایلی خاص مورد توجه زیادی قرار گرفته است زیرا علیرغم گستردگی، علائم آن در یک مدت زمان طولانی ظاهر خواهد شد. در سال ۱۹۹۵، ۷۱ میلیون آمریکایی در نواحی که مقدار ازن در هوا کاملاً در حد استاندارد بود زندگی می کردند، در حالیکه بر اساس گزارش سازمان محیط زیست، استاندارد فعلی برای حفظ سلامتی بشر کافی نیست. افرادی که در معرض ازن قرار می گیرند دچار بیماریهای چشم، سرفه، بیماریهای قفسه سینه، سردرد، بیماریهای تنفسی، آسم و کاهش فعالیت ششها خواهند شد.

## ۳- اثرات ازن سطحی بر روی گیاهان:

بر اساس تحقیقات انجام شده ازن سطحی در لایه تروپوسفر، ضرر و خسارت بیشتری نسبت به سایر آلاینده ها برای گیاهان موجب می شود. اثرات آشکار آسیب رسانی ازن به گیاهان به صورت سفید شدگی یا رگه های روشن یا لکه هایی بر روی سطح روئی برگهاست تمامی گیاهان به خصوص غلات توسط ازن دچار آسیب و زیان خواهند شد و ازن در گیاهان به خصوص در غلات موجب کاهش محصول در حدود ۵ تا ۱۰ درصد می شود و این خود ضرر و زیانی در حدود ۵ میلیون دلار را در بر خواهد داشت.

نتایج نشان می دهد که گونه های دولیه ای مثل لوبیا، کتان و بادام زمینی نسبت به گونه های تک لپه ای همچون سورگم، غلات، ذرت و گندم زمستانی در برابر خسارتی که به دلیل ازن وارد می آید حساسیت بیشتری دارند.

ازن باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی مانند ذرت، گندم، سویا و بادام زمینی شده است. مطالعات در این زمینه نشان می دهد که ازن به تنهایی عامل ۹۰ درصد خسارات ناشی از آلودگی هوا بر محصولات کشاورزی است، این مسئله از نظر اقتصادی در حد ۶ تا ۷ درصد کل تولیدات کشاورزی ایالات متحده را از بین می برد.

ازن از طریق روزنه ها و در مدت مبادله معمولی گازها به برگ گیاهان وارد شده و خود ازن یا یکی از محصولات ثانویه که در نتیجه اکسیداسیون توسط ازن تولید شده اند (مانند رادیکالهای آزاد فعال) ، باعث علائمی همچون کلروز شدن و نکروز شدن و رگه رگه شدن ( به صورت لکه های نامنظم قهوه ای تیره و روشن به قطر کمتر از ۱ میلی متر و آن هم در نقاطی که پیگمنتهای تیره کوچک به قطر تقریبی ۲-۴ میلی متر وجود دارند ) و برنزه شدن ( رنگ قهوه ای مایل به قرمز شدن ) و به تدریج نکروز ( مرگ سلولها و بافتهای گیاهی را گویند که معمولاً این قبیل بافتها به رنگ تیره در می آیند) و کلروز شدن ( زرد شدن بافتهای سبز گیاهی در اثر از بین رفتن کلروفیل و یا تشکیل نشدن آن ) دیده می شود. البته نوع و شدت این آسیب دیدگی به عواملی نظیر مدت و میزان غلظت ازن ، شرایط آب و هوایی و همچنین ژنتیک گیاه بستگی دارد. بطوری که تمام این نشانه ها و یا حتی یکی از اینها ، می تواند بر روی بعضی گونه ها در شرایط خاص تاثیر گذاشته و هر نشانه خاص بر روی یک گونه تاثیر متفاوتی نسبت به گونه دیگر خواهد داشت .

#### ۴- اثرات ازن سطحی بر روی اجسام و مواد:

اثر فرسودگی اجسامی که تحت فرسایش هوایی قرار گرفته اند به اثبات رسیده است از جمله می توان اثر تخریبی ازن بر روی موادی نظیر پلاستیک و پارچه را نام برد. بسیاری از پلیمرهای آلی نظیر لاستیک و پارچه طبیعی و مصنوعی در معرض مقدار بسیار کمی ازن تغییرات شیمیایی نشان می دهند. قابلیت حمله با افزایش تعداد پیوندهای کربن به کربن در اجسام افزایش می یابد و بیشتر پیوندهای دوگانه جایگاه چنین حملاتی است. دو اثر متفاوت توسط این واکنشها ، شکستن زنجیره کربن و ایجاد پیوند تقابلی زنجیره کربن است

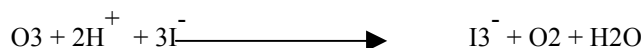
در حالت اول زنجیره طولانی اتمهای کربن که پلیمر را تشکیل می دهد شکسته می شود و ماده و جسم قدرت کششی خود را از دست می دهد و در حالت دوم با تشکیل پیوندهای جدید بین زنجیره های موازی کربن ، باعث کم شدن قابلیت ارتجاع مواد و شکنندگی آنها می گردد و به منظور جلوگیری از حمله ازن و شکستگی ناشی از آن ، مواد افزودنی ضد ازنی به لاستیک می افزایند. همچنین اثر فرسایشی و تخریبی ازن بر روی سطح آسفالت جاده ها و خیابانها و ایزولاسیون پشت بامها به اثبات رسیده است.

#### ۵ - روشهای اندازه گیری ازن سطحی:

پایش و اندازه گیری غلظت ازن سطحی به ۳ روش شیمیایی ، طیفی و طیفی-شیمیایی امکان پذیر است. در روش شیمیایی از یک پیل الکتروشیمیایی بنام ازن سوند استفاده می شود. در این روش هوای نمونه محیط توسط یک پمپ جمع آوری شده و به قسمت کاند ارسال می گردد ، ازن موجود در نمونه هوای ارسالی با محلول الکترولیت کاتیون ( KI ، KBr ) ،  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ،  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ) واکنش داده و شدت جریان برق در اثر این واکنش بوجود می آید که با اندازه گیری میزان شدت جریان ( بر حسب میکروآمپر ) می توان به غلظت ازن موجود در هوای محیط پی برد. یعنی هرچه مقدار ازن موجود در هوای مکش شده بیشتر باشد واکنش شیمیایی سریعتر و شدت جریان بیشتری تولید می گردد .

در روش طیفی نمونه هوا از محیط برداشت شده و پس از عبور از فیلترهای مخصوص جهت حذف ذرات معلق ، نمونه هوا به یک محفظه منتقل می شود از آنجایی که ازن در محدوده تابشهای فرابنفش ماکزیمم جذب دارد توسط لامپهای به خصوص ( لامپهای فرابنفش ) تابش ۲۰۵ نانومتر از هوای نمونه در داخل محفظه عبور داده می شود و از روی میزان جذب تابش توسط مولکولهای ازن ، به غلظت آن پی برده می شود.

در روش طیفی-شیمیایی از واکنش شیمیایی بین ازن و محلول خنثی یدید پتاسیم ( محلول بافر با PH برابر ۶٫۸ که دارای ۱ درصد یدیدپتاسیم است ) ، یون  $\text{I}_3^-$  تولید می شود که رنگی بوده و در طول موج ۳۵۲ نانومتر ماکزیمم جذب را داراست ، با محاسبه میزان جذب تابش ۳۵۲ نانومتر توسط محلول رنگی  $\text{I}_3^-$  می توان غلظت ازن را محاسبه نمود.

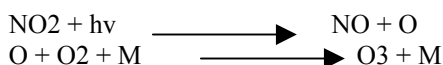
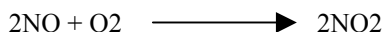


#### ۶ - واکنشهای شیمیایی ازن سطحی در جو:

لازمه تشکیل رادیکالهای OH ، که یکی از مهمترین اکسیدکننده ها جو است ، ازن است افزایش انتشار آلاینده هایی همچون NOX ، CH4 ، NMHC و CO می توانند غلظت ازن را افزایش دهند زیرا سرچشمه اولیه ازن سطحی واکنشهای فتوشیمیایی در جو است و مواد مذکور در این واکنشها حضور قطعی دارند علاوه بر این پوششهای گیاهی و مصنوعات کائوچو نیز بوسیله ازن تحت تاثیر قرار می گیرند . این گاز به همراه سایر مواد آلاینده موجود در مه دود فتوشیمیایی از قبیل فرمالدئید ، پراکسی بنزین نترات ( PBZN ) ، پراکسی استیل نترات ( PAN ) و اکرویلین باعث تحریک چشمها می گردد. روند تشکیل مه دود فتوشیمیایی به شکل ذیل است.

مه دود فتوشیمیایی  $\xrightarrow{\text{نور خورشید} + \text{NOX} + \text{هیدروکربنها}}$

تشکیل ازن توسط اکسیدهای ازن در مجاورت نور خورشید به صورت زیر است.



دی اکسید نیتروژن در مجاورت نور خورشید فتولیز شده و یک اتم اکسیژن آزاد می کند. اتم اکسیژن مذکور در ترکیب با  $\text{O}_2$  در نهایت منجر به تولید  $\text{O}_3$  می شود. در واکنش فوق  $h\nu$  بیانگر فوتونهای کمتر از  $380$  نانومتر و  $\text{M}$  مولکولهای  $\text{O}_2$  و  $\text{N}_2$  به عنوان کاتالیزور است که برای جذب انرژی اضافه لازم می باشد و در صورت عدم حضور  $\text{M}$  به دلیل زیاد بودن انرژی،  $\text{O}_3$  پایدار نخواهد بود و دوباره به  $\text{O}$  و  $\text{O}_2$  تبدیل می گردد.

برای روشن شدن نحوه تبدیل مواد در چرخه فتولیتیک غلظت ساعتی  $\text{NO}$ ،  $\text{NO}_2$  و ازن مورد بررسی قرار گرفته است. غلظت جوی موادی از قبیل ازن که در واکنشهای فتوشیمیایی درگیر هستند طبق یک الگوی منظم با اوقات روز تغییر می کند.

نتایج بررسی ساعتی غلظت همزمان گازهای  $\text{NO}$ ،  $\text{NO}_2$  و  $\text{O}_3$  جوی حاکی از آن است که در اوایل صبح و ترافیک صبحگاهی اکسید نیتریک ( $\text{NO}$ ) دارای حداکثر غلظت روزانه خود می باشد، پس از گذشت ساعت اولیه صبح و افزایش شدت نور خورشید، غلظت  $\text{NO}_2$  نیز افزایش می یابد و با نزدیک شدن به ظهر و افزایش هر چه بیشتر شدت نور خورشید سرعت فتولیز  $\text{NO}_2$  نیز افزایش یافته و غلظت  $\text{NO}_2$  کاهش می یابد ولی غلظت ازن افزایش یافته است. ازن تمایل زیادی به واکنش با  $\text{NO}$  دارد به طوری که در حضور  $\text{O}_3$  حتی در صورت تولید  $\text{NO}$  از منابع مختلف در ساعات بعد از ظهر غلظت  $\text{NO}$  افزایش نیافته است. تحلیل دقیق این واکنشها نشان می دهد که در روزهایی که سطح آلودگی هوا بالاست، غلظت  $\text{O}_3$  بسیار کمتر از حد معمول خواهد بود لیکن وجود برخی هیدروکربنها در چرخه فتولیتیک  $\text{NO}_2$ ، تعادل بین تولید و تخریب  $\text{O}_3$  را بر هم زده و منجر به تراکم و تجمع بیش از حد  $\text{O}_3$  می شود.

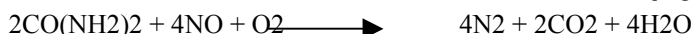
گاز  $\text{NO}_2$  با جذب تابش فرابنفش و مرئی خورشید در محدوده طول موجی  $398$  نانومتر را که در تروپوسفر نفوذ کرده اند جذب می کند و در اثر این جذب تبدیل به اکسید نیتریک و اتم اکسیژن می شود و اتم اکسیژن تولید شده بسیار فعال بوده و با ترکیب با اکسیژن مولکولی تشکیل ازن می دهد که خود ازن باعث بوجود آمدن یک سری واکنشهای ثانویه می گردد. از طرفی ازن تولیدی تمایل واکنش با  $\text{NO}$  را دارد و در اثر واکنش این دو دوباره  $\text{NO}_2$  و  $\text{O}_2$  تولید شده و بدین ترتیب چرخه نوری کامل می شود.

## ۷ - راهکارهای کاهش آلودگی ناشی از ازن سطحی :

برای بهتر شدن کیفیت هوا در آن محیطهای شهری که مستعد مه دود فتوشیمیایی هستند، باید از مقدار واکنش دهنده ها، در اصل  $\text{NOX}$  و هیدروکربنها دارای پیوندهای دوگانه به اضافه دیگر ترکیبهای فرار آلی که در هوا انتشار می یابد کاسته شود. به دلایل اقتصادی و فنی، متداولترین راهبرد این بوده که از انتشار هیدروکربن در هوا بکاهد. اما معمولاً به جای هیدروکربنها دارای پیوند دوگانه، اکسیدهای نیتروژن هستند که نقش محدود کننده سرعت واکنشهای فتوشیمیایی را دارند. ایجاد اکسید نیتریک در سیستم احتراق را می توان با کم کردن دمای شعله کم کرد. اما، در سالهای اخیر، کنترل کاملتر انتشار  $\text{NOX}$  از خودروها و کامیونها با استفاده از مبدلهای کاتالیزوری که درست پیش از صدا خفه کن در سیستم اگزوز قرار داده می شود، انجام می گردد. در حال حاضر در آمریکای شمالی، به طور تقریب مقادیر یکسان از  $\text{NOX}$  از وسائط نقلیه و از نیروگاههای تولید برق انتشار می یابد و این دو رویهم تقریباً تمام منابع ناشی از فعالیتهای انسانی را برای این گازها تشکیل می دهند. برای کاستن از تولید  $\text{NOX}$ ، بعضی از نیروگاهها در ایالات متحده از مشعلهای خاصی استفاده می کنند که برای پائین آوردن دمای شعله طراحی شده است. سایر نیروگاهها با مبدلهای کاتالیزوری در مقیاس بزرگتر مجهز شده اند تا اینکه  $\text{NOX}$  را از گازهای خروجی دودکش پیش از رها شدن در جو به  $\text{N}_2$  برگردانند. در پاره ای از این سیستمهای کاتالیزوری کاهش  $\text{NOX}$  به  $\text{N}_2$ ، با اضافه کردن آمونیاک به جریان گاز صورت می گیرد زیرا آمونیاک که در آن نیتروژن حالت اکسایش کاملاً پایینی دارد با  $\text{NO}$  که در آن نیتروژن به طور نسبی اکسید شده است در مجاورت اکسیژن ترکیب می شود و  $\text{N}_2$  تولید می کند.



برای تنظیم افزایش آمونیاک کنترل جدی لازم است تا از اکسایش ناخواسته آن به  $\text{NOX}$  جلوگیری شود. در یک فن آوری وابسته، نیتروژن کاسته به شکل اوره ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) را بطور مستقیم در شعله تزریق می کنند تا به جای اینکه بعداً در مجاورت یک کاتالیزور ترکیب شود، در شعله با  $\text{NO}$  ترکیب و به  $\text{N}_2$  تبدیل گردد.



## ۸ - داده ها:

در این مقاله ۷ ایستگاه اندازه گیری گازازن سطحی انتخاب و داده های آنها جمع آوری شده و مقادیر متوسط ماهیانه آنها مورد بررسی قرار گرفته است. اسامی و مشخصات ایستگاههای انتخابی در جدول شماره ۲ آمده است.

## ۹ - روش انجام پژوهش :

در این پژوهش پس از اصلاح و آزمونهای آماری داده ها ، از داده های متوسط ماهیانه و سپس سالیانه گاز ازن استفاده شده است و سپس نمودار تغییرات سالیانه و متوسط ماهیانه برای تمامی ایستگاههای مورد نظر رسم شده و مورد مقایسه قرار گرفته است (نمودارهای ۹ تا ۲)

## ۱۰ - نتایج:

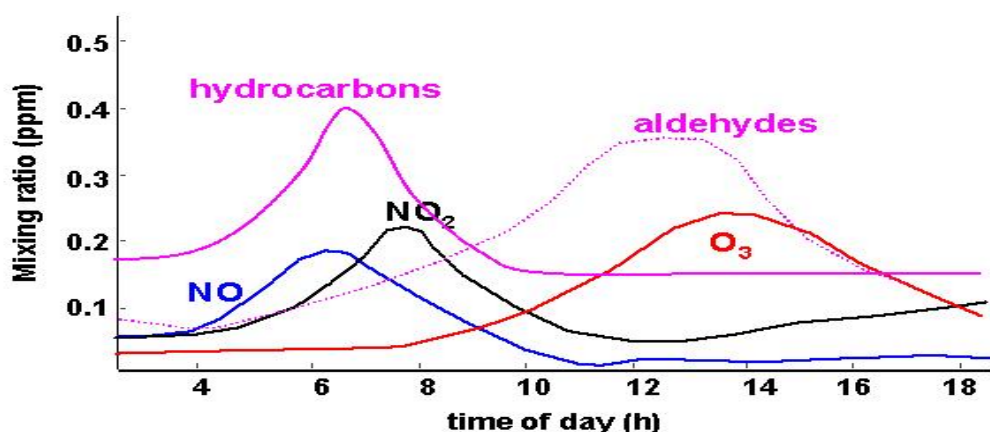
اندازه گیری فصلی ازن بیانگر این مطلب است که غلظت  $O_3$  در روزهای صاف و آفتابی بهار و تابستان در حالی که آلاینده های اولیه نواحی شهری وجود دارند به اوج خود رسیده و بیشترین مقدار را دارا خواهد بود. در نیمکره شمالی ، غلظت ازن تروپوسفری به دلیل مقادیر زیاد هیدروکربنهای ساخته دست بشر و اکسیدهای ازن  $NO_x$  ، بیشتر است

تولید فتوشیمیایی ازن به هنگام فصلهای خشک در مناطق روستایی استوایی که در آنجا سوزاندن زیست توده ( بیوماس ) برای پاک کردن جنگلها یا بوته ها متداول است ، صورت می گیرد ، اگر چه بیشترین کربن فوراً به  $CO_2$  تبدیل می شود ، مقداری متان و سایر هیدروکربنها و همچنین مقداری  $NO_x$  رها می شود. وقتی این هیدروکربنها با اکسیدهای نیتروژن در حضور نور خورشید ترکیب شوند مقدار قابل توجهی ازن تولید می شود.

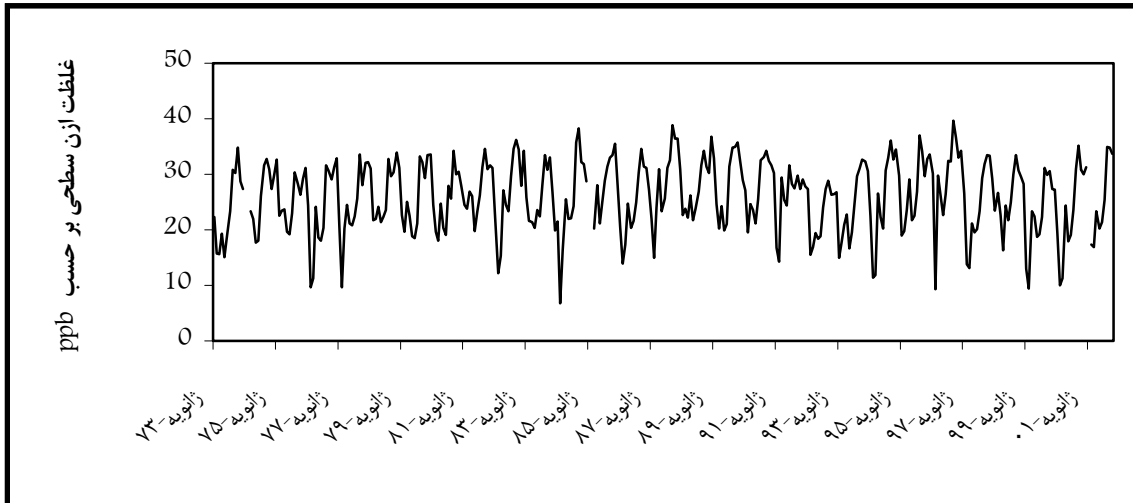
نمودار تغییرات سالیانه گاز ازن سطحی حاکی از آن است که ، روند رشد غلظت این گاز ثابت بوده است و شاید علت این باشد که طول عمر گاز ازن در جو محدود و کمتر از یک سال است و طی واکنشهای فتوشیمیایی به مواد دیگر تبدیل می شود . ( نمودارهای ۸ تا ۲ ) همچنین نمودار تغییرات متوسط ماهیانه ازن سطحی نشانگر این مطلب است که دو ایستگاهی که در نیمکره جنوبی واقع شده اند ( *Tutuila* و *South Pole* ) در ماههای می و آوریل کمترین مقدار ازن سطحی و در ماههای سپتامبر و اکتبر بیشترین مقدار ازن سطحی را داشته و ایستگاههایی که در نیمکره شمالی واقع هستند در اوایل بهار ( می و آوریل ) بیشترین مقدار ازن سطحی و در اوایل پائیز ( سپتامبر و اکتبر ) کمترین مقدار ازن سطحی را دارا هستند. و این نشانگر این مطلب است که غلظت ازن سطحی به شدت تحت تاثیر مقدار و شدت تابش خورشید قرار دارد و با تغییر میزان تابش و مدت زمان تابش غلظت آن هم تغییر می یابد.

## ۱۱ - منابع :

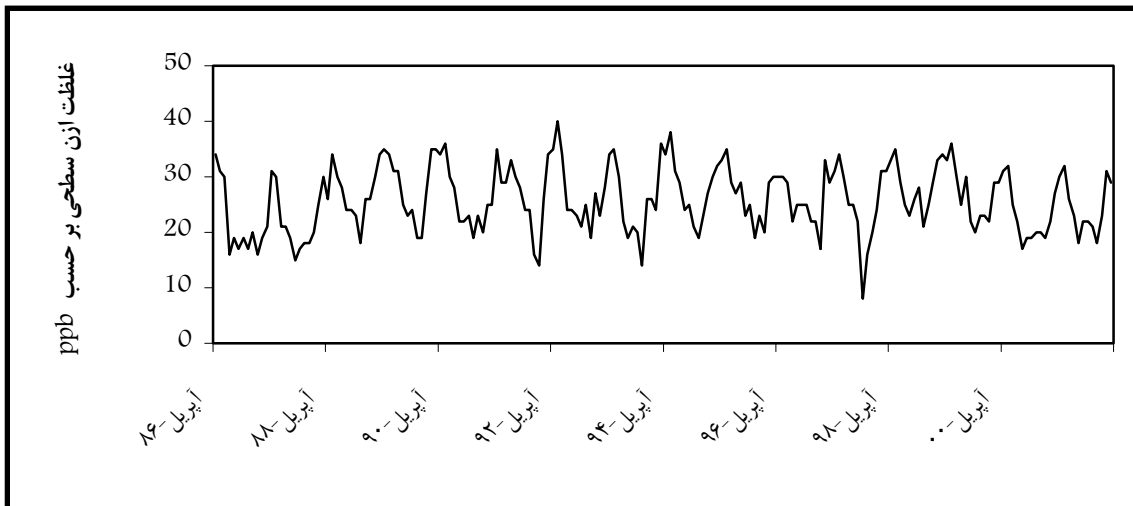
- 1 - Mn Rao & Hv Rao ' Air Pollution ' 1989 ' TATA McGRAW - Publishing Company Limited
- 2 - Richard P. Wayne ' Chemistry Of Atmospheres ' Third Edition 'Oxford University Press '2000
- ۳ - افیونی م. و عرفان منش م. ، آلودگی محیط زیست آب ، خاک و هوا ، انتشارات ارکان ، پلئیز ۱۳۷۹
- ۴ - دبیری مینو ، آلودگی محیط زیست هوا - آب - خاک - صوت ، انتشارات اتحاد ، بهمن ۱۳۷۹
- ۵ - غیاث الدین م. ، آلودگی هوا ( ترجمه ) ، انتشارات دانشگاه تهران ، تابستان ۱۳۷۷
- ۶ - نوری جعفر ، شیمی محیط زیست ، مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی ، چاپ دوم ، پائیز ۱۳۷۹
- ۷ - عابدینی منصور ، شیمی محیط زیست ، مرکز نشر دانشگاهی تهران ، چاپ اول ۱۳۷۸



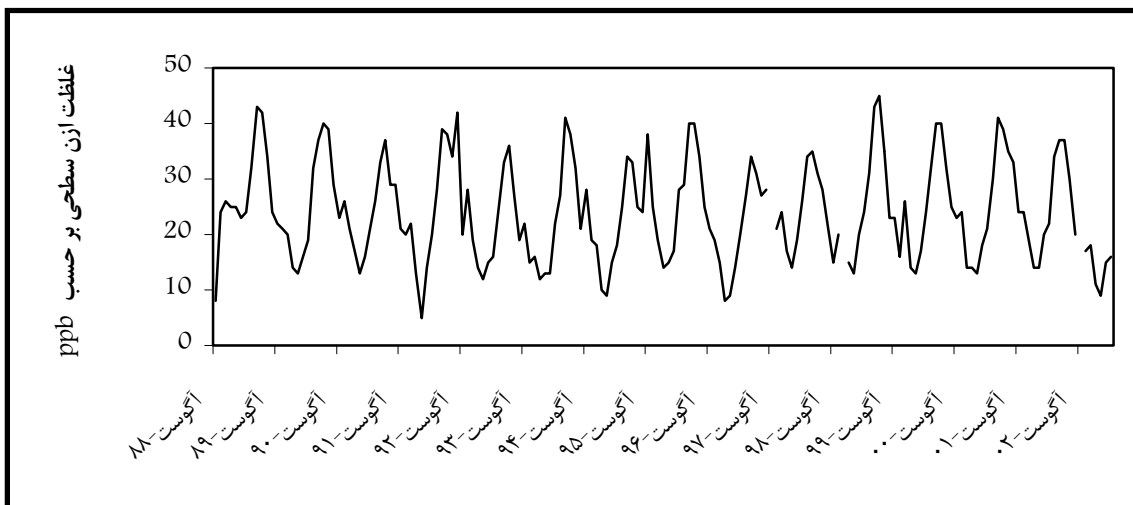
شکل شماره ۱- روند تغییرات ساعتی زان سطحی و اکسیدهای ازن



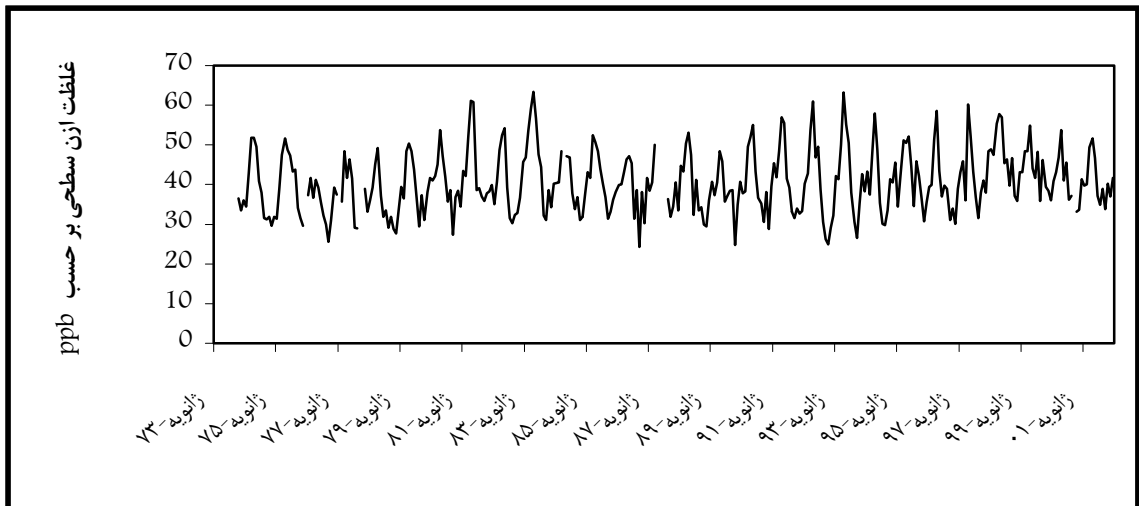
شکل شماره ۲- نمودار تغییرات غلظت ازن سطحی در ایستگاه Barrow



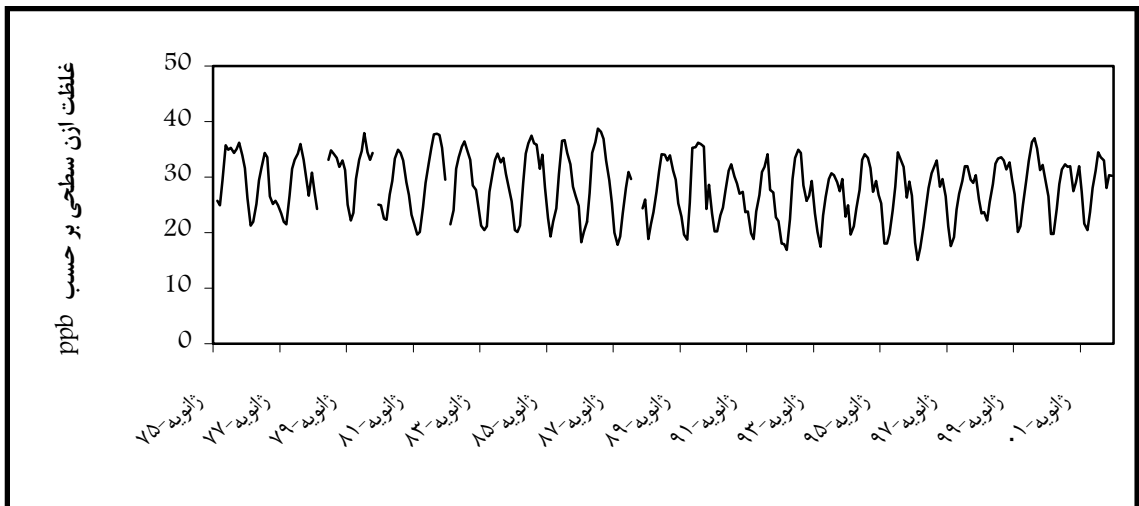
شکل شماره ۳- نمودار تغییرات سالیانه غلظت ازن سطحی در ایستگاه Eskdalemuir



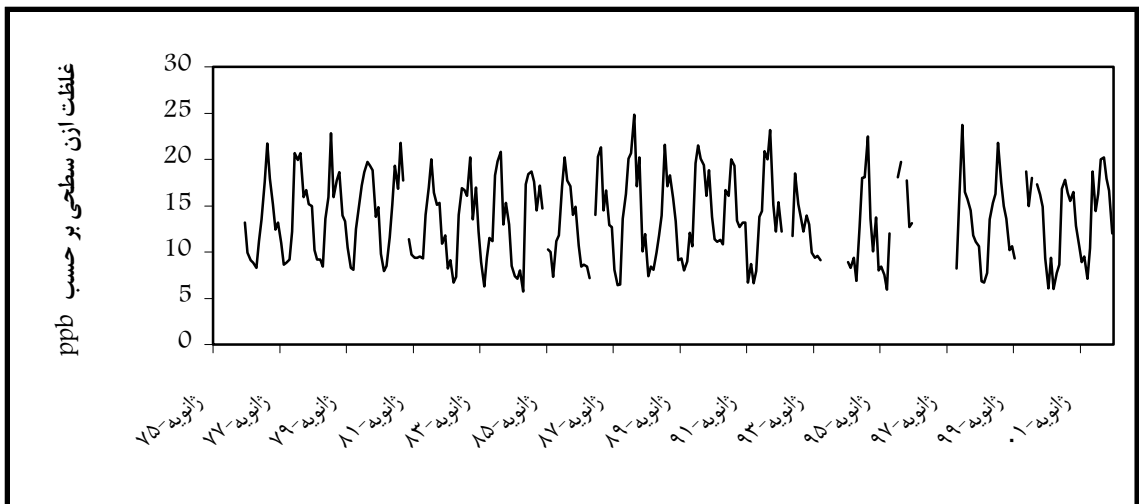
شکل شماره ۴- نمودار تغییرات سالیانه غلظت ازن سطحی در ایستگاه Tsukuba



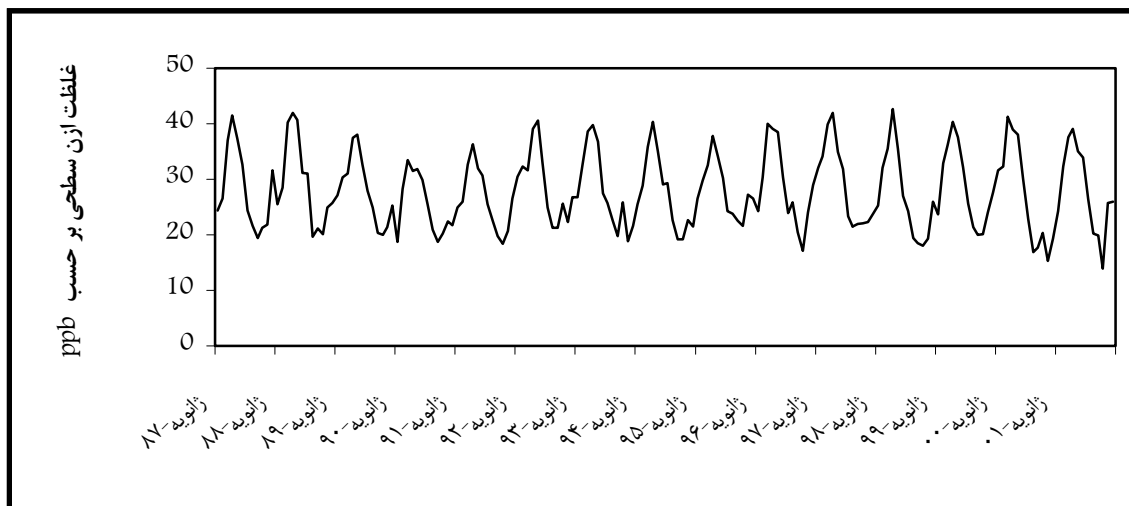
شماره ۵- نمودار تغییرات غلظت گاز ازن سطحی در ایستگاه Mauna Loa



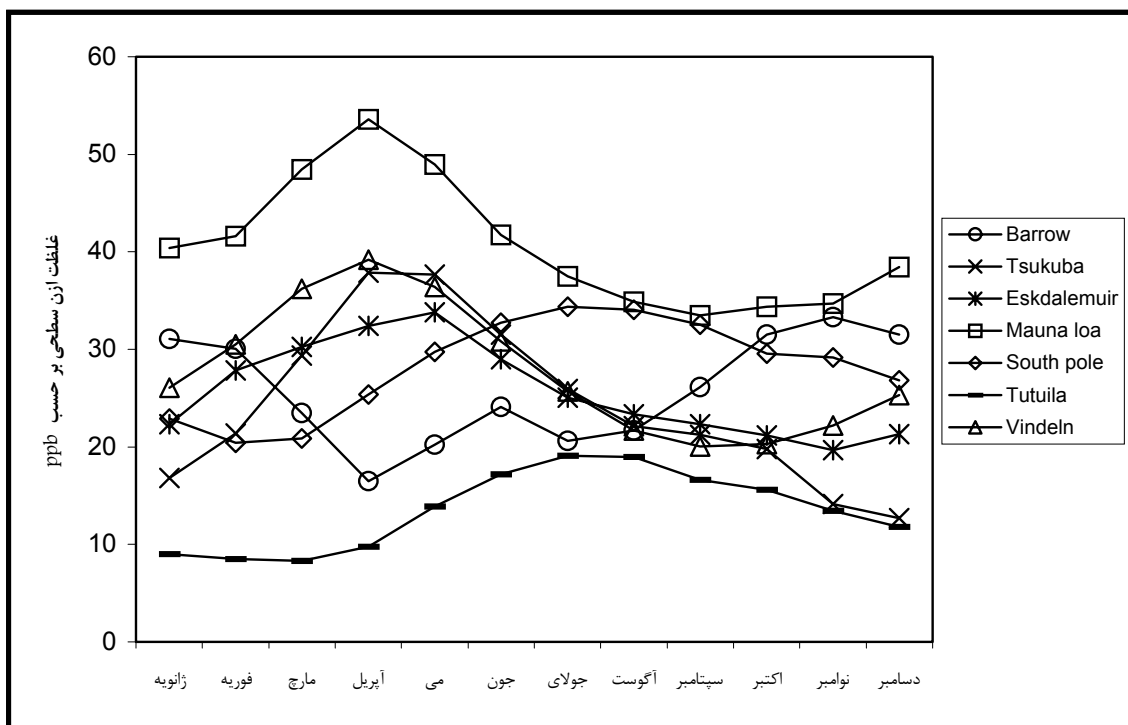
شماره ۶- نمودار تغییرات غلظت گاز ازن سطحی در ایستگاه South Pole



شماره ۷- نمودار تغییرات غلظت گاز ازن سطحی در ایستگاه Tutuila



شکل شماره ۸- نمودار تغییرات غلظت گاز ازن سطحی در ایستگاه Vindeln



شکل شماره ۹- نمودار تغییرات متوسط ماهیانه در ایستگاههای انتخابی

جدول شماره ۱- اثرات ازن سطحی بر چند گونه گیاهی

نوع گیاه	غلظت ازن بر حسب ppm	زمان تماس	اثرات مشاهده شده
تریچه	۰,۰۵	۲۰ روز ( ۸ ساعت در روز )	۵۰٪ محصول تقلیل می یابد
میخک	۰,۰۷	۶۰ روز	۵۰٪ از رشد گلها جلوگیری می کند
تنباکو	۰,۱	۵,۵ ساعت	۵٪ از جوانه زدن ، سبز شدن و رشد جلوگیری می کند

جدول شماره ۲- اثرات ازن بر روی لاستیک

غلظت ازن ppm	زمان لازم برای پیدا شدن اولین ترک روی لاستیک بر حسب دقیقه
۰,۰۲	۶۵
۰,۲۶	۵
۰,۴۵	۳
۲۰۰۰	در یک ثانیه ترکهای ثابتی تشکیل می شود

جدول شماره ۳ - اسامی و مشخصات ایستگاههای سنجش گاز ازن سطحی

ردیف	نام ایستگاه	کشور	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	دوره اندازه گیری O3
۱	Tsukuba	ژاپن	۳۶,۳	۱۴۰,۸	۲۵	۱۹۸۸-۲۰۰۲
۲	Barrow	ایالات متحده	۷۱,۱۹	-۱۵۶,۳۶	۸	۱۹۷۳-۲۰۰۱
۳	South Pole	ایالات متحده	-۸۹,۵۹	-۲۴,۴۸	۲۸۱۰	۱۹۷۵-۲۰۰۱
۴	Vindeln	سوئد	۶۴,۱۵	۱۹,۴۶	۲۷۱	۱۹۸۷-۲۰۰۱
۵	Eskdalemuir	بریتانیا	۵۵,۱۹	-۳,۱۲	۲۴۲	۱۹۸۶-۲۰۰۲
۶	Tutuila	ایالات متحده	-۱۴,۱۵	-۱۷۰,۳۴	۴۲	۱۹۷۵-۲۰۰۱
۷	Maunaloa	ایالات متحده	۱۹,۳۲	-۱۵۵,۳۵	۳۳۹۷	۱۹۷۳-۲۰۰۱