جغرافیا و توسعه شماره ۲۹ زمستان ۱۳۹۱
وصول مقاله : ۱۳۹۰/۶/۳۰
تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۴/۲۷
صفحات : ۱۴-۱

ارتباط الگوهای گردشی جو با تغییرات اُزون کلی در اصفهان

دکتر عباسعلی آروین (اسپنانی)[۱]

چکیده

لایه‌ی اُزون به عنوان سپر حفاظتی حیات بر روی کره زمین، دارای تغییرات زیادی از نظر حجم و مقدار است. در این پژوهش اثر عوامل اقلیمی بر تغییرات اُزون کلی در ایستگاه اصفهان مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داده شد، بخشی از نوسانات روزانه‌ی اُزون مربوط به الگوهای گردشی جو در سطوح فوقانی و میانی جو است. به این ترتیب شرایط فراز (پشته)/فرود (تراف) در سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و واچرخند/چرخند در سطح ۵۰۰ میلی باری موجب کاهش/افزایش قابل توجه در مقدار اُزون کلی در فصل سرد سال که پویش جو فعال است، می‌گردد و زمانی که محور تراف/فراز بر روی اصفهان قرار دارد، میزان اُزون به حداکثر/حداقل میزان خود می‌رسد. مقادیر مُد داده‌ها (۲۷۴ دابسون) که عمدتاً در فصل گرم سال اتفاق می‌اُفتد با پُر ارتفاع عمیق در تراز ۱۰۰ میلی‌باری همراه است. در سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری در زمان وقوع مُد داده‌ها، خطوط هم ارتفاع آرایش‌مداری دارند که اندکی به سمت فراز میل می‌کند. به این ترتیب فعالیّت پویشی جو در فصل سرد، تغییر و نوسان زیاد اُزون کلی را با باعث می‌گردد و پایداری جو در فصل گرم سال، تثبیت مقدار اُزون کلی را در پی دارد. از نظر آماری بین نقشه‌های هم‌مقدار میانگین روزانه اُزون کلی و نقشه‌های میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل همبستگی معکوس معناداری در سطح اطمینان ۰/۰۱ درصد در هر سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری وجود دارد که در سطوح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری قوی‌تر است. بر اساس تحلیل رگرسیون خطی به ترتیب ۸۹/۱، ۸۰/۵ و ۷۸/۴ درصد تغییرات مقدار اُزون در رخدادهای مُد، مقادیر حداکثر و حداقل توسط تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تبیین می‌گردد. انطباق نقشه‌های هم‌مقدار اُزون کلی با نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل نیز نشان داد، خطوط هم‌مقدار اُزون در منطقه وقوع کم‌فشار پویشی بر روی اصفهان متراکم و دارای مقادیر حداکثر است.

کلیدواژه‌ها: اصفهان، اُزون کلی، الگوهای گردشی، استراتوسفر، رگرسیون خطی چندمتغیّره.

۱- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه پیام نور **aspanany@yahoo.com**

هزینه این پژوهش از محل اعتبارات طرح گراتت نویسنده تأمین شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گاز اُزون در دو لایه تروپوسفر و استراتوسفر به دو طریق متفاوت زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اُزون موجود در لایه تروپوسفر که اُزون سطحی نام گرفته است، فوق‌العاده سمی و کشنده می‌باشد و اثرات مخربی بر ریه انسان و نیز نسوج گیاهی وارد می‌کند. اُزون سطحی در ایستگاههای آلوده سنجی شهرهای بزرگ به عنوان یکی از هفت گاز آلاینده اندازه‌گیری می‌شود. برخلاف اُزون سطحی، وجود اُزون در لایه استراتوسفر که به لایه اُزون مشهور است برای حیات انسان و سایر موجودات فوق‌العاده ضروری می‌باشد. اُزون موجود در لایه‌ی استراتوسفر در ایستگاههای هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود. از سال ۱۳۷۳ در محل ایستگاه سینوپتیک اصفهان ابزار اُزون‌سنجی نصب و توسط آنها مقدار اُزون به دو صورت کلی و عمودی (پروفیل اُزون) اندازه‌گیری می‌شود. بررسی‌ها نشان داده مقدار گاز اُزون به عنوان لایه محافظ زمین از پرتوهای مرگبار خورشیدی دارای تغییرات زیادی است. تغییر در میزان اُزون استراتوسفری تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تغییر در تشعشع خورشیدی، انفجار آتشفشان‌ها، وجود غبارهای کیهانی، شهاب سنگ‌ها و غیره بوده که به عنوان عوامل طبیعی مؤثر در مقدار اُزون جو مطرح می‌باشند. در طولانی‌مدت کاهش و افزایش حجم اُزون بر اثر عوامل طبیعی به ثبات آن انجامیده و موجب گردیده مقدار اُزون موجود در استراتوسفر همواره ثابت باقی بماند *(اسپانانی، ۱۳۸۳: ۱۱۲)*. مقدار اُزون موجود در استراتوسفر و بخصوص استراتوسفر پایینی تحت تأثیر فعالیت‌های جوی دارای نوسانات (کاهش/افزایش) قابل توجهی است. کاهش یا افزایش مقدار اُزون در استراتوسفر پایینی با فعالیت‌های جو در زیر تروپوپاوز پیوند می‌خورد و مطالعات بسیاری نیز بر این نکته اشاره دارند. با عنایت به تأثیرپذیری اُزون در استراتوسفر پایینی و تروپوسفر بالایی از عوامل اقلیم‌شناختی، اثر گردش‌های جوی در سطوح میانی و فوقانی جو بر تغییرات مقدار اُزون در زیر تروپوپاوز مورد بررسی قرار گرفت و ارتباط بین الگوی گردش هوا با تغییرات میزان اُزون کلی در اصفهان مطالعه شده است.

پیشینه تحقیق

در ارتباط با موضوع مطالعه دو دسته تحقیقات وجود دارد؛ دسته اول آنهایی هستند که اثر شرایط همدید را در پدیده‌های مختلف مطالعه می‌کنند که با توجه به اهمیت موضوع تا حد قابل توجهی محققین کشورمان بدان پرداخته‌اند. علیجانی (۱۳۸۵) در کتاب اقلیم‌شناسی سینوپتیک و مسعودیان (۱۳۸۵) در کتاب اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، به مبانی نظری، مفاهیم و روش‌ها در مطالعات همدید پرداخته‌اند. مسعودیان *(۱۳۸۳: ۳۳)* در مقاله‌ی خود نشان داد الگوهای گردشی ایران از سیزده مؤلفه‌ی مبنا ترکیب یافته و در مجموع نه الگوی گردشی در محدوده‌ی یاد شده حاکم است. الگوی پُرارتفاع و فراز فراوان‌ترین الگوی‌های حاکم در بخش بزرگی از ایران است. جهانبخش و دیگران *(۱۳۷۸: ۱۰۷)* رژیم سینوپتیکی بارندگی در سواحل جنوبی خزر و تأثیر پرفشار سیبری در الگوی بارش منطقه را در پرباران‌ترین فصل سال (پاییز) و روند کاهش میزان بارش از غرب به شرق ناحیه را مطالعه کرده‌اند. نصیری و دیگران *(۱۳۷۸: ۱۷۷)* علل اختلاف بارش در دو حوضه‌ی کرخه و دز را سیستم‌های باران‌زایی تشخیص دادند که بارش این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مسعودیان و دیگران *(۱۳۸۷: ۳)* علت ایجاد سرمای وزشی در نیمه‌ی غربی ایران را وجود فرود عمیق می‌دانند که حامل هوای سرد از عرض‌های بالا به منطقه بوده است. این فرود موجب افت شدید دما در بیشتر نقاط ایران و از جمله سنندج گردیده است.

Archive of SID

www.SID.ir

عطـایی *(۱۳۸۷: ۱۹)* مقـادیر سـیزده مؤلفـه‌ی مبنـا در ۱۸۲۷ روز و هفت الگوی گردشی در سال‌های پربارش ایران را شناسایی کرده است.

دسته‌ی دوم تحقیقاتی هستند که ارتباط عوامل جوی و بخصوص مطالعات همدید را در ارتباط با تغییرات اُزون بررسی کرده‌اند. برای مثال محامد (۱۳۷۷) در کتاب لایه‌ی اُزون سپر حفاظتی حیات تغییرات لایه‌ی اُزون و عوامل تهدیدکننده‌ی آن را بررسی کرده است. اسپنانی *(۱۳۸۳: ۱۲۵-۱۰۸)* در مقاله‌ی اُزون و نقش آن در حیات کره‌ی زمین تغییرات اُزون استراتوسفری و تروپوسفری را بررسی کرده است. عزتیان و باقری *(۱۳۸۹: ۱۲۲)* داده‌های اُزون کلی ایستگاه اصفهان را با استفاده از داده‌های سنجنده نقشه‌سازی اسپکترومتری اُزون کلی (TOMS) را کنترل و مدل هذلولی را برای جایگزینی داده‌ها در روزهای فاقد آمار با استفاده از داده‌های این سنجنده پیشنهاد داده‌اند. همچنین عزتیان و دیگران *(۱۳۸۹: ۴۲)* با استفاده از روش‌های آماری نوسانات اُزون تروپسفری را تحلیل کرده و نشان دادند افزایش دما و رطوبت بیشترین سهم را در تشکیل اُزون تروپسفری (سطح زمین) دارند. ام. مارتین و دیگران[1] *(1999:665)* مشاهده کردند یک کاهش با میانگین ۱۰٪ در زمان وقوع سه سیکل خورشیدی اخیر وجود دارد و ارتباط معناداری بین لکه‌های خورشیدی و تغییرات اُزون وجود دارد. وی. سی. رولدجین[2] *(2000:68)* نشان داد عبور یک موج بلند (فراز یا پشته) موجب همگرایی هوای فقیر از اُزون در زیر تروپوپاوز و واگرایی هوای غنی از اُزون در بالای تروپوپاوز می شود و موجب کاهش اُزون می‌گردد. در حالی که عبور تراف (فرود) فرایند مخالف را باعث می‌شود و افزایش اُزون را به‌همراه دارد. مَت‌آر بَسفورد[3] و دیگران *(2001:657)* نشان دادند برآورد مقدار درست اُزون استراتوسفری به صحت مدل‌های انتقال تشعشع از اتمسفر و محاسبه مناسب فاکتور توده‌ی هوا (AMFs) وابسته است. جوهانس‌استهیلن و دیگران[4] *(2002:468)* بیان می‌کنند اُزون استراتوسفری در نواحی قطبی و بخصوص نواحی جنب قطبی قویاً کاهش می‌یابد که ناشی از فرایندهای غیرمعمول رادیکال هولوژن فعال منبعث از فعالیت بشر در جو است. پیک کاهش اُزون در نواحی عرض‌های متوسط در بهار و زمستان اتفاق می‌اُفتد.

تی‌نارایانا رو[5] و دیگران *(2004: 754)* تغییر در ارتفاع تروپوپاوز را عمدتاً به عبور سیستم‌های جوی تروپوسفر نسبت می‌دهند که به تغییرپذیری بالای ماهانه‌ی اُزون در نزدیکی تروپوپاوز منجر می‌گردد. در استراتوسفر پایینی تغییرپذیری فصلی حداکثر زمستانه و بهاره را نشان می‌دهد که نتیجه‌ای از تغییر در امواج ناشی از گردش استراتوسفری در زمستان است. ایی رُزانو و دیگران[6] *(2005: 1375)* با استفاده از مدل درون‌داد (Forcing) ثابت کردند کاهش اُزون و سردی دما در استراتوسفر بالایی موجب افزایش فراوانی گازهای گلخانه‌ای و کاهش مداوم اُزون در استراتوسفر می‌گردد. همچنین ایی‌رُزانو و دیگران[7] *(2006:2203)* برای مطالعه‌ی پاسخ تغییرات اُزون به سیکل چرخش ۲۸ روزه خورشیدی، مدل شیمی- اقلیم SOCOL را که فرایند فیزیکی- شیمیایی در اتمسفر از سطح زمین تا مزوپاوز را ارائه می‌دهد، استفاده کردند. اِکسون‌وانگ و دیگران[8] *(2006:261)* بیان می‌دارند اجزای‌مایع و جامد در ابرهای استراتوسفری قطبی (PSCs)، نقش مهمی در نابودی شیمیایی اُزون استراتوسفری در بالای نواحی قطبی و جنب قطب در زمستان و اوایل بهار ایفا می‌کنند.

1-Ny-Alesund
2-V.C.Roldugin
3-Matthew R. Bassford at all
4-Johannes Staehelin at all
5-T. Narayana Rao at all
6-E. Rozanov at all
7-E. Rozanov at all
8-Xihong Wang at all

Archive of SID
www.SID.ir

جی‌لِسلیردی‌بلوو و دیگران[1] *(2007:6510)* نشان دادند در زمان وقوع توفان‌های حاره‌ای، گردش آژئوستروفیک مرتبط با منطقه واگرایی القاء شده توسط حرکات عمودی و اثر برش باد عمودی در مدل‌های سیکلونی هاریکن ایدال، در فرایند انتقال به سمت پایین اُزون استراتوسفری کمک می‌کند.

ان‌سمن و دیگران[2] *(۲۰۰۷: ۱۷۱)* معتقدند رطوبت نسبی پایین و ارتفاع پایین تروپوپاوز، نابهنجاری‌هایی در مقدار اُزون ایجاد می‌کند که با انتقال به سمت پایین (کاهش ارتفاع) از استراتوسفر ترکیب می‌گردد.

حسن‌زاده و دیگران[3] *(۲۰۰۸: ۲۳۲۵)* با بهره‌گیری از از روش‌های رگرسیون خطی چندگانه و تحلیل مؤلفه-های اصلی،مقادیر اُزون و متغیّرهای هواشناسی را در دوره‌ی آماری ۲۰۰۴-۱۹۹۹ در ایستگاه‌اصفهان مطالعه کردند. در همه‌ی دوره‌ها اُزون با ضریب همبستگی بالایی با درجه حرارت پیوند می‌خورد اما با رطوبت نسبی دارای رابطه‌ی منفی است. همچنین تأثیر هریک از متغیّرهای هواشناسی را بر مقدار اُزون ارزیابی کردند.

پیوتر وی نوودوسکی و دیگران[4] *(2009:54)* بیان می‌دارند آئروسل‌های استراتوسفری در ارتفاعات بالای ۳۰ کیلومتری نقش‌مهمی در شرایط گرمایی و ضخامت لایه‌ی اُزون دارد.

چاندر ماداب‌پال[5] *(1927: 2010)* آمار تمرکز اُزون کلی در ۱۹ ایستگاه شبه‌قاره‌ی هند و پیوندهای منطقه‌ای آن را مطالعه کردند. به‌طور کلی یک تمایل به کاهش در مقدار اُزون دیده می‌شود. نرخ متوسط سالانه کاهش TOC در بالای منطقه‌ی هند ۰/۳۶۳ دابسون در دوره‌ی آماری مذکور بوده است. روندهای کاهش TOC قویاً با عرض جغرافیایی برای عرض ۱۴/۷ و ۱۲/۱ درجه شمالی پیوند می‌خورد و روند تغییر آن برای دوره‌ی آماری اخیر به صورت سهمی است. ام آنتون و دیگران[6] *(2010:2)* تغییرپذیری روزانه‌ی اُزون کلی در بالای مادرید اسپانیا را مطالعه کرده و به این‌نکته پرداختند که در حدود۹۰٪ روزها تغییرپذیری غیر قابل چشم‌پوشی اُزون دارای یک روند فصلی است.

سوفی گودین‌بیکمن[7] *(2010: 342)* انواع ماهواره‌هایی هایی که برای اندازه‌گیری لایه‌ی‌اُزون و ویژگی‌های شیمیایی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد را بررسی و انواع وسایل اندازه‌گیری اُزون کلی را توضیح می‌دهد.

در این مقاله نیز تغییرات روزانه‌ی اُزون کلی در ایستگاه اصفهان در ارتباط با الگوهای گردش هوا با بهره‌گیری از تحلیل نقشه‌های سطوح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری و روش‌های آماری مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از روش محیطی به گردشی و به شیوه‌ی دستی و بصری برای تحلیل الگوهای‌سینوپتیک استفاده شده است. برای این منظور ابتدا متوسط روزانه‌ی اُزون‌کلی مربوط به‌داده‌های اُزون استراتوسفری از مرکز داده‌های سازمان هواشناسی استان اخذ گردید. ایستگاه اُزون‌سنجی اصفهان در مختصات ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۵۵۰ متری از سطح دریا قرار دارد. طول دوره‌ی آماری از ۲۰۰۴/۱۰/۱ تا ۲۰۱۰/۲/۲۷ است. از مجموع ۱۹۵۷ روز، ۱۷۴ روز آمار مفقود بود و بنابراین از ۱۸۰۱ روز داده‌های روزانه‌ی اُزون کلی در تحلیل استفاده شد (جدول شماره ۱).

1-J. Leclair De Bellevue at all
2-N. Semane at all
3-S. Hassanzadeh at all
4-Piotr V. Nevodovskiy at all
5-Chandramadhab Pal
6-M. Antón at all
7-Sophie Godin-Beekmann

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: تعداد روزهایی که در هر سال آمار آن برای تحلیل نقشه انتخاب گردید

سال	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	مجموع
تعداد روز	۷۵	۳۵۴	۳۴۹	۳۵۳	۳۴۹	۲۸۱	۴۰	۱۸۰۱

مأخذ : نگارنده

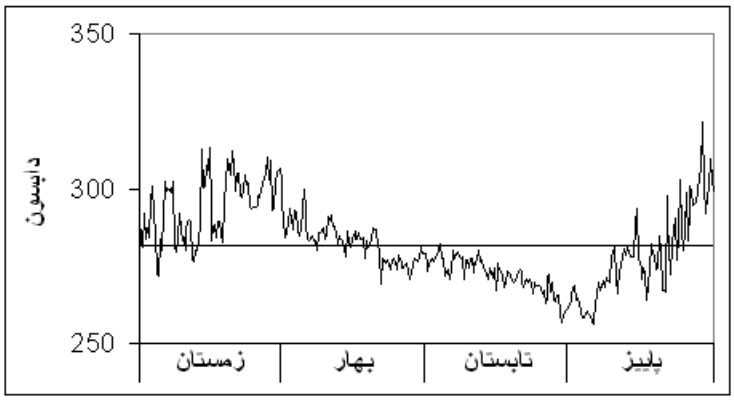
در ابتدا روزهایی که مقدار اُزون کلی حداکثر/حداقل بود از طریق جدول توصیفی داده‌ها استخراج شد. بر این اساس میانگین اُزون ۲۸۴ دابسون، حداقل مقدار ثبت شده ۲۲۲ و حداکثر آن ۳۹۳ دابسون است. رقم ۲۷۴ دابسون (مُد) بیشترین فراوانی تکرار را دارد. چارک اول داده‌ها ۲۷۱ و چارک سوم ۲۹۳ دابسون است و تمام روزهای چارک اول و سوم در دوره‌ی سرد سال از آذر تا اردیبهشت اتفاق افتاده‌اند. با توجه به اینکه تعداد روزهایی که چنین ویژگی را داشتند زیاد بود، روزهایی که مقدار اُزون زیر۲۵۰/ بالای ۳۱۰ دابسون بود به عنوان روزهای حداقل/ حداکثر اُزون قلمداد شد. در نهایت ۲۱ روز مربوط به مقادیر حداقل و ۲۱ روز مربوط به مقادیر حداکثر اُزون انتخاب گردید. همچنین روزهایی که مقدار اُزون حول میانگین (۲۸۴ دابسون) و بالاترین فراوانی تکرار (۲۷۴ دابسون) بود، استخراج شد. جهت استخراج الگوی گردش جوی حاکم بر تغییرات اُزون سعی شد روزهایی انتخاب گردد که مقادیر (حداقل، حداکثر، میانگین یا مُد) اُزون به صورت چند روز متوالی باشد و بتوان به الگویی که شرایط مزبور را تثبیت می‌کند، دست یافت. پس از مشخص شدن روزهای مربوط به آماره‌های تعیین شده، نقشه‌ها متوسط روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری برای مختصات صفر تا ۸۰ درجه شرقی و ده تا ۷۰ درجه شمالی از پایگاه داده‌های اقلیمی NCEP/NCAR استخراج گردید. به علت اینکه می‌خواستیم تغییرات اُزون‌کلی (لایه‌ی اُزون) را در سطوح فوقانی ترپوسفر (زیر ترپوپاوز) بررسی کنیم از نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل استفاده شد. این نقشه‌ها علاوه بر اینکه برای بررسی فعالیت جوی در سطوح فوقانی به‌کار می‌روند به علت اینکه قادرند در آن واحد بسیاری از اطلاعات نقشه‌های دما، باد و آرایش الگوهای فشار را در اختیار مفسر بگذارند بسیار مناسب هستند *(قویدل‌رحیمی، ۱۳۸۹: ۱۱۶)*. سطوح ۱۰۰، ۳۰۰ میلی‌باری جهت آگاهی بر وجود فرود یا فراز و سطح ۵۰۰ میلی‌باری نیز برای ردیابی وجود هسته‌های کم ارتفاع (کم فشار) یا بلند (پرفشار) به منظور تبیین تغییرات اُزون متأثر از ناپایداری و یا پایداری جو انتخاب شدند. همچنین از روش‌های همبستگی برای تحلیل روابط بین نقشه‌ی مقادیر اُزون کلی و نقشه‌ی الگوهای همدید بهره‌گیری شده است. برای این منظور داده‌های مقدار متوسط روزانه‌ی اُزون کلی برای فواصل ۱۰×۱۰ درجه برای مختصات صفر تا ۸۰ درجه شرقی و ده تا ۷۰ درجه شمالی از پایگاه نقشه‌سازی اسپکترومتری اُزون کلی NASA/GSFC برای روزهایی که مقدار اُزون در ایستگاه اصفهان حداکثر، حداقل و یا بیشترین تکرار را داشت (مُد داده‌ها) استخراج و نقشه‌های هم‌مقدار اُزون برای روزهای مزبور ترسیم گردید. سپس با استفاده از روش همبستگی روابط بین مقادیر روزانه‌ی اُزون کلی و ارتفاع ژئوپتانسیل مورد تحلیل قرار گرفت.

سری زمانی تغییرات اُزون

بررسی سری زمانی تغییرات اُزون نشان‌دهنده‌ی تأثیرپذیری شدید تغییرات آن از فعالیت جوی است. به این ترتیب که در فصل زمستان متأثر از فعالیت جوی دارای تغییرات زیاد، در فصل بهار متأثر از افزایش سیاره‌ای دارای مقادیر زیاد، در فصل تابستان به علت پایداری جو دارای تغییرات ناچیز و در فصل پاییز متأثر از کاهش سیاره‌ای اُزون دارای مقادیر حداقل است که با نزدیک شدن به فصل زمستان مقدار آن افزایش می‌یابد (شکل ۱).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱ روند تغییرات روزانه‌ی مقدار اُزون کلی نسبت به خط میانگین در طول سال (متوسط سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹)

مأخذ : نگارنده

الگوی گردشی مربوط به روزهای بامقادیر حداقل اُزون

در مجموع نقشه‌های تعداد ۲۴ روز (۵ دوره روز) از روزهای متوالی که مقدار اُزون حداقل مقدار ثبت شده بود مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر حداقل اُزون در روزهای سرد سال زمانی که الگوی فراز در سطوح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و شرایط واچرخند در سطح ۵۰۰ میلی‌باری بر ایران و اصفهان قرار می‌یابد اتفاق افتاده است. برای جلوگیری از اطاله‌ی کلام نقشه روزهای ۸ تا ۱۰ دسامبر را توضیح می‌دهیم.

نقشه‌های ۸ تا ۱۰ دسامبر ۲۰۰۵

متوسط مقدار اُزون در این دوره ۲۲۹ دابسون است که در روز ۹ دسامبر به حداقل میزان در طول دوره‌ی آماری یعنی ۲۲۲ دابسون رسیده است (جدول ۲). الگوی نقشه‌ها در این روز بیانگر جوی پایدار و آرام بر روی اصفهان است. در روز ۸ دسامبر در تراز ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری الگوی فراز (پشته) در حال ورود به ایران است و نوید چرخندگی منفی و حاکمیت شرایط آنتی سیکلونی را به همراه دارد. در این روز مقدار اُزون ۲۳۶ دابسون است. در روز ۹ دسامبر الگوی پشته یا فراز در تراز ۱۰۰ و ۳۰۰ و شرایط واچرخند در سطح۵۰۰ میلی‌باری کاملاً بر روی ایران قرار یافته است و مقدار اُزون به حداقل میزان ۲۲۲ دابسون کاهش یافته است. به این ترتیب وقتی که محور ریج در تراز ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و آنتی‌سیکلون پویشی در تراز ۵۰۰ میلی‌باری کاملاً بر روی اصفهان قرار می‌گیرد، هوای فقیر از اُزون بر روی منطقه‌ی اصفهان انتقال یافته و مقدار اُزون کلی به حداقل میزان، کاهش می‌یابد. در روز ۱۰دسامبر که محور فراز در حال خروج از ایران است، مقدار اُزون اندکی افزایش می‌یابد ولی به دلیل قرارگیری محور فراز در تراز ۱۰۰ و ۳۰۰ و شرایط واگرایی در سطح ۵۰۰ میلی‌باری بر روی ایران همچنان مقدار اُزون در حداقل‌میزان ۲۲۹ دابسون قرار دارد *(شکل شماره ۲)*.

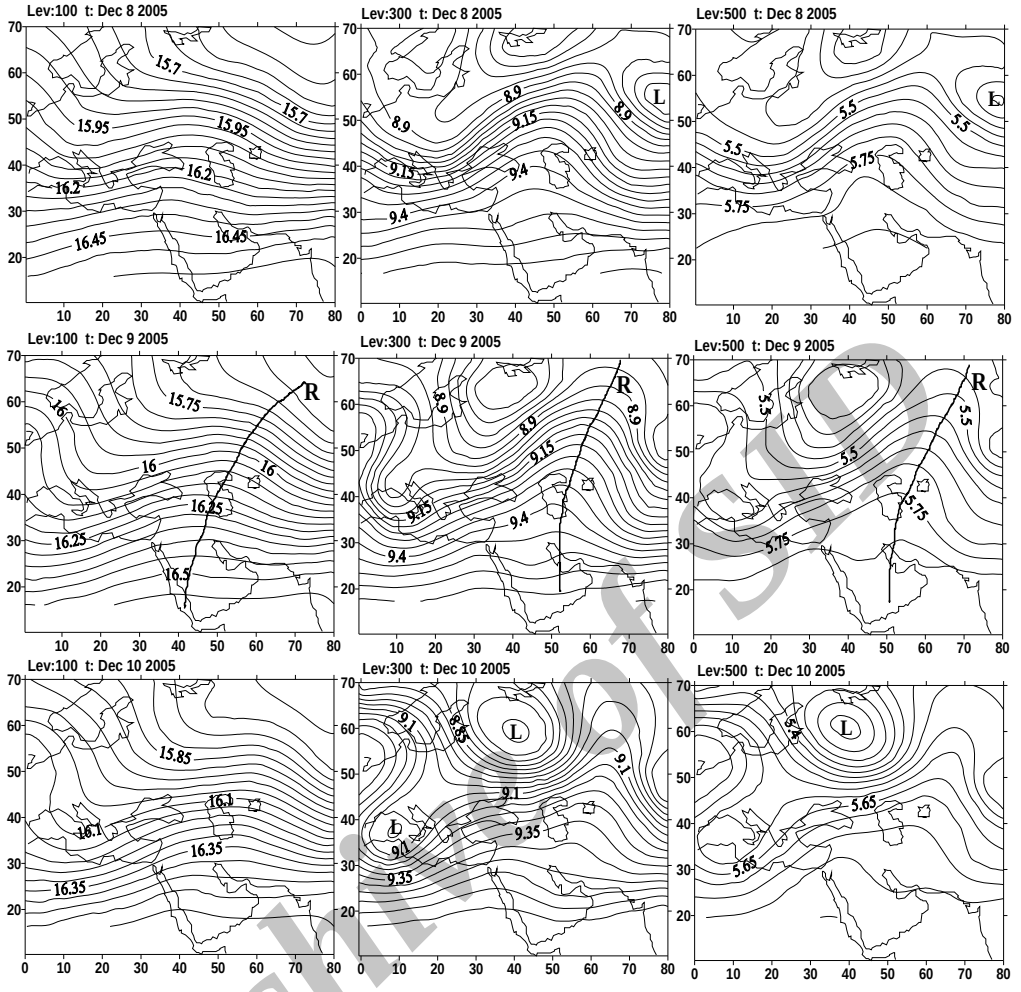
جدول ۲ : تاریخ و مقادیر حداقل اُزون ۸ تا ۱۰ دسامبر ۲۰۰۵

۲۳۶	۲۰۰۵/۱۲/۸	۱۳۸۴/۹/۱۷
۲۲۲	۲۰۰۵/۱۲/۹	۱۳۸۴/۹/۱۸
۲۲۹	۲۰۰۵/۱۲/۱۰	۱۳۸۴/۹/۱۹

مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲ : نقشه‌های متوسط روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل جو (هزارمتر) در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی باری از تاریخ ۸ تا ۱۰ دسامبر ۲۰۰۵. محور فراز با حرف R ، پرارتفاع با حرف H و کم ارتفاع با حرف L مشخص است.

مأخذ : نگارنده

الگوی گردشی مربوط به روزهای با مقادیر حداکثر اُزون

برای این منظور ۳۹ نقشه‌ی میانگین روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری در ۱۳روز سال که همگی در فصل سال اتفاق افتاده بودند، مورد بررسی قرار گرفت. الگوی غالب در همگی این نقشه،تراف در سطوح فوقانی ۱۰۰ و ۳۰۰میلی‌باری و سیکلون در تراز ۵۰۰ میلی‌باری است. یک نمونه از الگوی نقشه‌های روزهایی که مقادیر حداکثر اتفاق افتاده را توضیح می‌دهیم:

نقشه‌های ۳۰ مارس تا ۱ آوریل ۲۰۰۹

همانطورکه در نقشه‌ی ۳۰ مارس مشاهده می‌شود در تراز ۱۰۰ الگوی تراف و در تراز ۵۰۰ میلی‌باری سیکلون تکامل‌یافته‌ای که تا تراز۳۰۰ میلی‌باری عمق یافته از غرب وارد ایران می‌گردد. به این ترتیب در بدو ورود الگوی سیکلونی به ایران در روز ۳۰ مارس، مقدار اُزون به ۳۴۹ دابسون افزایش‌یافته است. در روز ۳۱ مارس محور تراف در تراز ۱۰۰ میلی‌باری و در تراز ۵۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌باری سیکلون بسیار عمیقی کاملاً بر مرکز ایران قرار می‌یابد، در این روز مقدار اُزون داری

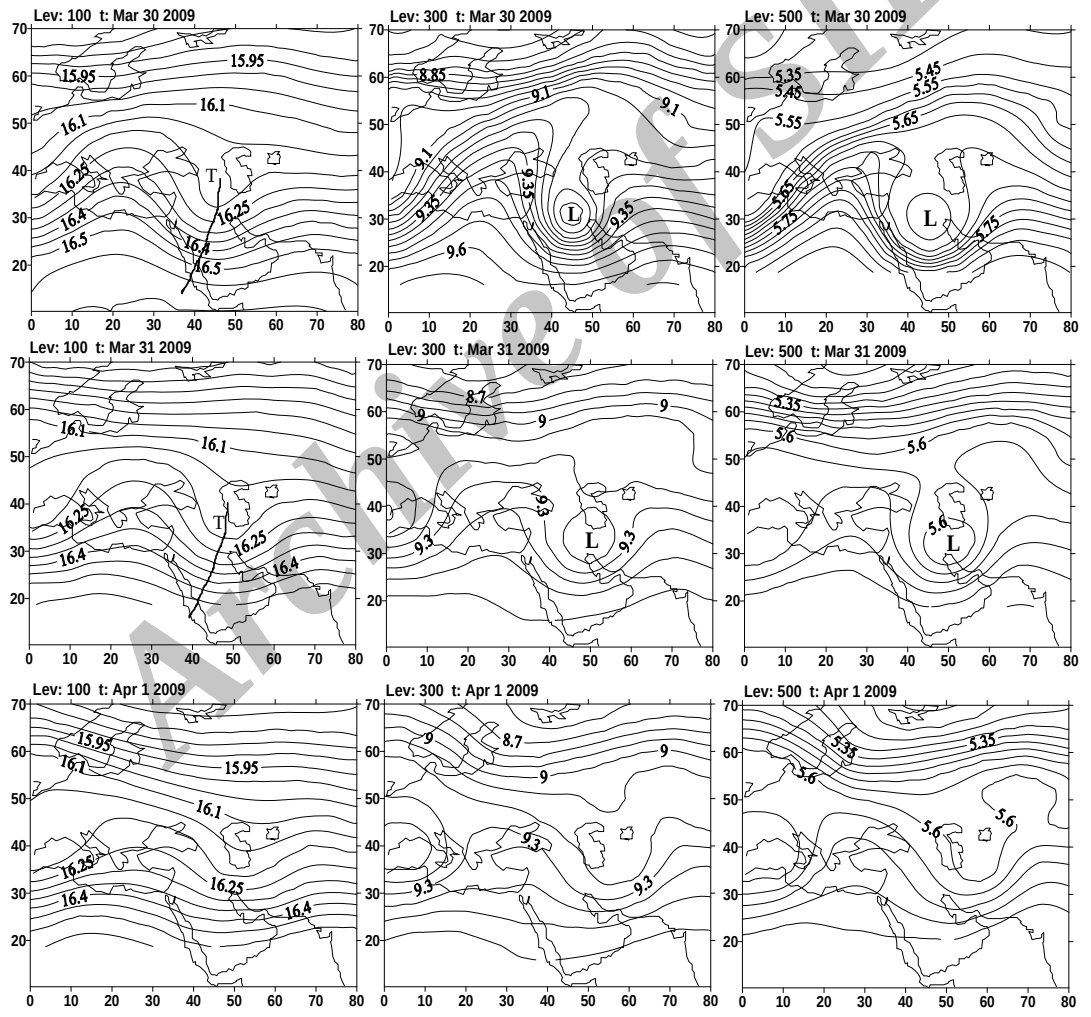
www.SID.ir

حداکثر مقدار ۳۷۱ دابسون است. یعنی در زمان قرارگیری محور تراف و الگوی سیکلونی کامل بر روی ایران، مقدار اُزون به بالاترین میزان خود رسیده است. نتیجه اینکه زمان وقوع حداکثر اُزون در این دوره‌ی سه روزه، با الگوی تراف در سطح ۱۰۰ میلی‌باری و شرایط سیکلونی کامل در سطوح ۵۰۰ تا ۳۰۰ انطباق دارد. قابل ذکر است در ۳۱ مارس در ایستگاه اُزون‌سنجی اصفهان ۷/۴ میلی‌متر باران ثبت شده است. در روز یک آوریل تراف سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ به سمت شرق متمایل شده ولی به دلیل قرارگیری بر روی ایران مقدار اُزون در حداکثر مقدار ۳۶۸ دابسون باقی مانده است (شکل ۳).

جدول ۳:تاریخ و مقادیر حداکثر اُزون ۳۰ مارس تا ۱ آوریل ۲۰۰۹

۳۴۹	۲۰۰۹/۳/۳۰	۱۳۸۸/۱۸/۱۰
۳۷۱	۲۰۰۹/۳/۳۱	۱۳۸۸/۱/۱۱
۳۶۸	۲۰۰۹/۴/۱	۱۳۸۸/۱/۱۲

مأخذ : نگارنده



شکل ۳ : نقشه‌های متوسط روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل جو (هزارمتر) در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری از تاریخ ۳۰ مارس تا ۱ آوریل ۲۰۰۹. در این تصویر حرف L کم ارتفاع و حرف T محور تراف را نشان می‌دهد.

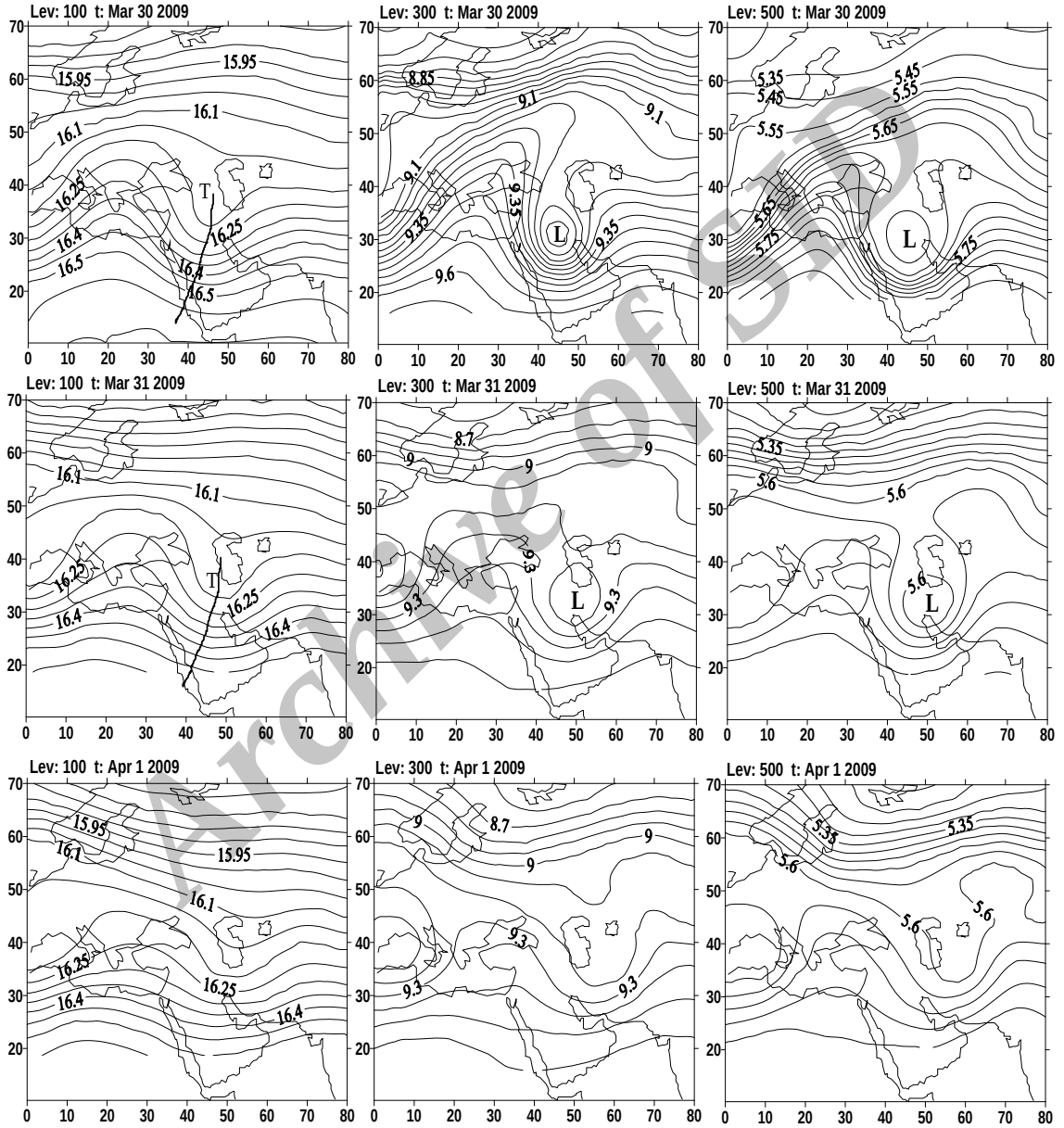
مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir

الگوی گردشی مربوط به روزهایی که مقدار اُزون بیشترین تکرار را دارد

برای اطلاع بر الگوی گردشی روزهـایی کـه مقـدار اُزون ثبت شده بیشترین تکرار را دارد از مقادیر مُـد یـا نمای داده‌ها استفاده شد. برای ایـن منظـور تعـداد ۳۳ نقشه مربوط به ۱۱ روز- دوره‌هایی که مقدار اُزون ۲۷۴ دابسون (مُد داده‌ها) یا حدود آن بود، استخراج شد کـه برای نمونه نقشه‌های یک دوره را توضیح می‌دهیم.

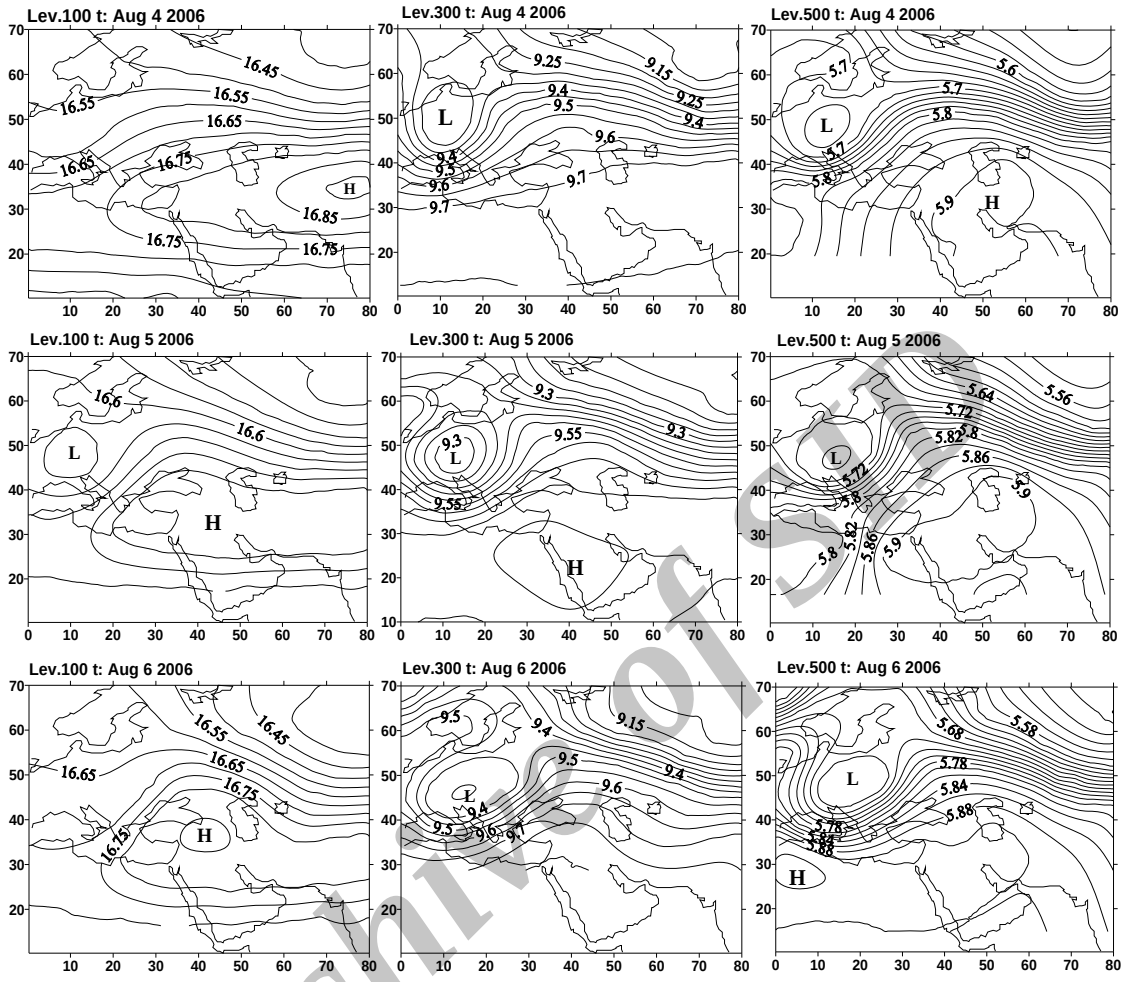


شکل ۳ : نقشه‌های متوسط روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل جو (هزارمتر) در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری از تاریخ ۳۰ مارس تا ۱ آوریل ۲۰۰۹. در این تصویر حرف L کم ارتفاع و حرف T محور تراف را نشان می‌دهد.

مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴: نقشه‌های متوسط روزانه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل جو (هزار متر) در سه سطح ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰ میلی‌باری از تاریخ ۴ تا ۶ آگست ۲۰۰۶. در این تصویر حرف H مراکز پُرارتفاع و حرف L مراکز کم ارتفاع را نشان می‌دهد.

مأخذ : نگارنده

جدول ۴ : تاریخ و مقادیر اُزون با بیشترین تکرار (مُد) ۴ تا ۶ آگست ۲۰۰۶

۲۷۴	۲۰۰۶/۸/۴	۱۳۸۵/۵/۱۳
۲۷۴	۲۰۰۶/۸/۵	۱۳۸۵/۵/۱۴
۲۷۷	۲۰۰۶/۸/۶	۱۳۸۵/۵/۱۵

مأخذ : نگارنده

نقشه‌های مربوط به روزهای ۴ تا ۶ آگست ۲۰۰۶

در این دوره مقدار متوسط روزانه‌ی اُزون در دو روز اول ۲۷۴ و در روز سوم ۲۷۷ دابسون است (جدول ۴).

در نقشه سطح ۱۰۰ میلی‌باری پُرارتفاع عمیقی با مرکزیت ارتفاعات هیمالیا و تبت در روز ۴ آگست بر روی ایران گسترش یافته و هم‌ارتفاع ۱۶۸۰۰ متری تمام ایران را در برگرفته است. در روز ۵ آگست پُر ارتفاع مزبور تا شرق دریای مدیترانه کشیده شده است و در روز ششم به مرکز عمیقی در غرب ایران و ترکیه تبدیل شده است. همزمان با آن پُرارتفاع سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری نیز گسترش یافته است. خط هم ارتفاع ۵۹۰۰ متری سطح ۵۰۰ میلی‌باری که معمولاً در

Archive of SID
www.SID.ir

نقشه‌های میانگین اُزون در جنوب و جنوب غرب ایران و بیشتر در شمال عربستان حضور داشت، در این دوره کاملاً بر روی ایران قرا گرفته و از صحاری ترکمنستان، شرق مرکز خزر، نواحی خراسان شروع شده و تا دریای سرخ ادامه پیدا کرده است. در تراز ۵۰۰ میلی‌باری نیز خط هم‌ارتفاع ۵۹۵۰ متری کاملاً بر مرکز ایران و اصفهان قرار یافته است. این وضعیت در روز پنجم آگست نیز تکرار شده است و در روز ششم آگست با تضعیف پرارتفاع سطح ۵۰۰ میلی‌باری و تغییر شکل خطوط هم ارتفاع ۳۰۰ میلی‌بار، مقدار متوسط اُزون نیز تا ۲ دابسون افزایش یافته است. بنابراین در نقشه-های روزهایی که مقدار اُزون بیشترین تکرار را داشته، الگوی پرفشار آن هم در مرکز ایران در دو سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری کاملاً به چشم می‌خورد و در سطح ۱۰۰ میلی‌باری الگوی پُرارتفاع در تمامی گستره‌ی ایران حاکمیت دارد (شکل ۴).

تحلیل آماری الگوهای همدید و مقادیر اُزون کلی

با توجه به اینکه وقوف بر الگوهای سینوپتیکی حاکم بر تغییرات مقادیر اُزون کلی از طریق الگوی نقشه‌ها ممکن است لذا به منظور بررسی روابط بین این الگوها و مقادیر اُزون، نقشه‌های هم‌مقدار اُزون کلی ترسیم گردید و ارتباط بین نقشه‌های هم‌مقدار روزانه اُزون کلی با الگوی نقشه‌های همدید از طریق روابط همبستگی بررسی شد. تحلیل‌ها نشان داد در هر سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری بین مقادیر روزانه اُزون کلی و ارتقاع ژئوپتانسیل ارتباط معکوس در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ وجود دارد (جدول ۵).

جدول ۵: ضرایب همبستگی بین نقشه هم‌مقدار اُزون و نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل جو

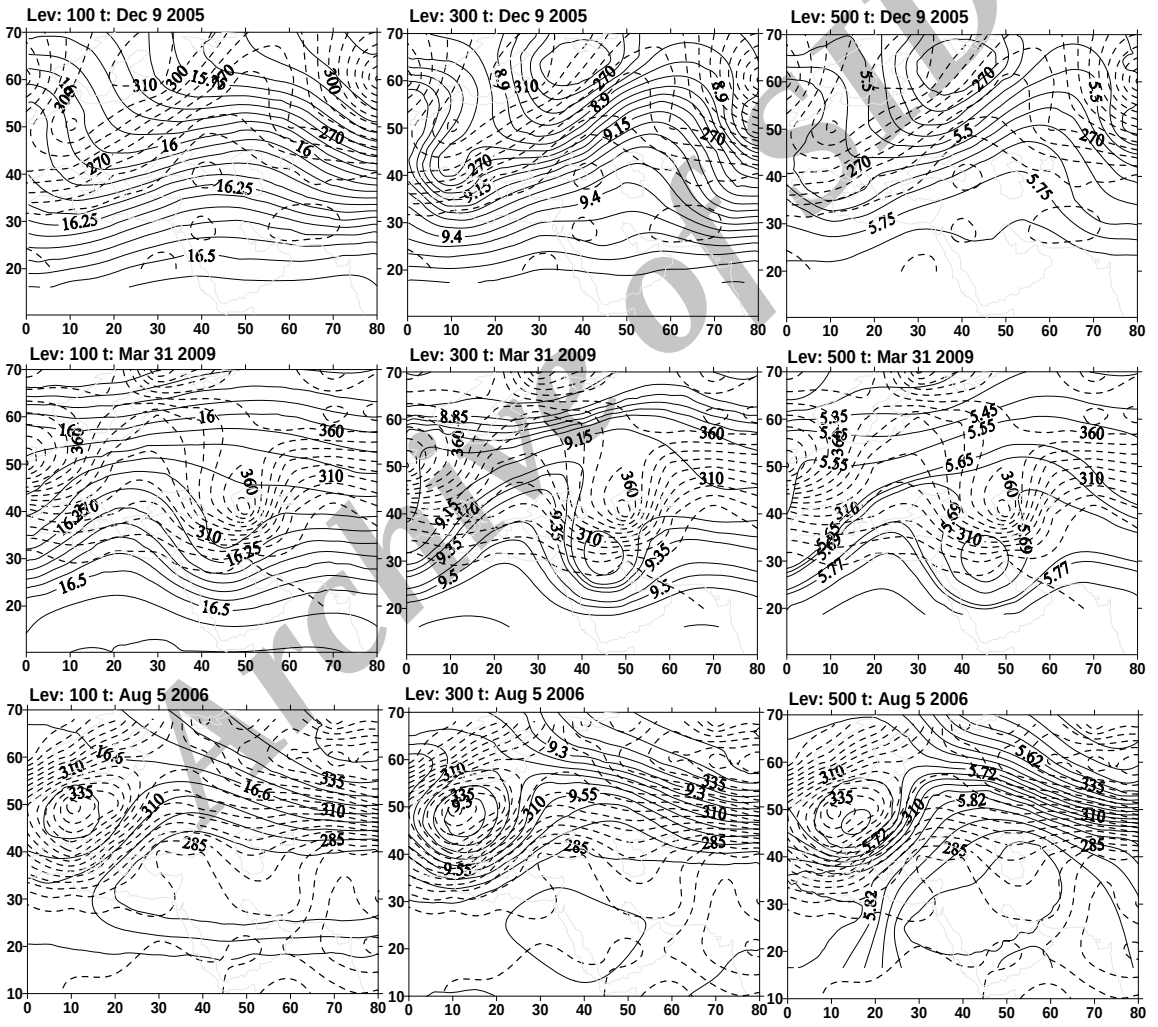
	سطح ۱۰۰میلی‌باری	سطح ۳۰۰میلی‌باری	سطح ۵۰۰ میلی‌باری
رخداد حداکثر اُزون	-۰/۸۱۳	-۰/۸۳۸	-۰/۷۲۵
رخداد حداقل اُزون	-۰/۸۷۶	-۰/۸۵۲	-۰/۷۴۱
رخداد مُد داده‌ها	-۰/۸۴۸	-۰/۹۱۳	-۰/۸۸۴

مأخذ : نگارنده

مهمترین متغیّر مؤثر در زمان رخداد حداکثر، تغییرات ارتفاع سطح ۱۰۰ میلی‌باری و در رخداد مُد و حداقل مقادیر اُزون تغییرات ارتفاع سطح ۳۰۰ میلی-باری است. در هر سه رخداد (حداکثر، حداقل و مُد داده‌های اُزون)، ارتباط بین تغییر ارتفاع ژئوپتانسیل و مقادیر اُزون کلی در سطوح فوقانی (۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری) قوی‌تر است زیرا تراکم اُزون در زیر تروپوپاوز بیشتر است و تغییر الگوی نقشه‌ها درسطوح فوقانی اثر بیشتری بر تغییرات اُزون کلی دارد. به این ترتیب با افزایش ارتقاع ژئوپتانسیل (حاکمیت شرایط پرفشار) مقدار اُزون کاهش می‌یابد و برعکس با کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل (حاکمیت شرایط کم‌فشار) بر مقدار اُزون افزوده می‌شود. اثر جمعی سه سطح تراز بر تغییرات اُزون با استفاده از تحلیل رگرسیون چند متغیّره خطی سنجیده شد و نشان داد تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل با ضرایب همبستگی ۰/۹۹۴، ۰/۸۸۵ و ۰/۸۹۷ به ترتیب در زمان رخداد مُد داده‌ها، مقادیر حداکثر و حداقل بر تغییرات مقدار اُزون مؤثر است. بر این اساس ۸۹/۱، ۸۰/۵ و ۷۸/۴ درصد تغییرات مقدار اُزون در رخدادهای مزبور توسط تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تبیین می‌گردد. بالابودن ضرایب همبستگی و تبیین در زمان رخداد مُد داده‌ها بخاطر وقوع یک مرکز کم فشار بسیار عمیق بر روی اروپا در ۵ آگست ۲۰۰۶ است که در منطقه‌ی مطالعاتی مورد تحلیل ما

Archive of SID
www.SID.ir

قرار دارد. برای آگاهی بهتر بر ارتباط بین اثر الگوهای همدید بر تغییرات اُزون کلی، نقشه‌های توزیع اُزون کلی در محدوده‌ی مورد مطالعه ترسیم و با الگوی نقشه‌ی ارتفاع ژئوپتانسیل انطباق داده شد (شکل ۵). با اندکی دقت در این نقشه‌ها مشخص می‌شود که از میزان تراکم مقدار اُزون کلی با افزایش ارتفاع ژئوپتانسیل کاسته می‌شود. بیشترین تراکم اُزون بر روی اصفهان در روز ۳۱ مارس ۲۰۰۹ دیده می‌شود که در این روز الگوی کامل کم ارتفاع (کم‌فشار پویشی) در اصفهان حاکم بوده است. تراکم خطوط هم‌مقدار اُزون در این روز بر روی ایران و اصفهان در هر سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری کاملاً مشهود است. در صورتی که در روز ۹ دسامبر ۲۰۰۵ به شدت از تراکم اُزون کاسته شده و در روز ۵ آگست ۲۰۰۶ تراکم اُزون در اصفهان زیاد نیست *(شکل شماره‌ی ۵)*.



شکل ۵ : انطباق نقشه‌های همدید ارتفاع ژئوپتانسیل با نقشه هم‌مقدار اُزون کلی در محدوده‌ی مورد مطالعه در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری برای روزهای رخداد حداقل (۹ دسامبر ۲۰۰۵)، حداکثر (۳۱ مارس ۲۰۰۹) و مُد داده‌ها (۵ آگست ۲۰۰۶). در این نقشه‌ها ارتفاع ژئوپتانسیل (هزار متر) با خطوط پُر، مقادیر اُزون کلی (دابسون) با خط چین و مرز نواحی با خط کم رنگ مشخص شده است.

مأخذ : نگارنده

Archive of SID

www.SID.ir

جمع‌بندی و نتیجه

مطالعات پیشین و بررسی‌های سری‌های زمانی نشان می‌دهد اُزون کلی تحت تأثیر پایداری و ناپایداری هوا دارای نوسانات زیادی است. ناپایداری هوا از طریق انتقال افقی هوای غنی/فقیر از اُزون در زیر استراتوسفر موجب افزایش/کاهش مقدار اُزون کلی در زیر تروپوپاوز می‌گردد (*روی سی رولدجین (۲۰۰۰)* تی نارایانارو *(۲۰۰۳)* و جی لِسلیر دی بلورو و دیگران *(۲۰۰۷)*)

بررسی الگوهای گردشی نقشه‌های هوا در سه سطح ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ میلی‌باری نیز ارتباط بین تغییرات اُزون کلی در ایستگاه اصفهان و الگوی گردش جو را تأیید کرد. به این ترتیب که در زمان وقوع مقادیر حداقل اُزون، الگوی فراز یا ریج در سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و پرفشار پویشی در تراز ۵۰۰ میلی‌باری بر روی ایستگاه اصفهان حاکمیت دارد که زمان رخداد چنین وضعیتی در فصل سرد سال اتفاق می‌اُفتد. پایین‌ترین مقادیر اُزون زمانی به وقوع می‌پیوندد که محور فراز بر مرکز ایران و اصفهان باشد. درصورتی‌که در زمان رخداد مقادیر حداکثر اُزون، الگوی فرود یا تراف در سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری و سیکلون در تراز ۵۰۰ میلی‌باری بر روی ایستگاه اصفهان حاکمیت دارد و زمانی مقدار اُزون در ایستگاه اصفهان به حداکثر میزان می‌رسد که محور فرود بر مرکز ایران و اصفهان باشد. مشابه زمان رخداد حداقل، زمان رخداد حداکثر نیز در فصل سرد سال است. به این ترتیب حداکثرهای اُزون با الگوی فرود (تراف) و حداقل‌های اُزون با الگوی فراز (ریج) منطبق است. همچنین الگوی نقشه‌های مربوط به مقادیر مُد داده‌ها (۲۷۴ دابسون) نشان‌دهنده‌ی الگوی پُرارتفاع عمیق در تراز ۱۰۰ میلی‌باری است. در تراز ۳۰۰ و۵۰۰ میلی‌باری نیز همزمان با سطح ۱۰۰ میلی‌باری پُرارتفاع کاملاً گسترده شده است. به طور کلی الگوی نقشه‌های مربوط به مقادیر مُد داده‌ها اُزون دارای آرایش‌مداری در تراز ۳۰۰ و۵۰۰ است که اندکی به سمت فراز میل کند. باید اذعان داشت نوسانات اُزون در فصل گرم ناچیز و اثر عوامل همدید نیز بر مقدار آن بسیار کم است. به این ترتیب فعالیّت پویشی جو در فصل سرد، تغییر و نوسان زیاد در اُزون کلی را باعث می‌شود اما پایداری جو در فصل گرم سال، تثبیت مقدار اُزون را در پی دارد. تحلیل همبستگی بین نقشه‌های پراکنش متوسط روزانه‌ی اُزون کلی با نقشه‌های متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل نشان داد، بین ارتفاع ژئوپتانسیل و مقدار اُزون رابطه‌ی همبستگی معکوس معناداری وجود دارد که این رابطه در ترازهای فوقانی جو (۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌باری) قوی‌تر است. بر این اساس با افزایش ارتفاع جو (پرفشار) از میزان اُزون کلی در زیر تروپوپاوز کاسته می‌شود و با کاهش ارتفاع جو (کم فشار) میزان اُزون افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد. تراکم خطوط هم‌مقدار اُزون در اطراف مراکز کم‌فشار در همه نقشه‌ها بخصوص نقشه‌ی روز ۳۱ مارس ۲۰۰۹ که بر روی ایران و اصفهان کم‌فشار پویشی حاکمیت مطلق دارد نشان‌دهنده‌ی افزایش مقدار اُزون کلی مرتبط با کاهش فشار جو در زمان کم‌فشارهای پویشی است. قابل ذکر است در همین روز در ایستگاه اُزون‌سنجی اصفهان ۷/۴ میلی‌متر باران ثبت شده است. نتایج تحلیل رگرسیون خطی نشان داد به ترتیب ۸۹/۱، ۸۰/۵ و ۷۸/۴ درصد تغییرات مقدار اُزون در رخدادهای مُد داده‌ها، مقادیر حداکثر و حداقل توسط تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل تبیین می‌گردد.

منابع

۱- اسپنانی، عباسعلی (۱۳۸۳). اُزون و نقش آن در حیات کره زمین، مجله فضای جغرافیایی. شماره ۱۱ .

۲- جهانبخش، سعید؛ فریبا فریبا (۱۳۷۸). مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴ و ۵۵.

۳- عزتیان، ویکتوریا؛ اعظم باقری (۱۳۸۹).کنترل کیفی داده‌های اُزون با استفاده از داده‌های سنجنده‌TOMS، چهارمین کنفرانس بین‌المللی تغییر اقلیم.

Archive of SID

www.SID.ir

۴- عزتیان ویکتوریا؛ ابراهیم اسعدی‌اسکویی (۱۳۸۹). کاربرد روش‌های آماری در تحلیل نوسانات اُزون تروپسفری، نشریه انجمن ژئوفیزیک ایران.
۵- عطایی، هوشمند (۱۳۸۷). شناسایی و تجزیه و تحلیل الگوهای گردشی تراز میانی جو در سال‌های پربارش ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۰.
۶- علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، سمت. تهران.
۷- قویدل‌رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار Grads، سها دانش. تهران.
۸- محامد، احمد (۱۳۷۷). لایه اُزون (سپر حفاظتی حیات)، گروه پژوهشگران ایران.
۹- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۳). ریج سی‌ساله الگوهای گردشی تراز میانی جو در ایران، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۷.
۱۰- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۵). اقلیم‌شناسی همدید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، تألیف برنت یارنال. دانشگاه اصفهان.
۱۱- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ محمدحسین قلی‌زاده؛ بختیار محمدی (۱۳۸۷). سرماهای وزشی ایران (مطالعه موردی: سرمای وزشی بهمن ۱۳۶۱ سنندج)، مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۰.
۱۲- نصیری، بهروز؛ هوشنگ قائمی (۱۳۷۸). تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی سیل‌های کرخه و دز، مجله تحقیقات جغرافیایی. شماره ۵۴ و ۵۵ .
13- Chandramadhab Pal(2010). Variability of total ozone over India and its adjoining regions during 1997-2008,Atmospheric Environment 44.
14- E. Rozanov, M. Schraner, C. Schnadt, T. Egorova, M. Wild, A. Ohmura, V. Zubov, W. Schmutz, Th. Peter (2005). Assessment of the ozone and temperature variability during 1979–1993 with the chemistry-climate model SOCOL, Advances in Space Research 35.
15- E. Rozanova, T. Egorovab, W. Schmutzb, Th. Peter (2006). Simulation of the stratospheric ozone and temperature response to the solar irradiance variability during sun rotation cycle, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 68.
16- J. Leclair De Bellevuea, J. L. Baraya, S. Baldya,G.Ancelletb,R.Diabc,F. Ravetta (2007). Simulations of stratospheric to tropospheric transport during the tropical cyclone Marlene event, Atmospheric Environment 41.
17- Johannes Staehelin, Jorg Moder, Andrea K. Weiss, Christof Appenzeller(2002). Long-team ozone trends in Northern mid-latitudes With special emphasis on the contribution of changes in dynamics. Physics and Chemistry of the earth.
18- M. Antón, M. López, A. Serrano, M. Bañón, J. A. García (2010). Diurnal variability of total ozone column over Madrid (Spain), Atmospheric Environment, xxx 1-6.
19- M. Martin, T. Toroshelidze, W. E. Alves, M. G. S Mello, A. A. Guser, G. I. Pugacheva (1999). Solar cycle and global long team variations of stratospheric ozone, Adv Space Res.
20- Matthew R. Bassford, Chris A. McLinden, Kimberly Strong (2001). Zenith-sky observations of stratospheric gases: the sensitivity of air mass factors to geophysical parameters and the influence of troposphere clouds, Journal of Quantitative Spectroscopy&RadiativeTransfer 68.
21- N. Semane, V. H. Peuch, L. El Amraoui, H. Bencherif, S. Massart, D. Cariolle, J. L. Atti, and R. Abida (2007). An observed and analysed stratospheric ozone intrusion over the high Canadian Arctic UTLS region during the summer of 2003, Advances in Space Research 34.
22- Piotr V.Nevodovskiy, Alexsandr V. Morozhenko (2009). Studies of stratospheric ozone layer from near-earth orbit utilizing ultraviolet Polari meter, Acta Astronautica 64.
23- Renata De winter-Sorkina (2001). Impact of ozone layer depletion I: ozone depletion climatology, Atmospheric Environment.
24- S.Hassanzadeha,F.Hosseinibalama, M. Omidvari (2008). Statistical methods and regression analysisof stratosphericozone and meteorological variables in Isfahan, Physica A 387.
25- Sophie Godin-Beekmann (2010). Spatial observation of the ozone layer Observation spatial de la couched ozone,C.R.Geosciences342.
26- T. Narayana Rao, J. Arvelius, S. Kirkwood, P. von der Gathen (2004). Climatology of ozone in the troposphere and lower stratosphere over the European ArcticAdvances in Space Research 34.
27- V.C.Roldugin,G.N. Nikulin and K. Henriksen (2000). Wave-Like Ozone Movements, Phys. Chem. Earth, Vol. 25, No. 5-6.
28- W.J Collins, D. S. Stevenson, C. E. Johmson, R.G. Derwent (2000). The European regional ozone distribution and its links with the global scale for the years 1992 and 2015, Atmospheric Environment.
29- Xihong Wang and Diane V. Michelangeli (2006). Areview of Polar Stratospheric Cloud Formation Ghina Paricuology Vol. 4, No. 6.

Archive of SID
www.SID.ir