

بررسی ارتباط ازون کلی جو و دمای وردسپهر و پوشن سپهر جو

زهرا شرعی پور^۱، عباسعلی علی اکبری بیدختی^۲

کارشناس ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران، sharie@ut.ac.ir
استاد گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران، bidokhti@ut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از داده های میانگین ماهانه ازون کلی جو و دمای سطوح مختلف فشاری هوا، همبستگی بین ازون کلی و دمای فصلی مختلف سال طی دوره ۱۱ ساله ۲۰۱۶-۲۰۰۶ در منطقه تهران بررسی شده است. این بررسی نشان می دهد که ارتباط همبستگی مثبتی (منفی) بین ازون کلی جو و دمای سطوح مختلف در پوشن سپهر پایینی (وردسپهر) در کل فصول وجود دارد. نتایج بررسی ها نشان داده است که طی ماه بهاری آوریل، بهترین همبستگی بین ازون کلی جو و دمای نزدیک سطح زمین و در سایر فصول، نزدیک وردسپهر میانی برقرار است. برای هر یک از فصول سال، روابط و نمودارهای همبستگی خطی بین ازون کلی جو و دمای سطوح فشاری که دارای بهترین همبستگی در وردسپهر و پوشن سپهر بوده محاسبه شده است. نتایج این روابط نشان می دهد که گرمایش وردسپهری یا سرمایش پوشن سپهری بیشترین تأثیر را بر کاهش ازون کلی جو در فصل بهار و کمترین تأثیر را در فصل زمستان دارد.

واژه های کلیدی: ازون کلی، دمای هوای سطوح فشاری، تروپوسفر، پوشن سپهر، تغییرات فصلی، تهران.

Study of the relation between tropospheric and lower stratospheric temperatures and total ozone

Shariepour, Z.¹ and Bidokhti, A. A.²

¹M. Sc., Department of Air Pollution and Ozone, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran
²Professor, Department of Air Pollution and Ozone, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

Abstract

In this study the correlations between the mean monthly temperatures of isobaric surfaces over the Tehran region and total column ozone have been considered using 11 years data of 2006 to 2016. The results show that there are negative (positive) correlations between total ozone and monthly temperatures of troposphere (lower stratosphere). The highest negative correlations are found for the April (spring) near the surface, but for other months near the middle troposphere. Linear relationships between the tropospheric and stratospheric temperatures and total ozone are evident. These relationships show that heating and cooling of respectively troposphere and stratosphere have strongest effects on reduction of total column ozone for spring and least effects in winter.

Keywords: Total ozone, isobaric surface temperatures, stratosphere, troposphere, seasonal means, Tehran.

۱ مقدمه

لایه ازون پوشن سپهری برای محافظت کره زمین در مقابل تابش مضر فرابنفش خورشیدی حائز اهمیت است و اهمیت اقلیمی لایه ازون به دلیل نقش آن در بودجه انرژی زمین است (کاندراتیو و واروتسز، ۱۹۹۶). بخش اعظم ستون ازون کلی جو در لایه پوشن سپهر واقع شده است. بخش اعظم ستون ازون کلی جو در لایه پوشن سپهر واقع شده است. مولکول ازون O_3 در اثر جذب اشعه فرابنفش خورشیدی کمتر از ۱۱۴۰ آنگستروم، به اتم و مولکول اکسیژن تجزیه می‌شود. هنگام تجزیه ازون، مقداری انرژی به صورت انرژی گرمایی آزاد شده و جذب پوشن سپهر می‌شود که این عامل دمای پوشن سپهر را افزایش می‌دهد.

ساختار گرمایی وردسپهر و پوشن سپهر در تغییرات مقدار ازون تحت تأثیر قرار می‌گیرد (رید و همکاران، ۱۹۹۸). امروزه فعالیت‌های بشری باعث افزایش ازون وردسپهری و کاهش ازون پوشن سپهری شده است. درحالیکه افزایش ازون وردسپهری باعث گرمایش جو پایینی می‌شود، کاهش ازون پوشن سپهری منجر به سرمای‌ش پوشن سپهر می‌شود.

ازون موجود در پوشن سپهر و وردسپهر، تابش فرورسرخ گسیل شده از سطح زمین را جذب می‌کند و باعث گرمایش جو می‌شود بنابراین اثر گلخانه ای جو را افزایش می‌دهد درحالیکه ازون پوشن سپهری علاوه بر این، تابش خورشیدی را نیز جذب می‌کند بنابراین تغییرات ازون وردسپهری و پوشن سپهری ارتباط مهمی با تغییرات اقلیمی دارد (گرنانت و همکاران، ۱۹۹۵). بطور کلی بازخوردهای دما - ازون اثر مهمی بر تغییرات اقلیمی دارد (چاندرا و همکاران، ۱۹۹۶). ازون در پوشن سپهر از طریق جذب تابش فرابنفش UV خورشیدی باعث کاهش تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین می‌شود. با کاهش مقدار ازون پوشن سپهری مقدار اشعه فرابنفش جذب شده در پوشن سپهر کاهش یافته و سرمای‌ش پوشن سپهری رخ می‌دهد و بدنال آن، مقداری از تابش جذب نشده به سطح زمین رسیده و باعث بالا رفتن دما در وردسپهر می‌شود. از آنجا که بیشترین مقدار ازون ستون کلی جو در پوشن سپهر است، بنابراین وجود همبستگی منفی بین ازون کلی جو (عمدتا استراتوسفری) و دمای هوای نزدیک سطح زمین دور از انتظار نیست. ترانیس (۲۰۰۹) نیز ارتباط بین ازون کلی جو و دمای وردسپهر و پوشن سپهر را طی دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۲ در شهر آتن یونان بررسی کرده و چنین نتایج همبستگی را بین ازون کلی و دمای سطوح مختلف فشاری هوا بدست آورده است.

شرعی پور و علی اکبری بیدختی (۱۳۹۳) نیز تحقیقی را در مورد تأثیر امواج هواشناسی همدیدی بر افت و خیزهای زمستانی ازون کلی جو در منطقه ایران انجام داده‌اند.

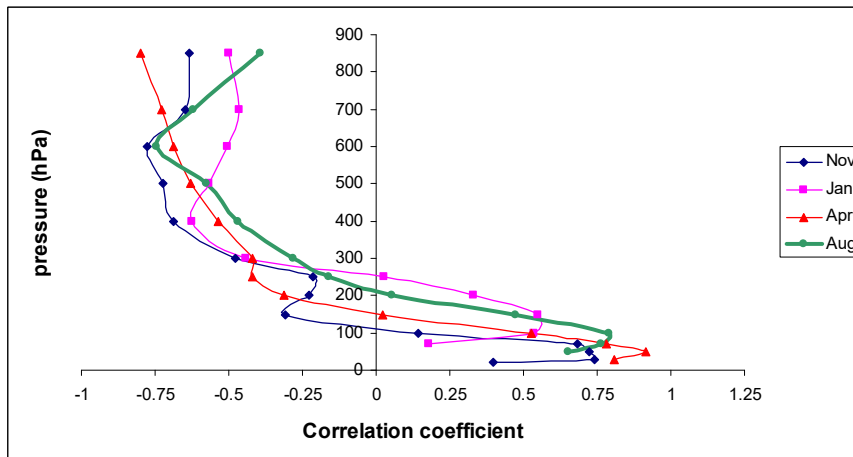
هدف از این تحقیق، بررسی دقیق رابطه دمای سطوح مختلف فشاری جوی در لایه های وردسپهر و پوشن سپهر با مقدار ازون کلی جو، در فصول مختلف سال طی بلند مدت در منطقه تهران و یافتن سطوحی فشاری با بهترین همبستگی ها می‌باشد. در تحقیق حاضر، برای هر یک از فصول سال، روابط و نمودارهای همبستگی خطی بین ازون کلی جو و دمای هوا برای سطوح فشاری که دارای بهترین همبستگی در وردسپهر و پوشن سپهر بوده محاسبه شده است.

۲ روش تحقیق

در این تحقیق از داده های میانگین ماهانه دمای سطوح مختلف فشاری هوا و ازون کلی جو در ایستگاه ازون سنجی مؤسسه ژئوفیزیک استفاده شده است. داده های هواشناسی دما از مرکز تحقیقاتی NOAA تهیه شد. واحد شبکه ای این داده ها ۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی است. از آنجا که داده های زمینی ازون کلی اندازه گیری شده توسط دستگاه ازون سنج دابسون بعلت خراب شدن دستگاه دابسون طی دوره نوامبر ۲۰۱۱ تا سپتامبر ۲۰۱۶ در دسترس نبود، از داده‌های ازون کلی ماهواره ای این ایستگاه که تطابق خوبی با داده های زمینی دابسون دارد، طی دوره ۱۱ ساله ۲۰۱۶-۲۰۰۶ اخیر استفاده شد. داده های ازون کلی ماهواره ای جو مربوط به ماهواره OMI (Ozone Monitoring Instrument) می‌باشد. واحد شبکه ای این داده‌ها یک درجه طول و عرض جغرافیایی است. سعی شده موقعیت مکانی منطقه تهران از نظر شبکه داده‌های ازون کلی ماهواره‌ای و رطوبت نسبی جو، نزدیک بهم باشند.

۳ بحث نتایج و نتیجه‌گیری

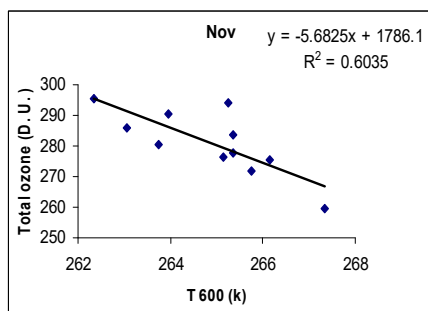
در این تحقیق، برای هریک از فصول سال، مقادیر میانگین ماهانه ازون کلی جو و دمای هریک از سطوح فشاری هوای وردسپهر و پوشن سپهر از ۸۵۰ hPa تا ۲۰ hPa در منطقه تهران طی دوره سالهای ۲۰۱۶-۲۰۰۶ در نظر گرفته شده و با یکدیگر مقایسه شده و برای هر سطح فشاری هوا مقدار ضریب همبستگی بین ازون کلی و دمای هوا محاسبه شده است. نیمرخ قائم این ضرایب همبستگی برای هریک از فصول سال بطور جداگانه بدست آمده است. شکل ۱ هریک از این نیمرخهای فصلی را نشان داده و با یکدیگر مقایسه می‌کند.



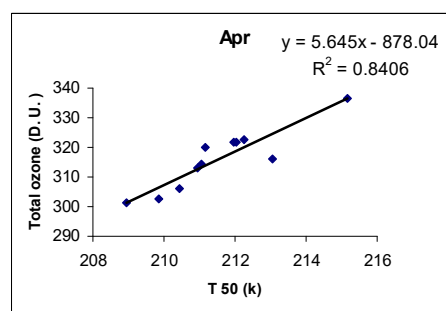
شکل ۱. نیمرخ های قائم ضریب همبستگی بین مقادیر میانگین ماهانه ازون کلی جو و دمای هوا در سطوح فشاری ۸۵۰ hPa تا ۲۰ در شهر تهران برای ماههای نوامبر (پاییز)، ژانویه (زمستان)، آوریل (بهار) و اگوست (تابستان) سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶.

بررسی این نیمرخها نشان می‌دهد که در همه فصول بین ازون کلی و دمای سطوح فشاری هوا در وردسپهر، همبستگی منفی و در پوشن سپهر، همبستگی مثبت و در محدوده نزدیک وردایست، همبستگی صفر وجود داشته و یک پیک ضریب همبستگی در وردسپهر و یکی هم در پوشن سپهر رخ می‌دهد ولی شکل نیمرخها و سطوح فشاری پیک همبستگی ها و همبستگی صفر در هریک از فصول سال، کمی متفاوت است. عامل اصلی این همبستگی‌ها وجود بیشینه فراوانی ازون در پوشن سپهر پایینی است. واکنشهای مربوط به جذب تابش فرابنفش خورشیدی توسط ازون در پوشن سپهر پایینی همراه با گرما بوده و ازون پوشن سپهری، رژیم های دمایی را به جو پایین خود، وردسپهر تحمیل می‌کند. مقایسه فصلی نیمرخهای ضرایب همبستگی بین ازون کلی و دمای سطوح فشاری هوا نشان می‌دهد که بهترین همبستگیها مربوط به ماه آوریل از فصل بهار است. رخداد بیشینه فصلی ازون کلی در بهار می‌تواند بر این نتیجه مؤثر باشد. در بهار سردتر احتمال اینکه ازون کلی بیشتر شود، بالاست. بهترین همبستگیهای وردسپهری در فصل بهار در سطح ۸۵۰ hPa و در سایر فصول در محدوده وردسپهر میانی رخ داده است درحالیکه پیک ضرایب همبستگی پوشن سپهری در فصول تابستان و زمستان در سطوح فشاری hPa ۱۰۰ و ۱۵۰ و در بهار و پاییز در سطوح فشاری بالاتر (۵۰ و ۳۰) رخ داده است. همبستگی صفر در فصول مختلف بین سطوح فشاری ۱۰۰ hPa تا ۲۵۰ نزدیک وردایست رخ داده است. این تغییر سریع ضریب همبستگی بین ازون کلی و دمای هوا در محدوده وردایست می‌تواند به دلایل گوناگون رخ دهد. واکنش هایی که اغلب در دماهای پایین منطقه وردایست رخ می‌دهد می‌تواند باعث کاهش ازون کلی جو شود (واروتسز و الکسوپلوس، ۱۹۸۰). یکی از عوامل مؤثر دیگر، نفوذ هوای پوشن سپهری توسط تا شدگی های وردایست به وردسپهر در فصل بهار است (ووقان و تیمیس، ۱۹۹۸). همچنین انتقال ازون از وردسپهر به پوشن سپهر در اثر فعالیت های بشری نیز مؤثر است (واروتسز، ۲۰۰۵).

برای هریک از پیکهای وردسپهری و پوشن سپهری نیمرخهای قائم ضرایب همبستگی، نمودار و روابط خطی همبستگی محاسبه شده است. بطور نمونه، شکل ۲ این نمودار و روابط مربوطه را برای پیک پوشن سپهری (سطح فشاری ۵۰ hPa) ماه آوریل و پیک وردسپهری (سطح فشاری ۶۰۰ hPa) ماه نوامبر نشان می‌دهد.



(ب)



(الف)

شکل ۲. نمودارهای رابطه همبستگی خطی بین مقادیر میانگین ماهانه ازون کلی جو و ودما برای الف) پیک پوشش سپهری ماه آوریل (سطح فشاری ۵۰ hPa) و ب) پیک وردسپهری ماه نوامبر (سطح فشاری ۶۰۰ hPa) سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶. دما برحسب درجه کلونین (k) و ازون کلی برحسب واحد دابسون (D. U.) است.

مقایسه این روابط همبستگی خطی طی فصول مختلف سال نشان می‌دهد که در پیک ضرایب همبستگی وردسپهری و پوشش سپهر هر فصل، تغییرات ازون کلی تقریباً مشابهی به ازاء تغییر یک درجه کلونین دمای هوا رخ می‌دهد، درحالیکه در فصول مختلف، تغییرات ازون کلی متفاوت است و بیشترین کاهش ازون در فصل بهار و کمترین آن در فصل زمستان رخ می‌دهد. بنابراین گرمایش وردسپهری یا سرمایش پوشش سپهری جو در بهار و تأثیر آن بر کاهش ازون کلی جو مهم تر از سایر فصول است.

روابط همبستگی فصلی بدست آمده با در اختیار داشتن دماهای میانگین ماهانه پیش بینی شده حاصل از مدل‌های هواشناسی می‌توانند در زمینه برآورد تغییرات ماهانه ازون کلی جو مفید باشند. نتایج دقیق و تکمیل شده این مطالعه در مقالات آینده ارائه خواهد شد.

منابع

- شرعی پور، ز. و علی اکبری بیدختی، ع.، ۱۳۹۳، بررسی افت و خیزهای زمستانی ازون کلی جو مربوط به امواج مقیاس همدیدی در منطقه ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۰، شماره ۴، صفحه ۱۳۹-۱۵۴.
- Chandra, S., Varotsos, C. and Flynn, L.E., 1996, The mid-latitude total ozone trends in the Northern Hemisphere: *Geophysical Research Letters*, 23, pp. 555-558.
- Gernandt, H., Goersdorf, U., Claude, H. and Varotsos, C.A., 1995, Possible impact of polar stratospheric processes on mid-latitude vertical ozone distributions: *International Journal of Remote Sensing*, 16, pp. 1839-1850.
- Kondratyev, K.Y and Varotsos, C.A., 1996, Global total ozone dynamics – impact on surface solar ultraviolet radiation variability and ecosystems. 1. Global ozone dynamics and environmental safety: *Environmental Science and Pollution Research*, 3, pp. 153-157.
- Reid, S.J., Rex, M., Von den Gathen, P., Floisand, I., Stordal, F., Carver, G.D., Beck, A., Reimer, E., Kruger-Cartensen R., De haan, L.L., Braathen, G., Dorokhov, V., Fast, H., Kyri E., Gil, M., Litynska, Z., Molyneux, M., Murphy, G., O'Connor, F., Ravengani, F., Varotsos, C., Wenger, J. and Zerefos, C., 1998, A study of ozone laminae using diabatic trajectories, contour advection and photochemical trajectory model simulations: *Journal of Atmospheric Chemistry*, 30, pp. 187-207.
- Tzani, C., 2009, On the relationship between total ozone and temperature in the troposphere and the lower stratosphere: *International Journal of Remote Sensing*, 30:23, 6075-6084.
- Varotsos, C., 2005, Modern computational techniques for environmental data; application to the global ozone layer: In *Computational Science - ICCS 2005, Part 3*, 3516, pp. 504-510.
- Varotsos, P. and Alexopoulos, K., 1980, Migration entropy for the bound fluorine motion in alkaline earth fluorides: *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 41, pp. 443-446.
- Vaughan, G. and Timmis, C., 1998, Transport of near-tropopause air into the lower midlatitude stratosphere: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 124, pp. 1559-1578.