

بررسی همبستگی ازن کلی با پارامترهای هواشناختی جو بالا در منطقه خاورمیانه

زهرا شرعی پور

کارشناس هواشناسی، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

(دریافت: ۸۷،۹،۲، پذیرش نهایی: ۸۹،۷،۲۸)

چکیده

در این مقاله، همبستگی بین ازن کلی (Total ozone) و ارتفاع ژئوپتانسیلی (Meteorological parameters) و دمای جو بالا (Upper air) برای سه ایستگاه تهران، آنکارا و بت داگان (Bet Dagan) واقع در منطقه خاورمیانه در دوره سه ماه سرد ژانویه، فوریه و مارس در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بررسی شده است. داده‌های جو بالا مربوط به دانشگاه وایومینگ و داده‌های ازن مربوط به داده‌های ماهواره است.

نتایج بررسی ضرایب همبستگی (Coefficient of correlation) بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی جو بالا نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌های مورد بررسی، همبستگی منفی معنی‌داری بین ازن کلی و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطوح ۵۰۰ hPa، ۳۰۰، ۲۰۰، و ۱۰۰ برقرار است.

مقایسه مقادیر ضریب همبستگی ازن و ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح متفاوت ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که به‌طور کلی همبستگی سطح ۳۰۰ hPa قوی‌تر از سطح ۵۰۰ hPa و ۱۰۰ است. به‌عبارت دیگر، همبستگی بین ازن و پارامترهای هواشناختی در وِردسپهر (troposphere) (تروپوسفر) بالایی قوی‌تر از وِردسپهر میانی و آرام‌سپهر (stratosphere) (استراتوسفر) است و با کاهش عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها، همبستگی آرام‌سپهری (۱۰۰ hPa) افزایش می‌یابد. همچنین بالاترین ضریب همبستگی، مربوط به سطح ۲۰۰ hPa است.

همچنین همبستگی مثبت بین ازن کلی و دمای آرام‌سپهری و همبستگی منفی بین ازن کلی و دمای وِردسپهر میانی و بالایی برقرار است.

عوامل اصلی وجود چنین همبستگی‌هایی بین ازن کلی و ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی و دما را می‌توان به دینامیک جو و جریان‌های صعودی و نزولی هوا نسبت داد. به‌عبارت‌دیگر، در آرام‌سپهر پایینی که ازن با ارتفاع افزایش می‌یابد، طی کاهش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی، همگرایی ازن در ارتفاعات بالا صورت می‌گیرد و نزول آن باعث افزایش ستون ازن کلی جو می‌شود و برعکس، با افزایش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی، واگرایی ازن در ارتفاعات بالا صورت می‌گیرد و ستون ازن کلی جو کاهش می‌یابد. در ایستگاه تهران، افزایش ۱۰ متری ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح ۲۰۰ hPa معادل کاهش ۱/۷ DU ازن کلی است.

واژه‌های کلیدی: ازن کلی، جو بالا، آرام‌سپهر، وِردسپهر، سطوح ژئوپتانسیلی

Analysis of correlation between total ozone and upper air meteorological parameters in the Middle East

Shariepour, Z.

Research Assistant, Space Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

(Received: 22 Nov 2008, Accepted: 20 Oct 2010)

Abstract

In this paper, the correlation between total ozone and upper air meteorological parameters such as heights of geopotential surfaces and temperatures for three stations of Tehran, Ankara and Bet Dagan located in the Middle East, in cold period (Jan, Feb and March) of years of 2005, 2007 and 2008 has been investigated. Data for upper air is taken from Wyoming University and ozone data is from satellite data.

The amounts of daily total ozone in selected stations have been nearly close to each

other and with increasing latitude, the average of period has also increased. The maximum of period average is for the Ankara station. During the survey period, the range of changes of daily total ozone for the Ankara station has been between 249 and 447 DU, for the Tehran station between 253 and 420 DU and for Bet Dagan between 252 and 429 DU.

The results from investigating coefficients of correlation between total ozone and meteorological parameters of upper air shows that in all of the examined stations, there is a significant negative correlation between total ozone and heights of the 500, 300, 200 and 100 hPa geopotential surfaces.

Comparing the correlation coefficient of ozone and heights of geopotential surfaces at different stations shows that, at all, correlation 300 hPa level is stronger than 100 and 500 hPa levels. In other words, the correlation between ozone and meteorological parameters in the upper troposphere is stronger than the middle troposphere and stratosphere, and with decreasing latitude in stations, the stratospheric correlation (100hPa) increases. The greatest correlation coefficient is for 200 hPa level.

The investigation of the relation between changes of different geopotential surfaces of the troposphere and stratosphere shows that pressure changes of the troposphere and stratosphere have been coherent and in accordance with each other.

Also there is a good coordination between changes in 200 hPa and 500 hPa during cold times of the year and the range of changes in heights of geopotential surfaces in stratosphere is less than the upper troposphere.

There is positive correlation between total ozone and stratospheric temperature and negative correlation between total ozone and the temperature of the middle and upper troposphere.

The main reason for these correlations between total ozone and heights of geopotential surfaces and temperature may be related to the atmosphere dynamics and rising and falling air currents. In other words, in lower stratosphere where ozone increases with height, during decrease of heights of geopotential surfaces, ozone convergence occurs in high altitudes and causes an increase in atmosphere total ozone column and the opposite, with an increase in heights of geopotential surfaces, divergence of ozone in high latitudes occurs and atmosphere total ozone column decreases.

In the Tehran station, an increase of 10 meter in the heights of the 200 hPa geopotential surface, corresponds to total ozone decrease by 1.7 DU.

Key words: Total ozone, Upper air, Correlation coefficient, Meteorological parameters

۱ مقدمه

گلخانه‌ای، کودهای شیمیایی، انفجارهای ناشی از سوخت هواپیماها، اشاره کرد.

در اینجا به نتایج برخی تحقیقات در مورد ارتباط ازن کلی و پارامترهای هواشناسی اشاره می‌شود.

با وجود اینکه درصد بالایی از ازن در آرام‌سپهر قرار دارد، سهمی از تغییرات ازن کلی جو، مربوط به تغییرات پارامترهای هواشناسی و ردسپهر بالایی است. سیکلون‌های عرض‌های میانی یکی از عوامل هواشناسی تأثیرگذار بر

ازن کلی به‌علت داشتن خاصیت جذب تابش‌های مضر فرابنفش خورشیدی نقش مهمی را در سلامت بشر ایفا می‌کند. بنابراین بررسی چگونگی تغییرات ازن کلی جو و عوامل مؤثر بر آن از اهمیت خاصی برخوردار است. به‌طور کلی عوامل متعددی ازن کلی جو را تحت تأثیر قرار می‌دهند که در این میان می‌توان به عوامل هواشناسی، گردش‌های آرام‌سپهری، فعالیت خورشیدی، انفجار آتش‌فشان‌ها، گازهای کلروفلوروکربن (CFC)، گازهای

نزولی هوا بیان شده است. همچنین، ضریب همبستگی مربوط به سطح 500 hPa قوی‌تر از سطح 100 hPa بوده است (هنریکسن و رولداگین، ۱۹۹۵).

پترولت در ۱۹۹۹ نقش عوامل دینامیکی را در ایجاد بی‌هنجاری‌های اُزن کلی نسبت به میانگین بلندمدت، مورد بررسی قرار داده است. او نشان داد که در عرض جغرافیایی حدود 60° درجه شمالی، بی‌هنجاری‌های بزرگ میانگین ماهانه اُزن به بی‌هنجاری‌های بزرگ میانگین ماهانه ارتفاع سطح 300 hPa و دمای سطح 30 hPa مربوط می‌شوند.

در تحقیقی که در مورد تأثیر عوامل همدیدی بر نوسان‌های روزانه اُزن کلی پایگاه اصفهان صورت گرفته، روشن شده است که در 59% موارد بررسی شده ۱۹۹۷، افزایش ارتفاع و ردایست موجب کاهش و برعکس آن موجب افزایش اُزن می‌شود (سبزی پرور و لبافی میرقوامی، ۱۳۸۱).

در تحقیقی که در ۱۳۸۴ صورت گرفته همبستگی بین تغییرات ارتفاع و ردایست و اُزن کلی جوّ در دو ایستگاه تهران و اصفهان در بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۹۷ مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، رابطه معکوس بین ارتفاع و ردایست و اُزن کلی مشاهده شده و همبستگی خطی بین مقادیر روزانه اُزن کلی جوّ و ارتفاع تروپوپاز ایستگاه مهرآباد تهران برای بازه زمانی ۲۰۰۴-۱۹۹۷ برقرار شده است (ارکیان و همکاران، ۱۳۸۴).

تحقیقی که در ۱۹۹۵ صورت گرفته تشکیل ریح در آرام‌سپهر پایینی و تأثیر آن را بر انتقال اُزن مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق مشخص شده که حفره‌های کوچک اُزن که در شمال و مرکز اروپا در ژانویه ۱۹۹۲ تشکیل شده‌اند ناشی از ریجی بوده که در آرام‌سپهر پایینی تشکیل شده و فرارفت هوای کم اُزن از عرض‌های پایین به عرض‌های بالا را باعث شده است (اورسولینی و همکاران، ۱۹۹۵).

مقدار اُزن کلی در عرض‌های میانی است. همچنین شکست و ردایست (تروپوپاز) می‌تواند همراه با تزریق هوای سرشار اُزن آرام‌سپهری به و ردسپهر بالایی، تبادل آرام‌سپهر-و ردسپهر را باعث شود. کاهش ارتفاع سطوح فشاری و ردسپهر بالایی از قبیل 300 hPa در اثر تراف‌های بسط و توسعه یافته عرض‌های میانی، با مقادیر زیاد اُزن همراه است.

در تحقیقی که در ۱۹۵۰ صورت گرفته، نقش فرارفت افقی و حرکات قائم در حکم عوامل مؤثر در تغییرات اُزن بررسی شده است (رد، ۱۹۵۰).

تحقیقی که در مورد ارتباط اُزن کلی جوّ و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح 500 hPa و 300 hPa و 100 hPa در منطقه‌ای از افریقا در نیم‌کره جنوبی (عرض‌های 50° - 0° درجه جنوبی) برای تعدادی از ایستگاه‌های منطقه به مدت دو سال صورت گرفته نشان داده که همبستگی منفی بین این دو پارامتر برقرار است (جدول ۱) و ارتباط بین این دو با افزایش عرض جغرافیایی قوی‌تر می‌شود (بارسی و دیاب، ۱۹۹۵). همچنین نتایج این تحقیق نشان داده که در منطقه مورد بررسی، با کاهش عرض جغرافیایی و به‌خصوص در منطقه حاره‌ای آن، همبستگی بین اُزن و پارامترهای هواشناسی آرام‌سپهری قوی و همبستگی بین اُزن و پارامترهای هواشناسی و ردسپهر بالایی ضعیف می‌شود و با افزایش عرض جغرافیایی، همبستگی و ردسپهر بالایی قوی‌تر است.

تحقیق دیگری در مناطق آسیای میانه در مورد همبستگی بین اُزن و پارامترهای هواشناسی جوّ بالا به انجام رسیده است. نتایج این تحقیق روشن ساخته که ضرایب همبستگی معنی‌داری بین اُزن و ارتفاع ژئوپتانسیل و دمای سطوح 500 hPa و 100 hPa وجود دارد. در این تحقیق، معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی بیشتر به عوامل هواشناسی دینامیکی نسبت داده شده و عوامل اصلی تغییرات روز به روز اُزن کلی، جریان‌های صعودی و

سرد ژانویه تا مارس سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ است. در این تحقیق، داده‌های سه ایستگاه تهران، آنکارا و بت داگان که همگی در منطقه خاورمیانه واقع شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته است. موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی در شکل (۱) نشان داده شده است. همچنین مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های پیش‌گفته، در جدول (۲) آمده است.

داده‌های هواشناختی جو بالای بررسی شده در این تحقیق عبارت‌اند از ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح ۵۰۰ hPa، ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ و دمای سطوح ۵۰۰ hPa و ۱۰۰ که با مقادیر ازن کلی روزانه هر ایستگاه مقایسه شده است. به بیانی دیگر، برای هر ایستگاه، ۷ سری داده مورد بررسی قرار گرفته است.

داده‌های جو بالای مربوط به ساعت ۱۲:۰۰ گرینویچ است.

در مقاله حاضر، برای بررسی ارتباط بین پدیده‌های جو بالا و ازن کلی، همبستگی بین پارامترهای ارتفاع ژئوپتانسیلی و دما در سطوح بالای جو با ازن کلی روزانه مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله ابتدا تغییرات ازن روزانه ایستگاه‌های منتخب در منطقه خاورمیانه در دوره سه ماهه ژانویه تا مارس برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بررسی شدند. سپس ضرایب همبستگی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی سطوح متفاوت جو بالا محاسبه شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

۲ مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، از داده‌های ازن کلی ماهواره OMI و TOMS و داده‌های هواشناختی جو بالا از دانشگاه ویومینگ (تارنمای Wyoming) امریکا تهیه شده است. بازه زمانی این تحقیق، مربوط به دوره سه ماهه



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های منتخب در منطقه خاورمیانه. ایستگاه‌های تهران، آنکارا و بت داگان بترتیب بااعلام و شماره‌های OIII، 17130 و 40179 مشخص شده‌اند (سایت دانشگاه ویومینگ).

جدول ۱. رابطه بین ازن کلی روزانه به دست آمده از ماهواره TOMS و ارتفاعات سطوح ژئوپتانسیل ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ hPa برای ۹ ایستگاه افریقای جنوبی برای دوره اکتبر تا دسامبر ۱۹۸۸. سطح اطمینان ۹۵٪ و r^2 درصد واریانس است (بارسی و دیاب، ۱۹۹۵).

station	Correlation Between TOMS And 100hPa	r^2 100 hPa	Correlation Between TOMS And 300hPa	r^2 300 hPa	Correlation Between TOMS And 500hPa	r^2 500 hPa
Marion Island	-0.81	65.02	-0.85	71.93	-0.81	66.12
Gough Island	-0.79	62.79	-0.78	60.34	-0.66	43.31
Port Elizabeth	-0.59	35.04	-0.66	43.67	-0.56	31.59
Cape Town	-0.62	38.95	-0.73	53.36	-0.61	36.93
Durban	-0.50	25.46	-0.57	32.09	-0.43	18.45
Bloemfontein	-0.50	25.22	-0.65	42.65	-0.55	29.91
Pretoria	-0.47	22.10	-0.65	41.59	-0.44	18.89
Harare	0.05	0.25	-0.59	34.25	-0.19	3.52
Nairobi	0.56	30.77	0.47	22.48	0.36	13.09

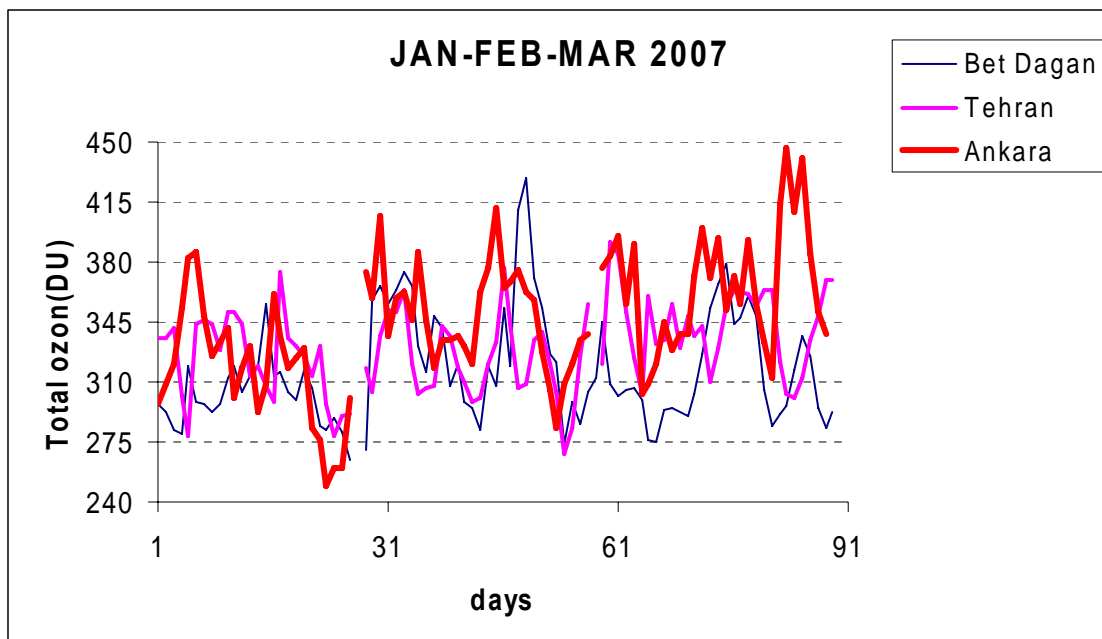
جدول ۲. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب خاورمیانه.

ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ایستگاه
۱۱۹۱	۵۱/۳۱	۳۵/۶۸	تهران (Tehran)
۸۹۱	۳۲/۸۸	۳۹/۹۵	آنکارا (Ankara)
۳۵	۳۴/۸۲	۳۲/۰۰	بت داگان (Bet Dagan)

۳ نتایج

همان‌طور که مشاهده می‌شود به علت نزدیک بودن عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها، مقادیر روزانه ازن کلی ایستگاه‌ها تقریباً نزدیک به هم است.

ابتدا تغییرات روزانه ازن کلی برای هر یک از ایستگاه‌ها بررسی شد. شکل (۲) تغییرات روزانه ازن کلی را برای سه ایستگاه مورد بررسی در دوره سرد ۲۰۰۷ نشان می‌دهد.



شکل ۲. تغییرات ازن کلی سه ایستگاه آنکارا، تهران و بت داگان برای ژانویه تا مارس ۲۰۰۷.

ضرایب همبستگی بین اُزن کلی و پارامترهای هواشناسی جوّ بالا (دما و ارتفاع ژئوپتانسیلی) در سطوح متفاوت در دوره سه ماهه سرد ژانویه تا مارس برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ محاسبه شد و مورد بررسی قرار گرفت. چون ضریب همبستگی بین اُزن و پارامترهای هواشناسی جوّ بالا در فصل سرد قوی‌تر از کل سال مشاهده شد، بنابراین دوره سرد سال برای تحقیق در نظر گرفته شد. ضرایب همبستگی محاسبه شده برای سه ایستگاه پیش‌گفته، در جدول (۴) آمده است.

جدول (۳) مقادیر میانگین، کمینه، بیشینه و انحراف معیار در طول دوره سه ماهه ژانویه تا مارس را برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در ایستگاه‌های مورد نظر نشان می‌دهد. مطابق جدول (۳)، مقدار میانگین اُزن ایستگاه آنکارا بیشتر از تهران و ایستگاه تهران بیشتر از بت داگان است. از آنجا که معمولاً در عرض‌های جغرافیایی میانی با افزایش عرض جغرافیایی، مقدار اُزن افزایش می‌یابد، روند به‌دست آمده کاملاً طبیعی است. بیشترین انحراف، مربوط به ایستگاه آنکارا و کمترین آن متعلق به ایستگاه بت داگان است.

جدول ۳. مقادیر آماری داده‌های اُزن کلی هر یک از ایستگاه‌ها در طول دوره سه ماهه ژانویه تا مارس برای سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸.

ایستگاه	سال	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف معیار
آنکارا	۲۰۰۵	۳۳۶/۴	۴۴۶	۲۶۵	۳۴/۲
	۲۰۰۷	۳۴۵	۴۴۷	۲۴۹	۳۸/۸
	۲۰۰۸	۳۲۶/۴	۳۸۶	۲۸۲	۲۵/۲
تهران	۲۰۰۵	۳۳۰/۶	۴۲۰	۲۷۳	۲۹/۱
	۲۰۰۷	۳۳۰/۴	۳۹۲	۲۶۸	۲۵/۹
	۲۰۰۸	۳۰۳/۴	۳۷۳	۲۵۳	۲۱/۶
بت داگان	۲۰۰۵	۳۰۵/۸	۳۸۲	۲۶۱	۲۵/۵
	۲۰۰۷	۳۱۶/۵	۴۲۹	۲۶۴	۳۲/۱
	۲۰۰۸	۲۹۲/۱	۳۷۰	۲۵۲	۱۹/۶

جدول ۴. مقادیر ضرایب همبستگی بین اُزن کلی و ارتفاع ژئوپتانسیلی و دمای جوّ بالا برای دوره ژانویه تا مارس سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸. همه ضرایب همبستگی در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار هستند.

station	Year	H _{500hPa}	H _{300hPa}	H _{200hPa}	H _{100hPa}	T _{500hPa}	T _{100hPa}
Tehran	2005	-0.56	-0.62	-0.66	-0.46	-0.60	+0.55
	2007	-0.50	-0.57	-0.61	-0.46	-0.54	+0.53
	2008	-0.54	-0.57	-0.66	-0.64	-0.49	+0.67
Ankara	2005	-0.48	-0.58	-0.55	-0.28	-0.62	+0.50
	2007	-0.62	-0.64	-0.70	-0.46	-0.69	+0.67
	2008	-0.46	-0.46	-0.5	-0.38	-0.32	+0.38
Bet Dagan	2005	-0.52	-0.67	-0.74	-0.64	-0.66	+0.60
	2007	-0.55	-0.66	-0.65	-0.62	-0.50	+0.58
	2008	-0.49	-0.37	-0.57	-0.51	-0.43	+0.54

بالایی همراه با افزایش اُزن کلی است و همبستگی مثبت بین اُزن کلی و دمای آرام‌سپهری و همبستگی منفی بین اُزن کلی و دمای وِردسپهر میانی و بالایی برقرار است.

مقایسه مقادیر ضریب همبستگی بین اُزن و پارامترهای دما و ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح hPa ۱۰۰ نشان می‌دهد که در بیشتر موارد، پارامتر دما عامل مؤثرتر بوده است و همبستگی قوی‌تری با اُزن دارد.

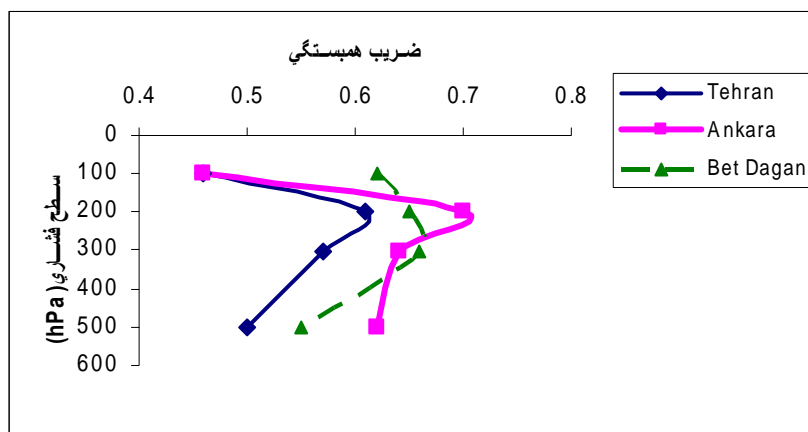
عوامل اصلی وجود چنین همبستگی‌هایی بین اُزن کلی و ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی و دما را می‌توان به دینامیک جوّ و جریان‌های صعودی و نزولی آن نسبت داد. به عبارت دیگر، در تغییرات روزبه‌روز اُزن کلی، جریان‌های صعودی هوا همراه با کاهش و جریان‌های نزولی هوا همراه با افزایش اُزن کلی هستند.

در آرام‌سپهر پایینی که اُزن با ارتفاع افزایش می‌یابد، جریان‌های نزولی هوا باعث فرارفت هوای سرشار از اُزن ارتفاعات بالاتر می‌شوند. به بیانی دیگر، همگرایی هوای سرشار از اُزن در ارتفاعات بالاتر و نزول آن باعث افزایش ستون اُزن کلی جوّ می‌شود. این نزول هوا همراه با کاهش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیل در آرام‌سپهر پایینی است (جیمز، ۱۹۹۸). شکل (۴) این موقعیت را به صورت طرحوار (شماتیک) نشان می‌دهد.

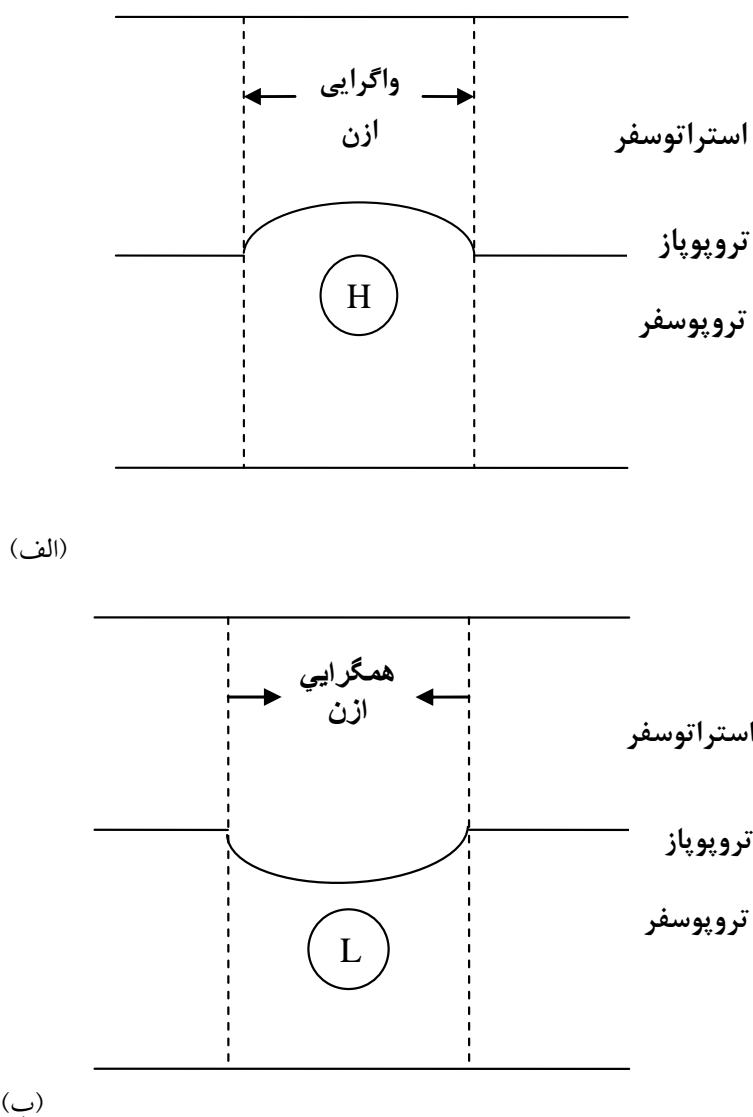
همه ضرایب همبستگی به دست آمده برای سطوح مختلف مطابق جدول (۴) از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دارند. به بیانی دیگر، ۱٪ خطا وجود دارد. مقایسه مقادیر ضریب همبستگی اُزن و ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح متفاوت ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که به طور کلی همبستگی سطح hPa ۳۰۰ قوی‌تر از سطح hPa ۵۰۰ و ۱۰۰ است. به عبارت دیگر، همبستگی بین اُزن و پارامترهای هواشناسی در وِردسپهر بالایی قوی‌تر از وِردسپهر میانی و آرام‌سپهر است و با کاهش عرض جغرافیایی ایستگاه (ایستگاه بت داگان)، همبستگی آرام‌سپهری (۱۰۰ hPa) افزایش می‌یابد.

با افزودن محاسبات ضریب همبستگی سطح hPa ۲۰۰ مشخص شد که بالاترین ضریب همبستگی در میان کل سطوح مورد بررسی، مربوط به این سطح است. شکل (۳) تغییرات قائم ضرایب همبستگی سطوح متفاوت را برای سال ۲۰۰۷ نشان می‌دهد.

مقایسه ضرایب همبستگی بین اُزن و دمای سطوح hPa ۵۰۰ و ۱۰۰ نشان می‌دهد که همبستگی بین اُزن و دمای سطح hPa ۵۰۰ منفی و همبستگی بین اُزن و دمای سطح hPa ۱۰۰ مثبت است و این ضرایب از نظر قدر مطلق، تقریباً نزدیک به یکدیگرند. به عبارت دیگر، گرمایش آرام‌سپهری و یا سرمایش وِردسپهر میانی و



شکل ۳. نیم‌رخ ضریب همبستگی بین اُزن و ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح فشاری برای ایستگاه‌های منتخب. محور افقی مقدار قدر مطلق ضریب همبستگی را نشان

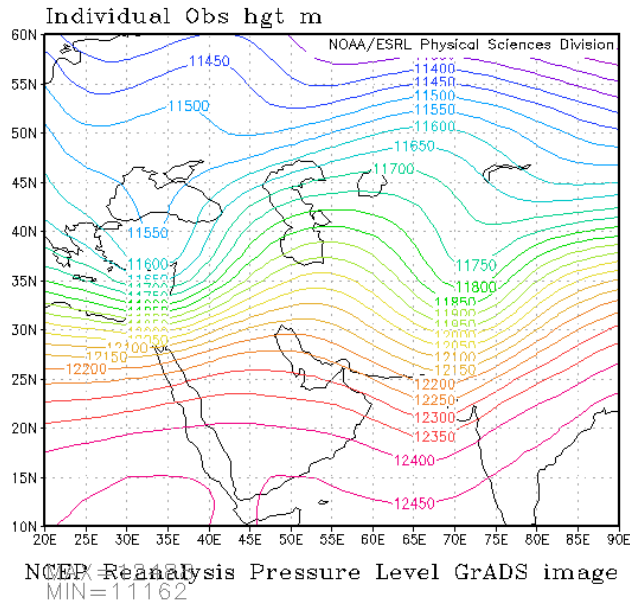


شکل ۴. ساختار قائم جو در الف) فرایند کاهش ازن همراه با افزایش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در جریانات صعودی جو (ب) فرایند افزایش ازن همراه با کاهش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در جریان‌های نزولی جو.

نشان می‌دهد. همچنین در تاریخ هفدهم همین ماه نیز فرایند افزایش شدید ازن همراه با کاهش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در ارتباط با نزدیک شدن تراف به منطقه مشاهده می‌شود که شکل (۵-ب) نقشه سطح ۲۰۰ hPa آن را نشان می‌دهد.

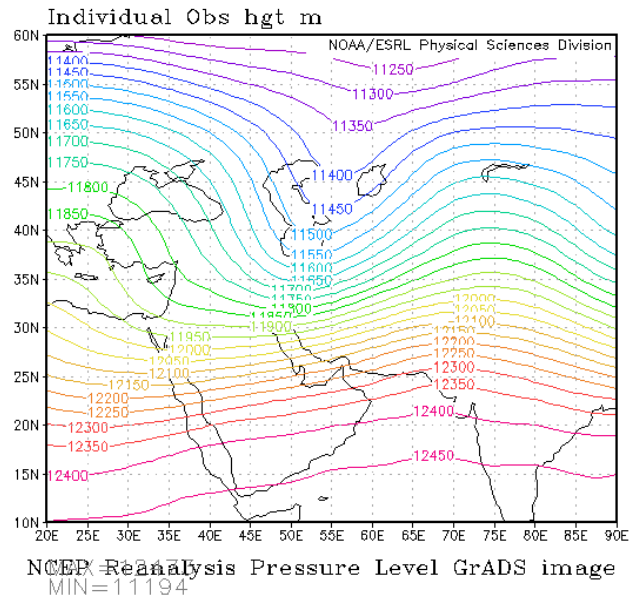
در اینجا برای نمونه به یکی از شدیدترین کاهش‌ها و افزایش‌های ازن اشاره می‌شود. کاهش شدید ازن که در تاریخ ۵ ژانویه ۲۰۰۷ رخ داده همراه با افزایش ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در ارتباط با نزدیک شدن ریح به منطقه است. شکل (۵-الف) نقشه سطح ۲۰۰ hPa و شکل (۶) نیز تغییرات روزانه ازن کلی در ماه ژانویه ۲۰۰۷ را

lon: plotted from 20.00 to 90.00
 lat: plotted from 10.00 to 60.00
 lev: 200.00
 t: Jan 5 2007 12 Z



(الف)

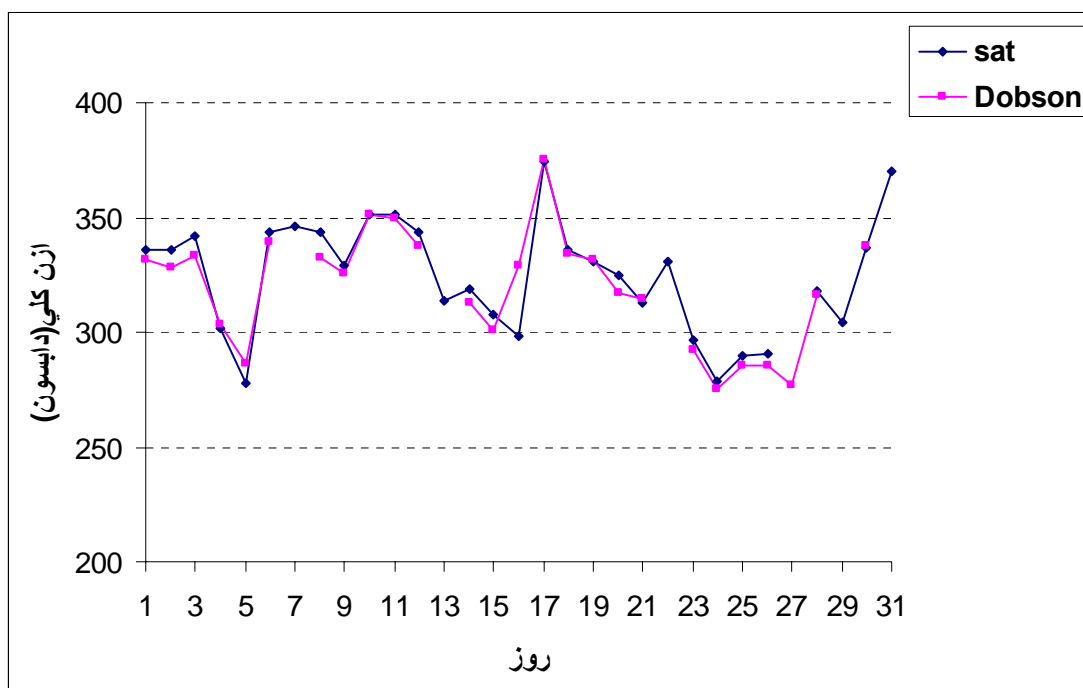
lon: plotted from 20.00 to 90.00
 lat: plotted from 10.00 to 60.00
 lev: 200.00
 t: Jan 17 2007 12 Z



(ب)

شکل ۵. پربندهای ارتفاع سطح ۲۰۰ hPa در روزهای الف) ۵ ژانویه ۲۰۰۷ (همراه با کاهش ازن) و ب) ۱۷ ژانویه ۲۰۰۷ (همراه با افزایش ازن) (منبع: سایت

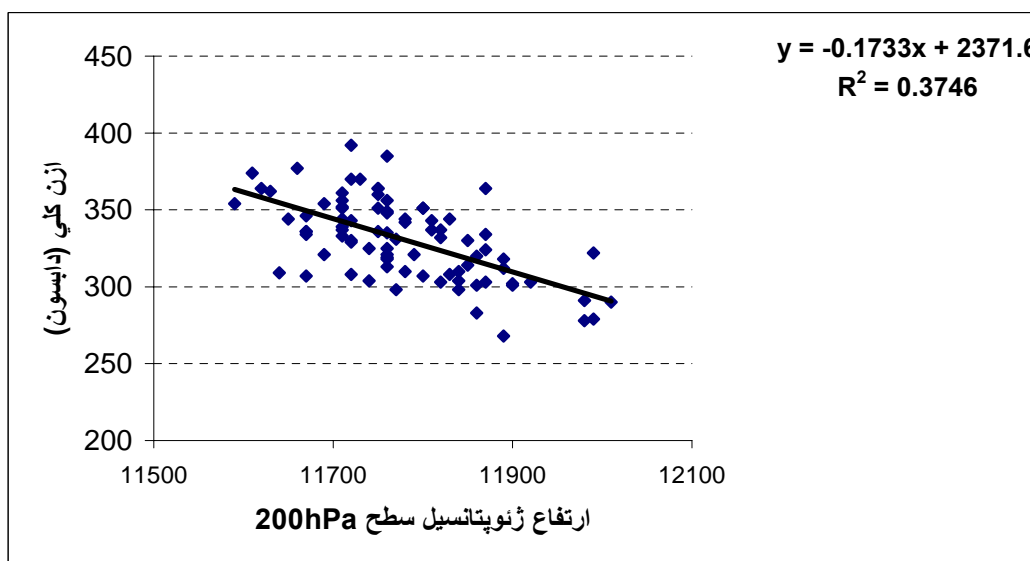
.NOAA



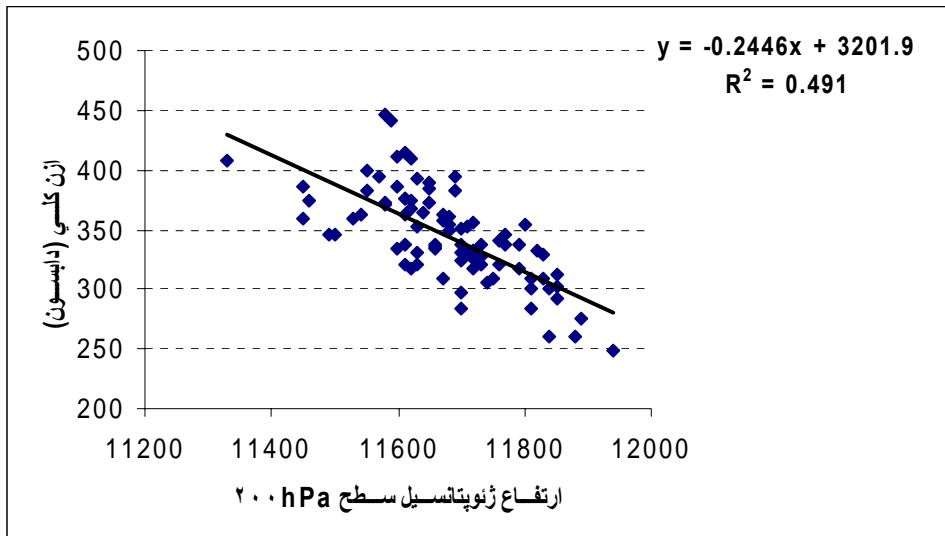
شکل ۶. مقادیر ازن کلی دستگاه دابسون و ماهواره در ایستگاه تهران در ماه ژانویه ۲۰۰۷.

آمده است. این رابطه خطی، نشان می‌دهد که کاهش ۱۰ متری ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۲۰۰ hPa معادل افزایش ۱/۷ DU ازن در تهران و ۲/۴ DU در آنکارا است.

از آنجا که بیشترین ضریب همبستگی مربوط به سطح ۲۰۰ hPa محاسبه شد، رابطه همبستگی خطی بین این دو پارامتر برای ایستگاه‌های تهران و آنکارا در ۲۰۰۷ محاسبه شده و در شکل (۷) و (۸)



شکل ۷. همبستگی خطی بین ازن و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۲۰۰ hPa برای ایستگاه تهران.



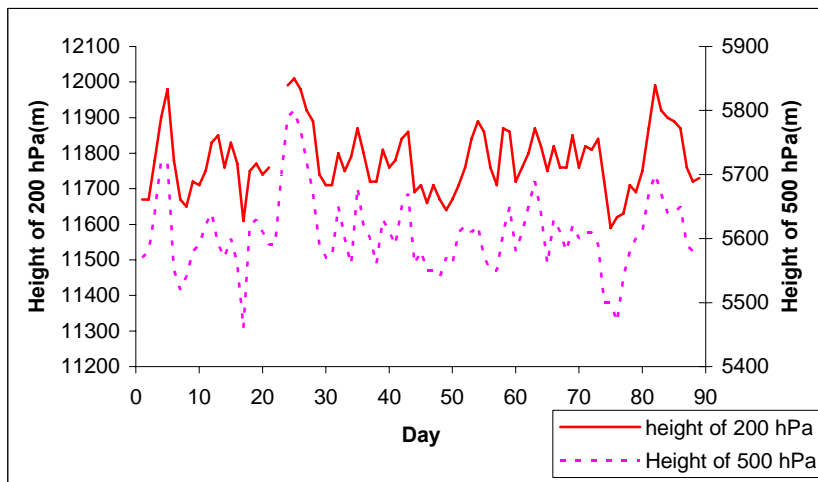
شکل ۸. همبستگی خطی بین ازن و ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۲۰۰ hPa برای ایستگاه آنکارا.

در دوره سرد سال در ایستگاه تهران برقرار است ولی چنان که مشاهده می‌شود، مطابقت بین سطوح ۲۰۰ hPa و ۵۰۰ بهتر است.

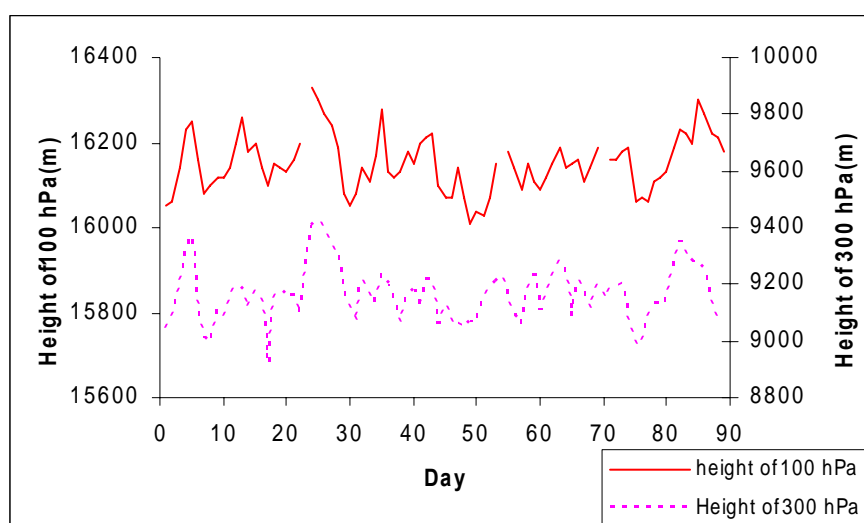
مطابق شکل (۹)، در دوره سه ماهه سرد سال ۲۰۰۷، محدوده تغییرات ارتفاع سطح ژئوپتانسیلی ۳۰۰ hPa، ۹۴۰۰-۸۹۰۰ متر و سطح ژئوپتانسیلی ۱۰۰ hPa، ۱۶۳۰۰-۱۶۰۰۰ متر است. به عبارت دیگر دامنه تغییرات ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در آرام‌سپهر کمتر از وِردسپهر بالایی است.

به‌طورکلی تعیین سطوحی از جوّ بالا که در آنها همبستگی قوی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی برقرار است، برای اهداف پیش‌بینی ازن کلی جوّ حائز اهمیت است.

بررسی ارتباط بین تغییرات سطوح ژئوپتانسیلی متفاوت وِردسپهر و آرام‌سپهر نشان می‌دهد که تغییرات آرام فشاری آرام‌سپهر و وِردسپهر منسجم و هماهنگ است. مطابق شکل (۹) هماهنگی خوبی بین تغییرات ارتفاع سطوح ۲۰۰ hPa و ۵۰۰ و همچنین ۱۰۰ hPa و ۳۰۰



(الف)



(ب)

شکل ۹. تغییرات ارتفاع سطوح الف (۲۰۰ hPa و ۵۰۰ و همچنین ب) ۱۰۰ hPa و ۳۰۰ در دوره سه ماهه ژانویه تا مارس ۲۰۰۷ در ایستگاه تهران.

۴ نتیجه گیری

یکی از روش‌های بررسی ارتباط بین ازن کلی جو و پدیده‌های سینوپتیکی، بررسی همبستگی بین پارامترهای هواشناختی ارتفاع ژئوپتانسیلی و دمای جو بالا با ازن کلی روزانه است که در مقاله حاضر مورد توجه قرار گرفته است.

در این تحقیق، همبستگی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی جو بالا برای سه ایستگاه تهران، آنکارا و بت داگان واقع در منطقه خاورمیانه در دوره سه ماهه سرد ژانویه، فوریه و مارس در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بررسی شده است. داده‌های جو بالا از دانشگاه ایومینگ و داده‌های ازن کلی از داده‌های ماهواره OMI و TOMS تهیه شده است.

مقادیر ازن کلی روزانه ایستگاه‌های منتخب تقریباً نزدیک به هم است و با افزایش عرض جغرافیایی، مقدار میانگین دوره نیز افزایش یافته است. بالاترین مقدار میانگین دوره، مربوط به ایستگاه آنکارا است. در دوره تحقیق، محدوده تغییرات مقادیر روزانه ازن کلی برای ایستگاه آنکارا بین ۴۴۷ و ۲۴۹، برای ایستگاه تهران

بین ۴۲۰ و ۲۵۳ DU و برای ایستگاه بت داگان بین ۴۲۹ و ۲۵۲ واقع شده است.

نتایج بررسی ضرایب همبستگی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی جو بالا روشن می‌سازد که در همه ایستگاه‌های مورد بررسی، همبستگی منفی معنی‌داری بین ازن کلی و ارتفاع ژئوپتانسیل در سطوح ۵۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ برقرار است. به عبارت دیگر، ضرایب همبستگی به دست آمده، همگی از نظر آماری در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار هستند.

مقایسه مقادیر ضریب همبستگی ازن و ارتفاع ژئوپتانسیلی سطوح متفاوت ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد که به طور کلی همبستگی سطح ۳۰۰ hPa قوی‌تر از سطح ۵۰۰ و ۱۰۰ است. به عبارت دیگر، همبستگی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناسی در وِردسپهر بالایی قوی‌تر از وِردسپهر میانی و آرام‌سپهر است و با کاهش عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها، همبستگی آرام‌سپهری افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج به دست آمده از تحقیق بارسبی و دیاب (۱۹۹۵) در منطقه افریقا و همچنین تحقیق هنریکسن و رولدگین (۱۹۹۵) در منطقه آسیای میانه

سرد ژانویه، فوریه و مارس ۲۰۰۷ روشن می‌سازد که در ایستگاه تهران، کاهش ۱۰ متری ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح hPa ۲۰۰ معادل افزایش ۱/۷ DU ازن کلی است. قابل توجه است که تعیین سطوحی از جو بالا که در آنها همبستگی قوی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناختی برقرار است، برای اهداف پیش‌بینی ازن کلی جو حائز اهمیت است.

تشکر و قدردانی

داده‌های ماهواره OMI و TOMS ازن کلی از مرکز NASA و داده‌های هواشناسی جو بالا از دانشگاه وایومینگ امریکا تهیه شد.

منابع

ارکیان، ف.، علی ابراهیمی، م. و تهرانی راد، ن.، ۱۳۸۴، بررسی بلندمدت همبستگی بین ازن کلی جو و وردایست، دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک. سبزی پرور، ع. ا. و لبافی میرقوامی، م.، ۱۳۸۱، تاثیر عوامل همدیدی بر نوسانات روزانه ازن کلی پایگاه اصفهان، نشریه تحقیقاتی فیزیک زمین و فضا، جلد ۲۸، شماره ۱، ۱۳-۱۹.

Barsby, J., and R. D. Diab (1995), Total ozone and synoptic weather relationships over southern Africa and surrounding oceans, *J. Geophys. Res.*, 100(D2), 3023-3032.
Henriksen, K., and V., Roldugin, 1995, Total ozone variations in Middle Asia and dynamic meteorological processes in the atmosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 3219-3222.
James, P. M., 1998, Climatology of ozone mini-holes over the northern hemisphere. *J. Climatology*, 18, 1287-1303.
Orsolini, Y., Cariolle, D., Deque, M., 1995, Ridge formation in the lower stratosphere and its influence on ozone transport, *J. Geophys. Res.*, 100, D6, 11113-11135.
Petzoldt, K., 1999, The role of dynamics in total ozone deviations from their long-term mean over the Northern Hemisphere. *Ann. Geophysicae* 17, 231-241.

مطابقت دارد. همچنین بیشترین ضریب همبستگی مربوط به سطح hPa ۲۰۰ است.

عوامل اصلی وجود چنین همبستگی‌هایی بین ازن کلی و ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی و دما را می‌توان به دینامیک جو و جریان‌های صعودی و نزولی آن نسبت داد. به عبارت دیگر، در تغییرات روزبه‌روز ازن کلی، جریان‌های صعودی هوا باعث کاهش و جریان‌های نزولی هوا باعث افزایش ازن کلی می‌شوند.

در آرام‌سپهر پایینی که ازن با ارتفاع افزایش می‌یابد، جریان‌های نزولی هوا همراه با همگرایی هوای سرشار از ازن ارتفاع‌های بالاتر، باعث افزایش ستون ازن کلی جو می‌شود.

بررسی ارتباط بین تغییرات سطوح ژئوپتانسیلی متفاوت وردسپهر و آرام‌سپهر نشان می‌دهد که تغییرات فشاری آرام‌سپهر و وردسپهر منسجم بوده و هماهنگ است. همچنین هماهنگی خوبی بین تغییرات ارتفاع سطوح hPa ۲۰۰ و ۵۰۰ در دوره سرد سال برقرار است. همچنین دامنه تغییرات ارتفاع سطوح ژئوپتانسیلی در آرام‌سپهر کمتر از وردسپهر بالایی است.

بررسی ضرایب همبستگی بین ازن کلی و دمای سطوح hPa ۵۰۰ و ۱۰۰ جو بالا نشان می‌دهد که همبستگی مثبت معنی‌داری بین ازن کلی و دمای آرام‌سپهری و همبستگی منفی معنی‌داری بین ازن کلی و دمای وردسپهر میانی و بالایی برقرار است (سطح اطمینان ۹۹٪). به عبارت دیگر، گرمایش آرام‌سپهری و یا سرمایش وردسپهر میانی و بالایی همراه با افزایش ازن کلی است.

مقایسه مقادیر ضریب همبستگی بین ازن و پارامترهای دما و ارتفاع ژئوپتانسیلی سطح hPa ۱۰۰ نشان می‌دهد که در بیشتر موارد، پارامتر دما عامل مؤثرتر است و همبستگی قوی‌تری با ازن دارد.

محاسبات رابطه همبستگی خطی بین ازن کلی و پارامترهای هواشناسی سطوح جو بالا در دوره سه ماهه

Reed, R. J., 1950, The role of vertical motions in ozone-weather relationships. J. Atmos. Sci., 7, Issue 4, 263-267.