

بررسی سازوکار مدوله سازی نوسان شبه دوسالانه با چرخه خورشیدی

مطهره صمداللهی^۱، علیرضا محب الحجه^۲، محمد میرزایی^۳، محمد جغتایی^۴
دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران *samadollahi.mota@ut.ac.ir*
^۲استاد، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، *amoheb@ut.ac.ir*
^۳استادیار، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، *mirzaeim@ut.ac.ir*
^۴استادیار، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد، *mjoghataei@yazd.ac.ir*

چکیده

نوسان شبه دوسالانه (QBO) یکی از نوسان‌های مهم پوشش سپهر است. سیگنال خورشیدی تاثیر زیادی بر پوشش سپهر و همچنین وردسپهر دارد که تنها با دسته بندی برحسب فازهای QBO در داده های اقلیمی آشکار می شود. بنابراین، مطالعه سازوکار مدوله سازی اثر QBO با چرخه خورشیدی در بررسی اثرات برون حاره ای QBO در داده های اقلیمی بسیار مهم است. در این پژوهش، با استفاده از داده های باز تحلیل JRA-55 در بازه زمانی ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۸ همبستگی چرخه ۱۱ ساله خورشیدی با فازهای QBO بررسی می شود. نتایج حاکی از این است که همبستگی شار خورشیدی با دما و ارتفاع ژئوپتانسیلی در جنب حاره قوی تر از دیگر نواحی است. موقعیت و مقدار همبستگی در فازهای مختلف QBO متفاوت بوده و در فاز شرقی نسبت به فاز غربی قوی تر است. همچنین الگوی کلی برای همبستگی در تمام سال ها در نیم کره شمالی تقریباً مشابه است.

واژه های کلیدی: نوسان شبه دوسالانه، شار خورشیدی، مدوله سازی، دما، ارتفاع ژئوپتانسیلی، همبستگی

Investigation of the modulation of the quasi-biennial oscillation (QBO) by the solar cycle

Motahareh Samadollahi¹, Ali R. Mohebalhojeh², Mohammad Mirzaei³, Mohammad Joghataei⁴

¹ M.Sc. student of Meteorology, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, *samadollahi.mota@ut.ac.ir*

² Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, *amoheb@ut.ac.ir*

³ Assistant Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, *mirzaeim@ut.ac.ir*

⁴ Assistant Professor, Faculty of Physics, Yazd University, *mjoghataei@yazd.ac.ir*

Abstract

One of the most important oscillations of the stratosphere is the quasi-biennial oscillation (QBO). The solar signal has a significant effect on the stratosphere and troposphere which is only revealed in climatic data by classification using QBO phases. It is thus important to investigate the mechanism of modulation of the QBO effects by the solar cycle in studying the extratropical effects of QBO in climatic data. In this study, the correlation between the 11-year solar cycle and the QBO phases is examined using JRA-55 reanalysis data from 1958 to 2018. Results show that the correlation of solar flux with temperature and geopotential height is strongest at the subtropical region. The location and amount of the correlations are different in different phases of QBO and in the easterly phase are stronger than the westerly one.

Keywords: Quasi-Biennial Oscillation, solar radiation, modulation, temperature, geopotential height, correlation

۱ مقدمه

هود (۲۰۰۴) و کروکس و گری (۲۰۰۵) نشان داده‌اند که تغییرات ۱۱ ساله تابش خورشیدی و جذب تابش فرابنفش توسط ازون باعث تغییر دما و باد در جوّ زیرین می‌شود. این تغییرات مستقیم نسبتاً ضعیف می‌تواند انتشار قائم امواج مقیاس سیاره‌ای را تغییر داده و منجر به بازخورد غیرمستقیم در جوّ زیرین، از طریق تعدیل جت شب قطبی و تغییر گردش بروئر-دابسون (BDC) در وردسپهر شود که مطابق با نتایج کودرا و کورودا (۲۰۰۲) است. هود (۲۰۰۴) اظهار داشت که تغییر در BDC همچنین ممکن است بر انتقال ازون به وردسپهر زیرین تأثیر بگذارد و باعث تغییرات دما و باد در وردسپهر زیرین به دلیل گرمایش بی‌دررو شود. سرانجام، تعدیل مستقیم آهنگ نزول QBO استوایی از طریق چرخه خورشیدی (SC) توسط پاسکو همکاران (۲۰۰۳) مطرح شد. متس و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که میانگین مداری باد اقلیمی زمینه را تعدیل می‌کند. این امر بر بسامد گرم شدن وردسپهر تأثیر می‌گذارد و همان‌طور که ریشتر و همکاران (۲۰۱۱) نیز ذکر کرده‌اند، سیگنال خورشیدی را تعدیل می‌کند. بسته به باد زمینه در فاز QBO مربوطه، سازوکاری برای تعامل QBO خورشیدی ارائه شده است که در آن سیگنال اولیه کوچک خورشیدی در وردسپهر زیرین جنب‌حاره/میان‌سپهر زیرین در اوایل زمستان در طی QBO شرقی افزایش یافته و در شرایط QBO غربی کاهش می‌یابد. شناخت QBO و چرخه فعالیت خورشیدی و مطالعه تأثیر چرخه فعالیت خورشیدی بر QBO می‌تواند کمک به سزایی در پیش‌بینی بهتر رخداد QBO و اثرات آن بر دیگر پدیده‌های هواشناسی به‌خصوص در وردسپهر داشته باشد. به همین دلیل این موضوع مورد توجه مطالعات متعددی در سطح بین‌المللی بوده است. در این مطالعات سعی شده است به جنبه‌های مختلف این ارتباط پرداخته شود اما بررسی دقیق‌تر آن مستلزم استفاده از داده‌های هواشناسی در یک دوره بلندمدت و با تفکیک بالاتر است.

۲ روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا میانگین باد مداری در ترازهای hPa40 و hPa50 در بازه زمانی ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های FUB (وبگاه دانشگاه برلین) استخراج شد و فازهای QBO با استفاده از علامت میانگین باد مداری در هر سال تعیین شد. این داده‌ها از ترکیب داده‌های روزانه سه ایستگاه رادیوگمانه‌زن جزیره کانتون، جزیره مالدیو و سنگاپور، سرعت مداری میانگین ماهانه در ترازهای hPa 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70 استخراج می‌شود. برای شار خورشیدی از داده‌های شار خورشیدی ۱۰ سانتی‌متری (F10.7) استفاده می‌شود که این داده‌ها به صورت روزانه از وبگاه دانشگاه کلرادو (LISIRD) استخراج شده است. گروه‌بندی فازهای QBO برای ماه ژوئیه انجام شده است. سپس با استفاده از داده‌های بازتحلیل ژاپن مربوط به پروژه ۵۵ ساله JRA-55 آژانس هواشناسی ژاپن (JMA) با تفکیک افقی $1/25 \times 1/25$ درجه در دو راستای مداری و نصف‌النهاری برای ساعت UTC 00 شامل دما و ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز hPa30 برای بازه ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۸ محاسبات انجام شد.

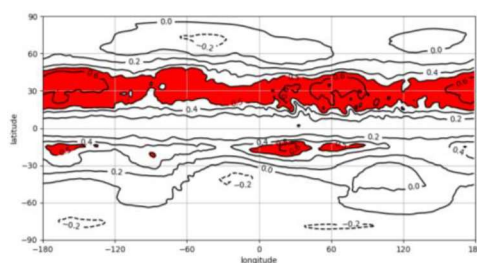
در تحلیل‌های چند متغیره آماری، شیوه‌های مختلف محاسباتی برای اندازه‌گیری وابستگی یا ارتباط بین دو متغیر تصادفی وجود دارد. منظور از ضریب همبستگی بین دو متغیر، قابلیت پیش‌بینی مقدار یکی برحسب دیگری است. یکی از روش‌های نمایش ارتباط بین دو متغیر، محاسبه کوواریانس و یا ضرایب همبستگی بین آنها است. هر چه مقدار این دو شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده ارتباط یا وابستگی بیشتر بین دو متغیر است. البته باید توجه داشت که کوواریانس یا همبستگی بیانگر ارتباط علت و معلولی نیستند، بلکه فقط معیاری برای نشان دادن میزان وابستگی بین دو متغیر محسوب می‌شوند. در این پژوهش از ضریب همبستگی پیرسون استفاده می‌شود.

۳ نتایج و جمع‌بندی

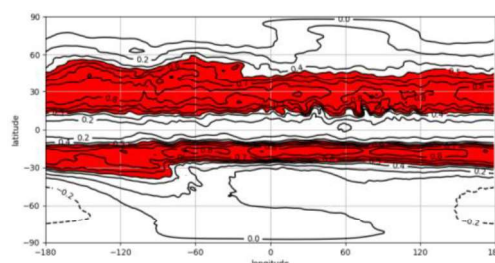
همبستگی دمای تراز ۳۰ hPa با F10.7 برای ماه ژوئیه در شکل ۱ ارائه شده است. مطابق شکل ۱-الف که برای تمام سال‌های دوره مطالعاتی ترسیم شده است، همبستگی بیشتر از ۰/۵ به صورت کمربندی در نیمکره شمالی تقریباً از عرض ۱۰ درجه تا ۵۰ درجه دیده می‌شود. مقادیر همبستگی در نیمکره شمالی عمدتاً مثبت هستند. در مناطق قطبی هر دو

نیمکره همبستگی کاهش یافته و در مناطق قطبی نیمکره جنوبی و عرض‌های میانی آن مقادیر همبستگی عمدتاً منفی و نزدیک به صفر است. تقریباً در عرض ۱۰ تا ۳۰ درجه نیمکره جنوبی مقادیر با همبستگی بیشتر از ۰/۵ را می‌توان مشاهده کرد. مطابق شکل ۱-ب که مربوط به سال‌های با فاز شرقی QBO است، کمربند همبستگی بیشتر از ۰/۵ پهن‌تر شده و در نیمکره شمالی تا ۶۰ درجه هم گسترش یافته است اما همچنان در مناطق استوایی همبستگی کوچکی دیده می‌شود. در هر دو نیمکره مقادیر همبستگی افزایش یافته است. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های با فاز شرقی QBO، همبستگی نسبت به میانگین کل سال‌ها (شکل ۴-۱-الف) قوی‌تر شده و مناطق بزرگ‌تری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در شکل ۱-ج مربوط به سال‌های غربی QBO، همبستگی از نظر مقدار و منطقه در برگرنده آن کاهش یافته است. در نیمکره شمالی فقط چند منطقه در عرض‌های میانی دارای همبستگی بیشتر از ۰/۵ هستند و در نیمکره جنوبی فقط منطقه کوچکی در عرض تقریباً ۱۰ درجه همبستگی بیشتر از ۰/۵ دارد. در مناطق قطبی مقادیر منفی بزرگ‌تری مشاهده می‌شود که در نیمکره جنوبی حتی تا عرض‌های میانی هم کشیده شده است.

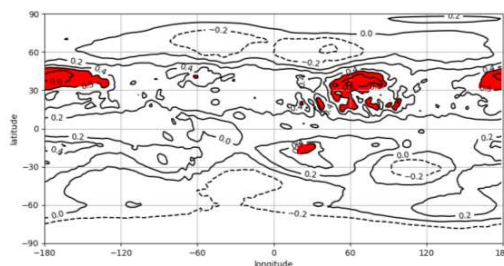
همبستگی ارتفاع ژئوپتانسیلی با $F_{10.7}$ در شکل ۲ ترسیم شده است. مطابق شکل ۲-الف که برای تمام سال‌ها رسم شده است، همبستگی بیشتر از ۰.۴ به صورت کمربند باریکی از ۲۰ تا ۳۵ درجه شمالی کشیده شده است اما در نیمکره جنوبی همبستگی بیشتر از ۰.۴ دیده نمی‌شود. در مناطق استوایی تقریباً همبستگی ۰.۲ وجود دارد. شکل ۲-ب که برای فاز شرقی است، مقادیر همبستگی بزرگ‌تر بوده و در مناطق بیشتری گسترش یافته است، به طوری که مقادیر همبستگی بیشتر از ۰.۴ عمدتاً در نیمکره شمالی از عرض ۱۰ تا ۶۰ درجه مشاهده می‌شود. این درحالی است که در نیمکره جنوبی در عرض‌های میانی و بین طول جغرافیایی ۰ تا ۶۰- همبستگی ۰.۴ وجود دارد. در شکل ۲-ج که برای فاز غربی ترسیم شده است، تضعیف قابل ملاحظه‌ای در همبستگی مشاهده می‌شود. فقط دو منطقه در نیمکره شمالی دارای همبستگی ۰.۴ هستند که در عرض‌های میانی واقع شده است. تقریباً در منطقه قطبی نیمکره جنوبی محدوده کوچکی با همبستگی ۰.۴ وجود دارد.



(ب)

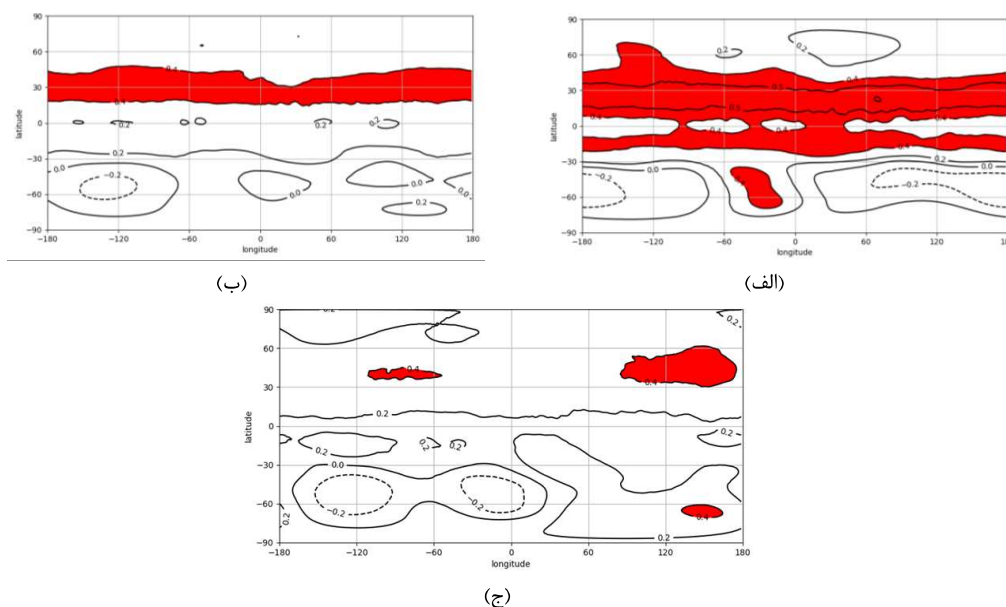


(الف)



(ج)

شکل ۱. همبستگی بین $F_{10.7}$ و دمای تراز ۳۰ hPa در ژوئیه برای (الف) تمام سال‌ها، (ب) سال‌های با فاز شرقی QBO و (ج) سال‌های با فاز غربی QBO حاصل از داده‌های بازتحلیل JRA-55 برای ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۷. منطقه سایه با رنگ قرمز همبستگی بیشتر از ۰/۵ را نشان می‌دهد.



شکل ۲. همبستگی بین $F_{10.7}$ و ارتفاع ژئوپتانسیلی ۳۰ hPa در ژوئیه برای (الف) تمام سال‌ها، (ب) سال‌های با فاز شرقی QBO و (ج) سال‌های با فاز غربی QBO حاصل از داده‌های بازتحلیل JRA-55 برای ۱۹۵۸ تا ۲۰۱۷. منطقه سایه با رنگ قرمز همبستگی بیشتر از ۰/۴ را نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه این بررسی در تابستان نیمکره شمالی است نشان می‌دهد که تاثیر چرخه خورشیدی در نیمکره شمالی قوی‌تر است. همچنین وجود دو کمربند قوی در نیمکره شمالی و جنوبی برای همبستگی دما و شار خورشیدی در فاز شرقی نشان‌دهنده تاثیر بیشتر شار خورشیدی در فاز شرقی نسبت به فاز غربی است. همچنین همبستگی‌های منفی در مناطق جنب‌قطبی مشاهده می‌شود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌های فاز شرقی QBO، همبستگی نسبت به کل سال‌ها قوی‌تر است و مناطق بزرگ‌تری را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

منابع

- Hood, L. L., 2004, Effects of solar UV variability on the stratosphere, in Solar Variability and its Effect on Climate: Geophys. Monogr. Ser., vol. 141, edited by J. Pap and P. Fox, pp. 283–304, AGU, Washington, D. C.
- Crooks, S. A., and Gray, L. J., 2005, Characterization of the 11-year solar signal using a multiple regression analysis of the ERA-40 dataset: Journal of Climate, **18**(7), 996–1015.
- Kodera, K., and Kuroda, Y., 2002, Dynamical response to the solar cycle: J. Geophys. Res. Atmos., 107(D24).
- Pascoe, C. L., Gray, L. J., Crooks, S. A., Jukes, M. N., and Baldwin, M. P., 2005, The quasi-biennial oscillation: Analysis using ERA-40 data: J. Geophys. Res., 110(D8), D08105, doi:10.1029/2004JD004941.
- Richter, J. H., Matthes, K., Calvo, N., and Gray, L. J., 2011, Influence of the quasi-biennial oscillation and El Nino Southern Oscillation on the frequency of sudden stratospheric warmings: J. Geophys. Res., 116, D20111, doi:10.1029/2011JD015757.