

بررسی اثرات نوسان شبه‌دوسالانه (QBO) بر تاوه قطبی روی پوشش سپهر پایینی و میانی

زینب سیفی^۱، سید مجید میررکنی^۲، محمد جغتایی^۳، علیرضا محب‌الحجه^۴

^۱زینب سیفی، دانشگاه یزد، z.seifi_2014@yahoo.com

^۲سید مجید میررکنی، دانشگاه یزد، mirrokni@yazd.ac.ir

^۳محمد جغتایی، دانشگاه یزد، mjoghataei@yazd.ac.ir

^۴علیرضا محب‌الحجه، دانشگاه تهران، amoheb@ut.ac.ir

چکیده

فعالیت امواج سیاره‌ای در پوشش سپهر و نحوه برهم‌کنش آنها با نوسان‌هایی چون QBO و تاوه قطبی، درانتقال و وردش‌پذیری سال به سال اوزن پوشش سپهر موثر است. در پژوهش حاضر، با استفاده از تاوایی پتانسیل روی سطوح همدمای پتانسیلی در فازهای مختلف QBO رسم شد. نتایج نشان می‌دهد، کشیدگی‌های تاوایی پتانسیلی به سمت مسیر طوفان‌های اطلس، آرام و مدیترانه است. کشیدگی و پریشیدگی روی این سطوح، در ترازهای واقع در پوشش سپهر میانی به‌علت فعالیت کمتر امواج نسبت به پوشش سپهر پایینی کمتر است. همچنین تاوه در فاز غربی قوی تر از فاز شرقی است. گرادیان نصف‌النهار تاوایی پتانسیلی تفاوت بارزی بین فازهای مختلف QBO دارد. این گرادیان منطقه شکست امواج و لبه تاوه قطبی را نشان می‌دهد. نتیجه این که در هر دو فاز نوسان، لبه جنب‌حاره‌ای تاوه قطبی در پوشش سپهر زیرین قوی تر است در حالی که در پوشش سپهر میانی لبه قطبی تاوه قطبی قوی تر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: امواج سیاره‌ای، پوشش سپهر، تاوه قطبی، نوسان شبه دوسالان، تاوایی پتانسیلی، فعالیت موجی

Impact of the Quasi-Biennial Oscillation (QBO) on the Polar Vortex in the lowermost and middle stratosphere in Early Winter

¹ Zeynab Sayfi, Yazd University

² Seyed Majid Mirrokni, Yazd University

³ Mohammad Joghataei, Yazd University

⁴ Alireza Mohebalhojeh, Theran University

Abstract

QBO is one of the most important oscillations in the Stratosphere. Study of the oscillation is important because of extratropical effects of QBO and interaction between stratosphere and troposphere. Role of planetary wave activity in interaction between QBO and polar vortex is very important. Extratropical impacts of this oscillation on polar vortex especially on level of lowermost and middle stratosphere is considered in early winter.

Using NCEP NCAR reanalysis data to compute potential vorticity on potential temperature levels in different phases of QBO is examined. Potential vorticity is depicted on potential temperature 380 and 480 levels as lowermost stratospheric levels, and 500 and 580 levels as middle stratospheric levels. Results show that elongation of potential vorticity on these levels toward the Atlantic, Pacific and Mediterranean storm tracks. Vorticity in westerly phase is more stronger than easterly phase of QBO. Polar vortex edge and surf zone are appeared on these levels and has meaningful difference in easterly and westerly phase of QBO. Subtropical edge of polar vortex is stronger in lowermost stratosphere while polar edge of vortex is stronger in middle stratosphere.

Keywords: planetary waves, Stratosphere, polar vortex, QBO, potential vorticity, wave activity

۱ مقدمه

نوسان شبه‌دوسالانه (QBO) با میانگین دوره تناوب ۲۹-۲۸ ماه می‌باشد که در پوشش سپهر میانی تا پایینی با سرعت ۱ کیلومتر در ماه (بالدوین-دانکرتون ۱۹۹۸) به صورت عمودی (به سمت پایین) انتشار می‌یابد. نوسان QBO از دو گروه موج شرق-سو (گرانی، گرانی-لختی، کلونین) و غرب سو (گرانی راسبی) ایجاد می‌شود (لیندزن و هلتنون، ۱۹۶۸) و در طی فاز منفی (شرقی) تسریع می‌شود و باعث فراوانی وقایع گرمایش در پوشش سپهر می‌شود.

نوسان QBO منطقه حاره، نقش مهمی در تغییرات آب‌وهوایی مناطق برون حاره دارد (هلتنون و تن، ۱۹۸۰). که به طور محلی و به واسطه گسترش قائم و بالاسوی امواج استوایی پدید می‌آید. دامنه این امواج حاره‌ای پس از ورود به پوشش سپهر باتوجه نوع موج در پوشش سپهر زیرین یا زیرین شکسته می‌شوند.

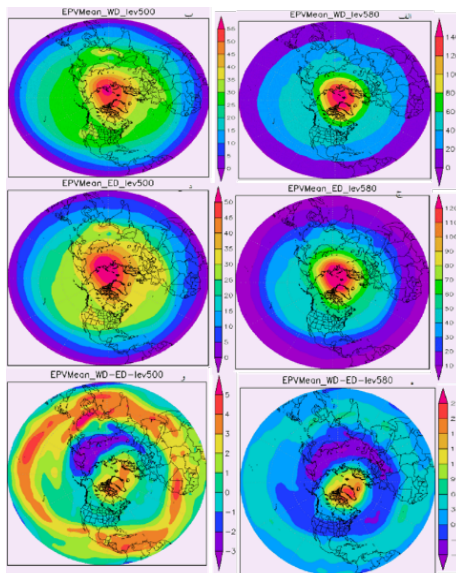
قانون بقای تکانه زاویه‌ای ایجاب می‌کند که انرژی تکانه‌زاویه‌ای امواج پس از شکسته شدن به پوشش سپهر منتقل شود. بدین ترتیب شکست امواجی با تکانه شرق سو موجب ایجاد فاز غربی QBO و شکست امواجی با تکانه غرب سو موجب ایجاد فاز شرقی QBO می‌شود (شفر د ۲۰۰۰).

اسبقی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود نشان داد که تاوه قطبیدر فاز غربی QBO قوی‌تر از فاز شرقی است. جرم محصور در لوله‌های تاوه در فاز غربی بیشتر از فاز شرقی است. همین طور نشان داند که امواج راسبی بیشتر در لبه‌های تاوه شکسته می‌شود و به همین دلیل تاوه قطبی ضعیف‌تر است. هنوز اثرات برون‌حاره‌ای این نوسان کاملاً شناخته شده نیست. مثلاً رفتار تاوه قطبی در فازهای مختلف این فاز دقیق شناخته شده نیست یا برهمکنش موج و شارش میانگین را در فازهای مختلف این نوسان را نمی‌دانیم. از نظر اثرات این نوسان بر وضع هوا و آب‌وهوای منطقه ما نیز جای پژوهش بسیار زیادی وجود دارد.

هدف این پژوهش بررسی اثرات برون‌حاره‌ای این نوسان به‌ویژه روی رفتار تاوه قطبی روی ترازهای دمایی واقع در پوشش سپهر زیرین و میانی است. به‌منظور بررسی این اثرات بعد از گرفتن داده‌های سرعت مداری، فازهای مختلف QBO را جدا کرده و پس از دسته‌بندی داده‌ها در مرحله اول اثر QBO روی تاوه قطبی (در برون‌حاره‌ای) بررسی می‌شود. در مرحله دوم نقشه‌های تاوایی پتانسیل روی سطوح همدمای پتانسیلی در فازهای مختلف QBO رسم می‌شود.

۲ روش تحقیق

فازهای شرقی و غربی با استفاده از داده‌هایی که از Freie Universitat Berlin (FUB) (برای اطلاعات بیشتر رجوع شود به www.fu-berlin.de/en/) استخراج شده بود تفکیک شد. که علامت میانگین مداری باد مداری (معمولاً در تراز ۵۰ هکتو پاسگال) مشخص‌کننده فازها است. میانگین مداری باد مداری با علامت مثبت فاز شرقی و علامت منفی فاز غربی است. از این داده‌ها برای دسته‌بندی داده‌های NCEP-NCAR، استفاده شده‌است. سرعت افقی، سرعت قائم و دما روی سیزده تراز دمایی (۳۴۰، ۳۶۰، ۳۸۰، ۴۰۰، ۴۲۰، ۴۴۰، ۴۶۰، ۴۸۰، ۵۰۰، ۵۲۰، ۵۴۰، ۵۶۰، ۵۸۰) استخراج شد و سپس تاوایی پتانسیلی روی این ترازها محاسبه شد. با استفاده از نقشه‌های تاوایی پتانسیل، تغییرات تاوه قطبی بررسی شد. نتایج تاوایی پتانسیلی روی ترازهای ۳۸۰ و ۴۸۰ به‌عنوان پوشش سپهر زیرین و ترازهای (۵۰۰ و ۵۸۰) به‌عنوان پوشش سپهر میانی نمایش داده شده‌است.



شکل ۱. نقشه تاوایی پتانسیل برای ترازهای دمای پتانسیل ۵۰۰ و ۵۸۰ کلوین، ردیف بالا فاز غربی، ردیف وسط فاز شرقی و ردیف پایین اختلاف فاز شرقی از غربی.

۳ نتیجه‌گیری

نمایش تاوایی پتانسیلی روی سطوح همدمای پتانسیل کمک بسزایی در شناخت دینامیک جو دارد. با توجه به این‌که در غیاب فرآیندهای دررو، حرکت بسته هوا بین ترازهای دمای پتانسیلی محدود می‌شود؛ پس نمایش تاوایی پتانسیلی روی ترازهای دمای پتانسیل، دیدگاه خوبی از دینامیک وضع هوا و ساختارهای آب و هوایی می‌دهد.

تاوایی پتانسیل را برای ترازهای دمای پتانسیل ۳۸۰، ۴۸۰، نمایش داده شد که در تراز ۳۸۰ شکل تاوه مرکزی نسبت به تراز ۴۸۰ هم در فاز شرقی و هم غربی واضح تر است. همچنین در این تراز کشیدگی به سمت مسیر طوفان اطلس، آرام و مدیترانه دیده می‌شود. این کشیدگی‌ها در ترازهای بالاتر که ترازهای پوشش سپهر میانی محسوب می‌شوند، کمتر شده است و عدد موج از سه به دو کاهش پیدا کرده است. در این ماه تاوه در فاز غربی هم از نظر شدت و هم گستردگی قوی تر از فاز شرقی است. کاهش گرادیان در لبه تاوه نشان می‌دهد که شکست امواج در ترازهای بالاتر کمتر از ترازهای پایین تر است، زیرا شکست امواج با گرادیان تاوایی پتانسیل نسبت عکس دارد.

گسترده‌گی تاوه در این ماه نسبت به ماه نوامبر بیشتر است. (به دلیل محدودیت تعداد صفحات نقشه های تاوایی پتانسیل برای ماه نوامبر از مقاله حذف شد). در نقشه‌های تفاضلی در تراز ۳۸۰ یک مرکز مثبت و منفی در عرض‌های میانه دیده می‌شود. در تراز ۴۸۰ نیز یک کمربند مثبت در قطب، یک کمربند منفی در عرض‌های میانه و یک کمربند مثبت در جنب‌حاره در حال شکل‌گیری است که در تراز ۵۰۰ کامل‌تر شده است.

نمودار توزیع نصف‌النهاری تاوایی پتانسیل را برای تراز دمایی ۳۶۰، ۳۸۰، ۴۸۰، ۵۰۰، ۵۶۰ و ۵۸۰ در عرض صفر تا ۹۰ درجه شمالی نمایش داده شد. بیشینه و کمینه‌هایی در نمودار دیده شد. تراز ۳۸۰ بیشینه این تغییرات در عرض جغرافیایی حدود ۳۵ درجه است. از آنجایی که به صورت بصری و شهودی، لبه قطبی و لبه جنب‌حاره‌ای تاوه قطبی و منطقه شکست امواج در نمودارهای فازهای شرقی و غربی کمتر مشخص است، نمودارها را برای تفاضل فاز شرقی از غربی ارائه شد. نمودار تغییرات تفاضل تاوایی پتانسیل به ترتیب برای ترازهای ۵۰۰ و ۴۸۰ کلونی نمایش داده شد که بیشینه تغییرات در در عرض‌های بالاتر حدود ۷۰ درجه شمالی دیده شد. توزیع نصف‌النهاری تاوایی پتانسیلی برای تفاضل فاز شرقی از غربی تاوایی پتانسیل را در ترازهای ۳۶۰، ۳۸۰، ۴۸۰، ۵۰۰، ۵۶۰ و ۵۸۰ دمای کلون نمایش داده شد. در نمودار نوسانی این تغییرات، بیشینه تغییرات در عرض حدود ۳۲ درجه دیده شد.

توزیع نصف‌النهاری تفاضل تاوایی در دو فاز نوسان را به ترتیب برای ترازهای دمایی ۵۸۰ و ۵۶۰ نمایش داده شد که بیشینه تغییرات در قطب و موقعیت جت شبانه قطبی دیده شد. در همه نمودارها دو بیشینه دیده شد که یکی منطبق بر لبه جنب-حاره‌ای تاوه قطبی است و دومی منطبق بر لبه قطبی تاوه قطبی است. همچنین در شکل رابطه عکس بین گرادیان نصف‌النهاری تاوه پتانسیلی و شکست امواج را که از خصوصیات جو نتیجه می‌شود دیده شد. قسمتی از نمودار که بین دو بیشینه قرار گرفته است، نیز منطبق بر محل شکست امواج است. نمایش تاوایی پتانسیلی روی ترازهای پایین (۳۸۰ دمایی) که در پوشش سپهر پایینی قرار دارد سه کشیدگی به سمت اقیانوس اطلس، آرام و مدیترانه را نشان می‌دهد که همان مسیر طوفان-ها هستند. این کشیدگی‌ها به سمت ترازهای بالاتر (۵۰۰ و ۵۸۰) کمتر شده است. این ترازها در پوشش سپهر میانی قرار دارند. در پوشش سپهر انتقال انرژی فقط در مقیاس بزرگ است و جو در این لایه ساکن است و فعالیت امواج سیاره‌ای اینجا مطرح است کمتر شدن کشیدگی‌ها شکست کمتر امواج در این ترازها به این علت است که برخی امواج (امواج گذرا) که بالای وردسپهر شکسته می‌شوند و از وردایست عبور نمی‌کنند. تاثیر این امواج در ترازهای پایینی بیشتر دیده می‌شود. برخی دیگر از امواج که از پوشش سپهر میانی می‌توانند عبور کنند همان امواج سیاره‌ای هستند که کشیدگی را سبب می‌شوند. به همین علت در ترازهای پایین تر کشیدگی بیشتر و عدد موج بیشتر از ترازهای بالاتر دیده می‌شود.

منابع

- Mark p. Baldwin and Timothy. Dunkerton, (1998), Binennial, quasi-biennial, and decadal oscillations of potential vorticity in the northern stratosphere. *Journal of geophysical research*, , **103**, 4, 3919-3928.
- قربان اسبقی وهمکاران، (۱۳۹۳)، "بررسی اترنوسان شبه دوسالانه بر تاوه قطبی در ابتدای زمستان"، مجموعه مقالات شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۳-۲۵ اردیبهشت، ۳۶۲-۳۶۶
- Holton, J. R., and H. C. Tan, 1980: The influence of the equatorial quasi-biennial oscillation on the global circulation at 50 mb. *J. Atmos. Sci.*, **37**, 2200-2208.
- Shepherd, T. G., 2002, Issues in stratosphere-troposphere coupling, *J. Met. Soc. Japan*, **80**, 4B, 769-792.