ارتباط دورپیوندهای NAO و MJO با فراوانی چرخندهای شرق مدیترانه

تورج جمشیدی خزلی*[1]، عباس رنجبر سعادت آبادی[2]، محمد علی نصراصفهانی[3]، سحر تاجبخش مسلمان[4]، علیرضا محب‌الحجه[5]

*[1] دانشجوی دکتری هواشناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران. Email: jamshidi.toraj@gmail.com
[2] دانشیار، گروه آلودگی جو، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو ، تهران، ایران. Email: aranjbar@gmail.com
[3] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. Email: mnasr@agr.sku.ac.ir
[4] استادیار، گروه کاوش‌های جوی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو ، تهران، ایران. Email: mnasr@agr.sku.ac.ir
[5] استاد، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران. Email: amoheb@ut.ac.ir

چکیده

در این مقاله با استفاده از مقادیر ماهانه و بلندمدت بارش، سال‌های پربارش (بی‌هنجاری بیشتر از 100 درصد) و کم‌بارش (کمتر از نرمال) در دوره آماری 2016-1987 در فصل‌های پاییز (اکتبر – نوامبر - دسامبر) و زمستان (ژانویه – فوریه - مارس) شناسایی و وضعیت دو نوسان مادن-جولین و اطلس شمالی (با استفاده از شاخص‌های اقلیمی) و فراوانی چرخندهای تشکیل شده بر روی شرق دریای مدیترانه (با استفاده از داده‌های باز تحلیل ERA5 با تفکیک افقی 0/25 درجه) بررسی شده است. نتایج نشان داد در زمان رخداد بارش‌های سنگین، شاخص ماهانه NAO ، مثبت، شاخص MJO ، بحرانی و در فازهای 2 و 8 و در سال‌های کم‌بارش MJO در حالت ضعیف و NAO در فاز منفی قرار داشته است و همچنین تعداد چرخندها در دوره‌های پربارش بیشتر از دوره‌های کم‌بارش بوده است و وضعیت بیشتر چرخندهای تشکیل شده در دوره‌های پر بارش و کم‌بارش به ترتیب متوسط و ضعیف بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: شرق مدیترانه، دورپیوند، چرخند، نوسان مادن-جولین، نوسان اطلس شمالی، ERA5

The relationship of NAO and MJO teleconnections with the frequency of the eastern Mediterranean cyclones

Toraj Jamshidi Khezeli*[1], Abbas Ranjbar Saadatabadi[2], Mohammad Nasr Esfahany[3], Sahar Tajbakhsh Mosalman[4], Alireza Mohebalhojeh[5]

*[1] Ph.D Candidate, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran. Email: jamshidi.toraj@gmail.com
[2] Associate Professor, Department of Weather Pollution, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran.
[3] Assistant Professor, Department of Irrigation engineering, Shahrekord University, Iran.
[4] Assistant Professor, Department of Atmospheric prospecting, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran.
[5] Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran. Iran

Abstract

In this paper, high rainfall years (anomalies greater than 100%) and low rainfall (lower than normal) years were identified using the long-term and monthly precipitation values during 1987–2016 period for the autumn (October–November–December) and winter (January–February–March). In this connection, the Madden–Julian oscillation (MJO) and the North Atlantic oscillation (NAO) indices as well as the frequency of cyclones formed in the eastern Mediterranean were studied using the ERA5 reanalysis data with a resolution of 0.25°. The results showed that during heavy (low) rainfall years, the NAO monthly indices were positive (negative), the MJO was critical and in phases 2 and 8 (weak), respectively. The number of cyclones formed during the high rainfall years was higher than the low rainfall years and most of the cycles formed in the high and low rainfall periods were moderate and weak, respectively.

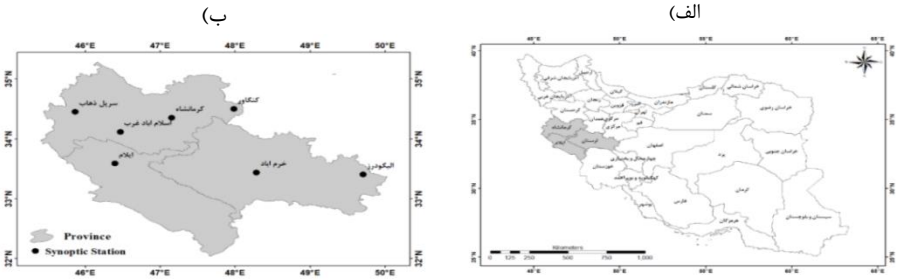
Keywords: Eastern Mediterranean, teleconnection, cyclone, Madden–Julian Oscillation, North Atlantic Oscillation, ERA5

1 مقدمه

بارش‌های شدید و سیل‌آسا همواره یکی از عواملی هستند که در مناطق مختلف جغرافیایی از نظر مالی و جانی اثرات جبران‌ناپذیری به همراه داشته‌اند. نیمه غربی ایران که سه استان کرمانشاه، لرستان و ایلام به نمایندگی آن انتخاب شده‌اند به دلیل کوهستانی بودن مناطق، قرار داشتن در مسیر سامانه‌های باران‌زای غربی و وجود رشته کوه زاگرس، ناحیه مناسبی برای تقویت و گسترش بارندگی است که گاه شدت و مقدار بارش‌ها منجر به جاری شدن سیل در آن می‌شود. بیشتر بارش‌های موثر بر نیمه غربی ایران در دو فصل پاییز و زمستان توسط سامانه‌هایی که از روی شرق دریای مدیترانه که گاه با سامانه‌های کم‌فشار تشکیل شده بر روی سودان ترکیب می‌شوند و با بارش‌های سنگین همراه است، رخ می‌دهد (سلیقه و همکاران، 1397). تاثیر دو نوسان مادن-جولین (MJO) و اطلس شمالی (NAO) بر بارش در مطالعات مختلفی بررسی شده است. MJO با دوره فعالیت 60-30 روزه شرق‌سوی خود، بر تمامی مناطق حاره در مقیاس میان‌فصلی تاثیر می‌گذارد و منطقه همرفتی قوی بر روی اقیانوس هند و آرام به‌وجود می‌آورد (مادن و جولین، 1971؛ وو و همکاران، 2012؛ تنگ و همکاران، 2019). NAO یک نوسان نصف‌النهاری بزرگ‌مقیاس بین سامانه کم‌فشار در منطقه ایسلند و سامانه پرفشار جنب‌حاره‌ای آزورز با دو فاز مثبت و منفی است (برانستون و لیوزی، 1987) که فاز مثبت آن با جابه‌جایی شمال‌سوی توفان‌های واقع بر اقیانوس اطلس به سمت عرض‌های بالاتر منجر به کاهش رخداد و شدت چرخندهای غرب و مرکز مدیترانه می‌شود، ولی بر شدت چرخندهای واقع در شرق مدیترانه تاثیر کمتری دارد (ماهیراس و همکاران، 2001؛ آلپرت و همکاران، 2004؛ فلوکاس و همکاران، 2010؛ کرونا و همکاران، 2017؛ وانگ و همکاران، 2018). یکی از مهم‌ترین مناطق تأثیرگذار بر بارش‌های جنوب‌غرب آسیا و ایران منطقه مدیترانه است که از توفان‌های تشکیل شده بر روی اطلس نیز تاثیر می‌پذیرد (هارل، 1195؛ هارل و وان، 1997؛ رادول و همکاران، 1999). با توجه به تاثیر دو نوسان MJO و NAO بر رژیم بارشی ایران، هدف از انجام این مقاله بررسی وضعیت این دو نوسان و فراوانی چرخندهای دینامیکی تشکیل شده بر روی شرق دریای مدیترانه در زمان بارش‌های با بی‌هنجاری بالاتر از 100٪ و کمتر از نرمال است.

2 روش تحقیق

منطقه غرب ایران که شامل سه استان کرمانشاه، ایلام و لرستان به نمایندگی آن انتخاب شده‌اند مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله ویژگی‌های مشترک این سه استان وجود ارتفاعات بلند رشته کوه زاگرس و همچنین محصور بودن دشت‌های بزرگ توسط کوه‌های بلند منطقه است. شکل **1**الف و ب موقعیت استان‌های غرب ایران و ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل 1- (الف) موقعیت استان‌های غرب ایران و (ب) ایستگاه‌های مورد مطالعه.

در مطالعه حاضر برای بررسی بارش، داده‌های دیدبانی و کنترل کیفی شده بارش ماهانه در دو فصل پاییز (اکتبر– نوامبر–دسامبر) و زمستان (ژانویه–فوریه–مارس) در دوره آماری 30 ساله (1987–2016) برای ایستگاه‌های همدیدی استان‌های کرمانشاه، ایلام و لرستان از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. داده‌های شاخص‌های اقلیمی NAO از اطلاعات مرکز NOAA و برای شناسایی فازهای هشت‌گانه MJO از داده‌های مرکز هواشناسی استرالیا، همچنین برای شناسایی چرخندهای دینامیکی تشکیل شده بر روی شرق مدیترانه (50-25 درجه شرقی و 40-10 درجه شمالی) از داده‌های ERA5 با تفکیک افقی 0/25×0/25 استفاده شده است. در

پژوهش حاضر ابتدا بارش‌های ماهانه 30 ساله مورد بررسی قرار گرفته و ماه‌های با بی‌هنجاری بالاتر از 100٪ و همچنین ماه‌های با کمترین مقدار بی‌هنجاری شناسایی شدند. در ادامه برای ماه‌های انتخاب شده شرایط دورپیوندهای MJO و NAO و همچنین فراوانی چرخندهای تشکیل شده در شرق مدیترانه مورد بررسی قرار گرفتند. برای شناسایی چرخندهای دینامیکی تشکیل شده در شرق مدیترانه از دو تراز 1000hPa و 500hPa استفاده شده است، به‌طوری‌که در هر دو تراز، زمانی یک نقطه شبکه به‌عنوان مرکز کم‌فشار و مرکز کم‌ارتفاع شناخته می‌شود که نسبت به هشت نقطه اطراف دارای کمترین مقدار باشد. پس از شناسایی کم‌فشار سطحی و کم‌ارتفاع تراز 500hPa، هنگام‌یکه فاصله مکانی این دو به اندازه 500 کیلومتر و کمتر باشد، به‌عنوان چرخند دینامیکی در نظر گرفته می‌شود (ماهیراس و همکاران، 2003). سپس چرخندها براساس شدت طبقه‌بندی می‌شوند به‌گونه‌ای که اگر کم‌فشار سطحی (p) کوچک‌تر از 995 hPa باشد به‌عنوان چرخند قوی، اگر $1005<P<995$ باشد چرخند متوسط، اگر $1005<P<1015$ باشد چرخند ضعیف شناخته می‌شود و بقیه کم‌فشارها حذف می‌شوند.

3 نتایج

پس از بررسی آماری مقادیر بارش ماهانه در فصل‌های پاییز و زمستان در دوره آماری 30 ساله (2016-1987)، مارس 1987، دسامبر 1991، نوامبر 1994 و اکتبر 2015 ماه‌های پربارش با بی‌هنجاری بیشتر از 100 درصد و نوامبر 1988و نوامبر 1998 ماه‌های با بی‌هنجاری کمتر از نرمال شناسایی شدند. در جدول **1** مقادیر میانگین بارش ماهانه بلندمدت و میانگین بارش ماهانه ایستگاه‌های غرب کشور و همچنین وضعیت دو دورپیوند MJO و NAO در دوره‌های منتخب مشخص شده است. در این جدول بیشینه بارش ماهانه در ماه‌های نوامبر 1994 و اکتبر سال 2015 از دو دوره 1987 و 1991 بیشتر بوده است. شاخص MJO در روز قله بارش مارس 1987 و دسامبر 1991 در فاز 8 و در نوامبر 1994و اکتبر 2015 در فاز 2 قرار داشته است. شاخص ماهانه NAO نیز در دوره‌های منتخب مثبت و بیشترین مقدار NAO مربوط به سال 1994 بوده است. در دوره‌های منتخب کم‌بارش، مقدار میانگین بارش ماهانه در نوامبر 1988 و نوامبر 1998 به‌ترتیب دارای مقادیر 37 و 14 میلی‌متر بوده است. شاخص ماهانه NAO در هر دو دوره در فاز منفی و ضعیف و در روز قله بارش شاخص MJO در حالت ضعیف و کمتر از 1 قرار داشته است.

جدول 1- وضعیت دورپیوندها و مقادیر بارش در دوره‌های بارش سنگین غرب ایران.

سال	ماه	میانگین بارش ماهانه	میانگین بارش ماهانه بلند مدت	فاز MJO	NAO
1987	مارس	283	75	8	0/14
1991	دسامبر	186/7	65/4	8	0/46
1994	نوامبر	431/3	57/8	2	0/64
2015	اکتبر	401/6	30/5	2	0/43

تعداد چرخندهای تشکیل شده و قدرت آنها (ضعیف، قوی و متوسط) در دوره‌های منتخب طبق جدول **2** است. در ماه‌های پربارش مارس 1987، دسامبر 1991، نوامبر 1994 و اکتبر 2015 به‌ترتیب تعداد 12، 13، 8 و 11چرخند تشکیل شده است که بیشترین تعداد چرخندها از نوع چرخند ضعیف و متوسط بوده و در میان آن‌ها فقط دسامبر 1991 دارای یک چرخند قوی می‌باشد.

جدول 2: فراوانی و قدرت چرخندهای دینامیکی در ماه‌های پربارش مورد بررسی.

سال	تعداد کل	چرخند ضعیف	چرخند متوسط	چرخند قوی
مارس 1987	12	8	4	0
دسامبر 1991	13	8	4	1
نوامبر 1994	8	4	4	0
اکتبر 2015	11	9	2	0

جدول **3** فراوانی و قدرت چرخندهای دینامیکی در ماه‌های کم بارش نوامبر 1988 و 1998 را نشان می‌دهد. تعداد کل چرخندهای تشکیل شده در نوامبر 1988 و دسامبر 1998 به ترتیب 5 و 7 چرخند بوده است

جدول 3: فراوانی و قدرت چرخندهای دینامیکی در ماهای کم‌بارش مورد بررسی.

سال	تعداد کل	چرخند ضعیف	چرخند متوسط	چرخند قوی
نوامبر 1988	5	4	1	0
نوامبر 1998	9	8	1	0

4 نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی شده است که پس از بررسی آماری بارش میانگین ماهانه در دوره آماری 30 ساله 1987-2016 و انتخاب دوره‌های مطالعاتی با بارش‌های سنگین (بی‌هنجاری بیشتر از 100 درصد) و بارش‌های کمتر از نرمال، وضعیت دو نوسان MJO و NAO و همچنین فراوانی چرخندهای تشکیل شده بر روی شرق دریای مدیترانه و موثر بر بارش‌های پاییز و زمستان غرب ایران تعیین شود. در دوره‌های منتخب پربارش شاخص ماهانه NAO مثبت و شاخص MJO در وضعیت بحرانی و در فازهای 2 و 8 قرار داشته است. در سال‌های پربارش قرار داشتن MJO در فاز 2 سبب تقویت جریانات همرفتی و افزایش ناپایداری در شمال اقیانوس هند و منجر به انتقال رطوبت به عرض‌های بالاتر شده و همچنین همسو شدن اثر فاز مثبت NAO با فاز 8 بحرانی MJO باعث افزایش بارش در غرب ایران می‌شود.

مطالعه حاضر نشان داده است که تعداد چرخندهای تشکیل شده بر روی شرق دریای مدیترانه در دوره‌های منتخب پربارش بجز نوامبر 1994 بیشتر از دوره‌های منتخب کم‌بارش بوده است و چرخندهای تشکیل شده در دوره‌های کم‌بارش بیشتر در وضعیت ضعیف قرار داشته در حالیکه در دوره‌های پربارش بیشتر در وضعیت متوسط بوده‌اند.

منابع

محمدی، ح.، فتاحی، ا.، شمسی‌پور، ع ا.، اکبری، م، 1391، تحلیل دینامیکی سامانه‌های سودانی و رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب ایران: نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، 12، (24)، 7-24.

Alpert, P., Ziv, B. and Shafir, H. (2004), “Semi-objective classification for daily synoptic systems: Application to the eastern Mediterranean climate change”, International Journal of Climatology., 24(8), 1001-1011.

Barnston, A. G. and Livezey, R. E. (1987), “Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns”, Monthly Weather Review., 115(6), 1083-112.

Corona, R. and Montaldo, N. (2017), “On the role of NAO-driven interannual variability in rainfall seasonality on water resources and hydrologic design in a typical Mediterranean basin”, Journal of Hydrometeorology, 19, pp 485-498.

Flocas, H. A., et al. (2010). "On cyclonic tracks over the eastern Mediterranean." Journal of Climate 23(19): 5243-5257.

Hurrell, J. W. (1995), “Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation”, Science, 269, 676-679.

Hurrell, J. W. and van Loon, H. (1997), “Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation”, Climatic Change, 36, 301-326.

Madden, R. A. and Julian, PR., (1971), “Detection of a 40-50-day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific”, Journal of the Atmospheric Sciences., 28(5), pp 702-708.

Maheras, P., Flocas, HA., Patrikas, I. and Anagnostopoulou, CHR., (2001), “A 40-year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution”, International Journal of Climatology., 21(1), 109-130.

Rodwell, M. J., Rowell, D. P. and Folland, C. K. (1999), “Oceanic forcing of the wintertime North Atlantic Oscillation and European climate”, Nature, 398, 320-323.

Teng, KC., Malonet, E. and Barnes, E., (2019), “The Consistency of MJO teleconnection patterns: An explanation using linear Rossby wave theory”, Journal of Climate., 32(2), 531-548.

Wu, P., Arbain, A. A., Mori, S., Hamada, J. I., Hattori, M., Syamsudin, F. and Yamanaka, M. D. (2013), “The effects of an active phase of the Madden-Julian Oscillation on the extreme precipitation event over western Java Island in January 2013”, SOLA, 9, pp 79-83.

Wang, Z. and Yang, S. (2018), “Teleconnection between summer NAO and East China rainfall variations: A bridge effect of the Tibetan Plateau”, Journal of Climate, 31, pp 6433-6444.