



مطالعه ارتباط احتمالي بين سيگنالهاي اقليمي جهاني

ابوالفضل نیستانی^۱ ۱ استادیار، گروه فیزیک، دانشگاه رازی، neyestani@razi.ac.ir

چکیدہ

در این تحقیق ارتباط احتمالی بین تعدادی از شاخصهای اقلیمی با استفاده از دو روش همبستگی لَگدار زمانی و همخوانی موجک مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس تحلیلهای انجام شده شواهدی مبنی بر حضور چرخه ۱۱ ساله تغییرات لکههای خورشیدی بین سیگنالهای SN و SOI یافت شد. نتایج نشان میدهد که اگر سیگنال SN به عنوان علت و سیگنال SOI به عنوان معلول در نظر گرفته شود، مقدار کمینه مولفه ۱۱ ساله در سیگنال SOI در حدود ۳ سال بعد از مقدار بیشینه همین مولفه در سیگنال SN رخ میدهد. روش همبستگی ارتباط خطی ضعیفی را بین سیگنالهای دیگر مانند NAO، QBO، SOI و MO در همه لگهای زمانی نشان میدهد و بیشترین همبستگی در این حالت بین سیگنالهای NAO و MO وجود دارد. اما بررسی دقیقتر با روش همخوانی موجک نشان میدهد که این سیگنالها در مقیاسهای زمانی دههای و بینسالی ارتباط قویتری را با همدیگر دارند.

Study of the possible relationship between global climate signals

Abolfazl Neyestani¹

¹Assistant Professor, Physics Department, Razi University

Abstract

In this study, the possible relationship between several climatic indices has been investigated using two methods, the lagged correlation and wavelet coherence. Based on the analysis, evidences of the presence of 11-year cycle of sunspot changes between SN and SOI signals were found. The results show that if the SN signal is considered as the cause and the SOI signal as the effect, the minimum value of the 11-year component of the SOI signal occurs about 3 years after the maximum value of the same component in the SN signal. The correlation method shows a weak linear relationship between other signals such as NAO, QBO, SOI and MO in all time lags, and the highest correlation in this case is between NAO and MO signals. However, a closer look at the wavelet coherence plots shows that these signals are strongly correlated at decadal and to some extent at inter-annual time scales.

Keywords: Climatic signals, Variability, Correlation, Wavelet coherence

۱ مقدمه

شواهد زیادی مبنی بر تاثیر عوامل اقلیمی داخلی مانند نوسانات اقلیمی و همچنین تاثیر عامل خارجی چرخه ۱۱ ساله فعالیت خورشیدی بر سامانه اقلیم وجود دارد (اندروز و همکاران، ۲۰۱۹). از آنجایی که این عوامل داخلی و خارجی میتوانند بر رفتار متغیرهای هواشناسی مانند دما و بارش در مناطق مختلف کره زمین تاثیرگذار باشند، بررسی ارتباط بین هر جفت از آنها بسیار حائز اهمیت است (نیستانی و همکاران، ۲۰۲۲).

روشهای مختلفی برای شناسایی ارتباط بین سیگنالهای اقلیمی و مُدهای غالب موجود در آنها میتوانند به کار روند. این روشها در گسترهی روشِ همبستگی ساده تا روشهای کارآمدتر و پیچیدهتر طبقهبندی میشوند. بعضی از این روشهای جدید بر پایهی تحلیل طیفی پایه گذاری شدهاند و با ظهور این روشها در سالهای اخیر این امکان فراهم شده تا سیگنالها در مقیاسهای زمانی مختلف به عناصر سازنده تجزیه شوند و در نتیجه نوسانهای مشترک یا رفتار چرخهای قابل توجه در مقیاسهای خاصی آشکار شود. یکی از این روشها، روش تجزیه موجک است (تورنسی و کمبو، ۱۹۹۸؛ داس و همکاران، ۲۰۲۰). توسط این روش، سیگنالهای وابسته به زمان میتوانند به فضای زمان-بسامد انتقال پیدا کنند





و از این رو مُدهای غالب تغییر پذیری و شدت آنها در زمان قابل رَدیابی است. همچنین بهواسطه مزایای تبدیل های موجک (WT)، روش هایی مانند تحلیل موجک متقابل (CWT) و همخوانی موجک (WTC) برای آزمایش ارتباط بین دو سیگنال در مقیاس های زمانی مختلف توسعه یافتهاند (داس و همکاران، ۲۰۲۰).

نوسانهای اقلیمی گوناگونی در مقیاسهای جهانی و محلی تعریف شدهاند که تعدادی از تاثیرگذارترین آنها در ادامه بررسی میشوند. تعداد لکههای خورشیدی (SN) یکی از شاخصهای خارجی است که غالباً به عنوان جانشینی برای فعالیت خورشید به کار میرود (مارس و همکاران، ۲۰۲۱). این شاخص دارای یک چرخه غالب با میانگین ۱۱ ساله است که به عنوان چرخه خورشیدی شناخته میشود. شاخص نوسان جنوبی (SOI)، نوسان شبه-دوساله (QBO) و نوسان اطلس شمالی(NAO)، شاخصهایی هستند که بهطور متداول برای بررسی تاثیر آنها بر اقلیم در مکانهای دور به کار میروند. شاخص SOI تاثیر پدیده نوسان جنوبی النینو را نشان میدهد و مطالعات نشان میدهند که این پدیده نقش مهمی در اقلیم نیمکره جنوبی و شمالی دارد (علیزاده چوبری و همکاران، ۲۰۱۸). انتقال پایینسویِ جتهایِ شرقوزان و غربوزانِ مداری، نوسان شبه-دوساله نامیده میشود و نشانگر مُد غالب تغییرپذیری بینسالی در پوشسپهر مناطق و غربوزانِ مداری، نوسان شبه-دوساله نامیده میشود و نشانگر مُد غالب تغییرپذیری بینسالی در پوشسپهر مناطق و مناطق دور از استوا هم از طریق مکانیزمهای مختلف تاثیرگذار است (سان و همکاران، ۲۰۱۷). شاخص NAO الگوی قابل توجهی بر اقلیم حوض د عرضهای جنوایی میانه در نیمکره شمالی است (هررن و وزان ۲۰۱۷). شاخص NAO الگوی قابل توجهی بر اقلیم حوضه اطلس شمالی و مناطق مجاور مخصوصاً در فصل زمستان داشته باشد (گومارا و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص SMO الگوی در بران این و مناطق مجاور مخصوصاً در نوصل زمستان داشته باشد (گومارا و همکاران، ۲۰۱۲). شاخص MO ایک و مراطق دور از استوا هم از طریق مکانیزمهای میانه در نیمکره شمالی است (هرین و وزان ۲۰۱۷). که میتواند تاثیر دالب چرخشهای جوی در عرضهای جغرافیایی میانه در نیمکره شمالی است (هرین و وزان، ۲۰۱۷). شاخص MO الگوی دالب کرخشهای جوی در عرضهای جرافیایی میانه در نیمکره شمالی است (هرین و وزان، ۲۰۱۲). شاخص ۲۰۱۷ الگوی را الگوهای جوی است که میتواند متغیرهای هواشاسی مانند دما و بارش را در نزدیکی حوضه مدیترانه تحت تاثیر قرار دو در کریادو الدینوا و سوتوناوارو، ۲۰۲۲).

هدف اصلی از مطالعه حاضر یافتن رابطه احتمالی بین هر جفت از سیگنالهای اقلیمی با استفاده از روشهای تحلیل همبستگی و همخوانی موجک است. با توجه به اینکه این سیگنالها بهطور مجزا میتوانند بر تغییرپذیری متغیرهای جوی در نقاط مختلف کره زمین و در مقیاسهای زمانی مختلف تاثیرگذار باشند، بنابراین یافتن ارتباط احتمالی بین خود آنها نیز میتواند در این زمینه بسیار با اهمیت باشد. البته بایستی به این مساله توجه کرد که ممکن است رابطه بین آنها رابطه علّی و معلولی نباشد و این ارتباط ناشی از یک پدیده دیگر باشد.

۲ داده و روش تحقیق

در این تحقیق از دادههای ماهانه شاخصهای اقلیمی تعداد لکههای خورشیدی (SN)، شاخص نوسان جنوبی (SOI)، نوسان اطلس شمالی (NAO)، نوسان شبه-دوساله (QBO) و نوسان مدیترانه (MO) طی دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۱ استفاده شده است. شاخص میانگین ماهانه SN از مرکز داده جهانی برای تولید، نگهداری و پخش تعداد لکه خورشیدی بینالمللی استخراج شدهاند (.https://wwwbis.sidc.be/silso/datafiles#total). مقادیر ماهانه شاخصهای SOI و NAO از آرشیوهای مرکز پیشبینی اقلیمی NOAA مورد استفاده قرار گرفتهاند وBO و NAO از آرشیوهای مرکز پیشبینی اقلیمی ماهانه نوسان مدیترانه (MO) از مرکز تحقیقات اقلیمی دانشگاه آنگلیای شرقی گرفته شدهاند (.https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/moi) که به صورت اختلاف فشار نرمال شده بین الجزایر (36.4°N, 3.1°E) و قاهره (30.1°N, 31.4°E) تعریف میشود.

بعد از استخراج دادهها و تشکیل سیگنالهای اقلیمی به صورت نرمال شده، بین هر جفت از این سیگنالها ضریب همبستگی پیرسون در لگهای زمانی مختلف محاسبه شده است. این ضریب همبستگی میتواند وجود رابطه خطی معنادار بین سیگنالها را در لگ صفر یا لگهای زمانی دیگر نشان دهد (تامسون و امری، ۲۰۱۴). با این وجود، ضریب همبستگی به دلیل ماهیت کلی آن قادر به نمایش همبستگیها در مقیاسهای زمانی مختلف سازنده سیگنال به طور موضعی نیست و بایستی در این حالت ابتدا سیگنال اصلی را با استفاده از پالایههای رقمی به مولفههای بسامدی سازنده تجزیه کرد و سپس ضریب همبستگی را برای هر مولفه به طور مجزا محاسبه کرد. روش دیگری که در این تحقیق برای محاسبه همبستگیها به ور موضعی در زمانهای مختلف و بسامدهای مختلف به کار رفته است، روش همخوانی موجک





(WTC) است. جزئیات این روش توسط نیستانی و همکاران (۲۰۲۲) توصیف شده است.

۳ بحث و نتیجه گیری

سریهای زمانی ماهانه نرمال شده در ارتباط با تغییرات هر کدام از شاخصهای اقلیمی انتخابی برای دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۱ در شکل ۱ نشان داده شدهاند. همچنین میانگین متحرک ۱۲ ماهه از شاخصها نیز برای دنبال کردن تغییرات سالانه اضافه شدهاند. همانطور که در سیگنال ماهانه میتوان مشاهده کرد، شاخصهای NAO و MO مولفههای با بسامد بالای قوی تری را نشان میدهند که این مولفه ها متناظر با دوره تناوبهای کوچک تر هستند. سیگنال SN شامل نوسانهای بسامد پایین قوی است که مولفه های با بسامد بالاتر و دامنه کمتر بر روی آن سوار شدهاند. نوسانهای با بسامد متوسط در گستره تغییرات بین سالی برای شاخصهای SOI و OBD غالب هستند که برای شاخص SOI، هم مولفههای بسامد بالا و هم مولفه های بسامد پایین به طور موثری در سیگنال ماهانه حضور دارند.

نتایج تحلیل همبستگی لَگدار (تاخیری) بین سیگنال SN و دیگر سیگنالهای اقلیمی در سمت راست شکل ۲ و بین باقی سیگنالها در سمت چپ شکل ۲ نشان داده شدهاند. در لَگ زمانی صفر هیچگونه ضریب همبستگی بالا بین سیگنالها مشاهده نمیشود. بنابراین میتوان اینگونه استنباط کرد که این سیگنالها احتمالاً رابطه خطی با اهمیتی با همدیگر ندارند و یا مولفههای بسامدی اصلی سازنده آنها اختلاف فاز تقریباً ۹۰ درجه با یکدیگر دارند که حالت دوم نشانهای از همبستگی قوی در یک لگ زمانی خاص است. در لگ های زمانی دیگر، فقط همبستگی بین سیگنال و SOI مقدار قابل توجهی دارد (در لگ زمانی ۲۵ تا ۳۸ ماه، رابطه معکوس، ضریب همبستگی: ۰۴ (-(-- به عبارتی با فاصله زمانی ۲۵/۵ تا ۳ سال، احتمالاً مولفه ۱۱ ساله SN از ماله SOI اثر معکوس دارد.



شکل ۱. نوسانهای سیگنالهای نرمالشدهی اقلیمی برای دوره آماری ۱۹۷۹–۲۰۲۱. همچنین میانگینهای متحرک ۱۲ ماهه برای هر شاخص با خطوط مشکی نشان داده شدهاند.



شکل ۲. همبستگی لَگدار (تاخیری) بین هر جفت از سیگنالهای اقلیمی.

شکل ۳ ارتباط بین سیگنالهای را در زمانهای مختلف و بسامدهای (دوره تناوبهای) مختلف بر اساس تحلیل همخوانی موجک نشان میدهد. مناطق قرمز رنگ در داخل نقشه که توسط خط مشکی ممتد احاطه شدهاند، مناطق با همبستگی بالا و سطح معنیداری ٪۵ را نشان میدهند. همچنین جهت بردارها فاز بین نوسانها را مشخص میکنند. بردارهایی که کاملاً به سمت راست جهتدهی شدهاند، همفاز بودن نوسانها و بردارهای جهتدهی شده به سمت چپ نشانگر نوسانهای با فاز مخالف برای یک مولفه خاص در هر دو سیگنال است. در این شکل ضریب همبستگی بسیار بالا با فاز ساز گار (همه بردارها در یک جهت) بین سیگنالهای NAO-MO و NO-SN-QBO، SN-MO، SN-QBO در باند بسامدی





متناظر با چرخه ۱۱ ساله خورشیدی مشاهده می شود. با توجه به اینکه فقط سیگنال های SOI و SOI دارای توان قابل توجهی در این باند بسامدی هستند، در نتیجه ارتباط بین آنها در اینجا با نتایج همبستگی لگدار زمانی در شکل ۲ همخوانی دارد. اگرچه سیگنال های NAO و MO همبستگی بالایی را در دوره تناوب های بزرگتر از ۸ سال نشان می دهند، اما از آنجایی که سیگنال های MO توان قابل توجهی در این باند بسامدی ندارد، وجود همخوانی بالا در این باند ضریب همبستگی کلی را بین این دو سیگنال (با در نظر گرفتن همه مولفه ها) افزایش قابل توجهی نداده است (شکل ۲، لگ زمانی صفر). همبستگی کلی را بین این دو سیگنال (با در نظر گرفتن همه مولفه ها) افزایش قابل توجهی نداده است (شکل ۲، کدام از سیگنال ها توان قابل توجهی در یک باند بسامدی مشخص داشته باشند، در این صورت بایستی به میزان همبستگی بالای آنها در این باند در نقشه همخوانی موجک توجه بیشتری داشت. به طور کلی روش همبستگی به عنوان یک روش عام و روش همخوانی موجک به عنوان یک روش موضعی برای تشخیص ارتباط خطی سیگنال ها و اختلاف فاز احتمالی بین آنها می توانند در مطالعات اقلیمی مورد استفاده قرار گیرند.



- منابع
- Alizadeh-Choobari, O., Adibi, P., and Irannejad, P., 2018, Impact of the El Niño–Southern Oscillation on the climate of Iran using ERA-Interim data, Climate Dynamics, 51, 2897–2911.
- Andrews, M.B., Knight, J.R., Scaife, A.A., Lu, Y., Wu, T., Gray, L.J., and Schenzinger, V., 2019, Observed and simulated teleconnections between the stratospheric Quasi-Biennial Oscillation and Northern Hemisphere winter atmospheric circulation, Journal of Geophysical Research, 124, 1219-1232.
- Criado-Aldeanueva, F., and Soto-Navarro, J., 2020, Climatic indices over the Mediterranean Sea: A review, Applied Sciences, 10, (17), 5790.
- Das, J., Jha, S., and Goyal, M.K., 2020, On the relationship of climatic and monsoon teleconnections with monthly precipitation over meteorologically homogenous regions in India: Wavelet & global coherence approaches, Atmospheric Research, 238.
- Gómara, I., Rodríguez-Fonseca, B., Zurita-Gotor, P., and Pinto, J.G., 2014, On the relation between explosive cyclones affecting Europe and the North Atlantic Oscillation, Geophysical Research Letters, 41, 2182-2190.
- Hurrell, J.W., van and Loon, H., 1997, Decadal Variations in Climate Associated with the North Atlantic Oscillation. In: Diaz H.F., Beniston M., Bradley R.S. (eds) Climatic Change at High Elevation Sites. Springer, Dordrecht.
- Kuroda, Y., Kodera, K., Yoshida, K., Yukimoto, S., and Gray, L., 2022, Influence of the solar cycle on the North Atlantic Oscillation, Journal of Geophysical Research, 127, (1).
- Mares, I., Dobrica, V., Mares, C., and Demetrescu, C., 2021, Assessing the solar variability signature in climate variables by information theory and wavelet coherence, Scientific Reports, 11, 11337.
- Neyestani, A., Karami, K., and Gholami, S., 2022, Exploring the possible linkage between the precipitation and temperature over Iran and their association with the large-scale circulations: Cumulative spectral power and wavelet coherence approaches, Atmospheric Research, 274, 106187.
- Son, S., Lim, Y., Yoo, C., Hendon, H.H., and Kim, J., 2017, Stratospheric control of the Madden–Julian oscillation, Journal of Climate, 30, 1909– 1922.
- Thomson, R.E., and Emery, W.J., 2014, Data Analysis Methods in Physical Oceanography, 3rd Edition, Elsevier Science.
- Torrence, C., and Compo, G., 1998, A practical guide to wavelet analysis, Bulletin of the American Meteorological Society, 79, 61-78.