

به کارگیری روش CSP برای مطالعه تغییرپذیری داده‌های اقلیمی

ابوالفضل نیستانی^۱

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

چکیده

در این تحقیق با اعمال روش کارآمد طیف توان تجمعی (CSP) به داده‌های دمای سطحی و بارش بر روی مناطق مختلف ایران در دو دوره آماری متفاوت، تغییرپذیری اقلیم در هر منطقه ناشی از این متغیرها مورد بررسی قرار گرفته است. برای متغیرهای دمای سطحی و بارش، مولفه‌های طیفی شبه‌تناوبی اصلی در مناطق مختلف کشور بدون تاثیرپذیری از نوبه نشان داده شد. مولفه متناظر با هارمونیک سالانه‌ی بارش، در بخش عمده‌ای از مناطق کشور ۵۰ تا ۶۰٪ واریانس بارش را شامل می‌شود. با این وجود در مناطقی از جنوب شرق و شمال غرب کشور تاثیر این مولفه به کمتر از ۲۰٪ می‌رسد. مولفه نیم-سالانه‌ی شبه‌تناوبی قوی تنها در منطقه شمال غرب مشاهده شد. برای دمای سطحی، مولفه سالانه بیش از ۹۰٪ تغییرات واریانس را در همه مناطق کشور شامل می‌شود. تغییرات قابل توجه در محتوای طیفی داده‌های بارش در دو دوره آماری مجزا مشاهده شد، اما برای دما تغییرات طیفی ناچیز بود.

واژه‌های کلیدی: طیف توان تجمعی، دما، بارش، تغییرپذیری، ایران

Application of CSP method to study the variability of climatic data

Abolfazl Neyestani¹

¹Assistant Professor, Physics Department, Razi University

Abstract

In this study, the application of an efficient method, the CSP method, to the temperature and precipitation data is investigated on different regions over Iran in two statistical periods, in order to evaluate the climate variability. For the surface temperature and precipitation, the main quasi-periodic spectral components in different regions of the country were shown without being affected by noise. The annual component of the precipitation includes 50 to 60% of the variance in most parts of the country. However, the impact of this component is less than 20% in the southeast and northwest of the country. A strong semi-annual component was found only in the northwestern region. For surface temperature, the annual component includes more than 90% of the variance in all regions of the country. Significant changes in the spectral content of the precipitation data were observed in two separate statistical periods, but these changes were negligible for temperature.

Keywords: Cumulative spectral power, Temperature, Precipitation, Variability, Iran

۱ مقدمه

شناخت تغییرات در رفتار متغیرهای اقلیمی به درک رفتار سامانه اقلیم کمک می‌کند. از طرفی دما و بارش مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی برای بررسی تغییرات رخ داده در سامانه اقلیم هستند (پیکسوتو و اورت، ۱۹۹۲؛ پندرگراس و همکاران، ۲۰۱۷). این دو متغیر به‌طور تنگاتنگی در بیشتر نقاط کره زمین با هم در ارتباط هستند (ونگ و همکاران، ۲۰۱۲). اطلاعات در مورد تغییراتی که در دما و بارش رخ می‌دهد، حال چه این اطلاعات ناشی از اثرات گرمایش زمین باشند و چه ناشی از واداشت‌های دیگر، برای تصمیم‌گیرندگان در حوزه‌های مدیریت منابع آب، برنامه‌ریزی کشاورزی و سلامت انسان بسیار حائز اهمیت است (عباس‌نیا و توروس، ۲۰۱۸).

در حالت کلی تغییرات دما نسبت به تغییرات بارش برای یک مکان مشخص در طول یک سال خیلی منظم‌تر است و قابلیت پیش‌بینی دقیق‌تر برای آن حداقل در مقیاس زمانی ماهانه فراهم است. تغییرپذیری زمانی و فضایی بارش بر روی

ایران بسیار پیچیده است (علیجانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ خلیلی و همکاران، ۲۰۱۶). ناهمگنی فضایی بارش در ایران ریشه در تغییرات میان مقیاسی دارد که توسط توپوگرافی پیچیده سطح زمین، اثرات دریاهای احاطه کننده، یا توسط سامانه های مدیترانه ای در طول فصل سرد سال بر روی کشور القاء می شود. تاثیر حاشیه ای مانسون در فصل گرم سال در قسمت های جنوبی و جنوب شرقی کشور هم می تواند در این بررسی در نظر گرفته شود. تغییرات زمانی بارش نیز می تواند در ارتباط با چرخش های کلی جهانی باشد (قاسمی و خلیلی، ۲۰۰۸؛ احمدی و همکاران، ۲۰۱۹؛ نیستانی و همکاران، ۲۰۲۲).

هدف اصلی در مطالعه حاضر استفاده از روش های آماری کارآمد برای ارزیابی تغییرپذیری اقلیم و همچنین تعیین مدهای تغییرپذیری غالب در داده های هواشناسی مانند دمای سطحی و بارش است. برای این منظور از روش تحلیل طیف توان تجمعی (CSP) استفاده شده است. این روش تغییرات در توان متغیرهای تحت بررسی را در حوزه بسامد توضیح می دهد. بنابراین استفاده از این روش می تواند در توصیف کمی و کیفی تغییرپذیری اقلیم در مناطق مختلف ایران موثر باشد.

۲ روش تحقیق

در این تحقیق از روش تحلیل طیف توان تجمعی (CSP) به منظور جداسازی توان سری های زمانی در حوزه بسامد در هر دو دوره آماری متفاوت در مناطق مختلف ایران استفاده شده است (۱۹۷۹-۲۰۰۰ و ۲۰۰۰-۲۰۲۰). برای این منظور از داده های شبکه ای ماهانه دما و بارش دریافتی از مراکز بین المللی CPC و NCEP استفاده شده است که در نقاط ایستگاهی درون یابی شده اند. معمولاً به طور سنتی از روش چگالی طیف توان (PSD) برای نمایش بسامدی سری های زمانی استفاده می شود. این روش این امکان را برای ما فراهم می کند که تغییرپذیری های کوتاه مدت و بلند مدت را از همدیگر جدا کنیم و همچنین مکانیزم های عمده در واداشتهای چرخه ای شناسایی می شوند (مودلسی، ۲۰۱۴). اما روش PSD برای سری های زمانی که شامل نوفه هستند از کارآمدی کافی برخوردار نیست (پیتز، ۲۰۰۷؛ لی و پیتز، ۲۰۰۹). برای رفع این مشکل از روش CSP استفاده می شود که این روش کمتر از داده های نوفه آلود تاثیر می پذیرد. ارتباط منحنی CSP به منحنی PSD به طور مشابه با روشی است که تابع توزیع احتمال (CPF) به تابع چگالی احتمال (PDF) در آمار مرتبط می شود (ناصر و همکاران، ۲۰۱۷).

در این مطالعه ایران به ۱۱ منطقه بر اساس رفتار خطی بارش تقسیم شده است. طبقه بندی مناطق در جدول ۱ نشان داده شده اند. هر منطقه شامل تعداد مشخصی از ایستگاه ها است و یک ایستگاه به عنوان مبنا (مرجع) در نظر گرفته شده است و بقیه ایستگاه های اطراف آن ایستگاه که ضریب همبستگی بزرگتر از ۰/۵ داشته اند در تقسیم بندی مربوط به آن منطقه در نظر گرفته شده اند. سپس محاسبات آماری برای هر منطقه به طور جداگانه انجام شده و مناطق مختلف در دو بازه آماری مختلف با همدیگر مقایسه شده اند.

جدول ۱. خلاصه ای از ایستگاه ها و مناطق استفاده شده در این مطالعه.

NW	تبریز، ارومیه، خوی	CS	شیراز، فسا، سیرجان، یاسوج، بوشهر، کرمان
W	کرمانشاه، ایلام، سرپل ذهاب، سنندج، خرم آباد، همدان، سقز، اراک، قم، تهران	S	بندرعباس، بندر لنگه، جزیره کیش، جاسک، بم
SW	اهواز، دزفول، آبادان	NE	مشهد، تربت حیدریه، سبزوار، بجنورد، طبس
N1	رشت، بندر انزلی، رامسر، نوشهر، قزوین، بابل، ساری، اردبیل، زنجان	E	بیرجند، قاین، زابل، زاهدان
N2	گرگان، شاهرود، سمنان	SE	ایران شهر، خاش، سراوان، چابهار
C	اصفهان، شهرکرد، آباد، کاشان، خور و بیابانک، یزد		

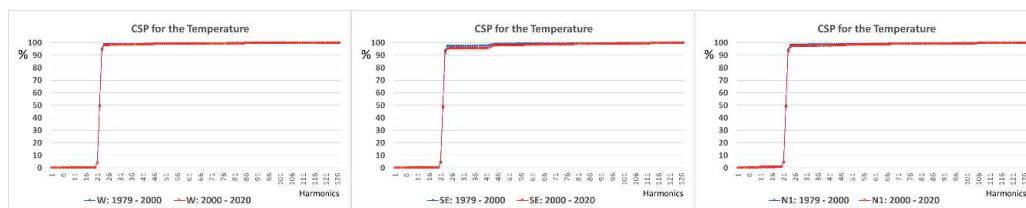
۳ نتیجه گیری

شکل ۱ طیف توان تجمعی (CSP) برای بارش را در دو دوره آماری تحت بررسی در مناطق مختلف بر اساس جدول ۱ نشان می دهد. در این شکل برای هر کدام از مناطق یازده گانه انتخابی بر روی ایران مقدار توان سری زمانی بارش بر

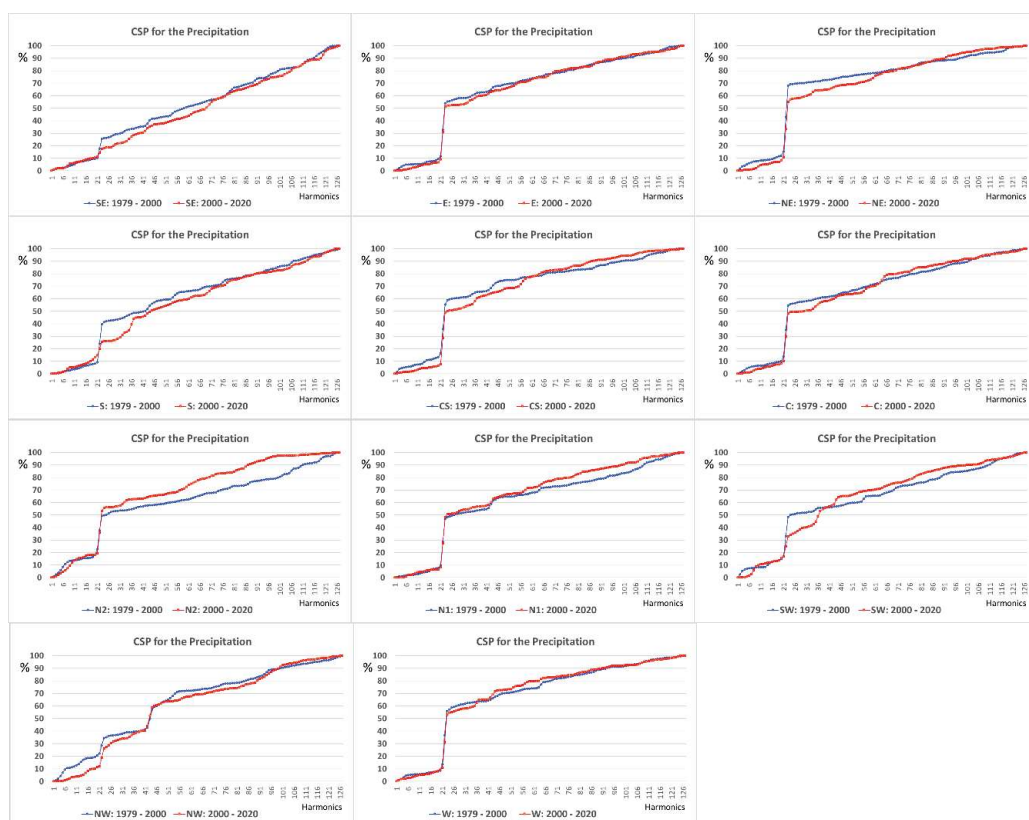
حسب درصدی از توان کلی داده‌ها در حوزه بسامد (هارمونیک‌های مختلف) نشان داده شده است. کوچک‌ترین هارمونیک نشان‌دهنده بزرگ‌ترین چرخه موجود (۲۵۲ ماه) و بزرگ‌ترین هارمونیک نشان‌دهنده کوچک‌ترین چرخه موجود در داده‌ها (۲ ماه) است. به‌طور کلی مشاهده می‌شود که در مناطق مختلف توان (واریانس کلی) سیگنال بارش در بسامدهای مختلف در گستره تغییرات فصلی (کمتر از ۱۲ ماه)، سالانه (تقریباً ۱۲ ماه) و بین‌ساله (بزرگ‌تر از ۱۲ ماه) به‌طور متفاوتی توزیع شده است. مناطقی که تغییر شیب ناگهانی و شدیدی را در نمودار CSP نشان می‌دهند، چرخه‌های احتمالی غالب موجود در داده‌های بارش هستند. به‌طور نمونه چرخه سالانه (تقریباً معادل با هارمونیک ۲۱)، مولفه اصلی در بسیاری از مناطق ایران است که بخش زیادی از تغییرات توان را شامل می‌شود. این چرخه سالانه در مناطق SE و SW در جنوب‌شرق و شمال‌غرب ایران بسیار ضعیف‌تر است، اما چرخه ۶ ماهه قابل‌توجه در محدوده هارمونیک‌های ۴۰ تا ۴۵ در داده‌های بارش منطقه شمال‌غرب حضور دارد.

تغییرات رخ داده در منحنی‌های CSP در دو دوره آماری مختلف می‌تواند نشانگر تغییرپذیری اقلیم ناشی از عوامل مختلف و همچنین اثرات غیرخطی و تصادفی اقلیم باشد. همانطور که مشاهده می‌شود در دو دوره آماری متفاوت، توان طیفی داده‌های بارش در هر کدام از مناطق در بعضی از بسامدها (هارمونیک‌ها) تغییرات بیشتری داشته است (شکل ۱). به‌طور نمونه در بسیاری از مناطق (مانند مناطق S، SE و NE)، مولفه سالانه در سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰ (منحنی قرمز، هارمونیک ۲۱) تضعیف شده است، اما در منطقه‌های N1 و N2 در شمال کشور و در مجاورت دریای خزر، تقویت توان مولفه سالانه در سال‌های اخیر نسبت به دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۰۰ را می‌توان مشاهده کرد. در بسامدهای فصلی و بین‌ساله هم می‌توان تغییرات ایجاد شده را در مناطق مختلف بین این دو دوره آماری مقایسه کرد. به‌طور کلی کمترین تفاوت بین دو دوره آماری تحت بررسی در مناطق E و W مشاهده می‌شود.

تفاوت محتوای طیفی در نمودارهای CSP مربوط به دما در دو دوره آماری تحت بررسی چندان ملموس نیست. این بدین دلیل است که عامل اصلی تعیین‌کننده رفتار دما در هر دو دوره آماری بسیار غالب بوده و شدت آن در بیشتر مناطق تقریباً ثابت است. بنابراین در شکل ۲ که نمودار CSP را برای سه منطقه SE، W و N1 نشان می‌دهد می‌توان مشاهده کرد که تنها چرخه غالب و تاثیرگذار که بیش از ۹۰٪ تغییرات دمای سالانه را در مناطق مختلف ایران شامل می‌شود، همان چرخه سالانه ناشی از واداشت گردش زمین به دور خورشید و تغییر فصل‌ها است. اما این چرخه سالانه در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ نسبت به دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۰۰ در مناطق SE و N1 ضعیف‌تر عمل کرده است و توان کمتری دارد. بنابراین به‌طور کلی، تغییرپذیری دما به عنوان یک عامل اصلی در تغییرپذیری اقلیم در بسامدهای غیرصفر نسبت به تغییرپذیری بارش بسیار کمتر است. به‌طور کلی برای مطالعه تغییرپذیری اقلیم، روش‌های مبتنی بر تحلیل طیفی داده‌ها مانند روش CSP، می‌توانند بسیار سودمند باشند. بنابراین استفاده از این روش‌ها برای مطالعه رفتار متغیرهای مختلف اقلیمی توصیه می‌شود.



شکل ۲. طیف توان تجمعی (CSP) دما برای سه منطقه انتخابی در ایران.



شکل ۱. طیف توان تجمعی (CSP) بارش برای مناطق مختلف ایران.

منابع

- Alijani, B., O'Brien, J., and Yamal, B., 2008, Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, **94**, (1-2), 107-124.
- Abbasnia, M., and Toros, H., 2018, Analysis of long-term changes in extreme climatic indices: a case study of the Mediterranean climate, Marmara Region, Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, **175**, (11), 3861-3873.
- Ahmadi, M., Salimi, S., Hosseini, S. A., Poorantiyosh, P., and Bayat, A., 2019, Iran's precipitation analysis using synoptic modeling of major teleconnection forces (MTF). *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, **85**, 41-56.
- Ghasemi, A. R., and Khalili, D., 2008, The association between regional and global atmospheric patterns and winter precipitation in Iran. *Atmospheric Research*, **88**, (2), 116-133.
- Khalili, K., Tahoudi, M. N., Mirabbasi, R., and Ahmadi, F., 2016, Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **30**, 1-17.
- Lee, S. -C., and Peters, R. D., 2009, A New Look at an Old Tool-the Cumulative Spectral Power of Fast-Fourier Transform Analysis. *Physics Department, Mercer University, Macon, GA 31207*.
- Mudelsee, M., 2014, *Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods*. Springer.
- Nasser, A., Mansour, A., Yao, K. C., Abdallah, H., and Charara, H., 2017, Spectrum sensing based on cumulative power spectral density. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, **38**, 1-19.
- 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.
- Peixoto, J. P., & Oort, A. H., (1992). *Physics of Climate*. 1st ed. American Institute of Physics, pp: 520.
- Pendergrass, A. G., Knutti, R., Lehner, F., Deser, C., and Sanderson, B. M., 2017, Precipitation variability increases in a warmer climate. *Scientific Reports*, **7**, 17966.
- Peters, R. D., 2007, A new tool for seismology-the cumulative spectral power. Mercer University, Macon, Georgia, online at <http://physics.mercer.edu/hpage/CSP/cumulative.html>.
- Wang, H., Kumar, A., Wang, W., and Jha, B., 2012, U.S. summer precipitation and temperature patterns following the peak phase of El Niño. *Journal of Climate*, **25**, 7204-7215.