

Investigating the relationship between climate Teleconnection Indices and Autumnal Rainfall in Iran Watersheds

JALIL HELALI^{1*}, ELHAM PISHDAD², MASOUMEH ALIDADI², SEDIGHE LOUKZADEH³, EBRAHIM ASADI OSKOEI⁴, REZA NOROOZ VALASHEDI⁵

1. Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2. Climatology Department, Geography Faculty, Kharazmi University, Tehran, Iran.

3. Iran Water Resources Management, Tehran, Iran.

4. Atmospheric Science & Meteorological Research Center (ASMERC), Tehran, Iran.

5. Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences & Natural Resources University, Sari, Iran.

(Received: Jan. 22, 2020- Revised: Apr. 27, 2020- Accepted: June. 24, 2020)

ABSTRACT

Seasonal and annual precipitation variations are subject to numerous natural and climatic factors such as climate teleconnection indices (CTIs). The purpose of this study is to investigate the correlation between CTIs and autumnal precipitation in 30 catchments of Iran. For this purpose, autumnal precipitation data were selected from 717 synoptic, climatological and rain gauge stations over a 28-year (1988–2015) climate period, and their correlation with eight CTIs including SOI, MEI, NAO, AO, NCP, C-SST, M-SST, and P-SST were obtained in eight-time lags. Finally, their correlation significance were investigated and analyzed. The results showed a significant positive correlation between the MEI (29.1% to 43.3% of the western, southern, eastern and northeast watershed stations) and the NAO (29.4% of the northwest basin stations), While the SOI (23.3-53.7 stations of the western, southern, eastern and northeast watersheds) and C-SST (23.3 of the southeast watershed stations) had significant negative correlation. In terms of the time step, it was found that the Oct-MEI (43.3% of the stations had a positive correlation) and Aug-SOI (53.7% of the stations had a negative correlation) had a significant correlation with most of the studied stations. From the watershed point of view, it was found that the frequency of significant correlations in different catchments varied between 10.9 and 36%. The results of this study show that about 10 watersheds have a significant correlation with more than 30% of CTIs which changes in each watershed. Consequently, the CTIs with different time steps can be used as predictor variables for autumn precipitation in Iran watersheds.

Keywords: Climate Teleconnection Index, Autumnal Precipitation, Iran Watersheds, Sea Surface Temperature.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی حوضه‌های آبریز مورد مطالعه دوره اقلیمی ۱۹۸۸-۲۰۱۵

نام حوضه	علامت اختصاری	مساحت (M ha)	تعداد ایستگاه‌ها	متوسط بارش پاییزه (mm)	متوسط بارش سالانه (mm)
ابرکوه-سیرجان	ABS	۵/۳۵۷	۷	۳۸	۱۶۸/۳
ارس	ARZ	۴/۰۹۹	۳۲	۷۲	۳۰۰
اترک	ATR	۲/۶۹۹	۱۴	۸۴/۵	۳۳۵/۲
بندرعباس-سدیج	BDA	۴/۰۶۸	۴۵	۳۸/۷	۲۰۱/۱
کویر مرکزی	CTD	۲۲/۴۱۸	۵۵	۴۷/۸	۲۱۱/۷
کویر درانجیر	DJD	۴/۷۶۷	۱۰	۲۸	۱۵۲/۲
گاوخونی	GKH	۳/۹۸۸	۱۸	۹۱/۳	۳۱۲/۱
کارون بزرگ	GKR	۴۳/۶	۴۴	۱۵۷/۸	۵۱۷/۴
هامون-هیرمند	HAH	۳/۱۸۹	۵	۱۱/۶	۸۲/۳
هامون-جازموریان	HAI	۶/۳۵۲	۱۱	۲۱/۱	۱۴۴/۸
هامون-مشکیل	HAM	۳/۳۴۳	۶	۱۴/۳	۹۵/۲
هراز-سفیدرود	HAS	۱/۱	۱۴	۴۵۲/۸	۱۰۹۱/۵
حله	HLL	۱/۹۸	۱۳	۱۰۹/۹	۳۳۶/۶
جراحی-زهره	JAZ	۳/۸۴۲	۳۶	۱۳۸/۷	۴۱۹/۴
کل-مهران	KAM	۵/۷۵۷	۳۰	۳۷/۲	۱۹۱
نمکزار خواف	KHD	۳/۲۰۸	۶	۳۲/۲	۱۷۷/۴
کرخه	KRK	۵/۰۱۱	۲۴	۱۲۸	۳۹۳/۵
دشت لوت	LUD	۱۹/۴۹۹	۱۱	۱۸/۵	۱۱۸/۶
مند	MND	۴/۳۸۷	۱۵	۹۵/۲	۳۶۶/۷
قره‌سو-گرگام	QAG	۱/۳۲۵	۱۹	۱۵۱/۹	۵۲۱/۲
قره‌سو-هراز	QAH	۱/۸۸۴	۳۰	۲۳۴/۹	۶۵۹/۳
قره‌قوم	QRQ	۴/۴۲۱	۲۹	۴۵/۶	۲۴۳/۷
بلوچستان جنوبی	SBL	۴/۳۷۹	۷	۳۲/۸	۱۴۱/۴
سفیدرود	SFR	۵/۹۶۱	۳۴	۱۴۴/۴	۴۵۷/۷
بیابان سیاه‌کوه	SKD	۴/۷۰۶	۸	۳۰/۴	۱۲۸/۴
دریاچه نمک	STL	۹/۱۳۵	۹۲	۹۸/۹	۳۴۱/۲
تشک-بختگان-مهارلو	TBM	۲/۹۴۴	۲۳	۹۷/۴	۳۸۵/۱
روخانه‌های تالش	TLS	۰/۶۹۶	۸	۹۴۶/۶	۱۲۵۳/۶
دریاچه ارومیه	URL	۵/۲۷۲	۵۸	۹۶	۳۲۵/۶
مرز غربی	WSB	۳/۸۸۹	۱۳	۱۴۸/۵	۴۸۴

یافته‌ها

همبستگی نمایه‌ها با بارش فصل پاییز

نمایه MEI

بر اساس نتایج به دست آمده از بررسی همبستگی بین نمایه‌های دورپیوندی با بارش پاییزه در حوضه‌های آبریز ایران مشخص شد که همبستگی بارش پاییزه با نمایه MEI، از ۰/۲- تا ۰/۸+ در نوسان بوده و در یک نگاه کلی، اثرهای متفاوتی از این نمایه در بعضی از حوضه‌های آبریز نیمه‌های غربی و شرقی ایران پدیدار شده است (شکل ۲). در حالی که در حوضه‌هایی از نیمه غربی ایران، از ابتدای فصل تابستان به سمت پاییز، به تدریج بر مقادیر همبستگی مثبت به ویژه در حوضه‌هایی همانند مرز غربی، سفیدرود، کرخه و جراحی-زهره افزوده شده و در ماه‌های اکتبر و نوامبر افزایش یافته است، در بخش‌هایی از نیمه شرقی همانند

جنوب قره‌قوم و شمال بیابان خواف، جنوب کویر مرکزی، مرز بین حوضه‌های هامون-هیرمند و کویر لوت، از شدت همبستگی‌های مثبت کاسته شده است. در حوضه‌های مرکزی ایران، غلبه با مقادیر همبستگی منفی ضعیف و مثبت ضعیف (بین ۰/۲- تا ۰/۴+) بوده که در نیمه شمالی آن به‌ویژه در حوضه‌های قره‌سو-هراز، شمال دریاچه نمک و بخش شمالی کویر مرکزی در مناطقی که با توجه به شکل (۱)، تراکم بیش‌تری از ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود، میزان همبستگی منفی ضعیف غالب بوده ولی به سمت بخش‌های جنوبی‌تر، همبستگی مثبت با شدت بیشتری نمایان شده است. در الگوهای میانگین Summer، ASO و SON در مقایسه با الگوهای ماهانه، از شدت مثبت و منفی بودن همبستگی نمایه MEI با بارش، کاسته شده است. در میان سه الگوی گفته شده، پراکندگی مقادیر همبستگی مثبت و منفی، همانند بوده است به طوری که در هر سه الگو، بیشترین مقادیر همبستگی

است.

نمایه NAO

در ماه جولای، در بیشتر حوضه‌های نیمه شمالی، همبستگی منفی بین نمایه NAO و بارش، چیرگی داشته است. سپس در ماه اوت، بر شدت این همبستگی‌های منفی افزوده شده، در حالی که در ماه سپتامبر، به جز حوضه‌های دریاچه نمک، کرخه، سفیدرود، مرز غربی و بخش‌هایی از کارون بزرگ، دریاچه ارومیه، رودخانه‌های بین هراز و قره‌سو و باریکه‌ای از حوضه قره‌قوم، در حوضه‌های آبریز دیگر، همبستگی به سمت مثبت گرایش یافته و در بخش‌هایی از حوضه‌های هامون-هیرمند و جازموریان، کل-مهران، قره‌قوم، اترک و ارس، بیشینه مقدار آن به محدوده ۰/۴- رسیده است. در ماه اکتبر، همبستگی مثبت بر حوضه‌های ارس، رودخانه‌های تالش، دریاچه نمک، کویر مرکزی، بخش‌هایی از قره‌قوم و اترک، هامون-هیرمند، کویر لوت و کل-مهران چیرگی یافته و در دیگر حوضه‌ها، همبستگی‌های منفی نمایان شده که مرکز بیشینه آن در حوضه دریاچه ارومیه شکل گرفته است. در ماه نوامبر، بیشترین مقادیر همبستگی مثبت در حوضه‌های شمال غربی و با شدتی کمتر و محدودتر در شمال شرقی ایران شکل گرفته، به سمت مناطق داخلی از شدت آن‌ها کاسته شده و در نیمه جنوبی، همبستگی‌های منفی نمایان شده است. بیشینه همبستگی‌های مثبت و منفی ماه مورد نظر، به ترتیب بر حوضه‌های شمال غربی و جنوب شرقی ایران پدیدار شده است. به‌طور کلی، بیشترین مقادیر همبستگی مثبت و منفی نمایه NAO به ترتیب با بارش ماه‌های نوامبر و اوت و به‌طور عمده‌ای متمرکز بر نیمه شمالی ایران بوده است. مرکز بیشینه همبستگی منفی در بخش غربی مربوط به حوضه کویر مرکزی و مراکز بیشینه همبستگی مثبت بر حوضه‌های شمال غربی ایران منطبق بوده است. در میان الگوهای فصلی Summer، ASO و SON، همبستگی منفی در الگوی ASO چیرگی یافته و بیشینه آن در حوضه‌های شمال غربی شامل دریاچه ارومیه، سفیدرود و بخش‌هایی از مرز غربی مشاهده شده است. سپس به سمت مناطق جنوبی و جنوب شرقی از شدت همبستگی‌های منفی کاسته شده است. در Summer، الگویی همانند با ASO نمایان شده با این تفاوت که از یک‌سو، مراکز بیشینه همبستگی منفی از شمال غربی به سمت حوضه‌های میانی در نیمه شمالی کشیده شده و از سوی دیگر، همبستگی منفی، گستردگی کمتری در نیمه جنوبی نشان داده و بنابراین، همبستگی مثبت شدت یافته است. در SON، شرایطی متفاوت از دو الگوی گفته شده وجود داشته است، به‌طوری‌که همبستگی‌های مثبت و منفی، به ترتیب در نیمه‌های

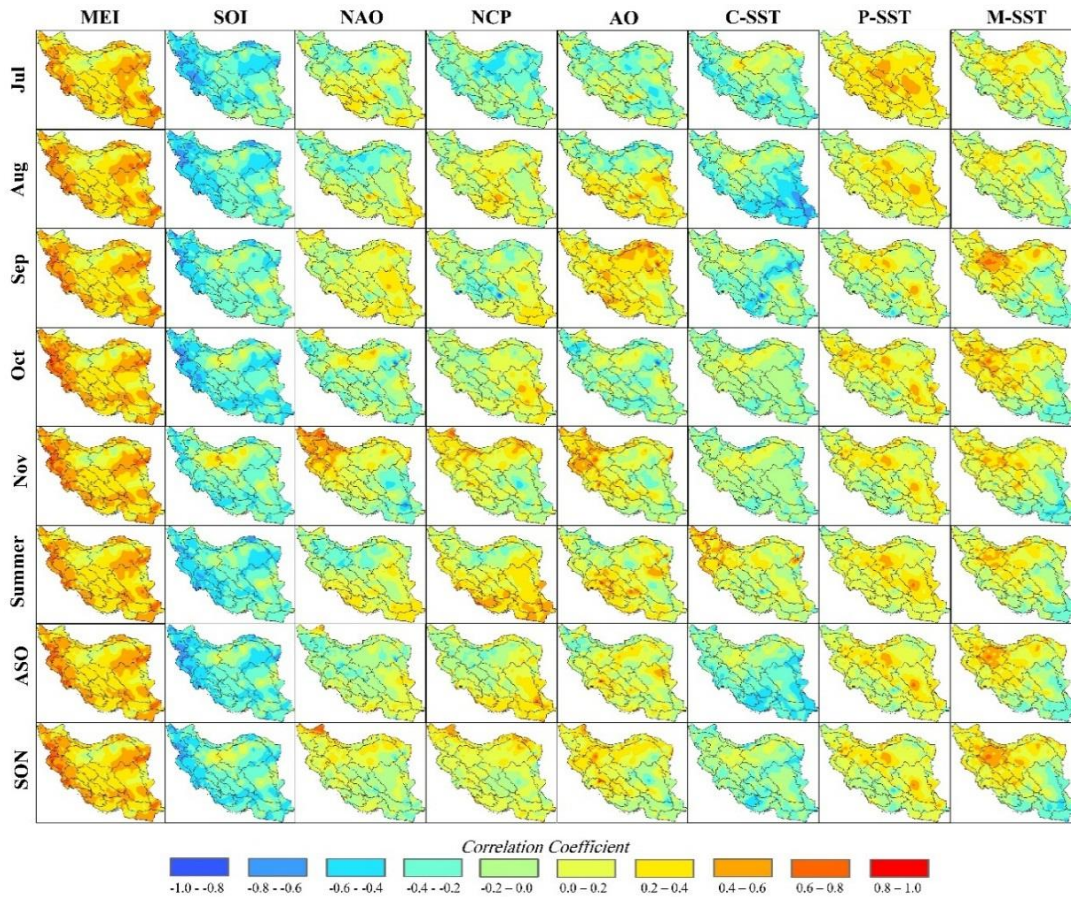
مثبت، نخست در حوضه‌های غربی ایران به‌ویژه مرز غربی، به شکل یکنواخت‌تر و سپس در بخش‌هایی از حوضه‌های شرقی، به شکل پراکنده نمایان شده است. بیشینه همبستگی مثبت در حوضه مرز غربی و بین ۰/۸-۰/۶ قرار داشته است. به‌طور عمده در حوضه‌های شمالی، از میانه دریاچه نمک تا شمال قره‌قوم، بخش‌های شمالی حوضه‌های ارس و هامون-هیرمند، پهنه‌ای از کاهش همبستگی مثبت و گرایش به همبستگی منفی پدیدار شده که بیشینه آن (بین ۰/۰ تا ۰/۲-) در محدوده نیمه شمالی ایران و به‌ویژه بخش غربی مربوط به حوضه کویر مرکزی متمرکز بوده است. از میان الگوهای شرح داده شده، بیشینه مقادیر همبستگی مثبت نمایه MEI با بارش پاییزه حوضه‌های آبریز ایران، در میان الگوهای ماهانه به ترتیب در ماه‌های اکتبر و نوامبر (۰/۸ تا ۰/۶) پدیدار شده است. مقادیر همبستگی منفی در همه الگوها، به جز اوت، از نظر شدت (کمتر از ۰/۲-) همانند بوده ولی از نظر گستره همبستگی، نخست الگوی جولای و سپس اکتبر و سپتامبر جای می‌گیرد. در میان الگوهای سه ماهه یا فصلی، هر دو مرکز بیشینه همبستگی‌های مثبت و منفی، در الگوی SON شکل گرفته که از نظر شدت و گستره همبستگی، تفاوت چندانی با الگوهای ماهانه نشان نداده است.

نمایه SOI

در مورد نمایه SOI، شرایط وارونه‌ای در مقایسه با نمایه MEI وجود داشته و همبستگی منفی غلبه یافته است. در بین ماه‌های جولای، اوت و سپتامبر، مقادیر همبستگی منفی در ماه اوت از شدت بیشتری نسبت به دو ماه دیگر برخوردار بوده است. در این ماه، بیشینه همبستگی منفی در بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه، بخش اندکی از حوضه سفیدرود و بخش شمالی حوضه مرز غربی نمایان شده است. در حالی که بیشینه همبستگی مثبت، بر شرق حوضه کویر مرکزی، بخش‌هایی از دریاچه نمک، هراز-قره‌سو، هامون-جازموریان و هامون-هیرمند چیرگی داشته است. در ماه‌های جولای و سپتامبر، در مقایسه با ماه اوت، از شدت مقادیر همبستگی منفی کاسته شده و در ماه سپتامبر، با شدت بیشتری نمایان شده است. در ماه‌های اکتبر و نوامبر، این شرایط شدت بیشتری یافته تا این‌که در ماه نوامبر، همبستگی مثبت بر حوضه‌های کویر مرکزی، دریاچه نمک و هراز-قره‌سو، چیره شده است. از میان الگوهای فصلی Summer، ASO و SON، بیشینه همبستگی منفی در ASO و در حوضه مرز غربی و بیشینه همبستگی مثبت در SON و در غرب دریاچه نمک و شرق کویر مرکزی شکل گرفته است. بدین ترتیب، بیشینه‌های همبستگی منفی و مثبت نمایه SOI به ترتیب در ASO و نوامبر نمایان شده

ماهه نیز، SON و Summer به ترتیب بیشترین مقادیر همبستگی منفی و مثبت را بین نمایه NAO با بارش نشان داده‌اند.

شمالی و جنوبی چیرگی نشان داده و مراکز بیشینه آن‌ها نیز در حوضه‌های ارس و بلوچستان جنوبی نمایان شده است. بنابراین، در میان الگوهای ماهانه، اوت و نوامبر و در میان الگوهای فصلی یا سه



شکل ۲- ضریب همبستگی بارش پاییزی با نمایه‌های دورپیوندی ماهانه و فصلی

حوضه‌های کارون بزرگ، گاوخونی، طشک-بختگان، مند، جراحی-زهره، ابرقو-سیرجان و نیز بخش‌های کوچکی از اترک، قره‌قوم، قره‌سو-گرگان و کویر مرکزی مشاهده شده است. همبستگی‌های مثبت ضعیف، در بخش‌هایی از شمال غرب و به‌طور پیوسته در نیمه‌های شرقی و جنوبی نمایان شده که مرکز بیشینه آن با همبستگی ۰/۴-۰/۲ در حوضه‌های جنوب شرقی متمرکز شده است. در ماه اکتبر، همین مرکز بیشینه به سمت نیمه شرقی جابه‌جا شده و بر فراز بخش‌هایی از کویر لوت و هامون-هیرمند قرار گرفته است. به‌طور کلی در ماه اکتبر در مقایسه با سپتامبر، از شدت و گستردگی همبستگی منفی کاسته شده و مرکز بیشینه آن (۰/۴- تا ۰/۲-) بر فراز بخش شمالی دریاچه نمک قرار گرفته است. در ماه نوامبر، شرایطی متفاوت از ماه‌های دیگر مشاهده شده و با چیرگی همبستگی مثبت بر حوضه‌های نیمه شمالی ایران، مراکز بیشینه‌ای از آن با مقادیر ۰/۶ تا ۰/۴ بر فراز شمال دریاچه نمک و بخش‌هایی از اترک، قره‌قوم و ارس شکل گرفته است. همبستگی‌های منفی نیز در این

نمایه NCP

نمایه NCP در ماه جولای، همبستگی منفی را در بیشتر مناطق ایران نمایان کرده و مراکز بیشینه آن از دریاچه نمک و کویر مرکزی به سمت شمال شرقی ایران امتداد یافته است. اگرچه همبستگی‌های مثبت در همه مناطق، پراکنده شده ولی بیشینه‌های آن در جنوب شرقی، به‌ویژه در بخش‌هایی از حوضه‌های کویر لوت، کویر درانجیر و بندرعباس-سدیج نمایان شده است. در ماه اوت، همبستگی‌های مثبت، هرچند به شکل ضعیف، بر همبستگی‌های منفی پیشی گرفته و مراکز بیشینه آن به‌طور عمده در حوضه‌های ابرقو-سیرجان، مند و بخش‌هایی از کویر سیاه‌کوه، طشک-بختگان-مه‌ارلو، کل-مهران، هراز-قره‌سو و قره‌سو-گرگان شکل گرفته است. همبستگی‌های منفی نیز بیشتر در حوضه‌های شمال غربی و تا حدودی شمال شرق و جنوب غرب متمرکز شده است. در ماه سپتامبر، برخلاف اوت، شرایط همبستگی منفی بر بخش‌های گسترده‌ای از حوضه‌های آبریز ایران چیرگی داشته و مرکز بیشینه آن به شکل پهنه‌ای بر

بر بیشتر مناطق ایران شکل گرفته است. بیشینه‌های همبستگی منفی که در محدوده ۰/۰ تا ۰/۲ قرار داشته، بر حوضه‌های ارس، رودخانه‌های تالش، دریاچه نمک، اترک و قره‌قوم نمایان شده است. در ماه نوامبر، همبستگی منفی در نیمه‌های شرقی، جنوب‌شرقی و بخش‌هایی از جنوب مشاهده شده و از این مناطق به سمت نیمه شمالی، بر شدت همبستگی‌های مثبت افزوده شده تا این‌که در محدوده حوضه‌های دریاچه نمک، کرخه، سفیدرود و مرزی غرب، مراکز بیشینه آن نمایان شده است. در میان الگوهای فصلی یا سه ماهه Summer، SON و ASO، بیشینه‌های همبستگی مثبت (۰/۶ تا ۰/۴) در الگوی Summer در جنوب غرب ایران و در مرزهای مشترک مربوط به حوضه‌های کارون بزرگ، جراحی-زهره، طشک-بخنگان و حله شکل گرفته است. با وجود این‌که در همین الگو، همانند با الگوی ASO، مرکز بیشینه همبستگی منفی نیز وجود داشته ولی در مقایسه با الگوی ASO، از یک سو پهنه کمتری را پوشش داده و از سوی دیگر این مرکز بیشینه از دریاچه ارومیه به سمت شمال جابه‌جا شده و در محدوده حوضه رودخانه‌های تالش و شمال سفیدرود قرار گرفته است. در الگوی SON در مقایسه با دو الگوی اشاره شده، از شدت همبستگی‌های مثبت و منفی کاسته شده ولی هم‌چنان چیرگی با همبستگی‌های مثبت بوده است. بنابر مطالب گفته شده، بیشترین گستره همبستگی‌های مثبت و منفی نمایه AO با بارش، به‌ترتیب در ماه‌های سپتامبر و اکتبر نمایان شده است.

نمایه C-SST

در میان الگوهای ماهانه مربوط به نمایه C-SST، الگوی ماه اوت، بیشترین مقادیر همبستگی منفی را نمایان کرده که از شمال به جنوب کشور بر شدت آن افزوده شده و مراکز بیشینه آن با مقادیر بین ۰/۸ تا ۰/۶ در جنوب شرق و در محدوده حوضه‌های هامون-هیرمند و هامون-مشکیل شکل گرفته است. در الگوی ماه سپتامبر نیز تا اندازه‌ای مقادیر همبستگی منفی در بخش‌هایی از حوضه‌های نمک‌زار خواف، کویر لوت، کویر مرکزی و مند، افزایش نشان داده ولی در الگوهای دیگر این مقادیر با شدتی همانند نمایان شده است. شدت همبستگی مثبت (۰/۲ تا ۰/۰) در هر سه الگوی جولای، اوت و سپتامبر، به‌طور تقریبی همانند بوده، گرچه در جولای، محدود کوچکی از همبستگی ۰/۶ تا ۰/۴ در شمال قره‌قوم نمایان شده است. از ماه جولای به‌تدریج از گستره همبستگی کاسته شده تا این‌که در ماه سپتامبر به بخش‌های کوچکی از حوضه‌های دریاچه نمک و رودخانه‌های تالش محدود شده است. دو الگوی اکتبر و نوامبر، از نظر شدت و پراکندگی همبستگی مثبت (۰/۲ تا ۰/۰) همانند بوده است. بنابراین

الگو با مقادیر کمتر از ۰/۲- به حوضه‌های جنوب، جنوب‌شرقی و شرقی محدود شده است. بنابر مواردی که گفته شد، وضعیت همبستگی نمایه NCP با بارش در ماه نوامبر، شرایطی عکس ماه اکتبر را نشان داده است. در میان نمایه‌های سه ماهه، نحوه پراکندگی همبستگی‌های مثبت و منفی در گستره ایران، تا اندازه‌ای همانند است با این تفاوت که میزان بیشینه همبستگی مثبت در الگوی Summer بین ۰/۶ تا ۰/۴ و در الگوی ASO، بین ۰/۴ تا ۰/۲ و بیشتر در حوضه‌های جنوبی و جنوب‌شرقی بوده است. بیشینه‌های همبستگی منفی نیز در هر دو الگو، در بخش‌هایی از حوضه‌های کویر مرکزی و دریاچه نمک قرار گرفته است. در الگوی SON، مقادیر همبستگی مثبت چیرگی یافته و مراکز بیشینه آن در مرز مشترک حوضه‌های اترک و قره‌قوم و بخش شرقی ارس با مقدار ۰/۶ تا ۰/۴ شکل گرفته است. همبستگی منفی ضعیف (۰/۲- تا ۰/۰) فقط در بخش‌هایی از حوضه‌های مرکزی ایران شامل کویرهای لوت، درانجیر و سیاه‌کوه، ابرقو-سیرجان و بخش غربی حوضه کارون بزرگ، نمایان شده است. بنابراین، در میان الگوهای ماهانه، ماه‌های جولای و نوامبر، به‌ترتیب بیشترین گستره همبستگی‌های منفی و مثبت را به خود اختصاص داده‌اند.

نمایه AO

در ماه جولای، همبستگی منفی بر بیشتر حوضه‌های آبریز ایران نمایان شده که در نیمه شمالی از شدت بیشتری برخوردار بوده است. همبستگی‌های مثبت ضعیف (۰/۲ تا ۰/۰) به‌طور پراکنده بر مناطقی از شمال غرب، شمال شرق، جنوب غرب و جنوب شرق قرار گرفته است. با فرا رسیدن ماه اوت، همبستگی مثبت بر مناطق گسترده‌ای از ایران پیشی گرفته، افزون بر این‌که در مقایسه با ماه جولای، بر شدت آن نیز افزوده شده و به ۰/۴ تا ۰/۲ رسیده است. با وجود این‌که از گستره همبستگی‌های منفی کاسته شده ولی با شدت بیشتری (۰/۶- تا ۰/۴-) بر حوضه‌های شمالی و شمال شرقی پدیدار شده است. در ماه سپتامبر، شرایط دگرگون شده و با چیرگی همبستگی‌های مثبت به‌ویژه از شمال شرق به سمت جنوب غرب ایران، همبستگی‌های منفی ضعیف (کمتر از ۰/۲-) به حوضه‌های هامون-مشکیل و رودخانه‌های تالش محدود شده است. مراکز بیشینه همبستگی مثبت نیز بر فراز حوضه‌های اترک، کویر مرکزی، گاوخونی و مند شکل گرفته است. در ماه اکتبر بار دیگر شرایطی همانند با ماه جولای تکرار شده با این تفاوت که بر شدت همبستگی‌های منفی در حوضه‌های شمال غرب افزوده شده و مرکز بیشینه آن بر دریاچه ارومیه قرار گرفته است. در این ماه، همبستگی منفی ضعیف (۰/۲- تا ۰/۰)

همبستگی‌های مثبت و منفی نمایه P-SST با بارش، به ترتیب در ماه‌های جولای و سپتامبر پدیدار شده است.

نمایه M-SST

از مقایسه الگوهای جولای تا نوامبر، مشخص می‌شود که به تدریج بر شدت و گستره همبستگی منفی، به‌ویژه در حوضه‌های شرق تا جنوب غرب ایران افزوده شده و به محدوده ۰/۶ - تا ۰/۴ - نیز رسیده است درحالی‌که چنین روندی در همبستگی مثبت مشاهده نمی‌شود. مراکز بیشینه همبستگی مثبت (۰/۶ تا ۰/۴) در همه الگوها، به‌ویژه سپتامبر تا نوامبر، بر دریاچه نمک متمرکز بوده و در الگوی سپتامبر با گستردگی و یکنواختی بیشتری نمایان شده است. در میان الگوهای فصلی یا سه ماهه، بیشترین شدت و گستره همبستگی‌های مثبت و منفی، به ترتیب در Summer، SON و ASO پدیدار شده است. آنچه که در همه الگوهای اشاره شده وجود دارد این است که روند کاهش همبستگی مثبت، از محدوده حوضه سفیدرود آغاز شده و در جنوب شرق ایران به بیشینه همبستگی منفی رسیده است.

بررسی معناداری همبستگی‌ها

نتایج حاصل از معناداری همبستگی‌ها نشانگر این است که نمایه MEI در حدود ۳۰ درصد مناطق، همبستگی مثبت و نمایه SOI نیز در حدود ۲۵ درصد مناطق، همبستگی منفی با بارش پاییزه داشته است (شکل ۳). تحلیل دقیق‌تر نشان می‌دهد که سایر نمایه‌ها در مناطق محدودی همبستگی معنادار با بارش پاییزه داشته‌اند (نمایه NAO در شمال غرب همبستگی مثبت؛ نمایه AO سپتامبر در بخش‌هایی از حوضه اترک و کویر مرکزی و AO نوامبر در بخش‌هایی از حوضه‌های دریاچه نمک، کرخه و کارون همبستگی مثبت؛ نمایه NCP در بخش‌هایی از حوضه‌های قره‌قوم، دریاچه نمک و بخش‌هایی از جنوب شرق؛ نمایه C-SST اوت در بخش‌های جنوب شرقی همبستگی منفی و C-SST تابستان در بخش‌هایی از شمال غرب همبستگی مثبت؛ و نمایه M-SST در بخش‌هایی از حوضه دریاچه نمک و سفید رود همبستگی مثبت). همچنین از بررسی نتایج مشخص شد، نمایه‌هایی که در بیش از ۲۰ درصد ایستگاه‌ها معناداری نشان داده‌اند، دو نمایه MEI و SOI بوده‌اند (جدول ۲). با توجه به این جدول مشخص شد که نمایه MEI در مقیاس‌های زمانی مختلف در سطح ۵ درصد (۲۹/۴ تا ۴۳/۳ درصد ایستگاه‌ها) و در سطح ۱ درصد (۲۰/۴ تا ۲۲/۶ درصد ایستگاه‌ها) همبستگی مثبت معنادار با بارش پاییزه حوضه‌های ۳۰ گانه ایران نشان داد. همچنین نمایه SOI در سطح ۵ درصد (۲۳/۳ تا ۵۳/۷ درصد ایستگاه‌ها) و در سطح ۱ درصد (۲۰/۱ تا ۲۸/۶ درصد ایستگاه‌ها) همبستگی منفی و معنادار با

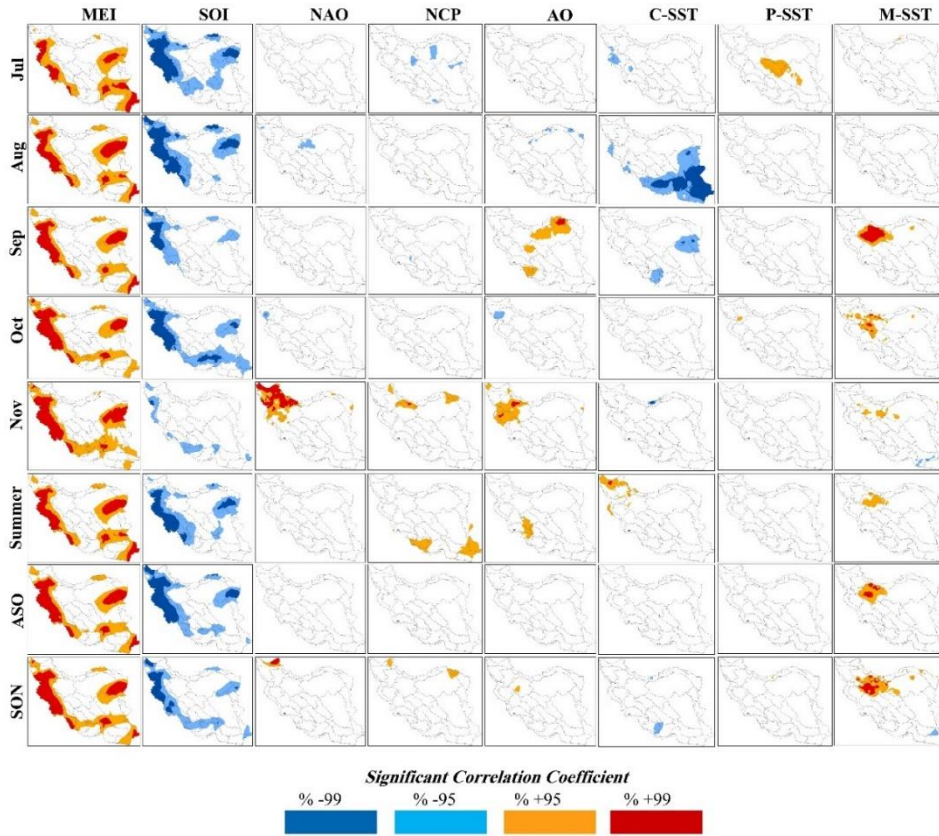
بیشینه‌ترین همبستگی‌های مثبت و منفی C-SST با بارش، به ترتیب در نمایه‌های جولای و اوت پدیدار شده است. در میان الگوهای فصلی یا سه ماهه، الگوی Summer، با نشان دادن میزان همبستگی ۰/۶ تا ۰/۴ در حوضه‌های شمال غرب، بیشترین شدت همبستگی مثبت را به خود اختصاص داده، درحالی‌که همبستگی منفی در این الگو به کمتر از ۰/۲ - رسیده است. در الگوی ASO نسبت به Summer، شدت همبستگی منفی تغییری نشان نداده ولی از نظر پراکندگی، از حوضه‌های داخلی به سمت شمال شرق، شمال غرب و جنوب غرب کشیده شده است. در مناطق دیگر ایران نیز، همبستگی‌های مثبت چیرگی یافته که مراکز بیشینه آن (۰/۴ تا ۰/۲) به‌طور عمده‌ای و در امتداد شمال غرب-جنوب شرق، از حوضه‌های سفیدرود تا کویر سیاه‌کوه و از کویر لوت تا هامون-هیرمند کشیده شده است. در الگوی SON، درحالی‌که مقدار همبستگی مثبت، کمتر از دو الگوی دیگر بوده، افزایش چشمگیری در میزان همبستگی منفی رخ داده، به‌طوری‌که مقدار بیشینه آن در بخش‌هایی از حوضه‌های مند و هراز-قره‌سو به ۰/۶ - تا ۰/۴ - رسیده است. بنابراین، بیشینه‌ترین مقادیر همبستگی مثبت و منفی، به ترتیب در الگوهای Summer و SON مشاهده شده است.

نمایه P-SST

در الگوی ماه جولای، همبستگی منفی ضعیف (کمتر از ۰/۲ -) در محدوده‌های بسیار کوچکی از شمال غرب ارس و شمال اترک شکل گرفته و در مناطق دیگر، چیرگی با همبستگی مثبت بوده است. شدت همبستگی‌های مثبت در حوضه‌های داخلی، بیش از حوضه‌های نیمه شمالی و جنوب شرق بوده و مرکز بیشینه آن (۰/۶ تا ۰/۴) بر کویر سیاه‌کوه شکل گرفته است. در ماه‌های اوت و به‌ویژه سپتامبر، بر مقدار همبستگی منفی افزوده شده و در بخش کوچکی از ارس و نیمه جنوبی کل-مهران، این مقدار به ۰/۴ - افزایش رسیده است. در ماه اکتبر، با همان شدت ماه‌های پیشین، بر گستره همبستگی مثبت افزوده شده درحالی‌که از شدت و گستره همبستگی منفی کاسته شده است. در ماه نوامبر، اندکی از گستره همبستگی مثبت کاسته و بر شدت همبستگی منفی در حوضه‌های جنوب غربی افزوده شده است. در میان الگوهای فصلی یا سه ماهه، شدت همبستگی‌های مثبت و منفی، جز در موارد اندکی، همانند ولی از نظر گستره همبستگی، متفاوت بوده است. به‌طوری‌که در الگوی Summer، به ترتیب کمترین و بیشترین گستره همبستگی‌های منفی و مثبت نمایان شده، درحالی‌که در دو الگوی ASO و SON، همانندی بیشتری مشاهده شده است. بدین ترتیب، بیش‌ترین شدت و نیز گستره

این است که بیشترین ایستگاه‌های دارای همبستگی‌های مثبت معنادار متعلق به Oct-MEI (۴۳/۳ درصد) و منفی معنادار متعلق به Aug-SOI (۵۳/۷ درصد) است (جدول ۲ و شکل ۳).

بارش پاییزه داشتند. بررسی کلی مشخص نمود بارندگی پاییزه در بخش قابل ملاحظه‌ای از ایستگاه‌ها (تا ۵۳ درصد) همبستگی معنادار با دو نمایه MEI و SOI داشته است. نتایج نهایی نشانگر



شکل ۳- ضریب‌های همبستگی معنادار بارش پاییزی با نمایه‌های دورپیوندی ماهانه و فصلی

جدول ۲- نمایه‌های دورپیوندی که در بیش از ۲۰ درصد ایستگاه‌های حوضه‌ها همبستگی معنادار دارند

درصد معناداری							
		-۰/۰۵		+۰/۰۱		+۰/۰۵	
درصد	نمایه	درصد	نمایه	درصد	نمایه	درصد	نمایه
۲۶/۲	Jul-SOI	۵۲/۹	Jul-SOI	۲۲/۶	Oct-MEI	۲۹/۴	Jul-MEI
۲۸/۶	Aug-SOI	۵۳/۷	Aug-SOI	۲۲/۶	Nov-MEI	۳۵	Aug-MEI
۲۳/۷	Oct-SOI	۲۳/۳	Aug-C-SST	۲۰/۴	ASO-MEI	۳۶/۵	Sep-MEI
۲۰/۱	Summer-SOI	۳۱/۸	Sep-SOI	۲۱/۵	SON-MEI	۴۳/۳	Oct-MEI
۲۴	ASO-SOI	۴۳/۴	Oct-SOI			۲۹/۴	Nov-NAO
		۴۴/۶	Summer-SOI			۳۵/۴	Summer-MEI
		۴۹/۵	ASO-SOI			۳۸/۳	ASO-MEI
		۳۷/۲	SON-SOI			۴۲/۱	SON-MEI

SST در بیش از ۱۰ درصد ایستگاه‌های حوضه‌های آبریز کشور، همبستگی معنادار با بارش پاییزه نشان داده‌اند (شکل ۴).

بررسی درصد همبستگی‌های معنادار به تفکیک حوضه‌های آبریز

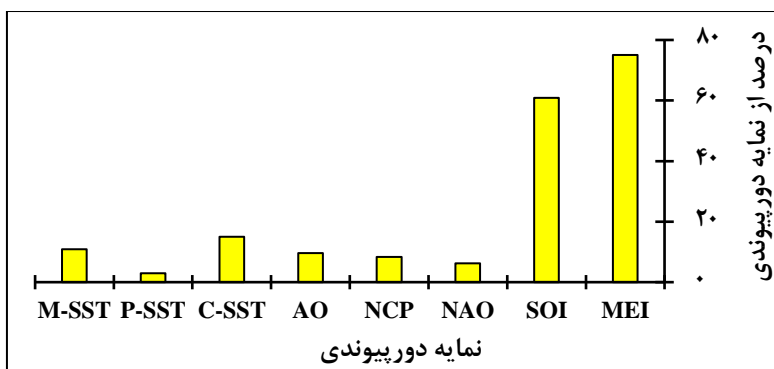
با توجه به نتایج به دست آمده مشخص شد که بیشترین و کمترین فراوانی همبستگی معنادار بارش‌های پاییزه با نمایه‌های

بررسی درصد همبستگی‌های معنادار ایستگاهی

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد بیشترین فراوانی همبستگی معنادار نمایه‌های دورپیوندی با بارش پاییزه متعلق به نمایه‌های MEI و SOI (به ترتیب ۷۵ و ۶۰/۸ درصد ایستگاه‌ها) و کمترین آن نیز متعلق به دو نمایه P-SST و NAO (به ترتیب ۲/۹ و ۶/۳ درصد ایستگاه‌ها) می‌باشد و سایر نمایه‌ها به‌ویژه C-SST و M-

هامون-هیرمند، قره‌قوم و گاوخونی فراوانی همبستگی‌های معنادار به ترتیب ۳۲/۸، ۳۲/۸، ۳۵/۹، ۳۱/۳، ۳۴/۴، ۳۵/۹، ۲۶/۶، ۲۷/۹، ۱۵/۶ و ۳۵/۹ درصد بوده است.

دورپیوندی به ترتیب در حوضه‌های کویری مرکزی و کویر درنجان (به ترتیب ۳۹/۱ و ۱/۶) پدیدار شده است (جدول ۳). در حوضه‌های آبریز مهم از جمله کارون، کرخه، دریاچه ارومیه، دریاچه نمک، مرز غربی، سفیدرود، اترک، هامون-جازموریان،



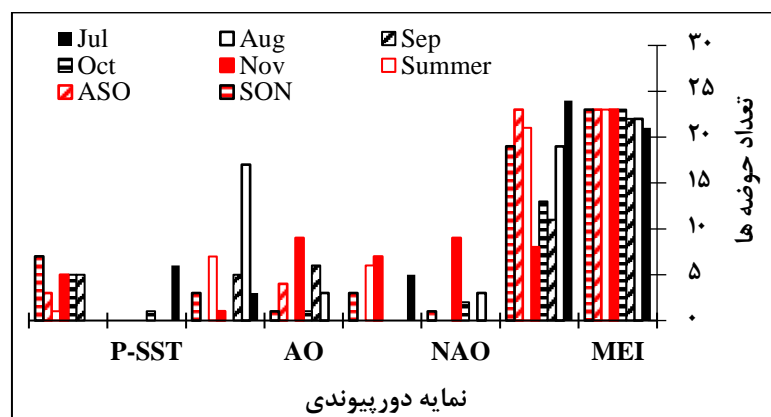
شکل ۴- متوسط فراوانی‌های معنادار نمایه‌های دورپیوندی در کل حوضه‌های آبریز

جدول ۳- درصد معناداری نمایه‌های دورپیوندی با بارش فصلی در همه حوضه‌های آبریز ایران

حوضه فراوانی	QAG	QAH	HAS	SFR	TLS	ARZ
حوضه فراوانی	۱۲/۵	۷/۸	۱۵/۶	۳۵/۹	۳/۱	۳۱/۳
حوضه فراوانی	HLL	JAZ	GKR	KRK	WSB	ATR
حوضه فراوانی	۲۵/۰	۲۸/۱	۳۲/۸	۳۲/۸	۳۴/۴	۲۶/۶
حوضه فراوانی	TBM	STL	URL	SBL	KAM	MND
حوضه فراوانی	۱۴/۱	۳۱/۳	۳۵/۹	۱۸/۸	۲۰/۳	۳۱/۳
حوضه فراوانی	DJD	SKD	CTD	LUD	HAJ	ABS
حوضه فراوانی	۲۰/۳	۱/۶	۳۹/۱	۲۸/۱	۲۹/۷	۲۳/۴
حوضه فراوانی	BDA	GKH	QRQ	HAM	HAH	KHD
حوضه فراوانی	۲۰/۳	۱۰/۹	۳۵/۹	۲۵/۰	۱۵/۶	۲۸/۱

حوضه همبستگی معناداری نشان داده‌اند در حالی که در مورد نمایه‌های دیگر، چنین وضعیتی مشاهده نشده است (شکل ۵). در برخی موارد نمایه‌های C-SST-نوامبر در ۱۸ حوضه، و نمایه NAO و AO-نوامبر در ۸ حوضه همبستگی معناداری را با بارش پاییزه نمایان کرده‌اند (شکل ۵).

بررسی بیشترین همبستگی معنادار در تأخیرهای مختلف نتایج به‌دست آمده نشانگر همبستگی معنادار بارش پاییزه با همه تأخیرهای زمانی نمایه‌های دورپیوندی در بیشتر حوضه‌های آبریز ایران است. براساس این یافته‌ها، نمایه MEI در همه تأخیرها و نمایه SOI در گام‌های جولای، تابستان و ASO در بیش از ۲۱

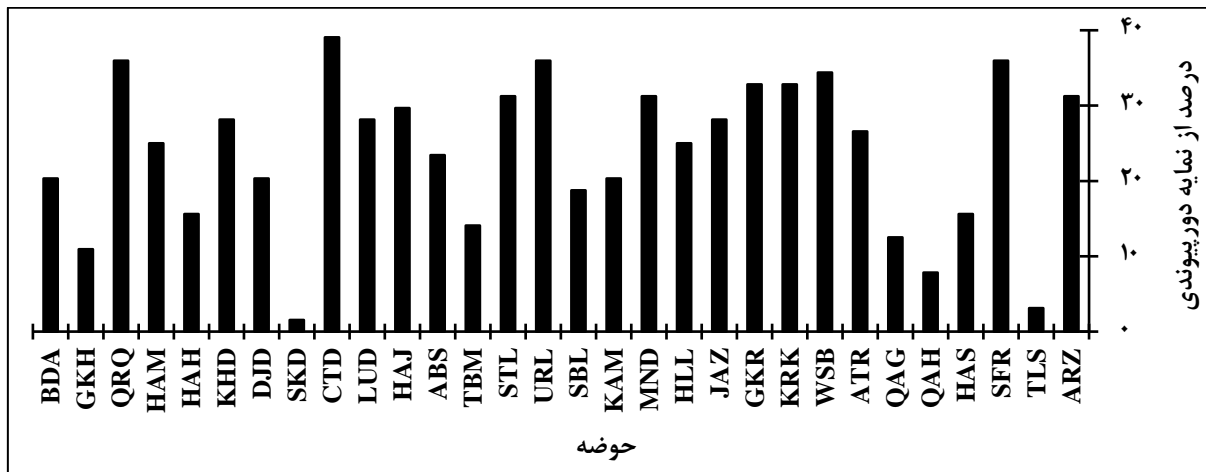


شکل ۵- ضریب همبستگی با تأخیرهای زمانی مختلف

که در بیش از ۳۰ درصد نمایه‌ها همبستگی معنادار نشان داده‌اند می‌توان به حوضه‌های ارس، سفیدرود، مرز غربی، کرخه، کارون بزرگ، مند، دریاچه ارومیه، کویر مرکزی و قره‌قوم اشاره کرد که میزان فراوانی همبستگی‌های معنادار آن‌ها به ترتیب ۳۱/۳، ۳۵/۹، ۳۴/۴، ۳۲/۸، ۳۱/۳، ۳۵/۹، ۳۹/۱ و ۳۵/۱ درصد بوده است. بدین ترتیب حدود یک سوم (۱۰ حوضه) از حوضه‌های مورد مطالعه با بیش از ۳۰ درصد نمایه‌های پیوندازدور، همبستگی معنادار نشان داده‌اند (شکل ۶).

بررسی همبستگی معنادار در حوضه‌های مختلف

نمایه‌های دورپیوندی مورد بررسی، با در نظر گرفتن گام‌های تأخیر با بارش پاییز، ۶۴ مورد بوده است. بدین ترتیب درصدی از این نمایه‌ها که با بارش‌های هر حوضه همبستگی معنادار (بدون در نظر گرفتن علامت) نشان داده‌اند، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۶). بر اساس نتایج به‌دست آمده، فراوانی همبستگی معنادار بارش پاییزه با نمایه‌های دورپیوندی بین ۱/۶ (حوضه سیاه‌کوه) تا ۳۹/۱ درصد (کویر مرکزی) متغیر بوده است. از میان حوضه‌هایی



شکل ۶- فراوانی معناداری نمایه‌های دورپیوندی در فصل پاییز در حوضه‌های آبریز ایران

منفی معنادار این نمایه در حوضه‌های تالش، هراز-سفیدرود، کویر سیاه‌کوه و هامون-هیرمند صفر درصد، در حوضه‌های قره‌سو-هراز ۱۳ درصد، در حوضه‌های کل-مهران و بلوچستان جنوبی ۲۵ درصد، در حوضه‌های قره‌سو-هراز ۳۸ درصد، در حوضه‌های بیابان درانجیر، هامون-مشکیل و گاوخونی ۵۰ درصد، در حوضه‌های دریاچه نمک، طشک-بختگان-مه‌ارلو و ابرکوه-سیرجان ۶۳ درصد، در حوضه اترک ۷۵ درصد، در حوضه‌های ارس، سفیدرود، حله، هامون-جازموریان و نمک‌زار خواف ۸۸ درصد و سرانجام در حوضه‌های مرز غربی، کرخه، کارون بزرگ، جراحی-زهره، دریاچه ارومیه، کویر مرکزی و قره‌قوم ۱۰۰ درصد بوده است. بنابراین، فراوانی همبستگی‌های منفی نمایه SOI در یک‌چهارم حوضه‌های آبریز ایران ۱۰۰ درصد و در یک‌سوم آن‌ها بیش از ۵۰ درصد نشان داده است. در میان نمایه‌های دیگر، نمایه M-SST، همبستگی‌های معنادار مثبت را در حوضه‌های دریاچه نمک، هراز-سفیدرود، قره‌سو-هراز و سیاه‌کوه به ترتیب در ۲۵ و ۳۸، ۷۵ درصد موارد نشان داد. نمایه‌های NAO و C-SST نیز همبستگی‌های مثبت معنادار ۱۳ درصد را در حوضه تالش، نمایه C-SST همبستگی منفی معنادار ۲۵ و ۱۳ درصد را به ترتیب در حوضه‌های قره‌سو-هراز و هامون-هیرمند و نمایه P-SST همبستگی

بررسی نوع همبستگی معنادار در حوضه‌های مختلف

بررسی یافته‌های این پژوهش نشان داد که بیشترین درصد فراوانی همبستگی‌های بارش پاییزه در بیشتر حوضه‌های مورد مطالعه متعلق به MEI (همبستگی مثبت) و SOI (همبستگی منفی) بوده است (جدول ۴). در مورد نمایه MEI، میزان فراوانی همبستگی‌های مثبت معنادار در حوضه‌های تالش، هراز-سفیدرود، قره‌سو-هراز، دریاچه نمک، سیاه‌کوه و گاوخونی صفر درصد، در حوضه دریاچه نمک ۱۳ درصد، در حوضه‌های سفیدرود، اترک، مرز غربی، کرخه، کارون بزرگ، جراحی-زهره، حله، بلوچستان جنوبی، دریاچه ارومیه، ابرقو-سیرجان، هامون-جازموریان، کویر لوت، کویر مرکزی، کویر درانجیر، نمک‌زار خواف، هامون-هیرمند، هامون-مشکیل، قره‌قوم و بندرعباس ۱۰۰ درصد، در حوضه ارس ۸۸ درصد، در حوضه مند ۷۵ درصد، در حوضه قره‌سو-گرگان ۵۰ درصد و در حوضه طشک-بختگان-مه‌ارلو ۲۵ درصد بوده است. بدین ترتیب نمایه MEI در ۱۹ حوضه آبریز ایران (حدود دو سوم حوضه‌ها) فراوانی همبستگی مثبت ۱۰۰ درصد با بارش پاییزه نشان داد. در مورد نمایه SOI، به‌جز در حوضه هراز-سفیدرود با فراوانی همبستگی مثبت ۳۸ درصد، در بقیه حوضه‌ها فراوانی همبستگی مثبت، صفر درصد بوده است. همبستگی‌های

نمایه MEI و SOI بوده که به ترتیب، همبستگی‌های مثبت و منفی معناداری را با بارش پاییزه این حوضه‌ها نشان داده‌اند (جدول ۴).

مثبت معنادار ۱۳ درصد را در حوضه کویر سیاه‌کوه نمایان کرده‌اند. بنابراین بیشترین همبستگی‌های معنادار گسترده و شدید در بیشتر حوضه‌های آبریز ایران پدیدار شده، متعلق به دو

جدول ۴- درصد فراوانی همبستگی نمایه‌های دورپیوندی در حوضه‌های آبریز ایران

نمایه دورپیوندی																
M		P		C		AO		NCP		NAO		SOI		MEI		نوع همبستگی حوضه
-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	
.	.	.	.	.	۱۳	.	۱۳	.	۲۵	.	۱۳	۸۸	.	.	۸۸	ARZ
.	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	TLS
.	۳۸	.	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	۸۸	.	.	۱۰۰	SFR
.	۳۸	.	.	.	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	.	۳۸	.	.	HAS
.	۲۵	.	.	۲۵	.	.	.	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	QAH
.	.	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	۳۸	.	.	۵۰	QAG
.	.	.	.	.	۱۳	.	.	۲۵	.	.	۷۵	.	.	.	۱۰۰	ATR
.	.	.	.	۲۵	۱۳	.	۱۳	.	.	۱۳	۱۳	۱۰۰	.	.	۱۰۰	WSB
.	۲۵	.	.	۱۳	.	.	۱۳	.	.	.	۱۳	۱۰۰	.	.	۱۰۰	KRK
.	.	.	.	۲۵	.	.	۲۵	.	.	.	۱۳	۱۰۰	.	.	۱۰۰	GKR
.	.	.	.	۱۳	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۰۰	.	.	۱۰۰	JAZ
.	.	.	.	۳۸	.	۱۳	.	.	۱۳	.	.	۸۸	.	.	۱۰۰	HLL
.	.	.	.	۲۵	.	.	.	۱۳	۱۳	.	.	۳۸	.	.	۷۵	MND
.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	۲۵	.	.	۱۰۰	KAM
.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	۲۵	.	.	۱۰۰	SBL
.	۱۳	.	.	.	۱۳	۱۳	۱۳	.	.	۲۵	۱۳	۱۰۰	.	.	۱۰۰	URL
.	۷۵	.	۱۳	.	۱۳	.	۲۵	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۶۳	.	.	۱۳	STL
.	.	.	.	۱۳	.	.	۱۳	.	.	.	.	۶۳	.	.	۲۵	TBM
.	.	.	۱۳	۱۳	.	.	.	.	.	.	.	۶۳	.	.	۱۰۰	ABS
۲۵	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	۸۸	.	.	۱۰۰	HAI
.	.	.	۱۳	۲۵	.	۱۳	.	۱۳	.	.	.	۶۳	.	.	۱۰۰	LUD
.	۳۸	.	۱۳	۱۳	.	۱۳	.	۱۳	۱۳	۱۳	.	۱۰۰	.	.	۱۰۰	CTD
.	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	SKD
.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	.	.	۵۰	.	.	۱۰۰	DJD
.	.	.	.	۲۵	.	۱۳	.	.	.	.	.	۸۸	.	.	۱۰۰	KHD
.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	۱۰۰	HAH
۲۵	.	.	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	۵۰	.	.	۱۰۰	HAM
.	.	.	.	۲۵	.	۲۵	۱۳	.	۲۵	.	.	۱۰۰	.	.	۱۰۰	QRQ
.	۱۳	.	۱۳	.	.	.	.	۱۳	.	.	.	۵۰	.	.	.	GKH
.	۱۳	.	.	۱۳	.	.	.	.	.	.	.	۳۸	.	.	۱۰۰	BDA

بحث

نمایه MEI بیشترین شدت همبستگی مثبت را در بیشتر مناطق ایران به‌ویژه در حوضه‌های شمال‌غرب تا جنوب‌غرب، شرق و جنوب‌شرق نشان داد که در ماه‌های اکتبر و نوامبر از شدت بیشتری برخوردار بوده است که با مطالعه Khorahid Doust & Ghavidel (2006) تطابق خوبی نشان می‌دهد. از سوی دیگر، نمایه SOI، عمدتاً همبستگی منفی در مناطق فوق داشته است که بیشینه‌های همبستگی منفی و مثبت نمایه SOI به ترتیب در Nov و ASO خود را نشان داده است. بر خلاف نتایج حاصل از پژوهش Nazemosadat & Cordery (2000) که همبستگی منفی

در این مطالعه با لحاظ تراکم بالای ایستگاهی و هم‌چنین بررسی همه حوضه‌های آبریز ایران تلاش شد نوع همبستگی بارش پاییزه (مثبت یا منفی) و معنادار بودن یا نبودن آن با نمایه‌های دورپیوندی از طریق همبستگی پیرسون بررسی شود به طوری که انتخاب نوع نمایه دورپیوندی با لحاظ فرکانس، شدت، فاصله از منطقه مورد مطالعه و الگوی ترازهای مختلف جوی همراه باشد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی همبستگی نمایه‌های دورپیوندی بارش پاییزه حوضه‌های آبریز ایران در گام‌های زمانی مختلف،

دریاچه ارومیه، دریاچه نمک، مرز غربی، سفیدرود، اترک، هامون- جازموریان، هامون-هیرمند، قره‌قوم و گاوخونی به ترتیب ۳۲/۸، ۳۲/۸، ۳۵/۹، ۳۱/۳، ۳۴/۴، ۳۵/۹، ۲۶/۶، ۲۷/۹، ۱۵/۶، ۳۵/۹ و ۱۰/۹ درصد به دست آمده است. همچنین، بررسی نتایج نشان داد که نمایه MEI در همه تأخیرها در بیش از ۲۱ حوضه، SOI در گام‌های زمانی Summer, Jul و ASO در بیش از ۲۱ حوضه، C-SST (Aug در ۱۸ حوضه)، NAO و AO (Nov در ۸ حوضه) همبستگی معنادار با بارش پاییزه داشتند. براساس این یافته‌ها، نمایه‌های MEI (همبستگی مثبت و معنادار سطح ۵ درصد در ۲۹/۱-۴۳/۳ درصد ایستگاه‌ها و سطح ۱ درصد در ۲۰/۴-۲۲/۶ درصد ایستگاه‌ها)، SOI (همبستگی منفی و معنادار سطح ۵ درصد در ۲۳/۳-۵۳/۷ درصد ایستگاه‌ها و سطح ۱ درصد در ۲۰/۱-۲۸/۶ درصد ایستگاه‌ها)، NAO (۲۹/۴ درصد ایستگاه‌ها همبستگی مثبت و معنادار، به‌طور عمده در بخش شمال غربی) و C-SST (۲۳/۳ درصد ایستگاه‌ها همبستگی منفی و معنادار) هستند. در مطالعه Paydar Ardakani (2001) همبستگی بارش پاییزه با نمایه NAO مثبت بوده ولی معناداری آن مشخص نشده است. در مطالعه‌ای که توسط Golchin Kouhi (2004) انجام شده، همبستگی بارش شمال غرب ایران با NAO منفی و در سایر مناطق مثبت بوده است، در حالی که پژوهش کنونی خلاف این موضوع را ثابت کرد که به‌طور عمده به دلیل متفاوت بودن دوره اقلیمی مورد مطالعه است. از سوی دیگر Yarahmadi & Azizi (2007) نشان داده‌اند که نمایه ENSO بیشترین ارتباط را با بارش پاییزه ایران دارد که در این پژوهش نیز تأیید گردید به طوری که دو نمایه SOI و MEI که هر دو از نمایه‌های ENSO هستند، بیشترین همبستگی معنادار را با بارش پاییزه حوضه‌های آبریز ایران نشان داده‌اند. در مجموع، بارندگی پاییزه حوضه‌های آبریز در بخش قابل ملاحظه‌ای از کشور (تا ۵۳ درصد) همبستگی معنادار با دو نمایه MEI و SOI دارد که به‌طور عمده به دلیل مقیاس و فرکانس نمایه دورپیوندی است (Helali, 2018). از نظر گام زمانی مشخص شد بیشترین ایستگاه‌های دارای همبستگی مثبت معنادار با بارش پاییزه متعلق به Oct-MEI (۴۳/۳ درصد) و منفی معنادار با Aug-SOI (۵۳/۷ درصد) بوده است. نتیجه مطالعه Helali (2018) مشخص کرده است در شمال غرب ایران این نمایه‌ها بیشترین همبستگی معنادار با بارش پاییزه را دارند. در یک نگاه کلی و با توجه به این که نمایه MEI در ۱۹ حوضه آبریز ایران (حدود دوسوم حوضه‌ها) فراوانی همبستگی مثبت ۱۰۰ درصد و در ۲۳ حوضه (حدود سه‌چهارم حوضه‌ها) همبستگی مثبت بیش از ۵۰ درصد و نمایه SOI نیز در یک‌چهارم حوضه‌ها، فراوانی همبستگی منفی ۱۰۰ درصد و در یک‌سوم آن‌ها

بارش پاییزه با نمایه SOI را فقط در غرب دریای مازندران معنادار نشان داده‌اند، یافته‌های این پژوهش نشانگر معناداری همبستگی منفی نمایه SOI در سطح ۵ و ۱ درصد با بارش حوضه‌های آبریز جنوب‌غربی، شمال‌شرقی، جنوب و جنوب‌شرقی و به‌ویژه، شمال‌غربی و غربی است. Khorshid Doust and Ghavidel (2006) و Ghayoor and Asakereh (2002) معتقد هستند علت اصلی افزایش بارش در فاز النینو انتقال رودباد جنب حاره‌ای در نیمکره شمالی به عرض‌های پایین‌تر باشد که موجب می‌شود قسمت شمالی سلول هدلی در موقعیتی نزدیک‌تر به استوا قرار گرفته و در چنین وضعیتی آنتی سیکلون‌های جنب حاره‌ای خاورمیانه به عرض‌های پایین‌تری جابجا شده و امکان نفوذ موج بادهای غربی را در دوره سرد به منطقه مدیترانه و دریای سرخ افزایش دهند که نتیجه این سازوکار جوی-اقیانوسی افزایش بارش‌های فراگیر ایران در سال‌های توام با النینو باشد. وضعیت معکوس سازوکار مذکور با ایجاد فاز لانینا زمینه لازم را برای بروز خشکسالی در خاورمیانه و ایران فراهم می‌کند. همچنین Ahmadi et al. (2019) نشان داده‌اند ترکیب فاز گرم ENSO با باد غالب جنوب شرقی در اقیانوس هند می‌تواند موجب انتقال معنادار رطوبت از اقیانوس هند به خاورمیانه و ایران شود در حالی که ترکیب فاز سرد ENSO و باد غالب شمال غربی اقیانوس هند موجب گسترش خشکسالی در شرق خاورمیانه و ایران خواهد شد. از سوی دیگر، این مطالعه نشان داد نمایه NCP در حوضه‌های ارس، تالش، سفیدرود، هراز-سفیدرود، کرخه و کارون همبستگی مثبت دارد که با مطالعه Paydar Ardakani (2001) و Golchin Kouhi (2004) تا حدودی مطابقت دارد ولی در حوضه‌های مرز غربی، دریاچه نمک، دریاچه ارومیه و کویری مرکزی خلاف آن را اثبات می‌کند. Ghavidel Rahimi et al. (2014) عقیده دارد در فاز مثبت NCP عبور رودباد عمیق ترازهای فوقانی، فرود بلند مدیترانه و قرارگیری سواحل خزر در سمت شرق محور ناوه موجب ایجاد شرایط سیکلونی و ناپایداری شده و در نهایت انتقال هوای مرطوب و وقوع ریزش‌های فراوان در سواحل دریای مازندران می‌شود و برعکس در فاز منفی عدم وجود رودباد و تضعیف بادهای غربی و مداری شدن جریان و عبور بادهای مذکور از مناطق خشک و گرم موجب انتقال هوای گرم و خشک مناطق شمال آفریقا و عراق به سمت سواحل جنوبی دریای مازندران شده و کاهشی بارش و خشکسالی‌ها را به وجود می‌آورد.

بررسی حوضه‌ای نمایانگر بیشترین و کمترین فراوانی همبستگی معنادار بارش‌های پاییزه با نمایه‌های دور پیوندی به ترتیب در حوضه کویری مرکزی و کویر درانجیر (به ترتیب ۳۹/۱ و ۱۷/۶) بوده و در حوضه‌های آبی مهم از جمله کارون بزرگ، کرخه،

همبستگی در سطح ۵ و ۱ درصد در یک سوم حوضه‌ها معنادار بودند. در مجموع نمایه MEI در حوضه‌های آبریز نیمه غربی، شرقی و جنوبی همبستگی مثبت معنادار، نمایه SOI در حوضه‌های فوق همبستگی منفی معنادار، نمایه NAO نوامبر در حوضه‌های شمال غربی همبستگی مثبت معنادار، نمایه AO سپتامبر در بخش‌های شمال شرقی و جنوب غربی و AO نوامبر در نیمه غربی همبستگی مثبت معنادار، نمایه C-SST اوت در جنوب شرق، شرق و جنوب همبستگی منفی معنادار، نمایه P-SST ژوئیه در کویر مرکزی همبستگی مثبت معنادار و نمایه M-SST در بخش‌های عمده حوضه‌های دریاچه نمک و سفیدرود همبستگی مثبت معنادار با بارش پاییزه در مقیاس حوضه آبریز نشان دادند. با توجه به این نتایج، به نظر می‌رسد در اکثر حوضه‌های آبریز ایران می‌توان از نمایه‌های دورپیوندی به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده بارش پاییزه استفاده نمود. بنابراین پیشنهاد می‌شود با استفاده از روش‌های آماری مختلف از قبیل رگرسیون‌های چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون بردار پشتیبان از شاخص‌های دورپیوندی به دست آمده در این مطالعه در مقیاس حوضه‌های به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده بارش پاییزه استفاده شود و در صورت امکان پراکنش بارش‌های زمستانه، بهار و سال آبی نیز با همین روش در مقیاس حوضه‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

سیاسگزاری

بدین وسیله از شرکت مدیریت منابع آب ایران و سازمان هواشناسی به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات بارشی تشکر و قدردانی می‌گردد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

- Ahmadi, M., Fathniya A., Abkharabat. S., 2015. Trend Analysis of Iran's Precipitation and Its Relation to the Teleconnection Forces, *Journal of Climate Research*, 23: 19-33.
- Ahmadi, M., Salimi, S., Hosseini, S.A., Poorantiyosh, P., Bayat, A. 2019, Iran's precipitation analysis using synoptic modeling of major teleconnection forces (MTF), *Dynamics of Atmospheres and Oceans* 85: 41-56.
- Amirmoradi, K., Sabziparvar, A.A., Deihimi, A., 2015. Analysis of the Relationship between Seasonal Streamflow Variations and some Teleconnection Indices by Wavelet Analysis Method (Case study: Northwest Rivers), *Water and Soil Science Journal*, 4(1):269-284.
- Araghi, A., Martinez, C.J., Adamowski, J., Olesen, J.E., 2019. Associations between large-scale climate oscillations and land surface phenology in Iran, *Agricultural and Forest Meteorology* 278:107682.
- Davey, M.K., Brookshaw, A., Ineson, S., 2014. The probability of the impact of ENSO on precipitation and near-surface temperature, *Climate Risk Management* 1: 5-24.
- Dezfuli, A.K., Karamouz, M. and Araghinejad, S. 2010. On the relationship of regional meteorological drought with SOI and NAO over southwest Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 100(1):57-66. DOI: 10.1007/s00704-009-0157-2
- Fatemi, M., Omidvar, K., Mazidi, A., Mesgari, E., Dehghan, H., 2017, Spatial analysis and study of Tele-connection patterns of drought in central Iran, *Arid Biome Scientific and Research Journal*,

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی بارش و تغییرات آن به ویژه در بزرگ مقیاس از قبیل مقیاس حوضه آبریز و حوضه کل کشور از اهمیت خاصی در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب و کشاورزی داریم برخوردار است. در این میان نمایه‌های دورپیوندی به‌عنوان عاملی مهم در متغیرهای اقلیمی و پیش‌بینی آن‌ها به ویژه بارش عمل می‌کنند. این مطالعه برای اولین بار از دیدگاه حوضه‌های آبریز و البته کل گستره ایران نوع و فراوانی همبستگی نمایه‌های دورپیوندی با بارش پاییزه را مورد مطالعه قرار داد تا بهترین نمایه را انتخاب نماید. نتایج به دست آمده مشخص نمود نمایه‌های دورپیوندی مورد مطالعه به‌خصوص MEI و SOI در عمده حوضه‌های آبریز همبستگی بالا و معناداری با بارش پاییزه داشتند که این

7(1):51-65.

- Gelcer, E., Fraisse, C.W., Zotarelli, L., Stevens, F.R., Perondi, D., Barreto, D.D., Malia, H.A., Ecole, C.C., Montone, V., Southworth, J., 2018. Influence of El Niño-Southern oscillation (ENSO) on agroclimatic zoning for tomato in Mozambique, *Agricultural and Forest Meteorology* 248: 316–328.
- Ghaedamini, H., Nazem Alsadat, S.M.J., Kouhizadeh, M., Sabziparvar, A.A., 2014. Individual and coupled effects of the ENSO and PDO on autumnal dry and wet periods in the southern parts of Iran, *Iranian Journal of Geophysics*, 8(2):92-109.
- Ghasemi, A.R. and Khalili, D., 2008. The Effect of the North Sea Caspian Pattern (NCP) on winter temperature in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 92(1): 59-74. DOI: 10.1007/s00704-007-0309-1
- Ghavidel Rahimi, Y., Farajzadeh Asl, M., Kakapor, S., 2014. Investigation on North Sea-Caspian Teleconnection Pattern Effect on Autumn Rainfall Fluctuations in West and Northwest Regions of Iran, *Planning and Geography* 49:217-230.
- Ghayour, H. Khosravi, M., 2000. ENSO effect on summer and Autumnal Precipitations Anomaly in Southeast of Iran, *Geography Researches*, 62:141-174.
- Ghayoor, H. A. and Asakereh, H. 2002, Effects of Teleconnection on Climate of Iran, Case Study: The North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation effects on changes in mean monthly temperature of Jask, *Journal of Geographical Research*, 25:16-17.
- Ghodousi, H., Kooshafar, L., 2018. Simultaneous Use of Climatic Signals and Sea Surface Temperature for Flow Forecasting (Case study: Cheshmeh Kileh catchment area), *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 49:1043-1053.
- Golchin Kohi, R., 2004. The influence of pressure oscillations in North Atlantic on precipitation of Iran, MSc Thesis on Irrigation, Shiraz University.
- Gong, D.Y. and Wang, S.W., 1999. Impacts of ENSO on global precipitation changes and precipitation in China. *Chinese Science Bulletin* 44(9): 852-857. DOI: 10.1007/BF02885036
- Goudarzi, M., Ahmadi, H., Hosseini, S.A., 2017. Examination of relationship between teleconnection indexes on temperature and precipitation components (Case Study: Karaj Synoptic Stations), *Eco hydrology*, 4(3):641-651.
- Helali, J. 2018. Seasonal prediction of rainfed wheat yield by crop models and statistical methods, PhD thesis In Agrometeorology, University of Tehran, Karaj, Iran.
- Jiang, R., Wang, Y., Xie, J., Zhao, Y., Li, F., Wang, X., 2019, Assessment of extreme precipitation events and their teleconnections to El Niño Southern Oscillation, a case study in the Wei River Basin of China, *Atmospheric Research* 218:372–384.
- Khorshid Doust A.M., Ghavidel Rahimi, Y., 2006. Evaluation of ENSO on Seasonal Precipitation Variability at East Azerbaijan Province by MEI, *Geography Researches*, 57: 15-26.
- Kianipour, M., 2000. Synoptic investigation of El Nino and Its relation on south and Southwest Precipitation anomalies, MSc Thesis of Climatology, Jan 2000, Tarbiat Modares University.
- Kutiel, H. and Turkes, M., 2005. New Evidence for the role of the North Sea Caspian Pattern on the temperature and precipitation regimes in continental central Turkey, *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87(4): 501–513. DOI: 10.1111/j.0435-3676.2005.00274.x
- Lee J.H., Julien P.Y., 2016. Teleconnections of the ENSO and South Korean precipitation patterns, *Journal of Hydrology* 534: 237–250.
- Lee, J.H., Lee, J., Julien, P.Y., 2018, Global climate teleconnection with rainfall erosivity in South Korea, *Catena* 167: 28–43.
- Liesch, T., Wunsch, A., 2019. Aquifer responses to long-term climatic periodicities, *Journal of Hydrology* 572: 226–242.
- Modarresi, F., Araghinejad, S., Ebrahimi, K., 2015. The Combined Effect of Seasonal Fluctuations of Persian Gulf and Mediterranean Sea Surface Temperature on Monthly Streamflow Forecasting of Karkheh River, Iran, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46:597-607.
- Mohammadi, K., Goudarzi, N., 2018. Study of inter-correlations of solar radiation, wind speed and precipitation under the influence of El Nino Southern Oscillation (ENSO) in California, *Renewable Energy* 120:190-200.
- Mostafavi Darani, S. M., Khoshhal, J., Stone, R., Abbasi, F., Babaeian, I., 2014. An approach to yield prediction of barley using teleconnection signals (Case study: Kabootarabad, Isfahan), *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol. 2, No. 2: 24-36.
- Mousavi Baygi, M., Fallah Ghalhari, G.A., Habibi, M., Nokhandan, M., 2008. Assessment of the relation between the large scale climatic signals with rainfall in the Khorassan, *J. Agric. Sci. Natur. Resour.*, Vol. 15(2):217-224.
- Nalley, D., Adamowski, J., Biswas, A., Gharabaghi, B., Hu, W., 2019, A multiscale and multivariate analysis of precipitation and streamflow variability in relation to ENSO, NAO and PDO, *Journal of Hydrology* 574: 288–307.
- Nazemosadat, M.J. and Cordery, I., 2000. On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran, *International Journal of Climatology*, 20 (1): 47–61. DOI: 10.1002/(SICI) 1097-0088(200001)20:1<47: AID-JOC461>3.0.CO; 2-P
- Nazemosadat, M.J., Samani, N., Barry, D.A. and Molaii Niko, M., 2006. ENSO Forecasting on climate change: precipitation analysis, *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*, 30 (B4): 555-565.
- Paydar Ardakani, A., 2001. The impact of North Atlantic Oscillation on both precipitation and

- temperature fluctuations in Iran, MSc thesis on desert management, Shiraz University.
- Sadatinejad, S.J., Shekari, M.R., Vali, A., 2016. Forecasting of Monthly rainfall using teleconnection climate indices using of artificial neural network and statical models (Case study: Sheshde and gharebolagh adjacent stations), *Ecohydrology*, 3(3):391-403.
- Sobral, B.S, de Oliveira-Júnior, J.F., de Gois, G., Pereira-Júnior, E.R., de Bodas Terassi, P.M., Muniz-Júnior, J.G.R., Lyra, G.B, Zeri, M., 2019. Drought characterization for the state of Rio de Janeiro based on the annual SPI index: trends, statistical tests and its relation with ENSO, *Atmospheric Research* 220:141–154.
- Sun, X., Renard, B., Thyer, M., Westra, S., Lang, M., 2015, A global analysis of the asymmetric effect of ENSO on extreme precipitation, *Journal of Hydrology* 530:51–65.
- Yarahmadi, D. & Azizi, G., 2007, Muti vaiable analysis of relation of seasonal Precipitation and Climatic Index, *Geography Researches*, 62:161-174.