



## بررسی تأثیر سیگنال‌های اقل 7یمی بر بارندگی استان همدان با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و رگرسیون چند متغیره

هادی نظری پویا<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷

### چکیده

در این تحقیق با استفاده از روش تحلیل عاملی و رگرسیون خطی چندمتغیره، اثر چند سیگنال اقلیمی بر روی مقادیر حداکثر و فراوانی بارندگی‌های یک، دو و سه روزه و همچنین بارش ماهانه استان همدان، طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۷۷، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین میزان تأثیرپذیری ویژگی‌های بارندگی، آمار ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی به همراه داده‌های شاخص‌های اقلیمی، جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی میزان دقت مدل‌ها و تأثیرپذیری ویژگی‌های بارندگی از سیگنال‌های اقلیمی، دوره‌های آماری، ۲۰۰۳-۱۹۷۷ و ۲۰۱۳-۲۰۰۳ بعنوان دوره‌های واسنجی و صحت‌سنجی انتخاب شدند. نتایج حاصل از بررسی اثر ۱۶ سیگنال اقلیمی منتخب بر ویژگی‌های بارندگی در استان همدان نشان می‌دهد که بیش‌ترین تأثیر در ماه‌های مهر، آبان، آذر، بهمن، فروردین و اردیبهشت‌ماه است. در فصل پاییز تأثیر سیگنال‌های اقلیمی MEI، NINO4، NINO3.4، NINO3، NINO1+2 و ONI بر روی بارش بیش از سایر سیگنال‌های اقلیمی مورد مطالعه بوده است. همچنین بررسی حداکثر بارندگی ۱، ۲ و ۳ روزه و فراوانی روزهای با بارندگی ۱ و ۲ روزه، نشان می‌دهد که در ماه‌های مختلف بیش‌ترین تأثیرپذیری از سیگنال‌های اقلیمی MEI، NINO4، NINO3.4، NINO3، NINO1+2 و ONI می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سیگنال‌های اقلیمی، بارندگی، رگرسیون، همدان

### مقدمه

اقلیمی با توجه به تعامل و اثرپذیری پارامترهای مختلف جو و همچنین کنش‌های جو-اقیانوسی، اثرات متفاوتی در مناطق مختلف جهان دارند (Azimi., 2010). مهم‌ترین سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی که آب و هوای کره زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند، اغلب شامل شاخص وزش مداری بادهای غربی، شاخص آتلانتیک شمالی، شاخص نوسان جنوبی است. اقلیم‌شناسان با استفاده از روابط آماری ارتباط بین تغییرات عناصر اقلیمی نقاط مختلف جهان را شناسایی و بررسی می‌کنند. طبق بررسی‌هایی که تاکنون در نواحی مختلف دنیا انجام شده، تغییرات میدان‌های فشار در مناطق مختلف کره زمین سیگنال‌های متعددی را بوجود می‌آورند که به نوبه خود در اقلیم مناطق مختلف کره زمین

بررسی‌ها نشان می‌دهند که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در نوسانات و تغییرات بارندگی در مناطق مختلف جهان پدیده انسو و سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی می‌باشند که تغییرات زمانی و مکانی بارش و وقوع خشکسالی و سیلاب را در مناطق مختلف دنیا منجر می‌گردند. سیگنال‌های اقلیمی پدیده‌های بزرگ‌مقیاس هستند که تغییرات اقلیمی جهان و چرخه جو را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. سیگنال‌های

<sup>۱</sup> استادیار پژوهش بخش تحقیقات آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان

(\*نویسنده مسئول: hnpoya@yahoo.com)

نحوه ارجاع مقاله:

نظری پویا، ه. ۱۴۰۱. بررسی تأثیر سیگنال‌های اقلیمی بر بارندگی استان همدان با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و رگرسیون چند متغیره. نشریه

هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۷-۲۷. DOI: 10.22125/agmj.2022.140963.1021

Nazaripouya, H. 2022. The effect of several climatic signals on rainfall features using factor analysis and multivariate regression methods (Case of Hamadan province, Iran). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 17-27. DOI: 10.22125/agmj.2022.140963.1021

## مواد و روش‌ها

### پارامترهای هواشناسی و شاخص‌های اقلیمی

در این پژوهش از داده‌های روزانه بارندگی دو ایستگاه سینوپتیک و بارندگی ماهیانه ۱۷ ایستگاه کلیماتولوژی، تبخیرسنجی و باران‌سنجی استان همدان استفاده شده است (شکل ۱). استان همدان در ناحیه خشک و نیمه‌خشک کشور با بارش متوسط ۲۹۸/۲ میلی‌متر بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. میانگین تبخیرتقریبی سالانه به روش بلانی-کریدل بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر است. این استان از نظر آب و هوایی با استفاده از روش دومارتن گسترده دارای هفت اقلیم متفاوت است که بخش عمده اقلیم آن را آب و هوای نیمه‌سرد و خشک تشکیل می‌دهد. به علت وجود توپوگرافی و ارتفاعات در قسمت‌های کوهستانی واقع در مرکز استان، بارندگی بیشتری دریافت می‌کند. میزان بارندگی سالیانه در ارتفاعات ۳۵۰۰-۳۲۰۰ متری ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر است (Nazaripouya et al., 2013).

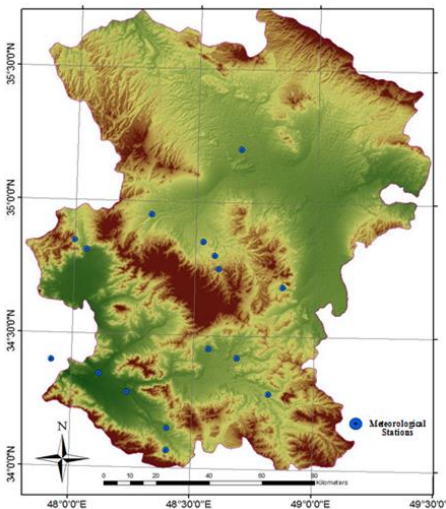


Figure 1- Location of study stations in Hamadan province

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در استان همدان جهت بررسی اثرات اقلیمی این سیگنال‌ها در بارندگی استان همدان داده‌های شاخص‌های اقلیمی از پایگاه بین‌المللی علوم اقیانوس-جوی و سایت جهانی نوا استخراج و مبنای محاسبات قرار گرفتند. در این تحقیق در مرحله اول داده‌های استاندارد شده ۲۵ شاخص اقلیمی استخراج شدند. سپس

تأثیر می‌گذارند (Wallace et al., 1981; Thompson et al., 2000). پدیده‌های جوی به دلیل پیوستگی، تابع عوامل گوناگونی در پهنه‌های مختلف جغرافیایی هستند. به‌گونه‌ای که رخدادهای برخی پدیده‌ها به‌ویژه در کنش‌های جوی-اقیانوسی بر پهنه‌های دیگر جهان در مناطق دوردست جغرافیایی اثر دارند. (Jine et al., 2005) آمار بارندگی پنج ایستگاه هواشناسی را در کشور کره مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفتند که ارتباط معنی‌داری بین آنسو و بارندگی ماهیانه وجود دارد. علاوه بر سایر کشورهای دنیا، پژوهش‌های متعددی نیز در مورد بررسی ارتباط تأثیر سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی با بارش در مناطق مختلف کشور انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های (Zahraie et al., 2004; Rooygar and Golyan, 2014; Nikzad et al., 2011; Razieh et al., 2013; Erfanian et al., 2016) اشاره نمود که اغلب آن‌ها برای به‌دست آوردن رابطه بارندگی ماهیانه و فصلی با سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی از روش‌های آماری مختلف بویژه شاخص‌های اقلیمی به کمک تحلیل عاملی و روش PCA<sup>۱</sup> استفاده نمودند (Chubin et al., 2016). اخیراً از روش‌های آماری زیادی مانند روش توابع متعامد تجربی (EOF)<sup>۲</sup> و مدل تحلیل هم‌بستگی متعارف (CCA)<sup>۳</sup> و تحلیل مؤلفه‌های اصلی جهت بررسی همبستگی و تبیین ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی با بارندگی استفاده شده است. لذا ضروری است در بررسی الگوهای آب‌وهوای هر منطقه سیگنال‌های اقلیمی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در جهت پیش‌آگاهی و پیش‌بینی عناصر هواشناسی به ویژه بارندگی مورد توجه و ارزیابی قرار گیرند. در این پژوهش برخی از مهم‌ترین سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی به منظور برآورد و تخمین اثرات الگوهای پیوند از دور و نوسانات اقیانوسی بر تغییرات بارندگی‌های حداکثر ۱، ۲، ۳ و ۴ روزه و فراوانی روزهای با بارندگی ۱ روزه و ۲ روزه و تغییرات بارندگی ماهیانه در ایستگاه‌های هواشناسی همدان به کمک روش‌های آماری تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره مورد ارزیابی و تجزیه تحلیل قرار گرفته است.

<sup>1</sup> Principal Component Analysis

<sup>2</sup> Empirical Orthogonal Function

<sup>3</sup> Canonical Correlation Analysis

تشکیل بانک اطلاعاتی از داده‌های هواشناسی و شاخص‌های اقلیمی گردید. برخی اطلاعات مورد نیاز شامل، حداکثر بارندگی یک، دو، سه و چهار روزه، فراوانی روزه‌های با بارندگی یک‌روزه و دوروزه و تعداد روزه‌های بارانی و فراوانی روزه‌های بارندگی و مقادیر حداکثر بارش و همچنین بارندگی ماهیانه ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان استخراج و مبنای ارزیابی قرار گرفتند. ویژگی‌های آماری بارندگی روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک فرودگاه و نوزه در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.

تعداد ۱۶ شاخص که دارای طول دوره آماری مناسب و مشترک با بارش استان دارا بودند، انتخاب گردید. آمار بارندگی روزانه برای ایستگاه‌های سینوپتیک نوزه و فرودگاه همدان و بارندگی ماهیانه برای ایستگاه‌های کلیماتولوژی، تبخیرسنجی و باران‌سنجی تعداد ۱۷ ایستگاه هواشناسی که دارای آمار طولانی‌مدت و کافی بودند طی دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۷۷ انتخاب گردیدند (شکل ۱). پس از دریافت اطلاعات بارندگی‌های روزانه و ماهیانه ایستگاه‌های هواشناسی از سازمان هواشناسی و امور آب استان همدان، اقدام به

Table 1- Some features of the most important indicators large-scale climatic signals

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های مهم‌ترین شاخص‌های سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی

Climate Index	Location	Abbreviation	The name of the large-scale climate index
Teleconnection Patterns	Subtropical region of the Northern Hemisphere	PNA	Quiet North America
	Iceland	NAO	North Atlantic Oscillation
	North Pacific	PDO	Decades of Pacific Oscillation
	North and middle latitudes 45 degrees north	AO	Polar oscillation index
	North Pacific. Calm East	EP/NP	Calm North. Calm Eastern pattern of spring, summer and autumn
Pacific surface ossification	Pacific Ocean North America	PNA	Calm North
	Pacific Center	NINO4	Sea surface temperature in the east of the tropical center of the Pacific
	0-10 degrees south, 80-90 degrees west	NINO1+2	Calm sea level temperature in the tropical east
	5 degrees north and south 160 degrees east to 150 degrees west	NINO3.4	Calm Sea level temperature in the tropical Calm east
	Between Air Tahiti and Darwin	MEI	Enso multivariate pattern
	Nino 3.4 District N-5S, 120-170W	ONI	Nino Oceanic Index
Atlantic surface temperature	North Pacific, up and near Darwin, Australia	NOI	North Pacific Oscillation
	The center of the Pacific Ocean is 0-10 degrees south, 80-90 degrees west	TNI	Differences in normal sea level temperature anomalies between NINO1+2 NINO4
	North Atlantic Ocean	AMO	Several Decadal of Atlantic Oscillation
	20 to 60 degrees west, 6 to 18 degrees north and 10 to 20 degrees west, 6 to 10 degrees north	NTA	North Atlantic Index
	Caribbean Sea	CAR	Caribbean Sea surface temperature

Table 2- Statistical characteristics of research variables autumn in synoptic station Nojeh

جدول ۲- ویژگی‌های آماری متغیرهای پژوهش فصل پاییز ایستگاه سینوپتیک نوزه

Statistical characteristics	Total rainfall	Maximum Rainfall				Frequency Rainfall	
		1Day	2Day	3Day	4Day	1Day	2Day
Mean	88	22.1	15.4	7.3	8.4	12.4	1
Standard deviation	56.5	12.1	11.3	12.6	22.3	6.2	1.3
Skewness coefficient	1	0.7	0.7	1.5	4	0.5	0.8
Kurtosis	0.9	0	-0.1	1.1	18.6	0.3	-0.5
Range	245.3	49.4	40	40	120.3	27	4
Minimum	6.9	2.6	0	0	0	2	0
Maximum	252.2	52	40	40	120.3	29	4

Table 3- Statistical Characteristics of Research Variables Autumn in Synoptic Station Forodgah

جدول ۳- ویژگی‌های آماری متغیرهای پژوهش فصل پاییز ایستگاه سینوپتیک فرودگاه

Statistical characteristics	Total rainfall	Maximum Rainfall				Frequency Rainfall	
		1Day	2Day	3Day	4Day	1Day	2Day
Mean	107	25.1	18.4	7.7	7.7	13.6	0.9
Standard deviation	57.1	12.1	13.4	13.4	21.3	5.4	1.3
Skewness coefficient	0.7	0.9	0.8	2	3.8	0.2	1
Kurtosis	0.2	0.6	1.2	3.8	15.9	0.4	-0.3
Range	252.7	52	59	55	110	25	4
Minimum	8.6	4	0	0	0	3	0
Maximum	261.3	56	59	55	110	28	4

متغیره و غیرخطی وجود دارند. در مدل‌های رگرسیونی خطی، پارامترهای مدل خطی هستند و الزاماً متغیر وابسته (Y) تابعی خطی از متغیرهای مستقل (X)ها می‌باشد. مدل‌های زیادی وجود دارند که (Y) را به صورت غیر خطی به مقادیر (X)ها ارتباط می‌دهند. این مدل‌ها اگر تنها دارای یک متغیر مستقل باشد، ساده و اگر دارای بیش از یک متغیر مستقل باشد، چند متغیره نامیده می‌شوند.

### روش آماری تحلیل عاملی

تحلیل عاملی برای برخی روش‌های آماری چندمتغیره که هدف اصلی آن خلاصه کردن داده‌هاست، بکار می‌رود و به بررسی همبستگی درونی تعداد زیادی از متغیرها می‌پردازد و در نهایت آن‌ها را در قالب عامل‌های محدودی دسته‌بندی و تبیین می‌کند. تحلیل عاملی روشی هم وابسته بوده که در آن کلیه متغیرها به طور همزمان مد نظر قرار می‌گیرند. عمده‌ترین هدف این روش، کاهش حجم داده‌ها و تعیین مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌هاست. از آنجا که در اغلب پژوهش‌های اقلیمی تعداد متغیرها زیاد است و شرایط محیط تحت کنترل پژوهش‌گر نیست، برای کاهش حجم متغیرها می‌توان از تحلیل عاملی به عنوان یک روش مناسب استفاده کرد. یکی از روش‌های انتخاب متغیرهای مناسب برای تحلیل عاملی استفاده از ماتریس همبستگی است. از آنجا که روش تحلیل عاملی بر همبستگی بین متغیرها از نوع غیرعقلی استوار است، بنابراین در استفاده از این روش باید ماتریس همبستگی بین متغیرها نیز محاسبه شود. به طور معمول اینگونه ماتریس‌های همبستگی وجود رابطه بین برخی متغیرها و عدم ارتباط آن با برخی دیگر نشان می‌دهند. این الگو در تحلیل عاملی موجب شکل‌گیری خوشه‌هایی می‌شود که متغیرهای درون‌خوشه با یکدیگر همبستگی و با متغیرهای خوشه‌های دیگر همبستگی نداشته باشند. آماره‌های دیگری نیز وجود دارند که پژوهش‌گر از طریق آن‌ها نیز قادر به تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌هاست که مقدار آن همواره بین صفر و یک در نوسان است. از جمله این روش‌ها استفاده از ضریب KMO<sup>1</sup> است و از معادله ۱ به دست می‌آید.

با در نظر گرفتن اینکه اثرات شاخص‌های مورد بررسی در کنش‌های جوی-اقیانوسی با تغییر در الگوهای سیاره‌ای سیستم‌های بارش‌زا می‌تواند قابل بررسی باشد، لذا در این پژوهش نیز پس از تعیین اثرات همه‌جانبه هر یک از شاخص‌ها در ماه‌های مختلف با استفاده از روش آماری همبستگی و تحلیل عاملی، مهم‌ترین متغیرها و سیگنال‌های اقلیمی مؤثر در برآورد عناصر بارندگی استان تعیین گردیدند. سپس به کمک نرم‌افزار آماری SPSS و روش تحلیل رگرسیون چندمتغیره مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین به منظور ارزیابی و تعیین میزان دقت مدل‌ها دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۷۷ به عنوان دوره واسنجی و دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۴ به عنوان دوره اعتبارسنجی انتخاب شدند. بنابراین تمامی متغیرهای ورودی مدل با استفاده از روش تحلیل عاملی شناسایی و تعیین گردیدند. در مرحله بعد با استفاده از روش مرحله‌ای آنالیز همبستگی، میزان درصد معنی‌داری متغیرها در هریک از معادلات رگرسیونی مشخص شدند و در نهایت متغیرهایی که ضرایب آن‌ها در معادلات رگرسیونی معنی‌دار نبودند حذف شدند. به منظور تعیین میزان دقت هریک از مدل‌ها در برآورد میزان بارندگی و برای تعیین کارایی مدل‌ها، دو روش ضریب تعیین و ضریب نش مورد استفاده قرار گرفتند.

### روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

#### روش همبستگی، تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره

تحلیل رگرسیون چند متغیره روش تحلیل نیرومندی است که در انواع تحقیقات کاربردی می‌توان از آن استفاده کرد که در تحقیقات اقلیم‌شناسی نیز کاربرد وسیعی دارد. این روش در متغیرهای پیوسته و طبقه‌ای استفاده می‌شود و آن را می‌توان با دو متغیر مستقل، سه متغیر مستقل و یا بیشتر استفاده کرد. کاربرد رگرسیون چند متغیره بر پیش‌بینی یک متغیر وابسته از طریق چند متغیر مستقل تاکید دارد که موجب تبیین موضوع می‌شود. متغیر وابسته به صورت  $Y$  و متغیر مستقل به صورت  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$  نشان داده می‌شود. در واقع تجزیه رگرسیون روشی آماری برای بررسی و مدل‌سازی رابطه میان متغیرهاست. مدل‌های رگرسیونی گوناگونی، مانند مدل رگرسیونی ساده، چند

<sup>1</sup> Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test

**Table 4- Correlation between monthly rainfall and Meteorological stations of Hamedan province and one-month delayed climate signals**

جدول ۴- همبستگی بارندگی ماهیانه میانگین ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان و سیگنال‌های اقلیمی، تأخیر یک ماهه

Climate signals	Oct	Nov	Dec	Apr	May	Jun
PNA	!	✓	!	!	!	!
NAO	!	✓	✓	✓	!	!
PDO	!	!	!	!	✓	!
AO	✓	✓	!	!	!	!
EP/NP	!	✓	!	!	!	!
NINO4	!	✓	!	!	!	✓
NINI1+2	✓	✓	!	!	!	!
NINO3.4	✓	✓	!	!	!	!
Nino3	✓	✓	!	!	!	!
MEI	✓	✓	!	!	!	!
ONI	✓	✓	!	!	!	!
NOI	✓	!	✓	!	!	!
TNI	!	!	!	!	!	!
AMO	!	!	✓	✓	!	!
NTA	✓	!	✓	✓	!	!
CAR	!	!	✓	!	!	!

## نتایج و بحث

### روش آماری تحلیل همبستگی

بررسی وضعیت همبستگی ماهیانه بارندگی با تأخیر یک ماهه و دوماهه با شاخص‌های اقلیمی در جدول ۵ نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر ناشی از سیگنال‌های اقلیمی به ترتیب طی ماه‌های مهر، آبان، آذر و فروردین ماه با تأخیر یک‌ماهه است ولی طی ماه‌های دی، بهمن و اسفند، سیگنال‌های اقلیمی کمترین تأثیر را در میزان بارندگی دارند. بررسی میزان روابط همبستگی ماهیانه بارندگی با سیگنال‌های اقلیمی در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه همدان و همچنین بررسی همبستگی بارندگی ماهیانه میانگین ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان با سیگنال‌های اقلیمی مؤید این مطلب است که در ماه‌های پاییز به ویژه ماه‌های مهر و آبان شاخص‌های NINO1+2<sup>3</sup>، NINO3.4<sup>4</sup>، NINO3<sup>5</sup> و MEI<sup>6</sup>، بیشترین تأثیر را نسبت به سایر سیگنال‌های اقلیمی در بارندگی استان دارد. به تدریج به سمت فصل زمستان با تقویت و گسترش بادهای غربی

<sup>3</sup> Extreme Eastern Tropical Pacific SST

<sup>4</sup> East Central Tropical Pacific SST

<sup>5</sup> Eastern Tropical Pacific SST

<sup>6</sup> Multivariate ENSO Index

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij}^2}, i, j \neq j \quad (1)$$

که در آن  $r_{ij}^2$  ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای  $i$  و  $j$  و  $a_{ij}^2$  ضریب همبستگی جزئی بین آن‌هاست. اگر مجموع ضرایب همبستگی جزئی بین همه زوج متغیرها در مقایسه با مجموع مجذورات ضرایب همبستگی کوچک باشد، اندازه KMO نزدیک به یک خواهد بود. مقادیر کوچک KMO نیز بیانگر آن است که همبستگی بین زوج متغیرها نمی‌تواند توسط متغیرهای دیگر تبیین شود؛ بنابراین کاربرد تحلیل عاملی متغیرها ممکن است قابل توجیه نباشد.

### معیارهای عملکرد مدل

به منظور تعیین میزان عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی در شبیه‌سازی متغیرهای مورد بررسی و کارایی مدل‌ها در دوره‌های واسنجی و صحت‌سنجی از معیارهای عملکرد مدل استفاده می‌گردد. در این بررسی از معیارهای عملکرد نش-ساتکلیف (NASH)<sup>1</sup> و ضریب تبیین ( $R^2$ )<sup>2</sup> استفاده شده است. هر چه مقادیر NASH و  $R^2$  به یک نزدیک‌تر باشند مقادیر بارندگی شبیه‌سازی شده از دقت مطلوب‌تری برخوردار خواهند بود.

$$R^2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{obs} - \bar{P}_{obs})(P_{sim} - \bar{P}_{sim})}{P_{obs} \times P_{sim}} \quad (2)$$

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - P_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (P_{obs,i} - \bar{P}_{obs})^2} \quad (3)$$

که در آن  $P_{sim}$  و  $P_{obs}$  داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی و  $n$  برابر تعداد داده‌ها است. مقدار  $R^2$  بیانگر ارتباط خطی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای است که بین صفر تا یک متغیر است و هر چه مقدار آن به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده رابطه قوی خطی بین دو مقدار شبیه‌سازی و مشاهده‌ای است.

<sup>1</sup> Nash-Sutcliffe

<sup>2</sup> Coefficient of Determination

میزان رابطه همبستگی حداکثر بارندگی ۱ روزه، فراوانی بارندگی ۱ روزه، حداکثر بارندگی ۲ روزه، فراوانی بارندگی ۲ روزه، حداکثر بارندگی ۳ روزه با سیگنال‌های اقلیمی نشان دهنده این است که سیگنال‌های اقلیمی علاوه بر مقدار بارندگی، بر روی مقادیر حداکثر بارش و حتی تعداد روزهای بارانی نیز تأثیر می‌گذارد. در بیشتر ماه‌های سال با توجه به آزمون معنی‌دار F و ضریب همبستگی، همبستگی زیاد و معنی‌دار وجود دارد. حداکثر بارندگی دو روزه باستثناء آذرماه و همچنین حداکثر بارندگی یک‌روزه باستثناء خردادماه در سایر ماه‌ها در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. بررسی فراوانی بارندگی یک‌روزه در ایستگاه سینوپتیک نوژه نشان می‌دهد که تأثیر سیگنال‌های اقلیمی در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، آبان و آذرماه بیش از سایر ماه‌ها است و این تأثیر در بارندگی‌های با فراوانی دوروزه و سه‌روزه نیز مشهود است. در شکل ۳ نمودار سه بعدی عامل‌های سه گانه، جهت بررسی بارندگی آبان ماه ایستگاه فرودگاه پس از دوران عامل‌ها ترسیم گردیده است. مهم‌ترین سیگنال‌ها در هر عامل در شکل ۳ نشان می‌دهد که با توجه به عامل اول شاخص‌های NINO3، ONI، NINO4، MEI، NINO3.4 و ONI، بیش‌ترین مقدار را بر اساس عامل اول به خود اختصاص داده‌اند. شاخص‌های PNA و TNI بر مبنای عامل دوم و شاخص‌های CAR، NTA و AMO بر مبنای عامل سوم، در مراحل بعدی در میزان بارندگی آبان‌ماه تأثیر دارند. تغییرات مقدار بارندگی آبان‌ماه با عامل اول نیز در شکل ۴ نشان می‌دهد که با توجه به عامل اول که بیشترین تأثیر را در بارندگی آبان‌ماه دارد.

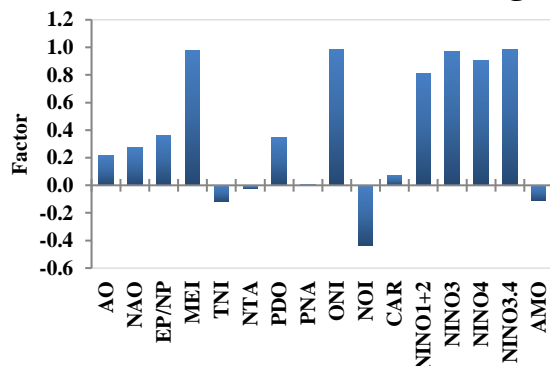


Figure 2- The effect of major signals on the precipitation of October

شکل ۲- تأثیر سیگنال‌های عمده بر بارندگی مهرماه

اثرات این سیگنال‌ها نیز ضعیف‌تر می‌شوند. به‌گونه‌ای که در ماه آذر اثرات سیگنال‌های <sup>۱</sup>NAO، <sup>۲</sup>ONI، <sup>۳</sup>AMO، <sup>۴</sup>NTA و <sup>۵</sup>CAR افزایش می‌یابد. در واقع در فصل پاییز شاخص انسو بیشترین تأثیر نسبت به سایر سیگنال‌های اقلیمی بر بارندگی فصل پاییز دارند. بررسی‌های انجام شده در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور نشان می‌دهد که در بین اغلب شاخص‌های مورد بررسی، MEI و SOI<sup>۶</sup> بیشترین تأثیر را بر بارندگی دارند (Nazemosadat et al., 2005).

### روش آماری تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره

با استفاده از روش تحلیل رگرسیون چندمتغیره مهم‌ترین سیگنال‌های اقلیمی مؤثر بر بارندگی استان با توجه به درصد معنی‌داری هر یک سیگنال‌ها تعیین گردیدند. نتایج بررسی در جدول ۴ ارائه شده است. طبق این جدول وضعیت همبستگی متوسط بارندگی ماهیانه ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان با سیگنال‌های اقلیمی با تأخیر یک‌ماهه متناسب با هر یک ضرایب ثابت و متغیر استخراج گردیدند، سپس بر مبنای آن مدل‌های رگرسیونی چند متغیره هر ماه تعیین شدند. یکی از مهم‌ترین اثرات سیگنال‌های اقلیمی علاوه بر مقادیر بارندگی ماهیانه، تأثیر آن بر حداکثر بارندگی یک روزه، دوروزه، سه‌روزه و فراوانی و تواتر بارندگی‌های یک‌روزه و دوروزه می‌باشد. بر این مبنا همانطور که در جدول ۵ مشخص است، ویژگی‌های آماری حاصل از روابط همبستگی چند متغیره پارامترهای بارندگی روزانه به‌همراه سایر ویژگی‌های مربوط به بارندگی ایستگاه هواشناسی فرودگاه همدان و نوژه و سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی ارزیابی و تعیین شده است. ویژگی‌های آماری از قبیل، مقدار ضریب همبستگی، آماره F و میزان معنی‌داری محاسبه گردیدند و برای تشخیص سیگنال‌های مؤثر بر خصوصیات بارندگی مورد ارزیابی قرار گرفته اند. همانطور که در جدول ۵ مشخص است با توجه به آماره F و میزان معنی‌داری، در اغلب ماه‌ها معنی‌دار است.

<sup>1</sup> North Atlantic Oscillation

<sup>2</sup> Oceanic Nino Index

<sup>3</sup> Atlantic Multidecadal Oscillation

<sup>4</sup> North Tropical Atlantic SST Index

<sup>5</sup> Caribbean Index

<sup>6</sup> Southern Oscillation Index

Table 5- Statistical characteristics of multivariate correlation relations of monthly rainfall and climatological signals in Nojeh Station

جدول ۵- ویژگی‌های آماری حاصل از روابط همبستگی چند متغیره پارامترهای بارندگی ماهیانه و سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی ایستگاه سینوپتیک نوزه

Months	Statistical Characteristics	Monthly Rainfall	Maximum Rainfall			Frequency Rainfall	
			1Day	2Day	3Day	1Day	2Day
Apr	Statistics F	3.4	2.4	4.2	1.6	1.6	2.5
	Significant	<u>0.01</u>	<u>0.09</u>	<u>0.009</u>	<u>0.1</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>
	correlation coefficient	0.85	0.91	0.91	0.82	0.83	0.83
May	Statistics F	2.6	3.6	6.7	6.7	4.8	2.5
	Significant	<u>0.05</u>	<u>0.01</u>	<u>0.002</u>	<u>0.002</u>	<u>0.007</u>	<u>0.06</u>
	correlation coefficient	0.86	0.88	0.95	0.95	0.92	0.87
Jun	Statistics F	1.8	1.8	-----	-----	2.7	-----
	Significant	0.1	0.1	-----	-----	<u>0.03</u>	-----
	correlation coefficient	0.79	0.74	-----	-----	0.81	-----
Oct	Statistics F	4.4	2.4	3.1	-----	0.82	-----
	Significant	<u>0.006</u>	<u>0.06</u>	<u>0.03</u>	-----	0.6	-----
	correlation coefficient	0.762	0.83	0.88	-----	0.59	-----
Nov	Statistics F	7.22	5.5	2.5	2.9	2.9	0.49
	Significant	<u>0.001</u>	<u>0.003</u>	<u>0.05</u>	<u>0.03</u>	<u>0.03</u>	0.887
	correlation coefficient	0.91	0.92	0.82	0.87	0.76	0.56
Dec	Statistics F	0.72	2.4	1.1	1.3	2.8	2.6
	Significant	0.71	<u>0.06</u>	0.4	<u>0.3</u>	<u>0.03</u>	<u>0.05</u>
	correlation coefficient	0.694	0.81	0.65	0.74	0.83	0.84

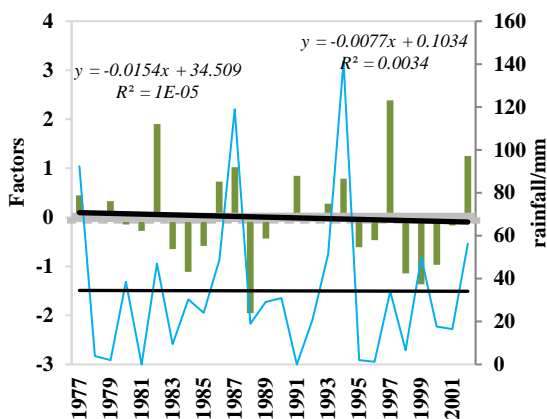


Figure 4- Chart of changes in rainfall in November with the first factor

شکل ۴- نمودار تغییرات مقدار بارندگی آبان ماه با عامل اول

مدل‌های پیش‌بینی قرار گرفتند. نتایج بررسی نشان می‌دهند که در اغلب سیگنال‌های مورد ارزیابی، NINO1+2، NINO3، NINO4، NOI، MEI و ONI بیشترین درصد را به خود اختصاص دادند.

#### واسنجی و ارزیابی مدل‌ها

پس از تهیه مدل‌های رگرسیونی ضروری بود که میزان صحت و اعتماد به مدل‌ها نیز محاسبه شود و مورد آزمون

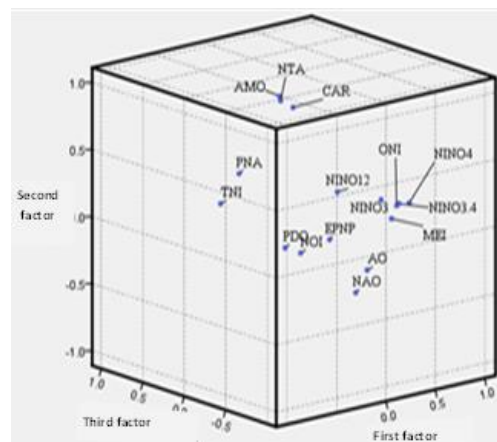


Figure 3- Three-dimensional graph of three factors of rainfall in the month of the synoptic Forodghah

شکل ۳- نمودار سه بعدی عامل‌های سه گانه بارندگی آبان ماه ایستگاه سینوپتیک فرودگاه

سال‌هایی که بارندگی افزایش پیدا نموده است ناشی از سیگنال‌های اقلیمی NINO3.4، MEI، ONI، NINO4 و NINO3 است، که در بررسی بارندگی و پیش‌آگاهی و برآورد بارندگی در سال‌های آتی می‌توانند بیش‌تر مورد توجه قرار گیرند و در ساخت مدل‌های پیش‌بینی می‌توانند به عنوان عمده‌ترین شاخص‌ها مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت مهم‌ترین شاخص به‌عنوان مولفه اول تعیین و مبنای تهیه

اقلیمی طی ماه‌های مختلف، صحت‌سنجی بر روی خروجی هر یک از معادلات انجام گرفت و بر مبنای معیارهای ارزیابی میزان اعتبار و دقت هر یک از مدل‌ها ارزیابی تعیین گردیدند. به همین منظور طبق شکل ۵ و ۷ دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۷۷ به‌عنوان دوره واسنجی و دوره ۲۰۱۲-۲۰۰۳ به‌عنوان دوره صحت‌سنجی ترسیم و مورد بررسی قرار گرفتند.

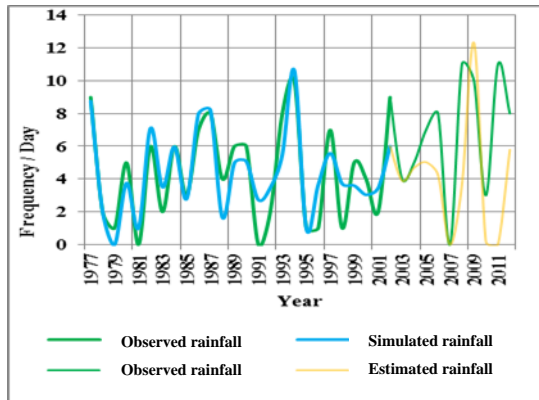


Figure 6- Frequency chart of maximum one-day precipitation November, calibration period and validation period

شکل ۶- نمودار فراوانی حداکثر بارندگی یک روزه آبان ماه، دوره واسنجی و دوره اعتبار سنجی

قرار گیرند. بر این اساس پس از تعیین تمامی متغیرهای ورودی مدل با استفاده از روش تحلیل عاملی و روش مرحله‌ای آنالیز همبستگی، و با تعیین درصد معنی‌داری متغیرها در هر یک از معادلات رگرسیونی متغیرهایی که ضرایب آنها در معادلات رگرسیونی معنی‌دار نبود حذف شدند. پس از تهیه مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره، جهت هر یک از متغیرهای اقلیمی و سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس

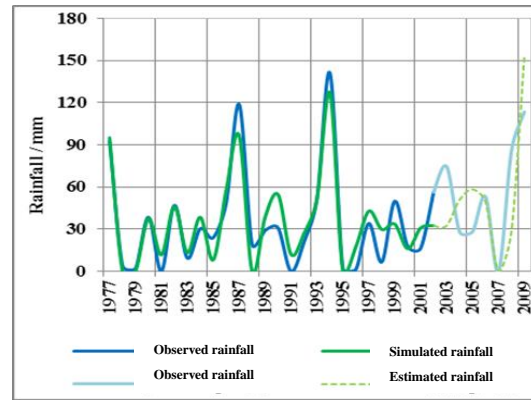


Figure 5- Rainfall for November, calibration and validation period

شکل ۵- نمودار مقدار بارندگی آبان ماه، دوره واسنجی و اعتبار سنجی

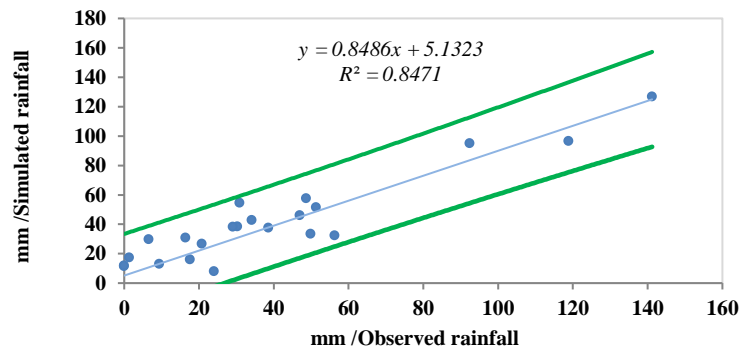


Figure 7- Comparison of observable and simulated rainfall in November with 95% confidence interval

شکل ۷- نمودار مقایسه مقادیر بارندگی مشاهده‌ای و شبیه سازی شده بارندگی آبان ماه با حدود اعتماد ۹۵ درصد

ماتریس همبستگی و مقادیر ویژه، برای تعیین تعداد عامل‌ها و به حداقل رساندن متغیرها با استفاده از روش دوران عامل‌ها، تعداد عامل‌ها مشخص شد. شکل ۲ نشان می‌دهد که سیگنال‌های مؤثر بر بارندگی مهرماه شاخص‌های NINO1+2، NINO3.4، NINO3، MEI، NINO4، ONI و PDO می‌باشند.

## تحلیل عاملی

مهم‌ترین هدف تحلیل مؤلفه‌های اصلی، کاهش حجم داده‌ها و تعیین متغیرهای مؤثر در شکل‌گیری پدیده‌ها است. بهمین منظور در این مرحله جهت تشخیص مناسب بودن داده‌ها از آماره KMO استفاده شد، که مقدار این آماره برای کلیه داده‌ها ۰/۶۶ محاسبه و تعیین گردید. پس از تهیه



ارزیابی عملکرد مدل‌ها

برای مقایسه عملکرد مدل‌ها و تعیین دقت پیش‌بینی‌ها، از معیارهای ضریب تبیین و ضریب نش-ساتکلیف استفاده شد. در جدول ۶، به‌عنوان نمونه، معیارهای خطا، مقدار ضریب تشخیص و ضریب نش-ساتکلیف برای داده‌های دوره واسنجی و صحت‌سنجی جهت پارامترهای بارش ایستگاه سینوپتیک فرودگاه ارائه شده است. نتایج تحقیق در اغلب ماه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که براساس معیارهای ضریب تبیین و ضریب نش-ساتکلیف، دقت پیش‌بینی‌ها در

برآورد بارندگی به ویژه در دوره واسنجی از دقت بالایی برخوردار است. به‌عنوان نمونه بررسی فراوانی بارندگی یک‌روزه در آبان‌ماه طی دوره واسنجی و صحت‌سنجی، مقدار ضریب تبیین به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۴۸، و مقدار ضریب نش-ساتکلیف ۰/۶۳ و ۰/۱۶ تعیین گردید. میزان ضریب همبستگی آن‌ها در دوره واسنجی و صحت‌سنجی نیز به ترتیب، ۰/۸۶ و ۰/۶۹ است. بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی دقت مدل‌های برآورد بارندگی، می‌توان نتیجه گرفت که در بیشتر ماه‌ها از دقت مناسب و بالایی برخوردار است.

Table 6- Values, coefficient of detection and Nash-Sutcliff coefficient calibration and validation periods

جدول ۶- مقادیر، ضریب تشخیص و ضریب نش-ساتکلیف دوره واسنجی و اعتبارسنجی

Months	Statistical period	Statistical characteristics	Monthly Rainfall	Frequency rainfall		Maximum rainfall		
				1-Day	2-Day	1-Day	2-Day	3-Day
Oct	calibration	R <sup>2</sup>	0.77	0.37	----	0.57	0.61	----
		Nash-Sutcliffe	0.69	-0.67	----	0.26	0.3	----
		r	0.88	0.61	----	0.76	0.78	----
	Validation	R <sup>2</sup>	0.23	0.2	----	0.07	0.02	----
		Nash-Sutcliffe	-3.7	-6.9	----	-0.56	-0.39	----
		r	-0.48	-0.19	----	-0.27	0.15	----
Nov	calibration	R <sup>2</sup>	0.85	0.74	0	0.85	0.64	0.78
		Nash-Sutcliffe	0.82	0.63	-0.1	0.82	0.45	0.72
		r	0.92	0.86	0.04	0.92	0.8	0.88
	Validation	R <sup>2</sup>	0.46	0.48	0.03	0.08	0.07	0.77
		Nash-Sutcliffe	0.43	0.16	0.09	-0.09	-34	0.38
		r	0.68	0.69	-0.16	0.29	0.26	0.87
Dec	calibration	R <sup>2</sup>	0.55	0.74	0.72	0.34	0.51	0.67
		Nash-Sutcliffe	0.19	0.65	0.61	-13	0.06	0.49
		r	0.74	0.86	0.85	0.58	0.72	0.82
	Validation	R <sup>2</sup>	0	0.57	0.16	0.03	0.04	0
		Nash-Sutcliffe	-0.2	0.35	-1.15	-7	-0.4	-0.11
		r	0.03	0.77	-0.4	-0.16	0.19	0.06

نتیجه‌گیری

سیگنال‌های اقلیمی، الگوهای بزرگ‌مقیاس از ناهنجاری‌های گردش و فشار هوا هستند که در محدوده جغرافیایی وسیع گسترش یافته‌اند. این سیگنال‌ها در توجیه رفتار اقلیم از اهمیت بسزایی برخوردارند. لذا داشتن شناخت لازم از خصوصیات این پدیده‌ها، تغییرات و پیش‌بینی آن‌ها، کمک شایانی در جهت برنامه‌ریزی دقیق در زمینه منابع آب و کشاورزی در بر خواهد داشت. سیگنال‌های اقلیمی که بیانگر تغییرات دما و فشار هوا در اقیانوس‌ها هستند، یکی از تأثیرگذارترین پارامترها در مقیاس جهانی بر الگوهای آب و هوایی به ویژه بارش بشمار می‌آیند. با توجه به اثرگذاری عوامل بزرگ‌مقیاس اقلیمی بر وقوع بارندگی‌های روزانه و

ماه‌یانه، با بررسی خصوصیات آن‌ها، می‌توان میزان دقت پیش‌بینی بارندگی را در هر منطقه افزایش داد. در این پژوهش ارتباط بارندگی روزانه و ماه‌یانه استان همدان با ۱۶ سیگنال اقلیمی ارایه شده در جدول ۱، مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش برای تحلیل و پیش‌بینی بارندگی در استان همدان، روش‌های آماری تحلیل عاملی و رگرسیون چندمتغیره مورد ارزیابی و تجزیه تحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج کلی نشان می‌دهد که با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره و بهره‌گیری از امکانات روش آماری تحلیل عاملی، در بر آورد و پیش‌بینی بارندگی، می‌توان به نتایج بسیار سودمندی دست یافت. نتایج کلی ارزیابی نشان می‌دهد که ویژگی‌های بارندگی روزانه استان همدان شامل

طبق تحقیقی که بر روی هفت سیگنال اقلیمی انجام شد مشخص گردید که شاخص‌های EP، NP، PNA، NINO3، AO، ONI و TN بیشترین اثر را بر بارندگی‌های آبی دارد (Mohammadi et al., 2017) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین تحقیقات دیگری بر مبنای اثرات سیگنال‌های اقلیمی بر بارندگی صورت گرفته که اغلب مؤید این مطلب است که شاخص انسو تأثیر بیشتری نسبت به سایر سیگنال‌های اقلیمی بر بارندگی دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Fatahi et al., 2006). نتایج کلی پژوهش نشان می‌دهد که هر یک از شاخص‌ها در زمان‌های مختلف بر میزان بارندگی روزانه با تداوم‌های مختلف تأثیر متفاوتی دارند. این تحقیق می‌تواند مبنای بررسی‌های آبی، در اغلب پیش‌بینی‌ها علاوه بر بارندگی ماهیانه، در زمینه تداوم بارندگی‌های روزانه و فراوانی تعداد روزهای بارانی در دوره‌های وقوع النینو و لانینو مورد استفاده قرار گیرد.

### منابع

- Azimi, M., Tajrishi, M., Abrishamchi, A. 2009. Prediction of Dez dam runoff season using large climatic signals. The 9th Iranian Hydraulic Conference, Iran. Tarbiat Modarres University. (In Farsi).
- Choubin, B., Khalighi Sigaroodi, S., Malekian, A. 2016. Impacts of Large-Scale Climate Signals on Seasonal Rainfall in the Maharlou-Bakhtegan Watershed. Journal of Range and Watershed Management, 69(1), 51-63. (In Farsi)
- Erfanian, M., Ansari, H., Alizadeh, A. 2013. Prediction of rainfall and monthly average temperature using Teleconnection Patterns and artificial neural networks (Case study: Mashhad Synoptic station). Journal of arid regions geographic studies, 3(11), 53-73. (In Farsi)
- Fatehi Marj, A., Borhani Darian, A., Mahdian, M. H. 2006. Forecasting Seasonal Rainfall Using Teleconnection Pattern Case Study: Orumiyeh Lake Basin. JWSS - Journal of Water and Soil Science, 10(3), 45-58. (In Farsi)
- Hejazizadeh, Z., Fatahi, E., Saligheh, M., Arsalani, F. 2013. Study on the impact of climate signals on the precipitation of the central of iran using artificial neural network. Journal of Geographical sciences, 13 (29), 75-89. (In Farsi).
- Jin, Y. H., Kawamura, A., Jinno, K., Berndtsson, R. 2005. Detection of ENSO-influence on the monthly precipitation in South Korea. حداکثر بارندگی یک‌روزه، فراوانی بارندگی یک‌روزه، حداکثر بارندگی سه‌روزه، شدیداً تحت تأثیر سیگنال‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی قرار دارند. ارزیابی و واسنجی مدل‌های مورد بررسی نیز تعیین نمود که روش تحلیل عاملی می‌تواند به‌عنوان یک روش سودمند و کاربردی جهت پیش و پیش‌بینی بارندگی مورد استفاده قرار گیرد. بررسی نمودارها و جداول مختلف همبستگی و نتایج حاصل از روش تحلیل عاملی نشان می‌دهد که سیگنال‌های اقلیمی در ماه‌های مهر، آبان، آذر، بهمن، فروردین و اردیبهشت بیشترین تأثیر را دارند. در فصل پاییز نیز سیگنال‌های اقلیمی MEI، NINO4، NINO3.4، NINO1+2 و ONI بیشترین تأثیر را بر روی میزان بارندگی دارند. نتایج بررسی نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مورد بررسی اغلب شاخص‌ها همبستگی بسیار مناسبی با بارندگی ماهیانه دارند که با نتایج تحقیق Hejazizadeh et al., (2013) همخوانی دارد (در صفحه ۸۳ این منبع این موضوع بررسی و اشاره شده است و همخوانی دارد). ارزیابی مقادیر حداکثر بارندگی یک‌روزه، فراوانی بارندگی یک‌روزه، حداکثر بارندگی سه‌روزه در ایستگاه‌های سینوپتیک استان نشان‌دهنده میزان تأثیر هر یک از سیگنال‌های مورد بررسی بر وضعیت خصوصیات بارندگی استان می‌باشد. با بررسی میزان بارندگی ماهیانه مشخص شد که اثر سیگنال‌ها بر مقدار بارندگی ماه‌های، مهر و آذر بیشتر تحت تأثیر شاخص‌های MEI به‌میزان ۲۲/۹ درصد، شاخص NINO3.4 به‌میزان ۲۲/۲ درصد و شاخص NINO3 به‌میزان ۲۲/۱ درصد قرار دارند. بررسی میزان همبستگی، حداکثر بارندگی یک‌روزه، فراوانی بارندگی یک‌روزه، حداکثر بارندگی سه‌روزه، فراوانی بارندگی سه‌روزه و حداکثر بارندگی علاوه بر مقدار بارندگی بر روی حداکثر بارش و حتی تعداد روزهای وقوع آن نیز تأثیر می‌گذارند. موضوعی که در اغلب پژوهش‌ها کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. مقایسه شاخص‌های مورد بررسی تعیین نمود که شاخص‌های MEI، NINO4 و NINO3.4 به ترتیب بیشترین تأثیر را بر بارندگی روزانه و ماهیانه استان دارند.

- in Khuzestan province. National Conference on Water Resources Research in Iran. (In Farsi).
- Rooygar, H., Golyan, S. 2014. Investigation of relationship between largscal climatic indices and monthly rainfall and average montly discharge in Golestan dam basin. Eighth national congress of civil engineering, Babol. (In Farsi)
- Thompson, D. W., Wallace, J. M. 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *Journal of climate*, 13(5), 1000-1016.
- Wallace, J. M., Gutzler, D. S. 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Monthly weather review*, 109(4), 784-812.
- Wang, C., Enfield, D. B. 2001. The tropical Western Hemisphere warm pool. *Geophysical research letters*, 28(8), 1635-1638.
- Zahraie, B., Karamouz, M. 2004. Seasonal precipitation prediction using large scale climate signals. In *Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management*, 1-10.
- Hydrological Processes: An International Journal, 19(20), 4081-4092.
- Mohammadi, M., Karami, H., Farzin, S., Farokhi, A. 2017. Prediction of Monthly Precipitation Based on Large-scale Climate Signals Using Intelligent Models and Multiple Linear Regression (Case Study: Semnan Synoptic Station). *Iranian journal of Ecohydrology*, 4(1), 201-214. (In Farsi).
- Nazaripouya, H., Khosroshahi, M. 2013. Determining most appropriate meteorological drought index for evaluation of drought in Hamedan province. *Iranian journal rangelands and desert research*, 20(4), 625-633. (In Farsi).
- Nazemosadat, M. J., Shirvani, A. 2005. Prediction of Persian Gulf Sea surface temperature using multiple regressions and principal components analysis. *Journal of Water and Soil Science*, 9(3), 1-11. (In Farsi).
- Nikzad, M., Behbahani, S. M., Rahimi, A., 2011. Evaluation of large-scale signals and temperature of Persian Gulf and Red Sea water levels in prediction of drought by artificial neural network



## The effect of several climatic signals on rainfall features using factor analysis and multivariate regression methods (Case of Hamadan province, Iran)

H. Nazaripouya<sup>1\*</sup>

Received: 22/09/2020

Accepted: 29/10/2021

### Abstract

In this study, the effects of 16 selected climatic signals on several rainfall features including maximum and the frequency of one, two, three-days rainfall and the total monthly amount in Hamadan province, Iran was evaluated using the factor analysis and multivariate regression methods. Rainfall data of raingauges, synoptic and climatology stations during the period of 1977-2013 were collected. The statistical periods of 1977-2002, and 2003-2013 were selected as the calibration and validation periods, respectively. The results showed the most significant effect of climatic signals in October, November, December, February, April and May. In autumn, among the study signals, the effect of climatic signals MEI, NINO4, NINO3.4, NINO3, NINO1 + 2 and ONI on selected rainfall features were more significant than others. Also, the findings revealed that maximum rainfall of 1, 2, 3 days, and the frequency of 1 and 2 rainy days, have the highest correlation with MEI, NINO4, NINO3.4, NINO3, NINO1 + 2 and ONI, climatic signals.

**Keywords:** Climatic signals, Rainfall, Regression, Hamedan



<sup>1</sup> Assistant Professor of Watershed Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Hamedan, Iran  
(\*Corresponding Author Email Address: [hnpoya@yahoo.com](mailto:hnpoya@yahoo.com))

نحوه ارجاع مقاله:

نظری پویا، ه. ۱۴۰۱. بررسی تأثیر سیگنال‌های اقلیمی بر بارندگی استان همدان با استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و رگرسیون چند متغیره. نشریه

هواشناسی کشاورزی، ۱۰(۱): ۱۷-۲۷. DOI: 10.22125/agmj.2022.140963.1021

Nazaripouya, H. 2022. The effect of several climatic signals on rainfall features using factor analysis and multivariate regression methods (Case of Hamadan province, Iran). Journal of Agricultural Meteorology, 10(1): 17-27. DOI: 10.22125/agmj.2022.140963.1021