دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

اثر سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی بر بارش در استان مازندران

سعید شیوخی سوغانلو[۱] و محمد موسوی بایگی[۲]

۱- دانشجوی دوره دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد و عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسوول: mousavib@um.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۶
صفحه: ۱۳ تا ۲۴

چکیده

پیش‌آگهی از بارش، نقش بسیار تعیین کننده‌ای در مدیریت خشکسالی‌ها و برنامه‌ریزی منابع آب شرب و کشاورزی ایفا می‌کند و می‌توان سیاست‌های آینده را در جهت بهینه‌سازی صرف هزینه‌ها و امکانات بهره وری حداکثر طرح‌ریزی کرد. در این پژوهش، به بررسی تاثیر سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی بر بارش استان مازندران پرداخته شد. نخست، اثر سیگنال‌های اقلیمی بر بارش به‌صورت همزمان و با تاخیر، توسط روش‌های آماری (ضریب همبستگی پیرسون) مورد بررسی قرار گرفت و سپس با استفاده از مدل M5Tree اقدام به مدلسازی بارش ماهانه با شاخص‌های مرتبط شد. به‌طور کلی ضریب همبستگی بین سیگنال‌ها و بارش نشان داد که همبستگی همراه با تاخیر، مقادیر بیشتری نسبت به بررسی همزمان داشت. نتایج بررسی همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی و بارش ماهانه با یک گام تاخیر نشان داد که در ایستگاه بابلسر، شاخص‌های AMM، NINO1+2، NINO3، NINO4، TNA و WHWP دارای همبستگی معنی دار با بارش بودند. شاخص‌های AMM، NINO1+2، NINO3، ONI، TNA و WHWP همبستگی معنی‌داری با بارش ایستگاه قراخیل داشتند. همچنین بر پایه یافته‌ها، همبستگی بین سیگنال های اقلیمی و بارش ایستگاه نوشهر، اختلاف معنی‌داری با شاخص‌های AMM، NINO1+2، NINO3، NINO3.4، TNA و WHWP داشت. همبستگی بین بارش رامسر و سیگنال های اقلیمی حاکی از ارتباط معنی دار سیگنال های AMM، NINO1+2، NINO3، TNA و WHWP بود. نتایج حاصل از مدل M5Tree حاکی از آن بود که، معمولاً در گام یک، بهترین عملکرد شبیه‌سازی بارش رخ داد. همچنین مقایسه نتایج شبیه‌سازی با نمودار Taylor بیانگر این بود که در تمامی ایستگاه‌ها، مقادیر گام تاخیر یک نزدیک تر به مشاهدات بودند. پیش‌بینی با تاخیر این مزیت را دارد که می‌توان وضعیت بارش را از پیش تعریف نمود و در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب حوزه آبخیز، دخالت داد.

واژه‌های کلیدی: سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی، ضریب همبستگی، مدل M5Tree، نمودار Taylor

مقدمه

امروزه آب، این منبع حیات بخش، به‌عنوان یکی از سه عامل تشکیل و بقای محیط زیست (خاک، هوا و آب) بیش از هر زمان دیگر مورد توجه می‌باشد (۶). بی‌شک امروزه حفظ و صیانت از منابع آب و بهره‌برداری بهینه و اقتصادی از آب یک مساله جهانی است و به همین جهت در قرن ۲۱ از آب به عنوان یک چالش فراگیر بشری یاد می‌شود (۱۲). تاکید جامعه جهانی این است که دولت‌ها و ملت‌ها به مقوله آب به عنوان کلید توسعه نگاه کنند. منابع آب اگرچه تجدید پذیر هستند ولیکن حجم آن‌ها ثابت بوده و در مقابل، تقاضای بشری برای آن رو به افزایش است به گونه‌ای که طی صد سال اخیر تقاضای جهانی برای آب بیش از شش برابر شده، در صورتی که جمعیت سه برابر شده است (۱۶). به این ترتیب سرانه آبی برای مردم جهان روبه کاهش است و از طرفی متاسفانه آلاینده‌ها اعم از پساب‌های صنعتی، زه‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و روستایی، منابع آبی را آلوده و از استانداردهای مصرف خارج می‌کنند (۴).

پیش‌بینی فرایندهای آب و هوایی بخصوص پیش‌بینی بارندگی ابزار مناسبی در اختیار مدیران بخش های مختلف (کشاورزی، منابع طبیعی و...) قرار می‌دهد تا با در نظر گرفتن این پیش‌بینی‌ها، سیاست‌های آینده را در جهت بهینه نمودن هزینه‌ها، امکانات و بهره‌وری حداکثر، امکان مقابله با خشکسالی و کاهش خسارات ناشی از آن را طرح‌ریزی کنند (۶). مقدار بارندگی از مهمترین مشخصه‌های اقلیمی هر منطقه می‌باشد. این مشخصه اقلیمی بر منابع آب یک منطقه تاثیر چشمگیری دارد که یکی از بی‌ثبات‌ترین متغیرهای اقلیمی به‌شمار می‌رود (۲). یکی از روش‌های پیش‌بینی آب و هوا، استفاده از علامت‌ها و پدیده‌های مشخصی از قبیل تغییرات دوره‌ای فشار سطح دریا، تغییرات دوره‌ای دمای سطح دریا و نظایر آن است، که از آن‌ها به نام سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی یاد می‌شود. این سیگنال‌ها براساس‌فشار سطح دریا، گرادیان فشار سطح دریا، دمای سطح دریا، گرادیان دمای سطح دریا و دیگر پارامترهای هواشناسی به‌دست می‌آیند (۸). اطلاعات سیگنال‌های اقلیمی به طور مرتب و تحت عنوان شاخص‌های اقلیمی، به آسانی در دسترس همگان قرار می‌گیرد. این شاخص‌ها بوسیله مراکز معتبر بین‌المللی ثبت می‌شوند و غالبا دارای طول دوره آماری بیش از ۵۰ سال می‌باشند. لذا استفاده از این شاخص‌ها جهت پیش‌بینی بلند مدت بخصوص برای مناطق فاقد آمار بلند مدت، بسیار مفید خواهد بود (۷).

برخی از محققین برای تعیین رابطه بین سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی با بارش، از همبستگی همزمان بارندگی با شاخص‌های اقلیمی که نماد نوسانات اقلیمی است، استفاده نموده‌اند. برخی از همبستگی تاخیری به جای همزمان استفاده نموده و نشان داده‌اند که اثرات پدیده‌های اقلیمی در بعضی مناطق با تاخیر چند ماه و یا حتی فصلی و سالانه حادث می‌شود (۱۱). در سال‌های اخیر، تحقیقات وسیعی در زمینهٔ پیش‌بینی‌های میان مدت و بلند مدت (ماهانه و فصلی) در

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

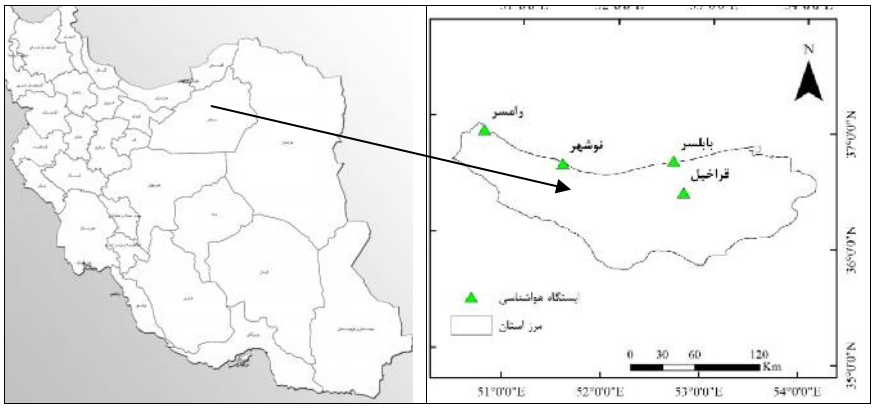
نقاط مختلف جهان انجام شده است. بسیاری از این تحقیقات برمبنای تاثیر الگوهای سینوپتیکی بزرگ مقیاس بوده است، که آیا ارتباطی بین پدیده‌های اقلیمی و میزان بارندگی در یک منطقه وجود دارد یا خیر؟ و اگر این ارتباط وجود دارد شناسایی و از آن به منظور پیش‌بینی بارش استفاده گردد. تحقیقات هسیه و جینگیانگ (۱۵)، بارتن و رامیرز (۴)، مرادی (۲۲)، عرب و همکاران (۳)، چوبین و همکاران (۶)، چوبین و همکاران (۸)، کاسانوا (۵)، کوتیل (۱۸)، دال بر تاثیر شاخص‌های اقلیمی مثل SOI، NAO، SST، PDO، AMM، NINO3، NINO1+2 و ... بر جریان رودخانه‌ها، خشکسالی و سیل می‌باشد، اما این اثرات بر روی اقلیم ایران بسیار ضعیف است. کارابورک و همکاران (۱۶) با استفاده از آنالیز همبستگی متقاطع به صورت همزمان و تاخیری به بررسی ارتباط بین انسو و متغییرهای اقلیمی (شامل: دمای حداقل و حداکثر سالیانه، بارش و جریان رودخانه، SO و NAO) در ترکیه پرداختند.

نتایج محققین در سطح جهان و ایران نیز مبنی بر تاثیر مستقیم دمای سطح اقیانوس آرام و انسو بر بارش ماریوتی و همکاران (۲۰)، چوبین و همکاران (۶) و تاثیر معکوس شاخص نوسانات جنوبی کارابورک و همکاران (۱۶) دمای سطح اقیانوس اطلس، بر بارش دارد. همچنین از سایر مطالعات انجام شده در ارتباط با شاخص‌های پیوند از دور می‌توان به یافته‌های پرالتا و همکاران (۲۴)، معصوم‌پور و همکاران (۲۱)، خورشیددوست و همکاران (۱۷) و شیر محمدی و همکاران (۲۶) اشاره کرد. بدین ترتیب با شناسایی ارتباط بین پدیده‌ها و مدت زمان تاثیرگذاری آن می‌توان با ثبت و اندازه‌گیری پدیده‌های مذکور در مناطق منشا، میزان بارندگی و شدت خشکسالی در ماه‌ها و فصول آبی را در منطقه مورد مطالعه پیش‌بینی نمود. این پژوهش با هدف بررسی رابطه بین پدیده های اقلیمی بزرگ مقیاس و بارش در استان مازندران انجام شد. در این مطالعه ارتباط سری زمانی بارش ماهانه با سیگنال‌های اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت که از نقاط قوت این پژوهش در شمال کشور بشمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با حدود ۲۴ هزار کیلومترمربع مساحت بین ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. مازندران به خاطر جغرافیای گوناگون آن که شامل جلگه‌ها، علفزارها، بیشه‌ها و جنگل‌های هیرکانی با صدها گونه گیاهی منحصر به فرد در جهان است و آب و هوای گوناگون آن از سواحل شنی با پست‌ترین نقطه، تا کوهستان‌های ناهموار و همیشه پوشیده از برف البرز و با داشتن یکی از هفت آتشفشان معروف دنیا، کوه دماوند، بسیار شناخته شده‌است. آب و هوای مازندران با توجه به وجود دریا، کوه و جنگل، به دو نوع معتدل مرطوب و کوهستانی تقسیم می‌شود (۶).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the studied area

آمار بارندگی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

جهت بررسی ارتباط بین بارش با سیگنال‌های اقلیمی و پیش‌بینی بارش در صورت تاثیرپذیری از سیگنال‌های اقلیمی نیازمند آمار بلند مدت بود. در این پژوهش، به منظور بررسی ارتباط بین بارش و سیگنال‌های اقلیمی و همچنین پیش‌بینی بارش، سعی بر آن شد که از ایستگاه‌هایی استفاده شود که دارای کیفیت آماری مناسب و نسبتا طولانی مدت باشند. بر این اساس ایستگاه‌های بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر به جهت آمار مناسب و پراکندگی مناسب در سطح استان مازندران انتخاب شدند. دوره زمانی مورد بررسی در این پژوهش بارش ۳۳ ساله درطی سال‌های (۲۰۱۶-۱۹۸۴) میلادی شامل بارندگی چهار ایستگاه: بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر می‌باشد. جدول (۱) اطلاعات ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. شکل (۲) نیز موقعیت ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی

Table 1. Weather station specifications

ایستگاه سنوپتیک	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سال تاسیس
بابلسر	-۲۱	۵۲/۶۵	۳۶/۷۲	۱۹۵۱
قراخیل	۱۴/۷	۵۲/۷۷	۳۶/۴۵	۱۹۸۴
نوشهر	-۲۰/۹	۵۱/۵۰	۳۶/۶۵	۱۹۷۷
رامسر	-۲۰	۵۰/۶۷	۳۶/۹۰	۱۹۵۵

آمار بارندگی روزانه مربوط به ایستگاه‌های ذکر شده در جدول (۱) از اداره هواشناسی استان مازندران جمع‌آوری شد. از آنجایی که مقادیر سیگنال‌های استاندارد و نرمال شده براساس سال میلادی است، لذا جهت بررسی ارتباط آن با بارش، مقادیر بارش ماهیانه میلادی در نظر گرفته شد. مقادیر بارش دراز مدت سالیانه به‌ترتیب برابر با ۹۲۵/۰۴، ۷۲۵/۶۴، ۱۳۱۰/۳۸ و ۱۲۲۶/۵۶ میلی‌متر برای ایستگاه‌های بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر بود.

سیگنال‌های اقلیمی

مقادیر شاخص‌های اقلیمی به‌صورت روزانه محاسبه و متوسط ماهانه آن در سایت‌های اینترنتی در دسترس همگان قرار می‌گیرد. این اطلاعات به صورت اعداد نرمال و استاندارد شده هستند. با این وجود، در این پژوهش، تعداد ۲۵ شاخص اقلیمی از سایت جهانی (NOAA) استخراج شد. برای هماهنگی این شاخص‌ها با بارش دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۴)، به عنوان دوره مشترک آماری در نظر گرفته شد و ارتباط شاخص‌ها با بارش بررسی شد.

بررسی همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی با بارش

جهت بررسی تاثیر پدیده‌های اقلیمی بر بارش، همبستگی بارش ماهیانه به صورت همزمان و تا ۳ گام تاخیرمورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی ارتباط بارش و سیگنال‌های اقلیمی از روش همبستگی پیرسون استفاده شد.

ضریب همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون از ضرایب مهم برای تعیین همبستگی بین دو متغیر با مقیاس‌های فاصله‌ای و نسبی می‌باشد که دارای توزیع نرمال نیز باشند. این ضریب با علامت r نمایش داده می‌شود و بین ۱+ و ۱- تغییر می‌کند و از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

(۱)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\bar{y})^2}}$$

که در رابطه (۱)، Y بارش، $\bar{Y}$ میانگین بارش، X شاخص‌های اقلیمی، $\bar{x}$ میانگین شاخص‌های اقلیمی و n تعداد سری‌های زمانی می‌باشد. با مشخص شدن مقدار r با استفاده از جدول ضریب همبستگی پیرسون معنی‌داری آن در سطح اطمینان مورد نظر بررسی می‌شود (۷).

انتخاب شاخص‌های موثر بر بارش

بعد از بررسی همبستگی بین بارش ایستگاه‌ها و سیگنال‌های اقلیمی به صورت همزمان و تا ۳ ماه تاخیر، شاخص‌هایی که دارای همبستگی معنی‌دار با بارش در سطح یک درصد خطا داشتند، به عنوان مهم‌ترین شاخص‌های اقلیمی موثر بر بارش ایستگاه انتخاب شدند و از این شاخص‌ها جهت مدلسازی و پیش‌بینی بارش استفاده شد.

مدل M5Tree

مدل درختی M5 که توسط کوئینلن (۱۹۹۲) معرفی شد. ایدن مدل زیرمجموعه‌ای از روش‌های یادگیری ماشینی و داده کاوی است. روش‌های بر مبنای درخت یکی از تکنیک‌های داده کاوی است که در این روش‌ها خروجی به صورت یک مدل با سازه درختی با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی می‌باشد. الگوریتم M5 رایج‌ترین طبقه بندی استفاده شده در خانواده مدل تصمیم گیری درختی است. در این پژوهش جهت برآورد بارش، از سیگنال‌های منتخب به عنوان ورودی استفاده شد و پیش‌بینی بارش در نرم‌افزار R2013a Matlab انجام شد.

معیارهای ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌ها در پیش‌بینی بارش

به منظور ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌های مورد بررسی از معیارهای مختلف سنجش نیکویی برازش، به شرح زیر استفاده شد:

- ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)

رابطه (۲)

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(O_i-P_i)^2}$$

- ضریب تبیین (R^2)

رابطه (۳)

$$R^2=\frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i-\bar{O})(P_i-\bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(O_i-\bar{O})^2\sum_{i=1}^{N}(P_i-\bar{P})^2}}$$

- ضریب ناش- ساتکلیف (NSE)

رابطه (۴)

$$NSE=1-\frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2}$$

در معادلات فوق N تعداد داده‌ها، Oi و Pi نمایانگر مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، $\bar{O}$ و $\bar{P}$ میانگین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است (۴).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

نمودار تیلور (Taylor diagram)

نمودار تیلور یک روش گرافیکی است که چگونگی نزدیکی یک الگو یا مجموعه‌ای از الگوها را نسبت به مشاهدات نشان می‌دهد. این نمودار در سال ۲۰۰۱ توسط تیلور ارائه شده است. نمودار تیلور یک ابزار بسیار مفید برای مقایسه بین دو رکورد از داده‌ها است (۱۸). این نمودار با استفاده از سه آماره: ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و انحراف معیار دو سری زمانی (پیش‌بینی شده و مشاهداتی) ترسیم می‌شود. برای رسم این نمودار از مختصات قطبی استفاده می‌شود که مقدار ضریب همبستگی قوس و کمان این نمودار را و خطای استاندار بر روی محور طول‌ها و عرض‌های این نمودار قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

نتایج همبستگی همزمان بین بارش و شاخص‌های اقلیمی

نتایج بررسی همبستگی همزمان بین شاخص‌های اقلیمی و بارش ماهانه در جدول (۲) ارائه شد. در ایستگاه بابلسر، شاخص‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3 و NP دارای همبستگی معنی‌دار با بارش هستند ($p \leq 0.01$). شاخص NP دارای بیشترین همبستگی (۰/۳۱-) با بارش ایستگاه بابلسر است. شاخص‌های AMM، NAO، NINO 3، NP و ONI دارای همبستگی معنی‌دار با بارش ایستگاه قراخیل داشتند ($p \leq 0.01$). همچنین نتایج بررسی همبستگی همزمان بین سیگنال‌های اقلیمی و بارش ایستگاه نوشهر حاصل از ارتباط معنی‌دار شاخص‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3.4، NP، TNA و WHWP با بارش بود ($P \leq 0.01$). همبستگی بین بارش رامسر و سیگنال‌های اقلیمی حاکی از ارتباط معنی‌دار سیگنال‌های AMM، EA/WR، NINO 1+2، NINO 3.4 و WHWP بود (جدول ۲). طبق مطالعات پیشین کارابورک و همکاران (۱۶)، زرین‌کلاه (۲۸)، چوبین و همکاران (۶،۷)، شاخص‌ها با تاخیر زمانی مختلف، با بارش معنادار شده بودند. در ضمن فاصله مکانی قابل توجه بین ایران و مکان اصلی این پدیده‌ها، این فرض را تقویت می‌کند که تاثیر این شاخص‌ها بر بارش با تاخیر زمانی مشخص می‌شود. کارابورک و همکاران (۱۶) با استفاده از آنالیز همبستگی متقاطع به صورت همزمان و تاخیری به بررسی ارتباط بین انسو و متغییرهای اقلیمی (شامل: دمای حداقل و حداکثر سالیانه، بارش و جریان رودخانه، SO و NAO) در ترکیه پرداختند.

جدول ۲- نتایج همبستگی همزمان بین شاخص‌های اقلیمی و بارش

Table 2. The synchronous correlation Results between climate indexs and Precipitation

سیگنال	بابلسر		قراخیل		نوشهر		رامسر	
	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value
AMM	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰
AMO	-۰/۰۶	۰/۲۱	-۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۶۷	۰/۰۵	۰/۲۹
AO	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۶۶	۰/۰۳	۰/۵۵
BEST	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۳۷
CAR	۰/۰۳	۰/۵۲	۰/۰۳	۰/۵۵	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۱۲
EA	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۳۱
EA/WR	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۰۰
MEI	۰/۰۴	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۰۰	۰/۹۵
NAO	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۸
NINO 1+2	-۰/۲۰	۰/۰۰	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۲۹	۰/۰۰	-۰/۲۷	۰/۰۰
NINO 3	-۰/۲۸	۰/۰۰	-۰/۱۷	۰/۰۰	-۰/۳۱	۰/۰۰	-۰/۲۵	۰/۰۰
NINO 3.4	-۰/۱۳	۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۱۶	-۰/۱۵	۰/۰۰	-۰/۱۲	۰/۰۲
NINO 4	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۹
NP	-۰/۳۱	۰/۰۰	-۰/۲۷	۰/۰۰	-۰/۱۸	۰/۰۰	-۰/۰۹	۰/۰۸
NTA	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۰۶	۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۴
ONI	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۳۶
PDO	-۰/۰۸	۰/۱۰	-۰/۰۵	۰/۳۷	-۰/۰۹	۰/۰۶	-۰/۰۴	۰/۴۸
PNA	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۳۷
QBO	۰/۰۰	۰/۹۵	۰/۰۱	۰/۹۰	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۰	۰/۹۹
SOI	-۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۰۹	۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۲۲	-۰/۰۷	۰/۱۷
TNA	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۲
TNI	-۰/۰۴	۰/۴۳	-۰/۰۵	۰/۲۸	-۰/۰۲	۰/۷۰	-۰/۰۶	۰/۲۳
TSA	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۰۸	۰/۱۰	-۰/۰۸	۰/۱۰
WHWP	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۰۴	۰/۴۰	۰/۱۴	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰
WP	۰/۰۰	۰/۹۶	۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۴	۰/۴۲	۰/۰۸	۰/۱۰

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

نتایج همبستگی بین بارش و شاخص‌های اقلیمی با یک گام تاخیر

نتایج بررسی همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی و بارش ماهانه با یک گام تاخیر در جدول (۳) ارائه شد. در ایستگاه بابلسر شاخص‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3، NINO 4، TNA و WHWP دارای همبستگی معنی‌دار با بارش بود. شاخص‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3، ONI، TNA و WHWP دارای همبستگی معنی‌دار با بارش ایستگاه قراخیل داشتند. نتایج بررسی همبستگی بین سیگنال‌های اقلیمی و بارش ایستگاه نوشهر حاصل از ارتباط معنی‌دار شاخص‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3، NINO 3.4، TNA و WHWP با بارش بود. همبستگی بین بارش رامسر و سیگنال‌های اقلیمی حاکی از ارتباط معنی‌دار سیگنال‌های AMM، NINO 1+2، NINO 3، TNA و WHWP بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۳). آبتو و همکاران (۱) شاخص‌های NINO3.4، SOI، SST را موثر بر شرایط هیدرولوژی (بارش و جریان رودخانه) حوضه بلونیل در اتیوپی گزارش کردند. گامیز فورتیس و همکاران (۱۲) SST زمستان اقیانوس اطلس را معرف با اهمیتی جهت پیش‌بینی‌پذیری برای توسعه دیدگاه‌های مدیریت منابع آب دانستند. نتاچ فتاحی و صداقت کردار (۱۱) بیانگر این بود که، پدیده انسو در مناطق NINO3.4، NINO1+2، NINO3 به عنوان موثرترین سیگنال‌ها در پیش‌بینی بارش ناحیه جنوب غرب ایران می‌باشد. محمود آبادی و همکاران (۱۹) نشان دادند که، ایستگاه‌های جنوبی نظیر چابهار بالاترین ارتباط معنی‌دار میان شاخص‌های پیوند از دور EA و NINO1 با شاخص حدی R10 را نشان می‌دهد. از طرفی، شاخص TSI بیشترین میزان همبستگی از نوع معکوس را با شاخص R10 در ایستگاه‌های شمالی نظیر زاهدان و زابل از خود بروز داده است.

قویدل رحیمی (۱۴)، در خصوص تاثیر اثر انسو بر بارش آذربایجان شرقی نشان داد که در پاییز مناطق NINO3.4، NINO4 بیشترین تاثیر را بر بارش‌های استان آذربایجان شرقی می‌گذارد. زرین‌کلاه (۲۸) ۷ شاخص اقلیمی AMM، TNA، AMO، TSA، NAO، $NINO_{3.4}$، MEI جز موثرترین شاخص‌های تاثیرگذار بر بارش استان کرمانشاه می‌داند. بر پایه نتایج چوبین و همکاران (۶)، ارتباط نسبتا قوی بین بارش سالانه ایران و شاخص نوسانات جنوبی وجود دارد. عرب و همکاران (۳) نشان دادند که، پدیده انسو بر شرایط اقلیمی پاییز و زمستان در منطقه جنوب شرقی ایران تاثیرگذار است. ناظم السادات و کوردی (۲۳)، تاثیر بارش‌های پاییزه ایران از پدیده انسو را نشان دادند. همچنین چوبین و همکاران (۷) بیان کردند که، تاثیرپذیری بارندگی ایران از پدیده انسو در پاییز بیش از هر فصل دیگر است.

جدول ۳- نتایج همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی و بارش با یک گام تاخیر

Table 3. The correlation Results between climate indexs and Precipitation with one-step delay

	بابلسر		قراخیل		نوشهر		رامسر	
سیگنال	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value	همبستگی	P-value
AMM	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۲۴	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۰۰
AMO	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۲
AO	-۰/۰۷	۰/۱۹	-۰/۰۵	۰/۳۴	-۰/۰۶	۰/۲۵	-۰/۰۶	۰/۲۷
BEST	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۲۵
CAR	۰/۰۲	۰/۷۰	۰/۰۳	۰/۵۹	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۱۳
EA	-۰/۰۳	۰/۵۵	۰/۰۲	۰/۷۵	-۰/۰۳	۰/۵۵	-۰/۰۱	۰/۸۲
EA/WR	۰/۰۴	۰/۴۶	۰/۰۲	۰/۶۵	۰/۰۰	۰/۹۶	-۰/۰۴	۰/۴۲
MEI	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۴۰	۰/۰۲	۰/۷۲
NAO	-۰/۰۷	۰/۱۸	-۰/۰۶	۰/۲۰	-۰/۰۶	۰/۲۴	-۰/۰۴	۰/۴۳
NINO 1+2	-۰/۴۲	۰/۰۰	-۰/۲۸	۰/۰۰	-۰/۴۵	۰/۰۰	-۰/۳۷	۰/۰۰
NINO 3	-۰/۳۷	۰/۰۰	-۰/۲۸	۰/۰۰	-۰/۳۸	۰/۰۰	-۰/۳۰	۰/۰۰
NINO 3.4	-۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۰۸	۰/۰۹	-۰/۱۴	۰/۰۰	-۰/۱۲	۰/۰۲
NINO 4	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۳
NP	-۰/۰۶	۰/۲۶	-۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۰۶	۰/۲۵
NTA	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۸
ONI	۰/۱۳۴	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۳۸
PDO	-۰/۰۹	۰/۰۶	-۰/۰۷	۰/۱۵	-۰/۰۸	۰/۱۰	-۰/۰۱	۰/۸۹
PNA	-۰/۰۳	۰/۵۲	-۰/۰۵	۰/۳۴	-۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۰۰	۰/۹۲
QBO	-۰/۰۴	۰/۴۳	-۰/۰۳	۰/۶۱	-۰/۰۴	۰/۴۴	-۰/۰۴	۰/۴۶
SOI	-۰/۰۹	۰/۰۶	-۰/۱۰	۰/۰۴	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۰۹	۰/۰۷
TNA	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰
TNI	-۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۰۸	۰/۰۹	-۰/۰۶	۰/۲۲	-۰/۰۸	۰/۱۳
TSA	-۰/۱۱	۰/۰۲	-۰/۱۲	۰/۰۲	-۰/۱۰	۰/۰۴	-۰/۱۱	۰/۰۳
WHWP	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۰۰
WP	-۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۰۱	۰/۹۲	۰/۰۰	۰/۹۸	۰/۰۲	۰/۷۲

نتایج رگرسیونی تاخیری نشان‌دهنده پتانسیل بالای پیش‌بینی باران و جریان ۷ ماه بعد با استفاده از NAO بود. بنابراین برتری دیگر این پژوهش با سایر مطالعات انجام گرفته در بررسی تاخیری شاخص‌های اقلیمی بر بارش است؛ که این موضوع باعث کاربردی شدن این پژوهش می‌باشد. نتایج همبستگی با تاخیر پتانسیل پیش‌بینی قابل اعتماد را نشان می‌دهد، که با نتایج کارابورک و همکاران (۱۶) همخوانی دارد.

مدلسازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی و مدل M5Tree

بعد از بررسی همزمان و تا سه گام تاخیر بین بارش و سیگنال‌های اقلیمی، سیگنال‌های اقلیمی مرتبط در هر مقیاس زمانی مورد بررسی (همزمان یا با تاخیر) به عنوان ورودی یا پیش‌بینی کننده انتخاب شدند. سپس داده‌ها در طی سال‌های آماری ۱۹۸۴-۲۰۱۶ به دو قسمت آموزش مدل (شامل ۷۰ درصد داده‌ها) و اعتبارسنجی مدل (شامل ۳۰ درصد داده‌ها) تقسیم شد.

نتایج شبیه‌سازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی همزمان در جدول ۴ ارایه شد. منطبق با طبقه‌بندی عملکردی موریاسی و همکاران (۲۰۰۷)، نتایج ارزیابی خطا (RMSE، R^2، NSE) حاکی از عملکرد خوب ($0.65 < NSE < 0.75$) تا خیلی خوب ($0.75 < NSE < 1.00$) مدلسازی در دوره واسنجی و عملکرد مناسب (رضایت‌بخش) ($0.50 < NSE < 0.65$) مدل در دوره صحت‌سنجی بود.

جدول ۴- نتایج بررسی عملکرد شبیه‌سازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی همزمان

Table 4. The Results of Precipitation simulation performance with climatic signals

دوره	پارامتر	بابلسر	قراخیل	نوشهر	رامسر
آموزش	RMSE	۴۳/۸۶	۲۲/۳۶	۴۸/۰۳	۴۷/۹۱
	NSE	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۱
	R^2	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۸۱
اعتبارسنجی	RMSE	۵۱/۳۳	۴۵/۴۱	۸۲/۹۰	۱۰۴/۹۰
	NSE	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۵۳
	R^2	۰/۵۰	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۶۰

نتایج شبیه‌سازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی یک ماه قبل (یک گام تاخیر) در جدول ۵ ارائه شد. منطبق با طبقه‌بندی عملکردی موریاتی و همکاران (۲۰)، نتایج ارزیابی خطا (RMSE، R2، NSE) حاکی از عملکرد خوب ($0.65 < NSE < 0.75$) تا خیلی خوب ($0.75 < NSE < 1.00$) مدلسازی در دوره واسنجی و عملکرد خوب ($0.65 < NSE < 0.75$) مدل در دوره صحت‌سنجی بود.

جدول ۵- نتایج بررسی عملکرد شبیه‌سازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی با یک گام تاخیر.

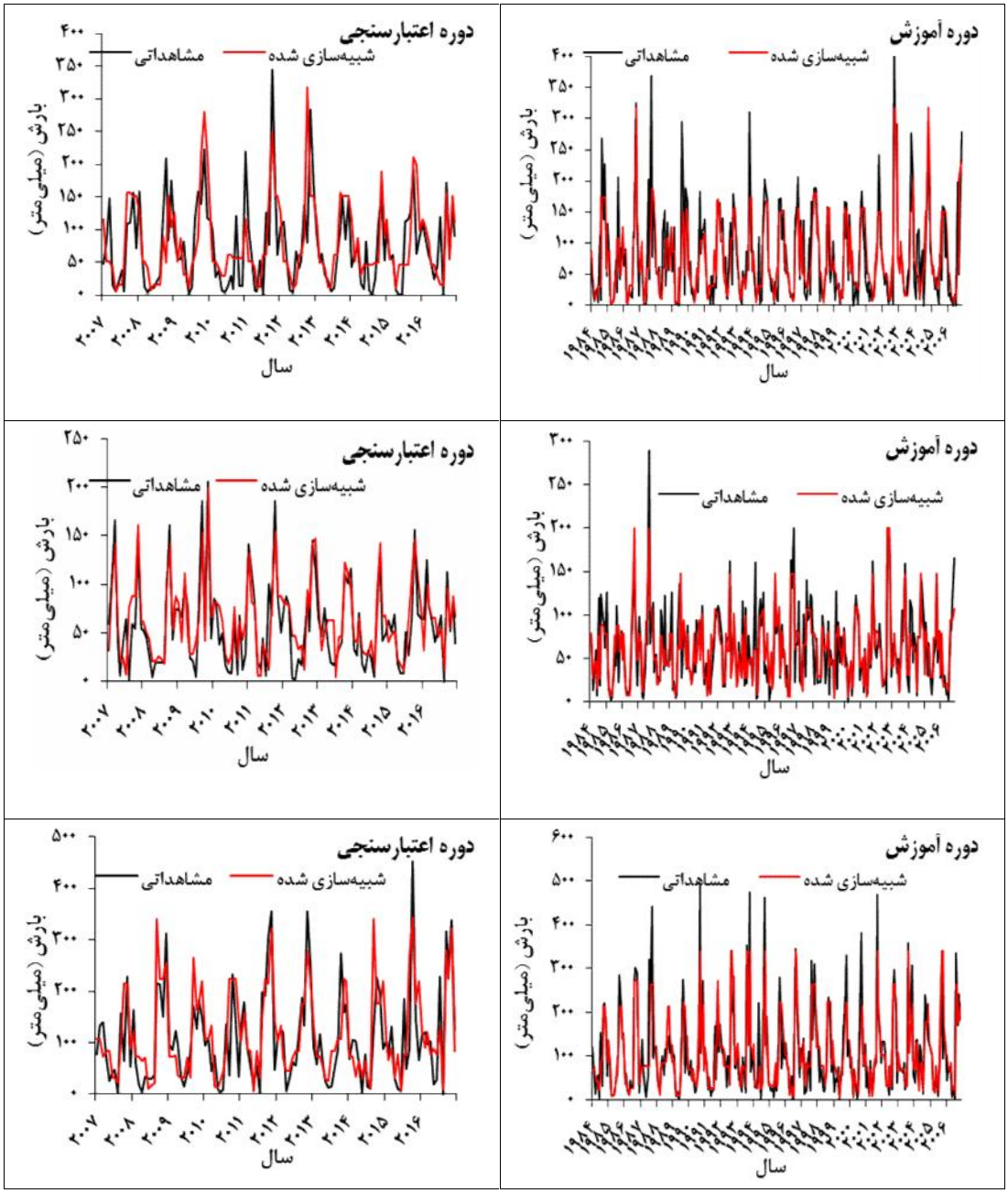
Table 5. The Results of Precipitation simulation performance with climatic signals One-step delay

دوره	پارامتر	بابلسر	قراخیل	نوشهر	رامسر
آموزش	RMSE	۴۲/۶۰	۲۲/۸۸	۵۰/۶۹	۵۱/۹۴
	NSE	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۸
	R^2	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۸
اعتبارسنجی	RMSE	۵۸/۸۷	۴۲/۷۹	۸۲/۴۱	۱۲۱/۱۴
	NSE	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۶۶
	R^2	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۱

مقایسه بصری مدلسازی بارش توسط مدل M5Tree نتایج شبیه‌سازی سری زمانی بارش

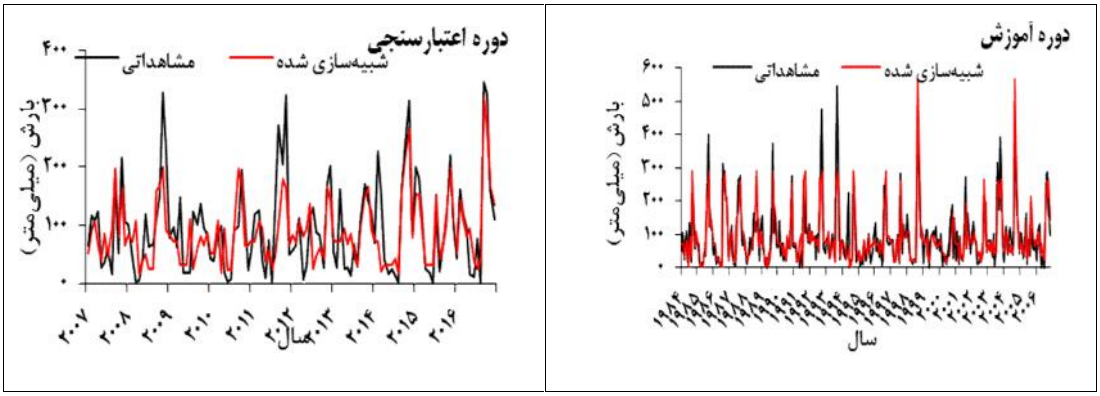
شبیه‌سازی بارش به ترتیب برای ایستگاه‌های بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر برای دوره‌های آموزش و اعتبارسنجی در شکل ۲ ارائه شد. با توجه آماره‌های خطا جدول‌های ۴ و ۵، نتایج شبیه‌سازی در گام تاخیر یک بهتر از سایر گام‌ها بود. در اینجا به منظور کاهش تعداد گراف‌ها تنها نتایج شبیه‌سازی با سیگنال‌های یک ماه قبل (یک گام تاخیر) ارایه شد. مقایسه گراف‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی حاکی از عملکرد مناسب مدل M5Tree در مدلسازی بارش با کمک سیگنال‌های اقلیمی بود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]



شکل ۲- مقایسه بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده به ترتیب ایستگاه‌های بابلسر،قراخیل، نوشهر و رامسر
Figure 2. Comparison of observation and simulated rainfall in Babolsar, Gharakhil, Noshahr and Ramsar stations respectively

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]



ادامه شکل ۲- مقایسه بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده به ترتیب ایستگاه‌های بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر
Contiued Figure 2. Comparison of observation and simulated rainfall in Babolsar, Gharakhil, Noshahr and Ramsar stations respectively

نمودار تیلور (Taylor)

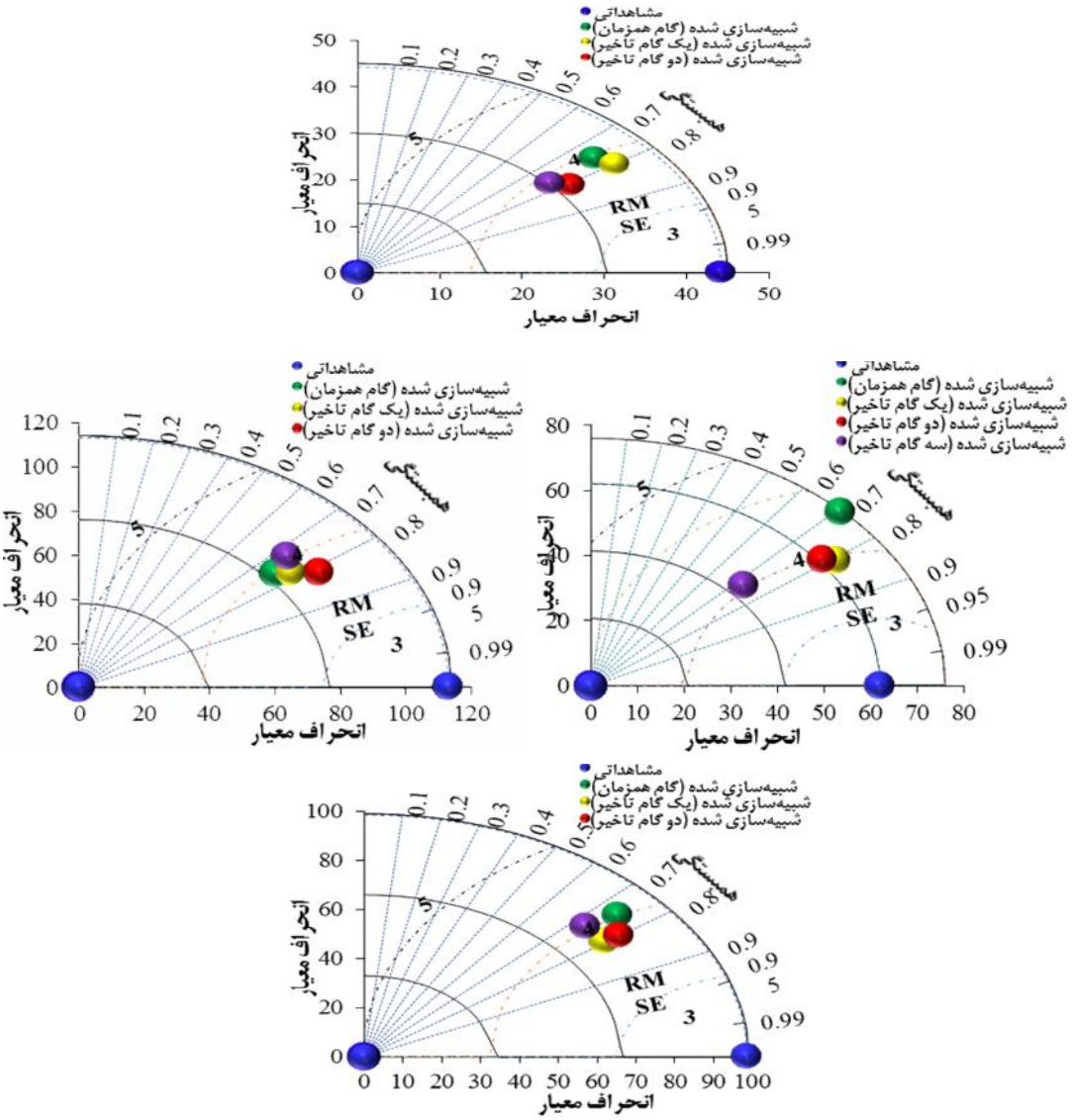
به منظور مقایسه بصری نتایج شبیه‌سازی بارش در گام همزمان و در گام‌های تاخیر ایستگاه‌ها از نمودار تیلور استفاده شد. دیاگرام تیلور یک گراف مقایسه‌ای بر اساس انحراف معیار، همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا می‌باشد که هر چقدر شبیه‌سازی‌ها به مشاهدات نزدیک باشند حاکی از عملکرد بهتر شبیه‌سازی می‌باشد (۷).

در شکل ۵- الف و ۵-ب نمودار تیلور برای مقایسه شبیه‌سازی بارش در گام همزمان و گام‌های تاخیر، به‌ترتیب برای ایستگاه بابلسر، قراخیل، نوشهر و رامسر نشان داده شد. مقایسه نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که در تمامی ایستگاه‌ها گام تاخیر یک نزدیک‌تر به مشاهدات بودند.

بنابراین مشخص شد که مدلسازی بارش با سیگنال‌های اقلیمی یک گام تاخیر، عملکرد مناسب‌تری نسبت به گام همزمان یا با دو و سه گام تاخیر داشت.

مطالعات زیادی تاثیر نائو را بر بارش و جریان رودخانه اثبات می‌کند سانتوز (۲۵)، زرین‌کلاه (۲۸). این در حالی است که در این پژوهش شاخص NAO تاثیری بر بارش نداشته است. عرب و همکاران (۳) معتقدند که شاخص NAO تاثیر مثبتی در مدل‌های پیش‌بینی جریان کرخه نداشته است و حتی سبب کاهش دقت پیش‌بینی می‌شود. کولن و منوکال (۹) اعلام کرده‌اند که NAO بر رودخانه دجله و فرات موثر بوده و شعاع تاثیر آن احتمالا تا ترکیه است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]



شکل ۳- نمودار تیلور برای مقایسه شبیه‌سازی بارش به ترتیب ایستگاه بابلسر و قراخیل در گام همزمان و گام‌های تاخیر
Figure 3. Taylor diagram fore the Comparison of observation and simulated rainfall in Babolsar, Gharakhil, Noshahr and Ramsar stations respectively.

پژوهش حاضر به بررسی تاثیر سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی بر روی بارش استان مازندران صورت گرفت و اقدام به پیش‌بینی بارش شد. توزیع ضریب همبستگی بین سیگنال‌ها و بارش همراه با تاخیر، همبستگی بالاتری نسبت به بررسی همزمان داشت. بطور دقیق‌تر ضریب همبستگی با تاخیر یک و دو ماهه بیشتر از بررسی همزمان و سه گام تاخیر بود. بر پایه نتایج بررسی همبستگی بین شاخص‌های اقلیمی و بارش ماهانه با یک گام تاخیر جدول (۳) تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی با سیگنال‌های اقلیمی AMM دارای همبستگی معنی‌دار با بارش بودند.

پیش‌بینی با تاخیر این مزیت را دارد که می‌توان وضعیت بارش را از قبل تعریف نمود و در مدیریت بهره‌برداری از منابع آب حوزه آبخیز، دخالت داد. پیش‌بینی موفقیت آمیز بارش نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در مدیریت خشکسالی‌ها و برنامه‌ریزی منابع آب شرب و کشاورزی ایفا می‌کند و می‌توان با در نظر گرفتن این پیش‌بینی‌ها، سیاست‌های آینده را در جهت بهینه‌سازی صرف هزینه‌ها و امکانات بهره‌وری حداکثر طرح‌ریزی کرد. بر پایه یافته‌ها، توزیع ضریب همبستگی بین سیگنال‌ها و بارش همراه با تاخیر، همبستگی بالاتری نسبت به بررسی همزمان نشان داد. در بعضی موارد ضریب همبستگی بین بارش و سیگنال‌های اقلیمی زیاد نبود که می‌تواند دلیل بر برداشت داده‌های کنترل نشده باشد که باعث کم شدن ضریب همبستگی شد. دلیل دیگر را می‌توان به وجود ارتباط غیرخطی بین شاخص‌های اقلیمی و بارش نسبت داد. دور بودن ایران از حوزه اثرات این شاخص‌ها را نیز می‌توان دلیل سوم بر پایین بودن ضرایب همبستگی دانست.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

نتایج حاصل از مدل M5Tree حاکی از آن بود که معمولاً در گام یک بهترین عملکرد شبیه‌سازی بارش رخ خواهد داد. مقایسه نتایج شبیه‌سازی با نمودار Taylor حاکی از آن است که در تمامی ایستگاه‌ها گام تاخیر یک نزدیک‌تر به مشاهدات بودند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش از محل طرح تحقیقاتی ماره ۱۱-۱۳۹۵-۰۲ توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری حمایت شده و بدینوسیله از حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Abtew, W., M.A. Melesse and T. Dessalegne. 2009. El Nino Southern Oscillation link to the Blue Nile River Basin hydrology. Hydrol. Process, 23: 3653-3660.
2. Ansari, M., Gh. Noori and S. Fotouhi. 2016. Investigation of Temperature, Percipitataion and Flow Trend Using Nonparametric Mankendall (Case Study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). Journal of Watershed Management Research, 7(14): 152-158 (In Persian).
3. Arab, D.R., SH. Hazrati Yadkoori, A. Alborzi and A. Behnamtalab. 2006. Statistical analysis of the relationship between precipitation and flow of rivers in the basin with the climatic phenomena of Enso, Nao. 7th International Conference on River Engineering, Shahid Chamran University, 63-72pp, Ahvaz, Iran.
4. Barton, S.B. and J. Ramirez. 2004. Effect of El Nino Southern Oscillation and Pasific Intesecadal Oscillation on water supply in the Columbia River Basin. Journal of water Resource and Management, 130(4): 281-289.
5. Casanueva, A., C. Rodriguez, M.D. Frias and R. Gonzalez. 2014. Variability of extreme precipitation over Europe and Its Relations with Teleconnection Patterns, Hydrology and Earth System Sciences, 18: 709-725 (In Persian).
6. Choubin, B., S. Khalighi-Sigaroodi A. Malekian, S. Ahmad and P. Attarod 2014. Drought forecasting in a semi-arid watershed using climate signals: a neuro-fuzzy modeling approach. Journal of Mountain Science, 11(6): 1593-1605. DOI: 10.1007/s11629-014-3020-6.
7. Choubin, B., S. Khalighi-Sigaroodi, A. Malekian and O. Kişi. 2016. Multiple linear regression, multi-layer perceptron network and adaptive neuro-fuzzy inference system for the prediction of precipitation based on large-scale climate signals. Hydrological Sciences Journal. DOI:10.1080/02626667.2014.966721.
8. Choubin, B., A. Malekian, S. Samadi, S. Khalighi-Sigaroodi and F. Sajedi-Hosseini. 2017. An ensemble forecast of semi-arid rainfall using large-scale climate predictors. Meteorological Applications, 24(3): 376-386.
9. Cullen, H.M. and P.B. Menocal. 2000. North Atlantic influence on Tigris-Euphrates streamflow. International Journal of Climatology 20: 853-863.
10. Fallah-GHalheri, Gh.A., S.M. Mousavi-Bayegi and M. Nokhandan. 2009. Comparison of the results obtained from the application of Mamdani's fuzzy inference system and artificial neural networks in seasonal precipitation prediction. Case study: Case Study: Khorasan Province. Iranian Water Resources Research, 5(2): 40-52 (In Persian).
11. Fattahi, A. and A. Sedaghat Kerdar. 2008. Precipitation forecast using artificial neural networks (Case study: Southwest of Iran). Quarterly journal of research and construction, 80: 44-50 (In Persian).
12. Gamiz-Fortis, S.R., M.J. Esteban-Parra, R.M. Trigo and Y. Castro-Diez. 2010. Potential predictability of an Iberian river flow based on its relationship with previos winter global SST. Journal of hydrology, 385: 143-149.
13. Gaughan, A.E. and P.R. Waylen. 2012. Spatial and temporal precipitation variability in the Okavangoe-Kwandoe -Zambezi catchment, southern Africa. Journal of Arid Environments, 82:19-30.
14. Ghavidel-Rahimi, Y. 2004. The Effect of the Large-Scale Oceanic-Oceanic pattern (ENSO) on Seasonal Climate Variability in Iran: El Niño and Lañina's effects on the variability of spring rainfall in East Azerbaijan. Quarterly Journal of Humanities, 9(4): 71-88 (In Persian).
15. Hsieh, W.W., Y. Jingyang, A. Shabbar and S. Smit. 2002. Seasonal Prediction with Error Estimation of the Columbia River Streamflow in British Columbia. ASCE, J. Water Reso. Plan. Manag, 192(2): 146-149.
16. Karab¨ork, M.C., E. Kahya and M. Karaca. 2005. The influences of the Southern and North Atlantic Oscillations on climatic surface variables in Turkey. Hydrol. Process, 19: 1185-1211.
17. Khorshiddoost, A.M., Y. Ghavidel and K. Abbaszadeh. 2010. The application of macro-scale atmospheric – oceanic patterns in analysis of precipitation fluctuations, Geographic Space, 29: 95-128 (In Persian).
18. Kutiel, H. 2011. A review on the impact of North Caspian Pattern on Temperature and Precipitation Regimes in Middle East, Environmental Earth Science, 7: 1-15 (In Persian).
19. Mahmoud Abadi, M., K. Omidvar, Gh.A. Mozafari and A. Mazidi. 2018. Assessment of Teleconnection Patterns Affecting Rainfall Extreme Indices (Case Study: Sistan-Baluchestan Province). Journal of Watershed Management Research, 9(17): 280-294 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

20. Mariotti, A., N. Zeng and K.M. Lau. 2002. Euro-Mediterranean rainfall and ENSO-a seasonally varying relationship. Soyth African Journal of Science, 82: 196-198.
21. Masoumpour, J., M. Miri, R. Doostan and J. Sahraei. 2013. The Analysis of Synoptic-Dynamic Spring Extreme Rainfall Patterns in Southern Coast Caspian Sea, Geography and Environmental Hazard, 6: 71-88 (In Persian).
22. Moradi, H. 2004. NAO Index and Effect Over Climate of Iran, Geography and Development, 4: 73-82 (In Persian).
23. Nazemossadat, S.M.J. 2001. Is it raining? Drought and excess rainfall in Iran and its relation with the Elnino-South fluctuation phenomenon. Shiraz University Press, Shiraz, Iran, 103 pp.
24. Peralta Hernandez, A.R., R.C. Balling and L.R. Barba Martinez. 2009. Comparative analysis of indices of extreme rainfall events: Variations and trends from southern Mexico, Atmosfera, 22: 219-228.
25. Santos, J.A., J. Corte and S.M. Leite. 2005. Weather regimes and their connection to the winter rainfall in Portugal. International Journal of Climatology, 25(1): 33-50.
26. Shirmohammadi, Z., H. Ansari, A. Alizadeh and A. Mohammadian. 2012. The relationship between Enso Index and seasonal extreme rainfalls in Khorasan Provinces, Water and Soil conservation, 19: 61-79 (In Persian).
27. Taylor, K.E. 2001. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. J. Geophys. Res.,106, 7183-7192, (also see PCMDI Report 55, http://wwwpcmdi.llnl.gov/publications/ab55.html).
28. Zarrin Kolah, Z. 2011. Precipitation forecast using climatic signals and artificial neural network (case study of Kermanshah province). M.Sc., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran, 115 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]

The Effect of Large-Scale Climatic Signals on Rainfall in Mazandaran Province

Saeid Shiukhy Soqanloo[1] and Mohammad Mousavi Bayegi[2]

1- Ph.D. Student of Agricultural Meteorology, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad (FUM)
2- Professor and Faculty Member of Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
(Corresponding author: mousavib@um.ac.ir)
Received: August 1, 2018 Accepted: January 16, 2019

Abstract

Rainfall prognosis plays an important role in drought management, planning of drinking water and agricultural water resources. Also, Future policies can be tailored to optimize spending and maximum productivity. In this study, the effect of large-scale climatic signals on rainfall in Mazandaran province was investigated. The first, the effect of climatic signals on precipitation simultaneously and with delay was studied by statistical methods (Pearson correlation coefficient) and then, using the M5Tree model, monthly rainfall was compared with related indices. Generally, the correlation coefficient between signals and precipitation showed that correlation with delay was greater than the coincidence. The results of the correlation study between climate indices and monthly precipitation with a one-step delay showed that there was a significant correlation with, AMM, NINO1 + 2, NINO3, NINO4, TNA and WHWP indices and rainfall in the Babolsar station. Also, AMM, NINO1 + 2, NINO3, ONI, TNA and WHWP indices had a significant correlation with rainfall at the Gharakhil station. Based on the findings, correlation between climatic signals and rainfall in Noshahr station, was significantly different with AMM, NINO1 + 2, NINO3, NINO3.4, TNA and WHWP indices. The correlation between Ramsar precipitation and climatic signals showed a significant difference with AMM, NINO1 + 2, NINO3, TNA and WHWP indices. The results of the M5Tree model indicated that, generally, in one–step delay, the best simulation performance will occur. Also, comparing the simulation results with Taylor's diagram showed that at all stations, the one–step delay values were closer to the observations. The advantage of delayed prediction is that the rainfall situation canbe pre-determined and used to manage the water resources of the watershed.

Keywords: Climate indices, Correlation coefficient, Monthly rainfall, M5Tree model, Taylor's diagram

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1398.10.20.22.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.10.20.13]