

ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با ناهنجاری‌های دمایی، بارشی و باد استان مازندران در نیمه دوم سال (اکتبر تا مارس)

ایمان فلاحت پیشه^{۱*}، یداله یوسفی^۲، همت اله رورده^۳

۱- کارشناسی ارشد آب و هواشناسی دانشگاه مازندران، بابلسر

۲ و ۳- دانشیار آب و هواشناسی دانشگاه مازندران، بابلسر

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی ارتباط ناهنجاری‌های دما، بارش و باد مازندران با شاخص‌های پیوند از دور است. به این منظور از داده‌های ۴ ایستگاه رامسر، نوشهر، بابلسر و قراخیل قائم‌شهر در برهه زمانی ۱۹۸۴-۲۰۲۰ استفاده شد. با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره، به بررسی روابط میان شاخص‌های پیوند از دور با ناهنجاری‌های پارامترهای آب‌وهوایی پرداخته شد. روش به کار گرفته شده از نوع پس‌رو (Backward) است. در این پژوهش از چهار گام زمانی ماهانه، هم‌زمان، یک ماه جلوتر، دو ماه جلوتر و سه ماه جلوتر استفاده شد. برای تک‌تک ماه‌ها ناهنجاری دما، بارش و باد در دو مرحله، در ابتدا با استفاده از مقدار نمایه (Z) بیشتر از ۰.۵ و کمتر از ۰.۵- و در ادامه با اعمال روش صدک ۹۰ و ۱۰ استخراج شد. میزان کارایی روابط به دست آمده از طریق شاخص RMSE محاسبه شدند. نتایج نشان داد کمترین RMSE با مقدار ۰.۸۱ و میزان خطای استاندارد ۰.۸۵ مختص پارامتر باد در گام زمانی ماه هم‌زمان و از روش اول ($Z > 0.5$) می‌باشد که تغییرات آن رابطه معکوس با شاخص CAR (شاخص دمای سطحی کارائیب) و رابطه مستقیم با شاخص‌های SOI (شاخص نوسانات جنوبی)، AMO (نوسانات دهه‌ای اقیانوس اطلس) و PWP (استخر گرم اقیانوس آرام) دارد. میانگین ضرایب همبستگی گام‌های زمانی مختلف برای داده‌های خروجی روش اول (ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید) برای باد ۰.۷۲، دما ۰.۵۷ و بارش ۰.۴۹ و در روش دوم (ناهنجاری بسیار شدید) برای بارش ۰.۹۷، باد ۰.۸۶ و دما ۰.۶۸ می‌باشد. شاخص‌های AMO، GLBT.s (میانگین جهانی دمای زمین / اقیانوس) و SOI مهم‌ترین شاخص‌های اقیانوسی این پژوهش در فصل سرد مازندران هستند. با توجه به روند تغییرات مشاهده شده، ارتباط چشمگیری بین تغییر فاز دوره‌ای شاخص AMO با پارامتر باد مازندران وجود دارد؛ به طوری که ضریب همبستگی بین این دو ۰.۷ می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پیوند از دور، ناهنجاری، رگرسیون، چندمتغیره، مازندران.

مقدمه

پیوند از دور ارتباط هم‌زمان بین نوسانات عناصر اقلیمی یک مکان با تغییرات الگوهای فشار و دمای سطح دریا در نقاط جغرافیایی دیگر تعریف شده است. (قویدل رحیمی و همکاران، ۱۳۹۳) با توجه به پیچیدگی سازوکار اقلیم به ویژه در تغییرات سال به سال و دهه ای، لزوم تحقیق روی آشکارسازی فرایندهای اثرگذار بر این تغییر و نوسانات ضروری می باشد. یکی از مهمترین عوامل اثر گذار بر نوسانات آب و هوایی سال به سال هر منطقه، نقش الگوها و شاخص‌های آب و هوایی دور از منطقه مورد نظر است. شاخص‌ها و الگوهای آب و هوایی معیارهایی هستند که بوسیله آنها تغییرات زمانی شدت و تغییرات مکانی الگوهای گردش جو اندازه گیری می شود و حسن مهم آن خلاصه شدن توان یک الگوی گسترده سینوپتیکی در یک عدد خواهد بود و رابطه و همبستگی معنی دار بین تغییرات زمانی دو الگو یا سیستم گردش دور از هم خاص «پیوند از دور» نامیده می شود (علیجانی، ۱۳۸۱). شناسایی الگوهای پیوند از دور و تحلیل آثار آنها بر روی ساختار افقی الگوهای گردش می‌تواند در شناخت و درک بهتر رخداد‌های ناهنجار اقلیمی مفید باشند. دما، بارش و باد که عوامل اصلی در طبقه‌بندی‌های آب‌وهوایی محسوب می‌شود، از جمله متغیرهایی هستند که افزایش و یا کاهش ناهنجار آنها می‌تواند اثرات سوء و خسارات جبران‌ناپذیری برای انسان به همراه داشته باشد و پیش‌بینی ناهنجاری‌های این عوامل، می‌تواند کاربردی باشد. بخش قابل‌توجهی از خسارات ناشی از مخاطرات اقلیمی به موج‌های گرم و سرد، سیلاب‌های مخرب و توفان‌های سهمگین مربوط می‌شود. واژه پیوند از دور بیشتر برای رابطه‌های آب و هوایی بین دو منطقه متفاوت از نظر جغرافیایی به کار می‌رود. در برخی مناطق نوسان‌های آب و هوایی در زمان ایجاد این روابط دور پیوندی دیده نمی‌شود. در واقع پیوند از دورها اغلب شامل تغییرات هم‌زمان از نشانه‌ها و علائم مخالف می‌باشند. (پژوه، ۱۳۹۶) به‌طور عموم وقوع پدیده‌های حدی جوی-اقلیمی نظیر بارش‌های سنگین و تغییرات ناگهانی بیشترین دامنه خسارت وارده به منابع آب، کشاورزی و حتی زندگی روزمره مردم را به خود اختصاص داده است. داشتن شناخت

لازم از میزان این پدیده‌ها تغییرات و پیش‌بینی آنها کمک شایانی برای برنامه‌ریزی دقیق‌تر در حوضه‌های آبخیز مختلف خواهد داشت که این امر سبب کاهش اثرات منفی ناشی از بروز این پدیده‌ها و سود جستن از اثرات مثبت آنها خواهد شد. سیگنال‌های اقلیمی که بیانگر تغییرات دما و فشار هوا در اقیانوس‌ها هستند، یکی از تأثیرگذارترین پارامترها در مقیاس جهانی بر الگوهای آب و هوایی به‌ویژه بارش محسوب می‌شوند، با توجه به اثرگذاری عوامل بزرگ‌مقیاس اقلیمی بر رخدادهای حدی، با بررسی تأثیر این سیگنال‌ها دقت پایش و پیش‌بینی سیلاب‌ها افزایش می‌یابد (محمودآبادی و همکاران، ۱۳۹۷). گردش‌های جوی بسیار تغییرپذیرند. این تغییرات منجر به پیدایش الگوهای هوا و اشکالی از جریان‌های جوی می‌شوند که در مقیاس‌های زمانی متفاوت رخ می‌دهند. الگوهای پیوند از دور معرف تغییرات کلانی است که در الگوی امواج جوی و رودبادهای رخ می‌دهند و بر الگوی دما، بارش، مسیر رگبارها و خصوصاً بر عملکرد اقلیم‌های دوردست در قلمروهای وسیع اثر می‌گذارند (سلیقه و همکاران، ۱۳۹۲). در هنگام رخداد ال‌نینوی فرین، بی‌هنجاری‌های مثبت دمای سطح دریا در مناطق استوایی شرق اقیانوس آرام شدیدتر است که باعث کاهش قابل‌ملاحظه گرادیان دمای سطح دریا و در نتیجه تضعیف بادهای بسامان شرقی بین مناطق استوایی شرق و غرب اقیانوس آرام می‌شود (شجاعی و همکاران، ۱۳۹۹).

خسروی و همکاران (۱۳۸۱) نقش انسو بر اقلیم جنوب شرق ایران را مطالعه کردند. این بررسی نشان داد فازهای گرم انسو طی فصل پاییز معمولاً به دلیل تغییر مسیر رودبادهای به عرض‌های جنوبی‌تر و حرکات مداری‌تر آن، با ترسالی‌ها و ریزش‌های جوی بالاتر از میانگین همراه بوده است. صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲) دریافتند شاخص اقیانوس اطلس گرمسیری (TSA) مؤثرترین الگو در تبیین تغییرات بارش و دمای ایستگاه‌های لرستان است. شجاعی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی این‌طور ارزیابی کردند که، به سبب ال‌نینو ناهنجاری‌های مثبت ارتفاع ژئوپتانسیلی در تراز ۳۰۰ هکتو پاسکال در همان مناطقی از اقیانوس آرام حاره‌ای شکل گرفته‌اند که ناهنجاری‌های مثبت دمای سطح دریا مشاهده می‌شود. حلبیان و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که دمای زمستانه شمال غرب ایران همبستگی

(OLR) را متأثر از النینو دانسته‌اند. Tang & Neelin (۲۰۰۴) اثر انسو را بر رخداد توفندهای اقیانوس اطلس بررسی کردند و انسو را عاملی برای شدت تغییرپذیری و فراوانی آن‌ها در اقیانوس اطلس دانستند. Folland et al. (۲۰۰۹) شاخص نوسانات NAO را برای دوره تابستانی تحت عنوان SNAO تعریف کردند و برای دوره گذشته، حال آینده بررسی نمودند و معتقدند SNAO و اگرچه از دامنه زمانی کمتری نسبت به زمستان برخوردار است، اما با تغییر موقعیت مسیر طوفان‌های آتلانتیک شمالی، تأثیر شدیدی بر میزان بارندگی، دما و ابرناکی شمال اروپا دارد. از این رو، در تولید ناپایداری‌های تابستانی از جمله طغیان، خشک‌سالی و تنش گرمایی در شمال غربی اروپا از اهمیت اساسی برخوردار است. Zaroug et al. (۲۰۱۴) نشان دادند که کاهش بارش و خشک‌سالی حوضه نیل با پدیده النینو در ارتباط است. Giorgia Di Capua et al. (۲۰۱۹) نشان دادند ارتباط بالایی میان NAO با بارندگی مونسون تابستانی هند وجود دارد. Riaz et al. (۲۰۱۷) تأثیر نوسان اطلس شمالی (NAO) بر آب‌وهوای زمستانی کشور آلمان را مطالعه نمودند و با تفکیک منطقه فعالیت NAO به‌عنوان محدوده مرکزی، پرفشار آזור و کم‌فشار ایسلند مشخص کردند که همبستگی ضعیفی بین بارش آلمان با شاخص دیده می‌شود. Jorge L. García Franco et al. (۲۰۲۲) نشان دادند گردش واکر در طول The Quasi-biennial Oscillation (QBO) غربی در مقایسه با QBO شرقی به‌طور قابل‌توجهی ضعیف‌تر است. بررسی Ruting Yang & Bing Xing (۲۰۲۲) نشان داد فازهای Nino3.4 همبستگی مثبت و معنی‌داری با تغییرات خشک و تر رودخانه سین کیانگ دارد. به طوری که ال‌نینو ممکن است به ترسالی و لائینا به خشکسالی در سین کیانگ منجر شود.

از پژوهش‌های مشابه مرتبط با منطقه مورد مطالعه پژوهش حاضر می‌توان به کار گندم‌کار و همکاران (۱۳۹۵) با موضوع بررسی ارتباط الگوهای پیوند از دور اقیانوس اطلس شمالی و میانگین حوضه دریای مازندران اشاره داشت که نتایج حاصل نشان داد الگوهای واقع در اقیانوس هند و آرام و الگوهای نیمکره جنوبی، رابطه معنی‌دار چندانی با نوسان‌های دما در حوضه مازندران ندارد. در مقابل الگوهای پیوند از دور مستقر در اقیانوس اطلس و قطب شمال ارتباط زیادی با

معکوس با شاخص قطبی (AO) دارد. مدل‌سازی انجام‌شده توسط گری و قانقرمه (۱۴۰۰) نشان داد دمای بیشینه و کمینه دوره ۲۰۶۰-۲۰۴۱ در سواحل جنوبی دریای کاسپین در هر دو فاز شاخص NCP افزایش خواهد یافت. طلوعی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی دریافتند با گام هم‌زمان با الگوی اقیانوس آرام/آمریکا شمالی (PNA)، با تأخیر یک-ماهه الگوی اقیانوس اطلس شمالی استوایی (TNA) و با تأخیر دو ماهه الگوی نوسانات اطلس شمالی (NAO) بیش از سایر الگوها بر روی خشک‌سالی شمال غرب ایران تأثیر گذار بوده است. هلالی و همکاران (۱۴۰۰) به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های مرتبط با ENSO و SST تمام اقیانوس‌ها بیشترین همبستگی معنادار با بارش بهار در نیمه شمالی، شمال غربی، شمال شرقی و گاهی جنوب غربی ایران دارند. این شاخص‌ها در حوضه دریای کاسپین در تأخیر ۳ تا ۶ ماهه، خلیج فارس-دریای عمان ۱ تا ۳ ماهه، دریاچه ارومیه ۳ ماهه، فلات مرکزی ۱ تا ۴ ماهه، مرز شرقی ۱ و ۶ ماهه و حوزه قره قوم تأخیر ۱ و ۳ ماهه بیشترین مقدار را دارند. به‌طور کلی، می‌توان گفت بارش فصل بهار در بسیاری از ایستگاه‌های واقع در حوضه‌های آبریز نیمه شمالی ایران با شاخص‌های پیونداز دور همبستگی معنادار دارند ولی در بخش جنوبی، فلات مرکزی و بخش شرقی کمترین همبستگی را دارند که این امر به دلیل بارش کم در مناطق جنوبی در این فصل است. Robert & Niebauer (۱۹۹۹) اثر شاخص انسو را بر تغییرات پهنه یخ در دریای برینگ مورد بررسی قرار دادند و مشخص کردند دوره‌های مثبت شاخص انسو معمولاً با وسعت پهنه یخ در منطقه مورد اشاره دارای همبستگی معکوس می‌باشد. Cai et al. (۲۰۰۱) اثر انسو را بر نوسانات بارش شمال استرالیا بررسی کردند و نشان دادند که ارتباط قوی معکوس بین تغییرپذیری بارش شمال استرالیا و شاخص‌های پیوند از دور انسو وجود دارد. Kutiel et al. (۲۰۰۲) الگوی دریای شمال-دریای کاسپین را شناسایی و فازهای مثبت آن را با کاهش دما و افزایش بارش و فاز منفی آن را با افزایش دما و کاهش بارش در بالکان و خاورمیانه مؤثر دانستند. John & Chiang (۲۰۰۲) تغییرپذیری دمای جو منطقه حاره و اثرات آن‌ها را بر روی اقلیم مناطق برون حاره در ارتباط با انسو بررسی کرده و ناهنجاری مثبت بازتابش تشعشعات با طول موج بلند

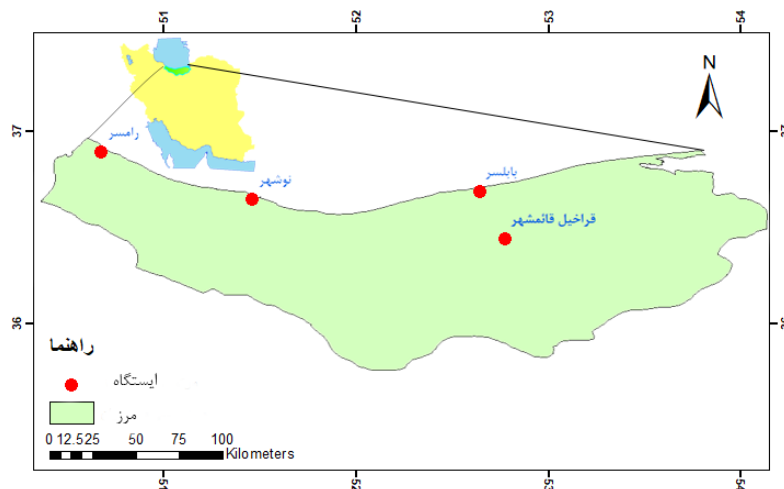
همبستگی چندین شاخص پیوند از دور در منطقه مازندران و در یک بازه زمانی نزدیک‌تر به حال حاضر برای ناهنجاری چند پارامتر صورت پذیرفت. این موضوع در نظر گرفته می‌شود که معمولاً تغییرات یک شاخص پیوند از دور نمی‌تواند به‌تنهایی در یک منطقه اثر معنی‌داری داشته باشد و حتی ممکن است روند یک شاخص پیوند از دور در دو منطقه همبستگی و تأثیرات متفاوتی را داشته باشد؛ بنابراین، با بررسی تغییرات چند شاخص پیوند از دور در کنار یکدیگر و همبستگی با چند منطقه می‌توان به نتایج بهتری دست یافت. در این پژوهش ۴ گام زمانی ماه هم‌زمان، ۱ ماه جلوتر، ۲ ماه جلوتر و ۳ ماه جلوتر بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌های ایستگاه‌های مازندران از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد (شکل ۱). باتوجه به بازه اشتراکی، ناهنجاری‌های بررسی شده در برهه ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۰ می‌باشد. ایستگاه‌های مذکور نسبت به سایر ایستگاه‌های مازندران بازه طولانی‌تری دارند، جزء ایستگاه‌های RBSN (Regional Basic Synoptic Network) یا همان شبکه همدیدی پایه منطقه‌ای هستند و استخراج داده‌ها مسیر کوتاه‌تری دارد. داده‌های شاخص‌های پیوند از دور از پایگاه داده NOAA استخراج شده است. براساس پژوهش‌های مشابه، تعدادی شاخص پیوند از دور انتخاب شدند که در جدول ۲ لیست شاخص‌های پیوند از دور مورد استفاده آورده شد.

نوسان‌های دما در این حوضه دارد. شایان ذکر است از بین الگوهای پیوند از دور سه الگوی دریای شمال-کاسپین، نوسان اطللس شمالی و نوسان قطبی بیشترین رابطه را با نوسان‌های دمای ماهانه و سالانه در این حوضه دارند. بررسی همبستگی، میان روزهای بارش به‌صورت ماهانه با شاخص دریای شمال-کاسپین (NCPI) همبستگی زیادی را میان این دو به‌ویژه در ماه‌های ژانویه، آوریل، سپتامبر و دسامبر نشان داد (یوسفی، ۱۳۹۵). در بررسی هلالی و همکاران (۱۳۹۹) با موضوع بررسی همبستگی بارش‌های پاییزه حوضه‌های آبریز ایران با نمایه‌های دورپیوندی نتایج پژوهششان نشان داد که حدود ۱۰ حوضه از حوضه‌های مورد مطالعه با بیش از ۳۰ درصد نمایه‌های دورپیوندی همبستگی معنادار دارند که در هر حوضه آبریز متغیر است. بنابراین، نمایه‌های دورپیوندی را با گام‌های زمانی مختلف می‌توان به عنوان متغیرهای پیش بینی کننده بارش پاییزه در حوضه‌های آبریز ایران مورد استفاده قرار داد.

در این پژوهش، ارتباط ناهنجاری‌های بارشی، باد و دما مازندران در نیمه دوم سال (اکتبر تا مارس) با شاخص‌های پیوند از دور و با استفاده از روابط به‌دست‌آمده شناسایی شد و نشان داد کدام شاخص پیوند از دوری ارتباط بیشتری با پارامترهای آب و هوایی مازندران در نیمه دوم سال دارد. تفاوت این پژوهش با پژوهش‌های صورت گرفته این است که عمده پژوهش‌ها در حیطه شاخص‌های پیوند از دور، به‌صورت بررسی تأثیر یک شاخص در منطقه مورد مطالعه گسترده‌تر مثل؛ ایران، بوده است اما در این پژوهش



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در استان مازندران

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های بین‌المللی مازندران

ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	سال آغاز دوره	کد ایستگاه	نام ایستگاه
-۲۰	۵۰.۶۸	۳۶.۹۰	۱۹۵۵	۴۰۷۳۲	رامسر
-۲۰.۹	۵۱.۴۷	۳۶.۶۶	۱۹۷۷	۴۰۷۳۴	نوشهر
-۲۱	۵۲.۶۴	۳۶.۷۰	۱۹۵۱	۴۰۷۳۶	بابلسر
۱۴.۷	۵۲.۷۷	۳۶.۴۵	۱۹۸۴	۴۰۷۳۷	قراخیل قائم‌شهر

مخفف	نام لاتین شاخص پیوند از دور	نام فارسی شاخص پیوند از دور
NAO	North Atlantic Oscillation	نوسانات اطلس شمالی
EA	East Atlantic Pattern	الگو شرق اقیانوس اطلس
WP	West Pacific Pattern	الگو غرب اقیانوس آرام
EP/NP	EastPacific/ North Pacific Pattern	الگو شرق / شمال اقیانوس آرام
PNA	Pacific/ North American Pattern	الگو اقیانوس آرام / آمریکا شمالی
EA/WR	East Atlantic/West Russia Pattern	الگو شرق اقیانوس اطلس / غرب روسیه
SCA	Scandinavia Pattern	الگو اسکاندیناوی
TNH	Tropical/ Northern Hemisphere Pattern	الگو حاره / نیمکره شمالی
POL	Polar/ Eurasia Pattern	الگو قطبی / اوراسیا
PT	Pacific Transition Pattern	الگو انتقالی اقیانوس آرام
SOI	Southern Oscillation Index	شاخص نوسانات جنوبی
NINO 1+2	Extreme Eastern Tropical Pacific SST	شاخص دما سطحی شدید بخش شرقی اقیانوس آرام استوایی
NINO 3	Eastern Tropical Pacific SST	شاخص دما سطحی بخش شرقی اقیانوس آرام استوایی
NINO 4	Central Tropical Pacific SST	شاخص دما سطحی بخش مرکزی اقیانوس آرام استوایی
NINO 3.4	East Central Tropical Pacific SST	شاخص دما سطحی بخش مرکزی شرق اقیانوس آرام استوایی
AMO	Atlantic multidecadal Oscillation	نوسانات دهه ای اقیانوس اطلس
QBO	Quasi Biennial Oscillation	نوسانات شبه دوسالانه
GLB.Ts	Global Mean Lan/Ocean Temperature	میانگین جهانی دما زمین / اقیانوس
AO	arctic Oscillation	نوسانات قطب شمال
PDO	Pacific Decadal Oscillation	نوسانات دهه ای اقیانوس آرام
ONI	Oceanic Niño Index	شاخص اقیانوسی نینو
NTA	North Tropical Atlantic SST Index	شاخص دما سطحی بخش شمالی اقیانوس اطلس حاره ای
CAR	Caribbean SST Index	شاخص دما سطحی کارائیب
MEI	Multivariate ENSO Index	شاخص انسو چند متغیره
BEST	Bivariate ENSO Timeseries	سری زمانی انسو دو متغیره
GBI	Greenland Blocking Index	شاخص انسداد گرینلند
PWP	Warm Pool Pacific	استخر گرم اقیانوس آرام

جدول ۲- معرفی شاخص‌های پیوندازدور استفاده‌شده (برگرفته از: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list>)

مذکور که شاخص‌های پیوند از دور در ارتباط بیشتری با آن‌ها هستند و ضریب همبستگی بالاتری داشتند، انتخاب - شد. جهت تعیین سهم متغیرهای مستقل در پیش‌بینی متغیر وابسته از تحلیل رگرسیون استفاده می‌شود. در تحلیل رگرسیون هدف پیش‌بینی تغییرات متغیر وابسته با توجه به تغییرات متغیرهای مستقل است. با استفاده از رگرسیون چندمتغیره (Multiple Regression)، محقق می‌تواند رابطه خطی موجود بین مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل با یک متغیر وابسته را به شیوه‌ای مطالعه نماید که در آن روابط میان متغیرهای مستقل نیز مورد ملاحظه قرار گیرد. تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای مطالعه تأثیرات چند متغیر مستقل در متغیر وابسته کاملاً مناسب است (خسروی، ۱۳۹۶). این روش دارای تکنیک‌های مختلفی جهت مدل‌سازی می‌باشد. در این پژوهش از ۴ گام زمانی استفاده شد. رگرسیون چندمتغیره دارای بخش‌های مختلفی می‌باشد که روش به کار گرفته شده در این پژوهش از نوع پس‌رونده (Backward) است. در روش پس‌رونده تمامی متغیرهای پیشگویی‌کننده که برحسب بیشترین ضریب همبستگی انتخاب شده بودند، ابتدا به معادله وارد می‌شوند و سپس در صورتی که معیار لازم برای باقی ماندن در مدل را نداشته باشند (ضریب اطمینان پایین‌تر)، تک‌به‌تک از مدل حذف می‌شوند. در این پژوهش از چهار گام زمانی هم‌زمان ماهانه، یک گام پیش‌تر، دو گام پیش‌تر و سه گام پیش‌تر برای پارامترهای آب و هوایی استفاده شد تا بررسی شود چنانچه اثر شاخص‌های پیوند از دور بر ناهنجاری پارامترهای آب‌وهوایی در فواصل دورتر، دارای چه تغییراتی می‌باشد. میزان کار آیی روابط چندمتغیره‌ی به‌دست‌آمده با استفاده از RMSE بررسی شد و هرچه نتایج به ۰ نزدیک‌تر باشد و به عبارتی کمتر از ۱ باشد؛ بیانگر این است که روابط ما دارای قدرت تبیین بیشتری است (رابطه ۲).

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

نتایج و بحث

براساس محاسبات صورت گرفته، برای دما در ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید ۱۱۱ ماه بوده که ۶۷ ماه مختص ناهنجاری مثبت و ۴۴ ماه مختص ناهنجاری منفی دمایی

در ابتدا برای تک‌تک ماه‌ها ناهنجاری هر ۳ پارامتر دما، بارش و باد از هر ۴ ایستگاه، یک میانگین تحت عنوان داده‌های مازندران برآورد شد. سپس بر اساس این داده‌ها، نمره Z محاسبه شد (رابطه ۱):

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{S} \quad (1)$$

در این رابطه Z نمره استاندارد، X مقدار هر ماه، \bar{X} مقدار نرمال هر ماه و S انحراف معیار ماه مذکور می‌باشد.

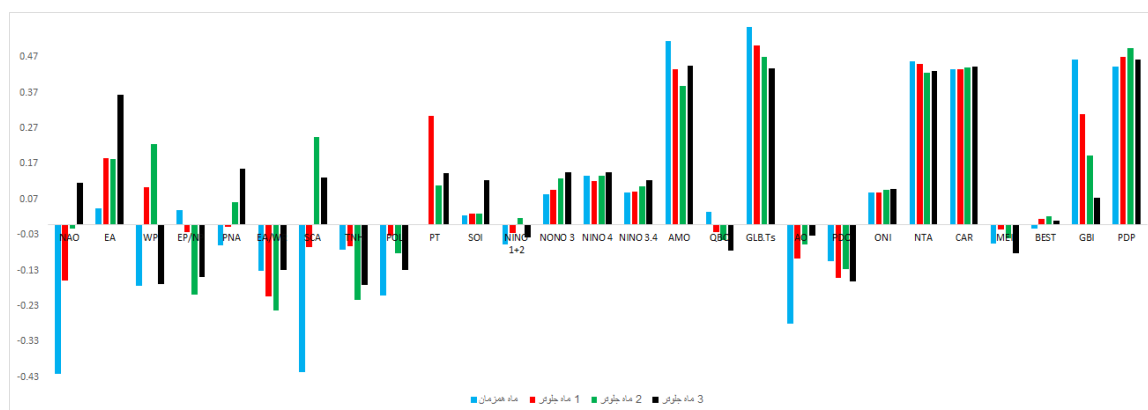
بر اساس داده‌های در دسترس، هدف شناسایی ناهنجاری فراگیر در مازندران می‌باشد. برای شناسایی ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید، با توجه به مقادیر Z ، $0.5 > Z > -0.5$ (حیدری و خوش‌اخلاق، ۱۳۹۶) فیلتر شدند و این بخش تحت عنوان روش اول شناخته شد. برای شناسایی ناهنجاری بسیار شدید، بر اساس داده‌های روش اول، صدک ۹۰ و ۱۰ (S. Becker et al., 2008) فیلتر شد که تحت عنوان روش دوم شناخته می‌شود. در روش اول یا ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید، ماه‌های استخراج‌شده، ماه‌هایی هستند که: ۱. مقدار Z برای مازندران، بیشتر از ۰.۵ یا کمتر از -۰.۵ باشد. ۲. مقدار Z برای هر ۴ ایستگاه مازندران به‌طور هم‌زمان، بیشتر از ۰.۵ یا کمتر از -۰.۵ باشد تا ناهنجاری‌های غالب و فراگیر در مازندران شناسایی شود. چنانچه در ماهی مقدار Z برای مازندران بیشتر از ۰.۵ یا کمتر از -۰.۵ باشد، اما حداقل ۱ ایستگاه این شرط را نداشته باشد، آن ماه انتخاب‌نشده است. نواحی بارشی ایران، نواحی ارتفاعی، نواحی رویش گون در ایران، همه نمونه‌هایی از ناحیه‌های تک‌معیاری هستند. در این ناحیه بندی پراکندگی یک ویژگی در همه مکان‌ها تحلیل می‌شود و نتیجه نهایی ارائه یک نقشه هم‌ارزش مانند نقشه بارش سالانه ایران است. بر اساس تغییرات مقدار بارش سالانه نواحی بارش شناسایی می‌شوند. مسئله اصلی در این ناحیه بندی تعیین مرز آماری، بین نواحی است. برای مثال، آیا تا ۵۰ میلی‌متر یک ناحیه باشد یا تا ۱۰۰ میلی‌متر. از نظر مقدار مطلق بارش می‌توان از استدلال‌های فیزیولوژیکی یا هیدرولوژیکی استفاده کرد. در هر صورت فاصله بین طبقات باید منطقی و پذیرفتنی باشد. منطقی بودن فاصله بین طبقات می‌تواند به این صورت تفسیر شود که فاصله بین اعضای یک طبقه بسیار کمتر از فاصله بین اعضای دو طبقه متفاوت باشد. یکی از روش‌های ناحیه بندی تک‌معیاری استفاده از نمره استاندارد Z است. (علیچانی، ۱۳۹۸) ماه‌های ناهنجار

مقدار Z برای دما در نوامبر ۲۰۱۱ می‌باشد که این عدد ۳.۱- می‌باشد که مقدار واقعی آن ۱۰.۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بالاترین مقدار Z برای بارش در اکتبر ۲۰۱۴ می‌باشد که این عدد ۳.۲ می‌باشد که مقدار واقعی آن ۴۲۶.۵ میلی‌متر می‌باشد. پایین‌ترین مقدار Z برای دما در ژانویه ۱۹۸۷ می‌باشد که این عدد ۲.۲- می‌باشد که مقدار واقعی آن ۲۰.۴ میلی‌متر می‌باشد. بالاترین مقدار Z برای باد در نوامبر ۱۹۹۹ می‌باشد که این عدد ۲.۱ می‌باشد که مقدار واقعی آن ۲.۴ متر بر ثانیه می‌باشد. پایین‌ترین مقدار Z برای باد در فوریه ۱۹۹۵ می‌باشد که این عدد ۱.۸- می‌باشد که مقدار واقعی آن ۰.۷ متر بر ثانیه می‌باشد. برای دما و بارش، ناهنجاری مثبت و منفی به تناوب تکرار شده است اما از نظم خاصی برخوردار نبوده گرچه در سال‌های اخیر تکرار ناهنجاری گرم دمایی بیشتر بوده است. برای ناهنجاری باد اما یک نظم به خصوصی دیده‌شده و برای یک برهه‌ای عموماً با ناهنجاری منفی و از یک برهه‌ای عموماً با ناهنجاری مثبت همراه بوده است.

براساس مقدار Z ، ضریب همبستگی با ۲۷ شاخص‌های پیوند از دور این پژوهش برای روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید در ۴ گام زمانی پارامترهای آب و هوایی محاسبه شد (شکل ۲ تا ۴).

می‌باشد و پس از فیلتر ناهنجاری بسیار شدید، این عدد به ۲۲ ماه کاهش پیدا کرده است. برای بارش در ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید ۴۲ ماه بوده که ۱۵ ماه مختص ناهنجاری مثبت و ۲۷ ماه مختص ناهنجاری منفی بارشی می‌باشد و پس از فیلتر ناهنجاری بسیار شدید، این عدد به ۸ ماه کاهش پیدا کرده است. برای باد در ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید ۷۳ ماه بوده که ۴۰ ماه مختص ناهنجاری مثبت و ۳۳ ماه مختص ناهنجاری منفی باد می‌باشد و پس از فیلتر ناهنجاری بسیار شدید، این عدد به ۱۴ ماه کاهش پیدا کرده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود فراوانی ناهنجاری‌ها در دما بیشتر و در بارش کمتر بوده است.

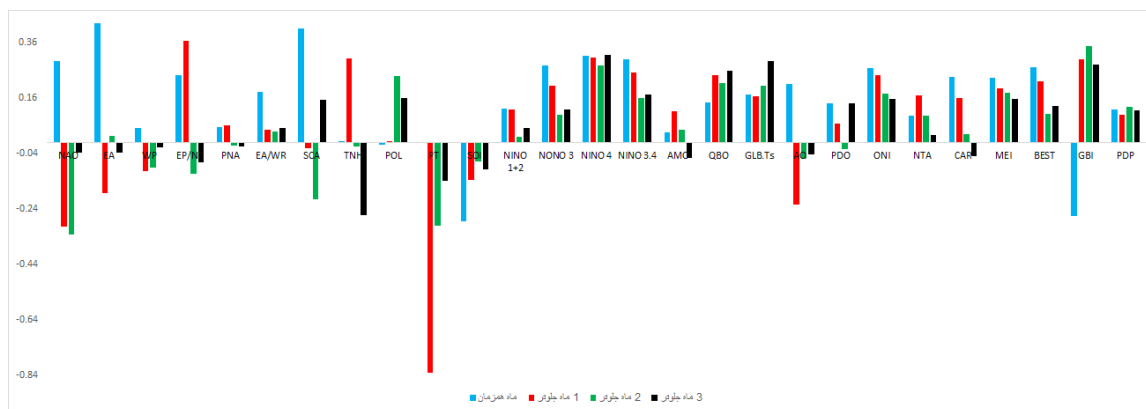
ناهنجاری به‌دست‌آمده از روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید در جدول ۳ قابل‌مشاهده است. در بخش سمت چپ جدول و مقادیر قرمز و آبی؛ به ترتیب، ناهنجاری گرم ($Z > 0.5$) و سرد ($Z < -0.5$) هستند. در بخش میانی جدول و مقادیر سبز و زرد؛ به ترتیب، ناهنجاری پربارش ($Z > 0.5$) و کم‌بارش ($Z < -0.5$) هستند. در بخش سمت راست جدول و مقادیر سبز و زرد کم‌رنگ؛ به ترتیب، ناهنجاری باد زیاد ($Z > 0.5$) و باد کم ($Z < -0.5$) هستند. بالاترین مقدار Z برای دما در مارس ۲۰۰۸ می‌باشد که این عدد ۲.۵ می‌باشد که مقدار واقعی آن ۱۳.۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. پایین‌ترین



شکل ۲- ضریب همبستگی ناهنجاری دما از روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید با شاخص‌های پیوند از دور در ۴ گام زمانی.

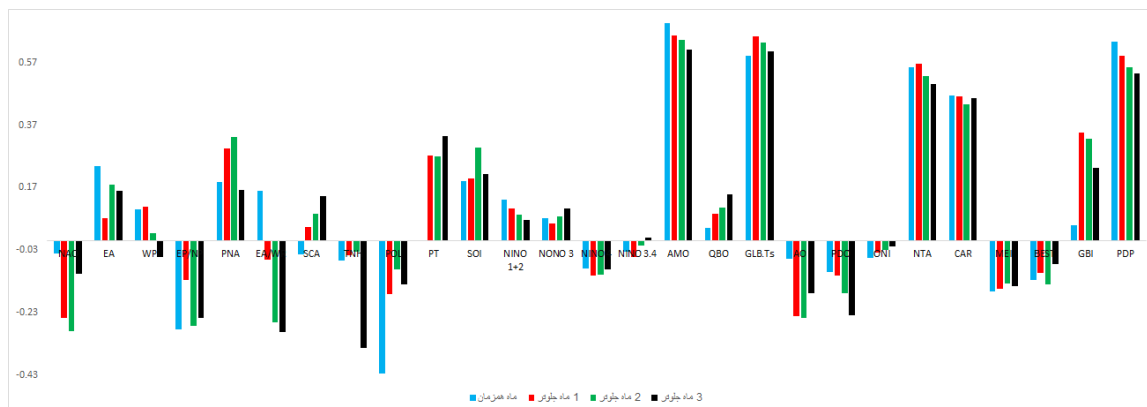
سال	ناهنجاری دما						سال	ناهنجاری بارش						سال	ناهنجاری باد					
	JAN.	FEB.	MAR.	OCT.	NOV.	DEC.		JAN.	FEB.	MAR.	OCT.	NOV.	DEC.		JAN.	FEB.	MAR.	OCT.	NOV.	DEC.
1984	0.1	-1.8	-0.6	-0.6	0.5	-1.9	1984	-0.9	0.1	-0.4	0.0	0.1	0.4	1984	-0.7	-1.2	-1.6	-0.4	-0.7	-1.2
1985	-0.6	-0.1	-1.9	-0.9	0.2	-0.1	1985	-0.9	1.2	-0.5	0.8	-0.7	-0.1	1985	-0.8	0.0	-0.7	-0.7	-1.5	-0.1
1986	0.6	0.0	-1.6	0.0	-0.9	-0.9	1986	0.6	-0.7	-0.1	0.1	1.4	0.6	1986	-0.8	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	-0.5
1987	1.3	0.4	-0.4	-2.5	-1.0	0.2	1987	-2.2	-0.3	1.1	2.1	-1.4	0.3	1987	-1.1	-0.5	0.0	-0.2	-0.8	0.1
1988	-0.6	-0.3	0.0	0.0	-0.1	0.5	1988	0.6	-0.7	-1.1	-0.8	-1.0	-1.0	1988	-0.4	-0.7	0.2	-0.9	-0.3	-0.7
1989	-1.3	-1.5	0.3	0.6	0.7	0.3	1989	0.3	0.4	1.0	0.2	-1.8	0.5	1989	-0.3	-0.9	-0.5	-0.6	-1.2	-0.3
1990	-1.0	0.0	-0.1	-0.2	1.0	0.0	1990	0.3	-0.6	0.8	2.6	-1.2	1.3	1990	-0.2	-0.7	-1.1	-0.8	-1.1	-0.7
1991	0.0	-0.8	-0.8	0.7	-0.2	-0.4	1991	-0.2	1.0	-0.4	-1.8	-0.3	-0.1	1991	-1.1	-1.0	-1.1	-1.6	-1.4	-1.4
1992	-1.4	-0.6	-1.0	-0.8	-0.1	-0.2	1992	1.8	0.9	1.1	0.1	1.1	-0.7	1992	-0.6	-0.8	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3
1993	-0.6	-1.4	-0.3	-1.2	-3.0	-1.0	1993	-0.5	0.5	-0.4	0.1	1.9	-1.2	1993	-0.5	-1.1	-1.1	-1.4	0.1	-1.6
1994	0.1	-1.4	-0.3	-0.3	0.6	-1.2	1994	0.0	0.0	-1.2	1.2	-0.1	0.2	1994	-1.4	-0.9	-1.4	-1.6	-1.2	-0.8
1995	0.7	0.5	0.4	-1.2	0.7	-0.6	1995	-0.7	-0.8	-1.8	0.5	-1.5	-0.1	1995	-1.6	-1.8	-1.3	-0.9	-1.2	-0.8
1996	-0.5	0.1	-1.2	-0.2	-0.4	1.3	1996	-0.7	1.0	-0.5	0.4	0.1	-1.2	1996	-0.9	-0.7	-0.4	0.2	-1.4	-0.3
1997	1.0	-0.5	-0.8	1.2	-0.4	0.2	1997	-0.1	0.3	1.5	-1.4	0.8	0.8	1997	1.5	1.5	1.2	1.3	0.7	1.1
1998	-0.4	-0.8	0.2	-0.1	1.2	1.3	1998	1.4	1.0	-1.6	0.1	-0.6	-0.7	1998	1.9	1.3	0.9	1.0	0.8	0.7
1999	0.8	2.0	0.7	0.6	-1.1	0.5	1999	0.6	-1.7	-0.7	-1.1	0.3	-0.9	1999	0.5	0.3	0.8	1.7	2.1	0.4
2000	0.4	0.3	-0.3	-0.7	-1.0	0.3	2000	0.8	-0.3	0.3	0.2	0.0	-0.8	2000	1.8	1.9	1.6	1.3	0.6	0.7
2001	-0.2	1.3	1.5	-0.2	0.4	1.1	2001	-0.1	-1.3	-0.3	1.2	0.5	-0.3	2001	0.9	0.9	1.3	0.9	1.7	1.0
2002	0.5	1.0	1.6	1.9	1.1	-1.7	2002	-0.7	0.4	0.7	0.5	1.5	1.5	2002	1.7	1.3	1.1	1.7	1.4	1.8
2003	0.6	0.4	-0.9	1.3	-0.1	0.5	2003	-1.3	-0.3	0.4	-0.6	1.8	2.0	2003	0.7	1.4	1.3	1.2	1.4	1.0
2004	1.7	1.9	1.1	-0.1	0.8	-0.6	2004	-1.5	-1.5	1.1	0.4	0.6	1.0	2004	0.5	0.5	0.4	0.5	0.6	1.9
2005	0.4	-0.5	0.6	0.5	0.1	1.4	2005	0.0	0.3	0.5	-0.4	-0.8	-0.5	2005	0.6	0.6	0.8	1.0	0.9	0.5
2006	-1.1	0.6	1.2	1.7	0.4	-0.8	2006	0.3	-1.3	-0.4	-0.6	0.5	1.2	2006	0.9	0.8	0.5	1.0	1.0	1.4
2007	0.5	0.4	-0.1	0.4	0.5	-0.4	2007	-0.8	1.0	2.1	-1.6	0.4	-0.8	2007	0.3	0.8	1.1	0.2	1.0	0.8
2008	-2.7	-1.0	2.5	0.4	-0.2	-0.3	2008	0.6	-0.3	-1.9	-0.2	0.0	1.5	2008	0.8	0.3	0.8	0.4	0.3	1.4
2009	-0.3	1.2	1.0	0.6	0.8	0.8	2009	-0.2	0.1	-0.4	-1.0	0.3	-0.4	2009	0.2	0.3	1.0	0.2	0.3	0.1
2010	1.8	0.7	0.3	1.5	0.9	2.1	2010	0.0	0.2	-0.8	-1.0	-0.8	-1.7	2010	0.5	1.2	0.6	0.1	-0.5	-0.1
2011	1.2	0.2	-0.1	-0.5	-3.1	-0.7	2011	1.5	1.5	0.5	0.9	1.2	-1.1	2011	0.3	1.1	0.3	0.6	0.9	0.0
2012	0.4	-1.5	-0.9	1.5	1.6	0.5	2012	0.0	0.6	0.6	-1.6	1.3	1.1	2012	0.6	1.3	0.7	0.2	0.2	0.7
2013	1.5	1.3	1.5	-0.2	1.0	-0.4	2013	-0.1	-0.8	1.0	-0.2	-0.7	0.5	2013	0.6	0.3	0.8	1.4	0.5	1.0
2014	0.9	-0.8	0.8	-0.6	-1.2	0.1	2014	-1.5	1.0	0.4	3.2	0.3	-0.8	2014	0.2	0.1	0.6	0.7	0.7	0.0
2015	1.0	1.0	0.1	0.8	-0.7	-0.2	2015	0.9	0.5	0.7	1.7	-0.1	-0.6	2015	0.0	0.8	0.3	0.8	0.6	0.2
2016	1.4	1.0	1.6	-0.4	-2.3	-0.4	2016	-0.2	0.8	1.1	-0.2	0.3	-0.4	2016	0.6	0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.5
2017	0.4	-0.7	0.7	0.1	1.7	0.8	2017	-0.8	0.3	-1.2	0.7	-1.4	-1.0	2017	-0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.7	-0.7
2018	0.9	0.9	2.2	0.6	0.4	1.4	2018	2.2	-1.1	-1.3	-0.3	-0.2	-0.7	2018	0.6	-0.7	1.0	0.2	-0.2	0.3
2019	1.6	0.9	1.0	0.9	-0.8	1.2	2019	0.4	1.3	2.0	-0.4	1.9	0.0	2019	0.3	0.0	0.4	-0.3	0.1	-0.3
2020	1.0	1.3	1.0	0.1	0.1	-0.4	2020	-0.1	2.0	0.6	-1.4	1.1	-0.1	2020	-0.3	0.5	-0.3	-0.2	-0.6	0.1

جدول ۳- مقدار آنومالی (Z) مازندران برای ۳ پارامتر دما، بارش و باد



شکل ۳- ضریب همبستگی ناهنجاری بارش از روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید با شاخص‌های پیوند از دور در ۴ گام زمانی.

در ناهنجاری‌های مختلف و روش‌های مختلف، شاخص‌هایی که همبستگی بالاتری را به نسبت داشتند، وارد مدل رگرسیون چند متغیره شدند که در جدول ۴ آمده است.



شکل ۴- ضریب همبستگی ناهنجاری باد از روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید با شاخص‌های پیوند از دور در ۴ گام زمانی.

جدول ۴- شاخص‌های وارد شده به مدل رگرسیون چندمتغیره برای دما، بارش و باد

شاخص‌های وارد شده به مدل رگرسیون چند متغیره		
دما		
ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	NTA, AMO, CAR, EA/WR, GBI, SCA, GLBT.s, PWP	۸ شاخص
ناهنجاری بسیار شدید	NTA, AMO, CAR, WP, PDO, SCA, AO, GLBT.s, PWP	۹ شاخص
بارش		
ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	NINO 3.4, QBO, ONI, MEI, BEST, NAO, NINO 4, GBI	۸ شاخص
ناهنجاری بسیار شدید	CAR, AMO, NTA, GLBT.s, PWP	۵ شاخص
باد		
ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	NTA, GLBT.s, CAR, SOI, GBI, EP/NP, AMO, PWP	۸ شاخص
ناهنجاری بسیار شدید	NTA, GLBT.s, QBO, AMO, PWP	۵ شاخص

با توجه به روند تغییرات مشاهده شده، ارتباط چشمگیری بین تغییر فاز دوره‌ای شاخص AMO با پارامتر باد مازندران وجود دارد؛ به طوری که ضریب همبستگی بین این دو ۰.۷ می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۵ در مقایسه ناهنجاری باد مازندران و شاخص AMO مشاهده می‌شود تا سال ۱۹۹۶ فقط ناهنجاری منفی برای هر دو شاخص رخ داده است و از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ فقط ناهنجاری مثبت رخ داده است و بعد آن ناهنجاری مثبت غالب بوده اما بعضاً ناهنجاری منفی برای ناهنجاری باد مازندران و شاخص AMO به وقوع پیوست.

با توجه به تفاوت در شدت مقادیر، برای ناهنجاری باد مازندران در مقادیر بیشتر از ۰.۵ و کمتر از -۰.۵ و برای شاخص AMO در مقادیر بیشتر از ۰.۱۵ و کمتر از -۰.۱۵ جهت مقایسه بارنگ متفاوت مشخص شدند (جدول ۵).

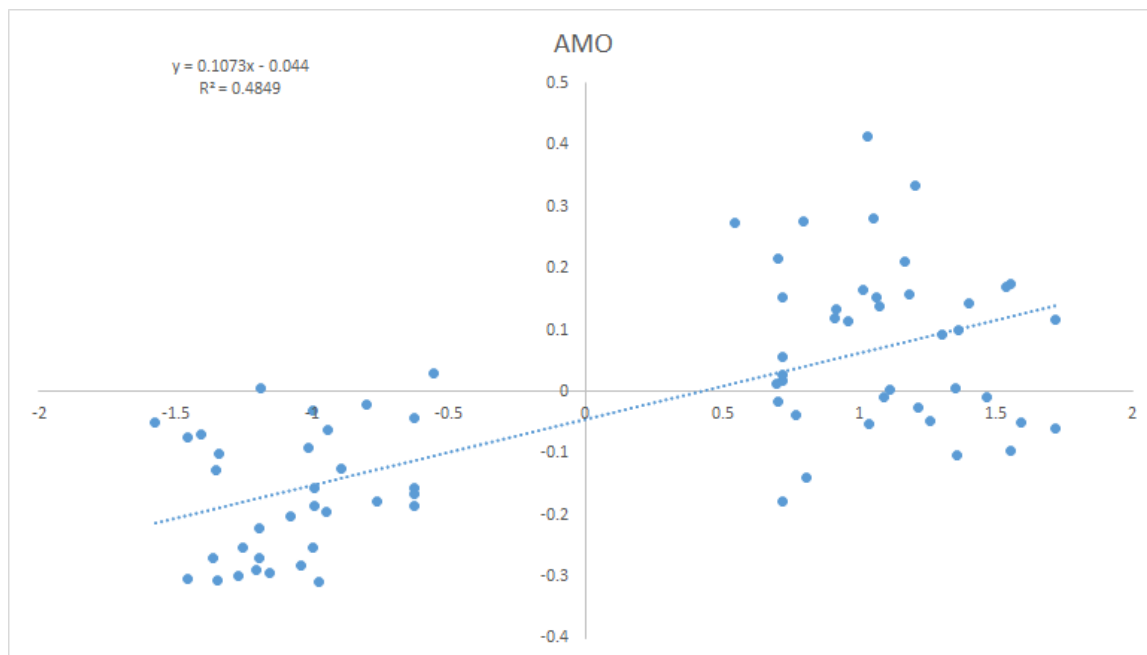
۰.۰۵ و تعداد ماه برای ناهنجاری‌های مختلف به صورت یکجا مشاهده می‌شود (جدول ۶). در این جدول روابطی که دارای ماه‌های کمتر از ۲۰ بودند (روش ناهنجاری بسیار شدید بارش و دما) وارد نشدند. مطابق این جدول رابطه مختص ناهنجاری دما - ماه هم‌زمان از روش دوم که معرف ناهنجاری‌های گرم و سرد بسیار شدید می‌باشد، با ضریب همبستگی ۰.۸۸ بیشترین ضریب همبستگی را داشته که با شاخص GLBT.s رابطه مستقیم و با شاخص‌های SCA، AO و PWP رابطه معکوس دارد. این ۴ شاخص با Sig. کمتر از ۰.۰۵ قابل قبول هستند.

از طریق رگرسیون چند متغیره، برای مدل‌سازی ناهنجاری‌های دما، بارش و باد در روش‌های مختلف، روابط مختلفی استخراج شد (جدول ۷).

ضریب همبستگی، ضریب تعیین، میزان خطای استاندارد، شاخص به‌کاربرده شده، تعداد شاخص‌های با Sig. کمتر از

جدول ۵- مقایسه ناهنجاری باد مازندران و شاخص AMO

سال	ناهنجاری باد مازندران						شاخص AMO					
	JAN.	FEB.	MAR.	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.	OCT.	NOV.	DEC.
۱۹۸۴	-۰.۷	-۱.۲	-۱.۶	-۰.۴	-۰.۷	-۱.۲	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۳	-۰.۴	-۰.۳
۱۹۸۵	-۰.۸	۰.۰	-۰.۷	-۰.۷	-۱.۵	-۰.۱	-۰.۴	-۰.۳	-۰.۴	-۰.۲	-۰.۳	-۰.۳
۱۹۸۶	-۰.۸	-۰.۵	-۰.۵	-۰.۷	-۰.۵	-۰.۵	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۴	-۰.۴
۱۹۸۷	-۱.۱	-۰.۵	۰.۰	-۰.۲	-۰.۸	۰.۱	-۰.۳	-۰.۲	۰.۰	۰.۰	-۰.۱	۰.۰
۱۹۸۸	-۰.۴	-۰.۷	۰.۲	-۰.۹	-۰.۳	-۰.۷	۰.۰	-۰.۱	۰.۰	-۰.۲	-۰.۲	-۰.۲
۱۹۸۹	-۰.۳	-۰.۹	-۰.۵	-۰.۶	-۱.۲	-۰.۳	-۰.۲	-۰.۲	-۰.۳	-۰.۱	-۰.۲	-۰.۲
۱۹۹۰	-۰.۲	-۰.۷	-۱.۱	-۰.۸	-۱.۱	-۰.۷	-۰.۳	-۰.۲	-۰.۲	۰.۱	-۰.۱	۰.۰
۱۹۹۱	-۱.۱	-۱.۰	-۱.۱	-۱.۶	-۱.۴	-۱.۴	-۰.۲	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۲
۱۹۹۲	-۰.۶	-۰.۸	-۱.۵	-۱.۱	-۰.۹	-۱.۳	-۰.۲	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳
۱۹۹۳	-۰.۵	-۱.۱	-۱.۱	-۱.۴	۰.۱	-۱.۶	-۰.۲	-۰.۲	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳
۱۹۹۴	-۱.۴	-۰.۹	-۱.۴	-۱.۶	-۱.۲	-۰.۸	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۳	-۰.۱	۰.۰	-۰.۱
۱۹۹۵	-۱.۶	-۱.۸	-۱.۳	-۰.۹	-۱.۲	-۰.۸	-۰.۱	-۰.۱	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۰
۱۹۹۶	-۰.۹	-۰.۷	-۰.۴	۰.۲	-۰.۴	-۰.۳	۰.۰	۰.۰	-۰.۱	-۰.۲	-۰.۲	-۰.۲
۱۹۹۷	۱.۵	۱.۵	۱.۲	۱.۳	۰.۷	۱.۱	-۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۰	۰.۱
۱۹۹۸	۱.۹	۱.۳	۰.۹	۱.۰	۰.۸	۰.۷	۰.۱	۰.۳	۰.۳	۰.۴	۰.۳	۰.۳
۱۹۹۹	۰.۵	۰.۳	۰.۸	۱.۷	۲.۱	۰.۴	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۰	-۰.۱	۰.۰
۲۰۰۰	۱.۸	۱.۹	۱.۶	۱.۳	۰.۶	۰.۷	-۰.۱	-۰.۱	۰.۱	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۱
۲۰۰۱	۰.۹	۰.۹	۱.۳	۰.۹	۱.۷	۱.۰	-۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۲	۰.۱	۰.۲
۲۰۰۲	۱.۷	۱.۳	۱.۱	۱.۷	۱.۴	۱.۸	۰.۲	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰
۲۰۰۳	۰.۷	۱.۴	۱.۳	۱.۲	۱.۴	۱.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۰.۴	۰.۲	۰.۲
۲۰۰۴	۰.۵	۰.۵	۰.۴	۰.۵	۰.۶	۱.۹	۰.۲	۰.۲	۰.۱	۰.۲	۰.۲	۰.۲
۲۰۰۵	۰.۶	۰.۶	۰.۸	۱.۰	۰.۹	۰.۵	۰.۱	۰.۱	۰.۳	۰.۲	۰.۱	۰.۲
۲۰۰۶	۰.۹	۰.۸	۰.۵	۱.۰	۱.۰	۱.۴	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۳	۰.۳	۰.۲
۲۰۰۷	۰.۳	۰.۸	۱.۱	۰.۲	۱.۰	۰.۸	۰.۲	۰.۲	۰.۱	۰.۱	۰.۲	۰.۱
۲۰۰۸	۰.۸	۰.۳	۰.۸	۰.۴	۰.۳	۱.۴	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۰
۲۰۰۹	۰.۲	۰.۳	۱.۰	۰.۲	۰.۳	۰.۱	-۰.۱	-۰.۲	-۰.۲	۰.۲	۰.۱	۰.۱
۲۰۱۰	۰.۵	۱.۲	۰.۶	۰.۱	-۰.۵	-۰.۱	۰.۰	۰.۲	۰.۳	۰.۳	۰.۲	۰.۲
۲۰۱۱	۰.۳	۱.۱	۰.۳	۰.۶	۰.۹	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۰	۰.۱	-۰.۱	-۰.۱
۲۰۱۲	۰.۶	۱.۳	۰.۷	۰.۲	۰.۲	۰.۷	-۰.۱	۰.۰	۰.۰	۰.۳	۰.۲	۰.۱
۲۰۱۳	۰.۶	۰.۳	۰.۸	۱.۴	۰.۵	۱.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۰
۲۰۱۴	۰.۲	۰.۱	۰.۶	۰.۷	۰.۷	۰.۰	-۰.۱	-۰.۱	-۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۰
۲۰۱۵	۰.۰	۰.۸	۰.۳	۰.۸	۰.۶	۰.۲	۰.۰	۰.۰	-۰.۱	۰.۳	۰.۲	۰.۲
۲۰۱۶	۰.۶	۰.۲	-۰.۱	-۰.۲	-۰.۲	۰.۵	۰.۲	۰.۱	۰.۲	۰.۴	۰.۴	۰.۳
۲۰۱۷	-۰.۲	۰.۱	۰.۰	-۰.۲	-۰.۷	-۰.۷	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۴	۰.۳	۰.۴
۲۰۱۸	۰.۶	-۰.۷	۱.۰	۰.۲	-۰.۲	۰.۳	۰.۲	۰.۰	۰.۱	۰.۱	-۰.۱	-۰.۱
۲۰۱۹	۰.۳	۰.۰	۰.۴	-۰.۳	۰.۱	-۰.۳	۰.۰	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۱	۰.۲
۲۰۲۰	-۰.۳	۰.۵	-۰.۳	-۰.۲	-۰.۶	۰.۱	۰.۱	۰.۳	۰.۴	۰.۳	۰.۱	۰.۲



شکل ۵- ارتباط شاخص AMO با ناهنجاری باد مازندران

جدول ۶- ضریب همبستگی، ضریب تعیین، میزان خطای استاندارد، شاخص به کار برده شده، تعداد شاخص با Sig. کمتر از ۰.۰۵ و تعداد ماه برای تمام نوع ناهنجاری در روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید و ناهنجاری دما در روش ناهنجاری بسیار شدید

تعداد ماه	شاخص هایی که کمتر از ۰.۰۵ Sig.	شاخص های به کار رفته و نوع اثر (مستقیم (+) یا معکوس (-))	میزان خطای استاندارد تعیین	ضریب همبستگی	نوع ناهنجاری	روش کار
۲۲	AMO(0.000), PWP(0.004), SCA(0.18), GLBT.s(0.000)	SCA(-), GLBT.s(+), AO(-), PWP(-)	۱.۱۵	۰.۷۷	دما - ماه همزمان	ناهنجاری بسیار شدید
۷۳	AMO(0.000), PWP(0.006), SOI(0.007)	SOI(+), AMO(+), CAR(-), PWP(+)	۰.۸۵	۰.۷۶	باد - ماه همزمان	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۷۳	GLBT.s(0.003), AMO(0.009), SOI(0.036)	SOI(+), AMO(+), GLBT.s(+)	۰.۷۵	۰.۷۶	باد - ۱ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۷۳	AMO(0.002), GLBT.s(0.013)	SOI(+), AMO(+), GLBT.s(+)	۰.۷۹	۰.۷۴	باد - ۲ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۲۲	GLBT.s(0.012), WP(0.025)	WP(+), SCA(+), GLBT.s(+), PDO(+)	۱.۶۱	۰.۵۴	دما - ۲ ماه جلوتر	ناهنجاری بسیار شدید
۱۱۱	SCA(0.000), GLBT.s(0.000), GBI(0.000)	SCA(-), GLBT.s(+), GBI(+)	۰.۹۴	۰.۷۲	دما - ماه همزمان	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۴۲	AMO(0.002), GBI(0.002), NINO3,4(0.004), ONI(0.002)	AMO(+), NINO3,4(-), ONI(+), BEST(-), GBI(+)	۱.۱۶	۰.۴۴	بارش - ۲ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۷۳	AMO(0.011), GLBT.s(0.048)	SOI(+), AMO(+), GLBT.s(+)	۰.۸۸	۰.۶۵	باد - ۳ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۲۲	AMO(0.013)	WP(-), SCA(+), AMO(+)	۱.۸۳	۰.۶۱	دما - ۳ ماه جلوتر	ناهنجاری بسیار شدید
۲۲	0	GLBT.s(+), NTA(+), PWP(-)	۱.۸۸	۰.۵۸	دما - ۱ ماه جلوتر	ناهنجاری بسیار شدید
۱۱۱	PWP(0.000), SCA(0.033)	EA/WR(-), SCA(+), PWP(+)	۱.۱۳	۰.۵۵	دما - ۲ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۱۱۱	GLBT.s(0.000), GBI(0.018)	GLBT.s(+), GBI(+)	۱.۱۳	۰.۵۴	دما - ۱ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۱۱۱	PWP(0.007), AMO(0.027)	AMO(+), PWP(+)	۱.۱۶	۰.۵۰	دما - ۳ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۴۲	NINO3,4(0.041)	NAO(+), NINO3.4(+), ONI(-)	۱.۳۳	۰.۴۸	بارش - ماه همزمان	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۴۲	NAO(0.027), NINO4(0.027)	NAO(-), NINO4(+)	۱.۳۴	۰.۴۵	بارش - ۱ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید
۴۲	NINO4(0.041)	NINO4(+), GBI(+)	۱.۳۶	۰.۴۲	بارش - ۳ ماه جلوتر	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید

جدول ۷- روابط به دست آمده از رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی ناهنجاری دما، بارش و باد در ۲ روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید و

ناهنجاری بسیار شدید

ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید		ناهنجاری بسیار شدید	
Anomaly Temp. Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M		Anomaly Temp. Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M	
دما - ماه همزمان	$-0.824+(SCA*(-0.395))+(GLBTS*1.361)+(GBI*0.502)$	دما - ماه همزمان	$-1.563+(SCA*(-0.890))+(GLBTS*2.811)+(AO*(-1.111))+(PWP*(-5.590))$
دما - ۱ ماه جلوتر	$-0.967+(GLBTS*1.592)+(GBI*0.260)$	دما - ۱ ماه جلوتر	$-1.856+(GLBTS*2.446)+(NTA*2.677)+(PWP*(-2.875))$
دما - ۲ ماه جلوتر	$-0.094+(EAWR*(-0.206))+(SCA*0.240)+(PWP*2.465)$	دما - ۲ ماه جلوتر	$-2.493+(WP*0.984)+(SCA*0.725)+(GLBTS*3.592)+(PDO*0.615)$
دما - ۳ ماه جلوتر	$-0.118+(AMO*1.469)+(PWP*1.736)$	دما - ۳ ماه جلوتر	$-0.782+(WP*(-1.064))+(SCA*0.632)+(AMO*4.571)$
Anomaly Prec. Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M		Anomaly Prec. Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M	
بارش - ماه همزمان	$-0.305+(NAO*0.369)+(NINO3.4*3.841)+(ONI*(-3.539))$	بارش - ماه همزمان	$-1.181+(AMO*(-3.262))+(NTA*1.266)+(CAR*8.749)$
بارش - ۱ ماه جلوتر	$-0.275+(NAO*(-0.458))*(NINO4*0.623)$	بارش - ۱ ماه جلوتر	$-2.041+(AMO*(-0.860))*(GLBTS*1.620)+(CAR*5.915)$
بارش - ۲ ماه جلوتر	$-0.779+(NINO4*1.873)+(NINO3.4*(-7.264))+(ONI*7.481)+(BEST*(-0.742))+(GBI*0.652)$	بارش - ۲ ماه جلوتر	$-2.861+(GLBTS*3.539)+(CAR*3.925)+(PWP*(-2.719))$
بارش - ۳ ماه جلوتر	$-0.576+(NINO4*0.643)+(GBI*0.410)$	بارش - ۳ ماه جلوتر	$-0.772+(AMO*(-3.489))+(NTA*2.934)+(PWP*8.694)$
Anomaly Wind Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M		Anomaly Wind Av. Mon. MAZANDARAN (winter)M	
باد - ماه همزمان	$0.288+(SOI*0.184)+(AMO*4.529)+(CAR*(-1.695))+(PWP*2.201)$	باد - ماه همزمان	$1.317+(AMO*4.351)+(GLBTS*(-1.381))+(PWP*6.139)$
باد - ۱ ماه جلوتر	$-0.766+(SOI*0.135)+(AMO*2.193)+(GLBTS*1.592)$	باد - ۱ ماه جلوتر	$1.670+(AMO*6.173)+(GLBTS*(-2.070))+(PWP*6.615)$
باد - ۲ ماه جلوتر	$-0.634+(SOI*0.132)+(AMO*2.380)+(GLBTS*1.312)$	باد - ۲ ماه جلوتر	$0.370+(QBO*0.783)+(NTA*3.469)+(PWP*2.660)$
باد - ۳ ماه جلوتر	$-0.561+(SOI*0.142)+(AMO*2.335)+(GLBTS*1.290)$	باد - ۳ ماه جلوتر	$-1.389+(QBO*0.583)+(GLBTS*3.467)+(NTA*3.868)$

نتیجه گیری

بر اساس RMSE رابطه‌ای که قدرت تبیین بیشتری داشت مختص پارامتر باد در گام زمانی ماه هم‌زمان و از ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید با $RMSE=0.81$ می‌باشد که متغیرهای این رابطه فاز مثبت شاخص‌های SOI، AMO و PWP و فاز منفی CAR است. شاخص‌های AMO، PWP و SOI؛ به ترتیب، با 0.007 ، 0.006 و 0.000 Sig. قابل قبول بودند.

در این ۵ رابطه شاخص AMO ۴ بار تکرار داشته که هر ۴ بار آن با پارامتر باد رابطه مستقیم داشته است. معنی‌داری شاخص AMO در تمام آن‌ها کمتر از 0.05 بوده است. شاخص GLBTS ۴ بار تکرار داشته که ۳ بار آن با پارامتر باد و ۱ بار با پارامتر دما در ارتباط بوده است. رابطه این شاخص به صورت مستقیم بوده است. این شاخص در تمام این ۴ رابطه دارای Sig. کمتر از 0.05 است. شاخص SOI ۴ بار تکرار داشته است. پارامتر باد در تمام این روابط تابعی از شاخص SOI است. رابطه شاخص SOI با پارامتر باد مستقیم بوده است. ۲ بار از این ۴ بار Sig. شاخص SOI به میزان 0.007 و 0.036 می‌باشد. شاخص‌های PWP، GBI، SCA و CAR فقط ۱ بار تکرار داشته‌اند که نسبت به ۳ شاخص AMO، GLBTS و SOI دارای ارتباط کمتری هستند. بر این اساس نتیجه می‌گیریم از بین تمام شاخص‌های به کاررفته در این پژوهش، ۳ شاخص AMO، GLBTS و SOI از تأثیرگذارترین شاخص‌های این پژوهش بودند.

با توجه به اهداف این پژوهش و تسهیل در پیش‌بینی ناهنجاری‌های آب و هوایی بر اساس مقادیر شاخص‌های پیوند از دور، از طریق مدل رگرسیون چندمتغیره به روابطی دست پیدا کردیم که با توجه به ضریب همبستگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. از ۱۶ رابطه نهایی، ۱۳ رابطه ضریب همبستگی آن‌ها بیش از 0.5 و ۶ رابطه؛ دما- ماه هم‌زمان از ناهنجاری بسیار شدید، باد- ماه هم‌زمان از ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید، باد- ۱ ماه جلوتر از ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید، باد- ۲ ماه جلوتر از ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید، دما- ۲ ماه جلوتر از ناهنجاری بسیار شدید و دما- ماه هم‌زمان از ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید ضریب تعیین آن‌ها بیشتر از 0.5 بوده است. رابطه ناهنجاری دما- ماه هم‌زمان از روش ناهنجاری بسیار شدید، با ضریب همبستگی 0.88 و ضریب تعیین 0.77 که بالاترین مقدار در بین سایر روابط بوده است، با شاخص GLBTS رابطه مستقیم و با شاخص‌های SCA، AO و PWP رابطه معکوس دارد. بر اساس RMSE؛ از ۱۶ رابطه در روش ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید و ناهنجاری بسیار شدید، ۵ رابطه دارای قدرت تبیین بیشتری هستند و تا حد بالایی قابل اعتماد هستند که از این بین، ۴ رابطه برای پارامتر باد و ۱ رابطه برای پارامتر دما می‌باشد که تمام این روابط سهم ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید پارامترهای آب و هوایی می‌باشد.

ایران همبستگی معکوس دارد به طوری که شاخص ENSO نسبت به NIO SST تأثیر قوی‌تری بر بارش زمستانی ایران دارد.

در مجموع این بررسی‌ها، دیده شده که شاخص‌های EA, PNA, TNH, POL, PT, NINO1+2 و NINO3 ارتباط بسیار ناچیزی با ناهنجاری‌های دما، بارش و باد مازندران دارند.

علاوه بر ارتباط سنجی شاخص‌های پیوند از دور با ناهنجاری پارامترهای آب و هوایی مازندران در گام‌های زمانی مختلف، فروانی وقوع و تداوم ناهنجاری دما، بارش و باد مازندران هم استخراج شد. در این ۳۷ سال، در ۱۹ سال (۱۱ سال برای ناهنجاری مثبت و ۸ سال برای ناهنجاری منفی) ناهنجاری دمایی در ۶ ماه دوم سال تداوم داشته است. برای بارش فقط ۱ سال از ناهنجاری منفی و برای باد ۱۱ سال (۵ سال برای ناهنجاری مثبت و ۶ سال برای ناهنجاری منفی) ناهنجاری مداوم بوده است. در بین ایستگاه‌های مورد بررسی، بیشترین درصد ناهنجاری دمایی برای ایستگاه بابلسر (۶۶٪) و کمترین نوشهر (۶۱٪) بوده است. در ناهنجاری بارش بیشترین سهم ناهنجاری را ایستگاه رامسر (۶۸٪) و کمترین سهم ناهنجاری را ایستگاه بابلسر (۵۷٪) داشته است. ایستگاه قراخیل قائمشهر (۶۵٪) بیشترین و ایستگاه رامسر (۶۱٪) کمترین ناهنجاری را در پارامتر باد داشته‌اند.

پس از بررسی انجام شده برای مشاهده تأثیرگذاری ۳ شاخص AMO, GLBT.s و SOI در گام‌های زمانی مختلف این‌طور ارزیابی شد که شاخص AMO بیشترین همبستگی را با ناهنجاری دما در گام زمانی هم‌زمان، با ناهنجاری بارش در گام زمانی ۱ ماه جلوتر و با ناهنجاری باد در گام زمانی ۱ ماه جلوتر دارد. شاخص GLBT.s اثر آن بر پارامتر بارش مازندران در مقایسه با شاخص AMO با تأخیر زمانی بیشتری صورت می‌پذیرد. شاخص GLBT.s بیشترین همبستگی را با ناهنجاری دما در گام زمانی هم‌زمان، با ناهنجاری بارش در گام زمانی ۳ ماه جلوتر و با ناهنجاری باد در گام زمانی ۱ ماه جلوتر دارد. تأخیر زمانی شاخص SOI قدری متفاوت با دو شاخص AMO و GLBT.s است. شاخص SOI بیشترین همبستگی را با ناهنجاری دما در گام زمانی ۳ ماه جلوتر، با ناهنجاری بارش در گام زمانی هم‌زمان و با ناهنجاری باد در گام زمانی ۲ ماه جلوتر دارد.

در این پژوهش بیشترین ارتباطی که یک شاخص پیوند از دور با ناهنجاری‌های آب و هوایی مازندران داشته، شاخص AMO با پارامتر باد است که به‌تنهایی ضریب همبستگی آن به عدد ۰.۷ رسیده است. ۹۳٪ مقادیر مثبت شاخص AMO با مقادیر مثبت ناهنجاری باد مازندران و ۷۰.۵٪ مقادیر منفی این شاخص با مقادیر منفی ناهنجاری باد مازندران همگام بوده است.

در این خصوص کارهای مشابهی صورت گرفت که می‌توان به پژوهش ناظم‌السادات و کوردی (۲۰۰۰) با موضوع ارتباط ENSO با بارندگی پاییزی ایران اشاره داشت که اثرات ENSO بر میزان بارندگی در طول فازهای منفی و مثبت شاخص SO نیز مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد که در دوره‌های ال‌نینو، میزان بارندگی در مناطق مختلف کشور چندین برابر دوره‌های لانینا بوده است. ارتباط بین SOI و داده‌های فشار هوای سطحی ضعیف و ناچیز بود. قاسمی (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان تأثیر دمای سطح دریای شمال غربی اقیانوس هند و نوسانات ال‌نینو-جنوبی بر بارش زمستانی ایران نشان دادند که دمای سطح دریای شمال غربی اقیانوس هند (NIO SST) و نوسانات ال‌نینو-جنوبی (ENSO) به طور معنی‌داری با بارش زمستانی در

جدول ۸- ارزیابی روابط به‌دست‌آمده با RMSE در جهت مقایسه مقدار به‌دست‌آمده از روابط با مقدار واقعی

ردیف	روش کار	نوع ناهنجاری	آزمون و خطا
			□ □ □ □
۱	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	باد - ماه همزمان	۰.۸۱
۲	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	باد - ۱ ماه جلوتر	۰.۹۰
۳	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	باد - ۲ ماه جلوتر	۰.۹۱
۴	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	دما - ماه همزمان	۰.۹۲
۵	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	باد - ۳ ماه جلوتر	۰.۹۶
۶	ناهنجاری بسیار شدید	دما - ماه همزمان	۱.۰۱
۷	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	بارش - ۲ ماه جلوتر	۱.۰۸
۸	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	دما - ۲ ماه جلوتر	۱.۱۱
۹	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	دما - ۱ ماه جلوتر	۱.۱۲
۱۰	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	دما - ۳ ماه جلوتر	۱.۱۵
۱۱	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	بارش - ماه همزمان	۱.۲۶
۱۲	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	بارش - ۳ ماه جلوتر	۱.۳۱
۱۳	ناهنجاری بسیار شدید	دما - ۲ ماه جلوتر	۱.۴۲
۱۴	ناهنجاری متوسط تا بسیار شدید	بارش - ۱ ماه جلوتر	۱.۵۰
۱۵	ناهنجاری بسیار شدید	دما - ۳ ماه جلوتر	۱.۶۶
۱۶	ناهنجاری بسیار شدید	دما - ۱ ماه جلوتر	۱.۷۰

- Folland, C.K., Knight, J., Linderholm, H.W., Fereday, D., Ineson, S., and Hurrell, J.W. (2009). The Summer North Atlantic Oscillation: Past, Present, and Future, *Journal of Climate*, 22(5), 1082- 1103. Retrieved Jan 24, 2021.
- García-Franco, J. L., Gray, L. J., Osprey, S., Chadwick, R & Martin, Z (2022). The tropical route of QBO teleconnections in a climate model. *Weather and Climate Dynamics Discussions*, 1-27.
- Gray, A., & Ghanghermeh, A. (2021). Assessment of precipitation and temperature for the future period on the southern shores of the Caspian Sea based on the development and generalization of the NCP index. *Climate Change Research*, 2(8), 1-22.
- Ghasemi, A. R. (2020). Influence of northwest Indian Ocean sea surface temperature and El Niño–Southern Oscillation on the winter precipitation in Iran. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4), 1481-1494.
- GhavidelRahimi, Y, Farajzadeh, M, Kakapour, S, 2014, Study the affecting of

منابع

- Alijani B. (2002). *Synoptic Climatology*, SAMT publisher
- Alijani, B. (2018). *Quantitative methodology in geography*, p. 123, Tehran, Samit publications.
- Becker, S., Hartmann, H., Coulibaly, M., Zhang, Q & Jiang, T. (2008). Quasi periodicities of extreme precipitation vents in the Yangtze River basin, China. *Theoretical and applied climatology*, 94(3), 139-152.
- Cai, W., Whetton, P.H., & Pittock, A.B., 2001. Fluctuations of the relationship between ENSO and northeast Australian rainfall. *Climate Dynamics*, 17, 421-432.
- Di Capua, G., Kretschmer, M., Donner, R. V., van den Hurk, B., Vellore, R., Krishnan, R & Coumou, D (2019). Tropical and mid-latitude teleconnections interacting with the Indian summer monsoon rainfall: A Theory-Guided Causal Effect Network approach. *Earth System Dynamics Discussions*, 1-27.

- Mediterranean Implications on the Regional Climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 52, 101-115.
20. Mahmoodabadi M, Omidvar K, Mozafari G, Mazidi A. Assessment of Teleconnection Patterns Affecting Rainfall Extreme Indices (Case Study: Sistan-Baluchestan Province). *JWMR* 2018; 9 (17) :280-294
 21. Nazemosadat, M. J., & Cordery, I. (2000). On the relationships between ENSO and autumn rainfall in Iran. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(1), 47-61.
 22. Paghoh F. (2017). Patterns of Teleconnection and its role in climate changes in Iran, AsarFekr publisher
 23. Riaz, Syed M.F., Iqbal, M.J., Hameed, Sultan (1 January 2017). "Impact of the North Atlantic Oscillation on winter climate of Germany". *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. 69 (1): 1406263.
 24. Robert H., & Niebauer, H.J., 1999. Causes of Interannual Variability in the Sea Ice Core of the Eastern Bering Sea. *Institute of Marine Science*, 22, 250-263.
 25. Saligheh, M., Bayat, A., Bayat, A., & Doostkamian, M. (2013). Teleconnection relationship between North Atlantic Oscillation (NAO) with Fars province droughts. *Geographic Thought*, 7(13), 63-83. Salahi, B., and Hajizadeh, Z. (2012). An analysis on the temporal relationship of the North Atlantic Oscillation and the surface temperature indices of the Atlantic Ocean with the variability of precipitation and temperature in Lorestan province.
 26. Spatial and temporal variability of precipitation and wet-dry spells in southern areas of Caspian Sea. (2016). *Researches in Earth Sciences*, 7(1), 16-30.
 27. Tang B.H., & Neelin, J.D., 2004. ENSO influence on Atlantic hurricanes via tropospheric warming. *Geophysical Research Letters*, 31, 204-230.
 28. Toloie, Y., Gandomkar, A., & Bagheri Badaghabadi, M. (2021). Investigating the Relationship between Northern Hemisphere Transplant Patterns and Drought in Northwestern Iran. *Physical Geography Quarterly*, 14(Physical Geography Quarterly), 55-74.
 29. Wanner, H., Brönnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C ... & Xoplaki, E (2001). North Atlantic Oscillation—concepts and studies. *Surveys in geophysics*, 22(4), 321-381.
 - North Sea – Caspian pattern on autumn rainfall fluctuations in the West and Northwest regions of Iran. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1): 33-40
 11. Halabian, A., Karampour, M., & Mahmoodimehr, F. (2021). Relationship of Arctic Oscillation (AO) and winter temperatures variability on the north-west Iran. *Journal of Climate Research*, 1400(47), 121-140.
 12. Heidari, I., Gandomkar, A., & Bagheri, M. (2017). Study of Relationship between North Atlantic Teleconnections and Air Temperature in Caspian Sea Basin. *Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(20), 139-147.
 13. Heidari, M. A., & Khoshaghlagh, F. (2017). Modeling the Relationship between teleconnection indexes with warm season temperature anomalies in Iran Using Multivariate Regression. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(3), 47-66.
 14. Helali, J., Hosseinzahed, T., Cheraghalizadeh, M., & Mohammadi Ghalenei, M. (2021). Feasibility study of using Climate Teleconnection Indices in prediction of spring precipitation in Iran Basins. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 52(3), 749-769.
 15. Helali, J., Pishdad, E., Alidadi, M., Loukzadeh, S., Asadi Oskouei, E., & Norooz Valashedi, R. (2020). Investigating the relationship between climate Teleconnection Indices and Autumnal Rainfall in Iran Watersheds. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(8), 1921-1936.
 16. John C., & Chiang, H., 2002. Tropical tropospheric temperature variations caused by ENSO and their influence on the remote tropical climate. *Journal of Climate*, 105, 16-26.
 17. Khosravi, M. (2002). ENSO phenomenon (ENSO) and climate variability of Southeast Iran. *Climatology doctoral thesis*. Faculty of Literature and Human Sciences, University of Isfahan.
 18. Khosravi, M. (2016). *Multivariate climatology: application of multivariate analyzes in natural geography and climatology*, Zahedan, University of Sistan and Baluchistan.
 19. Kutiel, H., Maheras, P., Tulkes M., & Paz, S., 2002. North Sea-Caspian Pattern (NCP) an Upper Level Atmospheric Teleconnection Affecting the Eastern

32. Zaroug, M. A. H., Giorgi, F., Coppola, E., Abdo, G. M., & Eltahir, E. A. (2014). Simulating the connections of ENSO and the rainfall regime of East Africa and the upper Blue Nile region using a climate model of the Tropics. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(11), 4311-4323.
33. Zolghadr-Shojaee, M., Alizadeh Choobari, O., Irannejad, P., & Ahmadi Givi, F. (2020). Characteristics and Teleconnections of the Extreme Eastern and Central Pacific and Mixed El Niños. *Physical Geography Research Quarterly*, 52(1), 65-84.
30. Yang, R & Xing, B (2022). Teleconnections of Large-Scale Climate Patterns to Regional Drought in Mid-Latitudes: A Case Study in Xinjiang, China. *Atmosphere*, 13(2), 230.
31. Yeh, S. W., Cai, W., Min, S. K., McPhaden, M. J., Dommenges, D., Dewitte, B & Kug, J. S (2018). ENSO atmospheric teleconnections and their response to greenhouse gas forcing. *Reviews of Geophysics*, 56(1), 185-206.