فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶، شماره پیاپی ۱۲۵

نادر پروین، استادیار، جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران
Dr. N. Parvin
naderpn1353@yahoo.com

بررسی تغییرات تراز میانی جو مؤثر بر توفان‌های حوضه آبریز زاب

دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۶ پذیرش نهایی: ۹۶/۳/۲۴

چکیده

توفان‌ها به‌عنوان یکی از بلایای طبیعی همواره مناطق مختلفی را تحت تأثیر خود قرار داده و خسارات فراوانی ازنظر اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی به بار می‌آورند. در این مقاله، پس از تعیین آستانه توفان، داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال اتمسفر برای ۴۰ روز توفان طی دوره (۲۰۱۱-۱۹۸۶) با استفاده از روش پیشرفته آماری تحلیل عاملی پردازش شدند و نهایتاً بر اساس ماتریس همبستگی (واریانس- کوواریانس) و چرخش واریماکس[1] بر روی عامل‌ها، کانون‌های عمده تغییر توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر وقوع توفان‌های شدید و فراگیر سطح حوضه آبریز زاب شناسایی و تحلیل شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به هنگام وقوع توفان‌های مذکور هشت کانون مؤثر بوده‌اند. در این بین، چهار منطقه ذیل با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های($R>0/7$) ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر وقوع توفان‌های مذکور، قابل تشخیص هستند. ۱) محور شمال آفریقا- خاورمیانه تا شمال روسیه ۲) منطقه آفریقای حاره‌ای-اقیانوس هند ۳) منطقه شمال آسیا-شمال اروپا ۴) منطقه اسکاندیناوی. چنین تغییراتی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سبب تقویت و عمیق‌تر شدن محور تراف‌ها و ریج‌ها در این مناطق شده و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی توفان‌زا به وجود آمده‌اند. در این بین، تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کانون اول (محور شمال آفریقا- خاورمیانه تا شمال روسیه) بیشترین تأثیر را در ایجاد توفان‌های سطح حوضه آبریز زاب داشته است.

واژگان کلیدی: توفان، تحلیل عاملی، تراز ۵۰۰hpa، حوضه آبریز زاب

مقدمه

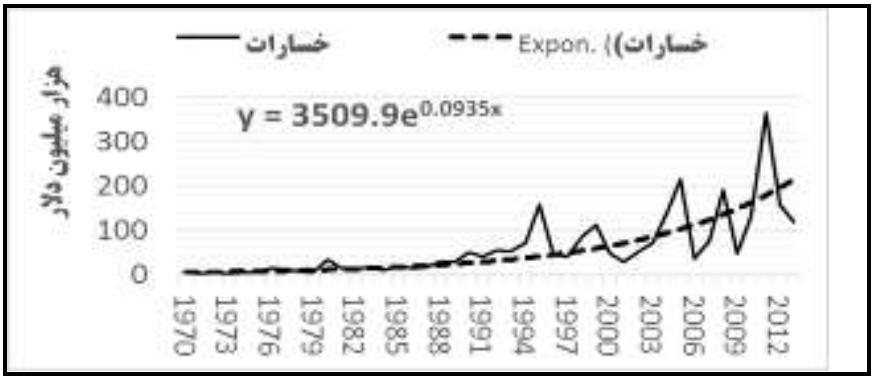
در بین متغیرهای هواشناسی، سرعت باد کمتر به‌منظور کشف شناخت آب و هوا و تغییرات احتمالی آن مورد مطالعه قرارگرفته است. عنصر باد از جمله متغیرهای پیچیده اقلیمی است که تغییرات آن در مقیاس‌های کوتاه مدت و بلندمدت بر خصوصیات اقلیم جهانی و منطقه‌ای اثر می‌گذارد. اطلاع از تغییرات سرعت باد، اهمیتی اساسی در پژوهش‌های مربوط به انرژی باد، احداث سازه‌ها، آلودگی هوا، تبخیر و تعرق و محاسبه نیاز آبی گیاهان دارد. افزایش ناگهانی سرعت باد، سبب وقوع تندبادها، گردبادها و وقوع خسارت خواهد شد. به‌طوری که، بر اساس نتایج تحقیقات میزان خسارات بلایای طبیعی اقلیمی در سال ۲۰۱۱ تنها در آمریکا بیش از یک بیلیون دلار بوده است. نقش باد در زندگی انسان، شناسایی الگوهای جوی ایجاد تندبادها و پیش‌بینی این عنصر مهم در برنامه‌ریزی آینده منطقه‌ای و جهانی می‌تواند مؤثر باشد. از دیدگاه اقلیم‌شناسی که مدنظر است، هرگاه سرعت باد یک محل در یک دوره زمانی معین، بیشتر از آستانه مشخص باشد، با توفان روبرو هستیم. بنابراین آستانه بروز توفان کمیتی جغرافیایی است و ازنظر مقیاس مکانی و زمانی متفاوت است. به سبب موقعیت خاص جغرافیایی و توپوگرافی ویژه حوضه آبریز زاب در غرب

[1] چرخش Varimax : دورانی متعامد از عامل‌ها در تحلیل عاملی که پراکنش بیشینه/ ماکسیمم بین بارهای عاملی ایجاد کند و بدین ترتیب تفسیر عامل‌ها را معنی‌دارتر سازد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

ایران و تراکم بالای جوامع روستایی و شهری و اهمیت بالای طبیعت منطقه، گاهی مشکلات ناشی از سرعت باد به‌ویژه توفان‌های نامتعارف در فصول مختلف، نمود خاصی پیدا می‌کند و به‌گونه‌ای موجب خسارت‌های مالی-جانی و رنجش ساکنان منطقه می‌شود. با عنایت به این‌که غالب ویژگی‌های محیطی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در ارتباط با تغییرات توپوگرافی سطوح فشار اتمسفر بالا قابل تبیین است، مطالعه عوامل ایجاد توفان‌های شدید در منطقه مذکور اهمیت و ضرورت خاصی پیدا می‌کند. در این پژوهش با بهره‌گیری از سه معیار توزیع زمانی و توزیع مکانی وقوع توفان‌ها و آستانه سرعت برای تعریف و معیار انتخاب توفان‌های مهم و فراگیر مورد تأکید است. به‌طوری‌که شدیدترین و فراگیرترین توفان‌های سطح حوضه آبریز مذکور با توجه به شاخص‌های توزیع زمانی و مکانی وقوع توفان و میزان سرعتشان، آستانه و مبنای روش کار این مطالعه است. ندهام و همکاران[1] (۲۰۱۵: ۴۴۶) بر این عقیده‌اند که عمده حوادث نادر به‌ویژه بادهای شدید توسط سیکلون‌های حاره‌ای به وجود می‌آیند. در گزارش ۲۰۱۳ هیأت بین دولتی تغییر اقلیم، تغییرات سرعت باد در آینده در نقاط مختلف دنیا با شدت و ضعف‌های متفاوت اشاره شده و تأثیر آن بر چرخندها و بادهای غربی در عرض‌های میانی و نوسان‌های بارش موردتوجه قرارگرفته است.

هم چنان‌که از نمودار تابع‌نمایی شکل ۱ پیداست، بسیاری از محققان به وجود روند صعودی تعداد رخدادهای مخاطرات محیطی و خسارات ناشی از آن‌ها در مناطق مختلف نیمکره شمالی پی برده‌اند (Erdem et al, 2014:10). این موضوع در مورد افزایش ۳ تا ۴ درصدی سرعت باد (Brower et al, 2013:4)، (Barati et al,2013:145) و فراوانی تعداد وقوع بلایای طبیعی بزرگ و مهم و مخرب ایران و شمار کشته‌شدگان ناشی از وقوع آن‌ها در استان‌های مختلف کشور طی ۵۰ سال گذشته نیز کاملاً صادق است (شکل ۲). بر اساس یک بررسی، کشور ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان به سبب داشتن تنوع محیطی، رتبه بالایی را در بروز بحران ناشی از سوانح طبیعی داراست. به‌طوری‌که از ۴۰ نوع بلای طبیعی جهان، ۳۱ مورد آن در ایران رخ‌داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸: ۸). از طرفی، بر پایه گزارش فائو[2]، ایران ازنظر استعداد و پتانسیل بلایای طبیعی رتبه دهم را در جهان به خود اختصاص می‌دهد (Shen, 2003: 11). بنابراین، وقوع توفان‌های شدید امری معمول است.



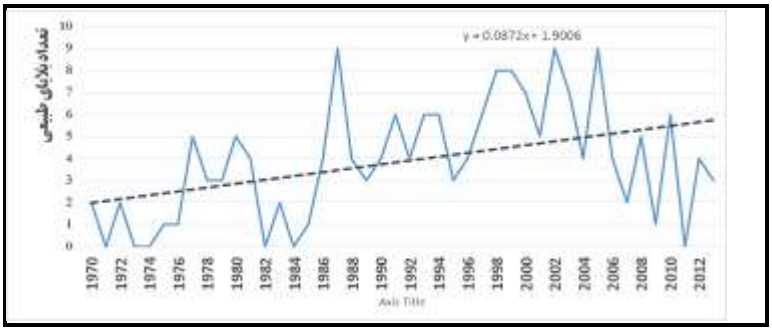
شکل ۱- نمودار روند خسارات سالانه بلایای طبیعی در کل جهان

منبع: (www.ipcc.ch)

[1]Needham & et al
[2]FAO(سازمان خواربار جهانی)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]



شکل ۲- نمودار روند فراوانی سالانه بلایای طبیعی بزرگ و مخرب ایران

منبع: (www.ipcc.ch)

نظر به این‌که تمام توفان‌ها با افزایش سرعت باد آغاز می‌شوند، برخی از تحلیل‌های توفان‌های جوی درروش‌های تحلیل سینوپتیکی آن‌ها جای می‌گیرند. اگرچه، در اقلیم‌شناسی سینوپتیک تمام تغییرات هوا یا نوسانات اقلیمی (توفان، تگرگ، ترسالی، خشک‌سالی، سیلاب و...) بر اساس حرکات اتمسفری سطوح بالای جو (عامل مستقیم) قابل توجیه و تبیین است. با این وجود، خلأ پژوهش‌هایی که از دیدگاه جغرافیایی و با استفاده از روش‌های مناسب و نسبتاً دقیق آماری به بررسی و تحلیل سینوپتیکی این پدیده جوی در سطح حوضه آبریز زاب پرداخته باشد، بسیار مشهود است.

تاکنون مطالعات فراوانی در ارتباط با مخاطرات محیطی توسط محققان علوم مختلف صورت گرفته است. بر این عقیده‌اندکه، در مطالعات اقلیم‌شناسی سینوپتیک دو مرحله جداگانه وجود دارد. در مرحله اول، الگوهای چرخشی اتمسفر که غالباً به صورت سطوح فشار سینوپتیکی هستند طبقه‌بندی می‌شوند و در مرحله بعد، تأثیر و رابطه هر یک از الگوهای چرخشی با اقلیم یک مکان یا ناحیه‌ای بررسی می‌گردد (به نقل از حجازی زاده و همکاران،۵۲:۱۳۸۶). افراد متعددی به صورت موردی تغییرات سرعت باد و توفان را با اهداف مختلف و با بهره‌گیری از شاخص‌های مختلف آماری مطالعه و تحلیل نموده‌اند. از جمله این گونه مطالعات داخل و خارج، کارهای توینن و همکاران[1] (۲۰۱۵)؛ ماس و همکاران[2] (۲۰۱۶)؛ کولین[3] (۲۰۱۶)؛ دین‌پژوه و همکاران (۱۳۹۴)؛ قاسمی و همکاران (۱۳۹۴)؛ غفاری و مصطفی‌زاده (۱۳۹۴)؛ کریمی و همکاران (۱۳۹۵)؛ جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۵) قابل ذکر است. مکیس و همکاران[4] (۲۰۱۵: ۳۹۶) با استفاده از داده‌های ساعتی سرعت باد و رطوبت نسبی و دمای ۲۸۵ ایستگاه آمریکا طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۵۳، شاخص سوزباد را ساختند و نتیجه گرفتند که وضعیت سوزبادهای شدید در جنوب آمریکا در سطح معنی‌داری ۵ درصد، روندی نزولی است. در مطالعه‌ای دیگر، رضایی بنفشه و دیگران (۱۳۹۰: ۱۰۴) به بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران در دوره اقلیمی ۲۰۰۵-۱۹۶۱ پرداخت و بیان داشت روندها در منطقه تابع نظم خاصی نیستند. آن‌ها نشان دادند که ایستگاه‌های تبریز، ارومیه و خوی دارای روند کاهشی و اردبیل و زنجان روندی افزایش دارند.

مطالعات مذکور مقدمه‌ای برای آغاز مطالعات اقلیمی (بلندمدت) مخاطرات محیطی بوده است؛ اما مطالعات اقلیم‌شناسی مربوط به نوع و فراوانی الگوهای سینوپتیکی بادهای شدید، معدود و کم است. با این وجود، در ادبیات اقلیم‌شناسی سینوپتیک جهان و ایران تعداد محدودی از محققان وضعیت کمی و کیفی استقرار سیستم‌های سینوپتیکی لایه‌های بالای اتمسفر و سطح زمین را در ارتباط با وقوع توفان (عوامل سینوپتیکی) بررسی و تحلیل سینوپتیکی کرده‌اند. از این جمله مطالعات، کارهای ارزشمند ناکازیو و همکاران[5] (۲۰۱۴)؛ دورکی و همکاران[6] (۲۰۱۴)؛ مولنز و همکاران[7] (۲۰۱۵)؛ فلاح قالهری و شاکری (۱۳۹۴)؛ سلیقه (۱۳۹۴)؛

[1] Tuovinen & et al
[2] Muis & et al
[3] Colin & et al
[4] Mekis & et al
[5] Nakajo & et al
[6] Durkee & et al
[7] Mullens & et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

معصوم‌پور و فجاد (۱۳۹۴)؛ کریمیان و همکاران (۱۳۹۵) کرمانی (۱۳۹۵) قابل ذکر است. علیجانی و همکاران (۱۳۹۴: ۴۳) با نگرش گردشی به محیطی، اثر تغییرات الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را بر دمای ماه ژانویه طی یک دوره آماری ۵۰ ساله با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با آرایه S مطالعه کردند. بر اساس چهار الگوی شناسایی شده، انطباق بسیار خوبی بین ناهنجاری ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با ناهنجاری دمایی ملاحظه گردید، به‌گونه‌ای که کاهش ارتفاع ژئوپتانسیل منجر به کاهش دما و ظهور ژانویه‌های سردتر شده است.

شن و همکاران[1] (۲۰۱۵: ۸۵) داده‌های روزانه سرعت باد و داده‌های ارتفاع فشار تراز میانی جو (۸۵۰ هکتوپاسکال) و تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال دریای چین جنوبی را طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۸۱ به‌منظور شناسایی الگوهای سینوپتیکی جریان هوا و عوامل محیطی مؤثر بر تشدید سریع سیکلون‌های حاره‌ای را بررسی کردند. آن‌ها ۱۸ مورد روز توفانی را بر اساس آستانه سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و تداوم افزایش سرعت باد طی ۲۴ ساعت را استخراج کردند و ۶ تیپ هوای قبل از شروع مونسون، در طی فصل مونسون و بعد از مونسون را شناسایی و تفسیر کردند و نتیجه گرفتند که، افزایش تداوم سرعت بادهای شدید در طی فصل مونسون به دلیل گستردگی ورتکس قطبی کمتر بوده و در زمان بعد از فصل مونسون به حداکثر مقدار سرعت خود می‌رسد. در مطالعه‌ای دیگر، لشکری و آقاسی (۱۳۹۲: ۲۳۲) پس از تحلیل ویژگی‌های ترمودینامیکی و همدیدی توفان‌های تندری تبریز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۶ به این نتیجه رسیدند که، هنگام وقوع این نوع توفان‌ها یک زبانه واچرخند قوی بر روی روسیه تا شمال غرب ایران مستقر بوده و باعث افزایش شیو حرارتی در منطقه شده است و در تراز میانی جو چرخندی قوی بر روی جنوب شرقی دریای سیاه با ریزش مداوم هوای سرد عرض‌های شمالی بر روی منطقه تبریز باعث عمیق‌تر شدن ناوه مهاجر دریای سیاه بر روی شمال غرب ایران گردیده است. از طرفی، ادغام سامانه‌های کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای تأثیر مضاعفی بر پیدایش توفان‌های تندری در منطقه داشته است.

در مجموع، هر چند که محققان تاکنون از مدل‌ها و روش‌های پیچیده ریاضی و آماری متعددی به‌ویژه روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای برای بررسی توفان‌ها بهره گرفته‌اند اما در مطالعات انجام شده در ایران در ارتباط با تغییرات سرعت باد، محققان بیشتر به تحلیل آمار توصیفی و روند یابی سرعت باد پرداخته‌اند و شناسایی الگوهای سینوپتیکی مولد و پیش‌بینی توفان‌ها به‌ندرت موردتوجه بوده است. بعلاوه، بر اساس بررسی‌های محقق، تعداد مطالعاتی که از دیدگاه اقلیمی، کانون‌های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر توفان‌های فراگیر را شناسایی و بررسی کرده باشند، بسیار اندک است و تاکنون مطالعات جامع و دقیقی در این خصوص برای سطح حوضه آبریز زاب انجام نشده است.

این تحقیق با این دیدگاه و هدف بر آن است که کانون‌های تغییرات تراز میانی جو مؤثر بر توفان‌های سطح حوضه آبریز زاب را با استفاده از روش تحلیل عاملی بررسی و شناسایی کند تا در راستای مدیریت و کاهش اثرات ناشی از توفان‌ها گام کوچکی در راستای کمک به تصمیم‌گیران مرتبط با بلایای طبیعی برداشته باشد.

مواد و روش‌ها

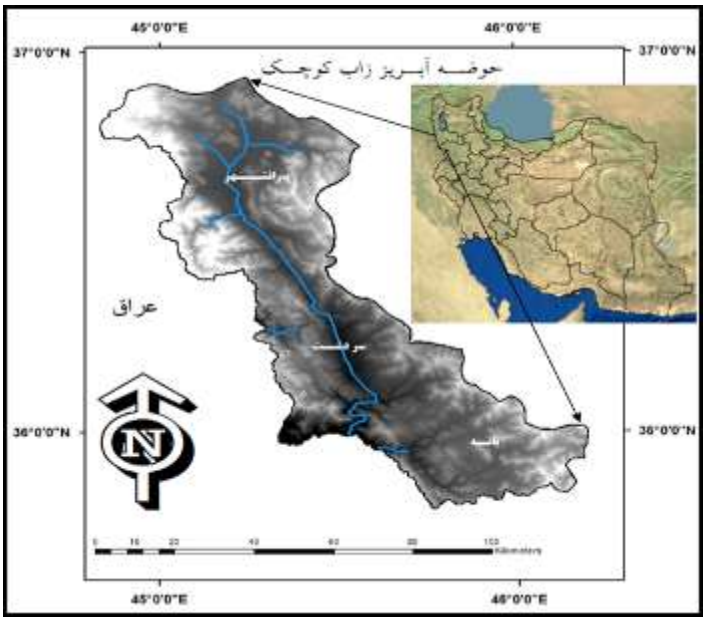
حوضه آبریز زاب واقع در شمال غربی ایران و در جنوب غربی استان آذربایجان غربی شامل شهرستان‌های پیرانشهر، سردشت و بانه هست. این ناحیه شهری حدود ۳۷۰ هزار نفر را در خود جای‌داده است (شکل ۳). میانگین بلندمدت بارش سالانه سطح حوضه آبریز ۷۲۸/۹ میلی‌متر و انحراف استاندارد آن ۱۸۸/۶ واحد است. متوسط دمای سالانه سطح حوضه ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد با انحراف از استاندارد ۱/۸ واحد می‌باشد. متوسط سرعت باد در سطح حوضه آبریز ۳/۲ متر در هر ثانیه است. بیشترین سرعت باد مربوط به ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین است، کمترین سرعت باد مربوط به ماه‌های گرم سال است.

[1] Chen & et al

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

پژوهش حاضر، از نوع توصیفی- تحلیلی و دارای ماهیت کاربردی هست. در این مطالعه به دلیل در دسترس بودن داده‌های موردنیاز و امکان شاخص سازی توفان‌های شدید، رویکرد محیطی به گردشی انتخاب گردید. برای انجام این مطالعه دو دسته داده مورد نیاز بود که داده‌های جوی تراز پایین شامل، فشار تراز دریا (slp)، داده‌های سرعت باد (m/s) و جهت باد سطح حوضه آبریز زاب و دیگری داده‌های جوی تراز بالا شامل، ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) برحسب متر بود که داده‌های خام سرعت و جهت باد ایستگاه‌های منتخب سطح حوضه طی دوره آماری ۳۰ ساله از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و داده‌های کالیبره شده ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال محدوده مؤثر بر شکل‌گیری توفان‌های موردنظر از پورتال NCEP/NCAR اخذ شد.



شکل ۳- نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز زاب بر روی نقشه ایران

منبع: (www.ncdc.noaa.gov)

با در نظر گرفتن مقیاس توزیع مکانی-زمانی، توفان‌های شدید موردنظر سطح حوضه آبریز بر اساس چهار شرط انتخاب و شناسایی شدند:

۱-محاسبه نمرات شاخص صدک ۹۰ اُم داده‌های سرعت متوسط روزانه باد

۲-میانگین منطقه‌ای سرعت باد بیش از ۳۰ متر بر ثانیه

۳-ثبت سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه در بیش از یک‌سوم ایستگاه‌ها

۴-تداوم توفان‌های بیش از دو روزه در حداقل ۵۰ درصد از کل منطقه.

به کمک چهار آستانه یادشده، از بین داده‌های هواشناسی در بازه زمانی ۱۹۸۶/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۵/۱۲/۳۱ تعداد ۴۰ توفان شدید موردنظر انتخاب و استخراج گردید. سپس، داده‌های فشار روزانه سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای توفانی ایستگاه‌های واقع در روی محدوده ۰ تا ۱۰۰ درجه‌ی طول جغرافیایی شرقی و ۰ تا ۹۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی به وسعت حدود ۱۸/۷ میلیون کیلومترمربع از سایت اینترنتی مرکز ملی پیش‌بینی محیطی[1] و مرکز ملی تحقیقات هواشناسی[2] (NCEP/NCAR) اخذ شد. در محدوده یادشده ۱۵۱۷ یاخته قرار می‌گیرد که فاصله بین هر یاخته ۲/۵ در ۲/۵ درجه است. این انتخاب به دلیل، وقوع بیشترین اغتشاشات جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و کنترل مستقیم شرایط محیطی سطح زمین (وقوع انواع

[1] National Center Environemental Pridiction
[2] National Center Atmespheric Reasarch

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

توفان‌های شدید با منشأ متفاوت) توسط تغییرات فشار سطوح میانی جو صورت گرفته است. از طرفی، تناسب و هم‌خوانی داده‌های ارتفاعی بازسازی شده NCEP/NCAR قبلاً ازنظر کمی و کیفی کنترل و مورد تائید قرارگرفته بود (پروین، ۲۰۱۳: ۳۰۵۹). سپس، روش آماری تحلیل عاملی جهت تجزیه عاملی بکار گرفته شد. به‌طور خلاصه، در این مطالعه فرمول تحلیل عاملی که ۱۵۱۷ متغیر را به ۱۴ عامل تبدیل کرده است به صورت رابطه (۱) می‌شود،

$$Y_i = \mu_i + \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + ... + \lambda_{i14}F_{14} + e_i \qquad i = 1,2,...,1517 \qquad (۱)$$

که در آن فرض می‌شود $e_i \approx N(0,\sigma_i^2)$ هستند. Y_i اندازه ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال متغیر(تلاقی) i ام، μ_i متوسط ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاقی i ام برای ۴۰ روز همراه با توفان است. λ_{ij} ضریب ارتباط تلاقی i ام با عامل j ام، F_j عامل‌های مؤثر بر متغیرها (تلاقی‌ها) هستند. e_i هم جملات خطا می‌باشند که فرض می‌شود از یکدیگر و از عامل‌های موجود مستقل‌اند. در مجموع، جهت شناسایی کانون‌های تغییر تراز میانی جو مؤثر بر توفان‌های سطح حوضه آبریز زاب مراحلی طی شد.

در مرحله اول با توجه به موضوع تحقیق از داده‌های مناسب اقلیم‌شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی‌های شبکه NCEP/NCAR) و چند زمان (روزهای توفانی) استفاده شده است. در گام دوم ماتریس داده‌ها با در نظر گرفتن هدف این مطالعه در حالت S یا S-Mode تنظیم شد. بدین ترتیب، ماتریسی از داده‌ها به ابعاد ۴۰ ردیف (روز توفانی) در ۱۵۱۷ ستون یا متغیر (ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) تنظیم شد. در مرحله سوم ماتریس همبستگی بین داده‌ها محاسبه شد. نتیجه این مرحله، تهیه ماتریس ضرایب همبستگی یا ماتریس واریانس-کواریانس بین متغیرهاست؛ بنابراین، در اینجا ماتریس همبستگی از طریق کواریانس به صورت رابطه (۲) محاسبه شد.

$$CO_{xy} = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N} \qquad (۲)$$

قبل از شروع انجام تحلیل عاملی اعتبارسنجی تجزیه عاملی از طریق محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و محاسبه معیار کایزر-میر-آلکاین بر اساس رابطه ۳ محاسبه آزمون گردید (پروین، ۲۰۱۳: ۳۰۶۰).

$$KMO = \frac{\sum\sum_{i\neq j} r_{ij}^2}{\sum\sum_{i\neq j} r_{ij}^2 + \sum\sum_{i\neq j} a_{ij}^2} \qquad (۳)$$

که در آن r_{ij} ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای i ام و j ام، a_{ij} هم ضریب همبستگی (جزئی) متغیرهای i و j به‌شرط ثابت بودن سایر متغیرهاست. هر چه شاخص KMO به یک نزدیک‌تر باشد انجام تحلیل عاملی مناسب‌تر خواهد بود. در مرحله چهارم بر اساس محاسبه ماتریس بارگویه‌ها، تعداد عامل‌های به‌دست‌آمده انتخاب گردید. در مرحله بعد، ضرایب همبستگی هر متغیر روی هر عامل بر اساس مقیاس سه طیفی (ضعیف، متوسط و قوی) مشخص شد. نهایتاً، به‌منظور آشکارسازی و نمایش بهتر الگوهای تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بر اساس نتایج ماتریس ضرایب همبستگی بین داده‌های ارتفاعی هر عامل در محیط نرم‌افزار Surfer به روش مناسب[1] نقشه کانون‌های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر توفان‌ها ترسیم و تحلیل سینوپتیکی شد.

نتایج و بحث

[1] Varimax

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

پس از تنظیم ماتریس داده‌ها از آنجا که مقدار آماره KMO≥۰/۹ شد و خروجی محاسبه دترمینان ماتریس ضرایب همبستگی نیز برابر صفر بود، انجام تحلیل عاملی بسیار مناسب تشخیص داده شد. با اعمال تکنیک تحلیل عاملی بر روی ماتریس کوواریانس داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای توفانی، ۱۴ عامل که در مجموع، ۹۴/۴ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کردند استخراج شدند. در این بین، با توجه به این‌که عامل اول توانست به‌تنهایی ۳۲/۷۵ درصد کل واریانس داده‌ها را تبیین کند و بررسی اجمالی جدول ماتریس همبستگی بین عامل‌های استخراج شده هم حاکی از عدم وجود وابستگی بین آن‌ها بود و عامل‌ها از همدیگر استقلال کامل داشتند، بنابراین مدل مذکور پذیرفته شد (جدول ۱). در ادامه، برای نمایش بهتر تغییرات مکانی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از چرخش عمودی وریمکس[1] برای عامل‌ها استفاده شد. بدین ترتیب، آن دسته از قلمروهای مکانی که دارای الگوی زمانی یکسانی از تغییرات فشار سطح بالا بودند، از قلمروهای مجاور مشخص شدند تا محدوده جغرافیایی حاکمیت سیستم‌های سینوپتیک ایجاد توفان شدید سطح حوضه آبریز زاب آشکارتر گردد. نتیجه اعمال این روش در اشکال ۴ به صورت نقشه گویایی آمده که تغییرات مکانی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد. در شکل مذکور حداقل مقدار ضریب همبستگی مکانی بین داده‌های ارتفاعی تلاقی‌ها با عامل اول ۰/۷ انتخاب شده است. به‌طورکلی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال عمدتاً هشت کانون یا منطقه در اطراف حوضه آبریز زاب بیشترین تأثیر را در شکل‌گیری توفان‌های سطح حوضه داشته است.

کانون ۱، محور شمال آفریقا-خاورمیانه تا شمال روسیه؛ کانون ۲، منطقه آفریقای حاره‌ای-اقیانوس هند؛ کانون ۳، منطقه شمال آسیا-شمال اروپا؛ کانون ۴، منطقه اسکاندیناوی؛ کانون ۵، منطقه دریای شمال؛ کانون ۶، منطقه بین شرق خاورمیانه-روسیه مرکزی-غرب خزر؛ کانون ۷، منطقه شمال اقیانوس هند و اسکاندیناوی؛ کانون ۸، منطقه اروپای غربی.

بر اساس ارزش مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها در جدول ۱، ملاحظه می‌شود که عامل اول به‌تنهایی توانسته حدود ۳۳ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کند. هم‌چنان‌که از شکل (۴ الف) نیز پیداست، مهم‌ترین و موثرترین کانون تغییرات تراز میانی جو مؤثر بر ایجاد توفان‌های سطح حوضه آبریز زاب روی منطقه جنوب غربی آسیا به‌ویژه شرق ایران و تقریباً کل کشور افغانستان و پاکستان و سواحل جنوب غرب ایران قرارگرفته است. محدوده بین مرکز ایران تا شرق افغانستان که با منحنی ضریب همبستگی بسیار بالا یعنی ۰/۹ مشخص شده است. وضعیت حاکم در تراز میانی جو روزهای توفانی در این قلمرو به‌گونه‌ای است که دامنه تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر در ایجاد ناپایداری و تشکیل توفان‌های حوضه آبریز زاب بیش از هرجای دیگر منطقه است. تحت این شرایط به دلیل ناهنجاری‌های جابجایی ورتکس قطبی و موقعیت جت استریم‌ها و باندهای توفانی مربوط به آن‌ها، امکان انتقال انرژی از عرض‌های جغرافیایی بالا به سوی عرض‌های پایین تر بیش از حد معمول خود صورت گرفته و در نتیجه، گستره فعالیت و زمینه سیطره بادهای غربی با گرادیان بیشتر بر روی منطقه فراهم شده است. بررسی اجمالی گلباد و بادهای با سرعت بیش از ۷ متر برثانیه حوضه آبریز که عمدتاً از جنوب غربی می‌وزند نیز حاکی از حالت تقویت و تعمیق امواج بادهای غربی به‌ویژه حاکمیت نصف النهاری وزش بادهای غربی بوده است.

[1] Radial Basis Function

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

جدول ۱- مقادیر کل واریانس تبیین شده عامل‌ها در حالت بعد از چرخش آن‌ها

عامل	کل واریانس	درصد واریانس	تجمعی درصد واریانس
۱	۴۹۶/۷۴	۳۲/۷۵	۳۲/۷۵
۲	۲۲۴/۲۳	۱۴/۷۸	۴۷/۵۶
۳	۱۴۳/۶۹	۹/۴۷	۵۶/۹۹
۴	۱۳۶/۶۸	۹/۰۱	۶۶/۰۱
۵	۷۲/۲۳	۴/۷۶	۷۰/۷۷
۶	۶۵/۸۴	۴/۳۴	۷۵/۱۱
۷	۵۸/۱۱	۳/۸۳	۷۸/۹۴
۸	۴۱/۷۱	۲/۷۵	۸۱/۶۹
۹	۳۹/۲۱	۲/۵۹	۸۴/۲۷
۱۰	۳۳/۴۰	۲/۲۰	۶۸/۴۸
۱۱	۳۰/۰۵	۱/۹۸	۸۸/۴۶
۱۲	۲۴/۷۴	۱/۶۳	۹۰/۰۹
۱۳	۲۱/۸۷	۱/۴۴	۹۱/۵۳
۱۴	۱۶/۰۳	۱/۰۶	۹۲/۵۹

منبع: (نگارنده)

از طرفی، شرایط سینوپتیکی حاکم بر این منطقه به‌گونه‌ای است که با افزایش شدید ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی این منطقه، زمینه مناسبی برای عمیق‌تر شدن تراف امواج بادهای غربی در قلمرو اروپا-مدیترانه و شمال آفریقا شده است و جت استریم‌های تراز فوقانی از میانگین نرمال موقعیت‌های آن‌ها که عرض‌های منطقه معتدله است به مرز جنوبی تر (اطراف ۴۰ درجه عرض جغرافیایی) کشیده می‌شود. بعلاوه، جت استریم‌های جنب قطبی و جت استریم‌های جنب حاره در بالای قلمرو نیمه شمال ایران به هم ملحق شده و شدت اغتشاشات جوی را به سمت حوضه آبریز به اوج خود رسانده است. در مقام مقایسه به همین دلیل، منطقه کانون اول در بین سایر مناطق، دارای بیشترین دامنه تغییرات توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هست. بدین ترتیب می‌توان گفت که به هنگام وقوع توفان‌ها در سطح حوضه آبریز، سیستم‌های سینوپتیکی سطوح بالای جو به‌ویژه تراف امواج بادهای غربی روی منطقه مذکور تقویت شده و عمیق‌تر گشته و به دلیل گرادیان شدید حرارتی توفان‌های شدید و غیرمعمول در سطح حوضه آبریز ایجاد شده است (شکل ۴ الف).

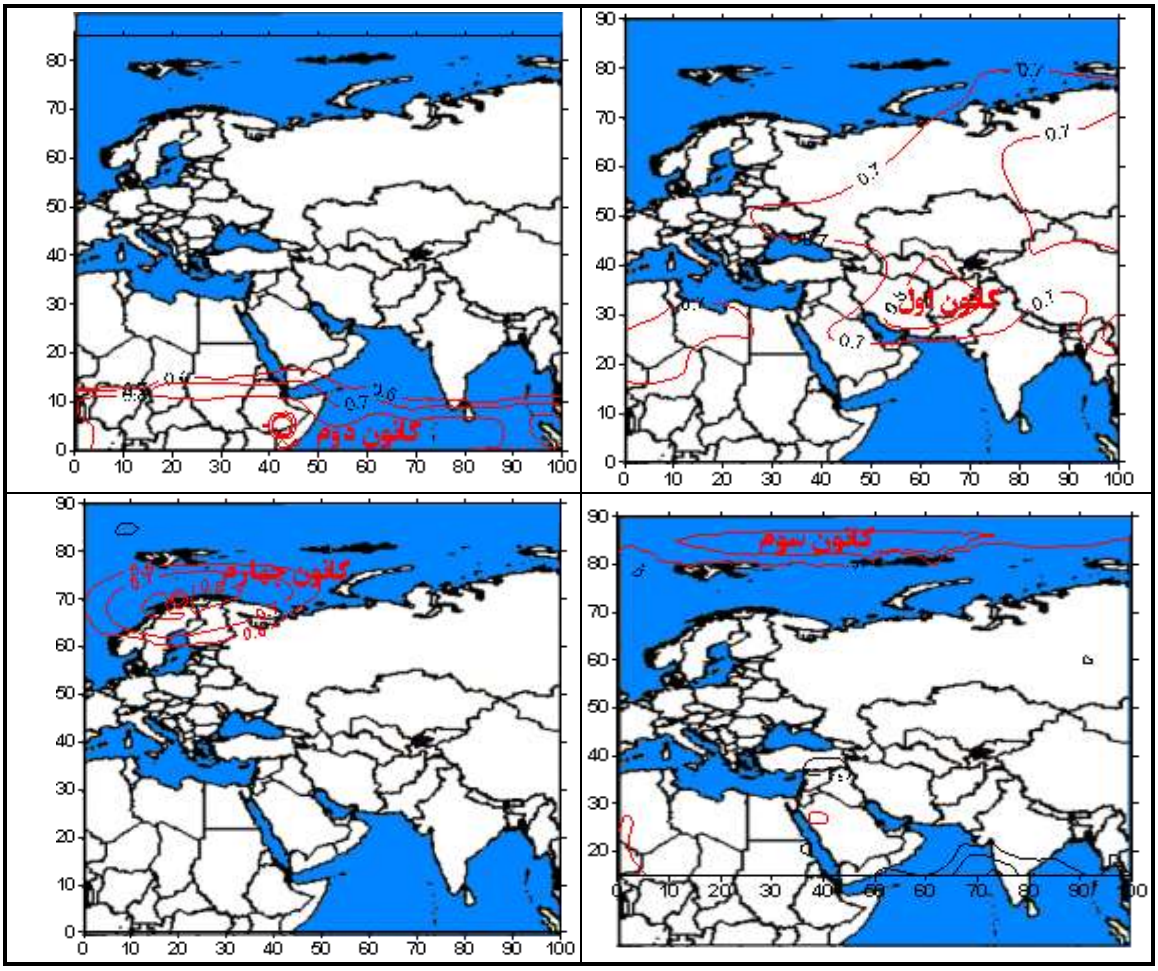
کانون تغییر عامل دوم، منطقه شمال اقیانوس هند دریای مدیترانه و بخش جنوبی دریای سرخ و نواری از آفریقای مرکزی را دربر می گیرد. این عامل حدود ۱۵ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند. مرکز کانون تغییر عامل دوم با منحنی ضریب همبستگی بالای ۰/۹ روی شاخ آفریقا قرار دارد. به‌طوریکه، تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روی این قلمرو باعث ایجاد گرادیان‌های شدید دمایی جنوب به شمال در تراز فوقانی شده که سبب تشکیل پرفشار تراز فوقانی در منطقه جنب حاره می‌شود. در نتیجه، نیروی گرادیان شدید فشار، سبب جریان شدید هوا از استوا به سمت قطب‌ها شده است. این عمل، در نتیجه کاهش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روی این منطقه و تقویت و عمیق‌تر شدن امواج بادهای غربی در محدوده ارتفاعی غرب خاورمیانه هست. به‌طوریکه، جبهه‌های کم‌فشار سودانی را به سمت حوضه آبریز هدایت می‌کند.

کانون تغییر عامل سوم بر روی عرض‌های جغرافیایی بالاتر یعنی منطقه جنب قطبی قرار دارد. منطقه مرکزی تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این پهنه بر روی محدوده بین ۹۰-۸۰ درجه عرض شمالی و ۶۰-۴۰ طول شرقی (شمال غربی دریای بارانتز

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

روسیه) جای گرفته است. تغییرات توپوگرافی سطوح بالای جو این قلمرو در روزهای وقوع توفان به‌گونه‌ای بوده که با کاهش شدید ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و گسترش مکانی خود، زمینه را برای عمیق‌تر شدن تراف امواج بادهای غربی در قلمرو مکانی کانون‌های تغییر عامل اول و دوم فراهم شده است. در نتیجه، سیستم‌های سینوپتیکی سطوح بالای جو در دو قلمرو مذکور بیشتر تقویت می‌شوند و در بروز گرادیان شدید حرارتی روی حوضه آبریز تاثیرگذار هست. کانون تغییر عامل چهارم با منحنی ضریب همبستگی ۰/۹ به بالا بر روی منطقه اسکاندیناوی واقع شده است. تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال قلمرو مذکور در روزهای همراه با توفان شدید حاکی از آن است که به هنگام کاهش شدید ارتفاع تراز بالای جو بر روی این قلمرو، تراف امواج بادهای غربی بر روی مرکز دریای مدیترانه به‌ویژه قلمرو کانون اول عمیق‌تر شده و موجبات شکل‌گیری جبهه قوی در جلوی سیستم‌های سینوپتیک متفاوت حاکم بر قلمرو شمال غربی ایران را فراهم می‌کند. بر اساس جدول ۲، متوسط درصد مساحت منطقه تحت سلطه تغییرات چهار کانون اول ۴۰ درصد بود. در این بین، گستره کانون اول تغییرات با ۸۳ درصد بزرگترین پهنه مؤثر در وقوع توفان‌های سطح حوضه آبریز می‌باشد و گستره کانون هشتم تغییرات، با ۱/۷ درصد کوچکترین پهنه مؤثر در وقوع توفان‌های سطح حوضه آبریز می‌باشد.



شکل ٤ (الف)- کانون تغییر توپوگرافی تراز ۵۰۰hp مؤثر بر وقوع توفان‌های شدید

منبع: (نگارنده)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

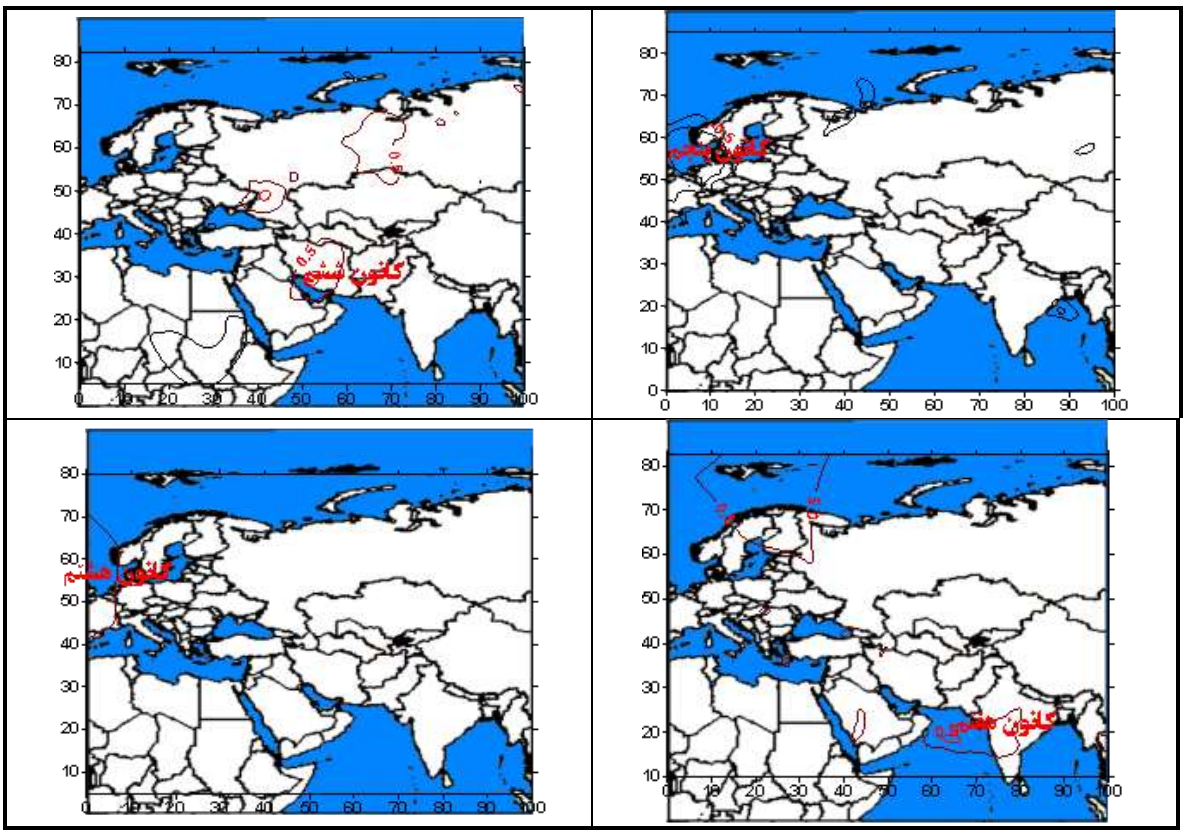
[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

جدول ۲- گستره تغییرات ارتفاع تراز ۵۰۰hp کانون‌های مؤثر بر ایجاد توفان

کانون	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
مساحت پهنه (میلیون km2)	۱۵/۴	۶/۹	۵/۴	۵/۱	۲/۹	۲/۸	۲/۳	۱/۷
٪ مساحت قلمرو تحت سلطه	۸۳	۳۷	۲۹	۲۷	۱۵	۱۵	۱۲	۹
متوسط ٪ مساحت تحت سلطه		۴۰				**۱۵**		

منبع: (نگارنده)

همچنان‌که از شکل ۴ (ب) پیداست، قلمرو مکانی تغییر عامل‌های پنجم تا هشتم با گستره مکانی بسیار کمتری به ترتیب بر روی، شرق اسکاندیناوی؛ شمال دریای سیاه؛ شرق اسکاندیناوی و فلات مرکزی ایران؛ شرق اروپا و پهنه‌های پراکنده‌ای مستقر است. وجه مشخصه این محدوده‌های تغییر تراز میانی جو، وجود منحنی بسته با ضریب همبستگی متوسط ۰/۵ می‌باشد. به‌طور یکه، میزان اثرگذاری کانون‌های تغییر مذکور نسبت به سایر کانون‌های تغییر توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل ۴ (الف) بسیار کمتر بوده و نقش آن‌ها در شکل‌گیری سیستم‌های سینوپتیکی توفان‌زای سطح حوضه کمتر وضعیف‌تر است؛ اما کانون‌های تغییر مذکور، در حد توان خود با کاهش و افزایش ارتفاع تراز میانی جو در این قلمروها، باعث عمیق‌تر شدن محور تراف امواج بادهای غربی شده و در نتیجه آن بر میزان شدت گرادیان فشار افزوده می‌شود و توفان‌های شدید سطح حوضه به وجود آمده است.



شکل ٤ (ب)- کانون تغییر توپوگرافی تراز ۵۰۰hp مؤثر بر وقوع توفان‌های شدید

منبع: (نگارنده)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

نتیجه گیری

نتایج کلی تحقیق نشان می‌دهد که به هنگام وقوع توفان‌های شدید و فراگیر سطح حوضه آبریز زاب، هشت کانون تغییر تراز میانی جو با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل تشخیص هستند. چنین تغییراتی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، سبب تقویت و عمیق‌تر شدن محور ترافها و ریجها در مناطق مذکور شده و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی با برخورداری از شدت بالای گرادیان فشار شکل گرفته و سبب ایجاد توفان شده است. در این بین، تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در سه کانون اول و دوم و چهارم بیشترین تأثیر را در ایجاد توفان‌های سطح حوضه آبریز زاب داشته‌اند. نتایج تحقیق حاضر بامطالعه شن و همکاران (۲۰۱۵) که ارتباط بین تداوم سرعت بادهای شدید در طی بعد از فصل مونسون و گسترش ورتکس قطبی را نشان داد انطباق و همسو بود و بامطالعه علیجانی و همکاران (۱۳۹۴) که به تأثیر تغییرات الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر آنومالی‌های دمایی ماه ژانویه ایران پی برده بود نیز همخوانی دارد.

با توجه به مشخص شدن میزان ارتباط بین تغییرات تراز میانی جو و شکل‌گیری توفان‌های مدنظر و با عنایت به این‌که غالب ویژگی‌های محیطی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم در ارتباط با تغییرات توپوگرافی سطوح فشار اتمسفر بالا قابل تبیین است و بر اساس توزیع زمانی، مکانی و حجم خسارت‌های مختلف ناشی از توفان‌های شدید در سطح حوضه آبریز زاب، پیشنهاد می‌گردد به‌منظور جلوگیری یا کاهش خسارت ناشی از توفان‌ها، متخصصین مرتبط بر اساس چگونگی آهنگ تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال کانون‌های عمده شناسایی شده و مؤثر در ایجاد سیستم‌های سینوپتیکی منجر به توفان‌های سطح حوضه آبریز، سامانه هشدار اولیه توفان[1] را طراحی کنند تا بر اساس وضعیت کمی و کیفی تغییرات توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بتوان به موقع پیش‌بینی، اطلاع رسانی و اقدامات پیش‌گیرانه صورت گیرد.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه پیام نور انجام شده است.

منابع و مآخذ

۱. جهانبخش اصل، سعید، اسدی، مهدی، اکبری، الهه (۱۳۹۵)، پتانسیل‌سنجی نیروگاه بادی با استفاده از روش Fuzzy-AHP در محیط GIS (مطالعه موردی، شمال شرق کشور)، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۶، صص ۳۰۱-۲۷۷.

۲. حجازی زاده، زهرا، جعفرپور، زین‌العابدین، علیجانی، بهلول، پروین، نادر (۱۳۸۶)، بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه‌ی ارومیه، مجله علوم جغرافیایی، سال دوم، شماره ۴، صص ۷۳-۵۲.

۳. دین‌پژوه، یعقوب، نیازی، فائقه، مفید، حامد (۱۳۹۴)، تحلیل روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در تبریز، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۱، صص ۱۶۹-۱۴۵.

۴. رضایی بنفشه، مجید، جوان، خدیجه، زینالی، بتول (۱۳۹۰)، بررسی روند تغییرات سرعت باد در شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۱۳، صص ۳۶-۲۷.

۵. سلیقه، محمد (۱۳۹۴)، تغییر آب و هوا و مخاطرات آب و هوایی شهر تهران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۳، صص ۳۲-۱۵.

۶. علیجانی، بهلول، رضایی، محمد، جعفری، فرزانه، پژوه، فرشاد (۱۳۹۴)، تغییرپذیری ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقش آن در نوسانات دمای ماه ژانویه ایران، فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۲۰، صص ۴۵-۳۴.

[1] Storm Earrly Warning System

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]

۷. غفاری، دیمن؛ مصطفی‌زاده، رئوف (۱۳۹۴)، بررسی منشأ، اثرات و راهکارهای پدیده گرد و غبار در ایران، دو فصلنامه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، شماره ۲، صص ۱۰۷-۱۲۵.

۸. فلاح قالهری، غلامعباس؛ شاکری، فهیمه (۱۳۹۴)، شناسایی روند تغییرات فراوانی وقوع توفان‌های تندری در ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۸، صص ۱۱۸-۹۷.

۹. قاسمی، احمدرضا، سیدی، فروه السادات (۱۳۹۴)، شبیه‌سازی تغییرات و پیش‌بینی سرعت باد در ایران با استفاده از داده‌های آماری پنجاه ساله (۲۰۱۰ - ۱۹۶۱)، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، شماره ۹۴، صص ۱۰۵-۹۵.

۱۰. کریمی، مصطفی، عزیزی، قاسم، شمسی پور، علی اکبر، رضایی مهدی‌آبادی، لیلا (۱۳۹۵)، شبیه‌سازی دینامیکی تأثیر رشته‌کوه البرز بر ضخامت و عمق نفوذ نسیم دریا در سواحل جنوبی خزر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۴۱، صص ۱۵۲-۱۳۵.

۱۱. کرمانی، مجید، طاهریان، الهام، ایزانلو، مریم (۱۳۹۵)، تحلیل تصاویر ماهواره‌ای ریز گردها و توفان‌های گردوغباری در ایران به‌منظور بررسی منشأهای داخلی و خارجی و روش‌های کنترل آن‌ها، دو فصلنامه ره‌آورد سلامت، شماره ۱، صص ۵۱-۳۹.

۱۲. کریمیان، بهناز، لندی، احمد، حجتی، سعید، احدیان، جواد (۱۳۹۵)، بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی گردوغبار شهر اهواز، فصلنامه تحقیقات آب و خاک ایران، شماره ۱، صص ۱۷۳-۱۵۹.

۱۳. معصوم‌پورسماکوش، جعفر، فجاوند، احمد (۱۳۹۴)، واکاوی آماری-ترمودینامیکی توفان‌های تندری ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲۵، صص ۲۴۸-۲۲۷.

۱۴. میرزاخانی، آتوسا (۱۳۷۸)، تجزیه و تحلیل ریسک سیل و آثار زیان‌بار آن در ایران، فصلنامه بیمه، شماره ۱۳، صص ۱۵-۸.

15. Barati, H., Haroonabadi, H., Zadehali, R. (2013), Wind speed forecasting in South Coasts of Iran ،An Application of Artificial Neural Networks (ANNs) for Electricity Generation using Renewable Energy, Bull. Env. Pharmacol, Life Sci, Vol. 6, pp. 30-37.

16. Brower, M.C., M.S., Barton, L., Lledó., Jason, D. (2013), A study of wind speed variability using global reanalysis data, AWS True power, pp. 3-12.

17. Chen, X., Wang, Y., Zhao, K. (2015), Synoptic Flow Patterns and Large-Scale Characteristics Associated with Rapidly Intensifying Tropical Cyclones in the South China Sea, Monthly Weather Review, 143, pp.64-87.doi.org/10.1175/MWR-D-13-00338.1

18. Colin, M. Z. (2016), Tropical Cyclone Intensity Errors Associated with Lack of Two-Way Ocean Coupling in High-Resolution Global Simulations, Journal of Climate, 29, pp. 8589-8610.

19. Durkee, J., Degu, A.M., Hossain, F., Mahmood, R., Winchester, J., Chronis, T. (2014), Investigating the Effect of the "Land between the Lakes" on Storm Patterns, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 53 ،No. 6, DOI: http،//dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-088.1

20. Erdem, E., Shi, J., Yidong, P. (2014), Short-Term Forecasting of Wind Speed and Power - A Clustering Approach, Industrial and Systems Engineering Research Conference, pp.1-12.

21. https//www.ipcc.ch/

22. https//www.ncdc.noaa.gov/

23. Mekis, E., Lucie, A., Vincent, M., Shephard, W., Zhang, X. (2015), Observed Trends in Severe Weather Conditions Based on Humidex, Wind Chill, and Heavy Rainfall Events in Canada for 1953–2012, Atmosphere-Ocean, 53, pp. 383-397.

24. Mirzakhani, A. (1999), analysis of flood risk and its harmful effects on Iran, insurance, 13, pp. 15-8, (in Persian).

25. Muis, S., Verlaan, M., Winsemius, H.C., Aerts, J.C.J., Ward, P.J. (2016), A global reanalysis of storm surges and extreme sea levels, Nature Communications, 7, pp. 1-12.

26. Mullens, E.D., Leslie, L.M., J. Lamb, P.J. (2016), Synoptic Pattern Analysis and Climatology of Ice and Snowstorms in the Southern Great Plains, 1993–2011, Weather and Forecasting, DOI: http،//dx.doi.org/10.1175/WAF-D-15-0172.1

27. Nakajo, S., Mori, N., Yasuda, T., Mase, H. (2014), Global Stochastic Tropical Cyclone Model Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis, DOI: http،//dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-08.1.

28. Needham, H.F., Keim, B.D., Sathiaraj, D. (2015), A review of tropical cyclone-generated storm surges ، Global data sources, observations, and impacts, Rev, Geophys. 53, pp. 545–591.

29. Parvin, N. (2013), Classification and analysis Synoptic patterns of the most sever wet year Urmia Lake Basin during 1977-2012, International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 10, pp. 3058-3062.

30. Tuovinen, J.P., Rauhala, J., Schultz, D.M. (2015), Significant-Hail-Producing Storms in Finland, Convective-Storm Environment and Mode, Weather and Forecasting, 30, pp. 1064-1076.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-10-10]

[DOI: 10.18869/acadpub.geores.32.2.40]