نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هفدهم، شماره ۴۶، پاییز ۹۶

بررسی مرکز تغییرات تراز میانی جو موثر بر روزهای خشک در حوضه آبریز زاب کوچک با استفاده از PCA

دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۱۱ پذیرش نهایی: ۹۶/۶/۱۸

صفحات: ۴۳-۲۳

نادر پروین، استادیار اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور

naderpn1353@yahoo.com:

چکیده

مطالعه و شناسایی کانون های تغییر تراز میانی جو موثر بر شکل گیری الگوهای گردشی مولد آن ضرورتی اجتناب ناپذیر است. در این مطالعه، ابتدا بارش های سالانه ایستگاه های منتخب سطح حوضه آبریز زاب کوچک طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۸۶ استاندارد زمانی شدند. پس از استفاده از شاخص و تعیین آستانه زمانی- مکانی، تعداد ۱۸۴ روز بدون بارش واقع در دوره مرطوب سه نمونه خشکسالی شدید در سطح منطقه انتخاب شدند. داده های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال واقع در محدوده صفر تا ۸۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و طول شرقی به صورت یک ماتریس S_Mode تنظیم شد و با استفاده از روش پیشرفته آماری تحلیل مولفه های اصلی پردازش شدند. بر اساس ماتریس همبستگی، کانون های عمده تغییرات توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال موثر بر وقوع روزهای خشک شناسایی و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که به هنگام وقوع روزهای خشک، ۱۲ کانون تغییر ارتفاع تراز میانی جو موثر بوده اند. در این بین، دو کانون ذیل با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های (R≥۰/۷) ارتفاع تراز میانی جو قابل تشخیص بودند: ۱) کانون اورآسیا-آفریقا و ۲) کانون غرب آفریقا که به ترتیب ۴۸٪ و ۱۰٪ از کل مساحت قلمرو مطالعاتی را تحت سیطره داشتند. چنین تغییراتی در تراز میانی جو، سبب تقویت و عمیق تر شدن محور ناوه‌ها و پشته‌ها شده است. تغییرات کانون اول بیشترین تاثیر را در ایجاد پایداری و حاکمیت خشکی روزهای سطح حوضه آبریز داشته است.

کلید واژگان: روز خشک، تحلیل مولفه های اصلی، پشته و ناوه، حوضه آبریز زاب کوچک

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

مقدمه

خشکسالی یکی از بلایای اقلیمی است که هر ساله خسارات فراوانی از نظر اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی به بار می آورند. این پدیده مهمترین ناهنجاری ناشی از کمبود بارش و رطوبت است که خسارت‌های زیادی به انسان و اکوسیستم های طبیعی وارد می کند و وقوع آن در هر منطقه ای محتمل است. یکی از نتایج مهم خشکسالی، بروز مشکلات اقتصادی- اجتماعی از آن‌جمله کاهش درآمد خانوار، ظهور منازعات ناشی از بهره گیری از آب، عدم امنیت غذایی و کاهش سلامت و دسترسی به غذا و خدمات بهداشتی، افزایش مهاجرت و نهایتا بحرانهای مختلف می باشد (آلستون، ۲۰۱۱: ۱۳۷).

بر اساس آمارهای مرکز CRED[1] آمریکا، در سطح جهان اگرچه سهم خشکسالی ها تنها ۸٪ از بلایای طبیعی است، اما میزان اثرگذاری آن بر روی زندگی مردم حدود ۹۴٪ از کل بلایا می باشد. سهم سیلابها (۳٪) و توفانها (۲٪) به ترتیب در رتبه های بعدی قرار دارد. طی دهه گذشته، حدود ۲۵۰ میلیون نفر تحت تاثیر پدیده های اقلیمی قرار گرفته اند و بیش از ۷۰ هزار نفر از بین رفته اند. در این بین سهم آسیا- اقیانوسیه حدود ۲۰۰ میلیون نفر (بیش از ۶۵٪) می باشد. بر اساس نتایج تحقیقات، میزان خسارات بلایای طبیعی اقلیمی در سال ۲۰۱۱ تنها در آمریکا بیش از یک میلیارد دلار بوده است[2]. شدت و وخامت خشکسالی در اقصی نقاط دنیا خود نشانگر نقش گرمایش زمین و پیامدهای آن می باشد. مجمع بین المللی تغییرات اقلیمی[3](۲۰۱۴: ۲۳) پیش بینی کرده است که که وضعیت ریسک خشکسالی ناشی از کمبود بارش طی سالهای ۲۰۴۰-۲۰۳۰ به مرز متوسط خواهد رسید و خاورمیانه و شمال آفریقا گرمتر و خشک تر از آنچه تا به حال بوده اند، خواهند شد. این موسسه تخمین می زند که حدود ۸۰ تا ۱۰۰ میلیون نفر از ساکنان این مناطق تا سال ۲۰۵۰ میلادی در معرض تنش شدید آبی قرار خواهند گرفت[4].

تاکنون بسیاری از محققان به وجود روند صعودی تعداد رخدادهای مخاطرات محیطی و خسارت‌های ناشی از آن‌ها در مناطق مختلف نیم‌کره شمالی پی‌برده اند (ساها و همکاران[5](۲۰۱۰: ۱۰۴۷)، اکینسی[6](۲۰۱۱: ۴۴)، اردیم و همکاران[7](۲۰۱۴: ۱۰) و...). این

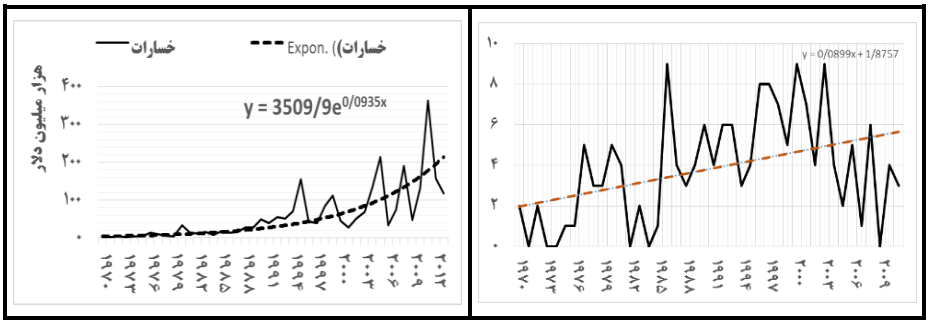
1 - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
2 - https://www.ncdc.noaa.gov/
3 - IPCC
4 - http://www.irandrought.net/
5 - Saha & et al
6 - Akinci
7 - Erdem & et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

موضوع در مورد افزایش معنی دار دما و کاهش بارش زمستانه خاورمیانه در اواخر قرن ۲۱ در گزارش های همه مجامع بین المللی تغییرات اقلیمی هم صادق است (کایتو و همکاران[8]، ۲۰۰۸: ۳) و پیش بینی افزایش ۱/۳ تا ۱/۶ دمای سالانه و کاهش ۱۵-۲۵ میلیمتر بارش سالانه ایران طی سالهای ۲۰۵۰-۲۰۰۵ توسط ایوانز[9](۲۰۰۹: ۴۳۱) تاییدی بر این مدعاست. تا آنجا که بر اساس شکل۱ نمودار خطی روند فراوانی بلایای طبیعی مهم ایران و میزان خسارات مالی ناشی از وقوع آنها را در سطح کشور طی ۴۴ سال گذشته(۲۰۱۳-۱۹۷۰) همواره رو به افزایش بوده است. بر اساس گزارش ناسا، ایران از نظر ریسک پذیری بلایای طبیعی رتبه چهارم را در بین ۴۵ کشور جهان دارد. این گزارش تاکید می کند که بعید نیست بین ۳۰ تا ۴۰ سال آینده بخش های وسیعی از ایران به بیابان مطلق تبدیل شوند[10]. 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. به طوری که تاکنون از انواع بلایای طبیعی در جهان، بیش از ۳۱ مورد آن در ایران رخ داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸، ۸). از طرف دیگر، بر پایه گزارش فائو[11]، ایران از نظر استعداد و پتانسیل وقوع بلایای طبیعی رتبه دهم را در جهان به خود اختصاص می دهد (شن[12]، ۲۰۰۳، ۱۱). بنابراین، وقوع خشکسالی های شدید در این منطقه از جهان امری معمول است. در اقلیم های خشک و نیمه خشکی مانند ایران، بارش به مثابه بی ثبات ترین متغیر اقلیمی قلمداد می شود. خشکسالی وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است که در این میان تحلیل داده های بارش اهمیت ویژه ای دارد. افزایش تعداد روزهای خشک واقع در دوره مرطوب سال، یکی از معیارها و نشانه های بروز خشکسالی هواشناسی است.

8 - Kitoh & et al
9 - Evans
10 - https://www.nasa.gov/
11 - FAO (سازمان خو و اربار جهانی)
12 - Shen

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]



شکل (۱). نمودار توزیع فراوانی سالانه بلایای طبیعی مهم (راست) و میزان خسارات آنها (چپ) در ایران

از دیدگاه اقلیم شناسی که مدنظر است، هرگاه میزان بارش یک محل در یک دوره زمانی معین، کمتر از آستانه مشخصی باشد، با خشکسالی روبرو هستیم(پروین، ۱۳۹۰: ۹۰). بنابراین آستانه بروز بارش کمیتی است جغرافیایی و از نظر مقیاس مکانی و زمانی متفاوت است. به سبب موقعیت خاص جغرافیایی و توپوگرافی ویژه حوضه‌ی آبریز زاب کوچک در غرب ایران و تراکم بالای جوامع روستایی و شهری و اهمیت بالای اکولوژیکی و طبیعت منطقه، گاهاً مشکلات ناشی از کمبود نامتعارف بارش در فصول مختلف، نمود خاصی پیدا می کند و به گونه ای موجب رنجش ساکنان منطقه می شود. با عنایت به اینکه شناسایی الگوهای جوی ایجاد بارش و پیش‌بینی این عنصر مهم می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آینده منطقه‌ای و جهانی مؤثر باشد و از طرفی، غالب ویژگیهای محیطی به طور مستقیم و یا غیرمستقیم در ارتباط با تغییرات توپوگرافی سطوح فشار اتمسفر میانی جو قابل تبیین است، مطالعه عناصر جوی و عوامل ایجاد روزهای خشک در منطقه مورد مطالعه اهمیت و ضرورت خاصی پیدا می کند. با این وجود، خلاء پژوهش‌هایی که از دیدگاه جغرافیایی و با استفاده از روشهای مناسب و نسبتاً دقیق آماری به بررسی و تحلیل سینوپتیکی دوره های خشک در سطح حوضه آبریز زاب کوچک پرداخته باشد، بسیار مشهود است. در این پژوهش، با بهره‌گیری از سه معیار توزیع زمانی- مکانی وقوع خشکسالی و آستانه میزان بارش روزانه، خشکسالیهای فراگیر انتخاب شده است. بطوری که روزهای خشک واقع در دوره مرطوب شدیدترین خشکسالی سطح حوضه آبریز با توجه به شاخص‌های مذکور تعریف و مبنای روش کار این مطالعه قرار گرفت.

این تحقیق با هدف بررسی رابطه و شناسایی کانون های عمده تغییرات مکانی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد روزهای خشک ممتد سطح حوضه آبریز زاب کوچک و با رویکرد محیطی به گردشی بر آن است که، کانونهای تغییرات تراز میانی جو موثر بر وقوع روزهای خشک سطح

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

حوضه را با استفاده از روش تحلیل مولفه های اصلی مدلسازی کند تا گام کوچکی در راستای کاهش اثرات ناشی از خشکسالی به مدیران منابع آب و خاک برداشته باشد.

روش تحقیق

تاکنون مطالعات فراوانی در ارتباط با مخاطرات محیطی توسط محققان علوم مختلف صورت گرفته است. به دلیل تنوع مقیاس مکانی و زمانی اقلیم و خشکسالی، بسیاری از محققین همواره اثرات ناشی از این پدیده منحصر به فرد را بررسی و ارزیابی می کنند، هرچند که نتایج حاصل از چنین مطالعاتی قابل تعمیم به مناطق دیگر نیست. یارنال و همکاران[۱۳] بر این عقیده اند که، در مطالعات اقلیم شناسی سینوپتیک دو مرحله جداگانه وجود دارد. در مرحله اول، الگوهای چرخشی اتمسفر که غالباً به صورت سطوح فشار سینوپتیکی هستند، طبقه بندی می شوند و در مرحله بعد، تاثیر و رابطه هر یک از الگوهای چرخشی با اقلیم یک مکان یا ناحیه بررسی می گردد (به نقل از حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۶، ۵۲). تعداد زیادی از محققان با روشهای مختلفی، وضعیت بارش و نوسانات آن در قالب خشکسالی را با اهداف مختلف و با بهره گیری از شاخصهای گوناگون آماری مطالعه و تحلیل نموده اند. از جمله این گونه مطالعات می توان به جامپ آپ و همکاران[۱۴](۲۰۱۴)؛ موسلی و همکاران[۱۵](۲۰۱۴)؛ پروکرات[۱۶](۲۰۱۵) و ... اشاره نمود. وانگ و همکاران[۱۷](۲۰۱۰: ۵۹) به منظور بررسی روند دوره های تر و خشک آسیای مرکزی پس از جمع آوری و پردازش داده های ماهانه دما و بارش نتیجه گرفتند که طی قرن گذشته (۲۰۰۰-۱۹۰۱) میزان دمای منطقه افزایش یافته و از میزان بارش کاسته شده و فراوانی دوره های خشک بیشتر شده است. بعلاوه، تغییرات شاخص خشکسالی با چرخه های سه و یازده ساله همراه بوده است و اثر ترکیبی بی نظمی های دما و بارش در آسیای مرکزی، تعیین کننده روند دوره های تر و خشک بوده است.

در بین مطالعات سالهای اخیر محققان داخلی که ابعاد مختلف خشکسالیهای مناطق ایران را با روشهای آماری و سینوپتیکی بررسی کرده اند می توان به پروین (۱۳۹۰)؛ ناصرزاده و احمدی (۱۳۹۱)؛ کشاورز و همکاران (۱۳۹۱)؛ مجرد و همکاران (۱۳۹۳)؛ سبحانی و همکاران (۱۳۹۴)؛ مفاخری و همکاران (۱۳۹۵)؛ دوستان (۱۳۹۵)؛ آقایان و همکاران (۱۳۹۵)؛ خسروی

13 - Yarnal et al.
14 - Jump up & et al
15 - Mosley & et al
16 - Prokurat
17 - Wang & et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

و مظفری (۱۳۹۵) اشاره کرد. رنجبر و همکاران (۱۳۹۵: ۱۰۷) با استفاده از داده های بارش ده ایستگاه همدیدی غرب و شمال غرب ایران طی یک دوره ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۱) برای ماه های اکتبر تا آوریل، ابتدا بر اساس شاخص نمره استاندارد (Z) دوره های خشک و تر ماه های سرد سال را تعیین کردند و به منظور تاثیر نابهنجاری های ماهانه الگوهای گردشی جو در رخداد دوره های خشک و تر، نقشه های همدیدی را در سه تراز فشار سطح دریا[18]، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بررسی و تحلیل کردند. آنها نتیجه گرفتند که، افزایش نابهنجاری مثبت SLP و ۵۰۰ هکتوپاسکال از شمال دریای سرخ و روی نیمه شرقی مدیترانه تا شمال اروپا همراه با نابهنجاری های منفی در نیمه غربی مدیترانه، سبب دوره های خشک شدید غرب و شمال غربی ایران می شود.

محققان تاکنون از شاخصها و مدلهای مختلف و روش های پیچیده ریاضی و آماری متعددی به ویژه روش های رگرسیون، تحلیل عاملی و تحلیل خوشه ای برای بررسی خشکسالی از زوایای مختلف بهره گرفته اند و در مطالعات انجام شده در ایران در ارتباط با بارش، محققان بیشتر به تحلیل آمار توصیفی و درونیابی و روندیابی آن پرداخته اند، اما شناسایی الگوهای سینوپتیکی منجر به وقوع دوره های خشک، به ویژه مدلسازی کانون های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال موثر بر خشکسالی و دوره های خشک به ندرت مورد توجه بوده است. بر اساس بررسی های محقق، تعداد مطالعاتی که از دیدگاه اقلیمی به بررسی این پدیده پرداخته باشند، بسیار اندک است (حجازی زاده و همکاران(۱۳۸۶)، پروین(۱۳۹۰)) و تاکنون مطالعات جامعی در این خصوص برای سطح حوضه‌ی آبریز زاب کوچک انجام نشده است.

حوضه آبریز زاب کوچک واقع در جنوب غربی استان آذربایجان غربی، شامل شهرستانهای پیرانشهر، سردشت و بانه می باشد و این سه کانون شهری حدود ۳۷۰ هزار نفر را در خود جای داده است (شکل۲). میانگین بلندمدت بارش سالانه سطح حوضه آبریز ۷۲۸/۹ میلیمتر و انحراف معیار آن ۱۸۸/۶ واحد است. آذر، دی و بهمن به ترتیب از بیشترین بارش برخوردار است. متوسط دمای سالانه سطح حوضه ۱۲/۹ درجه سانتیگراد با انحراف معیار ۱/۸ واحد می باشد.

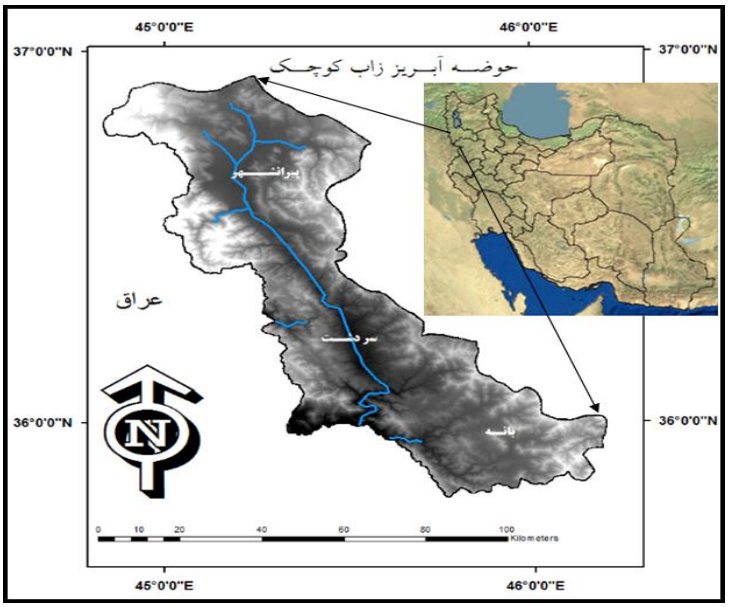
بطور کلی روش شناسی مطالعه در پژوهش حاضر، مبتنی بر روش آماری، همدیدی و مدلسازی است. در بخش آماری، به دلیل در دسترس بودن داده های روزانه مورد نیاز و امکان شاخص سازی بارش، رویکرد محیطی به گردشی انتخاب گردید. برای انجام این مطالعه دو دسته داده

18 - SLP

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

مورد نیاز بود: ۱- داده‌های روزانه جوی تراز پایین شامل فشار تراز دریا (slp)، داده های بارش روزانه، ماهانه و سالانه (m) سطح حوضه آبریز طی دوره آماری مورد نظر (۲۰۱۵-۱۹۸۶) که از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. ۲- داده‌های ارتفاعی تراز میانی جو (ارتفاع ۵۵۴۰ متر) شامل ارتفاع ۵۰۰ ژئوپتانسیل (hg) برحسب متر شامل محدوده ۸۰-۰ طول و عرض جغرافیایی بود که داده های کالیبره شده مذکور از پورتال NCEP/NCAR اخذ شد. انتخاب این داده ها به دلیل وقوع بیشترین انقلابات جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و کنترل مستقیم شرایط محیطی و وضع هوای سطح زمین توسط تغییرات فشار در این سطح صورت گرفته است. علاوه براین، بکارگیری داده های ارتفاعی بازسازی شده NCEP/NCAR در این مطالعه، به دلیل همخوانی و صحت بالای آنها (نیتو و همکاران[19](۲۰۰۴: ۳۷۲) و پروین(۲۰۱۳: ۳۰۵۹)) و استفاده‌ی گسترده‌ی محققان اقلیم شناس(استبان و همکاران[20]، ۲۰۰۵: ۳۲۱) از این داده ها جهت بررسی تغییرات شرایط محیطی سطح زمین می باشد. پراکندگی ایستگاههای منتخب سطح حوضه و انتخاب محدوده مطالعاتی به گونه‌ای بود که هم دارای آمار بلند مدت و هم توزیعی یکنواخت و پوشش کاملی از کل منطقه داشته باشد.



شکل (۲). نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز زاب کوچک بر روی نقشه ایران (ماخذ: نگارنده)

19 - Nieto et al.
20 - Esteban et al.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

جهت حصول اطمینان، داده های جمع آوری شده از نظر کمی و کیفی کنترل شد و نواقص آماری با استفاده از همبستگی و رگرسیون داده های آماری نزدیک ترین ایستگاه همدید برطرف شد. سپس، با درنظر گرفتن مقیاس توزیع مکانی-زمانی، خشکسالی های سطح حوضه آبریز، روزهای خشک(ماه های دوره مرطوب از مهر تا خرداد) بر اساس چهار شرط انتخاب و شناسایی شدند: ۱- محاسبه نمرات استاندارد و نمرات شاخص صدک ۱۵ اُم داده های بارش سالانه بر اساس رابطه (۱) صورت گرفت:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$ رابطه (۱)

که در این رابطه، z نمرات استاندارد[21] است و x، مقداری است که باید استاندارد شود و μ، برابر میانگین و σ، انحراف معیار می باشد. ۲- میانگین منطقه ای بارش کمتر از ۵۰۰ میلیمتر (نمره استاندارد بیشتر از منفی ۱/۵) ۳- ثبت عدم بارش روزانه در بیش از ۶۵ درصد ایستگاه ها ۴- به دلیل حصول اطمینان از عدم وجود اثری از سامانه بارشی در منطقه، روزهای خشک(دو روز بعد و قبل از بارش) با تداوم بیش از دو روز(در حداقل ۵۰ درصد از کل منطقه) انتخاب شدند جدول (۱).

جدول(۱). مشخصات جغرافیایی ایستگاه های هواشناسی سطح حوضه آبریز

ایستگاه	طول جغرافیاییE	عرض جغرافیاییN	ارتفاع از سطح دریا
پیرانشهر	۳۶° ۴۰′	۴۵° ۰۸′	۱۴۵۵ متر
سردشت	۳۶° ۰۹′	۴۵° ۳۰′	۱۶۷۰
بانه	۳۶° ۰۰′	۴۵° ۵۴′	۱۶۰۰

به کمک آستانه های یاد شده، از بین داده های هواشناسی در بازه زمانی مورد نظر، ۸۱۹ روز برای بررسی انتخاب شدند که بر اساس شاخص های تعریف شده ۲۵۰ روز اولیه استخراج شد. پس از کنترل کیفیت و کمیت و اعمال توابع فیلتر در نرم افزار ایکسل، بازبینی مجدد داده ها صورت گرفت و نهایتا ۱۸۴ روز خشک مورد نظر انتخاب و مبنای مدلسازی قرار گرفت. در ادامه، پایگاه داده های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با آرایه ماتریس S_Mode به وسعت حدود ۷۸/۹ میلیون کیلومتر مربع شامل ۱۰۸۹ یاخته که فاصله بین هر یاخته ۲/۵×۲/۵ درجه بود، تنظیم شد. در این ماتریس، بر روی ردیف‌ها زمان (روزها) و بر روی ستونها داده های ارتفاعی

21 - Z-Score

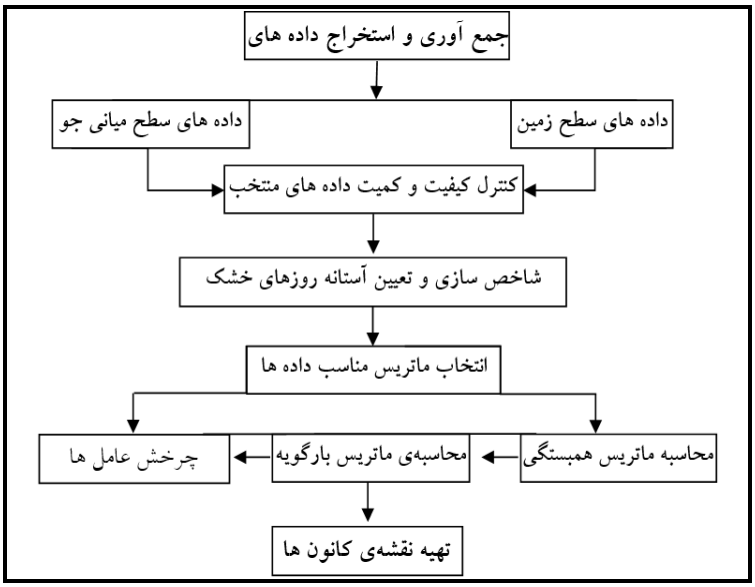
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

نقاط تلاقی شبکه ایستگاه های سطح منطقه قرار داشتند. سپس، روش آماری تحلیل عاملی جهت تجزیه مولفه های اصلی بکار گرفته شد. به طور خلاصه، در این مطالعه فرمول تحلیل عاملی که ۱۰۸۹ متغیر را به ۱۴ عامل تبدیل کرده است، به صورت رابطه (۲) می باشد:

$$Y_i = \mu_i + \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + \ldots + \lambda_{i14}F_{14} + e_i \quad i=1,2,\ldots,1089$$ رابطه(۲)

که در آن فرض می‌شود $e_i \approx N(0,\ \delta_i^2)$ هستند. y_i اندازه ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال متغیر (تلاقی) i ام و μ_i متوسط ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاقی i ام برای ۱۸۴ روز خشک و بدون بارش است. y_{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 کانون های تغییر تراز میانی جو موثر بر روز خشک سطح حوضه آبریز زاب کوچک همچنانکه از مدل مفهومی تحقیق شکل (۳) پیداست مراحل زیر طی شد:



شکل (۳). مدل مفهومی تحقیق

در مرحله‌ی اول با توجه به موضوع تحقیق از داده های مناسب اقلیم شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی های شبکه‌ی NCEP/NCAR) و چند زمان (روزهای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

خشک) استفاده شده است. در گام دوم ماتریس داده ها با در نظر گرفتن هدف این مطالعه در حالت S-mode تنظیم شد. بدین ترتیب، ماتریسی از داده ها به ابعاد ۳۳ ردیف (روز خشک) در ۱۰۸۹ ستون یا متغیر (ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) تنظیم شد. در مرحله سوم، ماتریس همبستگی بین داده ها 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 (۳) محاسبه شد.

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

رابطه (۳)

قبل از شروع انجام تجزیه و تحلیل عاملی، اعتبارسنجی تجزیه مولفه های اصلی، از طریق محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و محاسبه معیار کایزر- مییر- آلکاین[۲۲] بر اساس رابطه(۴) محاسبه و آزمون گردید (پروین، ۲۰۱۳: ۳۰۶۰).

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

رابطه (۴)

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 به شرط ثابت بودن سایر متغیرهاست. هر چه شاخص KMO به یک نزدیکتر باشد، انجام تحلیل عاملی مناسب تر خواهد بود(پروین، ۲۰۱۳: ۳۰۶۰). در مرحله چهارم بر اساس محاسبه ماتریس بارگویه ها، تعداد مناسبی از عامل‌ها انتخاب گردید. در مرحله بعد، ضرایب همبستگی هر متغیر روی هر عامل بر اساس مقیاس سه طیفی (ضعیف، متوسط و قوی) مشخص شد. به منظور آشکارسازی و نمایش بهتر الگوهای تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، محور عاملها با روش واریماکس چرخش داده شد. نهایتا، بر اساس نتایج ماتریس ضرایب همبستگی بین داده های ارتفاعی هر عامل، در محیط نرم افزار Surfer به دلیل نمایش بهتر الگوهای همدید به روشRadial Basis Function نقشه کانون های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال موثر بر روزهای خشک و پایدار ترسیم و تحلیل سینوپتیکی شد.

22 - Ksiser-Meyer-Olkin(KMO)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

نتایج

پس از جمع آوری داده ها بارش سالانه ایستگاههای سطح حوضه آبریز زاب کوچک، خشکسالی های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ و ۲۰۰۸ به ترتیب با نمرات استاندارد ۱/۶- ، ۱/۵- ، ۱/۶- و با استفاده از صدک ۱۵ انتخاب شدند و ۱۸۴ روز خشک دوره مرطوب شان استخراج و مبنای مطالعه قرار گرفت. پس از تنظیم ماتریس داده ها، 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 داده های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای خشک مورد نظر، ۱۴ عامل که در مجموع، ۹۰/۱ درصد از کل واریانس داده ها را تبیین می‌کردند، استخراج شدند. با توجه به اینکه عامل اول توانست به تنهایی ۴۳/۳۵ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کند جدول (۲) و همچنان‌که از نمودار شکل (۴) نیز پیداست، فاصله عامل اول نسبت به سایر عوامل بسیار زیاد است و بررسی اجمالی جدول ماتریس همبستگی بین عامل های استخراج شده هم حاکی از عدم وجود وابستگی بین آنها بود و عامل ها از همدیگر استقلال کامل داشتند، بنابراین مدل مذکور پذیرفته شد جدول (۳) جهت آشکارسازی بهتر الگوهای تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، نتیجه دوران عمودی محورها برای شش عامل اولیه با روش واریماکس در شکل (۵) آمده است.

جدول (۲). مقادیر واریانس تبیین شده توسط عامل ها

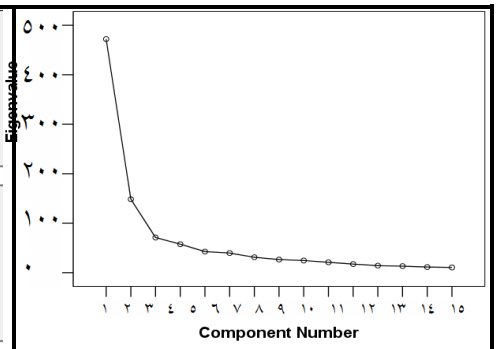
عامل	ارزش ویژه اولیه			چرخش مجموع مربعات بارگویه ها		
	کل واریانس	درصد واریانس	مقادیر تجمعی درصد واریانس	کل واریانس	درصد واریانس	مقادیر تجمعی درصدواریانس
۱	۴۷۲/۰۶	۴۳/۳۵	۴۳/۳۵	۱۵۹/۵۰	۱۴/۶۳	۱۴/۶۳
۲	۱۴۷/۴۱	۱۳/۶۳	۵۶/۹۸	۱۵۶/۲۰	۱۴/۳۳	۲۸/۹۶
۳	۷۱/۰۷	۶/۵۳	۶۳/۵۰	۱۳۵/۳۰	۱۲/۴۱	۴۱/۳۸
۴	۵۷/۵۷	۵/۲۹	۶۸/۷۹	۸۵/۴۹	۷/۸۴	۴۹/۲۲
۵	۴۲/۶۱	۳/۹۱	۷۲/۷۰	۸۳/۸۵	۷/۶۹	۵۶/۹۱
۶	۳۹/۶۸	۳/۶۴	۷۶/۳۵	۸۳/۸۳	۷/۶۸	۶۴/۶۰
۷	۳۱/۱۸	۲/۸۶	۷۹/۲۱	۵۴/۵۸	۵/۰۱	۶۹/۶۱
۸	۲۶/۵۱	۲/۴۵	۸۱/۶۴	۴۸/۴۳	۴/۴۴	۷۴/۰۶
۹	۲۴/۵۷	۲/۲۶	۸۳/۸۹	۴۲/۵۴	۳/۹۰	۷۷/۹۶
۱۰	۲۱/۰۱	۱/۹۳	۸۵/۸۳	۲۸/۸۹	۲/۶۵	۸۰/۶۱
۱۱	۱۷/۴۲	۱/۵۹	۸۷/۴۳	۲۲/۰۸	۲/۰۳	۸۲/۶۳
۱۲	۴۱/۱۹	۱/۳۰	۸۸/۷۳	۱۸/۴۸	۱/۷۰	۸۴/۳۳
۱۳	۱۳/۲۴	۱/۲۲	۸۹/۹۵	۱۵/۶۵	۱/۴۴	۸۵/۷۶
۱۴	۱۱/۴۱	۱/۰۵	۹۰/۹۹	۱۵/۳۶	۱/۴۱	۱۴/۶۳

جدول (۳). ماتریس کوواریانس عاملهای انتخابی شده

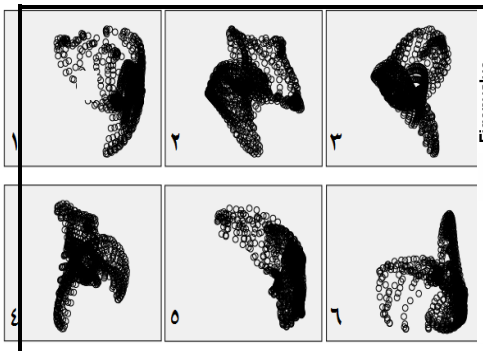
عامل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]



شکل (۴) نمودار اسکری پلات توزیع عاملها



شکل (۵) دوران محورها به روش واریماکس

پراکندگی متغیرها در حول و حوش هر عامل بسیار به هم نزدیک و متمرکز می باشند. از آنجا که برای نمایش بهتر تغییرات مکانی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از چرخش عمودی عامل ها 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 کانون های جوی موثر در ایجاد روزهای خشک سطح حوضه آبریز زاب کوچک آشکارتر گردد. نتیجه اعمال این روش در شکل (۶) به صورت نقشه الگوهای جداگانه و گویا آمده که تغییرات مکانی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال را در محدوده مورد مطالعه به وضوح نشان می دهد. در این نقشه ها، به دلیل رعایت حداقل میزان ارتباط و هماهنگی لازم بین متغیرها، مقدار ضریب همبستگی مکانی بین داده های ارتفاعی تلاقی ها با هر عامل، بیش از ۰/۳ انتخاب شده است. به طورکلی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال عمدتاً ۱۲ کانون ضعیف، متوسط و قوی در سطح منطقه متناسب با وزن تغییراتشان، بیشترین تاثیر را در شکل گیری روزهای خشک سطح حوضه آبریز زاب کوچک داشته است. کانون های اثرگذار در مقیاس وسیع و قوی شامل: کانون اورآسیا-آفریقا و کانون آفریقای حاره ای-اقیانوس هند هستند. درصد مساحت قلمرو این دو کانون به ترتیب ۴۷/۶٪ و ۱۰٪ کل کرنل مورد مطالعه و جمعاً ۴۸/۴ میلیون کیلومتر مربع می باشد (جدول۴).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

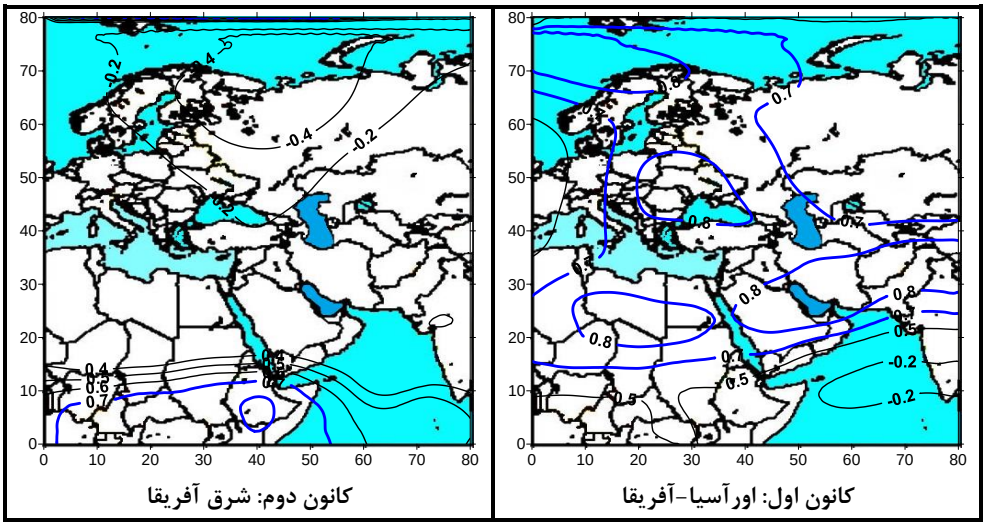
جدول(۴). گستره تغییرات ارتفاع تراز ۵۰۰hp کانون های موثر بر وقوع روزهای خشک حوضه آبریز

میزان آنومالی	R≥۰/۷		۰/۷>R≥۰/۵			۰/۵>R≥۰/۳					
کانون	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
تعداد سلول	۵۱۹	۱۰۹	۴۶	۱۹	۱۰۸	۸۵	۲۴	۱۷	۵۵	۴۱	۲۵	۶
مساحت(میلیون km۲)	۴۰	۸/۴	۳/۵	۱/۵	۸/۳	۶/۵	۱/۸	۱/۳	۴/۲	۳/۲	۱/۹	۰/۵
درصد مساحت قلمرو	۴۷/۶	۱۰	۴/۲	۱/۷	۹/۹	۷/۸	۲/۲	۱/۶	۵	۳/۸	۲/۳	۰/۶
مجموع	۵۷/۶		۱۰/۸			۲۳/۳						

همچنان‌که از شکل(۶) پیداست، کانون تغییرات تراز میانی جو بر روی عامل اول بر بالای مناطق وسیعی از نیمه غربی اروپا و اسکاندیناوی و غرب آسیا و خاورمیانه تا کشورهای شمال آفریقا متمرکز شده است. بطوری‌که، چهار محدوده وسیع شمال اسکاندیناوی، قلمرو دریای سیاه-اروپای شرقی، شمال شرقی آفریقا و محور عربستان-ایران و افغانستان و پاکستان تا شمال هند را با منحنی همبسته ضریب همبستگی بالای ۰/۸ در بر گرفته است. قلمروی مذکور با برخورداری از بیشترین دامنه تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱/۲۲) در ایجاد ناپایداری و تشکیل روزهای خشک سطح حوضه آبریز، تاثیرگذارترین کانون بوده است (جدول ۵). با توجه به مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عامل ها، ملاحظه می شود که عامل اول به تنهایی توانسته حدود ۴۳/۳۵ درصد از کل واریانس داده ها را تبیین کند. شرایط سینوپتیکی حاکم بر این منطقه به گونه ای است که با افزایش شدید ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی این منطقه، زمینه مناسبی برای عمیق تر شدن پشته (ریج) امواج بادهای غربی در قلمرو آسیا- اروپا و مدیترانه شده است و جت استریم های تراز فوقانی از میانگین نرمال موقعیت های آنها که عرض های منطقه معتدله است به مرز شمالی تر (اطراف مدار ۶۰ درجه عرض جغرافیایی) کشیده می شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]



شکل(۶). کانون‌های تغییرات مکانی تراز ۵۰۰hp موثر بر وقوع روزهای خشک حوضه آبریز

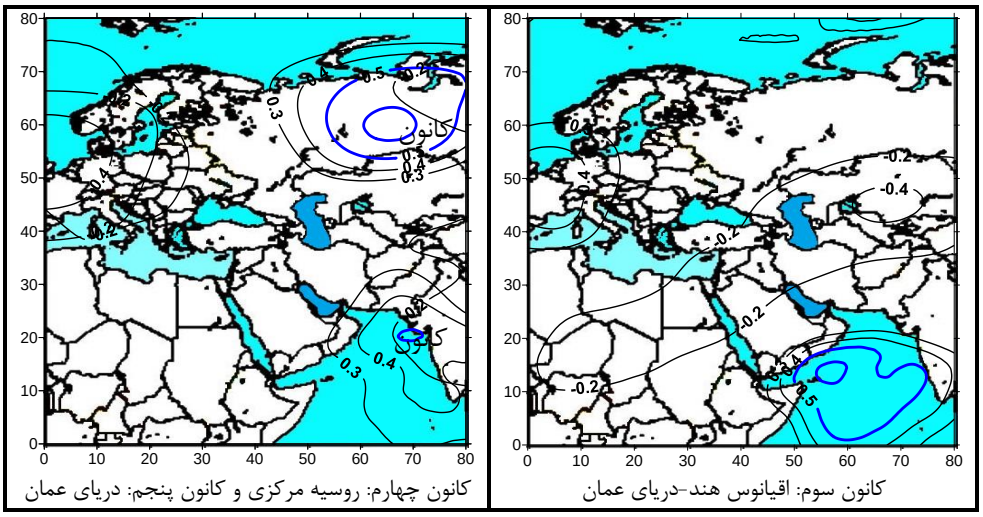
جدول (۵). مقادیر آماره های هر عامل

آماره	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	عامل ششم	عامل هفتم	عامل هشتم	عامل نهم	عامل دهم	عامل یازدهم	عامل دوازدهم
حداقل	-۰/۳۷	-۰/۵۱	-۰/۴۴	-۰/۳۷	-۰/۵۶	-۰/۳۸	-۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۳۴	-۰/۳۵	-۰/۳۱	-۰/۲۷
حداکثر	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۴
Δ Min.Max	۱/۲۲	۱/۳۳	۱/۰۶	۱	۱/۰۷	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۶۲
میانگین	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰
میانه	۰/۶۹	۰/۰۲	۰/۰۶	-۰/۰۳	۰	۰	۰/۰۲	۰	-۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰
واریانس	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱
انحراف از معیار	۰/۲۵	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱
دامنه	۱/۲۲	۱/۳۳	۱/۰۶	۱	۱/۰۷	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۶۲
خطای استاندارد	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰
چولگی	-۱/۹۹	۰/۴۷	۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۲۳	-۰/۰۲	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۰۴

در چنین شرایطی، میزان اثرگذاری جت استریم های جنب قطبی و جت استریم های جنب حاره در بالای قلمرو ایران بسیار کمتر از حد معمول خود شده و شدت اغتشاشات جوی به سمت حوضه آبریز مذکور به حداقل ممکن خود می رسد. به همین دلیل در مقام مقایسه با سایر کانونها، منطقه حاکمیت کانون اول، دارای بیشترین دامنه تغییرات توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد و می توان گفت که به هنگام وقوع روزهای خشک در سطح حوضه آبریز،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

سیستم های سینوپتیکی سطوح بالای جو به ویژه پشته امواج بادهای غربی روی منطقه مذکور تقویت و عمیق تر گشته و و مانع از شکل گیری و ورود سیستم های بارش زا از شمال غربی و غرب و جنوب غربی به سطح حوضه آبریز می شود و روزهای خشک غیرمعمول در فصل بارش با تداوم پایداری بیش از چند روز در سطح حوضه آبریز ایجاد شده است. همچنانکه از شکل(۷) پیداست، کانون های اثرگذار در مقیاس نسبتا وسیع و با ضریب همبستگی متوسط شامل منطقه اقیانوس هند-دریای عمان و کانون روسیه مرکزی و کانون جنوب شرقی دریای عمان می باشد.



شکل(۷). کانون های تغییرات مکانی تراز ۵۰۰hp موثر بر وقوع روزهای خشک حوضه آبریز

این سه عامل مجموعا ۱۵/۷ درصد از کل واریانس داده ها را تبیین می کنند. مرکز کانون های تغییر مذکور با منحنی ضریب همبستگی بین ۰/۷>R≥۰/۵ با گستره مکانی کمتری روی نقشه هر الگو قابل تشخیص است. حداقل و حداکثر ضریب تغییرات تراز میانی جو حدود ۰/۳۷- و ۰/۶۲ می باشد. بطوری‌که، تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روی این قلمرو مانع ایجاد گرادیان های شدید دمایی شمال به جنوب شده و سبب افزایش پرارتفاع تراز فوقانی جو بر روی منطقه خاورمیانه می شود. در نتیجه، نیروی گرادیان ضعیف فشار موجب عدم جریان شدید هوا از قطب به سمت استوا شده است. این عمل، باعث تقویت و عمیق تر شدن پشته امواج بادهای غربی در محدوده ارتفاعی غرب خاورمیانه می باشد و سیستم های کم فشار و ناپایدار به منطقه مورد مطالعه نمی رسند و جبهه های پرفشار جنب حاره، نزول هوا و تداوم

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

حاکمیت روزهای خشک را به دنبال خواهند داشت. تقریبا تمام کانون های تاثیرگذاری که در مقیاس نسبتاً کوچک و ضعیف و با منحنی ضریب همبستگی ۰/۵>R≥۰/۳ مشخص هستند، بر روی منطقه ای در راستای محور شمال شرقی-جنوب غربی با فاصله تقریبی ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلومتر قرار دارند شامل مناطق زیر می باشند:

کانون ششم: منطقه مدیترانه و شمال قزاقزستان، کانون هفتم: منطقه دریاچه آرال-خزر، کانون هشتم: منطقه غرب روسیه، کانون نهم: منطقه غرب اسکاندیناوی، کانون دهم شرق مدیترانه، کانون یازدهم: منطقه جنوب شبه جزیره عربستان و کانون دوازدهم: منطقه شاخ آفریقا.

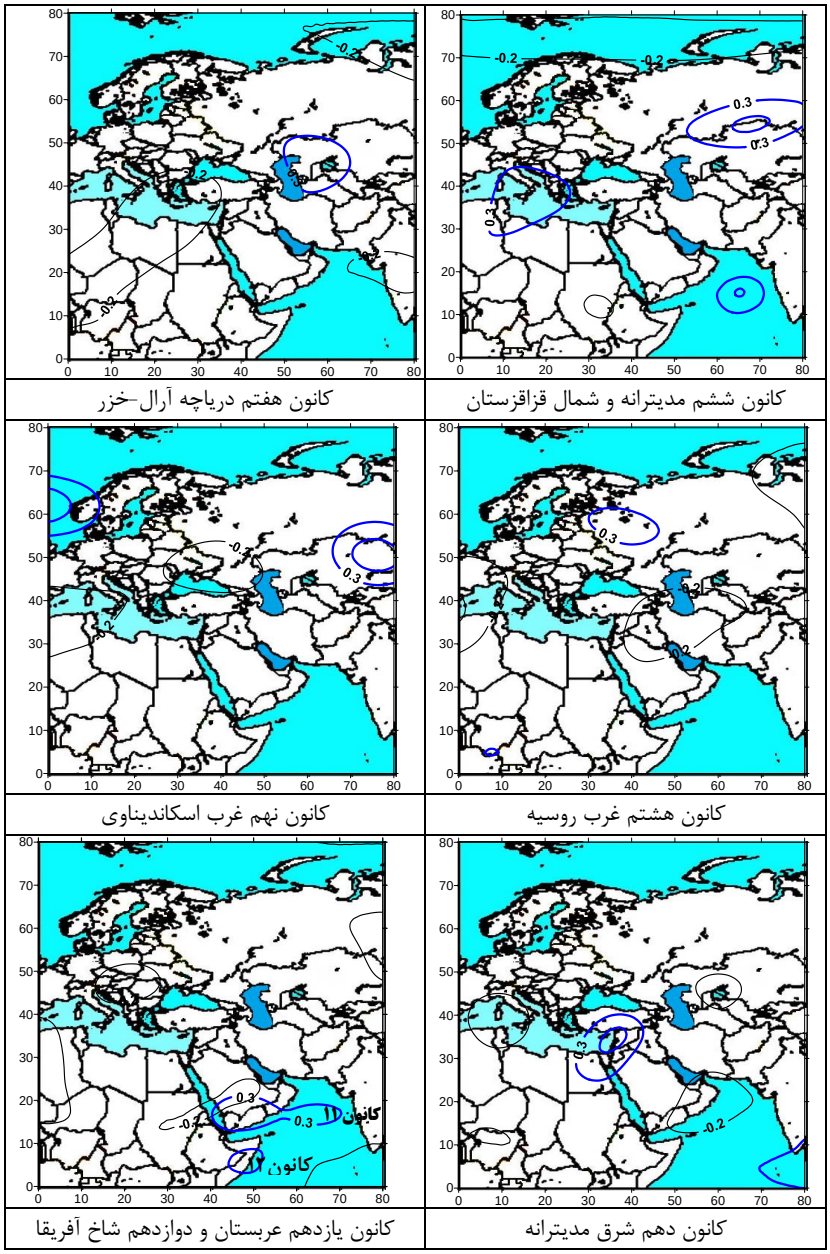
مساحت منطقه تحت سلطه تغییرات کانون های ششم تا دوازدهم با گستره مکانی بسیار کمتری نسبت به کانون های دیگر حدود ۲۳ درصد می باشد. کانون تغییرات مذکور بر روی عرضهای جغرافیایی بالاتر(منطقه جنب قطبی) و پایین تر (منطقه جنب حاره) قرار گرفته است. بطوریکه، میزان اثرگذاری کانونهای تغییر مذکور نسبت به سایر کانونهای تغییر بسیار کمتر بوده و نقش آنها در شکل گیری سیستم های سینوپتیکی خشکی زای سطح حوضه کمتر است.

تغییرات توپوگرافی سطوح بالای اتمسفر این قلمرو در روزهای خشک به گونه ای بوده که در کانون های ششم تا هشتم ارتفاع تراز ۵۰۰hp کاهش داشته و برای چهار الگوی بعدی با افزاش ارتفاع همراه بوده است. این وضعیت زمینه را برای عمیق تر شدن پشته امواج بادهای غربی و در نتیجه آن کاهش میزان شدت گرادیان فشار بر بالای حوضه آبریز فراهم کرده است. چنین تغییراتی سبب همگرایی بالایی و فرونشینی هوا و پایداری در سطح حوضه آبریز زاب کوچک شده است شکل (۸).

در مجموع، مشابه مطالعه حجازی زاده و همکاران(۱۳۸۶)، به دلیل ناهنجاری های جابجایی ورتکس قطبی و موقعیت جت استریم ها و باندهای توفانی مربوط به آنها، انتقال انرژی از عرض های جغرافیایی بالا به سوی عرض های پایین تر کمتر از حد معمول خود صورت گرفته و در نتیجه، گستره‌ی فعالیت و سیطره‌ی بادهای غربی از روی منطقه‌ی مورد مطالعه خارج شده و شرایط پایداری حاکمیت داشته است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]



شکل(۸). کانون تغیرات مکانی تراز ۵۰۰hp موثر بر وقوع توفان های شدید حوضه آبریز

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

نتیجه گیری

نتایج کلی تحقیق نشان می دهد که به هنگام وقوع روزهای خشک، دوازده کانون تغیرات مکانی تراز ۵۰۰hp با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های تراز میانی جو قابل تشخیص هستند. چنین تغییراتی در تراز میانی جو، سبب تقویت و عمیق تر شدن محور ترافها و ریجها شده و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی با برخورداری از کمترین شدت گرادیان فشار شکل گرفته و سبب ایجاد خشکی و پایداری هوا شده است. تغییرات تراز ۵۰۰hp در کانون اول بیشترین تاثیر را در ایجاد توفان های سطح حوضه‌ی آبریز زاب کوچک داشته است.

با عنایت به اینکه غالب ویژگیهای محیطی به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در ارتباط با تغییرات مکانی سطوح فشار اتمسفر بالا قابل تبیین است و با توجه به توزیع زمانی، مکانی و حجم خسارت‌های مختلف ناشی از خشکسالی در سطح حوضه آبریز زاب کوچک و به منظور جلوگیری یا کاهش خسارت ناشی از آنها، پیشنهاد می‌گردد، متخصصین مرتبط بر اساس چگونگی تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال کانون های شناسایی شده و موثر در ایجاد سیستم های سینوپتیکی منجر به خشکی و پایداری هوا، *سامانه‌ی هشدار اولیه پایداری هوا*[۲۳] را طراحی کنند تا بر اساس وضعیت کمی و کیفی تغییرات مکانی تراز میانی جو بتوان به موقع پیش بینی، اطلاع رسانی و اقدامات پیش گیرانه برای مدیریت منابع آب سطح حوضه آبریز زاب کوچک صورت گیرد.

منابع و مآخذ

۱. آقایان، سید علیرضا؛ کمالی، غلامعلی و حجّام، سهراب (۱۳۹۵)،**"ارزیابی کمّی ریسک خشکسالی کشاورزی درچند نمونه اقلیمی کشور"**، پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۲۱: صص ۶۱-۷۲ .

۲. پروین، نادر (۱۳۹۰)،**" الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه"**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۰۰: صص ۸۹-۱۰۷ .

۳. حجازی زاده، زهرا؛ جعفرپور، زین العابدین؛ علیجانی، بهلول؛ پروین، نادر (۱۳۸۶)، **"بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب های مخرب و فراگیر سطح حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه"**، مجله‌ی علوم جغرافیایی، سال دوم، ۴: صص ۷۳-۵۲.

23 - Storm Early Warning System

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

۴. خسروی، یونس و مظفری، غلامعلی (۱۳۹۵)،" **آنالیز خطا در ارزیابی شاخص خشکسالی SPI با استفاده از زمین آمار :مطالعه موردی: استان بوشهر**"، ۴۸: صص ۱۸۹-۲۱۲ .

۵. دوستان، رضا (۱۳۹۵)،" **تحلیلی بر خشکسالی های ایران در نیم قرن گذشته**"، پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۲۳، صص ۱-۱۸ .

۶. رنجبر سعادت آبادی، عباس؛ پناهی، علی و فتاحی، ابراهیم (۱۳۹۵)،" **تأثیر نابهنجاری‌های ماهانه الگوهای گردشی جو در رخداد دوره‌های خشک و تر در غرب و شمال غرب ایران**"، پژوهش‌های اقلیم شناسی، ۱۷: صص ۹۱-۱۰۹ .

۷. سبحانی، بهروز؛ غفّاری گیلانده، عطا و گل دوست، اکبر (۱۳۹۴)،" **پایش خشکسالی در استان اردبیل با استفاده از شاخص فازی SEPI توسعه یافته بر اساس منطق فازی**"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۶: صص ۵۱-۷۲ .

۸. کشاورز، محمدرضا؛ بهیار، محمدباقر؛ فتاحی، ابراهیم و وظیفه دوست، مجید (۱۳۹۱)،" **الگوی توزیعی جهت و شدت روند تغییرات خشکسالی ایران به کمک نمایه توزیعی شدت خشکسالی پالمر**"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۷: صص ۹۷-۱۱۰ .

۹. مجرد، فیروز؛ خیری، راضیه و نوری، زهرا (۱۳۹۳)،" **تحلیل فراوانی خشکسالی های روزانه در ایران با شاخص خشکسالی مؤثر**"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۳۵: صص ۲۹-۳۸ .

۱۰.مرادی، اسحاق؛ پروین، نادر،(۱۳۸۶)، "**پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی و باد در استان قم**"، طرح تحقیقات کاربردی سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان قم، ۱۳۵.

۱۱.مفاخری، امید؛ خالدی، شهریار؛ شمسی پور، علی اکبر؛ فلاحی خوشجی، مصطفی و کرمانی، آذر (۱۳۹۵)،" **تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص NDVI در دشت قروه و دهگلان**"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۴۱: صص ۷۷-۹۴ .

۱۲.ناصرزاده، محمد حسین و احمدی، اسماعیل (۱۳۹۱)،" **بررسی عملکرد شاخص های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه بندی آن در استان قزوین**"، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۷: صص ۱۴۱-۱۶۲ .

13. Akinci, T.C., (2011), "**Short term wind speed forecasting with ANN in Batman**", Turkey. In: Proceedings of Electronics andElectrical Engineering Conference. China, 107: PP. 41-

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

14. M., (2011),"**Gender and climate change in Australia**", Journal of Sociology, Vol. 47, No. 1, pp. 53-70.
15. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2015.pdf)
16. 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.
17. Esteban, P. Jones, F.D. Martin-Vide, J. Mases M., (2005), "Atmospheric **circulation patterns related to heavy snowfall days in Andora, Pyrenees**", International Journal of Climatology, 25: PP. 319-329.
18. Evans, J.P., (2009)," **21st century climate change in the Middle East**", Climate Change, 92: 417–432. (Doi: 10.1007/s10584-008-9438-5)
19. IPCC (2014), "**Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**", [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
20. Jump up^ Mosley L.M. Palmer, D. Leyden, E. Fitzpatrick, R, and Shand, P., (2014)," **Acidification of floodplains due to river level decline during drought**", Journal of Contaminant Hydrology 161: 10–23.
21. Parvin, N., (2013), "**Classification and analysis Synoptic patterns of the most sever wet year Uremia Lake Basin during 1977-2012**", International Research Journal of Applied and Basic Sciences, VOL 4, 10: PP. 3058-
22. Prokurat, S., (2015). "**Drought and water shortages in Asia as a threat and economic problem**", Journal of Modern Science. 26 (3), Retrieved 4 August 2016.3
23. Saha, S. and et al., (2010), "The **NCEP Climate Forecast System Reanalysis**", Bull. Amer. Meteor. Soc. 91: PP. 1015–1057. DOI: 10.1175/2010BAMS3001.2.S1.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]

24. Shen S., (2003), "**Global warming science and policy: progress 2002-2003**", Proceeding of 14th Global warming International conference and expo (24-30 may, Boston. USA), PP. 7-18.
25. Wang, J. Chen, F. Jin, L. Bai, H., (2010)," **Characteristics of the dry/wet trend over arid central Asia over the past 100 years**", Climate Research, 41: pp. 51-59.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6]