بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

دکتر زهرا حجازی‌زاده عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت معلم تهران
دکتر زین‌العابدین جعفرپور عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت معلم تهران
نادر پروین دانشجوی دکتری اقلیم در برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه تربیت معلم

چکیده

سیل یکی از مخاطرات محیطی است که هر ساله خسارات فراوانی به بار می‌آورد. از آنجا که اغلب ویژگی‌های محیطی را می‌توان در ارتباط با الگوهای گردشی تبیین کرد، بررسی و تعیین الگوهای سینوپتیکی مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر اهمیت و ضرورت خاصی می‌یابد.

در این مطالعه، پس از تعیین آستانهٔ سیلاب‌های مخرب و فراگیر، داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۴۴ طوفان مولد سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۲۲ ایستگاه) (۱۷۱ روز سیلابی) طی دورهٔ (۱۳۸۴-۱۳۷۰) با استفاده از روش تحلیل عاملی و تکنیک خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی وارد در محیط نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه و تحلیل شد. و نهایتاً هفت الگوی سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضهٔ آبریز مزبور شناسایی و طبقه‌بندی شد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که، به هنگام وقوع سیلاب‌های مذکور محور تراف به سمت عرض‌های جغرافیایی پایین عمیق‌تر شده و موقعیت حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نسبت به اغتشاشات سطح بالا به گونه‌ای بوده که، یا در زیر منطقهٔ واگرایی بالایی جلو تراف‌های موج کوتاه بادهای غربی قرار گرفته، یا در زیر قسمت جلوی سیستم سینوپتیکی سردچال بالایی واقع شده و یا اینکه در زیر قسمت جلوی بادهای غربی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

مسیر جنوبی سیستم مانع قرار گرفته است. در این بین، الگوی سینوپتیکی تراف موج کوتاه بادهای غربی مولد ۶۷/۳٪ از کل سیلاب‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آستانهٔ سیل، تحلیل عاملی، تجزیهٔ خوشه‌ای، روش وارد، الگوی سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

مقدمه

سیلاب به عنوان یکی از مخاطرات محیطی همواره طی تاریخ حیات بشری ابعاد مختلف زندگی را دستخوش تغییر و تهدید نموده و با داشتن بیشترین فراوانی نسبی وقوع از حوادث طبیعی (حدود ۴۰٪) باعث خسارات مالی و حتی جانی زیادی در جهان شده‌اند. در کشور ایران به سبب داشتن تنوع محیطی از ۴۰ نوع بلای طبیعی جهان، ۳۱ مورد آن رخ داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸). بدین‌ترتیب، بر اساس گزارش فائو[۱]، ایران از نظر استعداد و پتانسیل خیزی بلایای طبیعی رتبه‌ی دهم را در جهان به خود اختصاص می‌دهد (شن[۲]، ۲۰۰۳).

اخیراً بسیاری از محققان به وجود روند صعودی تعداد رخدادهای مخاطرات محیطی ناشی از بارش‌های زیاد از قبیل سیلاب‌های مخرب و بارش‌های برف سنگین در مناطق مختلف نیمکرهٔ شمالی پی‌برده‌اند(روجر و همکارانش(۲۰۰۰)، هایلاک و نیکولز[۳] (۲۰۰۰) و سالینجر و گریفیتس[۴] (۲۰۰۱)). این موضوع در موردافزایش فراوانی‌وقوع سیلاب‌های مخرب ایران هم کاملاً صادق است. به طوری که، طی دههٔ ۱۳۷۰-۱۳۳۰ متوسط نرخ رشد فراوانی تعداد وقوع سیلاب‌های مهم

۱- سازمان خواربار جهانی(FAO)

2-Shen
3-Haylock & Nicholls
4-Salinger & Griffiths

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۲/۴ درصد بوده و میزان خسارت آنها طی چهار دهۀ گذشته بالغ بر ۲۱ هزار میلیارد و سی میلیون ریال برآورد شده است (ترکارانی و عساکره، ۱۳۷۸). بر اساس بررسی دیگری روزانه به طور متوسط حدود ۳ میلیارد ریال خسارت ناشی از سیل به کشور تحمیل می‌شود (مهدوی، ۱۳۸۱).

به سبب موقعیت خاص جغرافیایی حوضۀ آبریز دریاچۀ ارومیه، بارش‌های متنوع، ویژگی‌های دمایی، وضعیت زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و توپوگرافی ویژه آن در نواحی مختلف و وجود تراکم بالای جوامع روستایی و شهری و قطب مهم کشاورزی کشور، هر ساله مشکلات و تنگناهای ناشی از کمبود و بیش بود غیر معمول بارش نمود خاصی پیدا کرده و ساکنان منطقه را به نحوی رنج می‌دهد (پروین، ۱۳۸۰). از این‌رو، مطالعۀ عوامل ایجاد سیلاب‌های مخرب در منطقۀ مذکور اهمیت و ضرورت خاصی پیدا می‌کند. با این حال، پژوهش‌هایی که از دیدگاه جغرافیایی به تجزیه و تحلیل این پدیده پرداخته تا شناختی جامع از نظام حاکم بر تغییرات زمانی و مکانی سیلاب‌ها و الگوهای سینوپتیکی مولد آن فراهم آورده باشد، چندان زیاد نیست.

با توجه به این مهم، هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل توزیع زمانی و مکانی سیلاب‌های مخرب و فراگیر در سطح حوضۀ آبریز دریاچۀ ارومیه و شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی مولد آنها به منظور پیش‌بینی، کاهش اثرات ناشی‌از سیل وکمک به تصمیم‌گیران درخصوص اقدامات‌پیشگیرانه می‌باشد. با این توصیف، در این پژوهش با فرض بر ذکر موارد ذیل به بررسی و تحلیل سینوپتیکی سیلاب‌های مخرب پرداخته می‌شود:

- از نظر توزیع زمانی، وقوع سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضۀ آبریز دریاچۀ ارومیه در فصل بهار تمرکز دارد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

- الگوی سینوپتیکی واحدی سبب ایجاد سیلاب‌های مخرب و فراگیر منطقهٔ موردمطالعه می‌باشد.

سیل یک رخدادطبیعی است که متاثر از عوامل متعددی است. مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی وعوامل حوضه‌ای (شامل عوامل موفولوژیکی، پوشش گیاهی و نحوهٔ استفاده از اراضی، زمین‌شناسی وخاک و نهایتاً فعالیت‌های انسانی) در بروز سیلاب و تغییرات دبی‌های سیلابی تاثیرگذارهستند(داودی راد ومهدوی، ۱۳۷۸). از دیدگاه اقلیم‌شناسی، هرگاه میزان بارش (عامل اقلیمی) به حدی باشد که سبب سرریزشدن آب از مجرای اصلی خود و طغیان رودخانه شود، سیل اتفاق افتاده است. بنابراین، عوامل اقلیمی (رگبارهای بارش) عامل اصلی ایجاد سیل است.

هرچند که تعاریف ساده مذکور نمی‌تواند پیچیدگی‌های فراوان سیل را کاملاً تبیین کند، با این حال در این پژوهش، بهره‌گیری از سه دیدگاه اقتصادی، اقلیم شناسی و هیدرولوژی برای تعریف و معیار انتخاب سیلاب‌های مخرب و فراگیر موردتاکید است. به طوری که، شدیدترین و فراگیرترین سیل‌های سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با توجه به شاخص‌های توزیع زمانی و مکانی وقوع سیل و میزان خسارتشان، آستانه و مبنای روش کار این مطالعه است.

سوابق پژوهش

یارنال و همکارانش[1] (۱۹۹۸) بر این عقیده‌اند که در مطالعات اقلیم‌شناسی سینوپتیک دو مرحلهٔ جداگانه وجود دارد. در مرحلهٔ اول، الگوهای چرخشی اتمسفر که غالباً به صورت سطوح فشار سینوپتیکی هستند طبقه‌بندی می‌شوند و

1-Yarnal & et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

در مرحله‌ی بعد، تاثیر و رابطه هر یک از الگوهای چرخشی با اقلیم یک مکان یا ناحیه‌ای از سطح زمین موردبررسی قرار می‌گیرند. به طورکلی، مطالعات و پژوهش‌های پیرامون الگوهای سینوپتیکی حاکم بر پدیده‌های محیطی به ویژه سیلاب‌های مخرب را می‌توان به دو دستهٔ **مطالعات موردی و مطالعات اقلیمی (بلندمدت)** تقسیم‌بندی کرد:

با توجه به ماهیت و روش کار مطالعات دستهٔ اول، نقش آمار و مدل‌های پیچیدهٔ آماری را در این‌گونه تحقیقات می‌توان نادیده و یا کم‌رنگ دانست. زیرا کانون تمرکز صرفاً روی بررسی و توصیف موقعیت محل وقوع سیل نسبت به الگوی سینوپتیکی بوجود آورنده در آن روز و یا یکی دو روز قبل است. سپس عناصر اقلیمی سیستم‌های سینوپتیک سطح زمین و سطوح مختلف بالا توصیف و تحلیل سینوپتیکی می‌گردند. از جمله مطالعات مذکور کارهای نلسون[۱] (۱۹۵۱)، مینز[۲] (۱۹۵۶)، بل و جانوویک[۳] (۱۹۹۵)، جانکر و همکارانش[۴] (۱۹۹۹)، تراتو و رئال[۵] (۲۰۰۴)، لیمن و همکارانش[۶] (۲۰۰۵) و ... قابل ذکر است. نتیجهٔ مطالعه و بررسی کان وهمکارانش[۷] (۲۰۰۳) درخصوص وقوع سیلاب‌بزرگ جولای ۱۹۹۹ در منطقهٔ قطبی آلاسکاحاکی از آن است‌که، ورود هوای مرطوب وناپایداراقیانوس آرام شمالی به منطقه سبب تشکیل سیستم‌های ناپایدار سیکلون جبهه قطبی گردیده

1-Nelson
2-Means
3-Bell & Janowiak
4-Junker and et al
5-Turato and Reale
6-Lyman and et al
7-Kane and et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

و به همراه ناپایداری مذکور، آب‌های ناشی ازذوب برف‌ها ویخزدگی افق‌های بالایی خاک موجب وقوع سیلاب‌هایی به بزرگی سه برابرسیلاب‌های گذشته شده است.

این نوع مطالعات مقدمه‌ای برای آغاز مطالعات اقلیمی بوده است. پس از جنگ جهانی دوم وآشنایی اقلیم‌شناسان با استفاده از رایانه و بکارگیری روش‌های کمی و مدل‌های پیچیدهٔ ریاضی و آماری موجبات این مهم فراهم شد که، اکثر اقلیم‌شناسان روش تحلیل عاملی (تابع تجربی عمودی یا روش تحلیل مولفه‌های اصلی) و تحلیل خوشه‌ای را جهت طبقه‌بندی سینوپتیک، طبقه‌بندی نقشه‌های هوا و ناحیه‌بندی (پهنه‌بندی) اقلیمی بکار گیرند. روش تحلیل مولفه‌های اصلی توسط پیرسن[1] در سال ۱۹۰۱ به وجود آمد و سپس در سال ۱۹۲۳ توسط هتلینگ[2] گسترش یافت (فرشادفر، عزتا... ۱۳۸۰). استفاده از روش مذکور (تحلیل عاملی) ابتدا توسط فاکوکا در سال ۱۹۵۱ جهت طبقه‌بندی نقشه‌های هوا بکار برده شدو لورنز (۱۹۵۶) روش مشابهی را تحت عنوان تابع تجربی عمودی در ادبیات خود بکاربرد (ریچمن[3]، ۱۹۸۱).

از جمله مطالعات مختلفی که در آنها روش‌های مذکور بکار گرفته شده است می‌توان به کارهای مولتنی و همکارانش[4] (۱۹۸۳)، سررا و همکارانش[5] (۱۹۹۸)، آندرس و همکارانش[6] (۲۰۰۰) در خصوص شناسایی الگوهای فضایی بارش در مناطق مختلف اشاره کرد.

1-Pearson
2- Hetling
3 -Richman
4-Molteni and et al
5-Serra and et al
6-Andres and et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

فاول و فاول[۱] (۱۹۹۳)، جونز[۲] (۱۹۹۹)، دیم[۳] (۲۰۰۶) با استفاده از عناصر مختلف اقلیمی جهت تعیین پهنه‌های دمایی، تهیه نقشه‌های پراکندگی بارش و ناحیه‌بندی اقلیمی روش تحلیل مولفه‌های اصلی و روش‌های مختلف خوشه‌بندی را بکار گرفته‌اند. گروه‌بندی دقیق ۴۴ رگبار بارشی فرین اسپانیا توسط کساس و همکارانش[۴] (۲۰۰۴)، شناسایی الگوهای فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ایالات متحده و نیمکرهٔ شمالی (کاولکانتی و کایانو[۵]، ۲۰۰۵)، تعیین الگوهای چرخش اتمسفری مرتبط با بارش‌های عرض‌های میانه آسیا (آیزن و همکارانش[۶]، ۲۰۰۱) و نهایتاً شناسایی سه الگوی سینوپتیکی حاکم بر ۳۱ طوفان حاره‌ای شدید ایالت آریزونای آمریکاتوسط مادوکس وهمکارانش[۷] (۱۹۹۵) همگی اشاره به نمونه‌هایی از کاربرد فراوان تحلیل عاملی و تجزیهٔ خوشه‌ای در مطالعات اقلیم‌شناسی دارد.

درارتباط بابررسی اقلیم‌شناسی سینوپتیک سیلاب‌های بزرگ تاکنون کارهای مهمی انجام شده و ابعاد و جنبه‌های مختلف آن موردمطالعه و بررسی قرار گرفته است. جینگی و هال[۸] (۲۰۰۴) در کاری مشابه مطالعهٔ بهالم و مولی[۹] (۱۹۸۰) با استفاده از روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای، به ترتیب نواحی همگن سیلاب‌های شدید و فراگیر چین و هندوستان را شناسایی کردند. از آنجا که بررسی عوامل اقلیمی ایجاد سیلاب‌های بزرگ و مخرب مدنظر است، در این‌گونه

1-Fovell and Fovell
2-Jones
3-Diem
4-Casas and et al
5-Cavalcanti & Kayano
6-Aizen and et al
7-Maddox and et al
8-Jingyi & Hall
9-Bhalme & Mooley

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

مطالعات عمدتاً تداوم بارش‌های سنگین وبیش از حدمعمول به عنوان عامل اصلی ایجاد سیل ذکر شده و الگوهای سینوپتیکی حاکم بر وقوع بارش‌های نادر و غیر معمول را برای لایه‌های بالای جو و سطح زمین شناسایی و تحلیل کرده‌اند (برازدیل و همکارانش[1]، ۱۹۹۹؛ کاروالهو و همکارانش[2]، ۲۰۰۲).

الی و همکارانش[3] (۱۹۹۴) به منظور شناسایی و بررسی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های بزرگ شش زیر حوضهٔ جنوب غربی ایالات متحدهٔ آمریکا، ابتدا دبی‌هایی با دورهٔ بازگشت ده ساله را به عنوان آستانهٔ سیلاب‌های مهم و مخرب انتخاب کردند. سپس نقشه‌های مرکب سطوح ۷۰۰ هکتوپاسکال و بالاتر آن روزها را به کمک روش تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل خوشه‌ای تهیه کردند. یافته‌های این محققان نشان داد که، تغییرات مکانی آنومالی‌های فشار کم و زیاد روی اقیانوس آرام شمالی و اثر اشکال توپوگرافی مرتفع منطقه در شکل‌گیری توده‌های هوای ناپایدار و پیدایش سیستم‌های جبهه‌ای فوق العاده حاره‌ای و سرد چال‌های بالایی و متعاقب آن ایجاد سیلاب‌های شدید منطقه‌ای فصل زمستان و تابستان تاثیر عمده‌ای داشته است.

کوداما و بارنز[4] (۱۹۹۷) در کار خود علاوه بر مطالعهٔ فراوانی سیلاب‌های ناگهانی و برق‌آسای دامنه‌های جنوبی هاوایی طی دورهٔ ۹۲-۱۹۷۸، چهار سیستم سینوپتیکی ذیل را برای توجیه وقوع حوادث استثنایی بارش منطقهٔ مذکور شناسایی و تحلیل سینوپتیکی کردند.

1-Brazdil and et al
2-Karvalho and et al
3-Ely and et al
4-Kodama & Barnes

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

- سیستم‌های حاره‌ای - طوفان‌های کونا
- ترافهای ترپوسفر بالایی - جبهه‌های سرد

وجود پیک (اوج) فراوانی سیلاب‌های ناگهانی در فصل زمستان (دورهٔ سرد) و یک بیشینهٔ ثانویه نیز در فصل تابستان، بخش دیگری از یافته‌های این محققان است.

در ادبیات ایران، آغاز پژوهش‌های علمی مرتبط با بررسی سینوپتیکی سیلاب‌ها به اواخر دههٔ ۱۹۸۰ برمی‌گردد و به تدریج در دههٔ ۱۹۹۰ این تحقیقات بیش از پیش توسعه و گسترش پیدا کرد. با این وجود، تعداد آنها محدود بوده است. تحقیقات گذشته تاکنون عمدتاً جزو مطالعات دستهٔ اول بوده و تکنیک‌ها و مدل‌های پیچیدهٔ ریاضی و آماری جهت بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی حدوث سیلاب‌ها کمتر بکار گرفته شده است. از جمله مطالعات مذکور می‌توان به کارهای ارزشمند تقی‌زاده (۱۳۶۶)، سبزی‌پرور(۱۳۷۰)، حسینی (۱۳۷۳)، بابائیان و همکارانش (۱۳۸۰)، علیجانی و همکارانش (۱۳۸۳) و ... اشاره کرد.

یافته‌های نصیری و قائمی (۱۳۷۸) در خصوص تحلیل الگوهای سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های سنگین حوضه‌های آبریزکرخه و دز که منجربه سیلاب‌های بزرگ می‌گردد حاکی از وجود دو سیستم مجزای مدیترانه‌ای و سودانی است که هرکدام به ترتیب در بارش‌های این حوضه‌ها موثرند. با این تفاوت که، سیستم‌های سودانی به دلیل داشتن منبع غنی رطوبت و دمای بالا، بارش‌های شدیدتری را برای حوضهٔ دز ایجاد می‌کنند و سیلاب‌های بزرگی را به وجود می‌آورند.

براساس مطالعهٔ مرادی (۱۳۸۳) از بررسی چهل و دو سیستم طوفان‌زای حدوث سیل در شمال شرقی ایران چنین برمی‌آیدکه، بیشترین فراوانی وقوع سیل منطقهٔ موردمطالعه مربوط به بارش‌های بهاره با دو منشاء اصلی ذیل بوده است:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

الف) کم‌فشارهای مهاجر با دو منشاء اروپایی و سیبریایی که اولی به ترتیب از دریای سیاه وشرق مدیترانه و دومی از طریق دریاچهٔ آرال ودریای خزر به سوی منطقه مذکور کشیده می‌شوند.

ب) کم‌فشارهایی که از دریای سرخ منشاء گرفته‌اند و به سمت شمال شرقی ایران شارش می‌یابند. دوسیستم مذکورهنگامی که با هم ادغام می‌شوندبارش‌های شدید و سنگینی را که تداوم زیادی هم در منطقه داشته به وجود می‌آورند.

اگرچه تاکنون تعداد زیادی از مدل‌ها و روش‌های پیچیدهٔ ریاضی و آماری به ویژه روش تحلیل عاملی و تجزیهٔ خوشه‌ای در بسیاری از مطالعات اقلیم‌شناسی به کار گرفته شده است (حجازی‌زاده (۱۳۷۲)، موسوی و داودی راد (۱۳۷۸)، مسعودیان(۱۳۸۲)، علیجانی و پرنیان(۱۳۸۳)، هوشیار(۱۳۸۴)، فتاحی و حجازی زاده(۱۳۸۴)، مسعودیان(۱۳۸۴)و ...) اما براساس بررسی‌های محقق، تعداد مطالعاتی که از دیدگاه اقلیمی سیستم‌های سینوپتیکی حدوث سیلاب‌های مخرب را در مناطق مختلف ایران شناسایی و مطالعه کرده باشند، بسیار اندک است. با این وجود، تاکنون مطالعات جامع و دقیقی در خصوص شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی ایجاد سیلاب‌های مخرب و فراگیر در سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه انجام نشده است.

منطقهٔ موردمطالعه

منطقهٔ موردمطالعه حوضهٔ آبریزدریاچهٔ ارومیه واقع درشمال غربی ایران بوده که با مساحت ۵۱۸۶۶ کیلومتر مربع (شرکت مهندسین مشاور جام‌آب، ۱۳۶۷) بیش از نیمی از مساحت استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، قسمتی از استان کردستان و سطح بسیار کوچکی از استان زنجان را در بر گرفته و مجموعاً، ۴۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

کانون شهری و ۱۴۴ دهستان را با جمعیت کل حدود ۳/۷ میلیون نفر را در خـود جای داده است (شکل۱ و۲).

مواد و روش‌ها

داده‌های خام روزانهٔ (ساعت صفر گرینویچ) ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای وقوع سیل مخرب و فراگیر طی دورهٔ ۱۵ سال از فروردین ۱۳۷۱ تا اسفند ماه ۱۳۸۴ مبنای کار مطالعهٔ مذکور می‌باشد. این انتخاب 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 (حجازی‌زاده (۱۳۷۹) و جعفرپور(۱۳۷۹)).

بطور کلی، جهت شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای فشار حاکم بر سیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه سه نوع داده از چهار سازمان ذیل اخذ گردید.

۱) داده‌های فشار ساعتی و روزانه سطح دریاهای آزاد (استاندارد) و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای سیلابی از سایت اینترنتی مرکز ملی پیش‌بینی محیطی[1] و مرکز ملی تحقیقات هواشناسی (NCEP/NCAR)[2] اخذ شد.

۲) داده‌های فشار و بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی سطح حوضهٔ آبریز مذکور از بخش خدمات ماشینی آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کل کشور و ادارات کل هواشناسی استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان تهیه شد.

1-National Center Environemental Pridiction(مرکز ملی پیش بینی محیطی)

2-National Center Atomespheric Reasarch(مرکز ملی تحقیقات هواشناسی)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

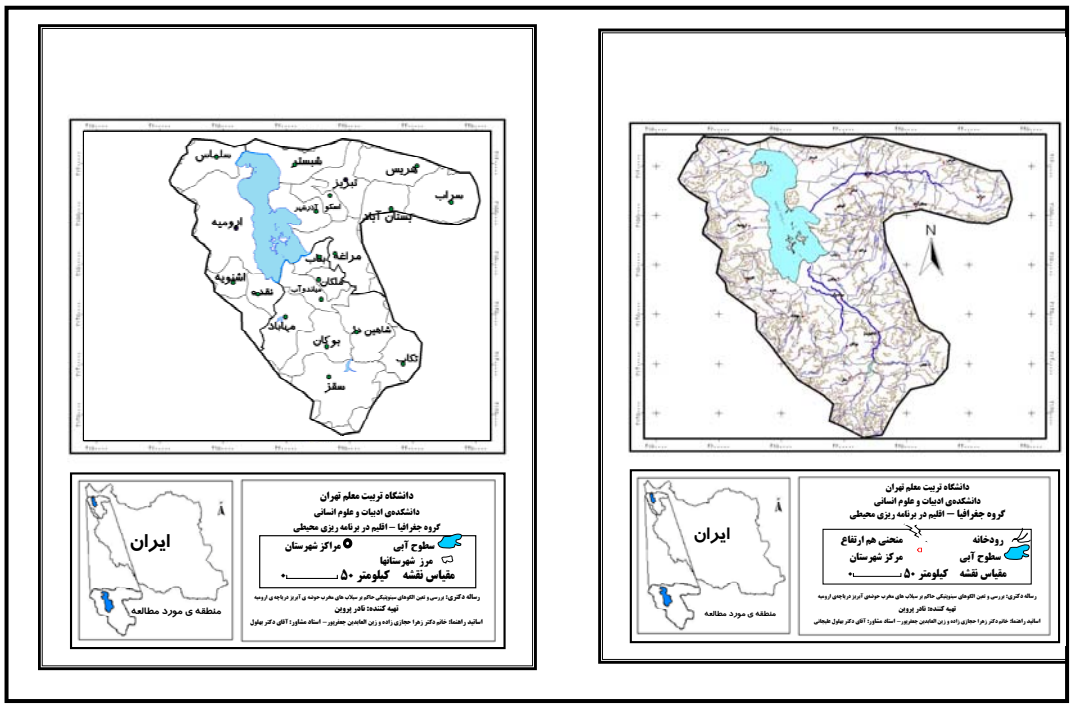
۳) داده‌های دبی متوسط روزانه، دبی ماکزیمم ماهانه و دبی اوج سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری شبکه رودخانه‌های سطح حوضه از مرکز تحقیقات تمآب وزارت نیرو جمع‌آوری گردید.

۴) اطلاعات مربوط به برآورد خسارت‌های قابل‌توجه سیلاب‌های مخرب شهرهای منطقهٔ موردمطالعه ازفرم‌های شمارهٔ پنج گزارش ستادحوادث غیرمترقبه استانداری‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان و وزارت کشور استخراج گردید. انتخاب ایستگاه‌ها و شهرهای مذکور به گونه‌ای بود که به طور یکنواخت سطح کل حوضه را پوشش داده و معرف خوبی برای کل منطقه بودند.

بکارگیری داده‌های ارتفاعی بازسازی شدهٔ NCEP/NCAR در این مطالعه، به دلیل همخوانی وصحت بالای آنها(نیتووهمکارانش[1](۲۰۰۴)) و استفادهٔ گستردهٔ محققان اقلیم‌شناس (کارل‌وهمکارانش[2] (۱۹۸۲)، ریچمن ولمب[3](۱۹۸۵)، استبان وهمکارانش[4](۲۰۰۵) و...) از این‌داده‌ها جهت‌بررسی تغییرات شرایط محیطی روی زمین، به ویژه مطالعهٔ اقلیم‌شناسی حوادث فرین و نادر[5] اقلیمی ازقبیل بارش‌های شدیدو بیش ازحد، برف‌های سنگین، سیلاب‌های بزرگ، آلودگی هوا و ... می‌باشد.

1-Nieto and et al
2-Karl and et al
3-Richman & Lamb
4-Esteban and et al
5-Extrem

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۱ و۲ نقشهٔ توپوگرافی و رودخانه‌های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه (سمت راست) و نقشهٔ شهرستان‌های واقع در آن(سمت چپ)

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

از آنجا که انتخاب شاخص‌های مشخص ومنتج از داده‌های بلندمدت و همگن جهت بررسی و تحلیل پدیده‌های حدی (مقادیر فرین) در مطالعات اقلیم‌شناسی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

موردتاکید است (فریچ و همکارانش[1]، ۲۰۰۲)، در این مطالعه، آستانهٔ انتخاب سیستم‌های طوفان‌زای حدوث سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه با توجه به برآورد مقیاس خسارت سیل و شاخص توزیع زمانی و مکانی وقوع آن، در مرحلهٔ اول بر اساس آمار و اطلاعات ثبت شده در فرم‌های شمارهٔ پنج ستاد حوادث غیرمترقبه در نظر گرفته شده است. با این وجود، برای اعتمادبیشتر به زمان وقوع سیل‌های گزارش شده در قالب فرم مذکور، از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های دبی متوسط روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری سطح حوضهٔ آبریز نیز استفاده شد. بدین‌ترتیب، با توجه به وضعیت پستی وبلندی، مساحت، موقعیت جغرافیایی، شبکهٔ آبراهه‌های اصلی وعکس‌العمل سریع حوضه‌های آبریز کوچک به بارش، سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به سه زیر حوضهٔ کوچکتر (غربی، جنوبی و شرقی) تقسیم‌بندی شد. سپس، روزهای سیلابی با شرایط ذیل انتخاب گردید.

۱) طی سه روز متوالی حداقل در یک سوم از حوزه‌های شهری انتخاب شده براساس اطلاعات مندرج در فرم شمارهٔ پنج ستاد حوادث غیرمترقبه وقوع سیل مخرب ثبت و گزارش شده باشد.

۲) حداقل ۵۰ درصد از ایستگاه‌های هواشناسی سطح یکی از زیر حوضه‌های آبریز و ۲۵ درصد از ایستگاه‌های هواشناسی یکی از دو زیر حوضهٔ دیگر بارش را ثبت کرده باشند.

۳) حداقل دو روز بارش تداوم داشته باشد.

۴) افزایش ناگهانی و قابل‌توجه دبی متوسط روزانه (بیش از سه برابر دبی روز قبل) حداقل در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب منطقهٔ موردمطالعه.

1-Frich and et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

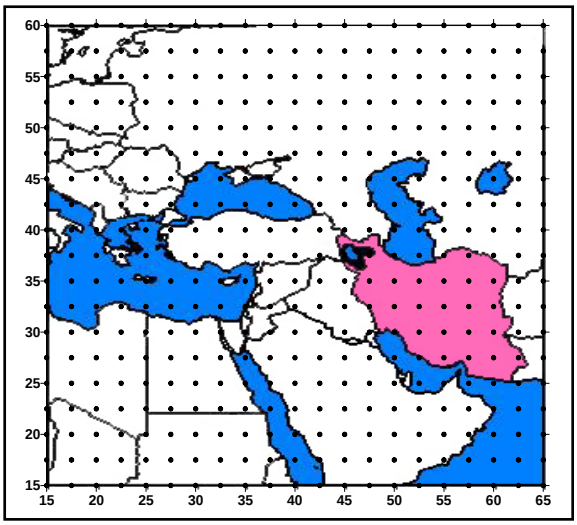
با توجه به اینکه شناسایی و طبقه‌بندی دقیق الگوهای سینوپتیکی براساس روش‌های کمی و بدون اعمال‌نظر محقق نیاز به استفاده از روش آماری و ریاضی پیچیده‌ای دارد، بدین‌منظور، برای پردازش آنها به کمک روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰هکتوپاسکال روزهای وقوع سیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز شامل ۳۹۹ تلاقی یا نقطهٔ ارتفاعی واقع در محدودهٔ بین ۱۵ تا ۶۰ درجهٔ عرض جغرافیایی شمالی و۱۵تا۶۵درجهٔطول جغرافیایی شرقی به صورت یک ماتریس ۱۹ ردیف در ۲۱ ستون تنظیم شده است. در واقع تلاقی‌های این ماتریس به عنوان متغیرهای موردمطالعه در چارچوب یک شبکهٔ منظم جغرافیایی با فواصل 2/5×2/5 درجهٔ جغرافیایی از هم قرار گرفته‌اند. میزان تفکیک داده‌ها در قالب شبکهٔ مذکور به طور مساوی تا شعاع ۱۵۰ کیلومتر می‌باشد (انک و همکارانش[1]، ۲۰۰۵). تعیین محدودهٔ مطالعاتی مذکور به دلیل امکان خودنمایی کامل سیستم‌های سینوپتیکی سطوح مختلف جو بوده که سیلاب‌های مخرب را در سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه به وجود می‌آوردند (شکل۳).

از طرفی، انتخاب ایستگاه‌های منتخب هواشناسی و هیدرولوژی و همچنین نقاط شهری به گونه‌ای بوده که بتواندتوزیع و پراکنش مناسبی را در سطح حوضهٔ آبریز مذکور داشته و معرف خوبی برای کل منطقهٔ موردمطالعه باشد. به طوری که، با توجه به توپوگرافی منطقه و در نظرگرفتن حداکثر احتمال وقوع سیل، تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری دارای آمار بلندمدت واقع در بخش‌های میان رودها و دشت‌های پایین رودها مورداستفاده قرار گرفته است. بعلاوه، در انتخاب این ایستگاه‌ها رعایت نزدیکی فاصله و مجاورت با مکان وقوع سیلاب‌ها نیز مدنظر

1-Enke and et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بوده است. با توجه به موارد فوق مشخصات نقاط شهری و ایستگاه‌های منتخب هواشناسی و هیدرومتری سطح حوضه بشرح جدول ۱ است.



شکل ۳: نقشهٔ تلاقی شبکهٔ جغرافیایی داده‌های بازسازی شدهٔ NCEP/NCAR

پس از جمع‌آوری و تنظیم داده‌های موردنیاز، روش آماری تحلیل عاملی[۱] و تکنیک خوشه‌بندی[۲] سلسله‌مراتبی وارد[۳] جهت طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه مورداستفاده قرار گرفت. اصولاً تجزیه و تحلیل عاملی تکنیک آماری است که بین مجموعه‌ای فراوان از

1-Component analysis
2-Factor analysis
3-Ward,s method

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

متغیرهایی که به ظاهر بی‌ارتباط هستند رابطهٔ خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کند (شرکت آمارپردازان، ۱۳۷۷). بنابراین، یکی از اهداف اصلی تکنیک مذکور،کاهش ابعاد داده‌هاست (فرشادفر، ۱۳۸۰).

به طور خلاصه، در این مطالعه فرمول تجزیهٔ عاملی که 399 متغیر ما را به ۸ عامل تبدیل کرده است به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_i = \mu_i + \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + \ldots + \lambda_{i13}F_{13} + e_i \quad i = 1,2,\ldots,399$$

که در آن فرض می‌شود $e_i \approx N(0, \sigma_i^2)$ هستند. Y_i اندازهٔ ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال متغیر (تلاقی)i ام، μ_i متوسط ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاقی i ام برای ۱۷۱ روز سیلابی است. λ_{ij} ضریب ارتباط تلاقی i ام با عامل j ام، F_j عامل‌های موثر برمتغیرها (تلاقی‌ها) هستند. e_i هم جملات خطا می‌باشند که فرض می‌شود از یکدیگر و از عامل‌های موجود مستقل‌اند.

هدف اصلی از روش تجزیهٔ خوشه‌ای ایجاد گروه‌ها یا طبقاتی است که از حداکثر تجانس درون‌گروهی و حداقل تجانس برون‌گروهی برخوردار باشند. در مجموع، جهت شناسایی و تعیین الگوهای سینوپتیکی حاکم برسیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه مراحل زیر پشت سر گذاشته شد:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول۱: مشخصات شهرها، ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرولوژی منتخب واقع در سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه

شهرستان یا ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	مساحت حوضه‌ی آبگیر (km^2)	طول دوره‌ی آماری
مراغه	سینوپتیک	۳۷° ۲۴´ N	۴۶° ۱۶´ E	۱۴۷۸	آباجالو سفلی	نازلو چای	۳۷° ۴۳´ N	۴۵° ۴´ E	**1290**	**1965**	۱۳۷۰-۸۴
ارومیه	سینوپتیک	۳۷° ۳۳´ N	۴۵° ۰۵´ E	۱۳۱۳	باباروود	باراندوز چای	۳۷° ۲۴´ N	۴۵° ۴´ E	**1285**	**1160**	۱۳۷۰-۸۴
تکاب	سینوپتیک	۳۶° ۲۳´ N	۴۷° ۰۷´ E	۱۷۶۵	دیزج(ارومیه)	باراندوز چای	۳۷° ۲۳´ N	۴۵° ۴´ E	**1320**	**618**	۱۳۷۰-۸۴
مهاباد	سینوپتیک	۳۶° ۴۶´ N	۴۵° ۴۳´ E	۱۳۸۵	قاسملو	بالانج چای	۳۷° ۲۱´ N	۴۵° ۴´ E	**1380**	**287**	۱۳۷۰-۸۴
سقز	سینوپتیک	۳۶° ۱۴´ N	۴۶° ۱۶´ E	۱۵۲۳	پل بهراملو سنتو	گادار چای	۳۶° ۵۴´ N	۴۵° ۴´ E	**1285**	**2090**	۱۳۷۰-۸۴
تبریز	سینوپتیک	۳۸° ۰۵´ N	۴۶° ۱۷´ E	۱۳۶۱	نقده	گادار چای	۳۶° ۵۸´ N	۴۵° ۴´ E	**1340**	**1565**	۱۳۷۰-۸۴
مراغه	سینوپتیک	۳۷° ۲۴´ N	۴۶° ۱۶´ E	۱۴۷۸	هاشم‌آباد بیبکران	باراندوز چای	۳۷° ۱۷´ N	۴۴° ۴´ E	**1570**	**382**	۱۳۷۰-۸۴
بناب	سینوپتیک	۳۷° ۲۰´ N	۴۶° ۰۴´ E	۱۲۹۰	تپیک	نازلو چای	۳۷° ۴۰´ N	۴۴° ۴´ E	**1450**	**1715**	۱۳۷۰-۸۴
سراب	سینوپتیک	۳۷° ۵۶´ N	۴۷° ۳۲´ E	۱۶۸۲	بیطاس	مهاباد چای	۳۶° ۴۱´ N	۴۵° ۴´ E	**1420**	**203**	۱۳۷۰-۸۴
سلماس	سینوپتیک	۳۸° ۱۳´ N	۴۴° ۵۱´ E	۱۳۳۷	گرد یعقوب	مهاباد چای	۳۷° ۰۰´ N	۴۵° ۴´ E	**1280**	**1635**	۱۳۷۰-۸۴
میاندوآب	سینوپتیک	۳۶° ۵۸´ N	۴۶° ۰۶´ E	۱۳۱۴	سیمینه رود	سیمینه رود	۳۶° ۵۷´ N	۴۶° ۴´ E	**1290**	**3368**	۱۳۷۰-۸۴
بستان آباد	کلیماتولوژی	۳۷° ۵۰´ N	۴۶° ۵۰´ E	۱۷۲۰	نظام آباد	زرینه رود	۳۷° ۰۳´ N	۴۵° ۴´ E	**1283**	**11578**	۱۳۷۲-۸۴
ملکان	کلیماتولوژی	۳۷° ۰۸´ N	۴۶° ۰۶´ E	۱۳۱۱	یالقوزآغاج	زولا چای	۳۸° ۱۴´ N	۴۴° ۴´ E	**1300**	**2204**	۱۳۷۰-۸۴
نقده	سینوپتیک	۳۳° ۳۲´ N	۵۱° ۵۴´ E	۱۳۳۸	بستان آباد	اوجان چای	۳۷° ۵۱´ N	۴۶° ۴۹´ E	**1700**	**575**	۱۳۷۰-۸۴
اشنویه	کلیماتولوژی	۳۷° ۰۲´ N	۴۵° ۰۵´ E	۱۵۲۰	آخوله	آجی چای	۳۸° ۰۱´ N	۴۶° ۰۳´ E	**1310**	**9752**	۱۳۷۰-۸۴
بوکان	سینوپتیک	۳۶° ۳۲´ N	۴۵° ۴۱´ E	۱۳۸۶	سرانسر	آجی چای	۳۷° ۵۳´ N	۴۷° ۲۹´ E	**1660**	**1700**	۱۳۷۰-۸۴
سهند	کلیماتولوژی	۳۷° ۲۰´ N	۴۶° ۲۲´ E	۱۶۶۶	ونیار	آجی چای	۳۸° ۰۷´ N	۴۶° ۲۴´ E	**1450**	**7432**	۱۳۷۰-۸۴
اسکو	سینوپتیک	۳۸° ۰۳´ N	۴۶° ۲۰۱´ E	۱۶۴۱	سعیدآباد	سعیدآبادچای	۳۷° ۵۹´ N	۴۶° ۳۵´ E	**1800**	**224**	۱۳۷۰-۸۴
آذر شهر	کلیماتولوژی	۳۷° ۴۵´ N	۴۵° ۵۸´ E	۱۳۵۰	بناب(صوفی چای)	صوفی چای	۳۷° ۱۹´ N	۴۶° ۰۳´ E	**1260**	**756**	۱۳۷۰-۸۴
شبستر	کلیماتولوژی	۳۸° ۱۱´ N	۴۵° ۴۱´ E	۱۴۰۰	لیقوان	لیقوان چای	۳۷° ۵۰´ N	۴۶° ۲۶´ E	**2200**	**76**	۱۳۷۰-۸۴
هریس	کلیماتولوژی	۳۸° ۲۴´ N	۴۷° ۲۲´ E	۱۳۸۶	هروی	لیقوان چای	۳۷° ۵۵´ N	۴۶° ۲۹´ E	**1980**	**186**	۱۳۷۰-۸۴
شاهین دژ	کلیماتولوژی	۳۶° ۵۶´ N	۴۶° ۵۹´ E	۱۳۹۰	شیرین کندی	لیلان چای	۳۷° ۰۱´ N	۴۶° ۱۶´ E	**1380**	**691**	۱۳۷۰-۸۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

				ینگجه	قلعه چای	۳۷° ۳۲´ N	۴۶° ۰۸´ E	1650	249	۱۳۷۰-۸۴
				شیشوان	قلعه چای	۳۷° ۲۷´ N	۴۵° ۵۳´ E	1270	534	۱۳۷۰-۸۴
				هرزه‌ورز	هرزه‌چای	۳۸° ۱۲´ N	۴۷° ۰۸´ E	1830	187	۱۳۷۳-۸۴

مرحلهٔ اول- انتخاب داده‌ها: در این مرحله با توجه به موضوع تحقیق از داده‌های مناسب اقلیم‌شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی‌های شبکهٔ NCEP) و چند زمان(روزهای وقوع سیل مخرب) استفاده شده است. بدین ترتیب، به منظور بررسی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال طی روزهای سیلابی داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای شبکهٔ نقاط ایستگاه‌های مرکز ملی پیش‌بینی مخاطرات محیطی واقع در محدودهٔ جغرافیایی ۱۵ تا ۶۰ درجهٔ عرض شمالی و ۱۵ تا ۶۵ درجهٔ طول شرقی برای روزهای سیلابی (براساس آستانه‌های تعریف شده) انتخاب شد. بنابراین، ماتریسی از شبکهٔ نقاط به ابعاد ۱۹ ردیف در ۲۱ ستون با مجموع ۳۹۹ دادهٔ ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۱۷۱ روز سیلابی موردمطالعه و ارزیابی قرار خواهدگرفت.

مرحلهٔ دوم- تنظیم ماتریس داده‌ها: در این گام ماتریس داده‌ها با در نظر گرفتن هدف این مطالعه در حالت S یا (S-mode) تنظیم و انتخاب گردید. محققان اقلیم‌شناس (هورل[1] (۱۹۸۱)، استبان و همکارانش[2] (۲۰۰۵) و...) به کرات از این آرایه درمطالعات مربوط به طبقه‌بندی الگوهای فشار استفاده کرده‌اند. بدین ترتیب، ماتریسی از داده‌ها به ابعاد ۱۷۱ ردیف(روز سیل) در ۳۹۹ ستون (ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) تنظیم شد.

1-Horel
2-Esteban and et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

مرحلهٔ سوم- محاسبهٔ ماتریس همبستگی بین داده‌ها: در این مرحله ماتریس همبستگی بین داده‌های خام متغیرها محاسبه شد. بدین‌ترتیب، می‌توان فهمید که کدام متغیرها همبستگی شدید یا ضعیفی با هم دارند. قبل از شروع به انجام تجزیه و تحلیل عاملی اعتبارسنجی تجزیه عاملی از طریق محاسبهٔ دترمینان ضرایب‌همبستگی بین متغیرهاو یا معیارکایزر- مییر-آلکاین(KMO)[1] آزمون گردد.

مرحلهٔ چهارم- استخراج عامل‌ها: این مرحله شامل محاسبهٔ ماتریس بارگویه‌ها (تعیین ماتریس وزنی عاملی)، انتخاب عامل‌ها و دوران آنها می‌باشد. میزان برازش مدل به داده‌ها نیز در همین مرحله صورت می‌گیرد.

مرحلهٔ پنجم- انتخاب تعداد خوشه‌ها: در این مرحله، روزهای سیلابی براساس نمرات عاملی و با استفاده از تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد در قالب نمودار درختی گروه‌بندی شدند. در ادامه، به منظور آشکارسازی و نمایش بهتر الگوی سینوپتیکی نمایندهٔ روزهای سیلابی هر خوشه برنامه‌ای نوشته شد تا براساس ۷۰٪ از کل داده‌های ارتفاعی هر تلاقی برای روزهای واقع در هر خوشه میانگین‌گیری انجام شود.

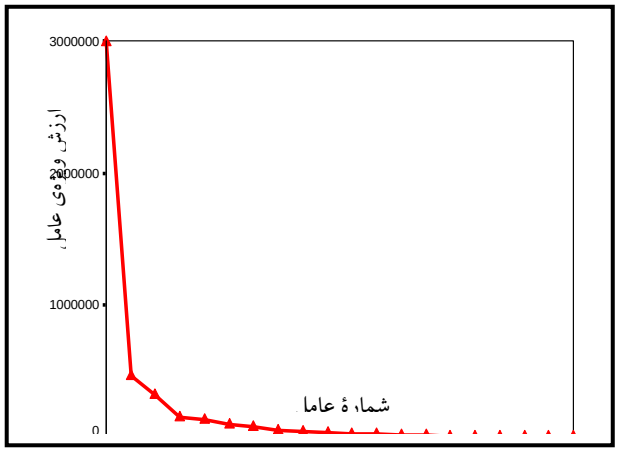
در نهایت، در محیط نرم‌افزار سیستم نقشه‌کشی سطحی (surfer) نقشهٔ مرکب الگوی سینوپتیکی حاکم بر روزهای سیلابی هر خوشه ترسیم و تحلیل سینوپتیکی شد.

1-Ksiser-Meyer-Olkin

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

بحث و نتیجه‌گیری

پس از تنظیم داده‌ها از آنجا که مقدار آمارهٔ $KMO \geq 0/9$ شد و خروجی محاسبهٔ 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 سیلابی، هشت عامل که در مجموع، ۹۴/۳٪ از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کردند استخراج شدند (نمودار۱). براساس نمودار مذکور فاصله یا شباهت بین خوشه‌ها بعد از عامل هفتم کاهش چشمگیری پیدا می‌کند. بنابراین، نقطهٔ افت منحنی در عامل هفتم تشخیص داده شد. در این بین، با توجه به اینکه عامل اول توانست به تنهایی ۶۵/۶٪ کل واریانس داده‌ها را تبیین کند و بررسی اجمالی جدول ماتریس همبستگی بین عامل‌های استخراج شده هم حاکی از عدم‌وجود وابستگی بین آنها بود وعامل‌ها از همدیگراستقلال کامل داشتند، مدل مذکورپذیرفته شد(جدول۳).



نمودار۱: اسکری تغییرات مقادیر ویژه برحسب اهمیت برای ۲۰ عامل اول

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

در نهایت، هفت الگوی سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز مذکور شناسایی و تعیین گردید (شکل۴). بررسی اجمالی الگوهای بدست آمده حاکی از آن است که، الگوهای مذکور را می‌توان درسه گروه عمدهٔذیل طبقه‌بندی کرد:

- گروه اول: تراف موج کوتاه - گروه دوم: سردچال بالایی - گروه سوم: سیستم مانع

بدیهی است که، به دلیل ناهنجاری‌های جابجایی ورتکس قطبی و موقعیت جت استریم‌ها و باندهای طوفانی مربوط به آنها انتقال انرژی از عرض‌های جغرافیایی بالا به سوی عرض‌های پایین‌تر بیش از حد معمول خود صورت گرفته و در نتیجه، گسترهٔ فعالیت و سیطرهٔ بادهای غربی بر روی منطقهٔ موردمطالعه بیشتر شده و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی مذکور شکل گرفته‌اند.

بطور کلی، در این مطالعه نتیجه‌گیری شد که، بارش‌های مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه عمدتاً به دلیل تشدید و تقویت سیستم‌های فشار در سطح زمین و سطح بالاست. به طوری که، به هنگام وقوع سیلاب‌های مذکور محور تراف به سمت عرض‌های جغرافیایی پایین عمیق‌تر شده و موقعیت حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نسبت به اغتشاشات سطح بالا (الگوهای سینوپتیکی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) به گونه‌ای بوده که، یا در زیر منطقهٔ واگرایی بالایی جلو تراف‌های موج کوتاه بادهای غربی قرارگرفته، یا در زیر قسمت جلوی سیستم سینوپتیکی سردچال بالایی واقع شده و یا اینکه در زیر قسمت جلوی بادهای غربی مسیر جنوبی سیستم مانع قرار گرفته است. در این بین، الگوی سینوپتیکی تراف موج کوتاه بادهای غربی علی‌رغم ماندگاری‌نسبی کمتر بر روی منطقه، مولدبخش عمده‌ای(۶۷/۳ ٪) از کل سیلاب‌های مخرب وفراگیر سطح

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

حوضهٔ آبریز مذکور می باشد. الگوی سینوپتیکی سیستم مانع و سردچال بالایی به ترتیب با فراوانی ۱۶/۹٪ و ۱۵/۸٪ در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند (جدول۴).

بررسی دیگر حاکی از آن است که، الگوهای سینوپتیکی تراف موج کوتاه نسبت به دیگرالگوهای سینوپتیکی شناسایی شده توزیع ماهانهٔ مناسب‌تری دارند. به طوری که، وقوع سیلاب‌های مخرب و فراگیر ناشی از حاکمیت الگوهای تراف موج کوتاه در اکثر ماه‌های اول سال به ویژه اردیبهشت ماه قابل‌انتظار است (نمودار۲).

پیشنهادات

نظر به اینکه، ۳۷٪ از کل بارش‌های سالانه سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه مربوط به بارش بهاره است و بخش عمده‌ای از ذخیرهٔ برفی ارتفاعات بخش علیای رودخانه‌ها نیز در این زمان به دلیل شروع روند افزایشی درجه حرارت و بارش‌ها ذوب شده و ازسوی رطوبت‌خاک منطقه هم بالاست، برتشدیدخسارت سیلاب‌های احتمالی افزوده خواهد شد. از این‌رو، ارائهٔ راهکارهای اساسی از دیدگاه علوم مختلف در این خصوص ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. با این توصیف، از دیدگاه اقلیم‌شناسی سینوپتیک در راستای جلوگیری یا کاهش خسارت‌های مالی و حتی جانی ناشی از وقوع سیل که همواره تهدید طبیعی برای ساکنان منطقه است پیشنهاد می‌گردد که راهکارهای ذیل مدنظر قرار گیرد:

- با توجه به توزیع زمانی، مکانی و حجم خسارت سیلاب‌ها و به منظور جلوگیری یا کاهش خسارت، سامانهٔ هشدار اولیهٔ سیل[1] در سطح حوضهٔ آبریز

1-Flood earrly warning system

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

طراحی و نصب گردد. تا با مشاهدهٔ الگوی سینوپتیکی شبیه به یکی از هفت الگوی شناسایی شده اطلاع‌رسانی و اقدامات پیش‌گیرانه صورت گیرد.

- اعمال سیاست‌های فیزیکی توسط ادارهٔ کل منابع طبیعی (تقویت و توسعهٔ مراتع و جنگل‌های استان، اجرای طرح دام و مرتع).

- اعمال سیاست‌های دولت توسط شهرداری‌ها و جهاد کشاورزی به ترتیب برای حفاظت از شهرها و روستاها در وقوع سیل.

- توصیهٔ راهکارهای مناسب برای زمین‌های شیب‌دار توسط جهاد کشاورزی به زارعین و کشاورزان و اجرای کامل طرح‌های جامع آبخیزداری در سطح حوضهٔ آبریز.

نتایج این مطالعه نشان داد که توانسته محقق را به اهداف پژوهش مذکور برساند. بااین وجود، براساس بررسی و تحلیل آماری توزیع زمانی وقوع سیلاب‌های مخرب سطح حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه نتیجه‌گیری شد که فرض اول محقق اثبات شده است.

با توجه به شناسایی و تعیین هفت الگوی سینوپتیکی و طبقه‌بندی آنها در سه گروه اصلی مجزا نتیجه‌گیری شد که، الگوی سینوپتیکی واحدی به تنهایی سبب ایجاد سیلاب‌های مخرب حوضهٔ آبریز نشده است. بنابراین، فرض دوم رد شد.

در نهایت، به منظور دانش‌افزایی و روشن‌شدن جنبه‌های دیگر مرتبط با پژوهش مذکور مطالعاتی در راستای شناسایی الگوهای سینوپتیکی سطح زمین مولد سیل در سطح منطقهٔ موردمطالعه در جای خود استحقاق پژوهش دیگری را در این ارتباط می‌طلبد. امید است دیگر محققان تلاش‌هایی را در این خصوص مدنظر داشته باشند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

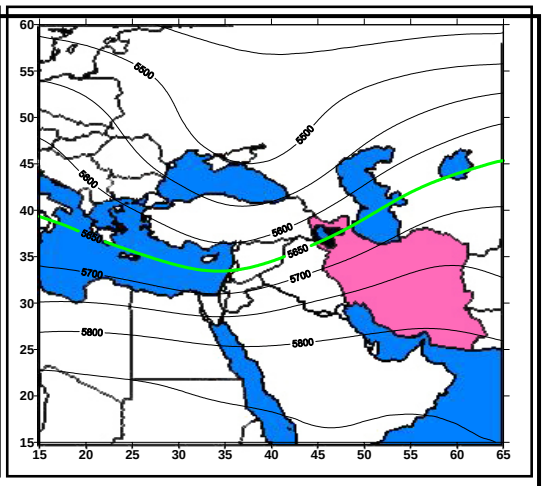
جدول۳: مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها در حالت قبل و بعد از چرخش متعامد عامل‌ها

مقدار کل واریانس تبیین شده					
عامل	ارزش ویژه اولیه			چرخش مجموع مربعات بارگویه‌ها	
	کل واریانس	درصد واریانس	مقادیر تجمعی درصد واریانس	درصد واریانس	مقادیر تجمعی درصد واریانس
۱	**2990851**	۶۵/۶	۶۵/۶	۲۴/۶	۲۴/۶
۲	**466906**	۱۰/۲	۷۵/۸	۹/۴	۳۴
۳	**325575**	۷/۱	۸۲/۹	۳۲/۲	۶۶/۲
۴	**147842**	۳/۲	۸۶/۲	۴/۸	۷۰/۹
۵	**136177**	۳	۸۹/۲	۱۳/۳	۸۴/۲
۶	**95570**	۲/۱	۹۱/۳	۱/۹	۸۶/۱
۷	**82373**	۱/۸	۹۳/۱	۱/۹	۸۸
۸	**57928**	۱/۳	۹۴/۳	۲	۹۰
۹				۱/۹	۹۱/۹
۱۰				۱/۸	۹۳/۷
۱۱				۰/۹	۹۴/۶
۱۲				۱/۱	۹۵/۷
۱۳				۱/۵	۹۷/۲

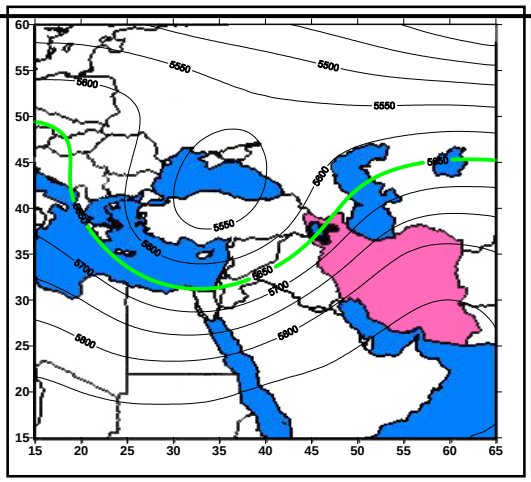
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول۴: توزیع فراوانی ماهانه الگوهای سینوپتیکی روزهای سیلابی هر خوشه

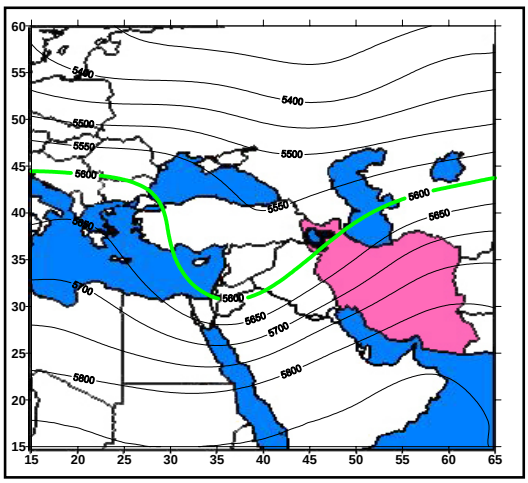
گروه	الگوی سینوپتیکی		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	آبان	دی	جمع
اول	تراف موج کوتاه	دریای سیاه	13	15	0	0	0	0	3	31
		سواحل شرق دریای مدیترانه	14	3	0	0	0	0	0	17
		شرق ترکیه	0	3	۳	22	۴	0	0	32
		جنوب ترکیه	0	13	9	2	۱۱	0	0	35
دوم	سردچال بالایی	شمال ترکیه	3	14	۰	۰	۰	۳	۰	20
		شمال دریای سیاه	5	2	۰	۰	۰	۰	۰	7
سوم	سیستم مانع	شرق اروپا	۸	۱۱	۱۰	۰	۰	۰	۰	۲۹
مجموع			43	61	22	24	15	۳	۳	۱۷۱



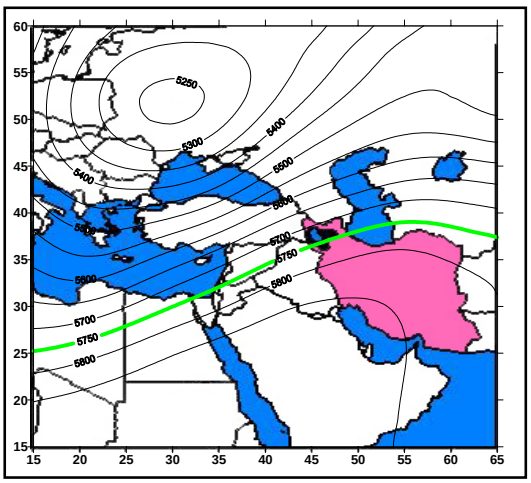
الگوی اول(**تراف موج کوتاه دریای سیاه**)



الگوی دوم(**سردچال بالایی شمال ترکیه**)

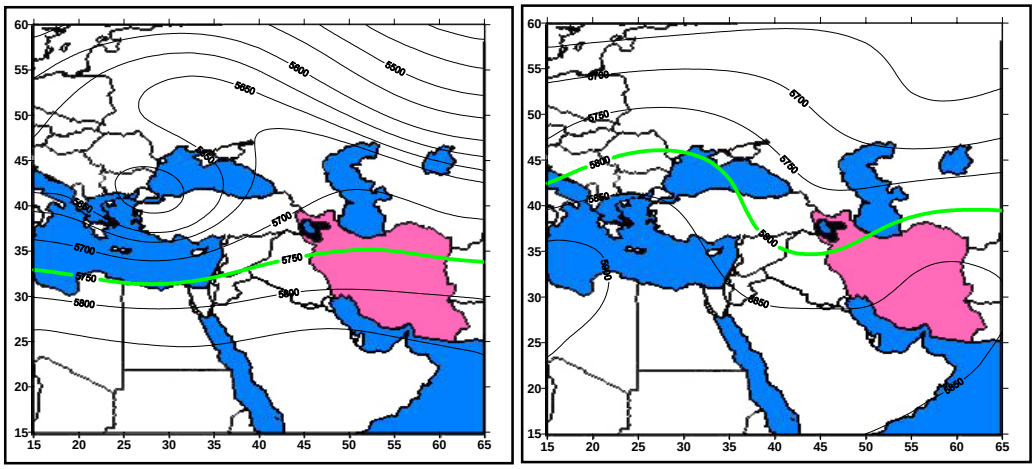


الگوی سوم(**تراف موج کوتاه سواحل شرق دریای مدیترانه**)



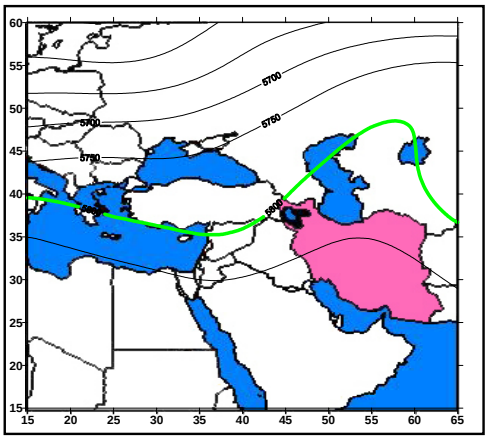
الگوی چهارم(**سردچال بالایی شمال دریای سیاه**)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



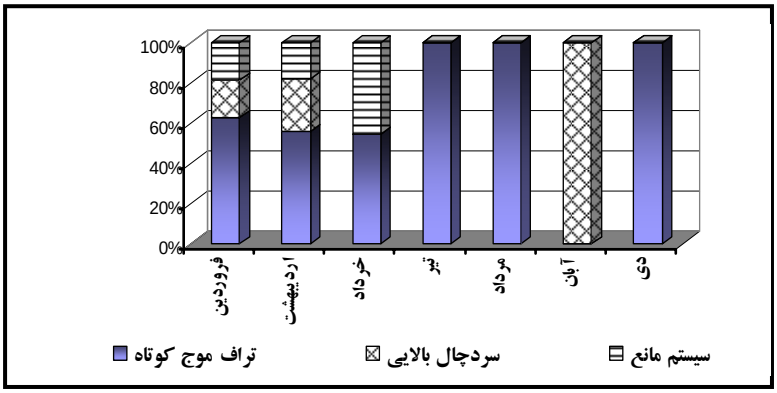
الگوی پنجم(**تراف موج کوتاه شرق ترکیه**)

الگوی ششم(**سیستم مانع شرق اروپا**)



الگوی هفتم(**تراف موج کوتاه جنوب ترکیه**)

شکل۴: نقشهٔ مرکب الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای سیل مخرب و فراگیر سطح حوضهٔ آبریز



نمودار۲: توزیع فراوانی‌ماهانهٔ‌سیستم‌های‌سینوپتیکی‌مولدسیلاب‌های مخرب وفراگیرسطح حوضهٔ آبریز

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

منابع و ماخذ

۱- بابائیان، ایمان‌وهمکاران؛ (۱۳۸۰) "بررسی‌الگوی سینوپتیکی سیل تابستان ۱۳۸۰ استان‌های گلستان و شمال خراسان"، بولتین علمی مرکز ملی اقلیم‌شناسی، ۵ ص ۱۱.

۲- ترکارانی، فاطمه و عساکره، حسین؛ (۱۳۷۸) "برآورد ضریب نگهداشت و شمارهٔ منحنی در حوضه های رودخانه ای"، ماهنامهٔ سپهر، ۳۰.

۳- تقی‌زاده، حبیب؛ (۱۳۶۶) "بررسی سیل پاییز ۱۳۶۵ از نظر هواشناسی"، رشد آموزش زمین‌شناسی، ۶، ص ۵۶-۵۱ .

۴- جعفرپور، زین‌العابدین؛ (۱۳۷۹) "کاربرد اقلیم در مطالعات محیطی"، جزوهٔ درسی دورهٔ کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۵- حجازی‌زاده، زهرا؛ (۱۳۷۹) "نواحی اقلیمی ایران"، جزوهٔ درسی دورهٔ کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۶- حسینی، سید علی‌اصغر؛ (۱۳۷۳) بررسی عوامل آب و هوایی موثر در طغیان‌های حوضه حبله رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، گروه جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرس.

۷- داودی راد، علی‌اکبر و مهدوی، محمد؛ (۱۳۷۸) "بررسی مدل‌های اقلیمی و مورفولوژیکی برآورد دبی‌های سیلابی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعهٔ موردی در حوزهٔ آبریز دریاچهٔ نمک)"، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، ۱۴-۱۳ آبان ۱۳۷۸، تهران.

۸- سبزی‌پرور، علی‌اکبر؛ (۱۳۷۰) "بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غربی ایران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، موسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

۹- شرکت مهندسین مشاور جامآب؛ (۱۳۶۷) "طرح جامع آب کشور حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، وزارت نیرو.

۱۰- علیجانی، بهلول و پرنیان، طواق گل؛ (۱۳۸۳) "الگوهای سینوپتیکی سیلاب‌های رودخانه گرگان"، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال اول، ۲، ص۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

۱۱- علیجانی، بهلول؛ عزیزی، قاسم و رضایی، پرویز؛ (۱۳۸۳) "بررسی اثر الگوهای سینوپتیک در تغییرات زمانی سیلاب‌های جنوب دریای خزر مطالعه موردی: رودخانه‌های شفارود و تالار، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال اول، ۱.

۱۲- فرشادفر، عزتا..؛ (۱۳۸۰) "اصول و روش‌های آماری چندمتغیره"، انتشارات طاق بستان، کرمانشاه، ص ۳۰۰-۲۹۰.

۱۳- مرادی، حمیدرضا؛ (۱۳۸۳) "پیش‌بینی سیلاب‌هابراساس موقعیت‌های سامانه‌های همدیدی در شمال شرقی ایران"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۱۹، ۷۵، ص ۷۰-۵۴.

۱۴- مسعودیان سید ابوالفضل؛ (۱۳۸۲) "بررسی پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران یافته"، دو فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، ص ۸۸-۷۹.

۱۵- مسعودیان، ابوالحسن؛ (۱۳۸۴) "شناسایی الگوهای گردشی پدیدآمدهٔ سیلاب‌های بزرگ در کارون"، دو فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال سوم، ۵، ص ۱۶۱.

۱۶- مهدوی، محمد؛ (۱۳۸۱) "سیل در ایران"، خلاصه مقالات سمینار کاهش اثرات و پیشگیری از سیل، گرگان.

۱۷- میرزاخانی، آتوسا؛ (۱۳۷۸) "تجزیه و تحلیل ریسک سیل و آثار زیانبار آن در ایران"، فصلنامه بیمه، ۱۳.

۱۸- نصیری، بهروز وقائمی، هوشنگ؛ (۱۳۷۸) "تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های کرخه و دز"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال چهاردهم، پیاپی ۵۴و۵۵، ص ۱۸۶-۱۸۵.

19- Aizen E.M. Aizen V.B. Melack J.M. Nakamura T. and Ohta. T. (2001): “Precipitation and Atmospheric circulation pattern at Mid-latitudes of Asia”, International Journal of Climatology, 21: 535-556.

20- Andres M. Tomas C. De Pablo F. (2000): “Spatial patterns of the daily non–convective rainfall in Castillay Leon (Spain)”, International Journal of Climatology, 20: 1207-1224.

21- Bell G.D. and Janowiak J.E. (1995): “Atmospheric circulation associated with the Midwest floods of 1993”, Bulletin of the American Meteorological society, 76: 681-695.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

22- Bhalme H.N. and Mooley D.A. (1980): “large-scale drought/floods and monsoon circulation”, Monthly weather Review, 108: 1197- 1211.
23- Brazdil R. Glaser R. Pfister C. Dobrovolny P. Antoine J.M. Barrienlos M. Comuffo D. Deutsch M. Enzi S. Guidoboni E. Kotyza O. and Rodrigo F.S. (1999): Climate Change, 43: 239-285.
24- Carvalho L.M.V. Jones C. and Liebmann B. (2002): “Extreme precipitation events in southeastern south America and large-scale convective patterns in the south Atlantic convergence zone”, Journal of Climate, 15: 2377- 2394.
25- Casas M.C. Codina B. Redano A. and Lorecte J. (2004): “A methodology to classify extreme rainfall events in the western Mediterranean area”, Theoretical and Applied Climatology, 77: 139-150.
26- Cavalcanti F.A. and Kayano M.T. (2005): “High-frequency patterns of the atmospheric circulation over the southern hemisphere and south America”, Meteorology and Atmospheric Physics, 69: 179-193.
27- Diem J.E. (2006): “Synoptic–scale controls of summer precipitation in the southeastern United States”, Journal of Climate, 19: 613-621.
28- Ely L.L. Enzel Y. and Cayan D.R. (1994): “Anomalous North Pacific atmospheric circulation and large winter floods in the south western United State”, Journal of Climate, 7: 977-987.
29- EnKe W. Schneider F. Deutschlander T. (2005): “A novel scheme to derive optimized circulation pattern classifications for downscaling and forecast purposes”, Theoretical and Applied Climatology, 82; 51-63.
30- 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: 319-329.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

31- Fovell R.G. and fovell M.Y.C (1993): “Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis”, Journal of Climate, 6: 2103-2135.
32- Frich L.V. Alexander P. Della-Marta B. Gleason M. Haylock A. Klein M. Tank G. Peterson T. (2002): “Observed coherent changes the second half of the twentieth century”, Climate Research, 19: 193-212.
33- Haylock M. Nicholls N. (2000): “Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1998”, International Journal of Climatology, 20: 1533-1541.
34- Horel J.D. (1985): “Complex principal component Analysis: theory and examples”, Journal of Climate and Applied Meteorology, 23: 1660-1673.
35- Jingyi Z. and Hall M.J. (2004): “Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming river basin in China”, Journal of Hydrology, 296: 98-117.
36- Junker N.W. Schneider R.S. and Fouver S.L. (1999): “A study of heavy rainfall events during the Great Midwest flood of 1993”, Weather and Forecasting, 14: 701-712.
37- Kane D.L. Mcnamaro J.P. Yang D. Olsson P.Q. and Giech R.E. (2003): “An extreme rainfall/runoff event in Arctic Alaska”, Bulletin of the american Meteorological Society, 4: 1220-1228.
38- Karl T.R. Koscielny A.J. and Diaz H.F. (1982): “Potential errors in the application of principal component (eigenvector) analysis to geophysical data”, Journal of Applied Meteorology, 21: 1183-1186.
39- Kodama K. and Barnes G.M. (1997): “Heavy rain events over the south-facing slopes of Hawaii: attendant conditions”, Forecasting Techniques, 12: 347-366.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]