

N. Parvin, Ph.D

E.mail: naderpn1353@yahoo.com

نادر پروین، عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

شماره مقاله: ۷۸۹

شماره صفحه پیاپی ۱۶۳۶۱-۱۶۳۸۲

## بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال وسیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

### چکیده

با عنایت به اینکه غالب ویژگی‌های محیطی به طور مستقیم و یا غیر مستقیم در ارتباط با تغییرات توپوگرافی سطوح فشار اتمسفر بالا قابل تبیین است، مطالعه موضوع مذکور، اهمیت و ضرورت خاصی می‌یابد. در این مقاله، پس از تعیین آستانه سیل، داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ۴۴ طوفان مولد سیل طی دوره (۱۳۷۰-۱۳۸۴) با استفاده از روش تحلیل عاملی پردازش شدند، و نهایتاً بر اساس ماتریس همبستگی (واریانس - کوواریانس) کانون‌های عمده تغییر توپوگرافی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه شناسایی و تحلیل شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به هنگام وقوع سیلاب‌های مذکور پنج کانون ذیل با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال قابل تشخیص هستند.

۱- منطقه بین دریای سرخ تا جنوب غربی ایران؛ ۲- منطقه بین مرکز دریای مدیترانه و دریای سیاه؛ ۳- منطقه شمال دریای خزر؛ ۴- شرق ایران؛ ۵- منطقه شمال اروپا. چنین تغییراتی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سبب تقویت و عمیق تر شدن محور ترافها و ریج‌ها در این مناطق شده است و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی سیل زا به وجود آمده‌اند. در این میان، تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در کانون اول و دوم، بیشترین تأثیر را در ایجاد سیلاب‌های حوضه آبریز داشته است.

## واژه‌های کلیدی: سیل، تحلیل عاملی، تراز ۵۰۰hp، تراف و ریج، حوضه آبریز دریاچه ارومیه

### مقدمه

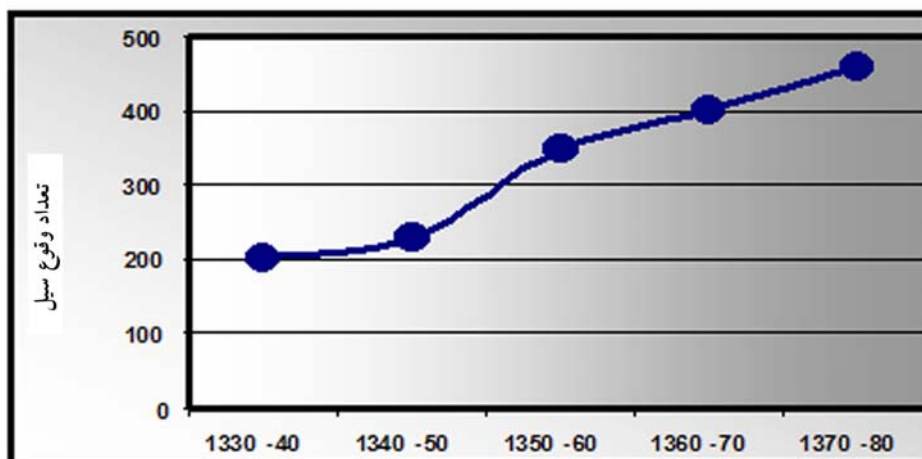
سیل یکی از مخاطرات محیطی است که هر ساله خسارات فراوانی را به بار می‌آورد. اخیراً بسیاری از محققان به وجود روند صعودی تعداد رخداد‌های مخاطرات محیطی ناشی از بارش‌های زیاد، از قبیل سیلاب‌های مخرب و بارش‌های برف سنگین در مناطق مختلف نیمکره شمالی پی‌برده‌اند (روجر و همکاران، ۲۰۰۰: ۳۶۵۲؛ هایلاک و نیکولز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰: ۱۵۳۳ و سالینجر و گریفیتس<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱: ۱۴۳۷). این موضوع در مورد افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌های مخرب ایران طی پنجاه سال گذشته نیز کاملاً صادق است (شکل ۱). به طوری که طی دهه ۱۳۳۰-۱۳۷۰ متوسط نرخ رشد فراوانی تعداد وقوع سیلاب‌های مهم و بزرگ ۲/۴ درصد بوده و میزان خسارت آنها طی چهار دهه گذشته، بالغ بر ۲۱ هزار میلیارد و سی میلیون ریال برآورد شده است (ترکارانی و عساکره، ۱۳۷۸: ۱۵) و روزانه به طور متوسط حدود ۳ میلیارد ریال خسارت ناشی از سیل به کشور تحمیل می‌شود. بر اساس بررسی دیگری، 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، از ۴۰ نوع بلای طبیعی جهان، ۳۱ مورد آن در ایران رخ داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸: ۸). و بر پایه گزارش فائو<sup>۳</sup>، ایران از نظر استعداد و پتانسیل خیزش بلایای طبیعی رتبه دهم را در جهان به خود اختصاص می‌دهد (شن<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳: ۱۱).

1 - Haylock & Nicholls

2 - Salinger & Griffiths

3 - FAO (سازمان خواربار جهانی)

4 - Shen



شکل ۱ نمودار روند تعداد وقوع سیلاب‌های مهم ایران طی دهه ۷۰-۱۳۳۰ (ماخذ: نگارنده)

## هدف

هدف از این مطالعه، بررسی رابطه و شناسایی کانون‌های عمده تغییرات مکانی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز به منظور پیش‌بینی، کاهش اثرات ناشی از سیل و کمک به برنامه ریزان و تصمیم‌گیران در خصوص اقدامات پیشگیرانه است.

## مسأله

به سبب موقعیت خاص جغرافیایی، بارش‌های متنوع و توپوگرافی ویژه حوضه آبریز دریاچه ارومیه و تراکم بالای جوامع روستایی و شهری و قطب مهم کشاورزی کشور، هر ساله مشکلات ناشی از کمبود و افزایش غیر معمول بارش نمود خاصی پیدا می‌کند و ساکنان منطقه را به نحوی رنج می‌دهد (پروین، ۱۳۸۰: ۳). از این رو، مطالعه عوامل ایجاد سیلاب‌های مخرب در منطقه مذکور اهمیت و ضرورت خاصی پیدا می‌کند. در این پژوهش، با بهره‌گیری از سه دیدگاه اقتصادی، اقلیم‌شناسی و هیدرولوژی، برای تعریف و معیار انتخاب سیلاب‌های مخرب و فراگیر مورد تأکید است؛ به طوری که شدیدترین و

فراگیرترین سیل‌های سطح حوضه آبریز مذکور، با توجه به شاخص‌های توزیع زمانی و مکانی وقوع سیل و میزان خسارتشان، آستانه و مبنای روش کار این مطالعه است.

### مرور منابع

تاکنون مطالعات فراوانی در ارتباط با مخاطرات محیطی توسط محققان علوم مختلف صورت گرفته است. یارنال و همکاران<sup>۵</sup> (۱۹۹۸) بر این عقیده‌اند که در مطالعات اقلیمی شناسی 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 (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۵۲).

افراد متعددی به صورت موردی عوامل سینوپتیکی سیل را مطالعه کرده و وضعیت کمی و کیفی استقرار سیستم‌های سینوپتیکی لایه‌های بالای اتمسفر و سطح زمین را در ارتباط با وقوع بارش بررسی و تحلیل نموده‌اند. از جمله مطالعات مذکور، کارهای ناش و چمبرلین<sup>۶</sup>، (۱۹۵۴: ۳۰۵)؛ یوما و بوسارت<sup>۷</sup>، (۱۹۸۷: ۸۹)؛ اسمیت و همکاران<sup>۸</sup>، (۱۹۹۴: ۱۴۰۲)؛ بل و جانوویک<sup>۹</sup>، (۱۹۹۵: ۶۹۳)؛ چانگنان<sup>۱۰</sup>، (۱۹۹۹: ۲۷۳)؛ کریچاک و همکاران<sup>۱۱</sup>، (۲۰۰۴: ۱۲۶۸)؛ آندروود و اسچولتز<sup>۱۲</sup>، (۲۰۰۴: ۹۸۹)؛ لیمن و همکاران<sup>۱۳</sup>، (۲۰۰۵: ۳۹۴) و ... قابل ذکر است.

مطالعات مذکور، مقدمه‌ای برای آغاز مطالعات اقلیمی (بلند مدت) مخاطرات محیطی بوده است. در ادبیات اقلیم شناسی سینوپتیک جهان، استفاده از روش‌های تحلیل عاملی و

5 - Yarnal et al.

6 - Nash & Chamberlain

7 - Yu Ma & Bosart

8 - Smith et al.

9 - Bell & Janowiak

10 - Changnon

11 - Krichak et al.

12 - Underwood & Schultz

13 - Lyman et al.

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۲۱

تجزیه خوشه‌ای برای طبقه بندی سینوپتیک، طبقه بندی نقشه‌های هوا و پهنه بندی اقلیمی بسیار مرسوم است. از آن جمله، کارهای فرنائو و سامسون<sup>۱۴</sup>، (۱۹۹۰: ۷۵۱)؛ اسونسن<sup>۱۵</sup>، (۱۹۹۹: ۱۴۷) و آندرس و همکاران<sup>۱۶</sup>، (۲۰۰۰: ۶۶۳) در خصوص شناسایی الگوهای فضایی بارش و مطالعات ین و ناپ<sup>۱۷</sup>، (۱۹۹۹: ۱۰۹)؛ دین پژوه و همکاران<sup>۱۸</sup>، (۲۰۰۴: ۱۱۱)؛ دیم<sup>۱۹</sup>، (۲۰۰۶: ۶۱۵) در خصوص تعیین پهنه‌های دمایی، تهیه نقشه‌های پراکنندگی بارش و ناحیه بندی اقلیمی در مناطق مختلف قابل ذکر است. تعیین الگوهای چرخش اتمسفری بزرگ مقیاس مربوط به بارش‌های عرض‌های میانه آسیا (آیزن و همکاران<sup>۲۰</sup>، ۲۰۰۱: ۶۶۵)، توجیه بارش‌های منطقه‌ای برف کوهستان‌های آندورا در ارتباط با دو الگوی مهم کاتاف<sup>۲۱</sup> بادهای غربی و جبهه‌های سرد (وایل و امان<sup>۲۲</sup>، ۲۰۰۴: ۴۱۵)، شناسایی الگوهای فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ایالات متحده و نیمکره شمالی (کاولکانتی و کایانو<sup>۲۳</sup>، ۲۰۰۵: ۱۸۹)، نیز اشاره به نمونه‌هایی از کاربرد فراوان تحلیل عاملی در مطالعات اقلیم شناسی دارد.

در ارتباط با بررسی اقلیم شناسی سینوپتیک سیلاب‌های بزرگ، تاکنون کارهای مهمی انجام شده و ابعاد و جنبه‌های مختلف آن مطالعه و بررسی گردیده است. (الی و همکاران<sup>۲۴</sup>، ۱۹۹۴: ۹۸۰) به منظور شناسایی و بررسی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های بزرگ شش زیر حوضه جنوب غربی ایالات متحده آمریکا، ابتدا دبی‌هایی با دوره بازگشت ده ساله را به عنوان آستانه سیلاب‌های مهم و مخرب انتخاب کردند. سپس نقشه‌های مرکب سطوح ۷۰۰ هکتوپاسکال و بالاتر آن روزها را به کمک روش تحلیل

---

14 - Fernau & Samson

15 - Svensson

16 - Andres et al.

17 - Yin & Knopp

18 - Dinpashoh et al.

19 - Diem

20 - Aizen et al.

21 - Cut off

22 - Vuille & Ammann

23 - Cavalcanti & Kayano

24 - Ely et al.

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 فوق‌العاده حاره‌ای و سردچال‌های بالایی و متعاقب آن ایجاد سیلاب‌های شدید منطقه‌ای فصل زمستان و تابستان تأثیر عمده‌ای داشته است.

در ادبیات جغرافیایی ایران، آغاز پژوهش‌های علمی مرتبط با بررسی سینوپتیکی سیلاب به اواخر دهه ۱۹۸۰ بر می‌گردد و به تدریج در دهه ۱۹۹۰ این تحقیقات بیش از پیش توسعه و گسترش پیدا کرد. با این که تعداد آنها محدود بوده و عمدتاً جزو مطالعات موردی سیلاب‌های مخرب بوده است. از جمله مطالعات مذکور می‌توان به کارهای ارزشمند سبزی‌پرور، (۱۳۷۰)؛ باقری، (۱۳۷۲)؛ پرنده جوزانی، (۱۳۷۸)؛ مرادی، (۱۳۸۳)؛ (۶۸)؛ علیجانی و همکاران، (۱۳۸۳: ۶۷) و ... اشاره کرد. یافته‌های پروین، (۱۳۸۶: ۱۳۸) در خصوص بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۸۴ حاکی از وجود سه الگوی تراف موج کوتاه، سرد چال‌های بالایی و سیستم سینوپتیکی مانع بود که مولد چنین سیلاب‌های بوده‌اند.

هر چند تاکنون تعداد زیادی از مدل‌ها و روش‌های پیچیده ریاضی و آماری، بویژه روش تحلیل عاملی در بسیاری از مطالعات اقلیم‌شناسی به کار گرفته شده است (علیجانی، ۱۳۸۱: ۱۲)؛ (هوشیار، ۱۳۸۴: ۳۹)؛ (فتاحی و حجازی‌زاده، ۱۳۸۴: ۱۳۹) و ... اما بر اساس بررسی‌های محقق، تعداد مطالعاتی که از دیدگاه اقلیمی، کانون‌های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر سیلاب‌های مخرب و فراگیر را شناسایی و بررسی کرده باشند، بسیار اندک است. با وجود این، تاکنون مطالعات جامع و دقیقی در این خصوص برای سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه انجام نشده است.

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۳۳

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غربی ایران بوده که با مساحت ۵۱۸۶۶ کیلومتر مربع 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 است و مجموعاً، ۴۳ کانون شهری و ۱۴۴ دهستان را با جمعیت کل حدود ۳/۷ میلیون نفر در خود جای داده است (شکل ۲).

### مواد و داده‌های تحقیق

داده‌های خام ساعت صفر گرینویچ ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای وقوع سیل مخرب و فراگیر واقع در محدوده بین ۱۵ تا ۶۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۱۵ تا ۶۵ درجه طول جغرافیایی شرقی، طی دوره ۱۵ سال از فروردین ۱۳۷۰ تا اسفند ماه ۱۳۸۴ مبنای کار مطالعه مذکور است. این انتخاب به دلیل وقوع بیشترین انقلاب‌های جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و کنترل مستقیم شرایط محیطی و وضع هوای سطح زمین توسط تغییرات فشار در این سطح صورت گرفته است. به طور کلی، سه نوع داده از چهار سازمان ذیل اخذ گردید:

۱) داده‌های فشار ساعتی و روزانه سطح استاندارد و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای سیلابی از سایت اینترنتی مرکز ملی پیش بینی محیطی<sup>۲۵</sup> و مرکز ملی تحقیقات هواشناسی<sup>۲۶</sup> (NCEP/NCAR) اخذ شد.

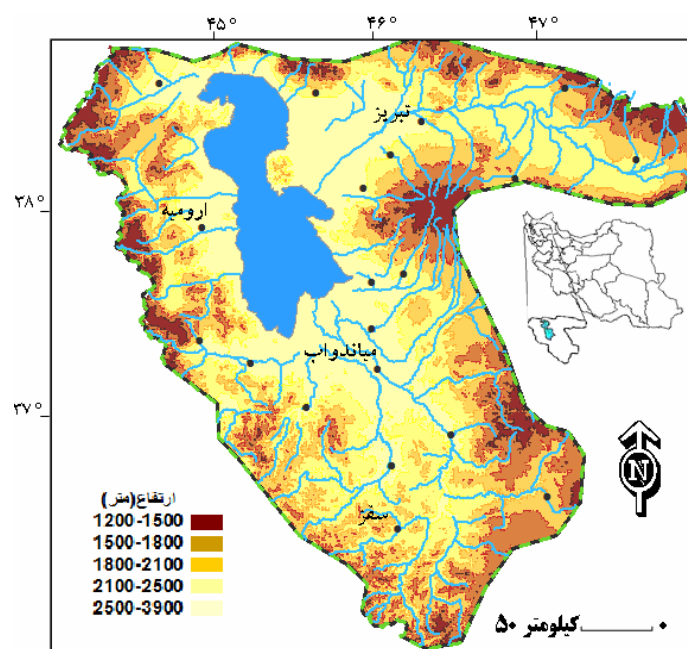
۲) داده‌های فشار و بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی سطح حوضه آبریز مذکور از بخش خدمات ماشینی آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کل کشور و ادارات کل هواشناسی استان‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان تهیه شد.

25 - National Center Environmental Prediction

26 - National Center Atmospheric Research

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

۴) اطلاعات مربوط به برآورد خسارت سیلاب‌های مخرب شهرهای منطقه مورد مطالعه، از فرم‌های شماره پنج گزارش ستاد حوادث غیرمترقبه استانداری‌های آذربایجان غربی، شرقی و کردستان و وزارت کشور استخراج گردید.



شکل ۲ نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (ماخذ: نگارنده)

به کارگیری داده‌های ارتفاعی بازسازی شده NCEP/NCAR در این مطالعه، به دلیل همخوانی و صحت بالای آنها ((نیتو و همکاران<sup>۲۷</sup>، ۲۰۰۴: ۳۷۲)) و استفاده گسترده محققان اقلیم شناس ((کارل و همکاران<sup>۲۸</sup>، ۱۹۸۲: ۱۱۸۵؛ ریچمن و لمب<sup>۲۹</sup>، ۱۹۸۵: ۱۳۲۸؛

27 - Nieto et al.

28 - Karl et al.

29 - Richman & Lamb



بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۲۵

استبان و همکاران<sup>۳۰</sup>، ۲۰۰۵: ۳۲۱) و ... از این داده‌ها برای بررسی تغییرات شرایط محیطی سطح زمین، به ویژه مطالعه اقلیم شناسی حوادث نادر<sup>۳۱</sup> اقلیمی است.

## روش کار

از آنجا که انتخاب شاخص‌های مشخص و منتج از داده‌های بلند مدت و همگن برای بررسی و تحلیل پدیده‌های حدی (مقادیر فرین) در مطالعات اقلیم شناسی مورد تأکید است (فریچ و همکاران<sup>۳۲</sup>، ۲۰۰۲: ۱۹۵)، در این مطالعه، آستانه انتخاب سیستم‌های طوفان زای حدوث سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، با توجه به برآورد مقیاس خسارت سیل و شاخص توزیع زمانی و مکانی وقوع آن، در مرحله اول بر اساس آمار و اطلاعات ثبت شده در فرم‌های شماره پنج ستاد حوادث غیر مترقبه در نظر گرفته شده است. با وجود این، برای اعتماد بیشتر به زمان وقوع سیل‌های گزارش شده در قالب فرم مذکور، از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های دبی متوسط روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری سطح حوضه آبریز نیز استفاده شد. سپس، روزهای سیلابی با شرایط ذیل انتخاب گردید.

۱) طی سه روز متوالی حداقل در یک سوم از حوضه‌های شهری بر اساس اطلاعات مندرج در فرم شماره پنج ستاد حوادث غیر مترقبه وقوع سیل مخرب (خسارت بیش از ۱۰۰ میلیون ریال) 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 حوضه دیگر بارش را ثبت کرده باشند.

۳) ثبت حداقل دو روز بارش ممتد در ایستگاه‌های هواشناسی.

---

30 - Esteban et al.

31 - Extrem

32 - Frich et al.

۴) افزایش ناگهانی و قابل توجه دبی متوسط روزانه (بیش از سه برابر دبی روز قبل) حداقل در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب منطقه مورد مطالعه. داده‌های ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای وقوع سیل شامل ۳۹۹ تلاقی (نقطه ارتفاعی) به صورت یک ماتریس ۱۹ ردیف در ۲۱ ستون تنظیم شد. در واقع، تلاقی‌های این ماتریس به عنوان متغیرهای مورد مطالعه در چهارچوب یک شبکه جغرافیایی با فواصل  $2/5 \times 2/5$  درجه جغرافیایی از هم قرار گرفته‌اند. میزان تفکیک داده‌ها در قالب شبکه مذکور به طور مساوی تا شعاع ۱۵۰ کیلومتر است (انک و همکاران<sup>۳۳</sup>، ۲۰۰۵: ۵۳). از طرفی، انتخاب ایستگاه‌های منتخب هواشناسی و هیدرولوژی و همچنین، نقاط شهری به گونه‌ای بوده است که بتواند توزیع و پراکنش مناسبی را در سطح حوضه آبریز مذکور داشته و معرف خوبی برای کل منطقه مورد مطالعه باشد (جدول ۱).

پس از جمع آوری و تنظیم داده‌های مورد نیاز، روش آماری تحلیل عاملی<sup>۳۴</sup> برای پردازش داده‌ها استفاده گردید. یکی از اهداف اصلی تکنیک مذکور، کاهش ابعاد داده‌هاست (فرشادفر، ۱۳۸۰: ۲۹۰). اصولاً تحلیل عاملی، تکنیک آماری است که بین مجموعه‌ای فراوان از متغیرهایی که به ظاهر بی ارتباط هستند، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کند. به طور خلاصه، در این مطالعه فرمول تجزیه عاملی که ۳۹۹ متغیر ما را به هشت عامل تبدیل کرده است، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_i = \mu_i + \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + \dots + \lambda_{i13}F_{13} + e_i$$

$$i = 1, 2, \dots, 399$$

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،  $\mu_i$  متوسط ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاقی  $i$  ام برای ۱۷۱ روز سیلابی است.  $\lambda_{ij}$  ضریب ارتباط تلاقی  $i$  ام با عامل  $j$  ام،  $F_j$  عامل‌های مؤثر بر متغیرها (تلاقی‌ها) هستند.  $e_i$  هم جملات خطا هستند که فرض می‌شود از یکدیگر و از عامل‌های موجود مستقل‌اند (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷: ۳۲۵). در مجموع،

33 - Enke et al.

34 - Component analysis

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۲۷

برای شناسایی و تعیین کانون‌های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر سیلاب‌های سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه مراحل زیر پشت سر گذاشته شد:

مرحله اول؛ انتخاب داده‌ها: در این مرحله با توجه به موضوع تحقیق از داده‌های مناسب اقلیم شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی‌های شبکه NCEP) و چند زمان (روزهای وقوع سیل) استفاده شده است.

مرحله دوم؛ تنظیم ماتریس داده‌ها: در این گام ماتریس داده‌ها با در نظر گرفتن هدف این مطالعه در حالت  $S^{35}$  تنظیم و انتخاب گردید. محققان اقلیم شناس (استبان و همکاران<sup>۳۶</sup>، ۲۰۰۵: ۳۲۳) و... به کرات از این آرایه در مطالعات مربوط به طبقه بندی الگوهای فشار استفاده کرده‌اند. بدین ترتیب، ماتریسی از داده‌ها به ابعاد ۱۷۱ ردیف (روز سیل) در ۳۹۹ ستون (ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) تنظیم شد.

مرحله سوم؛ محاسبه ماتریس همبستگی بین داده‌ها: در این مرحله، ماتریس همبستگی بین داده‌های (خام) متغیرها محاسبه شد. بدین ترتیب، می‌توان فهمید که کدام متغیرها همبستگی شدید یا ضعیفی با هم دارند. نتیجه این مرحله، تهیه ماتریس ضرایب همبستگی یا ماتریس واریانس-کواریانس بین متغیرهاست. در واقع، الگوی همبستگی فضایی نشان می‌دهد که واریانس‌ها در کجاها هستند (استبان و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۲۹). اگرچه ریچمن، (۱۹۸۱: ۱۱۵۵) در خصوص اشکال استفاده از ماتریس واریانس-کواریانس اشاره به جایابی سیستم‌های فشار در مناطق دارای واریانس بیشتر دارد، اما چون نقشه‌های حاصل از ماتریس کواریانس مقادیر حقیقی تفاوت یا هماهنگی بین نقاط شبکه را بر اساس واحدهای فشار بیان می‌کند، برای ترسیم نقشه‌های پراکندگی مکانی الگوهای فشار مناسبتر است. بنابراین، در اینجا ماتریس همبستگی از طریق کواریانس به صورت فرمول ذیل محاسبه شد.

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

35 - S-mode

36 - Esteban et al.

قبل از شروع انجام تجزیه و تحلیل عاملی اعتبارسنجی تجزیه عاملی از طریق محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و محاسبه معیار کایزر- مییر- آلکاین<sup>۳۷</sup> (KMO) آزمون گردید.

مرحله چهارم؛ استخراج عاملها: این مرحله شامل محاسبه ماتریس بارگویهها (تعیین ماتریس وزنی عاملی)، انتخاب عاملها و دوران آنها است. از آنجا که بخش بزرگی از واریانس داده‌های اقلیمی، از قبیل فشار را عموماً می‌توان به تعداد محدودی عامل توصیف کرد، تفسیر تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای اقلیمی به سهولت عملی می‌گردد. هر عامل یا مؤلفه، در واقع بیانگر آن قلمرو مکانی است که از الگوی زمانی یکسانی برخوردار است و یا بیانگر الگوی دوره‌های زمانی است که در یک مکان مشخص آشکار می‌گردد (هورل<sup>۳۸</sup>، ۱۹۸۱: ۲۰۸۴ و میلز<sup>۳۹</sup>، ۱۹۹۵: ۱۷۲).

نظر به اینکه در بسیاری موارد، تعدادی از متغیرها به یک عامل ویژه یا حتی به چند عامل بستگی دارند، تفسیر عاملها مشکل خواهد بود. بنابراین، با استفاده از روش متعامد<sup>۴۰</sup> که متضمن حفظ استقلال میان عاملهاست، محور عاملها چرخش داده شد تا بدون تغییرات میزان واریانس مشترک هر متغیر عاملها به سادگی تعبیر شوند. در نتیجه این عمل، عواملی ایجاد می‌شوند که یا به شدت با متغیرها وابسته‌اند یا مستقل از آنها هستند. این امر سبب ساده تر شدن تعبیر عاملها خواهد شد. بسیاری از محققان از قبیل، (گونگ و ریچمن<sup>۴۱</sup>، ۱۹۹۵: ۹۰۱)؛ (استبان و همکاران، ۲۰۰۵: ۳۲۲) و ... برای مطالعه داده‌های ارتفاعی فشار سطح بالا به منظورهای مختلف، تکنیک تحلیل عاملی به روش چرخش متعامد را پیشنهاد داده‌اند.

مرحله پنجم؛ ترسیم نقشه‌ها: در این مرحله، به منظور آشکارسازی و نمایش بهتر الگوهای تغییرات تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بر اساس نتایج ماتریس ضرایب همبستگی بین

---

37 - Ksiser-Meyer-Olkin

38 - Horll

39 - Mills

40 - Varimax

41 - Gong & Richman

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۲۹

داده‌های ارتفاعی هر عامل در محیط نرم افزار Surfer به روش مناسب<sup>۴۲</sup> نقشه کانون‌های تغییر ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه ترسیم و تحلیل سینوپتیکی شد (مرادی و پروین، ۱۳۸۶: ۶۹).

### بحث و نتیجه گیری

پس از تنظیم ماتریس داده‌ها از آنجا که مقدار آماره  $KMO \geq 0.9$  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 کواریانس داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای سیلابی، هشت عامل که در مجموع، ۹۴/۳٪ از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کردند، استخراج شدند. در این میان، 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 عدم وابستگی بین آنها بود و عامل‌ها از همدیگر استقلال کامل داشتند، مدل مذکور پذیرفته شد (جدول ۲). همچنانکه ملاحظه می‌شود، در جدول مذکور مقادیر کل واریانس تبیین شده هر عامل و درصد واریانس و مقادیر تجمعی درصد واریانس آن قبل از چرخش عامل‌ها و بعد از اعمال چرخش عامل‌ها به تفکیک آمده است.

در ادامه، برای نمایش بهتر تغییرات مکانی توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، از چرخش عمودی 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 سینوپتیکی ایجاد سیل مخرب سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه آشکارتر گردد. نتیجه اعمال این روش در شکل ۳ به صورت نقشه گویایی آمده است 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. به طور کلی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، به طور عمده پنج کانون یا منطقه در اطراف حوضه آبریز بیشترین تأثیر را در شکل‌گیری سیلابهای سطح حوضه آبریز مذکور داشته است.

جدول ۲ مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عامل‌ها در حالت قبل و بعد از چرخش متعامد عامل‌ها

مقدار کل واریانس تبیین شده					
چرخش مجموع مربعات بارگویه‌ها		ارزش ویژه اولیه			عامل
مقادیر تجمعی درصد واریانس	درصد واریانس	مقادیر تجمعی درصد واریانس	درصد واریانس	کل واریانس	
۲۴/۶	۲۴/۶	۶۵/۶	۶۵/۶	۲۹۹۰۸۵۱	۱
۳۴	۹/۴	۷۵/۸	۱۰/۲	۴۶۶۹۰۶	۲
۶۶/۲	۳۲/۲	۸۲/۹	۷/۱	۳۲۵۵۷۵	۳
۷۰/۹	۴/۸	۸۶/۲	۳/۲	۱۴۷۸۴۲	۴
۸۴/۲	۱۳/۳	۸۹/۲	۳	۱۳۶۱۷۷	۵
۸۶/۱	۱/۹	۹۱/۳	۲/۱	۹۵۵۷۰	۶
۸۸	۱/۹	۹۳/۱	۱/۸	۸۲۳۷۳	۷
۹۰	۲	۹۴/۳	۱/۳	۵۷۹۲۸	۸

همچنانکه از شکل ۳ پیداست، کانون تغییر عامل اول روی منطقه شمال غربی سودان و نیمه شمالی شبه جزیره عربستان و تقریباً کل کشور عراق و غرب و جنوب غربی ایران متمرکز شده است؛ به طوری که محدوده بین شمال دریای سرخ تا جنوب غربی عراق که با منحنی ضریب همبستگی ۰/۹ مشخص شده، قلمروی است که با برخورداری از بیشترین دامنه تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در ایجاد ناپایداری و تشکیل سیلابهای مخرب حوضه آبریز بسیار تأثیر گذار است.

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۳۱

با توجه به مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط عاملها (جدول ۲) ملاحظه می‌شود که عامل اول به تنهایی توانسته است ۲۴/۶ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کند. بدین ترتیب، می‌توان گفت که به هنگام وقوع سیلابها در سطح حوضه سیستم‌های سینوپتیکی سطوح بالای جو، به ویژه تراف امواج بادهای غربی روی منطقه مذکور تقویت و عمیق تر شده و سیستم‌های سیل زا را به سمت حوضه آبریز دریاچه ارومیه هدایت کرده است. شرایط سینوپتیکی حاکم بر این منطقه، به گونه‌ای است که رطوبت بالای دریای مدیترانه و دریای احمر در این قلمرو به هم ملحق شده، به سمت حوضه آبریز پمپاژ می‌گردد. علاوه بر این، در مقام مقایسه، منطقه مذکور در بین سایر مناطق، دارای بیشترین دامنه تغییرات توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال است.

کانون تغییر عامل دوم، منطقه دریای مدیترانه و دریای سیاه و بخشی از جنوب شرقی اروپا را دربر می‌گیرد. این عامل حدود ۱۰ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کند. مرکز کانون تغییر عامل دوم روی کشور بلغارستان قرار دارد؛ به طوری که تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روی این قلمرو باعث ورود رطوبت دریای مدیترانه و دریای سیاه به حوضه آبریز می‌شود. این عمل، در نتیجه کاهش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روی این منطقه و تقویت و عمیق تر شدن امواج بادهای غربی در این محدوده ارتفاعی است.

کانون تغییر عامل سوم بر روی عرض‌های جغرافیایی بالاتر از دریای خزر قرار دارد. منطقه مرکزی تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال این پهنه با منحنی میزان ضریب همبستگی ۰/۹ بر روی محدوده بین ۵۵-۵۰ عرض شمالی و ۵۵-۵۰ طول شرقی (شمال غربی دریاچه آرال) جای گرفته است. تغییرات توپوگرافی سطوح بالای جو این قلمرو در روزهای وقوع سیل به گونه‌ای بوده است که با افزایش ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، زمینه برای عمیق تر 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 نتیجه، در ناپایداری‌های سیل زای حوضه آبریز به شدت تأثیر می‌گذارند.

کانون تغییر عامل چهارم با منحنی ضریب همبستگی  $0/7$  بر روی نیمه شرقی ایران واقع شده است. تغییرات سطح  $500$  هکتوپاسکال قلمرو مذکور در روزهای سیلابی، حاکی از آن است که به هنگام افزایش ارتفاع تراز بالای جو بر روی این قلمرو، تراف امواج بادهای غربی بر روی قلمرو کانون اول عمیق تر شده و موجبات شکل گیری سیستم‌های سینوپتیک سیل زا در حوضه آبریز فراهم شده است.

قلمرو مکانی تغییر عامل پنجم هم بر روی شمال اروپا قرار دارد. مرکز این کانون با منحنی ضریب همبستگی  $0/9$  بر روی دریای بالتیک قرار دارد. محدوده تغییر عامل مذکور نسبت به سایر کانونهای تغییر توپوگرافی سطح  $500$  هکتوپاسکال، تأثیر کمتری در شکل گیری سیستم‌های سینوپتیکی سیل زای حوضه آبریز دارد. با کاهش ارتفاع تراز مذکور در این قلمرو تراف امواج بادهای غربی در منطقه کانون دوم عمیق تر شده، در نتیجه آن ناپایداری‌های سیل زا به حوضه آبریز هدایت می‌شوند.

در مجموع، به دلیل ناهنجاری‌های جابه‌جایی ورتکس قطبی و موقعیت جت استریم‌ها و باندهای طوفانی مربوط به آنها، انتقال انرژی از عرض‌های جغرافیایی بالا به سوی عرض‌های پایین تر بیش از حد معمول خود صورت گرفته و در نتیجه، گستره فعالیت و سیطره بادهای غربی بر روی منطقه مورد مطالعه بیشتر شده است.

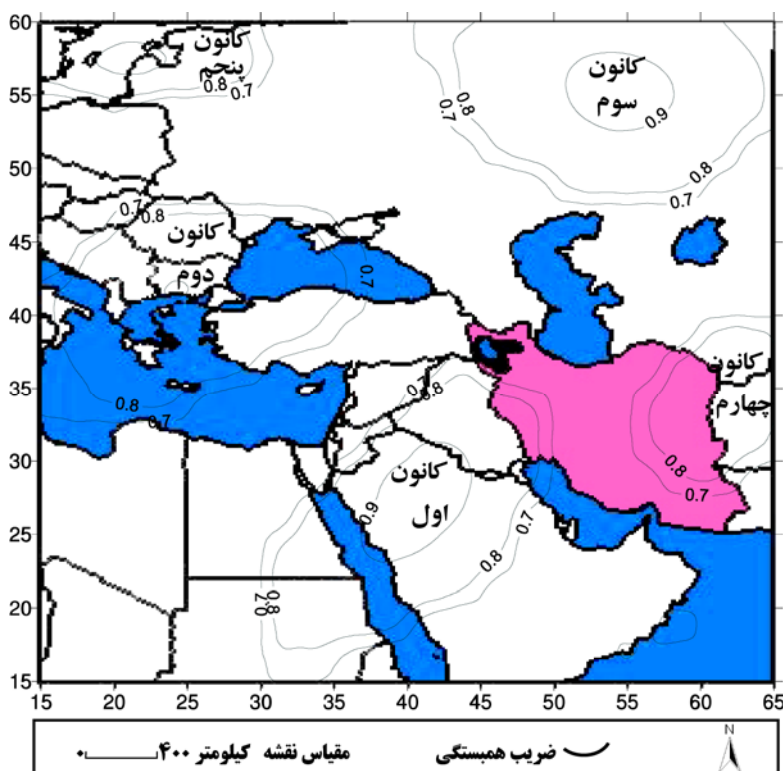
نتایج تحقیق نشان می‌دهد که به هنگام وقوع سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پنج کانون مذکور با برخورداری از بیشترین آنومالی‌های ارتفاع سطح  $500$  هکتوپاسکال قابل تشخیص هستند. چنین تغییراتی در تراز  $500$  هکتوپاسکال سبب تقویت و عمیق تر شدن محور تراف‌ها و ریج‌ها در مناطق مذکور شده و متعاقب آن الگوهای سینوپتیکی سیل زا به وجود آمده‌اند. در این میان، تغییرات تراز  $500$  هکتوپاسکال در دو کانون اول، بیشترین تأثیر را در ایجاد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز داشته است.



بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۳۳

### پیشنهادها

با توجه به توزیع زمانی، مکانی و حجم خسارت سیلاب‌های مخرب و فراگیر در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه و به منظور جلوگیری یا کاهش خسارت ناشی از آنها، پیشنهاد می‌گردد متخصصان مرتبط، بر اساس چگونگی تغییرات ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال پنج کانون عمده شناسایی شده و مؤثر در ایجاد سیستم‌های سینوپتیکی سیل‌زای این منطقه، سامانه هشدار اولیه سیل<sup>۴۳</sup> را برای سطح حوضه آبریز طراحی کنند، تا بر اساس وضعیت کمی و کیفی تغییرات توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بتوان به موقع پیش‌بینی و اطلاع‌رسانی نموده، اقدامات پیش‌گیرانه انجام داد.



شکل ۳ کانون‌های عمده تغییر توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مؤثر بر روزهای سیل منطقه مورد مطالعه (ماخذ: نگارنده)

جدول ۱ مشخصات شهرها، ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرولوژی منتخب واقع در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه

ایستگاه	نوع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	ایستگاه هیدرومتری	رودخانه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
مراغه	سینوپتی	۲۴' N	۴۶° ۱۶' E	۱۴۷۸	آباجالو سفلی	نازلو چای	۳۷° ۴۳' N	۴۵° ۴' E	۱۲۹۰
ارومیه	سینوپتی	۳۳' N	۴۵° ۰۵' E	۱۳۱۳	بابارود	باراندوز چای	۳۷° ۲۴' N	۴۵° ۴' E	۱۲۸۵
تکاب	سینوپتی	۲۳' N	۴۷° ۰۷' E	۱۷۶۵	دیزج(ارومیه)	باراندوز چای	۳۷° ۲۳' N	۴۵° ۴' E	۱۳۲۰
مهاباد	سینوپتی	۴۶' N	۴۵° ۴۳' E	۱۳۸۵	قاسملو	بالایچ چای	۳۷° ۲۱' N	۴۵° ۴' E	۱۳۸۰
سقز	سینوپتی	۱۴' N	۴۶° ۱۶' E	۱۵۲۳	پل بهراملو سنتو	گادار چای	۳۶° ۵۴' N	۴۵° ۴' E	۱۲۸۵
تبریز	سینوپتی	۰۵' N	۴۶° ۱۷' E	۱۳۶۱	نقده	گادار چای	۳۶° ۵۸' N	۴۵° ۴' E	۱۳۴۰
مراغه	سینوپتی	۲۴' N	۴۶° ۱۶' E	۱۴۷۸	هاشم آباد بیبکران	باراندوز چای	۳۷° ۱۷' N	۴۴° ۴' E	۱۵۷۰
بناب	سینوپتی	۲۰' N	۴۶° ۰۴' E	۱۲۹۰	تپیک	نازلو چای	۳۷° ۴۰' N	۴۴° ۴' E	۱۴۵۰
سراب	سینوپتی	۵۶' N	۴۷° ۳۲' E	۱۶۸۲	بیطاس	مهاباد چای	۳۶° ۴۱' N	۴۵° ۴' E	۱۴۲۰
سلماس	سینوپتی	۱۳' N	۴۴° ۵۱' E	۱۳۳۷	گرد یعقوب	مهاباد چای	۳۷° ۰۰' N	۴۵° ۴' E	۱۲۸۰
میاندوآب	سینوپتی	۵۸' N	۴۶° ۰۶' E	۱۳۱۴	سیمینه رود	سیمینه رود	۳۶° ۵۷' N	۴۶° ۴' E	۱۲۹۰
بستان	کلیماتوا	۵۰' N	۴۶° ۵۰' E	۱۷۲۰	نظام آباد	زرینه رود	۳۷° ۰۳' N	۴۵° ۴' E	۱۲۸۳
ملکان	کلیماتوا	۰۸' N	۴۶° ۰۶' E	۱۳۱۱	یاقوزآغاج	زولا چای	۳۸° ۱۴' N	۴۴° ۴' E	۱۳۰۰
نقده	سینوپتی	۳۲' N	۵۱° ۵۴' E	۱۳۳۸	بستان آباد	اوجان چای	۳۷° ۵۱' N	۴۶° ۴۹' E	۱۷۰۰
اشنویه	کلیماتوا	۰۲' N	۴۵° ۰۵' E	۱۵۲۰	آخوله	آجی چای	۳۸° ۰۱' N	۴۶° ۰۳' E	۱۳۱۰
بوکان	سینوپتی	۳۲' N	۴۵° ۴۱' E	۱۳۸۶	سرانسر	آجی چای	۳۷° ۵۳' N	۴۷° ۲۹' E	۱۶۶۰
سهند	کلیماتوا	۲۰' N	۴۶° ۲۲' E	۱۶۶۶	ونیار	آجی چای	۳۸° ۰۷' N	۴۶° ۲۴' E	۱۴۵۰
اسکو	سینوپتی	۰۳' N	۲۰۱' E	۱۶۴۱	سعیدآباد	سعیدآبادچای	۳۷° ۵۹' N	۴۶° ۳۵' E	۱۸۰۰
آذر شهر	کلیماتوا	۴۵' N	۴۵° ۵۸' E	۱۳۵۰	بناب(صوفی چای)	صوفی چای	۳۷° ۱۹' N	۴۶° ۰۳' E	۱۲۶۰
شبستر	کلیماتوا	۱۱' N	۴۵° ۴۱' E	۱۴۰۰	لیقوان	لیقوان چای	۳۷° ۵۰' N	۴۶° ۲۶' E	۲۲۰۰
هریس	کلیماتوا	۲۴' N	۴۷° ۲۲' E	۱۳۸۶	هروی	لیقوان چای	۳۷° ۵۵' N	۴۶° ۲۹' E	۱۹۸۰
شاهین دژ	کلیماتوا	۵۶' N	۴۶° ۵۹' E	۱۳۹۰	شیرین کندی	لیلان چای	۳۷° ۰۱' N	۴۶° ۱۶' E	۱۳۸۰
					ینگچه	قلعه چای	۳۷° ۳۲' N	۴۶° ۰۸' E	۱۶۵۰
					شیشوان	قلعه چای	۳۷° ۲۷' N	۴۵° ۵۳' E	۱۲۷۰
					هرزه‌ورز	هرزه‌چای	۳۸° ۱۲' N	۴۷° ۰۸' E	۱۸۳۰

بررسی ارتباط بین تغییرات سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و سیل درحوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۳۵

## منابع

- ۱) باقری، سعید. (۱۳۷۲). «بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل زا در شمال ایران»، حبیبی، فریده، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران: گروه فیزیک.
- ۲) ترکارانی، فاطمه و عساکره، حسین. (۱۳۷۸). «برآورد ضریب نگهداشت و شماره منحنی در حوضه‌های رودخانه ای»، ماهنامه سپهر، ۳۰: ۱۷-۱۴.
- ۳) پرند خوزانی، اکرم. (۱۳۷۸) "بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل زا در حوزه آبریز رودخانه دالکی"، شکر، حسن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه جغرافیا.
- ۴) پروین، نادر؛ "پیش بینی (برآورد) خشکسالی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، (۱۳۸۰)، جعفرپور، زین العابدین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، گروه جغرافیا.
- ۵) پروین، نادر؛ "بررسی و تعیین الگوهای سینوپتیک حاکم بر سیلاب‌های مخرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، (۱۳۸۶)، جعفرپور، زین العابدین و حجازی زاده، زهرا، رساله دکترا، دانشگاه تربیت معلم تهران، گروه جغرافیا.
- ۶) سبزی پرور، علی اکبر؛ "بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل زا در جنوب غربی ایران"، (۱۳۷۰)، خیر اندیش، محمد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، موسسه ژئوفیزیک.
- ۷) شرکت آمار پردازان؛ (۱۳۷۷) "راهنمای کاربران SPSS 6.0 for Windose"، ج دوم، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، تهران، ۴۱۷.
- ۸) حجازی زاده، زهرا؛ جعفرپور، زین العابدین؛ علیجانی، بهلول و پروین، نادر؛ (۱۳۸۶) "بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیک تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه"، مجله علوم جغرافیایی، سال دوم، ۴: ۷۳-۵۲.
- ۹) علیجانی، بهلول؛ (۱۳۸۱) "بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱"، نیوار، پیاپی ۴۵ و ۴۶: ۲۹-۷.
- ۱۰) 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: ۸۵-۶۷.
- ۱۱) فتاحی، ابراهیم و حجازی زاده، زهرا؛ (۱۳۸۴) "طبقه بندی همدیدی فضایی توده‌های هوا در حوضه‌های جنوب غربی ایران"، دو فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال سوم، ۶: ۱۵۶-۱۳۵.
- ۱۲) فرشادفر، عزت ا.؛ (۱۳۸۰) "اصول و روش‌های آماری چند متغیره"، انتشارات طاق بستان، کرمانشاه، ۴۶۱.
- ۱۳) مرادی، اسحق و پروین، نادر؛ (۱۳۸۶) "پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی و باد در استان قم"، طرح تحقیقات کاربردی سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان قم، ۱۳۵.
- ۱۴) مرادی، حمیدرضا، ۱۳۸۳. پیش بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت‌های سامانه‌های همدیدی در شمال شرقی ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۵: ۷۰-۵۴.
- ۱۵) میرزاخانی، آتوسا؛ (۱۳۷۸) "تجزیه و تحلیل ریسک سیل و آثار زیانبار آن در ایران"، فصلنامه بیمه، ۱۳: ۱۵-

۱۶) هوشیار، محمود؛ "ارائه مدل مناسب جهت تحلیل سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غربی ایران"، (۱۳۸۴)،

علیچانی، بهلول، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، گروه جغرافیا.

- 17) 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.
- 18) Alessio s. Anfossi D. Longhetto A. and Wang B.K., (1989): "Principal components and spatial pattern of rain over northern Italy, in relation to wind and geopotential fields", *International Journal of Climatology*, 12: 663-672.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) Changnon S.A., (1999): "Record flood-producing rainstorms of 17-18 July 1996 in the Chicago metropolitan area. Part III: Impacts and responses to the flash flooding", *journal of Applied Meteorology*, 38: 273-280.
- 23) Diem J.E., (2006): "Synoptic-scale controls of summer precipitation in the southeastern United States", *Journal of Climate*, 19: 613-621.
- 24) Dinpashoh Y. Fakhri-Fard A. moghaddam M. jahanbakhsh S. Mirnia M., (2004): "Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using Multivariate Methods", *Journal of Hydrology*, 297: 109-123.
- 25) 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.
- 26) 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.
- 27) 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.
- 28) Fernau M.E. and Samson P.G., (1990): "Use of cluster analysis to define periods of similar meteorology and precipitation chemistry in eastern north America. Part II: precipitation patterns and pollutant deposition", *Journal of Applied Meteorology*, 29: 751-776.
- 29) 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.
- 30) Gong, X., and Richman, M.B., (1995): "On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in north American east of the Rockies", *Journal of Climate*, 8: 897-931.
- 31) Haylock M. and 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.
- 32) Horel J.D., (1981): "A rotated principal component analysis of inter annual variability of the northern hemisphere 500 mb height field", *Monthly Weather Review*, 109: 2080-2092.
- 33) 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.
- 34) Krichak S.O. Alpert P. and Dayan M., (2004): "The role of atmospheric processes associated with hurricane Olga in the December 2001 Floods in Israel", *Journal of Hydrometeorology*, 5: 1259-1270.

- 35) Lyman R.E. Schroeder T.A. and Barnes G.M., (2005): "The heavy rain event of 29 October 2000 in Hana, Maui", *Weather and Forecasting*, 20: 394-414.
- 36) Mills G.F., (1995): "Principal component analysis of precipitation and rainfall regionalization in Spain", *Theoretical and Applied Climatology*, 50: 169-183.
- 37) Nash W.P. and chamberlain L.W., (1954): "Some aspects of the heavy rains in the Chicago area, October 9-11, 1954", *Monthly Weather Review*, October 305-316.
- 38) Nieto S. Frias M.D. And Rodriguez-puebla C., (2004): "Assessing two different climatic models and the NCEP-NCAR reanalysis data for the description of winter precipitations in the Iberian Peninsula", *International Journal of Climatology*, 24: 361-376.
- 39) Richman M.B., (1981): "Obliquely Rotated principal component: An improved meteorological map typing technique?", *Journal of Applied Meteorology*, 2: 1145-1159.
- 40) Richman M.B. and Lamb P.J., (1985): "Climatic pattern analysis of three- and seven day summer rainfall in the central United States: some methodological considerations and a regionalization", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 24: 1325 -1343.
- 41) Roger A. Pielke J.R. and Downton M.W., (2000): "Precipitation and Damaging floods: Trends in the United States, 1932-1997", *Journal of climate*, 13: 3652-3637.
- 42) Salinger M.J. Griffiths G.M., (2001): "Trends in New Zealand daily Temperature and rainfall extremes", *International Journal of Climatology*, 21: 1437-1452.
- 43) 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), 7-18.
- 44) Smith J.A. Bradley A.A. and Baeck M.L., (1994): "The space-time structure of extreme storm rainfall in the southern plains", *Journal of Applied Meteorology*, 33: 1402-1417.
- 45) Svensson C., (1999): "Empirical orthogonal function analysis of daily rainfall in the upper reaches of the Huai river basin, China", *Theoretical and Applied Climatology*, 62: 147-161.
- 46) Underwood J. and Schultz M.D., (2004): "Patterns of cloud to-ground lightning and convective rainfall associated with post wild fire flash floods and debris flows in complex terrain of the western United States", *Journal of hydrometeorology*, 5: 989-1003.
- 47) Vuille, M., and Mmmann, C., (2004): "Regional snowfall patterns in the high, arid Andes", *Climate Change*, 36: 413-423.
- 48) Yin Z.Y. Knapp P.A., (1999): "Winter temperature variability during warming and cooling periods in the conterminous united states 1947-1992", *Theoretical and Applied Climatology*, 62: 109-124.
- 49) Yu Ma K. and Bosart L.F., (1987): "A synoptic overview of a heavy rain even in southern China", *Weather and Forecasting*, 2: 89-112.

