

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

چکیده

خشکسالی یکی از بلاایای طبیعی است که هر ساله خسارات فراوانی به بار می‌آورد. این پدیده در نتیجه ناهنجاریهای شدید و مکرر زمانی- مکانی در الگوهای گردش جوی بوجود می‌آید. از این رو، مطالعه و شناسایی الگوهای سینوپتیکی پدیده مذکور ضرورتی اجتناب ناپذیر است. در این مطالعه، ابتدا بارش‌های سالانه ایستگاه‌های منتخب سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه استاندارد زمانی شد. پس از تعیین آستانه زمانی- مکانی بارش، سال ۱۹۹۹ به عنوان شدیدترین خشکسالی سطح منطقه انتخاب شد. سپس داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال واقع در محدوده بین صفر تا ۷۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۱۰ تا ۷۰ درجه طول شرقی به صورت یک ماتریس S-mode برای روزهای بدون بارش تنظیم شد. در ادامه، به منظور شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی از روش آماری Component Analysis و Cluster Analysis استفاده گردید و نهایتاً نقشه مرکب مربوط به هر خوشه تهیه و تحلیل سینوپتیکی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که، به هنگام وقوع شدیدترین خشکسالی در سطح حوضه آبریز، عمدتاً چهار الگوی سینوپتیکی حاکمیت داشته است؛ به طوری که در اکثر روزهای دوره مرطوب در سطوح میانی جو معمولاً پشته‌ای نسبتاً عمیق بر روی منطقه مستقر بوده و در نتیجه آن، زبانه پرفشاری نسبتاً قوی در سطح زمین بر روی حوضه کشیده شده است. این

شرایط سبب پایداری هوا و عدم نزولات جوی و نهایتاً وقوع شدیدترین خشکسالی منطقه شده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، تحلیل عاملی، پشته و ناوه، حوضه آبریز دریاچه ارومیه

مقدمه

آب و هوا یکی از جنبه‌های مهم زندگی انسان است که آثار آن بر فعالیت‌های انسان بر همگان روشن است. نوسان‌های اقلیمی به صورت خشکسالی، به عنوان یکی از بلایای طبیعی هر از گاهی مناطق مختلفی را تحت تاثیر خود قرار داده، خسارات فراوانی از نظر اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست محیطی به بار می‌آورند. مطابق تعریف آژانس مطالعات محیطی اروپا، خشکسالی وضعیتی تکراری است که در هر منطقه و با هر میزان بارش و در هر فصلی می‌تواند اتفاق بیفتد (هاگس و ساندرس، ۲۰۰۲، ۱۵۷۲). از دیدگاه اقلیم شناسی که مدنظر است، هرگاه بارش دریافتی یک محل در یک دوره زمانی معین، کمتر از میانگین دراز مدت بارش منطقه باشد، با خشکسالی روبرو هستیم. بنابراین، آستانه بروز خشکسالی کمیته است جغرافیایی، و از نظر مقیاس مکانی و زمانی متفاوت است (بهالم و همکارش، ۱۹۸۰، ۱۱۹۸).

مسئله

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 چهل نوع بلای طبیعی جهان، ۳۱ مورد آن در ایران رخ داده است (میرزاخانی، ۱۳۷۸، ۸). بر پایه گزارش فائو^۱، ایران از نظر استعداد و پتانسیل خیزش بلایای طبیعی رتبه دهم را در جهان به خود اختصاص می‌دهد (شن، ۲۰۰۳، ۱۱). بنابراین، وقوع خشکسالی‌های شدید امری معمول

است. به سبب موقعیت خاص جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و توپوگرافی ویژه آن در نواحی مختلف و با توجه به اینکه یکی از مناطق مهم جمعیتی و یکی از قطب‌های کشت محصولات استراتژیک به روش دیم، ناحیه شمال غربی کشور است، تنگناهای ناشی از کمبود بارش نمود خاصی پیدا می‌کند. نظر به اینکه تمام خشکسالی‌ها با کمی بارش آغاز می‌شوند، برخی از تحلیل‌های خشکسالی اقلیمی در روش‌های تحلیل سینوپتیکی بارش جای می‌گیرد؛ اگرچه در اقلیم‌شناسی سینوپتیک تمام تغییرات هوا یا نوسان‌های اقلیمی (ترسالی، خشکسالی، سیلاب و ...) بر اساس حرکات اتمسفری سطوح بالای جو (عامل مستقیم) قابل توجیه و تبیین است. با وجود این، خلأ پژوهش‌هایی که از دیدگاه جغرافیایی و با استفاده از روش‌های مناسب و نسبتاً دقیق آماری به بررسی و تحلیل سینوپتیک پدیده خشکسالی در سطح حوضه آبریز مذکور پرداخته باشد، بسیار مشهود است.

هدف

این تحقیق، با این هدف بر آن است که الگوهای همدید روزهای بدون بارش دوره مرطوب شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه را با استفاده از روش تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای شناسایی و طبقه بندی کند، تا در راستای مدیریت و کاهش آثار ناشی از خشکسالی به تصمیم‌گیران کمک کرده باشد.

پیشینه

تاکنون مطالعات فراوانی در ارتباط با مخاطرات محیطی توسط محققان علوم مختلف صورت گرفته است. در این میان، پژوهش‌های جغرافیدانان اقلیم شناس با لحاظ بر خورده‌اری از نگرش سیستمی جایگاه ویژه‌ای دارد. یارنال و همکارانش بر این عقیده‌اند که در مطالعات اقلیم شناسی سینوپتیک دو مرحله جداگانه وجود دارد. در مرحله‌ی اول، الگوهای چرخشی اتمسفر که غالباً به صورت سطوح فشار سینوپتیکی هستند، طبقه بندی

می‌شوند و در مرحله بعد، تأثیر و رابطه هر یک از الگوهای چرخشی با اقلیم یک مکان یا ناحیه‌ای از سطح زمین بررسی می‌گردند (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۶، ۵۲).

افراد متعددی عوامل سینوپتیکی بلایای طبیعی را به صورت موردی مطالعه کرده و وضعیت کمی و کیفی استقرار سیستم‌های سینوپتیکی سطوح بالای اتمسفر و سطح زمین را در ارتباط با وقوع پدیده‌های اقلیمی بررسی و تحلیل نموده‌اند. از جمله مطالعات مذکور، کارهای ناش و چمبرلین (۱۹۵۴، ۳۰۵)، یوما و بوسارت (۱۹۸۷، ۸۹)، چانگنان (۱۹۹۹، ۲۷۳)، آندروود و اسچولتز (۲۰۰۴، ۹۸۹)، لیمن و همکاران (۲۰۰۵، ۳۹۴) و ... قابل ذکر است. مطالعات مذکور مقدمه‌ای برای آغاز مطالعات اقلیمی مخاطرات محیطی بوده است. پس از آشنایی اقلیم شناسان با استفاده از رایانه و به کارگیری روش‌های کمی و مدل‌های پیچیده ریاضی و آماری موجبات این مهم فراهم شد که اکثر اقلیم شناسان روش تحلیل عاملی (تابع تجربی عمودی یا روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی) و تحلیل خوشه‌ای را جهت طبقه‌بندی سینوپتیک، طبقه‌بندی نقشه‌های هوا و پهنه‌بندی اقلیمی به کار گیرند پروین (۱۳۸۶، ۲۸). شمار تحقیقاتی که تاکنون با استفاده از روش‌های نسبتاً دقیق مذکور انجام گرفته در ادبیات اقلیم شناسی سینوپتیک جهان فراوان است. از جمله مطالعات مختلف به روش‌های مذکور کارهای اسونسن (۱۹۹۹، ۱۴۷)، آندرس و همکاران (۲۰۰۰، ۶۶۳) و دیم (۲۰۰۶، ۶۱۵) در خصوص شناسایی الگوهای فضایی بارش و ناحیه بندی اقلیمی در مناطق مختلف قابل ذکر است. تعیین الگوهای چرخش اتمسفری مرتبط با بارش‌های عرض‌های میانه آسیا آیزن و همکاران (۲۰۰۱، ۶۶۵)، توجیه بارش‌های منطقه‌ای برف کوهستان‌های آندورا در ارتباط با دو الگوی مهم کاتاف بادهای غربی و جبهه‌های سرد و ایل و امان (۲۰۰۴، ۴۱۵)، شناسایی الگوهای فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ایالات متحده و نیمکره شمالی کاولکانتی و کایانو (۲۰۰۵، ۱۸۹)، همگی به نمونه‌هایی از کاربرد فراوان تحلیل عاملی در مطالعات اقلیم شناسی اشاره دارد. در ارتباط با پدیده خشکسالی، به طور اخص تاکنون بررسی‌های متعددی در سطح جهان به صورت موردی و اقلیمی صورت گرفته است. از آن جمله، کار اسلرلز (۱۹۶۰)، زلنهایس و

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۹۳

سالوای (۱۹۸۷)، موهان و ویدوال (۱۹۹۵، ۱۱۸)، ال اوادهی و جولیف (۱۹۹۸، ۴۴۶) نیکلسون (۲۰۰۱) شایسته یادآوری است.

در ادبیات اقلیم شناسی ایران، پژوهش‌های مرتبط با خشکسالی بسیار فراوان است. از آن جمله مطالعات سبزی‌پرور (۱۳۷۰)، باقری (۱۳۷۲)، پرنده جوزانی (۱۳۷۸)، امیری (۱۳۸۲)، علیجانی و همکاران (۱۳۸۳)، هاشمی و جهانشاهی (۱۳۸۴)، زاهدی و قویدل (۱۳۸۶) و ... شایان ذکر کرد. خوش اخلاق (۱۳۷۶) با بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران به روش سینوپتیکی با استفاده از شاخص نمره استاندارد به شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب سالانه و ماهانه پرداخته است. نتایج حاصل از مطالعه النینو و دوره‌های خشکسالی - ترسالی در ایران نشان داد که ارتباط معناداری بین خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها به ترتیب با پدیده لانینا و النینو وجود دارد (عزیزی، ۱۳۷۹). آنچه مسلم است، تحقیقات گذشته تاکنون به استثنای چند مورد معدود، عمدتاً جزو مطالعات موردی خشکسالی، به ویژه به روش SPI یا سری‌های زمانی بوده و تکنیک‌ها و مدل‌های پیچیده‌تر ریاضی و آماری جهت شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی بسیار کم به کار گرفته شده است. از طرفی، بر اساس بررسی‌های محقق تاکنون هیچ مطالعه‌ای با چنین سبکی در سطح حوضه آبریز مذکور انجام نشده و شرایط سینوپتیکی روزهای بدون بارش واقع در دوره مرطوب خشکترین سال اقلیمی مطالعه نشده است.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع در شمال غربی ایران بوده که بیش از نیمی از مساحت استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، قسمتی از استان کردستان و سطح بسیار کوچکی از استان زنجان و مجموعاً، ۴۳ کانون شهری و ۱۴۴ دهستان را با جمعیت کل حدود ۳/۷ میلیون نفر را در خود جای داده است (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

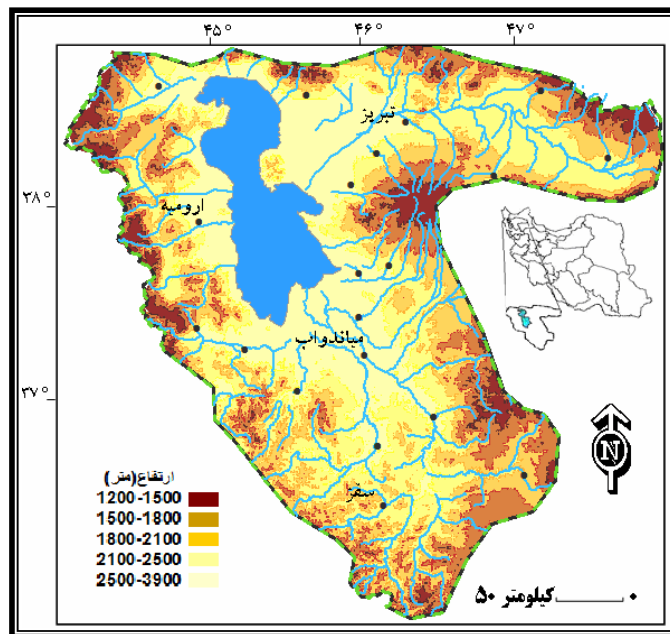
داده‌های خام بارش سالانه و فشار روزانه سطح زمین ایستگاه‌های منتخب حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۶-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. پراکندگی ایستگاه‌های منتخب سطح حوضه به گونه‌ای بود که دارای آمار بلندمدت بودند و با برخورداری از توزیعی یکنواخت، پوشش کاملی از کل منطقه داشتند (جدول ۱).

سپس، با در نظر گرفتن مقیاس توزیع مکانی- زمانی و بر اساس نمره‌های استاندارد بارش سالانه، شدیدترین خشکسالی دوره مورد مطالعه (سال ۱۹۹۹) با متوسط بارش منطقه- ای ۲۳۰ میلیمتر تعیین گردید. در ادامه، با توجه به مقیاس توزیع مکانی- زمانی آستانه روزهای بدون بارش ماه‌های مرطوب سال ۱۹۹۹ شاخص‌گذاری شد؛ به طوری که، ۳۳ روز بدون بارش با تداوم بیش از سه روزه در حداقل ۵۰ درصد کل منطقه استخراج گردید (جدول ۲).

جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی منتخب واقع در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه

| ایستگاه | نوع | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع از سطح دریا | دوره آماری |
|----------|----------|---------------|---------------|--------------------|------------|
| ارومیه | سینوپتیک | ۳۷° ۳۳' N | ۴۵° ۰۵' E | ۱۳۱۳ متر | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ |
| سقز | سینوپتیک | ۳۶° ۱۴' N | ۴۶° ۱۶' E | " ۱۵۲۳ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ |
| تبریز | سینوپتیک | ۳۸° ۰۵' N | ۴۶° ۱۷' E | " ۱۳۶۱ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ |
| میاندوآب | سینوپتیک | ۳۶° ۵۸' N | ۴۶° ۰۶' E | " ۱۳۱۴ | ۱۹۷۶-۲۰۰۵ |

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۹۵



شکل ۱ نقشه موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه

جدول ۲ روزهای بدون بارش منتخب شدیدترین خشکسالی منطقه مورد مطالعه

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ۹۹/۰۵/۲۸ | ۹۹/۰۴/۲۷ | ۹۹/۰۴/۲۶ | ۹۹/۰۴/۲۵ | ۹۹/۰۴/۲۴ | ۹۹/۰۳/۰۷ | ۹۹/۰۳/۰۶ | ۹۹/۰۳/۰۵ |
| ۹۹/۰۲/۲۱ | ۹۹/۰۱/۲۲ | ۹۹/۰۱/۱۰ | ۹۹/۰۶/۰۳ | ۹۹/۰۶/۰۲ | ۹۹/۰۶/۰۱ | ۹۹/۰۵/۳۰ | ۹۹/۰۵/۲۹ |
| ۹۹/۱۲/۱۶ | ۹۹/۰۵/۰۴ | ۹۹/۰۵/۰۳ | ۹۹/۰۵/۰۲ | ۹۹/۰۵/۰۱ | ۹۹/۰۲/۲۴ | ۹۹/۰۲/۲۳ | ۹۹/۰۲/۲۲ |
| ۹۹/۱۱/۲۲ | ۹۹/۱۱/۲۱ | ۹۹/۱۱/۲۰ | ۹۹/۱۱/۱۹ | ۹۹/۱۱/۱۸ | ۹۹/۱۲/۱۹ | ۹۹/۱۲/۱۸ | ۹۹/۱۲/۱۷ |
| - | - | - | - | - | - | - | ۹۹/۱۱/۲۳ |

از طرفی، داده‌های فشار روزانه سطح زمین و داده‌های روزانه ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای بدون بارش ایستگاه‌های واقع در محدوده بین ۷۰-۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۷۰-۱۰ درجه طول جغرافیایی شرقی (شامل ۲۴۷ تلاقی یا نقطه ارتفاعی) از سایت اینترنتی^۲ NCEP^۲/NCER^۳ اخذ شد. این انتخاب به دلیل وقوع بیشترین انقلابات

2- National Center Atmospheric Reasarch

3- National Center Environmental Pridiction

جوی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و کنترل مستقیم شرایط محیطی سطح زمین توسط تغییرات فشار سطح مذکور صورت گرفته است. به علاوه، انتخاب شبکه جغرافیایی مذکور نیز به دلیل امکان خودنمایی کامل سیستم‌های سینوپتیکی سطوح مختلف جو بود که باعث وقوع شدیدترین خشکسالی در سطح حوزه آبریز دریاچه ارومیه شده است.

بکارگیری داده‌های ارتفاعی بازسازی شده NCEP/NCAR در این مطالعه، به دلیل همخوانی و صحت بالای آنها (نیتو و همکاران، ۱۹۸۲، ۱۱۸۵)، (استبان و همکاران، ۲۰۰۵، ۳۲۱) و (...) از اقلیم شناس (کارل و همکاران، ۱۹۸۲، ۱۱۸۵)، (استبان و همکاران، ۲۰۰۵، ۳۲۱) و (...) از این داده‌ها برای بررسی تغییرات شرایط محیطی سطح زمین، به ویژه مطالعه پدیده‌های اقلیمی است، اما برای اطمینان بیشتر، داده‌های فشار روزانه ایستگاه ارومیه با داده‌های بازسازی شده یک تلاقی تقریباً منطبق با آن کالیبره شد و تناسب و همخوانی آنها از نظر کمی و کیفی کنترل و تأیید شد. همچنان که از شکل ۲ پیداست، به طور قطع دو سری زمانی مذکور دارای ساختاری مشابه هم بوده، از یک کلاس هستند. زیرا بین آنها معادله رگرسیون با شیب یک برقرار بوده، وابستگی شدیدی بین آن دو سری وجود دارد؛ به طوری که، میزان $r = 0.8$ و در سطح اطمینان یک درصد کاملاً معنی‌دار بود.

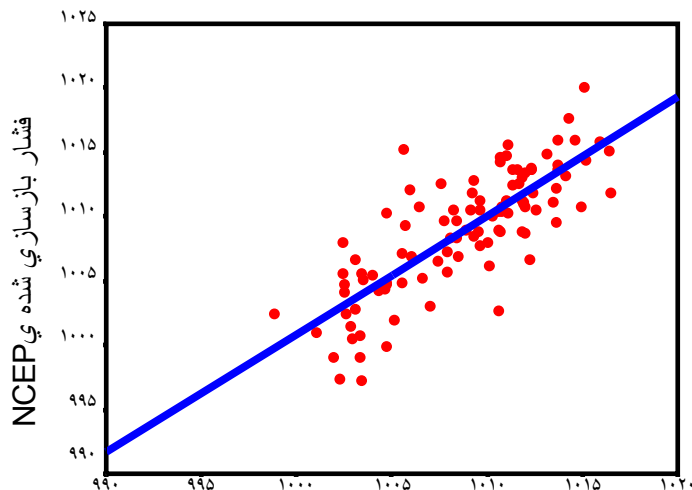
پس از جمع‌آوری داده‌ها و انتخاب شدیدترین خشکسالی سطح حوضه با استفاده از نمره استاندارد، ماتریس داده‌های ارتفاعی تنظیم شد. سپس، روش آماری تحلیل عاملی^۴ و تکنیک خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد^۵ جهت طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی حاکم بر شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه استفاده شد. اصولاً تحلیل عاملی تکنیک آماری است که بین مجموعه ای فراوان از متغیرهایی که به ظاهر بی ارتباط هستند، رابطه خاصی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کنند (شرکت آمار پردازان، ۱۳۷۷، ۳۲۵). بنابراین، یکی از اهداف اصلی تکنیک مذکور، کاهش ابعاد داده‌هاست (فرشادفر، ۱۳۸۰، ۲۹۰).

4- Nieto and et al

5- Component analysis

6- Ward

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۹۷



فشار ایستگاه ارومیه

شکل ۲ نمودار پراکنش داده‌های فشار ایستگاه ارومیه و نزدیک‌ترین تلاقی NCEP همراه با

برازش خط بهینه

به طور خلاصه، در این مطالعه فرمول تحلیل عاملی که ۲۴۷ متغیر را به شش عامل

تبدیل کرده است، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_i = \mu_i + \lambda_{i1}F_1 + \lambda_{i2}F_2 + \dots + \lambda_{i13}F_{13} + e_i \quad i=1,2,\dots,247$$

که در آن فرض می‌شود $e_i \approx N(0, \sigma_i^2)$ هستند؛ Y_i اندازه ارتفاع سطح ۵۰۰

هکتوپاسکال متغیر(تلاقی) i ام، μ_i متوسط ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تلاقی i ام

برای ۳۳ روز بدون بارش است. λ_{ij} ضریب ارتباط تلاقی i ام با عامل j ام، F_j عامل‌های

مؤثر بر متغیرها (تلاقی‌ها) هستند. e_i هم جملات خطا هستند که فرض می‌شود از

یکدیگر و از عامل‌های موجود مستقل‌اند. در مجموع، برای شناسایی و طبقه‌بندی الگوهای

سینوپتیکی مراحل زیر طی شد:

در مرحله اول با توجه به موضوع تحقیق از داده‌های مناسب اقلیم شناسی در قالب ترکیب یک عنصر (فشار) چند مکان (تلاقی‌های شبکه‌ی NCEP) و چند زمان (روزهای بدون بارش) استفاده شده است. در گام دوم ماتریس داده‌ها با در نظر گرفتن هدف این مطالعه در حالت S یا S-mode تنظیم شد. محققان اقلیم شناس، از قبیل ریچمن و لمب (۱۹۸۵، ۱۳۲۹) و ... به کرات از آرایه S در مطالعات مربوط به طبقه بندی الگوهای فشار استفاده کرده‌اند. بدین ترتیب، ماتریسی از داده‌ها به ابعاد ۳۳ ردیف (روز بدون بارش) در ۲۴۷ ستون یا متغیر (ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال) تنظیم شد. در مرحله سوم ماتریس همبستگی بین داده‌ها محاسبه شد. نتیجه این مرحله، تهیه ماتریس ضرایب همبستگی یا ماتریس واریانس-کواریانس بین متغیرهاست. اگر چه ریچمن (۱۹۸۱، ۱۱۵۵) در خصوص اشکال استفاده از ماتریس واریانس-کواریانس به جایابی سیستم‌های فشار در مناطق دارای واریانس بیشتر اشاره می‌کند، 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 پراکنندگی مکانی الگوهای فشار مناسبتر است. بنابراین، در اینجا ماتریس همبستگی از طریق کواریانس به صورت فرمول ذیل محاسبه شد.

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

قبل از شروع انجام تجزیه و تحلیل عاملی اعتبارسنجی تجزیه عاملی از طریق محاسبه دترمینان ضرایب همبستگی بین متغیرها و محاسبه معیار کایزر-میر-آلکاین (KMO^V) آزمون گردید. مرحله چهارم شامل محاسبه ماتریس بارگویه‌ها، انتخاب عامل‌هاست. در مرحله پنجم، به منظور شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بر اساس هفت عامل به دست آمده انجام روش تحلیل عاملی، روزهای بدون بارش با استفاده از فرمول حداقل فاصله اقلیدوسی تحلیل خوشه‌ای شد. فرمول مذکور به صورت زیر است:

$$e_{jk} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

در این فرمول e_{jk} فاصله بین مشاهده زام و k ام در یک مجموعه از مشاهدات است. x_{ij} مقدار متغیر i ام روی عضو k ام و n هم تعداد متغیرهای هر عضو است. در مرحله آخر نقشه‌های مرکب مربوط به هر خوشه ترسیم و نهایتاً تحلیل سینوپتیکی شدند.

بحث و نتیجه گیری

به طور کلی، نتایج تحقیق نشان می‌دهد که از بررسی آمار بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب منطقه مورد مطالعه و محاسبه نمره استاندارد (Z-Score) زمانی هر ایستگاه مشخص شد که بر اساس مقیاس توزیع زمانی- مکانی بارش طی دوره مورد مطالعه سال ۱۹۹۹ شدیدترین خشکسالی را تجربه کرده است. پس از تنظیم داده‌ها، از آنجا که مقدار آماره‌ی $KMO \geq 0.9$ 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 کوواریانس داده‌های ارتفاعی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای بدون بارش سال ۱۹۹۹، پنج عامل اول که در مجموع، ۹۴/۸ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کردند، استخراج شدند. در این میان، عامل اول توانست به تنهایی حدود ۵۹ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین کند و بررسی اجمالی جدول ماتریس همبستگی بین عامل‌های استخراج شده نیز گویای عدم وابستگی بین آنها بود و عامل‌ها از یکدیگر استقلال کامل داشتند (جدول ۲).

جدول ۲ مقادیر کل واریانس تبیین شده توسط هر عامل

| عامل | ارزش ویژه اولیه | | |
|-------|-----------------|--------------|---------------------------|
| | کل واریانس | درصد واریانس | مقادیر تجمعی درصد واریانس |
| اول | ۱۴۵/۴ | ۵۸/۸۷ | ۵۸/۸۷ |
| دوم | ۳۱/۴ | ۱۲/۷۲ | ۷۱/۵۹ |
| سوم | ۲۷ | ۱۰/۹۲ | ۸۲/۵۱ |
| چهارم | ۲۲/۸ | ۹/۲۳ | ۹۱/۷۴ |
| پنجم | ۷/۶ | ۳/۰۷ | ۹۴/۸۱ |
| ششم | ۳/۹ | ۱/۵۹ | ۹۶/۴ |

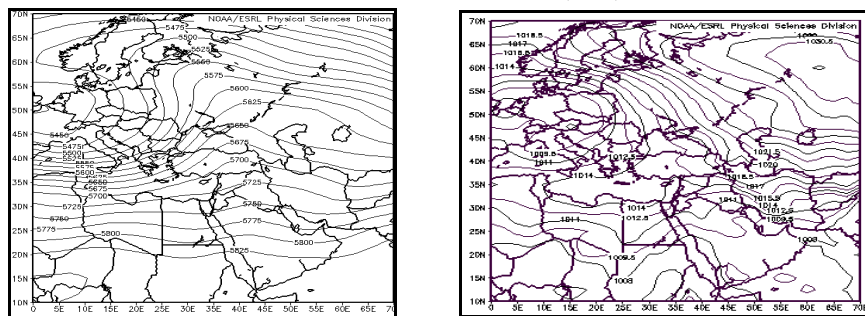
پس از تهیه نقشه‌های مرکب هر خوشه، چهار الگوی زیر بدست آمد:

الگوی اول: در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط سینوپتیکی حاکم به گونه‌ای است که دو پشته قوی، اولی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی بر روی شمال شرقی اروپا و شمال غرب سیبری استقرار یافته است و دیگری با راستای شمالی - جنوبی (با ارتفاع ۵۸۲۵-۵۶۵۰ متر) از شمال دریای سیاه تا جنوب شبه جزیره عربستان هر کدام با عمق ۲۰۰ متر امتداد یافته‌اند. حوضه آبریز دریاچه ارومیه در جلوی محور پشته دومی و بین خطوط هم ارتفاع ۵۷۲۵-۵۷۰۰ متر قرار دارد. این پشته در حال ریزش هوای سرد عرض - های بالا بر روی حوضه بوده، استقرار چنین شرایطی بر روی منطقه سبب نزول هوا و پایداری آن می‌شود.

سامانه غالب سطح زمین در این الگو، سامانه پرفشار سیبری است؛ به طوری که، چرخندی با سلول بسته ۱۰۰۹ هکتوپاسکال تمام اروپا را فرا گرفته است. پرفشار حرارتی سیبری با دو سلول بسته و فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر روی مرکز روسیه جای گرفته و زبانه‌های غربی آن تا شمال اروپا امتداد یافته است. استقرار این شرایط مانع از گسترش و حرکت چرخند اروپا به طرف خاورمیانه شده است. نفوذ و حرکت زبانه‌های

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۰۱

جنوبی پرفشار سیبری به طرف عرض‌های جنوبی‌تر باعث می‌شود که شرایط پایداری پس از عبور از جنوب دریای آرال و ورود به افغانستان و ایران بتواند منطقه مورد مطالعه را تحت تاثیر خود قرار دهد. این پرفشار سبب ریزش هوای سرد بر روی این مناطق و شرایط پایداری هوا و تداوم عدم بارش برای چند روز می‌گردد.

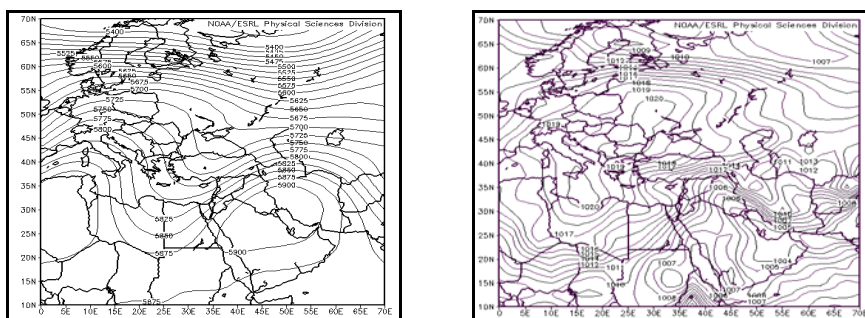


شکل ۳ نقشه مرکب الگوی اول در سطح زمین (سمت راست) و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ)

الگوی دوم: در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مرکز پر ارتفاعی با کنتور ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل بر سرتاسر ایران و بخش‌های غربی افغانستان و پاکستان و کل شبه جزیره عربستان غالب است؛ به طوری که مرکز آن بر روی خلیج فارس با بیش از ۸۹۰۰ متر قابل تشخیص است. حرکات نزولی حاصل از این واچرخند تمام ایران را فرا گرفته و شدت آن در زیر این پشته به اندازه‌ای است که سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بالای حوضه را به ۵۸۲۵ متر رسانده است. این شرایط باعث شده که هوای کاملاً پایدار و بدون بارش برای مدتی بیش از دو روز بر ایران و بویژه بر حوضه آبریز مذکور حاکم شود.

در تراز سطح زمین سامانه غالب، سامانه پرفشار مهاجر اروپاست. شرایط سینوپتیکی حاکم در این الگو نشان می‌دهد که، وسعت این پرفشار مهاجر با ۴ تا ۵ سلول بسته و فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال به حدی است که علاوه بر اشغال تمام اروپا، زبانه‌های جنوبی این واچرخند با امتداد شمالی-جنوبی تمام صحرای آفریقا را تا عرض ۲۰ درجه نیز دربر گرفته است، از طرفی، زبانه‌هایی از کم فشار سودانی به طرف بالا حرکت کرده

ولی با توجه به اینکه زبانه‌های جنوب شرقی پرفشار مهاجر در حال ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر به منطقه شمال غرب ایران است و این شرایط مانع از ورود کم فشار سودانی به شمال غرب گردیده است. بنابراین، ریزش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی حوضه آبریز مذکور عدم نزول بارش و پایداری هوا را برای مدتی به ارمغان داشته است.



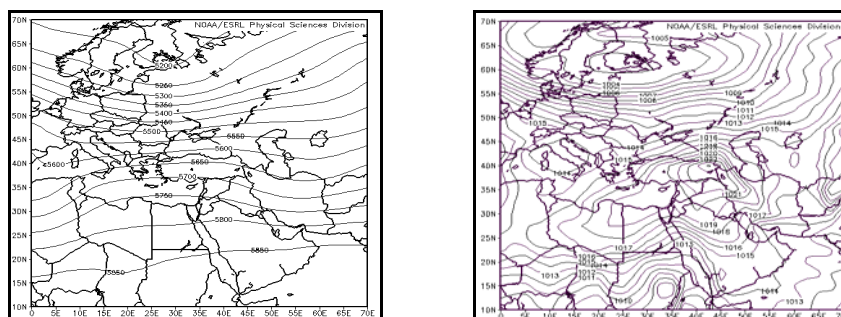
شکل ۴ نقشه مرکب الگوی دوم در سطح زمین (سمت راست) و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ)

الگوی سوم: در تراز سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط سینوپتیکی حاکم در این خوشه نشان می‌دهد که، چرخندی از شمال اروپا تا عرض جغرافیایی ۵۰ درجه گسترش پیدا کرده است. و ارتفاع آن بر روی دریای سیاه به ۵۶۰۰ متر می‌رسد. به طوریکه، پشت‌های با امتداد شمالی- جنوبی و ارتفاع حداقل ۵۶۵۰ متر بر روی ترکیه و عراق تشکیل شده که شمال غرب ایران را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. عمق این پشته ۲۰۰ متر و وسعت آن حدود ۲۵ درجه عرض جغرافیایی است. موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه بین کنتور ۵۷۰۰-۵۶۵۰ متر می‌باشد. وجود این پشته مانع از ورود چرخند عرض‌های بالا بر روی ایران شده و این شرایط سبب ریزش هوای سرد و خشکی بر روی حوضه آبریز مذکور گردیده است.

در تراز سطح زمین سامانه غالب این الگو، سامانه پرفشار مهاجر اروپاست. شرایط سینوپتیکی آن به گونه‌ای است که، سلول و اچرخند قوی با فشار مرکزی ۱۰۲۴ میلی بار بر روی شمال شرق ترکیه قرار گرفته است. این پرفشار قوی با کاهش نسبی به سمت

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۰۳

جنوب شرق، کل کشور ایران را در بر داشته و سبب ریزش هوای سرد و پایدار برای مدت حداقل دو روز به ویژه برای سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه شده است. از طرفی، مرکز چرخندی با فشار مرکزی ۱۰۰۲ هکتوپاسکال با امتداد شرقی- غربی بر روی فنلاند قرار گرفته و زبان‌های آن با امتداد شرقی- غربی شمال، مرکز، شرق اروپا را تا صحرای سیبری را در بر گرفته است، اما این چرخند تاثیری بر روی ایران ندارد.

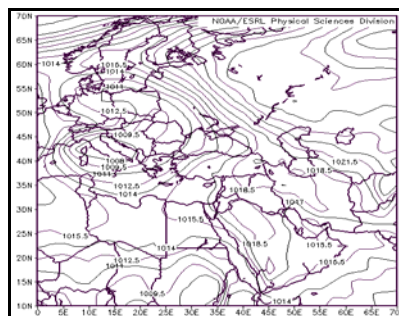
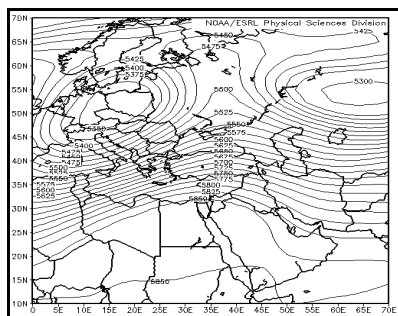


شکل ۵ نقشه مرکب الگوی سوم در سطح زمین (سمت راست) و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (سمت چپ)

الگوی چهارم: در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شرایط سینوپتیکی حاکم در نقشه مرکب این خوشه، حاکی از آن است که مرکز کم ارتفاع قوی با فشار مرکزی ۵۳۵۰ ژئوپتانسل و چهار سلول بسته متحد‌المرکز تمام اروپای مرکزی را تحت سیطره خود در آورده است. حرکت محور جنوبی این واچرخند به طرف عرض‌های بالا سبب شده که کنتورها در شرق آن حالت نصف‌النهاری پیدا کند و این شرایط باعث ایجاد پشته قوی با امتداد شمالی- جنوبی از صحرای سیبری تا شمال شبه جزیره عربستان شده است. عمق محور این پشته حدود ۵۰۰ متر بوده، گستره آن بین ۳۰ تا ۷۰ درجه عرض جغرافیایی است. تمام ایران، بویژه شمال غرب و غرب تحت تاثیر حرکات عمودی زیر قسمت جلوی این پشته قرار دارد. در این میان، حوضه آبریز بین خطوط کنتور ۵۷۲۵-۵۷۰۰ متر قرار

گرفته است. استقرار این شرایط سبب ایجاد پایداری هوا و عدم بارش برای مدت بیش از دو روز در منطقه مورد مطالعه می شود.

سامانه غالب این الگو در سطح زمین، سامانه پرفشار عربستان است؛ به طوری که، واچرخند عربستان با فشار مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال بر روی شبه جزیره عربستان قرار گرفته و زبانه‌های شمالی آن با زبانه‌های جنوب غربی فرابار حرارتی سیبری در ایران یکی شده است و استقرار این شرایط مانع از ورود چرخند اروپا به طرف ایران و حوضه آبریز مذکور گردیده است. در نتیجه، تداوم پایداری و خشکی هوا بر روی شمال غرب ایران، بویژه حوضه مذکور برای مدت بیش از دو روز به وجود آمده است. از سویی، مرکز چرخندی با خط همفشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال بر روی مرکز ایتالیا قرار گرفته و نتوانسته است آثار ناپایداری خود را بر منطقه تحمیل کند.



شکل ۶ نقشه مرکب الگوی چهارم در سطح زمین (سمت راست) و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (چپ)

پیشنهادها

با توجه به شناسایی چهار الگوی سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال غالب و مؤثر بر شدیدترین خشکسالی سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، در راستای مدیریت و کاهش خسارت ناشی از خشکسالی‌های شدید، پیشنهاد می‌گردد که: متخصصان مرتبط بر اساس

الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۰۵

الگوهای سینوپتیکی شناسایی شده، سامانه هشدار اولیه خشکسالی^۱ را برای سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه طراحی کنند تا به موقع پیش بینی، اطلاع رسانی و اقدامات پیش گیرانه صورت گیرد.

منابع

- ۱- امیری مژگان. (۱۳۸۲). «بررسی عوامل اقلیمی خشکسالی‌های استان سمنان»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، گروه جغرافیا.
- ۲- باقری سعید. (۱۳۷۲). «بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل زا در شمال ایران» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، به راهنمایی: فریده حبیبی، گروه فیزیک.
- ۳- پرند خوزانی، اکرم. (۱۳۷۸). «بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل زا در حوزه آبریز رودخانه دالکی» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، به راهنمایی: حسن لشکری، گروه جغرافیا.
- ۴- پروین، نادر. (۱۳۸۶). «بررسی و تعیین الگوهای سینوپتیکی حاکم بر سیلاب‌های مخرب حوضه آبریز دریاچه ارومیه» پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، به راهنمایی: جعفرپور، زین العابدین و حجازی زاده، زهرا، گروه جغرافیا.
- ۵- حجازی زاده زهرا؛ جعفرپور زین العابدین؛ علیجانی بهلول و پروین نادر. (۱۳۸۶). «بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب‌های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه» *مجله علوم جغرافیایی*، سال دوم، ۴: ۷۳-۵۲.
- ۶- خوش اخلاق فرامرز. (۱۳۷۶). «بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۴۵: ۱۵۴-۱۳۶.
- ۷- زاهدی مجید و قویدل رحیمی یوسف. (۱۳۸۱). «شناخت، طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی با استفاده از روش سری‌های زمانی نمونه مطالعاتی حوضه آبریز دریاچه ارومیه»، *فصلنامه فضای جغرافیایی*، ۶: ۴۸-۱۹.
- ۸- سبزی پرور علی اکبر. (۱۳۷۰). «بررسی سینوپتیک سیستم‌های سیل زا در جنوب غربی ایران» به راهنمایی: خیر اندیش، محمد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، موسسه ژئوفیزیک.
- ۹- شرکت آمار پردازان. (۱۳۷۷). «راهنمای کاربری SPSS 6.0 for Windose» ج دوم، مرکز فرهنگی انتشاراتی حامی، تهران، ۵۳۳.
- 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- عزیزی قاسم. (۱۳۷۹). «النینو و دوره‌های خشکسالی- ترسالی در ایران»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸: ۸۴-۷۱.
- ۱۲- فرشادفر عزت ا. . (۱۳۸۰). اصول و روش‌های آماری چند متغیره، انتشارات طاق بستان، کرمانشاه، ۴۶۱.
- ۱۳- میرزاخانی آتوسا. (۱۳۷۸). «تجزیه و تحلیل ریسک سیل و آثار زیانبار آن در ایران» فصلنامه بیمه، ۱۳: ۸-۱۵.
- ۱۴- هاشمی سید رضا و امیرجهانشاهی سید مهدی. (۱۳۸۴). «تحلیل و پیش بینی کل بارندگی ماهانه و سالانه مشهد در سال ۲۰۰۵» نیوار، شماره پیاپی ۵۷-۵۶: ۷۳-۵۷.
- 15- 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.
- 16- Al-Awadhi, S. and Jolliffe, J., (1998), "Time Series Modelling of surface pressure Data", International Journal of Climatology 18, 443-455.
- 17- 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.
- 18- Bhalme, H.N. and Mooley, D.A., (1980), "Large - scale drought/floods and monsoon circulation", Monthly Weather Review, 108: 1197-1211.
- 19- 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.
- 20- 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.
- 21- Diem J.E., (2006), "Synoptic-scale controls of summer precipitation in the southeastern United States", Journal of Climate, 19: 613-621.
- 22- 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.
- 23- Hughes, L. B. and Saunders, M., (2002), "A Drought Climatology for Europe", International Journal of Climatology 22, 1571-1592.
- 24- 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.
- 25- 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.
- 26- Mohan, S. and Vedula, S., (1995), "Multiplicative seasonal ARIMA model for long term forecasting of Inflows", Water Resources Management 9, 115-126.
- 27- 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.
- 28- Nicholson, S.E. Lwith, D. Leposo, J. and Grist, L., (2001), "The Relationship between ElNino and drought Over Botswana", Journal of climate, 14: 325- 335.
- 29- 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.
- 30- Richman M.B., (1981), "Obliquely Rotated principal component: An improved meteorological map typing technique?", Journal of Applied Meteorology, 2: 1145-1159.
- 31- 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.

- 32- Sellers, W., (1960), "A statistical method for estimating the mean relative humidity from the mean air temperature", *Monthly Weather Review* April, 155-157.
- 33- 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.
- 34- 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.
- 35- 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.
- 36- Vuille, M., and Mmmann, C., (2004), "Regional snowfall patterns in the high, arid Andes", *Climate Change*, 36: 413-423.
- 37- 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.
- 38- Zelenhasic, E. and salvai, A., (1987), "A method of stream flow drought analysis", *Water Resources Management* 23, 156-168.

۱۰۸ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۵، شماره ۱۰۰، بهار ۱۳۹۰