

## تحلیلی بر خشکسالی‌های ایران در نیم قرن گذشته

رضا دوستان

۱. دکتری اقلیم‌شناسی، استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد،

### چکیده :

خشکسالی یکی از پدیده‌های اقلیمی است که هر ساله خسارتهای زیادی به بخش‌های مختلف طبیعی از جمله منابع آبی و محیط زیست و انسان در روی کره زمین وارد می‌سازد. در دهه اخیر با توجه با فراوانی وقوع خشکسالی در ایران و کاهش منابع آبی، پیامدهای آن ملموس شده و برنامه ریزان و مدیران را با مشکل روبرو می‌سازد. هدف این پژوهش، شناخت رفتار پدیده خشکسالی در یک دوره طولانی و تعیین نواحی خشکسالی ایران است. بنابراین داده‌های ماهانه بارش برای دوره ۵۰ ساله از ۱۹۶۱ - ۲۰۱۰ ایستگاه‌های سینوپتیک ایران، چگونگی خشکسالی‌های بلند مدت در مقیاس ۲۴ ماهه مشخص گردید. در این مطالعه از روش استاندارد بارش، تحلیل مولفه اصلی و خوشه بندی برای تعیین خشکسالی‌ها و نواحی همگن خشکسالی در ایران استفاده شد. نتایج حاکی است، خشکسالی در ایران از رفتار منظم فضایی و منطقی در دراز مدت برخوردار است چنانکه این روند شمال غربی - جنوب شرقی بوده و ۷ ناحیه همگن خشکسالی بلند مدت در ایران وجود دارد. از نظر مدیریت ریسک و بحران خشکسالی در ایران با توجه به سری‌های زمانی رفتار خشکسالی هر ناحیه در نیم قرن اخیر، به ترتیب ناحیه ۱، ۳، ۵، ۷، ۶، ۲، ۴ در اولویت قرار دارند. اواخر دهه ۹۰ و کل دهه ۲۰۰۰ شدیدترین و بیشترین توالی خشکسالی در ۶ ناحیه ایران در نیم قرن اخیر اتفاق افتاده است. ناحیه ۱ شامل ایستگاه‌های شمال غربی و گرگان بیشترین دوره خشکسالی ۲۵ ساله را تجربه کرده است. از آنجا که پیامدهای ناشی از آن تا سالها بعد از پایان خشکسالی در یک ناحیه آشکار می‌شود. بنابراین مدیریت ریسک و بحران جدی در ارتباط با این پدیده بر حسب برنامه ریزی منطقه‌ای و اولویت بندی برای طرح‌های مخصوص هر ناحیه مفید می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** خشکسالی بلند مدت، مناطق خشکسالی، شاخص استاندارد بارش، ایران.



## مقدمه:

نگاهی به تاریخ زندگی انسان بر روی کره زمین نشان می‌دهد که از ابتدا همواره در معرض مخاطرات طبیعی بوده است. چنانکه برخی از این مخاطرات مرتبط با نوسانات آب و هوایی، از جمله سیل، طوفانهای گردوخاک، خشکسالی و غیره بوده و در این بین خشکسالی یکی از مهم‌ترین این مخاطرات می‌باشد. خشکسالی یکی از ویژگیهای طبیعی اقلیم است که هر از چند گاهی در برخی از مناطق جهان و در همه نوع آب و هواها اتفاق می‌افتد. این پدیده خسارت‌های زیادی به اکوسیستم‌های طبیعی، کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آب و زندگی انسان وارد می‌سازد. رفتار خشکسالی با مخاطرات دیگر از جمله سیل و زلزله تفاوت داشته و تفاوت آن در تاثیر تدریجی، آرام و خزشی (مزمین) این رخداد طی یک دوره طولانی، عدم امکان تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه آن و محدوده گسترش آن می‌باشد. این پدیده به طور مستقیم و غیر مستقیم بخش‌های مختلف زندگی انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. خشکسالی به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شود: ۱- هواشناسی ۲- کشاورزی ۳- هیدرولوژی، که به ترتیب بارش کمتر از نرمال، کاهش رطوبت ناحیه ریشه کمتر از نرمال، کاهش منابع آبی کمتر از نرمال گفته می‌شود. بارش عمده‌ترین پارامتر در وقوع خشکسالی بوده، طوریکه کاهش بارش‌ها نسبت به نرمال بلند مدت را خشکسالی می‌نامند (فرج زاده، ۱۳۸۴). شاخص‌های مختلفی در ارتباط با تعیین خشکسالی از طرف محققین با متغیرهای بارش، تبخیر و تعرق، رطوبت و غیره تعریف شده است: درصد از نرمال، پالمر، دهک‌ها، انحراف از میانگین، بارش استاندارد، شاخص پوشش گیاهی و غیره. خشکسالی دارای سه ویژگی مهم: شدت، تداوم و مساحت پوششی است. ایران در منطقه خاورمیانه و بین منطقه حاره و برون حاره (جنب حاره)، بر روی کمربند بیابانی نیمکره شمالی از شمال آفریقا شروع و عربستان، اردن، سوریه، عراق و جنوب ایران به سمت بیابانهای سرد آسیای مرکزی ادامه دارد. طوریکه از گذشته

تاکنون خشکسالی‌های زیادی در این منطقه اتفاق افتاده، چنانکه در دعا‌های باران و رهایی از خشکسالی در متون دینی قدیم ایران مشاهده می‌شود، که از گذشته تاکنون هر از چند گاهی رخداد خشکسالی در این منطقه وجود داشته است. متوسط بارندگی در ایران ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که این مقدار یک سوم متوسط جهانی است. از طرفی بی‌نظمی بارش‌ها در ایران زیاد است، طوریکه بیشتر بارش‌ها در نیمه سرد سال و نه در دوره رشد محصولات ریزش می‌کنند و یا در اکثر مناطق خشک داخلی بخش غالبی از ریزش بارش‌های سالانه در یک روز می‌باشند. این شرایط حکایت از بی‌نظمی بالای بارش‌ها از نظر زمانی و مکانی دارد (علیچانی، ۱۳۸۵). خشکسالی در ایران یکی از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی است که هر ساله در بخش‌هایی از آن رخ داده و خسارتهای زیادی را به همراه دارد. چنانکه پیامدهای آن امروزه در بخش‌های مختلفی از جمله منابع آبی، محیط زیست، خشک شدن تالابها، دریاچه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها در مناطق مختلف ایران مشهود است. از آنجمله خشک شدن ۵۱ قنات و کاهش دبی ۴۸ درصدی قنات‌ها، ۴۱ درصدی چاهای عمیق و ۳۱ درصدی چشمه‌ها، کاهش مخازن آب‌های زیرزمینی با ۲ متر و ۱۰ سانتی‌متر افت (متوسط ۱۱ سانتی‌متر هر سال) در حوضه گناباد از ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵، عمدتاً در اثر خشکسالی‌های متوسط تا شدید از ۱۳۷۴-۱۳۸۵ (بهنیافر و همکاران، ۱۳۸۹)، کاهش سطح آبهای زیرزمینی دشت اردبیل در شمال غرب ایران با متوسط سالانه ۱۸ سانتی‌متر بر اثر خشکسالی در بازه زمانی ۱۳۶۷-۱۳۸۷ (دانشور و ثوقی و همکاران، ۱۳۹۰) می‌باشد. امروزه با توجه به میزان ریزش‌های جوی و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارش‌ها در ایران، وقوع خشکسالی‌ها و خسارت ناشی از این رخداد و از طرفی افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و منابع غذایی بیشتر، نیاز به آب روز به روز بیشتر شده و مساله آب، به عنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران و برنامه‌ریزان کشور می‌باشد. بنابراین مطالعه و شناسایی رفتار این پدیده در ایران یکی از

در اروپا با استفاده از داده های رقومی ۰/۵ درجه با شاخص بارش استاندارد در مقیاس ۳ تا ۲۴ ماهه از ۱۹۰۱-۱۹۹۹ بررسی و نشان داد، بخش هایی از اروپا، مرکز اروپای غربی و روسیه غربی خشکسالی و اروپای شمال شرقی شرایط مرطوبتری را طی قرن گذشته تجربه کرده و شاخص بارش استاندارد در مقیاس ۱۲ ماهه با شاخص پالمر شباهت دارد (Lloyd Hughes and Saunders, 2002). در منطقه خاورمیانه نیز، خشکسالی هواشناسی و پوشش گیاهی در اردن از ۱۹۷۰-۲۰۰۵ به ترتیب با شاخص استاندارد بارش و پوشش گیاهی بررسی و حاکی است، شدت، فراوانی و گسترش خشکسالی ها دهه گذشته اردن افزایش و عمدتاً خشکسالی در ژانویه، فوریه و مارس رخ داده و از نظر مکانی خشکسالی ها از مناطق بیابانی جنوب و غرب به مناطق شمالی و غرب اردن ( دره اردن) جابجایی داشته اند. در ادامه مدل های گردش عمومی، افزایش خشکسالی شدید اردن در آینده را پیش بینی می کنند ( Al-Qinna et al, 2011). در ادامه روند بارش های سالانه، فصلی، ماهانه و خشکسالی در جنوب ایتالیا از ۱۹۲۳-۲۰۰۰ به ترتیب با روش من کندال و شاخص بارش استاندارد بررسی و نشان از کاهش ۱۳۶ میلیمتری بارش در ۳۰ سال اخیر داشته، طوریکه این روند در فصل زمستان معنی دار و همچنین خشکسالی در مقیاس ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه از ۱۹۷۵ افزایش شدید با مقادیر ۱- تا ۳- را تجربه کرده اند ( Piccarreta et al, 2004). از طرفی خشکسالی های ویتنام با شاخص بارش استاندارد از ۱۹۶۱-۲۰۰۷ نشان داد، در همه مناطق ویتنام عمدتاً بین ماه های نوامبر تا مارس خشکسالی اتفاق افتاده و رفتار خشکسالی و ترسالی در مناطق جنوبی به ترتیب با رفتار ال نینو و لانینو مشابه و در دوره مطالعه عمدتاً خشکسالی ها در شمال ویتنام گسترش داشته اند (Vu-Thanh et al, 2014). همچنین خشکسالی شدید ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ کرواسی با شاخص بارش استاندارد در مقیاس ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه برای ۵ ایستگاه از ۱۹۰۱-۲۰۱۲

ضروریات محققان و کشور بوده تا بتوان با مدیریت صحیح و اصولی در مناطق مختلف ایران، خسارتهای ناشی از این پدیده را کاهش داد. یکی از اولین اقدامات در بحث مدیریت ریسک خشکسالی شناخت رفتار فضایی (پراکندگی فضایی) این پدیده می باشد. بخشی از مطالعات در مناطق مختلف جهان مربوط به خشکسالی است، از آنجمله در یونان با استفاده از داده های دما و بارش ماهانه برای دوره ۱۹۵۷-۱۹۸۳ در ۲۸ ایستگاه، خشکسالی ها با شاخص شدت خشکسالی پالمر (pdsi) بررسی و در ادامه با استفاده از روش طبقه بندی، ۷ ناحیه خشکسالی تعیین گردید. نتایج نشان داد به طور متوسط ۴۰ درصد ماها در دوره مطالعه، خشکسالی را تجربه کرده و روند خشکسالی از جنوب به شمال و از غرب به شرق افزایش دارد. همچنین دوره های یک تا سه ماهه خشکسالی در کل منطقه بیشترین بوده و فقط مناطق غربی یونان خشکسالی ها شدید را تجربه کرده اند (Loukas et al, 2002). همچنین مطالعه مروری خشکسالی های سده گذشته در آفریقا، ۱۹۰۰-۲۰۱۳، نشان می دهد در ۵۰ سال اخیر مناطق مختلف آفریقا خشکسالی ها شدیدتر، فراوانتر و گسترده تری را تجربه کرده، چنانکه شدیدترین خشکسالی ها در ۱۹۷۲-۱۹۷۳، ۱۹۸۳-۱۹۸۴، ۱۹۹۱-۱۹۹۲ و از نظر مکانی خشکسالی با تداوم بالا و شدید در ۱۹۹۹-۲۰۰۲ در شمال غربی آفریقا، خشکسالی های دهه ۷۰ و ۸۰ در غرب آفریقا، ۲۰۱۰-۲۰۱۱ در شرق آفریقا (شاخ آفریقا) و ۲۰۰۱-۲۰۰۳ در جنوب و جنوب شرق اتفاق افتاد. پیش بینی می شود در آینده نیز آفریقا با خشکسالی های شدید روبرو بوده و این به مدیریت اصولی آب نیاز دارد (Masih et al, 2014). خشکسالی در والنسیا نیز برای دوره ۴۰ ساله (۱۹۵۵-۱۹۹۶) بررسی و دوره زمانی شدت، تداوم و گسترش مکانی شناسایی شد، چنانکه دوره های ۱۹۵۲-۱۹۵۵، ۱۹۶۳-۱۹۷۸، ۱۹۶۴-۱۹۹۳، ۱۹۸۵-۱۹۹۵، مناطق مختلف آن خشکسالی را تجربه کردند (Estrela et al, 2000). همچنین اقلیم شناسی خشکسالی

بررسی و نشان داد بیشترین خشکسالی‌ها در دهه ۱۹۲۰-۱۹۴۰-۱۹۵۰-۱۹۹۰ و شروع دهه ۲۰۱۰ اتفاق افتاده و عمدتاً خشکسالی شدید اخیر با کاهش بارش نوامبر ۲۰۱۱ و مارس ۲۰۱۲ در ارتباط با الگوی بلوکینگ اروپا، نوسان اطلس شمالی و شاخص اطلس شرقی- روسیه غربی است (Cindric et al, 2015). خشکسالی در مناطق مختلف ایران نیز مطالعه شد، از آنجمله است تعیین پراکندگی فضایی خشکسالی‌های کوتاه مدت ایران با بارش ماهانه برای دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵ از ۷۰ ایستگاه سینوپتیک، این خشکسالی‌ها با شاخص استاندارد بارش در مقیاس ۳ و ۶ ماهه تعیین شد. نتایج تحلیل فضایی حاکی است خشکسالی در ایران از رفتار مداری تبعیت کرده، چنانکه مناطق نیمه شمالی ایران خشکسالی بیشتر و نیمه جنوبی ایران بر عکس خشکسالی کمتری را تجربه می‌کنند (علیجانی و بابائی، ۱۳۸۸). از طرفی خشکسالی هواشناسی خراسان رضوی در ارتباط با الگوهای جو با استفاده از بارش ماهانه ۹ ایستگاه سینوپتیک استان از دوره ۱۹۸۹-۲۰۰۸ و با شاخص بارش استاندارد در مقیاس ۱ و ۳ ماهه تعیین گردید. نتایج نشان داد به ترتیب کاشمر و نیشابور بیشترین و کمترین خشکسالی‌ها را تجربه کرده اند. در ادامه با تعیین سال ۲۰۰۱ به عنوان خشکترین سال در استان، پرفشار سبیری به عنوان یک مانع عمده جوی برای بارش‌های این منطقه تعیین گردید (موسوی بایگی و اشرف، ۱۳۹۰). همچنین داده‌های ماهانه بارش ۳۳ ایستگاه سینوپتیک ایران در دوره ۱۹۷۶-۲۰۰۵ به منظور تعیین خشکسالی‌ها در مقیاس سه ماهه شاخص بارش استاندارد استفاده و با مدل زنجیره مارکوف‌ها آینده خشکسالی پیش بینی گردید. نتایج نشان داد بعد از دوره مطالعه، خشکسالی‌های متوسط (۸۷ درصد ایستگاه‌ها) و شدید (۹ درصد ایستگاه‌ها) در ایران تجربه می‌کنند (مقامی و بذرافشان، ۱۳۹۱). از طرفی سینوپتیک خشکسالی و ترسالی غرب ایران با بارش ماهانه دوره ۱۹۸۹-۲۰۰۸ از ۲۰ ایستگاه جنوب غرب و با شاخص نمره استاندارد (Z SCORE) تعیین و حاکی است، خشکسالی‌ها در

جنوب غرب نسبت به ترسالی‌ها افزایش داشته و جلبجایی زمانی از اواخر زمستان به اوایل زمستان در بارش‌های جنوب غرب مشاهده شد. همچنین عامل خشکسالی منطقه پرفشار جنب حاره روی عربستان و پراارتفاع سطوح بالای جوتعیین گردید (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱). در جنوب شرق ایران نیز در ایران شهر خشکسالی‌ها با استفاده از بارش ماهانه ۱۳۵۹-۱۳۸۵ و شاخص نمره استاندارد تعیین و با مدل زنجیره مارکوف تداوم خشکسالی‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد تداوم خشکسالی‌ها در ابتدای دوره مطالعه کم و در سالهای اخیر، ۱۳۷۷-۱۳۸۵، شدت و تداوم خشکسالی‌ها در ایران شهر بیشتر است (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹). از طرفی رشد قطری درختان صنوبر در صومعه سرای گیلان از ۱۳۷۲-۱۳۸۲ و دوره‌های خشکسالی تعیین گردید، چنانکه با وقوع خشکسالی، قطر درختان کاهش داشته و با کاهش ۱۲۰۰ میلیمتر بارش به ۸۰۰ میلیمتر، قطر درختان ۲/۳ میلیمتر کاهش می‌یابد (رمضانی گورابی و شیرزاد، ۱۳۸۹). همچنین در دشت قزوین کاهش سطح آبهای زیر زمینی در ارتباط با خشکسالی نشان داد، در سالهای منتهی به ۲۰۰۰ خشکسالی بیشتر از ترسالی بوده و این موجب کاهش سطح آبهای زیر زمینی به طور متوسط ۲۵ سانتی متر در سال شده و در دو سال شاخص از نظر شدت خشکسالی‌ها، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ سطح آب زیر زمینی در دشت قزوین ۴ متر کاهش داشت (عزیزی، ۱۳۸۲). از طرفی در سیستان و بلوچستان با استفاده از بارش ماهانه و شاخص استاندارد بارش برای دوره ۱۹۶۵-۲۰۰۰، الگوی زمانی و مکانی خشکسالی تعیین و نشان از فراوانی خشکسالی‌های کوتاه مدت داشته و از نظر مکانی خشکسالی‌های شمال و جنوب استان با همدیگر متفاوت است، طوریکه خشکسالی‌ها در ناحیه جنوب استان از تداوم زمانی کمتر و شمال استان با تداوم دوره خشکسالی بیشتر، خشکی شمال استان را تشدید می‌کند (رضیعی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین اثر خشکسالی بر کیفیت آبهای زیرزمینی در دشت تبریز با استفاده از شاخص بارش

برای هر منطقه همگن خشکسالی برنامه عملیاتی را طرح ریزی کنند. همچنین با توجه به رفتار خشکسالی در نیم قرن گذشته و شناخت رفتار و پتانسیل ذاتی خشکسالی هر منطقه، اولویت بندی طرح ها و برنامه های عملیاتی ممکن بوده و دغدغه مدیران و برنامه ریزان کشور برای اینکه از کجا و چگونه شروع کردن برای کاهش پیامدهای خشکسالی را تسهیل می کند. بنابراین در این مطالعه با استفاده از داده های بلند مدت خشکسالی در ایستگاههای ایران، رفتار و چگونگی پراکنش مکانی و دوره ای این پدیده و نواحی همگن خشکسالی ها بلند مدت شناسایی گردید.

### مواد و روش ها:

در این مطالعه به منظور تعیین خشکسالی های بلند مدت در ایران، از داده های بارش ماهانه ۳۱ ایستگاه سینوپتیک بالای ۵۰ سال دوره آماری از ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ استفاده گردید (قابل ذکر است ایستگاههایی استفاده شد که دارای سری زمانی ۵۰ ساله کامل بوده و نقص سالانه یا ماهانه آماری نداشتند، شکل ۱). برای تعیین خشکسالی شاخصی نیاز است تا مقیاس های زمانی متفاوت را در نظر گیرد شاخص بارش استاندارد (SPI) این ویژگی را داشته و انعطاف پذیری بالایی در ارتباط با تعیین خشکسالی ها در بازه های مختلف زمانی دارد. این شاخص توسط مک کی و همکاران (McKee et al, 1993) ارائه شده، که مقیاس های زمانی متداول در این شاخص ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه است. خشکسالی در این مقیاس ها به صورت میانگین متحرک محاسبه شده و با توزیع گاما برازش داده می شود. در این مطالعه برای تعیین خشکسالی ها و شدت و تداوم دوره خشکسالی بلند مدت، از شاخص بارش استاندارد در مقیاس ۲۴ ماهه استفاده گردید. بنابراین این برای هر ایستگاه انجام و در ادامه به منظور تعیین رفتار زمانی خشکسالی در هر ایستگاه، سری زمانی مقادیر شاخص استاندارد بارش در

استاندارد از ۱۳۵۱-۱۳۸۶ و مقادیر تجزیه شیمیایی (EC, TDS, SAR) آنها زیر زمینی ۴۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در مهرماه به عنوان ماه شاخص و تعیین سال ۷۹-۸۰ سال خیلی خشک، با همبستگی بررسی شد. نتایج نشان داد در سالهای همراه با خشکسالی مقادیر آبهای شور و خیلی شور با ۲۸/۲ درصد و قلیائی با ۲۵/۳۵ درصد افزایش و در سال شاخص ترسالی این مقادیر به ترتیب به ۱۸/۱۵ و ۴/۹۲ درصد کاهش داشته است (کرمی و کاظمی، ۱۳۹۱). از طرفی آینده خشکسالی در ایران طی ۳۰ سال آینده با مدلهای دینامیکی جفت شده گردش جو- اقیانوس (AOGCM<sup>۱</sup>)، خروجی الگوی مدل گردش عمومی (GCM<sup>۲</sup>) و ریزگردانی با مدل آماری لارس (LARS-WG) برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ بررسی و با استفاده از شاخص بارش استاندارد و شاخص دهک خشکسالی ها تعیین گردید. نتایج حاکی است در ۳۰ سال آینده خشکسالی ها در ایران افزایش داشته و ایران در سالهای ۲۰۱۱-۲۰۲۵-۲۰۳۲-۲۰۳۴-۲۰۳۵-۲۰۳۹ خشکسالی های شدید و خیلی شدید را تجربه می کند و سال ۲۰۳۹ خشکترین سال برای ایران خواهد بود (خزانه داری و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین با توجه به اهمیت خشکسالی به عنوان مهم ترین مخاطره طبیعی و پیامدهای ناشی از آن در مناطق مختلف جهان و از جمله ایران، شناخت محدوده های فضایی با رفتار همگون خشکسالی (نواحی خشکسالی) ضروری است، این مهم برنامه ریزان و مدیران را در اولویت بندی و مدیریت ریسک و بحران کمک می کند. طبیعی است که با توجه به رفتار بارش های ایران، ویژگیهای اقلیمی و طبیعی در هر منطقه، برنامه ریزی خاص همان منطقه در ارتباط با کاهش پیامدهای خشکسالی و مدیریت ریسک و بحران لازم است، چنانکه برنامه ریزی برای کاهش پیامدهای خشکسالی در شمال، شمال غرب، جنوب غرب و مرکز ایران متفاوت می باشد. تعیین نواحی خشکسالی با توجه به رفتار بلند مدت کمک می کند تا برنامه ریزان به جای برنامه استانی،

1. Atmosphere-Ocean General Circulation Model  
3. Standard Precipitation Index

2. General Circulation Model

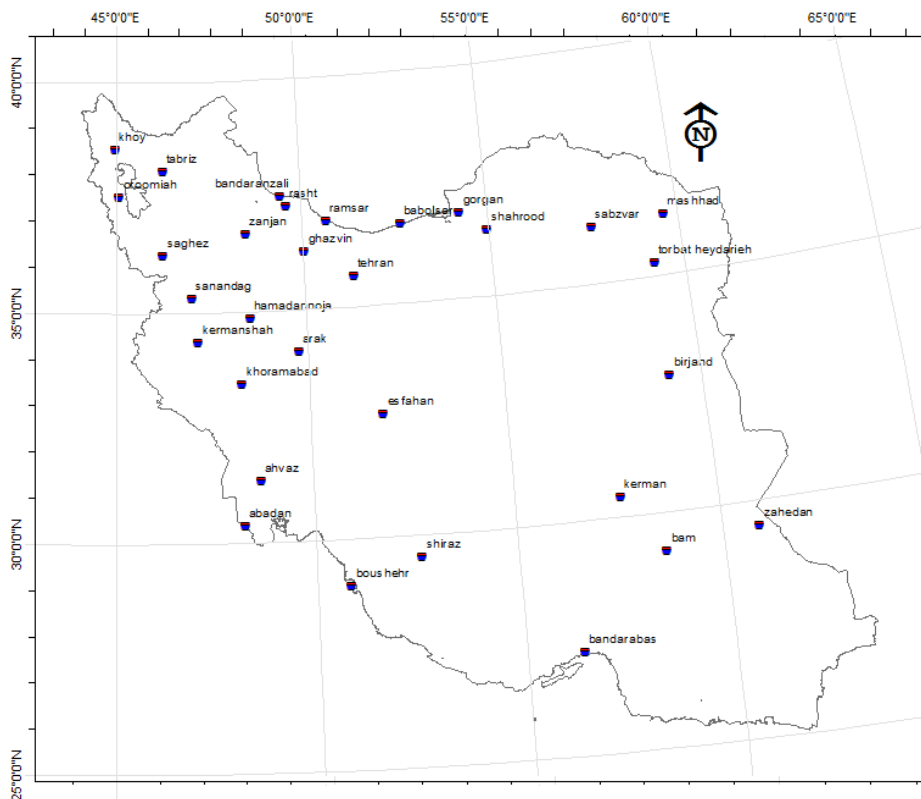
ایستگاه‌ها مشخص شد (شکل ۳). در ادامه نتایج خوشه بندی با نتایج همبستگی ایستگاه‌ها مقایسه و نشان داد که ایستگاه‌هایی که با هم در یک گروه قرار دارند بیشترین همبستگی را داشته‌اند. در ادامه برای تبیین بهتر خشکسالی‌ها در هر ناحیه، سری‌های زمانی ایستگاه‌ها در هر گروه در کنار هم در یک قالب قرار گرفت که نشان می‌دهد رفتار خشکسالی طی دوره مورد مطالعه در هر ناحیه خشکسالی با همدیگر مشابه می‌باشند. چنانکه در طول دوره مطالعه سری‌های زمانی هر کدام از نواحی خشکسالی، رفتار یکسان دارند.

فرمول (۱): شاخص استاندارد بارش 
$$spi = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$
 که در آن  $\bar{x}$  مقدار بارش به میلی‌متر در ماه خاص (مثلاً دی ماه)،  $s$  میانگین بلند مدت بارش در ماه خاص، انحراف معیار بلند مدت بارش در ماه خاص. لازم به ذکر است در اینجا خشکسالی در مقیاس شاخص بارش استاندارد ۲۴ ماهه، بارش در ۲۴ ماهه اول (از ژانویه ۱۹۶۱ تا دسامبر ۱۹۶۲) در ارتباط با میانگین بلند مدت همان ۲۴ ماه اول (از ژانویه ۱۹۶۱ تا دسامبر ۱۹۶۲) محاسبه شده و مقدار شاخص برای دسامبر ۱۹۶۲ تعیین گردید. شاخص بارش استاندارد دارای طبقه بندی زیر می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر شاخص بارش استاندارد

| طبقه خشکسالی | مقادیر SPI    | طبقه ترسالی | مقادیر SPI  |
|--------------|---------------|-------------|-------------|
| ملايم        | ۰ تا ۰/۹۹-    | ملايم       | ۰ تا ۰/۹۹   |
| متوسط        | ۱- تا ۱/۴۵-   | متوسط       | ۱ تا ۱/۴۵   |
| شدید         | ۱/۵- تا ۱/۹۹- | شدید        | ۱/۵ تا ۱/۹۹ |
| بسیار شدید   | <= ۲-         | بسیار شدید  | <= ۲        |

طی دوره مطالعه ترسیم شد. در سری‌های زمانی شاخص بارش استاندارد، خشکسالی‌های واقعی با نمره شاخص ۱- و کمتر مشخص گردید. بنابراین روی هر سری زمانی نمره شاخص ۱- با خط چین مشخص شده که دوره‌ها و سال‌های همراه با خشکسالی واقعی را نشان می‌دهد. در ادامه برای هر ایستگاه سری زمانی ۵۰ ساله خشکسالی، شدت‌ها و دوره‌های خشکسالی تعیین گردید. به منظور شناسایی مناطق همگن و شناخت روند فضایی خشکسالی‌های بلند مدت در ایران از روش تحلیل مولفه اصلی (PCA) و خوشه بندی (CL) استفاده شد. به این منظور ماتریس اولیه سری‌های زمانی شاخص استاندارد بارش تشکیل گردیده که در این ماتریس، ردیف‌ها معرف ایستگاه‌ها و ستون‌های معرف مقادیر شاخص استاندارد بارش ۲۴ ماهه در طی دوره مورد مطالعه (۵۰ سال) می‌باشد. بنابراین ماتریسی با ابعاد ۳۱ در ۵۷۷ به ترتیب تعداد ایستگاه‌ها و سری‌های شاخص استاندارد برای هر ایستگاه تشکیل گردید. در ادامه با استفاده از عامل‌های اولیه که حداقل ۵ درصد واریانس را توجیه می‌کنند، خوشه بندی ایستگاه‌ها با روش وارد (ward) انجام و مناطق همگن از نظر خشکسالی بلند مدت تعیین گردید. به منظور تحلیل دقیق‌تر و صحت همگنی ایستگاهی در داخل هر گروه، سری‌های زمانی شاخص استاندارد بارش هر گروه از ایستگاه‌ها در یک قالب قرار گرفته، بررسی و تحلیل گردید. قابل ذکر است گروه‌های همگن با عدد مشخصی نام‌گذاری شد مثلاً گروه ۱ در روی نقشه با عدد ۱ مشخص گردیده که به ترتیب از شمال غربی تا جنوب شرقی با اعداد ۱ تا ۷ نام‌گذاری نواحی انجام شد (قابل ذکر است اعداد فقط نشان دهنده یک ترتیب عددی است نه چیز دیگر). ضمناً در پایین هر ناحیه نام گروه در قالب سری‌های زمانی مشخص گردید. همچنین به منظور صحت و دقت بیشتر نواحی همگن از نظر خشکسالی در ایران، همبستگی سری‌های زمانی همه ایستگاه‌ها با همدیگر محاسبه و مقادیر همبستگی بین



شکل ۱- ایستگاه سینوپتیک ایران

## بحث و نتایج:

نتایج طبقه‌بندی در سری های زمانی شاخص استاندارد ۲۴ ماهه نشان داد ۷ ناحیه همگن از نظر خشکسالی بلند مدت (۲۴ ماهه) در ایران وجود دارد. خشکسالی های بلند مدت در ایران از رفتار منظم فضایی و منطقی تبعیت کرده و این رفتار فضایی در ایران به شکل منطقه ای می باشد. چنانکه ایستگاههای شمال غرب ایران، غرب و جنوب شرق و غرب و شمال شرق و سواحل غربی مازندران از رفتار هماهنگ خشکسالی برخوردارند. جدول ۲ نشان می دهد بزرگترین مجموعه ایستگاهها در گروه ۳ و ۵ به ترتیب غرب و شمال شرقی ایران را پوشش می دهند. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود مناطق خشکسالی در ایران از روند فضایی برخوردار بوده و این روند با جهت شمال غربی - جنوب شرقی مشهود است. چنانکه به ترتیب ایستگاههای شمالی با شناسه ۱ در شمال غرب (تبریز، خوی و گرگان)،

ایستگاههای ساحل خزر غربی (رامسر- رشت- بندرانزلی) با شناسه ۲ و در ادامه ایستگاههای غرب ایران تا البرز (قزوین- سقز- کرمانشاه- همدان- سنندج- ارومیه- تهران- زنجان- بابلسر) با شناسه ۳ و بعد شناسه ۴ و ۵ به ترتیب مرکز (خرم آباد- اراک- اصفهان) و شمال شرق (مشهد- سبزوار- شاهرود- تربت- حیدریه- بیرجند- بندرعباس) و شناسه ۶ در جنوب غرب (آبادان- بوشهر- اهواز- شیراز) و شناسه ۷ در جنوب شرق ایران مشاهده می شوند. این رفتار فضایی حاکی از چگونگی ورود توده های باران زا به ایران است که عمدتاً از دریای مدیترانه و شرق آن با جهت جنوب غربی- شمال شرقی با توجه به وضعیت قرارگیری تراف شرق دریای مدیترانه به ایران می رسند. از طرفی برعکس شرایط کاهش ریزش های جوی و خشکسالی ها در ضعیف بودن ورود توده های غربی و تراف فوق مرتبط با مانع (بلوکینگ) و غیره می باشد. بنابراین



جنوبی و جنوب غربی و یا از دریای خزر به مناطق جنوبی و جنوب غربی وارد نمی‌شوند. همچنین ایستگاه‌های بابلسر و تبریز همبستگی منفی داشته و همبستگی مثبت (۰/۷) ایستگاه‌های گرگان و تبریز در یک گروه، نشان دهنده پیچیدگی اقلیمی ناشی از پدیده‌های جغرافیایی شمال فلات ایران، شامل چاله دریای خزر، کوه‌های البرز در کنار هم و الگوهای جوی مختلف در این منطقه می‌باشند. از طرفی همبستگی منفی بندرعباس با ایستگاهی همدان، کرمانشاه و سقز (کمتر از صفر) و همبستگی مثبت بالا (۰/۷) با ایستگاه تربت حیدریه حکایت از مسیرهای ورود رطوبت از خلیج فارس تا شمال شرق ایران و خراسان دارد.

همچنین شکل ۲ نشان دهنده مناطق همگن خشکسالی بلند مدت در ایران است و اینکه پدیده خشکسالی‌ها در ایران به شکل منطقه‌ای عمل می‌کنند. بنابراین همزمان که منطقه‌ای از ایران خشکسالی را تجربه می‌کند، مناطق دیگر ترسالی را تجربه می‌کنند. که این مهم در ارتباط با وضعیت قرارگیری الگوهای جوی، ورود توده‌های مختلف جوی از عرض‌های بالا و نواحی اطراف ایران از جمله مدیترانه، سیبری، ورتکس قطبی، پراارتفاع جنب حاره از عربستان و آفریقا و شرایط جوی در سطح زمین می‌باشند.

روند فضایی خشکسالی‌های بلندمدت در ایران با مسیرهای ورود سیکلون‌ها و توده‌های مرطوب از مدیترانه به ایران (علیجانی، ۱۳۷۸) مطابقت دارد. این روند فضایی خشکسالی ایران نشان می‌دهد، نقش عوامل سینوپتیک و الگوهای جوی در وقوع خشکسالی‌های بلند مدت در ایران غالب بوده و ورود و یا عدم ورود توده‌های مرطوب از غرب در ارتباط با الگوی باد‌های غربی و خصوصاً تراف شرق دریای مدیترانه، وقوع خشکسالی در ایران را موجب می‌شود. همچنین با توجه نتایج همبستگی (شکل ۳)، تعداد ایستگاه‌ها در گروه ۳ و همبستگی بالای ایستگاه‌ها با ایستگاه سقز نشان دهنده مسیر ورود توده‌های مرطوب از این منطقه بوده و در مرحله بعد همبستگی ایستگاه‌ها از جنوب غرب تا شمال شرق که به ترتیب در گروه‌های ۵ و ۶ قرار دارند، نشان دهنده مسیر بعدی ورود رطوبت و توده‌های مرطوب به ایران از مدیترانه و خلیج فارس است. از طرفی نبود همبستگی و همبستگی منفی سری‌های زمانی در ایستگاه‌های جنوب غربی و جنوب شرقی ایران با ایستگاه‌های شمال غربی و ساحل دریای خزر تایید کننده مطالب بالاست و اینکه توده‌های مرطوب از خلیج فارس به شمال غرب و یا سواحل خزر نمی‌رسند و برعکس آن نیز وجود دارد یعنی توده‌های مرطوب و رطوبت از شمال غربی به مناطق

جدول ۲- محدوده‌های فضایی خشکسالی ۲۴ ماهه

| گروه | ناحیه          | نواحی همگن   |
|------|----------------|--|
| ۱    | شمال شمال غربی | تبریز- خوی- گرگان  |
| ۲    | خزر غربی       | رامسر- رشت- بندرانزلی  |
| ۳    | غرب            | قزوین- سقز- کرمانشاه- همدان- سنندج- ارومیه- تهران- زنجان- بابلسر |
| ۴    | شرق زاگرس      | خرم‌آباد- اراک- اصفهان   |
| ۵    | شمال شرقی      | مشهد- سبزوار- شاهرود- تربت- حیدریه- بیرجند- بندرعباس             |
| ۶    | جنوب غربی      | آبادان- بوشهر- اهواز- شیراز                                      |
| ۷    | جنوب شرقی      | کرمان- بم- زاهدان  |

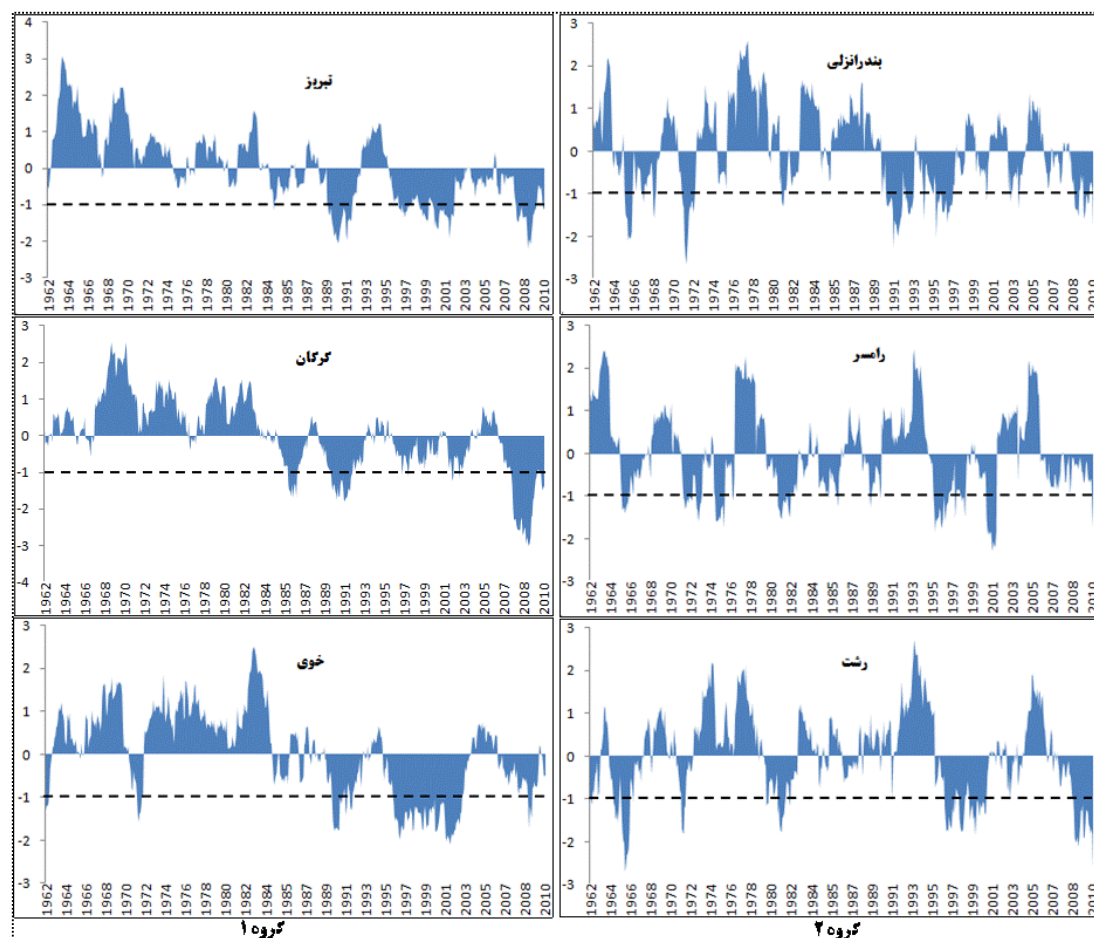


### نواحی همگن خشکسالی بلند مدت ایران:

**ناحیه ۱ (شمال شمال غربی):** این منطقه همگن خشکسالی بلند مدت شامل تبریز، خوی در شمال غرب و گرگان در جنوب شرقی دریای خزر می باشد. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود سری های زمانی این سه ایستگاه در نیم قرن گذشته رفتار مشابه همدیگر داشته و این از رفتار همگون خشکسالی بلند مدت در این منطقه حکایت دارد. سری های زمانی نشان می دهد در هر سه ایستگاه تا اوایل دهه ۸۰ دوره های ترسالی و مقادیر مثبت شاخص بارش استاندارد وجود داشته و عمده ترسالی ها بالای نمره استاندارد +۱ از شاخص می باشند، در حالیکه بعد از این دوره، خشکسالی در هر سه ایستگاه با دوره طولانی نزدیک به سه دهه تداوم داشته و غالب دوره های خشکسالی ها از نمره -۱ شاخص گذشته، که نشانگر خشکسالی واقعی و شدید در این منطقه است. در بین تمام مناطق خشکسالی در ایران، این منطقه بیشترین دوره خشکسالی واقعی، نزدیک به سه دهه (۳۰ سال) را تجربه کرده، چنانکه در هر سه ایستگاه خشکسالی ها از ۱۹۸۲ و ۸۳ تا ۲۰۱۰ ادامه داشته است. در همین دوره ترسالی و مقادیر مثبت بالای ۱ از شاخص مشاهده نمی شود. این حاکی از شدت و تداوم خشکسالی ها در این گروه و حساسیت این منطقه به مدیریت ریسک و بحران و برنامه ریزی دقیق در جهت کاهش پیامدهای آن دارد. از آنجا که خشکسالی پدیده ای خزشی و مزمن بوده، پیامدهای آن در سالهای بعد از دوره خشکسالی آشکار می شوند. چنانکه نمونه ای از این پیامدها در سالهای اخیر خشک شدن و کاهش منابع آبی در این منطقه، کاهش سطح

آبهای زیرزمینی و کاهش آب و خشک دریاچه ارومیه به دلیل حساسیت منابع آبی و مدیریت در این منطقه بوده است.

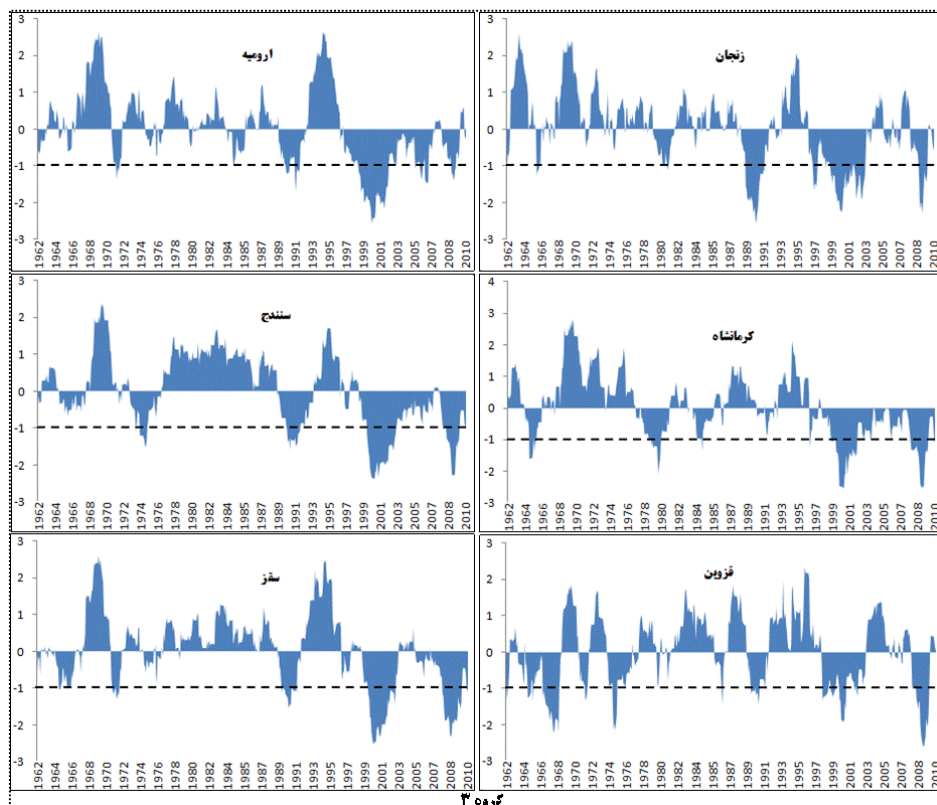
**ناحیه ۲ (خزر غربی):** این ناحیه همگن خشکسالی بلند مدت شامل بندر انزلی، رامسر و رشت بوده که در ناحیه خزر غربی قرار دارند. همانطور که در سری زمانی این ایستگاهها مشاهده می شود، ایستگاه بندر انزلی در اواسط دهه ۶۰، اوایل ۷۰، دهه ۹۰ و اواخر دهه ۲۰۰۰ خشکسالی های واقعی و شدید را تجربه کرده است. همچنین ایستگاه های رامسر و رشت در اواسط دهه ۶۰ اوایل دهه ۸۰ و اواخر دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ خشکسالی را داشته اند. بنابراین این نشان می دهد ایستگاههای مرطوب ایران نیز در نیم قرن گذشته خشکسالی های معنی داری تجربه کرده اند. همانطور که سری های زمانی در این ناحیه نشان می دهد در دهه های گذشته دوره های کوتاه خشکسالی و ترسالی به معنی واقعی (+۱ و -۱) اتفاق افتاده و غالب با فراوانی ترسالی ها و فراوانی کم خشکسالی ها بوده است. اما در دو دهه اخیر دوره های خشکسالی واقعی و شدید فراوانتر و ترسالی های واقعی کوتاهتر و با فراوانی کمتری می باشند. این نشان می دهد در این ناحیه اول بارشی ایران نیز در دو دهه اخیر خشکسالی های واقعی بیشتری نسبت به ترسالی ها اتفاق افتاده و این خطر و پیامدهای منفی ناشی از آن در این ناحیه نیز وجود دارد. این مناطق به عنوان اولین منطقه بارشی، جنگلی و کشاورزی ایران، طبیعتاً حکایت از لزوم مدیریت ریسک و بحران مخصوص به خود آن منطقه دارد.



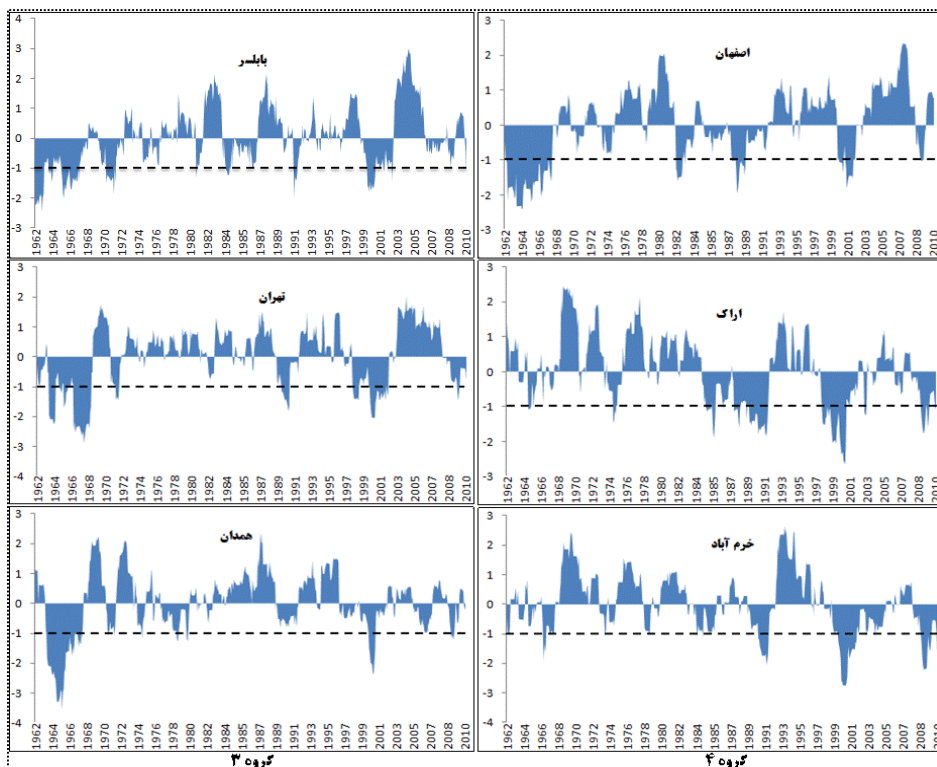
شکل ۳- سری زمانی ناحیه ۱ و ۲ در 24 spi ماهه

ای خشکسالی و ترسالی های کوتاه مدت مشاهده شد. چنانکه در برخی ایستگاهها (بابلسر، همدان و تهران) در این گروه دهه ۶۰ دوره های خشکسالی های واقعی و شدیدی را تجربه کرده اند و دوباره این دوره های خشکسالی ها در اواخر دهه ۹۰ و اوایل ۲۰۰۰ اتفاق افتاده، اما در اواسط دهه ۲۰۰۰ ترسالی را تجربه کرده اند. در این گروه نیز به دلیل تداوم خشکسالی های واقعی در اواخر دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ پیامدهای خشکسالی شدید خواهد بود و برنامه ریزی و مدیریت ریسک و بحران خاص ضروری است. با توجه به اینکه ایستگاههای این ناحیه، دومین منطقه بارشی و جنگلی ایران و محیط زیست غنی در زاگرس غربی بوده این حساسیت را برای برنامه ریزی اصولی در ارتباط با کاهش پیامدهای خشکسالی بیشتر می کند.

**ناحیه ۳ (غرب):** این ناحیه همگن خشکسالی بیشترین ایستگاهها را در بین نواحی خشکسالی داشته است. ایستگاهی این گروه در شمال زاگرس تا جنوب البرز غربی قرار دارند. در این ناحیه ۹ ایستگاه از ۳۱ ایستگاه سینوپتیک قرار داشته و نشان از مسیر اصلی ورود توده های هوای مرطوب از زاگرس مرکزی و ایستگاه سقز دارد، چنانکه این ایستگاه بیشترین همبستگی را با دیگر ایستگاههای ایران دارد (شکل ۳). نتایج سری زمانی خشکسالی در این ناحیه نشان می دهد، این ناحیه بیشترین فراوانی خشکسالی های واقعی، شدید و دوره های خشک را در اواخر دهه ۹۰ و دهه ۲۰۰۰ تجربه کرده است. چنانکه قبل از دهه ۹۰ فراوانی ترسالی ها واقعی نسبت به خشکسالی ها بیشتر می باشد. همچنین در بعضی از ایستگاههای این ناحیه، نوسانات دوره



شکل ۴- سری زمانی ناحیه ۳ در 24 spi ماهه گروه ۳

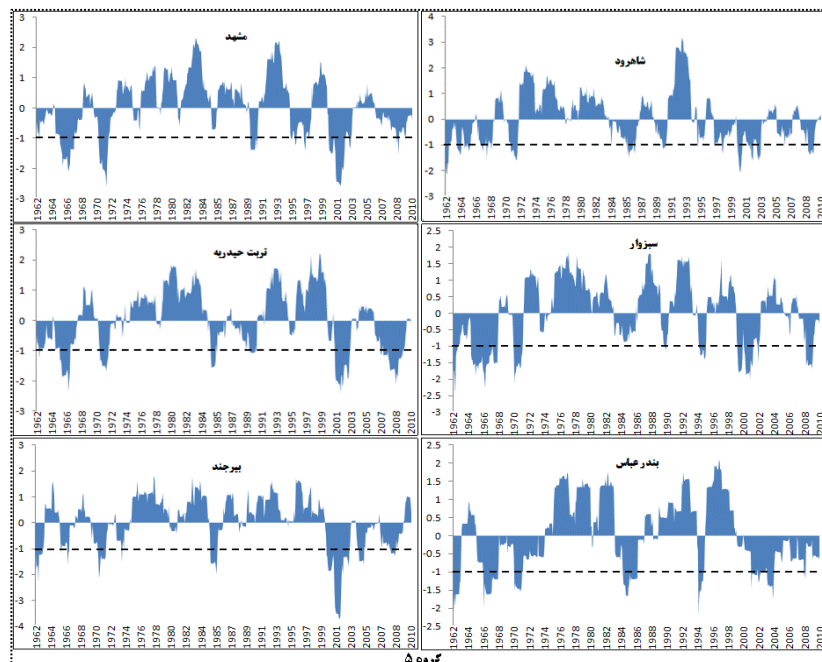


شکل ۵- سری زمانی ناحیه ۳ و ۴ در 24 spi ماهه گروه ۴

های همبستگی از همبستگی بالای ایستگاه سبزوار با بقیه ایستگاه‌ها جنوب غرب ایران و جنوب البرز حکایت دارد. همچنین این ناحیه منطقه ورود توده های هوای سرد و خشک نیمکره شمالی، سیبری بوده که در فصل پاییز و زمستان از شمال شرق ایران به بیابانهای مرکزی می‌زند. سری های زمانی در این ناحیه حاکی از آنست که دهه ۶۰ تا اوایل دهه ۷۰ خشکسالی های واقعی و شدیدی در این ناحیه اتفاق افتاده و بعد از این دوره تا اواخر دهه ۹۰ بیشینه با فراوانی ترسالی های واقعی بوده و خشکسالی واقعی و شدید از فراوانی کمتری برخوردارند. در اواخر دهه ۹۰ و دهه ۲۰۰۰ فراوانی خشکسالی واقعی و شدید بیشینه بوده و توالی خشکسالی ها (دوره خشک) مشهود است. این شرایط موجب شده تا سطح آبهای زیر زمینی و سطحی در این ناحیه کاهش شدید داشته باشند. بنابراین در این ناحیه نیز برنامه ریزی برای مدیریت ریسک و بحران در اولویت می باشد. همچنین در این ناحیه ایستگاه بیرجند شدیدترین خشکسالی ها را در ۲۰۰۱ در بین تمام ایستگاههای ایران همراه با زاهدان تجربه کرده است و نمره شاخص بارش استاندارد از ۳- گذشته است.

**ناحیه ۴ (شرق زاگرس):** این ناحیه شامل ایستگاههای مرکز و شرق زاگرس، خرم آباد، اراک و اصفهان است. همانطور که سری زمانی ایستگاهها در این گروه نشان می دهند فراوانی خشکسالی های واقعی و دوره های خشک در سه دهه اخیر نسبت به ترسالی ها افزایش نشان می دهد، در این گروه ایستگاه اصفهان دهه ۶۰ نیز تداوم و دوره خشکسالی واقعی و شدیدی را تجربه کرده است. سری های زمانی نشان می دهد در دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ همه ایستگاهها دوره های ترسالی واقعی بیشتری را نسبت به خشکسالی تجربه کرده اند، در حالیکه از اوسط دهه ۸۰ تا اوایل دهه ۹۰ یک دوره خشکسالی واقعی و شدید در این ناحیه اتفاق افتاده است. در دهه اخیر نیز در این ناحیه اتفاق افتاده است.

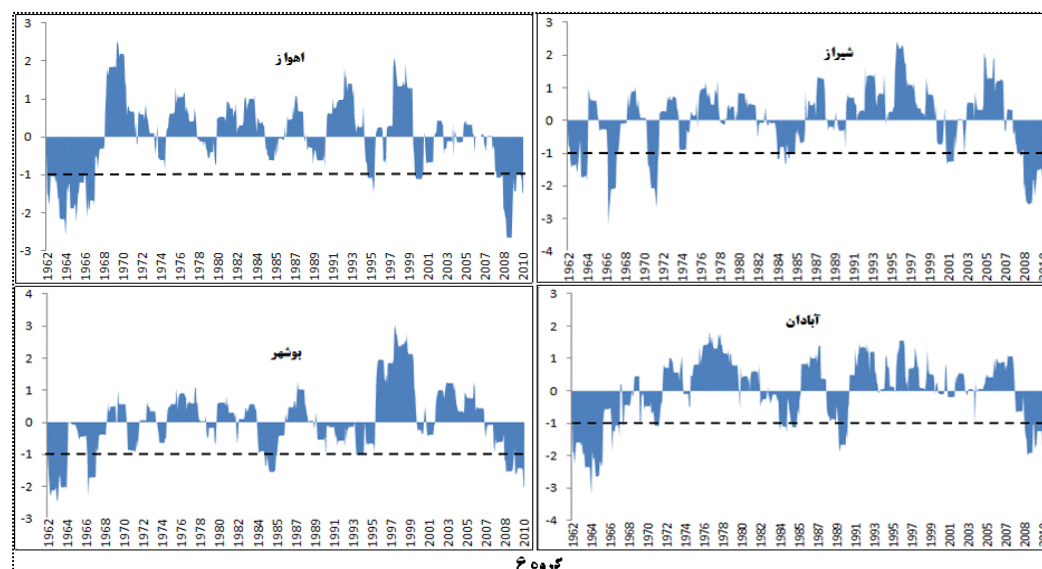
**ناحیه ۵ (شمال شرقی):** در این گروه که ایستگاههای شمال شرق ایران شامل، مشهد، سبزوار، شاهرود، تربت حیدریه، بیرجند و بندر عباس را شامل می شوند. این ناحیه عمده مسیر خروجی توده های هوا و سیکلونهای است که به ایران از غرب وارد شده و از این ناحیه می گذرند. نقشه



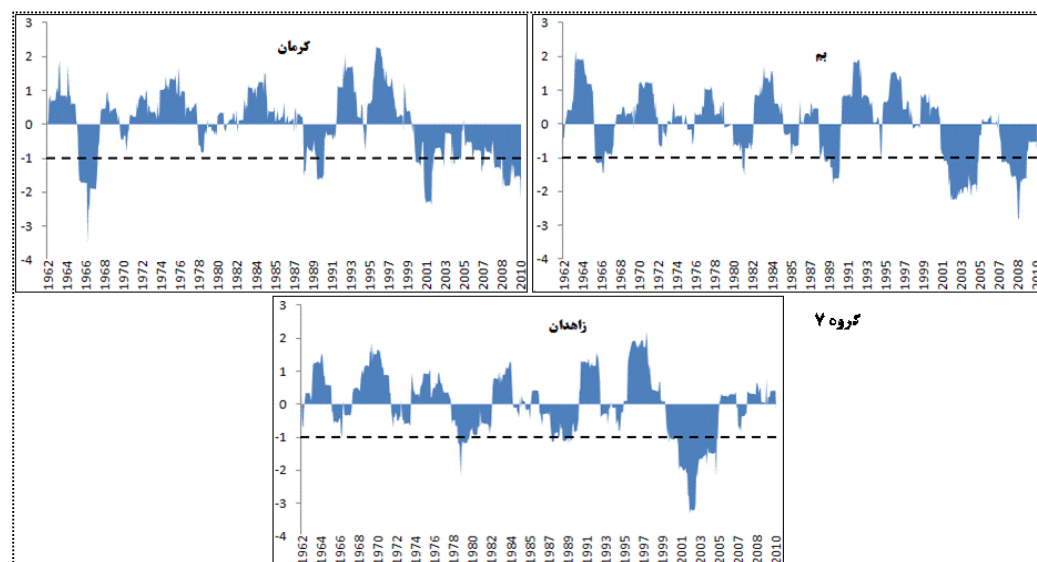
شکل ۶- سری زمانی ناحیه ۵ در 24 spi ماه

**ناحیه ۶ (جنوب غربی):** این ناحیه در جنوب غربی ایران قرار داشته که شامل اهواز، آبادان، بوشهر و شیراز می شود. همانطور که شکل ۴ سری زمانی این ناحیه نشان می دهد، در این ناحیه نسبت به نواحی دیگر خشکسالی ها و ترسالی واقعی و شدید کمتری وجود دارد. در این ناحیه تداوم خشکسالی های واقعی در دهه ۶۰ مشاهده می شود و بعد از آن نوسانات کوتاه مدت ترسالی و خشکسالی که تداوم دوره های ترسالی در دوره فوق نسبت به خشکسالی ها بیشتر بوده است. در اواخر دهه ۲۰۰۰ تداوم خشکسالی های واقعی و شدید با عبور شاخص خشکسالی از عدد ۱- و ۲- وجود دارد. در این ناحیه نسبت به نواحی دیگر خشکسالی های کمتری اتفاق افتاده، اما خشکسالی های اخیر در صورت تداوم می تواند در این ناحیه مشکلات محیطی و زیستی را به همراه داشته باشد. همچنین نمودار سری نشان می دهد در طی نیم قرن گذشته شدیدترین خشکسالی ها بعد از دهه ۶۰ در اواخر دهه ۲۰۰۰ در این منطقه اتفاق افتاده و این نیاز به مدیریت اصولی و صحیح برای کاهش اثرات خشکسالی دارد. امروزه خشک شدن تالابها و ورود ریزگردها از روی این تالابها به شهرهای جنوب غربی ایران وجود دارد. که این حساسیت منابع آبی و اکوسیستم ها به مدیریت اصولی و کاربردی در ارتباط با منابع آب سطحی در این ناحیه را نشان می دهند.

**ناحیه ۷ (جنوب شرقی):** این ناحیه ایستگاههای جنوب شرقی ایران، کرمان، بم و زاهدان را شامل می شود. سری زمانی شاخص استاندارد ۲۴ ماهه در این ناحیه نشان می دهد، این ناحیه قبل از اواخر دهه ۹۰ خشکسالی واقعی کمتری را تجربه کرده، درحالیکه از اواسط دهه ۶۰ و اوایل دهه ۹۰ دوره های کوتاه خشکسالی در ایستگاه کرمان و همین دوره ها با فراوانی و شدت کمتر در بم وجود دارد. بعد اواخر دهه ۹۰ و دهه ۲۰۰۰ دوره طولانی خشکسالی واقعی و شدید در نیم قرن اخیر در این منطقه اتفاق افتاده است. در این دوره تداوم دهه خشکسالی و شدت بالا وجود داشته، چنانکه در ایستگاه زاهدان شدت خشکسالی در ۲۰۰۲ به ۳- نمره شاخص رسیده است که این حاکی از وضعیت حاد خشکی در این منطقه در بین ایستگاهها و نواحی خشکسالی در ایران دارد. از طرفی نشان می دهد ایستگاههای خشک ایران در جنوب شرق نیز دوره های خشکسالی واقعی و شدیدی را در نیم قرن اخیر تجربه کرده اند. بنابراین در این ناحیه نیز پیامدهای خشکسالی در حال و آینده چشمگیر بوده و خواهد بود. بنابراین در این ناحیه نیز با توجه به اولویت های مورد نیاز، مدیریت ریسک و بحران ضروری است. چنانکه پیامدهای ناشی از این دوره خشکسالی، کم آبی و خشک شدن دریاچه های هامون و کاهش شدید سطح آبهای زیرزمینی می باشند.



شکل ۷- سری زمانی گروه ۶ در 24 spi ماهه



شکل ۸- سری زمانی گروه ۷ در 24 spi ماهه

### نتیجه گیری:

ها مشهود است. روند فضایی خشکسالی در ایران شمال غربی - جنوب شرقی است. این رفتار فضایی با مسیر ورود توده های هوای مرطوب و وضعیت قرار گیری تراف شرق دریای مدیترانه در نیمه سرد سال مطابقت دارد و مسیر

خشکسالی ها بلند مدت در ایران از رفتار منظم و منطقی برخوردارند چنانکه این رفتار در همگنی فضایی خشکسالی



کرده که این نشان می‌دهد که نواحی پربارش ایران نیز دچار این رخداد شده‌اند که در مطالعات گذشته نیز مشاهده شد (علیجانی، ۱۳۸۷). بنابراین کل ایران از نظر بحران خشکسالی در دهه گذشته، دهه ۲۰۰۰، دوره‌های خشکسالی و شدیدترین خشکسالی‌ها را طی نیم قرن اخیر تجربه کرده‌اند. از آنجا که خشکسالی پدیده‌ای خزشی و مزمن بوده، بخش‌های مختلف اکوسیستم‌های ایران را به مرور ضعیف و نابود کرده است. بنابراین در اولویت بندی نواحی ایران برای برنامه ریزی و مدیریت ریسک و بحران برای کاهش پیامدهای خشکسالی‌های اخیر به ترتیب نواحی ۱، ۳، ۵، ۷، ۶، ۲ و ۴ قرار دارند و ضروری است تا برنامه ریزان و مدیران به جای برنامه‌های استانی برای مدیریت خشکسالی، برنامه و طرح‌های منطقه‌ای کاهش پیامدهای خشکسالی طرح ریزی کنند. چرا که با توجه به توانمندی‌های طبیعی، اقلیمی، اقتصادی، کشاورزی، صنعتی، انسانی و غیره هر منطقه برنامه خشکسالی مناسب برای همان منطقه در ارتباط با کاهش اثر خشکسالی ضروری و اولویت خواهد داشت. طبیعی است برنامه و طرحی که برای منطقه شمال غرب ایران لازم و در اولویت قرار دارد برای منطقه جنوب شرق ایران اولویت نخواهد داشت. بنابراین برنامه ریزی اصولی و آینده‌نگری در هر منطقه برای کاهش پیامدهای خشکسالی متفاوت می‌باشد. همچنین اولویت بندی مناطق خشکسالی بلند مدت کمک می‌کند تا برنامه ریزان کلان دید کاملی از نظر اولویت بندی زمانی و مالی برای طرح‌ها و برنامه ریزی‌های کاهش پیامدهای خشکسالی و توسعه پایدار منابع آبی ایران داشته باشند. قابل ذکر است با توجه به خشکسالی‌های واقعی و شدید دهه گذشته، ۲۰۰۰، در همه نواحی ایران، آمادگی لازم برای روبرو شدن با پیامدهای خشکسالی در برنامه ریزان، مدیران، جامعه و اولویت بندی طرح‌های کلان ضروری می‌باشد.

غالب رطوبت ایران از دریای مدیترانه و خلیج فارس را آشکار می‌سازد که در مطالعات (علیجانی، ۱۳۸۵) نیز به اثبات رسیده و این روند با مسیرهای سیکلونی ایران مطابقت دارد. همچنین رفتار زمانی خشکسالی‌ها در نواحی همگن فضایی خشکسالی در ایران همسان بوده، و ایستگاه‌های هر ناحیه از روند زمانی خاص خشکسالی برخوردارند و این نشان می‌دهد پدیده اقلیمی خشکسالی در ایران در قالب سینوپتیک و منطقه‌ای عمل می‌کنند. بنابراین ممکن است یک ناحیه در دوره خاصی ترسالی و همزمان ناحیه دیگر خشکسالی را تجربه کند. شدیدترین روند دوره‌های خشکسالی در نیم قرن گذشته در ناحیه شمال شمال غربی (گروه ۱) و غرب (گروه ۳) اتفاق افتاده است. طوریکه ناحیه ۱ (تبریز-خوی-گرگان) بعد از نیمه دهه ۸۰ دوره‌ای بلند مدت ۲۵ ساله خشکسالی تا اواخر دهه ۲۰۰۰ را تجربه کرده است. همچنین در ناحیه ۳، دومین ناحیه بارشی، آبی و جنگلی ایران، از اواخر دهه ۹۰ تا آخر دهه ۲۰۰۰ دوره‌های خشکسالی واقعی و شدید اتفاق افتاده است. که پیامدهای این پدیده اقلیمی در این مناطق با کاهش شدید سطح سفره‌های آبی و شوری آنها (عزیزی، ۱۳۸۲، دانشوروثوقی، ۱۳۹۰، کرمی، ۱۳۹۱)، کاهش منابع آب سطحی از جمله دریاچه ارومیه و خشک شدن جنگل‌های بلوط در غرب زاگرس مشهود است. در مرتبه بعد نواحی ۵ و ۷ (شمال شرق و جنوب شرق) خشکسالی‌های واقعی و شدیدی را در دهه ۲۰۰۰ تجربه کرده‌اند (رضیئی، ۱۳۸۶، طاووسی، ۱۳۸۹، موسوی بایگی، ۱۳۹۰) و نمود آن در کاهش سفره‌های آبی زیرزمینی (به‌نیافر، ۱۳۸۹) و منابع سطحی آب از جمله کاهش آب و خشک شدن دریاچه‌های هامون وجود دارد. در مرتبه بعد جنوب غرب ایران و شرق زاگرس به ترتیب گروه‌های ۶ و ۴ قرار دارند. همچنین ایستگاه‌های شمالی ایران در خزر غربی، اولین ناحیه بارشی ایران، نیز در اواخر دهه ۹۰ و ۲۰۰۰ خشکسالی‌های واقعی و شدید را تجربه

## منابع:

1. Alijani, B, 2007, Iran Climate, publishing the payame noor university, Tehran, seventh edition, pp. 222.
2. Alijani, B., O. Babaei, 2009, spatial analysis of short-term drought, Geography and Regional Planning, the numbers fall and winter.
3. Al-Qinna, M.I., N.A. Hammouri., M.M. Obeidat., F.Y. Ahmad, 2011, Drought analysis in Jordan under current and future climates, Climate change, No.106, pp. 421-440.
4. McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J,1993, The relationship of drought frequency and duration of time scales, eighth conference on applied climatology, American meteorology society, Jan 17-23, Anaheim CA, pp: 179-186.
5. Aziz GH, 2004, related to the recent drought and groundwater resources in Qazvin, Geographical Research, No. 46, pp. 131- 143.
6. -Behnyafr, A., M. Habibi NoKhandan., R .dulati, 2011, effects of drought on water resources in central basin of Gonabad during 1365-1385, Journal of Physical Geography, No. 7, pp. 53- 66.
7. -Cindric, K., M.T. Prtenjac., I. Herceg-Bulic., D. Mihajlovic., Z. Pasaric, 2015, Analysis in extraordinary 2011/2012 drought in Croatia. Theoretical applied climatology, original paper.
8. -Daneshvarl Vosoughi, F., Y. Dinpajoh., M.T. Alami, 2012, the impact of drought on groundwater levels in the past two decades (Case study: Plain OF Ardebil), Soil and Water Science, No. 4, pp. 165-179.
9. -Estrela, M.J., D. Penarrocha., M. Millan, 2000, Multi annual drought episodes in the Mediterranean (Valencia region) from 1950-1996, A spatiotemporal analysis, International journal of climatology, No.20, pp. 1599-1618.
10. -Farajzadeh, M, 2006, the drought from concept to concept, printing, publishing Armed Forces Geographical Organization, tehran, first edition, pp, 120.
11. -Karami, F., H. Kazemi,2013, monitoring of groundwater salinity in place of drought and rain, the plain Tabriz, Geography and Development, No. 28, pp. 79- 94.
12. -KHazanedari, L., F. Zabul Abbasi., S.H. Qandahari., M. Koochi., S.H. Malboosi, 2010, The Perspective of the drought situation in Iran over the next 30 years, Geography and Regional Development, No. 12, pp. 83- 98.
13. -KHoshakhlagh, F., G.H. Azizi., M. Rahimi, 2013, Synoptic patterns of drought and wet winter in the South West, applied research Geographical Sciences, No. 25, 57, 76.
14. -Lloyd Hughes, B. M.A. Saunders, 2002, drought climatology for Europe, International journal of climatology, No.22, pp. 1571-1592.
15. -Loukas, A., L. Vaciliades., N.R. Dalezios. 2002. Hydro climatic variability of regional droughts in Greece using the palmer moisture anomaly index, Nordic hydrology, No.33, pp.425-442.
16. -Loukas, A., L. Vaciliades., N.R. Dalezios, 2002, Hydro climatic variability of regional droughts in Greece using the palmer moisture anomaly index. Nordic hydrology, No.33, pp. 425-442.
17. -Masih, I., S. Maskey., F.E.F. Mussa., P. Trambauer, 2014, A review of droughts on the Africa continent: a geospatial and long term perspective, Hydrology and earth system sciences, No. 18, pp. 3635-3649.
18. -Mousavi Bayeghi, M., B. Ashraf., 2012, autumn and winter of synoptic patterns leading to droughts in Khorasan -Razavi, Research of Soil and Water Conservation, No. 4, pp. 167-184.

19. -Piccarreta, M., D. Capolongo., F. Boenzi, 2004, Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923-2000 within a southern Italy context, International journal of climatology, No. 24, pp. 907-922.
20. -Qmqamy, M., J. Bazrafshan, 2013, prior knowledge of meteorological drought situation in the context of using Markov chain model, protection of soil and water resources, No. 3, pp.1- 12.
21. -Ramezani Gurabi, B., F. SHirzad, 2011, The effect of drought on diameter growth of spruce in Someasara of Gilan province, Geographical Research, No. 67, pp. 107- 117.
22. -Razei, T., P. Dansh Kar Arasteh., B. Saqafian, 2008, Temporal and spatial patterns of meteorological drought in the province of Sistan and Baluchistan, Journal of Agriculture, No. 1, pp.85, 99.
23. -Tavoosi, T., M. Khosravi., K.H. Qaderi zah, 2011, .Analysis of droughts and dry periods of short-term trend analysis Iranshahr using Markov chain model in the period 1359-1385, environmental sciences, No. 4, pp. 31- 44.
24. -Vu-Thanh, H., T. Ngo-Duc., T. Phan-Van, 2014, Evolution of meteorological drought characteristics in Vietnam during the 1961-2007 periods, Theoretical applied climatology, No.118, pp. 367-375.