

الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران

ام‌السلّمه بابائی فینی^۱، منوچهر فرج‌زاده^{۲*}

۱- دانشجوی دوره دکترای دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار گروه سنجش از دور دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

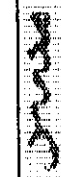
تغییرات زمانی و مکانی بارش از ویژگیهای اصلی اقلیم ایران می باشد. طبق آمارهای موجود، ایران بین سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۴ دوره خشکی را پشت سر گذاشته، در حالی که بین سالهای ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۳ دوره ترسالی داشته است. در مقاله حاضر تغییرات زمانی و مکانی مذکور برای سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۸ محاسبه و ترسیم شده است. نتیجه این مطالعه نشان می دهد که سالهایی که میانگین بارش سالیانه برابر میانگین کل یا بیشتر است ۱۴ سال و سالهایی که میانگین بارش سالیانه کمتر از میانگین کل است ۱۹ سال می باشد. به عبارت دیگر، چولگی منحنی فراوانی میانگین بارشهای سالیانه به طرف بارشهای کمتر از میانگین می باشد. نتایج پهنه‌بندی تغییرات مکانی و زمانی بارش نشان دهنده ۷ الگوی مکانی بارش و ۷ الگوی زمانی بارش در سطح کشور است.

کلید واژه‌ها: بارش، تغییرات زمانی، تغییرات مکانی، ایران

۱- مقدمه

فلات ایران در اثر استقرار بین سه صفحه عربستان، اوراسیا و هند به صورت توده برجسته‌ای درآمده است. در اثر این شکل‌یابی تکتونیکی، مرزهای خارجی این فلات به صورت برآمده قسمتهای فرورفته مرکزی و داخلی را در میان گرفته است. مورفولوژی کلی زمین در نیمه غربی کشور برجسته، پرعارضه و برعکس در نیمه شرقی و مرکزی، کم عارضه، کم ارتفاع و دارای چشم‌اندازهای بالنسبه یکنواخت است. این تفاوت مهم مورفولوژی به همراه موقعیت عمومی جغرافیایی، یعنی قرارگیری در کمربند بیابانی کره زمین و قرار گرفتن منبع عمده رطوبت در غرب آن، نقش مهمی در پدید آوردن سیمای طبیعی فلات ایران به شکل کنونی داشته است. واقع شدن ایران بر روی کمربند بیابانی و عمل فرونشینی هوا در این کمربند، کشور ایران را در قیاس با میانگین بارش کره زمین (۸۶۰ میلی‌متر) به سرزمینی خشک بویژه در نواحی کم عارضه و کم ارتفاع شرقی و داخلی تبدیل کرده است [۱، ص. ۱۴].

* نویسنده عمده بار مکاتبات





کشور ایران به لحاظ عرض جغرافیایی و همجواری‌اش با پرفشار جنب حاره، علاوه بر قلت بارش، رژیم بارندگی پرنوسانی دارد. بارشهای سالیانه اندک، نوسانات شدید سالیانه و فصلی، کوتاه بودن دوره بارش و نزول بارشها به صورت رگیارهای شدید و ناگهانی از خصوصیات بارز رژیمهای بارندگی محسوب می‌شود. ویژگیهای بارش در ایران از قانونمندی مشخصی پیروی نمی‌کند و در رابطه با مکانها، متفاوت است که این تفاوت به جهت و منشأ توده‌هایی که ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند و همچنین به جهت‌گیری کوهها بستگی کامل دارد [۲، صص. ۱۳۴-۱۳۵].

ویژگی عمده بارندگی در ایران آن است که بارش سالیانه در سطح کشور هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی اختلاف فاحشی را نشان می‌دهد. در حالی که میزان بارش در سواحل خزر، زاگرس و البرز به ترتیب حدود ۱۵۶۰ میلی‌متر، ۹۳۰ میلی‌متر، ۵۳۰ میلی‌متر می‌باشد، در مناطق مرکزی به ۶۲ میلی‌متر می‌رسد که علاوه بر توزیع ناهمگن مکانی، نوسانات شدید زمانی نیز در آن به چشم می‌خورد، به گونه‌ای که ضریب تغییرات بارندگی در تعداد زیادی از ایستگاهها به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. این توزیع زمانی و مکانی بارش در ایران متأثر از توزیع سیستمهای گردش جهانی می‌باشد که کمترین تغییر در الگوی آن، ناهنجاریهای شدید آب و هوایی را به دنبال می‌آورد.

بنابراین ناهنجاریهای مکانی و زمانی بارش و تغییرات شدید در شدت بارندگی و تفاوت در نوع بارش از عمده‌ترین ویژگیهای بارشهای ایران می‌باشد. در مقاله حاضر با استفاده از شاخصهای آماری، الگوهای مکانی و زمانی که بر سیستمهای بارش کشور حاکمیت دارند استخراج و تبیین شده است.

۲- پیشینه تحقیق

تحقیقات زیادی پیرامون الگوهای مکانی و زمانی بارش در دنیا صورت گرفته است، که از میان آنها موارد زیر را می‌توان نام برد:

استیان و همکارانش^۱ [۳، صص. ۱۵۵۷-۱۵۷۴] در زمینه الگوهای مکانی و زمانی، بارش اسپانیا را مطالعه نموده و جهت تهیه این الگوها از تحلیل مؤلفه های اصلی^۲ و توابع تجربی



1. Steban *et al*

2. Principal Component Analysis (PCA)

متعامد^۱ استفاده کرده‌اند. الگوهای تهیه شده ارتباط ریزش را با جریانهای غربی، پرفشار آزور و الگوی فشار بر روی دریای مدیترانه نشان می‌دهد. ژولین^۲ [۴، صص. ۵۸۵-۵۹۶] تغییرات زمانی و مکانی بارش ماهانه در ایلز^۳ بریتانیا و تنوع جریانهای بادهای غربی عرضهای میانه را مورد مطالعه قرار داده و به تهیه الگوی زمانی توسط آنالیز متوسطهای ریزش ماهانه، فصلی و سالیانه پرداخته و با تهیه الگوی مکانی ریزش، علل نوسانات ریزش را در ارتباط با تغییرات جریان اتمسفری مشخص نموده‌اند. فتیادی و همکارانش^۴ [۵، صص. ۱۲۲۱-۱۲۲۲] به مطالعه آماری ریزش در شمالغرب یونان پرداخته و جهت تهیه این الگوها، روشهای آماری متداول را به کار گرفته‌اند که الگوهای تهیه شده نشان‌دهنده این است که توزیع مکانی ریزشها وابسته به شکل کلی جریانات اتمسفری، توپوگرافی پیچیده کوهها و اثر دریای مدیترانه می‌باشد. راماسمی^۵ [۶، صص. ۱۲۹۱-۱۴۰۴] تغییرات زمانی و مکانی ریزش سری لانکا را در ارتباط با پدیده نوسان جنوبی مطالعه نموده و ارتباط بین بارش موسمی تابستان سری لانکا و شاخص نوسان جنوبی و احتمال تغییرات ITCZ^۶ را تبیین نموده است. در مطالعه وی، سال به چهار فصل تقسیم شده و سیستم کنترل کننده برای هر فصل مشخص شده است. به نظر وی فصل بهار عمدتاً توسط ITCZ کنترل می‌شود، فصل تابستان تحت تأثیر بارانهای موسمی است و فصل پاییز تحت تأثیر سیکلونهای حاره یا سیکلونهای گرفته شده از خلیج بنگال قرار دارد. در این مطالعه، الگوی تغییرات زمانی و مکانی ریزش در رابطه با موقعیت ITCZ و SOI^۷ به صورت چند دوره فصلی تقسیم شده است. در کشور ما، خوش اخلاق [۷] پدیده النینو^۸ و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران را مطالعه نموده و نتیجه گرفته است که با وجود محرز بودن رابطه بین شاخص نوسان جنوبی و بارشهای کشور، به سبب بعد مسافت بین آن منطقه و ایران و نیز وجود عوامل دیگر، آثار آن تعدیل و تخفیف می‌یابد و حتی به شکل معکوس در می‌آید. همچنین وی تأکید می‌نماید که با توجه به داده‌های شاخص بارش کشور و نوسان جنوبی، تقریباً در حدود ۶۵ درصد و بیشتر

1. Empirical Orthogonal Functions (EOF)

2. Julian

3. Iels

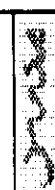
4. A. K. Fotiadi *et al*

5. Ramasamy Suppiah

6. Iter Tropical Convergence Zone

7. Southern Oscillation Index

8. EL Nino Southern Oscillation





موارد خشکسالیهای کشور با شاخص بالا (لانینا) و ۲۵ درصد و کمتر با شاخص پایین (الذینو) همراه بوده است و پدیده انسو نه تنها به صورت مستقیم، بلکه به صورت غیر مستقیم از طریق پیوند از راه دور^۱ در شرایط آب و هوای ایران تأثیر می‌گذارد. غیور و مسعودیان [۸، ص. ۱۰؛ ۹، ص. ۱۴۰] نظام تغییرات مجموع بارش ماهانه، رابطه مکانی بارش با ارتفاع و تغییرات بارش در کشور را مطالعه کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که تغییرات مکانی بارش از غرب به شرق و از شمال به جنوب کاهش می‌یابد و این تغییرات با ناهمواریهای اصلی ایران هماهنگی خوبی نشان می‌دهند و در کل، جهت توزیع تغییرات مکانی بارش بهتر است به جای ارتفاع از طول و عرض جغرافیایی کمک گرفته، مدل مکانی بارش را به جای سراسر ایران برای محدوده‌های کوچکتر تهیه نمود تا نتیجه بهتری به دست آید. همچنین نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که در سالهای پر بارش، تفاوت مکانی بارش کاهش یافته است.

۳- مواد و روشها

در تحقیق حاضر به منظور شناسایی الگوهای تغییرات مکانی و زمانی مجموع بارش سالیانه در ایران از داده‌های ماهانه و سالیانه ۱۵۲ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی برای سالهای ۱۹۶۶-۱۹۹۸ میلادی استفاده شده است (شکل ۱ موقعیت ایستگاهها را نشان می‌دهد). در ابتدا با استفاده از روش واسطه‌یابی^۲ در محیط سیستمهای اطلاعات جغرافیایی ۲۲ نقشه هم ارزش باران جهت تعیین میانگین وزنی بارش، ۲۲ نقشه هم ارزش انحراف معیار جهت تعیین میانگین وزنی انحراف معیار و ۲۲ نقشه هم ارزش ضریب تغییرات جهت تعیین میانگین وزنی ضریب تغییرات تهیه شد و با توجه به نتایج حاصله، دوره‌های مشترک تعیین گردید.

به منظور تفسیر ساده‌تر داده‌های بارندگی، مقادیر ایستگاهها در ۶ گروه به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

- مقدار بارش سالیانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر به عنوان منطقه خیلی خشک،
- مقدار بارش سالیانه بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر به عنوان منطقه خشک،
- مقدار بارش سالیانه بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر به عنوان منطقه نیمه خشک،



1. Teleconnection

2. Inverse Distance Weighted (IDW)



شکل ۱ موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه

- مقدار بارش سالیانه بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر به عنوان منطقه نیمه مرطوب،
- مقدار بارش سالیانه بین ۶۰۰ تا ۸۰۰ میلی متر به عنوان منطقه مرطوب،
- مقدار بارش سالیانه بیشتر از ۸۰۰ میلی متر به عنوان منطقه خیلی مرطوب.

در مرحله بعد با توجه به نقشه‌های فوق، جهت نمایش تغییرات مکانی بارش، ۷۷ ایستگاه انتخاب گردیده و تغییرات مکانی انحراف معیار، ضریب تغییرات و جمع بارش سالیانه این ایستگاهها تهیه شده که از داده‌های حاصل، جهت پهنه‌بندی تغییرات مکانی و زمانی بارش سالیانه استفاده شده است. به همین منظور از روش طبقه‌بندی خوشه‌ای بهره گرفته شده



است. این تکنیک نخستین بار در دهه ۱۹۳۰ توسط تریون^۱ پیشنهاد شد، ولی در اوایل دهه ۱۹۶۰ با ظهور کامپیوترهای پر قدرت مورد توجه بیشتری قرار گرفت. این روش یک فرایند آماری است که برای انجام فرایند منطقی طراحی شده است و در آن، پدیده‌ها برحسب ویژگیهای عمومی در گروههای همگن قرار می‌گیرند که تکرار فرایند فوق، گروه‌بندیهای محدودتر و بزرگتری را ایجاد می‌کند. مبنای اصلی برای طبقه‌بندی گروهها، شباهت میان یک یا چندین متغیر گروه‌بندی شده است. که این شباهت، شاخصی برای طبقه‌بندی آنها خواهد بود. البته علاوه بر عنصر شباهت می‌توان از عنصر فاصله که نشان‌دهنده فاصله بین دو عامل می‌باشد استفاده نمود. در این روش جهت رسیدن به نتیجه‌ای بهتر، متغیرهای مورد استفاده جابه‌جا شده تا بهترین نتیجه که تطابق با ویژگیهای مدل زمینی دارد انتخاب شود [۱۰، ص. ۶۱]. روش خوشه‌بندی توسط چند تن از محققان برای استخراج الگوهای بارندگی مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله استاینر^۲ [۱۱، صص. ۲۲۹-۳۴۷] در سال ۱۹۶۵ بر اساس شانزده متغیر دما و رطوبت ماهانه اقلیم ایالات متحده آمریکا را با استفاده از روشهای تحلیل عاملی و خوشه‌بندی ناحیه‌بندی کرد. دیویس و کالکستاین^۳ [۱۲، صص. ۷۶۹-۷۹۴] در سال ۱۹۹۰ همین روش را برای ایستگاههای بسیار زیاد انجام داد. فاول و فاول^۴ [۱۳، صص. ۲۱۰۳-۲۱۲۵] در سال ۱۹۹۳ ضمن شرح مفصل روشهای ناحیه‌بندی تحلیل عاملی و خوشه‌بندی، با استفاده از دما و بارش ماهانه ۳۴۳ منطقه ایالات متحده، اقلیم این کشور را تعیین و دقت نتایج را با روش کوپن مقایسه کرده‌اند. بنکرس و میلر^۵ در سال ۱۹۹۶ و پوانسواران^۶ در سال ۱۹۹۰ [۱۴، صص. ۱۳۰-۱۴۵]، ناحیه‌بندی اقلیمی سینوپتیک را بر اساس فاصله بین ایستگاهها، طبقه‌بندی و تمام خوشه‌ها را بر اساس فاصله‌های حقیقی آنها مشخص نموده‌اند. حیدری [۱۰، ص. ۹۶] در سال ۱۳۷۸ با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد، ایستگاههای کشور را بر اساس نمرات عاملی خوشه‌بندی نموده که بر اساس آن، پنج ناحیه کاملاً متمایز اقلیمی به دست است. او ثابت کرده که نواحی حاصل از روش سینوپتیک بسیار دقیقتر و جامعتر از طبقه‌بندیهای دیگر است. علیجانی [۱۵] در سال ۱۳۸۱ جهت طبقه‌بندی الگوهای

1. Trion
2. Steiner
3. Davis & Kalkstein
4. Fovel & Fovel
5. Bunkers & Miller
6. Puaneswaran

الگوهای فشار از روش خوشه‌بندی نمرات عاملها استفاده نموده است که بر اساس آن پس از تنظیم صعودی نمرات عاملها، در هر عامل بالاترین و پایین‌ترین نمره انتخاب گردیده و با احتساب دو الگو برای هر عامل جمعاً ده الگوی نقشه‌نهایی تهیه شده است. ماطر و دورنکامپ^۱ [۱۶] در سال ۱۹۷۰ با استفاده از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، ۱۳۰ حوزه رتبه سوم اوگاندا را طبقه‌بندی کرده و با توجه به ضرایب تشابه به تفکیک هشت ناحیه مورفولوژیکی پرداخته‌اند. ویسل ورسدوسکی^۲ [۱۷، صص. ۱-۳۰] در سال ۱۹۹۳ با به کارگیری روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، الگوهای بارش را در منطقه استرالیا تعیین نموده که بر اساس آن، هشت ناحیه بارشی مشخص شده است. مسعودیان [۱۸، صص. ۲-۱۳].

در سال ۱۳۷۷ بر اساس روش مذکور، الگوی سلسله مراتبی را در ایران مشخص نموده که نتیجه آن، سه رژیم بارش متفاوت در ایران شامل بارش پاییز، بارش بهار و بارش زمستانه بوده است.

با توجه به سوابق موجود، در مطالعه حاضر از روش خوشه‌بندی برای شناسایی و استخراج الگوهای مکانی و زمانی استفاده گردید. برای استخراج این الگوها از شاخصهای آماری متعددی استفاده شده است.

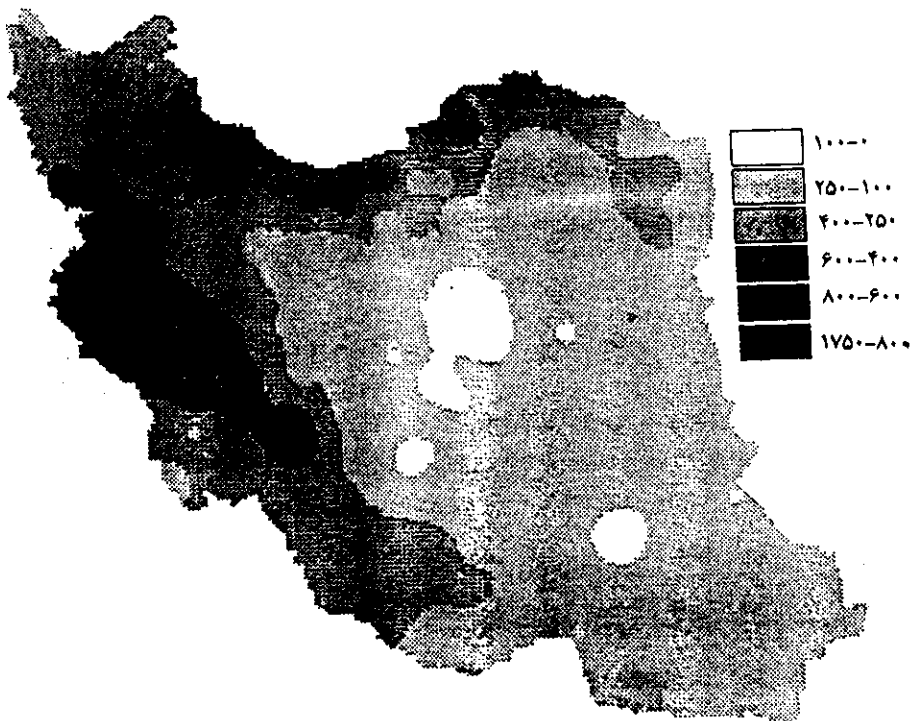
۴- نتایج

۴-۱- اقلیم‌شناسی مکانی و زمانی بارشهای سالیانه ایران

شکل ۲ که بر اساس مجموع بارش ۱۵۳ ایستگاه تهیه شده نشان می‌دهد که روند عمومی کاهش میزان بارندگی، از غرب به شرق و شمال به جنوب بوده و تراکم خطوط همباران به موازات ارتفاعات در غرب و بویژه در بخش وسیعی از شمال کشور قابل مشاهده می‌باشد (میزان بارش در شمال کشور در ایستگاه لاهیجان حدود ۱۴۵۰ میلی‌متر، در جنوب کشور در ایستگاه بوشهر حدود ۲۶۰ میلی‌متر، در غرب کشور در ایستگاه ایلام حدود ۶۵۰ میلی‌متر و در شرق کشور در ایستگاه مشهد حدود ۲۶۰ میلی‌متر). اختلاف بین مقادیر بارشهای سالیانه نیز بسیار مهم می‌باشد به گونه‌ای که کمترین مقدار بارندگی با میزان ۶۰ میلی‌متر (ابرقوه) در دشتهای داخلی ایران به وقوع می‌پیوندد که از نظر دما، جزء گرمترین نواحی ایران محسوب می‌شوند.

1. Matter & Doornkamp

2. Wasyl Drosdowsky



شکل ۲. توزیع مکانی بارش در ایران

به طورکلی، توزیع بارشهای سالیانه ایران با دو نوار شمالی و غربی کشور که تقریباً منطبق بر دامنه‌های خارجی نواحی کوهستانی می‌باشد تطبیق دارد که این خود بیانگر ارتباط پراکندگی کلی بارش با منابع اصلی تأمین رطوبت می‌باشد. با توجه به شکل فوق و داده‌های ارائه شده در جدول ۱ منطقه خیلی خشک ۳/۹۴ درصد، منطقه خشک ۵۶/۴ درصد، منطقه نیمه خشک ۲۵/۶ درصد، منطقه نیمه مرطوب ۱۱/۱۱ درصد، منطقه مرطوب ۲ درصد و منطقه خیلی مرطوب ۱/۴ درصد از مساحت کشور را در بر می‌گیرد.



جدول ۱ توزیع مکانی (درصد) مناطقی از کشور که در گروههای مختلف بارندگی قرار می‌گیرند

گروههای بارندگی / سالها	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۱۹۷۶-۱۹۶۶	۱۹۸۷-۱۹۷۷	۱۹۹۸-۱۹۸۸
خیلی خشک	۳/۴۹	۵/۵	۲/۸	۲/۶
خشک	۵۶/۴	۵۸	۵۶/۸	۵۶/۳
نیمه خشک	۲۵/۷	۲۱/۷	۲۵/۶	۲۷/۵
نیمه مرطوب	۱۱/۱	۱۱/۱	۱۱/۷	۱۰/۸
مرطوب	۲	۲/۳	۱/۲	۱/۵۷
خیلی مرطوب	۱/۴	۱/۴	۱/۹	۱/۳

جدول ۲ توزیع مکانی شاخص بارش را برای دوره ۳۳ سال، دوره ۱۱ ساله اول، دوره ۱۱ ساله دوم و برای دوره ۱۱ ساله سوم نشان می‌دهد. با توجه به جدول نتیجه گرفته می‌شود که حدود ۶۰ درصد از مساحت کشور باران کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر دریافت می‌کنند و بنابراین فاقد رودخانه دائمی بوده، جزء مناطق خشک کشور محسوب می‌شوند. علاوه بر این، درصد مساحت خشکی در دوره اول بیش از دو دوره بعد است.

جدول ۲ شاخصهای تغییرات بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه

شاخصها / سالها	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۱۹۷۶-۱۹۶۶	۱۹۸۷-۱۹۷۷	۱۹۹۸-۱۹۸۸
میانگین بارندگی	۲۶۲/۴	۲۵۴/۹	۲۶۵/۶	۲۵۷/۷
انحراف معیار	۳۴/۸	۳۱/۳۵	۳۱/۸	۳۲/۹
ضریب تغییرات	۸۵/۹	۸۴/۶	۸۷/۷	۸۵
چولگی	۱/۳۵	۱/۳۷	۱/۲۹	۱/۴

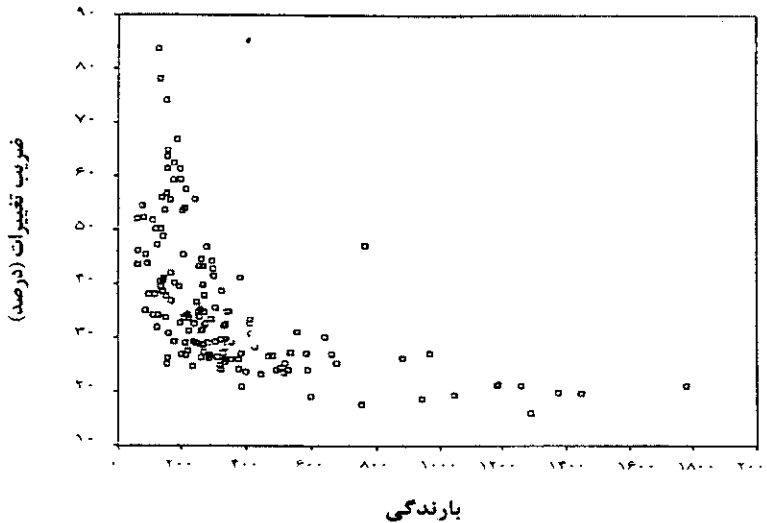
جدول ۳ ضریب تغییرپذیری مکانی دوره آماری مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مطابق جدول مذکور ضریب تغییرات بین ۱۰ تا ۴۰ درصد ۴۶ درصد، ۴۰ تا ۶۰ درصد ۴۷/۵ درصد و ۶۰ تا ۱۲۰ درصد ۶/۵ درصد از مساحت کشور را در بر می‌گیرند.

جدول ۳ توزیع مکانی (درصد) ضریب تغییرات مقادیر بارشهای سالیانه کشور

گروههای بارندگی / سالها	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۱۹۷۶-۱۹۶۶	۱۹۸۷-۱۹۷۷	۱۹۹۸-۱۹۸۸
۱۰-۴۰	۴۶	۴۱	۵۶	۶۵
۴۰-۶۰	۴۷/۵	۴۸	۳۲/۴	۳۳
۶۰-۱۲۰	۶/۵	۱۱	۱۱/۶	۲/۲



از موضوعات مهمی که در بررسی ویژگیهای اقلیمی بارش در کشور مطرح می‌باشد رابطه بین میانگین مجموع بارش سالیانه و تغییرات مکانی بارش است. شکل شماره ۳ این ارتباط را نشان می‌دهد. میزان همبستگی این دو عامل در پهنه کشور حدود $R = -0.525$ می‌باشد، یعنی تغییرات مکانی پهنه‌های کم بارش، زیاد و تغییرات مکانی پهنه‌های پر بارش، اندک می‌باشد. به عبارت دیگر، بارندگیهای شدید معمولاً بر پهنه‌های کوچک می‌بارند و به همین دلیل با دور شدن از مرکز بارش سرعت از مقدار بارش کاسته می‌شود و برعکس، بارشهای ملایم بر پهنه‌های گسترده می‌بارد و مدت آنها نیز بیشتر می‌شود [۱۸، صص. ۲-۱۳].



شکل ۳ همبستگی بین مجموع بارش سالیانه و ضریب تغییرات بارش سالیانه

با توجه به وجود تغییرات مکانی نسبتاً بالا در مقادیر دریافت بارندگی، از شاخص چولگی نیز برای تبیین چگونگی تغییرات بارندگی استفاده شده است. چولگیهای مثبت نشان‌دهنده فراوانی بیشتر مقادیر بالاتر از میانگین و چولگیهای منفی نشان‌دهنده فراوانی بیشتر مقادیر

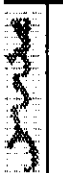
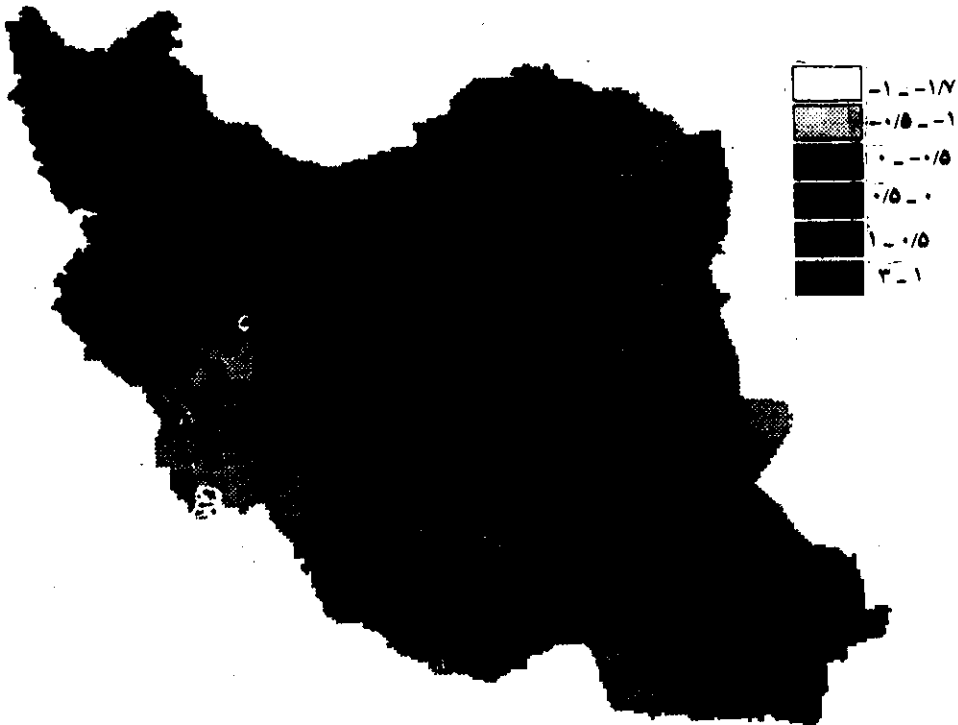
کمتر از میانگین است [۱۹، ص. ۳۲]. نتایج توزیع مکانی چولگی مجموع بارش ایران برای دوره ۳۳ ساله و سه دوره ۱۱ ساله در جدول ۴ و شکل ۴ ارائه شده است. مطابق ارقام این جدول، چولگی مجموع بارش دوره ۳۳ ساله، $20/7$ درصد وسعت کشور در غرب، مرکز و شمالشرق دارای چولگی منفی بین $1/7$ - تا صفر و بقیه کشور دارای چولگی مثبت بوده است. حدود $52/1$ درصد وسعت شمالشرق، شمالغرب، شمال، مرکز و شرق ایران دارای چولگی بین صفر تا $0/5$ می‌باشد و بقیه کشور دارای چولگیهای $0/5$ تا 3 بوده است. در طی دوره ۱۱ ساله ۱۹۶۶ تا ۱۹۷۶، 60 درصد از کشور دارای چولگی منفی بوده که نسبت به دوره‌های دیگر دارای بیشترین مقدار بوده است. همچنین در این دوره، حدود 30 درصد از وسعت کشور چولگی بین صفر تا 3 داشته است. در دوره ۱۱ ساله دوم بین سالهای ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۷ میزان چولگی منفی فقط در 25 درصد مساحت کشور مشاهده شده، در حالی که حدود 41 درصد از مساحت کشور از چولگی بین صفر تا $0/57$ برخوردار بوده است. در دوره ۱۱ ساله سوم بین سالهای ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۸، 35 درصد کشور چولگی منفی داشته و 37 درصد از کشور دارای چولگی بین $0/75$ تا 3 بوده که بیانگر این نکته است که در دوره آخر، مناطق بیشتری از کشور بارش بالاتر از میانگین داشته‌اند. در مجموع می‌توان گفت که بیشترین مقدار چولگی منفی (60 درصد) در دوره ۱۱ ساله اول قرار دارد که از نظر مکانی (شکل ۴) این مقدار علاوه بر مناطق مرکزی در شمال و غرب ایران که به عنوان هسته‌های پربارش هستند به دلیل مقدار بالای انحراف معیار (بندر انزلی ۴۵۵، ایلام ۲۴۴) است. همچنین حداکثر مقدار چولگی مثبت در شرق دریای خزر و استان اردبیل قرار دارد. کمترین مقدار چولگی منفی ($24/8$ درصد) مربوط به ۱۱ ساله دوم است که این مقدار در شرق دریای خزر، غرب ایران و استانهای کرمان، فارس و سمنان قرار دارد و حداکثر مقدار چولگی مثبت در شمالغرب و جنوبشرق است. در دوره ۱۱ ساله سوم، مقدار چولگی منفی 35 درصد است که این مقدار در شمالغرب، شمالشرق و غرب ایران است و حداکثر مقدار چولگی مثبت در شرق و جنوبشرق می‌باشد. بنابراین ملاحظه می‌شود که ارتباطی بین دوره‌ها از نظر مقدار چولگی و توزیع مکانی وجود ندارد و تنها مقدار متوسط بارش نمی‌تواند دلیل بر کاهش و افزایش بارش باشد.





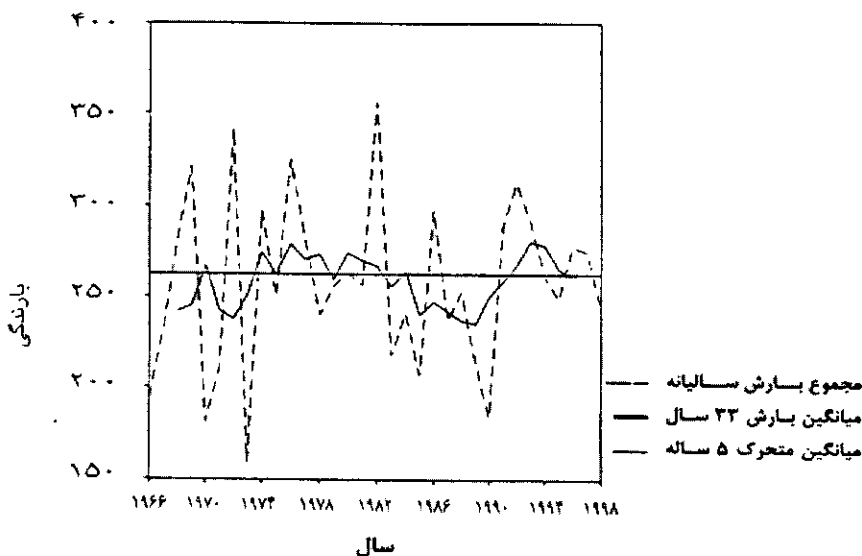
جدول ۴ توزیع مکانی چولگی داده‌های بارندگی در دوره سالهای ۱۹۶۶-۱۹۹۸ میلادی

چولگی / سالها	۱۹۹۸-۱۹۶۶	۱۹۷۶-۱۹۶۶	۱۹۸۷-۱۹۷۷	۱۹۹۸-۱۹۸۸
۰ - ۱/۷	۲۰/۷	۶۰	۲۳/۸	۲۵
۰ - ۱/۲۵	۳۰/۶	۱۸/۵	۱۲/۱	۱۰/۱
۰/۵ - ۱/۲۵	۲۱/۵	۱۰/۲	۱۵/۵	۷/۸
۰/۷۵ - ۰/۵	۱۱/۱	۸	۱۲/۵	۹/۶
۱ - ۰/۵۷	۶/۳	۵	۱۲/۳	۱۷/۱
۳ - ۱	۹/۸	۲/۳	۲۰/۷	۲۰/۲



شکل ۴ توزیع مکانی چولگی بارش در ایران

شکل ۵ نشان‌دهنده تغییرات زمانی مجموع بارش سالیانه کشور در سالهای مورد مطالعه می‌باشد. میانگین دراز مدت بارندگی در طی ۳۳ سال ۲۶۲/۴ میلی‌متر بوده است. مطابق این نمودار، سال ۱۳۷۳ با ۱۵۹/۱ میلی‌متر کمترین مقدار بارش را داشته و سال ۱۹۸۲ با ۳۵۶/۶ میلی‌متر پر بارانترین سال کشور بوده است. به این ترتیب ملاحظه می‌شود که در سال ۱۹۷۳ فقط ۶۰ درصد بارندگی رخ داده است و در سال ۱۹۸۲ مقدار بارندگی حدود ۳۵ درصد بالاتر از میانگین دراز مدت بوده است. میانگین متحرک پنج ساله که در شکل ارائه شده است بیانگر این نکته است که از سال ۱۹۷۴ تا سال ۱۹۸۲ دوره مرطوبی در ایران حاکمیت داشته و از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۱ دوره پربارانی برای کشور بوده است. بررسی این تغییرات، وجود روند منظم و مرتب در تغییرات بارندگی را منتفی می‌نماید، یعنی تغییرات رخ داده در مقادیر بارندگی به صورت تصادفی ظاهر شده و همواره از تغییرات سالیانه برخوردار بوده است، ولی اصل کلی در روند این نوع تغییرات این است که غالباً به دنبال یک سال پر بارش، سالی بسیار کم بارش اتفاق افتاده است.

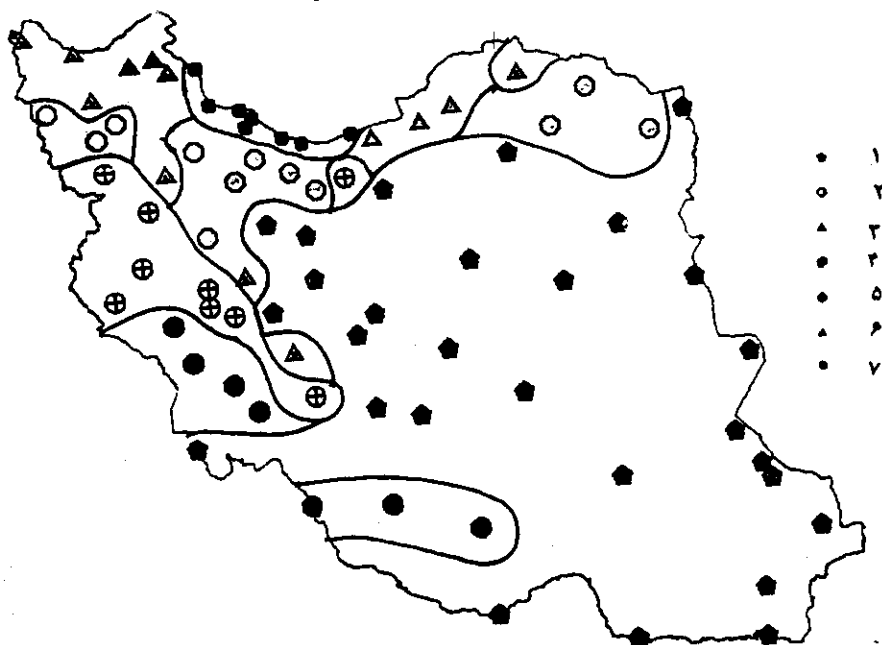


شکل ۵ توزیع زمانی مجموع بارش سالیانه در ایران



۲-۴- الگوهای مکانی بارشها

همچنانکه در قسمت مواد و روشها گفته شد از روش خوشه‌ای برای انجام طبقه‌بندی استفاده شده است. متغیرهای مورد استفاده جهت تعیین الگوهای مکانی بارشها عبارت بودند از مجموع بارش سالیانه، ضریب تغییرات و انحراف معیار ۲۳ سال ۷۷ ایستگاه هواشناسی^۱ مورد مطالعه می‌باشد که بر اساس ترکیب متغیرهای مورد استفاده، پنج نوع طبقه‌بندی حاصل شده است. با توجه به نمودارهای حاصله، طبقه‌بندی بر اساس ترکیب مجموع بارش سالیانه، ضریب تغییرات و انحراف معیار به عنوان روشی که بیشترین تطابق را با واقعیت‌های اقلیم شناسی بارش در کشور داشته جهت استخراج الگوهای مکانی بارشها مدنظر قرار گرفته است شکل ۶ توضیحات مربوط به ۷ الگوی حاصله به شرح زیر می‌باشد:



شکل ۶ توزیع الگوهای مکانی بارش در کشور

- ۱- رژیم بیابانی، ۲- رژیم مدیترانه‌ای خشک، ۳- رژیم مدیترانه‌ای نیمه‌خشک، ۴- رژیم نیمه بیابانی، ۵- رژیم مدیترانه‌ای مرطوب، ۶- رژیم خزری نیمه‌مرطوب، ۷- رژیم خزری مرطوب.

۱. به دلیل اینکه نرم افزار SPSS تنها توانایی گروه‌بندی ۷۷ ایستگاه را داشت ناگزیر به انتخاب ایستگاههای مذکور با توجه به پراکندگی موزون آنها شد.

- الگوی اول: جزء ناحیه بیابانی در مرکز و شرق ایران شامل ۲۸ ایستگاه (بم، زاهدان، زابل، طبس، یزد، خوربیابانک، آبادان، ابرقو، آباده، قطروم، گناباد، درمیان، اردستان، سرخس، ساوه، گلپایگان، اصفهان، کاشان، قم، عباس‌آباد شاهرود، سمنان، گوشت، خاش، گوشه، چانف، بندرلنگه، جاسک و چاه بهار) با دامنه مجموع بارش سالیانه بین ۶۲-۲۶۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۷۵-۹۵ درصد می‌باشد.

- الگوی دوم: تحت نام مدیترانه‌ای خشک واقع در شمال‌شرق و شمال‌غرب ایران دارای ۱۲ ایستگاه (مرغه، میاندوآب، تهران، کرج، قزوین، همدان، ارومیه، زنجان، قوچان، تبارک آباد، تاکستان و مشهد) دامنه مجموع بارش ۲۲۰-۲۸۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۸۰-۱۰۰ درصد است.

- الگوی سوم: تحت عنوان مدیترانه‌ای نیمه خشک در شمال‌غرب ایران دارای ۱۰ ایستگاه (بجنورد، تبریز، اهر، مشیران، جلفا، اردبیل، ساکو، اراک، توپ آغاچ و شهرکرد)، دامنه مجموع بارش ۲۱۲-۳۴۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۱۰۰-۱۳۰ درصد است.

- الگوی چهارم: تحت عنوان ناحیه نیمه بیابانی در جنوب و جنوب‌غرب ایران دارای ۷ ایستگاه (دزفول، شوشتر، رامهرمز، بابازید، داراب، شیراز و بوشهر) با دامنه مجموع بارش سالیانه ۳۰۰-۴۰۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۶۰-۸۰ درصد است.

- الگوی پنجم: به عنوان ناحیه مدیترانه‌ای مرطوب در غرب ایران دارای ۹ ایستگاه (ایلام، زاغه خرم‌آباد، امام قیص، سقز، سنندج، بروجرد، خرم‌آباد، کرمانشاه، آبعلی) با دامنه مجموع بارش ۴۵۰-۷۰۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۹۰-۱۱۰ درصد است.

- الگوی ششم: به عنوان ناحیه خزری نیمه مرطوب در جنوب‌شرق دریای خزر شامل ۲ ایستگاه (گرگان، گنبد قابوس و قائمشهر) با دامنه مجموع بارش سالیانه ۵۲۰-۷۵۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۱۰۰-۱۵۰ درصد است.

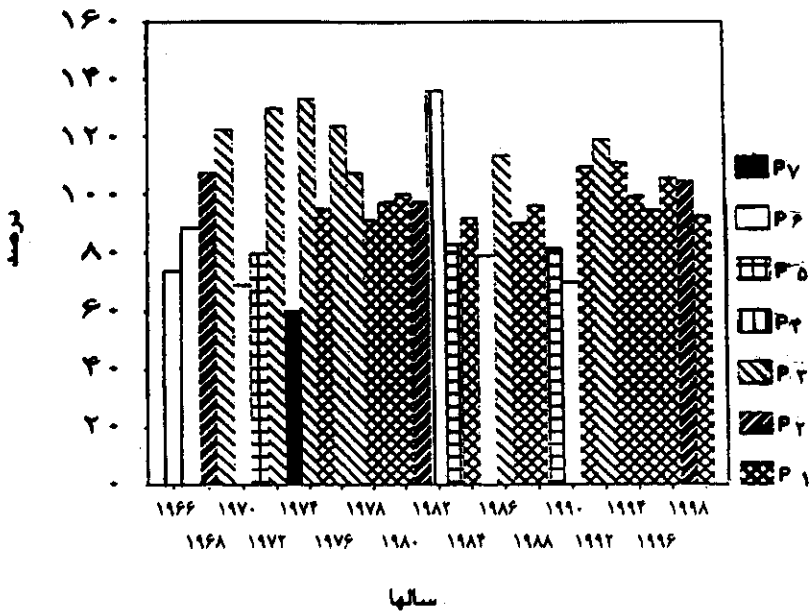
- الگوی هفتم: با نام خزری مرطوب در جنوب و غرب دریای خزر دارای ۸ ایستگاه (رشت، لاهیجان، نوشهر، آستارا، حویق، بندرانزلی، بابلسر و رامسر) با دامنه مجموع بارش سالیانه ۱۱۵۰-۱۷۵۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۱۰۰-۱۴۰ درصد است.

تغییر در میزان دریافت بارش و رژیمهای بارشی از تفاوت سیستمهای جوی است که مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر مبنای مطالعات انجام شده می‌توان گفت که منبع رطوبتی الگوی اول، خلیج فارس و دریای مدیترانه، منبع رطوبتی الگوی دوم، سوم و پنجم، دریای مدیترانه، منبع رطوبتی الگوی چهارم، دریای سرخ و خلیج فارس و منبع رطوبتی الگوی ششم و هفتم دریای خزر می‌باشد. [۲۰، ص. ۱۱۰].



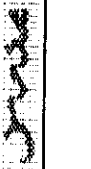
۳-۲- الگوهای زمانی بارشها

جهت تهیه الگوی زمانی بارشها نیز از روش طبقه‌بندی خوشه‌ای استفاده شده است. در این روش با دخالت دادن متغیرهای میانگین بارش سالیانه، میانگین ضریب تغییرات و میانگین انحراف معیار، تعداد ۷ نوع طبقه‌بندی بر اساس ترکیب متغیرهای میانگین بارش سالیانه، میانگین ضریب تغییرات و میانگین انحراف معیار صورت گرفته و در نهایت با توجه به نمودارهای حاصل، طبقه‌بندی زیرین استخراج (شکل ۷) و به شرح زیر ارائه شده است:



شکل ۷ الگوهای زمانی بارش در ایران

- الگوی اول: سالهای ۷۵، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۲، ۸۷، ۸۸، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶ و ۹۸ با دامنه میانگین بارش سالیانه ۲۳۰-۲۸۵ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۷۲-۸۰ درصد که با توجه به میانگین کل، جزء دوره نرمال است. در این سالها درصد وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۱۰ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۵۰ درصد است که این



وسعت در گروه اول بیشتر در مرکز و جنوبشرق و در گروه دوم در شمالشرق، مرکز جنوبشرق و جنوب ایران است و مناطق پربارش در شمال و غرب قرار دارند.

- الگوی دوم: سالهای ۶۸-۸۱-۹۷ با دامنه میانگین بارش سالیانه ۲۶۰-۳۲۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۸۴-۸۵ درصد. در این دوره، درصد وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۲ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۴۸ درصد کشور را در بر گرفته است که این وسعت در گروه اول بیشتر در مرکز و جنوبشرق و در گروه دوم در شمالشرق، مرکز جنوبشرق و جنوب ایران است و مناطق پر بارش در شمال و غرب قرار دارند.

- الگوی سوم: سالهای ۶۹، ۷۲، ۷۴، ۷۶، ۷۷، ۸۶ و ۹۲ با دامنه میانگین بارش سالیانه ۲۸۰-۳۲۵ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۷۵-۸۵ درصد به عنوان دوره مرطوب. در این دوره، درصد وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۱ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۲۵ درصد است که این وسعت در مرکز، شرق و جنوبشرق قرار دارد و مناطق پر بارش در شمال و غرب مستقر هستند.

- الگوی چهارم: سال ۱۹۸۲ با میانگین بارش سالیانه ۲۵۶/۵ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۹۰/۲ درصد به عنوان دوره با رطوبت زیاد. در این دوره، وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۰/۵ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۳۰ درصد است که این وسعت در مرکز، شرق و جنوبشرق قرار دارد و مناطق پر باران در شمال و غرب قرار دارند.

- الگوی پنجم: سالهای ۷۱، ۸۳، ۸۹ با دامنه میانگین بارش سالیانه ۲۱۰-۲۲۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۷۲-۸۰ درصد به عنوان دوره خشک. در این دوره، وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۲۰ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۵۰ درصد است. این وسعت در گروه اول در مرکز و جنوبشرق و در گروه دوم در شمالغرب، شمالشرق، شرق، جنوبشرق و جنوب قرار دارد و مناطق پر بارش در شمال و غرب مستقرند.

- الگوی ششم: سالهای ۶۶، ۶۷، ۷۰، ۸۵ و ۹۰ با دامنه میانگین ۱۸۱-۲۳۰ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۷۱-۷۳/۳ درصد جزء دوره خشک هستند. در این دوره، وسعت گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، حدود ۲۰ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۵۵ درصد است. این وسعت در گروه اول، در مرکز، جنوبشرق و جنوب، و در گروه دوم در شمالغرب، شمالشرق، شرق، جنوبشرق و جنوب قرار دارد و مناطق پربارش در شمال و غرب مستقر هستند.

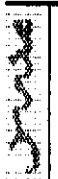
- الگوی هفتم: شامل سال ۱۹۷۳ با میانگین بارش سالیانه ۱۵۹ میلی‌متر و ضریب تغییرات ۶۷ درصد به عنوان سال با خشکی زیاد. در این دوره، وسعت گروه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر،



حدود ۴۲/۵ درصد و گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، حدود ۴۱ درصد است. بنابراین حدود ۸۵ درصد از وسعت ایران خشک است که این خشکی بجز شمال و بخش کوچکی از غرب ایران سراسر ایران را در بر گرفته است.

۵- نتیجه گیری

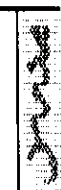
مطالعه مجموع بارش سالانه سالهای آماری (۱۹۶۶-۱۹۹۸) نشانگر روند عمومی کاهش میزان بارش از غرب به شرق و شمال به جنوب و تراکم خطوط همباران به موازات ارتفاعات در غرب و بویژه در بخش وسیعی از شمال کشور می‌باشد. درصد مساحتی از کشور که کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر بارش دریافت می‌کنند ۶۰ درصد می‌باشد. میانگین کل بارش سالانه دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۶۶-۱۹۹۸) حدود ۲۶۲/۵ میلی‌متر است. سال ۱۹۷۳ خشکترین سال (۱۵۹ میلی‌متر) و سال ۱۹۸۲ مرطوبترین سال (۳۵۶/۵ میلی‌متر) در دوره اقلیمی مورد بررسی (۱۹۶۶-۱۹۹۸) است. سالهایی که بارش برابر میانگین کل یا بیشتر است، ۱۴ سال یا ۴۲ درصد و سالهایی که میانگین بارش سالانه کمتر از میانگین کل بوده، ۱۹ سال یا ۵۸ درصد است. به عبارت دیگر، چولگی منحنی فراوانی بارشهای سالانه ایران به طرف بارشهای کمتر از میانگین می‌باشد و حدود ۴۶ درصد مساحت کشور ضریب تغییرپذیری بالاتر از ۴۰ درصد دارند که این امر، بیانگر درصد بالای ضریب تغییرات ایران می‌باشد. میانگین کل ضریب تغییرپذیری دوره مورد مطالعه حدود ۷۷ درصد است. به این ترتیب، در سالهای ترسالی، تغییرپذیری مکانی کاهش یافته و قسمتهای کم‌بارش، بارش بیشتری دریافت نموده‌اند و برعکس در سالهای خشکسالی، میزان دریافت بارش در قسمتهای کم‌بارش کاهش بیشتری داشته است. بررسی داده‌های مورد مطالعه بیانگر ارتباط قوی معکوس بین میانگین بارش و ضریب تغییرپذیری است. میزان این همبستگی $-0/۶۲۵$ می‌باشد. بدین ترتیب با افزایش میزان بارندگی، میزان تغییرپذیری نیز کاهش می‌یابد. از نظر توزیع مکانی، مناطق بارشی ایران به سه بخش شرقی، جنوبی و مرکزی با بارش کم، غربی، شمالغربی و شمالشرق با بارش متوسط، و بخش خزری با بارش زیاد تقسیم می‌شود. در کل، حدود ۶۰ درصد از مساحت کشور بالای ۲۵۰ میلی‌متر بارش دریافت می‌کنند. از نظر توزیع مکانی نیز ناهنجاری بارش ملاحظه می‌شود. حدود ۲۰/۵ درصد از وسعت ایران دارای چولگی منفی است که این میزان در سه دوره متوالی ۱۱ ساله، هم از نظر مکانی و هم از لحاظ مقدار متفاوت است. در دوره اول، مقدار چولگی منفی حدود ۵۶ درصد وسعت کشور است و در



غرب دریای خزر، مرکز، شرق، شمالشرق، جنوب، جنوبشرق و غرب ایران قرار دارد. در دوره دوم، این مقدار چولگی منفی به ۲۵ درصد می‌رسد و در مرکز ایران قرار دارد، در صورتی که در دوره سوم این میزان چولگی منفی به ۳۵ درصد می‌رسد و مکان آن، شمالغرب، غرب، شمالشرق و مرکز ایران است. از لحاظ الگوی مکانی ۷ گروه به دست آمده تطابق کامل با الگوهای سینوپتیکی حاکم بر کشور را نشان می‌دهد. از لحاظ الگوی زمانی ۷ دوره با مقدار بارش کم تا زیاد تشخیص داده شده است که هیچگونه روند زمانی در آنها مشاهده نمی‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که رخدادهای بارندگی در کشور از نظر زمانی کاملاً تصادفی می‌باشد. با توجه به درصد وسعت هر گروه بارش ملاحظه می‌شود که بیشترین وسعت مربوط به گروه بارش ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی متر با حدود ۵۰ درصد است و بین گروه بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر با میانگین بارش سالیانه، ضریب همبستگی منفی وجود دارد؛ بدین معنی که با کاهش میزان بارش این در کشور، وسعت مناطق خشک افزایش می‌یابد. همچنین این ضریب با بقیه گروهها بجز گروه ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر دارای ضریب همبستگی مثبت می‌باشد.

۶- منابع

- [۱] عظیمی، ناصر، «طرح ریزی کالبدی، مشکلات و راه‌حلهای آن در نواحی زیرهمبارش سالیانه ۲۰۰ میلی‌متر در ایران»، رشد جغرافیا، شماره ۴۴.
- [۲] رهنمایی، محمد تقی، توانهای محیطی ایران، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، ۱۳۷۰.
- [3] Steban-parta M.J.E, "Spatial and Temporal Patterns of Precipitation in Spain for the Period 1889-1992", INT. J. Climatol, No. 18., 1998
- [4] Mayes, Julian, "Spatial and Temporal Fluctuations of Monthly Rainfall in the British Isles and Variations in the Mid-Latitude Westerly Circulation", INT. J. Climatol, No. 16, 1996.
- [5] Fotiadi, A.k, Metaxas D.A., and Barizokas A., "A. Statistical Study of Precipitation in Northwest Greece", INT. J. climatol, No. 19, 1999.
- [6] Suppian, Ramasamy, "Spatial and Temporal Variations in the Relationships Between the Southern Oscillation Phenomenon and the Rainfall of Sri Lanka", INT. J. Glimatol, No. 16, 1996.





- [۷] خوش اخلاق، فرامرزی، «پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۵۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۷۷.
- [۸] غیور، حسینعلی و مسعودیان، سیدابوالفضل، «بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالیانه در ایران زمین»، نیوار، شماره ۲۹، بهار ۱۳۷۵.
- [۹] غیور، حسینعلی و مسعودیان، سیدابوالفضل، «بررسی مکانی رابطه بارش با ارتفاع در ایران زمین»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۴۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۷۵.
- [۱۰] حیدری، حسن، «تحلیل عناصر اقلیمی ایران به منظور ارائه یک الگوی طبقه بندی»، رساله دوره دکترای دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
- [11] Steiner, D.; "A Multivariate Statistical Approach to Climatic Regionalization and Classification", *Tijdschrift Van He Koninkrijk Nederlandsch Ardrikskundig Gerootschap Tweede Reeks*; LxxxII, No. 40.
- [12] Davis, R. and L. Kalkstein, "Development of An Automated Spatial Synoptic Climatological Classification", *Inter. j. of Climatology*; Vol. No. 10, 1990.
- [13] Fovel, R. G. and M. C. Fovel, "Climate Zones of the Conterminous United States Defined Using Cluster Analysis", *j. Climate*; Vol. 6, 1993.
- [14] Bunkers and Miller, "Definition of the Climate Regions in the Northern Plains Using an Objective Cluster Modification Technique", *j. Climate*, Vol. No. 9, 1996.
- [۱۵] علیجانی، بهلول، اقلیم شناسی سینوپتیک، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها، ۱۳۸۱.
- [۱۶] فریفته، جمشید، تحلیلهای کمی در ژئومورفولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۰.
- [17] Wasyl Drodosdowsky, "An Analysis Of Australian Seasonal Rainfall Anomalies", *Inter. j. of Climatology*; Vol. 13, 1993.
- [۱۸] مسعودیان، سید ابوالفضل، «بررسی نظام تغییرات زمانی - مکانی بارش در ایران زمین»، رساله دوره دکترای دانشگاه اصفهان، بهار ۱۳۷۷.
- [۱۹] منصورفر، کریم، روشهای آماری، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۹.
- [۲۰] علیجانی، بهلول، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۱۳۷۵.

