

مطالعه ویژگی‌های فضایی و زمانی بارش در ایران

معمصومه مقبل: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران *

محمود داودی: دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ابوالفضل نیستانی: دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

فرحناز تقوی: استادیار موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۰/۸/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۰، صص ۱۴۰-۱۲۹

چکیده

بارش تغییرپذیرترین عنصر اقلیمی است و با توجه به قرار گیری ایران در کمربند خشک جهان، بدیهی است مطالعه ویژگی‌های بارش و تلاش برای پیش بینی رفتار این عنصر اقلیمی می‌تواند نقش مهمی در مدیریت منابع آبی کشور ایفا نماید. بدین منظور در تحقیق حاضر تلاش گردید تا ویژگی‌های فضایی و زمانی بارش در سطح کشور با استفاده از تحلیل هارمونیک مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین، آمار بارش ماهانه ۳۳ ایستگاه سینوپتیک کشور که قادر به پوشش مناسب کل مساحت کشور بودند، در یک دوره آماری ۲۵ ساله (۱۹۸۰-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید. سپس فرکانس نسبی بارش هر ماه محاسبه شد و در نهایت با استفاده از تحلیل هارمونیک ویژگی‌های بارش ماهانه در سطح کشور در غالب شش هارمونیک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که سه هارمونیک اول از نظر توجیه تغییرپذیری درون سالانه بارش در سطح کشور از اهمیت زیادی برخوردار هستند؛ به طوری‌که هارمونیک اول بیش از ۷۰ درصد تغییرات بارش‌های ماهانه در بیشتر مناطق به استثنای مناطقی از شمال غرب و جنوب شرق کشور را نمایش می‌دهد. اثرات هارمونیک دوم بارش، بیشتر در مناطق شمال غربی کشور و با شدت کمتری در نواحی جنوب شرق و جنوبی دیده می‌شود، در حالیکه هارمونیک سوم بارش در مناطق جنوب شرقی، مرکزی و غربی کشور اثر بیشتری بر تغییر پذیری بارش نسبت به سایر مناطق دارد. همچنین، نتایج نشان داد که زمان وقوع حداکثر مقدار مولفه هارمونیک اول بارش در بیشتر نقاط کشور به جز سواحل جنوبی دریای خزر از اواخر پاییز تا اوایل بهار قابل مشاهده است. زمان وقوع ماکزیمم‌های بارش ناشی از هارمونیک دوم از اوایل پاییز تا اوایل بهار، و زمان وقوع حداکثر مقدار مولفه هارمونیک سوم از اوایل پاییز تا اواخر زمستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش، فرکانس، تحلیل هارمونیک، تغییرپذیری.

مقدمه

از موانع عمده توسعه و پیشرفت کشور نیز از گذشته، محدودیت‌های کمی و کیفی منابع آب بوده است (امیدوار، ۱۳۸۶، ۸۱). به علاوه، تغییر پذیری‌های ناهمگن در توزیع فضایی- زمانی بارش از دلایل

سرزمین ایران به لحاظ موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های خاص آب و هوایی، از سرزمین‌های خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. یکی

به کار گرفته می‌شود، همچنین نوع تغییرات با مقایسه بزرگی دامنه مشخص می‌شود. به عنوان مثال، بزرگ‌تر بودن دامنه هارمونیک اول نشان دهنده تغییرات سالانه زیاد می‌باشد درحالی‌که بزرگی دامنه هارمونیک دوم نشان دهنده تغییرات میان سالانه می‌باشد. در واقع، تحلیل هارمونیک ابزار مفیدی برای مطالعه الگوی بارش سالانه می‌باشد به طوری‌که توزیع فضایی و ویژگی‌های مختلف بارش را نمایان می‌سازد (کریستیان و همکاران، ۱۹۸۹، ۱۴۶۴).

تاکنون مطالعات گسترده‌ای در سطح جهان در خصوص ویژگی‌های بارشی مناطق مختلف صورت پذیرفته است که در زیر به تعدادی از آنها اشاره می‌گردد:

کریستیان و همکاران در سال (۱۹۸۹) به مطالعه چرخه فصلی بارش در ایالات متحده با استفاده از تحلیل هارمونیک پرداخته و نشان دادند که سهم سه هارمونیک اول در مناطق غربی کشور بیشتر از مناطق شرقی آن می‌باشد. کادیوگلو و همکاران (۱۹۹۹) ویژگی‌های بارش در ترکیه را با استفاده از تحلیل هارمونیک مطالعه نموده و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین درصد هارمونیک‌ها در نواحی ساحلی از جمله سواحل دریای سیاه و مدیترانه رخ داده است. توبی و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه دامنه تغییرپذیری دهه‌ای و چند دهه‌ای بارش در آمریکای شمالی با استفاده از تحلیل طیفی پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان داده است که در بیشتر مکان‌ها، تغییرپذیری‌های دهه-ای (۲۰-۱۰ ساله) یا چند دهه‌ای (۵۰-۲۰ ساله) کمتر از ۱۰ درصد واریانس بارش‌های فصلی و سالانه را در بردارند. پاشیاردس (۲۰۰۳) به مطالعه روندهای بارش به منظور برنامه‌ریزی‌های کشاورزی در قبرس پرداخته و نشان داده است که رفتار بارش در دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۰۰-۱۹۱۷) در قبرس را می‌توان در دو

اصلی خشکسالی‌ها و سیلاب‌های شدید به شمار می‌آیند (جیانینگ و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۴۹). از اینرو، به دلیل تفاوت زیاد در توزیع مکانی و زمانی بارش به عنوان تغییرپذیرترین عنصر اقلیمی، مطالعه ویژگی‌های بارش به صورت نقطه‌ای کافی نیست. به همین دلیل دانشمندان علوم جوی همواره در تلاش بوده‌اند تا رفتار این عنصر جوی را در مقیاس وسیع پیش‌بینی نمایند (مدرس، ۱۳۸۵، ۸۷). بدیهی است پیش‌بینی رفتار بارشی مناطق مختلف می‌تواند امکان برنامه‌ریزی‌های دقیق را در زمینه علوم مختلف از جمله کشاورزی و برنامه‌ریزی‌های منابع آب فراهم نماید. یکی از راه‌های مطالعه رژیم بارش، استفاده از روش تحلیل هارمونیک^۱ است. در واقع تحلیل هارمونیک شامل نمایش نوسانات یا تغییرپذیری در یک سری زمانی است که به شکل توابع سینوسی و کسینوسی ارائه می‌شود. تحلیل هارمونیک می‌تواند مناطقی را که از نظر پارامتر مورد بررسی رفتار مشابهی دارند مشخص نماید. مسلماً عوامل اقلیمی در متغیرهای مربوط به بارش از قبیل مقدار بارش ماهانه و سالانه، بارش‌های ۲۴ ساعته حدی و شدت بارندگی نقش دارند. در میان ویژگی‌های بارشی، مهمترین خصوصیت دوره‌ای بودن هارمونیک‌های مختلف است. هدف از کاربرد تحلیل هارمونیک برای مقادیر بارش ماهانه، تعیین واریانس فرکانس‌های این پارامتر و نیز تعیین برخی ویژگی‌های توزیع مقادیر بارش در سطح کشور می‌باشد (لیوآدا و همکاران، ۲۰۰۸، ۴۶) و روشی قدرتمند در تجزیه سری زمانی به مجموعه‌ای از مولفه‌ها با واریانس کوچک‌تر از داده‌های ثبت شده اصلی است (محمدی و همکاران، ۱۹، ۱۳۹۰). به بیان دیگر، تحلیل هارمونیک برای مطالعه تغییرات دوره‌ای

^۱ -Harmonic Analysis.

بخش دسته بندی کرد به طوریکه وی از ۱۹۱۷ تا ۱۹۷۰ روند مشخصی در داده های بارشی مشاهده نکرده است و از ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ یک روند کاهشی جزئی در بارش قبرس را نمایش داده است. سن روی و همکاران (۲۰۰۴) الگوی دوره‌ای بارش زمستانه را در ایالات متحده مطالعه نموده و نشان دادند که بر اساس دامنه هارمونیک اول بارش زمستانه در ساعات اولیه صبح و در زمان طلوع آفتاب بیشترین مقدار را داراست. ایمرزل و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی برهم کنش الگوی بارش و کاربری اراضی در تبت با استفاده از تحلیل هارمونیک پرداخته اند. پولینگ و همکاران (۲۰۰۶) تغییر پذیری دوره‌های بازگشت بارش‌های حدی زمستانه در اروپا را در پنج قرن گذشته مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که زمستان‌های مرطوب در اروپا در سه قرن گذشته از فراوانی کمتری در مقایسه با دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۰۰ برخوردار بوده‌اند. نیکولاکیس (۲۰۰۷) به مطالعه آماری بارش در قبرس با استفاده از روش تحلیل هارمونیک پرداخته و نشان داده است تغییرات میان سالانه و توزیع فضایی بارش در قبرس در وهله اول کاملاً به گردش عمومی جو و در وهله دوم به توپوگرافی منطقه وابسته است. اولکونومو و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات آبی در وقوع بارش‌های حدی در شرق مدیترانه را مورد مطالعه قرار داده و نشان داده اند که شدت بارش‌ها در منطقه مدیترانه در آینده کاهش خواهد یافت. لیوادا و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی ویژگی‌های فضایی و زمانی بارش با استفاده از تحلیل هارمونیک در یونان پرداخته و نشان داده‌اند که از میان شش هارمونیک به کاربرده شده، سه هارمونیک اول در بخش‌های مرکزی و جنوبی یونان قویتر بوده‌اند. استاتیس و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه بارش با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های مبنا در منطقه تسالی در مرکز یونان پرداخته است. نتایج آنها نشان داده بالا در غرب و مقادیر کمتر در شرق منطقه مشخص می‌شود. موراتو و همکاران (۲۰۰۹) تغییرپذیری درون سالانه الگوهای توزیع بارش در جنوب کشور پرتغال را مورد بررسی قرار داده‌اند. به طور کلی آنها نشان داده‌اند که تنها فصلی که در آن افزایش بارش قابل مشاهده می‌باشد فصل پاییز و در نواحی نزدیک به دریا می‌باشد. لی گنگ و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه تغییر پذیری بارش در منطقه بیابانی شمال چین پرداخته‌اند. آنها سه چرخه ۵، ۹ و ۱۴ ساله در تغییرپذیری بارش در این منطقه را نمایش داده‌اند. ناستوس و همکاران (۲۰۱۰) به مطالعه چرخه‌های تغییر پذیری درون سالانه بارش در یونان با روش تحلیل هارمونیک پرداخته‌اند و نشان دادند این تغییرپذیری توسط دو هارمونیک اول به خوبی قابل توجیه می‌باشد. جیاتینگ و همکاران (۲۰۱۰) تغییرپذیری زمانی و فضایی بارش روزانه در حوضه رودخانه‌های چین را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج آنها نشان داده است که روند بارش در طی دوره آماری مورد مطالعه کاهشی بوده است و بارش از سمت شمال به جنوب یعنی از نواحی ساحلی به سمت خشکی کاهش می‌یابد. ساریس و همکاران (۲۰۱۰) تغییرپذیری فضایی رژیم بارش در ترکیه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنها نشان داده‌اند که دامنه و تغییرات درون سالانه بارش در ترکیه به دلیل تغییرات فصلی مناطق جنب حاره‌ای و قطبی و عوامل فیزیوگرافیکی به شدت متغیرند. آنها سه نوع رژیم بارشی را برای مناطق مختلف ترکیه تعیین نموده‌اند. در ایران نیز مطالعات متعددی به منظور بررسی ویژگی‌های بارش صورت گرفته است که به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود:

مطالعه ویژگی‌های فضایی و زمانی بارش در ایران

اند که بارش در سطح کشور هم از روند افزایشی و هم از روند کاهش بر خوردار بوده است. مسعودیان (۱۳۸۶) به بررسی نواحی بارشی ایران پرداخته است. نتایج وی نشان می‌دهد که مقدار بارش در ایران تا اندازه ای به ناهمواری‌ها وابسته است اما زمان دریافت بارش بیشتر آرایش مداری دارد و با پیشروی و پسروی سامانه‌های همدید وابستگی دارد. کاوسی و همکاران (۱۳۸۶) به پهنه بندی و تحلیل فضایی بارش اقلیمی ایران پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان داده است که پیش‌بینی حاصل از روش هم کریجینگ^۱ بهتر از کریجینگ^۲ می‌باشد.

هدف از تحقیق حاضر مطالعه ویژگی‌های فضایی و زمانی بارش ماهانه در سطح کشور است تا با شناسایی رفتار این پارامتر مهم اقلیمی و تغییرات مربوط به آن بتوان برنامه‌ریزی‌های دقیق و جامعی در جهت مدیریت منابع آبی کشور به عمل آورد.

- مواد و روشها

به منظور مطالعه ویژگی‌های بارش در ایران داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک مراکز استانها در یک دوره آماری ۲۵ ساله از سازمان هواشناسی کشور استخراج گردید. لازم به توضیح است به دلیل وسعت بیشتر استان‌ها در شرق کشور، تعدادی ایستگاه علاوه بر ایستگاه‌های مراکز استانها نیز به منظور مناسب سازی پراکندگی ایستگاه‌ها در سطح کشور انتخاب گردید. در مجموع آمار ۲۵ ساله بارش ماهانه ۳۳ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۱۹۸۰-۲۰۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. فرکانس نسبی مقادیر بارش هر ماه محاسبه شده و سپس برای آشکارسازی رفتار بارش در سطح کشور از تحلیل هارمونیک استفاده گردید. به طور کلی شش هارمونیک مورد

یوسفی (۱۳۹۰) تغییرپذیری زمانی و مکانی تناوب-های بارش را در کرانه‌های جنوبی دریای خزر با استفاده از تحلیل هارمونیک مورد مطالعه قرار داده و نشان داده است که نقش هارمونیک اول در توزیع واریانس از دیگر هارمونیک‌ها بیشتر و غالب تر است. روشنی و همکاران (۲۰۱۲) به تحلیل روند و چرخه بارش و دبی در حوضه قلعه رودخان با استفاده از تحلیل هارمونیک پرداخته و نشان داده اند که چرخه‌های ماهانه بارش و دبی از چرخه فصلی ضعیف‌تر هستند. بابایی و همکاران (۱۳۸۱) به مطالعه الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران پرداخته اند و نشان داده اند که تعداد سال‌هایی که میانگین بارش سالانه برابر میانگین کل یا بیشتر است از تعداد سال‌هایی که میانگین بارش سالانه کمتر از میانگین کل است، کمتر می‌باشد. به عبارت دیگر چولگی منحنی فراوانی میانگین بارش‌های سالانه به طرف بارش‌های کمتر از میانگین است. مسعودیان (۱۳۸۲) به مطالعه پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران با استفاده از تحلیل عاملی دوران یافته پرداخته و نشان داده است که در ایران سه قلمرو پربارش وجود دارد. مهم‌ترین قلمرو پربارش ایران کرانه‌های خزر است که سیستم‌های باران زا طی تابستان و پاییز فعال‌اند. دومین قلمرو پربارش ایران رشته کوه زاگرس است که فعالیت سیستم‌های باران‌زای آن در زمستان است و سرانجام سومین قلمرو پربارش آذربایجان و شمال خراسان است که در بهار بارش بیشتری دریافت می‌کند. مسعودیان (۱۳۸۴) به شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای پرداخته و نشان داده است که در ایران سه رژیم بارش اصلی زمستانی، زمستانی-بهاری و پاییزی قابل شناسایی هستند. عسگری و همکاران (۱۳۸۵) تغییرپذیری بارش دهه‌های اخیر ایران را مورد بررسی قرار داده و نشان داده

^۱-Co-Kriging.
^۲-Kriging.

$$\Phi_k = \arctan \left[\frac{B_k}{A_k} \right] \quad \text{رابطه ۷}$$

زمان وقوع حداکثر هر هارمونیک نیز از طریق زیر محاسبه می‌گردد (جدول ۱):

$$T_k = \left(\frac{12}{360} \Phi_k \right) \quad \text{فرمول ۸}$$

لازم به توضیح است که همواره، هارمونیک اول چرخه سالانه منفردی را با یک دامنه وسیع در مقایسه با سایر هارمونیک‌ها، در فرکانس پارامتر مورد بررسی نمایش می‌دهد. همچنین هارمونیک دوم تغییرات نیمه سالانه (۶ ماهه) را نمایش می‌دهد، در حالیکه هارمونیک سوم جزئیات بیشتری را در تغییرات ۴ ماهه فصلی نمایش می‌دهد (لیوادا و همکاران، ۲۰۰۸، ۴۹)

جدول ۱- زمان وقوع حداکثر هر هارمونیک

Tk	-۲/۵	-۲	-۱/۵	-۱	-۰/۵	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵
زمان بارگشت	۱ اکتبر	۱۵ اکتبر	۱ نوامبر	۱۵ نوامبر	۱ دسامبر	۱۵ دسامبر	۱ ژانویه	۱۵ ژانویه	۱ فوریه	۱۵ فوریه	۱ مارس

- یافته‌های تحقیق

به منظور بررسی رفتار بارش در کشور تحلیل هارمونیک تغییرپذیری ماه به ماه بارش ۳۳ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل هارمونیک، وقوع مقادیر حداقلی و حداکثری در سری‌های زمانی را نمایش می‌دهد. معمولاً در داده‌های ماهانه، شش هارمونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند اما در عمل سه هارمونیک اولیه عمدتاً از کاربرد و اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. بدین منظور، فرکانس نسبی بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و سپس با استفاده از روش تحلیل هارمونیک، دامنه، زاویه فاز، واریانس، و درصد واریانس شش هارمونیک برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه شد. جداول ۲، ۳، ۴ سهم هر

بررسی قرار گرفتند که از میان آنها سه هارمونیک اول به دلیل اهمیت بیشتر در نمایش ویژگی‌های بارشی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفتند. همانطور که قبلاً اشاره شد، هدف از کاربرد تحلیل هارمونیک برای مقادیر بارش ماهانه، تعیین واریانس فرکانس‌های این پارامتر و نیز تعیین برخی ویژگی‌های توزیع مقادیر بارش در سطح کشور می‌باشد. برای مقادیر ماهانه‌ی فرکانس‌های مورد آزمایش، تحلیل هارمونیک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۱

$$\hat{F}t = \bar{F} + \sum_{k=1}^6 \left[A_k \cos \frac{360}{12} kt + B_k \sin \frac{360}{12} kt \right]$$

که A_k و B_k ضرایب هارمونیک k ام هستند ($k=1, 2, \dots, 6$). این ضرایب به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A_k = \frac{1}{6} \sum_{t=1}^{12} f_t \cos \left(\frac{360}{12} kt \right) \quad \text{فرمول ۲}$$

$$B_k = \frac{1}{6} \sum_{t=1}^{12} f_t \sin \left(\frac{360}{12} kt \right) \quad \text{فرمول ۳}$$

که f_t مقدار فرکانس بارش ماهانه را در ماه t ام نمایش می‌دهد.

دامنه هارمونیک‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad \text{رابطه ۴}$$

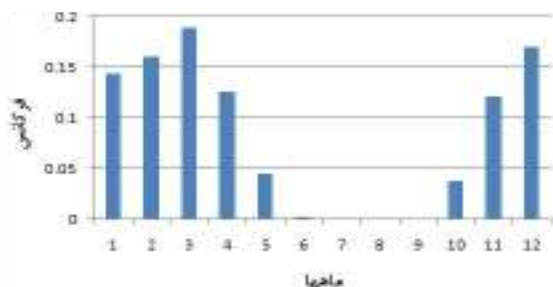
واریانس هر هارمونیک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$V_k = \frac{C_k^2}{2} \quad \text{رابطه ۵}$$

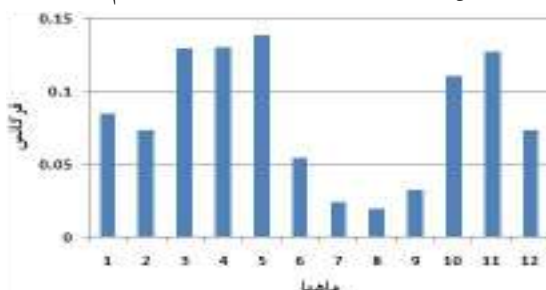
درصد واریانس هر هارمونیک ($PVR(k)$) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V_k / \sum_{k=1}^6 V_k \quad \text{رابطه ۶}$$

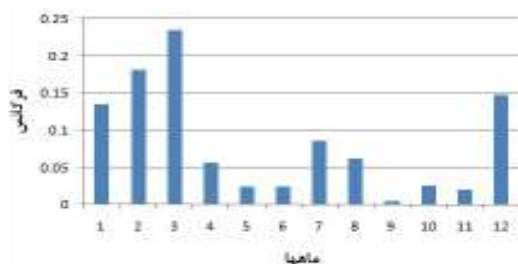
زاویه فاز هارمونیک k ام از رابطه زیر بدست می‌آید:



شکل ۱- فرکانس نسبی بارش ماهانه ایستگاه خرم آباد



شکل ۲- فرکانس نسبی بارش ماهانه ایستگاه اردبیل



شکل ۳- فرکانس نسبی بارش ماهانه ایستگاه ایرانشهر

– هارمونیک اول

همانگونه که قبلاً اشاره شد، هارمونیک اول چرخه سالانه منفردی را با یک دامنه وسیع در مقایسه با سایر هارمونیک‌ها در فرکانس پارامتر مورد بررسی نمایش می‌دهد. درصد واریانس هارمونیک اول (PVR1) تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۴ نمایش داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، PVR1 در بخش‌هایی از شمال، شرق، غرب و جنوب غرب کشور بیشترین مقادیر را داراست. بیشترین مقدار PVR1 در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه مربوط به ایستگاه خرم آباد با مقدار ۹۲/۵۹ درصد، منطبق بر منطقه‌ای می‌باشد که در فصل سرد

یک از شش هارمونیک را برای سه شهر خرم آباد، اردبیل و ایرانشهر که به ترتیب از نظر بزرگی توان هارمونیک اول، دوم و سوم به عنوان شهرهای شاخص انتخاب گردیدند، نمایش می‌دهند. نمودارهای ۳، ۲، ۱ نیز به ترتیب فرکانس نسبی بارش ماهانه سه ایستگاه فوق را نمایش می‌دهند. بر اساس این جداول و نمودارها، در ایستگاه خرم آباد توان هارمونیک اول با درصد واریانس ۹۲/۵۹ درصد، در ایستگاه اردبیل توان هارمونیک دوم با درصد واریانس ۵۳/۷۴ درصد و در ایستگاه ایرانشهر توان هارمونیک سوم با درصد واریانس ۸/۹۲ درصد از نظر بزرگی در سطح کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

جدول ۲- تحلیل هارمونیک اول تا ششم مربوط به ایستگاه

خرم آباد

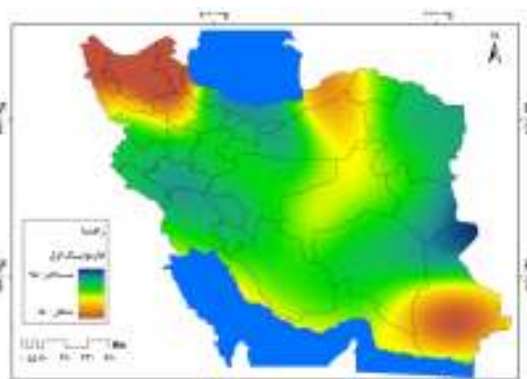
Ak	Bk	Ck	Vk	PVRk	CPVRk	φk	Tk
۰/۰۶۵۹	۰/۰۷۳۰	۰/۰۹۸۴	۰/۰۰۴۸	۹۲/۵۹	۹۲/۵۹	۴۷/۹۲	۱/۶۰
-۰/۰۰۴۰	-۰/۰۰۳۶	۰/۰۰۵۴	۰/۰۰۰۰	۰/۲۸	۹۲/۸۷	۴۲/۰۳	۱/۴۰
۰/۰۰۵۹	-۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۳	۷/۴۷	۹۹/۳۴	-۵۲/۳۲	-۱/۷۴
۰/۰۰۷۴	-۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۷۹	۰/۰۰۰۰	۰/۶۰	۹۹/۹۴	-۲۰/۶۰	-۱/۶۹
۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۰	۰/۰۶	۱۰۰/۰۰	۳۷/۷۵	۰/۹۳
-۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۳- تحلیل هارمونیک اول تا ششم مربوط به ایستگاه اردبیل

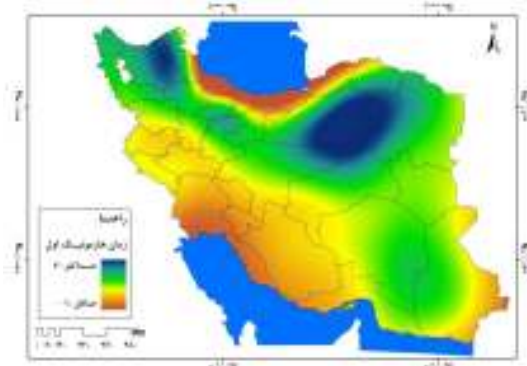
Ak	Bk	Ck	Vk	PVRk	CPVRk	φk	Tk
۰/۰۱۳۰	۰/۰۳۲۷	۰/۰۳۵۲	۰/۶۲۰۶	۳۴/۴۷	۳۴/۴۷	۶۸/۳۰	۲/۲۸
-۰/۰۰۲۲	۰/۰۴۳۹	۰/۰۴۴۰	۷۴/۹۶	۵۳/۷۴	۸۸/۲۱	۸۷/۱۴	۲/۹۰
-۰/۰۰۲۵	-۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۵۰	۰/۰۱۲۳	۰/۶۸	۸۸/۸۹	۵۹/۲۶	۱/۹۸
-۰/۰۰۱۷	-۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۸	۰/۰۵۸۴	۳/۲۵	۹۲/۱۴	۷/۲۲	۰/۲۴
-۰/۰۰۱۰	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۷	۰/۰۶۸۳	۳/۷۹	۹۵/۹۳	-۸۵/۱۰	-۲/۸۴
-۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۱	۰/۰۷۳۲	۴/۰۷	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

جدول ۴- تحلیل هارمونیک اول تا ششم مربوط به ایستگاه ایرانشهر

Ak	Bk	Ck	Vk	PVRk	CPVRk	φk	Tk
۰/۰۳۳۴	۰/۰۶۴۷	۰/۰۷۳۳	۰/۰۰۲۷	۵۲/۵۴	۵۲/۵۴	۶۲/۰۰	۲/۰۷
-۰/۰۰۶۳	۰/۰۴۸۹	۰/۰۵۱۶	۰/۰۰۱۳	۲۵/۹۹	۷۸/۵۳	-۷۱/۵۵	-۲/۳۹
۰/۰۰۶۰	-۰/۰۲۹۶	۰/۰۳۰۲	۰/۰۰۰۵	۸/۹۲	۸۷/۴۵	-۷۸/۵۱	-۲/۶۲
۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۰۲	۳/۶۱	۹۱/۰۶	۶/۵۷	۰/۲۳
۰/۰۰۱۵	۰/۰۰۲۱۲	۰/۰۳۰۲	۰/۰۰۰۵	۸/۹۲	۹۹/۸۸	۴۴/۵۰	۱/۴۸
-۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰	۰/۰۲	۱۰۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰



شکل ۴- درصد واریانس هارمونیک اول (PVR1).

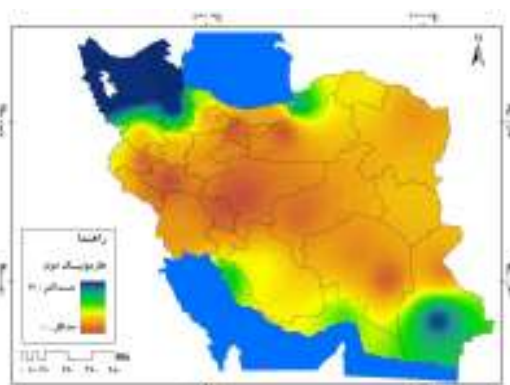


شکل ۵- زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک اول (TK1)

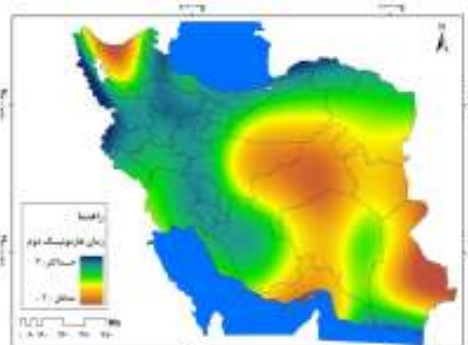
– هارمونیک دوم

الگوی فضایی هارمونیک دوم در سطح کشور که در شکل ۶ نمایش داده شده است، نشان می‌دهد که تاثیر هارمونیک دوم عمدتاً در شمال غرب و جنوب شرق کشور حائز اهمیت می‌باشد. در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه بیشترین تاثیر هارمونیک دوم به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های اردبیل (۵۳/۷۴ درصد)، تبریز (۴۸/۶۶ درصد) و ارومیه (۳۳/۹۷ درصد) می‌باشد که ایستگاه اردبیل بیشترین مقدار PVR2 را به خود اختصاص داده است. در مناطق غربی، مرکزی و شمال شرق و شرق ایران مقادیر PVR2 در مقایسه با PVR1 بسیار ناچیز (کمتر از پنج درصد) می‌باشد. هارمونیک دوم تغییرات نیمه سالانه (۶ ماهه) را در مقادیر بارش نمایش می‌دهد. در مناطقی که دامنه هارمونیک دوم

سال با تشدید ورود بادهای غربی، تحت تاثیر سیستم های باران زا قرار می‌گیرد. بعد از خرم آباد بیشترین مقادیر PVR1 مربوط به شهرهای بابلسر و مشهد (به ترتیب با مقادیر ۹۲/۰۸ و ۹۰/۲۰ درصد) می‌باشد. از طرف دیگر، کمترین مقدار PVR1 (۱۵ درصد) مربوط به شمال غرب کشور می‌باشد که تغییرپذیری ماه به ماه بارش در این منطقه عمدتاً متعادل می‌باشد. بنابراین بدیهی است هارمونیک اول در این بخش از کشور به دلیل تاثیر شرایط محلی و اوروگرافیکی از اهمیت زیادی برخوردار نمی‌باشد. شکل ۵ زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک اول بارش ماهانه را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، عمدتاً بارش‌های ناشی از هارمونیک اول از اواسط آذر ماه (اواسط دسامبر) تا اوایل فروردین ماه (اوایل مارس) به وقوع می‌پیوندد (به جدول ۱ توجه کنید). تنها در شمال غرب کشور در ماه‌های اردیبهشت و خرداد شاهد وقوع بارش ناشی از مولفه هارمونیک اول هستیم که این بارش‌ها به دلیل موقعیت جغرافیایی این منطقه می‌باشند. در واقع شمالغرب به دلیل بالا بودن عرض جغرافیایی، زمان بیشتری تحت تسلط سیستم‌های غربی است. بنابراین گرم شدن هوا، کوهستانی بودن منطقه و فراهم بودن شرایط جو بالا در بهار، بارش‌های سنگینی را در این فصل ایجاد می‌کند. در بخش‌هایی از سواحل جنوبی دریای خزر نیز مولفه هارمونیک اول بارش، در ماه‌های پاییز مقادیر حداکثر خود را دارا می‌باشد.



شکل ۶- درصد واریانس هارمونیک دوم (PVR2).



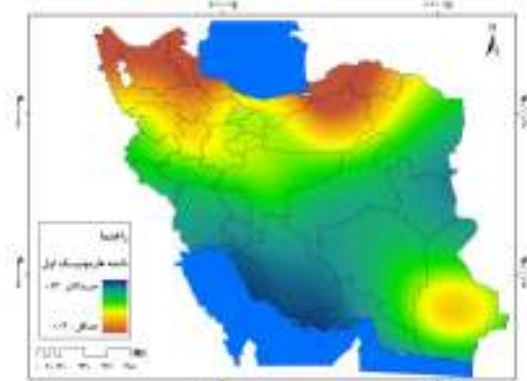
شکل ۷- زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک دوم (TK2)

- هارمونیک سوم

بر اساس الگوی فضایی هارمونیک سوم که تغییرات ۴ ماهه بارش را نشان می‌دهد (شکل ۸)، این هارمونیک در بخش‌هایی از غرب، مرکز و جنوب شرق کشور از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد به طوریکه ایستگاه ایرانشهر با مقدار ۸/۹۲ درصد و ایستگاه تهران با مقدار ۶/۹۲ درصد مقادیر بالایی از PVR3 را به خود اختصاص داده‌اند. علاوه بر ایستگاه‌های فوق‌الذکر، ایستگاه‌های کرمانشاه، سنندج، همدان، اصفهان و بجنورد نیز از نظر بزرگی توان هارمونیک سوم حائز اهمیت می‌باشند. اهمیت سایر نقاط کشور از نظر بزرگی توان هارمونیک سوم ناچیز می‌باشد. به علاوه، زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک سوم بارش ماهانه (شکل ۹) نشان می‌دهد که بارش‌های ناشی از

قابل توجه است، نشان دهنده‌ی تاثیر بیشتر مولفه‌های محلی با مقیاس کوچک‌تر می‌باشد. همانطور که در هارمونیک اول ذکر شد وقوع بارش‌های بهاره در شمالغرب به دلیل موقعیت جغرافیایی این منطقه می‌باشد. مناطق دیگری که در این هارمونیک مشخص هستند شامل جنوبشرق، سواحل خلیج فارس و سواحل خزر هستند. در جنوبشرق دو دلیل برای بارش‌های فصل گرم وجود دارد. یکی سامانه‌های مونسون فصل گرم و دومی مجاورت با دریای عمان و خلیج فارس است که باعث بالا بودن رطوبت نسبی می‌شود. رطوبت نسبی بالا وقتی با مساعدت جو بالا همراه شود، می‌تواند بارش قابل توجهی را فراهم کند. در سواحل خزر نیز با عرض جغرافیایی بالا، فراهم بودن شرایط جو بالا و رطوبت نسبی بالا، بارش در تمام سال تداوم دارد. این مولفه‌ها در سایر بخش‌های کشور وجود ندارد و همانطور که در شکل دیده می‌شود هارمونیک دوم در این بخش‌ها نزدیک به صفر است که نشان از وابستگی بارش این مناطق به گردش عمومی جو دارد. به همین دلیل بارش عمده‌ی آنها در فصل زمستان می‌بارد. زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک دوم بارش ماهانه که در شکل ۷ نمایش داده شده است، نشان می‌دهد که بارش‌های ناشی از هارمونیک دوم از اواخر شهریور ماه تا فروردین ماه رخ می‌دهند. در شمال غرب کشور، مولفه هارمونیک دوم بارش، در پاییز و زمستان مقادیر حداکثر خود را داراست.

جنوب شرقی)، شرقی و مرکز کشور مشاهده می شود و با افزایش عرض جغرافیایی از مقدار دامنه کاسته می شود.

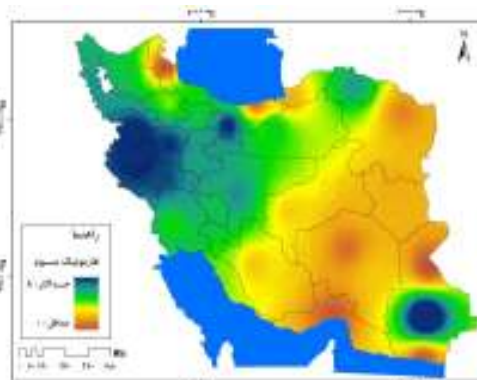


شکل ۱۰- دامنه هارمونیک اول (Ck1).

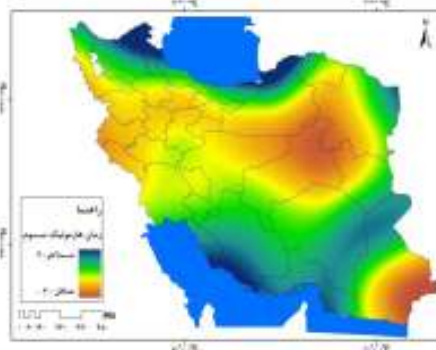
- نتیجه گیری

تحلیل هارمونیک ابزار سودمندی در جهت مطالعه رفتار پدیده های مختلف در بستر فرکانس می باشد. بدین منظور و با توجه به اهمیت شناسایی رفتار بارش در سطح کشور در جهت برنامه ریزی و مدیریت هرچه دقیق تر منابع آبی در این تحقیق تلاش گردید با استفاده از روش مذکور ویژگی های فضایی و زمانی بارش ماهانه در سطح کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. فرکانس بارش های ماهانه در غالب شش هارمونیک مورد بررسی قرار گرفتند که از بین آنها سه هارمونیک اول بهتر و دقیق تر قادر به توجیه تغییرپذیری درون سالانه بارش در سطح کشور بودند. نتایج بدست آمده نشان دهنده این مطلب است که هارمونیک اول عمدتاً در مناطق غربی، شمالی، مرکزی و شرقی کشور درصد قابل توجهی از تغییرات بارش ماهانه را توجیه می کند. به عبارت دیگر بارش های ماهانه در این مناطق از کشور عمدتاً دارای تغییر پذیری در مقیاس سالانه می باشند. این در حالی است که هارمونیک دوم تنها در شمال غرب و جنوب شرق

هارمونیک سوم از اواخر شهریور ماه (اوایل اکتبر) تا اسفند ماه (اوایل فوریه) به وقوع می پیوندد.

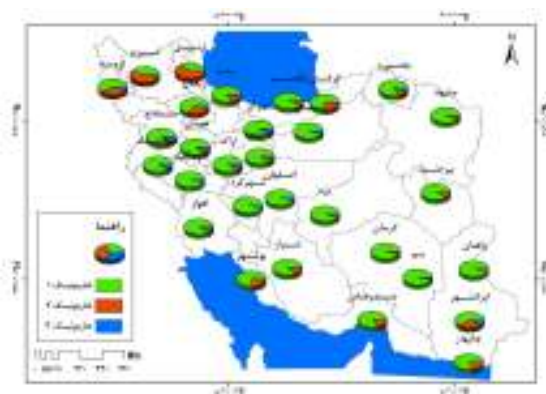


شکل ۸- درصد واریانس هارمونیک سوم (PVR3).



شکل ۹- زمان وقوع حداکثر مولفه هارمونیک سوم (TK3) دامنه

به طور کلی، دامنه توزیع فضایی، اندازه تغییرات فصلی را نشان می دهد. در واقع دامنه ها نشان دهنده تغییرات و تناوب های هر هارمونیک در محور زمان اند. به دلیل اهمیت هارمونیک اول در سطح کشور، دامنه این هارمونیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هر چه دامنه هارمونیک اول بلندتر باشد نشان دهنده یکنواختی بیشتر پارامتر مورد نظر می باشد. شکل ۱۰ که دامنه هارمونیک اول را نمایش می دهد، بیانگر این مطلب می باشد که در هارمونیک اول گرایش به سوی تغییرات سالانه در مقادیر بارش می باشد. بیشترین مقدار دامنه هارمونیک اول در مناطق جنوبی (به جز



شکل ۱۱- نقشه همگن پراکندگی هارمونیک اول، دوم و سوم. به جز تبریز و اردبیل، درصد هارمونیک اول در سرتاسر ایران بیش از ۷۰٪ می‌باشد. به عبارت دیگر نزول بارش اکثر مناطق ایران در دوره سرد سال است. بالا بودن هارمونیک اول در تمامی نقاط کشور نشان می‌دهد که تغییرات میان سالانه و توزیع فضایی بارش در ایران به مقدار زیادی تابع گردش عمومی جو است. کمترین مقدار هارمونیک اول (۱۵ درصد) مربوط به شمال غرب کشور می‌باشد که تغییرپذیری ماه به ماه بارش در این منطقه عمدتاً متعادل می‌باشد. این مقدار در جنوب شرق نیز ناچیز است. در این مناطق تاثیر شرایط محلی و اوروگرافیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. شمال غرب به خاطر بالا بودن عرض جغرافیایی، زمان بیشتری تحت تسلط سیستم‌های غربی است. بنابراین گرم شدن هوا، کوهستانی بودن منطقه و فراهم بودن شرایط جو بالا در فصل بهار، بارش‌های سنگینی را در این فصل ایجاد می‌کند. مناطق دیگری که در هارمونیک دوم مقدار بالایی دارند شامل جنوب شرق، سواحل خلیج فارس و سواحل خزر هستند. در جنوب شرق دلایلی برای تغییرات بارش‌های شش ماهه وجود دارد. یکی سامانه‌های مونسون فصل گرم و دومی مجاورت با دریای عمان و خلیج فارس است که باعث بالا بودن رطوبت نسبی

و شرق خزر از اهمیت برخوردار بوده و توجیه کننده تغییرات بارش در این مناطق می‌باشد (شکل ۱۱). بدین معنا که تغییرپذیری بارش‌های ماهانه در این نقاط از کشور علاوه بر سیکل سالانه، دارای تغییرات شش ماهه قابل توجه نیز می‌باشد. در نهایت، هارمونیک سوم تغییرپذیری عنصر بارش را در مناطق جنوب شرق، غرب و بخش‌هایی از مرکز کشور که دارای تغییرات ۴ ماهه قابل توجه می‌باشند، نمایش می‌دهد (شکل ۱۱). لازم به توضیح است تغییرات بارش در مناطق جنوب شرق کشور توسط هر سه هارمونیک اول قابل مشاهده می‌باشد، به عنوان مثال در ایستگاه ایرانشهر علاوه بر هارمونیک اول، هم بزرگی توان هارمونیک دوم و هم بزرگی توان هارمونیک سوم قابل توجه می‌باشد، اما از میان آنها هارمونیک‌های اول و دوم قادر به نمایش بهتر این تغییرات می‌باشد. همانطور که قبلاً هم اشاره شد، هارمونیک‌های چهارم، پنجم و ششم درصد قابل توجهی از واریانس (تغییرات) بارش ماهانه در سطح کشور را تشکیل نمی‌دادند. از نظر زمان وقوع هر یک از مولفه‌های هارمونیکی بارش ماهانه نیز، به طور کلی، مطالعه فرکانس درون سالانه بارش‌های ماهانه در سطح کشور نشان می‌دهد که حداکثر مقدار مولفه هارمونیک اول بارش در بیشتر نقاط کشور به جز سواحل جنوبی دریای خزر از اواخر پاییز تا اوایل بهار قابل مشاهده است. همچنین زمان وقوع ماکزیمم‌های بارش ناشی از هارمونیک دوم از اوایل پاییز تا اوایل بهار، و زمان وقوع حداکثر مقدار مولفه هارمونیک سوم از اوایل پاییز تا اواخر زمستان می‌باشد.

مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۲)، بررسی پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران یافته، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱، صص ۷۹-۸۸.

مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۴)، شناسایی رژیم های بارش ایران به روش تحلیل خوشه ای، فصلنامه پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۳۷، صص ۴۷-۵۹.

مسعودیان، سید ابوالفضل، (۱۳۸۸)، نواحی بارشی ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۷۹-۹۱.

محمدی، حسین، عزیزی، قاسم، تقوی، فرحناز، یوسفی، یدالله، (۱۳۹۰)، تغییرپذیری زمانی و مکانی بیشینه بارش ماهانه در بخش های جنوبی دریای خزر، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵، صص ۳۳-۱۵.

یوسفی، یدالله، (۱۳۹۰)، تغییرپذیری زمانی و مکانی تناوب های بارش در کرانه های جنوبی دریای خزر، رساله دکتری، به راهنمایی محمدی، حسین، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

IMmerzeel W. W., Quiroz R. A., De jong S.M., (2005), Understanding precipitation patterns and land use interaction in Tibet using harmonic analysis of SPOT VGT-S10 NDVI time series, International Journal of Remote Sensing, vol26, No.11, pp.2281-2296.

Jianting, CHU, Jun, XIA, Chongyu, Xu, Lu, LI, Zhonggen, Wang, (2010), Spatial and Temporal Variability of Daily Precipitation in Haihe River Basin, 1958-2007, Journal of Geographical Acisence, Vol 20, pp. 248-260.

Kadioglu M., Ozturk N., Erdun H., Sen Z., (1999), On the precipitation climatology of Turkey by Harmonic Analysis,

در فصل گرم می شود. رطوبت نسبی بالا وقتی با مساعدت جو بالا همراه شود، می تواند بارش قابل توجهی را فراهم کند. در سواحل خزر نیز با عرض جغرافیایی بالا، فراهم بودن شرایط جو بالا و رطوبت نسبی بالا، بارش در تمام سال تداوم دارد. این مولفه ها (عوامل جغرافیایی) در سایر بخش های کشور وجود ندارد. به همین دلیل است که فقط در هارمونیک اول مقدار بالایی دارند و در سایر هارمونیک ها نزدیک به صفر می باشند که نشان از وابستگی زیاد بارش این مناطق به گردش عمومی جو دارد.

منابع

امیدوار، کمال، (۱۳۸۶)، بررسی و تحلیل سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۹، صص ۸۱-۹۸.

بابائی فینی، ام السلمه و فرج زاده، منوچهر، (۱۳۸۱)، الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران، فصلنامه مدرس، دوره ۶، شماره ۴، صص ۷۰-۵۱.

عسگری، احمد و رحیم زاده، فاطمه، (۱۳۸۵)، مطالعه تغییرپذیری بارش دهه های اخیر ایران، فصلنامه پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۸، صص ۸۰-۶۷.

کاوسی، امیر و مشکانی، محمدرضا، (۱۳۸۶)، پهنه بندی و تحلیل فضایی بارش اقلیمی ایران، فصلنامه محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۳، صص ۴۰-۳۱.

مدرس، رضا، (۱۳۸۵)، توابع توزیع منطقه ای بارش ایران، فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۵، صص ۸۶-۹۱.

- Saris, Faize, M.Hannah, David, J.Eatwood, Warren, (2010), Spatial Variability of Precipitation Regimes over Turkey, Hydrological Science Journal, Vol 55, pp. 234-249.
- Sen Roy S., Robert C., Balling Jr, (2004), Analysis of Diurnal Patterns in Winter Precipitation across the Conterminous United States, Monthly Weather Riview, vol133, pp.707-711.
- Stathis.D and Myronidis. D, (2009), Principal Component Analysis of Precipitation in Thessaly Region (Central Greece), Global NEST Journal, vol11, No4, pp. 467-476.
- Toby, R.Ault and Scott, St.George, (2010), The Magnitude of Decadal and Multi-decadal Variability in North American Precipitation, Journal of Climate, Vol 23, pp. 842-850.
- International Journal of Climatology, vol19,pp.1717-128.
- Kristina I., Kirkyla, Sultan Hameed, (1989), Harmonic analysis of seasonal cycle over the United States: A comparison between observations and a General Circulation Model, Journal of Climate, vol2, pp.1463-1475.
- Li-Gang, Xu, Hong-Fei, Zhou, Chuan, Liang, An-Qi, Wn ,(2009), Multi-time Scale Variability of Precipitation in the Desert Region of North China, Journal of Hydraulic Engineering, Vol 40, pp. 1002-1011.
- Livada.I, Charalambous.G and Saaimakopoulos M.N., (2008), Spatial and Temporal Study of Precipitation Characteristics over Greece, Theoretical and Applied Climatology, No.93, pp. 45-55.
- Mourato.S, Moreira.M, Corte-Real.J, (2009), Inter-annual Variability of Precipitation Distribution Patterns in Southern Portugal, International Journal of Climatology.
- Nastos.P.T and Zerefos.C.S, (2009), Cyclic Modes of the Intra-annual Variability of Precipitation in Greece, Advances in Geosciences, Vol25, pp. 45-50.
- Nikolakis D.,(2007), A statistical study of precipitation in Cyprus, Hellenic Journal of Geosciences, vol. 43, pp.67-74.
- Olkonomou. Ch, Flocas.H.A, Asimakopoulos. D.N and Giannakopoulos.C, (2008), Future Changes in the Occurrence of Extreme Precipitation Events in Eastern Mediterranean, Global NEST Journal, vol10, No2, pp. 255-262.
- Pauling.A and Peath.H, (2006), On the Variability of Return Period of European Winter Precipitation Extremes over the Last Five Centuries, Climate of the past discussions, No2, pp. 157-189.
- Pashiardis, Stelio, (2003), Trends of Precipitation in Cyprus Rainfall Analysis for Agricultural Planning, Meteorological service, Nicosia, vol. 25, pp. 251-269.
- Roshani M., Ramezanipour M., Sotoudeh F., Ghomi Aveily J.,(2012), The analysis of trend and cycle between rainfall and discharge in Ghaleroudkhan basin, World Applied Sciences Journal, vol6, ppp.244-249.

Spatial and Temporal study of Precipitation Characteristics over Iran

M. Moghbel, M. Davoudi, A. Neyestani, F. Taghavi

Received: November 17, 2011/ Accepted: June 9, 2012, 29-32 P

Extended Abstract

1- Introduction

Precipitation is a principal element of the hydrological cycle, so that understanding its behavior may be of profound social and economic significance. The detection of oscillations in precipitation time series yields important information for the understanding of climate. These oscillations can be seen as a response of the climate system either to external forcing or feedback processes.

In addition, precipitation is a very variable climatic element. It is highly variable, both spatially and temporally at different scales (interannual and intra-annual). The search for cyclist in the climatic record can resolve some of the complexities of the atmospheric system. Many authors analyzed the precipitation patterns in several parts

of Iran (e.g. Omidvar K., 2007, Babayini A. and Farajzadeh M., 2002, Kavousi A., Meshkani M.R., 2007 Masoudian A., 2005, Masoudian A., 2009). Iran is located in world's dry belt, so studying the precipitation characteristics and its periodicity of different harmonics in order to forecasting its behavior has significant role on water resources management of the country

The main objective of this study is spatial and temporal analysis of inter-annual variability of frequency of monthly precipitation over Iran using harmonic analysis.

2-Methodology

One of the most important features in analyzing the climatology of any region is to study the precipitation as the most variable climatic element. In addition, the abnormal variability and uneven spatial-temporal distribution of precipitation are often the direct reasons for the extreme flood and draught events. Harmonic analysis represents the variations of a time series in the form of sine functions.

The purpose of the applying of harmonic analysis to the frequency precipitation amounts, for each month,

Author(s)

M. Moghbel (✉)

PhD Candidate of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran.

E-mail: Moghbel@ut.ac.ir

M. Davoudi

PhD Candidate of Climatology, Faculty of Geography, University of Tehran.

A. Neyestani

MSc student of Meteorology, Geophysics institute, University of Tehran.

F. Taghavi

Assistant professor of Geophysics institute, University of Tehran

is to determine the characteristic parameters of the variances of these frequencies as well as the determining the occurrence date of maximum values of precipitation (T_k) over Iran. To do so, long monthly precipitation time series data from 33 well-scattered synoptic stations are studied with basic harmonic analysis in 25 years statistical period (1980-2005). Herein, the amplitude of frequencies, phase angle and basic statistical parameters are calculated in order to depict spatial characteristics of precipitation, revealing the various climatologically patterns of Iran in the form of contour maps.

First, relative frequency of precipitation for each month was calculated and characteristics of monthly precipitation over the whole country were analyzed in form of six harmonics. It is important to note that, the first harmonic represents a single annual cycle with the largest amplitude in comparison to the other harmonics. The second harmonic represents a probable semi-annual variation, while the third harmonic describes the seasonal 4-month variations, in more detail, and is also an indicator of the inter-annual patterns of the examined frequencies. Finally, the T_k values indicate the displacement of the maximum frequency along the time axis.

3-Results and Discussion

The harmonic analysis showed that the first three harmonics are the most important ones for explanation of inter-annual variability of precipitation over the country. As mentioned before, the first harmonic represents a single annual cycle with the largest amplitude in comparison to the other harmonics, so that this harmonic revealed more than 70 percent of monthly precipitation variability in most of

regions except Northwest and Southeast of the country. The highest values of first harmonic PVR^2 are related to Khoramabad (92.52%), Babolsar (92.08%) and Mashhad (90.20%) stations, respectively. Also, the results showed that the highest values of second harmonic variances are related to Ardebil (53.74%), Tabriz (48.66%) and Orumieh (33.97%) stations, while the effect of third harmonic in western, central and southeast of the country, such as Iranshahr (8.92%) and Tehran (6.92%) stations is considerable. In addition, in Kermanshah, Hamedan, Sanandaj, Esfahan and Bojnord stations the third harmonic has significant role. It is concluded that the occurrence date of maximum values of precipitation (T_k) for the first harmonic varies from mid-December to March over whole country except in the southern coasts of Caspian Sea. T_k for second harmonic varies from the October to March, while for the third harmonic it varies from October to February. The amplitude of the first harmonic which shows the spatial distribution of the size of particular types of seasonal variations is more important in western, eastern and central parts of the country.

4-Conclusion

This paper has focused on the spatial and temporal characteristics of precipitation over Iran using harmonic analysis. It is observed that only the first and the second harmonics are sufficient to explain more than 90% of the climatologically variations in Iran. It is important to note that the fourth, fifth and sixth harmonics did not represent significant impact on precipitation variability over whole country. Also, it is concluded that the occurrence date of maximum values of

precipitation (T_k) for the first harmonic varies from mid-December to March over whole country except in the southern coasts of Caspian Sea.

Keywords: Precipitation, Frequency, Harmonic analysis, Variability

References

- Mmerzeel W. W., Quiroz R. A., De jong S.M., (2005), Understanding precipitation patterns and land use interaction in Tibet using harmonic analysis of SPOT VGT-S10 NDVI time series, *International Journal of Remote Sensing*, vol26, No.11,pp.2281-2296.
- Jianting, CHU, Jun, XIA, Chongyu, Xu, Lu,LI, Zhonggen, Wang ,(2010), Spatial and Temporal Variability of Daily Precipitation in Haihe River Basin, 1958-2007, *Journal of Geographical Acisence*, Vol 20, pp. 248-260.
- Kadioglu M., Ozturk N., Erdun H., Sen Z., (1999), On the precipitation climatology of Turkey by Harmonic Analysis, *International Journal of Climatology*, vol19,pp.1717-128.
- Kristina I., Kirkyla, Sultan Hameed, (1989), Harmonic analysis of seasonal cycle over the United States: A comparison between observations and a General Circulation Model, *Journal of Climate*, vol2, pp.1463-1475.
- Li-Gang, Xu, Hong-Fei, Zhou, Chuan, Liang, An-Qi, Wn ,(2009), Multi-time Scale Variability of Precipitation in the Desert Region of North China, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 40, pp. 1002-1011.
- Livada,I, Charalambous.G and Saaimakopoulos M.N., (2008), Spatial and Temporal Study of Precipitation Characteristics over Greece, *Theoretical and Applied Climatology*, No.93, pp. 45-55.
- Mourato.S, Moreira.M, Corte-Real.J, (2009), Inter-annual Variability of Precipitation Distribution Patterns in Southern Portugal, *International Journal of Climatology*.
- Nastos.P.T and Zerefos.C.S, (2009), Cyclic Modes of the Intra-annual Variability of Precipitation in Greece, *Advances in Geosciences*, Vol25, pp. 45-50.
- Nikolakis D.,(2007), A statistical study of precipitation in Cyprus, *Hellenic Journal of Geosciences*, vol. 43, pp.67-74.
- Olkonomou. Ch, Flocas.H.A, Asimakopoulos. D.N and Giannakopoulos.C, (2008), Future Changes in the Occurrence of Extreme Precipitation Events in Eastern Mediterranean, *Global NEST Journal*, vol10, No2, pp. 255-262.
- Pauling.A and Peath.H, (2006), On the Variability of Return Period of European Precipitation Extremes over the Last Five Centuries, *Climate of the past discussions*, No2, pp. 157-189.
- Pashiardis, Stelio, (2003), Trends of Precipitation in Cyprus Rainfall Analysis for Agricultural Planning, *Meteorological service, Nicosia*, vol. 25, pp. 251-269.
- Roshani M., Ramezanipour M., Sotoudeh F., Ghomi Aveily J.,(2012), The analysis of trend and cycle between rainfall and discharge in Ghaleroudkhan basin, *World Applied Sciences Journal*, vol6, ppp.244-249.
- Saris, Faize, M.Hannah, David, J.Eatwood, Warren, (2010), Spatial Variability of Precipitation Regimes over Turkey, *Hydrological Science Journal*, Vol 55, pp. 234-249.
- Sen Roy S., Robert C., Balling Jr, (2004), Analysis of Diurnal Patterns in Winter Precipitation

- across the Conterminous United States, Monthly Weather Riview, vol133, pp.707-711.
- Stathis.D and Myronidis. D, (2009), Principal Component Analysis of Precipitation in Thessaly Region (Central Greece), Global NEST Journal, vol11, No4, pp. 467-476.
- Toby, R.Ault and Scott, St.George, (2010), The Magnitude of Decadal and Multi-decadal Variability in North American Precipitation, Journal of Climate, Vol 23, pp. 842-850.