

## بررسی تغییرپذیری رژیم بارش در ایران

سعید موحدی<sup>۱</sup> - حسین عساکره<sup>۲</sup> - علی اکبر سبزی پرور<sup>۳\*</sup> - ابوالفضل مسعودیان<sup>۴</sup> - زهره مریانجی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۷

### چکیده

در این تحقیق با استفاده از بررسی و مقایسه داده‌های میان‌یابی شده ایستگاه‌های هواشناسی در چهار دهه اخیر (۱۳۸۳-۱۳۴۴) به مطالعه تغییرات رژیم بارش کشور از طریق تحلیل هم‌سازها پرداخته شد. پس از انجام آزمون‌های آماری جهت صحت‌سنجی داده‌ها بر اساس تحلیل هم‌سازها در چهار دهه، مشخص شد که مقدار پراش هم‌ساز اول (حدود ۹۰ درصد) در چهار دهه تغییرات زیادی نکرده است. یعنی رژیم بارش غالب در کشور همچنان زمستانه است. مقدار پراش هم‌ساز دوم با تغییرات و جابجایی هم مقدارهای بارش همراه بوده است، مقدار پراش هم‌ساز سوم در دهه سوم و چهارم با افزایش چشم‌گیری رو به رو است که به معنای پیدایش رژیم‌های جدید بارش محلی در برخی نقاط کشور است. مقدار دامنه هم‌ساز دوم در منطقه آذربایجان از دهه اول به بعد کم می‌شود (حدود ۲۰ میلی‌متر) و در دهه چهارم به حداقل خود می‌رسد (حدود ۱۲ میلی‌متر)، یعنی مقدار بارش‌های هم‌رفتی فصل بهار در دهه چهارم در این مناطق کمتر شده است. دامنه هم‌ساز سوم در مناطق جنوب شرق، جنوب غرب و ارتفاعات زاگرس در دهه سوم و چهارم نسبت به دهه‌های اول و دوم افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان داد و این افزایش در منطقه سیستان و بلوچستان بیشتر از سایر نقاط بود. این نتیجه از تغییرات قابل ملاحظه رژیم بارش در مناطق یاد شده خیر می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: پراش، مقدار (t)، میان‌یابی، هم‌سازهای بارش

### مقدمه

متحدہ امریکا پرداختند. آنها مرزهای منطقه‌ی رژیم‌های بارشی متعدد در ایالت متحده امریکا را معین کرده و به این نتیجه رسیدند، هنگامی که نتایج مدل گردش عمومی توسط تحلیل هارمونیک تجزیه و تحلیل می‌شود، جزئیات منطقه‌ی قابل توجهی از اقلیم‌شناسی بارش نشان داده می‌شود.

دومروئس و همکاران (۱۷)، با استفاده از داده‌های بارندگی در ۷۰ ایستگاه هواشناسی ایران به تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشه‌ای پرداختند و دریافتند که در ایران سه مولفه اصلی و پنج رژیم بارش وجود دارد.

کادی اغلو و همکاران (۱۸)، با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۲۰۰ ایستگاه باران‌سنجی به بررسی اقلیم‌شناسی بارش ترکیه به روش تحلیل هارمونیک پرداختند و دریافتند که تنها دو هارمونیک اول و دوم برای بیان بیشتر از ۹۰ درصد تغییرات اقلیمی در ترکیه کافی است.

تاراونه و کادی اغلو (۲۳)، به مطالعه اقلیم‌شناسی بارش در کشور اردن در ۱۷ ایستگاه پرداختند. آنها با استفاده از تناوب هارمونیک‌های متفاوت، رفتار بارش را بررسی و به این نتیجه رسیدند که تحلیل‌های اولین و دومین هارمونیک به طور موثر بیش از ۹۰ درصد تغییرات

سرزمین ایران از نظر ویژگی‌های اقلیمی جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. لذا خشکی در این سرزمین به عنوان یک خصیصه و ویژگی دائمی می‌باشد. در این راستا توجه به پایستگی و مانایی بارش از اهمیت شایان توجه برخوردار است. یکی از نمایه‌های ردیابی پایستگی بارش تحلیل رژیم بارندگی است. رژیم بارش به پراکندگی میزان بارش بر حسب ماه‌ها و یا فصول سال گفته می‌شود (۲). تحقیقات گسترده‌ای در سطح جهان بر روی این پارامتر اقلیمی انجام شده است. که در زیر به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود: کیرکیلا و سلطان حامد (۲۰)، از طریق مقایسه بین داده‌های دیدبانی شده ۲۳ سال و یک مدل گردش عمومی که در دانشگاه ایالت اورگان طراحی شده بود به تحلیل هارمونیک چرخه فصلی بارش در ایالت

۱ و ۴- به ترتیب استادیار، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان

۲- دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زنجان

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

(Email: swsabzi@basu.ac.ir

\*) نویسنده مسئول:

متغیرهای انحراف معیار، میانگین بارش و ضریب تغییر استاندارد شده سالانه ۳۳ سال استفاده کرده که نتیجه آن معرفی ۷ الگوی بارش در کشور بوده است.

مسعودیان (۱۰)، با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ایران (ژانویه ۱۹۹۵ تا دسامبر ۱۹۹۹) و به روش تحلیل خوشه‌ای به شناسایی رژیم بارش ایران پرداخته و یافته است که در ایران ۳ رژیم بارش اصلی، قابل شناسایی است: رژیم زمستانی، رژیم زمستانی-بهاری و رژیم پاییزی و نشان داد توزیع زمانی بارش در ایران با عرض جغرافیایی ارتباط دارد.

عسگری و رحیم زاده (۶)، تغییرات ویژگی بارندگی ۳۴ ایستگاه همدیدی کشور را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. آنها با استفاده از آزمون پارامتریک t استیودنت و آزمون‌های ناپارامتریک من-کندال و اسپیرمن به تحلیل کمی روند پرداختند.

محمدی و جاوری (۸)، برای بررسی تغییرات زمانی بارش ایران از مدل‌های تغییرات تصادفی استفاده کردند و ذکر کردند که با توجه به سنجش و پیش‌بینی‌های مدل‌ها، بارش‌های فصلی تمام ایستگاه‌ها دارای تغییرات تصادفی بوده است.

مدرس (۱۲)، توابع توزیع منطقه بارش ایران را مشخص کرد و نشان داد که ۸ منطقه همگن بارش در ایران وجود دارد که می‌تواند تغییرات جغرافیایی و اقلیمی را در ایران نشان دهد.

عساکره (۵)، تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران را با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری و آمار کلاسیک و بر پایه تکنیک‌های ترسیمی طی یک دوره ۴۴ ساله آماری و بر اساس داده‌های ۳۲۲ ایستگاه مورد تحلیل قرار داد. نتایج تحقیق او نشان می‌دهد که حدود ۵۱ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفتند. این تغییرات عمدتاً در نواحی کوهستانی غرب کشور و عموماً در نواحی با بارندگی بیشتر، رخ داده است.

میر موسوی (۱۳)، نوسانات دما و بارش سالانه را در منطقه شمال غرب ایران با استفاده از مدل‌های تابع تبدیل که جزء روش‌های تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی است، بررسی کرد و نشان داد که روند بارندگی سالانه در ایستگاه‌های تبریز، اردبیل، ارومیه و خوی معنادار بوده و در همه آنها روند نزولی مشاهده می‌شود.

طبری و همکاران (۴) روند تغییرات پارامترهای هواشناسی را در دو اقلیم سرد و گرم در ایران بررسی کردند و دریافتند داده‌های بارش دارای بیشترین نوسان نسبت به میانگین بوده و روند کاهشی معناداری از خود نشان دادند.

مسعودیان (۱۱)، به کمک داده‌های بارش روزانه ۳۳۳ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی و با انجام یک تحلیل خوشه‌ای بر روی فواصل اقلیدسی به روش ادغام وارد نشان داد که بر حسب مقدار و زمان دریافت بارش در ایران، ۸ ناحیه بارش متمایز وجود دارد. هدف این تحقیق تعیین تغییرپذیری رژیم بارش در ایران در ۴۰ سال گذشته

بارش در اردن را تبیین می‌کند. همچنین نشان دادند که فصل عمده بارش در زمستان با ضریب تغییرات بالا می‌باشد.

بودری و همکاران (۱۶)، روند تغییرات بارش در چک اسلواکی را در طی دوره ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۱ مورد مطالعه قرار دادند و تغییرپذیری را با روش تفاوت مطلق در بارش بین دو دوره زمانی مجزا تعیین کردند. نتایج اشاره به یک افزایش کلی در تغییرپذیری بارش در تمام مقیاس‌های مورد بررسی داشت.

کاراجیانیدیس و همکاران (۱۹)، با استفاده از داده‌های ۵۰ ایستگاه هواشناسی اروپایی و با روش تحلیل هارمونیک، داده‌های بارش سالانه و ماهانه را بررسی کردند و نشان دادند که مجموع اولین و دومین هارمونیک به‌طور رضایت بخشی، رژیم بارش میانگین سالانه را توصیف می‌کند.

آشاپوکو و همکاران (۱۴)، به مطالعه تغییرات رژیم بارش در روسیه پرداختند. آنها از داده‌های ۵ ایستگاه هواشناسی در دوره ۲۰۰۴-۱۹۵۵ استفاده کردند. نتایج نشان داد که توزیع نرمال بهترین توزیع آماری قابل برازش بر این داده‌ها است. همچنین افزایش قابل توجهی در شدت بارش زمستانه در ناحیه جلگه ای دیده شد.

لیوآدا و همکاران (۲۱)، به مطالعه ویژگی‌های زمانی-مکانی بارش در یونان، با استفاده از اطلاعات ۱۱۰ ایستگاه باران‌سنجی پرداختند. این تحلیل نشان داد که بالاترین درصد واریانس که توسط اولین هارمونیک توضیح داد می‌شود، در بخش‌های جنوب و جنوب شرق یونان دیده شده‌اند و در مقابل برای نواحی شمالی و خصوصاً نواحی کوهستانی، هارمونیک‌های مرتبه بالاتر (سوم تا پنجم) نیاز است تا پارامتر تحت بررسی، توصیف شود.

بررسی تغییرات و رژیم بارش در ایران نیز مورد توجه واقع شده است در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: فرج زاده (۷)، با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای و بر اساس داده‌های بارش ماهانه و دخالت انحراف معیار رژیم بارش ایران را به شش گروه رژیم بیابانی، رژیم مدیترانه‌ای، رژیم مدیترانه‌ای کوهستانی، رژیم نیمه‌بیابانی، رژیم نیمه‌مرطوب و رژیم مرطوب تقسیم نموده است.

مسعودیان (۹)، تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران را مطالعه نموده و نتیجه گرفته است که توالی مقادیر میانگین بارش سالانه ایران تصادفی است و توزیع زمانی بارش در ایران نیمه‌متمرکز است و با حرکت از شمال به جنوب مقدار شاخص یکنواختی توزیع زمانی بارش کاهش می‌یابد.

خوش اخلاق (۳)، پدیده انسو و تاثیر 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 اثرات آن تعدیل، تخفیف و حتی به شکل معکوس در می‌آید.

بابایی فینی (۱)، جهت تعیین الگوهای مکانی بارش سالانه از

همان گونه که در رابطه بالا دیده می‌شود، مولفه‌های سینوسی و کسینوسی حول یک میانگین ثابت رفتار سری را تعیین می‌کنند. چنان که آشکار است الگوی فوریه را نیز می‌توان به عنوان یک الگوی رگرسیون خطی در نظر گرفت که در آن تعداد ضرایب رگرسیون برابر طول سری می‌باشد.

در رابطه ۱،  $a_i$  و  $b_i$  ضرایب فوریه نامیده می‌شوند و همانند یک رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش کمترین مربعات خطا به دست می‌آیند (۱۵). این ضرایب می‌تواند به صورت زیر بیان شود (۲۳):

$$a_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^{N-1} x_t \cos\left(\frac{2\pi}{12} it\right), i = 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad (2)$$

$$b_i = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x_t \sin\left(\frac{2\pi}{12} it\right), i = 1, 2, \dots, \frac{N}{2} \quad (3)$$

که  $x_t$  متوسط بارش ماهانه  $t$  امین ماه و  $N$  شمار مشاهدات است. دامنه نیز به صورت زیر می‌تواند نوشته شود (۲۳):

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (4)$$

زاویه فاز  $i$  امین هم‌ساز به صورت زیر خواهد بود (۲۳):

$$\phi_i = \arctan\left[\frac{b_i}{a_i}\right] \quad (5)$$

مقدار  $t$  یا زمان وقوع حداکثر بارش در هر هم‌ساز به صورت زیر خواهد بود (۲۳):

$$t_i = \left(\frac{T}{2\pi i}\right) \phi_i, \quad (6)$$

مقدار واریانس در هر هم‌ساز به صورت زیر است (۲۳):

$$V_i = \frac{A_i^2}{2} \quad (7)$$

در این مطالعه از داده‌های میانگین بارش ماهانه و با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار MATLAB جهت تحلیل هم‌سازها استفاده شده است. به طور کلی اولین هم‌ساز یک چرخه سالانه منفرد از مشاهدات، دومین هم‌ساز نشان دهنده گرایش به یک تغییر نیم سالانه بارش و سومین هم‌ساز جزئیات بیشتری از تغییرات سالانه رژیم بارش را توصیف می‌کند (۲۳). زمان ( $t$ ) تغییر مکان‌های بیشینه در طول محور زمان را نشان می‌دهد. مقدار صفر ۱۵ اسفند را نشان می‌دهد. مقدار  $0/5$ ، ۱۵ روز بعد یعنی ۱ فروردین را نمایش می‌دهد. با تحلیل تغییرات سهم پراش هم‌سازهای مختلف بارش، دامنه (مقدار حداکثر بارش در مناطق مختلف) و نیز زمان وقوع حداکثر بارش در چهار دهه تغییرات رژیم بارش ایران در دوره مورد مطالعه مشخص می‌گردد. به طور نرمال در داده‌های ماهانه ۶ هم‌ساز برای استفاده و تحلیل توزیع بارش وجود دارد. اما در این مطالعه درصدهای پراش اول تا سوم به طور

و مقایسه آن در مناطق مختلف با استفاده از هم‌سازهای مختلف و تحلیل‌های فوریه می‌باشد و نتایج آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های محیطی و مدیریت منابع آب و توسعه پایدار کشور به کار برده شود.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های بارش ۴۲۸ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی کشور استفاده شده است. به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، نقشه‌های میانگین بارش روزانه با تفکیک مکانی در ابعاد  $15 \times 15$  کیلومتر و با کمک روش میان‌یابی کریجینگ تولید شد. به این ترتیب برای هر روز از تقویم شمسی ۸۲۳۰ نقطه برای بارش ایران به دست آمد. دوره آماری انتخاب شده برابر با ۴۰ سال (۱۳۸۳-۱۳۴۴) می‌باشد. نقشه‌ها بر اساس سیستم تصویر مخروطی لامبرت ترسیم شد و قبل از انجام هر گونه محاسبه، آزمون همگنی داده‌ها انجام گردید، داده‌های ناهمگن از سری داده‌ها حذف و از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شد. جهت بررسی تغییرات رژیم بارش در کشور از تحلیل هم‌سازها استفاده شد. بدین منظور از میانگین ماهانه بارش چهار دهه و از داده‌های میان‌یابی شده در هر دهه بهره گرفته و با استفاده از سریهای فوریه به تحلیل هم‌سازهای بارش و رفتارهای تناوبی پرداخته شد.

رفتارهای تناوبی به هر شکل که باشند، با استفاده از توابع سینوسی در فرکانس‌های مختلف با تقریب مناسب و قابل قبولی برآورد و پیش‌بینی می‌شوند. در این راستا مدل‌های فوریه از ابزارهای مفید و کارا به شمار می‌آید. در واقع مولفه‌های سینوسی و کسینوسی، هم‌سازهایی (هارمونیک) هستند که در شکل‌گیری رفتار سری تناوبی موثرند. تعداد این هم‌سازها (مولفه‌های نوسانی) حداکثر نصف طول داده‌ها است. چرا که رفتار نوسانی حداقل از دو مولفه (سینوسی و کسینوسی) تشکیل شده است. در واقع هر هم‌ساز گویای یک روند رو به بالا و یک روند رو به پائین در یک سری زمانی است. بنابراین هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک هم‌ساز نشان داده می‌شود. این تحلیل به کمک یک سری زمانی به صورت زیر (رابطه ۱ تا ۷) نشان داده می‌شود (۲۳):

$$X_t = \bar{X} + \sum_{i=1}^n \left[ a_i \cos\left(\frac{2\pi}{T} it\right) + b_i \sin\left(\frac{2\pi}{T} it\right) \right] \quad (1)$$

رابطه فوق را یک الگوی فوریه گویند. ضروری است یادآوری شود که هر چند نمایش فوریه (یک دنباله متناهی) مقوله‌ای صرفاً ریاضی است ولی تعیین آن با تعداد معدودی از هم‌سازها است که به لحاظ آماری معنی‌دار بوده و تقریب خوبی به دست می‌دهد و در تعیین حالت کلی رفتار جو اهمیت بسیاری دارد. در حقیقت غالباً تعداد کمی از هم‌سازها برای بیان رفتار یک عنصر اقلیمی کفایت می‌کند (۲۲). رابطه ۱ نمایش فوریه سری زمانی ( $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ ) است.

(سیستان و بلوچستان) است (حدود ۳۰ درصد). این وضعیت را می‌توان در جنوب شرق کشور به بارش‌های موسمی و در شمال غرب به بارش‌های همرفتی نسبت داد. زمان وقوع حداکثر در نواحی جنوبی نشان از تغییر ناگهانی مقدار  $t$  دارد. در بیشتر نواحی کشور در هم‌ساز دوم این دهه زمان وقوع حداکثر همان ماه اسفند می‌باشد. در شکل ۱ مقدار پراش در هم‌ساز سوم بسیار پایین است، هسته بیشینه آن در نواحی شمالی غرب آذربایجان سواحل جنوبی دریای خزر و جنوب شرق ایران است (حدود ۱۰ درصد) که نشان از رژیم بارش‌های فصلی در این نواحی دارد.

### تحلیل و تغییرات هم‌ساز دهه دوم

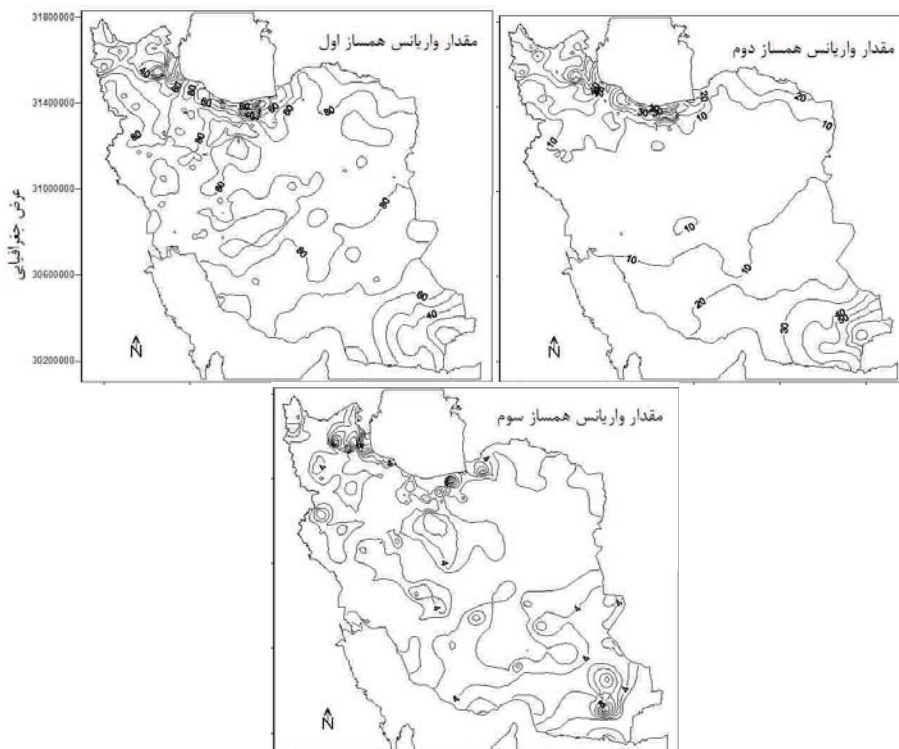
دهه دوم مربوط به سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۵۴ می‌باشد. در این دهه مقدار پراکنش درصد پراش هم‌ساز اول همانند دهه اول است با این تفاوت که در نواحی شرقی ایران و حاشیه شرقی ارتفاعات زاگرس مقدار درصد پراش در حدود ۱۰ درصد کاهش یافته است. دامنه هم‌ساز اول در نواحی جنوب غرب، مرکز و شرق بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است یعنی در این دهه پراکنش بارش در کشور یکنواخت تر از دهه قبل شده است. از نظر زمان وقوع حداکثر در سواحل تنگه هرمز و شرق کشور مقدار  $t$  افزایش یافته یعنی به طرف فروردین ماه کشیده شده است (شکل ۲).

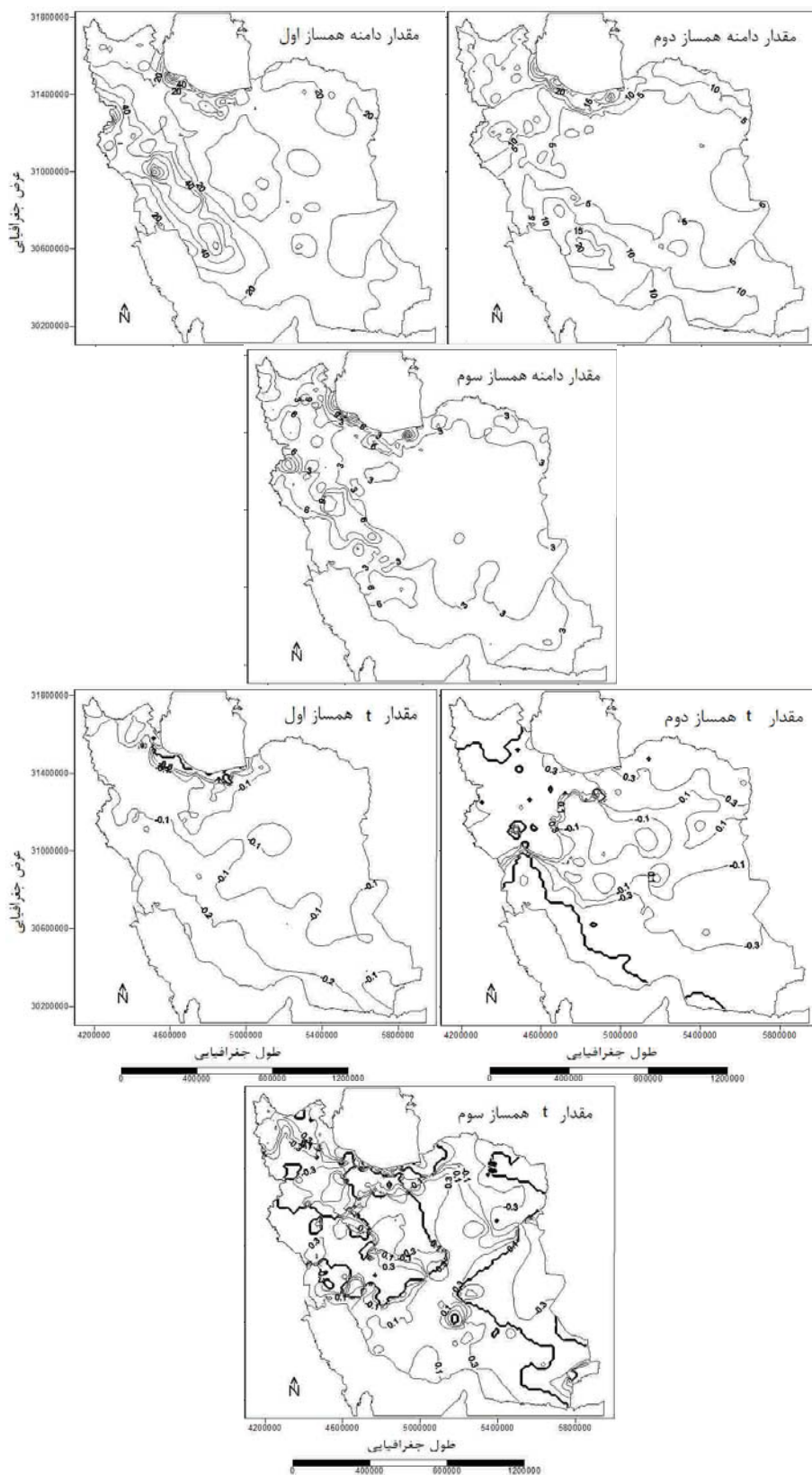
نسبی بیش از ۹۵ درصد مقادیر را در ایران پوشش داده‌اند. لذا برای تفسیر تغییر پذیری رژیم بارش از ۳ هم‌ساز اول استفاده شده است.

## نتایج و بحث

### تحلیل و تغییرات هم‌ساز دهه اول

به منظور بررسی تغییرات رژیم بارش ۴۰ ساله، مشاهدات مورد مطالعه به ۴ دهه تقسیم شده و پس از تحلیل هم‌سازها تغییرات آن مقایسه و مشخص گردیده است. دهه اول سال‌های مربوط به ۱۳۵۳-۱۳۴۴ می‌باشد. مشخصات این هم‌سازها در شکل ۱ ارائه شده است. در این دهه پراش اولین هم‌ساز دارای بیشترین میزان است و مربوط به بارش زمستانه است. مقدار پراش در این دهه از شمال به جنوب افزایش می‌یابد در نواحی مرکزی میزان درصد پراش اول به حداکثر ممکن یعنی ۸۰ درصد می‌رسد، که آن حکایت از بارش‌های کلان سیستمی در این منطقه دارد. حداکثر مقدار دامنه در هم‌ساز اول مربوط به سواحل دریای خزر و ارتفاعات زاگرس می‌باشد (حدود ۴۰ میلی‌متر) ولی نواحی مرکزی در این دهه حداقل دامنه را دارا می‌باشد (بین صفر تا ۵ میلی‌متر). در هم‌ساز اول مقدار  $t$  یا زمان وقوع حداکثر بارش در نواحی جنوبی زودتر از نواحی شمالی است و مربوط به اوایل اسفند می‌باشد. مقدار حداکثر درصد پراش در هم‌ساز دوم مربوط به نواحی آذربایجان، سواحل جنوبی دریای خزر و جنوب شرق ایران

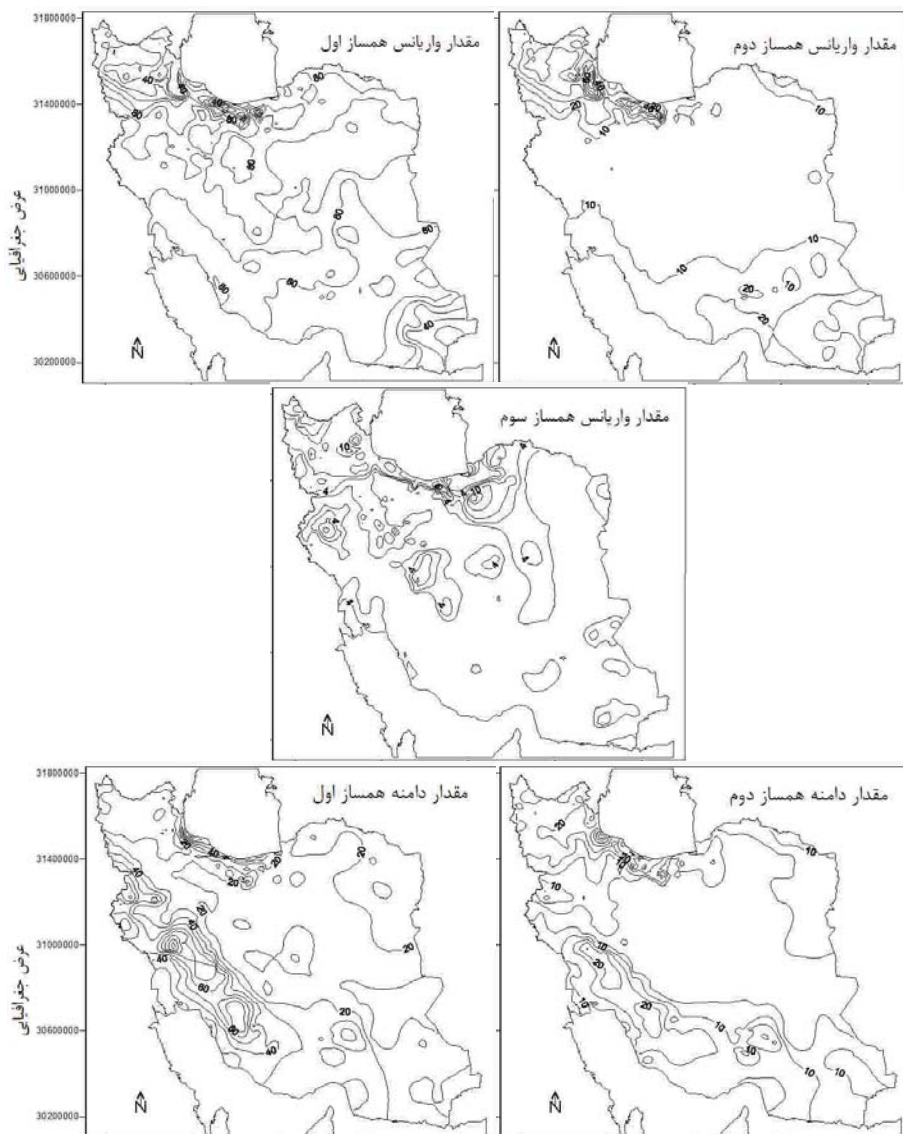


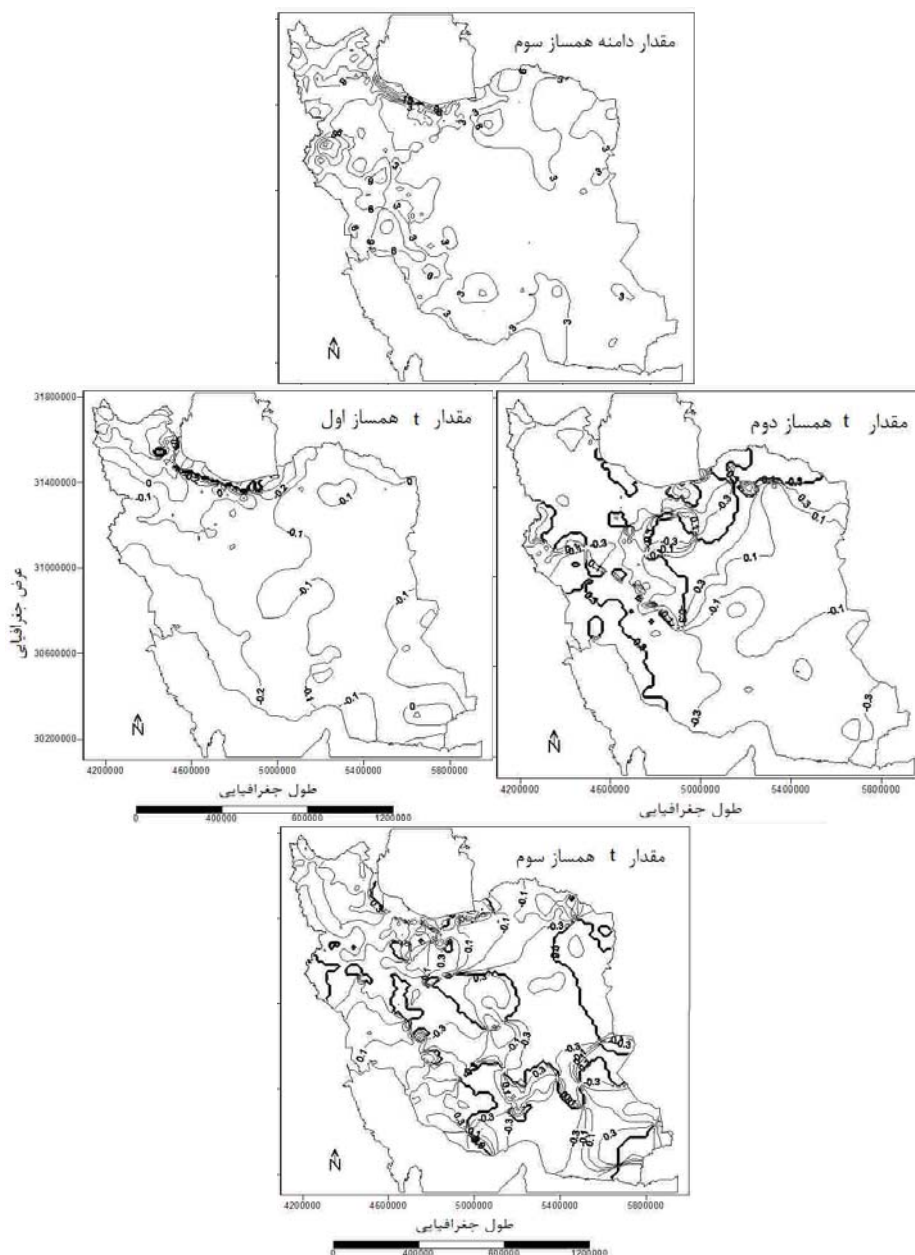


شکل ۱- مقدار پراش، مقدار دامنه و مقدار  $t$  در سه هم‌ساز (اول و دوم و سوم) در دهه اول (۱۳۵۳-۱۳۴۴)

سوم در غرب افزایش یافته اما در قسمت‌های جنوبی کشور خصوصاً جنوب شرق در حدود ۴ درصد کاهش یافته است. نکته جالب توجه پیدایش یک هسته بیشینه در غرب خراسان است و نشان از تغییر رژیم بارش فصلی در این منطقه دارد. مقدار دامنه نیز در قسمت‌های مرکزی، جنوبی، جنوب شرقی و غرب نسبت به دهه قبل کاهش و در منطقه آذربایجان به مقدار ۳ میلی‌متر افزایش یافته است. زمان وقوع حداکثر بارش نیز در این دهه در ماه اسفند رخ داده است. شکل ۲ مقدار پراش مقدار دامنه و مقدار  $t$  را در سه همساز (اول و دوم و سوم) در دهه دوم نشان می‌دهد.

در قسمت‌های مرکزی مقدار پراش همساز دوم نسبت به دهه قبل تفاوتی نکرده و پایین است. در سواحل جنوبی و جنوب شرق و شمال شرق ایران و سواحل شرقی دریای خزر کاهش یافته است (حدود ۱۰ درصد). در نواحی شمال غرب هم مقادیرها به سمت بالا کشیده شده است. همانند دهه اول حداکثر دامنه در همساز دوم مربوط به سواحل جنوب غرب دریای خزر و ارتفاعات زاگرس جنوبی است (۳۰ میلی‌متر). این مقدار در مناطق شمال و مرکزی نسبت به دهه قبل بدون تغییر و در مناطق جنوب غرب و جنوب شرق افزایش پیدا کرده است که نشان از پیدایش یک رژیم بارش محلی در این مناطق را دارد. در این دهه نسبت به دهه قبل مقدار پراش همساز





شکل ۲ - مقدار پراش، مقدار دامنه و مقدار  $t$  در سه همساز (اول و دوم و سوم) در دهه دوم (۱۳۶۳-۱۳۵۴)

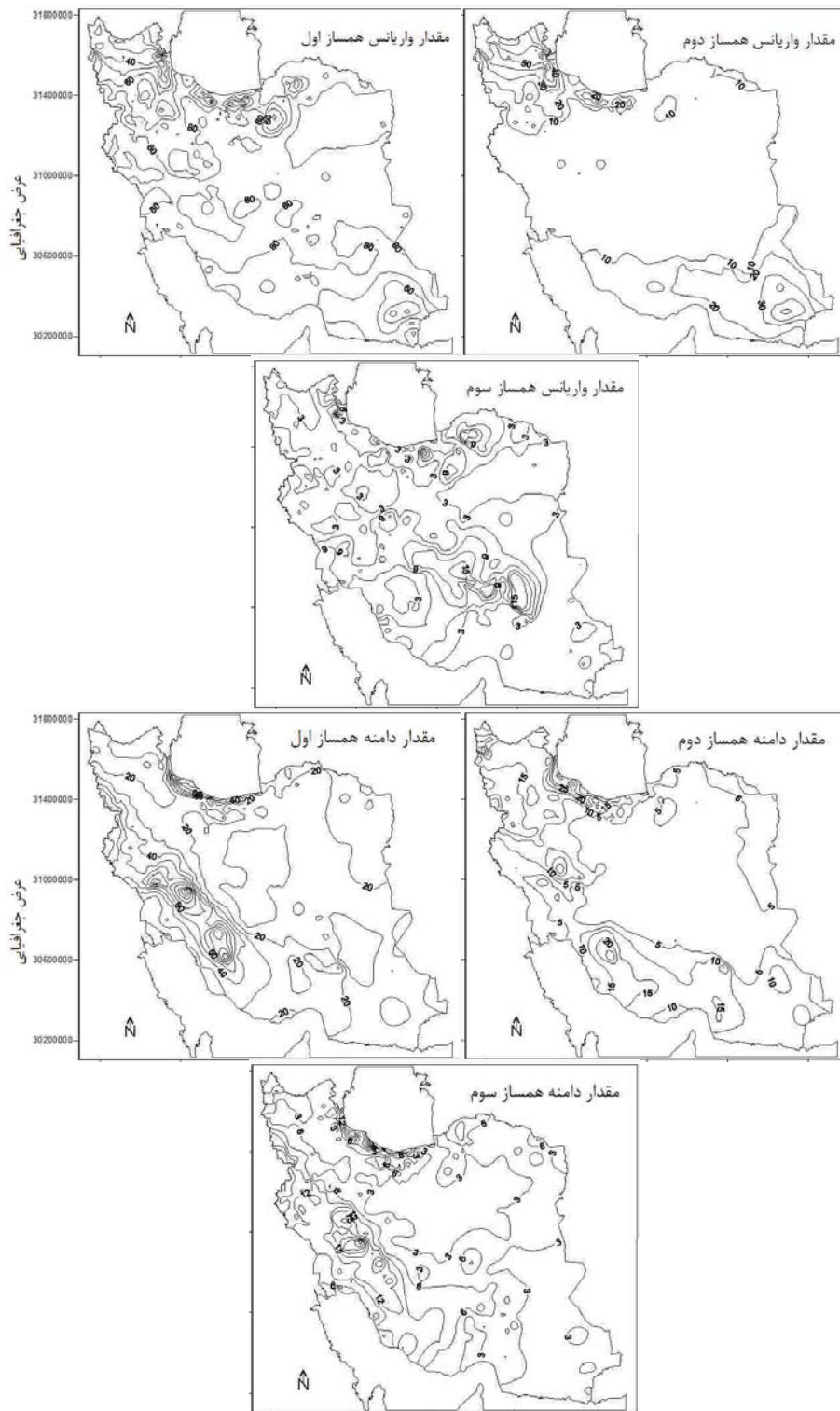
### تحلیل و تغییرات همساز دهه سوم

دهه سوم مربوط به سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۶۴ می‌باشد. در این دهه نیز مانند دهه‌های قبل همساز اول دارای بیشترین مقدار پراش و بیشترین دامنه است. نکته قابل توجه در این دهه وجود یک هسته با پراش پایین‌تر از ۶۰ درصد در شرق خراسان شمالی است که نشان دهنده افزایش بارش‌های همرفتی و ناپایداری‌های محلی و کاهش سهم بارش‌های سیستمی در این قسمت است. دو هسته‌ی کمینه در غرب خراسان ایجاد شده که در دهه‌ی قبل وجود نداشته یعنی سهم بارش‌های سیستمی در این مناطق حدود ۲۰ درصد کمتر شده است.

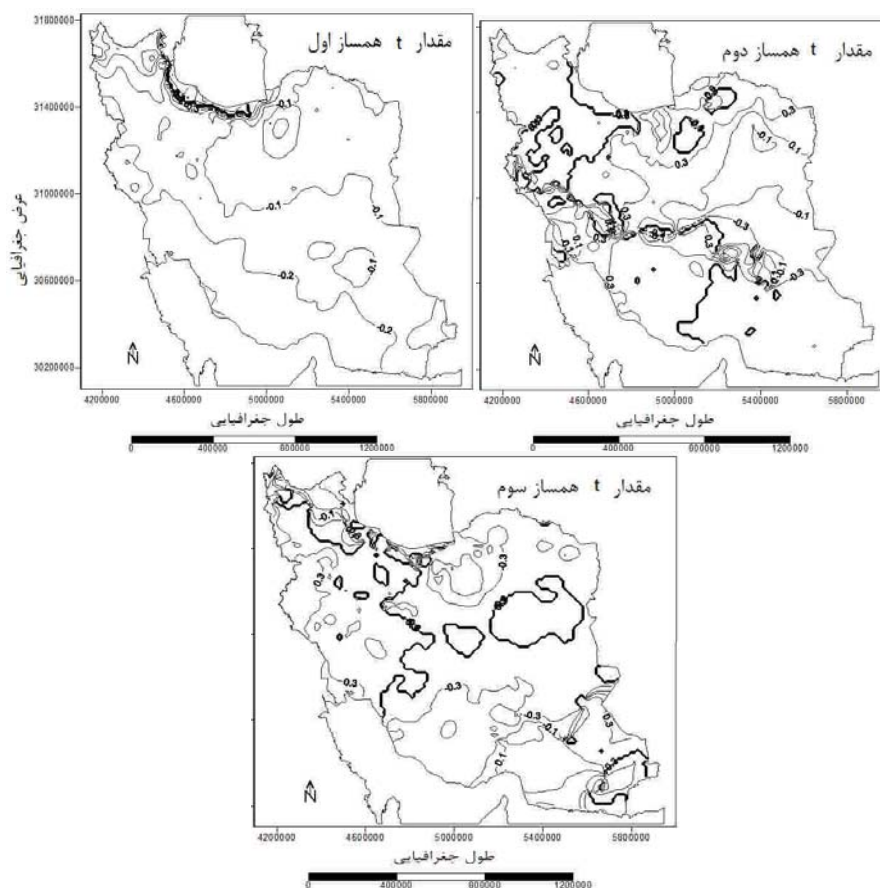
مقدار پراش در همساز دوم در مناطق آذربایجان و جنوب شرق ایران (بلوچستان) افزایش و در شمال شرق خراسان مقدار آن کاهش یافته است (حدود ۱۰ درصد) که نشان می‌دهد مقدار بارش همرفتی در نواحی آذربایجان و بلوچستان بیشتر و سهم بارش‌های همدیدی (سیستماتیک) در این مناطق کمتر شده است. مقدار دامنه همساز دوم در این دهه در مناطق آذربایجان، خوزستان و بلوچستان نسبت به دهه قبل به مقدار ۵ میلی‌متر کاهش یافته است. مقدار پراش همساز سوم در این دهه نسبت به دهه قبل تغییرات زیادی کرده است. در مناطق مرکزی هسته بیشینه ظاهر شده در قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی

مناطق فوق الذکر سهم بارش دریافتی از همساز سوم بیشتر شده است. خطوط پر شیب مقدار  $t$  نیز در این همساز در مناطق مرکزی به سمت شرق حرکت کرده است. شکل ۳ مقدار پراش، دامنه و مقدار  $t$  را در سه همساز ( اول و دوم و سوم) در دهه سوم نشان می‌دهد.

و مرکزی افزایش یافته و در غرب خراسان شمالی نیز هسته بیشینه ایجاد شده است. مقدار دامنه نیز در این دهه و در این همساز در مناطق جنوبی، مرکزی، سواحل جنوب غرب، خراسان شمالی و ارتفاعات زاگرس بین ۳ تا ۶ میلی‌متر افزایش یافته است. یعنی در





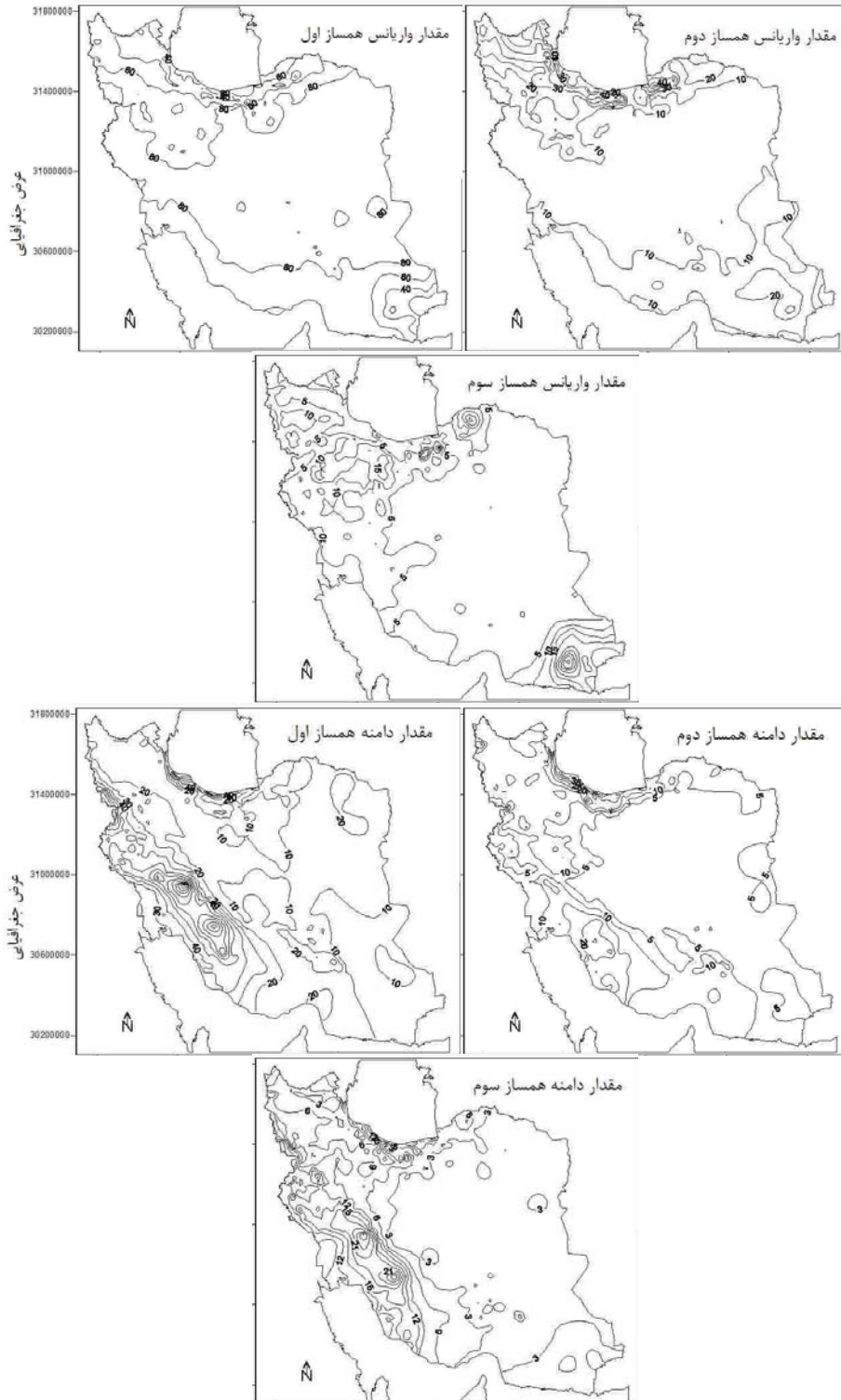


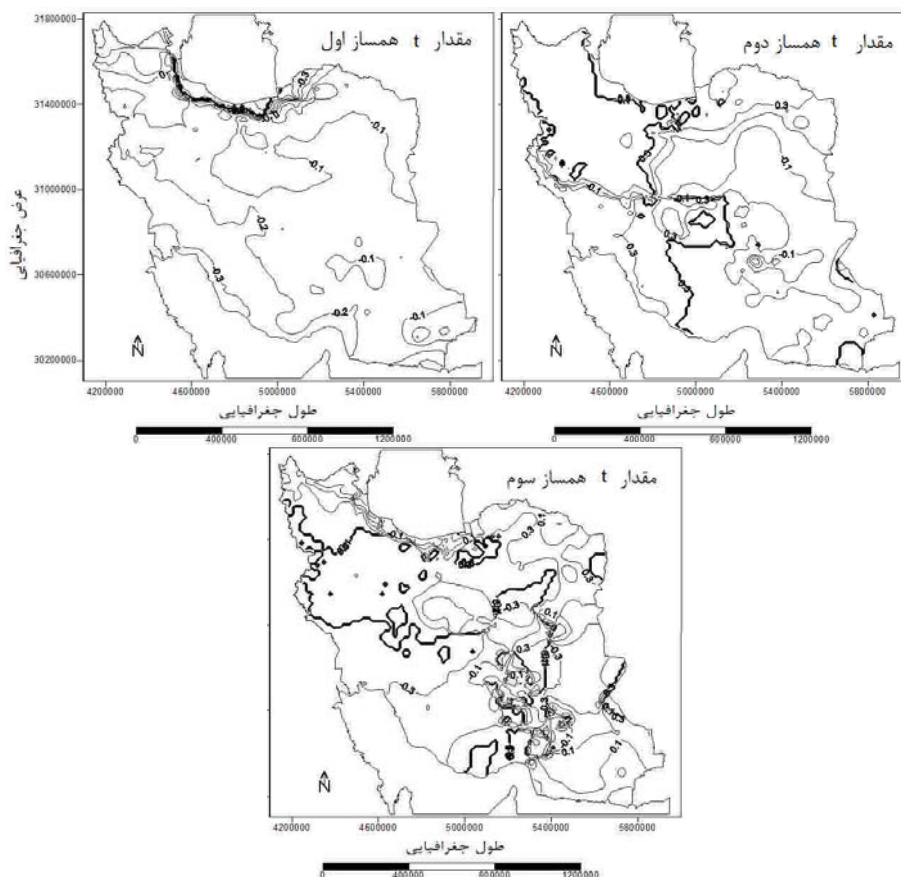
شکل ۳- مقدار پراش، مقدار دامنه و مقدار  $t$  در سه همساز (اول و دوم و سوم) در دهه سوم (۱۳۷۳-۱۳۶۴)

### تحلیل و تغییرات همساز دهه چهارم

دهه چهارم سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۷۴ را شامل می‌شود. درصد پراش همساز اول در دهه چهارم همانند دهه سوم است و تغییر محسوس و قابل توجهی نکرده است. مقدار دامنه در دهه چهارم در همساز اول در ارتفاعات غربی کشور (زاگرس میانی و جنوبی) به حداکثر خود یعنی ۸۰ میلی‌متر می‌رسد این مقدار در سواحل جنوب غربی دریای خزر نیز بالاست که مقدار حداکثر بارش زمستانه را نشان می‌دهد. دامنه در این دهه نسبت به دهه قبل در مناطق شرق خراسان و سواحل خلیج فارس کاهش و در آذربایجان حدود ۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است. مقدار  $t$  در این دهه نسبت به دهه قبل در مناطق جنوب شرق افزایش یافته و در مناطق جنوب غرب و شرق دریای خزر کاهش یافته اما همانند دهه‌های قبل زمان وقوع آن اسفند ماه است. مقدار پراش همساز دوم در دهه چهارم نیز مانند دهه‌های قبل در ناحیه آذربایجان، جنوب شرق ایران و سواحل جنوب غرب خزر به بالاترین حد خود (۴۰-۲۰ درصد) می‌رسد. این مقدار نسبت به دهه قبل در سواحل شرقی خزر (گرگان) افزایش قابل توجهی دارد (۲۰ درصد) و نشان از افزایش بارش‌های همرفتی و تغییر رژیم بارش به سمت رژیم زمستانه - بهاره در این منطقه را دارد. در نقشه مربوطه، مقدار دامنه همساز

دوم در سواحل شمالی کشور و آذربایجان همچنان در بیشترین حد خود است. یک مقدار حداکثر هم (۲۰ میلی‌متر) در ارتفاعات زاگرس جنوبی دیده می‌شود که هسته حداکثر آن نسبت به دهه قبل به سمت خلیج فارس حرکت کرده است. در همساز سوم مقدار پراش به‌طور نسبی در تمام کشور مقدار پایینی را نشان می‌دهد. نکته جالب در پراش همساز سوم در دهه چهارم افزایش قابل توجه مقدار پراش در جنوب شرق ایران نسبت به دهه قبل است (حدود ۱۵ درصد) که تغییرات فصلی بارش در این منطقه را نشان می‌دهد. همچنین مقدار کاهش در بیابان لوت و نواحی مرکزی قابل توجه است. مقدار دامنه در این همساز نیز پایین است. تنها در زاگرس میانی و جنوبی این مقدار بالاست (۲۰ میلی‌متر) که نشان دهنده رژیم متفاوت بارش در این منطقه در کشور است. هسته بیشینه دیگر در زاگرس جنوبی هویدا است که در دهه قبل وجود نداشته است. مقدار  $t$  نیز در این هارمونیک و در این دهه نشان دهنده زمان وقوع حداکثر در ماه اسفند و فروردین است. تغییرات خطوط و گرادیان‌ها با شیب زیاد بیشتر شده، در بلوچستان خطوط پر شیب حذف شده است. شکل ۴ مقدار پراش مقدار دامنه و مقدار  $t$  را در سه همساز (اول و دوم و سوم) در دهه چهارم نشان می‌دهد.





شکل ۴- مقدار پراش، مقدار دامنه و مقدار t در سه همساز (اول و دوم و سوم) در دهه چهارم (۱۳۷۴-۱۳۸۳)

خاصی نکرده اما در دهه چهارم به شدت افزایش یافته (حدود ۱۵ میلی‌متر) که نشان از پیدایش رژیم‌های بارشی در این منطقه می‌باشد. در مناطق جنوب غرب کشور نیز در چهار دهه این مقدار افزایش یافته است. در نواحی آذربایجان، مقدار پراش همساز تفاوت خاصی نکرده و در سایر قسمت‌های کشور نیز هم مقادیر جابجا شده‌اند. به‌طور کلی مقادیر پراش همساز سوم در دهه سوم و چهارم نسبت به دهه اول و دوم افزایش نشان می‌دهد که این امر می‌تواند نشان دهنده پیدایش رژیم بارش فصلی و پراکنده در سطح کشور باشد.

۴. در نقشه مربوط به دامنه همساز اول که مقادیر حداکثر بارش و توزیع مکانی آن را نشان می‌دهد، تغییرات به این صورت است که در مناطق جنوب کشور (چاله جازموربان) این مقدار در دهه سوم و چهارم نسبت به دو دهه اول و دوم کاهش اما در آذربایجان افزایش یافته است (حدود ۱۰ میلی‌متر). در مناطق مرکزی کشور تفاوت خاصی نکرده و در نواحی غربی و جنوب غرب این مقدار کمی افزایش نشان می‌دهد. در مجموع، در دامنه همساز اول نیز جابجایی هم مقادیرها ملاحظه می‌شود، اما روند خاصی دیده نمی‌شود.

۵. در دامنه همساز دوم، در آذربایجان، از دهه اول به بعد مقادیر

بر اساس داده و نقشه‌های حاصله از تغییرات همسازها در داده‌های بارش در ۴۰ ساله اخیر ایران نتایج زیر مشهود است:

۱. مقدار پراش همساز اول در چهار دهه تغییرات زیادی نکرده است. همچنان در سطح کشور مقدار پراش همساز اول بالاترین مقدار است که نشان از سیستمی بودن بارش‌های کشور و رژیم غالب زمستانه بارش است.

۲. مقدار پراش همساز دوم نیز با تغییرات و جابجایی هم مقادیرها همراه است. در نواحی آذربایجان در چهار دهه تغییراتی مشاهده می‌شود طوری که در دهه دوم و سوم مقدار پراش همساز دوم حدود ۱۰ درصد افزایش اما در دهه چهارم کاهش یافته است یعنی رژیم بارش در آذربایجان به سمت رژیم غالب زمستانه پیش می‌رود. در شمال شرق کشور این مقدار در سه دهه اول کاهشی اما در دهه چهارم افزایشی بوده طوری که در این دهه یک هسته بیشینه (۲۰ درصد) در شرق گرگان دیده می‌شود. که نشان از پیدایش یک رژیم بارش بهاره در این منطقه را دارد.

۳. مقدار پراش همساز سوم در مناطق مرکزی ایران در دهه اول و دوم کاهش اما در دهه سوم و چهارم با افزایش چشم‌گیری روبه‌رو است. در مناطق جنوب شرق کشور در سه دهه‌ی اول تغییر

دوم و سوم امکان‌پذیر است زیرا که در هم‌ساز سوم تغییرات بارش فصلی و محلی خصوصاً در دهه‌های اخیر نشان داده شده است. این در حالی‌ست که برخی محققان نظیر کادی اعلو (۱۸) و تاراونه (۲۳) در مطالعه تغییرات بارش به روش تحلیل هم‌سازها تنها دو هم‌ساز اول و دوم را برای بیان تغییرات اقلیمی بارش کافی دانسته‌اند. اما برخی دیگر مانند لیوآدا (۲۱) به‌منظور مطالعه ویژگی‌های زمانی- مکانی بارش، علاوه بر تحلیل هم‌ساز اول و دوم، در نواحی کوهستانی بررسی هم‌ساز سوم و حتی پنجم را ضروری دانسته‌اند.

### نتیجه‌گیری

مطالعات هم‌سازها می‌تواند ویژگی‌های پنهان داده‌های اقلیمی را نشان دهد. در این مطالعه تمام ویژگی‌ها و تغییرات اقلیم‌شناسی بارش در ایران در چهار دهه اخیر بررسی و مقایسه گردیده است. نتایج حاکی از تفاوت تغییرات پراکنش بارش در طی سال (یا همان تغییرپذیری رژیم بارش) در نواحی مختلف کشور را دارد، به‌طوری‌که در برخی مناطق منجر به پیدایش رژیم‌های بارش فصلی در دهه‌های اخیر شده و در برخی نواحی دیگر این رژیم‌ها تغییر کرده یا از بین رفته است. چنانچه در مناطق آذربایجان کاهش پراش هم‌ساز دوم نشان دهنده گرایش به تمرکز رژیم بارش زمستانه در این نواحی است و در مناطق زاگرس جنوبی و سیستان و بلوچستان پیدایش رژیم‌های بارش فصلی با افزایش پراش هم‌ساز سوم در دهه‌های اخیر ثابت می‌شود. به‌طور کلی، رژیم غالب کشور رژیم بارش زمستانه است که علت آن را می‌توان سامانه‌های بزرگ مقیاسی دانست که از مدیترانه منشاء یافته و در فصل زمستان عمل می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد رژیم بارش در ایران به تمرکز بیشتر گرایش دارد و رژیم‌های فصلی و محلی بارش با تغییرات زیادی همراه است که تغییرات پراش هم‌ساز دوم و سوم در دهه‌های اخیر این نکته را تایید می‌کند. آشکارسازی جزئیات تغییرات بارش در کشور مطالعات و تحقیقات بیشتری را می‌طلبد. پیشنهاد این پژوهش بررسی بیشتر تغییرات بارش و مقایسه آن برای دوره‌های مختلف در ایران است.

دامنه کم می‌شود و در دهه چهارم به حداقل خود می‌رسد یعنی مقدار بارش دریافتی حاصل از بارش‌های همرفتی در این مناطق کم‌تر شده است. در مناطق جنوب شرق کشور در سیستان و بلوچستان نیز این مقدار در دهه سوم و چهارم نسبت به دهه دوم و اول کاهش نشان می‌دهد. در مناطق جنوب غرب این مقدار در دهه دوم افزایش یافته و در دهه سوم و چهارم تقریباً ثابت بوده است. در مناطق مرکزی و بیابان‌های داخلی مقادیر آن ثابت می‌باشند.

۶. در دامنه هم‌ساز سوم در مناطق جنوب غرب و ارتفاعات زاگرس در دهه سوم و چهارم نسبت به دهه‌های اول و دوم افزایش قابل ملاحظه دیده می‌شود (حدود ۲۰ میلی‌متر). این مقدار در مناطق آذربایجان و سواحل دریای خزر بدون تغییر است. در مناطق سیستان و بلوچستان دهه چهارم نسبت به دهه سوم و دوم افزایش نشان می‌دهد. در مناطق مرکزی در دهه سوم مقادیر افزایش یافته اما دوباره در دهه چهارم از این مقدار کاسته شده است. در سایر مناطق ایران تفاوت خاصی صورت نگرفته و فقط نوسانات ملاحظه می‌شود.

۷. در نقشه مربوط به مقادیر  $t$  در هم‌ساز اول تغییرات به‌صورت نوسانات و جابجایی خطوط هم مقدار بوده است. این زمان در مناطق بلوچستان در دهه چهارم افزایش یافته و در سایر مناطق جابجایی دیده می‌شود. به‌طور کلی روند خاصی در این مقادیر دیده نمی‌شود و زمان وقوع حداکثر بارش در هر چهار دهه اسفند ماه می‌باشد.

۸. در هم‌ساز دوم نیز در مقادیر  $t$ ، خطوط با شیب بالا که نشان از تغییرات ناگهانی زمان وقوع حداکثر بارش است تغییرات و جابجایی‌های زیادی نشان می‌دهد، به‌ویژه این تغییرات در ناحیه‌ی مرکزی ایران بیشتر دیده می‌شود. به‌طوری‌که در دو دهه نهایی نسبت به دهه قبل این خطوط به طرف مرکز کشیده شده است.

۹. مقادیر  $t$  در هم‌ساز سوم نیز وضعیتی همانند هم‌ساز دوم دارد. تغییرات و نوسانات بیشتر در ناحیه مرکزی ایران دیده می‌شود. خطوط زمان به شدت تغییر کرده، گرادان‌های با شیب زیاد جابجا شده و در برخی قسمت‌ها ایجاد شده است. علی‌رغم جابجایی این خطوط همچنان در این هم‌ساز هم حداکثر وقوع بارش اسفندماه است.

بر اساس نتایج این پژوهش معلوم گردید تحلیل تغییرات زمانی بارش با توجه به تنوع اقلیمی ایران از طریق بررسی سه هم‌ساز اول و

### منابع

- ۱- بابایی فینی ا. ۱۳۸۲. تحلیل و الگویابی مکانی و زمانی بارش در ایران، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- جعفر پور ا. ۱۳۸۵. اقلیم‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- خوش اخلاق ف. ۱۳۷۷. پدیده انسو و تاثیر آن بر رژیم بارش ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۵۱: ۱۳۹-۱۲۱.
- ۴- طبری ح.، سبزی پرور ع. و معروفی ص. ۱۳۸۷. بررسی روند تغییرات سالانه پارامترهای هواشناسی در دو اقلیم سرد و گرم ایران، مجله پژوهش کشاورزی. جلد هشتم ۱: ۱۷۰-۱۶۱
- ۵- عساکره ح. ۱۳۸۶. تغییرات زمانی - مکانی بارش ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه. ۵۱۰: ۱۶۴-۱۴۵.

- ۶- عسگری ا.، و رحیم زاده ف. ۱۳۸۵. مطالعه تغییرپذیری بارش دهه‌های اخیر ایران، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. ۵۸: ۸۰-۶۷.
- ۷- فرج زاده اصل م. ۱۳۷۴. تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی در ایران، رساله دکتری دانشگاه تربیت مدرس.
- ۸- محمدی ح. جاوری م. ۱۳۸۵. تغییرات زمانی بارش ایران، مجله محیط شناسی. ۴۰: ۸۷-۱۰۰.
- ۹- مسعودیان ا. ۱۳۷۷. بررسی نظام تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران، رساله دوره دکتری دانشگاه اصفهان.
- ۱۰- مسعودیان ا. ۱۳۸۴. شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه ای، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۲: ۲۱-۳۳.
- ۱۱- مسعودیان ا. ۱۳۸۶. نواحی بارش ایران. مجله جغرافیا و توسعه ۱۳: ۷۹-۹۱.
- ۱۲- مدرس ر. ۱۳۸۶. توابع توزیع منطقه ای بارش ایران، مجله منابع طبیعی. ۷۵: ۸۷-۱۰۰.
- ۱۳- میرموسوی ح. ۱۳۸۷. مطالعه نوسانات دما و بارش سالانه در منطقه شمال غرب ایران، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. ۶۶: ۸۷-۱۰۰.
- 14- Ashabokov B., Bischokov R., and Derkach D. 2008. Study of changes in the regime of atmospheric precipitation in the Central Northern Caucasus, *Meteorologiyai Hidrologiya*, NO. 2:98-102.
- 15- Bevington P.R. 1969. *Data Reduction and error analysis for physical sciences*. McGraw, Hill Book Co., New York., 164-176.
- 16- Bodri L., Cermak V., and Kresl M. 2005. Trend in precipitation variability: Prague (the Czech Republic), *Climatic Change*, 72:151-170.
- 17- Domroes M., Kaviani M., and Schaefer D. 1998. An analysis of regional and intra-annual precipitation variability over Iran using multivariate statistical methods, *Theor. Appl. Climatol.*, 61:3-4.
- 18- Kadioglu M., Ozturk N., Erdun H., and Sen Z. 1999. On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis, *Int. J. Climatol.*, 19:1717-1728.
- 19- Karagiannidis A., Bloutsos A., Mahers P., and Sachsamanoglou Ch. 2008. Some statistical characteristics of precipitation in Europe, *Theor. Appl. Climatol.*, 91:193-204.
- 20- Kirkyla K., and Sultan Hameed. 1989. Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the United States: A comparison between observations and General Circulation Model, *American Meteorological Society*, 11794: 1463-1475.
- 21- Livada I., Charalambous G., and Assimakopoulos M. 2008. Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece, *Theor. Appl. Climatol.*, 93:45-55.
- 22- Robeson M. 1997. *Statistical consideration*, in Russell. D. Thompson and Allen , Perry *Applied Climatology Practice*. 352p. First published. Routledge. London.
- 23- Tarawneh Q., and Kadoglu M. 2003. An analysis of precipitation climatology in Jordan, *Theor. Appl. Climatol.*, 74:123-136.

## Assessment of Variability of Precipitation Regime in Iran

S. Movahedi<sup>1</sup>- H. Asakereh<sup>2</sup>- A.A. Sabziparvar<sup>3\*</sup> - A. Masoodian<sup>4</sup>- Z. Maryanaji<sup>5</sup>

Received:1-5-2011

Accepted:18-9-2011

### Abstract

In this study, the interpolated data among Iran weather stations were used to study the precipitation regime variations by harmonic analysis during recent four decades (1965-2004). After verification of the data with statistical tests during the period of study, it was found that there are no significant variations in the variance of the first harmonic. This result highlights that the dominant precipitation regime in Iran is caused by winter season. The magnitude of the variance of the second harmonic is accompanied by variations and displacements of iso-hyet lines. Evaluation of the third and fourth decades illustrates a remarkable increase in the variance of the third harmonic. This indicates that local precipitation regimes will be expected in some regions of Iran. In Azarbaijan (North-west), the amplitudes of the second harmonic decline from the first decade and reach the minimum value as we move toward the fourth decade. This emphasizes that the total springtime convective precipitation has reduced in the aforementioned region. During the third and fourth decades, the eastern, southeastern and southwestern regions of Iran and Zagros highlands show higher third maximum harmonic, in comparison with the first and second decades. The mentioned increase in precipitation variance was higher in Sistan and Baluchestan than in other regions. This result confirms the occurrence of significant variations in precipitation regime in this part of the country.

**Keywords:** Interpolation, (t) value, Variance, Precipitation harmonics

---

1,4,5- Assistant Professor, Associate Professor and PhD Student, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Esfahan University, Respectively

2- Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Zanjan University

3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

(\* - Corresponding Author Email: swsabzi@basu.ac.ir)