

واکاوی فضایی وردایی توزیع درون سالانه بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر (۱۳۵۵-۱۳۹۴)

حسین عساکره^۱؛ استاد اقلیم شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

سیدابوالفضل مسعودیان؛ استاد دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

فاطمه ترکرانی؛ دانشجوی دکتری دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۱۲

دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸

چکیده

یکی از انواع رفتارهای ظاهراً آشفته بارش، وردایی ماه به ماه بارش در مقیاس دهه‌ای است که نمایه‌ای از ساختار اقلیم بارشی به شمار می‌آید. در پژوهش حاضر توزیع ماه به ماه بارش ایران زمین و تغییرات دهه‌ای آن با به کارگیری نمایه ضریب تغییرات برای دوره آماری ۱۳۴۹-۱۳۹۴ و با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌ای اسفزاری نسخه سوم بررسی شد. روابط این متغیر با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک با استفاده از داده‌های مدل رقومی ارتفاع و براساس شگردهای رگرسیونی برای چهار دوره ده ساله (۱۳۶۴-۱۳۵۵، ۱۳۶۵-۱۳۷۴، ۱۳۷۵-۱۳۸۴ و ۱۳۹۴-۱۳۸۵) بررسی شد و نیز برای دستیابی به الگوی فضایی از شگرد تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. یافته‌های پژوهش حاضر تنوع تباین ماهانه بارش در کشور را تایید نمود، اما برخلاف انتظار روند بلند مدت تغییرپذیری ماه به ماه بارش عموماً در کشور فاقد معنی آماری است. همچنین طی دهه‌های مختلف تغییرات قابل توجهی بین نواحی با کمینه، بیشینه و در نتیجه دامنه تغییرات مکانی و نیز میانگین پهنه‌ای ضریب تغییرات ماه به ماه بارش مشاهده نشد. با این وجود، نواحی توأم با بارش نسبتاً یکنواخت کشور برای چهارده متوالی رفتار نوسانی (تناوبی) داشته‌اند. همچنین گستره پهنه‌های توأم با مقادیر مختلف تغییرپذیری نیز تغییر یافته‌است. اگرچه در هر دهه و نیز در کل دوره این گستره‌ها با موقعیت و عوامل توپوگرافیک در ارتباط معنی داری بوده‌است، اما این رابطه نسبتاً کم بوده‌است. تحلیل فضایی مبتنی بر تحلیل خوشه‌ای، ۵ ناحیه تغییرپذیری ماه به ماه بارش به دست داد. این نواحی از عرض جغرافیایی حدود ۳۲ درجه به سمت شمال، به طور تقریبی از مدارات تبعیت می‌کنند؛ ولی در نیمه جنوبی کشور عموماً با نصف النهارات ارتباط بیشتری به نمایش می‌گذارند.

واژه‌های کلیدی : بارش ایران، تغییرات ماه به ماه بارش، وردایی درون سالانه بارش، ناهنجاری بارش، واکاوی فضایی بارش

مقدمه

موقع و مقر کشور ایران بستر تقابل رویدادها و فرایندهای طبیعی - انسانی پرشماری است. این تقابل موجب شکل‌گیری، پیکربندی و تجدید مستمر هویت بسیاری صفات کشور شده است. این امر ضمن پیچیده‌کردن ویژگی‌های جغرافیایی ایران، شناخت ابعاد و عملکرد آن را ضروری می‌سازد. یکی از صفات و ابعادی که در این زمینه کشور ما را متمایز می‌سازد، اقلیم آن است که حاصل تقابل عوامل، عناصر، رویدادها، فرایندها، و پدیده‌های آب‌وهوایی در مقیاس‌های مختلف است و منجر به تغییر بلندمدت (روند) و تغییرات میان - کوتاه مدت (نوسان، افت‌وخیز، جهش، پی‌آبی) اقلیم (به شکل کلی و یا عناصر اقلیمی) کشور می‌شود (عساکره، ۱۳۹۶). روند در ادبیات اقلیم‌شناسی ایران معادل «تغییر (دگرگونی)»^۱ و تغییرات میان - کوتاه‌مدت معادل «تغییرپذیری (وردایی)»^۲ تعریف شده است.

تغییر(پذیری) عناصر اقلیمی می‌تواند در مقادیر میانگین یا در اندازه‌های پراش رخ دهد. میانگین و پراش در مقیاس‌های زمانی مختلف (روزانه، ماهانه، سالانه و...) تغییر(پذیری) را تجربه می‌کنند. به طور دقیق‌تر می‌توان گفت که گاه مقادیر عناصر اقلیمی دچار تغییر می‌شوند و گاه زمان رخداد مقادیر از قوانین (ظاهراً) منظمی پیروی نمی‌کنند. بدین دلیل علاوه بر بی‌نظمی ظاهری در مقدار عناصر اقلیمی، آشفتگی رفتار ظاهری در زمان رخداد مقادیر نیز دیده می‌شود. این نوع رفتارها به عنوان جلوه‌ای از تغییرپذیری اقلیم را می‌توان نوعی «ناهنجاری»^۳ نسبت به هنجار اقلیمی (میانگین) و «ناپیوستگی»^۴ در «شرایط غالب» (به‌عنوان بخشی مهم از تعریف) اقلیم تلقی نمود. در واقع این‌گونه حرکات، الگوهای نسبتاً یکتا و تکرارناشدنی را منعکس می‌کنند. جلوه این رفتارهای ناهنجار در عناصر اقلیمی مختلف، متفاوت است. توجه کنید که «ناهنجاری» به انحراف مقادیر از یک آستانه ثابت اشاره دارد. به‌عنوان مثال انحراف از هنجار آب‌وهوایی (میانگین بلندمدت یا میانگین دوره‌های مشابه پیشین)، یک ناهنجاری بشمار می‌رود (عساکره، ۱۳۹۶).

بارش به‌عنوان یکی از حساس‌ترین عناصر اقلیمی به لحاظ انعکاس تغییر(پذیری) میانگین و پراش مقادیر و زمان وقوع آنهاست (عساکره و رزمی، ۱۳۹۱). یکی از انواع ناهنجاری که در بارش هر محل محتمل است، وردایی توزیع آن بین ماه‌های سال است. همان‌گونه که عساکره و رزمی (۱۳۹۱) نیز بیان داشته‌اند این مطالعات به‌لحاظ تعداد، محدودتر از مطالعاتی است که در مورد روند تغییرات عناصر اقلیمی (بویژه بارش) انجام شده است. برای مثال بررسی توزیع ماهانه بارش در شمال شرق آمریکا (Scott et al., ۱۹۷۹)، در منطقه نیمه خشک ماکدونیا^۵ در شمال یونان (Dalzeus, ۱۹۹۵)، در ترکیه (Tarawneh, ۲۰۰۳؛ Kadioglu, ۱۹۹۹) و در ۵۰ ایستگاه اروپا (Karagiannidis et al., ۲۰۰۸)، بوسیله اقلیم‌شناسان بررسی شده‌اند. اقلیم‌شناسان طی سال‌های اخیر نشان داده‌اند که توزیع ماه‌به‌ماه بارش در برخی نواحی دگرگونی‌های متنوعی را تجربه کرده است. به‌عنوان مثال راموس (Ramos, ۲۰۰۱) تغییرپذیری سال به سال بارش فصلی در منطقه آلت‌پندز^۶ را بررسی کرد. نتایج بررسی‌های وی نشان داد که فصل بهار به‌سمت خشکی و فصل پاییز به سوی شرایط مرطوب تمایل می‌یابد. بورت و هورتون (Burt and Hurton, ۲۰۰۷)

۱- Change

۲- Variation

۳ - Anomaly

۴- Discontinuity

۵- Makedonia

۶ - Alt Penedes

تغییرپذیری دهه‌ای توزیع ماه‌به‌ماه بارش را از دهه ۱۸۵۰ در مقیاس دهه‌ای برای دورهام^۱ بررسی کردند. یافته‌های ایشان نشان داد که طی قرن بیستم ماه‌های فصل تابستان به خشک‌تر شدن و ماه‌های فصل زمستان به مرطوب‌تر شدن تمایل یافته‌اند.

علی‌رغم اهمیت تغییر الگوی ماه‌به‌ماه بارش به‌عنوان نمایه‌ای از ساختار اقلیم کشور تاکنون مطالعات جامعی در این زمینه صورت نگرفته است. در برخی مطالعات این ویژگی بارش عمدتاً در مقیاس ناحیه‌ای (مثلاً برای شمال غرب کشور) انجام شده است (برای مثال در این زمینه می‌توان به مطالعه عساکره و رزمی، ۱۳۹۱؛ عساکره و رزمی، ۱۳۹۳ و ۲۰۲۰ Asakereh، اشاره نمود). دانشمندان و بویژه اقلیم‌شناسان کشور مطالعات پراکنده‌ای در مورد ویژگی‌های توزیع ماه‌به‌ماه بارش ایران انجام داده‌اند. در این زمینه می‌توان به کاویانی (۱۳۷۲)، بابائی‌فینی و فرج‌زاده (۱۳۸۲)، مسعودیان (۱۳۸۴)، مسعودیان و عطایی (۱۳۸۴)، رضی و عزیزی (۱۳۸۷) اشاره نمود. از آن‌جا که تغییر توزیع ماه‌به‌ماه بارش ایران در مقیاس دهه‌ای مورد مذاقه قرار نگرفته است، مطالعه حاضر در این زمینه به‌عنوان راه‌گشای پژوهش‌های بعدی انجام شده است. در این راستا سه سوال به شرح زیر مطرح شده است:

○ آیا توزیع ماه‌به‌ماه بارش ایران طی چهار دهه اخیر تغییر یافته است؟

○ روابط توزیع ماه‌به‌ماه بارش با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک از چه الگویی تبعیت می‌کند؟

○ آیا می‌توان الگوی فضایی برای وردایی دهه‌ای تغییرات ماه‌به‌ماه بارش اختیار نمود؟

برای پاسخ به این پرسش‌ها توزیع ماه‌به‌ماه بارش ایران زمین و تغییرات دهه‌ای آن با بکارگیری نمایه ضریب تغییرات (CV)^۲ برای دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۴۹ و با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌ای اسفزاری نسخه سوم بررسی شد. روابط این متغیر با متغیرهای مکانی (طول و عرض جغرافیایی) - توپوگرافیک (ارتفاع، شیب و جهت شیب) با استفاده از شگردهای رگرسیونی بررسی گردید و نیز برای دستیابی به الگوی فضایی از شگرد تحلیل خوشه‌ای استفاده شد.

داده‌ها و روش کار

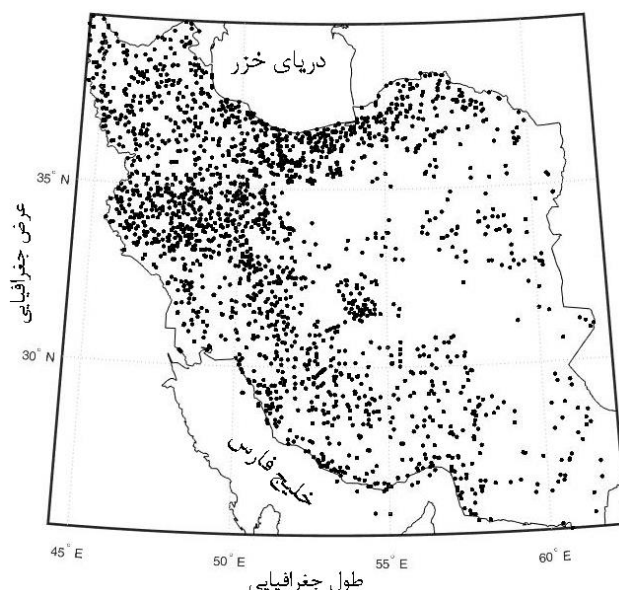
برای انجام پژوهش حاضر از دو گروه داده، پایگاه داده اسفزاری نسخه سوم و داده‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM)^۳ مربوط به ایران استفاده شد:

پایگاه داده‌ای اسفزاری نسخه سوم برپایه درون‌یابی اندازه‌گیری‌های بارش روزانه تعداد ۲۱۸۸ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی (شکل ۱) از ۱۳۴۹/۰۱/۰۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ به مدت ۱۶۸۰۱ روز (۴۶ سال) و با تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر حاصل شده است (مسعودیان، ۱۳۹۸). براساس مختصات جغرافیایی ایران که بین مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی قرار گرفته است و نیز برپایه بیضوی مرجع (WGS۸۴) و با توجه به تفکیک مکانی یاد شده، پایگاه داده به ابعاد ۱۶۷×۲۰۵ (۳۴۲۳۵ یاخته) و نیز متغیرهای مکانی (طول و عرض جغرافیایی) بدست آمد. تعداد کل یاخته‌های درون مرزهای خاک اصلی ایران ۱۶۲۰۳ تا است. علاوه بر این با توجه به بازه زمانی پایگاه داده که مشتمل بر ۱۶۸۰۱ روز است، ابعاد نهایی پایگاه داده ۱۶۷×۲۰۵×۱۶۸۰۱ حاصل شد.

^۱ - Durham

^۲ - Coefficient of Variation

^۳ - Digital Elevation Model



شکل ۱. توزیع مکانی ایستگاه‌های مورد استفاده برای ایجاد پایگاه داده‌ای بارش اسفزاری نسخه سوم (مسعودیان، ۱۳۹۸)

داده‌های مدل رقومی ارتفاع (DEM) با توان تفکیک ۱۰ متری مربوط به سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا است که از تصاویر ماهواره‌ای Astet برای پوشش جهانی تولید شده‌است. این داده‌ها از آدرس زیر قابل دستیابی است:

https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/4220/ASTGDEMv20_S37E170

بدین ترتیب مشخصات توپوگرافیک مورد نیاز برای مطالعه حاضر (ارتفاع، شیب، و جهت شیب) استخراج گردید.

این ویژگی‌ها برای واری رابطه بین ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش و متغیرهای مذکور بکار گرفته شد.

براساس پایگاه داده اسفزاری ابتدا ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش هر یاخته براساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$CV_{ij} = \frac{S_{ij}}{\bar{X}_{ij}} \times 100$$

در این رابطه CV_{ij} ، S_{ij} ، $\bar{X}_{ij}$ به‌ترتیب ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه (به‌درصد)، انحراف معیار (میلی‌متر) و میانگین (میلی‌متر) بارش برای یاخته ردیف i ام و ستون j ام از پایگاه داده معرفی شده در بالاست. ضریب‌تغییرات ماه به ماه بارندگی گویای شدت تغییرات ماه به ماه و تباین ماه‌ها به لحاظ میزان بارش است.

ضریب‌تغییرات برای دو مقیاس زمانی، کل دوره آماری (۱۳۹۴-۱۳۴۹) و چهار دهه مورد بررسی، محاسبه و رابطه آن با مشخصات مکانی - توپوگرافیک بررسی شد. برای بررسی کل دوره آماری، میانگین ماهانه بارش دوازده ماه سال برای هر یاخته محاسبه شد. در این فرایند دوازده نقشه ماهانه حاصل آمد. برای هر یاخته نقشه و طی دوازده ماه ضریب‌تغییرات محاسبه و نتیجه به شکل نقشه توزیع مکانی ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش عرضه گردید. به‌منظور بررسی ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه دهه‌ای بارش، ضریب‌تغییرات هردهه مشابه با روش بالا برای دهه‌های منتهی به دهه ۱۳۸۵-۱۳۹۴ محاسبه شد. بدین ترتیب ۵ ساله اول (۱۳۴۹-۱۳۴۹) در بررسی، مقایسه و مطالعه دهه‌ها جای نگرفت. براین اساس ویژگی‌های مکانی - توپوگرافیک ضریب‌تغییرپذیری ماه‌به‌ماه میانگین بارش ایران طی چهار دوره ده‌ساله (۱۳۵۵-۱۳۶۴، ۱۳۶۵-۱۳۷۴، ۱۳۷۵-۱۳۸۴ و ۱۳۹۴-۱۳۸۵) بررسی، مطالعه و مقایسه شد. دراین راستا تغییرپذیری ماه‌به‌ماه بارش هردهه با کل دوره آماری و دهه پیش از آن مقایسه شد. نقشه‌های ضریب‌تغییرپذیری ماه‌به‌ماه بارش

هردهه، نقشه‌های ناهنجاری آن در قیاس با تغییرپذیری ماه به ماه کل دوره و نقشه‌های ناهنجاری آن در قیاس با دهه پیشین ترسیم و بررسی گردید. بدین ترتیب توزیع مکانی تباین‌های دهه‌ای تغییرپذیری درون سالانه بارش استخراج و استنباط شد.

علاوه بر بررسی و واری جزییات مکانی مقادیر تغییرات ماه به ماه بارش، روابط این نمایه با متغیرهای مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی) و روابط توپوگرافیک (ارتفاع، شیب و جهت گیری شیب) براساس بررسی ضریب همبستگی و نیز برازش مدل رگرسیونی چندمتغیره برازنده بر متغیرهای مورد بررسی تعبیر، تفسیر و تحلیل شد. سپس با استفاده از طبقه‌بندی فضایی براساس تحلیل خوشه‌ای، الگوی فضایی تغییرپذیری بارش استخراج شد. دراین راستا تلاشی مبتنی برآزمون و خطا انجام شد. ابتدا شباهت - اختلاف یاخته‌های نقشه در سه مرحله براساس فاصله اقلیدسی محاسبه شد. مرحله اول با درنظر گرفتن ضریب تغییرپذیری هردهه، در مرحله دوم براساس ضریب تغییرپذیری هر دهه و ناهنجاری تغییرپذیری دهه‌ها نسبت به هنجار کل دوره آماری در مرحله سوم براساس سه ملاک ضریب تغییرپذیری هر دهه، براساس ناهنجاری تغییرپذیری دهه‌ها نسبت به هنجار کل دوره آماری و براساس ناهنجاری تغییرپذیری دهه‌ها نسبت به دهه پیشین، فاصله اقلیدسی محاسبه شد. سپس براساس روش‌های ادغام مختلف (ادغام وارد^۱، میانگین فاصله غیر موزون (UPGMA)^۲، مرکز ثقل فاصله^۳، دورترین فاصله^۴ و نزدیک‌ترین فاصله^۵)، یاخته‌های نقشه ادغام شدند. پس از آن براساس هر فاصله و هریک از روش‌های ادغام ده طبقه (از دو گروه تا یازده گروه) تشکیل و نقشه‌های آنها تولید شد. مجموعاً ۱۵۰ نقشه طبقه‌بندی تهیه شد. نقشه‌ها با فراسنج‌های مورد بررسی در چهار دهه مورد مطالعه مقایسه شد. بهترین نقشه که صفات رویدادها را بهتر بیان کند براساس فاصله اقلیدسی و براساس دو فراسنج، ضریب تغییرپذیری هردهه و ناهنجاری تغییرپذیری دهه‌ها نسبت به هنجار کل دوره آماری، و نیز براساس روش‌های ادغام دورترین فاصله با پنج طبقه بهترین طبقه‌بندی را به دست داد. کلیه عملیات زیر با استفاده از امکانات موجود در نرم‌افزار «متلب^۶» انجام شد. دارنمای این تحلیل در شکل ۲ آمده است. خط چین‌ها محل برش نهایی و گروه‌بندی پنج‌گانه یاد شده را نشان می‌دهد.

شرح و تفسیر نتایج

در این بخش ضریب تغییرات ماه به ماه بارش، به عنوان وردایی - تباین ماهانه بارش در طول سال برای کل دوره آماری مورد بررسی (۱۳۹۴-۱۳۴۹) محاسبه شد. نتایج این محاسبات در شکل ۲ - الف ارائه شده است. همچنین این مقدار برای هریک از سال‌ها و در هر یاخته نقشه محاسبه شد، سپس روند بلند مدت آن برآورد گردیده و در شکل ۲- ب ارائه شد. ضریب تغییرات ماه به ماه بارش برای چهاردهه منتهی به دهه ۱۳۹۴-۱۳۴۹ محاسبه و توزیع مکانی آن در نقشه‌های ارائه شده در شکل ۳ - الف عرضه شده است. علاوه براین ناهنجاری ضریب تغییرات ماه به ماه دهه‌های مورد بررسی با ضریب تغییرات کل دوره (شکل ۳- ب) و نیز ضریب تغییرات دهه پیش از آن (۳- ج) محاسبه شده است. بدین

۱- Ward

۲- Unweighted average distance

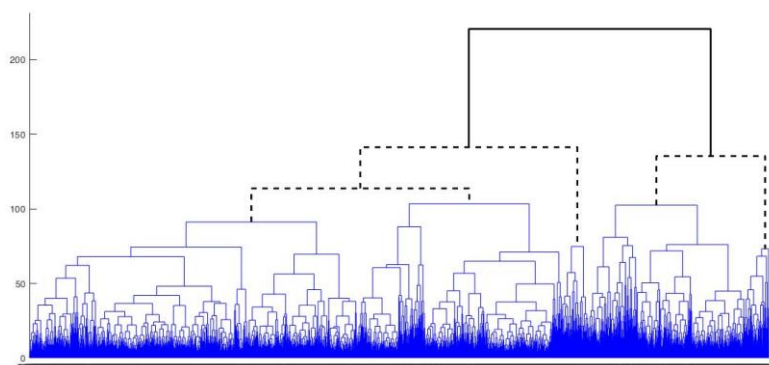
۳- Centroid distance (UPGMC)

۴- Farthest distance

۵- Shortest distance

۶- Matlab

ترتیب وردایی نسبی در توزیع ماه به ماه کشور عرضه گردیده است. مقدار درصد پهنه های زیر پوشش گروه های مختلف ضریب تغییرات از نقشه های ترسیم شده استخراج شد و در جدول ۱ ارایه گردید.



شکل ۲. دارنما ضریب تغییر پذیری هرده و ناهنجاری تغییر پذیری دهه ها نسبت به هنجار کل ایران براساس روش ادغام دورترین فاصله

جدول ۱. درصد پهنه های توأم با گروه های مختلف ضریب تغییرات در کشور

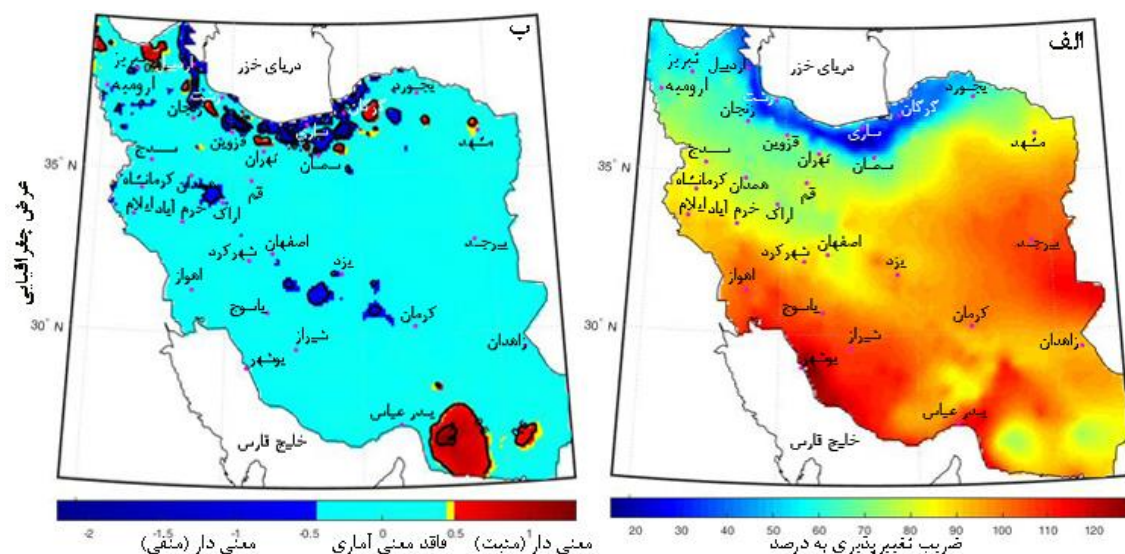
درصد میزان تغییر پذیری	درصد مساحت زیر پوشش دوره					کل دوره
	۱۳۵۴-۱۳۴۹	۱۳۶۴-۱۳۵۵	۱۳۷۴-۱۳۶۵	۱۳۸۴-۱۳۷۵	۱۳۹۴-۱۳۸۵	
۲۰-۰	۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۳
۳۰-۲۰	۰/۴	۰/۵۹	۰/۳۲	۰/۷۳	۰/۱۶	۰/۵۷
۴۰-۳۰	۱/۳۳	۱/۶۴	۱/۵۴	۲/۰۱	۱/۰۶	۲
۵۰-۴۰	۱/۸۷	۲/۸۹	۲/۵۹	۱/۷۳	۳/۳۳	۲/۶
۶۰-۵۰	۲/۲۶	۲/۵۶	۴/۰۷	۲/۱۷	۴/۶۲	۳/۸۲
۷۰-۶۰	۳/۱۷	۵/۹۸	۳/۰۴	۶/۲	۶/۶۲	۵/۸۲
۸۰-۷۰	۳/۴۶	۱۳/۶۸	۸/۵۶	۱۱/۲۷	۱۰/۲۶	۱۱/۸۴
۹۰-۸۰	۸/۳۷	۱۴	۱۴/۲۲	۱۲/۶۹	۱۸/۱۶	۱۸/۱۳
۱۰۰-۹۰	۱۷/۶۳	۲۳/۱۴	۲۶/۸۹	۲۰/۲۸	۲۷/۰۶	۳۰/۸۷
۱۱۰-۱۰۰	۲۰/۴۱	۲۶/۹۱	۲۶/۵۷	۲۲/۷۸	۲۳/۷۶	۱۸/۹
۱۲۰-۱۱۰	۱۷	۶/۹۸	۸/۶۱	۱۲/۶۹	۳/۷۶	۴/۶۲
+۱۲۰	۲۴/۱	۱/۵۲	۳/۵۳	۷/۳۷	۱/۱۹	۰/۷
میانگین	۱۰۴/۲	۸۹/۶	۹۲/۲	۹۳/۴	۸۸/۴	۸۷/۵
کمینه	۲۲/۱	۱۷/۶	۱۶/۶	۱۷/۲	۱۸/۲	۱۴/۴
بیشینه	۱۶۷/۶	۱۴۴/۶	۱۳۴/۱	۱۴۱/۴	۱۴۱/۸	۱۲۸/۸

• ضریب تغییرات ماه به ماه بارش برای کل دوره آماری

در شکل ۲ - الف توزیع مکانی ضریب تغییرات ماه به ماه بارش برای کل دوره آماری (۱۳۴۹-۱۳۹۴) نشان داده شده است. میانگین، کمینه و بیشینه ضریب تغییرات ماه به ماه بارش کشور به ترتیب حدود ۸۷/۵، ۱۴/۴ و ۱۲۸/۸ درصد است.

طبق شکل ۲- الف، تغییرات ماه به ماه بارندگی، و در نتیجه تباین ماه ها به لحاظ بارش دریافتی نسبت به هم، از شمال به جنوب کشور افزایش می یابد. به منظور فهم میزان اثرگذاری متغیرهای مکانی (طول جغرافیایی،

عرض جغرافیایی) و توپوگرافیک (ارتفاع، شیب و جهت شیب) بر میزان ضریب تغییرات ماه به ماه، ضریب همبستگی بین متغیرهای مذکور محاسبه و به شرح جدول ۲ ارائه شده است. این ضرایب در هر سطح اعتماد دلخواه معنی دار است:



شکل ۲. الف) توزیع مکانی ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بارش (درصد) و ب) توزیع مکانی روند ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بارش (هم ارزشها) و معنی داری آن (پس زمینه رنگی)

جدول ۲. ضریب همبستگی ضریب تغییرات ماه به ماه بارش با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک و با میزان بارش برای کل دوره مورد بررسی (۱۳۹۴-۱۳۴۹)

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	شیب	جهت شیب	بارش	میانگین بارش
-۰/۶۷۲۵	۰/۳۷۶۵	-۰/۲۰۴۰	-۰/۱۰	۰/۰۲	-۰/۴۲۰۲	۲۵۰/۵
ضریب تغییرات						

چنان که در شکل ۲- الف می توان مشاهده نمود ضریب تغییرات ماه به ماه بارش و در نتیجه تباین ماهانه بارش در بخش های مختلف کشور بسیار ناپیکنواخت بوده و گویای وجود الگوهای ماهانه متفاوت بارشی می باشد؛ در واقع توزیع ماهانه بارش در کشور یکسان نیست. از جدول ۲ نیز می توان دید که بیشترین رابطه ضریب تغییرات ماه به ماه با متغیرهای مکانی به ترتیب با عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع است. از این رو در شکل ۲- الف می توان دید که پهنه های توأم با ضریب تغییرات همسان، با تقریب قابل قبولی از عرض جغرافیایی متأثر می شوند و از این رو این پهنه ها بویژه در عرض های شمالی (تقریباً از عرض ۳۵ درجه شمالی به سمت شمال) همخوانی بیشتری با عرض جغرافیایی نشان می دهند. سواحل دریای خزر (از گلستان تا گیلان) و نیز نوار مرزی غرب اردبیل کمترین ضریب تغییرات ماه به ماه را تجربه کرده است. در این ناحیه که حدود ۲/۷ درصد از کشور را دربر می گیرد، تباین ماهانه بارش کم تر از ۴۰ درصد بوده است. این امر گواهی بر توزیع نسبتاً یکنواخت بارش این ناحیه در ماه های سال است. عدد ۴۰ برای نمایه ضریب تغییرات محور تعیین کننده ای است؛ بدین نحو که اگر مقدار CV کم تر از ۴۰ باشد، بارش منظم بوده و از توزیع نسبتاً یکنواخت برخوردار است و هرچه این میزان از ۴۰ بیشتر باشد دال بر بی نظمی حدوث بارندگی و گویای تفاوت های شدید ماه ها به لحاظ میزان دریافت بارندگی است (رامشت، ۱۳۷۵؛ عساکره، ۱۳۸۷). در این ناحیه سازوکارهای توأم با بارش تقریباً در تمامی ماه های سال مهیا است. به گونه ای که جریان های شمال شرقی، بارش های

پاییزه، جریان‌های شمالی، شمال غربی و غربی بارش‌های سایر فصول سال را کنترل می‌کنند. در تمام ساحل دریا به استثناء ساحل خلیج گرگان، بارندگی در خط ساحلی بیشتر از داخل خشکی است. مثلاً در انزلی بیشتر از رشت و در بابل‌سر بیشتر از قائم شهر می‌باشد. این کاهش تدریجی تا بالای کوه‌های البرز نشان می‌دهد که در مناطق بالاتر، بارندگی سالانه کاهش دارد (علیجانی ۱۳۷۴). طبق نظر جانباز قبادی و همکاران (۱۳۹۰) موقعیت جغرافیایی منحصر بفرد این منطقه بویژه قرارگیری آن بر جانب جنوبی دریای خزر، استقرار رشته‌کوه‌های مرتفع و توپوگرافی پیچیده همراه با جابه‌جایی مداوم پشته‌ها و ناوهای امواج غربی بر روی منطقه، بروز چنین پیچیدگی را در ساختار بارش منطقه‌ای در پی داشته است. همچنین طبق نظر علیجانی و همکاران (۱۳۸۶) بیشتر بارش‌های ناحیه خزری حاصل سامانه‌های پوششی است. در این ناحیه ضریب تغییرات ماه به ماه بارش از غرب به شرق به طور نسبی کاهش کمی نشان می‌دهد. شایان توجه است که کمینه مقادیر ضریب تغییرات ماه به ماه بر نوار ساحلی خزر منطبق نیست، بلکه با فاصله از کرانه‌های خزر رخ داده است. کم‌ترین تباین ماهانه بارش را می‌توان در سنتیغ کوه‌های البرز میانی (کم‌تر از ۲۰ درصد) مشاهده کرد. در اطراف ناحیه خزری میزان ضریب تغییرپذیری ماه به ماه تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. لایه محاط بعدی با ضریب تغییراتی تا ۴۰ درصد است که گسترش شرقی آن تا مرزهای غربی خراسان شمالی و به سمت غرب تا استان اردبیل امتداد یافته است. در حواشی بیرونی ناحیه خزری و نیز در منتهی‌الیه شرقی آن در خراسان شمالی، و همچنین نواری ممتد در آذربایجان (از ماکو تا تبریز) شامل ۶/۴۲ درصد از مساحت کشور، بعضی بخش‌های این ناحیه احتمالاً متأثر از تنوع سازوکارهای بارش (علیجانی، ۱۳۷۴؛ مسعودیان، ۱۳۹۱ و ۲۰۱۷، Asakereh) میزان ضریب تغییرات ۶۰-۴۰ درصد می‌باشد. این ناحیه نواری محاطی بر ناحیه پیشین است که در امتداد ساحل، پیشکوه‌های خارجی البرز کشیده شده و در سمت شرق و غرب به ترتیب در شرق گلستان و اردبیل حلقه آنها بسته می‌شود. علاوه بر این، نیمه شمالی ناحیه شمال غرب کشور در این طبقه قرار می‌گیرد. حدود ۵/۸۲ درصد از کشور شامل قسمت‌های جنوبی ناحیه شمال غرب کشور از آذربایجان غربی تا زنجان، شمال استان قزوین، پیشکوه‌های داخلی البرز و نیز خراسان شمالی با ضریب تغییرات ۷۰-۶۰ درصد مشخص می‌شود. در مساحتی حدود ۱۱/۸۴ درصد از کشور شامل استان‌های کردستان، شمال کرمانشاه، بخش‌های محدودی از زاگرس مرتفع (در کهگیلویه و بویراحمد و نیز چهارمحال و بختیاری) که گستره عریضی شکل می‌دهد و نیز در امتداد نواری باریک‌تر که به سمت شمال خراسان رضوی ادامه دارد، ضریب تغییرات بین ۸۰-۷۰ درصد است. تغییرپذیری زمانی بارش ناحیه شمال غربی ایران و نیز استان‌های کردستان و کرمانشاه در پژوهش عساکره و همکاران (۱۳۹۳) بوسیله عوامل مکانی (عرض جغرافیایی و ناهمواری) توجیه شده است. در این ناحیه بیشتر بارندگی در بهار رخ می‌دهد (Asakereh, ۲۰۱۷) و تعداد روزهای بارندگی بهار در شمال خط مهاباد - میانه نسبت به زمستان کاهش نمی‌یابد. برای این که در این فصل بادهای غربی همچنان در منطقه مستقر می‌باشند؛ از طرف دیگر رخداد بارش همرفتی برتری تعداد روزهای بارندگی در فصل بهار نسبت به فصل‌های دیگر را نشان می‌دهد (علیجانی ۱۳۷۴). بررسی‌های عساکره (Asakereh, ۲۰۱۷) نشان داد که کم‌ترین ضریب تغییرات و بیش‌ترین نمایه یکنواختی بارش در نواحی شمال شرقی این بخش از کشور رخ می‌دهد. این بخش دارای رژیم بارش یکنواخت می‌باشد که نشان می‌دهد سامانه‌های متنوع باران‌زایی در این بخش‌ها از بیشینه فعالیت برخوردارند. در نقطه مقابل آن، بخش جنوب غربی پهنه، دارای رژیم بارش متمرکز است که بازتابی از تاثیر فزاینده سامانه‌های متمرکز در یک فصل است. همچنین عساکره (Asakereh, ۲۰۲۰) نشان داد که دو سامانه همدید - محلی تا بیش از ۹۰ درصد

بارش شمال غرب را توجیه می‌کند. دامنه‌های جنوبی البرز از زنجان تا فیروزکوه و خراسان شمالی در زمره نواحی کم‌بارش شمالی است. ناحیه شمالی خراسان در مقیاس همدیدی تحت تاثیر پنج جریان عمده (سیبری، مدیترانه و بارش‌های جبهه‌ای متاثر از این دو منشاء، (علیجانی، ۱۳۷۴)، جریان‌های شمالی، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و حاره‌ای) قرار دارند (کمالی و خزانه داری ۱۳۸۱: ۹۳-۷۹) و از سازوکارهای بارشی نسبتاً متنوعی برخوردارند. از این رو ضریب تغییرپذیری ماه به ماه آن به طور نسبی کم است.

در عرض‌های جغرافیایی جنوبی‌تر از ۳۵ درجه شمالی پهنه‌های تغییرپذیری به صورت اریب از شمال شرق به جنوب غرب کشیده شده‌اند. این آرایش در عرض‌های جغرافیایی جنوبی‌تر از ۳۵ درجه شمالی احتمالاً در ارتباط با نقش طول جغرافیایی تغییر می‌یابد. در واقع در نیمه شرقی کشور طول جغرافیایی با ضریب تغییرات ماه به ماه رابطه مستقیم نشان می‌دهد. عموماً بخش‌های شرقی کشور در قیاس با بخش‌های غربی بیش از بخش‌های شرقی از ناهمگونی ماهانه بارش برخوردار بوده‌اند. دوهسته مشخص از ضریب تغییرپذیری ۸۰-۷۰ درصد در جنوب استان سیستان و بلوچستان قابل مشاهده است. از میانه تا جنوب استان کرمانشاه در امتداد مسیر پیشکوه‌های داخلی زاگرس به سمت مرکز ایران مرکزی و از آنجا با تغییرمسیر (باجهت جنوب غرب - شمال شرق) به سمت بخش‌های شمالی خراسان رضوی و نیز مشهد، ضریب تغییرپذیری ماه به ماه ۹۰-۸۰ درصد است. هسته‌های تغییرپذیری سیستان و بلوچستان بوسیله این میزان تغییرپذیری احاطه شده و نیز هسته‌ای جدید در جنوب استان کرمان (احتمالاً مربوط به کوه‌های مرتفع استان) نمایان شده است. این سه هسته احتمالاً ناحیه موسمی است که نسبت به اطراف تغییرپذیری کم‌تری نشان می‌دهد. بیشترین گستره تغییرپذیری ماه به ماه (کمی بیش از یک سوم، ۳۰/۸۷ درصد، از مساحت کشور) مربوط به تغییرپذیری ۹۰-۱۰۰ درصد است. این بخش از استان ایلام - شمال خوزستان آغاز شده و به شکل نواری باریک در امتداد مدارات از غرب کشور به سمت شرق کشیده می‌شود. در میانه کشور به شکل هلالی ناحیه شرقی را احاطه می‌کند و نیز به سمت بلوچستان تا سواحل عمان امتداد می‌یابد. به سمت شرق، مرز غربی کرمان و مرز شرقی استان فارس در استیلای این میزان تغییرپذیری است. ناحیه شرقی از مرکز خراسان رضوی، تمامی خراسان جنوبی و نیز بخش‌های شمالی استان سیستان و بلوچستان، سواحل خلیج فارس (از خوزستان تا تنگه هرمز) و از شمال تنگه هرمز به سمت شمال شرق آن با حدود ۱۸/۹ درصد از مساحت کشور ضریب تغییرپذیری ۱۱۰-۱۰۰ درصد را تجربه می‌کرده‌اند. حدود ۴/۶۲ درصد از مساحت کل کشور شامل سواحل خلیج فارس در استان بوشهر و نیز پهنه کوچکی در شمال تنگه هرمز و ناحیه‌ای در شرق کشور (شامل سیستان تا بیرجند) نواحی است که ضریب تغییرپذیری ماه به ماه ۱۲۰-۱۱۰ درصد را تجربه کرده‌اند. بخش بسیار کوچکی (۰/۷ درصد) از سرزمین ایران ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بیش از ۱۲۰ درصد را تجربه کرده‌اند. این ناحیه بخش محدودی در استان بوشهر ساحلی است.

شکل ۲- ب توزیع مکانی روند تغییرات فراسنج تغییرپذیری ماه به ماه بارش (خطوط هم‌ارزش) و نیز معنی‌داری آماری (پس‌زمینه رنگی) را برای دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۹۹ نشان می‌دهد. می‌توان دید که تقریباً در تمامی کشور روند فاقد معنی آماری است؛ به طوری که تقریباً هیچ جا خط هم‌ارزش دیده نمی‌شود. با این وجود برخی نواحی محدود عمدتاً حول ناحیه خزری و نیز در امتداد زاگرس از همدان تا کرمان (به شکل هسته‌هایی) عمدتاً با روند کاهشی (کم شدن تباین ماه‌ها) و در برخی نواحی کوچک در شمال غرب و نواحی بزرگ‌تر در جنوب شرق با روند افزایشی (افزایش تباین ماه به ماه بارش) مواجه بوده‌اند. توجه کنید که فرض تغییرات بلندمدت (روند) قابل توجه در بارش کشور بوسیله

پژوهشگران پرشماری تایید شده است (عسگری و رحیم زاده ۱۳۸۲، عساکره ۱۳۸۶، کتیرایی و همکاران ۱۳۸۶؛ محمدی، ۱۳۹۰؛ اختصاصی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ناظری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵ و...). تلفیق یافته‌های پژوهش‌های مزبور و یافته‌های ارایه شده در شکل ۲- ب گویای کاهش یکسان بارش در تمامی ماه‌ها است. حال این سوال مطرح است که علی‌رغم تایید روند کاهشی بارش آیا عدم وجود روند در تباین ماه به ماه بارش به معنی ایستایی اکید این نمایه است؟ برای پاسخگویی به این پرسش در بخش زیر رفتار دهه‌ای تغییرپذیری ماه به ماه بارش کشور در معرض توجه قرار خواهد گرفت.

• وردایی دهه‌ای ضریب تغییرات ماه به ماه بارش

در بررسی تباین مکانی ضریب تغییرات ماه به ماه بارش کشور براساس شکل ۳ و جدول ۱، تغییرات قابل توجهی بین نواحی با کمینه (به ترتیب از دهه اول تا چهارم ۱۷/۶، ۱۶/۶، ۱۷/۲ و ۱۸/۲ درصد) و بیشینه (به ترتیب از دهه اول تا چهارم ۱۴۴/۶، ۱۳۴/۱، ۱۴۱/۴ و ۱۴۱/۸ درصد) و در نتیجه دامنه تغییرات مکانی (به ترتیب برای دهه اول تا چهارم ۱۲۷، ۱۱۷/۵، ۱۲۴/۲، ۱۲۳/۶) مشاهده نشد. همچنین میانگین پهنه‌ای ضریب تغییرات ماه به ماه بارش (به ترتیب از دهه اول تا چهارم ۸۹/۶، ۹۲/۲، ۹۳/۴، ۸۸/۴ درصد) نیز تغییر قابل توجهی را تجربه نکرده است. با این وجود، نواحی توأم با بارش نسبتاً یکنواخت کشور (ضریب تغییرپذیری کم‌تر از ۴۰ درصد) برای چهاردهه متوالی به ترتیب ۲/۳۴، ۱/۹۲، ۲/۸۲ و ۱/۲۴ درصد از سرزمین ایران را دربر می‌گرفته است. بنابراین گستره مذکور که عمدتاً در ناحیه خزری حاکم است، یک تناوب گسترش- محدودیت را طی چهار دهه اخیر تجربه کرده است.

در قیاس با کل دوره آماری، در دهه نخست (۱۳۶۴-۱۳۵۵) پهنه‌های توأم با تغییرپذیری ۳۰-۲۰، ۵۰-۴۰، ۸۰-۶۰، ۱۲۰+ -۱۰۰ افزایش داشته‌اند ولی حدود ۴۲/۸ درصد از کشور عمدتاً در نیمه غربی (ارتفاعات زاگرس از مریوان تا زاگرس کم ارتفاع، سواحل خلیج فارس در بوشهر، شمال ایران مرکزی) و نوار شرقی (بلوچستان شمالی و سیستان، خراسان شمالی و شمال خراسان رضوی) و بخش‌های شمالی ایران مرکزی تا استان گلستان کاسته شده‌اند. یعنی در بیش از نیمی (حدود ۵۷/۲ درصد) از کشور تباین‌های ماهانه بارش و تمرکز زمانی آن افزایش یافته است. شدت افزایش بسیار بیشتر از شدت کاهش (بویژه در جنوب شرقی ایران و نیز در شمال غربی) بیشتر بوده است. این وضعیت در دهه بعد از آن و با شدت بیشتری رخ داده است، به طوری که پهنه‌های توأم با گروه‌های تغییرپذیری ماه به ماه ۶۰-۵۰، ۱۰۰ تا ۱۲۰+، افزایش داشته‌اند. بقیه طبقات تغییرپذیری، با ناهنجاری منفی مواجه بوده‌اند.

در دهه سوم (۱۳۸۴-۱۳۷۵) ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بارش نسبت به کل دوره در مساحتی حدود ۷۷/۹ درصد از گستره کشور افزایش و در پهنه‌ای با وسعت حدود ۲۲/۱ کاهش یافته است. این کاهش در طبقات ضریب تغییرپذیری ۲۰-۰، ۶۰-۴۰، ۱۰۰-۷۰ دیده می‌شود. از پهنه‌هایی که افزایش تغییرپذیری را در این دهه تجربه کرده‌اند، تغییرپذیری ۱۲۰ درصد و بیشتر است که بیش از ۷ درصد کشور (در سیستان و نیز بخشی از سواحل استان بوشهر) را در بر می‌گیرد. علاوه بر این عمده نواحی توأم با کاهش در بخش شمالی کشور بر بخش‌های وسیعی از خراسان شمالی - رضوی و نواحی پراکنده استان‌های تهران، قم، همدان و آذربایجان حاکم است و در نواحی جنوبی بر بخش‌هایی از جنوب کرمان - بلوچستان - هرمزگان (نواحی متأثر از موسمی‌های تابستانه) و نیز بوشهر مشاهده می‌شود.

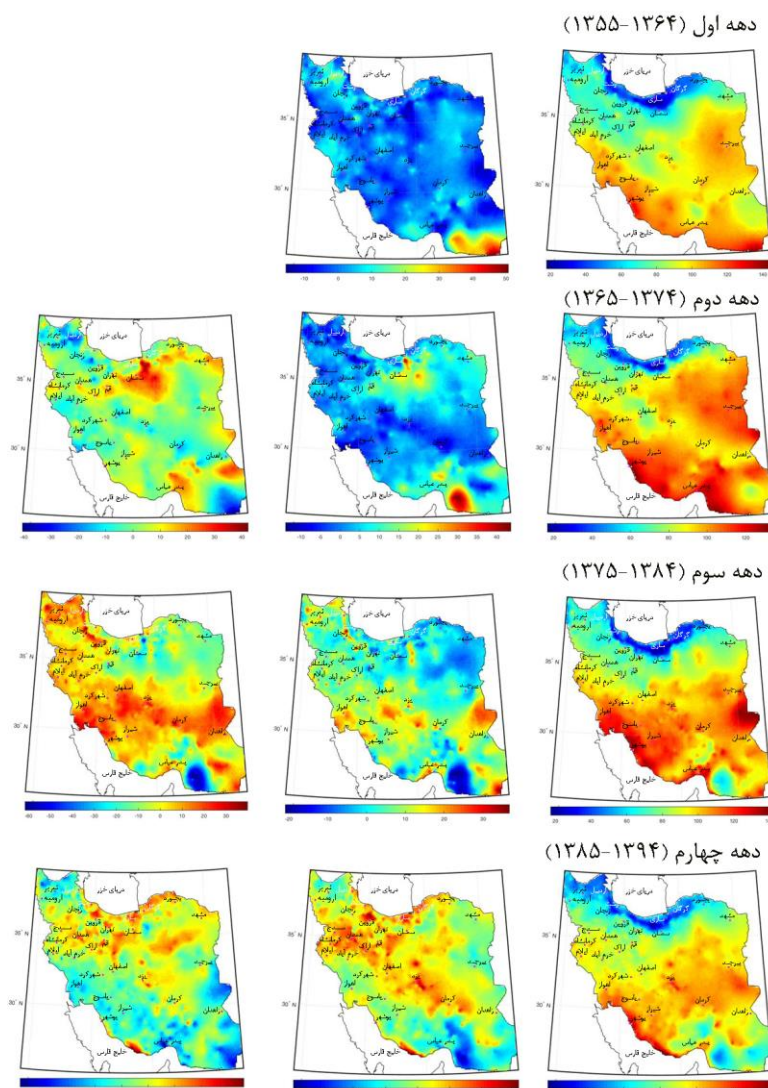
در دهه انتهای و در قیاس با کل دوره آماری ۵۸ درصد از مساحت کشور ناهنجاری مثبت و حدود ۴۲ درصد از گستره ایران ناهنجاری منفی را تجربه کرده است. ناهنجاری منفی در گروه‌های تغییرپذیری ۰-۴۰، ۴۰-۸۰، ۸۰-۱۰۰، ۱۰۰-۹۰ و ۱۲۰-۱۱۰ درصد است. این نواحی منطبق بر مرزهای شرقی (از خراسان شمالی تا جنوب شرق ایران در بلوچستان و سواحل خلیج فارس از بلوچستان جنوبی تا خوزستان و تا نواحی جنوبی استان‌های مجاور) را در بر می‌گیرد. همچنین گستره قابل توجهی از ناحیه شمال غرب ایران نیز با این ویژگی مشخص شده است. پهنه‌های محدود در جنوب البرز و نیز استان سمنان با این ناهنجاری مواجه بوده است. بقیه کشور (شامل ایران مرکزی و نیز زاگرس شمالی و سواحل خزر) با ناهنجاری مثبت مواجه بوده است. بنابراین می‌توان استنباط کرد که پهنه‌های توأم با توزیع زمانی خاص بارش، تناوب‌های دهه‌ای را تجربه می‌کرده‌اند. این وضعیت بر عدم اعتماد توزیع زمانی بارش می‌افزاید.

تغییرپذیری ماه به ماه بارش در ایران برای هر دهه در قیاس با دهه‌های پیشین از دهه دوم (۱۳۷۴-۱۳۶۵) قابل بررسی است. طبق شکل ۳ و جدول ۲ در دهه ۱۳۷۴-۱۳۶۵ در مقایسه با دهه پیشین (۱۳۶۴-۱۳۵۵) حدود ۶۳/۲ درصد از پهنه کشور با افزایش (تمرکز زمانی بیشتر بارش) و حدود ۳۶/۸ درصد از کشور با کاهش (تمرکز زمانی کم‌تر بارش) ضریب تغییرات ماه به ماه بارش مواجه بوده است. مقادیر آستانه‌ای کاهش و افزایش تقریباً برابر بوده است. نواحی کاهشی در چند گستره دیده می‌شوند. منتهی‌الیه جنوب شرق کشور، غرب تنگه هرمز در امتداد نصف‌النهار، از غرب در جنوب کرمانشاه تا جنوب غرب در خوزستان و یاسوج بخش جنوبی این کاهش دیده می‌شود. در ایران مرکزی از زاهدان تا اصفهان و نیز به سمت خراسان رضوی بازوهای مختلف کاهش کشیده شده‌اند. در شمال غرب کشور (شامل آذربایجان شرقی، زنجان و بخش‌هایی از اردبیل) قزوین و تهران و نیز بخش‌هایی از کرانه خزر به همراه منتهی‌الیه شرق خزر در خراسان شمالی ناحیه کاهشی قابل مشاهده است.

تغییرات پهنه‌های تغییرپذیری ماه به ماه دهه ۱۳۸۴-۱۳۷۵ نسبت به دوره قبلی نشان می‌دهد که حدود ۴۱/۸ درصد از گستره کشور کاهش (تمرکز زمانی کم‌تر بارش) و حدود ۵۸/۲ درصد افزایش (تمرکز زمانی بیشتر بارش) را تجربه کرده است. در این دهه گستره توأم با تغییرپذیری بارش کم‌تر از ۴۰٪ افزایش داشته است. اما کمینه، بیشینه، میانگین و نیز پهنه تحت تاثیر تغییرپذیری بسیار بالا (۱۲۰+ درصد) افزایش قابل توجهی نسبت به دهه قبلی (۱۳۷۴-۱۳۶۵) نشان می‌دهد. در این میان گستره‌های با تغییرپذیری ۶۰-۴۰، ۸۰-۱۱۰ کاهش داشته‌اند و بقیه طبقات تغییرپذیری ماه به ماه افزایش داشته‌اند. نواحی توأم با کاهش ضریب تغییرپذیری از شمال عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و شرق نصف‌النهار ۴۵ درجه به طور پیوسته استان‌های شمال شرقی، شمالی و نیز شرق میانه را می‌پوشاند و در ناحیه غربی بالاتر از عرض ۳۲ درجه به طور پراکنده استان‌های شمال غربی تا جنوب غربی را متاثر ساخته است. همچنین در نیمه جنوبی در امتداد سواحل، از غرب تنگه هرمز تا شرق آن به شکل نواری نسبتاً عریض استان‌های هرمزگان، کرمان، بلوچستان جنوبی و شرقی و نیز بخش‌هایی از بوشهر را متاثر ساخته است.

آخرین دهه مورد بررسی (۱۳۹۴-۱۳۸۵) در مقایسه با دهه پیشین (۱۳۸۴-۱۳۷۵) نیز اگرچه میانگین ضریب تغییرپذیری کاهش یافته است، اما کمینه و بیشینه ضریب تغییرات ماه به ماه این دهه کمی بیش از دهه قبل است. علاوه بر این، نواحی توأم با کم‌تر از ۴۰ درصد ضریب تغییرپذیری ماه به ماه (۱/۲۴ درصد از مساحت کشور) حدود ۱/۵۸ درصد (از مساحت دهه پیشین) کم‌تر بوده است. مجموعاً در قیاس با دهه قبلی تنها حدود ۳۵ درصد از مساحت کشور با ناهنجاری مثبت (تمرکز زمانی بیش‌تر بارش) و ۶۵ درصد با ناهنجاری منفی (تمرکز زمانی کم‌تر بارش) در

ضریب تغییرپذیری مواجه بوده است. این تغییرات در رده‌های ۴۰-، ۸۰-۷۰ و ۱۲۰-۱۱۰ بوده است. این نواحی پوششی وسیع از کشور را دربر می‌گیرد و شامل کل ایران به جز کرانه‌های خزر از آستارا تا نوار شمالی در خراسان شمالی و نیز گستره نواری نامنظم از شمال خراسان رضوی تا کردستان را دربر می‌گیرد. ناحیه کویری جنوب شرق نیز در این استثناء جای می‌گیرد.



الف) ضریب تغییرات ماه به ماه (ب) ناهنجاری نسبت به کل دوره (ج) ناهنجاری نسبت به دهه پیش

شکل ۳. الف) توزیع مکانی ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بارش (درصد) برای (ب) توزیع مکانی ناهنجاری آن نسبت به کل دوره آماری (۱۳۹۴-۱۳۴۹) مورد بررسی و (ج) نسبت به دهه پیشین

بررسی جدول ۱ و نقشه‌های ارایه شده در شکل ۳ نشان می‌دهد که در دهه‌های مورد بررسی تغییرات متفاوتی (شدید و ضعیف) در گروه‌های زیر پوشش انواع تغییرپذیری ماه به ماه بارش رخ داده است. برای مثال طبقات ۲۰-، ۹۰-۱۰۰ در هیچ یک از دهه‌ها به میزان محاسبه شده برای کل دوره مورد بررسی نرسیده‌اند و در تمامی دهه‌های مورد بررسی گستره زیر پوشش کمتر از گستره زیر پوشش در کل دوره بوده است. گستره زیر پوشش ضریب تغییرپذیری ۱۰۰-۱۱۰ و ۱۲۰+ در تمامی دهه‌های مورد بررسی بیش از مقادیر محاسبه شده برای کل دوره بوده است. در قیاس با

مقادیر محاسبه شده برای کل دوره، برخی از گروه‌های ضریب‌تغییرات، نظیر طبقات ۳۰-۴۰، ۴۰-۳۰، با رفتار تناوبی کم - زیاد مشخص می‌شوند. گروه‌هایی که نسبت به دهه پیشین، در دهه انتهایی افزایش یافته‌اند، شامل ۴۰-۵۰، ۴۰-۶۰-۵۰، ۶۰-۷۰، ۸۰-۹۰، ۹۰-۱۰۰ و ۱۰۰-۱۱۰ درصد است. گروه‌هایی که نسبت به دهه پیشین، در دهه انتهایی کاهش یافته‌اند، شامل گروه‌های ۴۰-، ۸۰-۷۰، ۱۲۰-۱۱۰ و ۱۲۰+ درصد است.

برای دستیابی به روابط مقادیر تغییرات ماه‌به‌ماه بارش با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک، ضریب همبستگی بین این دو گروه متغیر و نیز رابطه میزان ضریب‌تغییرپذیری ماه‌به‌ماه و میزان بارش برای چهار دهه مورد بررسی محاسبه و به شرح جدول ۳ ارائه شده است. این ضرایب در هر سطح اعتماد دلخواه معنی‌دار است:

جدول ۳. ضریب همبستگی ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک و با میزان بارش برای دهه‌های

مورد مطالعه

سال	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	شیب	جهت شیب	بارش	میانگین بارش
۱۳۶۴-۱۳۵۵	-۰/۷۵۵۳	۰/۴۱۲۷	-۰/۲۷۸۶	-۰/۱۱	۰/۰۳	-۰/۴۶۳۸	۲۶۸/۱
۱۳۷۴-۱۳۶۵	-۰/۷۰۰۸	۰/۴۷۷۹	-۰/۲۷۴۹	-۰/۱۱	۰/۰۱	-۰/۳۹۴۳	۲۷۱/۹
۱۳۸۴-۱۳۷۵	-۰/۶۵۴۵	۰/۲۶۶۲	-۰/۱۷۴۷	-۰/۱۰	۰/۰۹	-۰/۳۳۰۹	۲۳۶/۷
۱۳۹۴-۱۳۸۵	-۰/۴۵۶۳	۰/۲۰۲۲	-۰/۱۲۴۵	-۰/۱۰	۰/۰۳	-۰/۴۳۵۹	۲۲۰/۳

چنان‌که در نقشه‌های ارائه شده در شکل ۳ می‌توان مشاهده نمود ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش و در نتیجه تباین ماهانه بارش از الگوی کلی که در شکل ۲ و نیز جدول ۱ عرضه شد، تبعیت می‌کند. با این وجود برخی تغییرپذیری‌های نسبی در روابط مکانی - توپوگرافیک با ضریب‌تغییرپذیری ماه‌به‌ماه دیده می‌شود. برای مثال ارتباط عوامل مکانی با ضریب‌تغییرات در دو دهه نخست تقریباً ایستا بوده‌است، اما این ارتباط به سمت دهه‌های انتهایی و بویژه در دو دهه آخر (۱۳۹۴-۱۳۷۵) هم نسبت به گذشته خود و هم نسبت به کل دوره آماری کاهش یافته‌است. برای مثال رابطه ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه با عرض جغرافیایی در دوره اول حدود ۰/۷۵- و در دهه آخر حدود ۰/۴۶- بوده‌است. این ضریب برای طول جغرافیایی به ترتیب حدود ۰/۴۱ و ۰/۲ و نیز برای ارتفاع به ترتیب حدود ۰/۲۸- و ۰/۱۲- بوده‌است. شاید بتوان این ویژگی را نشانه‌ای از کاهش نظم فضایی بارش نسبت به هنجار کل دوره آماری دانست. با توجه به میانگین بارش دهه‌های مختلف (ستون آخر جدول ۳) می‌توان دریافت که این بی‌نظمی مکانی ظاهری با کاهش میانگین بارش سالانه در دهه‌های انتهایی همزمان بوده‌است. علاوه بر این می‌توان دید که میزان تغییرات ماه‌به‌ماه بارش با میزان بارش در هر مکان ارتباط منفی نسبتاً قابل توجه دارد. یعنی در تمامی دهه‌ها نواحی توأم با بارش بیشتر، تباین ماه‌به‌ماه کم‌تری را تجربه می‌کرده‌اند. مطالعات پیشین (مثلاً عسگری و رحیم زاده، ۱۳۸۲، عساکره، ۱۳۸۶؛ محمدی، ۱۳۹۰؛ اختصاصی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ناظری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵) و نیز ستون آخر جدول ۳ بر کاهش مجموع بارش کشور گواهی می‌دهد. بنابراین کاهش تباین ماه‌به‌ماه بارش به سمت دهه انتهایی بر کم‌شدن بارش ماه‌های توأم با بارش (و نه بر افزایش ماه‌های خشک) دلالت دارد. باین وجود ویژگی مزبور با قطعیت کم‌تری قابل پذیرش است؛ زیرا ضریب همبستگی اگرچه معنی‌دار، اما با مقادیر کم (بین ۰/۳۳ تا ۰/۴۶) مشخص می‌شوند (ستون هفتم جدول ۳).

رابطه ضریب تغییرپذیری ماه به ماه بارش با عوامل مکانی - توپوگرافیک می تواند نشانه ای از امکان برآورد تغییرپذیری ماه به ماه بارش براساس متغیرهای مکانی - توپوگرافیک را فراهم آورد. بدین منظور معادله رگرسیون پنج متغیره شامل عرض جغرافیایی (φ)، طول جغرافیایی (λ)، ارتفاع (H)، شیب (S) و جهت شیب (A) برای برآورد ضریب تغییرات (CV) بکار گرفته شد. نتایج در جدول ۴ ارائه شده است. این معادلات براساس آماره P (P -Value) متفاوت ولی در سطح های اعتماد بالایی (بیش از ۹۸ درصد) معنی دار هستند. ضریب تعیین هریک از معادلات در ستون سوم جدول ۴ نشان داده شده است:

جدول ۴. رگرسیون ضریب تغییرات ماه به ماه بارش با متغیرهای مکانی برای کل دوره (۱۳۹۴-۱۳۴۹) و دهه های منتهی به

۱۳۸۵-۱۳۹۴

دوره	معادله رگرسیون	ضریب تعیین
۱۳۶۴-۱۳۵۵	$CV = 210.64 - 3.95\varphi + 0.21\lambda - 0.003H - 0.56S + 0.002A$	۰/۵۸۶
۱۳۷۴-۱۳۶۵	$CV = 166.19 - 3.31\varphi + 0.69\lambda - 0.002H - 0.53S - 0.0005A$	۰/۵۲۸
۱۳۸۴-۱۳۷۵	$CV = 249.02 - 4.20\varphi + 0.33\lambda - 0.0007H - 0.66S + 0.0008A$	۰/۴۳۶
۱۳۹۴-۱۳۸۵	$CV = 174.52 - 2.43\varphi - 0.12\lambda - 0.0003H - 0.67S + 0.003A$	۰/۲۱۵
کل دوره	$CV = 184.83 - 3.35\varphi + 0.24\lambda - 0.001H - 0.58S + 0.002A$	۰/۴۶۲

می توان دید که ضریب تعیین معادلات نیز مشابه ضریب همبستگی تک متغیره به سمت دو دهه انتهایی کاسته شده است. نقش عرض جغرافیایی به طور منفی بیش از عوامل مکانی دیگر است. برای مثال در کل دوره، به ازای هر درجه افزایش عرض جغرافیایی به شرط ثابت نگه داشتن عوامل دیگر، حدود ۳/۳۵ درصد از ضریب تغییرات کاسته می شود. این مقدار از دهه اول کاهش داشته است و پس از آن و در دهه ۱۳۸۴-۱۳۷۵ مجدداً افزایش (حدود ۴/۲) یافته و در دهه انتهایی به کمینه خود (۲/۴۳) می رسد. به نظر می رسد که در دهه انتهایی به سمت عرض های بالا عوامل مؤثر بر تباین توزیع ماه به ماه بارش کاسته شده اند. این امر ممکن است به دلیل کاهش سازوکارهای بارش فصل سرد یا فصل گرم در عرض های بالای کشور باشد. آلپرت و همکاران (۲۰۰۴، Alpert et al., ۱۹۹۰) نشان دادند که طی دهه های اخیر چرخندهای توأم با بارش در خاورمیانه به سمت عرض های بالاتر جابه جا شده اند. این امر کاهش بارش فصول توأم با بارندگی را به دنبال داشته است. میانگین کل دوره آماری نشان می دهد که به ازای هر درجه افزایش طول جغرافیایی (به سمت شرق) به شرط ثابت ماندن بقیه عوامل، حدود ۰/۲۶ درصد ضریب تغییرات ماه به ماه افزایش می یابد. در قیاس با این متوسط، به سمت انتهایی دوره، دهه ها با تناوب افزایش - کاهش مشخص می شوند. بیشینه نقش این عامل در دهه ۱۳۶۵-۱۳۷۴ (حدود ۰/۷۱) است. همچنین کمینه نقش طول جغرافیایی در دهه انتهایی مورد بررسی (دهه ۱۳۸۵-۱۳۹۴) بوده است. رابطه معکوس ضریب تغییرات ماه به ماه بارش با ارتفاع به شرط ثابت بودن بقیه عوامل به طور متوسط حدود ۰/۰۱ درصد به ازای هر متر (۱ درصد به ازای هر کیلومتر) ارتفاع است. در واقع به ازای هر کیلومتر ارتفاع از سطح دریا، حدود یک درصد از ضریب تغییرات ماه به ماه بارش کاسته می شود. الگوی وردایی دهه های این ضریب نیز مشابه نقش طول جغرافیایی تناوبی است و کمینه آن در دهه انتهایی رخ داده است.

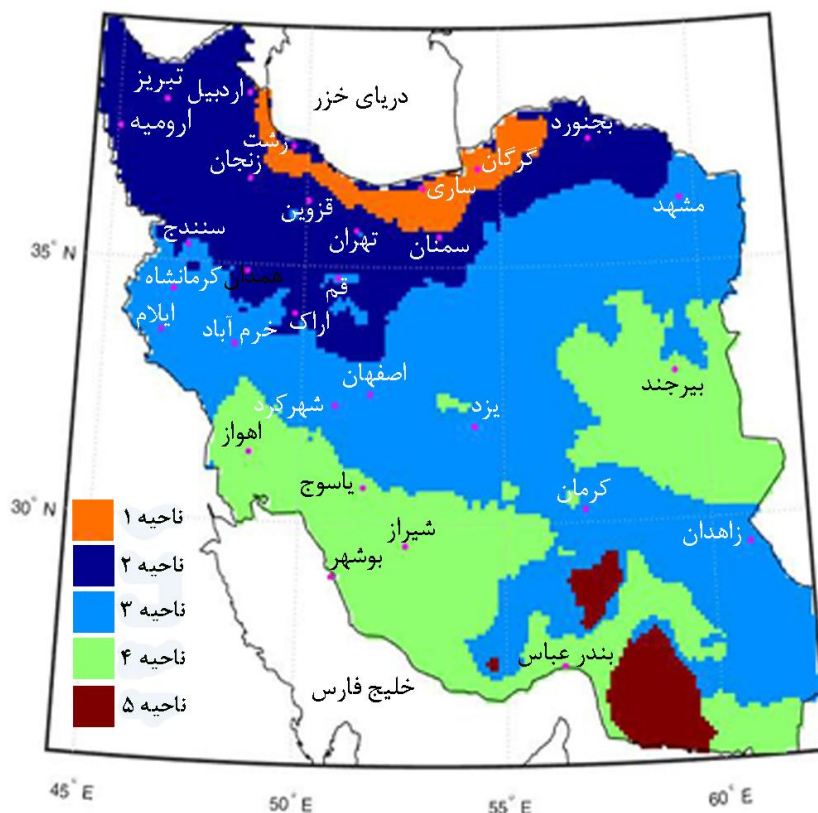
با مقایسه مقادیر میانگین بارش دهه‌ای (ستون آخر جدول ۲) و براساس ضریب‌تغییرات دهه‌ای و نیز روابط ارایه شده در جدول ۱ می‌توان یک رابطه هرچند ضعیف بین میزان بارش سالانه (P) و ضریب‌تغییرات (CV) ماه‌به‌ماه بارش در پهنه کشور استنباط نمود. از این‌رو برای برآورد ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش با کمک عنصر بارش، معادله رگرسیون برای کل دوره و دهه‌های مربوط برآورد و نتایج در جدول ۴ ارایه گردید:

جدول ۵. رگرسیون ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش با میانگین دوره‌ای بارش برای کل دوره (۱۳۹۴-۱۳۴۹) و زیردوره‌ها

ضریب تعیین	معادله رگرسیون	
۰/۳۱۵	$CV = 103.45 - 0.05P$	۱۳۶۴-۱۳۵۵
۰/۱۶	$CV = 103.51 - 0.04P$	۱۳۷۴-۱۳۶۵
۰/۱۱	$CV = 102.77 - 0.04P$	۱۳۸۴-۱۳۷۵
۰/۱۹	$CV = 99.04 - 0.05P$	۱۳۹۴-۱۳۸۵
۰/۱۷۷	$CV = 98.76 - 0.04P$	کل دوره

می‌توان دید که در تمامی معادلات ارایه شده در جدول ۴ افزایش بارندگی در هر محل با کاهش ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه همراه است؛ مثلاً برای کل دوره، به‌ازای هر میلی‌متر افزایش بارندگی، حدود ۰/۰۴ درصد از میزان ضریب‌تغییرات ماه‌به‌ماه بارش کاسته می‌شود. این مقدار اگرچه معنی‌دار است، اما بسیار کم و قابل اغماض است. باین وجود می‌توان یک حالت آستانه‌ای از آن استنباط نمود و آن این‌که نواحی با بارش بیشتر ماه‌های مشابه‌تری به‌لحاظ بارش دریافتی را تجربه می‌کنند. مطالعات پیشین (برای مثال علیجانی، ۱۳۷۴؛ مسعودیان، ۱۳۹۰) نیز به‌این واقعیت اذعان داشته‌اند که نواحی پربارش ایران (نظیر سواحل خزر، زاگرس مرتفع و شمال‌غرب ایران) دراکثر ماه‌های سال با بارش همراه هستند.

برای تخمین الگوی فضایی ضریب‌تغییرپذیری ماه‌به‌ماه و ناهنجاری آن نسبت به کل دوره تحلیل خوشه‌ای انجام شد. دارنمای تحلیل‌های مزبور در شکل ۲ ارایه شد. بدین ترتیب همان‌گونه که در بخش «داده‌ها و روش‌ها» گفته شد، با آزمون و خطا نقشه‌های گروه‌بندی با نقشه‌های ارایه شده در شکل ۳ مقایسه شد. گروه‌بندی که با رخدادهای ارایه شده در شکل ۳ انطباق بهتر و بیشتری داشت، به عنوان گروه‌بندی مطلوب اختیار شد. نتایج این گروه‌بندی در شکل ۵ ارایه شده‌است. می‌توان دید که نواحی ۱، ۲ و ۳ تا عرض جغرافیایی حدود ۳۲ درجه شمالی «تقریباً» موازی با مدارات هستند و بویژه برای نواحی ۱ و ۲ به شکل نوارهایی ممد و بدون انقطاع مشاهده می‌شوند. ویژگی‌های این نواحی براساس نقشه‌های ارایه شده در شکل ۳ به شرح زیر است:



شکل ۴. نواحی پنج گانه تغییرپذیری ماه به ماه بارش و تغییرپذیری دهه‌ای آن

ناحیه ۱: این ناحیه عمدتاً منطبق بر کمینه ضریب تغییرات ماه به ماه بارش برای کل دوره آماری و نیز برای هر چهار دهه مورد بررسی و نیز منطبق بر بلندی‌های البرز، جلگه خزری (به جز نوار ساحلی) و پیشکوه‌های البرز است. این ناحیه طی چهار دهه با ناهنجاری $\pm 10\%$ درصد مشخص می‌شود. این ویژگی هم در مورد ناهنجاری نسبت به کل دوره آماری و هم نسبت به دهه‌های پیشین صادق است.

ناحیه ۲: در رتبه‌بندی تغییرات ماه به ماه از کم به زیاد، ناحیه ۲ رتبه دوم را احراز می‌کند. این ناحیه شامل سواحل خزری، شمال غرب ایران (از شمالی‌ترین بخش تا شمال کردستان) به سمت جنوب شرق تا شمال اصفهان امتداد دارد و سپس به سمت شمال شرق کشور با کاهش عرض (محدود به ناحیه ۱ در شمال و ناحیه ۳ در جنوب) امتداد یافته است. ناهنجاری‌ها در دهه اول $\pm 10\%$ درصد و در دهه‌های انتهایی بویژه دو دهه آخر مثبت (تا $+20\%$ درصد) بوده است. بدین معنی که تباین ماه به ماه بارش افزایش یافته است؛ یعنی در دهه‌های انتهایی تمرکز بارش رخ داده است. با این وجود دهه‌های متوالی نسبت به هم از تناوب افزایش - کاهش برخوردار بوده‌اند.

ناحیه ۳: این ناحیه با ضریب تغییرات $80-100\%$ درصد برای کل دوره آماری و نیز برای چهار دهه مشخص می‌شود. در قیاس با کل دوره آماری در دهه اول کاهش ضریب تغییرپذیری (تا 10% درصد) و در دهه دوم با تغییرپذیری متباین ($\pm 10\%$) مشخص می‌شود. در دو دهه انتهایی افزایش ضریب تغییرپذیری (برای دهه سوم تا 20% درصد و برای دهه چهارم از صفر تا 30% درصد) مشخص می‌شود. در قیاس با دهه پیشین دهه دوم ناحیه‌ای ناهمگون اما با اختلاف نسبتاً کم ($\pm 5\%$ درصد) مشخص می‌شود. در دهه سوم نیز تغییرپذیری افزایش (تا 30% درصد) و در دهه چهارم با روند فضایی

مشخص می‌شود. در دهه چهارم بخش غربی این ناحیه ناهنجاری منفی و به سمت شرق ناهنجاری مثبت را تجربه کرده‌است.

ناحیه ۴: ناحیه دوبخشی (بخش اول در شرق کشور شامل جنوب خراسان شمالی، خراسان جنوبی، شمال استان سیستان و بلوچستان و کرمان است. بخش دوم سواحل جنوب شامل استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان و بلوچستان و همچنین بخش‌هایی از استان فارس و کهگیلویه و بویراحمد است.) که منطبق بر بخش عمده‌ای از پهنه زیر پوشش بیشینه ضریب تغییرات در چهار دهه و برای کل دوره است. این ناحیه در دو دهه نخست بیشترین ناهنجاری منفی را نسبت به کل دوره آماری تجربه کرده بود و در دهه سوم ناهنجاری مثبت نمود بیشتری در این ناحیه داشته‌است. در دهه چهارم بخش شرقی ناحیه با ناهنجاری منفی و بخش ساحلی عمدتاً با ناهنجاری مثبت مواجه بوده‌است. در دو دهه ۱۳۶۵-۱۳۷۴ و ۱۳۸۴-۱۳۷۵ نسبت به دهه‌های پیشین رفتارهای تناوبی توأم با روند فضایی از ویژگی‌های متمایز کننده این ناحیه است. برای مثال در دهه ۱۳۶۵-۱۳۷۴ در بخش شرقی این ناحیه از شمال به جنوب از ناهنجاری منفی (حدود ۱۰-) تا بیشینه روند مثبت در نهبندان - زابل و نواحی مجاور امتداد دارد. در دهه ۱۳۷۴-۱۳۸۵ این وضعیت با شدت بیشتر (در بخش ساحلی در امتداد غرب به شرق) رخ داده‌است. این بخش از ناحیه ۴ در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۴ با جهتی معکوس (بیشینه ناهنجاری مثبت در غرب و به سمت شرق تا ۱۰-) دیده می‌شود.

ناحیه ۵: ناحیه ۵ در جنوب شرقی کشور در مجاورت ناحیه ۴ و در دو پهنه با تفاوت مساحت قابل توجه اما در قیاس با نواحی دیگر بسیار کوچک دیده می‌شود. بخش کوچک‌تر در جنوب شرقی استان کرمان و بخش بزرگ‌تر در جنوب بلوچستان و شرق هرمزگان دیده می‌شود. این ناحیه در دو دهه نخست بخشی از سرزمین توأم با بیشینه ضریب تغییرپذیری ماه به ماه را شامل می‌شود و در دو دهه آخر بر سرزمین‌هایی منطبق است که با ضریب تغییرپذیری کم‌تر از ۸۰٪ دیده می‌شود. به لحاظ ناهنجاری تغییرپذیری بارش نسبت به کل دوره آماری در دو دهه نخست ناحیه پر وسعت هرمزگان - بلوچستان بیشینه ناهنجاری مثبت را داشته‌است؛ در دو دهه انتهایی نیز بیشینه ناهنجاری منفی را تجربه کرده‌است. اما ناحیه جنوب شرقی کرمان در دو دهه اول با ناهنجاری مثبت تقریبی ۲۰-۱۰ درصد توأم بوده‌است. در دو دهه انتهایی با ناهنجاری منفی (حدود ۱۰- درصد) مواجه بوده‌است. در قیاس با دهه‌های پیشین نیز در تمامی دهه‌ها ناهنجاری منفی بر این ناحیه حاکم بوده‌است.

نتیجه‌گیری

بارش به عنوان یک عنصر اقلیمی با رفتاری پیچیده و آشوبمند شناخته می‌شود. یکی از رفتارهای ظاهراً بی‌نظم بارش، توزیع ماه به ماه آن است. در پژوهش حاضر وردایی دهه‌ای این رفتار، به عنوان نمایه‌ای از ساختار اقلیم کشور، طی چهار دهه اخیر و تغییرپذیری روابط آن با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک و نیز الگوی فضایی آن بررسی شد. یافته‌های پژوهش حاضر تنوع تباین ماهانه بارش در کشور را تایید نمود، اما برخلاف انتظار روند بلند مدت تغییرپذیری ماه به ماه بارش عموماً در کشور به لحاظ آماری معنی‌دار نیست. افزایش بارندگی در هر محل با کاهش ضریب تغییرات ماه به ماه همراه بوده‌است. همچنین طی دهه‌های مختلف تغییرات قابل توجهی بین نواحی با کمینه، بیشینه و در نتیجه دامنه تغییرات مکانی و نیز میانگین پهنه‌ای ضریب تغییرات ماه به ماه بارش مشاهده نشد. با این وجود، نواحی توأم با بارش نسبتاً یکنواخت کشور برای چهاردهه متوالی رفتار تناوبی داشته‌اند. همچنین گستره پهنه‌های توأم با مقادیر مختلف تغییرپذیری نیز بویژه به سمت دهه انتهایی تغییر می‌یافته‌است. اگرچه در هر دهه و نیز در کل دوره این

گستره‌ها با عوامل مکانی - توپوگرافیک در ارتباط معنی‌داری بوده‌است، اما این رابطه نسبتاً کم بوده است. نقش متغیرهای مکانی - توپوگرافیک به سمت دهه انتهایی به کمینه مقدار خود رسیده است. تحلیل فضایی مبتنی بر تحلیل خوشه‌ای، ۵ ناحیه تغییرپذیری ماه به ماه بارش به دست داد. این نواحی از عرض جغرافیایی حدود ۳۲ درجه به سمت شمال، به طور تقریبی از مدارات تبعیت می‌کنند؛ ولی در نیمه جنوبی کشور عموماً با نصف‌النهارات ارتباط بیشتری به نمایش می‌گذارند.

منابع

- اختصاصی، محمدرضا؛ فرشید جهان بخشی، محمدرضا کوثری. ۱۳۹۴. بررسی روند بارش در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک ایران با روش ناپارامتری و جمع متحرک داده با مرتبه ۱ تا ۴۸ ماهه طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵. *تحقیقات منابع آب/ایران*، ۱۱: ۱۵۱-۱۵۶.
- بابائی‌فینی، ام‌السلّمه و منوچهر فرج‌زاده. ۱۳۸۲. نمایه‌های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران. *سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم/اصفهان*، ۲۹ مهر تا اول آبان: ۱۵۰-۱۵۳.
- جانباز قبادی، غلامرضا؛ عباس مفیدی و آذر زرین. ۱۳۹۰. شناسایی الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲: ۴۰-۲۳.
- رامشت، محمدحسین. ۱۳۷۵. کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی. اصفهان: چاپ اول. انتشارات دانشگاه اصفهان، اصفهان.
- رضیعی، طیب و قاسم عزیزی. ۱۳۸۷. بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۶۵: ۹۳-۱۰۸.
- عساکره، حسین. ۱۳۸۶. تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران و طی دهه‌های اخیر. *جغرافیا و توسعه*، ۱۰: ۱۶۴-۱۴۵.
- عساکره حسین و رباب رزمی. ۱۳۹۱. تحلیل تغییرات بارش سالانه شمال غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۴۷: ۱۶۲ - ۱۴۷.
- عساکره، حسین؛ فاطمه ترکارانی و صغری سلطانی. ۱۳۹۳. میانگین الگوهای گردشی توأم با بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱: ۸۵-۹۶.
- عساکره حسین و رباب رزمی قلندری. ۱۳۹۳. توزیع زمانی و رژیم بارش در شمال غرب ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۱۱۲: ۱۴۵-۱۶۰.
- عساکره، حسین. ۱۳۹۶. *مبانی پژوهش در آب‌وهواشناسی*، چاپ اول. انتشارات دانشگاه زنجان، زنجان.
- عسکری، احمد و فاطمه رحیم‌زاده. ۱۳۸۲. برجستگی نوسان بارش در کشور نسبت به روند و جهش آن. *سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم/اصفهان*، ۲۹ مهر تا اول آبان: ۲۳۳-۲۳۷.
- علیجانی، بهلول. ۱۳۷۴. *آب و هوای ایران*، چاپ سیزدهم. انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- علیجانی، بهلول؛ حسین محمدی و آتوسا بیگدلی. ۱۳۸۶. نقش الگوهای فشار در بارش‌های سواحل جنوبی دریای خزر. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، ۱۶: ۵۲-۳۷.
- کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۲. تحلیلی آماری از رژیم بارندگی ایران. *مجله رشد آموزش جغرافیا*، ۱۳: ۴-۱۲.
- کتیرایی، پری سیما؛ سهراب حجام، پرویز ایران‌نژاد. ۱۳۸۶. سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۳: ۶۷-۸۳.
- محمدی، بختیار. ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۴۳: ۱۰۶-۹۵.
- مسعودیان، ابوالفضل و هوشمند عطایی. ۱۳۸۴. شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. *مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان*، ۱۸: ۱-۱۲.
- مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۴. شناسایی رژیم بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۵۲: ۵۹-۴۵.
- ناظری تهرودی محمد؛ کیوان خلیلی و فرشاد احمدی. ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه‌ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران. *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، ۳۰: ۶۵۴-۶۴۳.

- Alpert, P.; BU Neeman, and Y. Shay-El. ۱۹۹۰. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus* ۴۲: ۶۵-۷۷. DOI ۱۰,۱۰۳۴/j.۱۶۰۰-۰۸۷۰,۱۹۹۰,۰۰۰۰۷.x
- Alpert, P.; I. Osetinsky, B. Zivb, H. Shafir. ۲۰۰۴. Semi-objective classification for daily synoptic systems: application to the eastern Mediterranean climate change. *International journal of climatology*, ۲۴: ۱۰۰۱-۱۰۱۱. DOI ۱۰,۱۰۰۲/joc.۱۰۳۶
- Asakereh, H. ۲۰۱۷. Trends in monthly precipitation over the northwest of Iran (NWI). *Theoretical and Applied Climatology*, ۱۳۰: ۴۴۳-۴۵۱. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s.۰۰۷۰۴-۰۱۶-۱۸۹۳-۸
- Asakereh H. ۲۰۲۰. Decadal variation in precipitation regime in northwest of Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, ۱۳۹: ۴۶۱-۴۷۱. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s.۰۰۷۰۴-۰۱۹-۰۲۹۸۴-۹.
- Burt, T.P.; B. P. Horton. ۲۰۰۷. Inter-decadal variability in daily rainfall Durham since the ۱۸۵۰s. *International Journal of climatology*, ۸: ۹۴۵-۹۵۶. DOI ۱۰,۱۰۰۲/joc.۱۴۴۳.
- Dalezios, N. R. and A. Bartzokas. ۱۹۹۵. Daily precipitation variability in semiarid agricultural regions in Macedonia, Greece. *Hydrological Sciences* ۴۰: ۵۶۹-۵۸۵. DOI ۱۰,۱۰۸۰/۰۲۶۲۶۶۶۹۵.۹۴۹۱۴۴۵.
- Kadioglu M. ; N. Ozturk, H. Erdun, Z. Sen Z. ۱۹۹۹. On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis. *International journal of climatology*, ۱۹: ۱۷۱۷-۱۷۲۸. DOI ۱۰,۱۰۰۲/(SICI)۱۰۹۷-۰۰۸۸(۱۹۹۹۱۲)۱۹:۱۵.
- Kadioglu, M.; N. Ozturk, H. Erdun and S. Zekai. ۱۹۹۹. On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis. *International journal of climatology*, ۱۹: ۱۷۱۷-۱۷۲۸. DOI ۱۰,۱۰۰۲/(SICI)۱۰۹۷-۰۰۸۸(۱۹۹۹۱۲)۱۹:۱۵<۱۷۱۷::AID-JOC۴۷۰>۳,۰.CO;۲-%۲۳.
- Karagiannidis .A. F; A. A. Bloutsos, P. Maheras, and Ch. Sachsamanoglou. ۲۰۰۸. Some statistical characteristics of precipitation in Europe, *Theoretical and Applied Climatology*, ۹۱: ۱۹۳-۲۰۴. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s.۰۰۷۰۴-۰۰۷-۰۳۰۳-۷.
- Ramos, M. C. ۲۰۰۱, Rainfall distribution patterns and their change over time in a Mediterranean area. *Theoretical and Applied Climatology*, ۶۹: ۱۶۳-۱۷۰. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s.۰۰۷۰۴۰۱۷۰۰۲۲.
- Scott, C.M. and M. D. Shulman. ۱۹۷۹. An areal and temporal analysis of precipitation in the united state. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. ۱۸: ۶۲۷-۶۳۳. DOI ۱۰,۱۱۷۵/۱۵۲۰-۰۴۵۰(۱۹۷۹)۰۱۸<۰۶۲۷:AAATAO>۲,۰.CO;۲.
- Tarawneh, Q. and M. Kadioglu. ۲۰۰۲. An analysis of precipitation Climatology in Jordan. *Theoretical and Applied Climatology*, ۷۴: ۱۲۳-۱۳۶. DOI ۱۰,۱۰۰۷/s.۰۰۷۰۴-۰۰۲-۰۷۰۵-۵.

