

## شناسایی و ناحیه‌بندی تغییرات زمانی و یکنواختی بارش در ایران

امید مفاخری\* - دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران

محمد سلیقه - دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی

بهلول علیجانی - استاد آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی

مهری اکبری - استادیار آب‌وهواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۷/۲۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۱۰/۱۳

### چکیده

بارش از متغیرترین عناصر اقلیمی است که تغییرات آن پیامدهای محیطی و اقلیمی دارد. هدف از این پژوهش شناسایی نواحی اقلیمی از نظر توالی روز بارشی و بررسی ویژگی یکنواختی بارش است. برای تحقق اهداف از روش تحلیل خوشه‌ای برای ناحیه‌بندی اقلیمی و به منظور بررسی پراکندگی مکانی و زمانی بارش از آماره ضریب تغییرات و یکنواختی (H) در سه بازه زمانی (۵ سال اول، دوم، و سوم) سالانه و فصلی برای شناخت جزئیات تغییرات بارش استفاده شد. بر اساس معیار روز بارشی (بارش یک‌روزه تا بارش با توالی هفت روز و بیشتر)، ایران به هفت ناحیه اقلیمی تقسیم شد. سپس، نواحی مختلف ایران از لحاظ سهم توالی‌های بارش در تأمین روز بارش مقایسه شد. مشخص شد که بارش یک‌روزه در اغلب نواحی بیشترین سهم را در ایجاد بارش دارد. همچنین، مشخص شد که میانگین ضریب تغییرات سالانه ایران در دهه سوم (۲۰۰۴-۲۰۱۳) افزایش یافته و شاخص یکنواختی بارش این دهه کاهش یافته است؛ به عبارت دیگر، بارش در دهه سوم به تمرکز گرایش داشته است. نمایه یکنواختی بارش ناحیه‌ها نشان داد که ناحیه ۴ (شمال غرب و شمال شرق کشور) و ناحیه ۳ (سواحل شمال کشور) تمایل به یکنواختی زمانی دارند و کمترین مقدار یکنواختی مربوط به ناحیه ۱ (سواحل جنوب و جنوب شرق کشور) است.

کلیدواژه‌ها: ایران، تمرکز، توالی روز بارش، ضریب تغییرات، ناحیه‌بندی.

### مقدمه

تغییر در میزان و رژیم بارندگی از جمله مظاهر درخور توجه تغییرات اقلیمی است. کاهش یا افزایش میزان بارندگی در بسیاری از پدیده‌های اقلیمی و محیطی، مانند رواناب، سیلاب، دمای هوا، رطوبت هوا، و همچنین در بسیاری از فعالیت‌های بشر، مانند کشاورزی و نوع مسکن، اثر دارد. از طرفی دیگر، نیاز روزافزون به شناخت ویژگی‌های اقلیمی از ضروریات زندگی بشر امروز است. افزایش اطلاعات اقلیمی موجب شده تا شناخت ویژگی‌های اقلیمی تک‌تک مناطق بسیار زمان‌بر باشد. از این رو، استفاده از روش‌های جدید طبقه‌بندی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. یکی از روش‌های

پُر کاربرد در طبقه‌بندی تحلیل خوشه‌ای است؛ اخیراً این روش به صورت گسترده در پهنه‌بندی‌های اقلیمی به کار گرفته شده است. در زمینه تغییرات و نوسانات زمانی و مکانی بارش و تحلیل خوشه‌ای مطالعات ارزشمندی انجام گرفته است: کانسکار و همکاران (۲۰۰۴: ۱۶۵۹) الگوی مکانی رژیم بارش را در نپال با استفاده از تحلیل خوشه‌ای بررسی کردند و چهار رژیم بارشی را در این محدوده شناسایی نمودند. مارتینز و همکاران (۲۰۰۷: ۱۲۳) رژیم بارش روزانه را در کاتالونیا<sup>۱</sup> با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و مؤلفه‌های اصلی بررسی کردند. ریزر و کوتیل (۲۰۰۷: ۱۰۶) رژیم بارش را در والنسیا و لارناکا<sup>۲</sup> مطالعه کردند. نتایج نشان داد رژیم بارش در لارناکا از همگنی و یکنواختی بیشتری نسبت به والنسیا برخوردار است. اسکلاسر و همکاران (۲۰۰۸: ۳) رژیم بارش را در منطقه دران میود<sup>۳</sup> قطب جنوب مطالعه کردند و نشان دادند که بارندگی در مناطق ساحلی به سبب فعالیت‌های سیکلونی از توزیع فصلی مناسب‌تری نسبت به داخل خشکی برخوردار است.

مامدوف و همکاران (۲۰۰۹: ۴۰۷) به بررسی تغییرات جاری رژیم بارش جوی در کشور آذربایجان پرداختند. این مطالعه نشان داد که گرم شدن فراگیر در همه جای قلمرو آذربایجان با کاهش مقدار متوسط بارش جوی سالانه عمدتاً از طریق کاهش بارش در طی یک دوره گرم آوریل و اکتبر رخ داده است. کرویتورو و همکاران (۲۰۱۵: ۵) به بررسی تغییرات فرین‌های بارش در رومانی پرداختند. در این مطالعه، که با بررسی در طی دوره آماری پنجاه‌وسه ساله انجام شد، به این نتیجه رسیدند که آب‌وهوای رومانی مرطوب‌تر شده و این امر به‌ویژه در مناطق شمالی نمود بیشتری داشته است، اگرچه معنی‌داری توزیع فضایی روند در منطقه بسیار نامنظم بوده است. با تجزیه و تحلیل شاخص آستانه ثابت، رخداد بارش فرین به وسیله افزایش تعداد روزهای بارش (R0.1) و روند رو به رشد غالب برای تعداد روزهای جدا شده با بارش متوسط و سنگین (R5, R10) شناخته شده است.

می‌نی و همکاران (۲۰۱۶: ۳۵۷) به بررسی تغییرات نوع بارش و انواع ابر در شرق رومانی (۱۹۶۱-۲۰۰۸) پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که همه ایستگاه‌های حاضر روند کاهشی معناداری را در تعداد روزهای همراه با بارش در دوره گرم سال ارائه می‌دهند. چنانچه تغییرات در فراوانی روزهای همراه با انواع بارش رابطه معنی‌داری آماری را در کاهش روند غیرهمرفتی (طبقه‌وار) بارش باران، ژاله، بوران، و بارش برف نشان می‌دهد؛ در صورتی که فراوانی بارش باران و بارش برف (بارش همرفتی) در حال افزایش است. در مطالعه‌ای دیگر (لیم زاکول و سینگ راک، ۲۰۱۶: ۳۱۴) به بررسی روندهای بلندمدت و تغییرپذیری مجموع بارش‌های فرین در تایلند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در بیشتر مناطق تایلند تعداد بارش کمتر بوده، ولی شدت آن‌ها بیشتر شده است. علاوه بر این، شاخص‌های اندازه‌گیری میزان حوادث فرین‌های بارش نشان می‌دهد گرایش به سمت شرایط مرطوب‌تر با بارش سنگین کمک بیشتری به کسری بارش سالانه می‌کند. یکی از نتایج این تغییرات افزایش فراوانی و شدت سیل است که به تازگی در بیشتر مناطق تایلند مشهود است. در

1. Catalonia
2. Valencia and Larnaca
3. Dronning Maud

مقیاس‌های بین سالانه در بازه زمانی ده‌ساله، ارتباط معنی‌داری بین تغییرپذیری شاخص‌های بارش و شاخص ال نینو نوسان جنوبی (ENSO) و نوسان ده‌ساله اقیانوس آرام (PDO) پیدا شد؛ این نتایج نشان داد که پدیده‌های آب‌وهوای بزرگ‌مقیاس اقیانوس آرام از طریق پیوند از دور در مجموع تغییرپذیری کلی بارش‌های شدید در تایلند اثر می‌گذارد. همچنین، در طول سال لائینا و فاز سرد PDO در تایلند مقدار بارش بیشتر و حوادث شدیدتر است و در طول سال ال نینو و PDO فاز گرم برعکس است. به هر حال، این مطالعه تصویری دقیق‌تر از روندهای منسجم را در مقیاس ایستگاه و ثبت تغییراتی که در قرن بیست‌ویکم رخ داده است - که هر دو در ارتباط با تصمیم‌گیری درباره استراتژی‌های مدیریتی مؤثر است - ارائه داده است.

اقلیم‌شناسان مطالعات پراکنده‌ای درباره ویژگی‌های رژیم بارشی ایران انجام داده‌اند: بابایی فینی و فرج‌زاده (۱۳۸۲)؛ (۱۶۶) خصوصیات عمده رژیم بارش ایران را توأم با نوسان‌های شدید و کوتاه‌بودن دوره بارش می‌دانند. مسعودیان (۱۳۸۴)؛ (۵) رژیم بارش در ایران را بررسی و پهنه‌بندی کرد. وی سه رژیم بارشی را در ایران شناسایی نمود. قاسمی و جامع (۱۳۸۵: ۲۴) رژیم بارش را در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه بررسی کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که ایستگاه یادشده دارای رژیم بارش زمستانه و بهاره است. رضیئی و عزیزی (۱۳۸۷: ۱۰۳) توزیع مکانی بارش در غرب ایران را با استفاده از داده‌های ۱۷۰ ایستگاه تحلیل کردند و دریافتند که رژیم بارش بخش‌های شمالی پهنه مورد بررسی با بخش‌های مرکزی و جنوبی متفاوت است. بخش‌های شمالی پهنه دارای رژیم بهاره و از نظم بیشتری برخوردار است. بخش‌های میانی و جنوبی دارای رژیم بارش زمستانه است. همچنین، رضیئی و عزیزی (۱۳۸۸: ۶۶) به شناسایی مناطق همگن بارش در غرب ایران پرداختند و پنج منطقه همگن بارش را در این بخش شناسایی کردند.

عساکره (۱۳۸۹) در پژوهشی به تحلیل تغییر بارش در استان زنجان پرداخت. ایشان در این مطالعه به این نتیجه رسیدند که شاخص فصلی استان گویای دو نوع رژیم بارش است: رژیم نخست - که بیش از ۷۹/۴ درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد - عمدتاً فصلی با یک فصل کوتاه خشک و رژیم دوم، که شامل یک رژیم کاملاً فصلی است، حدود ۲۰/۶ درصد مساحت استان را پوشش می‌دهد. در همه این دو پهنه، روند بارش طی دوره مورد بررسی کاهش یافته است. حیدری بنی و همکاران (۱۳۸۹) ضریب برف در ایستگاه چلگرد در منطقه کوه‌رنگ استان چهارمحال و بختیاری را در ماه‌های مختلف سال بررسی و محاسبه کردند؛ نتایج بیانگر تغییرات این ضریب در ماه‌های مختلف سال از ۱۳/۶ درصد در آبان‌ماه تا ۸۷/۲ درصد در دی‌ماه بوده است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰: ۳۵) برای پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران از تحلیل خوشه‌ای استفاده کردند. در پژوهش یادشده، از داده‌های روزانه ۱۶۹ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی و باران‌سنجی در طی دوره آماری ۱۹۵۱ - ۲۰۰۴ استفاده شد. نتیجه پژوهش نشان داد، با استفاده از روش خوشه‌بندی وارد، منطقه مورد مطالعه بر حسب مقدار و زمان دریافت بارش به سه ناحیه بارشی متمایز تقسیم می‌شود. مناطق یادشده، با توجه به وضعیت بارشی آن‌ها، شامل منطقه کم‌بارش، پُربارش، و متوسط است.

جهان‌بخش اصل و همکاران (۱۳۹۴: ۶۰) در مطالعه‌ای به بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش در شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که شهرستان تبریز از لحاظ بارش به سه گروه مجزای

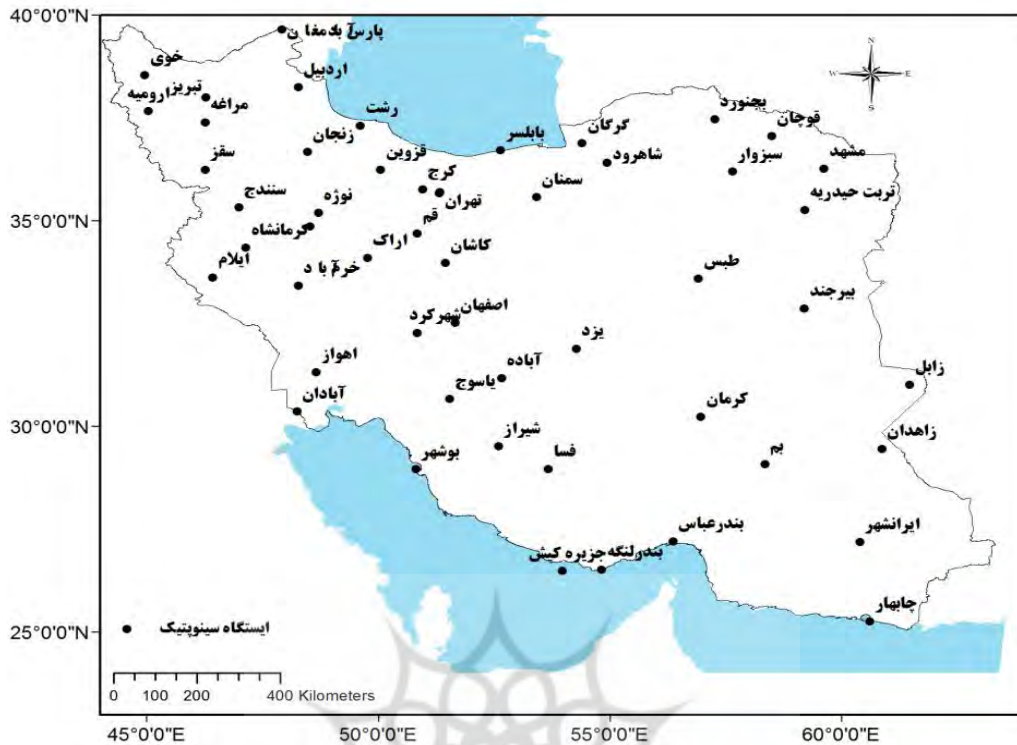
بارش کم، متوسط، و زیاد تفکیک‌شدنی است. عساکره و رزمی قلندری (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای دیگر توزیع زمانی و رژیم بارش را در شمال غرب ایران مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که کمترین ضریب تغییرات و بیشترین یکنواختی بارش در شمال شرق پهنه مورد بررسی رخ می‌دهد. این بخش دارای رژیم بارش یکنواخت با یک فصل مرطوب است و نشان می‌دهد سامانه‌های متنوع باران‌زایی در این بخش‌ها از بیشینه فعالیت برخوردارند. در نقطه مقابل آن، بخش جنوب غربی پهنه دارای رژیم بارش کاملاً متمرکز است و بازتابی است از تأثیر فزاینده سامانه‌های متمرکز در یک فصل. حدود ۸۰ درصد از پهنه اخیر دارای رژیم بارش فصلی با یک فصل خشک کوتاه است. کم‌بودن مقدار بارش و نوسانات آن در مقیاس روزانه فصلی و سالانه از ویژگی ذاتی اقلیم ایران است؛ با توجه به تأثیرات بارندگی در منابع آب زیرزمینی، ذخایر آب سطحی، و برف استفاده از شاخص‌هایی برای بیان تغییرات آن ضروری به‌نظر می‌رسد (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۹۵).

با توجه به مباحث مطرح‌شده، بارش پرنوسان‌ترین عنصر اقلیمی از نظر مکانی و زمانی است که تغییرات شدید این عنصر اقلیمی به تغییرات الگوی جهانی جوی منجر می‌شود و ایران هم از این قضیه مبرا نبوده و نخواهد بود (امیری، ۱۳۸۶: ۲۳). به عبارت دیگر، توزیع زمانی و مکانی بارش در ایران متأثر از توزیع سیستم‌های گردش جهانی است که کمترین تغییر در الگوی آن ناهنجاری‌های شدید آب‌وهوایی را به دنبال می‌آورد. بنابراین، ناهنجاری‌های مکانی و زمانی بارش و تغییرات شدید در شدت بارندگی و تفاوت در نوع بارش از عمده‌ترین ویژگی‌های بارش ایران است (بابایی فینی و فرج‌زاده، ۱۳۸۱: ۵۲). با توجه به اینکه در زمینه شناسایی و ناحیه‌بندی ایران بر اساس تعداد روز بارشی و بررسی تمرکز و یکنواختی بارش نواحی مطالعاتی انجام نگرفته است، هدف از این تحقیق شناسایی و ناحیه‌بندی ایران بر اساس هفت متغیر روز بارشی، شناسایی نواحی اقلیمی ایران از نظر توالی روز بارشی، و بررسی تغییرات و یکنواختی بارش است.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

پهنه ایران بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه طول شرقی قرار دارد. حدود دو سوم سطح کشور را اقلیم خشک و نیمه‌خشک فراگرفته است (علیزاده، ۲۰۱۰: ۲۱۵)؛ به طوری که حداقل بارندگی سالانه در کویر لوت چند میلی‌متر یا حتی در بعضی سال‌ها صفر است و حداکثر آن در بندر انزلی بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال است. متوسط بارندگی کشور تقریباً ۲۴۰ میلی‌متر در سال است که پراکنش نامنظمی در سطح کشور دارد (علیزاده، ۲۰۱۰: ۲۱۵). شکل ۱ منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. پراکندگی و موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

برای شناسایی نواحی بارشی ایران، نخست داده‌های ساعتی بارش ۵۳ ایستگاه سینوپتیک، که دارای دوره مشترک آماری بودند، از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۳ از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. نخست، برای مشخص کردن روز بارشی (بارش با میزان  $0.1$  میلی‌متر و بیشتر)، داده ساعتی به روزانه تبدیل شد. به منظور اجرای طبقه‌بندی از نظر دوره تداوم بارشی، روزهای بارشی در هفت طبقه بارش، بارش یک‌روزه، بارش با توالی دو روز، بارش با توالی سه روز الی هفت روز بررسی و استخراج شد. شایان ذکر است که بارش‌های بیشتر از هفت روز در کلاس بارش با توالی هفت روز قرار داده شد. برای شناخت نواحی اقلیمی و ویژگی‌های آن‌ها از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. برای اجرای تحلیل خوشه‌ای و ناحیه‌بندی از روش فاصله اقلیدسی و روش ادغام وارد به دلیل طبقه‌بندی مناسب‌تر و به حداقل رساندن مجموع مربعات انحرافات درون‌گروهی استفاده شد. در این روش، از میان همه خوشه‌ها زوجی با هم ترکیب می‌شوند که مجموع مربعات انحرافات اعضای خوشه ادغامی آن‌ها از میانگین مربوطه کمترین باشد. فرایند خوشه‌بندی همه مشاهدات را به تناسب اندازه فاصله آن‌ها گروه‌بندی می‌کند؛ بدین صورت که نخست مشاهدات نزدیک با هم ادغام می‌شوند و در مرحله بعدی خوشه‌های نزدیک‌تر بعدی با هم ادغام می‌شوند. بدین صورت که در آغاز فرایند خوشه‌بندی به تعداد مشاهدات خوشه وجود دارد و در آخرین مرحله همه مشاهدات در یک خوشه جمع می‌شوند (علی‌جانی، ۱۳۹۰). برای ناحیه‌بندی بر اساس تحلیل خوشه‌ای از هفت متغیر روز بارشی، شامل بارش یک‌روزه، دو روز متوالی، سه روز متوالی، چهار روز متوالی، پنج روز متوالی، شش روز متوالی بارشی، و هفت روز بارش متوالی، استفاده شد. نتیجه نهایی تقسیم کشور ایران به هفت ناحیه با بیشترین تشابه درون‌گروهی و بیشترین تفاوت برون‌گروهی از نظر متغیرهای تعداد روز بارشی شد. برای مطالعه

ویژگی زمانی بارش از دو نمایه ضریب تغییرات و نمایه یکنواختی بارش بهره گرفته شد. از این دو نمایه به منظور شناخت تمرکز یا یکنواختی بارش در طی دوره آماری مورد نظر در ناحیه‌های تهیه شده بارشی استفاده شد تا امکان مقایسه پراکندگی زمانی بارش بر حسب ماه‌ها یا فصول سال ایجاد شود. به منظور تحلیل و نمایش تغییرات زمانی و پراکنش مکانی بارش، ضریب تغییرات فصلی، سالانه، و دهه‌ای (شامل سه دوره زمانی (۱۹۸۴-۱۹۹۳، ۱۹۹۴-۲۰۰۳، و ۲۰۰۴-۲۰۱۳) برای کل پهنه محاسبه شد. این نمایه از نسبت انحراف معیار (s) به میانگین ( $\bar{x}$ ) و بر اساس رابطه ۱ به درصد بیان می‌شود (محمودوند و همکاران، ۲۰۰۷: ۵۲۰):

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \quad (1)$$

سپس، به منظور تعیین یکنواختی توزیع زمانی بارش طی ماه‌های دوازده‌گانه سال و شناخت سهم هر ماه از میانگین مجموع بارش سالانه و نمایه یکنواختی بارش استفاده شد. برای استفاده از این نمایه، نخست میانگین مجموع بارش ماهانه بر اساس رابطه ۲ استاندارد شد (گیور و مسعودیان، ۱۳۷۸: ۲۱):

$$PS(i) = \frac{p(i)}{py} * 100 \quad (i=1,2,\dots,12) \quad (2)$$

در این رابطه،  $PS(i)$  بارش استاندارد شده ماه  $i$ ام و  $p(i)$  میانگین مجموع بارش ماه  $i$ ام، و  $py$  میانگین مجموع بارش سالانه است. سپس، نمایه یکنواختی توزیع ماهانه بر اساس رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

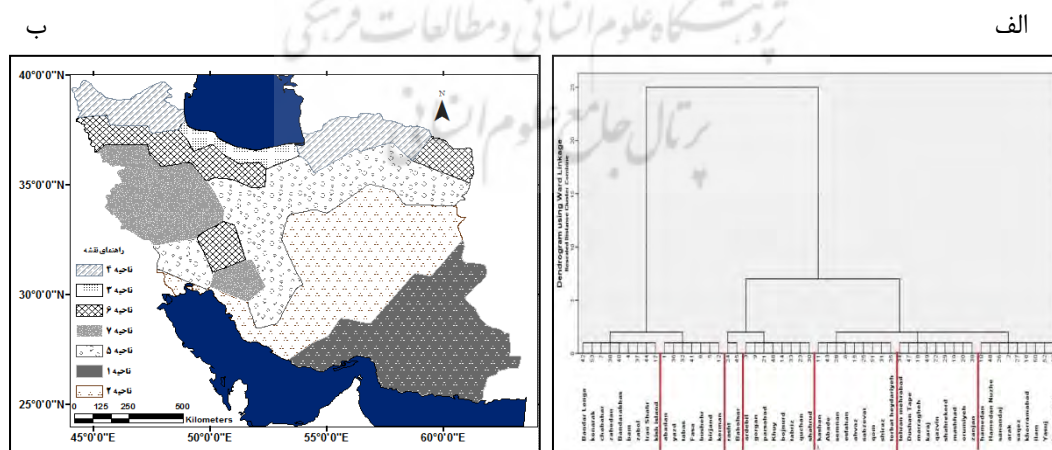
$$H = 100 - K \sum_{i=1}^{12} |P_s(i) - c| \quad (3)$$

در این رابطه،  $H$  نمایه یکنواختی توزیع ماهانه بارش و  $K$  ضریب تناسب و برابر با  $\frac{12}{22}$  و  $C$  مقداری ثابت و برابر  $\frac{100}{12}$  است. نمایه یکنواختی بین صفر (نایکنواختی کامل) و ۱۰۰ (یکنواختی کامل) نوسان می‌کند. سپس، در محیط GIS، با استفاده از امکانات Extension های Spatial Analysis Tools به تهیه نقشه‌های سالانه، دهه‌ای، و فصلی برای ناحیه‌های مطالعاتی اقدام شد تا از این رهگذر پهنه‌هایی از کشور، که در معرض مخاطره بارش‌های کوتاه و سیلابی است، مشخص شود. به عبارتی دیگر، نواحی آسیب‌پذیرتر مشخص شوند.

## یافته‌های پژوهش

در فرایند ناحیه‌بندی ایران، از لحاظ توالی روز بارش بر اساس تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی، گستره ایران به هفت پهنه تفکیک شد. شکل ۲ الف نمودار درختی (دارنما) حاصل از اعمال تحلیل خوشه‌ای بر داده‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که از محل تقطیع این نمودار می‌توان مشاهده کرد، پهنه مورد مطالعه به هفت ناحیه تقسیم شده است: ناحیه ۱: این ناحیه، که شامل ساحل جنوب و جنوب شرق ایران است، دربرگیرنده ایستگاه‌های بندر لنگه، کنارک، چابهار، زاهدان، بندرعباس، بم، زابل، ایرانشهر، و کیش است. در این ناحیه تداوم و توالی بارش یک‌روزه بیشینه سهم روزهای بارشی را تشکیل می‌دهد. بعد از این توالی روز بارشی، بارش با توالی دو و سه روز سهم روز بارش این ناحیه را به خود اختصاص داده است. شایان ذکر است که این ناحیه از هفت مشخصه توالی روز بارش فقط شامل این سه توالی روز بارشی (بارش یک روز، بارش با توالی دو روز، و توالی سه روز بارش) است. ناحیه ۲: این ناحیه شامل ایستگاه‌های آبادان، یزد، طیس، فسا، بوشهر، بیرجند، و کرمان است و بخش‌هایی از شرق، مرکز، و جنوب غرب ایران را در بر گرفته است. در این ناحیه

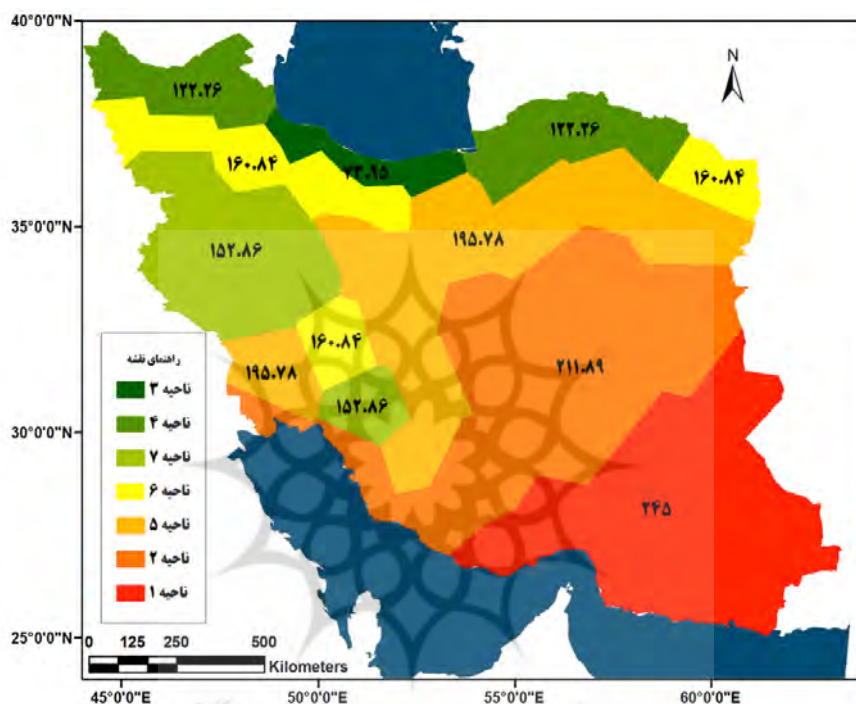
نیز بیشترین سهم بارش به وسیله توالی بارش یک روز ایجاد شده است. سایر توالی‌ها در جایگاه بعدی قرار دارند. ناحیه ۳ سواحل دریای خزر است؛ ایستگاه‌های رشت و بابل در این ناحیه قرار گرفته‌اند. در این ناحیه توالی بارش یک و دو روز بیشترین روز بارشی ناحیه را تأمین می‌کنند. ناحیه ۴ شامل دو محدوده مکانی متفاوت و دارای ویژگی توالی روز بارشی تقریباً یکسانی است. محدوده اول شامل شمال غرب ایران و محدوده دوم شامل بخش‌هایی از شرق خزر و شمال شرق ایران است؛ ایستگاه‌های اردبیل، گرگان، پارس‌آباد، خوی، بجنورد، تبریز، قوچان، و شاهرود در این ناحیه قرار گرفته‌اند. در این ناحیه نیز توالی بارش یک روز بیشترین سهم بارش را دارد. به ترتیب توالی بارش دو و سه‌روزه بیشترین بارش این ناحیه را تأمین می‌کنند. ناحیه ۵: این ناحیه نیز شامل دو محدوده است. ایستگاه‌های کاشان، آباد، سمنان، اصفهان، اهواز، سبزواری، قم، شیراز، و تربت حیدریه در این ناحیه قرار گرفته‌اند. در این پهنه توالی بارش یک روز تا چهار روز همه سهم روزهای بارشی را تأمین می‌کند. سایر توالی‌ها در تأمین روز و مقدار بارش نقشی ندارند. ناحیه ۶: این ناحیه دارای سه محدوده و دربرگیرنده ایستگاه‌های تهران، دوشان‌تپه، مراغه، کرج، قزوین، شهرکرد، مشهد، ارومیه، و زنجان است. در این ناحیه نیز توالی بارش یک روز بیشترین سهم روز بارشی را تأمین می‌کند و از نظر تأمین بارش همه توالی‌های روز بارش در این ناحیه سهم دارند. ناحیه ۷: این ناحیه نیز دارای دو محدوده است: محدوده اول بخش‌هایی از غرب ایران و محدوده دوم بخشی از جنوب غرب ایران را شامل می‌شود. این ناحیه ایستگاه‌های همدان، سنندج، یاسوج، ایلام، خرم‌آباد، اراک، همدان، نوه، کرمانشاه، و سقز را در ترکیب خود جای داده است. در ناحیه ۷ نیز همانند دیگر نواحی توالی بارش یک روز بیشترین سهم روزهای بارشی را تشکیل می‌دهد و سایر توالی‌ها در جایگاه‌های بعدی قرار می‌گیرند. بیشترین بارش این ناحیه به وسیله توالی بارش دوروزه، سه روز، و چهار روز ایجاد شده است. شکل ۲ ب موقعیت گروه‌های حاصل از اجرای ناحیه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. الف) نمودار درختی حاصل از اجرای تحلیل خوشه‌ای؛ ب) موقعیت گروه‌های حاصل از اجرای ناحیه‌بندی ضریب تغییرات سالانه بارش

ضریب تغییرات سالانه و فصلی بارندگی گویای شدت تغییرات بارندگی است. این نمایه می‌تواند الگویی نسبی از تغییرپذیری بارش ارائه کند (عساکره و رزمی قلندری، ۱۳۹۳). توزیع مکانی میانگین این نمایه برای هر ناحیه بر اساس

فرمول ۱ محاسبه و در شکل ۳ ارائه شده است. درصد ضریب تغییرات بارش سالانه ایران از ۷۳/۹۵ تا ۲۴۵ درصد در حال تغییر است. به عبارتی دیگر، اختلاف مکانی بارش ناحیه‌ها زیاد است؛ به طوری که ناحیه ۳، با درصد ضریب تغییرات ۷۳/۹۵، کمترین ضریب تغییرات را دارد که ناشی از پراکندگی نسبتاً مناسب بارش در طول سال است. بعد از این ناحیه، ناحیه ۴ کمترین ضریب تغییرات را داراست. ناحیه ۷، که مناطق غربی کشور و یاسوج را شامل می‌شود، در مرتبه سوم قرار گرفته است و به سمت شرق، جنوب، و جنوب شرق کشور ضریب تغییرات افزایش یافته است. تغییرپذیری بارش در ناحیه ۱ بیشترین درصد تغییرات را دارد.



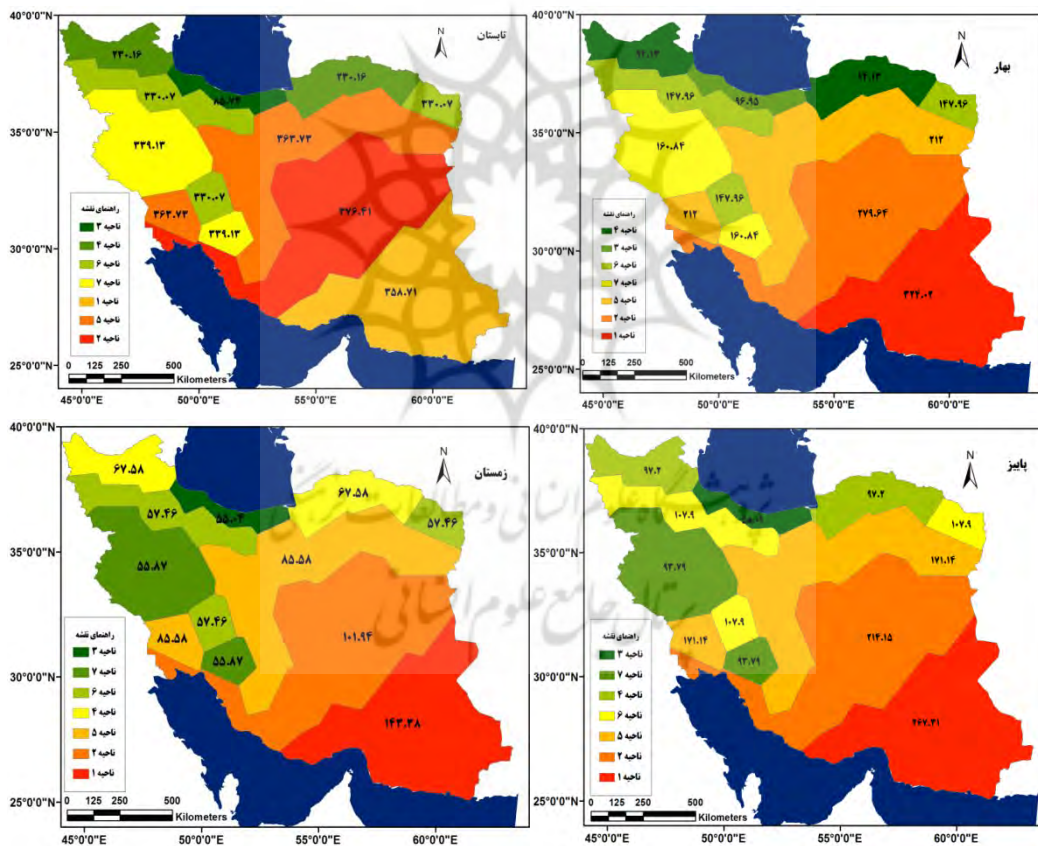
شکل ۳. توزیع ناحیه‌ای ضریب تغییرات زمانی بارش ۳۰ سال ایران

## تغییرات فصلی بارش

ضریب تغییرات فصل بهار: با توجه به ضریب تغییرات فصل بهار نواحی بارش ایران (شکل ۴)، کمترین ضریب تغییرات را ناحیه ۴ با مقدار ۹۴/۱۳ درصد به خود اختصاص داده است و در مرتبه بعدی ناحیه ۳ قرار دارد. در این فصل، با فاصله گرفتن از نواحی شمالی کشور به سمت جنوب و جنوب شرق کشور، ضریب تغییرات بیشتر شده است؛ به طوری که در نواحی مرکزی، با توزیع نامنظم بارش، این مقدار به ۲۷۹/۶ درصد و در جنوب شرق و سواحل دریای عمان به بیشترین مقدار خود ۳۲۴/۲ درصد رسیده است. در این فصل نواحی ۱ و ۲ دارای فراوانی بیشترین بی‌نظمی در بارش‌اند. به سبب آنکه سیستم‌های بارشی وارد شده به ایران به عرض‌های بالاتر می‌روند و از کشور خارج می‌شوند، در سمت شرق و جنوب و جنوب شرق ایران ضریب تغییرات بارش زیاد شده است. ضریب تغییرات فصل تابستان: در این فصل بارندگی بیشتر نواحی ایران قطع شده است، به همین دلیل، ضریب تغییرات همه نواحی به بیشترین مقدار خود رسیده است. نکته حائز



اهمیت این است که ضریب تغییرات ناحیه ۱ نسبت به نواحی مرکزی ایران کاهش یافته است؛ به نظر می‌رسد به سبب بارش‌های موسمی- که از سمت جنوب شرق وارد کشور شده- این تغییر رخ داده است. همان طور که مشاهده می‌شود، ناحیه ۲ بیشترین ضریب تغییرات را داشته است و می‌توان گفت بارش‌های کم و اتفاقی موجب بروز ضریب تغییرات بزرگ شده است. ضریب تغییرات فصل پاییز: در این فصل به ترتیب نواحی ۳ و ۷ با مقدار ضریب تغییرات ۵۸/۹ و ۹۳/۷۹ درصد به نسبت کمترین درصد ضریب تغییرات را و ناحیه ۱ بیشترین سهم تغییرات بارشی را به خود اختصاص داده است. ضریب تغییرات فصل زمستان: در فصل زمستان، ضریب تغییرات نواحی هفتگانه کشور به کمترین مقدار خود رسیده است (شکل ۴: زمستان). بارش‌ها پراکندگی مکانی مناسب‌تری دارند. در این فصل ناحیه ۴، در مقایسه با مقیاس سالانه و فصول دیگر، ضریب تغییرات بیشتری دارد. به نظر می‌رسد، با توجه به داشتن عرض جغرافیایی بالاتر و سرد بودن هوا، از میزان بارش کاسته شده و بر میزان پراکندگی بارش و تغییرات آن افزوده شده است.

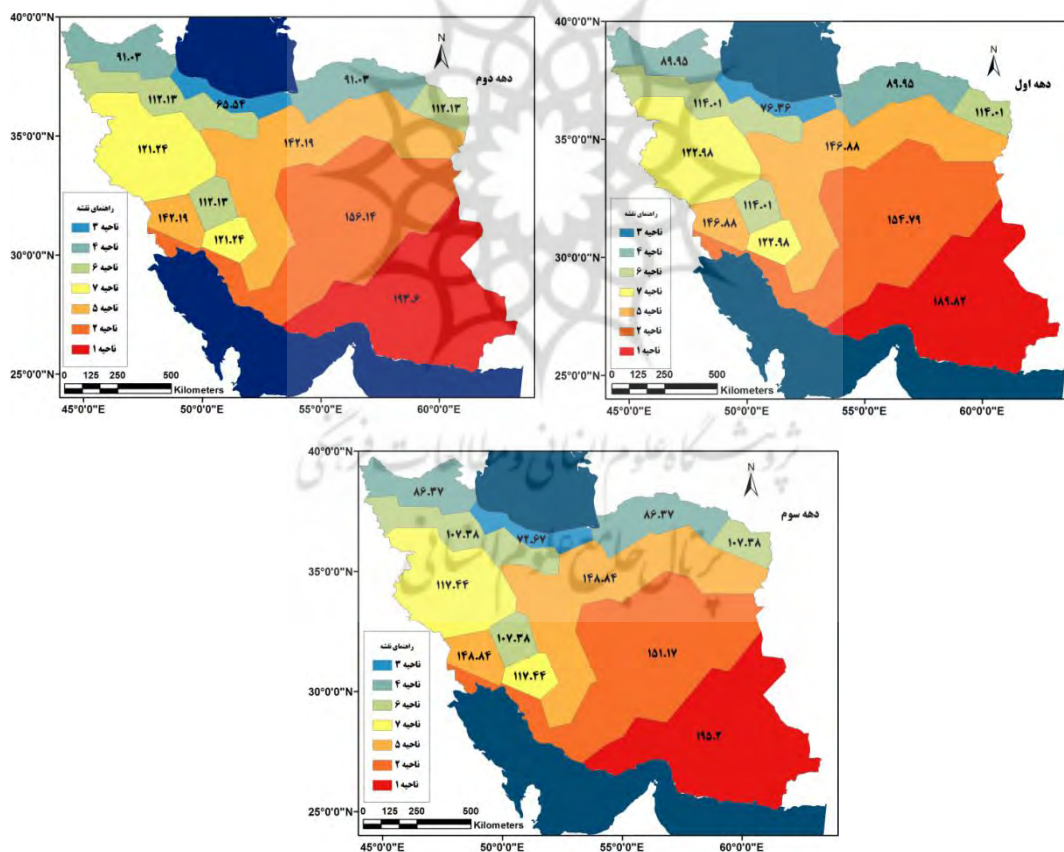


شکل ۴. توزیع ناحیه‌ای ضریب تغییرات فصلی بارش در ایران

### تغییرات زمانی بارش در دهه‌ها (اول، دوم، و سوم)

تغییرات زمانی بارش در ایران به سه بازه زمانی دهساله (دهه اول: ۱۹۸۴-۱۹۹۳؛ دهه دوم: ۱۹۹۴-۲۰۰۳؛ دهه سوم: ۲۰۰۴-۲۰۱۳) تقسیم شد. مقایسه ضریب تغییرات بارش ناحیه‌ها در سه دهه مجزا (شکل ۵) گویای شدت تغییرات بارش

در هر سه بازه زمانی است. ملاحظه می‌شود که تغییرپذیری دهه به دهه ایران از ۷۶ تا ۱۹۵ درصد در تغییر است. در واقع، این تفاوت اختلاف در میزان بارش دریافتی را نشان می‌دهد (عساکره و رزمی قلندری، ۱۳۹۳). همان طور که مشاهده می‌شود، ضریب تغییرات دهه اول نوسان شدید بارش را در نواحی مختلف نشان می‌دهد؛ به طوری که ناحیه ۳ کمترین ضریب تغییرات را داراست. بیشترین ضریب تغییرات در دهه اول متعلق به ناحیه ۱ با مقدار تقریبی ۱۹۰ درصد است. کمترین تغییرات در دهه دوم و سوم، از نظر ترتیب نواحی، به ترتیب مربوط به نواحی ۳، ۴، ۶، ۷، ۵، ۲، و ۱ بوده است. در هر دهه مقادیر درصد تغییرات هر ناحیه متفاوت است؛ به طوری که در دهه اول ناحیه ۱ نسبت به دهه دوم و سوم کمترین ضریب تغییرات را داشته است و در دهه دوم نواحی ۳ و ۵ کمترین ضریب تغییرات را نسبت به دهه اول و سوم دارد. در دهه سوم به ترتیب نواحی ۲ و ۷ ضریب تغییرات نسبتاً پایینی را نسبت به دهه اول و دوم داشته‌اند. با مقایسه درصد ضریب تغییرات در سه دهه مطالعاتی، میانگین ضریب تغییرات منطقه مطالعاتی دهه دوم ۱ واحد در مقایسه با دهه اول و سوم کاهش داشته است. آنچه درخور تأمل و مورد بحث است افزایش میانگین ضریب تغییرات دهه سوم است.

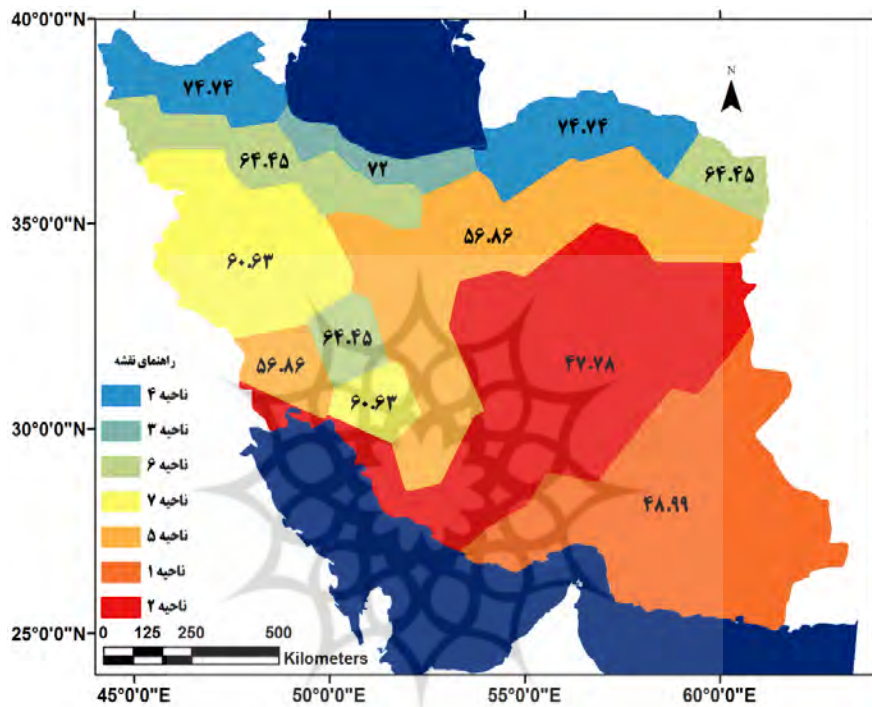


شکل ۵. تغییرات ضریب بارش ایران در دهه‌های مختلف

## نمایه یکنواختی بارش

یکنواختی توزیع زمانی بارش نمایه مناسبی برای تشخیص و شناسایی بارش متمرکز و یکنواخت نواحی است. هر چه نمایه یکنواختی به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد نمایانگر توزیع زمانی یکنواخت بارش است و هر چه این نمایه به صفر نزدیک

باشد نمایانگر توزیع بارش متمرکز است. با به‌کارگیری روشی که اصول آن بیان شد، میانگین سالانه شاخص یکنواختی هر ناحیه محاسبه شد. شکل ۶ حاصل این محاسبات را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ناحیه ۴ و ۳ با نمایه یکنواختی بارش بیشتر از ۷۰ درصد تمایل به یکنواختی زمانی دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، یکنواختی بارش از شمال کشور به سمت نواحی مرکزی کمتر شده است؛ به طوری که کمترین میزان یکنواختی مربوط به ناحیه ۱ است که منطقه‌ای خشک و با بارش پراکنده و رگباری نسبت به دیگر نواحی ایران است.



شکل ۶. توزیع مکانی نمایه یکنواختی بارش سالانه در ایران

با مطالعه نمایه یکنواختی نواحی در دهه‌های مطالعاتی، مشخص شد که در دهه اول نواحی ۳ و ۴ تمایل به یکنواختی دارند. به عبارتی، می‌توان گفت توزیع زمانی بارش و سهم ماهانه این دو ناحیه از بارش دارای تغییرات زیادی نیست. در دهه دوم ناحیه ۴ و سپس ناحیه ۳ به ترتیب با میزان شاخص یکنواختی ۶۹/۱۵ و ۶۵/۷۷ درصد از نظر زمانی گرایش به یکنواختی بارش دارند. همچنین، مشخص شد که در ناحیه ۲ بارش در طی سال یکنواخت نیست. به عبارت دیگر، بارش متمرکز کوتاه‌مدت و رگباری است و بارش به فصل خاص یا ماه‌های خاصی محدود شده است. در دهه سوم بیشترین میزان نمایه یکنواختی بارش را ناحیه ۴ داراست. هر چه از نواحی ۳ و ۴ کشور فاصله گرفته شده، مقدار یکنواختی بارش کم شده است. با مقایسه شاخص یکنواختی بارش ناحیه‌ها در سه دهه مشخص شد که تغییرات بارش نواحی ۴ و ۵ در سه برهه زمانی ده‌ساله بدون تغییر بوده است. میانگین نمایه یکنواختی بارش (H) همه نواحی نشان داد که در دهه دوم نمایه H در مقایسه با دهه اول افزایش داشته، اما در دهه سوم این نمایه کاهش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد که توزیع زمانی بارش در ایران در دهه سوم متمرکز بارش را تجربه کرده است. به عبارتی دیگر، بارش اغلب نواحی رگباری، کوتاه‌مدت، و متمرکز و محدود به زمان خاصی از سال شده است.



یکنواخت است. ناحیه ۴ دربرگیرنده شمال غرب و شمال شرق ایران و شامل ایستگاه‌های اردبیل، گرگان، پارس‌آباد، خوی، بجنورد، تبریز، قوچان، و شاهرود است. این ناحیه بارشی در سه برهه زمانی ده‌ساله دارای بارش با توزیع زمانی یکنواخت است. در فصل بهار، به سبب بارش‌های بهاره آذربایجان و توزیع مناسب آن‌ها در این فصل، ضریب تغییرات بارش به کمترین مقدار خود نسبت به نواحی هفتگانه رسید. ناحیه ۵، که شامل ایستگاه‌های کاشان، آباد، سمنان، اصفهان، اهواز، سبزوار، قم، شیراز، و تربت حیدریه است، دارای ضریب تغییرات بالا برابر با ۱۴۶ و عدم یکنواختی بارش است و شاخص یکنواختی آن برابر با ۵۲ است؛ این موضوع نشان‌دهنده بارش با تراکم متوسط است. ناحیه ۶ ایستگاه‌های تهران، دوشان‌تپه، مراغه، کرج، قزوین، شهرکرد، مشهد، ارومیه، و زنجان را شامل می‌شود. ضریب تغییرات این ناحیه برابر با ۱۱۱ است و شاخص یکنواختی آن برابر با ۵۹ است و نشان‌دهنده عدم پراکندگی مناسب زمانی بارش است. به عبارت دیگر، بارش این ناحیه دارای تراکم متوسط است. ناحیه ۷، که عمدتاً نواحی غربی و جنوب غرب کشور را در بر می‌گیرد، دارای ویژگی عدم توزیع یکنواخت بارش و بارش با تراکم متوسط در این ناحیه از کشور است. در نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده شد که بر اساس تداوم‌های بارش پنج ناحیه تقریباً همگن در ایران وجود دارد (نظری‌پور، ۱۳۹۲). همچنین، غیور و مسعودیان (۱۳۷۸)، بر اساس میزان یکنواختی توزیع بارش، پنج قلمرو جداگانه را شناسایی کردند و نشان دادند که بارش‌های بخش شمالی کشور یکنواخت‌تر و بارش پهنه‌های مرکزی و به‌ویژه جنوبی متمرکز است؛ این نتایج با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. بررسی فصلی ضریب تغییرات بارش نشان داد که در فصل زمستان سامانه‌های بارشی کشور به بیشترین مقدار خود می‌رسند و تقریباً همه نواحی کشور را در بر می‌گیرند و بارش‌ها توزیع یکنواختی مناسب‌تری دارند. با مقایسه بارش نواحی از نظر تغییرپذیری زمانی و مکانی در سه دهه مطالعاتی مشخص شد که میانگین ضریب تغییرات منطقه مطالعاتی دهه دوم در مقایسه با دهه اول و سوم کاهش داشته است. آنچه درخور تأمل و مورد بحث است افزایش میانگین ضریب تغییرات دهه سوم است. با مقایسه شاخص یکنواختی بارش ناحیه‌ها در سه دهه مشخص شد که بارش نواحی ۵ و ۴ در سه برهه زمانی ده‌ساله بدون تغییر بوده است. میانگین نمایه یکنواختی بارش (H) همه نواحی نشان داد که در دهه دوم نمایه H، در مقایسه با دهه اول، افزایش داشته است، اما در دهه سوم این نمایه کاهش یافته است. این موضوع نشان می‌دهد که توزیع زمانی بارش در ایران در دهه سوم تمرکز بارش را تجربه کرده است. به عبارتی دیگر، بارش اغلب نواحی رگباری، کوتاه‌مدت، و متمرکز و محدود به زمان خاصی از سال شده است که می‌تواند پیامدهای متعددی داشته باشد از جمله کاهش منابع آبی، افزایش خشکی، از بین رفتن پوشش گیاهی، افزایش پدیده گرد و غبار، کاهش بازدهی و کیفیت محصولات کشاورزی. پیشنهادهای مطالعاتی: تأثیر تغییرات یکنواختی بارش روی منابع آبی (سطحی و زیرزمینی)، پوشش گیاهی، زراعت دیم، و نیاز آبی گیاه بررسی و مطالعه شود.

## منابع

- امیری، ر. (۱۳۸۶). تحلیل و پیش‌بینی نوسانات بارش در شهرستان خرم‌آباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم.
- بابایی فینی، ا. و فرج‌زاده، م. (۱۳۸۲). نمایه‌های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۲۹ مهر تا ۱ آبان.

- جهان‌بخش اصل، س.؛ ابطی، و.؛ قربانی، م.؛ تدینی، م. و والایی، ا. (۱۳۹۴). بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای، فصل‌نامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، ۵۰: ۵۹-۸۱.
- حیدری بنی، م.؛ شیاسی، م. و میرعباسی، م. (۱۳۸۹). بررسی دقت واسنجی ضریب برف چاندرا در کوه‌رنگ، مجموعه مقالات اولین همایش ملی برف، بهمن و یخ، شهرکرد، ۱۸ شهریور تا ۱۹ شهریور ۱۳۹۳.
- خلیلی، ک.؛ ناظری تهرودی، م. و احمدی، ف. (۱۳۹۴). کاربرد شاخص PCI در بررسی الگوی بارش ایران و تحلیل روند تغییرات آن در مقیاس سالانه و فصلی طی نیم قرن اخیر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱: ۱۹۵-۲۰۸.
- رضیئی، ط. و عزیزی، ق. (۱۳۸۷). بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۵: ۹۳-۱۰۸.
- رضیئی، ط. و عزیزی، ق. (۱۳۸۸). شناخت مناطق همگن بارشی در غرب ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۴: ۶۵-۸۶.
- عساکره، ح. (۱۳۸۹). تحلیلی بر تغییر رژیم بارش در استان زنجان، مجله علمی و فنی نیوار، ۷۰ و ۷۱: ۱۸-۲۸.
- عساکره، ح. و رزمی قلندری، ر. (۱۳۹۳). توزیع زمانی و رژیم بارش در شمال غرب ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۱: ۳۷-۵۰.
- علیجانی، ب. (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چ ۴، تهران: سمت.
- غیور، ح. و مسعودیان، ا. (۱۳۷۸). بررسی مکانی شاخص یکنواختی توزیع زمانی بارش در ایران، تحقیقات جغرافیایی، ۵۵: ۲۰-۲۸.
- قاسمی، م. و جامع، ع. (۱۳۸۵). مطالعه رژیم بارندگی ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم‌شناسی، ۱ و ۲: ۱۴-۲۴.
- مسعودیان، ا.؛ آرنند، م. و کارساز، س. (۱۳۹۰). پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، ۱۱: ۳۵-۴۰.
- مسعودیان، ا. و عطایی، ه. (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۱: ۱-۱۲.
- نظری‌پور، ح.ر. (۱۳۹۳). نواحی تداوم بارش ایران، مجله جغرافیا و توسعه، ۳۶: ۱۹۵-۲۰۸.
- Alijani, B. (2013). *Synoptic climatology*, Publishing Samt, Tehran.
- Amiri, R. (2007). Analysis and Prediction of Precipitation in the city of Khorramabad using Markov chain model, Master's Thesis Ecology and Teacher Training University.
- Alizadeh, A. (2010). *Principales of applied hydrology*, 29th edition, University of Imam Reza press, 912p.
- Asakereh, H. and Razmi Qalandari, R. (2014). Time distribution and precipitation regime in the North West of Iran, *Geographical Research Quarterly*, 29(1): 112.
- Asakereh, H. (2010). Analysis of the rainfall regime change in Zanjan province, *Scientific and technical journals Nivar*, No. 70-71, Winter 89.
- Babaei Finney, O. and Farajzadeh, M. (2003). Spatial indexed of precipitation and changes in Iran, *The third regional conference and the first International Conference on Climate Change*, Isfahan.
- Croitoru, A-E; Piticar, A. and Burada, D. (2015). Changes in precipitation extremes in Romania, *Quaternary International*, 1-11.
- Ghasemi, M. and Jameh, A. (2006). The precipitation regime Kermanshah synoptic station, *Academic Bulletin Institute of Ecology*, 3(I and II): 14-24.
- Ghayor, H. and Masoodian, A. (2008). The uniformity index spatial temporal distribution of rainfall in Iran, *Geographical Research*, 55 and 54: 20-28.
- Heidari, B.; Shyasy, M. and Mir Abbasi, M. (2010). The accuracy of the calibration coefficient Chandra Koohrang snow, *Proceedings of the First National Conference on snow, Avalanches and ice*, Shahr Kord.
- Jahanbakhsh Asl, S.; Abtahi, V.; Ghorbani, M.A.; Tadini, M. and Valaei, A. (2003). Study of temporal and spatial distribution of rainfall city of Tabriz using cluster analysis, *Journal of geographic space*, 15(50): 59-81.
- Kansakar, R.; david, M., John, gerrard; and gwyn, R. (2004). spatial pattern in the precipitation regime of nepal, *Int. J. Climatol*, 24: 1645-1659.
- Khalili, K.; Nazeri Tahrodi, M.; and Ahmadi, F. (2015). Application the index PCI in the pattern of rainfall Iran and trend analysis on the scale annual and seasonally during the last half century, *The journal Irrigation and Drainage*, 1(9): 195-208.

- Limsakul, A. and Singhruck, P. (2016). Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand, *Atmospheric Research*, 169: 301-317.
- Mahmoudvand, R.; Hassani, H. and Wilson, R. (2007). Is the sample coefficient of variation a good estimator for the population coefficient of variation? *World Applied Sciences Journal*, 2(5): 519-522.
- Mamedov, R.M.; Safarov, S.G. and Safarov E.S. (2009). Current changes of the atmospheric precipitation regime on the territory of Azerbaijan, *Geography and Natural Resources*, 30 :403-407. UK.881.
- Manea, A.; Birsan, M.; Tudorache, G.; C rbunaru, F. and Changes, A. (2016). Changes in the type of precipitation and associated cloud types in Eastern Romania (1961° 2008), *Atmospheric Research*, 169: 357-365.
- Mart nez, M. D.; Lana, X.; Burgueno, A.; and Sara, C. (2007). Spatial and temporal daily rainfall regime in Catalonia (NE Spain) derived from four precipitation indices, years 1950° 2000, *Int. J. Climatol*, 27: 123-138.
- Masoodian, A. and Ataie, H. (2005). Identify the rainy seasons of the cluster analysis, *Journal of Research university Eesfahan*, 18(1): 1-12.
- Masoodian, A.; Darand, M. and Karsaz, S. (2011). Zoning of precipitation West and North West of Iran cluster analysis, *Journal of Natural Geography*, 11: 35-40.
- Nazaripor, H.R. (2014). Iran is continuing areas, *Journal of Geography and Development*, 36: 208-195.
- Raziei, T. and Azizi G. (2008). Reviews seasonal and annual rainfall distribution in the West of Iran, *Research in Natural Geography*, 65: 93-108.
- Raziei, T. and Azizi, G. (2009). West's areas recognition of of precipitation in homogeneous, *Geography and Environmental Planning*, 34: 65-86.
- Reiser, H. and Kutiel, H. (2007). The rainfall regime and its uncertainty in Valencia and Larnaca Adv, *Geosci.*, 12: 101-106.
- Schlosser, E.; Duda M.G.; Powers, J.G. and Manning, K.W. (2008). Precipitation regime of Dronning Maud Land, Antarctica, derived from Antarctic Mesoscale Prediction System (AMPS) archive data, *Journal of geophysical research*, Vol. 113, D24108.