

نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال پانزدهم، شماره ۳۸، پاییز ۹۴

## تحلیل آماری عدم اعتماد به بارندگی در ایران

دریافت مقاله: ۹۴/۵/۵ پذیرش نهایی: ۹۴/۹/۱۳

صفحات: ۲۲۹-۲۰۷

حسن ذوالفقاری: دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه<sup>۱</sup>

Email: h\_zolfaghari2002@yahoo.com

فیروز مجرد: دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه

Email: f\_mojarrad@yahoo.com

مجتبی میرزایی: دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه رازی

Email: mojtabamirzaei6@gmail.com

### چکیده

میانگین بارش سالانه در ایران حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که کمتر از یک سوم بارش میانگین جهانی است. علاوه بر کمبود بارندگی، توزیع نامتوازن و ناهمگون آن نیز بر بی اعتمادی به بارندگی در این سرزمین افزوده است. در این مطالعه، عدم اعتماد به بارش ایران با استفاده از شاخص عدم اعتماد به بارش (UI) که برخلاف روش‌های متعارف، رژیم بارش یا توزیع زمانی و ویژگی‌های بارش را مورد توجه قرار می‌دهد، بر اساس داده‌های آماری ۴۸ ایستگاه سینوپتیک کشور در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸) مورد بررسی قرار گرفته است. میزان روند و وضعیت معنی‌داری شاخص در هر ایستگاه از طریق آزمون ناپارامتری من کندال و برآورد کننده شیب سن در سطح اطمینان ۹۵٪ مشخص گردیده است. در نهایت، سطح کشور بر اساس مقادیر شاخص بدست آمده با استفاده از روش‌های میان‌یابی IDW و Kriging پهنه‌بندی شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که میزان متوسط عدم اعتماد به بارش در کل ایران، برابر با ۲/۲ یا حدود ۳۶٪ می‌باشد. میزان عدم اعتماد به بارش در نواحی مرطوب که شروع بارش زودتر و دوره بارندگی طولانی‌تری دارند، بیشتر و در مناطق خشک ایران که شروع بارش دیرتر و دوره بارندگی کوتاه‌تری دارند، کمتر است. اگر چه بین نواحی مختلف کشور از نظر عدم اعتماد به بارش، اختلاف زیادی وجود ندارد، با این وجود برخلاف دیدگاه سنتی رایج، عدم اعتماد به بارندگی در ناحیه مرطوب خزری و ناحیه نیمه مرطوب شمال غرب کشور، بیشتر است. در مقابل، کمترین مقدار عدم اعتماد به بارندگی، در منطقه خشک ساحلی جنوبی ایران مشاهده می‌شود. همچنین به جز در ایستگاه بندرلنگه در جنوب ایران که دارای شیب صعودی شاخص به میزان ۰/۰۴ در سال است، در سایر ایستگاه‌ها از نظر عدم اعتماد به بارش روند معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

کلیدواژه‌ها: شاخص عدم اعتماد به بارش، رژیم بارش، روندیابی، پهنه‌بندی، ایران

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: کرمانشاه، دانشگاه رازی، گروه جغرافیا

## مقدمه

بارش یکی از متغیرترین عناصر اقلیمی است، به طوری که هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی تغییرات زیادی نشان می‌دهد. به ویژه در مناطقی که از بارش کمتری برخوردارند، تغییرات بارندگی شدیدتر است. ایران با میانگین بارش سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر، در مقایسه با میانگین بارش جهانی که حدود ۹۶۰ میلی‌متر می‌باشد، کشوری خشک تلقی می‌شود. با این که از دیر باز مردم این سرزمین با بارش اندک و نوسانات آن سازش یافته‌اند، ولی هر گونه تغییری در میزان بارش و یا توزیع آن به معنای تغییر شکل زندگی در ایران خواهد بود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷: ۹۷). شناسایی ویژگیها و روند تغییرات دراز مدت میزان و توزیع زمانی و مکانی بارش در این سرزمین که با حیات میلیون‌ها انسان پیوند خورده است، بسیار مهم تلقی می‌شود. مسائلی مثل افزایش جمعیت و تقاضای فزاینده آب شیرین برای شرب و نیازهای صنایع و فعالیتهای جدید به منابع پایدار آب که لازمه توسعه پایدار است، بیش از پیش بر اهمیت این مسئله می‌افزاید. از این روبررسی ویژگی‌های مختلف بارش از جمله میزان عدم اعتماد به میزان و توزیع مکانی و زمانی بارش در سرزمین خشک و نیمه خشکی مثل ایران از اهمیت به سزایی برخوردار است.

مفهوم عدم اعتماد در آب و هواشناسی اشاره به عدم توانایی در دقت پیش‌بینی قطعی تغییرات آب و هوایی از نظر میزان، شدت، مکان و زمان وقوع آن دارد و شامل سه جزء: الف) عدم اعتماد زمانی ب) عدم اعتماد فضایی و ج) عدم اعتماد شدت و میزان، یا حتی فراتر از این سه جزء می‌تواند باشد (پاز و کوتیل، ۲۰۰۳). عدم اعتماد در آب و هواشناسی همچنین برای مطالعه عدم قطعیت شاخص‌های سامانه آب و هوایی از جمله شاخصهای متعددی از عناصر بارندگی، دما و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. پاز و کوتیل (۲۰۰۳) در پژوهشی به بررسی عدم اعتماد به بارش در شرق حوضه دریای مدیترانه در یک دوره زمانی ۲۶ ساله پرداخته و براساس پنج پارامتر بارشی، شاخص عدم اعتماد (UI) را تعیین نمودند. آنها نتیجه گرفتند که با کاهش طول مدت فصل بارش در این منطقه، شاخص عدم اعتماد به بارش به طور کلی در این منطقه گرایش به افزایش دارد. رایزر و کوتیل (۲۰۰۷) طی پژوهشی، عدم اعتماد به بارش را در دو ایستگاه والنسیا و لارناکای قبرس بوسیله پارامترهای رژیم بارش مورد انتظار «MER»، بررسی کرده و نشان دادند، ایستگاه لارناکا عدم اعتماد بارش کمتری نسبت به ایستگاه والنسیا دارد که احتمالاً به علت قطع کامل بارش طی فصل تابستان در ایستگاه لارناکاست. بررسی پیشینه موضوع نشان می‌دهد که در موضوع عدم اعتماد، حجم بیشتری از مطالعات به بارندگی

اختصاص یافته است. محققان هیدرولوژی و آب وهواشناسی در ایران و جهان عموماً با شاخص‌های عدم اعتماد به بارش، به پیش‌بینی سیل، میزان جریان و ذخیره آب پشت سد‌ها پرداخته‌اند. در این زمینه می‌توان به مطالعات حیدری و همکاران (۱۳۸۲)، فتحیان و همکاران (۱۳۸۹)، پور رضا بیلبندی و همکاران (۱۳۹۱)، شرافتی و ذهبیون (۱۳۹۲)، کبیر و بهره‌مند (۱۳۹۲)، مسکی و همکاران (۲۰۰۴) و آرنود و همکاران (۲۰۱۱) اشاره نمود. رایزر و کوتیل (۲۰۰۸) برای اصلاح روش تعیین عدم اعتماد به بارش در بخش دیگری از حوضه دریای مدیترانه، طی پژوهشی، با انتخاب ۴۱ ایستگاه از حوضه مدیترانه، روش جدیدی برای تعیین «تاریخ شروع تحلیل بارش»<sup>(۱)</sup> (SAD) مطرح نمودند. محققان نشان دادند که برای تعیین پارامترهای بارش، باید سال به صورت هیدرولوژیکی تنظیم گردد. بر این اساس آنگ ناستفولو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۸) با هدف کمی‌سازی عدم اعتماد به بارش کشور یونان توسط شاخص عدم اعتماد معرفی شده توسط پاز و کوتیل (UI) دو بخش جزیره‌ای و قاره‌ای این کشور را مقایسه و نتیجه گرفتند که بخش قاره‌ای عمدتاً عدم اعتماد بالاتری دارد. در ادامه اصلاحات مورد نیاز در روش پیشنهادی، رایزر و کوتیل (۲۰۰۹) در پژوهش دیگری با هدف مشخص کردن آستانه مناسب برای بارش روزانه و طول فصل بارش در منطقه مدیترانه، دریافتند که فرایند فیلتر کردن بارش، موجب کاهش تعداد دوره‌های مرطوب و کاهش میانگین زمانی بین دو دوره مرطوب و افزایش شدت دوره‌های مرطوب می‌شود. همچنین طول فصل بارش در مدیترانه، در شمال آن طولانی‌تر و در بخش‌های جنوبی کوتاه‌تر است. بر همین اساس، رایزر و کوتیل (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای به منظور طبقه‌بندی فصول بارش در مدیترانه، از پارامتر «مدت زمان ریزش درصد بارش سالانه»<sup>(۳)</sup> (DAP) در سه سطح ۱۰، ۵۰ و ۷۵ درصد استفاده نموده و نشان دادند که احتمال یک سال خشک بیشتر از یک سال مرطوب و همچنین احتمال وقوع سالهای دارای دوره بارش طولانی‌تر، بیشتر از سالهای با دوره‌های بارش کوتاه‌تر است. رایزر و کوتیل (۲۰۱۰) در پژوهشی با هدف تجزیه و تحلیل توزیع خشکی در منطقه مدیترانه، توسط پارامتر روزهای خشک از آخرین روز بارانی، دو منطقه متمایز تشخیص دادند: ۱- جنوب منطقه مورد مطالعه، شمال شرقی شبه جزیره ایبری، جنوب فرانسه و شمال غرب ایتالیا که دارای رژیم بارش کلاسیک مدیترانه‌ای با وضعیت خشکی در طول فصل تابستان است. ۲- شمال غربی و شمال شرقی منطقه مورد مطالعه با بارش پراکنده در طول سال است. آنها نتیجه گرفتند که عدم

<sup>۱</sup>- Starting Analysis Date

<sup>۲</sup>-Anagnostopoulou

<sup>۳</sup>- Date of Accumulated Percentage

اعتماد به بارندگی در منطقه دوم بسیار حیاتی می‌باشد. رایزر و کوتیل (۲۰۱۱) در پژوهشی در منطقه مدیترانه به منظور شناسایی تغییرات زمانی مهم در بروز حوادث فرین، روند عدم اعتماد در سری‌های زمانی چهار پارامتر تعداد دوره‌های مرطوب، میزان عملکرد دوره‌های مرطوب، مجموع بارش دوره‌های مرطوب و طول دوره بارش را بررسی و هیچ روند زمانی قابل توجه یا عدم اعتمادی را در سری‌های چهار پارامتر مذکور مشاهده نکردند.

نظریه آشفستگی<sup>۱</sup>، از جمله شاخص‌هایی است که توسط شانون<sup>۲</sup> (۱۹۴۸ a, b, ۱۹۴۸)، سپس توسط جوینز<sup>۳</sup> (۱۹۵۷ b, ۱۹۵۷ a) معرفی، و در زمینه ارزیابی کمی عدم اعتماد در متغیرهای منابع آب توسط حارمانجی‌اغلو<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۲) مورد استفاده قرار گرفت. مسعودیان (۱۳۸۵) در پژوهشی مقدار بارش ماهیانه ایستگاه‌های سینوتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی ایران را به کمک شاخص آشفستگی شانون بررسی و مشخص کرد مناطق شمالی کشور بارش یکنواخت‌تری (عدم اعتماد کمتر) دارند و هر چه بطرف جنوب پیش می‌رویم میزان یکنواختی کم‌تر (عدم اعتماد بیشتر) می‌شود. غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) در پژوهشی دیگر به توزیع زمانی بارش در ایران به کمک شاخص یکنواختی پرداختند و طبق این شاخص ایران به پنج قلمرو تقسیم و مشخص شد بخش‌های شمالی بارش یکنواخت‌تر و هرچه به طرف جنوب پیش می‌آید تقسیم و محاسبه سالهای مرطوب و خشک، طی پژوهشی با یک دوره آماری ۴۳ ساله (۱۹۶۰-۲۰۰۲) برای حوضه آبریز ارومیه، از سه شاخص استفاده کردند. محققان در این مطالعه، شاخص «میزان قابل اعتماد بارش DRI» را مطمئن‌ترین و ایستگاه مراغه را با ۸۳/۷ درصد قابل اعتمادترین و ایستگاه میانداوب را با ۷۴/۵ درصد غیر قابل اعتمادترین ایستگاه نشان دادند. ماه آورپور (۱۳۹۳) در پژوهشی وقوع بارش‌های ایران را بر اساس قوانین احتمال به صورت تصادفی، توسط زنجیره مارکوف واکاوی کرد و احتمال وقوع بارش را برای هر روز ۱۴ درصد و احتمال عدم وقوع بارش را ۸۶ درصد بدست آورد. همچنین بالاترین احتمال وقوع بارش برای ماه اسفند را، ۲۷ درصد بدست آورد. نصرآبادی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به شناسایی و توزیع الگوهای احتمال بارش روزانه ایران، طی دوره ۱۳۳۰-۱۳۸۵ پرداختند و

۱-entropy theory

۲- Shannon

۳- Jaynes

۴-Harmancioghlu

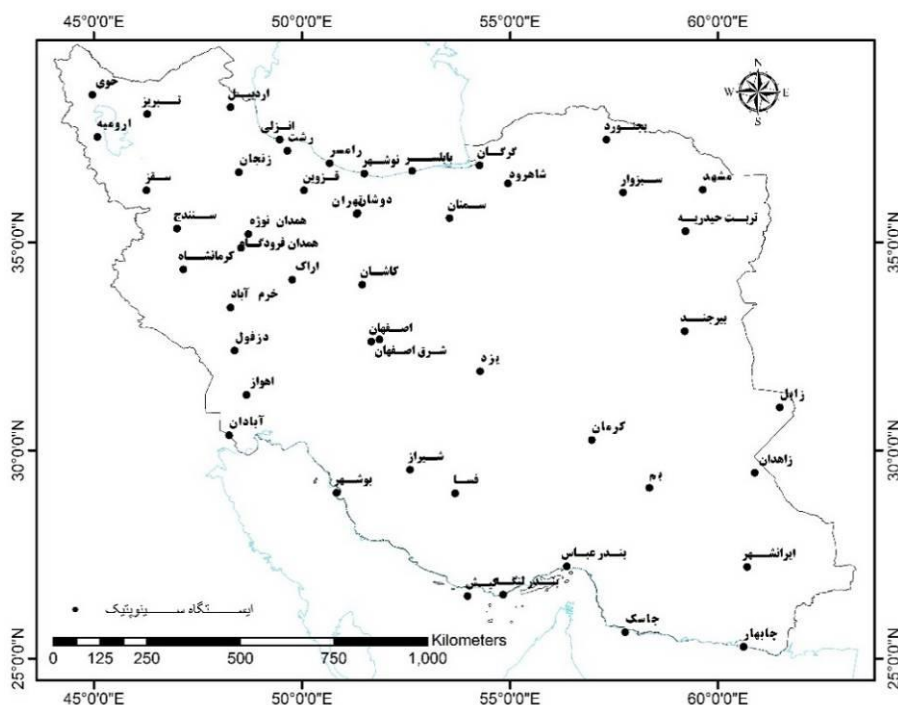
نشان دادند که، در بخش‌های قابل توجهی از ایران، میزان اعتماد به بارش روزانه، کم و نوسان بارش، زیاد می‌شود.

در این پژوهش، میزان عدم اعتماد به بارش، به روش پاز و کوتیل (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این روش بر خلاف شاخص‌های متعارف مثل آشفتگی و یکنواختی که تعداد معدودی از پارامترهای بارش را در برآوردها دخالت می‌دهند، این شاخص، ۲۴ پارامتر بارش مربوط به مقدار و توزیع زمانی بارش در بررسیها دخالت می‌دهد. بنابراین، شاخص مورد استفاده در این مطالعه با کمی کردن میزان احتمال و تردید به بارش، می‌تواند با دقت بالاتری میزان عدم اعتماد به بارش در ایران را نمایان سازد.

#### داده‌ها و روش‌ها

داده‌های بارش روزانه ۴۸ ایستگاه سینوپتیک، طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۷۹-۲۰۰۸)، از پایگاه اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور<sup>۱</sup> دریافت و قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، معدود نواقص آماری ایستگاه‌ها با استفاده از روش نسبت‌ها (علیزاده، ۱۳۸۹: ۷۸۴) برطرف گردید و در شکل (۱) موقعیت جغرافیایی آن‌ها مشخص شده است.

<sup>۱</sup>-www.weather.ir



شکل (۱). نقشه موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

در این مطالعه، شاخص عدم اعتماد به بارش که توسط یاز و کوتیل (۲۰۰۳) ابداع شده، با اندکی تغییر مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص با توجه به ۲۴ پارامتر بارشی، در سه گروه اصلی و طی سه مرحله، میزان اختلاف از رژیم بارش مورد انتظار را محاسبه می‌نماید. در نهایت یک عدد برای هر سال به دست می‌آید که همان شاخص «عدم اعتماد به بارش» می‌باشد. برای تعیین میزان شاخص عدم اعتماد به بارش در ایران به ترتیب مراحل زیر انجام شد:

۱- تعیین تاریخ شروع بارش: قبل از شروع هر گونه تحلیل آماری، می‌بایستی داده‌های آغاز فصل بارش براساس تقویم آبی مرتب می‌شدند. برای محاسبه تاریخ شروع تحلیل، متوسط مدت زمان ریزش ۷/۵ درصد بارش سالانه ( $DAP_{7.5}$ ) از مبنای هر کدام از ماههای سال محاسبه و هر ماه با داشتن ۷/۵ درصد بارش سالانه به عنوان ماه مرطوب، در غیر این صورت ماه خشک شناخته شد. سپس روز یکم، اولین ماه مرطوب بعد از دوره خشک به عنوان تاریخ شروع بارش برای شروع تحلیل انتخاب شد.

۲- تعیین پارامترهای شاخص عدم اعتماد به بارش: بعد از تعیین تاریخ شروع بارش برای هر کدام از ایستگاه‌ها، داده‌های بارش بر اساس تاریخ تعیین شده، منظم و سپس پارامترهای مورد نیاز شاخص عدم اعتماد که شامل سه گروه کلی بودند، به ترتیب زیر تعیین شدند:

الف: مدت زمان ریزش درصد بارش سالانه: اولین گروه پارامترها، مدت زمان سپری شده (تعداد روز) درصدی از ریزش بارش سالیانه به صورت تجمعی است. برای تعیین این گروه پارامترها، مجموع بارش سالانه به صورت درصد بیان و سپس زمان بارش این درصدها محاسبه گردید. در تمام ایستگاه‌ها بارش سالانه بر اساس طبقات ۱۰ درصدی، به ۹ دسته  $DAP_{/1}$ ،  $DAP_{/2}$  و ...  $DAP_{/9}$ ، همچنین دو دسته  $DAP_{/7.5}$  و  $DAP_{/92.5}$  تقسیم شدند.

ب: طول فصل بارش ( $RSL^1$ ): دومین گروه پارامترها، طول فصل بارش است، که از اختلاف دو پارامتر شروع و خاتمه دوره بارش محاسبه می‌شود. در کار پاز و کوتیل، (۲۰۰۳)، از طریق فیلترکردن ۲۰ درصد بارش، برای شروع بارش مقادیر ( $DAP_{/1}$ ) و برای خاتمه بارش، مقادیر ( $DAP_{/9}$ ) محاسبه شد، اما در این پژوهش، به دلیل تنوع اقلیمی سرزمین ایران و اختلافات فاحش در مقدار بارش در مناطق مختلف کشور، پس از کنترل‌های لازم، با فیلترکردن ۱۵ درصد بارش؛ برای شروع بارش مقادیر ( $DAP_{/7.5}$ ) و برای خاتمه بارش، مقادیر ( $DAP_{/92.5}$ ) انتخاب و از طریق رابطه (۱) محاسبه شد.

$$RSL = DAP_{/92.5} - DAP_{/7.5} \quad (1)$$

پ: مجموع بارش دوره‌های مرطوب ( $TOTAL_d$ ): سومین گروه پارامترها، مجموع بارش دوره‌های مرطوب ۱ تا ۷ روزه می‌باشد که از حاصل ضرب تعداد دوره‌های مرطوب ( $NRS_d^2$ )، در عملکرد دوره‌های مرطوب ( $RSY_d^3$ ) از طریق رابطه (۲) به دست می‌آید (پاز و کوتیل، ۲۰۰۳). تعداد این گروه از پارامترهای بارش، بستگی به منطقه آب و هوایی دارد؛ بطوریکه در مناطق خشک تعداد آنها کمتر است؛ در حالیکه در مناطق مرطوب تعداد بیشتری از آنها دخالت داده می‌شوند. در این پژوهش، ۱۴ مورد از این گروه پارامترها (۷ مورد تعداد دوره مرطوب و ۷ مورد عملکرد دوره مرطوب) بکار برده شدند. در ایستگاه‌های مناطق مرطوب این ۱۴ پارامتر بطور کامل موجود بودند اما در مناطق خشک، تعداد آنها کمتر بود.

$$TOTAL_d = NRS_d \times RSY_d \quad (2)$$

- 
- ۱- Rainy season length  
 ۲- Number of Rain Spells  
 ۳- Rain spells Yield

در نهایت بعد از تعیین این سه گروه پارامترها، در سه مرحله، میزان اختلاف و انحراف هر یک از آن‌ها از رژیم بارش مورد انتظار، به صورت زیر محاسبه شد (پاز و کوتیل، ۲۰۰۳):  
مرحله اول: میزان اختلاف طول دوره بارش با توجه به رابطه (۳).

$$\Delta RSL = |(RSL - \text{med } RSL) / (\sigma RSL)| \quad (3)$$

مرحله دوم: میزان اختلاف مجموع (۹۰٪، ۲۰٪، ۱۰٪) DAP با توجه به رابطه (۴).

$$\Delta DAP = [\sum_{(i=1, \dots, 9)} |(DAP_i - \text{med } DAP_i) / (\sigma DAP_i)|] / 9 \quad (4)$$

مرحله سوم: میزان اختلاف مجموع (۷٪ - ۱٪) TOTAL با توجه به رابطه (۵).

$$\Delta TOTAL = [\sum_{(d=1, \dots, 7)} |(TOTAL_d - \text{ave } TOTAL_d) / (\sigma TOTAL_d)|] / 7 \quad (5)$$

در روابط فوق med میانه،  $\sigma$  انحراف معیار و Ave میانگین می‌باشد.

سرانجام از مجموع نتایج سه رابطه فوق، شاخص عدم اعتماد UI برای هر سال، با توجه به رابطه (۶) بدست آمد (پاز و کوتیل، ۲۰۰۳).

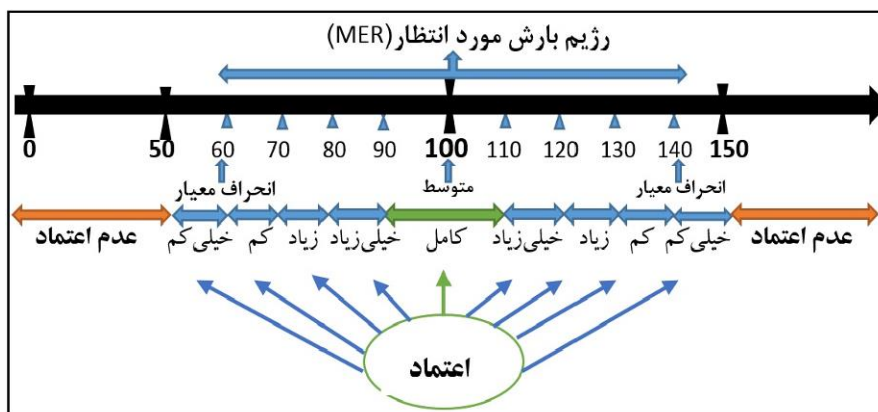
$$UI = \Delta RSL + \Delta DAP + \Delta TOTAL \quad (6)$$

با بکارگیری روابط فوق در ۴۸ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۸، سری-های زمانی این شاخص در هر ایستگاه به دست آمد و آماره‌های مهم آن محاسبه شد. سپس از طریق محاسبه میانگین این سری‌ها در هر ایستگاه، نواحی بارشی ایران با یکدیگر مقایسه شدند. بمنظور تعیین سری زمانی این شاخص برای کل ایران، میانگین هر سال در هر ۴۸ ایستگاه محاسبه و بدین ترتیب سری زمانی ۳۰ ساله شاخص برای ایران به دست آمد.  
۳- طبقه‌بندی میزان عدم اعتماد به بارش: شاخص عدم اعتماد پاز و کوتیل (۲۰۰۳) برای محاسبه عدم اعتماد در هر پارامتر بارش، از رابطه (۷) به دست می‌آید.

$$\Delta X = |(X - \text{med } X) / (\sigma X)| \quad (7)$$

این رابطه از دو جزء تشکیل شده است. قسمت اول، مقدار مشاهده شده پارامتر (X) و قسمت دوم، رژیم بارش مورد انتظار (MER) است که با متوسط پارامتر (Xmed) و انحراف معیار (X $\sigma$ ) آن تعیین می‌شود. در نتیجه، مقدار این شاخص به دو عامل قدرمطلق اختلاف مقدار مشاهده شده از متوسط و انحراف معیار بستگی دارد.

در این پژوهش انحراف معیار ۰.۴٪ متوسط هر پارامتر تعیین شد، در نتیجه، محدوده مبنای قضاوت رژیم بارش مورد انتظار در یک پارامتر با متوسط ۱۰۰، حداقل ۶۰ و حداکثر ۱۴۰ بصورت شکل (۲) می‌باشد.



شکل (۲). نمودار طبقه‌بندی مقادیر شاخص عدم اعتماد به بارش با توجه به رژیم بارش مورد انتظار

شاخص عدم اعتماد بر اساس رژیم بارش مورد انتظار تعیین می‌شود. بنابراین، طبقه‌بندی مقادیر شاخص عدم اعتماد بر اساس نسبت تغییر هر پارامتر بر رژیم بارش مورد انتظار، به شش طبقه تفکیک می‌شود. چون بطور معمول سالیانه در هر ایستگاه تا ۱۰٪ تغییر در هر پارامتر طبیعی است، پس طبقات به صورت تغییر ۱۰٪ نسبت به رژیم بارش مورد انتظار متمایز گردیدند. بطور مثال طبقه اول با عنوان طبقه اعتماد شدید (کامل)؛ با احتساب تغییر ۱۰-۰ درصد نسبت به رژیم بارش مورد انتظار دامنه این طبقه (۰/۷۵ - ۰) از رابطه (۸) تعیین، طبقه دوم با احتساب تغییر ۱۰-۲۰ درصد و سایر طبقات بدین روش تعیین شدند.

$$\Delta X = \left| \frac{[ (90, 100) - 100 ]}{100} \right| = 0,25 \Rightarrow 0,25 \times 3 = 0,75 \quad (8)$$

همچنین برای اینکه مقدار این شاخص کاربردی‌تر شود و بتوان بهتر مقادیر آن را با هم مقایسه کرد، درصد عدم اعتماد هر طبقه، در سه سطح حداقل، متوسط و حداکثر، نسبت بر بالاترین مقدار عدم اعتماد بدست آمده، بصورت جدول (۱) تعیین شد.

جدول (۱). طبقه‌بندی مقادیر عدم اعتماد به بارش

درصد عدم اعتماد			وضعیت اعتماد	طبقه
حداکثر	متوسط	حداقل		
۱۲/۵	۶	۰	شدید (کامل)	۰ - ۰/۷۵
۲۵	۱۷/۵	۱۲/۵	خیلی زیاد	۰/۷۵ - ۱/۵۰

۲۵	۳۰	۳۷/۵	زیاد	۱/۵۰ - ۲/۲۵
۳۷/۵	۴۲/۵	۵۰	کم	۲/۲۵ - ۳/۰۰
۵۰	۵۵	۶۲/۵	خیلی کم	۳/۰۰ - ۳/۷۵
۶۲/۵	۶۷/۵	> ۶۷/۵	عدم اعتماد	> ۳/۷۵

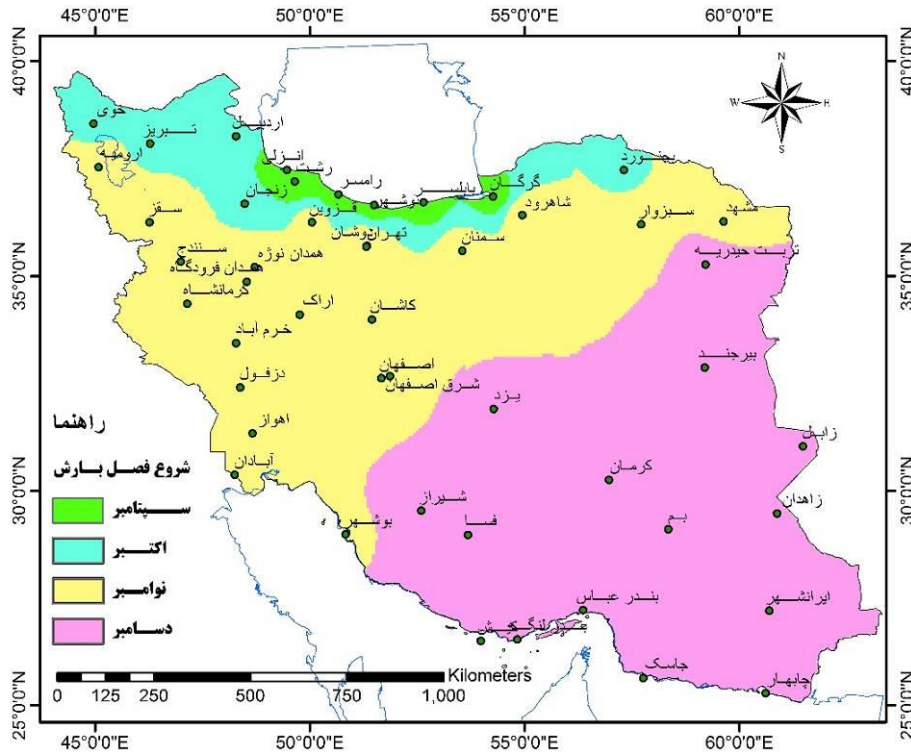
### بحث و نتایج

#### آغاز و طول دوره بارش

در این پژوهش ابتدا نقطه شروع بارش برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، محاسبه و ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر برای شروع بارش مناطق مختلف تعیین گردید. نتایج پهنه‌بندی تاریخ شروع بارش در شکل (۳) ارائه شده است. با توجه به شکل (۳) مشاهده می‌شود که گستره ایران از نظر شروع فصل بارش به ۴ قسمت قابل تقسیم است که از شمال به جنوب، رابطه مشخصی را با عرض جغرافیایی نشان می‌دهند و همچنین از شمال به جنوب به وسعت آنها نیز افزوده می‌شود. این نواحی حاصل از این تحلیل عبارت‌اند از:

۱. نواحی معتدل و مرطوب خزری، شروع فصل بارش: ماه سپتامبر.
  ۲. نواحی سرد کوهستانی البرز و آذربایجان، شروع فصل بارش: ماه اکتبر.
  ۳. نواحی کوهستانی زاگرس و کوهپایه‌های جنوبی البرز شروع فصل بارش: ماه نوامبر.
  ۴. نواحی گرم و خشک مرکزی، شرقی و جنوبی، شروع فصل بارش: ماه دسامبر.
- گفتنی است فصل بارش در ایستگاه‌های شمالی زودتر از ایستگاه‌های جنوبی آغاز می‌شود. در ایستگاه‌های شمالی از ماه سپتامبر و در ایستگاه‌های جنوبی با ۴ ماه تاخیر از دسامبر شروع می‌شود.

بعد از تعیین تاریخ شروع بارش ایستگاه‌ها، داده‌های بارش بر اساس این تاریخ‌ها تنظیم گردید. سپس از طریق رابطه (۱) پارامتر طول فصل بارش در سه سطح حداقل، حداکثر و متوسط برای دوره مورد نظر محاسبه و در جدول (۲) ارائه گردیده است. شکل (۴) پهنه‌بندی ایران را بر اساس متوسط طول فصل بارش نشان می‌دهد.



شکل (۳). پهنه‌بندی ایران براساس تاریخ شروع بارش

جدول (۲). نتایج طول فصل بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه

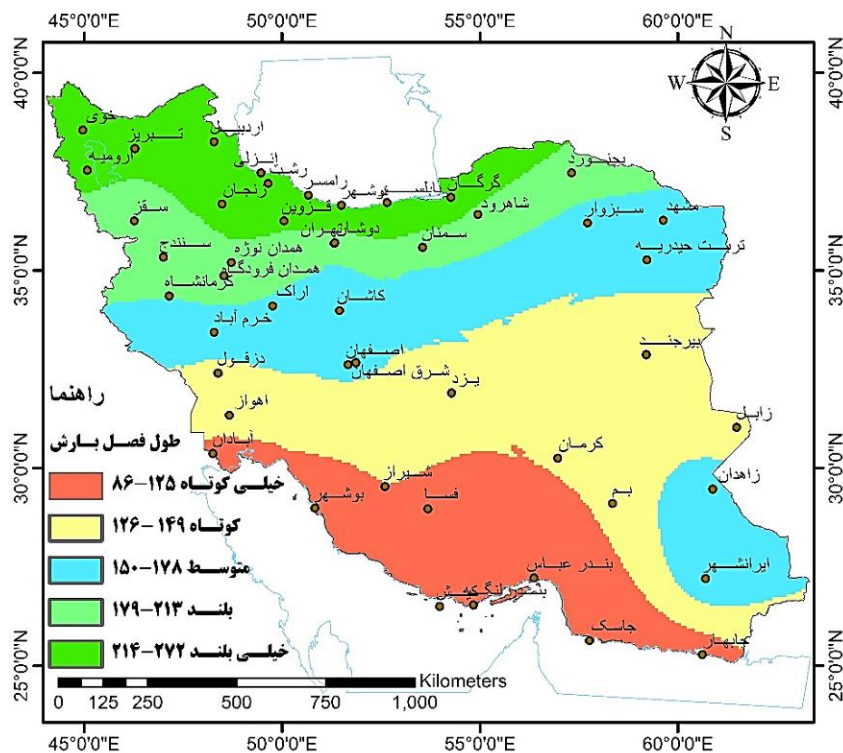
ایستگاه	SAD	طول فصل بارش RSL			ایستگاه	SAD	طول فصل بارش RSL		
		حداقل	متوسط	حداکثر			حداقل	متوسط	حداکثر
اراک	نوامبر	۹۱	۱۷۴	۳۵۶	رامسر	سپتامبر	۳۳۶	۲۷۶	۱۸۶
اردبیل	اکتبر	۱۸۳	۲۲۱	۳۵۲	رشت	سپتامبر	۳۵۶	۲۷۸	۱۴۶
ارومیه	نوامبر	۱۵۲	۲۲۴	۳۵۱	زابل	دسامبر	۳۲۷	۱۱۶	۴۶

اصفهان	نوامبر	۳۵۳	۱۵۹	۷۲	زاهدان	دسامبر	۳۲۸	۱۷۸	۱۰
انزلی	سپتامبر	۳۶۱	۲۸۸	۱۶۷	زنجان	اکتبر	۳۲۷	۲۲۴	۱۲۰
اهواز	نوامبر	۳۳۹	۱۲۲	۶۸	سیزوار	نوامبر	۳۴۱	۱۵۱	۹۷
ایران شهر	دسامبر	۳۳۳	۱۹۳	۳۱	سقز	نوامبر	۳۵۶	۱۹۴	۱۱۸
آبادان	نوامبر	۳۴۴	۱۱۹	۶۵	سمنان	نوامبر	۳۴۲	۱۷۸	۹۰
بایلسر	سپتامبر	۳۳۱	۲۸۰	۱۳۶	سنندج	نوامبر	۳۵۲	۱۹۲	۱۱۷
بجنورد	اکتبر	۳۲۲	۲۰۹	۱۲۳	شاهرود	نوامبر	۳۴۶	۱۸۸	۱۲۷
بم	دسامبر	۳۰۸	۱۳۱	۱	شرق اصفهان	نوامبر	۳۳۹	۱۵۸	۶۵
بندر عباس	دسامبر	۳۲۹	۸۵	۱	شیراز	دسامبر	۳۴۷	۱۲۸	۵۲
بندر لنگه	دسامبر	۳۳۷	۱۰۸	۱۶	فسا	دسامبر	۳۴۰	۱۱۹	۶۱
بوشهر	نوامبر	۳۴۴	۱۰۲	۴۱	قزوین	نوامبر	۳۴۶	۲۰۸	۱۲۶
بیرجند	دسامبر	۳۵۲	۱۳۴	۷۵	کاشان	نوامبر	۳۳۱	۱۵۱	۹۴
تبریز	اکتبر	۳۵۱	۲۱۶	۱۲۵	کرمان	دسامبر	۳۵۲	۱۳۱	۴۳
تربت حیدریه	دسامبر	۳۵۵	۱۶۲	۱۰۲	کرمانشاه	نوامبر	۳۵۶	۱۸۰	۱۰۵
تهران	نوامبر	۳۴۴	۱۶۹	۱۰۱	کیش	دسامبر	۳۶۱	۱۲۰	۳۹
جاسک	دسامبر	۳۴۲	۸۴	۶	گرگان	سپتامبر	۳۱۹	۲۶۶	۲۰۸
چابهار	دسامبر	۳۳۳	۹۴	۰	مشهد	نوامبر	۳۰۹	۱۷۱	۱۱۵
خرم آباد	نوامبر	۳۶۳	۱۶۳	۱۱۰	نوشهر	سپتامبر	۳۳۶	۲۷۸	۱۹۴
خوی	اکتبر	۳۳۵	۲۴۰	۱۶۵	همدان فرودگاه	نوامبر	۳۵۳	۲۰۴	۱۲۵
دزفول	نوامبر	۳۶۲	۱۴۵	۹۴	همدان نوژه	نوامبر	۳۵۳	۲۰۳	۱۰۹
دوشان	نوامبر	۳۴۳	۱۸۲	۹۰	یزد	دسامبر	۳۶۱	۱۲۶	۶۳

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود بر اساس طول فصل بارش کشور ایران به ۵ قسمت تقسیم شد (دامنه این طبقات با استفاده از روش «شکست‌های طبیعی ۱» در نرم افزار ArcGIS تعیین شد) که عبارت‌اند از:

۱. فصل خیلی کوتاه بارشی: در سواحل جنوبی ایران با میانگین ۱۰۷ روز بارش.
۲. فصل کوتاه بارشی: در مناطق شرق، مرکز، زاگرس جنوبی و جلگه خوزستان با میانگین ۱۳۸ روز بارش.
۳. فصل متوسط بارشی: در رشته کوه‌های خراسان، مناطق مرکزی و زاگرس میانی با میانگین ۱۶۵ روز بارش.
۴. فصل بلند بارشی: در کوهپایه‌های جنوبی البرز، زاگرس شمالی با میانگین ۱۹۲ روز بارش.
۵. فصل خیلی بلند بارشی: در سواحل خزری و منطقه آذربایجان با میانگین ۲۵۴ روز بارش.

همانطور که در شکل (۴) مشاهده میشود میانگین طول فصل بارش، در ایستگاههای شمالی طولانیتر و هرچه به سمت جنوب پیش میرویم، کوتاهتر میشود. همچنین از مقایسه شکل (۳) و (۴) مشاهده میشود نواحی که شروع بارش زودتری (شمالی) دارند، فصل بارش طولانیتر و نواحی با شروع بارش دیرتر (جنوبی)، فصل بارش کوتاهتری دارند.



شکل (۴). پهنه‌بندی ایران براساس متوسط طول فصل بارش

میزان عدم اعتماد به بارش

نتایج عدم اعتماد به بارش در ۴۸ ایستگاه مورد مطالعه، در جدول (۳) در سه دسته حداقل، حداکثر و میانگین ارائه شده است. کمترین میزان شاخص با رقم ۰/۶ در ایستگاه‌های بوشهر،

جدول (۳). نتایج عدم اعتماد به بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	شاخص عدم اعتماد UI			ایستگاه	شاخص عدم اعتماد UI		
	حداقل	میانگین	حداکثر		حداقل	میانگین	حداکثر

۱,۱۵	۲,۳۱	۴,۵۶	رامسر	۰,۹۶	۲,۲۷	۴,۳۲	اراک
۱,۳۱	۲,۳۶	۴,۶۱	رشت	۱,۰۸	۲,۲۴	۴,۰۲	اردبیل
۰,۶۹	۲,۰۵	۵,۲۲	زابل	۰,۹۸	۲,۲۴	۴,۶۸	ارومیه
۰,۸۸	۲,۱۸	۴,۷۶	زاهدان	۱,۱۳	۲,۱۸	۴,۰۰	اصفهان
۰,۹۹	۲,۲۸	۴,۱۸	زنجان	۱,۲۰	۲,۳۷	۴,۰۵	انزلی
۰,۶۱	۲,۰۳	۵,۱۹	سیزوار	۰,۷۹	۲,۱۳	۴,۹۳	اهواز
۱,۱۵	۲,۳۳	۴,۰۲	سقز	۰,۸۸	۲,۱۵	۴,۱۸	ایرانشهر
۰,۸۵	۲,۲۷	۴,۲۶	سمنان	۰,۷۳	۲,۰۳	۵,۵۵	آبادان
۱,۰۰	۲,۲۸	۴,۷۵	سنندج	۱,۰۹	۲,۳۱	۴,۷۹	بایلسر
۰,۷۶	۲,۲۵	۴,۷۴	شاهرود	۰,۷۴	۲,۲۰	۴,۸۸	بجنورد
۱,۰۰	۲,۳۲	۳,۹۳	شرق اصفهان	۰,۸۸	۲,۱۲	۵,۱۸	بم
۰,۷۰	۲,۱۹	۵,۰۵	شیراز	۰,۷۵	۲,۱۳	۴,۵۰	بندر عباس
۰,۸۸	۲,۲۸	۴,۹۰	فسا	۰,۸۴	۲,۱۵	۴,۷۳	بندر لنگه
۱,۰۷	۲,۳۲	۴,۰۹	قزوین	۰,۵۶	۱,۹۹	۶,۱۱	بوشهر
۰,۷۵	۲,۰۱	۵,۵۹	کاشان	۱,۰۵	۲,۲۵	۴,۶۶	بیرجند
۰,۸۷	۲,۱۹	۴,۲۳	کرمان	۰,۹۰	۲,۱۹	۴,۵۳	تبریز
۰,۷۰	۲,۲۶	۴,۰۰	کرمانشاه	۰,۸۵	۲,۲۴	۴,۷۷	ترت حیدریه
۰,۸۳	۲,۲۸	۴,۰۶	کیش	۰,۸۵	۲,۱۵	۴,۸۰	تهران
۱,۰۳	۲,۳۵	۴,۱۲	گرگان	۰,۵۹	۲,۱۰	۴,۴۹	جاسک
۱,۰۷	۲,۱۹	۴,۱۵	مشهد	۰,۶۳	۲,۱۰	۵,۹۲	چابهار
۱,۰۹	۲,۳۳	۳,۸۸	نوشهر	۰,۸۴	۲,۱۳	۴,۸۱	خرم آباد
۱,۱۱	۲,۲۹	۴,۹۲	همدان فرودگاه	۱,۰۴	۲,۳۱	۴,۴۳	خوی
۰,۹۹	۲,۲۷	۴,۲۶	همدان نوژه	۰,۸۳	۲,۰۷	۵,۱۸	دزفول
۰,۸۵	۲,۱۸	۵,۱۵	یزد	۰,۹۰	۲,۲۲	۴,۷۴	دوشان

جاسک و چابهار و بالاترین آن در ایستگاه‌های، بوشهر با ۶/۱ و چابهار با ۵/۹ می‌باشد. اما برای مقایسه عدم اعتماد در این ۴۸ ایستگاه و بطور کلی برای مقایسه عدم اعتماد در نواحی بارشی ایران، از میانگین این شاخص استفاده شد. همانطور که در جدول مذکور مشاهده می‌شود ایستگاه‌های مورد مطالعه در یک دامنه بسیار نزدیک به هم، با اختلاف ۳۸ /۰ (بوشهر با میانگین ۱/۹ و انزلی با میانگین ۲/۳۷) قرار دارند. ایستگاه‌های بوشهر با میزان عدم اعتماد ۱/۹ و کاشان ۲، پایین‌ترین میانگین عدم اعتماد (۰/۳۱) و ایستگاه‌های انزلی با عدم اعتماد ۲/۳۷ و رشت با ۲/۳۶ بالاترین میانگین عدم اعتماد (۳۹٪) را بین ۴۸ ایستگاه مورد مطالعه دارا می‌باشند. برای مقایسه میزان عدم اعتماد در نواحی بارشی ایران، مقادیر میانگین عدم اعتماد در ۴۸ ایستگاه ارائه شده با توجه به جدول (۱) به صورت جدول (۴) طبقه‌بندی شد.

همانطور که از جدول (۴) مشاهده می‌شود بطور کلی کشور ایران در دو طبقه قرار می‌گیرد. بنابراین برای تفکیک بیشتر مناطق ایران، هر کدام از طبقات بدست آمده از جدول (۴) به طبقات کوچکتری در شکل (۵) پهنه‌بندی شدند که بترتیب از اعتماد زیاد به کم عبارتند از: الف. طبقه اعتماد زیاد با دامنه (۲/۲۵-۱/۵۱): این طبقه حدود ۸۲٪ از مساحت کشور در مناطق شرق و شمال شرقی، مرکز، جنوب و غرب ایران را شامل شده و به سه زیر طبقه تقسیم شده، عبارت‌اند از:

۱. طبقه (۲/۰۸-۱/۹۸): این طبقه کوچکترین پهنه با حدود ۱ درصد از مساحت ایران را در منتهی الیه جنوب غرب جلگه خوزستان در بر می‌گیرد و دارای بالاترین اعتماد به بارش یا کمترین میزان عدم اعتماد است.

۲. طبقه (۲/۱۷-۲/۰۸): این طبقه دومین پهنه از نظر وسعت با حدود ۳۱ درصد از مساحت کشور با متوسط عدم اعتماد به بارش ۳۵٪ است و خود شامل دو پهنه است: ۱- پهنه بزرگ جنوب شرقی کشور که به شکل یک مثلث که اضلاع آن تا شمال زابل و تنگه‌هرمز ادامه دارد. ۲- جنوب غربی کشور به جز جلگه خوزستان، همچنین شامل دو ایستگاه سبزووار و کاشان.

۳. طبقه (۲/۲۵-۲/۱۷): این طبقه بزرگترین پهنه از نظر وسعت با حدود ۵۰ درصد از مساحت کشور با متوسط عدم اعتماد به بارش ۳۶٪ است و شمال شرقی، مرکز، سواحل جنوبی در حوالی غرب تنگه هرمز و کرمانشاه در غرب را در بر می‌گیرد.

ب. طبقه اعتماد کم با دامنه (۳/۰۰-۲/۲۵): این طبقه حدود ۱۸٪ از مساحت کشور را در سواحل جنوبی دریای خزر، شمال غربی ایران و زاگرس شمالی را شامل شده و به دو زیر طبقه تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. طبقه (۲/۳۰-۲/۲۵): این طبقه حدود ۱۶٪ از مساحت کشور با متوسط عدم اعتماد به بارش ۳۷٪ را شامل می‌شود و یک پهنه پیوسته مشتمل بر ناحیه آذربایجان، زاگرس شمالی و سواحل شرقی دریای خزر تا گرگان را در بر می‌گیرد.

۲. طبقه (۲/۳۷-۲/۳۰): این طبقه حدود ۲٪ از مساحت کشور را در سواحل غربی دریای خزر (جلگه گیلان) با کمترین اعتماد به بارش (بیشترین عدم اعتماد، ۳۹٪) را در بر می‌گیرد.

جدول (۴). طبقه‌بندی میانگین عدم اعتماد به بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	متوسط عدم اعتماد	وضعیت اعتماد	درصد فراوانی	فراوانی	طبقه
	۶٪	شدید(کامل)	۰	۰	۰ - ۰/۷۵
	۱۷/۵٪	خیلی زیاد	۰	۰	۰/۷۵ - ۱/۵۰
بوشهر-کاشان-سبزووار-آبادان-زابل-دزفول-	۳۰٪	زیاد	۶۰	۲۹	۱/۵۰ - ۲/۲۵

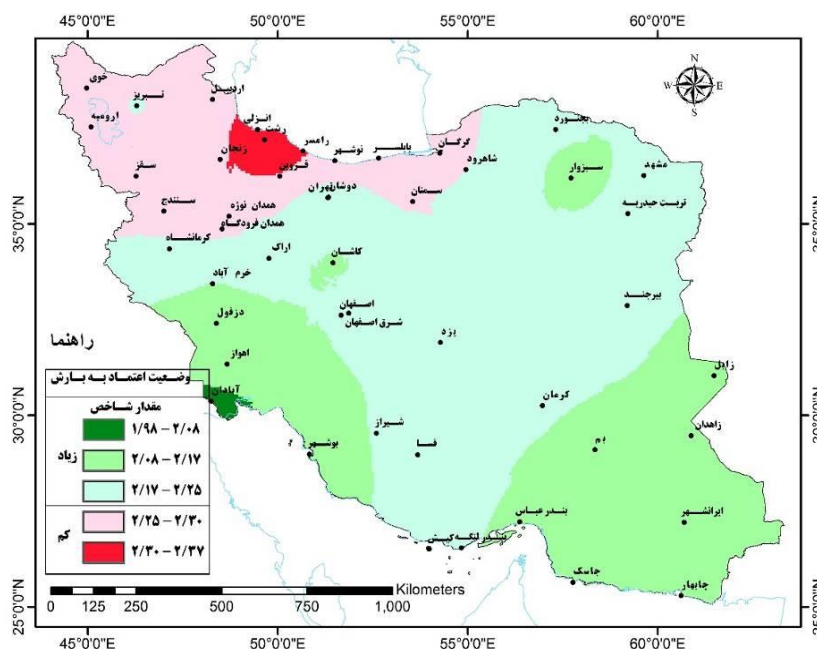
جاسک-چابهار-بیم-بندر عباس-اهواز-خرم آباد-تهران-ایران شهر-بندر لنگه-یزد- اصفهان-زاهدان-شیراز-تبریز-کرمان- مشهد-بجنورد-دوشان-ترتت حیدریه- ارومیه-اردبیل-شاهرود-بیرجند					
کرمانشاه-همدان-نوزه-سمنان-اراک-فسا- کیش-سنندج-زنجان-همدان-فرودگاه- بایلسر-نوشهر-خوی-رامسر-سقز-قزوین- گرگان-رشت-انزلی-شرق اصفهان	۴۲/۵٪	کم	۴۰	۱۹	۲/۲۵ - ۳/۰۰
	۵۵٪	خیلی کم	۰	۰	۳/۰۰ - ۳/۷۵
	۶۷/۵٪	عدم اعتماد	۰	۰	> ۳/۷۵
			۱۰۰	۴۸	مجموع

میزان عدم اعتماد به بارش در تمام ۴۸ ایستگاه مورد مطالعه، اختلاف زیادی با هم ندارد. اما در حالت مقایسه‌ای، مناطق کم بارش جنوبی کشور بخصوص جلگه خوزستان، بیشترین اعتماد به بارش را دارا می‌باشند. در مقابل، در منطقه مرطوب شمال و شمال غربی کشور، کمترین اعتماد به بارش مخصوصاً در سواحل غربی دریای خزر در دو ایستگاه انزلی و رشت یعنی پربارش‌ترین نقطه کشور مشاهده می‌شود.

#### تعیین روند و شیب تغییرات عدم اعتماد به بارش

در این مطالعه، وجود معنی‌داری روند عدم اعتماد بارش با دو آزمون من کندال و برآوردکننده شیب سن در سطح اعتماد ۹۵٪ انجام و نتایج آن در جدول (۵) ارائه شد. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود نتایج دو آزمون دقیقاً با هم یکسان است. ایستگاه بندر لنگه تنها ایستگاهی بود که در آن با هر دو آزمون، روند معنی‌داری در سری زمانی داده‌های عدم اعتماد مشاهده شد. در بقیه ۴۷ ایستگاه هیچ گونه روند معنی‌داری با استفاده از دو آزمون مشاهده نشد. همچنین با توجه به میانگین مقدار شاخص عدم اعتماد برای هر سال در ایستگاه‌های مورد مطالعه، سری زمانی شاخص عدم اعتماد به بارش برای ایران تعیین و در شکل (۶) ارائه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد، میانگین شاخص عدم اعتماد بارش در ایران ۲/۲ (۳۶٪ عدم اعتماد)، حداکثر شاخص ۳/۲ مربوط به سال ۱۹۸۷ میلادی و حداقل شاخص ۱/۶ مربوط به سال ۲۰۰۷ میلادی می‌باشد. نتیجه آزمون من کندال و برآورد کننده شیب سن در سطح اعتماد ۹۵٪، نشان داد که هیچ گونه روند معنی‌داری در این سری وجود ندارد. نتیجه آزمون شیب سن نیز همین مسأله را تأیید کرد. بنابراین، وضعیت عدم اعتماد به بارش ایران با توجه به جدول طبقه‌بندی (۴)، در طبقه اعتماد متوسط با ۳۶٪ عدم اعتماد قرار

می‌گیرد؛ یعنی میزان اعتماد به بارش ایران ۶۴٪ است. همچنین به علت نبود روند معنی‌دار در سری زمانی شاخص عدم اعتماد به بارش، امکان پیش‌بینی وضعیت عدم اعتماد بارش در ایران فراهم نیست. علت این امر ممکن است موقعیت جغرافیایی ایران، یعنی واقع شدن بین سرزمین پهناور سیبری در شمال، دریای مدیترانه در غرب، بیابان‌های آفریقا و عربستان در جنوب غرب و دریای عرب و سرزمین هندوستان در شرق باشد که سبب می‌شود که هر کدام از این همسایگان در دوره معینی از سال آب و هوای ایران را تحت تأثیر خود قرار دهد (علیچانی، ۱۳۷۴: ۴۱)، در نتیجه، سرزمین ایران به تغییرات آب و هوایی بسیار حساس می‌باشد.



شکل (۵). پهنه‌بندی ایران براساس میانگین عدم اعتماد به بارش

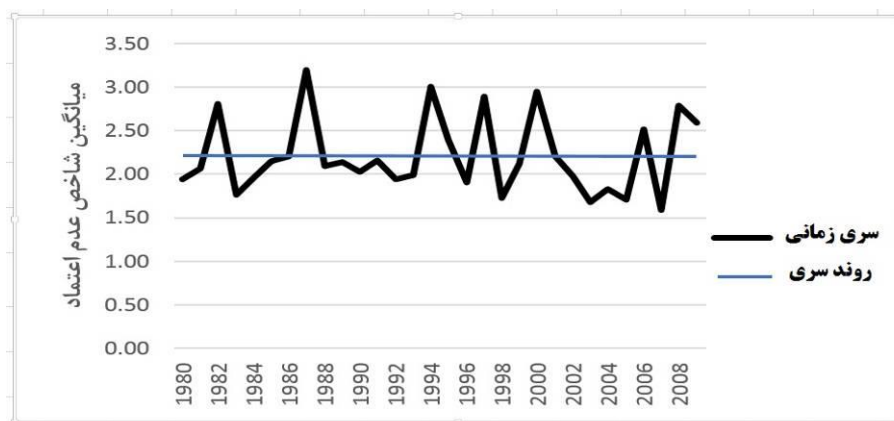
شیب روند تغییرات عدم اعتماد بارش با توجه به آزمون برآوردکننده شیب سن در سطح اعتماد ۹۵٪ تعیین و نتایج آن در جدول (۵) در سه دسته حداقل شیب ( $Q_{min}$ )، حداکثر شیب ( $Q_{max}$ ) و شیب متوسط ( $Q_{med}$ ) نشان داده شد. از دو دسته حداقل شیب ( $Q_{min}$ ) و حداکثر شیب ( $Q_{max}$ ) برای آزمون معنی‌داری روند استفاده شد و از آن جا که مبنای میزان شیب در این آزمون شیب متوسط است، بنابراین، شیب متوسط تغییرات روند این شاخص در شکل (۷) پهنه‌بندی شد.

جدول (۵). خصوصیات روند تغییرات عدم اعتماد به بارش در ایستگاههای مورد مطالعه

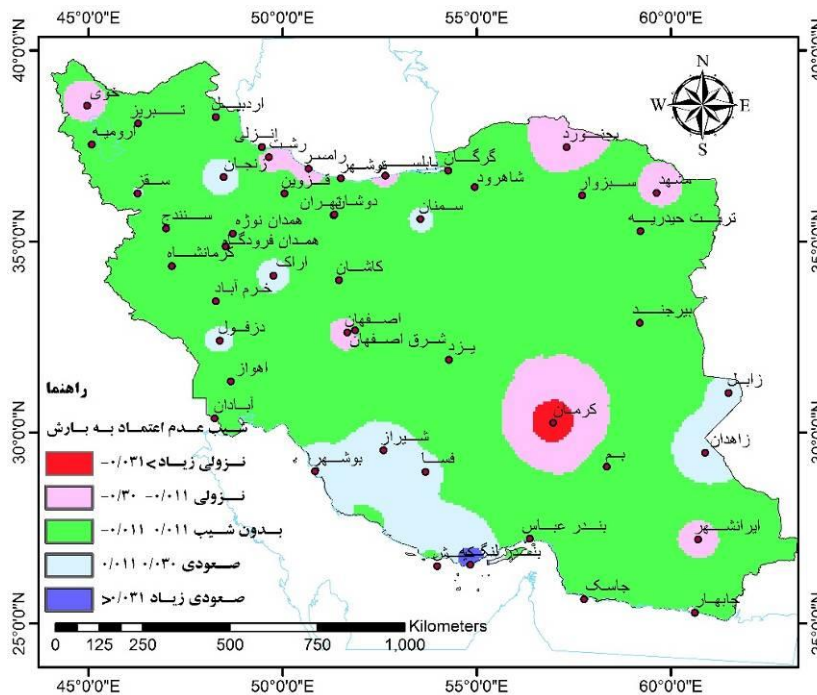
ایستگاه	شیب روند ۹۵٪			ایستگاه	نتایج روند سطح ۹۵٪		
	حداکثر	متوسط	حداقل		آزمون من	آزمون من	کندال
اراک	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۲	رامسر	تصادفی	تصادفی	تصادفی
اردبیل	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۴	رشت	تصادفی	تصادفی	تصادفی
ارومیه	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۵	زابل	تصادفی	تصادفی	تصادفی
اصفهان	۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۶	زاهدان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
انزلی	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۳	زنجان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
اهواز	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۴	سبزوار	تصادفی	تصادفی	تصادفی
ایرانشهر	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۵	سقز	تصادفی	تصادفی	تصادفی
آبادان	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۵	سمنان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بابلسر	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۵	سندج	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بجنورد	۰/۰۱	-۰/۰۲	-۰/۰۵	شاهرود	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بم	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۷	کرمانشاه	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بندرعباس	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۵	شیراز	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بندر لنگه	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۰	فسا	روند	روند	تصادفی
بوشهر	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۱	قزوین	تصادفی	تصادفی	تصادفی
بیرجند	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۶	کاشان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
تبریز	۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۰۵	کرمان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
تربت حیدریه	۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۳	اصفهان شرق	تصادفی	تصادفی	تصادفی
تهران	۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۰۴	کیش	تصادفی	تصادفی	تصادفی
جاسک	۰/۰۶	۰/۰۰	-۰/۰۴	گرگان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
چابهار	۰/۰۵	۰/۰۰	-۰/۰۳	مشهد	تصادفی	تصادفی	تصادفی
خرم آباد	۰/۰۵	۰/۰۰	-۰/۰۴	نوشهر	تصادفی	تصادفی	تصادفی
همدان	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۴	همدان فرودگاه	تصادفی	تصادفی	تصادفی
خوی	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۵	دوشان	تصادفی	تصادفی	تصادفی
دزفول	۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۰۲	یزد	تصادفی	تصادفی	تصادفی

بر این اساس، ۴۸ ایستگاه مورد مطالعه در ۵ طبقه دسته‌بندی شدند. ایستگاه بندرلنگه با شیب  $+ 0/04$  + بالاترین شیب صعودی و کرمان با شیب  $- 0/04$  - پایین‌ترین شیب نزولی را دارا می‌باشد و ایستگاه یزد با شیب متوسط  $0/0009$  کمترین مقدار شیب را دارا می‌باشد. بطور کلی ۲۶ ایستگاه، دارای شیب  $- 0/01$  تا  $+ 0/01$  می‌باشند که نامحسوس و در طبقه‌بندی وضعیت بدون شیب قرار دارند و حدود  $80\%$  از مساحت ایران را شامل می‌شود. ۲۰ ایستگاه نیز با مساحت تقریبی  $20\%$  شیب اندک دارند. فقط دو ایستگاه بندرلنگه و کرمان شیب محسوسی

دارند؛ در نتیجه، شاخص عدم اعتماد بارش در ایران، عمدتاً بدون گرایش معنی‌دار صعودی و نزولی است. همچنین با توجه به مقادیر شیب روند، این شاخص رابطه خاصی با نواحی آب و هوایی ایران نشان نداد.



شکل (۶). روند تغییرات عدم اعتماد به بارش ایران



شکل (۷). پهنه‌بندی ایران براساس شیب روند عدم اعتماد به بارش

### نتیجه‌گیری

نتایج پیش‌بینی‌ها، شبیه‌سازی‌های اقلیمی و بررسی میزان تغییرات شاخص‌های مختلف اقلیمی همیشه با میزانی از شک و تردید همراه است. این موضوع از مسائل پیچیده‌ای است که اذهان اقلیم‌شناسان را به خود مشغول کرده است. از آنجا که نتایج این پیش‌بینی‌ها و شبیه‌سازی‌های صورت گرفته، پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها در زمینه‌های مختلف، نظیر کشاورزی، صنعت، و غیره می‌باشد، بنابراین مطالعه و شناخت میزان این شک و تردید یا به عبارت دیگر، این نوع عدم اعتماد یا به عبارت دیگر عدم قطعیت‌ها ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با هدف تعیین عدم اعتماد به بارش در ایران با شاخص پاز و کوتیل (۲۰۰۳) انجام شد. نتایج شاخص عدم اعتماد به بارش در ایران نشان داد، با توجه به مقادیر میانگین این شاخص، مناطق مختلف کشور اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند و دامنه اختلاف آن در کل ایران ۰/۳۸ است؛ ایستگاه بوشهر با میانگین ۱/۹ پایین‌ترین رقم و ایستگاه انزلی با رقم ۲/۳۷ بالاترین میانگین را دارا هستند. میانگین این شاخص برای کل ایران ۲/۲ که در طبقه اعتماد زیاد (متوسط عدم اعتماد ۳۶٪) قرار دارد. همچنین نتیجه تحلیل روند سری‌های زمانی و شیب روند شاخص عدم اعتماد بارش در ایران، فاقد روند معنی‌دار و بدون گرایش صعودی و نزولی می‌باشد.

گرچه در نواحی مختلف کشور از نظر عدم اعتماد به بارش، اختلاف چندانی مشاهده نمی‌شود، اما در حالت مقایسه، میزان عدم اعتماد به بارش در نواحی مرطوب بیشتر از نواحی خشک است؛ یعنی هر چه از نواحی مرطوب خزری و شمال غربی به طرف سواحل جنوب پیش می‌رویم، از میزان عدم اعتماد به بارش کاسته می‌شود. به عبارت دیگر، مناطقی که شروع بارندگی زودتر و فصل بارش طولانی‌تر دارند، وضعیت عدم اعتماد بالاتری دارند که علت آن می‌تواند تفاوت‌های بارشی در فصول مختلف، بدلیل اثرگذاری مکانیزم‌های مختلف بارشی در مناطق مرطوب خزری و شمال غربی باشد. در مقابل، استیلای پرفشار جنب‌حاره‌ای آزور و به دنبال آن، یکنواختی مقادیر بارش در طول سال در مناطق خشک سواحل جنوبی، از میزان عدم اعتماد به بارش می‌کاهد. این نتیجه، مشابه نتیجه‌ای است که رایزر و کوتیل (۲۰۰۷) در مقایسه دو ایستگاه والنسیا، با رژیم مرطوب‌تر در سواحل غربی مدیترانه با لارناکا، با رژیم خشک‌تر در سواحل شرقی مدیترانه، بدست آوردند. آن‌ها نیز نشان دادند که ایستگاه لارناکا عدم اعتماد کمتری نسبت به ایستگاه والنسیا نشان می‌دهد که احتمالاً به علت خشکی کامل

فصل تابستان در ایستگاه لارناکاست. همچنین مشابه با کار آنگ ناستفولوو همکاران (۲۰۰۸)، آن‌ها نیز نشان دادند که ایستگاه‌های واقع در بخش قاره‌ای (فصل بارش طولانی تر)، عدم اعتماد به بارش زیادتری نسبت به ایستگاه‌های واقع در بخش جزیره‌ای (فصل بارش کوتاه‌تر) دارند. اما در مقایسه با کار مسعودیان (۱۳۸۵)، استفاده از شاخص آشفستگی (آنتروپی) و کار گیور و مسعودیان (۱۳۷۵) و استفاده از شاخص یکنواختی، نتیجه کار کاملاً متفاوت می‌باشد که می‌تواند علت آن، دخالت یک پارامتر بارش در روش‌های مذکور، در مقابل دخالت پارامترهای متعدد بارشی در روش عدم اعتماد پاز و کوتیل (۲۰۰۳) باشد. به نظر می‌رسد با استفاده از مدل های GCM و RCM، شاخص عدم اعتماد به بارش، قابلیت دستیابی به نتایج بسیار دقیقتر را داراست.

### منابع و ماخذ

۱. پور رضا بیلندی، محسن؛ علی محمد آخوندی و بیژن قهرمان (۱۳۹۱). تحلیل عدم قطعیت در برآوردهای پارامترهای مدل توزیعی بارش \_ رواناب با کاربرد الگوریتم مونت کارلو زنجیره مارکف، مجله پژوهش‌های آب ایران دوره ۶، شماره ۱۱، ص ۱۷۳-۱۶۵.
۲. حیدری، علی؛ بهرام ثقفیان و رضا مکنون (۱۳۸۲). شبیه‌سازی هیدروگراف سیل بر اساس عدم قطعیت پارامترهای بارش-رواناب، پژوهشکده خاک و آب‌خیزداری، شماره ۲، ص ۱۱۱-۹۳.
۳. زاهدی قره‌آغاج، مجید؛ ویوسف رحیمی قویدل (۱۳۸۶). تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه بارش قابل اعتماد ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، ص ۲۱-۳۴.
۴. شرافتی، احمد و باقر ذهبیون (۱۳۹۲). تحلیل ریسک سد بادر نظر گرفتن عدم قطعیت-های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی، مجله پژوهش آب ایران، شماره ۱۳، ص ۴۰-۳۱.
۵. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب وهوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
۶. عزیزاده، امین (۱۳۸۹). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ ۲۹.
۷. گیور، حسنعلی و سیدابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۵). بررسی شاخص یکنواختی بارش ماهانه ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۶، ص ۲۹-۱۹.

۸. فتحیان، حسین؛ حسین صدقی؛ فردین بوستانی؛ حبیب موسوی جهرمی و محمد منشوری (۱۳۸۹). تحلیل عدم قطعیت مقدار توزیع زمانی و مکانی بارش در پیش‌بینی سیل، مجله علوم مهندسی آبخیزداری ایران، سال چهارم، شماره ۱۳، ص ۱۴-۱.
۹. کبیر، آتنا و عبدالرضا بهره‌مند (۱۳۹۲). بررسی عدم قطعیت پارامترهای مدل بارش-رواناب *wet spa* با استفاده از روش مونت کارلو، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۵، ص ۹۷-۸۱.
۱۰. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۵). مرزبندی مناطق آبی ایران به کمک شاخص آشفستگی بارش، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی) جلد بیستم، شماره ۱، سال ۱۳۸۵، ص ۱۴-۱.
۱۱. ماه آورپور، زهرا (۱۳۹۳). احتمال وقوع بارش‌های روزانه ایران و پیش‌بینی آن با مدل زنجیره مارکوف، فصلنامه تحقیقات جغرافیا، شماره ۴، ص ۲۲۹-۲۴۰.
۱۲. مسعودیان، سید ابوالفضل و محمدرضا کاویانی (۱۳۸۷). اقلیم شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۱۳. نصرآبادی، اسماعیل؛ سید ابوالفضل مسعودیان و حسین عساکره (۱۳۹۳). شناسایی و توزیع مکانی الگوهای احتمال بارش روزانه ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۳، ص ۲۳۷-۲۵۵.
- Anagnostopoulou, C., Tolika, K., Maheras, P., Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۰۸). *Quantifying uncertainties in precipitation: a case study from Greece*. AdvGeosci, ۱۶, ۱۹-۲۶.
- Arnaud, P., Lavabre, J., Fouchier, C., Diss, S., & Javlle, P. (۲۰۱۱). *Sensitivity of hydrological models to uncertainty in rainfall input*. Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques, ۵۶(۳) ۲۰۱۱, ۳۹۷-۴۱۰.
- Harmancioglu, N.B., Singh, V.P., & Alpaslan, N. (۱۹۹۲). *Versatile uses of the entropy concept in water resources*. In: Singh, V.P. and Fiorentino, M., Editors, ۱۹۹۲. Entropy and Energy Dissipation in Water Resources, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. ۹۱-۱۱۷.

Jaynes, E. T. (۱۹۵۷a). *Information theory and statistical mechanics*, I. Physical Review, Vol. ۱۰۶, pp. ۶۲۰-۶۳۰.

Jaynes, E. T. (۱۹۵۷b). *Information theory and statistical mechanics*, II. Physical Review, Vol. ۱۰۸, pp. ۱۷۱-۱۹۰.

Maskey, S., Guinot, V., & Price, R.K. (۲۰۰۴). *Treatment of precipitation uncertainty in rainfall-runoff modelling: a fuzzy set approach*. Advances in Water Resources, ۲۷, ۸۸۹-۸۹۸.

Paz, S., & Kutiel H. (۲۰۰۳). *Rainfall regime uncertainty (RRU) in an eastern Mediterranean region – a methodological approach*. Israel J Earth Sci, ۵۲, ۴۷-۶۳.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۰۷). *The Rainfall regime and its uncertainty in Valencia and Laranaca*. Adv Geosci, ۱۲, ۱۰۱-۱۰۶.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۰۸). *Rainfall uncertainty in the Mediterranean: Definition of the rainy season – a methodological approach*. Theor Appl Climatol, ۹۴, ۳۵-۴۹.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۰۹). *Rainfall uncertainty in the Mediterranean: definitions of the daily rainfall threshold (DRT) and the rainy season length (RSL)*. Theor Appl Climatol, ۹۷, ۱۵۱-۱۶۲.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۱۰a). *Rainfall uncertainty in the Mediterranean: intra-seasonal rainfall distribution*. Theor Appl Climatol, ۱۰۰, ۱۰۵-۱۲۱.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۱۰b). *Rainfall uncertainty in the Mediterranean: dryness distribution*. Theor Appl Climatol, ۱۰۰, ۱۲۳-۱۳۵.

Reiser, H., & Kutiel, H. (۲۰۱۱). *Rainfall uncertainty in the Mediterranean: time series, uncertainty and extreme events*. Theor Appl Climatol, ۱۰۴, ۳۵۷-۳۷۵.

Shannon, C. E. (۱۹۴۸a). *The mathematical theory of communications*, I and II. Bell System Technical Journal, Vol. ۲۷, pp. ۳۷۹-۴۲۳.

Shannon, C. E. (۱۹۴۸b). *The mathematical theory of communications*, III and IV. Bell System Technical Journal, Vol. ۲۷, pp. ۶۲۳-۶۵۶.