

بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران

Annual Rainfall Trend Analysis in Arid and Semi-arid Regions of Central and Eastern Iran

طیب رضی^۱ ایمان دانش کار آراسته^۲
بهرام سغافیان^۳

Tayeb Raziei¹, Peyman Daneshkar Arasteh²,
Bahram Saghafian³

(دریافت ۸۴/۱/۲۱ پذیرش ۸۴/۴/۲۲)

چکیده

در این پژوهش روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکز و شرق ایران با استفاده از داده‌های ۷۹ ایستگاه اقلیم‌شناسی و سینوپتیک سازمان هواشناسی با طول دوره آماری ۳۶ سال مورد بررسی قرار گرفت. روند بارندگی سالانه در دوره آماری ۱۹۶۵-۲۰۰۰ میلادی (۱۳۴۴ تا ۱۳۷۹ خورشیدی) در همه ایستگاهها با استفاده از آزمونهای آماری ناپارامتری، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتیجه این بررسی نشان داد که نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. اگرچه در برخی از ایستگاهها روند بارندگی سالانه منفی است و نشان دهنده روند کاهش بارش در سالهای اخیر می‌باشد، اما در بیشتر ایستگاهها، روند مزبور معنی‌دار نیست. نتیجه این بررسی همچنین نشان می‌دهد که جنوب شرق کشور در سالهای اخیر با کمبود بارندگی و افزایش دما مواجه بوده است و به ویژه بارندگی سالانه در این منطقه از کشور دارای روند کاهش معنی‌دار است. از این رو رویداد خشکسالیهای پیاپی در این منطقه را می‌توان به روند کاهش بارش و افزایش دما نسبت داد. از سوی دیگر، نقشه روند بارندگی سالانه هیچ الگوی مکانی مشخصی را نشان نداد.

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری بارندگی، تغییر اقلیم، روند، مناطق خشک و نیمه خشک، ایران.

Abstract

Climate variability is the main reason for drought and water scarcity. Annual rainfall trend was investigated in arid and semi-arid regions of Iran using 79 climatology and synoptic stations with 36 years of data records. Monthly and annual precipitation data from homogeneity tests were applied and discontinuities were adjusted in non-homogeneous stations using the annual nonparametric Mann-Kendal statistic test. The results showed no evidence of climate change in the study area. Although many stations showed negative trends indicating decreasing precipitation, this trend was not statistically significant at 95 percent significant level. The results indicate that the southeastern part of Iran has recently experienced a climate change of negative precipitation trend. Mapping trend statistics did not show any geographical orientation. Considering the global warming and rising temperatures, evident in the study area, the adverse effects of decreasing precipitation on temperature, the adverse effects of decreasing precipitation in conjunction with significant positive trends in temperature rise may lead to severe ecological and economic problems in the study area. The frequently occurring droughts in this region can be due to increasing temperature and decreasing precipitation.

Key words: Rainfall Variability, Climate Change, Trend, Arid and Semi-arid Regions, Iran.

- ۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران و مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری
- ۲- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری
- ۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری

- 1- PhD student of Climatology, University of Tehran, and Climatologist, Soil Conservation and Watershed Management Institute (SCWMRI), Tehran, Iran; tayebrazi@scwmri.ac.ir
- 2- Assistant Professor, SCWMRI
- 3- Associate Professor, SCWMRI

و همکاران^۷ [۸] روند تغییرات بارندگی را در کشور ژاپن بررسی نمودند و چنین نتیجه‌گیری کردند که مقدار بارندگی متوسط در ژاپن، تغییرات ناگهانی زیادی را تجربه کرده است؛ در حالی که هیچ نشانه‌ای از روند کاهشی و یا افزایشی یکنواخت به چشم نمی‌خورد. علی‌رغم این که ایران عمدتاً در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته، اما تاکنون مطالعه‌ی جامعی در زمینه تغییرات اقلیمی بر روی هیچ یک از مناطق کشور صورت پذیرفته است و این امر به دلیل کوتاه بودن طول دوره‌ی آماری ایستگاهها و پراکنش نامناسب آنها در ایران است. با افزایش ضریب خشکی، بر میزان تغییرپذیری زمانی و مکانی بارندگی در منطقه خشک و نیمه خشک شرق و مرکز کشور افزوده می‌گردد. در نتیجه مدیران و برنامه‌ریزان منابع طبیعی (آب، خاک و...) در این مناطق می‌باید همزمان هم با کمبود بارندگی و هم با بی‌نظمی و تغییرپذیری شدید بارندگی دست و پنجه نرم کنند. از این رو، هدف از این پژوهش بررسی تغییرات و روند احتمالی بارندگی در منطقه خشک و نیمه خشک مرکز و شرق کشور، در مقیاس سالانه می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

ایران با مساحتی در حدود ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع در جنوب غرب آسیا قرار گرفته و تقریباً از ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۲۴ تا ۶۴ درجه شرقی گسترش دارد (شکل ۱). رشته کوه‌های اصلی ایران، البرز و زاگرس می‌باشند که به ترتیب از غرب به شرق و از شمال به جنوب شرق امتداد دارند. این رشته کوهها نقش بسیار مهمی در توزیع ناهمگون زمانی و مکانی بارندگی در کل کشور ایفا می‌کنند. اقلیم ایران به استثنای سواحل شمالی و منطقه کوهستانی غرب کشور، خشک و نیمه خشک است. آب و هوای ایران با تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای سرد به ویژه در قسمت‌های داخلی کشور، بی‌نهایت قاره‌ای است. دامنه تغییرات دمای هوا در ایران در حدود ۲۲ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. دوره بارندگی در بخش‌های عمده ایران از آبان تا اردیبهشت به طول می‌انجامد و در پی آن دوره خشک و گرم فرا می‌رسد که از اردیبهشت تا آخر مهرماه ادامه دارد. میانگین بارندگی ایران در حدود ۲۴۰ میلی‌متر است که بیشترین میزان آن در دشتهای حاشیه دریای خزر و دامنه‌های البرز و زاگرس به ترتیب با ۱۸۰۰ و ۴۸۰ میلی‌متر روی می‌دهد. با وارد شدن به دشتهای داخلی شرق و مرکز ایران مقدار بارندگی با پیروی از توپوگرافی محل به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد [۹].

تغییرات اقلیمی تأثیر زیادی بر چرخه هیدرولوژیکی و در نتیجه بر منابع آب، فراوانی و شدت خشکسالی و سیل، محیطهای طبیعی، جامعه و اقتصاد دارد [۱]. بی‌نظمی در منابع آب در هنگام خشکسالیها موجب خسارتهای اجتماعی و اقتصادی زیادی می‌گردد که اغلب جبران آن تا سالها به طول می‌انجامد. پدیده‌های عمده مرتبط با تغییر در ترکیب اتمسفر، مانند افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو، تأثیر بسیار زیادی بر آب و هوا دارد. تقریباً سراسر کره زمین افزایش دما و تغییر در الگو بارندگی را در سده گذشته تجربه کرده و به نظر می‌رسد که این وضعیت در آینده نیز ادامه داشته باشد. چنین تغییراتی در آب و هوا ممکن است در برگیرنده اثرات قابل توجه و ویژه‌ای بر چرخه هیدرولوژیکی باشد. بر اساس نظر هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم^۱ دمای میانگین سطح کره زمین در سده بیستم در حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و دما در ۸ کیلومتری پایینی جو نیز در چهار دهه گذشته پیوسته روند افزایشی داشته است [۲]. براساس نتیجه پژوهشهای انجام شده، نشانه‌های تغییرات اقلیمی در سرتاسر جهان یکسان نیست. در حالی که در برخی از نقاط دنیا افزایش بارندگی و کاهش دما مشاهده می‌شود، سایر مناطق دنیا از کاهش بارندگی و افزایش دما رنج می‌برند. هر چند نتایج بسیاری از پژوهشها بیانگر روند افزایشی یا کاهشی در بارندگیهای سالانه، فصلی و ماهانه می‌باشند، اما بیشتر این روندها از نظر آماری معنی‌دار نیستند. در سال ۱۹۹۶، تورکز^۲ نشان داد که اگرچه بارندگی سالانه استاندارد شده منطقه‌ای در بسیاری از مناطق ترکیه دارای روند منفی و کاهشی است، اما این روندها در سطح ۵ درصد، معنی‌دار نیستند. وی اشاره کرد که با تغییر سطح معنی‌داری از ۵ به ۱۰ درصد، تنها در منطقه دریای سیاه و مدیترانه روند کاهشی بارش، معنی‌دار می‌باشد [۳]. اگر چه راموس^۳ روندی معنی‌دار در بارندگیهای سالانه منطقه مدیترانه پیدا نکرد [۴]. دلوئیس و همکاران^۴ [۵] و گنزالس - هیدالگو و همکاران^۵ [۶] نشان دادند که روند بارندگی در ارتباط با تغییرپذیری بین‌سالی بارندگی در مناطق مرطوب والنسیا - اسپانیا به طور معنی‌داری کاهشی است. هم‌چنین پیکارتا و همکاران^۶ [۷] به این نتیجه رسیدند که مقدار بارندگی سالانه در بسیاری از ایستگاههای باسیلیکا - اسپانیا دارای روند منفی است و مقدار میانگین کاهش بارندگی سالانه در این ایستگاهها در ۳۰ ساله گذشته در حدود ۱۵۶ میلی‌متر بوده است. با بهره‌گیری از آزمونهای پارامتری و ناپارامتری، زو

⁷ Xu et al.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

² Turkes

³ Ramos

⁴ De Luis et al.

⁵ Gonzales-Hidalgo et al.

⁶ Piccareta et al.



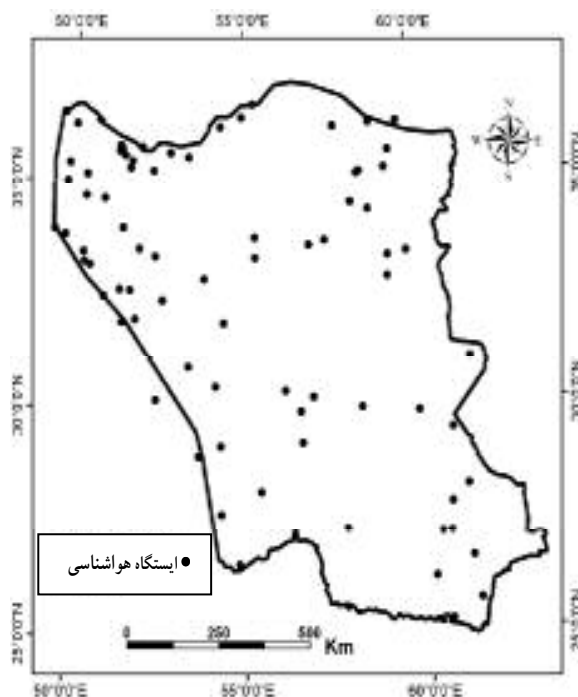
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای توپوگرافی ایران

بیش از نیمی از کشور را در بر می‌گیرد، به وسیله کوههای البرز و زاگرس احاطه شده است. کوههای زاگرس همانند یک دیوار، رطوبت سامانه‌های باران‌آور را می‌گیرد؛ در نتیجه هوایی که به این مناطق می‌رسد، پتانسیل لازم را برای ایجاد بارندگی ندارد. این پدیده موجب بی‌نظمی بسیار زیادی، در بارندگی این منطقه می‌شود. نبود بارندگی از اردیبهشت تا مهرماه به همراه دمای زیاد موجب تبخیر و تعرق شدید و در نتیجه کمبود شدید آب می‌شود. وقوع دوره‌های طولانی مدت خشکسالی، این پرسش را ایجاد کرده است که آیا این منطقه دچار تغییرات آب و هوایی شده است و یا به عبارتی اقلیم منطقه خشک‌تر شده است؟ تشدید کمبود آب به همراه افزایش جمعیت و نیاز به آب، بررسی تغییرات آب و هوایی را در این منطقه اولویت بخشیده است. شکل ۲، محل ایستگاههای هواشناسی مورد استفاده در این بررسی را در منطقه مرکزی و شرقی کشور نشان می‌دهد.

داده‌های بارندگی

داده‌های بارندگی سالانه ۷۹ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی وابسته به سازمان هواشناسی کشور با طول دوره آماری ۳۶ سال از ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۰ میلادی (۱۳۴۴-۱۳۷۹ خورشیدی) برای این مطالعه جمع‌آوری گردید. هرچند در مناطق بیابانی و کویری منطقه مورد مطالعه ایستگاهی وجود ندارد، با این حال ایستگاههای مورد استفاده در این مطالعه یک شبکه تقریباً مناسب با پراکنش مکانی قابل قبولی را تشکیل می‌دهند. همگنی داده‌های مورد استفاده با

از نظر سینوپتیکی آب و هوای بیشتر بخشهای ایران به ویژه در دوره گرم سال، تحت تأثیر سامانه پرفشار جنب حاره قرار دارد. این پدیده باعث به وجود آمدن تابستانهای بسیار گرم و خشک در این مناطق می‌شود. قسمت عمده بارندگی در گستره ایران به وسیله سامانه‌های مدیترانه‌ای تولید می‌شوند که از غرب به شرق و در بستر بادهای غربی به ایران وارد می‌شوند. تغییرات سامانه‌های سینوپتیکی و تغییرات سال به سال در تعداد سامانه‌هایی که به ایران وارد می‌شوند، عامل اصلی ضریب تغییرات بزرگی بارندگی سالانه در کشور به شمار می‌رود. سامانه‌های جبهه مدیترانه‌ای که در ارتباط با جریان‌های هوای غربی وارد کشور می‌شوند، بخش اصلی بارندگیهای کل کشور را در آخر پاییز و فصل زمستان تأمین می‌کنند. علاوه بر سامانه‌های جبهه‌ای مدیترانه‌ای، سامانه‌های باران‌آور سودانی نیز که از جنوب غرب وارد ایران می‌شوند، سهم عمده‌ای از بارندگیهای غرب و جنوب غرب ایران را تشکیل می‌دهند. در منطقه کوهستانی شمال غرب کشور رگبارهای تندی و همرفتی از فرآیندهای اصلی جوی هستند که موجب بروز بارندگی در فصل بهار و ابتدای تابستان می‌شوند. این سامانه‌های باران‌آور تنها در بخشهای غربی کشور فعال هستند و زمانی که به مرکز و شرق کشور می‌رسند، رطوبت کافی برای تولید ابر و بارش ندارند؛ از این رو منطقه مرکزی و شرقی کشور مستعدترین منطقه برای بروز خشکسالی است. زیرا تغییرپذیری درون‌سال و بین‌سال بارندگی در این منطقه بسیار زیاد است و مقدار بارندگی سالانه و ماهانه از ضریب تغییرات بزرگی برخوردار است. این منطقه که



شکل ۲- توزیع مکانی ایستگاههای منطقه مورد مطالعه

سیستماتیک) و یا صرفاً ویژگیهای طبیعی سامانه آب و هوای کره زمین باشد [۸ و ۱۱]. روندهایی که ممکن است در سریهای زمانی متغیرهای هیدرولوژیکی و اقلیم شناسی پیدا شوند به دو نوع شکستگیهای ناگهانی^۳ و روند یکنواخت و دارای جهت^۴ تقسیم می شوند [۸]. در آزمونهای آماری، روند فرض صفر یا H_0 عبارت از این است که سری مورد بررسی دارای روند نیست. در حالی که H_1 بیانگر آن است که سری دارای روند می باشد. برای بررسی و شناسایی روند معمولاً از روشهای پارامتری و ناپارامتری استفاده می شود. با این تفاوت که روشهای ناپارامتری در مقایسه با روشهای پارامتری از دقت و قابلیت اعتماد بیشتری برخوردارند. از میان روشهای ناپارامتری، آزمون من-کندال^۵ بهترین شیوه برای شناسایی روندهای یکنواخت به شمار می آید [۱۲ و ۱۳]. در حالی که آزمون من-ویتنی مناسبترین گزینه برای شناسایی تغییرات ناگهانی و شکستگیها در سریهای مورد بررسی است. این آزمون به طور گسترده ای برای آزمون و بررسی همگنی داده ها مورد استفاده قرار می گیرد [۸]. در این بررسی از آزمون من-ویتنی برای

کمک روش رگرسیون خطی [۴]، روش جرم مضاعف [۱۰] و آزمون ناپارامتری من-ویتنی^۱ [۸] مورد بررسی قرار گرفت. اندک ایستگاههای ناهمگن با استفاده از داده های ایستگاههای قابل اعتماد اطراف اصلاح و همگن گردیدند. در این بررسی از ایستگاههایی استفاده به عمل آمد که داده های گم شده آنها کمتر از ۵ درصد کل داده ها را شامل بوده است. در مواردی که رابطه قابل قبول و معنی داری بین ایستگاه دارای آمار ناقص و ایستگاههای اطراف وجود داشته، داده های گم شده ایستگاه دارای آمار ناقص از روش رگرسیون خطی و در غیر این صورت از روش نسبت نرمال برآورد شده است. در نهایت یک شبکه مناسب از ۷۹ ایستگاه با طول دوره آماری ۳۶ سال تشکیل و برای بررسی و مطالعه روند بارندگی در منطقه خشک و نیمه خشک مرکز و شرق کشور مورد استفاده قرار گرفت.

۲- روش تجزیه و تحلیل

فرآیندهای هیدرولوژیکی عموماً به عنوان فرآیندهایی ایستا^۲ شناخته می شوند. با این حال، شواهدی وجود دارد که بسیاری از سریهای زمانی هیدرولوژیکی دارای روند و تغییرپذیری بلندمدت می باشند که ممکن است ناشی از تأثیرات عوامل انسانی (خطای

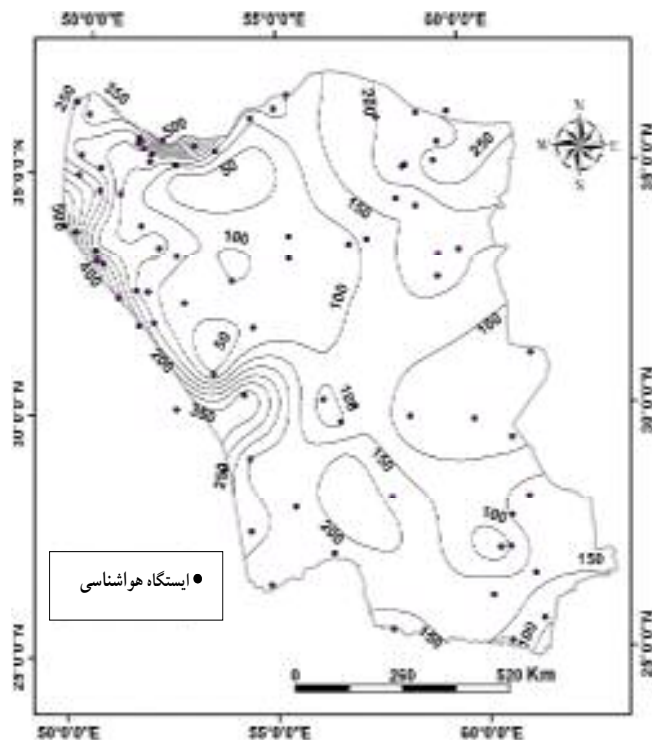
³ Step (Shift) Change

⁴ Monotonic Trend

⁵ Mann-Kendall

¹ Mann-Whitney

² Stationary



شکل ۳- توزیع مکانی بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (3)$$

در رابطه ۳، t_p تعداد مقادیر مشابه برای مقدار p ام و q ، تعداد مقادیر مشابه در سری می باشد [۱۴].

در این بررسی سطوح معنی داری ۱۰ و ۵ درصد مورد استفاده قرار گرفته و مقادیر p مشاهده‌ای برای هر یک از سری‌های مورد بررسی به دست آمد. به منظور گروه بندی سری‌های زمانی، ایستگاهها به زیرگروه‌های همگن تقسیم شدند و برای شناسایی الگوهای مکانی علامت روندها (+، ۰ و -) نیز از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویژگیهای بارندگی سالانه منطقه

از ویژگیهای منطقه مرکزی و شرقی ایران تغییرپذیری شدید بارندگی از ماهی به ماه دیگر و از سالی به سال دیگر است. در این منطقه به طور کلی مقدار بارندگی بسیار اندک بوده و پاسخگوی نیازهای محیطی و اجتماعی منطقه نیست. به دلیل حاکمیت سامانه پرفشار جنب حاره در طی دوره اردیبهشت تا آبان ماه، وقوع بارندگی در این دوره تقریباً ناچیز است. از این رو وقوع بارندگی در این منطقه، تنها به فصل زمستان، زمانی که این سامانه به روی خلیج

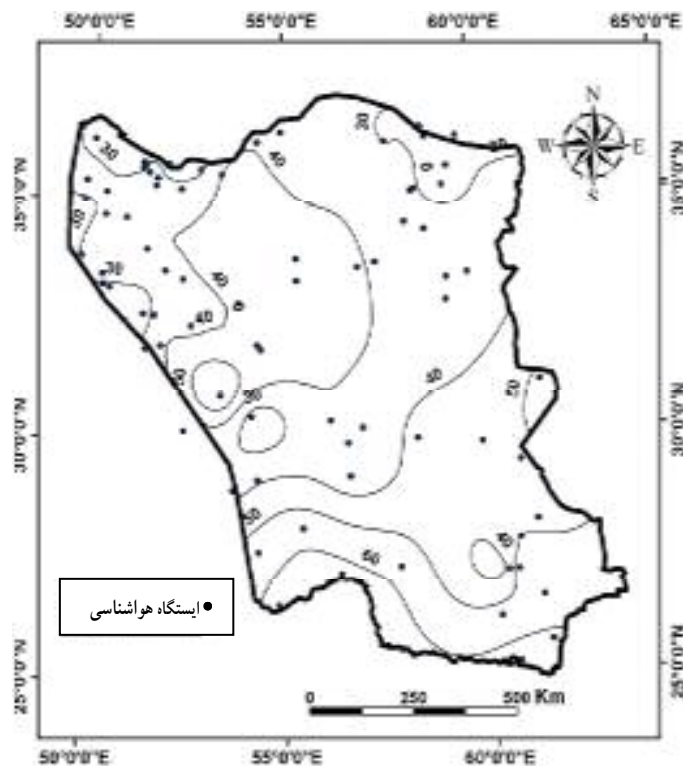
شناسایی روندهای ناگهانی و ناهمگنی سری‌های زمانی استفاده گردید. به منظور شناسایی روندهای یکنواخت و دارای جهت مشخص در سریهای زمانی بارندگی سالانه، آزمون من-کنندال مورد استفاده قرار گرفت. در این آزمون، هر مقدار در سری زمانی به صورت پیوسته و پشت سرهم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد. آماره S که جمع همه شمارشها را نشان می‌دهد با رابطه زیر بیان می‌گردد [۱۴]

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (1)$$

که در آن: x_i و x_k ، مقادیر پشت سرهم سری می باشند؛ n ، طول دوره سری زمانی و $\text{sgn}(\theta)$ نیز برابر است با ۱، صفر و -۱، اگر θ به ترتیب بزرگتر از، برابر و یا کوچکتر از صفر باشد. فرض H_0 زمانی رد می شود که $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{1-\alpha/2}$ باشد. نتیجه آزمون Z بر اساس رابطه زیر ارزیابی می‌شود

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

که در آن: $\text{Var}(S)$ از رابطه زیر به دست می‌آید



شکل ۴- توزیع مکانی درصد ضریب تغییرات بارندگی در منطقه مورد مطالعه

واقع شدن، مرتبط دانست. به دلیل مقدار بزرگ ضریب تغییرات و عدم اطمینان کافی به وقوع بارندگی در منطقه، می‌توان گفت که سرتاسر این منطقه مستعدترین منطقه در کشور برای وقوع خشکسالی است و به همین علت خشکسالیهای بسیار شدیدی را تجربه کرده است. از این رو دوره‌های خشکسالی که ممکن است به ۳ تا ۵ سال پیایی برسد در این منطقه و به ویژه در جنوب شرق ایران پدیده‌ای غیر عادی نیست.

۳-۲- روند بارندگی سالانه

به منظور از بین بردن نوسانات موجود در سری‌های زمانی بارندگی سالانه، سری‌های مورد بررسی با استفاده از فیلتر هموارساز ۹ ساله هموار گردید. سپس، روند سری‌های هموار شده با استفاده از آزمون آماری من-کندال بررسی گردید. نتیجه این بررسی نشان داد که بیشتر ایستگاهها دارای روند منفی و یا مثبت می‌باشند. توزیع مکانی روند بارندگی سالانه بدون توجه به معنی‌داری آنها و تنها بر اساس مقدار آزمون، با استفاده از تحلیل خوشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل خوشه‌ای با استفاده از روش کمترین فاصله اقلیدسی و به شیوه وارد^۱ انجام شد [۱۵]. نتیجه تحلیل

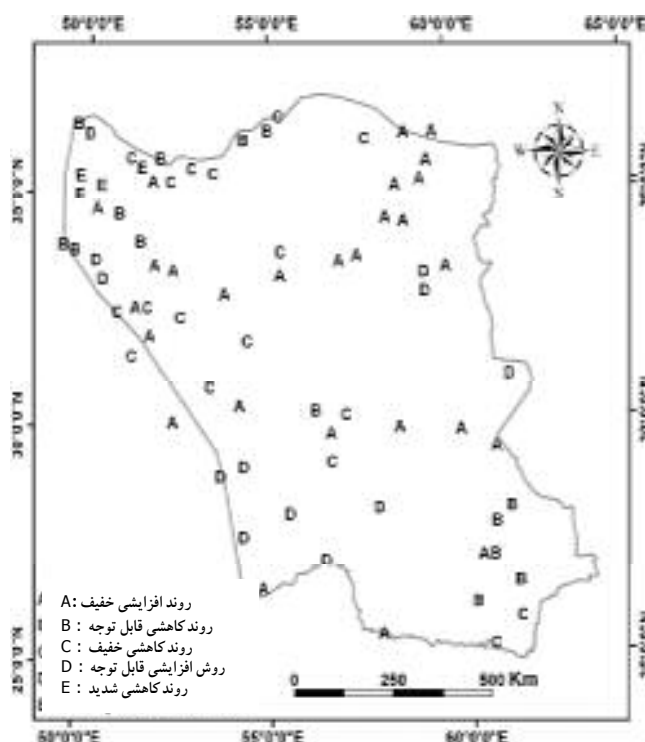
فارس و دریای عمان عقب‌نشینی می‌کند، محدود می‌گردد. بر اساس داده‌های بارندگی دوره آماری ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۰ میلادی، مقدار بارندگی سالانه در این منطقه از غرب و شمال به سمت شرق و جنوب کاسته می‌شود. همچنان که شکل ۳ نشان می‌دهد، مقدار میانگین بارندگی سالانه در دامنه‌های البرز و زاگرس در شمال و غرب منطقه به ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر می‌رسد. به طور کلی مقدار بارندگی، توزیع مکانی و تغییرپذیری آن در منطقه به طور معنی داری از ناهمواریها پیروی می‌کند؛ به طوری که در دشتهای مرکزی و شرقی کشور، ارتفاعات نقش مهمی در آب و هوای منطقه دارند. از این رو همگام با روند ناهمواریهای منطقه، مقدار بارندگی در مناطق پست داخلی به کمتر از ۵۰ میلی متر می‌رسد.

به منظور تعیین الگوی مکانی تغییرپذیری بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه، درصد ضریب تغییرات بارندگی (CV) برای کلیه ایستگاهها محاسبه شد (شکل ۴). ضریب تغییرات بارندگی سالانه نیز به پیروی از ناهمواریها از جنوب شرق به غرب و شمال در همه جهات کاهش می‌یابد. درصد ضریب تغییرات بارندگی سالانه در این منطقه از حداکثر ۶۰ درصد در جنوب شرق کشور تا حداقل ۳۰ درصد در بخشهای غربی و شمالی منطقه تغییر می‌کند. مقادیر بالای ضریب تغییرات در منطقه را می‌توان به ارتفاع کم بسیاری از نقاط منطقه، دوری از منابع رطوبت و در بادپناه زاگرس

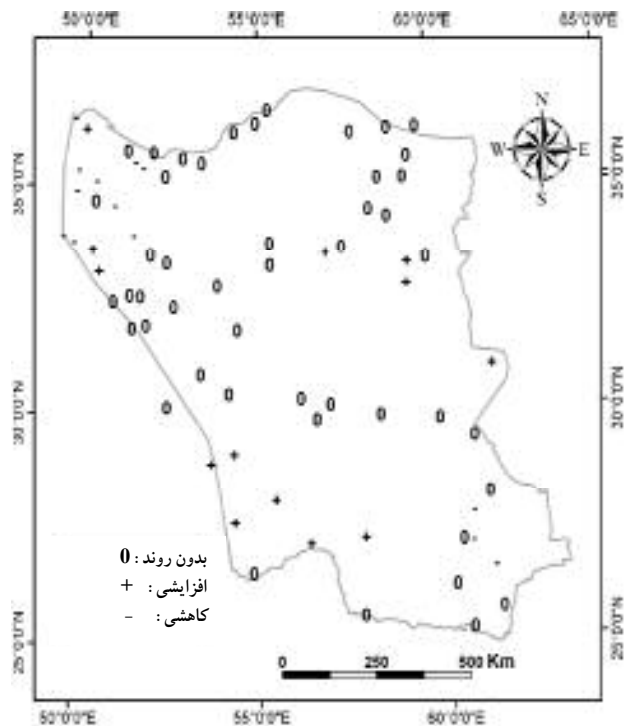
¹Ward

آمار، تنها در تعداد کمی از ایستگاهها روندهای مشاهده شده معنی دار می باشند. شکل ۶، توزیع مکانی روندهای بارندگی سالانه را بر اساس آزمون من-کندال و در سطح معنی داری ۵ درصد، نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، بیشتر ایستگاهها در این نقشه دارای علامت 0 هستند که بیانگر نبود روند می باشد. ایستگاههای دارای روند افزایشی (+) عمدتاً در شمال غرب، جنوب غرب و شرق منطقه مورد مطالعه قرار دارند. ایستگاههای با روند کاهش (-) نیز اکثراً در جنوب شرق و گوشه شمال غربی منطقه تمرکز پیدا کرده اند. با توجه به این نتیجه که تنها در ۳۲ درصد ایستگاهها، روند یکنواخت معنی دار در بارش سالانه به عنوان شاخصی از تغییرات اقلیمی مشاهده می شود، تغییر سطح معنی دار بودن از ۵ به ۱۰ درصد نیز نتوانست بر تعداد ایستگاههای دارای روند بیافزاید. شکل ۷، نشان می دهد که با تغییر سطح معنی دار بودن از ۵ به ۱۰ درصد، تنها ۶ ایستگاه به ایستگاههای دارای روند معنی دار اضافه شده است که در شکل ۷ با نشانه های درشت مثبت و منفی نمایش داده شده است. به عنوان یک نتیجه گیری کلی می توان گفت که تنها ۳۹ درصد ایستگاههای منطقه مورد مطالعه از خود روند معنی دار نشان می دهند و بر مبنای آزمون من-کندال واقعاً دچار تغییرات اقلیمی شده اند.

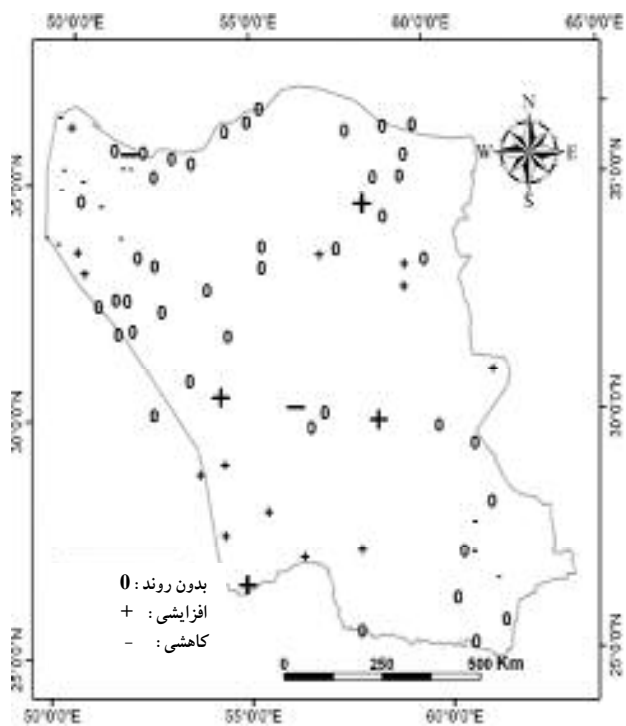
خوشه ای نشان داد که روند بارندگی سالانه در ایستگاهها، در پنج گروه قابل دسته بندی است. گروه A که ۳۸ درصد ایستگاهها را شامل می شود، دارای روند افزایشی خفیف می باشد. این گروه بیشتر در منطقه مرکزی کشور یعنی دشتها و بیابانهای ایران که از شمال غرب به جنوب شرق گسترده اند، دیده می شود. گروه B که با روند کاهش قابل توجه مشخص می شود، عمدتاً در جنوب شرقی و شمال غربی منطقه متمرکز شده اند و ۲۰ درصد از کل ایستگاهها را شامل می شوند. گروه C که ۲۱ درصد ایستگاهها را شامل می شود با روند کاهش خفیف مشخص می شود و بیشتر در مناطق کوهپایه ای غرب و شمال منطقه توزیع شده اند. گروه D نیز که ۱۵ درصد از ایستگاهها را به خود اختصاص می دهد، دارای روند افزایشی قابل توجه بوده و بیشتر در جنوب غرب منطقه متمرکز می باشند. سرانجام، گروه E که تنها ۵ درصد از کل ایستگاهها را شامل می گردد، با روند کاهش شدید مشخص می شود. گروه E عمدتاً در شمال غرب منطقه تمرکز پیدا کرده است. شکل ۵، توزیع مکانی روند بارندگی سالانه را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. در این شکل، تنها جهت روندها به منظور گروه بندی تغییرات زمانی سری های زمانی بارندگی سالانه به عنوان شاخصی از تغییرات و نوسانات اقلیمی مد نظر بوده است. بر اساس این نقشه بیشتر ایستگاهها دارای روند منفی و یا مثبت می باشند. در صورت در نظر گرفتن سطح معنی دار بودن آزمون



شکل ۵- توزیع مکانی گرایش روند بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه



شکل ۶- تغییرات مکانی معنی دار روند بارش سالانه در سطح معنی داری ۵ درصد



شکل ۷- تغییرات مکانی معنی دار روند بارش سالانه در سطح معنی داری ۱۰ درصد

گرفتند که میانگین دمای حداکثر، در سطح معنی دار ۵ درصد، دارای روند کاهشی و میانگین دمای حداقل دارای روند افزایشی است. از این رو دامنه دمای شبانه روز به طور معنی داری افزایش یافته است. داده‌های مورد بررسی در این تحقیق کمتر تحت تأثیر صنعتی شدن

در صورتی که بخواهیم وجود تغییرات اقلیمی را در منطقه بررسی و ارزیابی کنیم، دیگر متغیرهای اقلیمی مانند دما را نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار دهیم. رضیئی و ثقفیان [۱۶] روند تغییرات دما را در منطقه جنوب شرق ایران بررسی کردند و چنین نتیجه

و اثر گسترش شهرها قرار داشته‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده از دیگر پژوهش‌های انجام شده در کشور این نتیجه‌گیری برای بسیاری دیگر از نقاط کشور نیز قابل تعمیم است.

۴- نتیجه‌گیری

بررسی تغییرپذیری بارندگی سالانه در ۷۹ ایستگاه هواشناسی مرکز و شرق کشور نشان داد که تغییر پذیری شدید بارندگی سالانه یکی از ویژگی‌های طبیعی این اقلیم به شمار می‌رود. ضریب تغییرات بارندگی در این ایستگاهها بیانگر آن است که یکنواختی بارندگی در این منطقه به دلیل بی‌نظمی‌های موجود در رژیم بارندگی آن بسیار کم است. بیشتر ایستگاههای منطقه (بیش از ۶۰ درصد) نشان می‌دهند که هیچ‌گونه روند معنی‌داری در آنها مشاهده نشده است. بدین معنی که مقدار بارندگی سالانه در این ایستگاهها در طی

۵- مراجع

- 1- Ramos, M.C. (2001). "Rainfall distribution pattern and their change over time in a Mediterranean area." *J. Theoretical and Applied Climatology*, 69, 163-170.
- 2- IPCC (2000). "Special report on emissions scenarios." *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599.
- 3- Turkes, M. (1996). "Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey." *J. International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- 4- Peterson, T.C., and Easterling, D.R. (1994). "Creation of homogeneous composite climatological reference series." *J. International Journal of Climatology*, 14, 671-679.
- 5- De Luis, M., Raventos, J., Gonzales-Hidalgo, J.C., Sanchez, J.R., and Cortina, J. (2000). "Spatial analysis of rainfall trends in the region of Valencia (East Spain)." *J. International Journal of Climatology*, 20, 1451-1469.
- 6- Gonzales-Hidalgo, J.C., De Luis, M., Raventos, J., and Sanchez, J. R. (2001). "Spatial distribution of seasonal rainfall trends in a Western Mediterranean area." *J. International Journal of Climatology*, 21, 843-860.
- 7- Piccareta, M., Capolongo, D., and Boenzi, F. (2004). "Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a Southern Italy context." *J. International Journal of Climatology*, 24, 907-922.
- 8- Xu, Z.X., Tkeuchi, K., and Ishidaria, H. (2003). "Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation." *J. Journal of Hydrology*, 279, 144-150.
- 9- Dinpashoh, Y., Fekri Fard, A., Moghadam, M., Jahanbakhsh, S., and Mirnia, M. (2004). "Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods." *J. Journal of Hydrology*, 297, 109-123.
- 10- Kohler, M.A. (1949). "Double-mass analysis for testing the consistency of records for making adjustment." *Bulletin of the American Meteorological Society*, 30, 188-189.
- 11- Jain, S., and Lall, U. (2000). "Magnitude and timing of annual maximum floods: trend and large scale climate associations for the Blacksmith Fork river, Utah." *J. Water Resources Research*, 36(12), 3641-3651.
- 12- Yue, S. and Pilon, P. (2004). "A comparison of the power of the t-test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection." *J. Hydrological Sciences*, 49(1), 21-37.
- 13- Yue, S., Pilon, P., and Cavadias, G. (2004). "Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series." *J. Journal of Hydrology*, 254-259-271.
- 14- Rodrigues da Silva, V. P. (2004). "On climate variability in northeast of Brazil." *J. Journal of Arid Environment*, 58, 575-596.
- 15- Wilks, D.S. (1995). *Statistical methods in the atmospheric sciences (an introduction)*, Academic Press, San Diego, CA, USA.

۱۶- رضیئی، ط.، و ثقفیان، ب. (۱۳۸۳). "بررسی روند خشکسالی در دشت سیستان". مجموعه مقالات، اولین کنفرانس ملی منابع آب ایران، دانشگاه تهران، تهران.