

تحلیلی بر تغییرات بارش و پیامدهای آن در ایران سید اسعد حسینی¹ و فرزاد رضانی بونش²

مرکز بین المللی مطالعات صلح - IPSC واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، بارش، پیامدهای آن در ایران

تحلیل تغییرات بارش به عنوان یکی مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی می‌تواند منابع آبی و طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد و پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را به دنبال داشته باشد. بنابراین ارزیابی این تغییرات کم‌فراوانی به چالش‌های مدیران و برنامه‌ریزان کشوری خواهد کرد. لذا در این بررسی به منظور تحلیل و آشکارسازی تغییرات بارش در ایران، از آمار بارش 34 ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور در طول دوره آماری 30 ساله (1986-2015) با استفاده از آزمون‌های آماری پرداخته شد و پیامدهای این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. روش‌های مورد استفاده در آشکارسازی تغییرات بارش شامل آزمون ناپارامتری من کندال و تخمین‌گر شیب سن است. نتایج حاصل نشان داد که در منطقه مورد بررسی در طول دوره آماری مورد مطالعه در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه بارش دارای روند کاهشی است که این روند کاهشی فقط در ایستگاه‌های سنندج، کرمانشاه، بیرجند و جاسک معنی‌دار شده است و تغییرات در سایر ایستگاه‌ها از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی است. همچنین با توجه به تخمین‌گر شیب سن، بیشترین و کمترین شیب تغییرات بارش به ترتیب مربوط به ایستگاه سنندج و اردبیل است. بر اساس نتایج حاصل روند کاهشی بارش در بیشتر ایستگاه‌ها از سال 1998 به خوبی نمود پیدا کرده است. لذا با توجه به تغییرات بارش در سطح منطقه مورد مطالعه، ضروری است برنامه‌ریزان مربوطه در بخش‌های مختلف، راهکارهای لازم برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند.

مقدمه

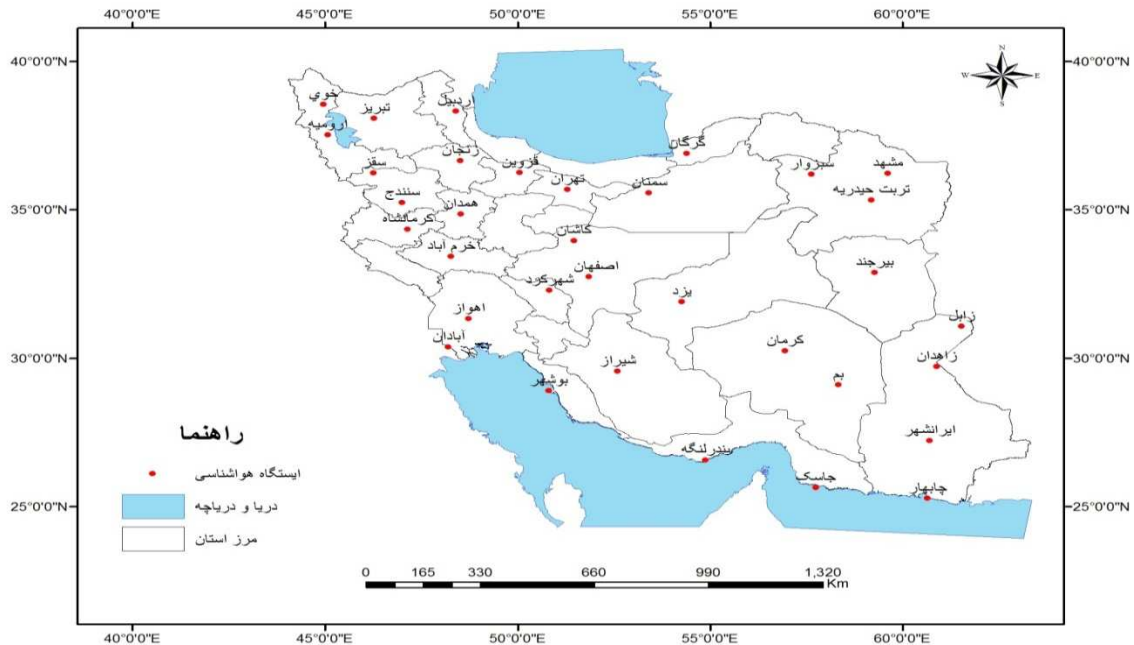
امروزه بحران آب در جهان به یک مسئله بسیار جدی تبدیل شده است، لذا بر لزوم اهمیت ضرورت منابع آبی کشور بیش‌ازپیش افزوده شده است و بدون شک اجرای صحیح آن بدون شناخت و آگاهی دقیق و جامع از مسائل طبیعی امکان‌پذیر نیست. یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی‌ناپذیر نوسانات اقلیمی و یکی از عوامل بحران‌های محیطی، خشکسالی است که وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است و از جمله رخدادهای مصیبت‌باری است که هر ساله خسارت‌های زیادی را به جوامع انسانی وارد می‌کند. از بین رفتن تولیدات مرتعی، مرگ و میر دام‌ها، از بین رفتن صنایع وابسته به کشاورزی، کاهش کمی و کیفی تولیدات و محصولات زراعی و تغییر در استفاده از اراضی از خسارت‌های مستقیم خشکسالی است. از جمله اثرات دیگر آن می‌توان به افزایش متوسط دمای هوا، افزایش غلظت آلاینده‌ها و افزایش EC آب‌ها، افزایش میزان مصرف انرژی به دلیل افزایش دمای هوا، تشدید بحران ناشی از کمبود آب بر زندگی و کاهش رفاه، بهداشت و امنیت، افزایش وقایع آتش‌سوزی جنگل‌ها، گسترش آفات و بیماری‌ها، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و سطحی و مشکلات اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد. تغییر پذیری بارش

1. دکتری اقلیم‌شناسی و مسئول کارگروه اقلیم‌شناسی مرکز تحقیقات راهبردی دفاعی

2. پژوهشگر مسائل منطقه ای

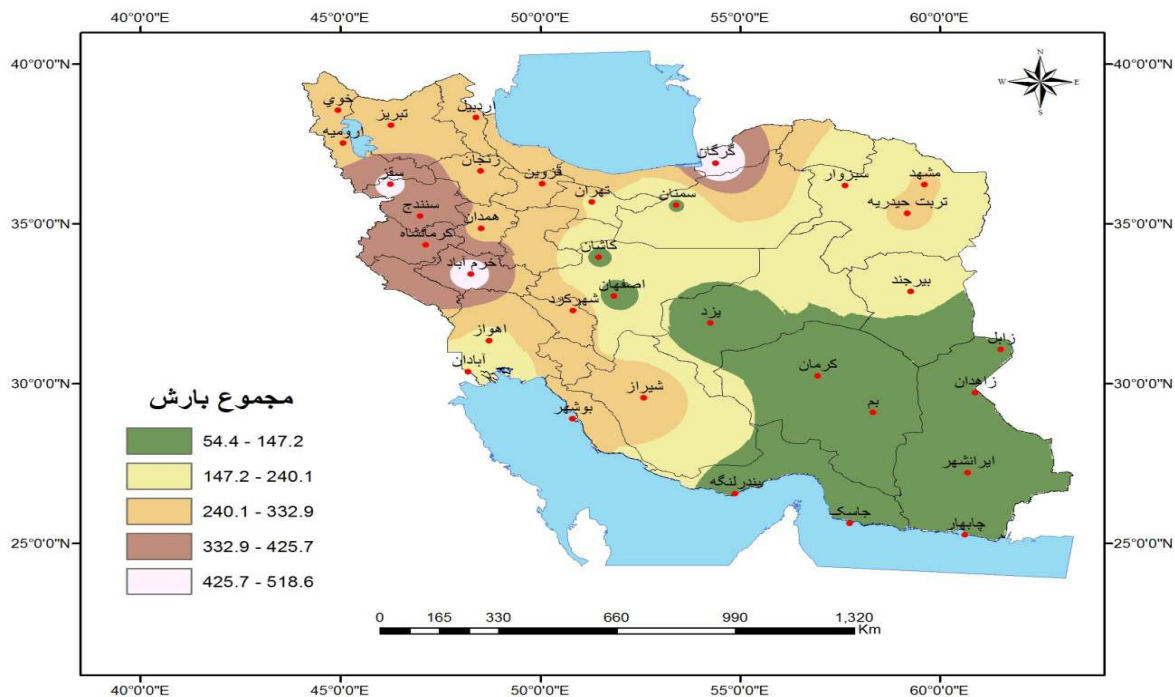
از عوامل مهم طبیعی می‌باشند که سیستم‌های طبیعی و اقتصادی را تحت تاثیر مستقیم خود قرار می‌دهد و دولت‌ها همیشه در پی راه حل‌هایی برای جبران خسارت ناشی از این تغییرات هستند. عناصر جوی با نوسانات خود به صورت مستقیم روند فعالیت‌های زیستی موجودات زنده و به خصوص انسان را تحت الشعاع خود قرار می‌دهند. این موضوع در کشور ما که در کمربند خشک و نیمه خشک قرار دارد، چشمگیرتر می‌باشد. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در سال 2001 گزارش داد که اقلیم در حال تغییر و گرمایش جهانی در حال وقوع است [1]. این پدیده به علت افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر می‌باشد [2]. بسیاری از بلایای طبیعی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با تغییر اقلیم قابل توجه هستند. به‌طوری که، بر اساس نتایج حاصل از مطالعات تغییر اقلیم در حوضه دریای مدیترانه وجود رابطه بین افزایش دما و کاهش بارش و کمبود آب و افزایش خطر آتش‌سوزی جنگل‌های منطقه به اثبات رسیده است [3]. به‌طور کلی وجود روند تغییرات در سری‌های زمانی اقلیمی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا در اثر فعالیت‌های بشر باشد. اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، اما فرض رخداد آن را تقویت می‌کند [4]. جهت تحلیل روند سری‌های زمانی از روش‌های آماری مختلفی می‌توان استفاده کرد که این روش‌ها به دو دسته کلی روش‌های پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. از جمله روش‌های معتبر ناپارامتری آزمون من-کندال می‌باشد. این روش از معمول‌ترین روش‌های آماری است که برای بررسی وجود روندهای معنی‌دار در سری‌های زمانی اقلیمی و هیدرولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل عمده استفاده از روش‌های ناپارامتریک در مقایسه با روش‌های آماری پارامتریک این است که روش‌های ناپارامتری برای داده‌هایی که فاقد توزیع نرمال می‌باشند مناسب‌تر عمل می‌کنند [5]. در سال‌های اخیر خطر بیابان‌زایی یکی از موضوعات مهم در مقیاس جهانی، هم به لحاظ محیطی و هم شرایط اقتصادی و اجتماعی بوده که می‌تواند ناشی از شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژیکی و ضعف در مدیریت صحیح محیط باشد. گسترش نواحی خشک و بیابانی و پیامدهای بیابان‌زایی در بسیاری از کشورها از جمله ایران عامل اصلی بر سر راه توسعه پایدار به شمار می‌آید که تغییرات اقلیمی و به‌تبع آن تغییر در عوامل مورفولوژیکی و زمین‌شناسی می‌تواند شدت این پدیده را افزایش دهد. کاهش بارش و به‌تبع آن خشکسالی به عنوان یکی از تهدیدهای مهم و به تعبیر برخی از پژوهشگران به‌عنوان مهم‌ترین تهدید در قرن بیست و یکم محسوب می‌شود. پدیده خشکسالی در کشورهای خشک و کم‌آبی همچون ایران همیشه با پیامدهای امنیتی جدی همراه بوده است از جمله مهاجرت‌های اجباری، منازعه بر سر منابع و اثرات آن بر امنیت انسانی. در بخش امنیت انسانی خشکسالی به‌صورت مستقیم بر رفاه و شرایط اقتصادی افراد به‌ویژه در منطقه آسیب‌پذیر بیابانی کشور اثر گذاشته است و به‌صورت غیرمستقیم نیز با تأثیر خشکسالی بر منابع آب و کشاورزی در مناطق بیابانی کشور موجب افزایش پدیده قاچاق مواد مخدر و کاهش امنیت گردیده است. بسیاری از کارشناسان تحولات موجود در سوریه و عراق را نیز ناشی از خشکسالی و در نتیجه تنش‌های سیاسی در منطقه می‌دانند. تغییر اقلیم و به‌تبع آن خشکسالی در بروز جنگ در سوریه نقش پررنگی داشت در سال 2006 چند سال قبل از شروع تظاهرات و جنگ‌های داخلی سوریه خشکسالی‌های گسترده‌ای رخ داد که هنوز هم ادامه دارد و باعث خسارات فراوانی به محصولات کشاورزی شده است در طول این خشکسالی در شمال شرقی سوریه 85 درصد دام‌ها تلف شدند و 75 درصد کشاورزان محصولات سالانه خود را از دست دادند و در عراق نیز با کاهش 70 درصدی محصولات باغی و کشاورزی موجب سوءتغذیه و

مهاجرت‌های اجباری در سالهای 2006 تا 2011 گردید (روزنامه شرق، 1394). لذا با توجه به اهمیت تغییرات بارش در این بررسی به تحلیل و آشکارسازی تغییرات بارش در 34 ایستگاه سینوپتیک با پراکندگی مناسب در سطح کشور (شکل 1) در طول دوره آماری بلندمدت (1986-2015) با استفاده از آزمون‌های آماری روند تغییرات پرداخته شد.



شکل (1) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

توزیع مجموع بارش سالانه در سطح کشور با توجه به ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل 2) که به‌طور کلی بارش منطقه بین 54 تا 519 میلی‌متر در نوسان می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که ایستگاه‌های واقع در مناطق شمالی، غربی و شمال غرب کشور از بارش مناسبی برخوردار می‌باشند. کم بارش‌ترین محدوده در منطقه مورد مطالعه نیز نواحی مرکزی، جنوب شرقی و جنوبی کشور را شامل می‌شود. در این بین نیز ایستگاه‌های یزد و زابل با 54 میلی‌متر بارش در سال از کم بارش‌ترین ایستگاه‌ها در محدوده مورد مطالعه می‌باشند.



شکل (2) توزیع بارش سالانه در سطح منطقه مورد مطالعه در طول دوره آماری (2015-1986)

نتایج به دست آمده از اعمال آزمون من کندال و شیب سن حاکی از روند نزولی و منفی بارش در بیشتر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه است ولی معنی‌داری روند کاهشی به جز ایستگاه‌های جاسک، بیرجند، کرمانشاه و سنندج توسط آزمون من-کندال مورد تأیید قرار نگرفته است و می‌توان اظهار داشت روند کاهشی در بیشتر ایستگاه‌ها از نوع نوسانات کوتاه‌مدت آب و هوایی می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج حاصل ایستگاه‌های کاشان، خوی، تبریز، اصفهان، زاهدان و زنجان دارای روند افزایشی بارش در منطقه بوده‌اند که این روند افزایشی در هیچکدام از ایستگاه‌های مذکور معنی‌دار نشده است. بیشترین و کمترین تغییرات بارش منطقه بر اساس آزمون من کندال نیز به ترتیب مربوط به ایستگاه سنندج با ضریب من کندال برابر با $3/1-$ و ایستگاه اردبیل با ضریب $0/00$ تقریباً بدون تغییر می‌باشد. نتایج حاصل از تخمین‌گر شیب سن نیز حاکی از روند نزولی و شیب منفی در بیشتر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه است. بیشترین میزان کاهش شیب نیز مربوط به ایستگاه‌های سنندج با شیب سن برابر با $5/85-$ و کرمانشاه با شیب $4/92-$ است که بر اساس آزمون من کندال نیز این تغییرات در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. بیشترین میزان افزایش شیب نیز مربوط به ایستگاه خوی با شیب سن برابر با $1/17$ می‌باشد (جدول 1).

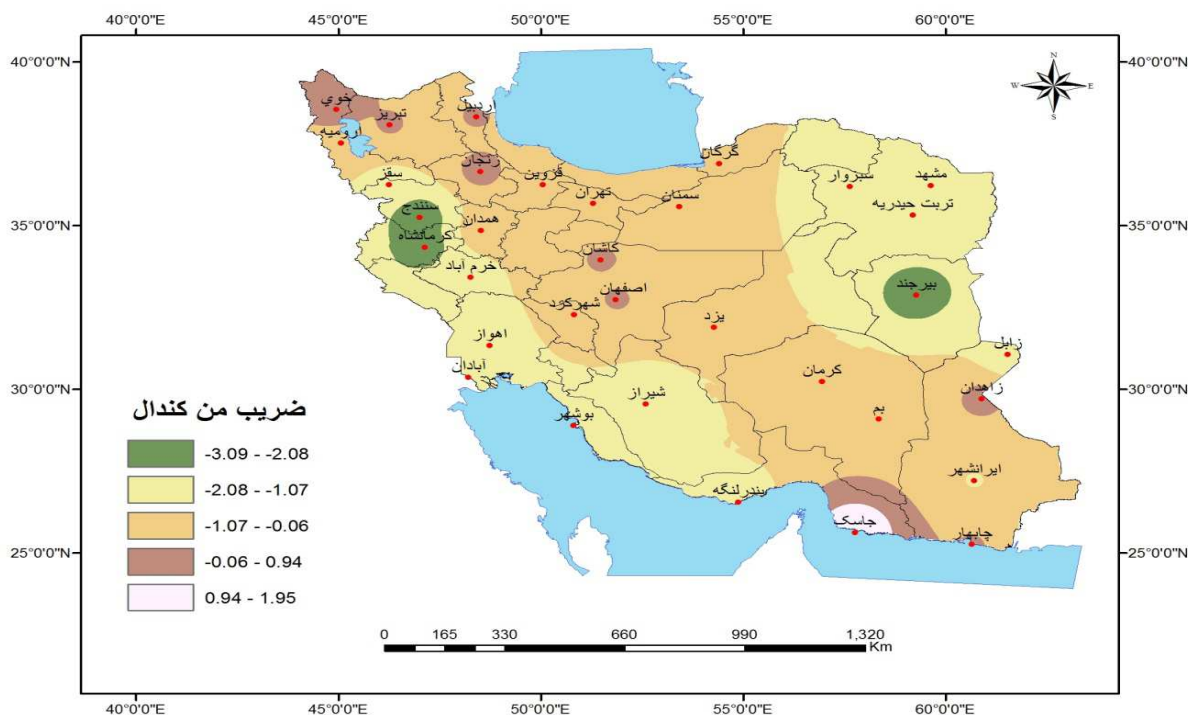
جدول (1) نتایج حاصل از آزمون‌های مورد استفاده بر روی بارش منطقه

ایستگاه	آماره من کندال	شیب سن	ایستگاه	آماره من کندال	شیب سن
آبادان	-1/78	-2/51	خرم آباد	-1/25	-3/79

1/17	0/79	خوی	-2/59	-1/82	اهواز
-1/9	-1/39	مشهد	-0/06	0/00	اردبیل
-1/98	-0/89	ارومیه	-0/23	-0/32	بم
-2/53	-1/64	سبزوار	-2/36	-1/75	بندر لنگه
-3/58	-1/39	سقز	-3/01	-2/6**	بیرجند
-5/85	-3/1**	سنندج	-2/63	-1/61	بوشهر
-0/58	-0/68	سمنان	-0/19	-0/04	چابهار
-1/04	-0/57	شهرکرد	0/006	0/04	اصفهان
-4/49	-1/89	شیراز	-1/71	-0/89	قزوین
0/2	0/04	تبریز	-2/78	-0/82	گرگان
-1/03	-0/39	تهران	-0/6	-0/36	همدان
-2/89	-1/78	تربت حیدریه	-1/42	-1/11	ایرانشهر
-0/35	-0/68	یزد	-2/98	-1/96*	جاسک
-1/44	-1/81	زابل	0/03	0/04	کاشان
0/21	0/21	زاهدان	-0/84	-0/71	کرمان
0/84	0/39	زنجان	-4/92	-2/63**	کرمانشاه

**معنی‌داری در سطح اطمینان 99 درصد *معنی‌داری در سطح اطمینان 95 درصد

نتایج حاصل نشان می‌دهد که تغییرات بارش در بیشتر ایستگاه‌ها از سال 1998 شروع شده است و تا پایان دوره آماری مورد بررسی ادامه دارد. در مجموع نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات بارش در پهنه مورد مطالعه بیانگر کاهش بارش در بیشتر مناطق کشور است. بیشترین تغییرات کاهش بارش نیز مربوط به نواحی غربی و شرقی کشور است (شکل 4).



شکل (4) توزیع ضریب تغییرات بارش در سطح کشور با استفاده از آزمون من کندال

نتیجه‌گیری

شرایط آب و هوایی به موازات سایر عوامل محیطی از مهمترین عوامل موثر در شکل‌گیری و تکوین شهرها و تداوم حیات شهری به شمار می‌آید. در واقع شهرها، عناصر شهری و عملکرد آنها همواره از عناصر و عوامل آب و هوایی موثر بوده و هستند. این تاثیرپذیری تا قبل از پیدایش مادر شهرها و شهرهای بزرگ تقریباً یک‌سویه بوده و از آن به بعد شهرها نیز در اوضاع اقلیمی فضای پیرامون خود تاثیر گذاشته و تغییرات اقلیمی میکرو را پدید آورده اند. تاثیر پارامترهای جوی بخصوص دما و بارش بر کیفیت بتن، نوع مصالح مصرفی در فصول مختلف و موقعیتهای جغرافیایی و اقلیمی مختلف، زمان شروع استفاده از آن، تاثیر آن بر فولاد و جوشکاری، عمق یخبندان، مطالعات مختلف سدسازی، جهت‌گیری ساختمان در اقلیمهای مختلف و صرفه‌جویی در انرژی مصرفی، نوع سقفهای مورد استفاده در اقلیمهای متفاوت همگی بخش کوچکی از کاربرد داده‌های هواشناسی و پیشبینی‌های کوتاه و بلند مدت هواشناسی در این حوضه میباشند. در سالهای اخیر بدلیل نیاز به سازه مستحکمتر بادوام‌تر و در طبقات بیشتر بر اساس اصل ((به صرفه بودن)) نقش این داده‌ها پررنگ‌تر شده و لزوم استفاده بیشتر کارفرمایان، مهندسين، پیمانکاران، بهره‌برداران و کاربران نهایی به داده‌های هواشناسی بیشتر شده است. این در حالی است که تا رسیدن به جایگاه مطلوب فاصله زیادی وجود دارد. با بررسی و مطالعاتی که بر روی پارامتر بارش سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در سطح کشور در طول دوره آماری 30 ساله (1986-2015) انجام گرفت، مشخص گردید که بارش در طول دوره آماری مورد بررسی تغییر کرده است. این تغییر در برخی از سری‌های زمانی و برخی ایستگاه‌ها از نوع نوسانات کوتاه‌مدت و در برخی دیگر، از نوع تغییرات دارای روند معنی‌دار می‌باشد. نوع و جهش روند، در سری‌های بارشی منطقه از نوع کاهشی و منفي می‌باشد که بیشترین میزان کاهش آن مربوط به ایستگاه سنندج با شیب سن 5/85- است بیشترین میزان افزایش بارش منطقه نیز مربوط به ایستگاه خوی با شیب سن برابر با 1/17 می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل تغییرات افزایشی در هیچکدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه معنی‌دار نشده است و تغییرات کاهشی در ایستگاه‌های سنندج، کرمانشاه، جاسک و بیرجند معنی‌دار شده است و جهش تغییرات از سال 1998 شروع و تا پایان دوره آماری مورد بررسی ادامه داشته است. بنابراین با توجه به اینکه عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب، علوفه، غلات، ماهی و نیروی برق‌آبی بستگی به وضعیت جوی دارد. به دلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم، عرضه آب در برخی سالها کافی است ولی در سالهای دیگر ممکن است در حد تأمین نیازهای انسان و محیط‌زیست نباشد و منجر به خشکسالی گردد که یکی از مهمترین آنها خشکسالی‌های اقتصادی- اجتماعی است. خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، زمانی رخ می‌دهد که تقاضا برای يك كالای اقتصادی خاص به دلیل کاهش عرضه آب نسبت به شرایط معمول افزایش، می‌یابد. به‌عنوان مثال در اروگوئه در سال 89-1988 خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای در تولید برق‌آبی شد. کاهش تولید برق‌آبی دولت را به ورود سوخت گران‌تر نفت و استفاده از ابزارهای تبدیلی انرژی برای رفع نیازهای مردم واداشت.

جامعه در تمام موضوعات مذکور به طور عمیق درگیر بوده و جلوگیری از آثار سوء این پدیده بر آنها مورد علاقه کل جامعه است. در طول دوره کم آبی و خشکسالی بیماری‌های قلب و عروق، حساسیت و بیماری‌های تنفسی افزایش می‌یابد که مورد آخر اساساً به علت آلودگی هوای ناشی از گردوغبار حاصل از فرسایش‌های بادی است. پدیده خشکسالی بر ظرفیت بالقوه یک منطقه اثر کاهنده دارد، زیرا بیکاری در منطقه افزایش یافته و استاندارد سطح زندگی مردم کاهش می‌یابد. این امر بالأخص در مناطقی که وضعیت عمومی زندگی در سطح پایینی بوده خطرناک است. در این حالت پدیده کم آبی و خشکسالی می‌تواند به عنوان عامل ناپایدار کننده شرایط سیاسی در یک منطقه محسوب شده و اگر این منطقه در مرز بین دو کشور قرار گرفته باشد مسائل و مشکلات عدیده‌ای را در روابط و امور خارجی ایجاد کند. بر اساس گزارش سال 2002 میلادی سازمان بهداشت جهانی، حدود 4 درصد از سندرم‌های اسهال و 6 درصد از مالاریای انسانی در سال 2000 میلادی در مناطق مختلف جهان مربوط به تغییرات آب و هوایی کره زمین است. بر اساس همین گزارش پیش‌بینی می‌شود در سال 2030 میلادی افزایش سندرم اسهال ناشی از تغییرات آب و هوایی به 10 درصد نیز برسد. بنابراین لازم است با توجه به تغییرات بارش در کشور و آگاهی از تبعات منفی آن، برنامه‌ریزان مربوطه به‌ویژه در بخش‌های مدیریت منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست، بهداشت و سلامت و همچنین بخش‌های اقتصادی و منابع طبیعی راهکارهای لازم برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند و با توجه به وضعیت موجود و روند تغییرات پارامترهای اقلیمی، بازنگری‌های اساسی در زمینه برنامه‌ریزی‌های محیطی و تخصیص و بهره‌برداری از منابع به‌ویژه منابع آب لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

- [1]. Dracup, J.A. & Vicuna, S.2005. An Overview of Hydrology and Water Resources Studies on Climate Change: the California Experience. Proc. EWRI 2005: Impacts of Global Climate Change.
- [2]. Dettinger, M.D. Cayan, D.R. Meyer, M. & Jeton A.E.2004.S Simulated hydrologic responses to climate variations and change in the Merced, Carson, and American River basins, Sierra Nevada, California, 1900-2099, *Climate Change*, 62: 283-317.
- [3]. Panol, T.J. & Loret, F.1998.Climatic warning hazard and wildfire occurrence in coastal eastern Spain, *Climate Change*, 38: 345-357.
- [4]. مدرسی، فرشته.، عراقی‌نژاد، شهاب.، ابراهیمی، کیومرث.، خلقی، مجید.1389. بررسی منطقه‌ای تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری (مطالعه مورد: آبریز گرگانرود- قره سو)، *نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)*، شماره 3، صص 476-489.
- [5]. حسین‌زاده طلایی، پربسا.، طبری، حسین.، معروفی، صفر.1388. مقایسه روش‌های پارامتری و ناپارامتری در بررسی روند تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دبی رودخانه و بارندگی در حوضه آبریز گاماسیاب، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز، 9 ص.
- [6]. Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., Niitsoo, A. 2000. Temperature and rainfall trends in Canada during the 20th century. *Atmospheric Ocean*, 38: 395-429.
- [7]. Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.

[8]. Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63:1379–1389.