

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 می تواند منابع آبی و طبیعی را تحت تأثیر قرار دهد و پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را به دنبال داشته باشد. بنابراین ارزیابی این تغییرات کمک فراوانی به چالش های مدیران و برنامه ریزان کشوری خواهد کرد. لذا در این بررسی به منظور تحلیل و آشکار سازی تغییرات بارش در ایران، از آمار بارش 34 ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور در طول دوره آماری 30 ساله (1986-2015) با استفاده از آزمون های آماری پرداخته شد و پیامدهای این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت. روش های مورد استفاده در آشکار سازی تغییرات بارش شامل آزمون ناپارامتری من کندال و تخمین گر شیب سن است. نتایج حاصل نشان داد که در منطقه مورد بررسی در طول دوره آماری مورد مطالعه در بیشتر ایستگاه های مورد مطالعه بارش دارای روند کاهشی است که این روند کاهشی فقط در ایستگاه های سنندج، کرمانشاه، بیرجند و جاسک معنی دار شده است و تغییرات در سایر ایستگاه ها از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی است. همچنین با توجه به تخمین گر 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 ایستگاه ها از سال 1998 به خوبی نمود پیدا کرده است. لذا با توجه به تغییرات بارش در سطح منطقه مورد مطالعه، ضروری است برنامه ریزان مربوطه در بخش های مختلف، راهکار های لازم برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط جدید را اتخاذ نمایند.

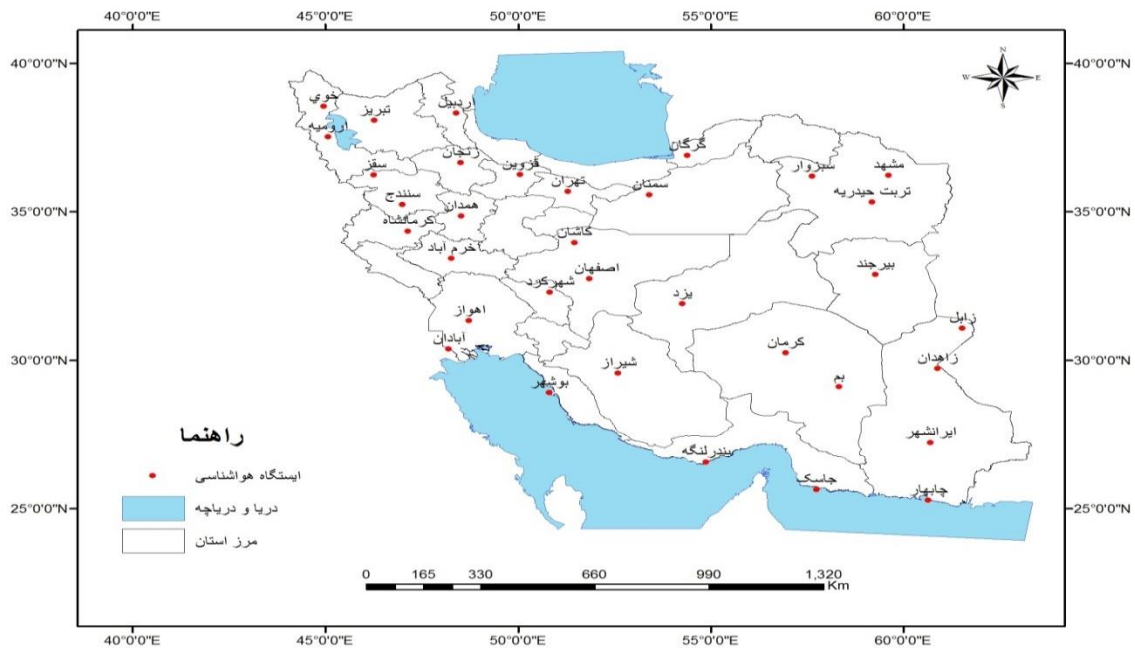
مقدمه

امروزه بحران آب در جهان به یک مسئله بسیار جدی تبدیل شده است، لذا بر لزوم اهمیت ضرورت منابع آبی کشور بیش از پیش افزوده شده است و بدون شک اجرای صحیح آن بدون شناخت و آگاهی دقیق و جامع از مسائل طبیعی امکان پذیر نیست. یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی ناپذیر نوسانات اقلیمی و یکی از عوامل بحران های محیطی، خشک سالی است که وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است و از جمله رخدادهای مصیبت باری است که هر ساله خسارت های زیادی را به جوامع انسانی وارد می کند. از بین رفتن تولیدات مرتعی، مرگ و میر دام ها، از بین رفتن صنایع وابسته به کشاورزی، کاهش کمی و کیفی تولیدات و محصولات زراعی و تغییر در استفاده از اراضی از خسارت های مستقیم خشک سالی است. از جمله اثرات دیگر آن می توان به افزایش متوسط دمای هوا، افزایش غلظت آلاینده ها و افزایش EC آب ها، 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 آتش سوزی جنگل ها، گسترش آفات و بیماری ها، کاهش سطح آب های زیرزمینی و سطحی و مشکلات اقتصادی و اجتماعی اشاره کرد. تغییر پذیری بارش از عوامل مهم طبیعی می باشد که سیستم های طبیعی و اقتصادی را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می دهد و دولت ها همیشه در پی راه حل هایی برای جبران خسارت ناشی از این تغییرات هستند. عناصر جوی با نوسانات خود به صورت مستقیم روند فعالیت های زیستی موجودات زنده و به خصوص انسان را تحت الشعاع خود قرار می دهند. این موضوع در کشور ما که در کمربند خشک و نیمه خشک قرار دارد، چشمگیرتر می باشد. هیئت بین الدول 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 گلخانه ای در اتمسفر می باشد [2]. بسیاری از بلاهای طبیعی به طور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با تغییر اقلیم قابل توجه هستند. به طوری 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 آتش سوزی جنگل های منطقه به اثبات رسیده است [3]. به طور کلی وجود روند تغییرات در سری های زمانی اقلیمی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا در اثر فعالیت های بشر باشد. اثبات وجود روند معنی دار در یک سری زمانی به تنهایی نمی تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، اما فرض رخداد آن را تقویت می کند [4]. جهت تحلیل روند سری های زمانی از روش های آماری مختلفی می توان استفاده کرد که این روش ها به دو دسته کلی روش های پارامتری و ناپارامتری تقسیم می شوند. از جمله روش های معتبر ناپارامتری آزمون من-کندال می باشد. این روش از معمول ترین روش های آماری است که برای بررسی وجود روندهای معنی دار در سری های زمانی اقلیمی و هیدرولوژیک مورد استفاده قرار می گیرد. دلیل عمده استفاده از

1. دکتری اقلیم شناسی و مسئول کارگروه اقلیم شناسی مرکز تحقیقات راهبردی دفاعی

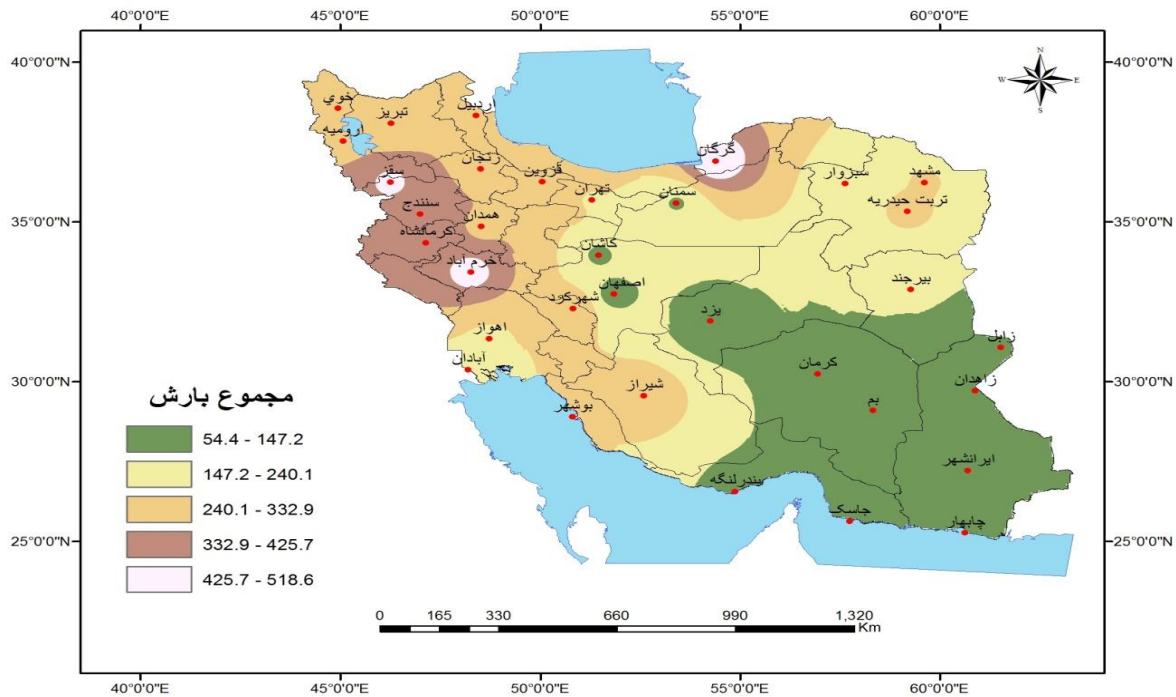
2. پژوهشگر مسائل منطقه ای

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 به تبع آن تغییر در عوامل مورفولوژیکی و زمین‌شناسی می‌تواند شدت این پدیده را افزایش دهد. کاهش بارش و به تبع 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 به تبع 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 پراکنندگی مناسب در سطح کشور (شکل 1) در طول دوره آماری بلندمدت (2015-1986) 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 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 (1986-2015)

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).

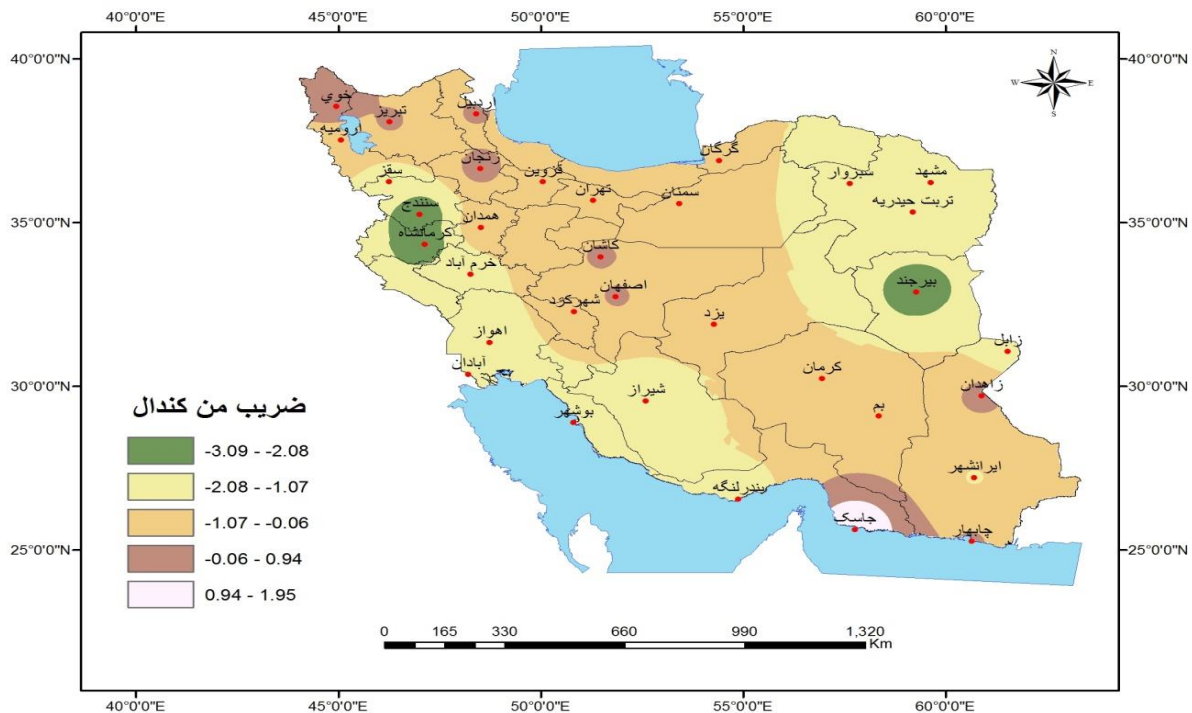
جدول (1) نتایج حاصل از آزمون‌های مورد استفاده بر روی بارش منطقه

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

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 تاثیر پذیری تا قبل از پیدایش مادر شهرها و شهرهای بزرگ تقریباً یک سویه 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 صرفه جویی 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،

بهره برداران و کاربران نهایی به داده های 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 ایستگاه های 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 سری های زمانی و برخی ایستگاه ها از نوع نوسانات کوتاه مدت و در برخی دیگر، از نوع تغییرات دارای روند معنی دار می باشد. نوع و جهش روند، در سری های بارشی منطقه از نوع کاهشی و منفی می باشد 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 می باشد. بر اساس نتایج حاصل تغییرات افزایشی در هیچکدام از ایستگاه های مورد مطالعه معنی دار نشده است و تغییرات کاهشی در ایستگاه های سنندج، کرمانشاه، جاسک و بیرجند معنی دار 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 برقی بستگی به وضعیت جوی دارد. به دلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم، عرضه آب در برخی سال ها کافی است ولی در سال های دیگر ممکن است در حد تأمین نیازهای انسان و محیط زیست نباشد و منجر به خشکسالی گردد که یکی از مهم ترین آنها خشکسالی های اقتصادی- اجتماعی است. خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، زمانی رخ می دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی خاص به دلیل کاهش عرضه آب نسبت به شرایط معمول افزایش می یابد. به عنوان مثال در اروگوئه در سال 89-1988 خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه ای در تولید برقی شد. کاهش تولید برقی دولت را به ورود سوخت گران تر 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 آن ها مورد علاقه کل جامعه است. در طول دوره کم آبی و خشکسالی بیماری های قلب و عروق، حساسیت و بیماری های تنفسی افزایش می یابد که مورد آخر اساساً به علت آلودگی هوای ناشی از گردوغبار حاصل از فرسایش های بادی است. پدیده خشکسالی بر ظرفیت بالقوه یک منطقه اثر کاهنده دارد، زیرا بیکاری در منطقه افزایش یافته و استاندارد سطح زندگی مردم کاهش می یابد. این امر بالأخص در مناطقی که وضعیت عمومی زندگی در سطح پایینی بوده خطرناک است. در این حالت پدیده کم آبی و خشکسالی می تواند 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 عدیده ای را در روابط و امور خارجی ایجاد کند. بر اساس گزارش سال 2002 میلادی سازمان بهداشت جهانی، حدود 4 درصد از سندرم های 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 پیش بینی می شود 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، برنامه ریزان مربوطه به ویژه در بخش های مدیریت منابع آب، کشاورزی، محیط زیست، بهداشت و سلامت و همچنین بخش های 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، بازنگری های اساسی در زمینه برنامه ریزی های محیطی و تخصیص و بهره برداری از منابع به ویژه منابع آب لازم و ضروری به نظر می رسد.

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]. مدرس، فرشته، عراقی نژاد، شهاب، ابراهیمی، کیومرث، خلقی، مجید.1389. بررسی منطقه ای تغییر اقلیم با استفاده از آزمون های 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.