

تحلیل آسیب‌پذیری شهرهای کشور از شاخص‌های حدی بارشی در دوره (۲۰۱۰-۱۹۸۱)

حمیده دالایی

دکتری اقلیم‌شناسی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

منوچهر فرج زاده

دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

امیر گندمکار^۱

استادیار اقلیم‌شناسی، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

محمدحسن نامی

استادیار جغرافیای سیاسی، دانشگاه فارابی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۲۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۸

چکیده

شهرها به دلیل تغییر گسترده در شرایط هیدرولوژیکی حوزه‌هایی که در آن واقع شده‌اند وجود زیرساخت‌های حیاتی وسیع، به طور فزاینده‌ای نسبت به تغییر در الگوهای رویدادهای بارش ناشی از تغییرات اقلیمی و سیلاب‌های منتج از آن آسیب‌پذیر هستند. در این مقاله نیز با استفاده از شاخص‌های بارشی پیشنهادی کمیسیون اقلیم‌شناسی هواشناسی جهانی (CCL) به استخراج داده‌ها و محاسبه شاخص‌ها در محیط RCLIMEX و پهنه‌بندی وزن دهی سلسله‌مراتبی (AHP) در سیستم اطلاعات جغرافیایی (Arc GIS) پرداخته و در نهایت مناطق آسیب‌پذیر ایران از بارش‌های حدی در ۵ طبقه پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد که فراوانی شاخص‌های بارش کاهش و روند شدت رخداد آن‌ها در مناطق سواحل خزر، شمال غرب و غرب ایران در دوره مورد مطالعه افزایش داشته است.

واژگان کلیدی: شهر، شاخص‌های حدی اقلیمی، شاخص‌های حدی بارش، ایران

مقدمه

جغرافیا از واژه ژئو به معنای زمین و گرافی به معنای ترسیم، علمی است که روابط متقابل بین نواحی جغرافیایی، سیستم‌های طبیعی، جوامع و فعالیت‌های فرهنگی رایج و موجود در فضا را مطالعه می‌کند. همانند نظامی که معلومات غالب قلمروهای مختلف را با هم ترکیب می‌سازد، جغرافیا نیز عناصر فضایی را برای تشکیل تصویری پیوسته از زمین در هم می‌آمیزد بنابراین جغرافیای طبیعی در مرکزیت تحلیل فضایی همه عناصر طبیعی قرار می‌گیرد و همه عناصر محیطی (انرژی، هوا، آب، جو، آب و هوا، چشم‌اندازها، خاک‌ها، حیوانات، گیاهان و خود زمین) را در ارتباط با انسان و چگونگی بر طرف نمودن نیازهایش بدون آسیب به این سیستم مورد پردازش قرار می‌دهد. بخشی از این علم به مطالعه مخاطرات محیطی خاصه مخاطرات اقلیمی در پهنه‌های مکانی مختلف می‌پردازد. وقوع پدیده‌های حدی جوی-اقلیمی مانند بارش‌های سنگین و تغییرات ناگهانی دما در مناطق و فصول دور از انتظار، می‌تواند یکی از مهم‌ترین عوامل وارد شدن خسارت به منابع آب، کشاورزی، شهرها و حتی زندگی روزمره مردم باشد و موجب بروز خسارات جبران‌ناپذیری در این موارد می‌گردد (Shirmohammadi, et al., 2013:62). شواهد قوی وجود دارد که با توجه به گرمایش جهانی، احتمال و خطرات جاری شدن سیلاب‌ها در حال تغییر است. پندل دولت‌ها برای تغییر اقلیم (IPCC)^۱ در گزارش ارزیابی چهارم خود (AR4)^۲، افزایش جهانی تواتر طوفان‌های حدی را به علت گرم شدن کره زمین مورد تأکید قرار داده است. در نتیجه، تعداد مطالعات بررسی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم بر بارش‌های حدی در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است. هرچند این مطالعات اکثراً بر خطرات سیلاب و خشکسالی در مقیاس حوضه آبریز رودخانه‌ها تمرکز دارند، اما با توجه به آسیب‌پذیری شهرها، باید در برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای سیستم‌های زهکشی شهری، اثرات تغییرات اقلیمی را در نظر گرفت (Pahlavan, 2015:2).

با توجه به رشد سریع جمعیت و شهرنشینی، بحران‌های شهری به طور بسیار نگران‌کننده‌ای زیاد خواهند شد. اگرچه تکنولوژی پیشرفته آسایش و تسهیلات لازم را در برابر حوادث طبیعی اعم از سیل و زلزله و ... فراهم آورده است ولی شهرها در برابر این گونه حوادث خیلی آسیب‌پذیرند. آنچه مسلم است این که جمعیت زیاد و متراکم شهرها سرانجام به افزایش خسارت‌های ناشی از این حوادث منجر خواهد شد. مقابله با این چالش‌ها در مرحله اول نیازمند شناخت این تغییرات بر جغرافیای طبیعی و انسانی کشور و به تبع آن تسری و تأثیرگذاری این آثار بر جغرافیای سیاسی و شهری و در مرحله بعد ارائه الگوهای این تأثیرگذاری‌ها و درنهایت ارائه راهبردهای مناسب برای مدیریت و مقابله با این آثار در قالب سیاست‌گذاری کلان اقلیمی می‌باشد.

مبانی نظری

یکی از زیان‌آورترین اثرات تغییرات آب و هوایی شکل‌گیری وقایع فرین و تغییر در شدت و تکرار آن‌هاست (Dalaei, et al., 2009, 88:89). اگرچه وقایع حدی، به‌ندرت روی می‌دهند اما تأثیر مستقیمی بر مردم، کشورها و مناطق آسیب‌پذیر دارند (Farajzadeh, 2013:15). بستر رخداد وقایع آب و هوایی حدی، شرایط دمایی و بارش‌های

^۱ - Intergovernmental Panel on Climate Change

^۲ - Assessment Report Fourth

حدی است؛ بنابراین، بررسی داده‌های اقلیمی حدی امری ضروری به نظر می‌رسد (Taghavi et. al 2011, 151:172). دلایل وقوع وقایع حدی آب و هوایی و اقلیمی به دلیل نبود کردن زندگی انسان‌ها و افزایش هزینه‌های مرتبط با آن‌ها در چند سال گذشته بشدت مورد توجه قرار گرفته است (Easterling and Karl, 2000, 1327:1332) چرا که می‌تواند اثرات عمده‌ای بر جامعه، اقتصاد و محیط‌زیست در پی داشته باشد (Manton M.J. et al., 2001, 269:284). علاوه بر این، اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی این رویدادهای حدی در مقیاس محلی زیاد بوده و می‌تواند بخش‌ها و مناطق خاصی را به شدت تحت تأثیر قرار دهد (کاوایانی راد، ۱۳۹۰، ۲۵-۲۶). به‌عنوان مثال اگر با یک دید آماری به رویدادهای حدی اقلیمی دما بنگریم، تغییر در میانگین واریانس اقلیمی عنصر بارش سبب تغییرات زیادی در فراوانی و احتمال مقادیر حدی مرتبط با آن‌ها از جمله تعداد دوره‌های متوالی تر و خشک و وقوع سیلاب‌های و خشک‌سالی‌های حدی شود (Dalaei, et., al, 2014:68) و از این‌رو در طی سال‌های گذشته توجه فزاینده‌ای به تغییرات این رویدادها در سطح جهانی، منطقه‌ای و ملی شده است (Rahimzadeh, et, al, 2007, 97:116). کارگروه آشکارسازی تغییر اقلیم (CCL^۱/CLIVAR^۱) با همکاری برنامه تحقیقاتی تغییرپذیری اقلیم و قابلیت پیش‌بینی (WCRP^۳) به پایش تغییر اقلیم و نمایه‌های آن پرداخته و فرمول‌های خاصی برای محاسبه نمایه‌های مختلف ارائه کردند (Peterson et al. 2001, 146). همچنین حاصل این تلاش‌ها تولید نرم‌افزارهایی مانند ClimDEX بوده است (Alexandre, et., al, 2006, 504:506). تغییرات جهانی مشاهده شده در نمایه‌های اقلیمی روزانه دما و بارش را مورد بررسی قرار دادند و توانستند تصویری از روند نمایه‌های حدی دما و بارش در سراسر جهان ارائه کنند. نمایه‌های حدی دما و بارش در ۶ دهه گذشته با استفاده از اطلاعات ۸۵۷ ایستگاه در روسیه مورد بررسی قرار گرفت و با آستانه گذاری لازم روند نمایه‌ها در هر ایستگاه محاسبه شد. (Bulygina, et al., 2007:2:7). همچنین با توسعه و کاربرد نمایه‌های حدی آب و هوایی، مقیاس‌گذاری برای پایش روند وقایع حدی اقلیمی و تأثیرات اجتماعی و اقتصادی آن‌ها در کشورهای جنوب آسیا (بنگلادش، هند، نپال، سریلانکا و پاکستان) با استفاده از ۲۷ نمایه حدی تیم کارشناسی ETCCDMI^۴ مورد ارزیابی قرار گرفت برای این منظور برای شاخص دما از آمار ۲۱۰ ایستگاه و برای بارش از ۲۶۵ ایستگاه برای بررسی روند وقایع حدی استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان داد نمایه‌های حدی دما و بارش هردو بیانگر افزایش روند در منطقه جنوب آسیا بوده‌اند (APN, 2009, 136:137). مطالعات انجام شده برای نمایه‌های حدی دما و بارش برای میانگین منطقه‌ای و نقاط ایستگاهی در جنوب آمریکا برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۱۰ و ۱۹۶۹-۲۰۰۹ نشان داده است که گرم شدن و سرد شدن در سراسر آمریکای جنوبی از نیمه دوم قرن بیستم افزایش یافته است (Steensen, et al, 2011, 675:686). بارش‌های فرین نروژ مرکزی را بررسی و بیان کردند که بارش‌های فرین منطقه با عوامل توپوگرافی محلی در ارتباط می‌باشد (Karagiannidis, et al, 2012., 165:174). روند بارش‌های فرین اروپا را بررسی و دریافتند که بارش‌های فرین منطقه دارای روند کاهشی، افزایشی و بدون روند بوده و با افزایش ارتفاع تعداد آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین در مطالعه دیگر الگوی اصلی

¹) Climate Variability and Predictability

²) Commission for Climatology

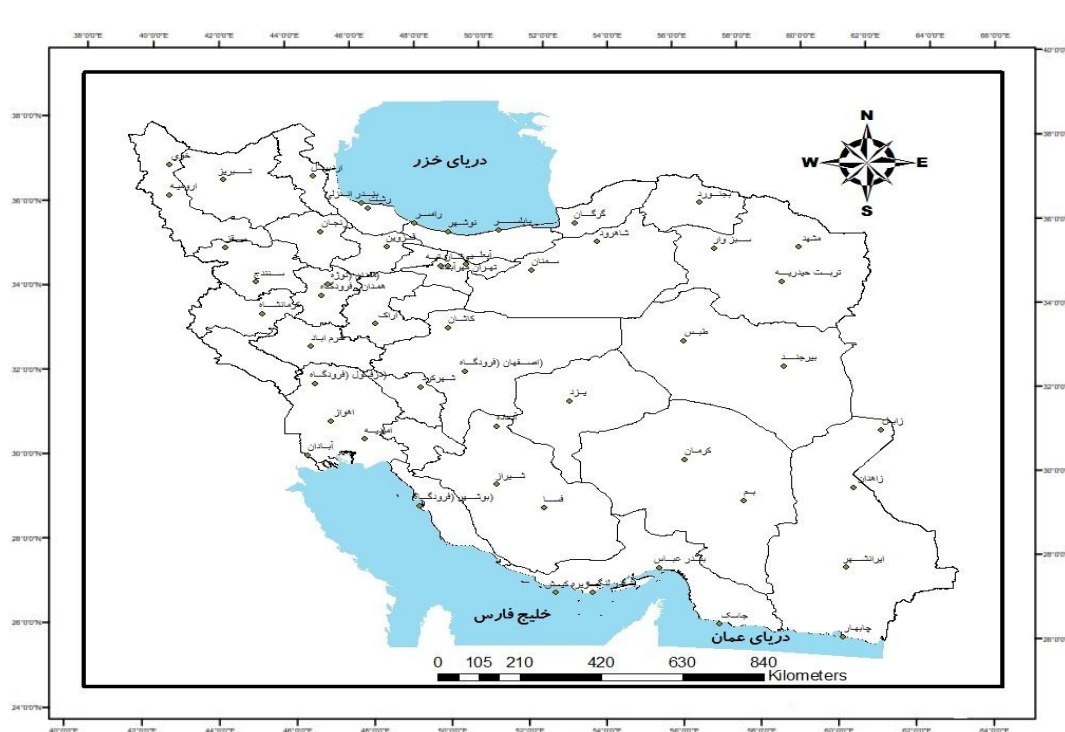
³) World Climate Research Programme

⁴ (Expert Team on Climate Change Detection and Monitoring

بارش‌های اقیانوس هند را طی دوره سرد سال از نوامبر تا آوریل (1979-2008) در دو مقیاس زمانی فصلی و سالانه با بهره‌گیری از تحلیل توابع متعامد تجربی و شاخص پیوند از دور بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که الگوی بارش در مقیاس زمانی سالانه با نوسان مادن جولیان و در مقیاس زمانی فصلی با نوسان جنوبی-آل نینو مرتبط است. در این رهگذر ما بر آنیم که با شناسایی رفتار اقلیمی بارشی ایران و تحلیل شاخص‌های اقلیمی بارش به پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر ایران از شاخص‌های حدی بارش پرداخته و مناطق با رویداد فراوانی بالا این شاخص‌ها در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ شناسایی شود.

داده‌ها و روش کار

با توجه به اینکه ملاک شناخت رفتار اقلیمی طبق استانداردهای WMO یک مقیاس ۳۰ ساله می‌باشد که در آن پارامترهای اقلیمی رفتار خود را نشان می‌دهند در این مقاله دوره آماری ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ به‌عنوان مبنا قرار گرفت. در این راستا به استخراج داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک که از سال ۱۹۸۱ داده داشتند پرداخته شد و تعداد ۵۲ ایستگاه (شکل شماره ۱) استخراج گردید. جهت محاسبه مقادیر حدی اقلیمی بارش به محاسبه نمایه‌ها با نرم‌افزار RCLIMDEX (Zhang, X, et al, 2005) پرداخته شد و در این راستا داده‌های روزانه کمینه و بیشینه دما و بارش روزانه ایستگاه‌های منتخب با زبان برنامه‌نویسی فرترن ۹۰ در قالب فایل ورودی RCLLMDEX استخراج گردید. داده‌های گمشده در فایل‌های داده‌ای با عدد ۹۹/۹- مشخص گردید، که آن‌ها را از عدد صفر کاملاً متمایز می‌کند. شکل شماره ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه

Source: Authors, 2014

در این مقاله ۷ شاخص بارش بر روی ایران مطالعه شده است. این نمایه‌ها با علائم آن‌ها در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۱- تعریف نمایه‌های حدی اقلیمی بارش

ردیف	نمایه‌ها	معرفی نمایه‌ها
۱	SDII	نمایه ساده شدت بارش روزانه (Simple Daily Intensity Index)
۲	R10mm	تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۱۰ میلی‌متر (روزهای با بارش سنگین) (Heavy Precipitation Days)
۳	R20mm	تعداد روزهای با مقدار بارش روزانه مساوی یا بیشتر از ۲۰ میلی‌متر (روزهای با بارش خیلی سنگین) (Very Heavy Precipitation Days)
۴	Rnmm	تعداد روزهای با مقدار بارش بیشتر از nn میلی‌متر (Number of days above nn mm)
۵	CWD	بیشترین تعداد روزهای متوالی که بارش مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر باشد (بیشترین روزهای تر متوالی) (Consecutive Wet Days)
۶	CDD	حداکثر تعداد روزهای خشک متوالی (Consecutive Dry days)
۷	PRCPTOT	مقدار کل بارش در روزهای تر (Annual Total Precipitation)

Source: Frich et al., 2002

لازم به ذکر است که مطالعه این شاخص‌ها در ۱۰ منطقه اقلیمی ایران (سواحل خزر، شمال غرب، غرب، سواحل خلیج فارس، جنوب غرب، جنوب شرق، شرق، شمال شرق، فلات مرکزی و دامنه‌های جنوبی البرز) به تفکیک انجام شد. در ادامه و پس از محاسبه شاخص‌های حدی و محاسبه روند در سطح اطمینان ۹۵٪ با آزمون تاوکندال، به پهنه‌بندی شاخص‌های بارش و روند آن‌ها پرداخته و سپس نقشه مناطق آسیب‌پذیر ایران از دیدگاه این شاخص‌ها با در نظر داشتن بیشترین رخداد فراوانی تهیه و مورد تحلیل قرار گرفت.



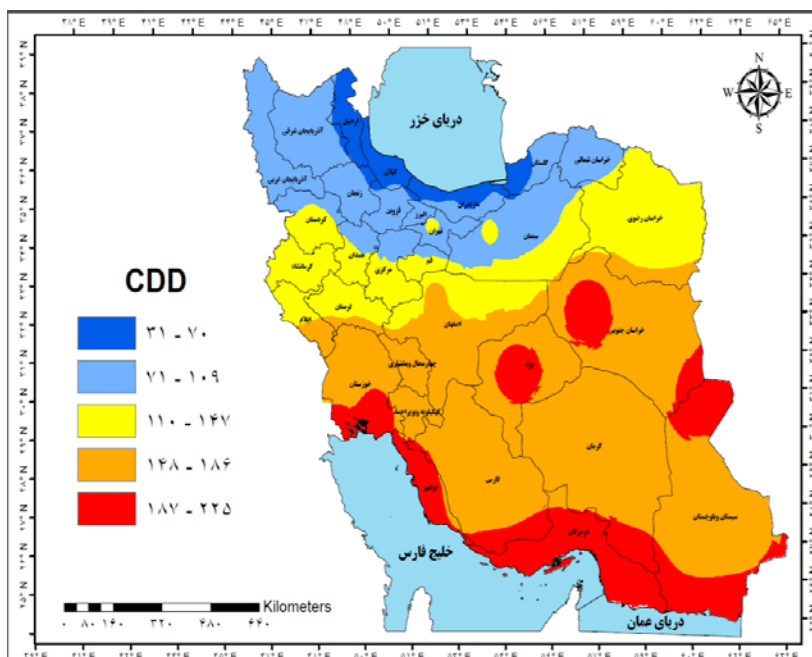
شکل ۲- شمای کلی روش تحقیق

جدول شماره ۲- شاخص‌های بارش مناطق ۱۰ گانه اقلیمی ایران

شاخص‌های بارش	مناطق ۱۰ گانه اقلیمی مورد مطالعه								
	شرق	فلات مرکزی	دامنه جنوبی البرز	ساحل خلیج فارس	جنوب شرق	جنوب غرب	شمال غرب و غرب خزر	سواحل منطقه زاگرس	
CDD (روز)	۱۴۴ (سبزوار)	۲۰۱ (یزد)	۱۱۶ (سمنان)	۲۲۰ (جلک)	۲۲۴ (زابل)	۱۹۳ (آبادان)	۱۳۴ (سنندج)	۳۹ (پابلسر)	۱۴۷ (شهرکرد)
CWD (روز)	۴ (ترت-حیدریه)	۴ (شیراز)	۶ (آبعلی)	۳ (بوشهر)	۳ (زاهدان)	۴ (دزفول)	۵ (سقز)	۱۴ (انزلی)	۹ (همدان فرودگاه)
R10mm (روز)	۷ (ترت-حیدریه)	۱۸ (شیراز)	۲۳ (آبعلی)	۱۶ (بوشهر)	۵ (زاهدان)	۱۸ (دزفول)	۲۲ (سنندج و سقز)	۶۵ (انزلی)	۳۱ (خرم‌آباد)
R20mm (روز)	۱۶ (ترت-حیدریه)	۱۲ (شیراز)	۱۰ (آبعلی)	۱۱ (بوشهر)	۱۰ (زابل و زاهدان)	۱۲ (دزفول)	۱۲ (سقز)	۳۸ (رشت)	۱۳ (کرمانشاه)
R25mm (روز)	۳ (مشهد و بجنورد)	۱۰ (شیراز)	۶ (آبعلی)	۹ (چابهار و بوشهر)	۱ (زاهدان و زابل)	۱۰ (دزفول)	۱۳ (سقز)	۱۹ (انزلی)	۹ (خرم‌آباد)
SDII (mm)	۶/۴ (ترت)	۱۹/۱ (کاشان)	۱۰/۵ (اراک)	۸/۸ (زابل)	۳۳/۵ (چابهار)	۲۰/۲ (دزفول)	۱۰/۵ (سقز)	۱۹/۶ (انزلی و رامسر)	۱۲/۷ (خرم‌آباد)

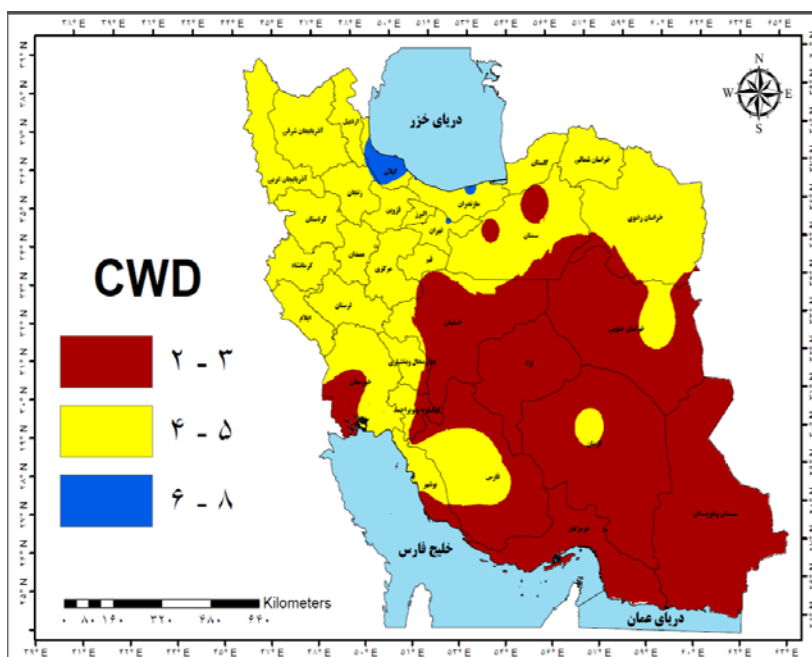
Source: Research Finindgs, 2014

نتایج



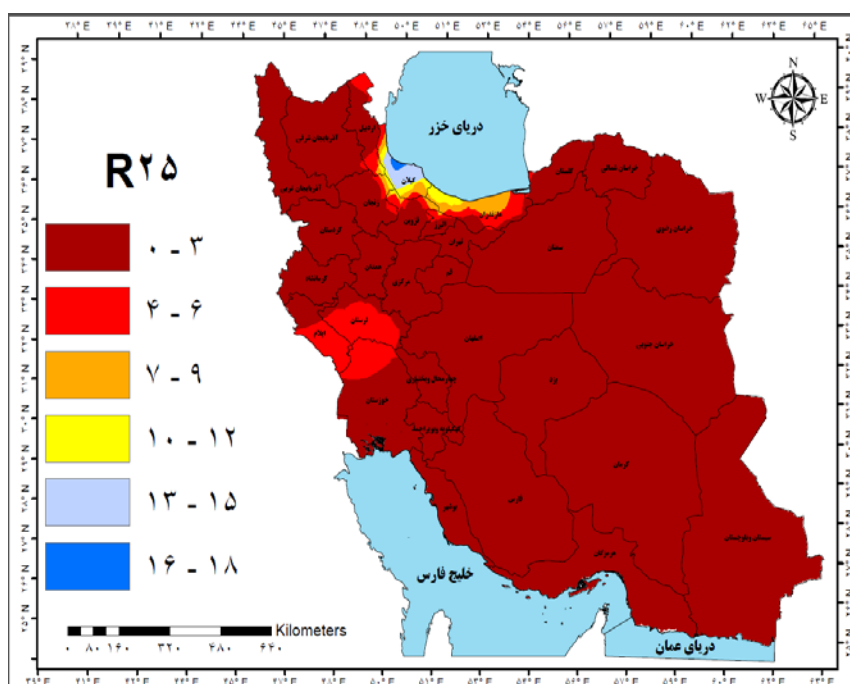
شکل ۳- پهنه‌بندی شاخص بیشینه طول دوره خشک Source: Authors, 2014

شاخص CCD که معرف بیشینه طول دوره خشک (بارش کمتر از ۱ میلی‌متر) می‌باشد. در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، کیش، جاسک چابهار، بندرعباس (حاشیه خلیج فارس)، بم، بندر لنگه، زاهدان (جنوب شرقی)، آبادان (جنوب غرب)، نمایه CDD بالای ۳۰۰ روز را تجربه کرده‌اند و به‌طورکلی میزان این شاخص از شمال به جنوب کشور افزایش یافته است (شکل شماره ۳). روند این نمایه در نیمی از ایستگاه‌های مورد مطالعه کاهش یافته بوده. شدیدترین روندهای منفی مربوط به ایستگاه‌های اردبیل و خوی با شیب $-۰/۳$ و $-۱/۲$ و در جاسک دارای بیشترین روند مثبت با شیب ۲ می‌باشد (شکل شماره ۷)



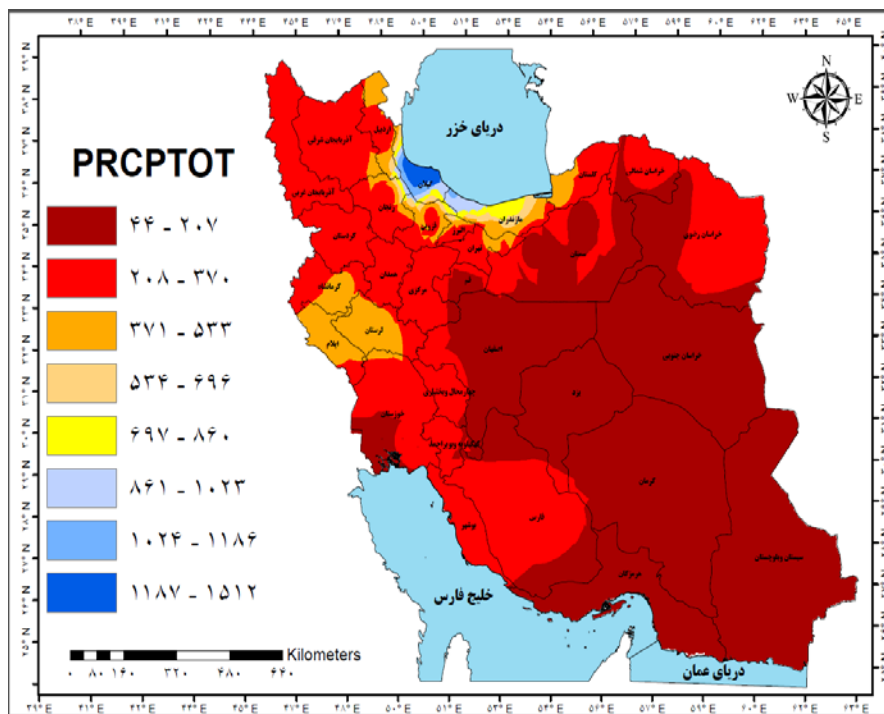
شکل ۴- پهنه‌بندی شاخص بیشینه طول دوره تر Source: Authors, 2014

شاخص CWD معرف بیشینه طول دوره تر (بارش بیش از ۱ میلی متر) می باشد. در بین ایستگاه های مورد مطالعه، به طور کلی میزان این نمایه در ایستگاه های ساحلی دریای خزر نسبت به سایر قسمت های کشور بیشتر بوده به طوری که بیشترین تعداد روزهای تر متوالی در ایستگاه انزلی ۱۴ روز در سال ۱۹۹۳، ۱۲ روز در سال ۲۰۰۰ در ایستگاه رشت بدست آمده است. ایستگاه های جنوب شرق و جنوب غربی و نوار ساحلی خلیج فارس ۸-۶ بار در سال این روز را تجربه کرده اند در منطقه زاگرس ایستگاه همدان فرودگاه ۹ روز را تجربه کرده است (شکل شماره ۴). روند این نمایه در اکثر ایستگاه های کشور مثبت و در نوشهر با شیب ۰/۴ دیده شده است (شکل شماره ۸). از لحاظ نوع روند در دنیا، درصد کمی از ایستگاه ها روند معنی دار منفی یا مثبت از این نمایه در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۵۱ را مشاهده کرده است (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۶)



شکل ۵- پهنه بندی شاخص روزهای با بارش بیشتر از ۲۵ میلی متر Source: Authors, 2014

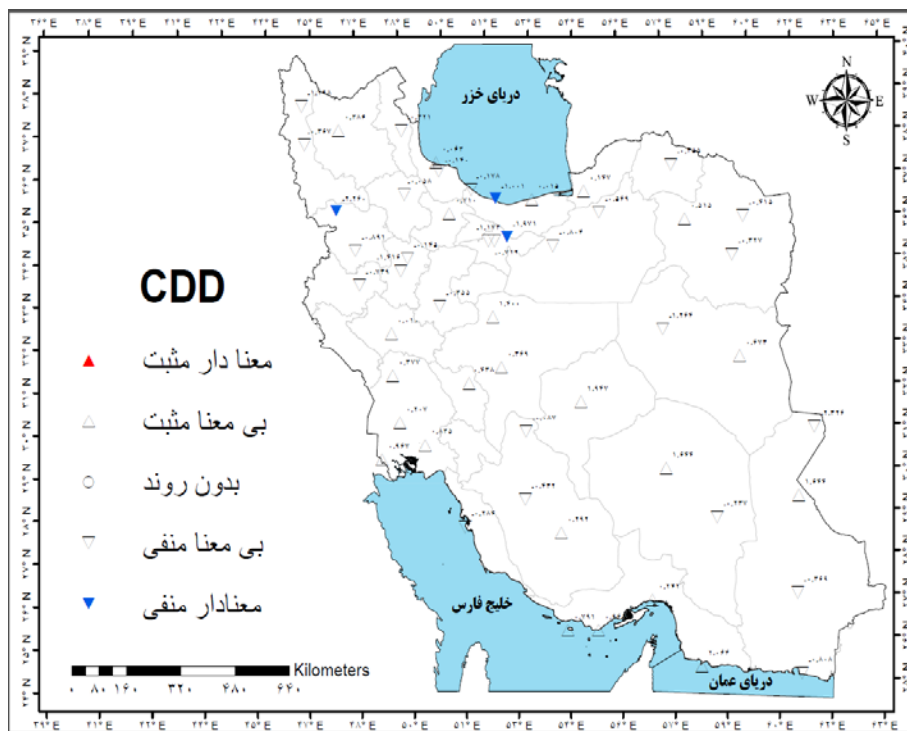
پهنه بندی شاخص روزهای با بارش بیشتر از ۲۵ میلی متر در ایران نشان می دهد که در فلات مرکزی ایران شیراز با فراوانی ۱۰ روز در سال ۲۰۰۴، در دامنه های جنوبی البرز ابعلی با فراوانی ۶ روز در سال ۲۰۰۳، در منطقه ساحل خلیج فارس ایستگاه های چابهار و بوشهر با فراوانی ۹ روز در سال ۱۹۹۷، در منطقه جنوب شرقی ایران با فراوانی صفر و برخی سال ها ۱ روز در زابل، زاهدان، بم، در جنوب غرب ایران دزفول با فراوانی ۱۰ روز در سال ۱۹۹۷، در منطقه غرب و شمال غرب سقز با فراوانی ۱۳ روز در سال ۱۹۹۳ و در منطقه زاگرس خرم آباد با فراوانی ۹ روز در سال ۱۹۹۶ بالاترین رخداد تعداد روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلی متر قرار داشته اند (شکل ۵). بیشتر ایستگاه های کشور دارای روندهای بسیار ضعیف از ۰/۰۱ تا ۰/۵ در سال می باشند. در سطح کشور ایستگاه های کرمان، یزد، بندرعباس، بم، طبس، دارای روندهای منفی، مشهد بدون روند یا شیب ۰ و نوشهر روند مثبت را با شیب ۰/۵ به خود اختصاص داده اند (شکل شماره ۹).



شکل ۶- پهنه‌بندی شاخص مجموع بارش
Source: Authors, 2014

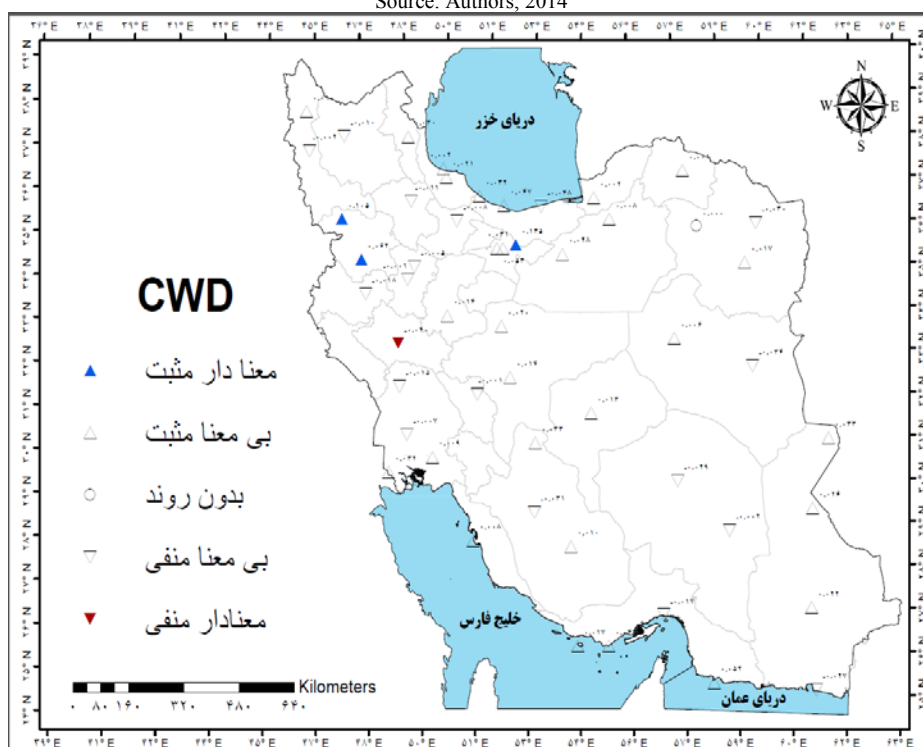
نمایه PRCP TOT در واقع عبارت است از مجموع بارش در روزهای با بارش مساوی و یا بیشتر از ۱ میلی‌متر و اختلاف آن با جمع بارش سالانه زیاد نیست، چنانچه تعداد روزهای همراه با بارش n و تعداد روزهای همراه با بارش مساوی و یا بیشتر از ۱ میلی‌متر را $n1$ در نظر بگیریم، حداکثر تفاوت مجموع بارش در روزهای با بارش مساوی یا بیشتر از ۱ میلی‌متر (PRCPTOT) و با جمع بارش سالانه برابر با $(n-n1)*0/9$ میلی‌متر خواهد شد. بیشترین جمع سالانه بارش روزهای تر در نواحی ساحلی خزر در ایستگاه انزلی ۱۹۹۹/۱ میلی‌متر در سال ۲۰۰۰ و کلاً نوار ساحلی بالاترین میزان این شاخص را در میان سایر نواحی داشته‌اند، در فلات مرکزی بیشترین میزان این روند ۶۱۶ میلی‌متر مربوط به ایستگاه شیراز در سال ۲۰۰۴، در منطقه شرق ایران ایستگاه مشهد با ۳۷۴/۸ در سال ۱۹۹۲، در دامنه جنوبی البرز آبعلی با ۷۱۱/۴ میلی‌متر در سال ۱۹۹۶، در سواحل خلیج فارس، بوشهر با ۶۶۷ میلی‌متر در سال ۱۹۹۷، در منطقه جنوب شرقی ایران زاهدان با ۱۴۶/۵ میلی‌متر در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۵، در جنوب غرب ایران دزفول با ۷۰۳/۹ میلی‌متر در سال ۱۹۹۷، در منطقه شمال غرب و غرب سقز با ۷۸۵/۸ میلی‌متر در سال ۱۹۹۳ و در منطقه زاگرس خرم آباد با ۷۶۰/۸ میلی‌متر بارش در سال ۱۹۹۳ بیشترین میزان این نمایه را به خود اختصاص داده‌اند (شکل شماره ۶). روند این نمایه در اکثر ایستگاه‌ها با شیب مثبت دیده شده. کمترین روند مربوط به تبریز با شیب ۰/۵-، مشهد ۰/۹-، بیشترین روند مثبت مربوط به نوشهر ۳۳/۷، رامسر ۱۲/۲، بابلسر ۱۱/۲، انزلی ۱۴/۶ و آبعلی ۱۰ دیده شده است. به‌طور کلی فقط در ایستگاه‌های تبریز، کرمانشاه، کرمان، یزد، بندرعباس، کیش، بم، زاهدان، مشهد روند این نمایه منفی و در بقیه ایستگاه‌ها مثبت ارزیابی شده است (شکل شماره ۱۰).

تحلیل روند شاخص‌ها:



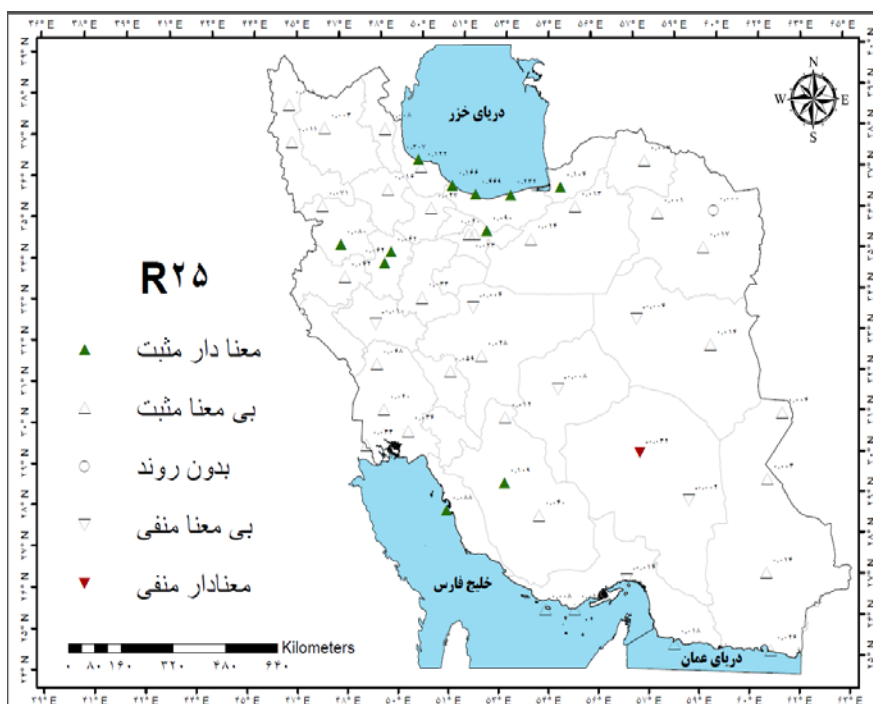
شکل ۷- روند شاخص بیشینه طول دوره خشک

Source: Authors, 2014



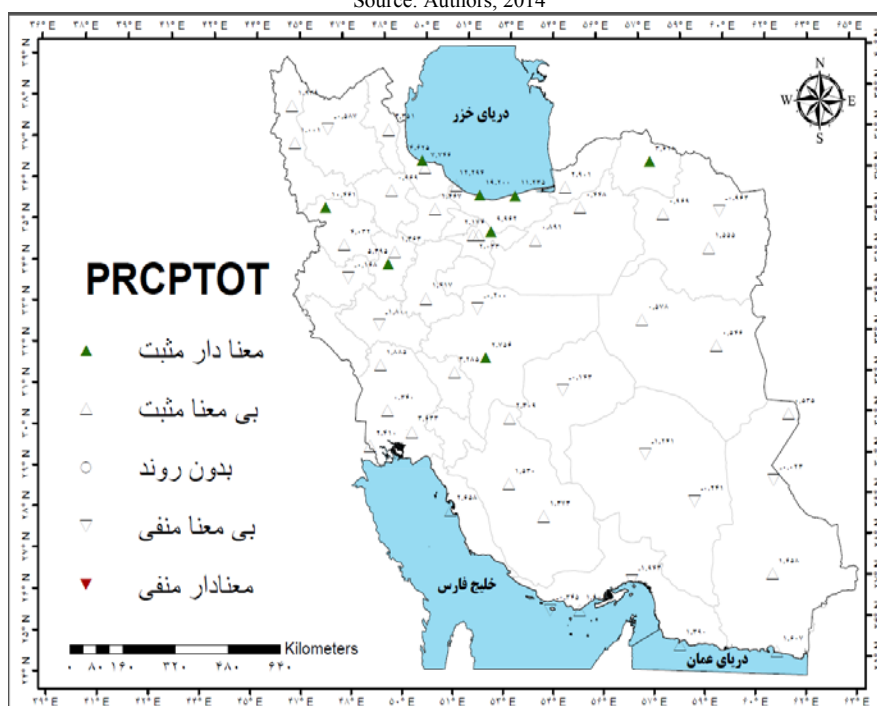
شکل ۸- روند شاخص بیشینه طول دوره خشک

Source: Authors, 2014



شکل ۹- روند شاخص بارش‌های بیش از ۲۵ میلی‌متر

Source: Authors, 2014

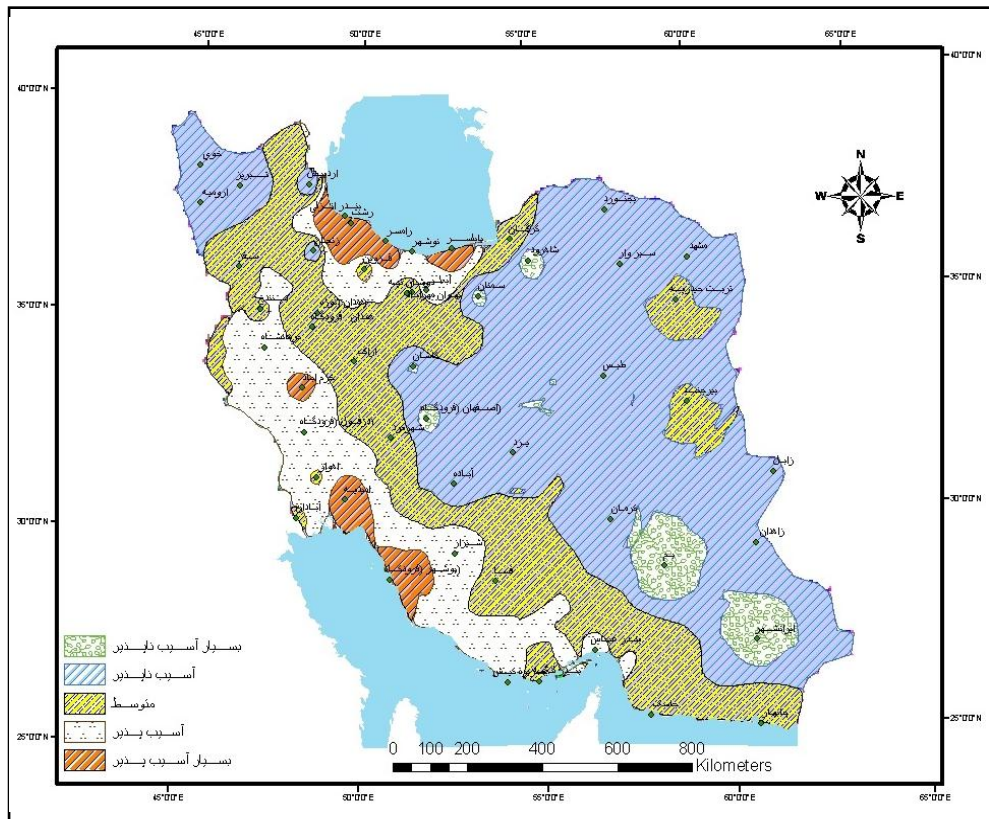


شکل ۱۰- روند شاخص مجموع بارش

Source: Authors, 2014

شکل شماره ۱۱ پهنه‌بندی شاخص‌های حدی بارش را طبق براساس رخداد فراوانی بالاتر نشان می‌دهد. بر طبق این شکل نقاط آسیب‌پذیر منطبق بر پهنه‌های با رویداد بالای شاخص‌های حدی بارش می‌باشد که در این میان غرب و جنوب غرب ایران، سواحل شمالی خلیج فارس، کرانه‌های خزر، تا حدودی دامنه‌های جنوبی البرز به دلیل بالا بودن شاخص فراوانی بارش‌های حدی با خطرات سیلاب‌های حدی، بارش ناگهانی، تداوم روزهای تر بالا برخوردار بوده

که شرایط را برای مدیریت ریسک منطقه باید در این مناطق فراهم نمود از طرفی نیمه شرقی ایران بارش های حدی کمتری و دوره های خشک بیشتر را تجربه می کند و از نظر شاخص CDD (تداوم روزهای خشک) فراوانی بالاتری را تجربه می کند.



شکل شماره ۱۱- پهنه بندی آسیب پذیری شهرهای ایران از شاخص های حدی بارشی

Source: Authors, 2014

نتیجه گیری

ایران آب و هوای گوناگونی دارد نزدیک به ۳۵٪ سرزمین های آن دارای آب و هوای بسیار خشک، ۲۹/۹٪ خشک، ۲۰/۱٪ نیمه خشک، ۵٪ مدیترانه ای، ۱۰٪ مرطوب از نوع سرد کوهستانی است در نتیجه ۸۵٪ قلمرو ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد متوسط بارش سالانه ایران در دوره مورد مطالعه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) در ایستگاه های منتخب ۲۹۶.۷ میلی متر بوده است که این مقدار تقریباً یک سوم متوسط بارش دنیا (۸۶۰ میلی متر) است.

پهنه بندی نمایه طول مدت خشکی ایران در دوره ۱۹۸۱-۲۰۱۰ نشان می دهد که این نمایه از شمال به جنوب کشور افزایش یافته. بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی در سواحل خلیج فارس (جاسک) با ۲۲۰ روز و کمترین طول دوره خشک را در سواحل خزر در بابلسر با ۳۹ روز داشته اند. همچنین پهنه بندی شاخص CWD (توالی روزهای تر ایران) نشان می دهد که بیشترین تعداد روزهای تر متوالی را سواحل خزر با ۱۴ روز در انزلی و کمترین میزان این شاخص را جنوب شرق ایران و سواحل خلیج فارس با ۳ روز در سال در بوشهر و زاهدان تجربه کرده اند. شاخص

بارش بالاتر از ۱۰ mm فقط در سواحل دریای خزر خصوصاً منطقه رشت و بندر انزلی ۴۰-۱۰ روز و در بقیه نقاط ایران زیر ۱۰ روز بوده است. شاخص بارش بالاتر از ۲۰ میلی‌متر نیز فقط در نوار باریک خزر ۱۵-۱۰ روز و در رشت و بندر انزلی ۲۵-۱۵ روز را تجربه کرده‌اند. شاخص بارش بالاتر از ۲۵ میلی‌متر نیز در سواحل خزر ۱۲-۴ روز و در رشت و بندر انزلی ۲۰-۱۶ روز در سال و بقیه ایران ۴-۰ روز بوده است. نمایه مقدار کل بارش در روزهای تر نشان می‌دهد شمال غرب، سواحل خزر، غرب ایران ۱۵۵۰-۳۰۰ میلی‌متر بارش و بقیه ایران ۳۰۰-۴۴ میلی‌متر بارش داشته‌اند نکته جالب بارش خوی، ارومیه و تبریز نیز کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر بوده است. شاخص طول دوره سرما در غرب ایران نسبت به شرق ایران کمتر بوده است. شرق ایران ۴-۱۲ روز در سال و غرب ایران ۴-۱- روز در سال این شاخص را تجربه کرده‌اند. بیشترین میزان این نمایه در سواحل خلیج فارس ۱۴۶ روز در چابهار بوده است.

پیشنهادها

تغییرات اقلیمی با افزایش رخدادهای حدی دما و بارش می‌تواند به وقوع طوفان‌ها و گسترش پدیده خشک‌سالی منجر شود که این نیز به نوبه خود کاهش مواد غذایی، کاهش منابع آب و انرژی را در پی خواهد داشت. به دنبال این تغییرات، مهاجرت‌های گسترده‌ای به وقوع خواهد پیوست. بنابراین آنچه به خطر می‌افتد حقوق شهروندی، تمامیت ارضی و سرانجام استقلال و حاکمیت کشورهاست. از این رو نیاز است با شناخت تهدیدات و رفتار اقلیمی به مدیریت بهینه شهروندی در این زمینه پرداخت

- با توجه به اینکه نیمه غربی ایران در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۱ بارش‌های حدی بالاتری را نسبت به نیمه شرقی تجربه کرده‌اند لازم است نسبت به کانالیزه کردن سیلاب‌ها در نیمه غربی ایران جهت نفوذ به سفره‌های آب‌های زیرزمینی بیش‌ازپیش توجه داشت.

- با توجه به افزایش طول دوره خشکی در نیمه شرقی نسبت به نیمه غربی ایران لزوم استفاده بهینه از آب‌های سطحی و زیرسطحی بیش‌ازپیش احساس می‌شود بدین ترتیب که مدیریت نزولات جوی و طرح جمع‌آوری نزولات آسمانی از ناودان شت بام‌ها جهت استفاده محلی می‌تواند کارگشا باشد.

7- References

- Ahsan Uddin Ahmed, J.V. Revadekar, Madan Lal Shrestha, K.H.M.S. Premalal, (2009), Final report for APN project: ARCP2008-10CMY-Sheikh, 2009.
- Alexander LV, Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein Tank AMG., Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Ambenje P, RupaKumar K, Revadekar JV, Griffiths G, Vincent L, Stephenson D, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JL. 2006.
- Alizadeh Pahlavan, H, Zahraee, B, Statistical Precipitation of Down Scaling with aim of Assessment effect of Climate Change on Extreme Event in Urban area, First Conf of Climate Change The way to Sustainable future. Apr. 2014, pp2.
- Bonsal, B.R., X. Zhang, L.A. Vincent, and W.D. Hogg, 2001: Characteristics of Daily and Extreme Temperature Over Canada. J. Climate, 14, 1959-1976.
- Bulygina., O N, Razuvaev., V N, Korshunova., N N and P YaGroisman, 2007, Climate variations and changes in extreme climate events in Russia, IOP PUBLISHING ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS, Environ. Res. Lett. 2 (2007) 045020 (7pp) doi:10.1088/1748-9326/2/4/045020.

- Collins, D.A., P.M. Della-Marta, N. Plummer and B.C. Trewin, 2000, Trends in Annual Frequency of Extreme Temperature Events in Australia. *Australian Meteorological Magazine*, Vol. 49, PP. 277-292.
- Dalaei, H., Alijani, B. and Ahmadi, M. 2009. Statistical analysis of the risk management approach freezing temperatures and ice road in the province of Lorestan and Bakhtiari. *Transportation Engineering Research Journal*. 2(2):122-129. [In Persian]
- Easterling D.R. 2002: Recent Change in Frost Day and the Frost-Free Season in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 83, No. 9, PP. 1327-1332.
- Easterling D.R., J.L. Evans, P. Ya. Groisman, T.R. Karl, K.E. Kunkel, and P. Ambenje, 2000: Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3), 417-425.
- Farajzadeh asl, f, 20013, Climatic disaster of IRAN, samt published, p 12 [In Persian]
- Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank, T. Peterson, 2002, Observed Coherent changes in Climatic Extremes during the second half of the Twentieth century. *Climate Rs.*, 19, 193-212.
- Hoell A, Barlow M, and Saini R (2012); The Leading Pattern of Intraseasonal and Interannual Indian Ocean Precipitation Variability and its Relationship with Asian Circulation During the Boreal Cold Season, *AMS Journals Online*, doi: 10.1175/JCLI-D-11-00572.1
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group 1 To the Third IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- IPCC, 1996, *Climate Change 1995: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group 1 to the Second Assessment Report to the IPCC [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenbergg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Karagiannidis, A., F., Karacostas, T., Maheras, P. and Makrogiannis, T., 2012, Climatological aspects of extreme precipitation in Europe, related to mid-latitude cyclonic systems, *Theor. Appl. Climatol.*, No. 107, pp. 165-174.
- Manton MJ, Della-marta PM, Haylock MR, Hennessy KJ, Nicholls N, Chambers LE, Collins DA, Daw G, Finet A, Gunawan D, Inape K, Isobe H, Kestin TS, Lefale P, Leyu CH, Lwin T, Maitrepierre L, Ouprasitwong N, Page CM, Pahalad J, Plummer N, Salinger MJ, Suppiah R, Tran VJ, Trewin B, Tibig I and Yee D., 2001, Trend in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and South Pacific: 1961-1998, *Int. J. Clim.* Vol. 21, pp 269-284.
- Milagros Skansi, D., Manola Brunet, Javier Sigró, Enric Aguilar, Juan Andrés Arevalo Groening, Oscar J. Bentancur, Yaruska Rosa Castellón Geier, Ruth Leonor Correa Amaya, Homero Jácome, Andrea Malheiros Ramos, Clara Oriá Rojas, Alejandro Max Pasten, Sukarni Sallons Mitro, Claudia Villaroel Jiménez, Rodney Martínez, Lisa V. Alexander, P.D. Jones 2013, Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America, *Global and Planetary Change* 100 (2013) 295-307
- Peterson, T.C., C. Folland, G. Gruza, W. Hogg, A. Mokssit, and N. Plummer (2001), Report of the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporters, World Meteorological Organization Technical Document No. 1071, WMO Geneva, 146 PP.
- Plummer, N. Salinger MJ, Nicholas N. Suppiah R. Hennessy KJ Leighton RM, Trewin BC, Page CM, Lough JM, 1999. Changes in Climate Extremes Over the Australian Region and New Zeland During the Twentieth Century, *Climate Change* 42: 183-202.
- Rahimzadeh, F. Dezfuli, H. Poorasgharian, M. 2007. Assessment of the extent of the mutation profile of temperature and precipitation in the province of Hormozgan. *Geography and Development Journal*. 21:97-116. [In Persian]
- Robeson SM. 2002. Increasing Growing-Season Length in Illinois During the 20th Century. *Climate Change* 52: 219-238.
- Shirmohammadi, z, khani, A, Ansari, H, Alizadeh, A, Mohammadiyan, A, The relationship Between ENSO Index and Seasonal Extreme Rainfalls in Khorasan Provinces, *J. of water and soil conservation*, vol, 19(1), 2012, pp62. [In Persian].

- Steensen, B., M., 'Olafson, H., and Jonassen, M., O., 2011, An extreme precipitation event in Central Norway, Tellus, No. 63A, pp. 675-686.
- Taghavi, F and Mohammadi, H. 2005. Trends of temperature and precipitation indices in Tehran. Geographically Research. 53:151-172. [In Persian]
- Zhang, X., G.Hegerl, F.W.Zwiers, and J Kenyon, 2005: Avoiding inhomogeneity in percentile- based indices of Temperature. J. Climate.
- Zhang, X., F.W.Zwiers, and G.Li, 2004: Monte Carlo Experiments on the Detection of Trends in Extreme Values. J. Climate, 17, 1945-1952.