

## تحلیلی بر تغییرات بارش در ایران

رضا دوستان<sup>۱</sup>

استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی - دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

### چکیده

ناهنجاری در رفتار پدیده‌های جوی در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای جو و گرمایش جهانی از نمودهای تغییر اقلیم انسان ساخت معرفی میگردد. یکی از پیامدهای تغییر اقلیم، تغییر رفتار بارش هاست. در این راستا تغییر بارش‌ها در ایران با داده‌های بارش روزانه ۳۲ ایستگاه سینوپتیک از ۱۹۵۹ تا ۲۰۱۸ بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد، برخی شاخص‌های بارش در ایران طی ۶۰ سال گذشته تغییر کرده‌اند، چنانکه روزهای بارش در ایران کم شده و همزمان ماکزیمم بارش‌ها و روزهای بارش شدید افزایش معنی‌داری دارند. اما مقدار بارش سالانه طی ۶ دهه گذشته نوسان داشته و روند معنی‌داری یکدست افزایشی یا کاهش‌ی در کل ایران ندارند. بلکه بعضی مناطق ایران افزایش بارش‌ها و بالعکس برخی مناطق کاهش بارش‌ها را طی ۶۰ سال گذشته تجربه کرده‌اند. با توجه به تنوع توپوگرافی ایران، منابع رطوبتی مختلف بارش‌ها و رفتار متفاوت الگوهای جوی، در طی ۶ دهه مورد مطالعه، الگوی مکانی شاخص‌های بارش ناهمگن است.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، شاخص‌های بارش، ۶ دهه، ایران.

## مقدمه

نوسان و تغییر ویژگی ذاتی هوا و پدیده های مرتبط با جو است. این ناهنجاری در هوا در بلند مدت یا همان شرایط غالب جو ( اقلیم)، به الگوی هنجار مند و مشخص بدل میشود. بنابراین اقلیم ها بر عکس هوا در کوتاه مدت و سریع تغییر ندارند، اما در بلند مدت و تحت تأثیر فرایندهای طبیعی این امکان وجود دارد. امروزه، رفتار مؤلفه های اقلیمی از جمله دما، بارش و غیره از چند دهه گذشته تغییر کرده و ناهنجاری آنها افزایش دارد. محققان این ناهنجاری ها در آب و هوا را با نام تغییر اقلیم انسان ساخت معرفی میکنند. آنها آشکار کردند، رفتار غلط انسان از چند سده گذشته بر سیستم زمین اثر منفی گذاشته و بالاخص موجب آلودگی سیستم و گرمایش آن گردیده است. مدل های جوی افزایش دمای زمین و به دنبال آن افزایش ناهنجاری در اقلیم های مختلف را پیش بینی میکنند (IPCC, 2007). بنابراین فلات ایران نیز با اقلیم شکننده و نوسان دوره های گرم و خشک یا سرد و مرطوب در جنوب منطقه معتدل و شمال حاره، از این پیامد مصون نیست. چرا که در اقلیم خشک و نیمه خشک ایران، بارش ها از گذشته مورد توجه خاص بوده و روش های حصول به آب، نبوغ آنهاست (قنات). از طرفی بارش ها در این مناطق به لحاظ زمانی و مکانی نامنظم بوده (علیچانی، ۱۳۹۶)، چرا که در جایی که دشت های آبرفتی قرار گرفته، کاهش آب و منابع آبی و در جایی دیگر که دشتی نیست، وفور آب در مناطق کوهستانی شمال و غرب ایران میباشد، و به عبارتی در جایی که آب هست، زمین نیست و در جایی که زمین هست، آب نیست (ولایتی، ۱۳۹۲). در این ارتباط محققان زیادی تغییر بارش ها را بررسی کرده اند، چنانکه توزیع مکانی بارش ها در شمال و مرکز هند کاهش داشته و در شرق و شمال شرقی هند افزایش بارش شدید گزارش شد، که این نوع بارش های سنگین پیامد تغییر اقلیم است (Guhathakurta, et al, 2011). در ایران رژیم بارشی شمال غرب ایران با استفاده از ۲۶۰ ایستگاه در دوره ۱۹۶۶-۲۰۰۵ حاکی است، بارش ها در منطقه مطالعه از رژیم نامتمرکز به سمت رژیم متمرکز تری تغییر کرده اند (عساکره و رزمی، ۱۳۹۰). همچنین تغییر پذیری بارش های ایران با ۳۴ ایستگاه از ۱۹۵۱-۱۹۹۹

نشان دهنده روند مثبت و منفی در مناطق مختلف ایران است. چنانکه بعضی ایستگاه ها روند کاهشی و برخی دیگر دارای روند افزایشی بارش سالانه دارند (عسگری و رحیم زاده، ۱۳۸۵). تغییرات بارش با استفاده از داده های آفرودیت از ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۵ نشان داد، تغییرات گسترده زمانی و مکانی در بارش ها در راستای نمود تغییر اقلیم وجود ندارد و عمدتاً در بخش های مرکزی و غربی اعتماد به بارش ها کم شده است (نصرآبادی، ۱۳۹۳). از طرفی پیش بینی تغییر شدت بارش ها بر اساس دوره پایه ۱۹۹۳-۲۰۱۲ در مناطق جنوبی و مرکزی افزایش کمتری نسبت به نواحی شمالی خراسان رضوی داشته و مناطق پرباران سیلابی ترند (سیدکابلی، ۱۳۹۵). پیش بینی بارش های سنگین سواحل جنوبی خزر تحت شرایط تغییر اقلیم در دوره ۱۳۸۹-۱۴۰۸ با ۷ ایستگاه آستارا، انزلی، بابلسر، رامسر، نوشهر، رشت و گرگان نشان داد، تعداد روزهای بارش سنگین ۲۰ و ۲۵ میلیمتر در تمام منطقه افزایش دارد (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۷). همچنین ناهنجاری بارش دوره سرد ۲۷ ایستگاه در دوره ۱۹۵۱-۲۰۱۰ حاکی است، بارش ها در ساحل دریای خزر از مرکز به دو طرف ساحل کاهش دارد. در دیگر نقاط ایران نیز بارش ها از شمال به جنوب با کاهش میانگین و افزایش ضریب تغییرات همراهند (پاراحمدی و همکاران، ۱۳۹۸). ناهنجاری های بارش غرب ایران در ارتباط با عملکرد مراکز فشار مدیترانه نشان داد، بر مبنای شاخص تعریف شده (دما و فشار استاندارد) در غرب و شرق مدیترانه، هر گاه در غرب مدیترانه فشار و دما نسبت به شرق افزایش داشته باشد (شاخص مثبت)، در غرب ایران ترسالی و افزایش بارش ها و بالعکس کاهش بارش ها حادث میگردد (حیدری و خوش اخلاق، ۱۳۹۴). همچنین تغییرات بارش های ایران از ۱۹۶۱-۲۰۰۳ نشان داد، حدود ۵۰ درصد مساحت ایران در معرض تغییر بارش قرار دارد و این تغییرات در نواحی کوهستانی، غرب ایران و مناطق با بیشینه بارندگی، نمود بیشتری دارد (عساکره، ۱۳۸۶). تغییرات زمانی و مکانی بارش های سالانه ایران با ۵۰ ایستگاه از ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵ تایید کرد، بارش ها در ایران دارای روند ثابتی نبوده و روند کاهشی و افزایشی (نوسان) داشته، چنانکه در شمال غرب

تعداد روز معلوم می‌باشد. در هر دهه تغییرات در هر شاخص به شکل ایستگاهی (جدول رنگی) و توزیع مکانی (نقشه) مشخص گردید. در مرحله بعد نیز تفاضل در کل دوره (۱۹۵۹-۲۰۱۸) محاسبه گردید، تا مشخص شود در طی ۶۰ سال گذشته هر ایستگاه در ارتباط با هر شاخص بارش چه تغییری داشته است (جدول و نقشه f). در آخر به منظور بررسی تغییرات در کل ایران، سری های زمانی سالانه میانگین مکانی شاخص های فوق در طول دوره مورد مطالعه تعیین شد. این سری ها رفتار شاخص های فوق در طی ۶۰ سال گذشته در کل ایران و روند تغییرات را نشان می دهند.

### نتایج و بحث

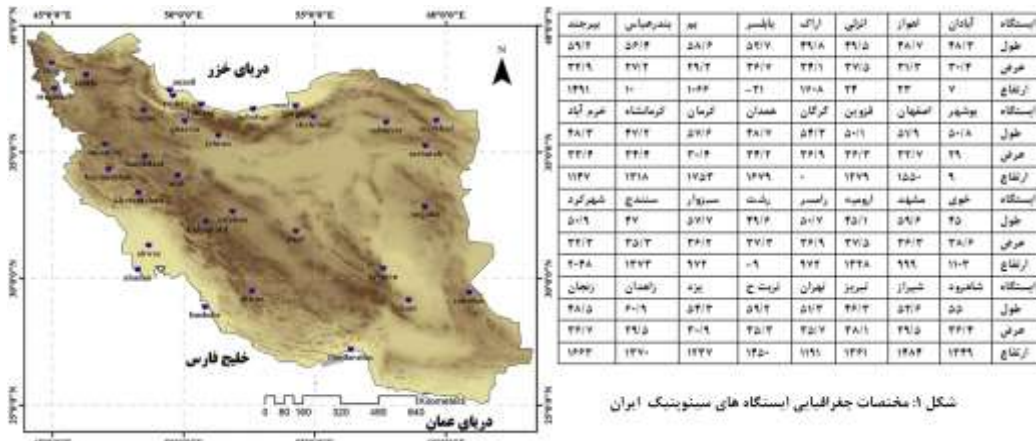
**تغییرات دهه ای بارش ایستگاه:** همانطور که شکل (۲) نشان می دهد، بجز دهه ۷۰ که در غالب مناطق ایران افزایش روزهای بارش نسبت به دهه قبل حادث شد، در ۴ دهه اخیر اغلب ایستگاه های ایران کاهش بارش دارند و در دهه ۲۰۰۰، همه ایستگاه ها بجز ۳ ایستگاه تهران، خوی و رامسر، ۳۰ ایستگاه دیگر ایران کاهش روز بارشی نسبت به دهه قبل را تجربه کرده اند. بیشترین کاهش بارش ها در مناطق غربی، جنوب غربی و ایستگاه شمالی ایران از جمله رشت و گرگان وجود دارد. همچنین در ایستگاه زاهدان و یزد در مناطق جنوب و مرکز ایران روز بارش کاهش نشان می دهند.

تغییرات روزهای بارش دهه ۱۹۷۰ نسبت به دهه ۱۹۶۰ حاکی است (شکل ۳، a)، ایستگاه های غرب و شمال شرق کشور بیشترین افزایش روزهای بارش را تجربه کرده اند. بیشترین افزایش روزهای بارش در دهه ۱۹۷۰ را ایستگاه های سبزوار و شاهرود در شرق زاگرس و ایستگاههای خرم آباد، سنندج و آبادان در غرب کشور با بیش از ۶ روز نسبت به دهه ۱۹۶۰ داشته اند.

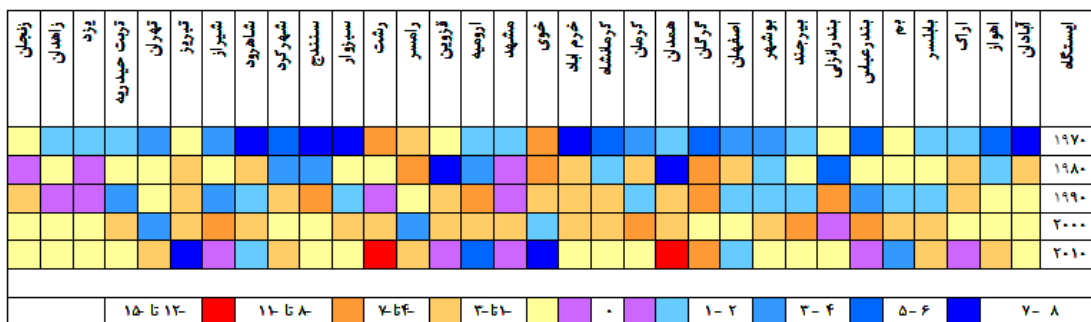
عمدتاً روند کاهشی و در جنوب غرب روند افزایشی و مناطق خشک و نیمه خشک نوسان حادث میگردد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۲). از طرفی روند بارش ها و دما در ایران از ۱۹۵۱-۲۰۱۳ باداده های هواشناسی ۱۵ منطقه ایران موید اینست که، هرچند بارش بیشتر مناطق ایران طی دوره مطالعه روند کاهشی داشته، اما تغییر معنی داری در مقادیر تجمعی بارش سالانه وجود ندارد، اما کاهش بارش ها با افزایش دمای هوا طی چند دهه گذشته بیانگر این است، که ایران به طور تصاعدی خشکتر شده است (علیزاده چوبری و نجفی، ۱۳۹۶). بنابراین با توجه به اینکه توزیع زمانی بارش های ایران نامنظم بوده و زمان ریزش های جوی با دوره رویش و کشت انطباق نداشته و غالب بارش ها در نیمه سرد سال ریزش دارند. حال آیا رفتار این نوع بارش ها نیز در بلند مدت تغییر کرده و با پیش بینی تغییر اقلیم انسان ساخت (IPCC) مبنی بر ناهنجاری در بارش ها انطباق دارد؟

### داده ها و روش ها

به این منظور داده های روزانه بارش ۳۲ ایستگاه سینوپتیک ایران (شکل ۱) در ۶۰ سال گذشته از ۱۹۵۹ تا ۲۰۱۸ بررسی گردید. مقدار بارش یک میلیمتر و بیشتر به عنوان روز بارش معرفی و به منظور بررسی تغییرات بارش در ایران، در هر ایستگاه جداگانه روزهای بارشی استخراج و در ۶ دهه (۱۰ سال) تقسیم شد. بررسی تغییرات با تعریف شاخص های بارش، شامل تعداد روز بارش ( $R_d$ )، تعداد روز بارش شدید ( $R_d > 0.95$  percentile)، بیشینه بارش ( $RR$  Maximum, mm) و مقدار بارش (mm) هر سال و دهه (۱۰ سال) در هر ایستگاه در طول دوره مطالعه می‌باشد. بنابراین در هر شاخص تفاضل شاخص ها نسبت به دهه قبل محاسبه و تغییرات دهه ای (روند یا نوسان) در هر ایستگاه مشخص شد، مثلاً تفاضل تعداد روزهای بارش دهه ۱۹۷۰ در ایستگاه مشهد نسبت به تعداد روزهای بارش در دهه ۱۹۶۰ محاسبه گردید، چنانچه افزایش داشته، با علامت مثبت و تعداد روز مشخص و بالعکس با علامت منفی و



شکل ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه های سینوپتیک ایران



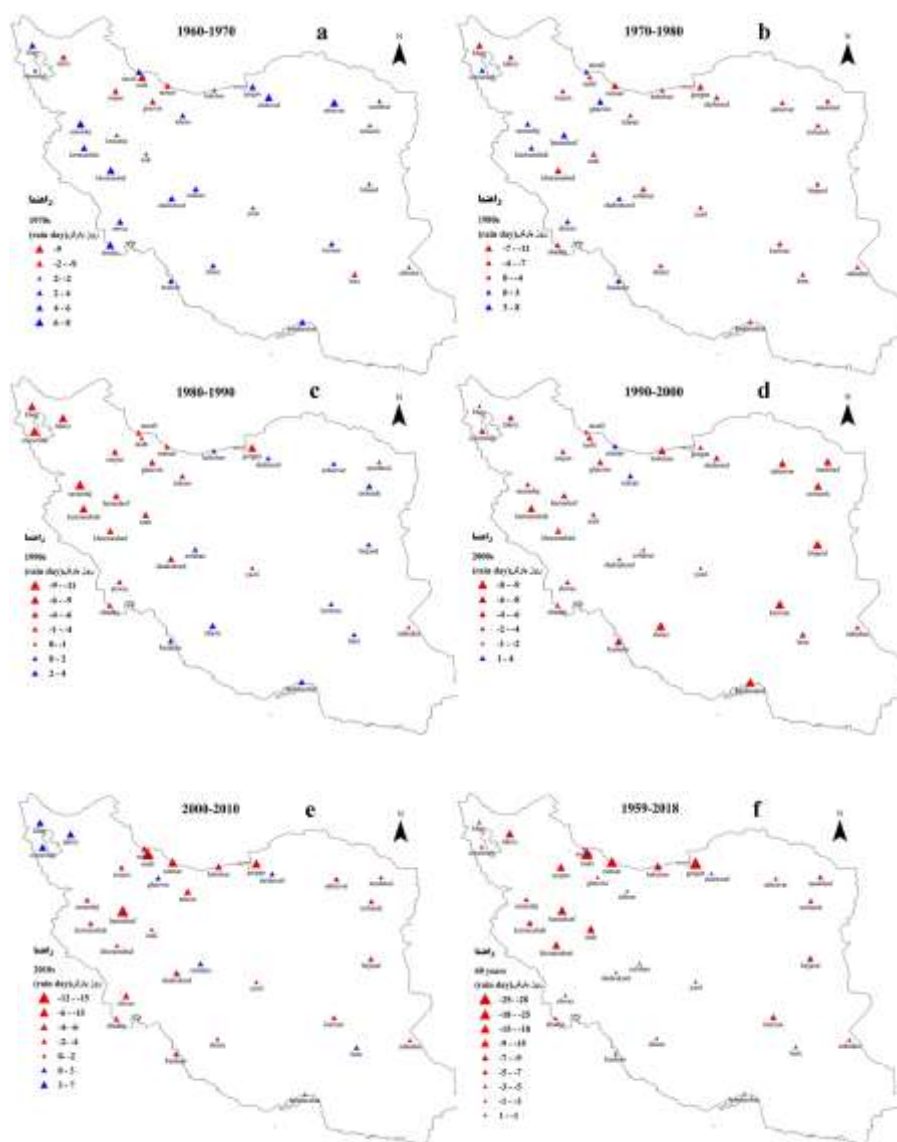
شکل ۲- تغییرات دهه ای روزهای بارش (day) در ایران

به دهه گذشته (۱۹۸۰) تجربه کرده اند. بیشترین افزایش با بش از دو روز در ایستگاه های شیراز و تربت حیدریه به ثبت رسید. در دهه ۲۰۰۰ (شکل ۲، d)، همه مناطق ایران کاهش روزهای بارشی را تجربه کرده اند، بجز دو ایستگاه تهران و رامسرکه افزایش بارش را ثبت کرده اند. بیشترین همگنی مکانی در کاهش روزهای بارشی در این دهه حادث گردید. بیشترین کاهش روزهای بارشی را ایستگاه های جنوب و شرق ایران با کاهش بیش از ۶ روز نسبت به دهه گذشته را گزارش کردند. و سه ایستگاه، شیراز، کرمان و بیرجند بیشترین کاهش را داشته اند. در دهه ۲۰۱۰ (شکل ۲، e)، بیشترین نوسان مکانی (۲۳ روز بارشی) در ایران حادث گردید، در این دهه نیز مشابه دهه قبل، غالب ایستگاه های ایران بجز ۷ ایستگاه، کاهش روزهای بارشی را داشته اند و بیشترین کاهش را ایستگاه های رشت و همدان نوزه با کاهش بیش از ۱۲ روز تجربه کردند. در این دهه ایستگاه های شمال غربی ایران افزایش ریزش های جوی با بیش از ۳ روز را گزارش کردند. در مجموع در کل دوره مطالعه

در این دهه ایستگاه های البرز غربی بیشترین کاهش بارش ها نسبت به دهه قبل را ثبت کرده اند و بیشترین کاهش روز بارشی را ایستگاه رشت در این دهه با ۹ روز کاهش نسبت به دهه ۱۹۶۰ تجربه کرده است. در دهه ۱۹۸۰ (شکل ۲، b)، غالب مناطق ایران کاهش روزهای بارشی از یک روز تا ۱۱ روز را تجربه کرده اند و بیشترین کاهش روزهای بارشی در این دهه را ایستگاه های گرگان، رامسر، خرم آباد و خوی با کاهش بیش از ۷ روز ثبت کرده اند. از طرفی ایستگاه های غربی ایران در زاگرس شمالی، افزایش روزهای بارشی نسبت به دهه ۱۹۷۰ را تجربه کرده اند و بیشترین افزایش را ایستگاه قزوین با افزایش بیش از ۳ روز داشته اند. در دهه ۱۹۹۰ (شکل ۲، c)، نیز غالب ایستگاه های ایران از جنوب غرب تا غرب و شمال غرب تا البرز مرکزی و سواحل خزری کاهش شدید روزهای بارشی را ثبت کرده اند و بیشترین کاهش در ایستگاه های ارومیه و سنندج، کاهش بیش از ۹ روز داشته اند. همزمان در این دهه ایستگاه های جنوب و شرق ایران افزایش نسبی روزهای بارشی را نسبت

گرگان در ساحل دریای خزر به ترتیب در غرب و شرق دریا کاهش بیش از ۲۵ روز را طی ۶۰ سال گذشته در روزهای بارشی تجربه کرده‌اند. همچنین ایستگاه‌های جنوب غرب تا شمال شرق و شرق ایران کاهش کمتر از ۷ روز در روزهای بارشی طی دوره مطالعه را گزارش کرده‌اند.

(شکل ۲، f)، همه مناطق ایران کاهش روزهای بارشی را ثبت کرده‌اند بجز ۶ ایستگاه که در مجموع ۶ دهه، روزهای بارشی آنها فرقی نکرده است، دیگر ایستگاه‌های ایران روزهای بارشی بین ۱ تا ۲۸ روز را تجربه می‌کنند. بیشترین کاهش روزهای بارشی را ایستگاه‌های ساحلی دریای خزر بجز انزلی تا غرب ایران ثبت کرده‌اند. دو ایستگاه رشت و



شکل ۳- توزیع مکانی تغییرات دهه ای روزهای بارش (rd) در ایران

های ایران تجربه شده و ایستگاه‌های غربی ایران شدیدترین بارش‌ها را دارند. اما در دهه ۲۰۱۰ بجز ایستگاه‌های شمال غرب ایران، رامسر، تهران و کرمان، دیگر مناطق ایران روزهای همراه با بارش شدید نسبت به دهه قبل یعنی ۲۰۰۰

از طرفی دیگر، تعداد روز بارش شدید نیز در ۴ دهه منتهی به ۲۰۱۰ افزایش داشته است (شکل ۴)، اما در دهه ۲۰۱۰ در غالب مناطق ایران کاهش روزهای بارش شدید ثبت گردید. در دهه ۹۰ بیشترین بارش‌های شدید در ایستگاه

نداشته و بیشترین کاهش را ایستگاه های شهر کرد و همدان و ایستگاه های خزری شامل رشت و بابلسر تجربه کردند.

ایستگاه	ایران	تهران	اصفهان	مشهد	تهران	اصفهان	مشهد	تهران	اصفهان	مشهد	تهران	اصفهان	مشهد	تهران	اصفهان	مشهد	تهران	اصفهان	مشهد	تهران
۱۹۷۰	۱۲	۱۱-۸	۷-۴	۳-۱	۰	۱-۵	۱-۶	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰											
۱۹۸۰	۱۲	۱۱-۸	۷-۴	۳-۱	۰	۱-۵	۱-۶	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰											
۱۹۹۰	۱۲	۱۱-۸	۷-۴	۳-۱	۰	۱-۵	۱-۶	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰											
۲۰۰۰	۱۲	۱۱-۸	۷-۴	۳-۱	۰	۱-۵	۱-۶	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰											
۲۰۱۰	۱۲	۱۱-۸	۷-۴	۳-۱	۰	۱-۵	۱-۶	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰											

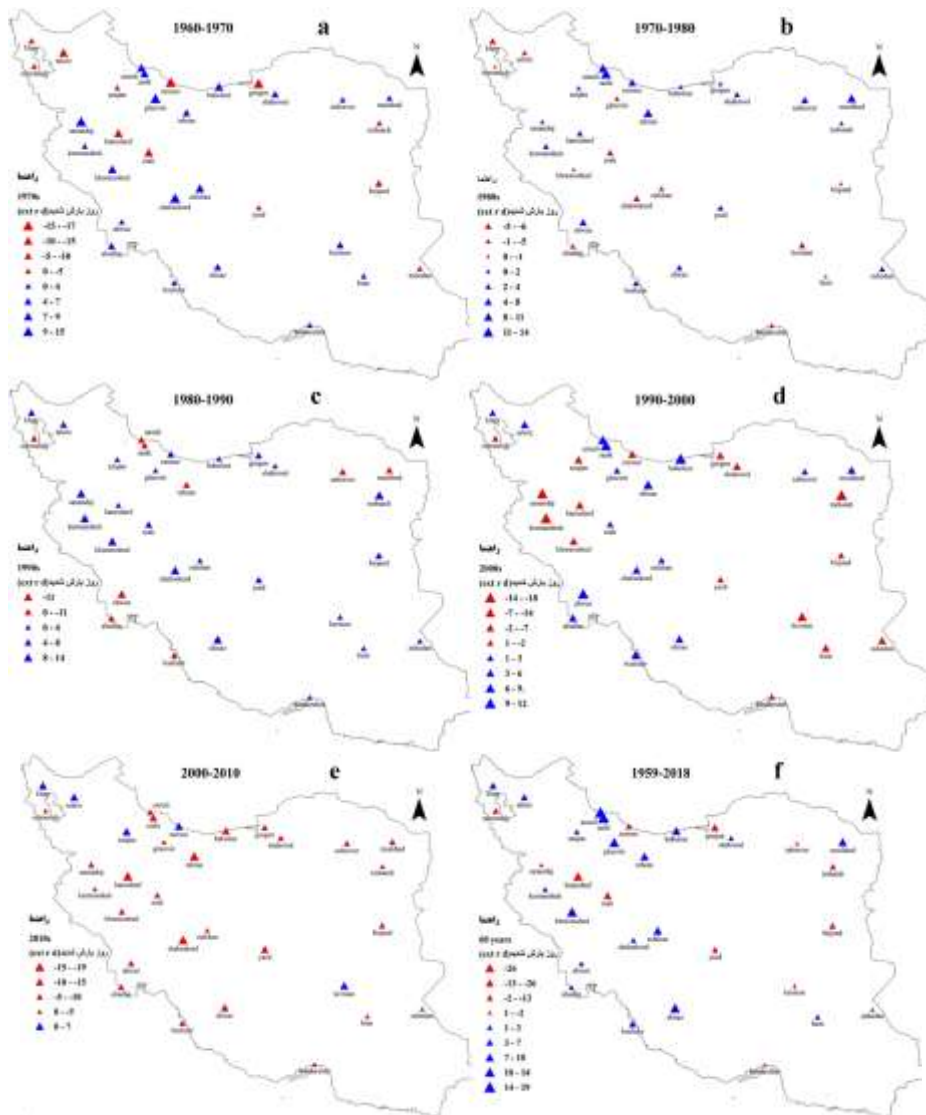
شکل ۴- تغییرات دهه ای روزهای بارش شدید (day) در ایران

شدید نسبت به دهه گذشته داشته اند و بیشترین کاهش را ایستگاه اهواز با ۱۱ روز ثبت کرد. در دهه ۲۰۰۰ (شکل ۵، d) نوسان مکانی روزهای بارش شدید در ایران ۳۰ روز می باشد. در این دهه نصف ایستگاه ها، افزایش بارش شدید و نصف دیگر ایستگاه ها کاهش روز بارش شدید را تجربه می کنند. چنانکه غالب ایستگاه ها در نیمه شرقی ایران و غرب ایران، کاهش روزهای بارش شدید و ایستگاه های جنوب غرب تا البرز غربی و غرب خزر، افزایش روزها بارش شدید را ثبت کردند. بیشترین کاهش در ایستگاه های سنندج، کرمانشاه و تربت حیدریه با بیش از ۱۴ روز و افزایش بارش شدید در ایستگاه های اهواز، بابلسر و رشت با بیش از ۹ روز گزارش شد. در دهه ۲۰۱۰ (شکل ۵، e)، همه مناطق ایران بجز ۵ ایستگاه، کاهش روزهای بارش شدید را تجربه می کنند. بیشترین کاهش را در این دهه نسبت به دهه گذشته (۲۰۰۰)، ایستگاه های همدان، شهرکرد و تهران با کاهش بیش از ۱۵ روز ثبت کرده اند. همزمان ایستگاه های شمال غرب، رامسر و کرمان در این دهه افزایش روزهای بارش شدید با کمتر از ۷ روز را گزارش کردند. تغییرات روزهای بارش شدید در ۶۰ سال گذشته (شکل ۵، f)، نشان می دهد، نوسان مکانی روزهای بارش شدید ۴۵ روز می باشد. چنانکه غالب مناطق ایران بخصوص در نیمه غربی ایران، افزایش بارش های شدید را تجربه می کنند، در حالیکه در نیمه شرقی ایران، کاهش روزهای بارش شدید حادث می گردد. بیشترین افزایش را ایستگاه های رشت و

تغییرات روزهای همراه با بارش شدید (شکل ۵، d)، حاکی است در دهه ۱۹۷۰ (شکل ۵، a)، نوسان مکانی روزهای بارش شدید ۳۲ روز می باشد. در این دهه غالب ایستگاه های ایران افزایش روزهای همراه با بارش شدید را نسبت به دهه گذشته (۱۹۶۰) تجربه کرده اند. بیشترین افزایش را ایستگاه های قزوین، سنندج و شهر کرد با بیش از ۹ روز بارش شدید داشته اند. همزمان ایستگاه های شمال غرب، شرق و برخی از ایستگاه های ساحل خزر و شرق زاگرس شمالی کاهش روزهای بارش شدید را ثبت کرده اند و بیشترین کاهش را ایستگاه های گرگان و رامسر با بیش از ۱۵ روز بارش شدید تجربه می کنند. در دهه ۱۹۸۰ (شکل ۵، b) نیز مشابه دهه قبل غالب ایستگاه های ایران افزایش روزهای بارش شدید را تجربه می کنند، چنانکه ایستگاه های شمال شرقی، البرز، ساحل خزر تا غرب و جنوب غربی ایران این افزایش را دارند و ایستگاه های رشت، مشهد، انزلی و تهران با بیش از ۸ روز بارش شدید، بیشترین افزایش را دارند. همزمان مناطق شمال غرب، زاگرس میانی و جنوب شرق ایران تا جنوب کاهش نسبی روزهای بارش شدید داشته اند. در دهه ۱۹۹۰ (شکل ۵، c)، نیز غالب مناطق ایران نسبت به دهه گذشته افزایش روزهای بارش شدید را ثبت کرده اند، بیشترین افزایش روزهای بارش شدید با بیش از ۸ روز را ایستگاه های غرب ایران شامل سنندج، کرمانشاه، شهرکرد و خرم آباد و تذبذب حیدریه در شمال شرقی ایران گزارش کردند. همزمان ایستگاه های جنوب غرب، شمال شرق و خزر غربی کاهش ریزش های

مطالعه داراست

انزلی با بیش از ۲۶ روز و بیشترین کاهش روزهای بارش با شدید را ایستگاه همدان با ۲۶ روز کاهش در کل دوره



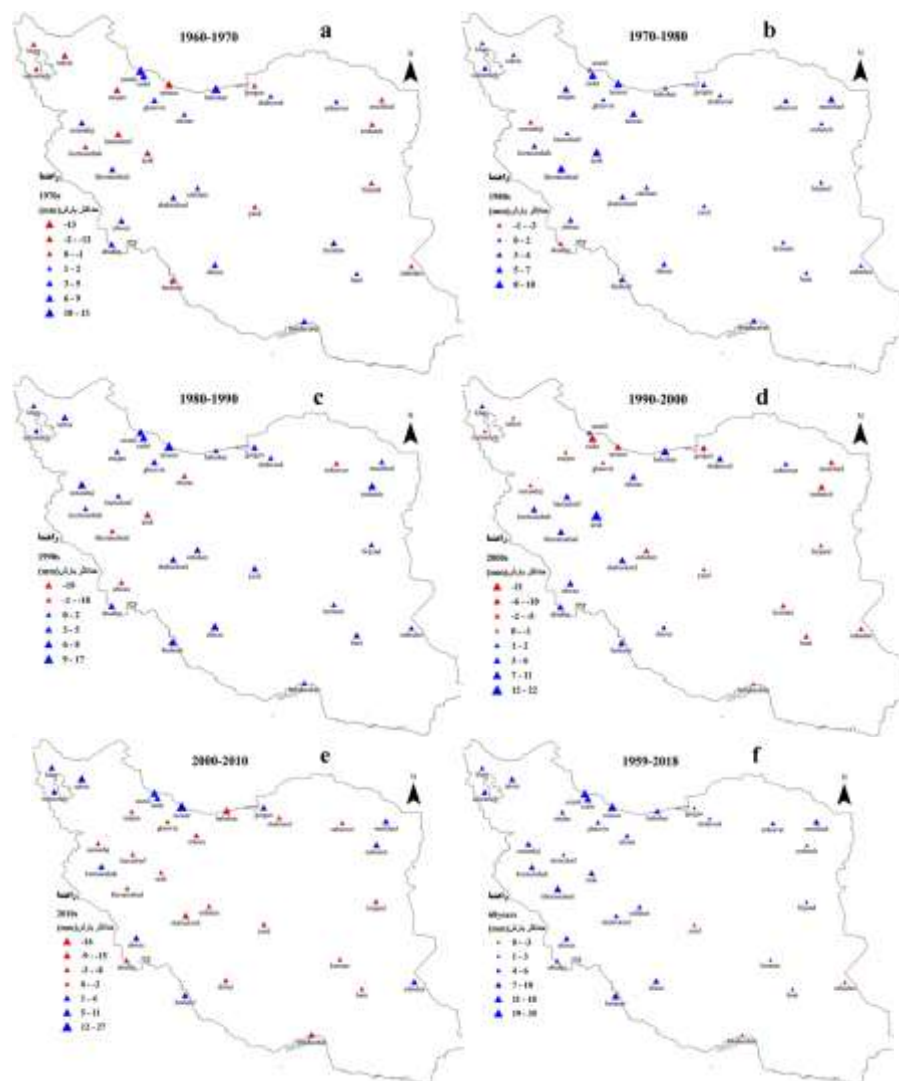
شکل ۵- توزیع مکانی تغییرات دهه ای روزهای بارش شدید (rd) در ایران

ایستگاه	تهران	زاهدان	یزد	تربت حیدریه	تهران	تهران	شیراز	شاهرویه	شهرکرد	سنندج	سبزوار	رشت	رامسر	قزوین	ارومیه	مشهد	خرم‌آباد	خرم‌آباد	گرگان	گرگان	همدان	گرگان	اصفهان	بوشهر	بندرعباس	بندرعباس	اصفهان	اصفهان	اصفهان	اصفهان	اصفهان
۱۹۷۰	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	
۱۹۸۰	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	
۱۹۹۰	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	
۲۰۰۰	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	
۲۰۱۰	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	
تغییرات دهه ای بیشینه بارش (mm) در ایران	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	۱۲-۱۵	

شکل ۶- تغییرات دهه ای بیشینه بارش (mm) در ایران







شکل ۷- توزیع مکانی تغییرات دهه ای ماکزیمم بارش (mm) در ایران

، نوسان بارش نسبت به دهه قبل (۱۹۶۰) در کل ایران ۲۰۸ میلیمتر می باشد. در این دهه غالب ایستگاه های ایران کاهش مقدار بارش نسبت به دهه قبل را ثبت کرده اند. بیشترین افزایش مقادیر بارش در ایستگاه های زاگرس شامل شیراز، شهرکرد و خرم آباد با بیش از ۵۴ میلیمتر گزارش شد. کمترین افزایش را ایستگاه های شرقی ایران دارند. از طرفی برخی ایستگاه های خزری و البرز غربی، کاهش مقدار بارش ها نسبت به دهه گذشته را تجربه می کنند. بیشترین کاهش مقادیر بارش را ایستگاه رامسر با ۱۲۵ میلیمتر کاهش ثبت کرده است. در دهه ۱۹۸۰ (شکل ۹، b)، غالب مناطق ایران افزایش بارش ها نسبت به دهه گذشته را ثبت کرده اند و نوسان تغییرات بارش در این دهه نسبت به

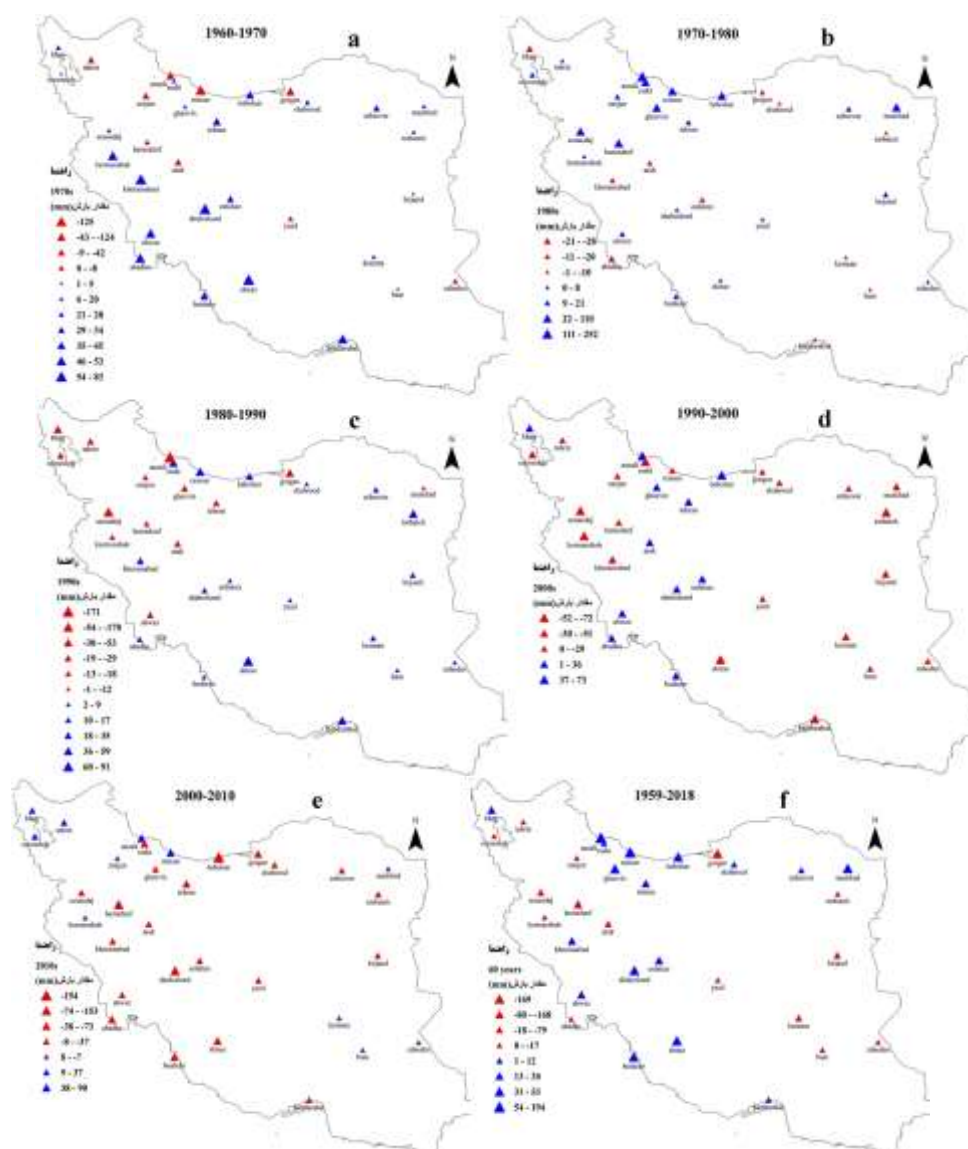
از طرفی تغییرات مقدار بارش ها طی دوره مورد مطالعه نشان داد (شکل ۸)، در سه دهه منتهی به دهه ۲۰۰۰، (دهه ۷۰، ۸۰ و ۹۰)، مقدار بارش در غالب مناطق ایران نسبت به دهه قبل از خود افزایش داشته اما در دو دهه اخیر در غالب مناطق ایران کاهش مقدار بارش ها حادث شد. چنانکه ایستگاه های سنندج و ارومیه در سه دهه گذشته و یزد، تربت حیدریه، شیراز، رشت، سبزوار، خرم آباد، بیرجند و بندر عباس در دو دهه اخیر روند کاهشی مقدار بارش را تجربه کردند. بیشترین کاهش در دهه اخیر در ایستگاه بابلسر و تهران حادث گردید.

توزیع فضایی تغییرات دهه ای مقدار بارش در ایستگاه های ایران حاکی است (شکل ۹)، در دهه ۱۹۷۰ (شکل ۹، a

در کل دوره مطالعه (۶۰ سال)، نوسان مکانی تغییرات بارش ها در ایران ۳۶۳ میلیمتر می باشد (شکل f.۹). به طور کلی طی ۶ دهه گذشته مقادیر بارش در برخی مناطق ایران افزایش و در برخی مناطق کاهش داشته است، چنانکه مناطق شرقی و حاشیه دشت لوت، خزر شرقی، ایستگاه های شمال غرب و شمال زاگرس طی ۶۰ سال گذشته کاهش مقادیر بارش را تجربه کرده اند و بیشترین کاهش را ایستگاه گرگان در خزر شرقی با مقدار ۱۶۹ میلیمتر گزارش کرده است. از طرفی مناطق خزرمیانی و غربی، جنوب غرب و جنوب زاگرس و شرق البرز افزایش مقادیر بارش را داشته اند و بیشترین افزایش را ایستگاه رامسر و انزلی با بیش از ۵۴ میلیمتر تجربه کرده اند.

**تغییرات دهه ای بارش ایران:** به طور کلی تغییرات دهه ای شاخص های بارش در ایران نشان می دهد (جدول ۱)، تعداد روز بارش در ایران روند منفی داشته و در کل دوره مطالعه در طی ۶۰ سال به طور متوسط ۷ روز بارشی در ایران حادث شد. از طرفی دیگر روزه های همراه با بارش شدید در طی همین دوره بجز دهه ۲۰۱۰ افزایش داشته است و در کل دوره مورد مطالعه تعداد روز بارش شدید در ایران ۳ روز افزایش داشته است. همچنین بیشینه های بارش در ایران در طی دوره مطالعه روند مثبت و افزایشی دارد، چنانکه در کل دوره مطالعه متوسط مکانی این شاخص در ایران ۷ میلیمتر افزایش نشان می دهد. به لحاظ مقدار بارش نیز روند کاهشی شدیدی در دهه های اخیر در متوسط های مکانی این شاخص خصوصاً در دو دهه اخیر مشهود است، اما در کل دوره با توجه به افزایش مقادیر بارش در دهه های ۷۰ و ۸۰ میلادی، مقدار متوسط مکانی این شاخص در کل ایران افزایش ۱۵ میلی متری را حکایت میکند.

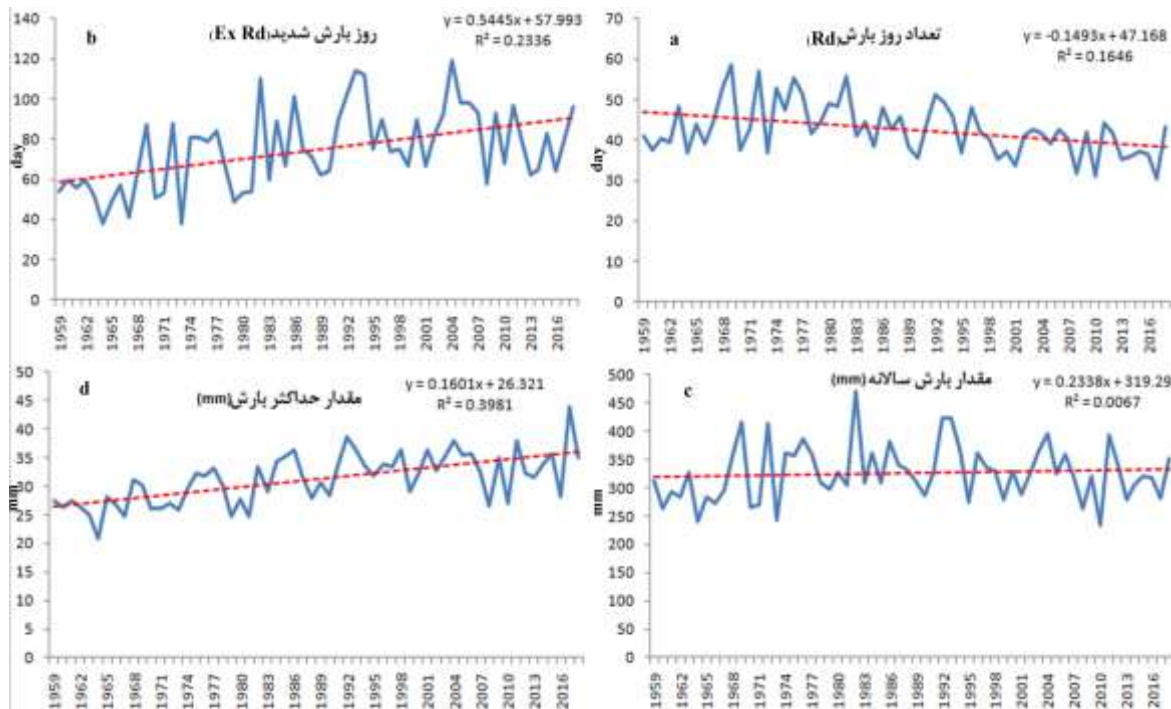
دهه گذشته (۱۹۸۰)، ۲۸۰ میلیمتر می باشد. در این دهه بیشترین افزایش را ایستگاه های خزری، ابرز غربی و زاگرس شمالی تجربه می کنند و بیشترین افزایش را ایستگاه انزلی در خزر غربی با بیش از ۱۱۱ میلیمتر گزارش کرد. برخی از ایستگاه ها در البرز شرقی و جنوب ایران و شمال غرب، کاهش مقادیر بارش نسبت به دهه قبل را تجربه می کنند. بیشترین کاهش را ایستگاه آبادان و خوی با بیش از ۲۱ میلیمتر ثبت کردند. در دهه ۱۹۹۰ (شکل c.۹)، تغییرات بارش در ایران نسبت به دهه قبل (۱۹۸۰)، ۲۶۲ میلیمتر نوسان دارد. در این دهه غالب ایستگاه ها در نیمه شرقی تا جنوب غرب ایران و برخی ایستگاه های ساحل خزر افزایش را تجربه می کنند و ایستگاه های نیمه غربی به شمال غرب ایران، کاهش بارش ها را تجربه می کنند. در این دهه به ترتیب بیشترین افزایش و کاهش مقادیر بارش ها را ایستگاه شیراز (بیش از ۹۰ میلیمتر افزایش) و انزلی (۱۷۱ میلیمتر کاهش) تجربه کرده اند. در دهه ۲۰۰۰ (شکل d.۹)، نوسان مکانی مقادیر بارش در ایران نسبت به دهه گذشته ۱۴۵ میلیمتر می باشد. در این دهه غالب ایستگاه های ایران کاهش ریزش های جوی را تجربه می کنند و بیشترین کاهش را ایستگاه های تربت حیدریه، رشت، شیراز، سنندج و کرمانشاه با کاهش بیش از ۵۲ میلیمتر تجربه کرده اند. در این دهه ایستگاه های جنوب غربی، البرز میانی و زاگرس میانی افزایش ریزش های جوی را دارند. بیشترین افزایش را ایستگاه های بابل و انزلی با بیش از ۳۷ میلیمتر گزارش کردند. در دهه ۲۰۱۰ (شکل e.۹)، غالب ایستگاه های ایران بجز ۵ ایستگاه در شمال غربی و خزر غربی، کاهش بارش ها نسبت به دهه قبل (۲۰۰۰) داشته اند. بیشترین افزایش را ایستگاه بابل با ۱۵۴ میلیمتر کاهش و در مرتبه بعد ایستگاه های همدان و شهر کرد با بیش از ۷۴ میلیمتر کاهش ثبت کرده اند. بیشترین افزایش را ایستگاه رامسر و انزلی با افزایش بیش از ۳۸ میلیمتر نسبت به دهه گذشته داشته اند.



شکل ۹- توزیع مکانی تغییرات دهه ای مقادیر بارش (mm) در ایران

جدول ۱- تغییرات دهه ای متوسط مکانی شاخص های بارش در ایران

شاخص	دهه	۱۹۶۰	۱۹۷۰	۱۹۸۰	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	تغییر
روز بارش	متوسط	۴۳	۴۵	۴۵	۴۳	۳۹	۳۷	-۷
تغییر		-	۲	-۱	-۲	-۴	-۲	
روزبارش	متوسط	۱۹	۲۰	۲۳	۲۶	۲۷	۲۱	+۳
تغییر		-	۲	۲	۴	۱	-۶	
بیشینه بارش	متوسط	۲۷	۲۸	۳۱	۳۳	۳۴	۳۴	+۷
تغییر		-	۱	۳	۲	۱	۰	
مقدار بارش	متوسط	۳۰۲	۳۱۶	۳۴۰	۳۴۲	۳۲۹	۳۱۸	+۱۵
تغییر		-	۱۴	۲۴	۱	-۱۲	-۱۲	



شکل ۱۰- سری زمانی شاخص های بارش در ایران

است نه تغییر جهت دارد (نمودار C)، و از حداقل ۲۵۰ میلیمتر تا حداکثر ۴۲۰ میلیمتر حول میانگین جابجا شده است. بنابراین به طور متوسط ۳۳۰ میلیمتر در سال مقدار بارش حاصل از روزهای بارشی ۱ میلیمتر و بیشتر در ایران می باشد. بنابراین مقدار بارش در ایران طی ۶۰ سال گذشته تغییر جهت داری ندارد. همچنین توزیع فضایی تغییرات شاخص ها طی دوره مطالعه حاکی است (نقشه f در هر شاخص)، روزهای بارشی در کل ایران طی ۶۰ سال گذشته کاهش داشته و همزمان ماکزیمم بارش های روزانه افزایش داشته است. از طرفی مقادیر بارش سالانه در ایران نوسان (عدم روند معنی دار در کل ایران) دارد، چنانکه برخی مناطق افزایش بارش ها و برخی مناطق کاهش بارش را طی ۶۰ سال گذشته تجربه کرده اند.

### نتیجه گیری

بارش ها در ایران در راستای پیش بینی مدل های جوی و افزایش ناهنجاری در بارش ها، تغییر داشته و ناهنجار شده اند، این تغییر هم در مقیاس دهه ای و هم در سری های زمانی سالانه شاخص های بارش مشهود است. چنانکه تعداد روز بارشی در ایران طی ۶۰ سال گذشته کاهش

سری زمانی شاخص های بارش ایران: سری زمانی ویژگیهای بارش طی ۶۰ سال گذشته نشان می دهد (شکل ۱۰)، تعداد روزهای بارش در ایران روند کاهشی دارد، چنانکه تا قبل از دهه ۹۰ متوسط روزهای بارش در ایران بین ۴۰ تا ۶۰ روز در سال بوده و بعد از این دهه بارش ها در دهه های اخیر به سمت متوسط ۳۰ روز در سال نیل می کند (نمودار a). بنابراین بارش های ایران بین ۱۰ تا ۲۰ روز در بلند مدت کاهش داشته اند. در حالیکه روزهای با بارش شدید در ایران روند مثبت معنی داری را نشان می دهند (نمودار b)، و متوسط ۶۰ روز بارش ها در دهه های اول دوره مطالعه به متوسط ۸۰ روز در دهه های اخیر تغییر داشته است. در همین راستا، مقدار بیشینه های سالانه بارش در ایران نیز طی دوره مورد مطالعه روند مثبت معنی داری دارد (نمودار d). بنابراین متوسط بیشینه های بارش طی ۶۰ سال گذشته افزایش دارد و از حداقل بین ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر بارش قبل از دهه ۹۰ به بیش از متوسط ۳۵ میلیمتر به بعد از این دهه افزایش دارد. بنابراین در طی دوره مورد مطالعه ماکزیمم بارش ها افزایش داشته است. از طرفی مقدار بارش در ایران طی دوره مورد مطالعه نوسان داشته

- داشته و این الگو در غرب و جنوب غرب ایران چشمگیر تر است. در حالیکه مقادیر بارش سالانه در ایران طی ۶ دهه گذشته تغییر نکرده و متوسط ۳۲۰ میلیمتر بارش حاصل از روزهای با بارش ۱ میلیمتر و بیشتر تقریباً ثابت بوده و نوسان حول میانگین دارد، از لحاظ مکانی نیز نوسان بارش ها مشهود است، چنانکه در برخی مناطق افزایش و در مناطق دیگر کاهش بارش ها حادث گردید. بنابراین بارش های ایران شدیدتر شده و روزهای همراه با این نوع بارش ها، افزایش معنی داری دارند. یعنی در یک ایستگاه که قبلاً بارش متوسط سالانه آن با ۳۰ بارش تامین شده، امروزه با ۲۰ بارش همان مقدار ریزش میکند، که طبیعتاً باید شدید باشد. روند افزایشی معنی دار ماکزیمم بارش های روزانه ایران نیز این اتفاق را ثابت می کند. از طرفی با توجه به تنوع توپوگرافی و موقعیت ایستگاه ها بر روی فلات ایران، تغییر در شاخص های بارش در همه مکان ها طی ۶ دهه گذشته یکدست و همگن نبوده، بلکه ناهمگنی مکانی شاخص ها در طی زمان مشهود است، که این نشان از تنوع اقلیم بارشی ایران دارد. چنانکه مسیرهای ورود رطوبت به ایران (علیچانی، ۱۳۹۶) از منابع رطوبتی مختلف به ایران در طی سال حکایت داشته و تغییر الگوی کم فشارهای مدیترانه ای، رفتار بارش های ایران را نیز تغییر می دهد. بنابراین مناطق مختلف با توجه به نزدیکی به این منابع و تنوع ارتفاعی، ریزش های متفاوتی را در طی سال ذخیره می کنند.
- منابع**
1. Asakereh. H. 2008. Spatio - Temporal Changes of Iran Inland Precipitation during Recent Decades. *Geography and Development Iranian Journal*. 5(10). pp. 145-164.
  2. Askari, A., Rahimzadeh, F, 2007, Studying the variability of rainfall in recent decades in Iran, *Journal of Geographical Studies*, 58, pp. 67-80.
  3. Guhathakurta. P. Sreejith. O.P. Menon. P.A. 2011. Impact of climate change on extreme rainfall events and flood risk in india. *Journal of Earth system science*. 120(3). pp. 359-373.
  4. Haidari. M.A. KHosh akhlaq. F. 2016. Analysis and modeling of pervasive anomalies of rainfall in western Iran in relation to the performance of pressure centers in the Mediterranean. *journal of applied researches in geographical sciences*. 37. pp. 221-244.
  5. IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E.Hanson, eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 976.
  6. Khorshiddoust. A. sarraf. B. ghermez cheshmeh. B. jafarzadeh. F. *Forecasting Heavy Rainfall in Southern Coasts of Caspian Sea under Climate Change Conditions in the Period 2011-2030*. *jwmseir* . 12 (42). pp.121-129.
  7. Karampoor. M. Ghaemi. H. Moradi, M. Nasiri. 2019. Statistical analyzes and anomalies of precipitation in cold period in order to understand the effect of climate change on different regions of Iran (1951-2010). *Scientific Journals Management System*. 19(53). pp. 1-18.
  8. Nasrabadi. E. 2015. Analyzing the change in daily precipitation frequency distribution of Aphrodite database in Iran. 23(92). pp. 67-79.
  9. Rasooli A A, Roshani R, Ghasemi A R. Analyzing the Spatial-Temporal Changes of Annual Precipitation of Iran, *geores*. 2013; 28 (1), pp. 205-224.
  10. Seyed Kaboli. H. 2016 .Uncertainty of extreme rainfall intensity and frequency under future climate change impact: Khorasan-Razavi province. *IR-WRR*. 12(2). pp. 93-103.
  11. Velayati. S. 2019. Water resources and water problems of Iran with special emphasis on the water crisis. *Khorasan Publications*, first edition. Mashhad. p. 360.
  12. Alijani. B. 2017. *Climate of Iran*. Fourteenth edition. Pay am nor publication. Tehran. p. 236.
  13. Alizadeh-Choobari. O. Najafi. M.S.2018.Trends and changes in air temperature and precipitation over different regions of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*. 43(3). pp. 569-584.
  14. Asagereh H, Razmi Ghalandari R, 2014, Temporal Distribution and Regime of Precipitation of Northwest of Iran, *geores*. 29 (1), pp.145-160.