نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال یازدهم | شماره چهل و یکم | بهار ۱۳۹۹
وصول: ۹۸/۳/۵ پذیرش: ۹۸/۷/۲۱
صص ۱۳۱-۱۱۹

شناسایی توزیع زمانی و مکانی نمایه‌های جوی فرین در استان مازندران

زهرا قصابی*[۱]، محمد علی ملکی[۲]، آزیتا امیری[۳]، مهدی پاشائیان[٤]، رحیم یوسفی زاده[٥]

۱. استادیار، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد ریاضی کاربردی ، اداره کل هواشناسی مازندران، ساری، ایران

۳. دکتری اقلیم‌شناسی، اداره کل هواشناسی مازندران، ساری، ایران

٤. کارشناس ارشد هواشناسی، اداره کل هواشناسی مازندران، ساری، ایران

۵. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، اداره کل هواشناسی مازندران، ساری، ایران

چکیده

دیدبانی جهانی در سال‌های اخیر تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در رفتار و ویژگی‌های پدیده‌های جوی فرین نشان می‌دهد. موقعیت خاص جغرافیایی، توپوگرافی و تنوع در رخداد سامانه‌های جوی در استان مازندران هر ساله سبب وقوع تعدادی از پدیده‌های فرین می‌شود. در سال‌های اخیر تعداد و شدت آن‌ها در استان افزایش یافته است. در این تحقیق از آمار روزانه دما و بارش در ۱۵ ایستگاه همدیدی استان به منظور شناسایی توزیع زمانی و مکانی رخداد فراسنج‌های فرین استفاده شد. از ایستگاه‌های بابلسر و رامسر با دارابودن آمار بلندمدت (۲۰۱۷ – ۱۹۷۱)، جهت بررسی روند تغییرات نمایه‌های فرین دما و بارش استفاده شد. روند نمایه‌های دمایی نشان داد که طول مدت گرما، تعداد روزهای تابستانی و شب‌های حاره‌ای به طور خیلی چشمگیر افزایش و اختلاف دمای بیشینه و کمینه روزانه به طور چشمگیری کاهش یافته است و تغییر معنی‌داری در روند نمایه‌های بارش در هیچ یک از این دو ایستگاه مشاهده نشد. بررسی نمایه‌های فرین فراسنج دما روشن کرد که فراوانی روزهای یخبندان در نواحی مرتفع بیشتر است و روزهای یخی در نواحی ساحلی- جلگه‌ای به‌ندرت روی می‌دهد. نمایه‌های حداقل دمای روزانه، روزها و شب‌های سرد با افزایش ارتفاع در استان رابطه‌ی مستقیمی دارند. میانگین دماهای بیشینه و تعداد روزها و شب‌های گرم در نواحی ساحلی- جلگه‌ای شرق استان بیشترین مقدار را دارد و به سوی نواحی مرتفع و غربی استان کاهش می‌یابد. دامنه تغییرات شبانه-روزی دما در نواحی کوهستانی بیشترین مقدار را داراست. بنابراین نمایه‌های دمای بیشینه در مناطق شرقی استان و نمایه‌های دمای کمینه در ارتفاعات استان سهم بیشتری دارند و توزیع دما در استان مازندران با توپوگرافی منطقه همخوانی مناسبی دارد. بررسی نمایه‌های بارندگی روشن کرد که از نواحی ساحلی- جلگه‌ای غرب استان به سمت ارتفاعات و شرق استان، از میزان و شدت بارش‌ها کاسته می‌شود. در بررسی نمایه‌های فصلی کمترین دمای کمینه در تمام فصول ایستگاه بلده می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، نمایه‌های فرین، توزیع زمانی و مکانی، استان مازندران

* نویسنده مسئول: ۰۲۱-٤٤٧٨٧٦٥١
Email: z.ghassabi@gmail.com

مقدمه

رویدادهای فرین جوی طیف گسترده‌ای نظیر رخداد سیل، توفان تندری، خشکسالی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، امواج گرمایی و سرمایی را در برمی‌گیرند. این رویدادها معمولاً بصورت ناگهانی و مخرب بوده و زمان کافی برای واکنش در مقابل آن‌ها وجود ندارد. در دهه‌های اخیر، افزایش دمای زمین سبب تغییر نوع بارش‌ها به سوی بارش‌های رگباری شده و تعداد سیلاب‌ها افزایش یافته است. از اینرو شناسایی و پیش‌بینی پدیده‌های فرین از بعد زمانی و مکانی، به منظور برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک بخش‌های مختلف منابع آب، کشاورزی، بهداشت و سلامت و محیط‌زیست ضروری به نظر می‌رسد. در استان مازندران، به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و توپوگرافی آن و تنوع در رخداد سامانه‌های جوی هر ساله تعدادی از این پدیده‌ها مشاهده می‌شود. سیلاب آبان ماه ۱۳۹۱، برف سنگین بهمن ۱۳۹۲ (غرب استان)، سیلاب شدید مهر۱۳۹٤، توفان شدید شهریور ۱۳۹۵ و سرمازدگی کم‌سابقه پاییزی اواخر آبان ماه و اوایل آذرماه ۱۳۹۵ نمونه‌هایی از پدیده‌های فرین در استان می‌باشند(منبع: سازمان هواشناسی کشور).

مطالعات گوناگونی برای بررسی و شناخت وقایع فرین جوی انجام شده است. در ایران رحیم‌زاده(۲۰۰۸) نشان داد که شاخص‌های فرین دما شامل تعداد روزهای یخبندان، روزهای سرد، شب‌های سرد و اختلاف دمای کمینه و بیشینه روند کاهشی و شاخص‌های تعداد روزهای گرم، روزهای تابستانی و شب‌های حاره‌ای طی دوره (۲۰۰۳-۱۹۵۱) روند مثبت دارند. در پژوهشی دیگر رحیم زاده و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های همدیدی استان هرمزگان، میانگین‌های فصلی و سالانه دما و بارش و مقادیر فرین آنها نشان دادند که افزایش دما و کاهش بارش به همراه افزایش نوسانات شدید بارش و مقادیر فرین دما بوده است. عساکره (۱۳۹۱) با استفاده از مشاهدات روزانه چهار نمایه فرین بارش زنجان شامل بیشینه بارش، پنج بارش بزرگ، صدک پنجم، نود و پنجم و نیز سهم آنها در بارش سالانه طی دوره آماری ۲۰۰٦-۱۹٦۱، تغییرات بارش‌های فرین را مورد تحلیل قرار داد. پرک و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که در ایران روندهای گرمایی شاخص‌های دمایی، وابستگی فضایی معنی‌داری دارند. سلطانی (۲۰۱۵) اثر تغییرپذیری اقلیمی بر وقایع دمایی و بارشی در ۵۰ ایستگاه هواشناسی همدیدی کشور را مطالعه و عنوان کرد که روندهای معنی‌دار شاخص‌های بارشی از الگوی فضایی تبعیت نمی‌کنند، اما روندهای معنی‌دار شاخص‌های دمایی دارای یک الگوی فضایی هماهنگ هستند. کوزه‌گران و موسوی بایگی(۱۳۹٤) روند نمایه‌های فرین اقلیمی را با ۲۷ شاخص مربوط به بارش و دما بررسی کردند. نتایج تجزیه و تحلیل دما، با گرم شدن منطقه مطابقت داشته و نشان داد که شاخص‌های فرین گرم روند افزایشی دارند که این روند برای شاخص‌هایی مانند روزهای تابستانی، تعداد شب‌های حارهای، روزها و شب‌های گرم معنی-دار بود. در حالیکه شاخص‌های فرین سرد روند کاهشی دارند که نشان‌دهنده کاهش شدت و فراوانی رویدادها و روزها و شب‌های سرد است. روند کاهشی و منفی بارش در بررسی همه شاخص‌های بارش در کلیه ایستگاه‌ها وجود داشت. عرفانیان و همکاران (۱۳۹٦) فراوانی نمایه-های فرین اقلیمی در استان خراسان رضوی را در دوره بازگشت‌های مختلف با تداوم‌های مختلف برآورد کردند. در بررسی مقادیر فرین دما و بارش در ۳۳ ایستگاه هواشناسی کشور با استفاده از نرم افزار Rclimdex روشن شد که نمایه‌های بارش روزانه ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر و مجموع بارش سالانه و نمایه‌های تعداد روزهای یخبندان و روزهای متوالی خشک و دوره‌های سرمای متوالی در کشور عموماً روند کاهشی داشتند؛ اما نمایه‌های بیشترین بارش یک روزه و تعداد روزهای گرم و شب های گرم حاره‌ای و نمایه‌های مربوط به بیشینه و کمینه دما و دوره‌های متوالی گرم در بیشتر ایستگاه‌ها روند افزایشی داشتند (رحیمی و حجابی(۲۰۱۸) و رحیمی و همکاران (۲۰۱۸)).

در میان پژوهشگران خارجی ژانگ و همکاران(۲۰۰۵) در مطالعه روند شاخص‌های فرین ۱۵ کشور خاورمیانه از جمله ایران، گزارش دادند که روند شاخص‌های دمایی در دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۰ از نظر آماری معنی‌دار بوده، اما روند شاخص‌های بارشی ضعیف و تقریباً معنی‌دار نیست. کاپریو و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تغییرات نمایه‌های فرین در آمریکا و کانادا نتیجه گرفتند که در هر دو منطقه تعداد

روزهای با دماهای بسیار پایین افزایش یافته است. گاجیک-کاپکا و سیندریک (۲۰۱۱) روند زمانی شاخص‌های بارش فرین را در کرواسی بررسی و بیان کردند که روند کاهشی در مقادیر بارش‌های سالیانه از آغاز قرن بیستم در سرتاسر کشور کرواسی با روند خشکی مشاهده شده در سراسر حوضه دریای مدیترانه انطباق کامل دارد. در مطالعه دیگری شاهید (۲۰۱۱) روند شاخص‌های فرین بارش بنگلادش را با داده‌های روزانه بارش بررسی کرد و دریافت که در بنگلادش روزهای با بارش‌های سنگین روند افزایشی و روزهای خشک متوالی روند کاهشی دارند. ییلماز (۲۰۱٤) شاخص‌های فرین حال و آینده بارش را در آنتالیای ترکیه بررسی و مشخص کرد که روند افزایشی معنی‌داری در تمام ایستگاه‌ها وجود دارد. زانگ سینگ و همکاران (۲۰۱۲) برخی شاخص‌های حدی دما و بارش را در جنوب‌غرب چین طی دوره آماری ۲۰۰۸-۱۹٦۱ بررسی کردند. در این بررسی کاهش دامنه دمای شبانه‌روزی و تعداد روزهای یخبندان به طور چشمگیری معنی‌دار بود و شاخص‌های دمای کمینه افزایش بیشتری نسبت به شاخص‌های دمای بیشینه داشتند. تعداد روزهای بارانی نیز در برخی مناطق افزایش داشت. ونگ و همکاران (۲۰۱٦) تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های حدّی دما و بارش و همچنین مخاطرات جوّی نظیر سیل و خشکسالی را طی دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۲ در فلات مغولستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار ایشان نشان می‌دهد که فلات مغولستان یک روند گرمایشی را طی دوره مورد مطالعه تجربه کرده است. ضمن این که مقادیر حدّی دما در شب افزایش بیشتری نسبت به روزهنگام نشان داده‌اند. اما تغییر در شاخص‌های بارندگی به این میزان چشمگیر نبوده است. هرچند یک روند کاهشی در مجموع بارندگی از غرب به شرق منطقه مورد مطالعه مشاهده شده است. آنها همچنین دریافتند که طیّ هر ۷ تا ۱۱ سال در مغولستان یک دوره خشکسالی با تداوم بیش از ۳ سال اتفاق می‌افتد. آدیری و همکاران (۲۰۱۹) روند شاخص‌های حدی اقلیمی را در یک حوضه آبریز که از سودان و ساحل ساوانا تا نیجریه و نیجر را شامل می‌شود، و نیز روند آینده را با استفاده از پیش‌بینی همادی هشت مدل اقلیمی منطقه‌ای تحت دو سناریوی انتشار و ریزمقیاس‌نمایی CORDEX بررسی کردند. آن‌ها روند مثبت در مجموع بارندگی سالانه و در فراوانی روزها و شب‌های گرم پیدا کردند که در آینده نیز همین روند افزایشی دما و فراوانی بارش‌های حدّی ادامه خواهد داشت.

شناخت مخاطرات جوی استان مازندران و تعیین استعداد مخاطره‌پذیری مناطق مختلف استان می‌تواند اطلاعات با ارزشی را در جهت سازگاری با این مخاطرات فراهم آورده و در برنامه‌ریزی بخش‌های مختلف توسعه‌ای و زیربنایی استان به منظور کاهش اثرات پدیده‌های فرین به‌کار رود.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد نیاز در ۱۵ ایستگاه همدیدی هواشناسی استان مازندران (جدول۱) شامل آمار روزانه دما و بارش (مجموع بارش سالانه، حداکثر بارش ۲٤ ساعته، کمینه و بیشینه مطلق دما، میانگین کمینه، بیشینه و متوسط دما) طی دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۳ از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. کنترل کیفی داده‌ها با استفاده از بخش کنترل کیفی نرم‌افزار RclimDex انجام شد. جهت اطمینان از کیفیت و کامل بودن سری آماری، آزمون همگنی داده‌ها، کفایت داده‌ها، بازسازی و تخمین داده‌های گم‌شده اجرا شد. در بررسی همگنی داده‌ها از روش غیرگرافیکی آزمون توالی[1] استفاده شد(فقیه و همکاران (۱۳۹۷)). در این روش هر یک از ارقام سری با میانگین داده‌ها مقایسه می‌شود و داده‌های بزرگتر و کوچکتر از میانگین به ترتیب با حروف a و b مشخص می‌شوند. برای داده‌های برابر با میانگین علامتی درنظر گرفته نمی‌شود. سپس پارامتر z در رابطه ۱ محاسبه می‌شود. چنانچه قدرمطلق آن بزرگتر از ۱/۹٦ باشد، داده‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد ناهمگن در نظر گرفته می‌شوند.

$$z = \frac{r - \left[\left(\frac{2mn}{m+n}\right)+1\right]}{\sqrt{\frac{2mn.(2mn-m-n)}{\left((m+n)^2.(m+n-1)\right)}}} \qquad (۱)$$

در این رابطه، r تعداد کل دنباله‌ها (a و یا bهای متوالی)، m تعداد مقادیر کوچکتر از میانگین (تعداد bها) و n تعداد مقادیر بزرگتر از میانگین (تعداد aها) است.

کفایت طول دوره آماری نیز بر اساس پیشنهاد ماکوس (علیزاده ۱۳۸۹) از رابطه ۲ قابل محاسبه است.

1. Run Test

$$y = [(4.30t)\log_{10} R]^2 + 6 \quad (۲)$$

که در آن y حداقل قابل قبول تعداد داده‌ها برای تجزیه و تحلیل، t مقدار t استیودنت در سطح اعتماد ۹۰ درصد به ازای درجه آزادی (y-6) و R نسبت مقدار متغیر در دوره برگشت ۱۰۰ سال به مقدار آن در دوره برگشت ۲ سال بر اساس داده‌های موجود می‌باشند.

جدول۱- مشخصات ایستگاه‌های همدیدی استان مازندران

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
۱	اداره هواشناسی سینوپتیک فرودگاهی رامسر	40' 50°	54' 36°	-۲۰	۱۹۷۱ – ۲۰۱۷
۲	اداره هواشناسی سینوپتیک فرودگاهی نوشهر	3' 51°	39' 36°	-۲۰/۹	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۳	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سیاه‌بیشه	18' 51°	15' 36°	4/18	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
٤	اداره هواشناسی سینوپتیک بابلسر	39' 52°	43' 36°	-۲۱	۱۹۷۱ – ۲۰۱۷
٥	اداره تحقیقات هواشناسی‌کشاورزی قراخیل	46' 52°	27' 36°	7/14	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
٦	اداره هواشناسی سینوپتیک ساری	00' 53°	33' 36°	7/22	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۷	اداره هواشناسی سینوپتیک کیاسر	32' 53°	14' 36°	3/13	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۸	اداره هواشناسی سینوپتیک فرودگاهی دشت‌ناز	11' 53°	37' 36°	16	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۹	اداره هواشناسی سینوپتیک دریایی بندرامیرآباد	22' 53°	51' 36°	-۲۰	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۱۰	اداره تحقیقات هواشناسی‌کشاورزی آمل	29' 52°	29' 36°	7/23	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۱۱	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک گلوگاه	49' 53°	47' 36°	-۱۰	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۱۲	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کجور	49' 53°	47' 36°	1600	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
۱۳	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بلده	48' 51°	12' 36°	2120	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
١٤	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک پل‌سفید	05' 53°	08' 36°	610	۲۰۰۳ -۲۰۱۷
١٥	ایستگاه هواشناسی سینوپتیک آلاشت	51' 52°	05' 36°	1900	۲۰۰۳ -۲۰۱۷

در بررسی تعداد سال‌های آماری کافی جهت ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از رابطه (۲) مشخص گردید که حداقل سال‌های آماری مورد نیاز ده سال می‌باشد و در تحقیق حاضر از دوره آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۷- ۲۰۰۳) استفاده شد. در بازسازی داده‌های گم شده از روش تفاضل-ها و آنالیز هم‌بستگی غیرخطی در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد (علیزاده ۱۳۸۰).

تیم کارشناسی ETCCDM نمایه‌های فرین را در پنج گروه دسته‌بندی کرده است که عبارتند از نمایه‌های فرین مبتنی بر صدک‌ها، فرین مطلق، فرین آستانه‌ای و نمایه‌های دیگر. فهرست نمایه‌های فرین منتخب همراه با تعاریف آنها در جدول (۲) ارائه شده است. روند بلندمدت فراسنج‌های فرین در دو ایستگاه رامسر و بابلسر که دارای آمار بلندمدت می‌باشند و نوسانات اقلیمی غرب و مرکز استان را نشان می‌دهند، محاسبه شد. روند تغییرات بلندمدت دو ایستگاه رامسر و بابلسر در دوره (۲۰۱۷ – ۱۹۷۱) بر پایه دوره نرمال ۲۰۰۰-۱۹۷۱ بررسی شد. در نرم‌افزار Rclimdex جهت بررسی وجود هر گونه روند بلندمدت یا به عبارتی وجود همبستگی بین سری داده‌ها با سال‌های دوره آماری و آزمون معنی‌دار بودن آن روند از آزمون ناپارامتریک اسپیرمن استفاده شده است(فقیه و همکاران (۱۳۹۷))؛ زیرا روند داده‌های اقلیمی به ندرت خطی است و از نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز مطمئن نیستیم. برای محاسبه آن به جای مقادیر واقعی داده‌ها، رتبه آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور تبدیل داده‌ها به رتبه‌ها، آن‌ها را به صورت افزایشی مرتب و به هریک رتبه‌ای از ۱ تا n داده شد، طوری‌که بزرگترین داده

رتبه ۱ و کوچکترین داده بالاترین رتبه اختصاص می-یابد(رابطه ۳).

$$D = 1 - \frac{6\sum(\mathrm{R(x_i)} - \mathrm{i})^2}{n(n^2-1)} \quad (۳)$$

که در آن n تعداد داده‌ها و i رتبه داده تاریخی به ترتیب وقوع، $R(x_i)$ رتبه داده تاریخی مرتب شده به ترتیب افزایشی می‌باشند. در صورتی‌که قدرمطلق آماره اسپیرمن (رابطه ٤) بزرگتر از ۱/۹٦ بود، فرض وجود روند در سری داده‌ها پذیرفته شد و در غیر اینصورت سری داده‌ها بدون روند در نظر گرفته شد.

$$z_{SR} = \frac{\mathrm{D}}{\sqrt{\mathrm{Variance(D)}}} \quad (٤)$$

فراوانی زمانی و مکانی رخداد نمایه‌های فرین فراسنج‌های دما و بارش استان در ۱۵ ایستگاه هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار Rclimdex تعیین شد. سپس نقشه‌های فراوانی مقادیر فرین در دوره‌ی (۲۰۱۷-۲۰۰۳) ترسیم شد.

جدول۲- نمایه‌های فرین دما و بارش محاسبه شده در پژوهش حاضر(الکساندر وهمکاران، ۲۰۰٦)

نمایه	معرفی نمایه	یکا
FD	تعداد روزهای یخبندان(0^oC> دمای حداقل روزانه)	روز
SU25	تعداد روزهای تابستانی(25^oC< دمای حداکثر روزانه)	روز
ID	تعداد روزهای یخی(0^oC> دمای حداکثر روزانه)	روز
TR20	تعداد شب‌های حاره‌ای (20^oC< دمای حداقل روزانه)	شب
TXx	حداکثر ماهانه دمای بیشینه روزانه	درجه سلسیوس
TNn	حداقل ماهانه دمای کمینه روزانه	درجه سلسیوس
TN10p	درصد روزهایی که دمای کمینه کمتر از صدک دهم باشد(شب‌های سرد)	روز
TX10p	درصد روزهایی که دمای بیشینه کمتر از صدک دهم باشد (روزهای سرد)	روز
TN90p	درصد روزهایی که دمای کمینه بیشتر از صدک نودم باشد (شب‌های گرم)	روز
TX90p	درصد روزهایی که دمای بیشینه بیشتر از صدک نودم باشد (روزهای گرم)	روز
WSDI	تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای بیشینه آنها بیشتر از صدک نودم باشد (نمایه طول مدت گرما)	روز
CSDI	تعداد روزهایی که حداقل شش روز متوالی دمای کمینه کمتر از صدک دهم باشد (نمایه طول مدت سرما)	روز
DTR	دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما	درجه سلسیوس
Tmax Mean	میانگین بیشینه دما	درجه سلسیوس
Tmin Mean	میانگین کمینه دما	درجه سلسیوس
Rx1day	حداکثر بارش یک روزه	میلی‌متر
Rx5day	حداکثر بارش ۵ روزه	میلی‌متر
R25mm	روزهای با بارش بیشتر از ۲۵ میلی‌متر*	روز
CDD	روزهای خشک متوالی	روز
PRCP TOT	مقدار سالانه بارش در روزهای تر	میلی‌متر

البته در استان مازندران مقادیر آستانه بارش می تواند در برخی مناطق ساحلی بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد، اما با توجه به عدم رعایت حریم رودخانه‌ها و مشکلات شهرسازی در سال‌های اخیر، موارد بسیاری از سیلاب‌ها و آبگرفتگی‌های

معابر عمومی با مقادیر بارش حدود ۲۵ میلی‌متر به ویژه در فصل تابستان مشاهده شده است. لذا مقدار ۲۵ میلی‌متر توصیه شده در ETCCDI به عنوان آستانه انتخاب شد.

نتایج و بحث

روند بلندمدت نمایه‌های فرین جوی

از ایستگاه‌های بابلسر و رامسر که از آمار بلندمدت (۲۰۱۷–۱۹۷۱) مناسبی برخوردارند، جهت بررسی روند تغییرات نمایه‌ها استفاده شد(جدول ۳ و ٤). تعداد شب‌های سرد و روزهای سرد و همچنین تعداد روزهای یخبندان در سال-های اخیر به طور خیلی چشمگیری کاهش یافته است (جدول ۳، شاخصCSDI). نمایه طول مدت سرما فقط در بابلسر کاهش یافته است، درحالی‌که طول مدت گرما در هر دو ایستگاه به طور خیلی چشمگیر افزایش نشان می‌دهد. تعداد روزهای تابستانی و شب‌های حاره‌ای نیز به طور خیلی چشمگیری افزایش یافته‌اند. روند حداکثر دماهای بیشینه در رامسر به‌طور خیلی چشمگیری افزایشی است، اما این افزایش در بابلسر از نظر آماری معنی‌دار نیست. حداقل دمای کمینه در هر دو ایستگاه روند افزایشی نشان داده است، یعنی دماهای کمینه شبانه در هر دو ایستگاه افزایش نشان داده است. نمایه اختلاف دمای بیشینه و کمینه سالانه (DTR) نیز به طور خیلی چشمگیری کاهش نشان داده است. تعداد روزهای یخی که دمای بیشینه زیر صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد، در ایستگاه‌های بابلسر و رامسر مشاهده نشده است. نمایه‌های مربوط به بارش در هیچ یک از این دو ایستگاه ساحلی تغییر معنی‌داری طی سال‌های اخیر نشان نمی‌دهد.

جدول۳- روند نمایه‌های فرین در ایستگاه بابلسر

Indices	P value	r	نوع روند	جهت روند
CDD	۰/۱۰٤	۰.۲۱	روند معنی دار نیست	افزایشی
PRCPTOT	۰/٤٤٤	۰.۱	بدون روند	-----
R25mm	۰/۱٦۷	۰.۱۸	روند معنی دار نیست	افزایشی
RX1DAY	۰/۹۷۲	۰/۰۰	بدون روند	-----
RX5DAY	۰/۸۵۱	۰.۰۳	بدون روند	-----
TNn	۰	۰.٤۹	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
TXx	۰/۲۱۸	۰.۱۸	روند معنی دار نیست	افزایشی
TN10P	۰	-۰.۷۳	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
TN90P	۰	۰.۸۳	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
TX10P	۰/۰۰۳	-۰.۳۹	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
TX90P	۰	۰.٤۸	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
CSDI	۰/۰۲۲	-۰.۳	روند معنی دار است	کاهشی
WSDI	۰/۰۰۱	۰.٤۲	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
DTR	۰	-۰.۷۷	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
FD	۰/۰۰۳	-۰.۳۸	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
TR20	۰	۰.۸۷	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
SU25	۰	۰.٦۸	روند خیلی چشمگیر	افزایشی

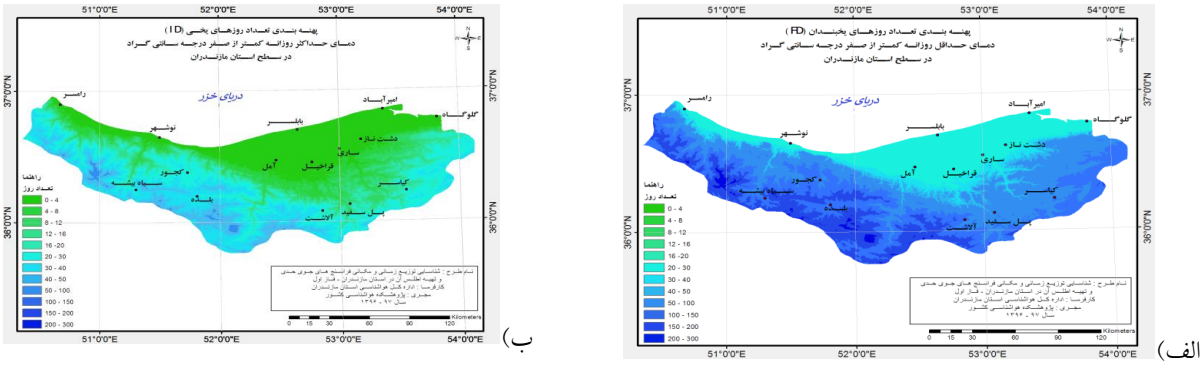
جدول ٤- روند نمایه‌های فرین در ایستگاه رامسر

Indices	P value	r	نوع روند	جهت روند
CDD	۰/۲۳۷	۰.۱٦	روند معنی دار نیست	افزایشی
PRCPTOT	۰/۸۳	۰.۰۳	بدون روند	-----
R25mm	۰/۳۹۹	۰.۱۱	روند معنی دار نیست	افزایشی
RX1DAY	۰/۱۸٤	۰.۱۸	بدون روند	-----
RX5DAY	۰/۳۸٤	۰.۱۲	بدون روند	-----
TNn	۰.۰۳۲	۰.۳۷	روند معنی دار است	افزایشی
TXx	۰/۰۰۹	۰.٤۸	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
TN10P	۰	-۰.٦۸	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
TN90P	۰	۰.۸٤	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
TX10P	۰/۰۱۸	-۰.٤٤	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
TX90P	۰	۰.۷۹	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
CSDI	۰/٦۷۲	۰.۰۸	بدون روند	-----
WSDI	۰	۰.٦۹	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
DTR	۰.۰۰۳	-۰.٥٤	روند خیلی چشمگیر	کاهشی
FD0	۰/۰۱٥	-۰.٤۱	روند معنی دار است	کاهشی
TR20	۰	۰.۸۰	روند خیلی چشمگیر	افزایشی
SU25	۰	۰.٦۳	روند خیلی چشمگیر	افزایشی

در جدول‌های ۲ و ۳، r میزان همبستگی پارامتر موردنظر با تغییرات زمان (روند بلندمدت با مقدار بین ۱ و ۱-) و P value سطح معنی‌داری روند را نشان می‌دهد. طبق نرم‌افزار Rclimdex، اگر سطح معنی‌داری در حدود ۰/۰۵ باشد؛ در صورتی‌که r>۰/۲۸۱۸ باشد، روند مشاهده شده است. اگر سطح معنی‌داری در حدود ۰/۰۱ باشد؛ در صورتی‌که r>۰/۳٦٤۹ باشد، روند معنی‌دار است و اگر سطح معنی-داری در حدود ۰/۰۰۱ باشد؛ در صورتی‌که r > ۰/٤٥٦۲ باشد، آنگاه روند خیلی چشمگیر است.

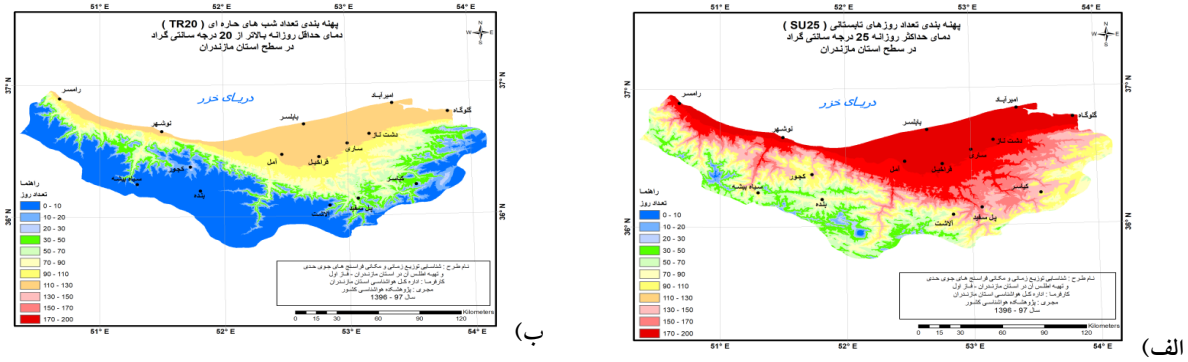
نمایه‌های فرین روزانه دما

بیشینه تعداد روزهای یخبندان در ایستگاه بلده (۱٤٥ روز در سال ۲۰۱۱) روی داده، اما برخی از ایستگاه‌ها مانند رامسر، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و ساری سال‌های بدون یخبندان هم داشته‌اند (شکل ۱الف). بیشترین تعداد روزهای یخی در سیاه‌بیشه (۳۳ روز) اتفاق افتاده است و نقشه پهنه‌بندی آن طی ۱۵ سال اخیر (شکل ۱ب) نشان می‌دهد که روزهای یخی در استان مازندران به جزء مناطق کوهستانی مرکز تا غرب استان، به‌ندرت مشاهده شده است. بیشینه روزهای گرم تابستانی ۱۹۰ روز در ایستگاه‌های آمل، ساری و رامسر؛ و کمترین آن ۷۲ روز در آلاشت بوده است(شکل ۲الف). بیشینه شب‌های گرم حاره‌ای ۱۳۵ شب در بابلسر و کمترین آن در بلده (بدون شب حاره‌ای) مشاهده شد(شکل ۲ب). بیشینه تعداد روزهای تابستانی و بیشینه تعداد شب‌های حاره‌ای استان در ۱۵ سال اخیر در نواحی جلگه‌ای و ساحلی مرکز تا شرق و نوار باریکی از نواحی سواحل غربی استان به وقوع پیوسته است و نشان می‌دهد که توزیع دما در استان مازندران با توپوگرافی منطقه همخوانی مناسبی دارد.



ب) الف)

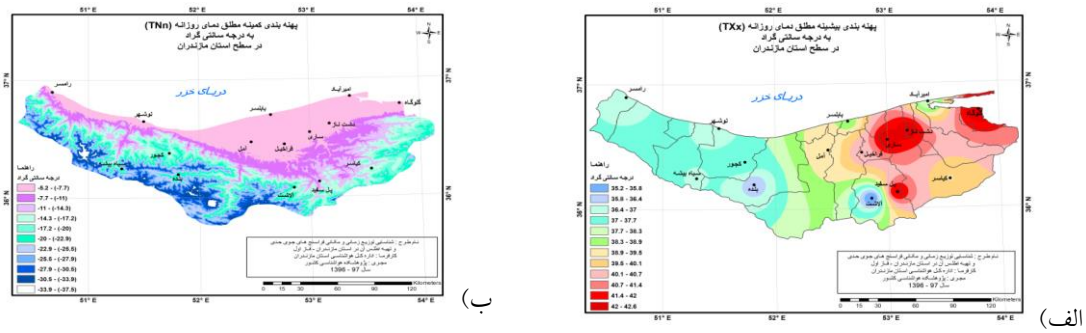
شکل ۱ – الف) پهنه‌بندی تعداد روزهای یخبندان و ب) پهنه‌بندی تعداد روزهای یخی طی دوره مشترک (۲۰۱۷– ۲۰۰۳)



ب) الف)

شکل۲– الف) پهنه‌بندی تعداد روزهای تابستانی و ب) پهنه‌بندی تعداد شب‌های حاره‌ای طی دوره مشترک (۲۰۱۷– ۲۰۰۳)

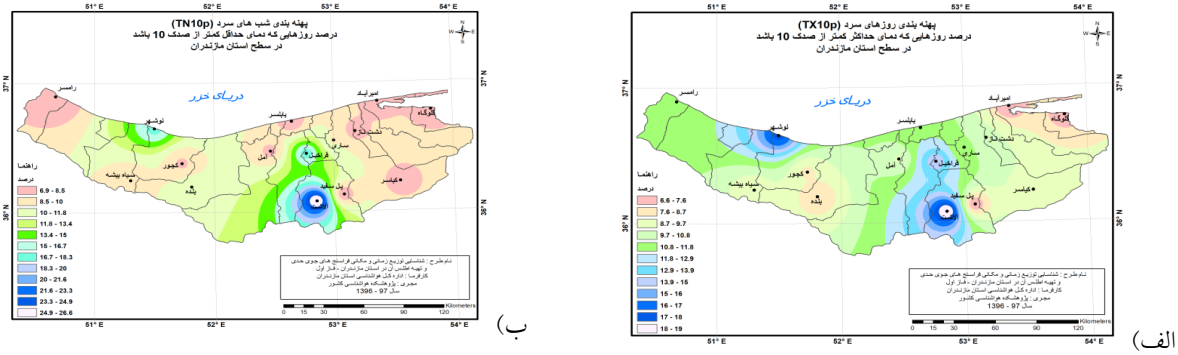
بالاترین دمای بیشینه ماهانه در ایستگاه‌های گلوگاه و ساری(۴۲/۶ درجه سانتی‌گراد) در ماه می و کمترین آن در ایستگاه آلاشت(۳۵/۲ درجه سانتی‌گراد) در ماه آگوست اتفاق افتاده است(شکل ۳الف). طی ۱۵ سال اخیر کمترین دمای کمینه ماهانه در بخش‌هایی از نواحی کوهستانی مرکزی تا غربی استان بوده و کمینه آن در بلده (۲۳/۶– درجه سانتی‌گراد) در ماه ژانویه به‌وقوع پیوسته است (شکل ۳ب).



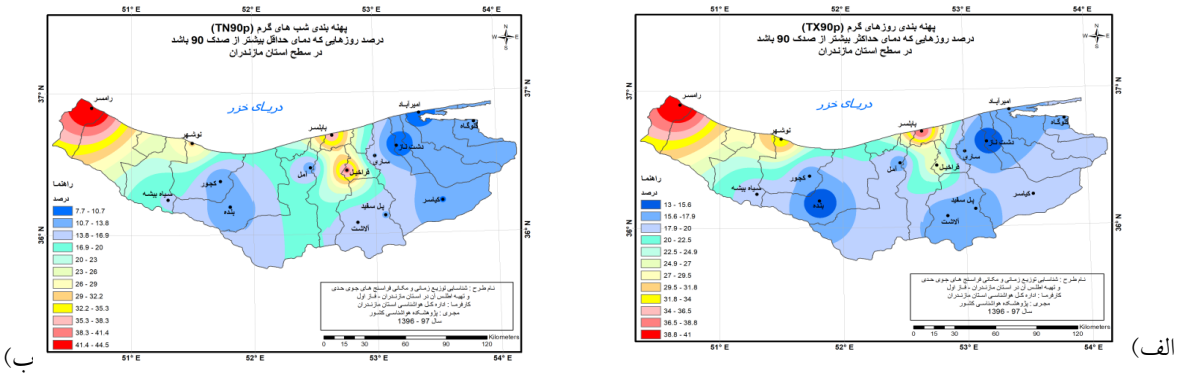
ب) الف)

شکل۳– الف) پهنه‌بندی بیشینه مطلق دمای روزانه و ب) پهنه‌بندی کمینه مطلق دمای روزانه در استان مازندران طی دوره مشترک (۲۰۱۷– ۲۰۰۳)

بیشترین مقدار میانگین دماهای بیشینه استان در ساری (۲٤/۳ درجه سانتی‌گراد) و کمترین آن در سیاه‌بیشه و آلاشت (۱۷/٤ درجه سانتی‌گراد) بوده است. متوسط بیشینه دمای روزانه در دوره (۲۰۱۷-۲۰۰۳) در استان مازندران در مناطق ساحلی و جلگه‌ای مرکزی تا شرق استان و نوار باریکی از نواحی ساحلی مرکزی تا غرب استان به وقوع پیوسته است. کمترین میانگین دماهای کمینه در بلده(۲/٤ درجه) و بیشترین آن در بابلسر (۱٤/۲ درجه) بوده است. متوسط کمینه دمای روزانه در استان در نواحی کوهستانی مرکزی تا غرب استان به وقوع پیوسته است. بیشترین درصد روزها و شب‌های سرد در آلاشت (به ترتیب ۱۹/۲ و ۲٦/٥ درصد)، کمترین درصد روزهای سرد در امیرآباد (٦/٦ درصد)، کمترین درصد شب‌های سرد در رامسر مقدار (٦/۸ درصد)(شکل ٤)، بیشترین درصد روزها و شب‌های گرم در رامسر (٤۱/۱ و ٤٤/٥ درصد) و کمترین آن در دشت‌ناز (۱۳/۳ و ۷/۷ درصد) می‌باشد (شکل ٥).



شکل٤- پهنه‌بندی درصد الف) روزها و ب) شب‌های سرد در استان مازندران طی دوره مشترک (۲۰۱۷- ۲۰۰۳)



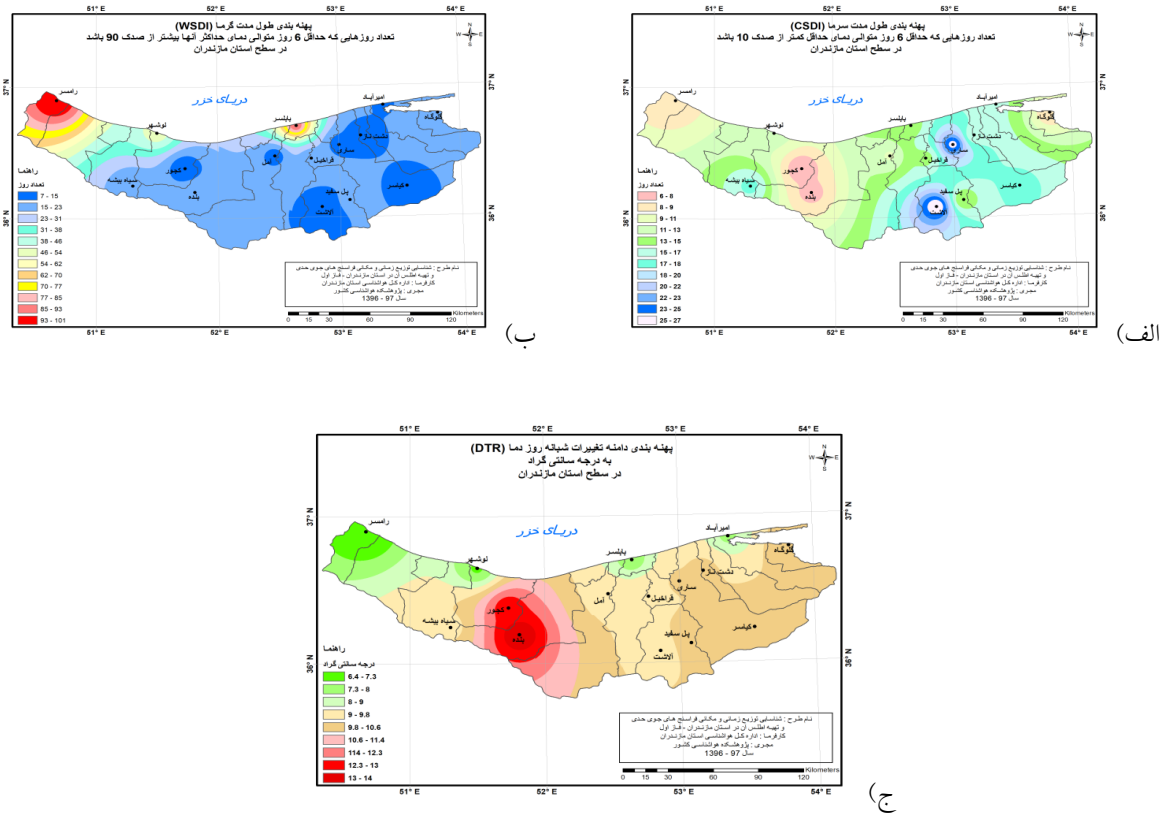
شکل٥- پهنه‌بندی درصد الف) روزها و ب) شب‌های گرم در استان مازندران طی دوره مشترک (۲۰۱۷- ۲۰۰۳)

بیشترین تعداد دوره‌های سرد در آلاشت (۲۷ دوره) و ساری (۲٦ دوره) و کمترین آن در کجور، بلده، رامسر و گلوگاه (٦ تا ۸ دوره) اتفاق افتاده است(شکل ٦الف). بیشترین تعداد دوره متوالی گرما در رامسر (۱۰۱ دوره) و کمترین آن در آلاشت (۷ دوره) در سال بوده است (شکل ٦ب). بیشترین دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی(DTR) در بلده ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن ٦/٤ درجه سانتی‌گراد در رامسر رخ داده است (شکل ٦ج).

نمایه‌های بارش

بیشترین مجموع بارش سالانه در رامسر (۱۹۱٥/٤ میلی‌متر) و کمترین آن در کجور (٤٤۹ میلی‌متر) دیده شد (شکل

۷الف). بیشترین بارش یک روزه (شکل ۷ب) و پنج روزه (شکل ۷ج) استان در رامسر(۳۵۰/۸ و ۳۸۸/٦ میلی‌متر) و کمترین آن در بلده(۵۵/۵ و ۷۹/۳ میلی‌متر) بود. همچنین بیشترین تعداد روزهای با بارش سنگین بیشتر از ۲۵ میلی‌متر در سال (شکل ۷د) در رامسر(۲۱ روز) و کمترین آن در بلده (۲ روز) مشاهده شد. بعلاوه بیشترین تعداد دوره‌های خشک در ایستگاه امیرآباد (۱۰۸ دوره) و کمترین آن در پل سفید و آلاشت (٤۰ دوره) روی داده است.

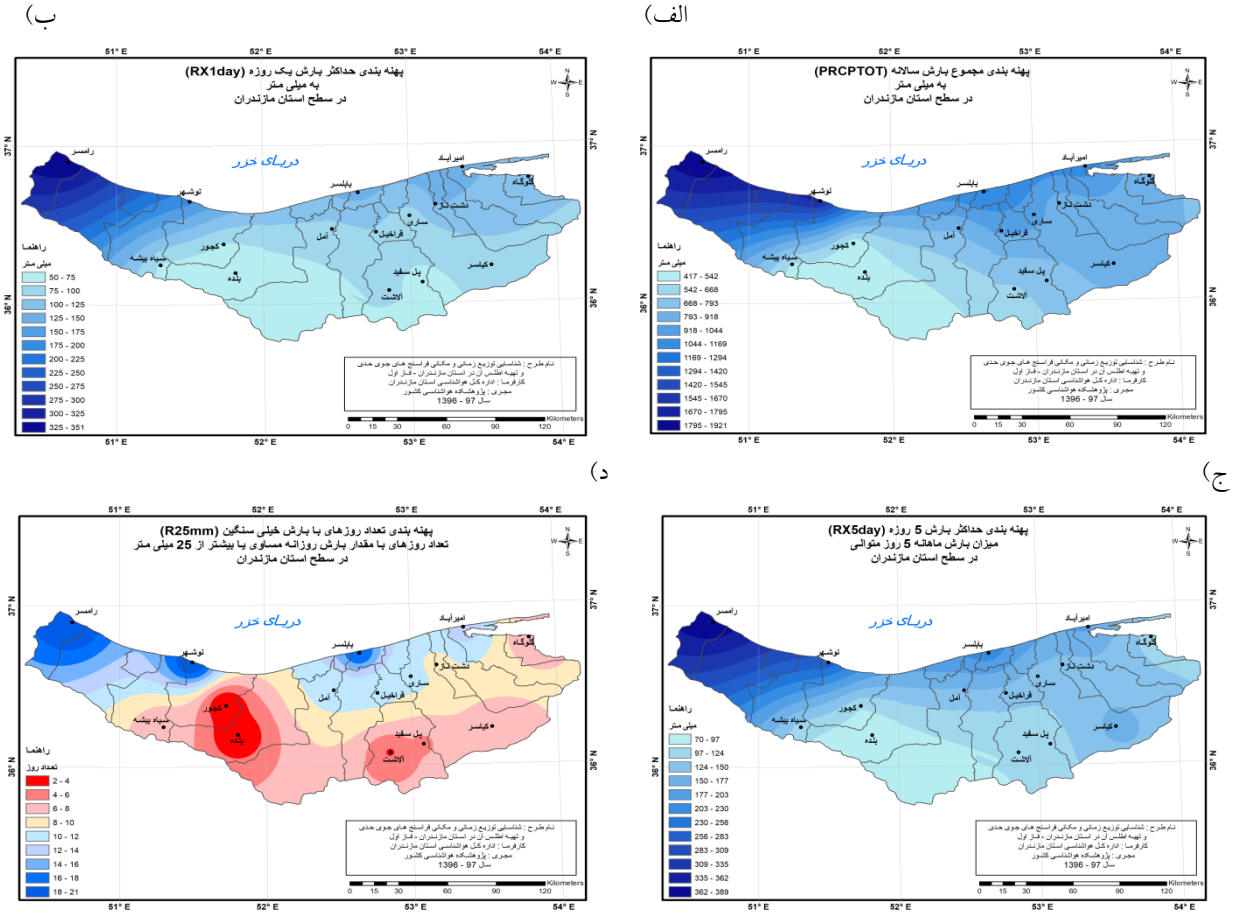


شکل٦- پهنه‌بندی الف) تعداد دوره‌های سرد، ب) تعداد دوره‌های گرم و ج) دامنه تغییرات شبانه‌روز دما در استان مازندران طی دوره مشترک (۲۰۱۷- ۲۰۰۳)

نمایه‌های فصلی

بیشترین دمای بیشینه روزانه در فصل بهار در ایستگاه‌های ساری، گلوگاه و دشت‌ناز (٤۲/٦ درجه سانتی‌گراد) و کمترین آن در بلده (۲۸ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد. در فصل تابستان بیشترین آن در گلوگاه (٤۲/۲ درجه سانتی-گراد) روی داده است؛ این نمایه در نواحی کوهستانی نیز در فصل تابستان بسیار بالاست و در بلده از ۳٦ درجه سانتی-گراد پایین‌تر نیامده است. در فصل پاییز بیشترین دمای بیشینه در گلوگاه (٤۲ درجه سانتی‌گراد) و کمترین آن در بلده (۳۰/٤ درجه سانتی‌گراد) و در فصل زمستان بیشترین مقدار آن در قراخیل قائم‌شهر(۳٤/٦ درجه سانتی‌گراد) و کمترین آن در بلده (۱۸/٤ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شده است. بیشترین میزان TXx سالانه استان ٤۲/٦ درجه سانتی-گراد است که در ساری و گلوگاه در فصل بهار مشاهده شده است. کمترین دمای کمینه روزانه، درفصل بهار در بلده (٤/٦ درجه سانتی‌گراد) و بالاترین آن در بابلسر(۱۵/٦ درجه سانتی‌گراد)، در فصل تابستان نیز کمترین دمای کمینه در بلده (۱۲ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد و در بابلسر، قراخیل قائم‌شهر، امیرآباد و ساری ۲۳ درجه سانتی‌گراد می-باشد که بالاترین میزان در این فصل است. در فصل پاییز کمترین دمای کمینه در بلده (٦/۲ درجه سانتی‌گراد)، و بالاترین مقدار این نمایه در رامسر و نوشهر (۱۹ درجه

سانتی‌گراد) می‌باشد. کمترین دمای کمینه فصل زمستان نیز در بلده (۹/٤- درجه سانتی‌گراد) و بالاترین مقدار این نمایه در رامسر ٦ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کمترین میزان TNn سالانه استان ۹/٤- درجه سانتی‌گراد است که در بلده در فصل زمستان مشاهده شده است.



شکل۷- پهنه‌بندی الف) مجموع بارش، ب) حداکثر بارش یک روزه، ج) حداکثر بارش پنج روزه و د) روزهای با بارش سنگین بیشتر از ۲۵ میلی‌متر طی دوره مشترک (۲۰۱۷- ۲۰۰۳)

نتیجه‌گیری

تغییر در فراوانی و شدت رویدادهای فرین بسیار مخرب‌تر از تغییر در مقدار متوسط اقلیمی آن‌ها می‌باشد. بنابراین شناسایی رویدادهای فرین و آگاهی از توزیع زمانی و مکانی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی روند تغییرات نمایه‌های فرین استان با استفاده از دو ایستگاه رامسر و بابلسر که دارای بیشترین طول دوره آماری (۲۰۱۷– ۱۹۷۱)بودند، انجام پذیرفت. تعداد شب‌ها و روزهای سرد و همچنین تعداد روزهای یخبندان در سال‌های اخیر به طور خیلی چشمگیری کاهش یافته است. نمایه طول مدت سرما کاهش چشمگیری نداشته، در حالی که طول مدت گرما به طور خیلی چشمگیر افزایش نشان داده است. تعداد روزهای تابستانی و شب‌های حاره‌ای نیز به طور خیلی چشمگیری افزایش یافته‌اند. روند بیشترین دماهای بیشینه و کمترین دمای کمینه در هر دو ایستگاه رامسر و بابلسر، افزایشی است. اختلاف دمای بیشینه و کمینه سالانه نیز به طور خیلی چشمگیری کاهش نشان داده است. البته نمایه‌های مربوط به بارندگی در هیچ یک از این دو ایستگاه ساحلی روند معنی-داری ندارند.

بررسی نمایه‌های فرین فراسنج‌های دما و بارش در ۱۵ ایستگاه همدیدی استان مازندران طی دوره ۲۰۱۷-۲۰۰۳ نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی روزهای یخبندان در نواحی مرتفع رخ داده است و شهر بلده واقع در شهرستان نور بیشترین مخاطره را از این بابت به خود اختصاص داده است. در برخی از ایستگاه‌های جلگه‌ای مانند رامسر، نوشهر، بابلسر، امیرآباد و همچنین ساری، سال‌های بدون یخبندان هم مشاهده شده است. بنابراین شرایط روزهای یخی در نواحی ساحلی- جلگه‌ای بسیار نادر می‌باشد. کمترین دمای روزانه استان در ایستگاه بلده با ۲۳/٦- درجه سانتی‌گراد رخ داده و این شرایط با افزایش ارتفاع در استان رابطه‌ی مستقیمی را نشان می‌دهد. نمایه میانگین دمای کمینه در نواحی ساحلی- جلگه‌ای بین ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد در گلوگاه تا ١٤/٨ درجه سانتی‌گراد در بابلسر متغیر بوده است. این نمایه در نواحی کوهستانی بین ۳ تا ۱۰/۷ درجه سانتی-گراد می‌باشد. نمایه‌های روزها و شب‌های سرد در نواحی مرتفع شهرستان سوادکوه بیشترین مقدار و نواحی گلوگاه و امیرآباد در نواحی ساحلی- جلگه‌ای شرق استان کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. تعداد روزهای سرد متوالی (موج سرما) در نواحی مرکزی استان دارای بیشترین مقدار (۲۲ تا ۲۵ روز) بود. هر چند که نمایه‌های فرین روزها و شب‌های یخبندان در نواحی ساحلی- جلگه‌ای نادر می‌باشند، اما به علت تمرکز جمعیتی و فعالیت‌های اقتصادی و کشاورزی خسارت‌های وارده در این نواحی نسبت به نواحی کوهستانی چشمگیرتر می‌باشد. میانگین دماهای بیشینه استان در نواحی ساحلی- جلگه‌ای شرق استان بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و به سوی نواحی مرتفع و غربی استان، این مقدار کاهش می‌یابد. تعداد روزها و شب‌های گرم در نواحی جلگه‌ای-کوهستانی و شرق استان نسبت به نواحی غربی و مرتفع استان بیشترین رخدادها را داراست. بیشترین رکوردهای گرمایی در نمایه حداکثر دماهای بیشینه روزانه در نواحی شرقی استان ثبت شده است. بیشترین فراوانی تعداد روزهای گرم متوالی (موج گرما) در شهرستان‌های رامسر و بابلسر می‌باشد. دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در نواحی کوهستانی استان بیشترین مقدار را داراست؛ ارتفاعات شهرستان نور و نوشهر از این بابت رکورددار می‌باشند.

مجموع بارش سالانه استان نشان‌دهنده آن است که بارش استان از نواحی ساحلی- جلگه‌ای غرب استان به سمت ارتفاعات و نواحی شرقی استان روند کاهشی دارد و ایستگاه رامسر بیشترین بارش ثبت شده استان در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، به میزان ۱۹۱۵ میلی‌متر و کجور کمترین مقدار بارش به میزان ٤٤٩ میلی‌متر را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین تعداد روزهای بارش خیلی سنگین بیشتر از ۲۵ میلی‌متر در نواحی ساحلی- جلگه‌ای غربی استان و ساحلی- جلگه‌ای مناطق مرکزی استان ثبت شده که بین ١٦ تا ۲۱ روز بوده است. این شرایط در نواحی کوهستانی زیر ٤ روز بوده است. قابل ذکر است که حداکثر بارش رخ داده در استان در نواحی ساحلی- جلگه‌ای غربی استان رخ داده که رامسر ۳۵۱ میلی متر رکورددار بوده است. حداکثر بارش ۵ روز متوالی رخ داده در استان نیز متعلق به نواحی ساحلی- جلگه‌ای غرب استان می‌باشد و این میزان در نواحی کوهستانی کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. همچنین بیشترین تعداد روزهای خشک متوالی با بارش کمتر از یک میلی‌متر متعلق به نواحی ساحلی- جلگه‌ای شرق استان می‌باشد.

در بررسی فصلی نمایه‌ها مشخص شد که نمایه بیشترین دمای بیشینه روزانه در فصل بهار در ایستگاه‌های ساری، گلوگاه و دشت‌ناز به میزان ٤٢/٦ درجه سانتی‌گراد بود. مقدار این نمایه در فصل تابستان در گلوگاه بیش از سایر شهرها بوده و به رقم ٤٢/٢ درجه سانتی‌گراد رسیده است. همچنین این نمایه در نواحی کوهستانی نیز در فصل تابستان بسیار بالاست و در بلده از ٣٦ درجه سانتی‌گراد پایین‌تر نیامده است. بیشینه آن در فصل پاییز در گلوگاه ٤٢ درجه سانتی‌گراد و در فصل زمستان در قراخیل قائم‌شهر ٣٤/٦ درجه سانتی‌گراد بود.

منابع

1. Adeyeri, O.E., Lawin, A.E., Laux, P., Ishola, K.A. and Ige, S.O. (2019). Analysis of climate extreme indices over the Komadugu-Yobe basin, Lake Chad region: Past and future occurrences. Weather and climate extremes, 23, 1-21.

2. Alexander, L.V. & 21 co-authors. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. Journal of geophysical research. 111(D5).
3. Alizadeh, A. (2010). Applied Hydrology, Emam Reza Univercity publishing Co, Mashhad, 912.
4. Asakereh, H. (2011). Changes the Extreme precipitation distribution in Zanjan city. Geography and Environmental Planning. 23(1), 51-66.
5. Caprio, J.M., Quamme, H. A. & Redmond, K.T. (2009). A statistical procedure to determine recent climate change of extreme daily meteorological data as applied at two locations in Northwestern North America. Climate Change. 92, 65-81.
6. Erfaniyan, M., Ansari, H., Alizadeh, A. & Banayan Aval, M. (2017). Estimation of Frequency-Continuity-Return Periods of Extreme Climate Indices in Different Parts of Khorasan Razavi Province. Geographical Researches Quarterly Journal. 32(1), 37-50.
7. Faghih, H., Behmanesh, J. & Khalili, K. (2018). Simulation of Spatiotemporal Annual Precipitation Using Stochastic Models. Journal of Water and Soil Science, 22(1), 367-386.
8. Gajic-Capka, M. & Cindric, K. (2011). Secular trends in indices of precipitation extremes in Croatia,1901-2008, Geofizika, 28 (2), 293-312.
9. Kouzegaran, S. & Mousavi Bayegi, M. (2017). Investigation of Meteorological Extreme Events in the North-East of Iran, Journal of Water and Soil. 29(3), 750-764.
10. Parak, F., Roshani, A. & Jamalib, J.B. (2015). Trends and anomalies in daily climate extremes over Iran during 1961-2010. Journal of Journal of Environmental and Agricultural Sciences. 2, 1-17.
11. Rahimi, M. & Hejabi, S. (2018). Spatial and temporal analysis of trends in extreme temperature indices in Iran over the period 1960-2014. International Journal of Climatology. 38(1), 272-282.
12. Rahimi, M., Mohammadian N., Rezei Vanashi A. & Whan K. (2018). Trends in indices of extreme temperature and precipitation in Iran over the period 1960-2014. Journal of Ecology. 8, 396-415.
13. Rahimzadeh, F., Asgari, A. & Fattahi, E. (2008). Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. International Journal of Climatology. 91, 27-34.
14. Rahimzadeh, f., Hedayat Dezfuli, A. & Poorasgariyan, A. (2011). Evaluation of trend and mutation of temperature and precipitation indices in Hormozgan province. Geography and Development Iranian Journal. 21,97-116
15. Shahid, S. (2011). Trends in extreme rainfall events of Bangladesh. Theoretical Applied Climatology. 104, 489-499.
16. Soltani, M. & 9 co-authors. (2015). Assessment of climate variations in temperature and precipitation extreme events over Iran. Theorolotical and Applied Climatology. 126, 1-21.
17. Yilmaz, A.G. (2014). The effects of climate change on historical and future extreme rainfall in Antalya, Turkey. Hydrological Sciences Journal. 60(12), 2148-2162, doi:10.1080/02626667
18. Wang, L., Yao, Z., Jiang, L., Wang, R., Wu, S. & Liu, Z. (2016). Changes in climate extremes and catastrophic events in the Mongolian plateau from 1951 to 2012. Journal of Applied Meteorology and Climatology. 55, 1169-1182. doi: 10.1175/JAMC-D-14-0282.1.
19. Zhang, X. & 9 co-authors. (2005). Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003. Journal of Geophysical Research. 110(D22), 1-12, doi: 10.1029/2005JD006181
20. Zongxing, L., He, Y., Wang, P., Theakstone, W. H., An, W., Wang, X., Lu, A., Zhang, W. & Cao, W. 2012. Changes of daily climate extremes in southwestern China during 1961-2008. Global and Planetary Change. 80-81, 255-272.