

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست و هفت، پاییز ۱۳۹۷

صص ۱۸۷-۱۶۱

DOI: 10.22067/geo.v0i0.73549

بررسی بی‌هنجاری‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه ایران در دوره گرم سال به منظور شناسایی دوره گرم و سرد

حسین علی روحبخش سیگارودی- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، لرستان، ایران

مصطفی کریمپور^۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، لرستان، ایران

هوشنگ قائمی- استاد هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

محمد مرادی- استادیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

مجید آزادی- دانشیار هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۲

چکیده

دما از مهم‌ترین فرا سنج‌های جوی است که ارزیابی تغییرات آن در مناطق مختلف، می‌تواند در آشکارسازی رخدادهای فرین اقلیمی و مدیریت ریسک بسیار مؤثر باشد. بنابراین هدف از این مقاله بررسی و تعیین بی‌هنجاری‌های دما در دوره گرم سال (اپریل-سپتامبر) در دو دوره ۳۰ ساله ۱۹۸۰-۱۹۵۱، ۲۰۱۰-۱۹۸۱ و دو دوره ده‌ساله ۱۹۶۰-۲۰۱۰، ۲۰۰۱-۱۹۵۱، دوره ۶۰ ساله ۲۰۱۰-۱۹۵۱ است. داده‌های روزانه ۲۶ ایستگاه هم‌دیدگی با پایه آماری مشترک (۲۰۱۰-۱۹۵۱) از سازمان هواشناسی تهیه و پس از بررسی کیفی، آماره‌های موردنیاز برای بهار و تابستان در بازه‌های زمانی فوق تهیه شد. با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه، الگوی ضریب تغییرات و برآورد احتمال ۲۰٪ حد بالا و پایین آن‌ها تهیه و تفسیر شد. تأثیرگذاری الگوی فضایی زمانی میانگین دمای بیشینه ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم بر الگوی متناظر آن در بازه ۶۰ ساله بیشتر بوده است؛ بنابراین در فرا سنج موردنظر و ضریب تغییرات مربوط به آن در دوره ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم، نسبت به دوره‌های ۳۰ ساله و ۱۰ ساله اول، تغییر نسبی ایجاد شده است. میانگین دمای بیشینه و کمینه اغلب ایستگاه‌ها در بازه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) و (۲۰۱۰-۲۰۰۱) افزایش داشته است. نیمه غربی بیشترین کاهش میانگین دمای کمینه و بیشینه را تجربه کرده است که با نتایج تقاضل میانگین دمای کمینه و بیشینه دوره (۱۹۶۰-۱۹۵۱ و ۲۰۱۰-۲۰۰۱) تطابق دارد. افزایش میانگین دمای کمینه در شهرهای بزرگ و پرجمعیت سریع‌تر است که سبب کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما می‌شود.

احتمال ۲۰٪ بالا (پایین) میانگین دمای بیشینه (کمینه)، نشانه تواتر و گسترش دوره گرم و سرد بیشتر در بازه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) است. آزمون من-کندال نشان می‌دهد که میانگین دمای کمینه ۲۱ ایستگاه در بهار و ۲۲ ایستگاه در تابستان دارای روند معنی‌دار بوده است. به‌غیراز انزلی در تابستان، بقیه در هر دو فصل بهار و تابستان، روند افزایشی داشتند که می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق گسترش فصل رشد آفات و عوامل بیماری‌زا، وقوع خشک‌سالی‌های بهار و تابستان و فرسایش خاک حیات انسان و سایر جانداران را تهدید کند.

واژگان کلیدی: الگوهای فضایی-زمانی، دوره گرم، دوره سرد، مدیریت ریسک، اختلاف شبانه‌روزی دما

۱- مقدمه

دما از مهم‌ترین فرا سنج‌های جوی و اقلیمی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تحولات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی است؛ بنابراین ارزیابی‌های منطقه‌ای تغییر این فرا سنج در مناطق مختلف اقلیمی برای درک وجود نوع روند آن ضروری است؛ زیرا نتایج آن می‌تواند در شناسایی رخدادهای اقلیمی فرین و ظهور مخاطرات طبیعی بسیار مؤثر باشد. از طرفی شناسایی تأثیر پدیده‌های اقلیمی فرین بر روی سامانه‌های محیطی بسیار مهم است. اهمیت مسئله از یک طرف و عدم اطمینان از تغییراتی را که در آینده از آن حاصل می‌شود، ایجاب می‌کند که دانسته شود، چرا و چگونه شرایط اقلیمی نسبت به گذشته تغییر کرده است. به همین دلیل مطالعه رخدادهای اقلیمی به موضوعی ویژه تبدیل شده است. از آنجایی که میانگین‌های دمای کمینه و بیشینه در چند دهه اخیر نسبت به گذشته تغییر افزایشی داشته است که می‌تواند به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق گسترش فصل رشد آفات و عوامل بیماری‌زا، افزایش رخداد خشک‌سالی‌های بهاره و فرسایش خاک و غیره، حیات انسان و سایر جانداران را تهدید کند، بنابراین شناخت و تحلیل دقیق تغییر در الگوهای فضایی-زمانی دما برای ایجاد راهبردهای مدیریت بوم‌سازگان^۱ ضروری است. از طرفی موقعیت جغرافیایی کشور و وجود گستره وسیعی از اراضی کویری و خشک به همراه مناطق کوهستانی، بوم‌سازگان‌های طبیعی منطقه‌ای، کشور را نسبت به تغییرات جزئی دما بیشتر آسیب‌پذیر می‌کند؛ زیرا تغییرات دما از عوامل تنش‌زا و محدودکننده رشد گیاهی، حیات انسانی و جانوری به شمار می‌رود که می‌تواند ثبات و انعطاف‌پذیری آن‌ها را نسبت به این تغییرات به چالش بکشد. موج سرما و گرما یک پدیده جوی است که توسط سردی و گرمی هوا یا استیلای هوای سرد یا گرم در یک ناحیه بزرگ مشخص می‌شود. این رخدادها می‌توانند در یک دوره مشخص با هوای به‌شدت سرد یا گرم همراه باشند. رطوبت بالا می‌تواند اثر موج گرما را افزایش دهد درحالی‌که بادهای شدید اثر موج سرما را افزایش می‌دهند (stocks, ۲۰۰۴). Basara و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی در شهر اوکلاهما ضمن بررسی تأثیرات جزیره گرمایی بخش مرکزی شهر بعد از یک دوره گرم نشان دادند که نسبت به مناطق روستایی در

1 ecosystem

مواجه با موج گرم و مرطوب، به ترتیب ۰,۵ تا ۲ درجه در روز و شب گرمای بیشتری تولید می‌کند. Makokha and Shisany (۲۰۱۰) در بررسی تغییرات میانگین دمای سالانه نزدیک به سطح زمین در شهر نایروبی برای بازه زمانی ۱۹۹۹-۱۹۶۶ با استفاده از آزمون رتبه‌ای من-کندال و رگرسیون خطی، نشان دادند که تغییر در میانگین دمای کمینه بیشتر از میانگین دمای بیشینه است. افزایش قابل توجه در میانگین دمای کمینه در ایستگاه‌های شهری مرکزی معنادارتر بوده که نشانه‌ای از تأثیر بیشتر گسترش شهرنشینی و منطقه تجاری مرکزی بر روی میانگین دما نسبت به حومه‌ها است. Gurevich و همکاران (2011) در تحقیقی با عنوان تحلیل آماری تغییرات دما در اسراییل در یک بازه زمانی ۳۷ ساله (۱۹۶۷-۲۰۰۳) نشان دادند که الگوی پیچیده‌ای از تغییرات در روند دمای ماهانه و روزانه (میانگین، میانگین بیشینه و کمینه و دامنه تغییرات) دیده می‌شود به طوری که تمامی مناطق اسراییل در فصل گرم از اواسط دهه ۱۹۸۰ تا اواسط ۱۹۹۰ با افزایش میانگین دمای ماهانه مواجه بوده‌اند که نشانه گرم‌تر شدن تابستان است. Altin و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای با عنوان تغییر در مقدار دما طی سه دهه (۱۹۷۵-۲۰۰۷) در آناتولی مرکزی نشان داده‌اند که افزایش متناهی در مقدار دما صورت گرفته است (۰,۴ درجه). Peterson و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی، به بررسی امواج گرمایی و سرمایی در ایالات متحده نشان دادند که دوره‌های گرم در حال افزایش هستند ولی دوره‌های سرد کاهش یافته‌اند. Peng و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان ارزیابی تغییرات و ویژگی‌های دمای هوا در حوزه تاریخ در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۲ با استفاده از روش من-کندال و رگرسیون نشان دادند که شواهدی از گرم شدن وجود دارد که عمدتاً از نظر گستره فضایی و زمانی متفاوت است و دلیل این تفاوت شرایط محیطی محلی مانند ارتفاع است. همچنین پدیده‌های اقلیمی وسیع ممکن است بر تغییرات زمانی دمای هوا در حوزه تاریخ تأثیر بگذارد. آن‌ها همچنین نشان می‌دهند که مقدار افزایش میانگین دمای کمینه بسیار بیشتر از آهنگ افزایش میانگین دمای سالانه و دمای بیشینه بوده است (۰,۵۵ درجه سانتی‌گراد در مقابل ۰,۲۵ و ۰,۱۲ درجه سانتی‌گراد). Qu و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان تحلیل تغییر دامنه دمای روزانه هوا و دمای میانگین آب‌وهوای ایالات متحده آمریکا طی بازه زمانی ۲۰۱۲-۱۹۱۱ از طریق محاسبه میانگین ماهانه و فصلی اختلاف دمای شبانه‌روزی نشان می‌دهند که درحالی که متوسط دامنه تغییرات شبانه‌روزی دمای سالانه ایالات متحده در دهه‌های گذشته به‌طور پیوسته کاهش یافته است، ولی این کاهش دارای الگوهای زمانی و فصلی است. پاییز و زمستان شاهد کاهش قابل توجهی در دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما بوده است. از سوی دیگر بهار و تابستان اختلاف دمای شبانه‌روزی بسیار کمی را تجربه کرده‌اند. Mugume و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی با عنوان تحلیل وردایی دما در نواحی بیابانی و شهری شمال چین با استفاده از محاسبه بی‌هنجاری میانگین دما و آزمون روند من-کندال و تحلیل رگرسیون نشان می‌دهند که دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در هر دو ناحیه بیابانی و شهری در فصل بهار کاهش می‌یابد ولی در تابستان مقدار دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در شهرها کاهش و در مناطق بیابانی افزایش می‌یابد. روزهای با دمای بالا و فرآیندهای فرین

گرم برای هر دو ناحیه افزایش می‌یابد. Lin و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به منظور ارزیابی توزیع مکانی-زمانی رخداد دماهای فرین در پاسخ به گرمایش جهانی در مناطق کوهستانی و خشک شمال غرب چین با استفاده از روش رگرسیون خطی و آزمون نا پارامتری من-کندال، نشان می‌دهند که با گرم شدن کره زمین فرایندهای فرین دما در مناطق کوهستانی و خشک به طور قابل توجهی رو به افزایش گذاشته است. Lewis and King (۲۰۱۷) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی تغییرات تدریجی در ویژگی‌های دمای میانگین بیشینه و کمینه قرن ۲۱ برای مناطق مختلف استرالیا، آسیا، اروپا و آمریکای شمالی با استفاده از مدل CMIP5 و تحت سناریوی بدبینانه RCP8.5 و نیز تحلیل رگرسیون کیفی نشان دادند که افزایش دما در طول قرن ۲۱، یک ویژگی سازگار با تمام مدل‌های منطقه‌ای است. آن‌ها نشان می‌دهند که دماهای فرین کمینه به طور بالقوه حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات واریانس و دماهای فرین بیشینه دارند. رحیم زاده و عسگری (۱۳۸۳) در تحقیقی با عنوان نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای کمینه و بیشینه و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور نشان دادند که الگوی تغییرات در دمای کمینه و بیشینه و میانگین در سطح کشور یکسان نیست. هرچند روند افزایشی دمای کمینه در اکثر ایستگاه‌ها به ویژه ایستگاه‌های واقع در شهرهای بزرگ رو به گسترش، قابل ملاحظه است، دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما در شهرهای بزرگی چون تهران، شیراز و اصفهان نرخ کاهشی قابل ملاحظه‌ای داشته است. ورشایان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی با عنوان بررسی روند تغییرات مقادیر فرین دمای کمینه و بیشینه و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران با استفاده از داده‌های هشت ایستگاه همدید بوشهر، تبریز، تهران، مهرآباد، زاهدان، شیراز، کرمان، کرمانشاه و مشهد در بازه زمانی (۲۰۰۴-۱۹۶۱) به منظور استخراج مقادیر فرین دما شامل دهک‌های پایین (۱،۵،۱۰)، دهک‌های بالا (۹۰،۹۵،۹۹) تعداد روزهای کمتر از صدک پایین و بیشتر از صدک بالا و به کارگیری آزمون پارامتری و نا پارامتری رگرسیون خطی حداقل مربعات، پیرسون، p اسپیرمن و آزمون معنی‌داری من-کندال نشان داد که اغلب ایستگاه‌ها معنی‌دار افزایشی در مقادیر فرین دما بخصوص دمای کمینه از خود نشان دادند. صادقی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌های دمای کمینه ۱۳ ایستگاه سینوپتیک در دوره ۱۳۸۹-۱۳۶۸ و نمره Z به مطالعه روزهای فرین سرد و الگوی سینوپتیکی آن در شمال شرق ایران نشان دادند که دلیل نفوذ موج‌های سرد به این منطقه فرود موج بلند، موج کوتاه و سردچاله‌ها هستند. لطفی و همکاران (۱۳۹۳)، به منظور بررسی تأثیر شهر بر دمای سالانه در شمال شرقی ایران با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های بیرجند، مشهد، سبزوار و تربت‌حیدریه با استفاده از آزمون من کندال و آزمون t در بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۱ نشان داده‌اند که روند دما در ایستگاه‌های داخل شهر و خارج شهر کاملاً متفاوت است. به طوری که دمای میانگین بیشینه و کمینه سالانه در ایستگاه‌های داخل محدوده شهری روند افزایشی نشان می‌دهند. در حالی که در ایستگاه‌های خارج از شهر دمای میانگین سالانه بدون روند بوده و دمای بیشینه ایستگاه‌های تربت‌حیدریه و دمای کمینه بیرجند روند کاهشی داشته است. احمدی و رادمنش (۱۳۹۳) در تحقیقی با عنوان بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی

کشور در نیم‌قرن اخیر با استفاده از داده‌های ۱۸ ایستگاه همدید در بازه زمانی (۲۰۱۰-۱۹۶۱) با روش نا پارامتری من-کندال با حذف اثر کلیه ضرایب خودهمبستگی و همچنین روش تخمین گر شیب سن، به‌منظور تعیین شیب‌خط روند دما نشان دادند که در مقیاس سالانه ۶۱ درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی معنی‌دار را تجربه کرده‌اند و فقط ایستگاه‌های ارومیه، زنجان، قزوین و گرگان افزایش معنی‌دار در دما نداشتند. در این بین ایستگاه اراک روند کاهشی معنی‌دار و ایستگاه تربت‌حیدریه و سقز روند منفی غیر معنی‌دار را در مقیاس سالانه تجربه کرده‌اند. در مقیاس ماهانه تعداد دماهای با روند افزایشی بیشتر از تعداد ماه‌های با روند کاهشی بوده است به‌طور کلی دمای منطقه مورد مطالعه در نیم‌قرن اخیر ۱,۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. دارند (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان ارزیابی و شناخت تغییر اقلیم ایران زمین طی دهه‌های اخیر با استفاده از داده‌های دمای کمینه و بیشینه ۱۴۳۷ ایستگاه همدیدی و اقلیمی در بازه زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۱ نشان می‌دهد، نمایه‌های فرین گرم روزهای تابستانی، روزهای گرم و شب‌های گرم و شب‌های حاره‌ای در دوره مورد مطالعه رو به افزایش است. در حالی که روند نمایه‌های فرین سرد رو به کاهش است، امواج گرمایی طولانی‌تر شده و برعکس موج‌های سرد کوتاه‌تر شده‌اند. افزایش بیشتر نرخ دمای شبانه نسبت به دمای روزانه منجر به کاهش دامنه دمای شبانه‌روزی شده است. شمس و موسوی بایگی (۱۳۹۵)، در تحقیقی با عنوان بررسی نقطه شکست و روند تغییرات دامنه شبانه‌روزی دمای هوای شهر مشهد در بازه زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ با استفاده از آزمون Von-Neumann, Pettitt, Buishand, SNHT و کندال-تاو نشان دادند که دامنه تغییرات شبانه‌روزی ایستگاه مشهد روند کاهشی داشته است. نقطه شکست در این سری زمانی در حوالی سال ۱۹۸۵ است. قاسمی پور و ناصرپور (۱۳۹۵) در تحلیل سینوپتیکی امواج گرم و سرد در سواحل جنوبی دریای کاسپین نشان دادند که ایستگاه انزلی و رشت کمترین فراوانی موج سرد و گرگان نیز کمترین فراوانی موج گرم را داشته‌اند. حلییان و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان ارزیابی تغییر دمای بیشینه و کمینه فصلی ایران با استفاده از آزمون آماری من-کندال و پایگاه داده‌های یاخته‌ای در مقیاس جهانی موجود در تارنمای دانشگاه سانتا کلارا با تفکیک مکانی نیم در نیم درجه نشان دادند که دمای بیشینه شمال غرب ایران و جنوبی در هر چهار فصل بدون روند است و در فصل زمستان کمترین پهنه را در شمال شرق ایران به خود اختصاص می‌دهد. این در حالی که است که در فصل پاییز نواحی مرکزی و شمال غرب ایران دمای بیشینه پاییز بدون روند است و نواحی شرقی و فارس در این فصل دارای روند هست. دمای کمینه اکثر مناطق ایران روندی افزایشی دارد. علیزاده و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی روند تغییرات دمای هوا در مناطق مختلف ایران با استفاده از داده‌های ۱۵ منطقه ایران در بازه زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۳ نشان دادند که دمای کمینه، بیشینه و میانگین روزانه در بیشتر مناطق ایران روند افزایشی داشته است. روند افزایش دمای کمینه بیشتر از روند افزایش دمای بیشینه بوده است که عمدتاً ناشی از گسترش شهرسازی است که از طریق مسدود کردن تابش طول‌موج بلند خروجی، نقش مؤثری در افزایش دمای کمینه ایفا می‌کند. همچنین آلودگی هوای شهری باعث کاهش

تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین می‌شود، بنابراین روند افزایش دمای بیشینه را کند می‌کند. در این مقاله سعی شده است به سؤالات زیر پاسخ داده شود:

الف: در دوره ۶۰ ساله، آیا روندی در تغییرات دمای بیشینه و کمینه ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود دارد؟ و آیا این تغییرات فراگیر است؟

ب: آیا بی‌هنجاری‌های دما در دوره‌های مورد مطالعه قابل ملاحظه و معنی دار است؟

ج: آیا بی‌هنجاری‌های دمای بیشینه و کمینه ایستگاه‌ها از روند یکسانی برخوردارند؟

به همین منظور هدف این مطالعه بررسی بی‌هنجاری‌های رفتاری فراسنج میانگین دمای کمینه و بیشینه در یک دوره ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰)، دو دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۰-۱۹۵۱)، (۲۰۱۰-۱۹۸۱) و همچنین دو دوره ۱۰ ساله (۱۹۶۰-۱۹۵۱)، (۲۰۱۰-۲۰۰۱) برای شناسایی دوره‌های گرم و سرد فراگیر و آشکارسازی تفاوت محلی آن است که می‌تواند گامی مؤثر در ضرورت توجه هر چه بیشتر به مدیریت بحران اقلیمی محسوب شود. شایان توجه است که هرچند داده‌های آماری از نظر کیفی بررسی شده‌اند و نتایج مثبتی داشته‌اند، ولی نمی‌توان به‌صورت کامل به داده‌ها اعتماد کرد؛ زیرا جابجایی حتی مختصر ایستگاه در حد کیلومتر، تغییر ابزار و ادوات اندازه‌گیری و نیز تغییر دیدبان‌ها با تجربیات و سطوح مهارتی مختلف به‌صورت دوره‌ای، می‌تواند از جمله عواملی باشند که کیفیت داده‌ها و نتیجه کار را تحت تأثیر قرار دهند.

۲- مواد و روش‌ها

داده‌های روزانه دمای بیشینه و کمینه دریافتی ایستگاه‌های همدید کشور از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۰ از سازمان هواشناسی دریافت و با توجه به پایه آماری مشترک انتخابی برای یک دوره ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰)، از بین ۲۰۰ ایستگاه همدید، ۲۶ ایستگاه انتخاب و داده‌های آن‌ها با توجه به موارد پیشنهادی سازمان جهانی هواشناسی از نظر کیفی بررسی (WMO, No. ۸۵,۱۱۱,۳۰۶) و موارد خطای آماری تصحیح شد. سپس با استفاده از داده‌های دمای بیشینه و کمینه روزانه، میانگین دمای ماهانه این فراسنج‌ها تهیه و سپس میانگین، ضریب تغییرات و چولگی آن‌ها برای فصل بهار و تابستان و نیز دوره گرم برای یک بازه زمانی ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰)، دو دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۰-۱۹۵۱) و (۱۹۸۱-۲۰۱۰) و دو دوره ۱۰ ساله (۱۹۶۰-۱۹۵۱) و (۲۰۱۰-۲۰۰۱) محاسبه شد. علاوه بر این به منظور آشکارسازی امواج گرم و سرد فرین و فراگیر با استفاده از نرم‌افزار R ۲۰ درصد کمینه و بیشینه داده‌ها به‌عنوان شاخصی برای تعیین دوره‌های گرم و سرد برآورد شد. در مرحله بعد با استفاده از برنامه ماکروی تهیه‌شده آزمون من-کندال و بکارگیری آن در نرم‌افزار مینی تب، معنی‌دار بودن روند داده‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه فصل بهار، تابستان و دوره گرم در یک دوره ۶۰ ساله مشخص شد. برای بررسی چگونگی تغییرات دمای کمینه و بیشینه در مناطق مختلف کشور، آماره‌های محاسبه‌شده به محیط GIS فراخوانی و با استفاده از روش IDW به نقشه‌های موضوعی تبدیل و سپس به

تحلیل آن‌ها اقدام شد. شایان گفتن است که برای فصل بهار ماه‌های اپریل، می و جون، برای فصل تابستان ماه‌های ژوئیه، اوت و سپتامبر و برای دوره گرم ماه‌های (اپریل - سپتامبر)، تعریف شده است.

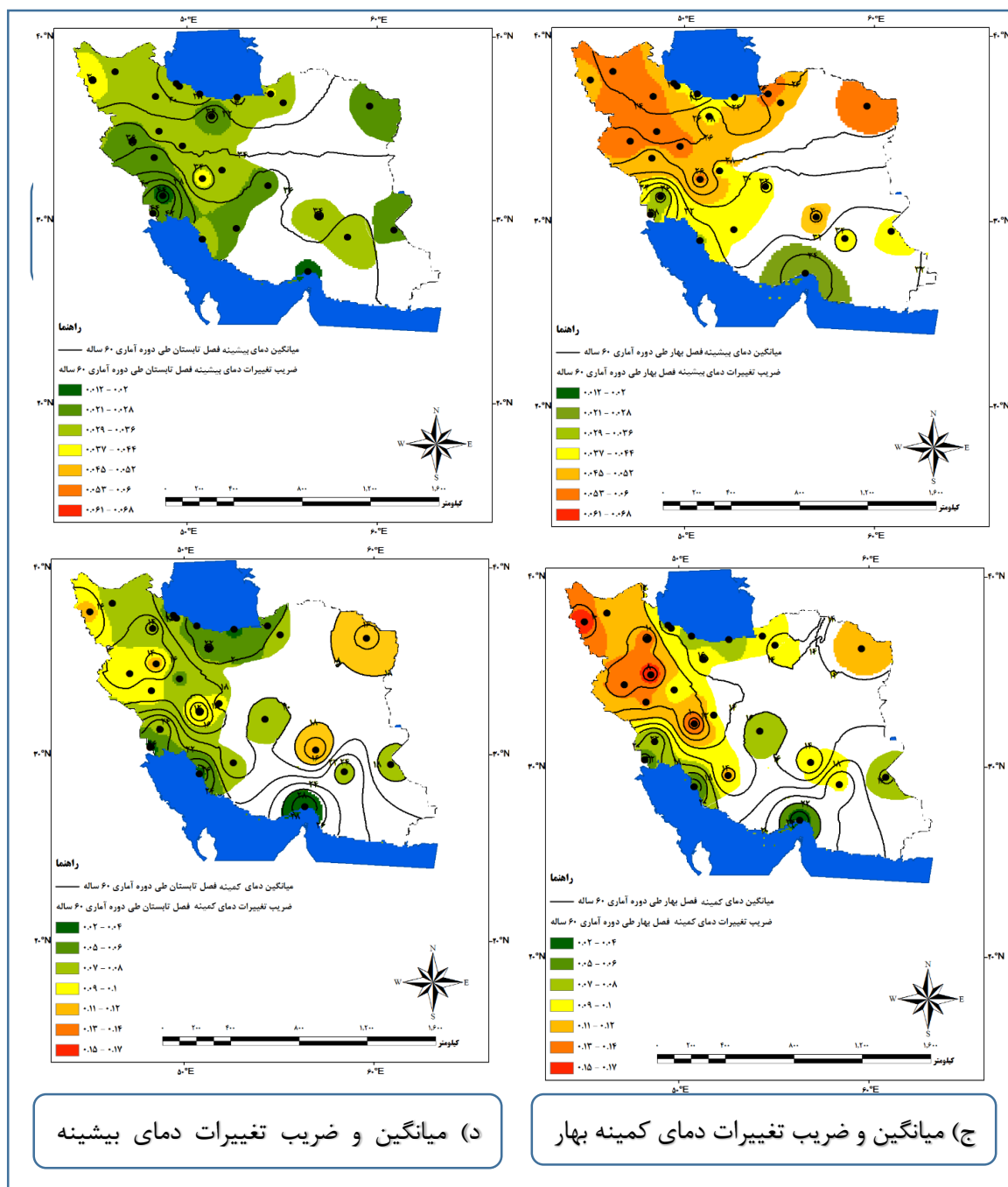
۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی نقشه‌های میانگین و ضریب تغییرات دمای کمینه و بیشینه فصل بهار و تابستان

بررسی نقشه‌ها نشان می‌دهد که الگوی میانگین دمای کمینه و بیشینه فصل بهار (شکل ۱-الف و ج) و تابستان (شکل ۱-ب و د) در بازه‌های زمانی مورد مطالعه با تغییراتی جزئی شبیه هم هستند؛ بنابراین سامانه‌های تأثیرگذار بر اقلیم ایران تغییرات چندانی نداشته و فقط از نظر شدت و وسعت عملکرد متفاوت هستند. الگوی ضریب تغییرات میانگین دمای کمینه و بیشینه در بازه زمانی ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم، نسبت به ۳۰ ساله و ۱۰ ساله اول تغییرات جزئی را نشان می‌دهند که در نیمه غربی و حوزه کاسپین، نسبت به بقیه مناطق با تغییرپذیری بیشتری همراه است. بررسی و مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در دوره ۳۰ ساله دوم نسبت به بازه زمانی ۳۰ ساله اول و ۶۰ ساله، به ترتیب ۶ ایستگاه بین (۱،۹-۰،۱) و ۵ ایستگاه بین (۱-۰،۱) کاهش در میانگین دمای کمینه را تجربه کردند. بقیه ایستگاه‌ها طی همین مدت، با افزایشی بین (۲،۶-۰،۲) و (۱،۳-۰،۱) در میانگین دمای کمینه مواجه بوده‌اند. همچنین ۶ ایستگاه از ۲۶ ایستگاه در ۳۰ ساله دوم نسبت به ۳۰ ساله اول و ۶۰ ساله، به ترتیب (۰،۹-۰،۴) و (۰،۴-۰،۲) کاهش در میانگین دمای بیشینه و بقیه ایستگاه‌ها (۱،۴-۰،۲) و (۰،۷-۰،۱) افزایش داشته‌اند (شکل ۲ و ۳). آهنگ افزایش در میانگین حداکثر دما کمتر ولی در میانگین حداقل دما بیشتر است، که سبب کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما شده است. لازم به توضیح است که اختلاف دوره ۳۰ ساله دوم نسبت به دوره ۶۰ ساله، خیلی کمتر از اختلاف دوره ۳۰ ساله اول نسبت به ۳۰ ساله دوم است. یادآوری می‌شود که استفاده از رابطه خطی من‌کندال در دوره ۶۰ ساله نتوانسته است این تغییرات را به خوبی نشان دهد. به نظر می‌رسد نتایج مطالعاتی که تغییرات دما و روند آن را در دوره‌ای معین فقط با استفاده از روش من‌کندال، بررسی کرده‌اند ممکن است با واقعیت همخوانی نداشته باشد. (جدول ۱ تا ۴). به نظر می‌رسد که ارومیه و زنجان در ۳۰ ساله دوم تحت تأثیر بیشتر فعالیت سامانه‌های شمالی با هوای سرد قرار گرفته باشند. از این رو با کاهش ۰،۳ تا ۰،۶ درجه در میانگین دمای بیشینه مواجه بوده‌اند. در مورد خرم‌آباد، شهرکرد و اراک چنین برداشت می‌شود که ورود سامانه‌های هوای سرد از شمال غرب و نفوذ سریع آن‌ها در قالب راه‌ها با امتداد شمال غرب-جنوب شرق و سپس تجمع و انباشت این هواهای سرد نفوذی با توجه به آرایش ناهمواری‌ها در این مناطق، سبب شده است تا با کاهش میانگین دمای بیشینه فصل بهار مواجه شوند. انتظار می‌رود که با توجه به تمرکز جمعیت شهر اراک و همچنین صنعتی بودن آن به‌ویژه توسعه صنایع پتروشیمی، گسترش شهری، تغییر کاربری

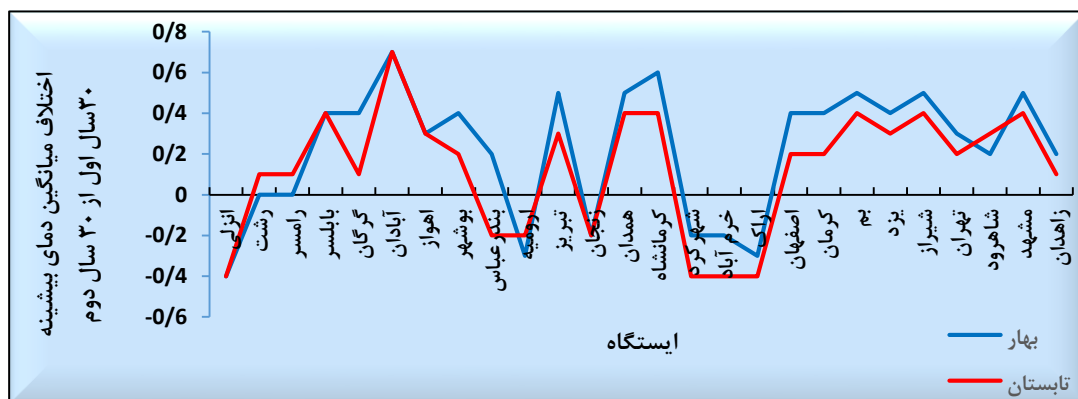
۱ مقیاس دمایی در سرتاسر متن درجه سانتی‌گراد هست.

اراضی و ساخت‌وساز گسترده، در ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم، بر مقدار میانگین دمای بیشینه تجربه‌شده آن افزوده شود، ولی شواهد کاهش میانگین ۰,۶ درجه این فراسنج را نشان می‌دهند که ممکن است به دلیل مصرف بیشتر مواد گازی نسبت به مواد سوختی جامد و مایع در مراکز صنعتی و خانگی باشد. در فصل تابستان به علت افزایش ارتفاع خورشید در نواحی جنوبی، افزایش ارتفاع خورشید و طول روز در نواحی شمالی، افزایش گرمای محسوس و همچنین نزول دینامیکی هوا زیر تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، ضخامت کم لایه مرزی شبانه و محبوس شدن طول موج بلند تابشی شبانه زمین در این لایه؛ رژیم دمایی یکنواخت شده و تغییرات بین ماهانه در این فصل دیده نمی‌شود. در نتیجه مقدار ضریب تغییرات میانگین دمای بیشینه و کمینه این فصل که میانگین آن‌ها دارای تغییرات بین سالانه کمی می‌باشند، بسیار ناچیز است. به نظر می‌رسد که اثرگذاری سامانه‌های با منشأ جنوبی و حاکمیت پر ارتفاع جنب حاره که موجب افزایش انرژی گرمایشی در دوره گرم سال می‌شوند، در دوره ۳۰ ساله دوم بیشتر بوده است (شکل ۳ تا ۵). آنچه در این ارتباط باید بیشتر مورد توجه قرار داد، جابجایی شمال سوی پر ارتفاع جنب حاره از بهار به سوی تابستان و نوسانات روزانه آن است که از اوایل می، نیمه جنوبی کشور را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش میانگین دمای کمینه و بیشینه بیشتر ایستگاه‌ها در دوره ۳۰ ساله دوم نشان می‌دهد که صرف نظر از تغییرات دما در پهنه کشور که با پیچیدگی‌های متفاوتی همراه است و نشانه تأثیرگذاری متفاوت عوامل محلی بر روی سامانه‌های عبوری است، می‌توان چنین استنباط کرد که این تغییرات همسو و همگام با افزایش گرمایش جهانی بوده است. نتایج نشان می‌دهد شهرهایی که طی ۳۰ ساله دوم با رشد افسارگسیخته جمعیت و گسترش فضای کالبدی شهر مواجه بوده‌اند، افزایش بیشتری را در میانگین دمای بیشینه و به‌ویژه دمای کمینه تجربه کرده‌اند که نشانه تأثیر انسان در سامانه اقلیم است. مقایسه داده‌ها نشان می‌دهد که به غیر از ایستگاه تبریز و کرمانشاه در حوزه شمال غرب و غرب، بقیه ایستگاه‌های این حوزه با کاهش میانگین کمینه دمای تابستانه بین ۰,۳ تا ۱,۹، مواجه بوده‌اند (شکل ۴ و ۵) که می‌تواند علاوه بر کاهش ظرفیت رطوبت‌پذیری هوا و میزان تبخیر و تعرق؛ روی رطوبت خاک، دبی رودها و همچنین در مقدار تقاضای انرژی برای سرمایش واحدهای مسکونی، اداری و کارگاهی تأثیر بگذارد. به نظر می‌رسد که در دوره ۳۰ ساله دوم افزایش میانگین دمای کمینه ۲۰ ایستگاه، سبب تقویت پر ارتفاع جنب حاره و حرکت شمال سوی آن تا نواحی شمالی دریای کاسپین گردیده و موجب شده تا فضای مناسبی در سواحل جنوبی ایران، به‌ویژه از بندرعباس تا چابهار برای اثرگذاری سامانه‌های مونسونی فراهم شود.

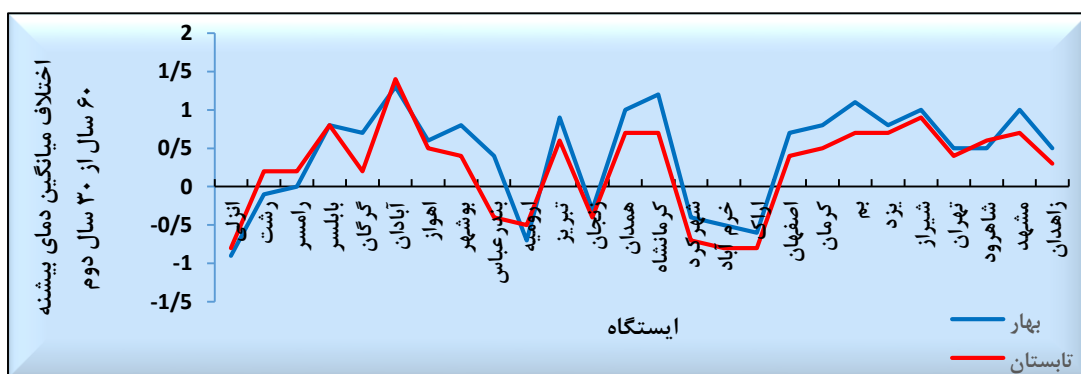


شکل ۱- الگوی میانگین و ضریب تغییرات دمای کمینه و بیشینه بهار و تابستان طی دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰)

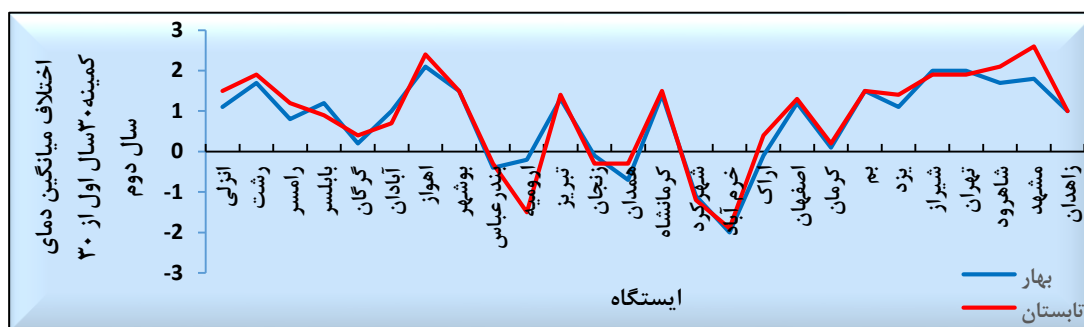
در نتیجه ممکن است که انتقال رطوبت و هوای سرد به همراه پدیده ابرناکی ناشی از تقویت نسیم دریا به خشکی و مونسون بیشتر شود که این نیز سبب کاهش میانگین کمینه دمای تجربه شده در ایستگاه بندرعباس به مقدار ۰,۳ درجه در ۳۰ ساله دوم نسبت به دوره ۳۰ سال اول، شده است (شکل ۲). ضریب تغییرات در نیمه غربی و شرقی در فصل تابستان بیشتر است. علت آن در نیمه غربی ناهموازی و تأثیرگذاری سامانه‌های ورودی به کشور است، ولی در نیمه شرقی موقعیت بری، دوری از منابع رطوبت و همچنین شرایط محلی منطقه، یعنی کویری بودن و آسمان صاف و فقر زیاد رطوبت نسبی که موجب شده است تا ضریب تغییرات مربوط به میانگین دمای کمینه تابستان این مناطق بالاتر باشد (شکل ۱-د).



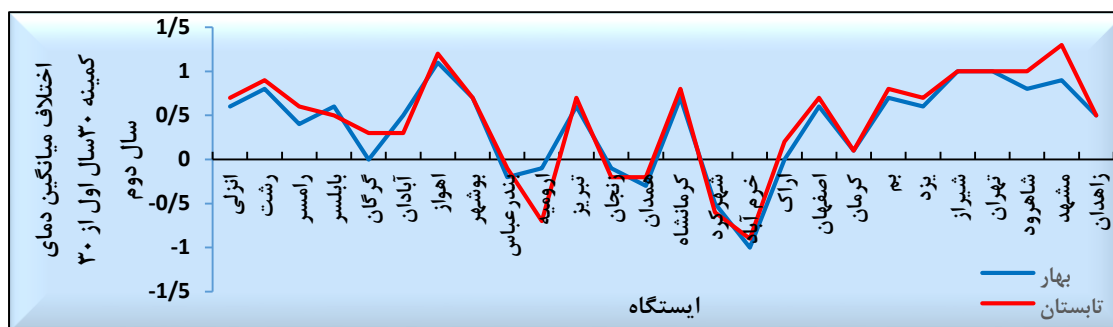
شکل ۲- اختلاف میانگین دمای بیشینه ۳۰ ساله اول (۱۹۸۰-۱۹۵۱) از ۳۰ سال دوم (۲۰۱۰-۱۹۸۱) - (بهار و تابستان)



شکل ۳- اختلاف میانگین دمای بیشینه ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۱) از ۳۰ سال دوم (۲۰۱۰-۱۹۸۱) - (بهار و تابستان)



شکل ۴- اختلاف میانگین دمای کمینه ۳۰ ساله اول (۱۹۵۱-۱۹۸۰) از ۳۰ سال دوم (۲۰۱۰-۱۹۸۱) (بهار و تابستان)



شکل ۵- اختلاف میانگین دمای کمینه ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰) از ۳۰ سال دوم (۱۹۸۱-۲۰۱۰) (بهار و تابستان)

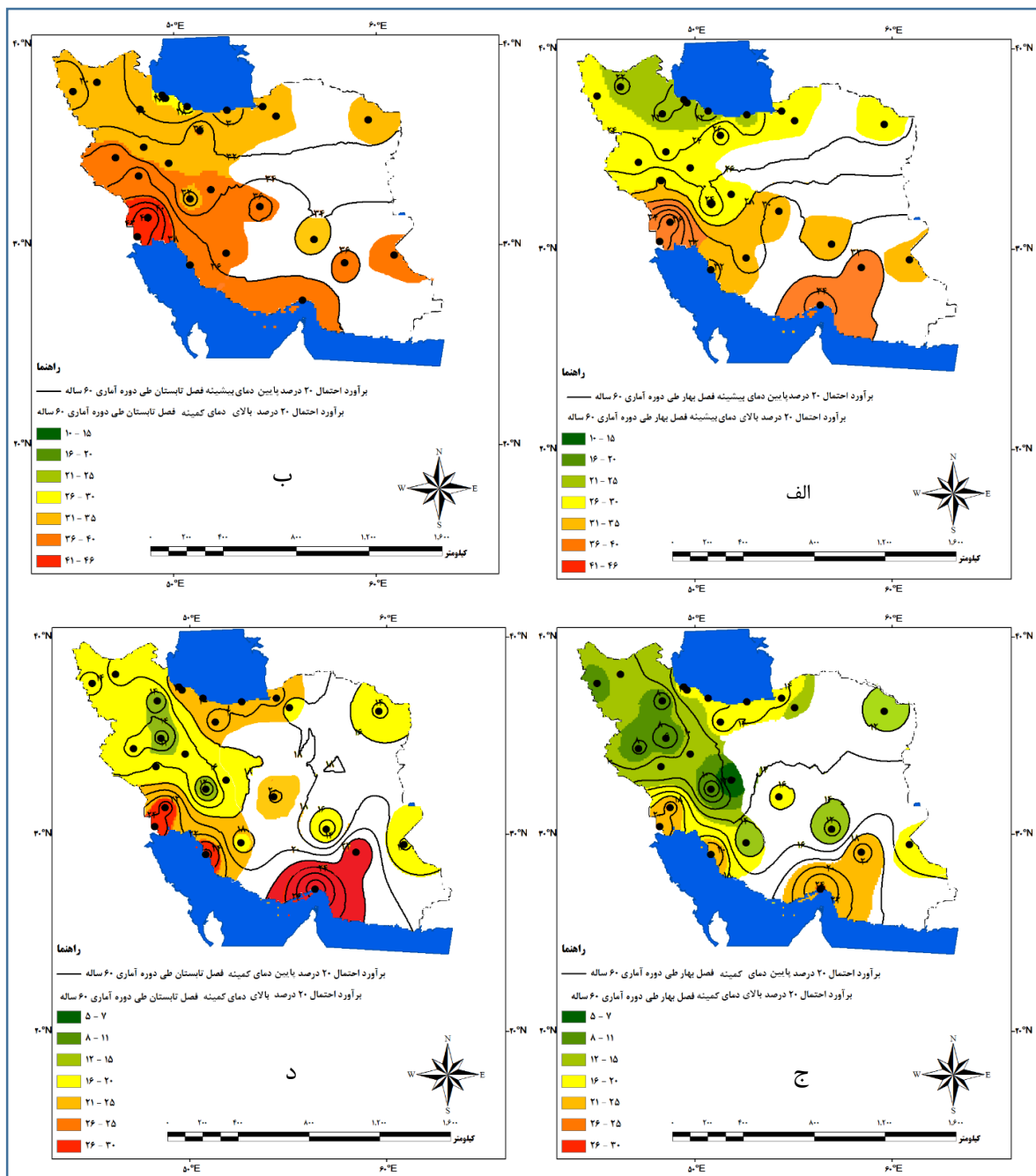
۳-۲- برآورد احتمال ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه و ۲۰ درصد حد پایین میانگین دمای کمینه بهار و

تابستان در دو دوره ۳۰ ساله

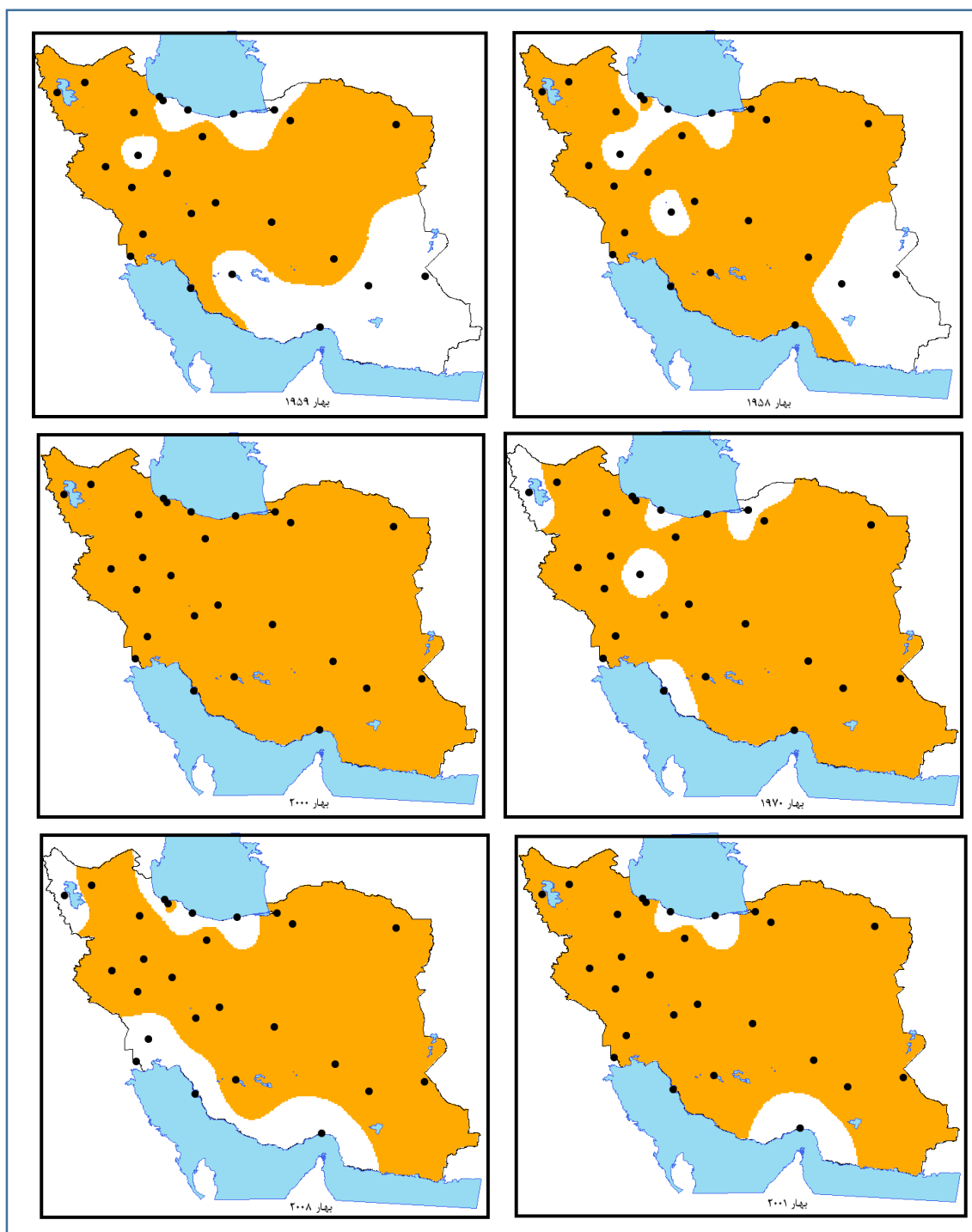
بررسی ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه فصل بهار و تابستان در دوره ۳۰ ساله اول و دوم (شکل ۷ و ۸) و دوره ۶۰ ساله (شکل ۶-الف و ب) که بیانگر نفوذ دوره گرم فراگیر عرض‌های جنوبی و تشدید فعالیت پر ارتفاع دینامیکی جنب‌حاره‌ای در این دو فصل هست، نشان می‌دهد که در دوره ۳۰ ساله دوم تواتر و گسترش نفوذ دوره گرم فصل بهار و تابستان افزایش یافته است (شکل ۷ و ۸). فصل بهار با عقب‌نشینی منطقه بارندگی از نواحی جنوبی و مرکزی ایران به سمت شمال و شمال غرب از یک طرف و افزایش طول مدت تابش و ارتفاع خورشید از طرفی دیگر همراه است. نتیجه این فرآیند، افزایش میانگین دمای بیشینه ماهانه این مناطق در بهار و تابستان است. در نیمه شمالی، غربی و شمال غرب، میزان این افزایش کمتر است. در هر دو فصل در بازه زمانی ۳۰ ساله دوم، میانگین بیشینه دمای بیشینه افزایش داشته است و گستره عملکردی متفاوتی را نشان می‌دهد. بالاترین میانگین دمای بیشینه در جنوب غرب و جنوب تجربه می‌شود. در بخش مرکزی و نیمه شرقی به سبب وجود انرژی تابشی روزانه بیشتر طی

ماه‌های می تا اوت و برتری آن نسبت به تابش شبانه، کم‌فشار گرمایی با ضخامت نه‌چندان زیاد شکل می‌گیرد که از سازوکارهای نسبتاً پایدار و دائمی تابستان این منطقه به شمار می‌رود که دلیل موجهی برای بالا بودن دمای بیشینه تابستانه این مناطق است. واکاوی داده‌های ثبت‌شده ایستگاه‌های همدیدی نشان می‌دهد در ۳۰ ساله اول سه مورد دوره گرم فراگیر طی فصل بهار در سال‌های ۱۹۵۹، ۱۹۵۸ و ۱۹۷۰ در کشور تجربه شده است (شکل ۷). در ۳۰ سال دوم در همین فصل، سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۰ به‌عنوان گسترده‌ترین دوره گرم کشور به حساب می‌آیند (شکل ۷). نکته قابل توجه این است که سال ۲۰۰۰ در ۳۰ ساله دوم به‌عنوان فراگیرترین دوره گرم کشور طی فصل بهار در این دوره و همچنین در بازه ۶۰ ساله بوده است. در مورد فصل تابستان نیز وضعیت همین‌گونه است. به‌طوری‌که سال‌های ۱۹۵۸، ۱۹۷۰ و ۱۹۷۵ به‌عنوان فراگیرترین دوره گرم این فصل در ۳۰ سال اول محسوب می‌شود. در ۳۰ ساله دوم گسترده‌ترین رخداد دوره گرم کشور مربوط به سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸، ۲۰۰۰ است (شکل ۸). بررسی‌ها نشان می‌دهد که رخداد بیشینه میانگین دمای بیشینه فراگیر در فصل بهار با بیشینه میانگین حداکثر فراگیر تابستان به‌غیراز سال‌های ۱۹۵۹ و ۱۹۷۵ به‌صورت پی‌درپی رخ داده است و با یکدیگر انطباق دارند (شکل ۷ و ۸). شکل‌های ۷ و ۸ به‌صورت ضمنی نشان‌دهنده ظهور شواهد تغییر اقلیم به‌صورت نسبی در کشور است، به‌گونه‌ای که شدت و فرکانس رخداد ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه فراگیر در فصل بهار و تابستان که نشان‌دهنده تسلط بیشتر دوره گرم محسوب می‌شود، در دوره ۳۰ ساله دوم بیشتر شده است. بررسی الگوی احتمال ۲۰ درصد حد پایین میانگین دمای کمینه برای دو دوره ۳۰ ساله (شکل ۹ و ۱۰) و دوره ۶۰ ساله (شکل ۶ ج و د) که بیانگر نفوذ هوای سرد نسبی شمالی فراگیر در فصل بهار و تابستان است، نشان می‌دهد که الگوهای تأثیرگذار بر روی دمای کشور با تغییرات جزئی، شبیه هم هستند. با توجه به تغییرات جزئی که در ۳۰ ساله دوم نسبت به ۳۰ ساله اول، به نظر می‌رسد که نیمه شمالی به‌ویژه سواحل کاسپین در دوره ۳۰ ساله دوم با افزایش بیشتر میانگین دمای کمینه مواجه بوده است (شکل ۹ و ۱۰). در نتیجه چنین استنباط می‌شود که اثرگذاری توده‌های هوای سرد در ۳۰ ساله دوم ضعیف‌تر شده و یا از سرمای کمتری برخوردارند. برآیند این وضعیت کاهش دامنه تغییرات دمای شبانه‌روز و در نتیجه تغییر در دوره رشد، میزان آبدهی رودها و نیاز به تأسیسات سرمایشی و گرمایشی منطقه‌ای هست. در هر دو فصل بهار و تابستان طی دوره آماری ۳۰ ساله دوم نسبت به دوره ۳۰ ساله اول، تواتر و محدوده اثرات دوره سرد فراگیر بیشتر شده است. به‌طوری‌که از شکل ۹ دریافت می‌شود سال‌های ۱۹۵۶، ۱۹۵۷ و ۱۹۶۷ به‌عنوان فراگیرترین دوره‌های سرد ۳۰ ساله اول فصل بهار بوده که اثرات آن در ۱۴ تا ۲۴ ایستگاه همدیدی کشور مشاهده می‌شود. در حالی‌که در ۳۰ سال دوم (شکل ۹)، بین ۱۷ تا ۲۶ ایستگاه را طی سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۸۴ و ۱۹۹۲ شامل می‌شود که نشان‌دهنده تأثیرگذاری بیشتر سامانه‌های سرد مهاجر و نفوذ بیشتر سرما در گستره کشور طی فصل بهار است. بررسی فراسنج فوق در فصل تابستان نشان می‌دهد که در دوره ۳۰ ساله دوم فراگیرترین دوره‌های سرد طی سال‌های ۱۹۸۲،

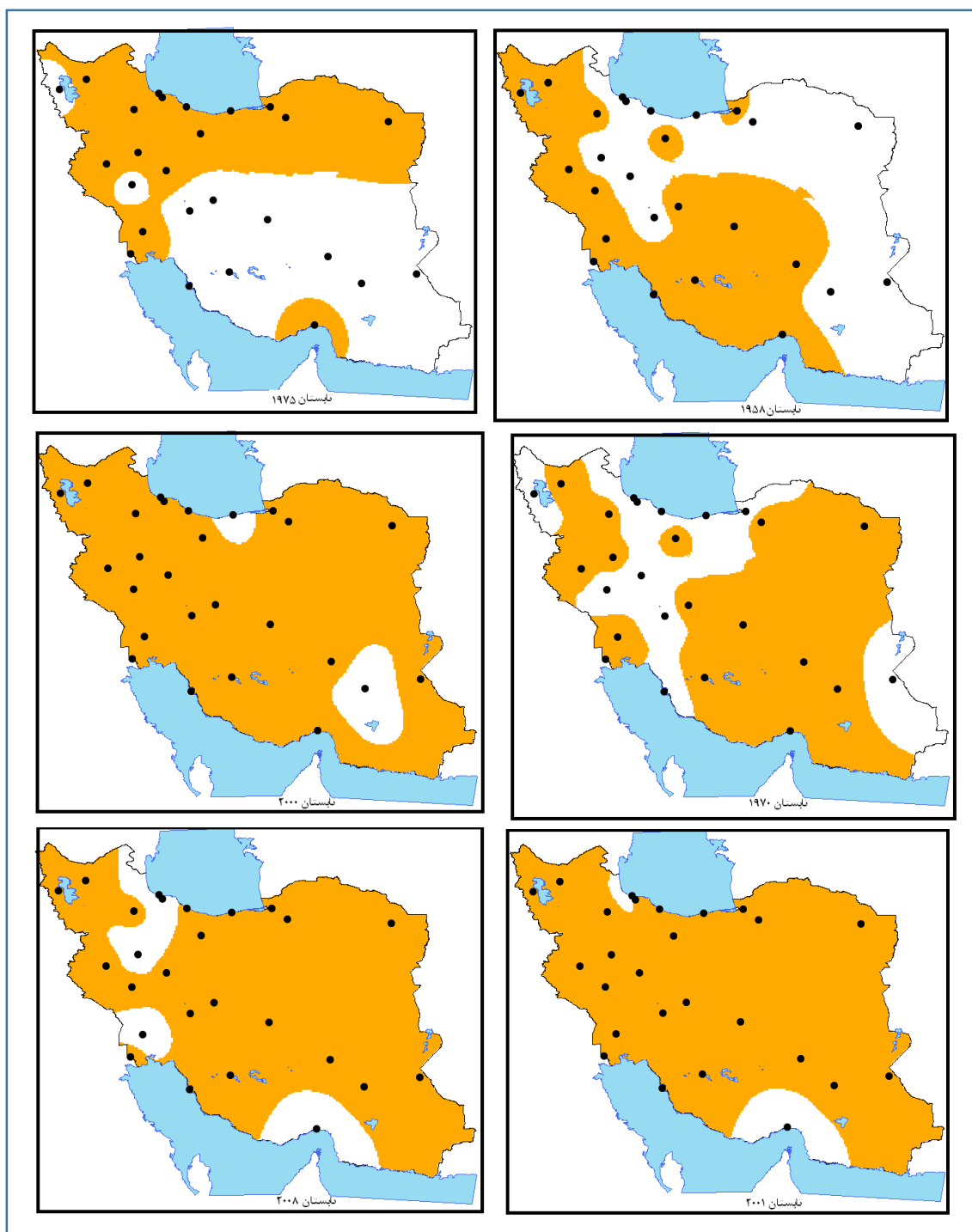
۱۹۸۵ و ۱۹۹۲ بوده است. درحالی‌که طی ۳۰ سال اول بین ۱۳ تا ۱۶ ایستگاه همدیدی در سال‌های ۱۹۷۲، ۱۹۶۸ و ۱۹۶۹ تحت تأثیر دوره سرد قرار گرفتند (شکل ۱۰).



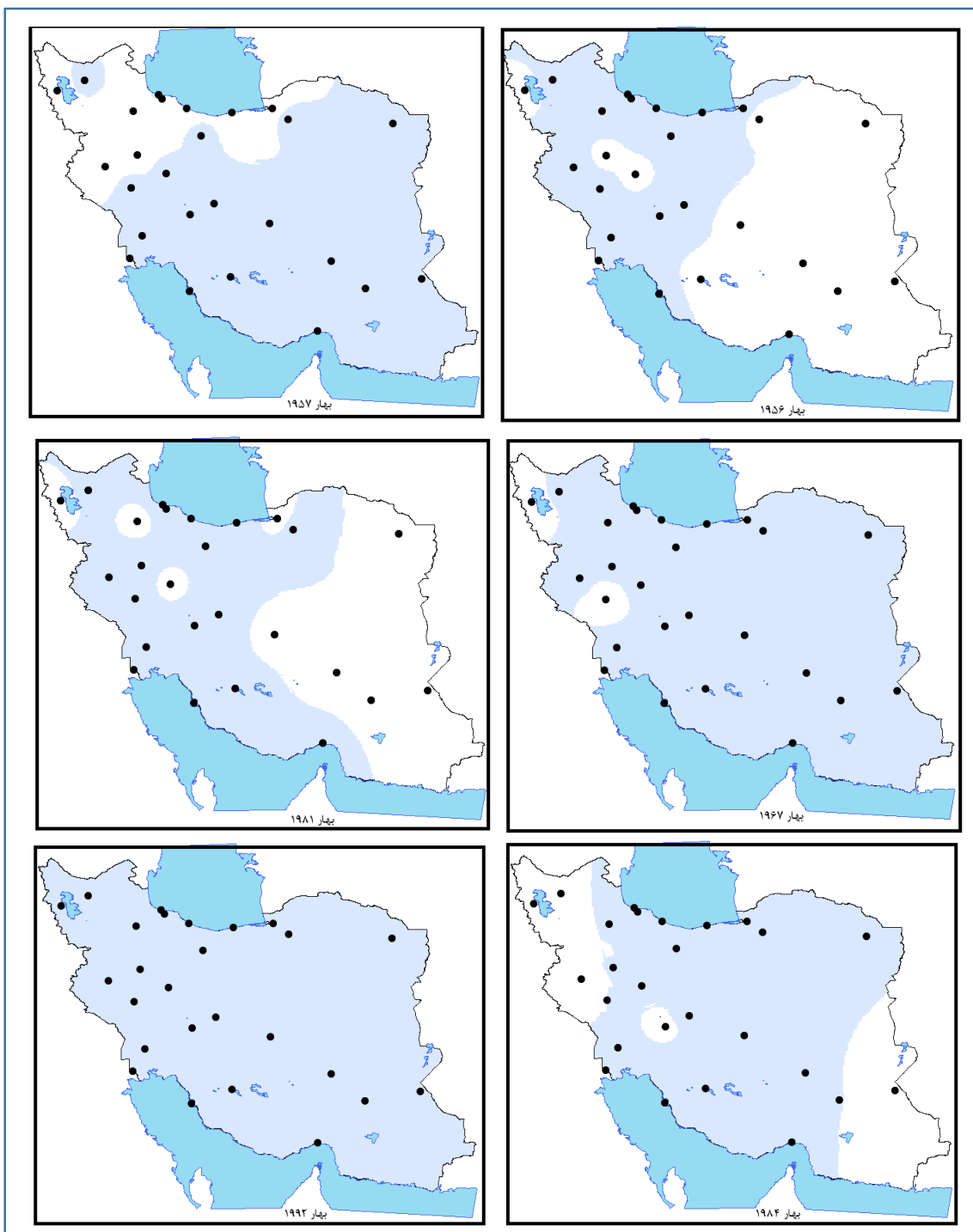
شکل ۶- الگوی ۲۰ درصد حد بالا و پایین دمای کمینه و بیشینه بهار و تابستان طی دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۱-۲۰۱۰)



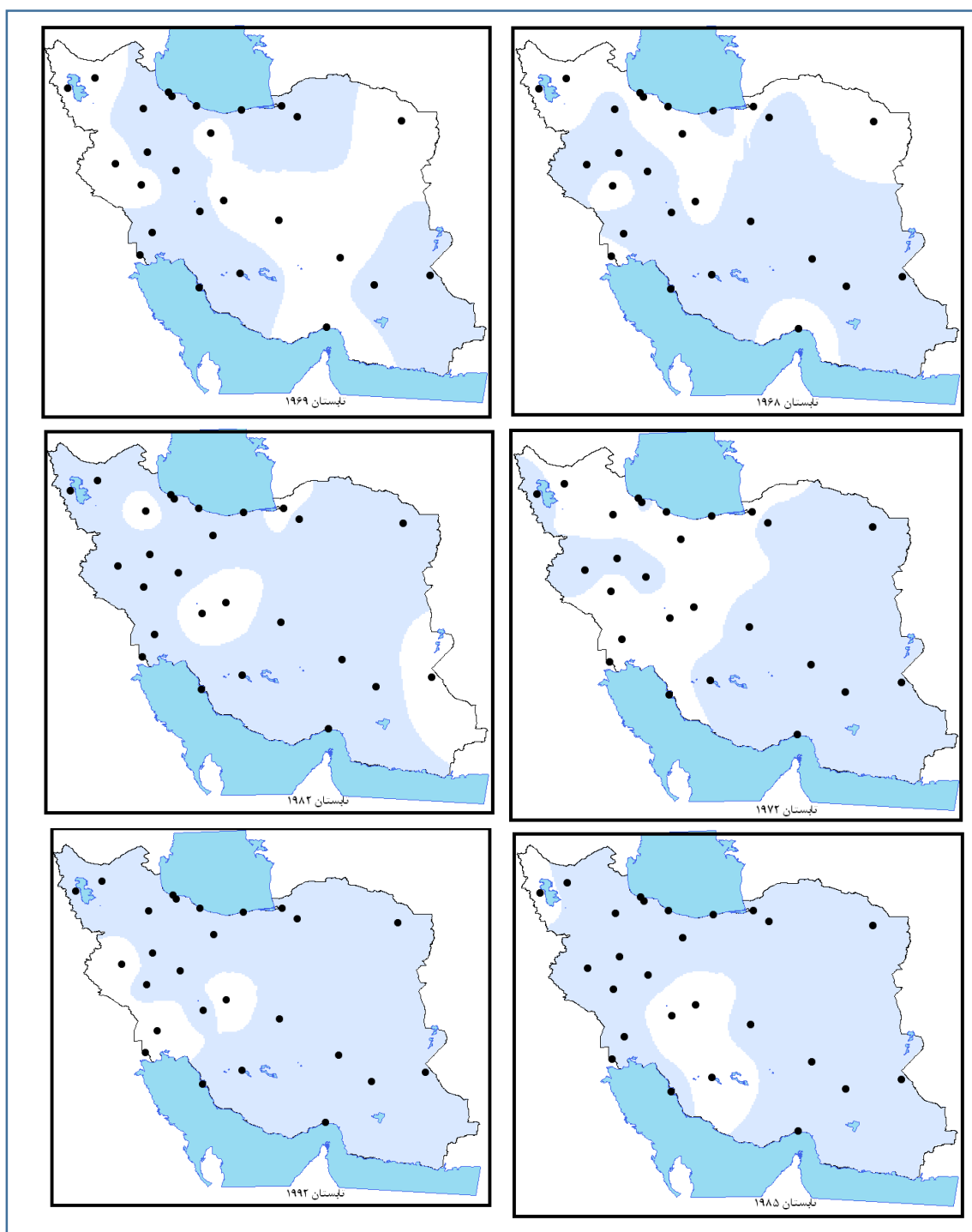
شکل ۷- ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه طی فصل بهار



شکل ۸- ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه طی فصل تابستان



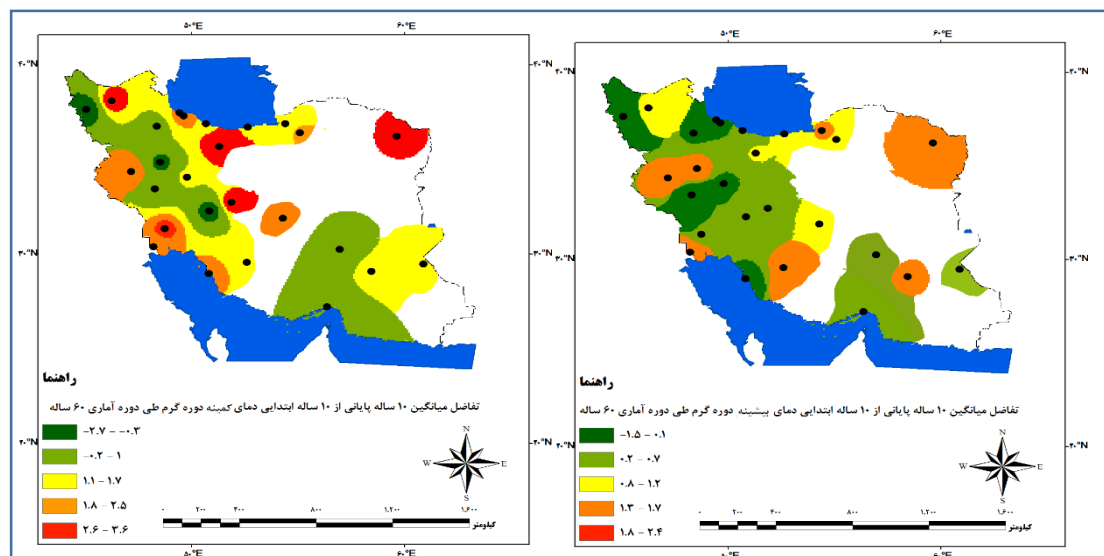
شکل ۹-۲۰ درصد حد پایین میانگین دمای کمینه طی فصل بهار



شکل ۱۰-۲۰ درصد حد پایین میانگین دمای کمینه طی فصل تابستان

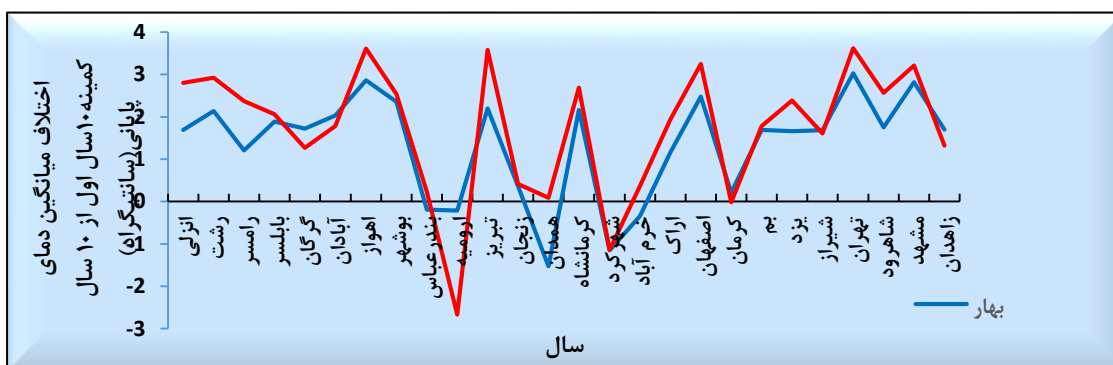
۳-۳- بررسی نقشه‌های تفاضل میانگین دمای کمینه و بیشینه ۱۰ ساله اول از ۱۰ ساله آخر در فصول بهار و تابستان

بررسی الگوها (شکل ۱۱) نشان می‌دهد که در فصل بهار به‌غیر از بندرعباس در نیمه جنوبی و ۴ ایستگاه از حوزه شمال‌غرب و غرب، که بین ۰٫۲ تا ۱٫۵ درجه با کاهش در میانگین دمای کمینه مواجه بوده‌اند، بقیه ایستگاه‌ها ۰٫۲۱ - ۳٫۰۳ درجه، افزایش میانگین این فراسنج تجربه کرده‌اند. از طرف دیگر بیشترین مقدار افزایش مربوط به ایستگاه‌های تهران، مشهد، اهواز، اصفهان، بوشهر، کرمانشاه، تبریز و آبادان بوده که بین ۰٫۳ تا ۳٫۰۳ در تهران تغییر داشته است. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که به‌غیر از ایستگاه زنجان و کرمان که به ترتیب با ۰٫۳ و ۰٫۲ افزایش در میانگین دمای کمینه مواجه بوده‌اند، بقیه ایستگاه‌ها مقدار افزایشی بین ۱٫۲ تا ۳٫۰۳ را تجربه کرده‌اند. شایان گفتن است گرچه طی فصل بهار، نیمه شمالی کشور هنوز تحت سلطه پراتفاح جنب حاره قرار نگرفته است، ولی مقدار افزایش میانگین دمای کمینه ایستگاه‌هایی مانند تهران، رشت، مشهد و تبریز بالاتر از ۲ است. چنین افزایشی می‌تواند با توجه به تغییر کاربری اراضی، گسترش شهرها، افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش سامانه‌های گرمازا و جابجایی ایستگاه توجه شود که می‌تواند تغییراتی در اقلیم منطقه ایجاد کنند. همچنین در مورد بندرعباس که کاهش میانگین دمای کمینه را در دوره ۱۰ ساله دوم تجربه کرده است، چنان‌که قبلاً گفته شد به نظر می‌رسد که تقویت بیشتر پدیده نسیم دریا و خشکی و نیز تأثیرگذاری بیشتر مونسون در این دوره، چنین کاهشی را موجب شده باشد. همچنین با توجه به فراگیر بودن افزایش دما در بازه زمانی ۱۰ ساله آخر در کشور، به نظر می‌رسد که کاهش میانگین دمای کمینه ایستگاه‌هایی مانند ارومیه و خرم‌آباد که حداکثر ۰٫۳ هست، ناشی از خطای انسانی در محاسبات و برآورد داده‌ها باشد. ولی در مورد همدان و شهرکرد باید به‌دقت بررسی شود. گرچه این تغییرات می‌تواند ناشی از ارتفاع و موقعیت جغرافیایی و تأثیرگذاری متفاوت سامانه‌های عبوری در آن‌ها باشد. به همین ترتیب مشاهده و بررسی نقشه‌ها و داده‌های مربوط به میانگین دمای کمینه فصل تابستان (شکل ۱۲) ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه ۱۰ ساله آخر نشان می‌دهد که به‌غیر از ایستگاه‌های ارومیه، شهرکرد و کرمان که بین ۰٫۲ تا ۲٫۶۶ کاهش داشته‌اند، مابقی ایستگاه‌ها در ۱۰ ساله پایانی بین ۰٫۰۸ در همدان تا ۳٫۱۶ در تهران افزایش داشته‌اند. ایستگاه‌های تهران، اهواز، تبریز، اصفهان و مشهد بیشترین افزایش در میانگین بیشینه دما را در دهه دوم تجربه کرده‌اند که دلایل آن مشابه مواردی است که در فصل بهار بیان گردید. مقایسه داده‌ها نشان می‌دهد که مقدار افزایش دمای بیشینه فصل تابستان نسبت به فراسنج متناظر آن در فصل بهار در اغلب ایستگاه‌ها جهش کمتری داشته است. به نظر می‌رسد دلیل آن کاهش فراوانی تهاجم هوای سرد نسبی و همچنین سامانه‌های همرفتی در فصل بهار نسبت به فصل تابستان و همگونی بیشتر کشور از نظر دمایی در فصل تابستان باشد. گرچه طی تابستان در نیمه شمالی کشور، زاویه تابش کم است ولی طول روز افزایش می‌یابد و اختلاف نسبی موجود، ناشی از ارتفاع و جهت ناهمواری‌ها است.



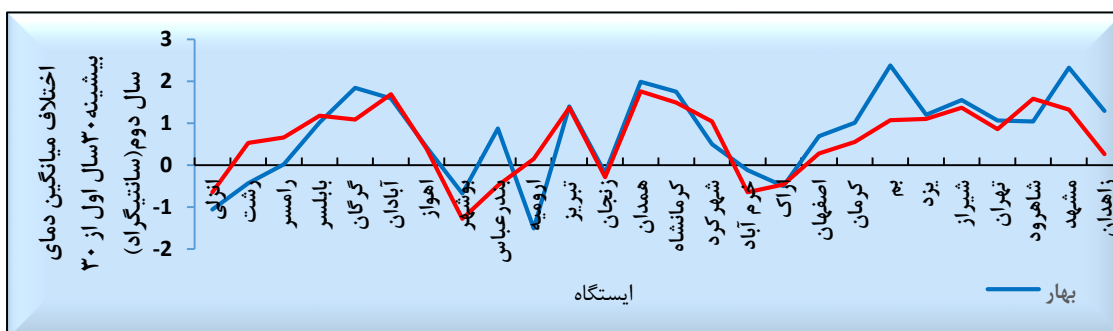
شکل ۱۱- تفاضل میانگین دمای کمینه و بیشینه ۱۰ ساله اول (۱۹۵۱-۱۹۶۰) از ۱۰ ساله آخر (۲۰۰۱-۲۰۱۰) در

فصول بهار و تابستان



شکل ۱۲- اختلاف میانگین دمای کمینه دهه ۱۹۵۰-۱۹۶۱ از فراسنج متناظر آن در دهه ۲۰۰۱-۲۰۱۰ در فصل

بهار و تابستان



شکل ۱۳- اختلاف میانگین دمای بیشینه دهه ۱۹۵۰-۱۹۶۱ از فراسنج متناظر آن در دهه ۲۰۰۱-۲۰۱۰ در فصل

بهار و تابستان

۳-۴- روند یابی تغییرات میانگین دمای کمینه و بیشینه در فصل بهار و تابستان طی دوره آماری ۶۰ ساله

پردازش داده‌ها و بکارگیری آزمون آماری من‌کندل در مورد داده‌های میانگین دمای کمینه و بیشینه به‌منظور آشکارسازی روند تغییرات و نوع آن‌ها برای بازه‌ی زمانی ۶۰ ساله، در فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد که میانگین دمای کمینه ۲۱ ایستگاه از ۲۶ ایستگاه مورد مطالعه در فصل بهار و همچنین ۲۲ ایستگاه در فصل تابستان، دارای روند معنادار بوده‌اند (جدول ۱ و ۲). در مورد میانگین دمای کمینه فصل بهار فقط ایستگاه شهرکرد و برای فصل تابستان ایستگاه‌های ارومیه، شهرکرد، رشت و رامسر دارای روند کاهشی بوده‌اند و مابقی ایستگاه‌ها در هر دو فصل، افزایش دمای کمینه را تجربه کرده‌اند که همسوئی با گرمایش جهانی و رخداد تغییر اقلیم در ایران را به نمایش می‌گذراند. بررسی داده‌های میانگین بیشینه دمای ماهانه فصل‌های بهار و تابستان (جدول ۳ و ۴) با توجه به نتایج آزمون خطی من‌کندل نشان می‌دهد که در فصل بهار و تابستان به ترتیب به‌جز ۶ و ۱۰ ایستگاه، بقیه ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار بوده‌اند که همه آن‌ها روند افزایشی داشته‌اند. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد، از بین ایستگاه‌های مشترکی که طبق آزمون من‌کندل در آماره‌های دمای میانگین کمینه و بیشینه فصل‌های بهار و تابستان روند معنی‌دار داشته‌اند، فقط شش ایستگاه در فصل تابستان به‌طور نسبی دامنه تغییرات دمای شبانه‌روزی آن‌ها، تغییر کمی داشته‌اند. آهنگ تغییرات افزایش میانگین دمای کمینه ایستگاه‌ها شدیدتر از آهنگ افزایش میانگین دمای بیشینه بوده است؛ بنابراین لزوم توجه و تأکید بر پیامدهای تغییر الگوهای دمایی کشور از سوی مدیران بیش از پیش احساس می‌شود. آنچه چنین الزامی را سبب می‌شود، آهنگ افزایش میانگین دمای کمینه و انحراف از میانگین بلندمدت ۶۰ ساله آن در مناطق مختلف کشور است که به شدت دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما را در پهنه کشور کاهش می‌دهد. نتیجه این‌که افزایش تعداد شب‌های گرم به دنبال افزایش دمای کمینه و کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، می‌تواند خطر رخدادهای فرین اقلیمی در کشور را افزایش دهد و در نتیجه، ضمن افزایش آسیب‌پذیری مردم؛ پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی شدیدی را موجب گردد.

جدول ۱- روند یابی تغییرات دمای کمینه فصل بهار طی دوره آماری ۶۰ ساله

بهار									
ایستگاه	P-value	رشد	مقدار هر ۱۰ سال	ماده خط	ایستگاه	P-value	رشد	مقدار هر ۱۰ سال	ماده خط
آبادان	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 21.3 + 0.04 * t$	رامسر	۰,۰۰	افزایش	۰,۴۸	$Yt = 12.4 + 0.05 * t$
اهواز	۰,۰۰	افزایش	۰,۶۶	$Yt = 20 + 0.066 * t$	رشت	۰,۰۰	افزایش	۰,۳۲	$Yt = 12. + 0.032 * t$
انزلی	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 14.4 + 0.04 * t$	شهرکرد	۰,۰۰	کاهش	۰,۲۶	$Yt = 7.7 - 0.026 * t$

ادامه جدول ۱

بهار									
ماده خط	مقدار هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه	ماده خط	مقدار هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه
$Y_t = 11.7 + 0.05 * t$	۰,۵	افزایش	۰,۰۰	شاهرود	$Y_t = 10.6 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۰	اراک
$Y_t = 11.5 + 0.05 * t$	۰,۵	افزایش	۰,۰۰	شیراز	$Y_t = 14.7 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	بابلسر
$Y_t = 9.3 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	تبریز	$Y_t = 20.5 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	بم
$Y_t = 14.2 + 0.07 * t$	۰,۷	افزایش	۰,۰۰	تهران	$Y_t = 21.4 + 0.05 * t$	۰,۵	افزایش	۰,۰۰	بوشهر
$Y_t = 16.4 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	یزد	$Y_t = 12.5 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	اصفهان
$Y_t = 14.8 + 0.03 * t$	۰,۳۴	افزایش	۰,۰۰	زاهدان	$Y_t = 12 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۴	کرمان
$Y_t = 13.8 + 0.06 * t$	۰,۶	افزایش	۰,۰۰	مشهد	$Y_t = 7.2 + 0.05 * t$	۰,۵	افزایش	۰,۰۰	کرمانشاه
					$Y_t = 12.6 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۱	خرم‌آباد

جدول ۲- روند یابی تغییرات دمای کمینه فصل تابستان طی دوره آماری ۶۰ ساله

تابستان									
ماده خط	در هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه	ماده خط	در هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه
$Y_t = 13.87 + 0.06 * t$	۰,۶	افزایش	۰,۰۰	مشهد	$Y_t = 25.3 + 0.02 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	آبادان
$Y_t = 16.1 - 0.055 * t$	۰,۵۵	کاهش	0,۰,۰	ارومیه	$Y_t = 23.9 + 0.07 * t$	۰,۷۳	افزایش	۰,۰۰	اهواز
$Y_t = 19.9 - 0.036 * t$	۰,۳۶	کاهش	۰,۰۰	رامسر	$Y_t = 19.9 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	انزلی
$Y_t = 17.7 - 0.052 * t$	۰,۵۳	کاهش	۰,۰۰	رشت	$Y_t = 15.8 + 0.02 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۰	اراک
$Y_t = 12.3 - 0.032 * t$	۰,۳۲	کاهش	۰,۰۰	شهرکرد	$Y_t = 20.6 + 0.03 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	بابلسر
$Y_t = 16.5 + 0.055 * t$	۰,۵۵	افزایش	۰,۰۰	شاهرود	$Y_t = 23.8 + 0.039 * t$	۰,۴۲	افزایش	۰,۰۰	بم
$Y_t = 16.9 + 0.048 * t$	۰,۴۸	افزایش	0.00	شیراز	$Y_t = 25.8 + 0.048 * t$	۰,۵	افزایش	۰,۰۰	بوشهر
$Y_t = 16 + 0.052 * t$	۰,۵۲	افزایش	0.00	تبریز	$Y_t = 16.9 + 0.045 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	اصفهان

ادامه جدول ۲

تابستان									
ایستگاه	P-value	نوع روند	در هر ۱۰ سال	معادله خط	ایستگاه	P-value	نوع روند	در هر ۱۰ سال	معادله خط
گرگان	۰,۰۹	افزایش	۰,۱۳	$Yt = 21.3 + 0.013 * t$	تهران	۰,۰۰	افزایش	۰,۷	$Yt = 20.3 + 0.063 * t$
کرمانشاه	۰,۰۰	افزایش	۰,۴۸	$Yt = 13 + 0.048 * t$	یزد	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 20 + 0.044 * t$
خرم‌آباد	۰,۰۵	افزایش	۰,۳	$Yt = 18.2 + 0.03 * t$	زاهدان	۰,۰۰	افزایش	۰,۳۴	$Yt = 14.8 + 0.034 * t$

جدول ۳- روند یابی تغییرات دمای بیشینه فصل بهار طی دوره آماری ۶۰ ساله

بهار									
ایستگاه	P-value	نوع روند	مقدار هر ۱۰ سال	معادله خط	ایستگاه	P-value	نوع روند	مقدار هر ۱۰ سال	معادله خط
آبادان	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 37.2 + 0.04 * t$	بندرعباس	۰,۰۰	افزایش	۰,۲	$Yt = 35.1 + 0.01 * t$
اهواز	۰,۰۲	افزایش	۰,۲	$Yt = 38.1 + 0.02 * t$	مشهد	۰,۰۰	افزایش	۰,۶	$Yt = 25.4 + 0.04 * t$
انزلی	۰,۰۰	افزایش	۰,۳	$Yt = 22.3 + 0.03 * t$	ارومیه	۰,۰۰	افزایش	۰,۳	$Yt = 25.7 + 0.02 * t$
بابلسر	۰,۰۰	افزایش	۰,۲	$Yt = 22.3 + 0.02 * t$	شاهرود	۰,۰۰	افزایش	۰,۲	$Yt = 25.6 + 0.01 * t$
بم	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 33.3 + 0.04 * t$	شیراز	۰,۰۰	افزایش	۰,۳	$Yt = 29.3 + 0.03 * t$
بوشهر	۰,۰۰	افزایش	۰,۱	$Yt = 33.1 + 0.01 * t$	تبریز	۰,۰۰	افزایش	۰,۳	$Yt = 21.8 + 0.03 * t$
کرمانشاه	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 25.4 + 0.04 * t$	تهران	۰,۰۰	افزایش	۰,۲	$Yt = 27.4 + 0.02 * t$
اصفهان	۰,۰۱	افزایش	۰,۲	$Yt = 27.8 + 0.02 * t$	یزد	۰,۰۰	افزایش	۰,۳	$Yt = 31.3 + 0.03 * t$
گرگان	۰,۰۱	افزایش	۰,۳	$Yt = 25.3 + 0.03 * t$	زاهدان	۰,۰۲	افزایش	۰,۳	$Yt = 31.5 + 0.02 * t$
همدان	۰,۰۰	افزایش	۰,۴	$Yt = 22.8 + 0.04 * t$	کرمان	۰,۰۱	افزایش	۰,۲	$Yt = 29.1 + 0.02 * t$

جدول ۴- روند یابی تغییرات دمای بیشینه فصل تابستان طی دوره آماری ۶۰ ساله

تابستان									
ماده خط	در هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه	ماده خط	در هر ۱۰ سال	نوع روند	P-value	ایستگاه
$Y_t = 27.4 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۴	رامسر	$Y_t = 43.3 + 0.04 * t$	۰,۴	افزایش	۰,۰۰	آبادان
$Y_t = 30.7 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۰	شاهرود	$Y_t = 44.5 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۰	اهواز
$Y_t = 35.4 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۰	شیراز	$Y_t = 28.7 - 0.02 * t$	۰,۲	کاهش	۰,۰۰	انزلی
$Y_t = 30.5 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۰	تبریز	$Y_t = 28.8 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۰	بابلسر
$Y_t = 34.1 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۰	تهران	$Y_t = 36.9 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۰	بم
$Y_t = 39.5 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۲	خرم‌آباد	$Y_t = 31.3 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۰	مشهد
$Y_t = 35.2 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۰	کرمانشاه	$Y_t = 31.8 + 0.03 * t$	۰,۳	افزایش	۰,۰۰	همدان
$Y_t = 37.9 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۰	بندرعباس	$Y_t = 33.4 + 0.01 * t$	۰,۱	افزایش	۰,۰۴	کرمان
					$Y_t = 35.8 + 0.02 * t$	۰,۲	افزایش	۰,۰۰	یزد

۴- جمع‌بندی

الگوی میانگین دمای بیشینه و ضریب تغییرات مربوط به آن در بهار، تابستان و دوره گرم نشان می‌دهد که در نیمه غربی و شمالی کشور، نسبت به بقیه مناطق با تغییرپذیری بیشتری همراه است. بالاترین ضریب تغییرات در حوزه شمال غرب، غرب و حوزه کاسپین، مربوط به ایستگاه‌های انزلی، ارومیه و زنجان است که به نظر می‌رسد تحت تأثیر بیشتر فعالیت سامانه‌های شمالی با هوای سرد و وضع ناهمواری‌ها قرار گرفته‌اند. نیمه جنوبی کشور در هر سه بازه زمانی، از تغییرات ناچیزی برخوردارند که با نتایج کار رحیم زاده و عسگری (۱۳۸۳) همخوانی دارد. این نشان می‌دهد که تغییرات سالانه دمای بهار و تابستان در نیمه جنوبی و مرکزی ایران از یک رژیم ثابتی برخوردار بوده و در یک دامنه معینی تغییر می‌کند. چنین استنباط می‌شود که در این فصل‌ها بیشتر این مناطق تحت رژیم دمایی حاره‌ای واقع می‌شوند و این زمانی است که پراتفاح جنب حاره با انتقال شمال سوی خود به نواحی مرکزی و شمالی ایران، مناطق جنوبی این پرفشار تحت تأثیر جریانات مناطق حاره‌ای قرار می‌گیرند. با توجه به این که میانگین دمای بیشینه

اغلب ایستگاه‌های حوزه شمال غرب و غرب در دوره ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم در بهار، تابستان و دوره گرم، بین ۰,۳ تا ۰,۸ کاهش داشته است، ولی ایستگاه‌های کرمانشاه، تبریز و همدان، افزایشی بین ۰,۷ تا ۱,۲ را تجربه کرده‌اند. چنین افزایشی می‌تواند با توجه به تغییر کاربری اراضی، گسترش شهرها، افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش سامانه‌های گرمازا و جابجایی ایستگاه توجیه شود که می‌تواند تغییراتی در اقلیم منطقه ایجاد کند. در دوره ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم نسبت به دوره ۳۰ ساله اول و نیز نسبت به دوره ۶۰ ساله، میانگین دمای بیشینه اغلب ایستگاه‌های همدیدی (۷۶,۹٪) در فصول بهار، تابستان و دوره گرم در بازه‌های زمانی موردنظر افزایش داشته‌اند. با این تفاوت که افزایش دمای بیشینه فصل تابستان نسبت به پارامتر متناظر آن در فصل بهار در اغلب ایستگاه‌ها کمتر بوده است که با نتایج کار ماگوم و همکاران (۲۰۱۶) در چین هماهنگ است. به نظر می‌رسد که از تأثیرگذاری جریان‌های شمالی نسبت به دوره‌های متناظر ۳۰ ساله و ۱۰ ساله اول کاسته شده و به همان نسبت بر اثر گذاری سامانه‌های با منشأ جنوبی و حاکمیت پر ارتفاع جنب حاره افزوده شده باشد.

مقدار افزایش میانگین دمای بیشینه در بازه زمانی ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم، نسبت به افزایش آن در دوره‌های ۳۰ ساله و ۱۰ ساله اول طی تابستان، نسبت به فرا سنج متناظر آن در بهار در اغلب ایستگاه‌ها جهش کمتری داشته است. به نظر می‌رسد دلیل آن کاهش فراوانی تهاجم هوای نسبتاً سرد و همچنین سامانه‌های همرفتی، در فصل بهار نسبت به فصل تابستان و همگونی بیشتر کشور از نظر دمایی در فصل تابستان باشد. اختلاف نسبی موجود در نیمه شمالی و غربی کشور ناشی از ارتفاع و جهت ناهمواری‌ها است. نتایج بررسی میانگین دمای کمینه نشان می‌دهد که تغییراتی جزئی در این فراسنج، طی بازه زمانی ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم نسبت به بازه زمانی ۳۰ ساله و ۱۰ ساله اول و دوره ۶۰ ساله به وجود آمده است. تقریباً ۷۳٪ ایستگاه‌ها طی بهار، تابستان و دوره گرم، افزایش میانگین دمای کمینه را تجربه کرده‌اند که از این نظر با نتایج کار لین و همکاران (۲۰۱۷) در چین همسو است. مقدار افزایش فراسنج مزبور در ایستگاه‌هایی مانند تهران، رشت، مشهد و تبریز در نیمه شمالی کشور در فصل بهار بیشتر از ۲ درجه است. گرچه در فصل بهار، نیمه شمالی کشور هنوز تحت تأثیر تسلط پر ارتفاع جنب حاره قرار نگرفته است؛ بنابراین چنین افزایشی در میانگین دمای کمینه ایستگاه‌های نام‌برده شده، می‌تواند با توجه به موارد مطرحه در افزایش میانگین دمای بیشینه توجیه شود.

میزان افزایش در میانگین حداکثر دما در تابستان کندتر ولی در میانگین حداقل دما سریع‌تر است؛ بنابراین دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما کاهش یافته است که با نتایج تحقیقات حلبیان و همکاران تطابق دارد. بیشترین افزایش در فراسنج میانگین حداقل دما مربوط به شهرهای اهواز، تهران، مشهد، شیراز و شاهرود بوده است که با نتایج مطالعات علیزاده و نجفی (۱۳۹۶) منطبق است. به نظر می‌رسد که کاهش میانگین دمای کمینه ایستگاه بندرعباس در تابستان، در بازه ۳۰ ساله و ۱۰ ساله دوم نسبت به بازه زمانی متناظر آن در دوره اول، ناشی از تقویت بیشتر پدیده نسیم دریا و

خشکی و نیز تأثیرگذاری بیشتر مونسون در این دوره باشد. نتایج بررسی ۲۰ درصد حد بالای میانگین دمای بیشینه و ۲۰ درصد پایین میانگین دمای کمینه فصل بهار و تابستان در دو دوره ۳۰ ساله نشان می‌دهد که تواتر و گسترش دوره گرم و سرد در بازه زمانی ۳۰ ساله دوم نسبت به بازه زمانی ۳۰ ساله اول در هر دو فصل افزایش یافته است و رخداد میانگین دمای بیشینه فراگیر در فصل بهار، تأثیر مستقیمی بر میانگین دمای فصل تابستان و به تبع آن تجربه دمای بیشینه منطبق با فصل بهار دارد. نتایج روند یابی داده‌ها بر اساس آزمون من کندال برای بازه زمانی ۶۰ ساله در فصل بهار و تابستان نشان می‌دهد که میانگین دمای کمینه ۲۱ ایستگاه از ۲۶ ایستگاه مورد مطالعه در فصل بهار و همچنین ۲۲ ایستگاه در تابستان، دارای روند معنی‌دار بوده‌اند؛ که با نتایج کار حلییان و همکاران (۱۳۹۶) و عسگری و رحیم زاده (۱۳۸۳) مطابقت دارد. در مورد میانگین دمای کمینه فصل بهار فقط ایستگاه شهرکرد و برای فصل تابستان نیز ایستگاه‌های ارومیه و شهرکرد، رامسر و رشت روند کاهشی معنی‌دار داشته‌اند، بقیه ایستگاه‌ها در هر دو فصل روند افزایشی در دمای کمینه را تجربه کردند که از این نظر با گرمایش جهانی مطابقت دارد و رخداد تغییر اقلیم در ایران را تأیید می‌کند. نتایج بررسی روند میانگین دمای بیشینه فصل بهار و تابستان، نشان می‌دهد که در فصل بهار و تابستان به ترتیب به‌غیر از ۶ و ۱۰ ایستگاه، بقیه ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار بوده‌اند. از این تعداد فقط ایستگاه ارومیه در بهار و انزلی در تابستان روند کاهشی داشتند. آهنگ تغییرات افزایشی در روند میانگین دمای کمینه ایستگاه‌ها در فصل بهار و تابستان، شدیدتر از آهنگ افزایش، در روند میانگین دمای بیشینه همین فصول است که با نتایج مطالعات علیزاده و نجفی (۱۳۹۶)، لویس و کینگ (۲۰۱۷)، تطابق دارد؛ بنابراین لزوم توجه و تأکید بر پیامدهای تغییر الگوهای دمایی کشور از سوی مدیران بیش‌ازپیش احساس می‌شود، زیرا به‌صورت شتاب‌زده دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما را در پهنه کشور کاهش می‌دهد. نتیجه این که افزایش تعداد شب‌های گرم به‌عنوان پیامد کاهش دامنه تغییرات شبانه‌روزی دما، می‌تواند خطر رخدادهای فرین اقلیمی را در کشور افزایش دهد و در نتیجه ضمن افزایش آسیب‌پذیری مردم، پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد.

تقدیر و تشکر

از پژوهشکده هواشناسی و علوم جو به سبب در اختیار گذاشتن فرصت مطالعاتی و همچنین همکاری بسیار نزدیک در مورد دریافت داده‌ها و استفاده از منابع مورد نیاز این موسسه و نیز جناب آقای دکتر محمد پور، جناب آقای دکتر رهنما و خانم دکتر یاراحمدی به سبب کمک‌های علمی ایشان قدردانی می‌شود.

منابع

احمدی، فرشاد؛ رادمنش، فریدون؛ ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم‌قرن اخیر، نشریه آب‌و‌خاک (علوم و صنایع کشاورزی). شماره ۴(۲۸). ۸۶۵-۸۵۵.

- حلبیان، امیرحسین؛ پورشهبازی، جواد؛ سلطانیان، محمود؛ ۱۳۹۶. ارزیابی تغییر دمای بیشینه و کمینه فصلی ایران. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*. شماره ۲۳. ۱-۱۰.
- دارند محمد، ۱۳۹۴، ارزیابی و شناخت تغییر اقلیم در ایران زمین طی دهه‌های اخیر، *نشریه علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران*. ش ۳۰. ۱-۱۴.
- رحیم زاده، فاطمه؛ عسکری، احمد؛ ۱۳۸۳. نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای کمینه و بیشینه و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. شماره ۷۳. ۱۵۳-۱۷۱.
- صادقی، سلیمان؛ حسین زاده، سید رضا؛ دوستان، رضا؛ آهنگر زاده، زهرا؛ ۱۳۹۱. تحلیل هم‌مدیدی امواج سرمایی در شمال شرق ایران. *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*. شماره ۳. صص ۱۰۷-۱۲۳.
- علیزاده چوبری، امید؛ نجفی، محمد سعید؛ ۱۳۹۶. روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران. *مجله فیزیک زمین و فضا*. ۴۳(۳). ۵۶۹-۵۸۴.
- قاسمی‌فر، الهام؛ ناصرپور، سمیه؛ ۱۳۹۵. تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. شماره ۱۰۳. ۱۳۷-۱۴۶.
- لطفی، محمد؛ علیجانی، بهلول؛ ضیایان فیروزآبادی، پرویز؛ ۱۳۹۳. واکاوی تأثیر شهر بر تغییرات سالانه دما در شمال شرق ایران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. شماره ۳۵(۱۴)، ۱۷۵-۱۹۶.
- ورشایوان، وحید؛ خلیلی، علی؛ قهرمان، نوزد؛ سهراب، حجام؛ ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات مقادیر فرین دمای کمینه، حداکثر و میانگین روزانه چند نمونه اقلیمی ایران. *مجله فیزیک زمین و فضا*. شماره ۱(۳۷)، ۱۷۹-۱۶۹.

- Altın, T.B., Barak, B., Altın, B.N., 2012. Change in Precipitation and Temperature Amounts over Three Decades in Central Anat. *Earth & Environmental Sciences*, vol2, 107-125.
- Bsara, J.B., Basara, H.G., Illoston, B.G., Crawford, K.C., 2010. The Impact Of The Urban Heat Island during an intense Heat Wave in Oklahoma City. *Advances in Meteorology*, Volume 2010., 1-10.
- Gurevich, G., Hadad, Y., Ofir, A., Ohayon, B., 2011. Statistical analysis of temperature changes in Israel: an application of change point detection and estimation techniques. *Global nest journal*, vol 13, 215-228.
- Lewis, S.C., King, A.D., 2017. Evolution of mean variance and extremes in 21st century temperatures, *VOL15*, 1-10.
- Lin, P., He, Z., Du, J., Chen, L., Zhu, X., Li, J., 2017. Recent changes in daily climate extremes in an arid mountain region, a case study in northwestern China's Qilian Mountains. *Scientific Reports* volume vol 7, 1-15.
- Makokha, G.L., Shisanya, C.A., 2010. Trends in Mean Annual Minimum and Maximum near Surface Temperature in Nairobi City, Kenya. *Advances in Meteorology*, vol 2010, 1-6.
- Mugume, I, Shuanghe, SH., Tao Sulin, T., Mujuni, G., 2016. Analysis of Temperature Variability over Desert and Urban Areas of Northern China. *Journal of Climatology & Weather Forecasting* 2-9.
- Peng, D., Wang, X., Zhao, C., Wu, C., Jiang, F., Chen, P., 2014, Characterizing Air Temperature Changes in the Tarim Basin over 1960–2012. *PloS one*, vol 9(11), 1-11.

- Peterson. TC., Heim, Jr.R.,2013. Monitoring and understanding changes in heat waves, cold waves, floods and droughts in the United States. American Meteorological Society, 821-834.
- Qu, M., Wan, M., Hao, X., 2014. Analysis of diurnal air temperature range change in the continental United States. Weather and Climate Extremes, vol 4, 86-95.
- Stock, J.M., Taylor, N.A.S., Tipton, M.J., Greenleaf, J.E., 2004. Human Physiological Responses to Cold Exposure Aviat Space Environ Med. vol 75,444.457
- WMO, No. 111.NCP8.

