

جغرافیا و توسعه شماره ۳۶ پاییز ۱۳۹۳

وصول مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶

تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۴/۵

صفحات: ۲۰۹-۲۲۸

واکاوی زمانی مکانی دماهای سالانه‌ی ایران طی دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۹۶۱

دکتر مجید منتظری^۱

چکیده

در این پژوهش تغییرپذیری مکانی روندهای دمای ایران در ۴۸ سال گذشته مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، داده‌های دمای سالانه کمینه، بیشینه و متوسط ایستگاه‌های همدید و اقلیمی کشور از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸ از مرکز داده‌های سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. به کمک پایگاه داده‌های تنظیم شده، نقشه‌های هم دما با اندازه‌ی پیکسل ۱۵×۱۵ کیلومتر به روش میانبایی کریجینگ محاسبه و ترسیم شد بطوری که هر نقشه با ۷۱۹۶ پیکسل مرزهای کشور را در بر گرفت. بدین ترتیب سه آرایه با ابعاد ۷۱۹۶×۴۸ فراهم گردید. جهت ارزیابی روند دما از روش‌های پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری مان-کندال بهره گرفته شد. اعمال این آزمون‌ها بر روی هر یک از آرایه‌ها نشان داد که دمای کشور رو به افزایش است. این افزایش بیشتر در مناطق پست و کم ارتفاع روی داده است. در این میان دمای کمینه از اهمیت بیشتری برخوردار است و در ۶۰ درصد وسعت کشور روند افزایشی نشان می‌دهد. درحالی که روند افزایشی دمای بیشینه ۲۷ درصد وسعت کشور را در بر گرفته است. از سوی دیگر شدت روند در تمامی پهنه‌ها یکسان و یکنواخت نیست و برای دمای کمینه شدت آن در استان کرمان در غرب لوت و در منطقه شهداد، در بخش‌های مرکزی استان سمنان، شرق خوزستان، جنوب استان ایلام و غرب استان کرمانشاه، بیشتر بوده و این مناطق بیش از سایر جاها در معرض آسیب‌های محیطی ناشی از افزایش دمای کمینه، قرار دارند. در حالی که استان‌های خراسان شمالی، همدان و چهارمحال و بختیاری کمتر در معرض روندهای افزایشی دما، قرار داشته‌اند. همچنین این پژوهش نشان داد که بطور متوسط دماهای سالانه کمینه، بیشینه و متوسط ایران طی دوره ۴۸ ساله به ترتیب ۲/۱، ۰/۴۵ و ۱/۳ درجه سلسیوس افزایش یافته است.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، روند دما، آزمون رگرسیون خطی، آزمون مان-کندال، ایران.

مقدمه

نگرانی گسترده درباره‌ی گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، حس کنجکاو دانشمندان را برای بررسی سری‌های زمانی دما و آشکارسازی روندهای منطقی در طی چند دهه‌ی اخیر، برانگیخته است. این مطالعات در مقیاس‌های مختلف جهانی، منطقه‌ای و محلی صورت گرفته است. از جمله این تلاش‌ها در عرصه‌ی بین‌المللی، انتشار چهارمین گزارش هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ در سال ۲۰۰۷ است. در این گزارش آمده است که در ۱۲ سال اخیر گرم‌ترین سال‌ها از ابتدای ثبت دما در جهان (۱۸۵۰) بوده و در ۱۰۰ سال اخیر (۱۹۰۶-۲۰۰۵) آهنگ افزایش دمای جهانی ۰/۷۴ درجه سلسیوس (بین ۰/۵۶ تا ۰/۹۲) بوده است. این در حالی است که نرخ اعلام شده در سومین گزارش هیأت، (۱۹۰۱-۲۰۰۰) ۰/۶ درجه سلسیوس (بین ۰/۴ تا ۰/۸) می‌باشد. که از افزایش نرخ گرمایش جهانی حکایت دارد. این پژوهش‌ها در کشورهای مختلف و در گوشه و کنار جهان دنبال شده است.

نصرت‌الله و بالینگ در بررسی تغییرات اقلیمی شبه جزیره عربستان نشان داد که در این منطقه دما طی دوره یکصد ساله اخیر ۰/۶۳ درجه سانتیگراد افزایش یافته است (Nasrallah & Balling, 1993a: 245).

نصرت‌الله و بالینگ در مطالعه دیگری به بررسی زمانی مکانی تغییرات دمای خاورمیانه از مراکش تا افغانستان طی دوره ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ پرداختند و نشان دادند که نرخ افزایش دما در این منطقه ۰/۰۷ درجه در دهه بوده است (Nasrallah & Balling, 1993b: 161).

نصرت‌الله و بالینگ در بررسی اثر بیابانزایی و تغییر اقلیم بر روند دمای خاورمیانه طی دوره ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ دریافتند که نرخ افزایش دما ۰/۰۷ درجه سانتیگراد در دهه بوده است (Nasrallah & Balling, 1995: 265).

پردرو و همکاران تغییرپذیری و روند دمای سالانه و فصلی برای ۲۵ ایستگاه یونان، طی دوره ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۳ مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در ایستگاه‌های شهری روند افزایشی حاکم بوده است (Proedrou et al, 1997: 65).

کیوچل و ماهراس در بررسی تغییرات دمای مدیترانه در قرن گذشته و رابطه آن با شاخص‌های گردش، دریافتند که در دوره ۱۹۸۹-۱۸۷۳ روند گرمایشی در حوضه‌ی مدیترانه وجود داشته است. نرخ متوسط گرمایش در مدیترانه غربی ۰/۴ درجه و مدیترانه شرقی ۰/۲ درجه سلسیوس در صد سال بوده است (Kutiel & Maheras, 1998: 39). عیسوی و حسنین در بررسی تغییرات سالانه و فصلی دما در ۶ ایستگاه جنوب‌مدیترانه، دریافتند که تغییر اقلیم معنادار ناگهانی در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه دیده می‌شود (Aesawy & Hasanean, 1998: 55). جونز در بررسی ویژگی‌های تغییرپذیری دما در استرالیا عنوان کرده که متوسط دما از اواسط قرن بیستم حدود ۰/۱ تا ۰/۲ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته است که این افزایش بیشتر ناشی از افزایش دماهای کمینه بوده که حدود ۲ برابر میزان بیشینه دما افزایش یافته است (Jonse, 1999: 11).

ماگری و نانی در بررسی تغییرات دمای ایتالیا (۱۸۷۶ تا ۱۹۹۳) نشان دادند که روند فصلی و سالانه دما در طول ۲۰ سال گذشته مثبت بوده است و ایستگاه‌های جنوبی در مقایسه با ایستگاه‌های شمالی روند قویتری داشته است (Maugeri & Nanni, 1998: 191).

استافورد و همکاران در بررسی روند ۵۰ ساله دما و بارش آلاسکا دریافتند که در دوره ۱۹۹۸-۱۹۴۹ در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه‌شان روند افزایش متوسط دمای سالانه وجود داشته بطوری که دامنه دمای روزانه نیز در طول این دوره با نرخ ۰/۳ درجه سلسیوس در ۵۰ سال، کاهش یافته است (Stafford et al, 2000: 33).

درجه سانتیگراد در دهه و برای دوره‌ی دوم ۰/۵۷ درجه سانتیگراد در دهه بوده که دوبرابر نرخ متوسط نیمکره‌ی شمالی است (Rebetez & Raynhard, 2008: 27).

ترتی و دیژاتو برای ارزیابی روند دما داده‌های دمای کمینه و بیشینه ۴۹ ایستگاه ایتالیا طی دوره‌ی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴ را مورد مطالعه قرار داده و دریافتند که روند دما طی دوره‌ی ۱۹۱ تا ۱۹۸۱ کاهش و طی دوره‌ی ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۴ افزایشی بوده است (Toreti & Desiato, 2008: 51).

الکناوی و همکاران در بررسی روند تغییرات دما در ۱۰ ایستگاه لیبی طی دوره‌ی ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۹ نشان دادند که دمای کمینه با آهنگ ۰/۲۳ درجه سانتیگراد در دهه افزایش یافته است (El Kenawy et al, 2009: 1).

کایانو و سان‌سی‌گولا تغییرپذیری سالانه و دهه‌ای بارش و دمای کمینه و بیشینه برزیل را با دمای آب و شاخص نینو ۳/۴ مورد بررسی قرار دادند (Kayano & Sansigolo, 2009: 81).

فوجیه با استفاده از داده‌های ساعتی دما در شبکه ایستگاهی ژاپن در یک دوره‌ی ۲۹ ساله تغییرات دما را برای روزهای کاری هفته و تعطیلات آخر هفته مورد بررسی قرار داد (Fujibe, 2010: 393).

الاجیب و عبدو در بررسی خود نشان دادند که متوسط دما در بحرین طی دوره‌ی ۱۹۴۷ تا ۲۰۰۵ با نرخ ۰/۱۶۶ درجه سانتیگراد در دهه افزایش یافته است (Elagib & Abdu, 2010: 269).

اکسی و همکاران در بررسی داده‌های دما مربوط به ۶۳ ایستگاه فلات تبت طی دوره‌ی ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۵ نشان دادند که دمای کمینه و بیشینه روند افزایشی و دامنه دمای روزانه روند کاهشی بوده داشته است (Xie and et al, 2010: 241).

فان و وانگ^۱ با استفاده از داده‌های دما و بارش ۶۱ ایستگاه منطقه شنکسی چین برای دوره‌ی ۱۹۵۹ تا ۲۰۰۸ نشان دادند که متوسط دمای سالانه طی

چانگ و یون در کار خود تحت عنوان واکاوی روند دما و بارش کره، دریافتند که متوسط دمای سالانه از ۱۹۹۷-۱۹۷۴ حدود ۰/۹۶ درجه سلسیوس افزایش یافته است. این افزایش در شهرهای بزرگ بالغ بر ۵/۱ درجه سلسیوس و در مناطق روستایی و ساحلی کمتر از ۰/۵۸ درجه سلسیوس بوده است (Chung & Yoon, 2000: 171).

برونتی و همکاران تغییرات سالانه و فصلی بیشینه و کمینه دما و همچنین دامنه دمای روزانه در ایتالیا از ۱۸۶۵ تا ۱۹۹۶ را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که دمای کمینه و بیشینه در این دوره روند افزایشی داشته است (Brunetti et al, 2000: 49).

یو و هاشینو در بررسی روند بلندمدت متوسط دمای سالانه، فصلی و ماهانه ژاپن در دوره ۱۹۹۶-۱۹۰۰، دریافتند که متوسط دمای ژاپن در این دوره بین ۰/۵۱ تا ۲/۷۷ درجه سلسیوس افزایش یافته است (Yue & Hashino, 2003: 15).

استاتکی و همکاران روند تغییرپذیری داده‌های اقلیمی کانادا را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که دامنه دمای شبانه روزی کاهش یافته است (Astatkie et al, 2003: 235).

ماحسن و گائو تغییرات بلندمدت روند دما را در منطقه تورنتو کانادا مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در سه دهه‌ی گذشته همزمان با رشد شهرنشینی روند دما افزایشی بوده است (Mohsin & Gough, 2010: 311).

تورکز و سامدر در بررسی الگوهای زمانی- مکانی روندها و تغییرپذیری دامنه دمای روزانه (DTR) در ترکیه، به این نتیجه رسیدند که افزایش دماهای شبانه بیش از دماهای روزانه بوده و دامنه دمای روزانه در اکثر بخش‌های ترکیه بخصوص مناطق شهری کاهش یافته است (Turkes & Sumer, 2004: 195).

ریبترز و راینهارد با استفاده از سری زمانی دمای ماهانه سوئیس طی دو دوره ۱۹۰۲ تا ۱۹۷۵ و ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴ دریافتند که روند افزایشی دوره‌ی اول ۰/۱۳۵

دوره‌ی ۵۰ ساله، ۱/۲ درجه سانتیگراد افزایش یافته است (Fan & wang, 2011: 519).

فان دویور دماهای فرین ۹ ایستگاه بلژیک طی دوره‌ی ۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰ را ارزیابی نمود و نشان داد که نرخ افزایش دمای بیشینه ۰/۴۶ و دمای کمینه ۰/۶۶ درجه در دهه بوده است (Van de Vyver, 2011: 45). در ایران نیز پژوهش‌های متعددی در رابطه با دما و تغییر اقلیم صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود: کاویانی و عساکره به بررسی و مدل‌سازی روند دمای یک‌صدساله ایستگاه جاسک پرداختند (کاویانی و عساکره، ۱۳۸۰: ۳۸). شیرغلامی و قهرمان روند تغییرات بلند مدت دمای سالانه ۳۴ ایستگاه همدید ایران با دوره‌ی آماری بیش از ۳۰ سال را به روش کمترین مربعات خطا و روش مان-کندال مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در ۵۹٪ ایستگاه‌ها، تغییرات دما دارای روند مثبت و ۴۱٪ ایستگاه‌ها روند منفی را تجربه کرده‌اند (شیرغلامی و قهرمان، ۱۳۸۴: ۹). علیجانی و قویدل معناداری بین دمای سالانه تبریز و ناهنجاری‌های دمای کره‌ی زمین را بررسی نمودند و در نهایت مشخص شد در دوره‌ی مورد مطالعه بر دمای متوسط سالانه تبریز افزوده شده است (علیجانی و قویدل، ۱۳۸۴: ۲۱).

محمدی و تقوی روند شاخص‌های حدی دما و بارش تهران را بر اساس سری زمانی روزانه دما و بارش مطالعه کردند و مشاهده شد روند دمای کمینه و متوسط روزانه کاملاً افزایشی بوده و شیب مثبت داشته در حالی که روند دمای بیشینه شیب کمتری داشته است (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴: ۱۵۱). سبک‌خیز و همکاران روند دمای چند دهه‌ی اخیر ایران را در رابطه با افزایش CO₂ جو مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده شده، به نظر می‌رسد روندهای مشاهده شده در ایستگاه‌های مذکور نیز از

افزایش CO₂ متأثر گردیده است (سبک‌خیز و همکاران، ۱۳۸۴: ۳۷). زاهدی و همکاران تغییرات زمانی-مکانی دمای منطقه‌ی شمال غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند و مشخص شد اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه بوده که این گرمایش از غرب به شرق بارزتر است (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۸۳). عساکره روند دمای سالانه تبریز را با استفاده از روش رگرسیون خطی مورد بررسی قرار داد (عساکره، ۱۳۸۶: ۱). محمدی و همکاران به منظور بررسی تغییرات بارش و دمای ایران در شرایط افزایش گلخانه‌ای در دهه‌های آینده، داده‌های دما و بارش طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۶۱ را مورد بررسی و تحلیل قرار داده و متوجه شدند تغییرات دما برای دهه‌های آینده روند افزایشی را طی خواهد کرد و بالعکس تغییرات بارش برای دهه‌های آینده روند کاهشی خواهد داشت (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲۵). مزیدی و فلاح‌زاده دمای سالانه خاک را در ایستگاه همدید یزد مورد بررسی و تحلیل قرار دادند (مزیدی و فلاح‌زاده، ۱۳۹۰: ۳۹).

با وجود اینکه پژوهش‌های پرشماری در زمینه ارزیابی روند دما در ایران به انجام رسیده است اما بیشتر این کارها به صورت ایستگاه مرجع، صورت پذیرفته و تمامی آنها وقوع پدیده گرمایش جهانی را در ایستگاه‌های مختلف کشور با نرخ‌های متفاوت، مورد تأیید قرار داده‌اند. از آنجا که شدت و نحوه‌ی اثرگذاری این پدیده بر محیط‌های طبیعی یکسان نیست، لذا در صورتی که مطالعه تغییرات دما به صورت پهنه‌ای انجام پذیرد، علاوه بر اینکه قابلیت بکارگیری داده‌های تمامی ایستگاه‌های هواسنجی که ثبت دما در آنها صورت پذیرفته وجود دارد، امکان مقایسه این تغییرات در بخش‌های مختلف یک پهنه نیز وجود خواهد داشت، از این رو می‌توان تحلیل‌های واقع‌بینانه‌تری ارائه داد. زیرا نتایج مطالعات ایستگاه مرجع ممکن است گمراه‌کننده باشد و نتوان به تحلیل واقع‌بینانه‌ای از موضوع دست

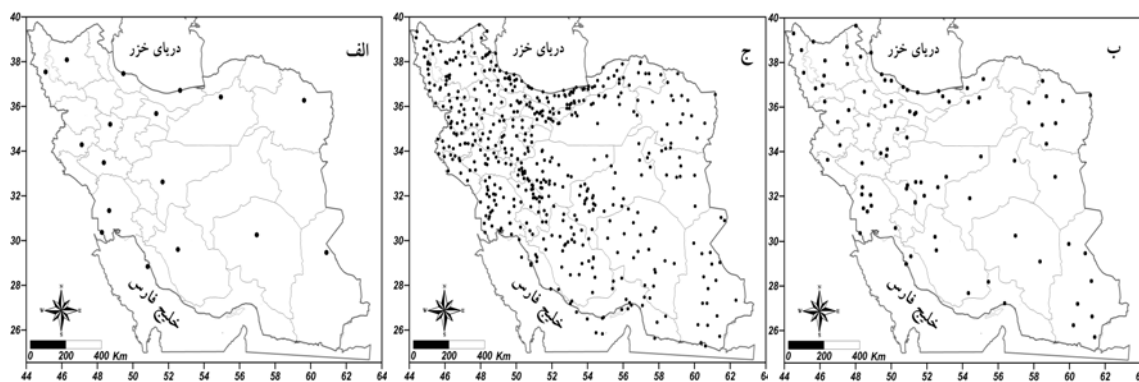
مطالعات ایستگاه مرجع اشکالی به وجود نیامورد، لیکن در مطالعات پهنه‌ای می‌بایست به چگالی ایستگاه‌ها توجه نمود تا برآوردهای انجام شده از دقت قابل قبولی برخوردار باشد. لذا در این پژوهش داده‌های دماهای کمینه، بیشینه و متوسط روزانه تمامی ایستگاه‌های همدید و اقلیمی کشور در بازه‌ی زمانی سالانه و در دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۹۶۱ به کار گرفته شد. در این پایگاه داده تعداد ایستگاه‌ها در سال ۱۹۶۱، ۹۰ ایستگاه (شکل ۱، ب). و در سال ۲۰۰۸، به ۵۲۱ ایستگاه (شکل ۱، ج). افزایش می‌یابد. در مجموع برای هر یک از عناصر دمایی، ۱۱۶۰۵ ایستگاه-سال داده، مورد استفاده قرار گرفت. برای ایجاد پایگاه داده پهنه‌ای برای هر سال و هر یک از عناصر دمایی، یک نقشه همدمای با اندازه ۱۵×۱۵ کیلومتر، به روش میان‌یابی کریجینگ محاسبه و ترسیم شد. بطوری‌که هر نقشه با ۷۱۹۶ یاخته پهنه ایران‌زمین را در برمی‌گیرد. در مجموع ۱۴۴ نقشه همدمای سالانه ایران تهیه گردید. این نقشه‌ها به صورت آرایی ای با ابعاد ۷۱۹۶×۴۸ و حالت جای-گاه^۱ آرایش داده شد. در نهایت سه پایگاه با ابعاد یاد شده برای دمای سالانه کمینه، بیشینه و متوسط روزانه فراهم گردید.

یافت. با این وجود، تنها پژوهشی که با شیوه‌ی پهنه‌ای، روند عناصر دمایی (کمینه، بیشینه و متوسط روزانه) را در مقیاس کشوری ارزیابی نموده، پژوهش مسعودیان می‌باشد. ایشان روند دمای ایران را طی دوره‌ی ۲۰۰۰-۱۹۵۰ به روش رگرسیون خطی و بر روی ۷۲۳۸ یاخته محاسبه نمود و به این نتیجه رسید که دمای کمینه، بیشینه و متوسط ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش یافته است (مسعودیان، ۱۳۸۳: ۸۹).

در این پژوهش نیز رویکرد پهنه‌ای، مبنا قرار گرفت تا هدف اصلی پژوهش یعنی مقایسه تغییرات مکانی روند عناصر دمایی، در بخش‌های مختلف کشور، محقق گردد. تفاوت این کار با پژوهش مسعودیان، الف- در بازه زمانی و دوره‌ی بکارگیری داده‌ها (۲۰۰۸-۱۹۶۱)، ب- مقایسه نتایج حاصل از دو روش آزمون بتا و مان کندال، ج- معرفی کانون‌های روند، د- پهنه‌بندی روند به تفکیک استانی می‌باشد.

داده‌ها و روش‌شناسی

داده برداری منظم هواسنجی در ایران از سال ۱۹۵۱ آغاز گردیده است لیکن در دهه‌ی اول، تعداد و پراکنش ایستگاه‌ها از چگالی قابل قبولی برخوردار نمی‌باشد (شکل ۱، الف). این موضوع ممکن است در



شکل ۱: پراکنش ایستگاه‌های همدید و اقلیمی ایران در سال ۱۹۵۱ (الف)، ۱۹۶۱ (ب) و ۲۰۰۸ (ج)

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱^۱

اگر حد بالا و پایین β هر دو مثبت به دست آید فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی‌شود و اگر حد بالا و پایین β منفی شود فرض روند کاهشی رد نمی‌شود و اگر علامت حد بالا و پایین خلاف یکدیگر شوند فرض وجود روند تأیید نمی‌شود.

ب- آزمون مان- کندال

آزمون مان- کندال یکی از روش‌های ناپارامتری برای آشکارسازی وجود روند در سری‌های زمانی داده‌هاست که بطور گسترده‌ای توسط دانشمندان علوم محیطی استفاده شده است (Xuedong and et al, 2008: 97). اگر سری زمانی x_1, x_2, \dots, x_n مقادیر متوالی داده باشد، n طول سری داده‌ها و S آماره آزمون مان- کندال است که به صورت فرمول زیر آورده شده است:

(۳)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

در این اینجا x_j و x_k به ترتیب مقادیر سالانه در سال j

و $k, j > k$ است و $\text{sgn}(x_j - x_k)$

(۴)

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & x_j - x_k > 0 \\ 0 & x_j - x_k = 0 \\ -1 & x_j - x_k < 0 \end{cases}$$

پراش S به وسیله فرمول:

(۵)

$$VAR(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

و آماره Z از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

(۶)

$$Z = \begin{cases} \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

برای ارزیابی و تحلیل روند عمدتاً از روش‌های پارامتری و ناپارامتری استفاده می‌گردد. پیش فرض آزمون‌های پارامتری آن است که داده‌ها تصادفی و بر آمدهای یک توزیع نرمال باشند. در عین حال فرض نرمال بودن داده‌ها در آزمون‌های ناپارامتری وجود ندارد. بنابراین در صورتی که به نرمال بودن داده‌ها اطمینان نداریم به کارگیری آزمون‌های ناپارامتری، محتاطانه‌تر به نظر می‌رسد (منتظری، ۱۳۸۴: ۱۷۱). در این تحقیق روند سالانه دما با استفاده از دو روش پارامتری رگرسیون خطی (آزمون بتا) و آزمون ناپارامتری مان- کندال با درجه اطمینان ۹۹ درصد، به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

الف- روش رگرسیون خطی (آزمون بتا)

جهت شناخت رفتار خطی و توزیع فراوانی نرمال و ترسیم خط روند و محاسبه شیب آن از روش رگرسیون خطی بر اساس حداقل مربعات استفاده می‌شود (رابطه ۱). در این رابطه α عرض از مبدأ و β شیب یا تغییر y بر حسب تغییر یک واحد از x را نشان می‌دهد. اگر β عددی منفی به دست آید، نشانگر کاهش دما با گذر زمان می‌باشد و اگر عددی مثبت را نشان دهد به این معناست که بین دو متغیر (زمان و دما) رابطه مستقیمی وجود دارد و امتداد زمان، دما نیز افزایش پیدا می‌کند. اما از آنجا که مقدار β نامعلوم است یک برآورد از β با درجه اطمینان، ۹۵ (رابطه ۲)، به دست می‌آید (ابن شهر آشوب و میکائیلی، ۱۳۸۷: ۴۰۸ و ۴۲۱ - ۴۲۰).

(۱)

$$y = \alpha + \beta x$$

(۲)

$$\beta \pm t_{0.05} \frac{S}{SX}$$

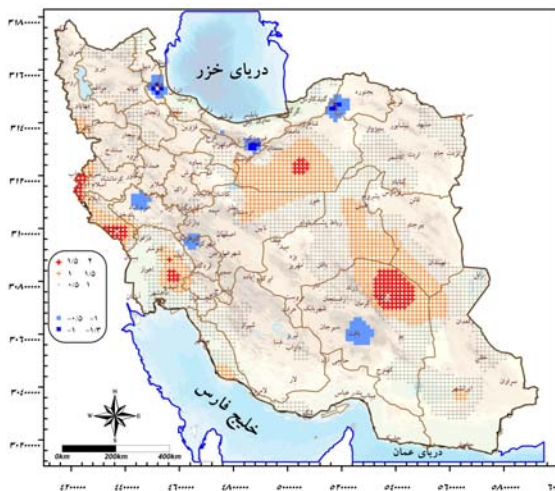
بررسی نقشه‌ی پهنه‌بندی روند نشان می‌دهد که روند افزایشی دمای کمینه عمدتاً در مناطق پست و کم‌ارتفاع کشور روی داده است (شکل ۲). در این میان استان‌های بوشهر و ایلام بیشترین روند افزایشی و همدان کمترین روند افزایشی را داشته‌اند. استان‌های سمنان، خوزستان، یزد، خراسان رضوی و کرمان بیش از سایر استان‌ها در معرض روند افزایشی دمای کمینه بوده‌اند (جدول ۱). افزایش دمای کمینه می‌تواند ناشی از افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای در جو باشد که تشعشع زمینتاب را شب‌هنگام جذب نموده و به صورت تابش برگشتی دوباره به زمین برمی‌گرداند و باعث کاهش تابش مؤثر می‌گردد. از این رو روند دمای کمینه که در شب‌هنگام رخ می‌دهد و در ۶۰ درصد مساحت کشور افزایشی بوده است. روندهای کاهشی بیشتر بر روی ارتفاعات بلند کشور خود را نشان می‌دهد. از جمله بر روی کوه‌های هزار، لاله‌زار، جوپار و بهر آسمان در اطراف بافت و ارتفاعات شهر بابک در استان کرمان، ارتفاعات شیرکوه در استان یزد، در ارتفاعات زردکوه و کوه‌رنگ در چهارمحال و بختیاری، کوه‌های شمال خرم‌آباد در لرستان، کوه‌های شمال سندج و غرب بیجار در کردستان، کوه‌های تالش و خلخال در جنوب استان اردبیل و غرب گیلان، کوه‌های علم کوه و تخت سلیمان در شمال‌شرق استان قزوین، در اطراف دماوند و فیروزکوه در البرز، ارتفاعات جنوب غرب بجنورد و همچنین کوه‌های شرق بیرجند را که در مجموع ۳/۳ درصد از وسعت کشور را در برمی‌گیرد. در بقیه گستره کشور (۳۷/۲٪) دمای کمینه بدون روند بوده است (جدول ۳). برای نشان دادن شدت روند دمای کمینه و آشکار ساختن کانون‌های روندهای افزایشی و کاهشی، شیب روند برای هر دهه محاسبه گردید.

وجود روند معنادار با استفاده از مقدار Z محاسبه می‌گردد که از توزیع نرمال برخوردار است. یک مقدار مثبت (منفی) Z روند افزایشی (کاهشی) را نشان می‌دهد. همچنین سطح معناداری a برای هر یک از روندهای یکنواخت صعودی یا نزولی بصورت آزمون دو طرفه تعریف می‌گردد (Xuedoug et al, 2008: 97). در نهایت هر یک از آرایه‌های دمای کمینه، بیشینه و متوسط روزانه را بطور جداگانه در محیط نرم‌افزار متلب^۱ وارد و آزمون‌های روند در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر روی آن اعمال شد. سپس نتایج این آزمون‌ها با کمک قابلیت‌های ترسیمی سامانه اطلاعات جغرافیایی به نقشه تبدیل گردید. این نقشه‌ها، پراکندگی و موقعیت مکانی روند دما در ایران طی دوره‌ی ۴۸ ساله را نمایش می‌دهند.

بحث

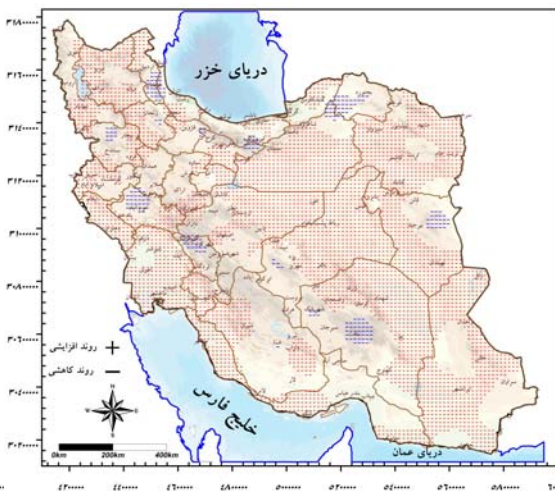
بحث گرمایش جهانی امروزه به یک چالش جدی در جامعه‌ی بشری مبدل شده است. محققان علوم محیطی سعی نموده‌اند تهدیدهایی را که این رویداد محیطی خزننده در آینده نه چندان دور، جامعه بشری را تهدید می‌کند، به سیاست‌گذاران جامعه گوشزد نمایند. یکی از راه‌های بیان این واقعیت تلخ، نمایش روندهای دمایی بر روی پهنه‌های جغرافیایی است. با استمداد از روش‌های زمین آماری در قالب سامانه اطلاعات جغرافیایی و آزمون‌های پیشرفته آماری، می‌توان میزان روند را بر روی تک‌تک‌یاخته‌ها محاسبه و سپس با کمک نرم‌افزارهای ترسیمی مقادیر روند به دست آمده از آزمون‌های آماری را بر روی نقشه نمایش داد. در این رویکرد امکان مقایسه پراکنش، میزان گستردگی و شدت روندهای افزایشی و کاهشی در پهنه‌های جغرافیایی کشور فراهم می‌گردد.

الف- دمای کمینه



شکل ۳: شیب روند دمای کمینه برحسب درجه در دهه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



شکل ۲: پهنه‌بندی روند دمای کمینه سالانه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

در شکل شماره ۳، مشاهده می‌گردد که کانون‌های روند افزایشی در شرق استان کرمان (شهداد) در لوت همچنین شرق استان خوزستان در اطراف رامهرمز، جنوب غرب استان ایلام در اطراف دهلران، غرب استان کرمانشاه حوالی سومار، سرپل ذهاب و قصرشیرین، در استان سمنان در محدوده معلمان و حسینیان مشاهده می‌گردد. شیب روند افزایشی دمای کمینه در محدوده‌های یاد شده بین $1/5$ تا 2 درجه در هر دهه بوده و در مجموع دمای کمینه بین $7/5$ تا 10 افزایش یافته که بسیار قابل توجه بوده و از تغییر شرایط دمایی در این مناطق حکایت دارد.

جنوب غرب خراسان جنوبی، شمال شرق استان کرمان و شرق خوزستان همچنین بخش‌های محدودی در اطراف بندر دیر در جنوب استان بوشهر، ابرانشهر در استان سیستان و بلوچستان، شمال غرب استان کردستان در بانه و جنوب غرب استان آذربایجان غربی در سردشت، جنوب گیلان در منجیل، شمال شرق استان خراسان رضوی در اطراف سرخس، شیب روند افزایشی بین 1 تا $1/5$ درجه در دهه بوده است. هرچند در اکثر بخش‌های استان بوشهر روند افزایشی بوده است، اما شدت روند در این استان ضعیف‌تر بوده و بین $0/5$ تا 1 درجه در دهه افزایش نشان می‌دهد.

محدوده‌های وسیعی در مرکز و جنوب استان سمنان، شرق استان یزد، شمال شرق استان اصفهان،

جدول ۱: درصد وسعت روندهای افزایشی و کاهش‌ی دمای کمینه به تفکیک شیب روند در دهه و تفکیک استانی

نام استان	درصد روند افزایشی			درصد روند کاهش‌ی		
	۱ تا ۰/۵	۱/۵ تا ۱	۱ تا ۱/۵	مجموع	-۱ تا -۱/۵	مجموع
آذربایجان شرقی	۴۴/۱	۳/۵	۰	۴۷/۶	۰	۰
آذربایجان غربی	۲۰	۰	۰	۲۰	۰	۰
اردبیل	۲۱/۶	۰	۰	۲۱/۶	۳/۸	۱۱/۴
اصفهان	۳۵/۱	۱۶/۹	۰	۵۲	۰/۹	۰
ایلام	۲۲/۵	۴۶/۱	۱۸	۸۶/۶	۰	۰
بوشهر	۳۷/۷	۱۳/۹	۰	۸۷/۶	۰	۰
تهران و البرز	۳۲/۵	۴/۸	۰	۳۷/۳	۶	۳/۶
چهارمحال و بختیاری	۴/۲	۰	۰	۴/۲	۰	۱۲/۵
خراسان جنوبی	۳۱/۱	۱۸/۸	۰	۴۹/۹	۰	۰
خراسان رضوی	۴۲/۵	۰/۵	۰	۴۳	۰	۰
خراسان شمالی	۰	۰	۰	۰	۱/۶	۱۱/۹
خوزستان	۴۶/۳	۲۰/۵	۳/۲	۷۰	۰	۰
زنجان	۳۵/۴	۰	۰	۳۵/۴	۰	۰
سمنان	۲۴/۲	۴۷/۱	۳	۷۴/۳	۰/۵	۲/۱
سیستان و بلوچستان	۳۹/۶	۴/۱	۰	۴۳/۷	۰	۰
فارس	۱۸/۸	۰	۰	۱۸/۸	۰	۰
قزوین	۸/۷	۱/۵	۰	۱۰/۲	۰	۰
قم	۳۷/۳	۳/۹	۰	۴۱/۲	۰	۰
کردستان	۲۸	۲/۳	۰	۳۰/۳	۰	۰
کرمان	۲۵/۷	۱۵/۴	۱	۴۲/۱	۰	۴/۴
کرمانشاه	۱۶/۳	۱۳/۶	۱۰/۹	۴۰/۸	۰	۰
کهگیلویه و بویراحمد	۵۸/۴	۸/۸	۰	۶۷/۲	۰	۰
گلستان	۲۳/۳	۰	۰	۲۳/۳	۲/۲	۰
گیلان	۱۷/۷	۳/۲	۰	۲۱	۱/۶	۹/۷
لرستان	۱۷/۶	۴/۸	۰	۲۲/۴	۰	۱۳/۶
مازندران	۲/۹	۲۳/۷	۰	۲۶/۶	۰	۷/۵
مرکزی	۱۹/۴	۰	۰	۱۹/۴	۰	۰
هرمزگان	۱۰/۶	۰	۰	۱۰/۶	۰	۰
همدان	۳/۵	۰	۰	۳/۵	۰	۰
یزد	۴۴/۸	۲۱	۰	۶۵/۸	۰	۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

کمتر در معرض اثرات ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای جو قرار داشته لذا وضعیت روند افزایشی آن در کشور ضعیف‌تر از دمای کمینه است.

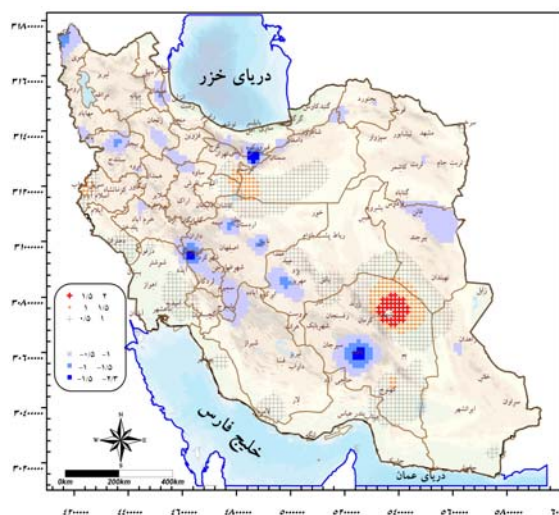
نقشه پهنه‌بندی روند دمای بیشینه نشان می‌دهد که روندهای افزایشی بیشتر در مناطق پست و کم ارتفاع بویژه در دشت کویر در استان سمنان، شمال استان اصفهان، نیمه‌ی شرقی استان قم، جنوب استان تهران، جنوب خراسان جنوبی، بخش‌های میانی استان یزد و در محدوده‌ی کویر لوت، شمال و شرق استان کرمان، شمال و جنوب استان سیستان و بلوچستان همچنین جنوب استان فارس، شرق خوزستان، جنوب استان ایلام و غرب استان کرمانشاه، مشاهده می‌گردد. در استان‌های همدان، کردستان، آذربایجان غربی، اردبیل، خراسان شمالی، روند افزایشی دمای بیشینه دیده نمی‌شود. در عوض گسترش جغرافیایی روندهای کاهشی دمای بیشینه، نسبت به دمای کمینه، افزایش بیشتری (حدود سه برابر) نشان می‌دهد. بطوری‌که روندهای کاهشی دمای کمینه ۳/۳ درصد و روندهای کاهشی دمای بیشینه ۱۴ درصد از وسعت کشور را فرا گرفته است (جدول ۲). روندهای کاهشی بیشتر در محدوده مناطق کوهستانی و ارتفاعات کشور مشاهده می‌شود. دو کمربند موازی یکی بر روی زاگرس که از شمال غرب استان آذربایجان غربی شروع شده و تا شمال غرب استان فارس گسترش می‌یابد و کمربند دوم بر روی کوه‌های ایران مرکزی از جنوب استان زنجان تا جنوب استان قزوین، شمال غرب استان مرکزی، مرکز استان اصفهان حد فاصل میمه نطنز اردستان نایین، کوه‌های شیرکوه یزد، ارتفاعات جنوب کرمان، به‌علاوه در کوه‌های تالش محدوده استان اردبیل، در البرز میانی، میانه‌های استان خراسان شمالی، ارتفاعات تربت حیدریه و کوه‌های خراسان جنوبی در شمال شرق بیرجند، مشاهده می‌گردد (شکل ۴).

کانون‌های روند کاهشی دمای کمینه در منطقه خلخال در کوه‌های تالش، سیاه بیشه، فیروزکوه و آبسرد، در البرز، ناردین و جاجرم در ارتفاعات بین بجنورد و شاهرود، در محدوده الشتر و نورآباد در شمال خرم‌آباد لرستان، در اطراف کوه‌رنگ در شمال غرب چهارمحال و بختیاری، کوه‌های جنوب کرمان (هزار، لاله‌زار، جوپار و بحر آسمان) بوده است. در این قسمت‌ها شیب روند کاهشی بین ۰/۵ تا ۱/۳ درجه در دهه بوده است. شایان ذکر است روندهای کاهشی در نیمه‌ی جنوبی کشور (با استثناء کوه‌های کرمان) مشاهده نمی‌گردد.

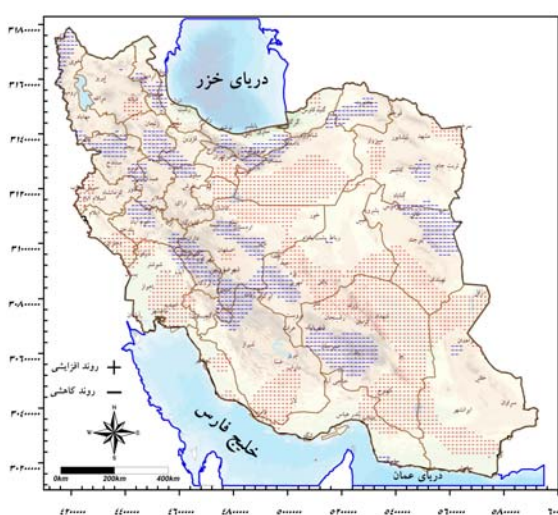
از آنجا که دمای کمینه عمدتاً تحت تأثیر اثر گلخانه‌ای و محتوای رطوبتی جو قرار دارد، لذا تابش موج بلند زمینی در شب‌هنگام در جو مناطق پست و کم ارتفاع به دام افتاده و به صورت تابش برگشتی مجدداً به زمین بازگشته و از آنجا که دمای کمینه عمدتاً تحت تأثیر اثر گلخانه‌ای و محتوای رطوبتی جو قرار دارد، لذا تابش موج بلند زمینی در شب‌هنگام در جو مناطق پست به دام افتاده و به صورت تابش برگشتی مجدداً به زمین بازگشته و افزایش دمای کمینه کشور را به دنبال داشته است بطوری‌که در یک دوره‌ی ۴۸ ساله حدود ۲/۱ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. شیب افزایش دمای کمینه بسیار تندتر از شیب دماهای متوسط روزانه و بیشینه است (جدول ۲ و شکل ۱).

ب- روند دمای بیشینه

بر اساس جدول ۳ روندهای افزایشی دمای کمینه حدود ۶۰٪ در حالی‌که روندهای افزایشی دمای بیشینه حدود ۲۷٪ از گستره کشور را فرا گرفته است. از آنجا که دمای بیشینه در روز‌هنگام حادث می‌شود، بیشتر حاصل تعامل شرایط تابشی، وضعیت جو و پوشش‌های مختلف سطح زمین است. بر این اساس دمای بیشینه



شکل ۵: شیب روند دمای بیشینه برحسب درجه در دهه
مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



شکل ۴: پهنه‌بندی روند دمای بیشینه سالانه
مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

شمال استان اصفهان، شرق استان قم، جنوب شرق استان تهران و جنوب استان سمنان، در اطراف سرخس، در اطراف منجیل در جنوب گیلان، در اطراف میانه در جنوب آذربایجان شرقی، شیب روند افزایشی دمای بیشینه بین ۰/۵ تا ۱ درجه در دهه بوده است (شکل ۵).

کانون‌های روند کاهشی بیشتر بر روی ارتفاعات بلند مشاهده می‌شود. در اطراف بافت کرمان، کوه‌رنگ و زردکوه در چهارمحال و بختیاری، فیروزکوه و آبسرد در البرز میانی، شیب روند کاهشی دمای بیشینه بین ۱/۵ تا ۲/۳ درجه در دهه بوده است (شکل ۵). در اطراف بافت کرمان، شیرکوه یزد، ارتفاعات غرب نایین، کوه کرکس در نطنز، اطراف کوه‌رنگ در شمال غرب چهارمحال و بختیاری، اطراف فیروزکوه، زرینه اباتو در همدان، خلخال، چالدران و ماکو، شیب روند کاهشی بین ۱ تا ۱/۵ درجه در دهه بوده است (شکل ۵).

بر اساس شکل شماره ۵، مهمترین کانون روند افزایشی دمای بیشینه در شرق کرمان در نزدیکی شهداد است. در این محدوده بین ۱/۵ تا ۲ درجه در دهه، دمای بیشینه افزایش داشته است. در اطراف همین منطقه در محدوده‌ای در شمال شرق استان کرمان، همچنین در غرب استان کرمانشاه حدفاصل گیلان غرب، سرپل ذهاب و قصر شیرین، شمال دریاچه مسیله حدفاصل غرب استان سمنان، جنوب شرق استان تهران و شمال شرق استان قم و بخش کوچکی در شمال کهنوج، شیب روند افزایشی دمای بیشینه بین ۱ تا ۱/۵ درجه در دهه بوده است (شکل ۵).

در بقیه بخش‌ها شامل باهوکلالت، غرب نصرت‌آباد، حدفاصل میناب، جازموریان تا عزیزآباد بم و میانه جیرفت در جنوب استان کرمان، در اطراف لامرد و گاوبندی در جنوب استان فارس، ایستگاه تثبیت شن تا برازجان در استان بوشهر، حدفاصل هندیجان، بهبهان، باغ ملک تا مسجد سلیمان، ملاثانی، رامهرمز و امیدیه در استان خوزستان همچنین در دهلران در جنوب شرق استان ایلام، بخشی از غرب کرمانشاه، حدفاصل انار، بهاباد، بافق تا میبد و عقدا در استان یزد، حدفاصل

جدول ۲: درصد وسعت روندهای افزایشی و کاهش دمای پیشینه به تفکیک شیب روند در دهه و تفکیک استانی

نام استان	درصد روند افزایشی			درصد روند کاهش			محدوده‌ی جغرافیایی روند
	۱ تا ۱/۵	۱/۵ تا ۲	مجموع	۱- تا ۰/۵	۱- تا ۱/۵	مجموع	
آذربایجان شرقی	۵/۴	۰	۵/۴	۰	۰	۰	روند افزایشی در جنوب میانه
آذربایجان غربی	۰	۰	۰	۱/۹	۷/۱۲	۸/۲۱	روند کاهش در شمال غرب استان
اردبیل	۰	۰	۰	۱۴	۳/۱	۳/۱۵	روند کاهش در جنوب شرق
اصفهان	۸/۱۱	۸	۶/۱۲	۱۴	۲/۳	۱۶/۳	شمال افزایشی، مرکز، جنوب و غرب کاهش
ایلام	۳۶	۰	۳۶	۰	۰	۰	روند افزایشی در جنوب شرقی
بوشهر	۱۲/۹	۰	۱۲/۹	۰	۰	۰	روند افزایشی در مرکز استان
تهران و البرز	۱۰/۸	۸/۴	۱۹/۲	۹/۶	۲/۴	۱۸	جنوب افزایشی - شرق کاهش
چهارمحال و بختیاری	۰	۰	۰	۴۰/۲	۹/۷	۵۵/۴	کاهش از شمال غرب تا جنوب شرق
خراسان جنوبی	۱۸/۶	۳/۲	۲۱/۸	۱۹/۶	۰	۱۹/۶	شمال شرق کاهش - جنوب غرب افزایش
خراسان رضوی	۰/۷	۰	۰/۷	۰/۴	۰	۰/۴	روند افزایشی اطراف سرخس
خراسان شمالی	۰	۰	۰	۷/۲	۰	۷/۲	روند کاهش در جنوب غربی استان
خوزستان	۲۲/۶	۰	۲۲/۶	۰	۰	۰	روند افزایشی در شرق استان
زنجان	۰	۰	۰	۱۳/۵	۰	۱۳/۵	مرکز استان کاهش
سمنان	۲۷/۶	۶/۳	۳۳/۹	۲/۱	۰	۲/۱	مرکز و جنوب شرق افزایش
سیستان و بلوچستان	۵/۳	۰	۵/۳	۰/۶	۰	۰/۶	روند افزایشی در شمال غرب استان
فارس	۵/۷	۰	۵/۷	۳/۹	۰	۳/۹	روند افزایشی در جنوب
قزوین	۰	۰	۰	۲۳/۳	۰	۲۳/۳	روند کاهش در جنوب استان
قم	۳۱/۴	۱۵/۷	۴۷/۱	۰	۰	۰	روند افزایشی در شرق استان
کردستان	۰	۰	۰	۲۰/۲	۲/۳	۲۲/۵	روند کاهش در شمال استان
کرمان	۳۰/۶	۱۲/۱	۴۷/۷	۶/۷	۳/۴	۱۱/۱	شمال شرق و جنوب افزایشی - مرکز کاهش
کرمانشاه	۶/۱۳	۸/۱۱	۴/۲۵	۰	۰	۰	روند افزایشی در غرب استان
کهگیلویه و بویراحمد	۱۱/۷	۰	۱۱/۷	۱۱/۷	۰	۱۱/۷	روند افزایشی در غرب و کاهش در جنوب شرق
گلستان	۱/۱	۰	۱/۱	۰	۰	۰	----
گیلان	۱/۶	۰	۱/۶	۱/۳	۰	۱/۳	روند کاهش در شمال غرب استان
لرستان	۰	۰	۰	۷/۲	۰	۷/۲	جنوب شرق و شمال غرب کاهش
مازندران	۰	۰	۰	۱۶/۱	۲/۸	۱۹/۸	روند کاهش در جنوب استان
مرکزی	۰	۰	۰	۶/۲	۰	۶/۲	روند کاهش در شمال غرب
هرمزگان	۷/۴	۰	۷/۴	۰	۰	۰	روند افزایشی در شمال شرق استان
همدان	۰	۰	۰	۱/۲	۰	۱/۲	----
یزد	۱۹/۳	۰	۱۹/۳	۶/۷	۱/۱	۷/۸	مرکز و جنوب شرق افزایشی - شیرکوه کاهش

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

زاهدان، روی ارتفاعات زاگرس از سپیدان، یاسوج، حنا، سمیرم، امام قیس، گندمان تا فریدون شهر در غرب

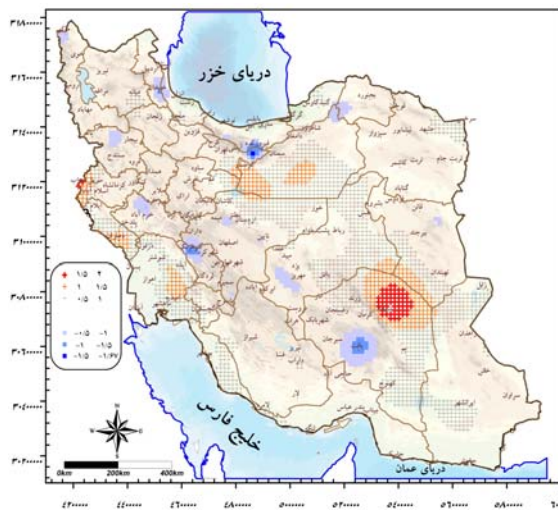
حد فاصل سیرجان، راین تا شمال حاجی‌آباد در محدوده‌ی استان کرمان، چشمه زیارتگاه در غرب

تهران، قزوین و کردستان مشاهده می‌شود. استان‌های آذربایجان شرقی، ایلام، بوشهر، خوزستان، قم، کرمانشاه، گلستان و هرمزگان فاقد روندهای کاهشی بوده‌اند. استان‌های کرمان، یزد، اصفهان، خراسان جنوبی، تهران و کهگیلویه و بویراحمد، به دلیل تنوع ارتفاعی زیاد، در بخش‌های مرتفع، روند کاهشی و در بخش‌های پست و کم‌ارتفاع، روندهای افزایشی را تجربه نموده‌اند. در نهایت استان‌های خراسان رضوی، همدان و گلستان نسبت به سایر استان‌ها روند قابل توجهی را تجربه نمودند.

ج- روند دمای متوسط روزانه

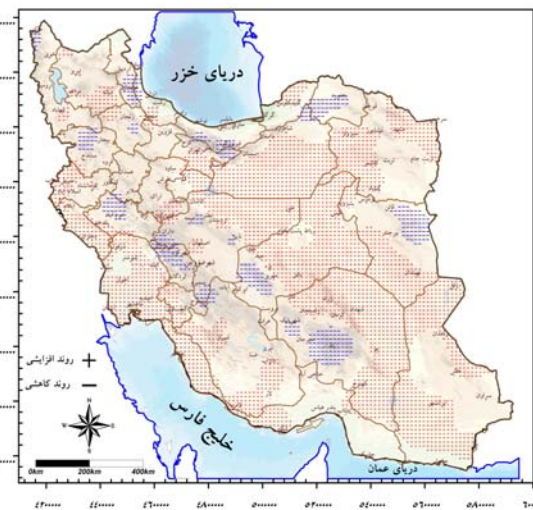
از آنجا که دمای متوسط روزانه از ترکیب دمای کمینه و بیشینه به دست می‌آید، لذا نقشه‌های روند آن نیز حالت بینابینی داشته و در واقع میانگینی از دو نقشه دیگر است. بطوری‌که گستره روندهای افزایشی در نقشه دمای متوسط روزانه، نسبت به دمای کمینه محدودتر بوده و نسبت به دمای بیشینه افزایش نشان می‌دهد.

استان اصفهان، اطراف نایین، حد فاصل میمه، شمال مورچه خورت تا نطنز و ابیانه، اطراف نورآباد لرستان، اطراف قروه، محدوده‌ای در شمال سنندج و دیواندره تا گل تپه تکاب، حدفاصل بانه و سردشت، محدوده‌ای بین دوزج، آوج، خدابنده تا جنوب زنجان، اطراف خلخال، شمال غرب آذربایجان غربی، سیاه بیشه در البرز غربی، اطراف فیروزکوه، اطراف محمدآبادسوادکوه و افراسر در البرز شرقی، در اطراف ناردین و جاجرم تا دشت گلستان، اطراف بجنورد، اسدآباد تربت حیدریه، اسدآباد بیرجند، قاین، فتح‌آباد فردوس تا مرز افغانستان، روند کاهشی دمای بیشینه ۰/۵ تا ۱ درجه در دهه بوده است (شکل ۵). بر اساس جدول ۲، در مجموع استان‌های کرمان، سمنان، قم، یزد، کرمانشاه و ایلام بیش از سایر استان‌ها در معرض روند افزایشی دمای بیشینه قرار داشته‌اند. استان‌های آذربایجان غربی، اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، زنجان، قزوین، کردستان، لرستان، مرکزی و همدان فاقد روند افزایشی دمای بیشینه بوده‌اند. روندهای کاهشی بیشتر در استان‌های چهارمحال و بختیاری، آذربایجان غربی،



شکل ۷: شیب روند دمای متوسط برحسب درجه در دهه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



شکل ۶: پهنه‌بندی روند دمای متوسط سالانه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

که نقشه‌های حاصل از هر دو روش تقریباً مشابه هم بوده و تفاوت معناداری را نشان نمی‌دهند. لذا به دلیل رعایت اختصار از آوردن نقشه‌های آن خودداری می‌گردد. لیکن جهت انجام مقایسه، نتایج آن به صورت درصد مساحت روند دماهای کمینه، بیشینه و متوسط برای هر دو روش در جدول ۳، آورده شده است.

روندهای کاهشی نیز که در نقشه بیشینه گسترده‌تر بوده در این نقشه محدودتر است. اما نکته‌ی مهم کانون‌های روند است که در هر سه نقشه موقعیت تقریباً مشابهی را نشان می‌دهند (شکل‌های ۳، ۵ و ۷). یکی از اهداف این پژوهش مقایسه‌ی پهنه‌های روند حاصل از روش پارامتر رگرسیون خطی (آزمون بتا) و روش ناپارامتری مان-کندال است. بررسی‌ها نشان داد

جدول ۳: درصد مساحت روند دماهای سالانه کمینه، متوسط و بیشینه در ایران

دما	نوع روند	درصد مساحت آزمون بتا سطح ۰/۰۱	درصد مساحت آزمون مان کندال سطح ۰/۰۱
کمینه	روند کاهشی (-)	۳/۳٪	۳/۲٪
	بدون روند	۳۷/۲٪	۳۳/۵٪
	روندافزایی (+)	۵۹/۴٪	۶۳/۴٪
متوسط	روند کاهشی (-)	۶/۸٪	۵/۹٪
	بدون روند	۴۷/۱٪	۴۳/۷٪
	روندافزایی (+)	۴۶/۲٪	۵۰/۴٪
بیشینه	روند کاهشی (-)	۱۴٪	۱۲/۸٪
	بدون روند	۵۹/۱٪	۵۶/۴٪
	روندافزایی (+)	۲۶/۸٪	۳۰/۸٪

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

سال در طی دوره‌ی مورد مطالعه و حتی قبل از آن بوده است. در این سال متوسط مکانی دمای کشور به ۱۹/۵۲ درجه سلسیوس رسید که نسبت به میانگین مکانی بلند مدت کشور حدود ۱/۵ درجه بیشتر بوده است.

در دوره‌ی مورد مطالعه کشور ایران سردترین دوره خود را در سال ۱۹۷۲ (۱۳۵۱) و همین طور سال ۱۹۹۲ (۱۳۷۱) به ترتیب با ۱۶/۴۵ و ۱۶/۸۸ درجه سلسیوس تجربه نموده است (جدول ۴ و شکل ۸). سرمایه‌ی سال ۱۹۹۲ را می‌توان به فوران کوه پیناتوبو^۱ در فیلیپین (۱۹۹۱) منتسب دانست که طی آن حدود ۲۰ میلیون تن دی اکسید سولفور به جو زمین تزریق شد و علاوه بر آن با پرتاب شدن میلیون‌ها تن خاکستر آتشفشانی در جو زمین موجب منفی شدن بیلان تابش خورشید گردید. بطوری‌که متوسط دمای زمین به مدت دو سال بین ۰/۳ تا ۰/۵ درجه سلسیوس کاهش یافت (نوریان، ۱۳۸۵: ۱۰). اما سال ۲۰۰۱ (۱۳۸۰) گرمترین

جدول ۴: میانگین مکانی عناصر دمايي ايران طی دوره‌ی ۱۹۶۱-۲۰۰۸

سال شمسی	سال میلادی	دماي کمینه	دماي متوسط	دماي بیشینه	میانگین شناور	سال شمسی	سال میلادی	دماي کمینه	دماي متوسط	دماي بیشینه	میانگین شناور
۱۳۴۰	۱۹۶۱	۱۰/۴۴	۱۷/۹۸	۲۵/۵۲	۱۷/۹۸	۱۳۶۴	۱۹۸۵	۱۰/۵۲	۱۸/۰۱	۲۵/۵	۱۷/۷۲۸
۱۳۴۱	۱۹۶۲	۱۰/۲۳	۱۸/۰۶	۲۵/۸۸	۱۸/۰۲	۱۳۶۵	۱۹۸۶	۱۰/۶۱	۱۷/۶۶	۲۴/۷۱	۱۷/۷۲۶
۱۳۴۲	۱۹۶۳	۱۰/۹۵	۱۸/۶۲	۲۶/۳۹	۱۸/۲۲	۱۳۶۶	۱۹۸۷	۱۱/۰۵	۱۸/۴۲	۲۵/۷۹	۱۷/۷۵۱
۱۳۴۳	۱۹۶۴	۵۶/۹	۱۷/۱۵	۲۴/۷۴	۱۷/۹۵	۱۳۶۷	۱۹۸۸	۱۱/۱۶	۱۸/۳	۲۵/۴۳	۱۷/۷۷۱
۱۳۴۴	۱۹۶۵	۱۰/۵۱	۱۷/۹۹	۲۵/۴۷	۱۷/۹۶	۱۳۶۸	۱۹۸۹	۱۰/۴۵	۱۷/۷	۲۴/۹۶	۱۷/۷۶۸
۱۳۴۵	۱۹۶۶	۱۱/۱۵	۱۸/۷۶	۲۶/۳۸	۱۸/۰۹	۱۳۶۹	۱۹۹۰	۱۱/۱	۱۸/۴۲	۲۵/۷۴	۱۷/۷۹
۱۳۴۶	۱۹۶۷	۹/۸۴	۱۷/۳۴	۲۴/۸۴	۱۷/۹۸	۱۳۷۰	۱۹۹۱	۱۱/۰۲	۱۷/۹۷	۲۴/۹۲	۱۷/۷۹۶
۱۳۴۷	۱۹۶۸	۱۰/۵۲	۱۷/۹۱	۲۵/۲۹	۱۷/۹۷	۱۳۷۱	۱۹۹۲	۱۰/۰۲	۱۶/۸۸	۲۳/۷۴	۱۷/۷۶۷
۱۳۴۸	۱۹۶۹	۱۰/۲۸	۱۷/۶۷	۲۵/۰۶	۱۷/۹۴	۱۳۷۲	۱۹۹۳	۱۰/۹۷	۱۷/۷۵	۲۴/۵۴	۱۷/۷۶۷
۱۳۴۹	۱۹۷۰	۱۰/۸۸	۱۸/۶۳	۲۶/۳۸	۱۸/۰۱	۱۳۷۳	۱۹۹۴	۱۱/۶۴	۱۸/۴۷	۲۵/۳	۱۷/۷۸۷
۱۳۵۰	۱۹۷۱	۱۰/۴۱	۱۷/۸۹	۲۵/۳۷	۱۸	۱۳۷۴	۱۹۹۵	۱۱/۳۷	۱۸/۴۱	۲۵/۴۵	۱۷/۸۰۵
۱۳۵۱	۱۹۷۲	۹/۳۲	۱۶/۴۵	۲۳/۵۸	۱۷/۸۷	۱۳۷۵	۱۹۹۶	۱۱/۵۴	۱۸/۲۶	۲۴/۹۸	۱۷/۸۱۸
۱۳۵۲	۱۹۷۳	۹/۸۲	۱۷/۵	۲۵/۱۸	۱۷/۸۴	۱۳۷۶	۱۹۹۷	۱۲/۰۷	۱۸/۵۴	۲۵/۰۱	۱۷/۸۳۷
۱۳۵۳	۱۹۷۴	۹/۶۹	۱۶/۸۲	۲۳/۹۵	۱۷/۷۶	۱۳۷۷	۱۹۹۸	۱۲/۱۵	۱۹/۱۸	۲۶/۲	۱۷/۸۳۷
۱۳۵۴	۱۹۷۵	۹/۸۶	۱۷/۳۴	۲۴/۸۱	۱۷/۷۴	۱۳۷۸	۱۹۹۹	۱۲/۰۷	۱۹/۰۸	۲۶/۰۹	۱۷/۹۰۴
۱۳۵۵	۱۹۷۶	۱۰/۱۵	۱۷/۲۷	۲۴/۳۹	۱۷/۷۱	۱۳۷۹	۲۰۰۰	۱۱/۸۵	۱۸/۸۲	۲۵/۸	۱۷/۹۲۷
۱۳۵۶	۱۹۷۷	۱۰/۷۹	۱۸/۰۶	۲۵/۳۳	۱۷/۷۳	۱۳۸۰	۲۰۰۱	۱۲/۳۲	۱۹/۵۲	۲۶/۷۲	۱۷/۹۶۵
۱۳۵۷	۱۹۷۸	۱۰/۳۷	۱۷/۸۷	۲۵/۳۷	۱۷/۷۴	۱۳۸۱	۲۰۰۲	۱۱/۹۴	۱۹/۰۲	۲۶/۱	۱۷/۹۹
۱۳۵۸	۱۹۷۹	۱۰/۳	۱۷/۷۹	۲۵/۲۷	۱۷/۷۴	۱۳۸۲	۲۰۰۳	۱۱/۸۶	۱۸/۷۷	۲۵/۶۹	۱۸/۰۰۹
۱۳۵۹	۱۹۸۰	۱۰/۳۹	۱۷/۹۵	۲۵/۵	۱۷/۷۵	۱۳۸۳	۲۰۰۴	۱۲/۰۷	۱۸/۹۲	۲۵/۷۷	۱۸/۰۲۹
۱۳۶۰	۱۹۸۱	۱۰/۵۹	۱۸/۰۱	۲۵/۴۳	۱۷/۷۶	۱۳۸۴	۲۰۰۵	۱۱/۸۲	۱۸/۷۱	۲۵/۶	۱۸/۰۴۴
۱۳۶۱	۱۹۸۲	۹/۸۱	۱۶/۹۶	۲۴/۱۱	۱۷/۷۲	۱۳۸۵	۲۰۰۶	۱۲/۱۹	۱۹/۰۱	۲۵/۸۳	۱۸/۰۶۵
۱۳۶۲	۱۹۸۳	۱۰/۲۱	۱۷/۷۵	۲۵/۲۹	۱۷/۷۲	۱۳۸۶	۲۰۰۷	۱۱/۶	۱۸/۵۴	۲۵/۴۸	۱۸/۰۷۵
۱۳۶۳	۱۹۸۴	۱۰/۰۸	۱۷/۴۴	۲۴/۸۱	۱۷/۷۱	۱۳۸۷	۲۰۰۸	۱۱/۶۶	۱۸/۷۱	۲۵/۷۷	۱۸/۰۸۹

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

گردید (جدول ۵). این در حالی است که این دماها در سال نهایی (۲۰۰۸) نسبت به سال مبدأ (۱۹۶۱) به ترتیب ۱/۲۲، ۰/۷۴ و ۰/۲۵ درجه سلسیوس افزایش یافته است (جدول ۴).

همچنین در این پژوهش میانگین مکانی دماهای کمینه، متوسط و بیشینه ایران در بازه‌ی زمانی سالانه، طی دوره‌ی مورد مطالعه از ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۸ به ترتیب ۱۰/۸۵، ۱۸/۰۹ و ۲۵/۳۲ درجه سانتیگراد محاسبه

جدول ۵: آماره‌های دمای سالانه کمینه، بیشینه و متوسط روزانه ایران (درجه سلسیوس)

دمای کمینه	دمای متوسط	دمای بیشینه	
۱۰/۴۳	۱۷/۹۷	۲۵/۵۲	متوسط مکانی دمای ایران در سال ۱۹۶۱
۱۱/۶۵	۱۸/۷۱	۲۵/۷۷	متوسط مکانی دمای ایران در سال ۲۰۰۸
۱۰/۸۵	۱۸/۰۹	۲۵/۳۲	متوسط مکانی دمای ایران در دوره ۴۸ ساله
۱۲/۳۲	۱۹/۵۲	۲۶/۷۲	بالاترین متوسط مکانی دمای ایران (سال ۲۰۰۱)
۹/۳۲	۱۶/۴۵	۲۳/۵۸	پایین ترین متوسط مکانی دمای ایران (سال ۱۹۷۲)
۳/۰۱	۳/۰۷	۳/۱۴	دامنه دما
۱۰/۰۷	۱۸/۰۱	۲۵/۴	میانه
۰/۸۱۵	۰/۶۳۲	۰/۶۷۷	انحراف معیار
۰/۱۸۱	-۰/۲۲۳	-۰/۵۲۸	چولگی

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

است. این موضوع می‌تواند بیانگر این واقعیت باشد که عوامل کنترل‌کننده تغییرات دمای کمینه با عواملی که در شکل‌گیری تغییرات دمای بیشینه دخالت دارند، متفاوت بوده و منشأ یکسانی ندارند.

برخی از آماره‌های وردانه‌های دمایی کشور در جدول ۵ گردآوری شده است. موضوع چشمگیری که در این جدول جلب توجه می‌کند، مقدار چولگی دمای کمینه و بیشینه است که مقادیر متفاوتی را به خود گرفته

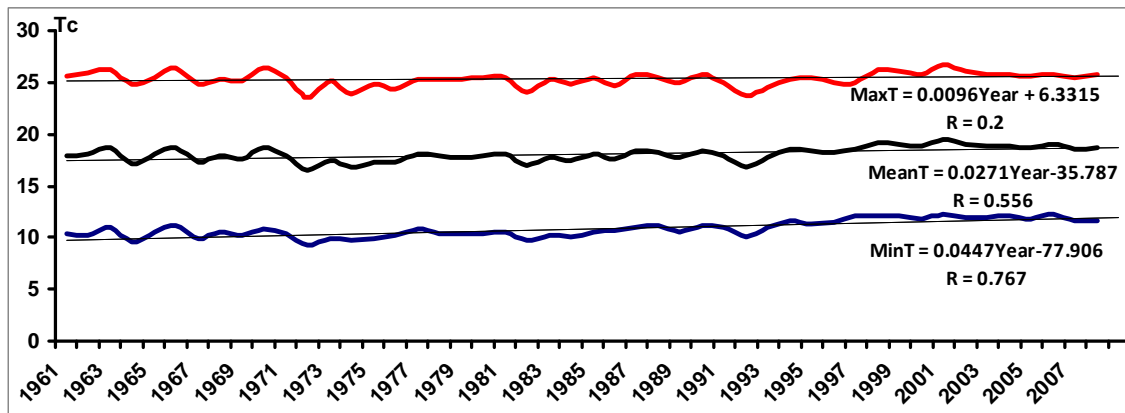
جدول ۶: آهنگ تغییرات ۴۸ ساله دمای کمینه، بیشینه و متوسط روزانه ایران (درجه سلسیوس)

آهنگ افزایش ۴۸ ساله	نوع روند	حدبالا	حدپایین	پی ولیو	خطای استاندارد برآورد	ضریب تعیین	ضریب همبستگی	معادله خط روند	دمای سالانه
۰/۴۵	بدون روند	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۵	۰/۱۷۸	۰/۶۷۱	۰/۰۳۹	۰/۱۹۸	MaxT=0.0096Year+6.33	بیشینه
۱/۳	روند افزایشی	۰/۰۳۹	۰/۰۱۵	۰	۰/۵۷۲	۰/۳۱۰	۰/۵۵۷	MeanT=0.0271Year-35.78	متوسط
۲/۱	روند افزایشی	۰/۰۵۶	۰/۰۳۴	۰	۰/۵۲۸	۰/۵۹۰	۰/۷۶۸	MinT=0.0447Year-77.907	کمینه

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱

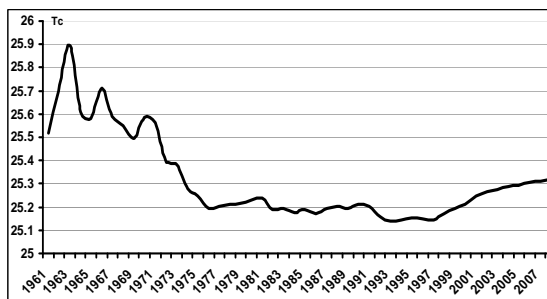
بخش اعظم سکونتگاه‌های شهری و روستایی را در خود جای داده است، شب‌های گرم‌تر و زمستان‌های ملایم‌تری را سپری خواهند نمود. این موضوع می‌تواند بر زیست‌بوم‌های گیاهی و جانوری این مناطق تأثیر گذاشته و آستانه‌های رویشی گونه‌های گیاهی را تغییر دهد. این تحولات به معنای تغییر پهنه‌های کشت محصولات کشاورزی در آینده است. به عبارت دیگر در آینده‌ای نه چندان دور شاهد تغییر مرزهای جغرافیای کشاورزی کشور خواهیم بود.

در نهایت برای به‌دست آوردن حالت کلی روند دمای سالانه کشور، به کمک سری زمانی وردانه‌های دمایی که در جدول ۴ آورده شده، آزمون روند رگرسیون خطی بر روی آن اعمال گردید (جدول ۶ و شکل ۸). بر اساس اطلاعات جدول ۶، طی دوره‌ی مورد مطالعه دمای کمینه کشور بطور متوسط ۲/۱ درجه سلسیوس افزایش یافته که بیش از ۴ برابر آهنگ افزایشی دمای بیشینه است. این موضوع نشان می‌دهد که دمای شب‌هنگام با شیب تندتری رو به افزایش است و در آینده دست کم مناطق پست و کم‌ارتفاع کشور، که



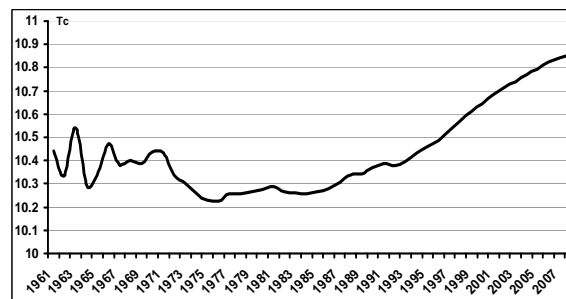
شکل ۸: سری زمانی دمای کمینه، بیشینه و متوسط سالانه ایران در دوره‌ی ۱۹۶۱ - ۲۰۰۸

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



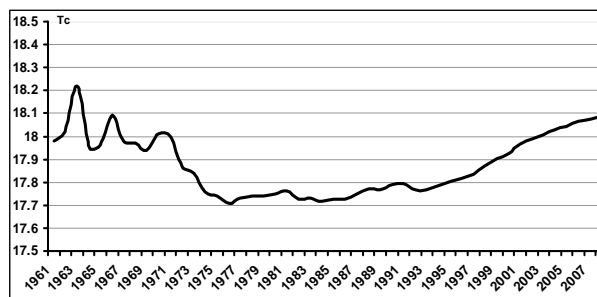
شکل ۹: میانگین شناور سری زمانی دمای بیشینه ایران

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



شکل ۱۰: میانگین شناور سری زمانی دمای کمینه ایران

مأخذ: مطالعات میدانی نگارنده، ۱۳۹۱



شکل ۱۱: میانگین شناور سری زمانی دمای متوسط سالانه ایران

مأخذ:

دمای بیشینه کمی متفاوت‌تر است بطوری‌که در دوره‌ی ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۷ دوره نسبتاً پایداری را تجربه نموده و از سال ۱۹۹۸ با شیب ملایم‌تری نسبت به دمای کمینه رو به افزایش گذاشته است (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱).

نمودار میانگین شناور دمای کمینه نشان می‌دهد که طی دوره‌ی ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۲ دمای کمینه رفتار نسبتاً با ثباتی داشته، لیکن از سال ۱۹۹۳ با شیب نسبتاً قابل توجهی رو به افزایش گذاشته است. دمای متوسط نیز رفتار مشابهی را نشان می‌دهد. اما وضعیت

نتیجه

بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی روند دمای کمینه، بیشینه و متوسط روزانه کشور طی حدود نیم قرن گذشته که به کمک روش‌های رگرسیون خطی و مان کندانال در سطح اطمینان ۹۹ درصد محاسبه و ترسیم گردید، نشان داد که دمای کشور رو به افزایش است. این افزایش بیشتر در مناطق پست و کم‌ارتفاع روی داده است. در این میان دمای کمینه از اهمیت بیشتری برخوردار است. دمای کمینه که در شب‌هنگام روی می‌دهد، در ۶۰ درصد وسعت کشور روند افزایشی نشان می‌دهد. از آنجا که دمای شب‌هنگام به شدت تحت تأثیر گازهای گلخانه‌ای و ترازمندی تابش موج بلند زمین قرار دارد، لذا گستردگی روند افزایش دمای کمینه را می‌توان به افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی در زمینه مصرف بی‌رویه و بالای سوخت‌های فسیلی در کشور و جهان منتسب دانست.

روندهای کاهش که بیشتر بر روی ارتفاعات و قله مرتفع کوهستانی کشور خودنمایی می‌کند را می‌توان با دیده‌ی تردید نگریست. زیرا تراکم شبکه‌ی ایستگاه‌ها بر روی ارتفاعات و مناطق کوهستانی بسیار کم است بطوری‌که مرتفع‌ترین ایستگاه کشور در ارتفاع حدود ۲۹۰۰ متری واقع است لذا از وضعیت دمایی ارتفاعات بالاتر اطلاعات چندان معتبر و دقیقی در دست نیست. شاید این نکته چندان نیز مهم نباشد زیرا مراکز جمعیتی و سکونتگاهی کشور در بخش‌های پست و کم‌ارتفاع مستقر هستند که بیشتر در معرض روندهای افزایشی، به ویژه برای دمای کمینه، قرار داشته‌اند. با توجه به اینکه تراکم شبکه‌ی ایستگاه‌های کشور در این مناطق قابل توجه است، لذا به نتایج حاصل از تحلیل‌های روند در مناطق پست و کم‌ارتفاع با درجه اطمینان بیشتری می‌توان استناد نمود و اذعان داشت که تغییرات دما در این مناطق بسیار جدی است و در

آینده‌ای نه چندان دور اثرات منفی زیست محیطی خود را بر جای خواهد گذاشت.

این پژوهش نشان داد که شدت روند در تمامی پهنه‌ها یکسان و یکنواخت نبوده است و برای دمای کمینه شدت آن در استان کرمان غرب لوت در منطقه شهداد، در بخش‌های مرکزی استان سمنان، شرق خوزستان، جنوب استان ایلام و غرب استان کرمانشاه، بیشتر بوده و این مناطق بیش از سایر جاها در معرض آسیب‌های محیطی ناشی از افزایش دمای کمینه، قرار دارند. اما از سوی دیگر استان‌های خراسان شمالی، همدان و چهارمحال و بختیاری کمتر در معرض روندهای افزایشی دما، قرار داشته‌اند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد شدت گرمایش جهانی در ایران به مراتب بیش از متوسط جهانی است. بطوری‌که آهنگ افزایش دمای کمینه ۲/۱، دمای متوسط ۱/۳ و دمای بیشینه ۰/۴۵ درجه سلسیوس برآورد گردید. این درحالی است که در ۱۰۰ سال اخیر آهنگ افزایش دمای متوسط جهانی بین ۰/۵۶ تا ۰/۹۲ درجه سلسیوس بوده است. لذا در آینده‌ای نزدیک با تغییرات محیطی منفی متعددی مواجه خواهیم شد که تمدن بشری را بویژه در عرض‌های میانی تهدید خواهد کرد. از جمله این تهدیدات می‌توان به تغییر نوع بارش‌ها به شکل مایع، کاهش ماندگاری برف در حوضه‌های آبخیز، افزایش سیلاب، کاهش تداوم رواناب در رودخانه‌ها، افزایش تلفات آب ناشی از تبخیر، افزایش تلفات آب ناشی از تفرق شبانه گیاهان و نهایتاً تشدید خشکی، کاهش روزهای یخبندان و به دنبال آن هجوم حشرات، آفات و بیماری‌های گیاهی، بروز بیماری‌های جدید و ناشناخته، تغییر الگوهای کشت و تغییر پهنه‌های کشت محصولات کشاورزی، جابجایی کمربندهای گیاهی بر روی ارتفاعات و غیره اشاره نمود. لذا سیاستگذاران و برنامه‌ریزان محیطی می‌بایست خود را با چنین رویدادهای محیطی منفی آماده نمایند و راهکارهای مقابله با آن را بررسی نمایند.

منابع

- منتظری، مجید (۱۳۸۴). تحلیل زمانی و مکانی دمای ایران در نیم سده‌ی گذشته، پایان‌نامه دکتری اقلیم‌شناسی. استادان راهنما: سید ابوالفضل مسعودیان و حسنعلی غیور. گروه جغرافیا. دانشگاه اصفهان.
- نوریان، علی محمد (۱۳۷۵). تردیدهای علمی در تغییر اقلیم کره زمین، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۴۵.
- Aesawy, A.M. and H.M.Hasanean (1998). Annual and seasonal climatic analysis of surface air temperature variations at six southern Mediterranean stations, *Theor. Appl. Climatol.* Vol 61.
- Astatkie, T. and E.K.Yiridoe, J.S.Clark (2003). Testing for trend in variability of climate data: measures and temporal aggregation with applications to Canadian data, *Theor. Appl. Climatol.* Vol 76.
- Brunetti, M. and L.Buffoni, M.Maugeri, T.Nanni (2000). Trends of minimum and maximum Daily Temperatures in Italy from 1865 to 1996, *Theor.Appl.Climatol.* Vol 66.
- Chung, Y.S. and M.B.Yoon (2000). Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea, *Theor. Appl.Climatol*, Vol 67.
- El Agib, N.A, A.S.A.Abdou (2010). Development of temperature in the kingdom of Bahrain from 1947 to 2005, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 101.
- El Kenavy, A. M. and G.I. Lopez Moreno, Sergio M. Vicente Serano, M.S, Mekld (2009). Temperature trends in Libya over the second half of the 20th century, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 98.
- Fan, X.H, M.B Wang (2011). Change trends of air temperature and precipitation over Shanxi province China, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 103.
- Fujibe, F (2010). Day of the week variations of urban temperature and their long-term trends in Japan, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 102.
- Jones, D. A (1999). Characteristics of Australian land surface Temperature variability, *Theor. Appl. Climatol*, Vol 63.
- Keyano, M.T, C.Sansigolo (2009). Interannual to decadal variations of precipitation and daily maximum and daily minimum temperatures in southern Brazil, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 97.
- Kutiel. H. and P.Maheras (1998). Variations in the temperature regime across the Mediterranean during the last century and their relationship with circulation indices, *Theor. Appl.Climatol.* Vol 61.
- باتاچاریا، گوری ک؛ جانسون، ریچارد ا (۱۳۷۸). مفاهیم و روش‌های آماری، جلد دوم. ترجمه مرتضی ابن شهر آشوب، و فتاح میکائیلی. مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- زاهدی، مجید؛ بهروز ساری صراف؛ جاوید جامعی (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰.
- شیرغلامی، هادی؛ بیژن قهرمان (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره ۱.
- عزیزی، قاسم؛ مصطفی کریمی؛ زهرا سبک‌خیز (۱۳۸۴). روند دمایی چند دهه‌ی اخیر ایران و افزایش CO₂ جو، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم تهران. شماره ۵.
- عساکره، حسین (۱۳۸۶). کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه تبریز. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۸۷.
- علیجانی، بهلول؛ یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۴). مقایسه و پیش‌بینی تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی، مجله جغرافیا و توسعه.
- کاویانی، محمدرضا؛ حسین عساکره (۱۳۸۰). بررسی و مدل‌سازی روند دما در طی سده گذشته (مطالعه موردی: ایستگاه جاسک). مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه اصفهان. شماره ۲۶ و ۲۷.
- محمدی، حسین؛ فرحناز تقوی (۱۳۸۴). روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۳.
- محمدی، حسین؛ معصومه مقبل؛ فیروز رنجبر (۱۳۸۹). مطالعه تغییرات بارش و دمای ایران با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN. جغرافیا (فصلنامه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران). شماره ۲۵.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۳.
- مزیدی، احمد؛ فاطمه فلاح‌زاده (۱۳۹۰). تحلیل دمای سالانه خاک در ایستگاه یزد، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۴.

- Sansigolo C.A, M.T.Keyano (2010). Trend of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in southern Brazil, *Theor, Appl, Climatol*, Vol 101.
- Stafford, J.M.and G.Wendler, J. Curtis (2000). Temperature and Precipitation of Alaska , 50Year Trend analysis, *Theor Appl, Climatol*, Vol 67.
- Toreti, A., F.Desiato (2008). Temperature trend over Italy from1961to 2006, *Theor, Appl, Climatol*, Vol 91.
- Turkes, M. and U.M.Sumer (2004). Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of turkey, *Theor. Appl.Climatol*. Vol 77.
- Von de vyver, H (2011). Evolution of extreme temperature in Belgium since the 1950, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 105.
- Xie,H., J.Ye, X.Liu, E.Chongyi (2010). warming and drying trends on the Tibetan plateau (1971-2005), *Theor, Appl,Climatol*, Vol 101.
- Xuedoug, L., ZH.Yili, Y.Zhijun, G.Tongliang, W.Hong, C.Duo, L.Linshan, ZH.Fei (2008). The trend on runoff variationsin the Lhasa River Basin, *T. Geogr. Sci*. Vol 18.
- Yue, S, and M.Hashino (2003). Temperature Trend in Japan,1900-1996,*Theor Appl. Climatol*, Vol 75.
- Maugeri,M.and T.Nanni(1998). Air Temperature variations in Italy, Recent Trends and an update to 1993 , *Theor, Appl, Climatol*,Vol 61.
- Mohsin, T., W.A Gaugh (2010). Trend analysis of long- term temperature time series in the Greater Toronto Area (GTA), *Theor, Appl, Climatol*, Vol 101.
- Nasrallah, H.A and R.C Balling (1993). Analysis of recent climate chnges in the Arabian Peninsula Region, *Theor, Appl,Climatol*, Vol 53.
- Nasrallah, H.A and R.C Balling (1993). Spatial and temporal analysis of Middle Eastern temperature change,*Theor,Appl,Climatol*,Vol 25.
- Nasrallah, H.A and R.C Balling (1995). Impact of desertification on temperature trends in the Middle East, *Environmental monitoring and assessment*, Vol 37.
- Proedrou, M., G.Theoharatos, and C.Cartalis, (1997). Variations and trends in annual and seasonal air temperatures in Greece determined from ground and satellite measurements, *Theor, Appl, Climatol*, Vol 57.
- Rebetez, M (2001). Changes in daily and nightly day-to-day temperature variability during the twentieth century for two stations in Switzerland, *Theor. Appl. Climatol*. Vol 69.