

پایش روند دمای ماهیانه ایران مبتنی بر برونداد پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی

ERA Interim نسخه (ECMWF)

محمود احمدی¹، عباسعلی داداشی رودباری²

تاریخ وصول: 1397/01/17 تاریخ تایید: 1397/12/20

چکیده

نقش دما و اهمیت دگرگونی آن باعث شده است که طی چند دهه اخیر توجه جدی به این پدیده آب و هوایی شود. روند رو به رشد دما در برخی از مناطق ایران و پیامدهای احتمالی آن منجر به نگرانی جدی برای پژوهشگران و برنامه‌ریزان شده است. هدف از این پژوهش دگرگونی مکانی روند دمای ایران طی چهار دهه اخیر می باشد. برای ارزیابی این روند از پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim طی دوره زمانی 1979 - 2015 میلادی با تفکیک مکانی $0/125 \times 0/125$ درجه قوسی برای هر ماه با 9966 یاخته استفاده شد. و جهت آشکارسازی روند دما از دو روش ناپارامتریک Mann-Kendall و Sen's Slope بهره گرفته شد. نتایج نشان داد، چهار ماه فوریه، مارس، می و اکتبر روند دمایی یک جهته (افزایشی) را تجربه کرده‌اند. بیشینه متوسط آهنگ روند افزایشی کشور مربوط به فصل زمستان و کمینه آن متعلق به فصل پاییز بوده است. در تمامی ماه‌های سال مناطقی از کشور که بین مدار 30 تا 35 درجه شمالی قرار داشته‌اند بیشینه روند معنادار افزایشی را تجربه کرده‌اند. قلمرو مناطق سرد و معتدل کشور بیش از سایر مناطق دستخوش افزایش روند دما بوده‌اند. همچنین روند منفی جنوب شرق و جنوب (سواحل بوشهر) ایران ناشی از چهار دلیل: 1- دگرگونی خرد آب و هواشناسی محل؛ 2- افزایش هواویزهای هواسپهری؛ 3- بخار آب قابل بارش و 4- ابرها و دامنه دگرگونی دما، هستند. بیشینه متوسط شیب دمایی کشور با 0/11 درجه سانتی‌گراد مربوط به ماه فوریه و کمینه آن نیز به 0/002 درجه سانتی‌گراد در ماه نوامبر اتفاق افتاده است. به طور کلی زمستان‌های ایران در حال گرم‌تر شدن است و این امر یک خطر جدی برای کانون‌های برف‌گیر کشور تلقی خواهد شد.

کلیدواژگان: روند دما، پایگاه ECMWF، روش Mann-Kendall، روش Sen's Slope، ایران.

1- دانشیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران، نویسنده مسئول: Ma_ahmadi@sbu.ac.ir

2- دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران.

مقدمه

دما یکی از مهم‌ترین پارامترهای آب‌وهوایی است که دگرگونی آن می‌تواند ساختار آب‌وهوایی هر مکانی را دگرگون سازد؛ در همین راستا پایش روند دما در پیمانه‌های گوناگون زمانی-مکانی بخش چشمگیری از پژوهش‌های آب‌وهواشناسی را به خود اختصاص داده است (مسعودیان، ۱۳۸۳). دگرگونی الگوی دمای جهانی در شرایط فعلی و آینده به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های حال حاضر پژوهشگران، سیاستمداران و برنامه‌ریزان تبدیل شده است. بطوریکه هیئت بین‌الدول دگرگونی‌های آب‌وهوایی (IPCC, 2007) ابراز داشته است که اگر این روند رو به رشد انتشار گازهای گلخانه‌ای کنترل نشود آب‌وهوای زمین با یک بحران جدی روبرو خواهد شد. پژوهش‌های بسیاری پنج عامل غلظت گازهای گلخانه‌ای، میزان اوزون استراتوسفر، افشانه‌ها در تروپوسفر، افشانه‌ها در استراتوسفر و فعالیت‌های کلف‌های خورشیدی را عمده‌ترین دلایل برای توجیه دگرگونی دمای مشاهداتی در قرن اخیر و دهه‌های پیش دانسته‌اند (سانتر و همکاران^۱، ۱۹۹۶). سه عامل اول به شدت فعالیت‌های بشر و دو مورد دیگر مربوط به عوامل طبیعی است (شیر غلامی و قهرمان، ۱۳۸۴).

هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوایی (IPCC) در پنجمین (AR5) ارزیابی خود به گرم شدن بی‌سابقه زمین از سال ۱۹۵۰ میلادی اشاره داشته است. ارزیابی‌های داده‌های دما جهانی نشان می‌دهد که متوسط دمای زمین ۰/۸۴ درجه سانتی‌گراد بین سال‌های ۱۸۶۰ تا ۲۰۱۱ نسبت به دهه‌های پیشین افزایش یافته است (IPCC, 2013). ارزیابی دگرگونی روند آب‌وهوای جهانی نشان داده است که از یک الگوی یکنواخت مکانی-زمانی پیروی نمی‌کند (جونز و مویرگ^۲، ۲۰۰۳) لذا مطالعه دگرگونی روند برای پارامتری مهمی همچون دما می‌تواند به پیش‌بینی شرایط آینده و برنامه‌ریزی‌ها کمک شایان توجهی کند. در برخی از مطالعات از جمله گزارش چهارم (IPCC (AR4), 2007) خاورمیانه و حوزه شرق دریای مدیترانه را یکی از مهم‌ترین مناطق به جهت آسیب‌های احتمالی دگرگونی‌های آب‌وهوایی عنوان کرده‌اند (بوزکورت و سن^۳، ۲۰۱۳). روند رو به رشد دما در برخی از مناطق ایران و پیامدهای احتمالی آن منجر به نگرانی جدی برای پژوهشگران و برنامه‌ریزان شده است.

نقش دما و اهمیت دگرگونی آن باعث شده است که طی چند دهه اخیر توجه جدی به این پدیده آب‌وهوایی شود و تلاش‌هایی زیادی هم برای تولید و توسعه پایگاه‌های داده با تفکیک مکانی بالا برای دوره‌های بلندمدت گردید. در حال حاضر سه مجموعه داده اصلی در پیمانه جهانی در دسترس قرار دارند که بخش عمده‌ای از گزارش‌های سازمان‌های جهانی به ویژه IPCC نیز از همین داده‌ها منتج می‌شود. این پایگاه‌ها عبارت‌اند از: شبکه جهانی آب‌وهوای دیرینه (GHCN^۴) بروز شده توسط لایمور و همکاران^۵ (۲۰۱۱)، موسسه مطالعات فضایی گودارد (GISS^۶) به‌روز شده توسط هانسن و همکاران^۷ (۲۰۱۰) و اداره هواشناسی بریتانیا مرکز هادلی/ واحد تحقیقاتی آب‌وهوا (HadCRUTEM4^۸) به‌روز شده توسط جونز و همکاران^۹ (۲۰۱۲). به‌تازگی هیئت بین‌الدول دگرگونی‌های آب‌وهوایی در گزارش پنجم خود (استوکر و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۳) خلاصه‌ای از مراحل گرمایش جهانی را در سطح بین‌المللی بین سال‌های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۱ با استفاده از همین داده‌هایی که در بالا بدان‌ها اشاره شد؛ پرداخته است. این مرکز

-
- 1- Santer et al.
 - 2- Jones and Moberg
 - 3- Bozkurt and Sen
 - 4- the Global Historical Climatology Network (GHCN)
 - 5 - Lawrimore et al.
 - 6- the Goddard Institute of Space Studies (GISS)
 - 7- Hansen et al.
 - 8- the UK Meteorological Office Hadley Center \ Climate \ Research Unit (HadCRUTEM4)
 - 9- Jones et al.
 - 10- Stocker et al.

در آخرین گزارش خود ضمن اذعان به افزایش روند دمایی جهان نتایج پژوهش‌های پیشین در خصوص گرمایش جهانی که مورد تأیید آن طی ۲۰ ساله گذشته بوده پرداخت. همچنین نتیجه‌گیری کرده است که عدم اطمینان از گزینش داده‌ها تأثیری بر نتیجه کلی دمای سطح زمین نخواهد داشت لذا دوره‌های پایه متفاوت هر گروه تحقیقاتی و رویکردهای متفاوت آن‌ها نشانگر استحکام نتایج ارائه شده است.

ژانگ و باشر^۱ (۱۹۹۹) مدل‌های سری زمانی تشخیص روند در جهان را برای دما مطالعه کردند نتایج پژوهش آنان وجود روند خطی را برای دما را ثابت کرده است همچنین پژوهش آنان نشان داده است که روند دمای جهانی دارای یک منشأ طبیعی نمی‌باشد. کالینز (۲۰۱۱) تغییرپذیری دما را در قاره آفریقا با استفاده از داده‌های ژرفاسنج ماکروویو (MSU)، داده‌های سنجنش‌ازدور (RSS) و مجموعه داده‌های دانشگاه آلاباما (Huntsville) برای دوره ۱۹۷۹-۲۰۱۰ مورد بررسی قرارداد و افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در روند دما در شمال نیمکره قاره آفریقا، نیمکره جنوبی آفریقا، آفریقای گرمسیری و آفریقای جنوب غربی مشاهده کرد. اهمیت مطالعات روند دمایی در بین پژوهشگران آب هوا باعث شده تا به‌منظور آشکار رفتار آن طیف وسیعی از داده‌ها را مورد بررسی قرار دهند بطوریکه باکوسکی^۲ (۲۰۱۲) روند را با استفاده از شش مدل آب‌وهوایی منطقه ایی (RCMs) از مجموعه مدل‌های NARCCAP^۳ برای یک دوره ۲۴ ساله مورد ارزیابی قرارداد و نتایج حاصل از آن را به شکل فصلی مورد ارزیابی قرارداد. فیادس^۴ (۲۰۱۷) به ارزیابی روند دمای یونان با استفاده از داده‌های زمینی و ماهواره ایی و ارتباط آن با الگوی های گردشی تا سال ۲۰۱۳ پرداخت نتایج پژوهش وی نشان داده است که در ۱۸ ایستگاه روند مثبت را تجربه کرده اند. همچنین تأثیر الگوهای هواسپهری با روند دما در این پژوهش نشان داده است در فصول زمستان و تابستان شاخص‌های EMPI و NCPI بهتر واریانس مربوط به دما را توضیح می‌دهند.

نخستین پژوهشی که به شکل ساختارمند و با استفاده از داده‌های شبکه ایی روند دمای ایران را مورد بررسی قرار داده است پژوهش مسعودیان (۱۳۸۳) است وی در ارزیابی روند دمای نیم‌قرن اخیر ایران (۲۰۰۰-۱۹۵۱) از پایگاه ایی که توسط خود پژوهشگر تولید و توسعه داده شد (پایگاه اسفزاری) در شبکه ایی به ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر روند دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسیده است که دمای شبانه ایران در هر صدسال ۳، دمای روزانه ۱ و دمای شبانه‌روزی ۲ درجه افزایش داشته است. همچنین وی ابراز داشته است که روندهای افزایش دما عمدتاً در سرزمین‌های گرم و کم ارتفاع و روندهای کاهش عمده‌تاً در رشته‌کوه‌ها اتفاق افتاده است. شیر غلامی و قهرمان (۱۳۸۴) در ارزیابی روند تغییرات دمای متوسط سالانه ایران طی دوره آماری مشترک ۱۹۶۸ تا ۱۹۹۸ برای ۳۴ ایستگاه همدید ایران به این نتیجه رسیدند که ۶۸ درصد ایستگاه‌ها دارای روند مثبت و ۳۲ درصد دارای روند منفی هستند. روند و تغییرپذیری دما در ایران در دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۰ پس از تعدیل ناهمگنی‌های غیرطبیعی موجود در داده‌ها نیز پژوهشی است که رحیم زاده و نساجی زواره (۱۳۹۳) بدان پرداخته‌اند؛ آنان داده‌های ۳۳ ایستگاه همدیدی کشور که طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۰ دارای داده بودند را انتخاب و مورد ارزیابی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که ایران با دارا بودن مناطق آب‌وهوایی متفاوت، ضمن افت‌وخیزهای نسبی یکنواخت، شاهد روند افزایشی میانگین دماهای کمینه و بیشینه سالانه به ترتیب با نرخ‌هایی حدود ۰/۴-۰/۵ و ۰/۲-۰/۳ درجه سلسیوس بر دهه بوده است. منتظری (۱۳۹۳) نیز با استفاده از روش‌های پارامتری رگرسیون خطی و ناپارامتری من-کندال برای شبکه ایی به ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر طی دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۶۱ به این نتیجه رسید که دمای ایران رو به افزایش است و کانون این دمای افزایشی نیز در مناطق پست و کم ارتفاع متمرکز شدند. افزایش دمای هوا در بخش‌های قابل‌توجهی از ایران بخصوص جنوب، شرق و جنوب شرق توسط

1- Zheng & Basher

2- Bukovsky

3- The North American Regional Climate Change Assessment Program (NARCCAP)

4- Feidas

کوثری و همکاران (۲۰۱۱) تأیید شده است. همچنین طبری و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی روند دمای بیشینه و کمینه ایران در مقیاس‌های سالانه، فصلی و ماهانه برای ۱۹ ایستگاه همدید در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران طی ۱۹۹۶-۲۰۰۵ وجود روندهای افزایشی را برای کشور تأیید کردند. کوثری و همکاران (۲۰۱۳) روند دمای بیشینه دمای هوا را در سه مقیاس سالانه، فصلی و سری زمانی ماهانه برای ۳۲ ایستگاه همدید ایران طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ با استفاده از روش ناپارامتریک من-کندال مورد بررسی قرار دادند؛ نتایج آنان نشان داده است که روند دگرگونی معنی‌دار دمای بیشینه در ماه‌های گرم آوریل، ژوئن، جولای، اوت و سپتامبر وجود دارد ارزیابی آن‌ها در مقیاس زمانی سالانه نشان داده است که تقریباً در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار مثبت است.

ارزیابی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که در مطالعات مربوط به ارزیابی روند دما در کشور بیش‌ازحد به داده‌های ایستگاهی اکتفا شده است، این ایستگاه‌ها از یک طرف به رقم اینکه تفکیک مکانی نامناسبی دارند از سوی دیگر مناطق مختلف ارتفاعی کشور را نیز پوشش نمی‌دهند لذا نمی‌توانند تعریف درستی از روند دگرگونی دمایی کشور ارائه دهند. همچنین معهود مطالعاتی که بر پایه پایگاه‌های شبکه ایی در کشور انجام شده، آن دست از مطالعاتی را شامل می‌شود که از پایگاه ملی اسفزاری استفاده کرده‌اند، این پایگاه نیز هرچند توانسته نتایج ارزشمندی را در خصوص پارامترهای آب هوایی در کشور ارائه دهد ولی به جهت آنکه ۱- ایستگاه‌های موجود با بازه زمانی شناور را یاخته بندی کرده است (به استناد مطالعات انجام شده و طیف وسیعی از ایستگاه‌هایی که در این پایگاه ارائه شده آنچه کاملاً بدیهی می‌باشد، دوره زمانی ناهماهنگ این ایستگاه‌ها است)؛ ۲- به استناد پژوهش مسعودیان (۱۳۸۳) این پایگاه (اسفزاری) از روش کریجینگ (پژوهشگر عنوان نکرده چه نوع کریجینگ؟) استفاده کرده است؛ هرچند این روش در مطالعات آب هواشناسی بخصوص برای مناطق کوهستانی همچون ایران بسیار ارزشمند است ولی نتوانسته نقش ارتفاعات را یاخته‌های مورد مطالعه بگنجانند. ۳- پایگاه اسفزاری داده‌های تا سال ۲۰۰۴ را پوشش می‌دهد؛ البته این پایگاه بر پایه ۴۴۲۰ ایستگاه همدیدی، اقلیمی و باران‌سنجی تا سال ۲۰۱۳ به روزرسانی گردید (دارند و زند کریمی، ۱۳۹۵) اما تاکنون پژوهشی برای روند دمای ایران با نسخه دوم این پایگاه انجام نشده است. لذا مطالعه حاضر می‌تواند به‌عنوان جدیدترین دستاورد پژوهشی روند دمای ایران حائز اهمیت باشد. این مطالعه باهدف آشکارسازی روند دمای ماهیانه ایران طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۷۹ میلادی با تفکیک مکانی 0.125×0.125 درجه قوسی نگاشته شده تا بتوان نتایج حاصل از آن را در مطالعات مربوط به دگرگونی‌های آب هوایی، کشاورزی، مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آینده منابع آبی و انرژی کشور مورد بهره‌برداری قرار داد.

روش تحقیق

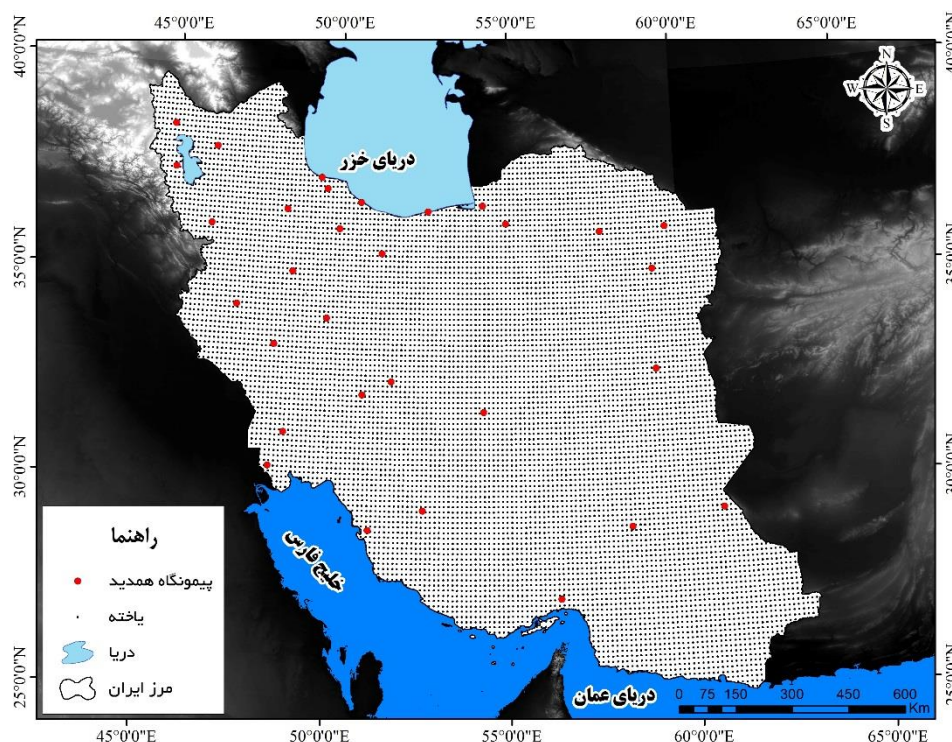
الف- ایستگاه‌های آب‌وهواشناسی همدید

داده‌های ۳۲ ایستگاه آب‌وهواشناسی همدید (یاخته‌هایی بارنگ سرخ در شکل ۱ و جدول ۱) طی دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۱۵ میلادی به‌منظور صحت‌سنجی داده‌های مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA-Interim استفاده شد. در انتخاب ایستگاه‌ها افزون بر لحاظ نمودن مناطق آب‌وهوایی گوناگون کشور سعی شد تا از هر استان یک ایستگاه انتخاب شود.

ب- پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA-Interim

ERA-Interim توسط مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) تولید و توسعه داده می‌شود. داده‌های این پایگاه به شکل ساعتی از سال ۱۹۷۹ در دسترس می‌باشد که هر روزه توسط مرکز توسعه‌دهنده آن به‌نگام می‌شود (سیمونز و همکاران، ۲۰۰۶). تفکیک مکانی این پایگاه نیز بسیار متنوع بوده به‌طوری‌که ۱۱ تفکیک مکانی مختلف از تارنمای این مرکز قابل سفارشی‌سازی و دریافت است؛ که به ترتیب عبارت‌اند از: 3×3 ، $2/5 \times 2/5$ ، 2×2 ،

۱/۵×۱/۵، ۱/۱۲۵×۱/۱۲۵، ۱×۱، ۰/۷۵×۰/۷۵، ۰/۵×۰/۵، ۰/۴×۰/۴، ۰/۲۵×۰/۲۵ و ۰/۱۲۵×۰/۱۲۵ درجه قوسی. در این پژوهش داده‌های با تفکیک مکانی ۰/۱۲۵×۰/۱۲۵ درجه قوسی برای دوره زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵ میلادی به شکل روزانه از تارنمای مرکز مربوطه بارگیری گردید. پس از رمزگشایی داده‌ها در محیط *Matlab*، آرایه‌ای به ابعاد ۴۴۴×۹۹۶۶ ایجاد شد. در این آرایه ۹۹۶۶ یاخته‌هایی بافاصله نزدیک به ۱۲/۵ در ۱۲/۵ کیلومتر و ۴۴۴ مجموع تعداد ماه‌های مورد مطالعه می‌باشند. در گام بعدی ابعاد این آرایه به ۱۲×۹۹۶۶ کاهش یافت که ۱۲ معرف ماه‌های سال می‌باشد.



شکل ۱: پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA-Interim با تفکیک مکانی ۰/۱۲۵×۰/۱۲۵ درجه قوسی به همراه پیمونگه‌های همدید شاخص

روش‌های پارامتری و ناپارامتری برای شناسایی روند در پژوهش‌های بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما روش‌های ناپارامتری به دلیل توانایشان در پایش داده‌های پرت از یک‌سو و همچنین ضرورت نداشتن نرمال بودن داده‌ها بیش‌تر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (دوهان و پاندی، ۲۰۱۳). به‌منظور ارزیابی روند دمای ماهیانه از آزمون ناپارامتریک من-کندال^۲ استفاده شده است. این روش نیز همانند آزمون شیب‌خط سنس در مباحث علوم محیطی به‌طور گسترده‌ای کاربرد دارد (داداشی رودباری و همکاران، ۱۳۹۴). در آزمون من-کندال نمره Z از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$Z = \begin{cases} x = \frac{S - 1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ x = \frac{S + 1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

1- Duhan & Pandey
2- Mann-Kendall

جهت برآورد شیب روند در سری زمانی دورنمای بارش از روش ناپارامتریک سنس^۱ استفاده شده است. روش حاضر همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من-کندال بر ارزیابی تفاوت بین مشاهدات سری زمانی استوار است (همان). این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی یک‌روند خطی باشد. این بدین معناست که $f(t)$ در معادله (۲) برابر است با:

$$f(t) = Qt + B \quad (2)$$

که Q ، شیب خط روند و B ، مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند یعنی Q ، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردد:

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (3)$$

که $j > k$ است. در این معادله x_j و x_k به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های j و k است. شرح کامل این روش‌ها توسط سن^۲ (۱۹۶۸)، من^۳ (۱۹۴۵) و کندال^۴ (۱۹۷۵) ارائه شده است.

نتایج و بحث

صحت سنجی برونداد پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim با استفاده از میانگین دمای هوای پیمونگاه‌های همدید

برای صحت سنجی نتایج پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA-Interim از ۳۲ پیمونگاه همدید منتخب کشور طی دوره آماری بلندمدت ۱۹۷۹ الی ۲۰۱۵ با کاربست دو آماره ریشه میانگین مربع خطاها (RMSE) و ضریب تعیین (R^2) استفاده شده که شرح آن در جدول (۱) آمده است. خروجی پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim برای دمای ایران در ماه‌های مختلف از عملکرد بالایی برخوردار می‌باشد. ضرایب تعیین برای بیشتر پیمونگاه‌های منتخب بالای ۰/۹۸ را نشان داده است. انزلی و رامسر به جهت شرایط بارشی و زنجان به جهت شرایط کوهستانی و خاص آب‌وهوایی مقدار آماره ضریب تعیین کاهش یافته است. ریشه میانگین مربع خطاها در بین پیمونگاه‌ها از ۰/۵۳۱ در شاهرود تا ۴/۵۹۳ در ایستگاه اصفهان مشاهده متغیر می‌باشد. نتایج معیار RMSE در پیمونگاه‌های مناطق کوهستانی و مرتفع از عملکرد کمتری برخوردار بوده که دور از انتظار نیز نبوده است. در یک نگاه کلی مشخص می‌شود که شاخص برای تمامی پیمونگاه‌های منتخب کمتر از ۱۰ است لذا نتایج پایگاه از دقت بسیاری بالایی برخوردار است. دقت این پایگاه برای سایر پارامترهای آب‌وهوایی نیز پیش‌تر توسط دارند و زند کریمی (۱۳۹۴) برای بارش و دارند (۱۳۹۴) برای رطوبت نیز در گستره ایران مورد تأیید قرار گرفته است.

جدول ۱: مقادیر شاخص ریشه متوسط مربع خطا (RMSE) و ضریب تعیین (R^2) بین پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim و پیمونگاه‌های همدید منتخب کشور برای دوره (۱۹۷۹-۲۰۱۵)

ایستگاه	RMS E	R ²	ایستگاه	RMS E	R ²	ایستگاه	RMS E	R ²	ایستگاه	RMS E	R ²
آبادان	۱/۶۴۱	/۹۹	بوشهر	۲/۰۹۸	/۹۹	مشهد	۰/۸۷۲	/۹۹	شاهرود	۰/۵۳۱	/۹۹
اهواز	۰/۹۶۸	/۹۹	اصفهان	۴/۵۹۳	/۹۸	ارومیه	۱/۱۶۹	/۹۹	شیراز	۱/۱۴۷	/۹۹

- 1- Sen's Slope Estimator Nonparametric Method
- 2- Sen
- 3- Mann
- 4- Kendall

انزلی	۲/۹۶۸	/۹۷	قزوین	۲/۰۴۱	/۹۹	رامسر	۲/۸۲۴	/۹۶	تبریز	۲/۶۸۰	/۹۹
اراک	۱/۶۶۳	/۹۹	گرگان	۲/۵۲۹	/۹۹	رشت	۲/۸۰۶	/۹۹	تهران	۲/۴۳۱	/۹۹
بابلسر	۳/۷۲۲	/۹۹	همدان نوژه	۰/۷۷۸	/۹۹	سبزوار	۲/۶۳۴	/۹۹	تربت حیدر یه	۰/۹۰۵	/۹۹
بم	۱/۶۲۷	/۹۹	کرمانش اه	۱/۴۴۹	/۹۹	سقز	۰/۷۷۰	/۹۹	یزد	۱/۱۰۳	/۹۹
بندر عباس	۱/۵۴۹	/۹۹	خرم آباد	۲/۲۸۰	/۹۹	سنندج	۳/۲۳۵	/۹۰	زاهدان	۲/۴۰۶	/۹۹
بیرجند	۰/۵۶۶	/۹۹	خوی	۲/۸۷۹	/۹۹	شهرک رد	۱/۳۲۲	/۹۹	زنجان	۳/۳۵۹	/۹۱

پایش روند دمای میانگین ایران مبتنی بر برونداد پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواپه‌ر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA

Interim

ارزیابی روند دمای ایران در ماه ژانویه نشان می‌دهد (شکل ۲-الف) که ۱۲/۸۶ درصد از کشور روند افزایشی معنی‌دار در سطح $\alpha = 0.1$ دارند این مناطق بیشتر در استان سمنان و مناطق بیابانی آن قرار دارند، مناطقی با روند افزایشی در سطح $\alpha = 0.05$ ۱۹/۹۰ درصد از کل کشور را در این ماه از سال به خود اختصاص داده‌اند این مناطق بالاتر از مدار ۳۰ درجه شمالی قرار گرفته‌اند بطوریکه از یاسوج تا بجنورد را تحت اشغال دارند. مناطقی با روند افزایشی در سطوح آماری ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ به ترتیب ۱۸/۹۷ و ۱۷/۲۸ درصد از کل مساحت کشور را شامل می‌شوند. مناطقی با فاقد روند معنی‌دار افزایشی ۳۰/۴۳ درصد از کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند که بیشترین سهم از پهنه‌های هم‌روند کشور را به خود اختصاص داده‌اند در این پهنه شهرهای مهمی همچون کرمان، بیرجند، بندرعباس، شیراز و ارومیه قرار گرفته‌اند. در نقطه مقابل مناطقی که دارای فاقد روند کاهشی معنی‌دار هستند سهم ناچیزی از کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند این مناطق تنها ۰/۵۶ از کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند که می‌توان به شهر زاهدان اشاره کرد. هرچند این مقدار کاهشی خلاف روند کلی در منطقه و در سطح جهانی است اما می‌توان آن را به مشخصه‌های خرد آب‌وهوا شناسی محل نسبت داد از سوی دیگر مهم‌ترین علتی که در خصوص روند کاهشی دما برای منطقه جنوب شرق قابل‌ارائه می‌باشد، وجود توفان‌های گردوغبار و ماسه می‌باشد که در سال‌های اخیر بر تعداد روزهای درگیر نیز افزوده شده بطوریکه اسامادی^۱ (۲۰۰۶) نیز به اثر خنک‌کنندگی هواویزها بر آب‌وهوا اشاره داشته است. شیر غلامی و قهرمان (۱۳۸۴) در ارزیابی روند دمای ایران این مقادیر کاهشی را به مشخصه‌های خرد آب‌وهوا شناسی نسبت داده‌اند. ویژگی آهنگ روندهای افزایشی و کاهشی در جدول (۲) به همراه معادلات روند نگاشته شده برای کشور ارائه شده‌اند. بیشینه روند کاهشی ایران در ماه ژانویه ۱/۴۹- به دست آمده است که همان‌طور که اشاره شد این مناطق بیشتر در جنوب شرق کشور و در برخی از مناطق جنوبی مشاهده شده‌اند و علت این پدیده‌های خرد آب‌وهوا شناسی همچون دگرگونی در ساخت‌وساز، کاربری سطح و مهم‌ترین علت آن‌هم آتروسول‌های جوی می‌باشد. متوسط روند افزایشی ایران ۲/۲۴ است که در کمینه ۰/۰۱۳ و در بیشینه ۴/۹۸ است. معادله روند دمایی کشور هم نشان از یک مقدار افزایشی کلی است بطوریکه متوسط شیب روند دمای کشور در ماه ژانویه (Q) ۰/۰۶۳ است این بدان مفهوم است که دمای ژانویه به ازای هر ماه از سال چیزی حدود ۰/۰۶۳ درجه سانتی‌گراد افزوده می‌شود.

برخلاف ماه ژانویه دو ماه فوریه (۲-ب) و مارس (۲-ج) از فصل زمستان از روند یک جهته برخوردار هستند بطوریکه سرتاسر ایران در این دو ماه از سال دما دارای روند افزایشی است. بیشینه روند معنی‌دار افزایشی در ماه فوریه در مناطق

آب هوایی سرد و معتدل قرار دارد که می‌توان به شهرهای اراک، همدان، خرم‌آباد و شهرکرد در آب‌وهوای سرد اشاره کرد. پس از آب‌وهوای سرد مناطقی با آب‌وهوای خشک و کویری بیشینه روند افزایشی را به خود اختصاص دادند که می‌توان به شهر سمنان اشاره کرد. در این ماه (فوریه) ۵۱/۵۴ درصد از کشور روند افزایشی در سطح ۰/۰۰۱ را تجربه کرده‌اند که در فصل زمستان پس از مارس بیشینه روند را به خود اختصاص داده است. مهم‌ترین شهرهایی که در این پهنه قرار گرفته‌اند می‌توان به تهران، کرج، قزوین، زنجان، تبریز، سمنان، قم، همدان، اراک، سنندج، کرمانشاه، ایلام، خرم‌آباد، اصفهان، یزد، شهرکرد، اهواز، یاسوج و شیراز اشاره کرد به عبارت دیگر می‌توان ابراز داشت که مناطقی با آب‌وهوای سرد و معتدل در فصل زمستان بیشینه روند افزایشی دما را تجربه کرده‌اند. ماه مارس وسعت پهنه‌هایی با همین روند معنادار افزایشی (۰/۰۰۱) رشد قابل توجهی یافته‌اند و از همه ماه‌های دیگر بیشتر بوده‌اند و به ۷۳/۳۶ درصد رسیده است. همچنین شدیدترین روند افزایشی دما در یک نگاه در دوره سرد سال و همچنین در یک نگاه کلی‌تر در کل سال مربوط به ماه آوریل است. ویژگی متوسط آهنگ روند افزایشی ماه مارس (۳/۹۵) (آماره Z) است و پس از آن ماه فوریه با ۳/۳۶ قرار دارد. بر اساس معادله روند نگاشته شده بیشینه شیب روند دمای ایران ۰/۱۱ درجه سانتی‌گراد مربوط به ماه فوریه است. مناطقی با روند افزایشی ۰/۹۹ در ماه فوریه (شهرهای اردبیل، ارومیه، ساری، گرگان، بجنورد، کرمان، بندرعباس و بوشهر) و در ماه مارس ۲۱/۵۵ (شهرهای مشهد، زاهدان و بوشهر) درصد به دست آمده است. روند افزایشی در سطح ۰/۹۵ نیز در ماه فوریه ۱۲/۴۸ (شهرهای مشهد و بیرجند) و مارس ۵/۰۵ درصد محاسبه گردید. مناطق شرقی و جنوب شرقی ایران در ماه فوریه و جنوب شرقی در ماه مارس به رقم مقدار افزایشی ولی معنی‌داری در روند را نشان نداده‌اند، ادامه‌دار بودن روند افزایشی دما می‌تواند در سال‌های آتی بر معنی‌داری روند افزایشی این مناطق بی‌افزاید. افزایش روند دما آن‌هم در مناطق آب‌وهوایی سرد می‌تواند به تهدید جدی برای انبارهای آب کشور باشد به عبارت دیگر می‌توان اذعان داشت که مرز مناطق آب‌وهوایی در سال‌های اخیر دستخوش تغییرات جدی شده‌اند و آب‌وهوای ایران در حال گرم‌تر شدن است. این امر پیش‌تر توسط مسعودیان (۱۳۸۳) منتظری (۱۳۹۳) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. همچنین براتی و موسوی (۱۳۸۴) نیز که موج‌های زمستان گرما در ایران را مطالعه کردند به نتیجه‌ای مشابه با پژوهش حاضر دست یافته‌اند محققین نامبرده به این نتیجه رسیدند که شدت روند افزایشی دما در ایستگاه‌های مناطق کوهستانی و برف‌گیر شمال غرب، شمال و تا حدودی غرب از مناطق جنوب ایران بیشتر است. همان‌طور که در نقشه‌های هم‌روند مربوط به فصل زمستان پیداست مناطق داخلی ایران روند افزایشی بیشتری را تجربه کرده‌اند که این امر نیز در پژوهش براتی و موسوی (۱۳۸۴) که ۲۱ ایستگاه ایران را طی سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۷۹ مطالعه کرده‌اند همخوانی دارد.

روند دما در فصل بهار پس از فصل زمستان بیشترین افزایش را دارد بطوریکه بیشینه آهنگ روند افزایشی به ترتیب برای ماه‌های آوریل تا ژوئن ۴/۹۸، ۵/۸۲ و ۵/۸۴ است. به‌غیر از ماه می که دما دارای روند یک‌جهته است (افزایشی) است دو ماه آوریل و ژوئن روند دما یک‌جهته نبوده بطوریکه در آوریل ۰/۵۹ درصد از مساحت کشور آن‌هم در گوشه جنوب شرق ایران دارای مقدار کاهشی بوده است اما این مقدار به رقم کاهشی بودن معنادار نبوده است؛ اما در ماه ژوئن در سطوح معنی‌داری ۰/۱ و ۰/۵ به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۶۰ درصد از مساحت کشور دما روند کاهشی را نشان داده است؛ همچنین مناطقی با فاقد روند کاهشی معنی‌دار به نسبت به ماه آوریل رشد چشمگیری را داشته است و به ۶/۳۴ درصد رسیده است. این مناطق پایین‌تر از مدار ۳۰ درجه شمالی قرار گرفته‌اند و قطب کاهشی روند همانند ماه آوریل گوشه جنوب شرق ایران است و پس از آن از بوشهر تا بندرعباس قرار دارد. متوسط روند افزایشی ایران در آوریل ۳/۹۵، می ۵/۸۲ و ژوئن ۵/۸۴ به دست آمده است. همین کمیت برای روند کاهشی در ماه آوریل ۰/۰۷۹- و در ماه ژوئن ۰/۸۸- به دست آمده است. در ماه آوریل ۲۳/۳۳ درصد از کل کشور دارای روند افزایشی در سطح ۰/۰۰۱ می‌باشند که شهرهای سمنان، تهران، کرج، قم، همدان، اراک و شهرکرد را در بر می‌گیرد. روند افزایشی در همین سطح (۰/۰۰۱) برای ماه می

افزایش ۲۰/۱۹ درصدی را داشته و علاوه بر شهرهای پیشین در ماه آوریل شهرهای بجنورد، گرگان، ساری، زنجان، تبریز، سنج و یزد را هم در بر گرفته‌اند. وسعت مناطقی با روند افزایشی در سطح ۰/۰۰۱ در ماه ژوئن هم همچنان ادامه داشته و نسبت به ماه می رشد ۱۲/۲۷ درصدی داشته و به ۵۵/۷۹ درصد رسیده است بطوریکه این بار تمامی شهرهای بالاتر از مدار ۳۰ درجه به غیر استان گیلان و اردبیل و حوالی مراوه‌تپه در استان گلستان را در بر گرفته است. برعکس مناطق با روند افزایشی در سطح ۰/۰۰۱ که در طی فصل بهار روند افزایشی نسبت به ماه پیشین خود داشته‌اند مناطقی با روند افزایشی در سطح ۰/۰۱ الگوی متفاوت را نسبت به سطح معنی‌داری آمایش پیشین را ارائه داده‌اند بطوریکه در ماه آوریل ۲۳/۵۷، ماه می ۲۱/۴۱ و نهایتاً ماه ژوئن ۱۰/۵۷ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده‌اند. همین الگو نیز برای سطح آماری ۰/۰۵ اتفاق افتاده که به ترتیب ماه‌های فصل بهار ۱۶/۸۶، ۱۴/۶۳ و ۵/۷۴ درصد از کل کشور تحت سیطره خود در آورده‌اند. به عبارت دیگر می‌توان اذعان داشت که در فصل بهار مناطق آب‌وهوایی سرد، معتدل، بارانی، گرم و خشک و کویری روند افزایشی دما را تجربه کرده‌اند؛ اما بخش‌های قابل توجهی از مناطق آب‌وهوایی گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب روند کاهشی دما را نشان داده‌اند. کاهش روند دما آن‌هم در فصول گرم سال می‌تواند منتج از یکی از این چهار عامل اساسی باشد: ۱- تغییر خرد آب‌وهوا شناسی محل؛ ۲- افزایش هواویزهای هواسپهری؛ ۳- بخارآب قابل بارش و ۴- ابرها و دامنه دگرگونی دما. دو مورد اول پیش‌تر به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در خصوص مورد سوم، گرم‌تر شدن و ردسپهر سبب افزایش تبخیر از منابع آبی خواهد شد و این امر عموماً منجر به افزایش میانگین جهانی بخارآب هواسپهری و بارندگی می‌شود (هاردی، ۱۳۸۷). بطوریکه فولاند و کارل^۱ (۲۰۰۱) به نقل از هاردی (۱۳۸۷) ابراز داشته‌اند که از سال ۱۹۰۰ میلادی بارش جهانی روی خشکی‌ها حدود ۲ درصد افزایش یافته است. در جنوب ایران به دلیل شرایط دمایی مناسب رطوبت جوی بسیار بالاست (مسعودیان، ۱۳۹۰) اما باید توجه داشت به رقم بسیار مرطوب بودن این منطقه اما به دلیل مهیا نبودن سایر پارامترهای مورد نیاز بارش؛ این منطقه یکی از کم بارش‌ترین مناطق ایران است (همان). در خصوص عامل چهارم (ابرها و دامنه دگرگونی دما) کاهش روند دما در جنوب و جنوب شرق ایران باید توجه داشت که این عامل می‌تواند بعد از هواویزهای هواسپهری مهم‌ترین عامل در روند کاهش دما باشد چراکه افزایش دما و تبخیر از سطح منابع آبی منجر به افزایش ابر می‌باشد. این پدیده آب‌وهوایی توسط نیکولاس و همکاران^۲ (۱۹۹۶) در پیمان‌های جهانی در دهه‌های اخیر مورد تأیید قرار گرفته است. افزایش پوشش ابری منجر به بروز زمستان‌های گرم‌تر (به دام افتادن گرما توسط ابرها) و تابستان‌های خنک‌تر (بازتاب انرژی خورشیدی توسط ابرها) خواهد شد (هاردی، ۱۳۸۷). افزایش روند تعداد روزهای ابری در سواحل دریای عمان و خلیج فارس (بخش‌های قابل توجهی از استان خوزستان) توسط مسعودیان (۱۳۹۰) و احمدی و همکاران (۱۳۹۶) مورد تأیید قرار گرفته است. همچنین دارند (۱۳۹۴) نیز که رطوبت ایران را با استفاده از پایگاه ECMWF ارزیابی کرده است به این نتیجه رسیده است که رطوبت کرانه‌های ساحلی جنوب (خلیج فارس و دریای عمان) و جنوب غرب دریای خزر رو به افزایش است و روند معناداری دارد. لذا به استناد مطالعات انجام شده می‌توان با اطمینان بیشتری در خصوص نقش هواویزهای هواسپهری و ابرها در دگرگونی روند دمایی کشور بحث کرد.

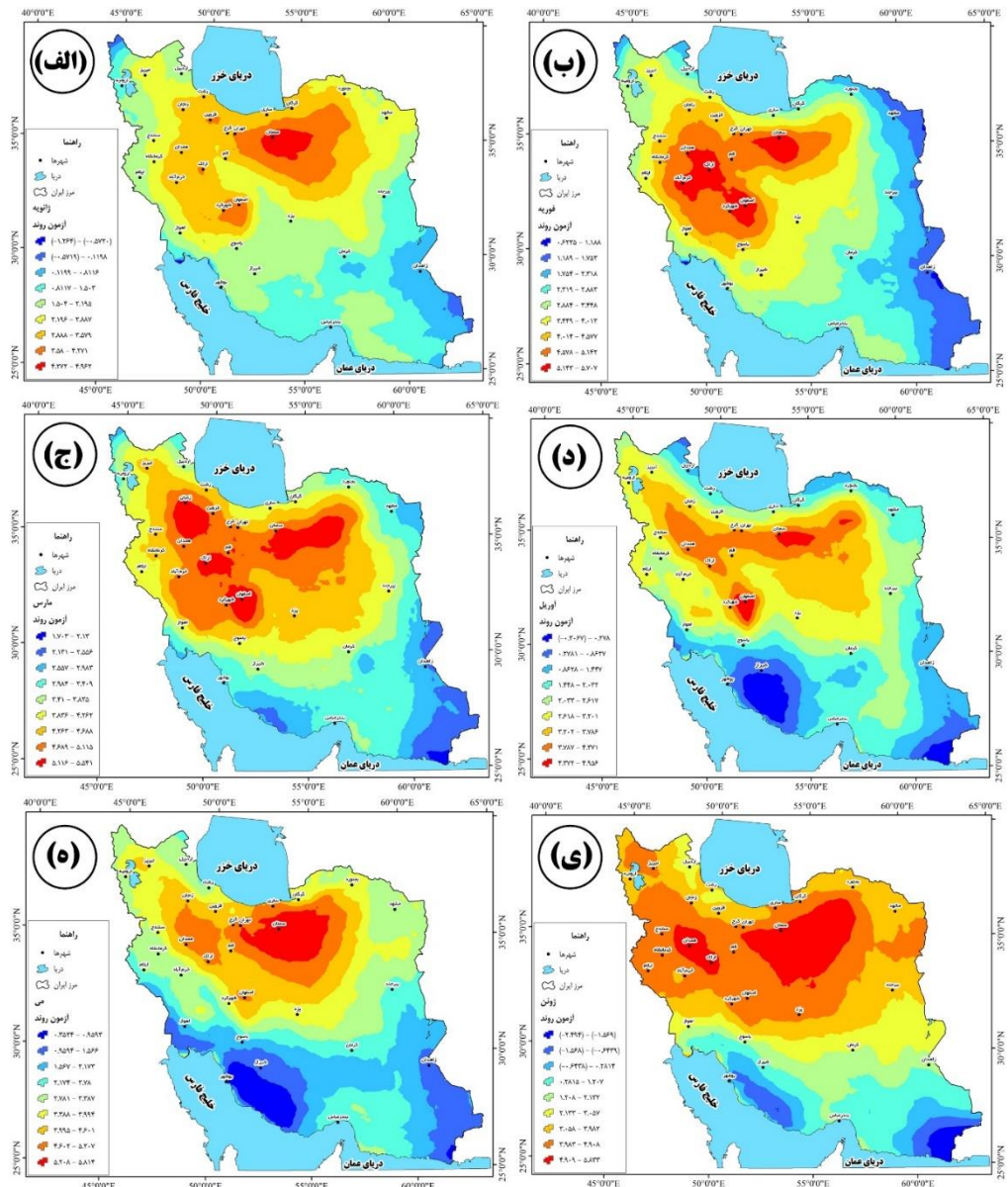
1- Folland and karl.

2- Nicholls et al.

جدول ۲: درصد مساحت روند میانگین دمای ایران مبتنی بر برون‌داد پایگاه پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه

ERA Interim

ماه	فاقد روند معنی‌دار افزایشی	روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۰/۱	روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵	روند افزایشی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱	فاقد روند معنی‌دار کاهششی	روند کاهششی معنی‌دار در سطح ۰/۱	روند کاهششی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵	روند کاهششی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱	روند کاهششی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱
ژانویه	۳۰/۴۳	۱۲/۸۶	۱۹/۹۰	۱۸/۹۷	۰/۵۶	-	-	-	-
فوریه	۵/۸۴	۵/۳۹	۱۲/۴۸	۲۴/۷۵	-	-	-	-	-
مارس	۰/۰۱۰	۰/۰۳۰	۵/۰۵	۲۱/۵۵	-	-	-	-	-
آوریل	۲۵/۳۲	۱۰/۳۳	۱۶/۸۶	۲۳/۵۷	۰/۵۹	-	-	-	-
می	۱۳/۳۸	۷/۰۶	۱۴/۶۳	۲۱/۴۱	-	-	-	-	-
ژوئن	۱۸/۱۰	۲/۴۰	۵/۷۴	۱۰/۵۷	۶/۳۴	۰/۴۶	۰/۶۰	-	-
ژولای	۹/۲۲	۳/۷۴	۱۰/۴۲	۱۸/۳۰	۵/۲۵	۰/۶۰	۰/۱۴۰	-	-
اگوست	۱۲/۵۴	۵/۱۹	۱۰/۱۹	۲۶	۱/۲۰	۰/۰۲۰	-	-	-
سپتامبر	۱۰/۸۰	۱/۹۰	۱۴/۶۵	۲۸/۵۵	۱/۴۴	-	-	-	-
اکتبر	۰/۴۲	۱/۶۹	۱۵/۸۹	۳۴/۴۳	-	-	-	-	-
نوامبر	۴۵/۷۸	۲/۷۱	۱/۱۲	۰/۶۰	۴۶/۷۸	۲/۲۳	۰/۳۳	۰/۰۵۰	۰/۰۲۰
دسامبر	۵۳/۲۱	۱۲/۲۳	۱۳/۰۵	۵/۱۲	۱۵/۶۲	۰/۲۰	-	-	-



شکل ۲: روند دمای ایران مبتنی بر پرونداد پایگاه پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim: الف) ماه ژانویه؛ ب) ماه فوریه؛ ج) ماه مارس؛ د) ماه آوریل؛ ه) ماه می؛ ی) ماه ژوئن

روند دما در فصل تابستان در سطوح آماری مختلف به نسبت سایر فصول از یک نظم نسبی برخوردار بوده است. بطوریکه در روند معنادار افزایشی سطح آماری ۰/۰۰۱ در ماه ژوئیه (شهرهای سمنان، قم، همدان، سنندج، کرمانشاه، خرم‌آباد، ایلام، اصفهان، شهرکرد، یزد و کرمان)، آگوست ۴۴/۸۶ (شهرهای بیرجند، بجنورد، گرگان، ساری، سمنان، رشت، زنجان، اردبیل، تبریز، ارومیه، سنندج، همدان، کرمانشاه، اراک، خرم‌آباد و ایلام) و سپتامبر ۴۲/۶۶ (شهرهای بندرعباس، یزد، اصفهان، اراک، همدان، سنندج، قم، سمنان، ساری، گرگان) درصد از کل کشور را شامل می‌شوند. روند معنادار در سطح ۰/۰۱ در ماه ژوئیه ۱۸/۳۰، آگوست ۲۶ و سپتامبر ۲۸/۵۵ درصد از وسعت کل کشور را تحت اشغال خود در آورده‌اند. به همین ترتیب در سطح ۰/۰۵ نیز به ترتیب ماه‌های فصل تابستان مقادیر ۱۰/۴۲، ۱۰/۱۹ و ۱۴/۶۵ را نشان داده‌اند. روند کاهشی دما نیز همانند ماه‌های قبل در جنوب شرق و جنوب ایران (سواحل بوشهر) مشاهده شده است. ماه ژوئیه مناطقی با روند کاهشی معنادار در سطح ۰/۱ و ۰/۰۵ کمتر از ۱ درصد از کل پهنه‌های هم‌روند کشور

را به خود اختصاص داده‌اند، مناطقی با روند کاهشی معنادار در سطح ۰/۱ نیز بسیار ناچیز بوده بطوریکه عدد ۰/۰۲۰ را نشان داده است. مناطقی با فاقد روند معنی‌دار کاهشی در ژوئیه ۵/۲۵، آگوست ۱/۲۰ و سپتامبر ۱/۴۴ درصد از کل پهنه‌های هم‌روند را تشکیل داده‌اند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که در فصل تابستان به‌غیر از باریکه سواحل دریای عمان تا خلیج فارس که دارای آب هوای خیلی گرم و مرطوب هستند در سایر پهنه‌های ۵ گانه دیگر ایران دما روند افزایشی داشته است؛ که این مقدار در ماه ژوئیه در مناطق محصور در حصار البرز و زاگرس بیشینه بوده است؛ اما در دو ماه آگوست و سپتامبر پهنه‌های روند افزایشی دما به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شدند بطوریکه کرمان در ماه ژوئیه دارای روند افزایشی ۳/۵۴ بوده که در سطح ۰/۰۰۱ معنادار است اما در ماه آگوست مقدار آماره Z به ۱/۹۴ رسیده که در سطح ۰/۱ دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده است. کانون بیشینه روند افزایشی در پایان فصل تابستان (سپتامبر) در گرگان با مقدار بیشینه ۵/۲۴ مشاهده می‌شود. متوسط آهنگ روند معنی‌دار افزایشی در ژوئیه ۳/۱۸، آگوست ۲/۹۸ و سپتامبر ۲/۹۶ برای کشور به‌دست آمده است. بیشینه آهنگ روند افزایشی کشور در فصل تابستان مربوط به ماه سپتامبر با مقدار ۵/۲۴ است. آهنگ متوسط روند کاهشی کشور در فصل تابستان در هیچ‌یک از سطوح آماری روند معنی‌دار را نشان نداده است و از همان رفتار متوسط سالانه پیروی کرده است. شیب روند متوسط دمای کشور در کلیه ماه‌های فصل تابستان یکسان بوده و عدد ۰/۰۵ درجه سانتی‌گرادی را نشان داده است.

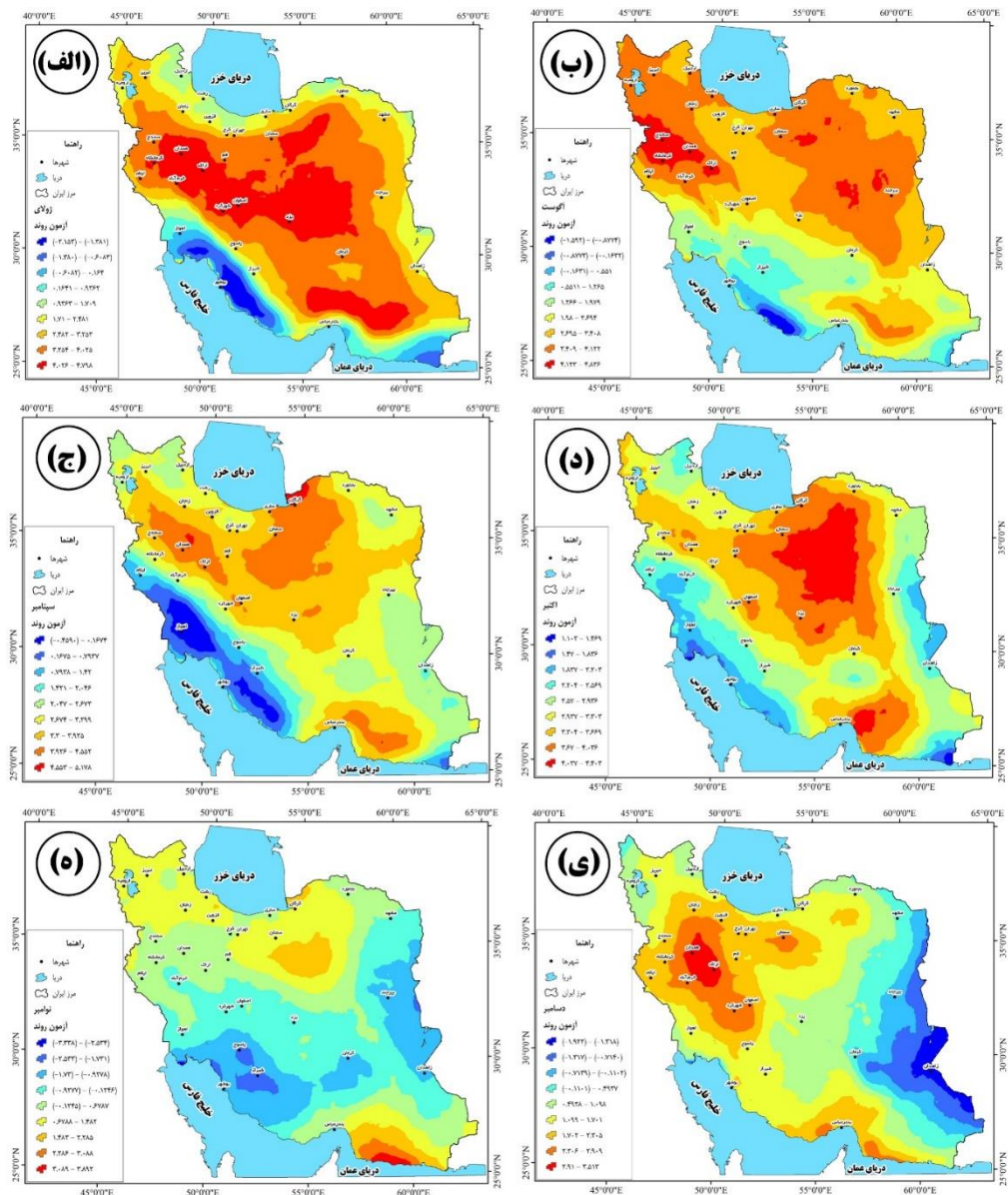
با شروع فصل پاییز الگوهای روند دمایی کشور نیز دستخوش دگرگونی اساسی شده است؛ الگوهای روند دما در ماه اکتبر کماکان از همان الگوی فصل گرم سال تبعیت می‌کنند. این ماه همانند ماه‌های فوریه، مارس و می روند دما یک جهته (افزایشی) است. مناطقی با روند معنادار افزایشی در سطح ۰/۰۰۱ (۴۷/۵۷ درصد) از پهنه‌های هم‌روند کشور را تشکیل داده‌اند که شامل شهرهای مهم یزد، اصفهان، اراک، همدان، سنندج، قم، سمنان، تهران، کرج، گرگان، ساری و بجنورد می‌شود. مناطقی با روند معنادار افزایشی در سطح ۰/۰۱ (۳۴/۴۳) شامل شهرهای کرمان، شیراز، یاسوج، شهرکرد، کرمانشاه، اردبیل، تبریز، زنجان، قزوین، رشت، ارومیه، مشهد و بیرجند، در سطح ۰/۰۵ (۱۵/۸۹) شهرهای زاهدان، اهواز، ایلام، خرم‌آباد) و در سطح ۰/۱ (۱/۶۹) شهر بوشهر) درصد کل کشور را به خود اختصاص داده‌اند. بیشینه آهنگ روند افزایشی در این ماه از سال ۴/۴۰ و متوسط آن ۳/۲۰ به‌دست آمده است. شیب روند دمایی نیز ۰/۰۷ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید.

ماه نوامبر (۳-ه) برخلاف سایر ماه‌های سال که غالب روند کشور افزایشی آن‌هم معنادار بوده است الگویی کاملاً متفاوت از پهنه‌های هم‌روند ارائه داده است؛ بطوریکه ۴۵/۷۸ درصد از کشور را پهنه‌های با فاقد روند افزایشی معنی‌دار و ۴۶/۷۸ درصد از کشور را مناطقی با فاقد روند معنی‌دار کاهشی تشکیل داده‌اند. مناطق با روند کاهشی معنادار در سطوح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ را شهرهای بوشهر، شیراز، یاسوج و بیرجند تشکیل داده‌اند. منطقه کویری سمنان همانند سایر ماه‌های مورد مطالعه روند افزایشی را نشان داده است. همچنین کانون بعدی روند افزایشی کشور نیز سواحل دریای عمان است. متوسط آهنگ روند افزایشی و کاهشی دما در هیچ‌یک از سطوح آماری معنی‌داری را نشان نداده‌اند. همچنین شیب روند متوسط کشور به کمترین مقدار ممکن خود در کل سال با مقدار ۰/۰۰۲ به ازای هرماه از سال رسیده است. ماه دسامبر تغییراً الگوی روند زمستانه به خود گرفته است. در ماه دسامبر مناطقی با روند کاهشی در نوار شرقی کشور قرار گرفته‌اند و درست در نقطه مقابل آن در نوار غربی دمای کشور روندی افزایشی را نشان می‌دهد. بیشینه مناطق تحت اشغال پهنه‌های هم‌روند مربوط به مناطقی با فاقد روند معنی‌دار افزایشی (۵۳/۲۱ درصد) است. پس‌از این پهنه، پهنه مناطقی با فاقد روند معنی‌دار کاهشی با مقدار ۱۵/۶۲ درصد قرار گرفته‌اند. متوسط آهنگ روند افزایشی کشور ۱/۴۲ و متوسط آهنگ روند کاهشی ۰/۷۳- به‌دست آمده است. شیب روند دمایی کشور به ازای هرماه از سال نیز ۰/۰۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است.

جدول ۳: ویژگی‌های آهنگ روند و شیب روند میانگین دمای ایران مبتنی بر برونداد پایگاه داده پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی

ERA Interim نسخه (ECMWF)

ماه	ویژگی آهنگ روند کاهشی (پیشینه)	ویژگی آهنگ روند کاهشی (متوسط)	ویژگی آهنگ روند افزایشی (پیشینه)	ویژگی آهنگ روند افزایشی (متوسط)	ویژگی آهنگ روند کاهشی (کمینه)	ویژگی آهنگ روند افزایشی (کمینه)	معادله روند برای مقدار متوسط کل کشور (این معادله از سمت چپ بر اساس کمیت‌های آماری روند Q و B نوشته شده است.)
ژانویه	۱/۴۹	-۰/۳۳	۰/۰۱۳	۴/۹۸	۰/۰۱۳	۲/۲۴	$f(37) = 0.063(2015-1979) + 4.22$
فوریه	-	-	-	۵/۷۱	-	۰/۴۰	$f(37) = 0.11(2015-1979) + 5.34$
مارس	-	-	-	۵/۵۵	-	۱/۶۳	$f(37) = 0.06(2015-1979) + 9.35$
آوریل	۰/۳۲	۰/۰۷۹	۰/۰۱۵	۴/۹۸	۰/۰۱۳	۲/۴۱	$f(37) = 0.06(2015-1979) + 17.01$
می	-	-	-	۵/۸۲	۰/۳۲	۳/۰۹	$f(37) = 0.07(2015-1979) + 22.34$
ژوئن	۲/۴۹	-۰/۸۸	۰/۰۱۲	۵/۸۴	۰/۲۸	۳/۳۱	$f(37) = 0.06(2015-1979) + 27.07$
ژولای	۲/۱۵	-۰/۹۳	۰/۰۱۲	۴/۸۲	۰/۰۱۳	۳/۱۸	$f(37) = 0.05(2015-1979) + 29.14$
آگوست	۱/۶۸	-۰/۸۲	۰/۰۱۴	۴/۸۵	۰/۰۱۳	۲/۹۸	$f(37) = 0.05(2015-1979) + 28.03$
سپتامبر	۰/۴۸	-۰/۱۹	۰/۰۱۳	۵/۲۴	۰/۰۱۳	۲/۹۶	$f(37) = 0.05(2015-1979) + 24.20$
اکتبر	-	-	-	۴/۴۰	۱/۰۳	۳/۲۰	$f(37) = 0.07(2015-1979) + 17.99$
نوامبر	۳/۵۳	-۰/۷۴	۰/۱۳۰	۳/۹۶	۰/۰۱۳	۰/۸۸	$f(37) = 0.002(2015-1979) + 12.76$
دسامبر	۱/۹۴	-۰/۳۳	۰/۱۳۱	۳/۵۴	۱/۳۰	۱/۴۲	$f(37) = 0.03(2015-1979) + 6.82$



شکل ۳: روند دمای ایران مبتنی بر برونداد پایگاه داده پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim (الف: ژوئیه؛ ب: ماه آگوست؛ ج: ماه سپتامبر؛ د: ماه اکتبر؛ ه: ماه نوامبر؛ ی: ماه دسامبر)

نتیجه‌گیری

این مطالعه به پایش بلندمدت روند ماهیانه دمای ایران مبتنی بر برونداد پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim طی دوره زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵ میلادی پرداخته است. در این راستا داده‌های پایگاه نامبرده با تفکیک مکانی $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ درجه قوسی برای گستره ایران بارگیری و رمزگشایی گردید. ابعاد این آرایه در گام نخست و پیش از تفکیک ماه‌ها 9966×444 به‌دست‌آمده است که ۴۴۴ مجموع ماه‌های سال و ۹۹۶۶ یاخته‌هایی با ابعاد $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ درجه قوسی هستند. برای صحت‌سنجی داده‌ها از دو آماره ریشه میانگین مربع خطاها (RMSE) و ضریب تعیین (R^2) با استفاده از ۳۲ پیمونگه‌همدید که از مناطق آب‌وهوایی گوناگون ایران طی همین دوره آماری نامبرده استفاده شد. سپس در پایان با استفاده از روش‌های Mann-Kendall و Sen's Slope

روند و شیب روند دمای ماهیانه ایران محاسبه گردید و پهنه‌های روند با استفاده از کریجینگ به‌واسطه کمترین مقدار مربع خطا ترسیم شدند.

نتایج صحت سنجی نشان داده است که پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت هواسپهر اروپایی (ECMWF) نسخه ERA Interim در برآورد مکانی دما از دقت بالایی برخوردار است این امر برای پیمونگ‌های داخلی و همچنین مناطق آب‌وهوایی گرم خشک از دقت بسیار بالاتری برخوردار بوده است. بررسی‌های اولیه میانگین روند دمایی کشور نشان داده است که ماه‌های فوریه و مارس از فصل زمستان، می از فصل بهار و اکتبر از فصل پاییز از روند دمایی یک جهته (افزایشی) برخوردار هستند. باین حال روند غالب دمایی کشور افزایشی است که توسط دارند (۱۳۹۴) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. در بین ماه‌های سال تنها نوامبر تمامی سطح روند افزایشی و کاهش را داشته است. همچنین همین ماه بیشینه مناطقی با فاقد روند معنی‌دار کاهش را سپری کرده است. بیشینه روند کاهش معنی‌دار در سطح ۰/۱ نیز مربوط به ماه نوامبر از فصل پاییز بوده است. بیشینه شیب روند افزایشی دما مربوط به فوریه با ۰/۱۱ درجه سانتی‌گراد و کمینه آن مربوط به نوامبر با ۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد بوده است. بیشینه متوسط آهنگ روند افزایشی فصلی دما مربوط به فصل زمستان با مقدار ۳/۱۸ و کمینه همین کمیت آماری مربوط به فصل پاییز با مقدار ۱/۸۳ است. پس از آن به ترتیب فصل‌های تابستان با ۳/۰۴ و بهار با مقدار ۲/۹۶ قرار دارند. به‌عبارت‌دیگر می‌توان اذعان داشت که روند دما در زمستان بیش‌تر از سایر فصول بوده است. افزایش روند موج‌های گرم زمستانه ایران توسط براتی و موسوی (۱۳۸۴) نیز مورد تأیید قرار گرفته است. برخلاف نظر مسعودیان (۱۳۸۳ و ۱۳۹۰) و منتظری (۱۳۹۳) که ابراز داشته‌اند روند غالباً در سرزمین‌های کم ارتفاع دیده می‌شود و در مناطق کوهستانی دما عموماً دارای روند کاهش است این پژوهش نشان داده است که مناطق مرتفع و کوهستانی روند افزایشی را نشان داده‌اند و این دستاورد به دو جهت می‌تواند قابل توجه باشد

۱- استفاده از پایگاه داده بهنگام تر و ۲- دقت بالای پایگاه ECMWF در آشکارسازی مرز نواحی آب‌وهوایی ایران. آنچه باعث این اختلاف در این چهار پژوهش شده را می‌توان به این شرح موارد ارزیابی قرارداد. ۱- پژوهش نخست که توسط مسعودیان (۱۳۸۴) انجام شده است از داده‌های دمایی ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ میلادی استفاده شده است که در نگاه اول بازه زمانی می‌تواند دلیلی آشکار بر این اختلاف باشد چراکه از سال پایانی پژوهش مسعودیان تا پژوهش حاضر ۱۷ سال اختلاف وجود دارد. نکته دیگر روش ریزمقیاس نمایی و تفکیک مکانی یاخته‌های پژوهش مسعودیان (۱۳۸۴) است چرا که نامبرده از روش کریجینگ (پژوهشگر عنوان نکرده از چه روش کریجینگ استفاده کرده است) با تفکیک مکانی ۱۵×۱۵ کیلومتر استفاده است. در پژوهش دیگر که نیز توسط مسعودیان (۱۳۹۰) انجام شده پژوهشگر از داده‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۰ خورشیدی و همان روش پژوهش پیشین استفاده کرده است لذا وجود این اختلاف دور از انتظار نبوده است. ولی منتظری (۱۳۹۳) ابراز داشته است که روندهای کاهش که بیشتر روی ارتفاعات و قله مرتفع کوهستانی کشور خودنمایی می‌کنند را می‌توان با دیده تردید نگریست. همان‌طور که خود پژوهشگر به‌درستی اشاره کرده است تراکم پیمونگ‌ها بر روی ارتفاعات و مناطق کوهستانی بسیار کم است لذا بحث از وضعیت دمایی کشور در مناطق مرتفع و کوهستانی با استفاده از پیمونگ‌های آب‌وهوا شناسی موجود نمی‌تواند برآوردی دقیق و معتبر باشد. بر این اساس می‌توان پژوهش حاضر را به‌نوعی در اثبات فرضی که منتظری (۱۳۹۳) در پژوهش خود عنوان کرده دانست. در فصل بهار مناطق آب‌وهوایی سرد، معتدل، بارانی، گرم و خشک و کویری روند افزایشی دما را تجربه کرده‌اند؛ اما بخش‌های قابل توجهی از مناطق آب‌وهوایی گرم و مرطوب و خیلی گرم و مرطوب روند کاهش دما را نشان داده‌اند. کاهش روند دما در فصول گرم سال می‌تواند از یکی از این چهار عامل پیروی کند: ۱- تغییر خرد آب‌وهوا شناسی محل (شیر غلامی و قهرمان، ۱۳۸۴)؛ ۲- افزایش هواویزهای هواسپهری (اسمادی، ۲۰۰۶؛ ساتیج و مورتی، ۲۰۰۵؛ ژائو و همکاران،

1- Satheesh and Moorthy

2- Zhao and et al.

۲۰۱۱؛ ۳- بخار آب قابل بارش (হারدی، ۱۳۸۷) و ۴- ابرها و دامنه دگرگونی دما (হারدی، ۱۳۸۷؛ دارند، ۱۳۹۴؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). در فصل تابستان جز باریکه سواحل دریای عمان تا خلیج فارس که دارای آب هوای خیلی گرم و مرطوب هستند؛ سایر پهنه‌های آب‌وهوایی ۵ گانه ایران (سرد، معتدل، بارانی، گرم و خشک و کویری) دما روند افزایشی داشته است. نتایج روند برای فصل پاییز نیز نشان داده است که اکتبر الگوی روند مشابه روند تابستانه نشان داده است در مقابل دسامبر الگویی زمستانه ارائه داده است. نوامبر نیز بیشینه مناطق فاقد روند افزایشی و کاهش دما را برای کشور نشان داده است.

این پژوهش ضمن ارائه رویکردی نوین از ساختار روند دمایی ایران نشان داده است که شدت روند در ایران دارای دگرذیسی مکانی بسیاری است این دگرگونی در طول سال نیز قابل توجه بوده بطوریکه حتی در ماه‌های مربوط به یک فصل نیز دگرگونی‌ها چشمگیرند. نتایج نشان می‌دهد که به‌منظور شناخت صحیح علت روندهای افزایشی و کاهش دما در کشور بهتر است سایر پارامترهای آب‌وهوایی با تفکیک مکانی مناسبی ارزیابی شوند تا بهتر بتوان به علت‌یابی دگرگونی‌های روند پرداخت. همچنین در خصوص مداخلات انسانی و نقش آن در دگرگونی آب‌وهوایی نیز باید پژوهش‌های بیشتری با داده‌ها و روش‌های نوین در کشور انجام شود تا بهتر بتوان به تصمیم‌گیری در این خصوص پرداخت. دگرگونی روند دمایی می‌تواند مشکلات بسیاری برای کشور به همراه داشته می‌باشد از جمله افزایش فرین‌های آب‌وهوایی همچون سیل، موج‌های گرم و سرد و دگرگونی شکل شناسی الگوهای بارشی را به همراه داشته باشد. نقش این موارد در اقتصاد کشور نیز قابل توجه است بطوریکه با افزایش دما تبخیر و تعریق افزایش یافته و از طرف دیگر شرایط را برای رشد آفات گیاهی فراهم کرده که خسارات قابل توجهی را به همراه خواهد داشت. همچنین دگرگونی آب‌وهوایی تنها به محیط‌زیست و آب‌وهوا بر نمی‌گردد بلکه مسئله بسیار پیچیده‌تر بوده و باید شاهد شکل‌گیری یک فضای جغرافیایی جدید در دنیای مدرن باشیم (احمدی و داداشی رودباری، ۱۳۹۵). بطوریکه نقش دگرگونی‌های آب‌وهوایی و امنیت ملی در سال‌های اخیر توسط پژوهشگران بسیاری از جمله گلدیچ^۱ (۲۰۰۶)، گلیاک^۲ (۲۰۱۰ و ۲۰۱۴) و احمدی و داداشی رودباری (۱۳۹۵) مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. لذا بایسته است متولیان امور در امر برنامه ریزی‌های کلان با دیدگاهی نوین به برنامه‌ریزی‌های آینده کشور بپردازند.

1- Nordås & Gleditsch

2- Gleick

منابع

۱. احمدی، محمود؛ احمدی، حمزه؛ داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۶). واکاوی روند تغییرات و الگوی فضایی ابرناکی سالانه و فصلی در ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، انتشار آنلاین از تاریخ ۰۶ خرداد ۱۳۹۶، شناسه دیجیتال (DOI): 10.22111/jneh.2017.3200.
۲. احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۵). تروریسم آبی بحرانی نو در جهان؛ مطالعه موردی: سوریه، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های ژئوپلیتیکی جهان اسلام، تهران، موسسه آینده‌پژوهی جهان اسلام، ۲۴ و ۲۵ آبان دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۳. براتی، غلامرضا؛ موسوی، سید شفیق (۱۳۸۴). جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۳، شماره پیاپی ۵، صص ۴۱-۵۲.
۴. داداشی رودباری، عباسعلی؛ فلاح قاله‌ری، غلامعباس؛ کرمی، مختار؛ باعقیده، محمد (۱۳۹۴). تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۷، صص ۵۹-۸۶.
۵. دارند، محمد (۱۳۹۴). واکاوی وردایی زمانی - مکانی رطوبت جوی ایران زمین طی بازه زمانی ۱۹۷۹-۲۰۱۳، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)، دوره ۴۷، شماره ۲، صص ۲۱۳-۲۳۹.
۶. دارند، محمد؛ زند کریمی، سوما (۱۳۹۴). واکاوی سنجش دقت زمانی - مکانی بارش پایگاه داده مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) بر روی ایران زمین، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۴، صص ۶۵۱-۶۷۵.
۷. دارند، محمد؛ زند کریمی، سوما (۱۳۹۵). ارزیابی دقت داده‌های بارش مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی بر روی ایران، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۱۰، شماره ۳، صص ۹۵-۱۱۳.
۸. رحیم زاده، فاطمه؛ نساجی زواره، مجتبی (۱۳۹۳). روند و تغییرپذیری دما در ایران در دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۰ پس از تعدیل ناهمگنی‌های غیرطبیعی موجود در داده‌ها، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۹، شماره ۴ (پیاپی ۱۱۵)، صص ۱۸۱-۱۹۶.
۹. شیر غلامی، هادی؛ قهرمان، بیژن (۱۳۸۴). بررسی روند تغییر دمای متوسط سالانه در ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شال نهم، شماره اول، صص ۹-۲۳.
۱۰. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۲، شماره پیاپی ۳، صص ۸۹-۱۰۶.
۱۱. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰). آب‌وهوای ایران، انتشارات شریعه توس مشهد، چاپ اول، مشهد، ۲۸۸ ص.
۱۲. منتظری، مجید (۱۳۹۳). واکاوی زمانی مکانی دماهای سالانه ایران طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۶۱، مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱۲، شماره ۳۶، صص ۲۰۹-۲۲۸.
۱۳. هاردی، جان تی (۱۳۸۷). تغییر اقلیم علل، اثرات و راه‌حل‌ها، ترجمه: مترجمان لیلی خزان‌داری، منصوره کوهی، شهرزاد قندهاری و مهدی آسیائی، انتشارات پاپلی، مشهد، ۳۶۴ ص.
14. Bozkurt, D., & Sen, O. L. (2013). Climate change impacts in the Euphrates-Tigris Basin based on different model and scenario simulations. *Journal of hydrology*, 480, 149-161.
15. Bukovsky, M. S. (2012). Temperature trends in the NARCCAP regional climate models. *Journal of Climate*, 25(11), 3985-3991.
16. Collins, J. M. (2011). Temperature variability over Africa. *Journal of climate*, 24(14), 3649-3666.
17. Duhan, D., & Pandey, A. (2013). Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901-2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*, 122, 136-149.
18. Feidas, H. (2017). Trend analysis of air temperature time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: recent trends and an update to 2013. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(3-4), 1383-1406.

19. Folland, C. K., Karl, T. R., & Jim Salinger, M. (2002). Observed climate variability and change. *Weather*, 57(8), 269-278.
20. Gleditsch, N. P., Furlong, K., Hegre, H., Lacina, B., & Owen, T. (2006). Conflicts over shared rivers: Resource scarcity or fuzzy boundaries?. *Political Geography*, 25(4), 361-382.
21. Gleick, P. H. (2010). Climate change, exponential curves, water resources, and unprecedented threats to humanity. *Climatic change*, 100(1), 125-129.
22. Gleick, P. H. (2014). Water, drought, climate change, and conflict in Syria. *Weather, Climate, and Society*, 6(3), 331-340.
23. Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., & Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(4).
24. IPCC (2013). Climate change 2013: the physical science basis. In Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report (AR5)—changes to the underlying scientific/technical assessment. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
25. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007). Summary for policy makers. In: IPCC. Climate change: The physical Science basic, Contribution of working group first to the Fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge university press, 450p.
26. Jones, P. D., & Moberg, A. (2003). Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001. *Journal of climate*, 16(2), 206-223.
27. Jones, P. D., Lister, D. H., Osborn, T. J., Harpham, C., Salmon, M., & Morice, C. P. (2012). Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2010. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117(D5).
28. Kendall, M. (1975). *Multivariate analysis*. Charles Griffin.
29. Kousari, M. R., Ahani, H., & Hendi-zadeh, R. (2013). Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960–2005. *Global and planetary change*, 111, 97-110.
30. Kousari, M. R., Ekhtesasi, M. R., Tazeh, M., Naeini, M. A. S., & Zarch, M. A. A. (2011). An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters. *Theoretical and Applied Climatology*, 103(3-4), 321-335.
31. Lawrimore, J. H., Menne, M. J., Gleason, B. E., Williams, C. N., Wuertz, D. B., Vose, R. S., & Rennie, J. (2011). An overview of the Global Historical Climatology Network monthly mean temperature data set, version 3. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D19).
32. Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
33. Nicholls, N., Gruza, G. V., Jouzel, J., Karl, T. R., Ogallo, L. A., & Parker, D. E. (1996). Observed climate variability and change (pp. 133-192). Cambridge University Press.
34. Santer, B. D., Taylor, K. E., Wigley, T. M. L., & Johns, T. C. (1996). A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere. *Nature*, 382(6586), 39.
35. Satheesh, S. K., & Moorthy, K. K. (2005). Radiative effects of natural aerosols: A review. *Atmospheric Environment*, 39(11), 2089-2110.
36. Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389.
37. Simmons, A. (2006). ERA-Interim: New ECMWF reanalysis products from 1989 onwards. *ECMWF newsletter*, 110, 25-36.
38. Smadi, M. M. (2006). Observed abrupt changes in minimum and maximum temperatures in Jordan in the 20th century. *Am J Environ Sci*, 2(3), 114-120.
39. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, B. M. (2013). IPCC, 2013: climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
40. Tabari, H., Somee, B. S., & Zadeh, M. R. (2011). Testing for long-term trends in climatic variables in Iran. *Atmospheric Research*, 100(1), 132-140.
41. Zhao, C., Liu, X., Ruby Leung, L., & Hagos, S. (2011). Radiative impact of mineral dust on monsoon precipitation variability over West Africa. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11(5), 1879-1893.
42. Zheng, X., & Basher, R. E. (1999). Structural time series models and trend detection in global and regional temperature series. *Journal of Climate*, 12(8), 2347-2358.