

جغرافیا و توسعه شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶

وصول مقاله : ۱۳۹۵/۰۲/۲۵

تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۸/۳۰

صفحات : ۱۹-۳۸

## پیشنهاد روشی جهت برآورد درجه ساعت‌های سرمایش ایران و شبیه‌سازی آن در آینده

دکتر کمال امیدوار<sup>۱\*</sup>، رضا ابراهیمی<sup>۲</sup>، تیمور علیزاده<sup>۳</sup>، کاستس موستریس<sup>۴</sup>

### چکیده

یکی از معیارهای تخمین میزان انرژی مصرفی برای سرمایش و گرمایش درجه ساعت می‌باشد. هدف از این پژوهش انتخاب مناسب‌ترین روش برای محاسبه‌ی درجه ساعت سرمایش و شبیه‌سازی این فرا سنج در دهه‌های آینده است. نخست با استفاده از داده‌های مدل EHSOM، برگرفته از مؤسسه‌ی ماکس پلانک آلمان، داده‌های ساعتی دمای هوا به فاصله‌ی زمانی ۳ ساعته (۸ داده در روز) در قلمرو ایران طی دوره‌ی آماری (۲۰۶۰-۲۰۲۵) تحت سناریو AIB کمیته‌ی بین‌المللی تغییر اقلیم و با تفکیک  $1/75 * 1/75$  درجه طولی و عرضی شبیه‌سازی شد. سپس داده‌های دمای ساعتی به تفکیک  $0/27 * 0/27$  درجه طول و عرض جغرافیایی که حدوداً ناطی با ابعاد  $30 * 30$  کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند توسط نسخه چهارم مدل اقلیم منطقه‌ای ریزمقیاس گردید. با استفاده از آستانه دمایی  $23/9$  درجه سانتی‌گراد درجه ساعت‌های نیاز سرمایش هر ساعت در هر روز محاسبه و جمع ماهانه آن‌ها در ماتریسی به ابعاد  $2138 * 3456$  استخراج شد. در این ماتریس سطرها بیانگر جمع ماهانه درجه ساعت و ستون‌ها بیانگر یاخته‌ها (مکان) می‌باشند. سپس ساعت‌های  $0/9, 12$  و  $15$  زولو از میان ساعت‌های موجود انتخاب و جمع میانگین ماهانه درجه ساعت ۶ ماه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) بر روی ماتریسی به ابعاد  $12 * 2140$  محاسبه و نقشه‌های آن در نرم‌افزار سور فر ترسیم گردید. میزان روند درجه ساعت‌های مذکور نیز در نرم‌افزار متلب و از طریق آزمون من کندال بر روی ماتریس  $12 * 2140$  محاسبه و نقشه‌های روند ماهانه آن‌ها ترسیم گردید. نتایج نشان داد که بیشترین نیاز سرمایش ساعتی را فصل بهار به‌ویژه ماه‌های آوریل و می و کمترین آن را فصل تابستان، به‌ویژه ماه‌های آگوست و سپتامبر خواهند داشت. بیشینه نیاز سرمایش در ساعت‌های  $0/9$  و  $12$  زولو در ماه‌های آوریل و می، در جلگه خوزستان و پس کرانه‌های سواحل جنوب به میزان  $1000 - 900$  درجه ساعت و کمترین آن در ساعت  $15$  زولو، در بلندی‌های آذربایجان، زاگرس، البرز و خراسان در ماه‌های ژوئن، ژولای، آگوست و سپتامبر به میزان به میزان صفر درجه ساعت خواهند بود. روند مثبت نیاز سرمایش در نوار غربی و جنوبی کشور در هر سه ساعت مورد مطالعه در ماه‌های آوریل، می و ژولای بیانگر گرم‌تر شدن دمای هوا در نیمه اول سال خواهد بود. نوار مرکزی و سراسر نیمه شرقی و شمالی کشور بجز ماه ژوئن در بقیه ماه‌های سال فاقد روند خواهند بود.

کلیدواژه‌ها : درجه ساعت سرمایش، مدل RegCm4، مدل EHSOM، سناریو AIB.

komidvar@yazd.ac.ir

ebrahimireza7679@yahoo.com

t.alizadeh@ut.ac.ir

kmoustris@yahoo.gr & kmoustris@teipir.gr

۱- استاد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران \*

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۳- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴- استاد مهندسی مکانیک، دانشکده انرژی، دانشگاه پیرس، آتن، یونان

## مقدمه

یکی از جنبه‌های تغییر اقلیم گرمایش جهانی است که آثار سوئی بر منابع مختلف از جمله آب، جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، صنعت و در نهایت زندگی انسان دارد. با توجه به ارتباط بین عناصر هوا سپهر و زیست‌بوم‌های زمینی، منابع آب، پوشش گیاهی، خاک و همچنین زندگی انسان تحت تأثیر این پدیده قرار خواهد گرفت. اولین اثر تغییر اقلیم روی عناصر هوا سپهر به ویژه دمای هوا می‌باشد (Ceppi et al, 2012: 3). هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۹ عنوان کرد که دمای جهانی نسبت به یک قرن قبل دارای افزایش ۰/۷۴ درجه سانتی‌گرادی بوده و همچنان در حال افزایش است (Fang et al, 2008: 69). یکی از فرا سنج‌های مرتبط با دما، درجه ساعت می‌باشد که در بسیاری امور از جمله کشاورزی، معماری، حمل و نقل و انرژی مورد نیاز جهت گرمایش و سرمایش ساختمان دارای کاربرد می‌باشد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۳ Wang et al, 2014: 429; Borah et al, 2015: 74). درجه ساعت عبارت است از اندازه‌گیری میانگین دمای ساعتی هوا با استفاده از دمای آستانه می‌باشد (Moustris, 2015: 4). این آستانه دمایی انتخاب شده برای محاسبه درجه ساعت سرمایش و گرمایش بستگی به اهداف ویژه دارند (Ginn et al, 2010: 2855).

یکی از کاربردهای درجه ساعت در بحث میزان آسایش انسان و مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش می‌باشد که با توجه به بروز گرمایش جهانی میزان انرژی مصرفی نیز برای گرمایش یا سرمایش ساختمان و حتی شرایط آسایشی انسان نیز تغییر می‌یابد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۳). در حال حاضر مدل‌های گردش عمومی<sup>۱</sup> تنها ابزاری هستند که اثر تغییر اقلیم در سطح جهانی را برای عناصر هوا سپهر در شبکه‌های بزرگ مکانی شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها عناصر هوا سپهر را در شبکه‌هایی به

ابعاد بین (۱۰-۳۰۰) کیلومتر شبیه‌سازی می‌کنند (Fang et al, 2008: 70). به دلیل قدرت تفکیک مکانی کم، این مدل‌ها نمی‌توانند اثر شرایط محلی نظیر ارتفاعی و پوشش گیاهی را روی متغیرهای هوا سپهر نظیر دما، دخالت دهند. لذا به ابزاری نیاز است که بتوان از داده‌های مدل عمومی گردش زمین در مقیاس منطقه (ایران) استفاده نمود، به همین منظور دانشمندان روش‌های متعددی ابداع نموده‌اند که به مجموع این روش‌ها، ریزمقیاس نمایی گویند (Fung et al, 2011: 46). در واقع اصول کلی کلیه‌ی این روش‌ها بر پایه‌ی برقراری ارتباط بین فرا سنج مدل‌های گردش عمومی جو زمین رطوبت، فشار هوا، باد به عنوان متغیر مستقل و فراسنج اقلیمی دما یا هر فراسنج اقلیمی به عنوان فراسنج‌های وابسته در مقیاس منطقه‌ای، محلی استوار می‌باشد (Wilby et al, 2007: 4; Van et al, 2005: 7). در زمینه‌ی پژوهش‌های انجام‌شده در بحث درجه ساعت و درجه روز می‌توان به چند مورد اشاره داشت.

سزاراسیو و همکاران<sup>۲</sup> در مطالعه‌ای یک مدل جدید تجربی برای تخمین میانگین درجه ساعت به کار بردند. میانگین درجه ساعت دما بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۳ و ۱۹۹۹-۱۹۹۶ از طریق مدل توصیفی برای ایستگاه هواشناسی واقع در کالیفرنیا محاسبه گردید. میانگین جذر ریشه‌ای نیز بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده در زمان‌های غروب و اوایل صبح به کار برده شد. نتایج به دست آمده از محاسبه و تجزیه تحلیل داده‌ها نشان داد که میانگین انحراف جذر ریشه‌ای محاسبه شده برای بیشتر سال‌ها در مکان‌های مورد مطالعه کمتر از ۲ درجه می‌باشد (Cesaraccio, 2001: 161-169).

پاپاکوستاس<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، در پژوهشی درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش دو شهر آتن را مورد واکاوی قرار دادند. جهت محاسبه درجه ساعت گرمایش از

2-Cesaraccio

3-Papakostas

1-(GCM)

۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ از سناریوهای A1, B1 استفاده گردید. واکاوی‌ها نشان‌دهنده‌ی این است که بیشترین نیاز به گرمایش محیط در ماه ژانویه و بیشترین میزان نیاز به سرمایش در ماه ژوئیه می‌باشد. همچنین میزان نیاز به سرمایش در دوره‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۷۵ در نواحی مرکزی و جنوب شرقی رو به افزایش می‌باشد

(Roshan et al, 2012: 239-266)

الیزابت<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۳)، روند درجه روز گرمایش در کشور آرژانتین را مورد واکاوی قرار دادند. نتایج این پژوهش گویای آن است که در مناطق ساحلی وجود روند منفی نیاز گرمایش محیط می‌تواند به دلیل اثر رطوبت دریا بر این منطقه باشد (Elizabet et al, 2013: 2352-2361). بورا و همکاران (۲۰۱۵)، در پژوهشی به واکاوی درجه روزهای گرمایش و سرمایش در نواحی مختلف هند پرداختند. آستانه‌ی دمایی سرمایش ۲۲، ۲۴ و آستانه‌ی دمایی گرمایش ۱۴، ۱۶ می‌باشد. این فراسنج‌ها در طی دوره‌ی آماری ۲۰۱۱-۲۰۰۷ مورد واکاوی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش میانگین دمای روزانه در برخی مناطق میزان نیاز سرمایش و گرمایش به تبع آن تغییر می‌کند (Borah et al, 2015: 70-81). از مطالعات داخلی نیز می‌توان مواردی را ذکر کرد: کریمیان و همکاران (۱۳۸۶)، در پژوهشی بررسی و توانمندی مدل اقلیم منطقه‌ای<sup>۵</sup> در مدل‌سازی بارش و دمای استان خراسان را واکاوی کردند. نتایج نشان داد که در بخش مدل‌سازی دما، با مقایسه داده‌های مدل شده و دیدبانی، ملاحظه می‌شود که طرح‌واره امانوئل به ترتیب با مقادیر ۰/۸ و ۰/۷ درجه سانتی‌گراد کمترین اریبی ماهانه و فصلی را نسبت به سایر طرح‌واره‌ها دارد (کریمیان و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۸۶-۱۶۷).

شاهکویی و روشن (۱۳۹۱)، تغییرات زمانی درجه-روز مورد نیاز گیاه سویا بر مبنای دگرگونی‌های اقلیمی در دهه‌های آینده در شهرستان گرگان را مورد واکاوی قرار دادند. در این پژوهش برای ارزیابی تأثیر گرمایش جهانی

آستانه‌های دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه و جهت محاسبه درجه ساعت سرمایش از آستانه‌های دمایی ۲۰ تا ۲۷ درجه استفاده گردید. بیشترین میزان تفاوت در میزان درجه ساعت گرمایش بین مکان‌های مورد مطالعه در آستانه‌ی دمایی ۱۰ و بیشترین تفاوت در میزان درجه ساعت سرمایش در آستانه‌ی دمایی ۲۷ درجه مشاهده می‌شود

فرانک<sup>۱</sup>، (۲۰۰۵)، اثر گرمایش جهانی را بر روی انرژی مصرفی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش در زوریخ بررسی کرد (Frank, 2005: 1175-1185)

در طی دوره‌ی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ میانگین دمای سالانه به میزان ۴/۴ درجه روز افزایش یافته است. محاسبات صورت گرفته بیانگر کاهش تدریجی در مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان‌ها به میزان ۳۳ تا ۴۴ درصد در طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۵۰ است (Papakostas et al, 2004: 759-761)

فن‌جینگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۰)، روند درجه روز گرمایش و سرمایش در اگزینجیانگ چین را محاسبه کردند. روند ماهانه و فصلی درجه روز گرمایش و سرمایش با استفاده از آماره آمون من‌کندال و روش رگرسیون خطی محاسبه شد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده‌ی این است که با آستانه‌ی دمایی ۱۸ درجه روز گرمایش در فصل پاییز روند کاهشی داشته است (Jiang et al, 2010: 349-360).

اورتینز<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی به واکاوی روند درجه روزهای گرمایش و سرمایش در اسپانیا پرداختند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده‌ی این است که در فصل بهار روند درجه روزهای سرمایش مثبت می‌باشد؛ اما فصل پاییز میزان نیاز گرمایش روندی منفی و کاهشی را داراست. روشن و همکاران (۲۰۱۲)، به واکاوی اثر تغییر اقلیم بر مصرف انرژی (گرمایش و سرمایش) پرداختند. جهت این پژوهش داده‌های میانگین دمای روزانه ۴۳ ایستگاه به‌عنوان نمونه در سرتاسر ایران انتخاب گردید. جهت شبیه‌سازی نیازهای گرمایش و سرمایش در دوره‌های ۲۰۲۵، ۲۰۵۰،

4-Elizabet  
5-Regional Climate Modle

1-Frank  
2- Jiang,  
3-Ortinz

سرمایش یا خنک کردن محیط نه تنها در فصل گرم بلکه در برخی از ماه‌های فصول دیگر روبه‌رو خواهد بود. لذا شناخت تغییرات زمانی، مکانی این فراسنج‌ها در دهه‌های آینده می‌تواند گامی در جهت توسعه‌ی اقتصاد کشور از طریق صرفه‌جویی در منابع عظیم انرژی و راهگشای برنامه‌ریزی‌های ملی، منطقه‌ای و محلی در جهت اصلاح الگوهای مصرف انرژی باشد که در درجه‌ی اول نیازمند شناخت این فراسنج‌ها می‌باشند.

### داده‌ها و روش‌ها

#### توصیف مدل EH5OM

مراکز معتبری همچون مرکز هادلی‌انگلیس، مرکز مطالعاتی ناسا و همچنین موسسه ماکس پلانک آلمان به ارائه‌ی مدل‌های گردش عمومی هوا می‌پردازند. در این پژوهش از داده‌های مدل EH5OM برگرفته از مؤسسه ماکس پلانک آلمان تحت سناریو A1B استفاده شد. مدل ترکیبی EH5OM یکی از موفق‌ترین مدل‌های CMIP3 در شبیه‌سازی آب و هوا نسبت به مدل‌های قرن بیستم است. EH5OM یکی از مدل‌های ترکیبی جو-اقیانوس می‌باشد (AOGCMs) که ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی است (Roegner, 2003:248). ECHAM با هسته دینامیکی طیفی و قدرت تفکیک T63L31 است (Reichard & Kim, 2008:305). داده‌های این مدل با قدرت تفکیک  $1,7^{\circ} \times 1,7^{\circ}$  درجه طول و عرض جغرافیایی است و با ابعاد  $200^{\circ} \times 200^{\circ}$  کیلومتر کل سطح زمین را پوشش می‌دهد. طرح‌واره‌های مورد استفاده در مدل EH5OM در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

برای دو بازه زمانی ۲۰۳۵-۲۰۶۵ و ۲۰۴۹-۲۰۷۹ بر روی مقادیر درجه-روز موردنیاز گیاه سویا، استفاده شد، با توجه به خروجی‌های دما برای سناریوهای مختلف تغییر اقلیم از سه سناریوی انتشار A1B, A, B1 استفاده شد (شاهکویی و روشن، ۱۳۹۱: ۶۵-۵۱).

بابائیان و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مصرف برق کشور در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۱۰۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی برون‌داد مدل گردش عمومی جو پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین دمای کشور در دوره‌های ۲۰۷۰-۲۰۱۱، ۲۰۴۰-۲۰۴۱ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰ به ترتیب بین ۱,۴-۰,۹، ۲-۰,۹ و ۴,۹-۲,۹ درجه سلسیوس در مقایسه با دوره‌ی پایه ۱۶۹۰-۱۹۶۱ افزایش خواهد یافت. این افزایش دما موجب می‌شود میزان برق مصرفی افزایش یابد (بابائیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰-۱).

مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳)، به واکاوی مکانی-زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در ایران پرداختند نتایج نشان داد که روند مثبت نیاز گرمایشی در شمال کردستان و زنجان در فصل بهار و پاییز است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۲۸-۱۱۱).

از آنجا که ایران در یک منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده و میانگین دمای آن بالاتر از میانگین دمای جهانی است، بر اثر گرمایش جهانی شاهد افزایش میانگین دمای کشور در دهه‌های آتی نسبت به زمان حال خواهیم بود، تصور یک اقلیم گرم‌تر در آینده به نظر می‌رسد موجب تشدید سامانه‌های مانع بر روی ایران و ریزش هوای گرم این سامانه‌ها و گرم‌تر شدن سطح زمین شده که به نوبه‌ی خود باعث افزایش تابش ورودی، بالا رفتن دمای روزانه و افزایش نیاز سرمایشی محیط خواهند شد. در نتیجه کشور در دهه‌های آینده با بحران افزایش مصرف انرژی جهت

جدول ۱: طرح‌واره‌های مورد استفاده در مدل EHSOM

ارائه‌دهنده	نام مدل
holtslag PBL (1990)	شرایط ثانویه مرزی
holtslag PBL (1990)	شرایط اولیه مرزی
emanuel (1991)	شرایط همرفتی
arakawa & schubert(1974)	گرل، طرح خوشه‌بندی (کومولوس)
subex, pal et al(2000)	رطوبت
arakawa & schubert(1974)	نیروی شیو فشار

مأخذ: J.David Neelin, 2010

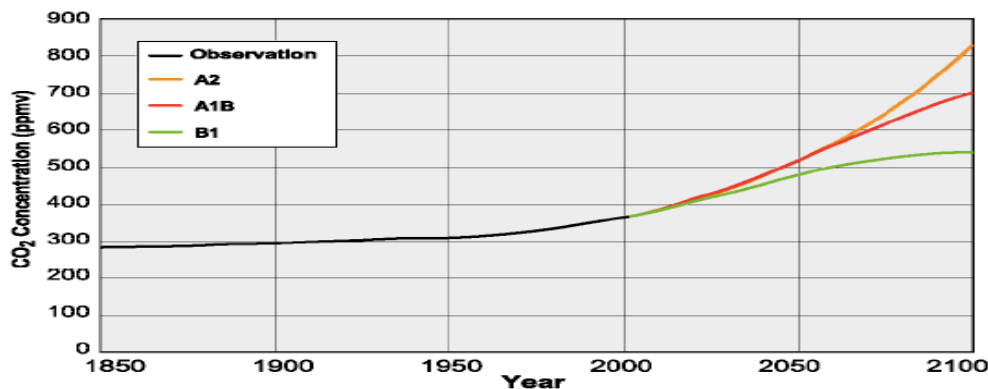
همان‌گونه که در جدول (۲) که توسط موسسه ماکس پلانک انتشار یافته مشاهده می‌شود سناریوهای این مدل تحت شرایط گازهای گلخانه‌ای (دی اکسید کربن و سولفور جو) برای دوره‌ی زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰ شبیه‌سازی شده‌اند. در این پژوهش از داده‌های سناریو A1B طی بازه‌ی زمانی

۲۰۲۵-۲۰۶۰ استفاده گردید. این سناریو بر این عقیده است که در آینده، میزان سوخت‌های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین در کنار آن از سوخت‌های غیر فسیلی استفاده می‌شود.

جدول ۲: میزان شبیه‌سازی شده خروج دی‌اکسید کربن و سولفور طبق سناریوهای انتشار دوره‌ی زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰

Year	CO <sub>2</sub> -Emissions (PgC/Year)			SO <sub>2</sub> -Emissions (TgS/Year)		
	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1
2000	8	8	8	69	69	69
2020	12	13	11	100	100	75
2040	16	15	12	109	69	79
2060	19	16	10	90	47	56
2080	23	15	7	65	31	36
2100	29	13	4	60	28	25

مأخذ: Roeckner et al, 2006: 3771-3791



نمودار ۱: میزان روند تغییرات میزان دی‌اکسید کربن موجود در جو طی بازه‌ی زمانی (۱۸۵۰-۲۱۰۰)

مأخذ: Roeckner et al, 2006: 3771-3791

سطح آب و یخ در مقیاس جهانی و با دقت یک درجه (در طول و عرض جغرافیایی) از مرکز NOAA<sup>۱</sup> قابل دریافت هستند. سرانجام دمای ساعتی دمای هوا به فاصله زمانی ۳ ساعته در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۶۰-۲۰۲۵) با ابعاد  $۰.۲۷^{\circ} \times ۰.۲۷^{\circ}$  درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد  $۳۰^{\circ} \times ۳۰^{\circ}$  کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند ریزگردانی گردید و ماتریسی به ابعاد  $۲۱۴۰^{\circ} \times ۱۰۵۱۲۰^{\circ}$  توسط مدل استخراج شد. سطرها بیانگر زمان (ساعات روز) و ستون‌ها مکان (باخته‌ها) می‌باشند. فرمول محاسبه درجه ساعت از رابطه زیر استفاده خواهد شد.

معادله ۱:

$$CDH_{Total} = \sum_{n=s}^k (T_n - T_{Base})$$

if  $(T_n - T_{Base} > 0)$ ;  $0 \leq k \leq 24$

درجه ساعت سرمایش = CDH total

در معادله‌ی (۱)  $T_{Base}$  آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه ساعت سرمایش،  $T_n$  دمای هر ساعت هر یاخته (Wang et al, 2014:429) هم‌چنین این فرانسج از طریق فرمول زیر نیز قابل محاسبه می‌باشد

معادله ۲:

$$CDH(t_{bal}) = \sum_{j=1}^N (\bar{t}_o - t_{bal})^+$$

که در آن  $t_{bal}$  آستانه دمایی و  $\bar{t}_o$  میانگین دمای هر ساعت می‌باشد (Papakostas et al, 2009:760). هر دو فرمول بالا بیان می‌کنند که اگر میانگین دمای هر ساعت هر روز نسبت به آستانه‌ی دمایی بیشتر بود در آن ساعت نیاز به سرمایش محیط می‌باشد.

در مرحله‌ی بعد جمع میانگین ماهانه ساعت‌های ۱۲، ۰، ۹ و ۱۵ به وقت UTC محاسبه و برای هر ساعت ماتریسی

### محدوده‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع میان ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است.

### داده‌ها و روش‌ها

برای واکاوی میانگین ماهانه درجه ساعت‌های سرمایش ایران و هم‌چنین روند این فرانسج در آینده نیاز به داده‌های ساعتی دما می‌باشد. در این پژوهش جهت شبیه‌سازی دمای ساعتی هوا، نخست از داده‌های پایگاه EHSOM یکی از مدل‌های گردش عمومی هوا تحت سناریو AIB واقع در مؤسسه ماکس پلانک آلمان استفاده شد. در مدل گردش عمومی هوا گام زمانی داده‌ها به صورت ۳ ساعته بوده که دمای ساعتی را در بازه‌ی زمانی بین سال‌های (۲۰۶۰-۲۰۲۵) در محدوده‌ی عرض‌های ایران شبیه‌سازی می‌کند. ابعاد شبکه داده‌های مدل گردش عمومی مورد استفاده  $۱/۷۵^{\circ} \times ۱/۷۵^{\circ}$  درجه طول و عرض جغرافیایی می‌باشد. با توجه به اینکه این پژوهش بعد منطقه‌ای (ایران) دارد و مدل‌های گردش عمومی هوا کل سیاره‌ی زمین را در بر می‌گیرند لذا قادر به آشکارسازی رفتار اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای نیست (Roshan et al, 2012: 241) بنابراین داده‌ها در مدل‌های اقلیم منطقه‌ای<sup>۱</sup> که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس و منطقه‌ای مناسب‌ترند ریزمقیاس می‌شوند (Randall, 2007: 15). مدل اقلیم منطقه‌ای برای اجرا، نیاز به داده‌های توپوگرافی، پوشش سطح زمین، دمای سطح دریا و شرایط اولیه و مرزی دارد. از داده‌های GTOPO<sup>۲</sup>، GLCC<sup>۳</sup> برای اطلاعات پوشش گیاهی و توپوگرافی استفاده می‌کند. داده‌های GLCC<sup>۳</sup> با استفاده از سنجنده AVHRR<sup>۴</sup> از آوریل ۱۹۹۲ تا مارس ۱۹۹۳ موجود است و بر اساس نوع پوشش گیاهی و سطح زمین، توسط طرح‌واره BATS<sup>۵</sup> تعیین می‌شود. دمای سطح

- 1-Regional Climate Modle
- 2-Global Topography
- 3-Global Land Cover Characterization
- 4-Advanced Very High Resolution Radiometer
- 5-Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}}} & \begin{cases} s > 0 \\ s = 0 \\ s < 0 \end{cases} \\ \frac{0}{\sqrt{\text{var}}} \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}}} \end{cases} \quad (۴)$$

د) مرحله‌ی بعد آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد و بدین معنی است که  $Z$  آماری معنی‌داری نیست (برای مثال گرمایش یا سرمایش و دوره‌ی تر و خشک وجود ندارد). زمانی این فرض تأیید می‌شود که  $-Z\alpha/2 < Z < Z\alpha/2$  باشد رابطه (۵). مقادیر  $\alpha/2$  انحراف نرمال استاندارد ( $Z$  جدول) است. فرض مقابل یا فرض یک‌بر وجود روند دلالت دارد و بدین معنی است که  $Z$  به لحاظ آماری معنی‌دار است. زمانی این فرض تأیید می‌شود که  $Z < -Z\alpha/2$  است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۶).

در برخی پیمان‌گاه‌ها روند دما مثبت (گرمایش) و در برخی دیگر از آن‌ها روند دما منفی (سرمایش) یا برخی ماه‌ها مرطوب و برخی دیگر خشک هستند. بنابراین فرضیه‌ها در چنین مواردی دو طرفه انتخاب می‌شوند سطح معنی‌داری در این پژوهش  $\alpha = 0.05$  می‌باشد بنابراین با توجه به دو طرفه بودن آزمون میزان  $Z$  جدول برابر ۱/۹۶ خواهد بود (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۷).

#### بحث و نتایج

واکاوی میزان نیاز سرمایش و تغییرات این فراسنج در دهه‌های آتی تحت سناریو A1B در ساعت ۰۹ زولو (۱۲ به وقت ایران)

قرارگیری کشور ایران در عرض‌های مختلف جغرافیایی، تنوع اقلیمی و ارتفاعی از یک‌سو و اثر گرمایش جهانی از سوی دیگر موجب شده که هر بخش از کشور در دهه‌های آینده نیاز سرمایش متفاوتی داشته باشد. بدین جهت نیاز سرمایش برای ساعت‌های مختلف در ایران شبیه‌سازی گردید که به دلیل حجم زیاد نقشه‌ها در این پژوهش از ساعت‌های نسبتاً گرم به‌عنوان نمونه جهت واکاوی استفاده شد.

به ابعاد  $12 \times 2140$  در محیط نرم‌افزار متلب استخراج شد که سطرها میانگین درجه ساعت‌های نیاز سرمایش هر ماه و ستون‌ها یاخته‌ها می‌باشند و نقشه‌های آن در نرم‌افزار سورفر ترسیم شد.

در نهایت روند جمع ماهانه درجه ساعت سرمایش برای ساعت‌های ۹، ۱۲، ۱۵ و ۱۸ که معمولاً نیاز سرمایش احساس می‌شود برای ماه‌های مختلف توسط کد نویسی در محیط نرم‌افزار متلب محاسبه و توسط آزمون من کندال روند جمع ماهانه توسط روش حداقل مربعات برای هر ساعت در ماتریسی به ابعاد  $12 \times 2138$  محاسبه و نقشه‌های روند درجه روز سرمایش در نرم‌افزار سورفر ترسیم شد.

#### روش من کندال

الف) ابتدا بر اساس آماره  $S$  اختلاف بین تک‌تک مشاهدات (درجه روز) را با همدیگر محاسبه می‌کنیم.

$$\sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (۱)$$

ب) که  $i > j$  است  $n$  تعداد کل مشاهدات  $X_j$  و  $X_k$  به ترتیب مقادیر  $j$  و  $k$  سری می‌باشد. خروجی تابع بالا علامت هر سری را به صورت زیر روشن می‌کند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۶).

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1(x_j - x_k) > 0 \\ 0, (x_j - x_k) = 0 \\ -1(x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

پ) بعد از تعیین علامت، واریانس هر کدام از مشاهدات را با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم. تعداد مشاهدات باید بزرگ‌تر از ۱۰ باشد ( $n > 10$ ).

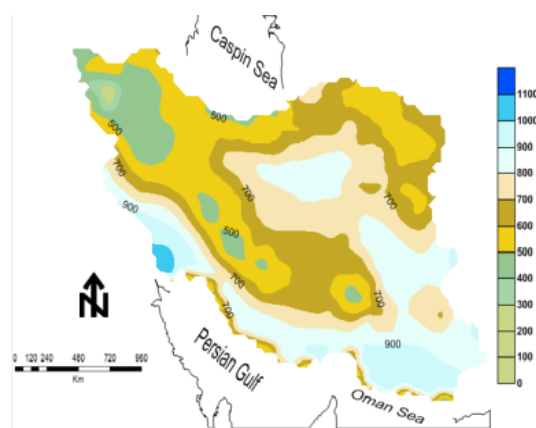
$$V(S) = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad (۳)$$

ج) مرحله‌ی بعد محاسبه‌ی آماره  $Z$  است.

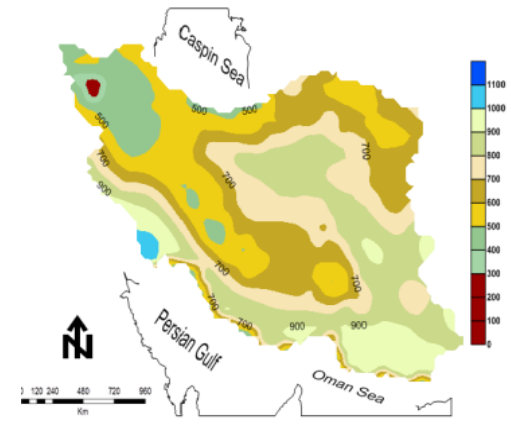


خوزستان مشاهده می‌شوند. نیاز سرمایش کمتر ناحیه ساحلی جنوب کشور نسبت به بخش‌های پس‌کرانه‌ای و دشت‌های داخلی نیز در خور توجه می‌باشد. نقشه‌های (۲ و ۱). در ماه‌های ژوئن و ژولای نیاز سرمایش همانند ماه‌های قبل در بخش‌های ارتفاعی کشور دارای تغییرات زیادی است در این ماه‌ها فلات آذربایجان با ۲۰۰ درجه ساعت خنک‌ترین منطقه‌ی کشور در این ساعت خواهند بود. بخش‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای نیز بسته به تغییرات ارتفاعی نیازهای سرمایشی متفاوتی خواهند داشت. جلگه‌ی خوزستان و پس‌کرانه‌های ساحلی جنوب به ویژه چاله جازموریان با نیاز سرمایش ۹۰۰ درجه ساعت گرم‌ترین مناطق کشور در این ساعت خواهند بود. نیاز سرمایش کمتر دشت کویر به نسبت دشت لوت و سایر دشت‌های داخلی و خارجی کشور نیز در ماه‌های ژوئن و ژولای، این بخش از کشور را هم‌راستای نوار کوهپایه‌ای از لحاظ نیاز سرمایشی قرار داده است نقشه‌های (۳ و ۴). در ماه‌های آگوست و سپتامبر بجز ناحیه‌ی ساحلی و پس‌کرانه‌ای جنوب و دشت‌های مجاور توده‌های کوهپایه‌ای زاگرس، کرمان و جنوب شرق کشور نیاز سرمایش در این ساعت در بقیه مناطق کشور به میزان صفر درجه ساعت خواهد داشت نقشه‌های (۵ و ۶).

**نقشه‌های (۱ تا ۶) - میانگین مجموع درجه ساعت‌های** نیاز سرمایش (ساعتی) نیمه‌گرم سال (آوریل تا سپتامبر) را در بازه‌ی زمانی ۳۶ ساله (۲۰۶۰-۲۰۲۵) برای ساعت ۰۹ زولو نشان می‌دهد. مهم‌ترین عامل تغییرات نیاز سرمایش تغییرات ارتفاعی است که این عامل بارزتر از سایر عوامل جغرافیایی می‌باشد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). در ماه‌های آوریل و می نیز می‌توان این نکته را به‌خوبی به‌ویژه در بخش‌های ارتفاعی (کوهستانی و کوهپایه‌ای) دریافت. کمینه نیاز سرمایش کشور در ماه‌های آوریل و می را توده‌ی کوهستانی سهند به میزان صفر درجه ساعت و بیشینه‌ی آن را جلگه‌ی خوزستان به میزان ۱۰۰۰ درجه ساعت داراست. بخش‌های کوهستانی شمال غرب، بلندی‌های زاگرس مرکزی و جنوبی و ارتفاعات البرز مرکزی با نیاز سرمایش ۵۰۰ درجه ساعت خنک‌ترین مناطق کشور در این بازه‌ی ساعتی می‌باشند. دشت‌های داخلی و بیرونی کشور از جمله دشت لوت، دشت کویر و دشت‌های مجاور توده‌ی کوهستانی زاگرس، کرمان و نواحی پس‌کرانه‌ای سواحل جنوبی با نیاز سرمایش ۹۰۰-۸۰۰ درجه ساعت گرم‌ترین مناطق کشور در ساعت ۰۹ زولو (۱۲) به وقت ایران در فصل بهار خواهند بود که بیشینه‌ی آن در چاله‌ی جازموریان، مرکز چاله لوت و به‌ویژه دشت

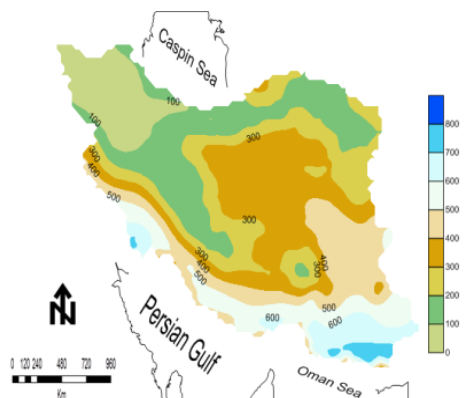


نقشه ۲: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه می ساعت ۰۹ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

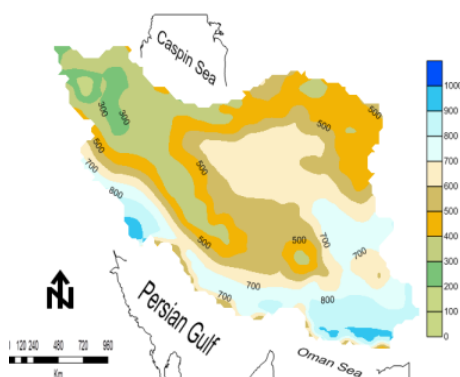


نقشه ۱: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه آوریل ساعت ۰۹ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)





نقشه ۴: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژولای ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۳: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژوئن ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۶: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه سپتامبر ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



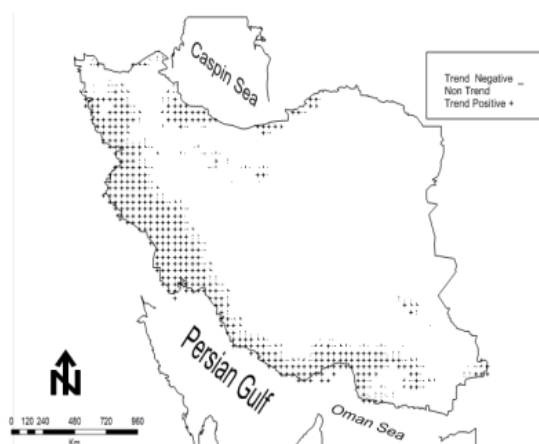
نقشه ۵: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه اگوست ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

است در این ماه باریکه البرز غربی نیز شاهد روند افزایشی نیاز سرمایه‌ش خواهد بود. دشت‌ها و بخش‌های مرکزی و نیمه شرقی کشور نیز فاقد روند سرمایه‌ش بوده که گویای عدم‌تغییر در میزان دمای هوا در ساعت مذکور در این مناطق می‌باشد نقشه (۲). به نظر می‌رسد که نوار کوهستانی زاگرس و البرز غربی در بهار طی دهه‌های آینده شاهد روند افزایشی دما باشند که این امر به نوبه‌ی خود منجر به بروز گرمای زودرس در این مناطق خواهد شد. در ماه ژوئن نیاز سرمایه‌ش در مناطق پست و کم‌ارتفاع کشور شامل، شمال شرق، دشت کویر، دشت لوت، دشت زابل و جلگه‌ها و سواحل خلیج فارس با ۳۸ درصد وسعت دارای روندی افزایشی خواهد بود. بقیه مناطق کشور به‌ویژه نیمه غربی برخلاف ماه‌های فصل بهار با ۶۲ درصد فاقد روند

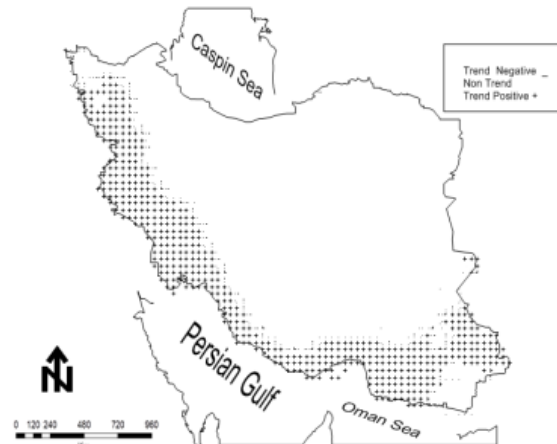
واکاوی روند نیاز سرمایه‌ش ایران در دهه‌های آتی تحت سناریو AIB در ساعت ۰۹ زولو (۱۲ به وقت ایران) تغییرات مکانی زمانی نیاز سرمایه‌ش ساعت ۰۹ زولو برای ماه‌های گرم سال محاسبه گردید. در ماه آوریل، بخش‌های شمال غرب، غرب، جنوب غرب، جلگه‌ها و سواحل جنوبی و جنوب شرق با ۳۱ درصد وسعت کشور، نیاز سرمایه‌ش دارای روندی افزایشی خواهد بود که گویای گرم‌تر شدن دمای هوا در این ساعت از ماه در نوار کوهستانی زاگرس و کرمان می‌باشد. بقیه مناطق کشور با وسعت ۶۹ درصد در این ماه فاقد روند در میزان نیاز سرمایه‌ش می‌باشند نقشه (۱). در ماه می روند افزایش نیاز سرمایه‌ش در ساعت ۰۹ همانند ماه آوریل نوار غربی و جلگه‌ها و سواحل جنوبی را با ۲۴ درصد وسعت در بر گرفته

داشته، بقیه مناطق فاقد روند نیاز سرمایه‌ش می‌باشند نقشه (۴). نیاز سرمایه‌ش در این ساعت در دهه‌های آینده فاقد روند منفی است. در ماه‌های آگوست و سپتامبر بیش از ۹۹ درصد از وسعت کشور در میزان دمای خود تغییری را در این ساعت مشاهده نخواهند کرد نقشه‌های (۵ و ۶).

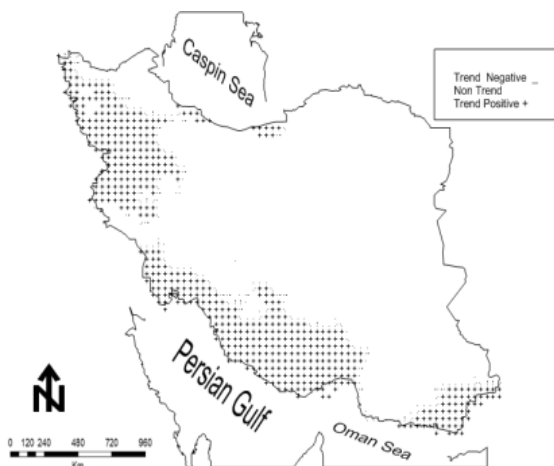
می‌باشند نقشه (۳). با شروع فصل تابستان شاهد کاهش تغییر در میزان نیاز سرمایه‌ش به شکل محسوسی در کشور به‌ویژه در نیمه دوم این فصل می‌باشیم به‌گونه‌ای که بجز ماه ژولای که نیاز سرمایه‌ش در شمال غرب، غرب و نیمه جنوبی کشور با ۳۴ درصد از وسعت کشور روند افزایشی



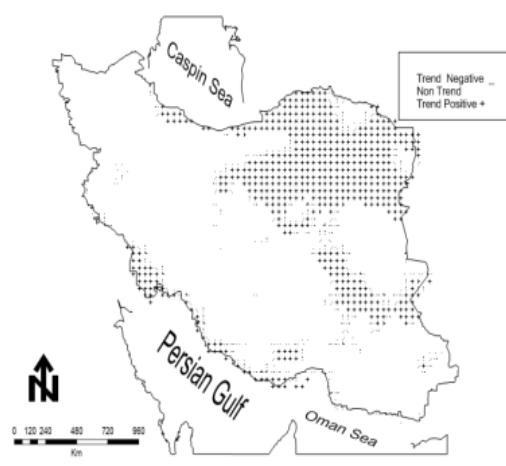
نقشه ۲: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه می ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



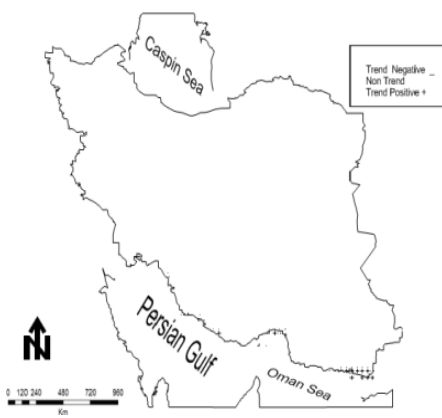
نقشه ۱: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه آوریل ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۴: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژولای ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۳: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژوئن ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۶: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه سپتامبر ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۵: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه اگوست ساعت ۰۹ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۱: میزان درصد مناطق دارای روند (مثبت، منفی و فاقد)

در ماه‌های مختلف سال در ساعت ۰۹ زولو

ماه‌های سال	روند مثبت به درصد	روند منفی به درصد	فاقد روند به درصد
آوریل	۳۱	۰	۶۹
می	۲۲/۴	۰	۷۳/۶
ژوئن	۳۸/۱	۰	۶۱/۹
ژولای	۳۲/۵	۰	۶۶/۵
اوت	۰/۸	۰	۹۹/۲
سپتامبر	۳	۰	۹۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

۶۰۰ درجه ساعت بعد از ناحیه بلندی‌ها از کمترین میزان سرمایش برخوردار می‌باشند. دشت لوت، دشت کویر، دشت زابل و نوار ارتفاعی زاهدان که به شکل یک ناحیه خرده اقلیم در دل یک پهنه بزرگ‌تر جای گرفته بیش از هر چیز نقش ارتفاع را در تغییرات میزان نیاز به این فرا سنج گویا می‌سازد. بیشترین میزان سرمایش را در ماه‌های آوریل و می در ساعت ۱۲ زولو نوار پس کرانه‌ای سواحل جنوب از جمله جازموریان دارا می‌باشند که به میزان ۹۰۰ درجه ساعت خواهد بود. دشت خوزستان با ۱۰۰۰ درجه ساعت گرم‌ترین منطقه کشور در ماه‌های فصل بهار می‌باشند نقشه‌های (۲ و ۱). بخش‌های کوهستانی در ماه‌های ژوئن و ژولای با ۲۰۰ درجه ساعت نیاز سرمایش کمترین میزان را در کشور داشته که کمینه آن در ماه ژولای را فلات

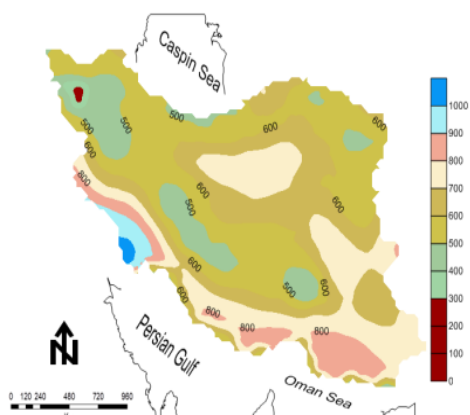
### واکاوی نیاز سرمایش ایران در دهه‌های آتی تحت

#### سناریو A1B در ساعت ۱۲ زولو (۱۵ به وقت ایران)

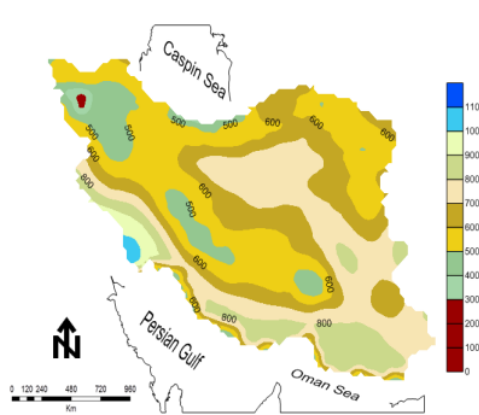
نقشه‌های (۶ تا ۱) میانگین مجموع درجه ساعت‌های نیاز سرمایش (ساعتی) نیمه گرم سال (آوریل تا سپتامبر) را در بازه‌ی زمانی ۳۶ ساله (۲۰۲۵-۲۰۶۰) برای ساعت ۱۲ زولو نشان می‌دهد. بیشترین نیاز سرمایش ساعت ۱۲ زولو (۱۵ به وقت ایران) را ماه‌های آوریل و می در کشور دارا می‌باشند که میزان این فراسنج ۱۰۰۰ درجه ساعت می‌باشد. بلندی‌های زاگرس، کرمان، البرز، آذربایجان و خراسان با ۳۰۰ درجه ساعت کمترین نیاز سرمایش را خواهند داشت که کمینه آن در توده‌ی کوهستانی سهند نمایان است. بخش‌های کوهستانی مجاور نوار بلندی‌ها با ۵۰۰ درجه ساعت و نوار کوهپایه‌ای مجاور نوار کوهستانی با

بخش‌های کوهستانی، کوهپایه‌ای و سواحل و جلگه‌های شمالی فاقد نیاز سرمایش می‌باشند. نیاز سرمایش در نیمه جنوبی و دشت‌های داخلی به میزان ۴۰۰-۵۰۰ درجه ساعت متغیر می‌باشد. دشت کویر و دشت‌های مجاور نوار کوهپایه‌ای با ۵۰۰ درجه ساعت کمترین و نوار ساحلی به‌ویژه سواحل چابهار با ۴۰۰ درجه ساعت بیشترین میزان را دارا می‌باشند. فشردگی منحنی‌ها در نوار جنوبی تغییرات شدید نیاز سرمایش برحسب فاصله از دریا و تغییرات ارتفاعی را گویا می‌سازد به‌گونه‌ای که با افزایش ارتفاعی نیاز سرمایش کاهش می‌یابد نقشه (۶).

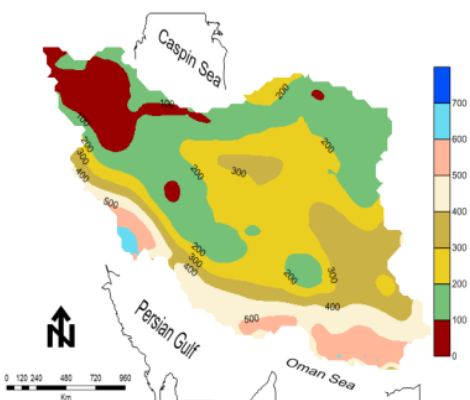
آذربایجان و بلندی‌های کشور به میزان ۰ درجه دارا می‌باشند. جلگه‌ها و سواحل جنوبی نیز با گرمایش ۷۰۰ درجه ساعت بیشترین میزان را در کشور داشته که بیشینه‌ی آن همانند ماه‌های قبل در جلگه‌ی خوزستان نمایان است نقشه‌های (۳ و ۴). کمترین سرمایش ساعت ۱۲ زولو در ماه‌های گرم سال را سپتامبر به میزان ۲۰۰ درجه ساعت به خود اختصاص می‌دهد در این ماه نیاز سرمایش منحصر به بخش‌های جنوبی کشور شده که بیشینه‌ی آن را سواحل و پس‌کرانه‌های دریای عمان و هرمزگان به میزان ۲۰۰ درجه ساعت خواهند داشت نقشه (۵). در ماه آگوست



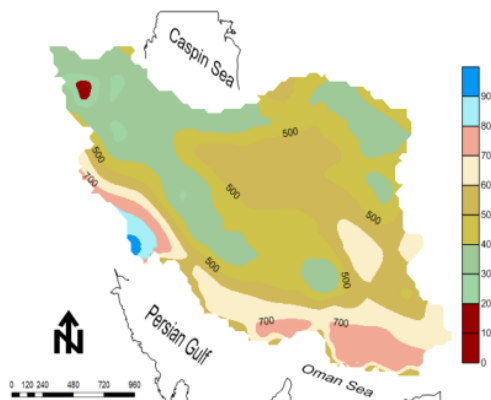
نقشه ۲: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه می ساعت ۱۲  
دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



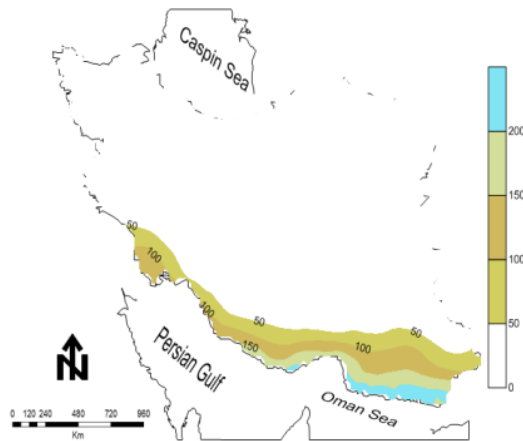
نقشه ۱: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه آوریل ساعت ۱۲  
دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



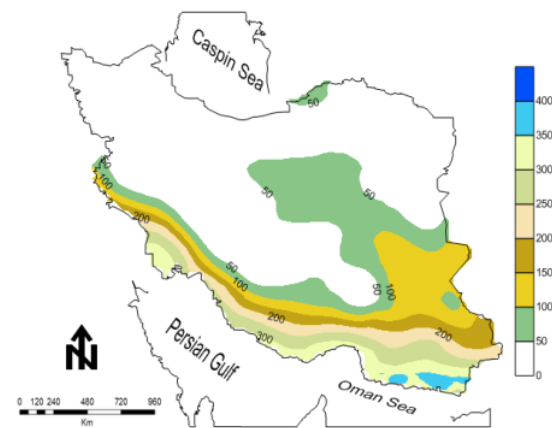
نقشه ۴: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژوئیه ساعت ۱۲  
دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۳: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژوئن ساعت ۱۲  
دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۶: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه سپتامبر ساعت ۱۲ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



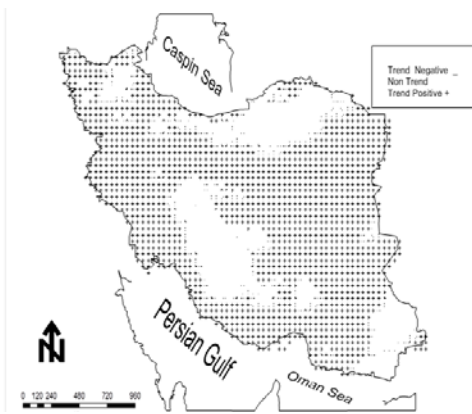
نقشه ۵: میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه اگوست ساعت ۱۲ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

گرم‌تر شدن دمای هوا در ساعت ۱۲ زولو در اکثر مناطق در اواسط بهار خواهد بود نقشه (۲). در ماه‌های آگوست و سپتامبر نیاز سرمایش ساعت ۱۲ زولو همانند ساعت ۰۹ زولو در اکثر مناطق کشور فاقد تغییر می‌باشد نقشه‌های (۵ و ۶). نیاز سرمایش در ماه ژوئن در دشت کویر، دشت لوت، ارتفاعات خراسان مرکزی و جنوبی، دشت زابل و باریکه ساحلی خلیج فارس با ۳۱ درصد وسعت کشور در ساعت ۱۲ زولو روندی افزایشی خواهد داشت نقشه (۳). بقیه مناطق کشور با ۷۰ درصد وسعت فاقد روند می‌باشند. در ماه ژولای نیمه غربی، نیمه جنوبی و بخش‌هایی از مرکز ایران در استان یزد با ۵۲ درصد وسعت در میزان نیاز سرمایش آن‌ها روندی افزایشی خواهند داشت نقشه (۴).

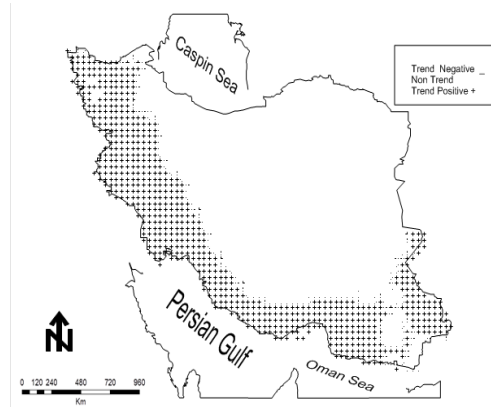
## واکاوی روند نیاز سرمایش ایران در دهه‌های آتی

### تحت سناریو A1B ساعت ۱۲ زولو (۱۵ به وقت ایران)

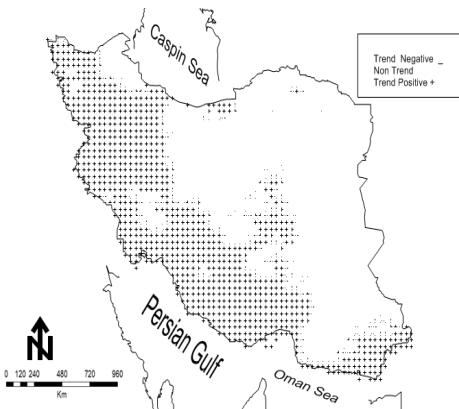
در ماه آوریل سراسر نوار غربی، جنوبی و جنوب شرقی با ۳۹ درصد از وسعت کشور در ساعت ۱۲ زولو با افزایش دما و نیاز سرمایش مواجه خواهند شد. بقیه مناطق با وسعت ۶۱ درصد از مساحت کشور در این ماه نیاز سرمایش آن‌ها در ساعت مذکور تغییری نخواهد داشت نقشه (۱). بیشترین گستره‌ی مکانی روند افزایشی نیاز سرمایش در کشور را ماه می به خود اختصاص می‌دهد در این ماه بجز باریکه‌ی کوهستانی زاگرس مرکزی و جنوبی، البرز مرکزی و شرقی، خراسان شمالی و جنوب زاهدان که با ۲۰ درصد وسعت فاقد روند می‌باشند، روند بقیه‌ی مناطق کشور با ۸۰ درصد وسعت، افزایشی است این نکته گویای



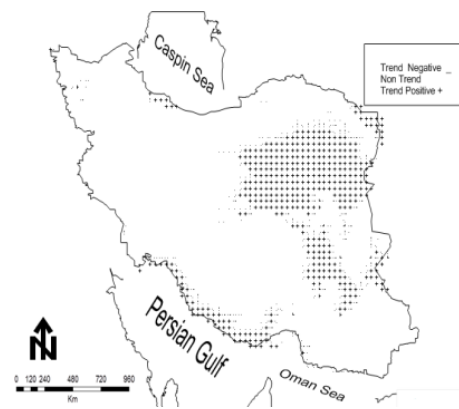
نقشه ۲: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه می ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



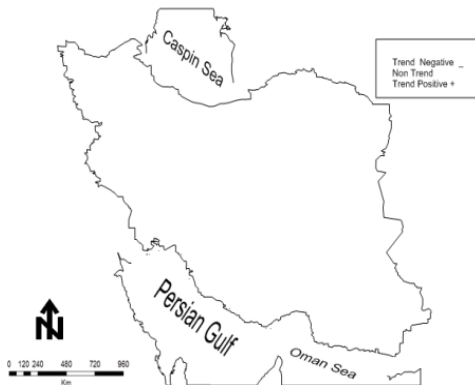
نقشه ۱: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه آوریل ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۴: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژوئیه ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۳: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه ژوئن ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۶: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه سپتامبر ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۵: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه اگوست ساعت ۱۲ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

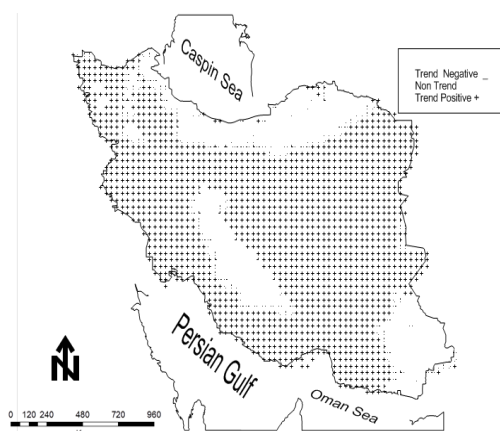
جدول ۲: میزان درصد مناطق دارای روند (مثبت، منفی و فاقد) در ماه‌های مختلف سال در ساعت ۱۲ زولو

ماه‌های سال	روند مثبت به درصد	روند منفی به درصد	فاقد رونده درصد
آوریل	۳۹/۴	۰	۶۰/۶۶
می	۷۹/۸	۰	۲۰/۲
ژوئن	۳۱/۱	۰	۶۸/۹
ژولای	۵۲	۰	۴۸
اوت	۰/۸	۰	۹۹/۳
سپتامبر	۲	۰	۹۸

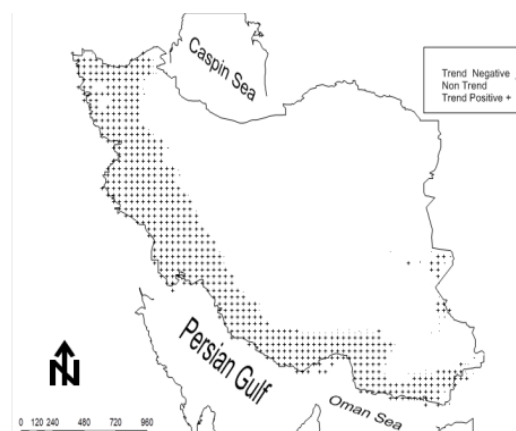
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

نقشه (۲). روند افزایشی نیاز سرمایه‌ش در ماه ژوئن منحصر به باریکه‌ی ساحلی جنوب، دشت کویر، دشت لوت، خراسان رضوی و جنوبی و نوار کوهپایه‌ای داخلی با ۳۱ درصد وسعت کشور می‌باشد و بقیه‌ی مناطق کشور در این ماه در ساعت مذکور تغییراتی در میزان نیاز سرمایه‌ش خود مشاهده نمی‌کنند نقشه (۳). در ماه ژولای روند افزایش نیاز سرمایه‌ش علاوه بر نوار غربی، شمال غربی، جنوب غرب و سواحل و پس‌کرانه‌های خلیج فارس، در جلگه‌ها و سواحل شمالی نیز مشاهده می‌شود و نمی‌توان گفت که روند دما در مناطق خنک کشور روند دما در ساعت ۱۵ زولو افزایشی است نقشه (۴). ماه‌های آگوست و سپتامبر ماه‌هایی فاقد روند از لحاظ نیاز سرمایه‌ش در اکثر ساعت‌های گرم خواهند بود نقشه‌های (۵ و ۶).

واکوی تغییرات نیاز سرمایه‌ش ایران در دهه‌های آتی تحت سناریو A1B ساعت ۱۵ زولو (۱۸ به وقت ایران) در ساعت ۱۵ زولو (۱۸ به وقت ایران) نیاز سرمایه‌ش در ماه آوریل همانند ساعت‌های قبل در سراسر نوار غربی و جنوبی با ۴۰ درصد وسعت کشور روند افزایشی خواهد داشت. در این ماه بقیه مناطق کشور (نیمه شمالی، مرکزی و شرقی) فاقد روند خواهند بود نقشه (۱). در ماه می نیز در ساعت ۱۲ زولو بجز نوار شمالی، شمال شرق، زاگرس جنوبی و استان سیستان و بلوچستان که تغییرات دمایی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. روند نیاز سرمایه‌ش در بقیه‌ی مناطق کشور با وسعت ۸۰ درصد مثبت می‌باشد. در واقع می‌توان بیان کرد که در ماه می در اکثر مناطق کشور دمای ساعت‌های گرم روز دارای روند افزایشی خواهد بود

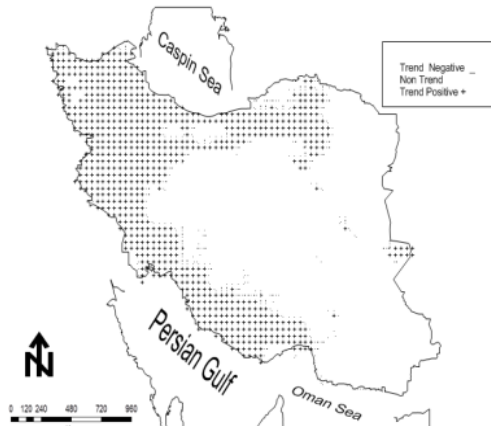


نقشه ۲: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه می ساعت ۱۵ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

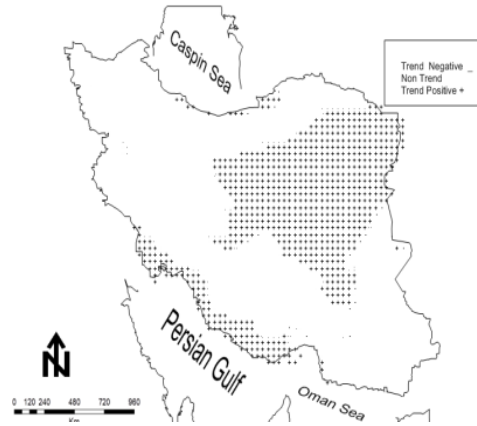


نقشه ۱: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایه‌ش ماه آوریل ساعت ۱۵ دوره ۲۰۶۰-۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)





نقشه ۴: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژولای ساعت ۱۵ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۳: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژوئن ساعت ۱۵ دوره ۲۰۲۵-۲۰۶۰ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۶: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژولای ساعت ۱۵ دوره ۲۰۶۰-۲۰۶۰ (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵)



نقشه ۵: روند مجموع درجه ساعت نیاز سرمایش ماه ژوئن ساعت ۱۵ دوره ۲۰۲۵ (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

جدول ۳: میزان درصد مناطق دارای روند(مثبت،منفی و فاقد) در ماه‌های مختلف سال در ساعت ۱۵ زولو

ماه‌های سال	روند مثبت به درصد	روند منفی به درصد	فاقد رونده درصد
آوریل	۳۹/۴	۰	۶۰/۶۶
می	۷۹/۸	۰	۲۰/۲
ژوئن	۳۱/۱	۰	۶۸/۹
ژولای	۵۲	۰	۴۸
اوت	۰/۸	۰	۹۹/۲
سپتامبر	۲	۰	۹۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

## نتیجه

درجه روز یک شاخص پویای آب و هوایی است که مورد استفاده در طیف وسیعی از برنامه‌های کاربردی از جمله طراحی مسکن، مدیریت انرژی، کشاورزی، حمل‌ونقل و صدها عامل دیگر است. گرمایش جهانی و مدیریت انرژی از یکسو و محیط‌زیست پایدار از سوی دیگر ایجاب می‌نماید تا نگاهی ویژه به دورنمای انرژی و مدیریت آن داشت. یکی از معیارهای عمده جهت محاسبه مصرف انرژی محیط جهت خنک کردن درجه ساعت می‌باشد. از آنجا که ایران دارای تنوع ارتفاعی و اقلیمی است اثر گرمایش جهانی بر تغییرات مکانی زمانی این فرا سنج در آن به یک اندازه نبوده، لذا شناخت تغییرات مکانی زمانی نیاز سرمایش ساعتی در پهنه ایران عمده‌ترین هدف این پژوهش می‌باشد. نخست داده‌های دمای هوا در ساعت‌های (۰۹، ۱۲، و ۱۵) زولو توسط مدل EH50M از مدل‌های ترکیبی گردش عمومی هوا تحت سناریو A1B انتشار یافته از مؤسسه‌ی ماکس پلانک آلمان شبیه‌سازی و توسط مدل اقلیم منطقه‌ای بر گستره ایران ریزمقیاس شد. سپس از طریق آستانه‌ی دمایی ۲۳/۹ بر گرفته از انجمن استاندارد علوم امریکا جمع میانگین و روند نیاز سرمایشی ساعت‌های مذکور محاسبه و نقشه‌های آن ترسیم گردید. نیاز سرمایش ساعت‌های مختلف روزبه فاصله زمانی ۳ ساعت در بازه زمانی (۲۰۱۵-۲۰۵۰) برای ماه‌های گرم سال (آوریل تا سپتامبر) محاسبه و ترسیم گردید که در این پژوهش به دلیل حجم زیاد نقشه‌ها نیاز سرمایش ساعت‌های (۱۲، ۹، و ۱۵) زولو که گرم‌ترین ساعات روز به وقت ایران می‌باشند و بیشترین مصرف انرژی سرمایش کشور نیز در این بازه‌ی زمانی است مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین نیاز سرمایش کشور در ساعت‌های مذکور را فصل بهار به‌ویژه ماه‌های آوریل، می و ژوئن دارا می‌باشند، این در حالی است که نیاز سرمایش فصل تابستان که گرم‌ترین فصل کشور نیز می‌باشد به‌اندازه فصل بهار نخواهد بود بنابراین طبق سناریوی مذکور باید شاهد گرم‌تر شدن فصل بهار در

کشور طی دهه‌های آتی باشیم که این امر به نوبه‌ی خود آغاز زود هنگام مصرف انرژی جهت سرمایش محیط را گویا می‌سازد که با توجه به نیاز سرمایش فصل تابستان و طولانی شدن دوره‌ی گرم، روند بحرانی مصرف انرژی را در آینده برای کشور رقم خواهد زد. بیشترین میزان نیاز سرمایش را در فصل بهار در ساعت‌های ۰۹ و ۱۲ نوار پس کرانه‌ای سواحل جنوبی، چاله جازموریان و به‌ویژه جلگه خوزستان به میزان ۱۰۰۰-۹۰۰ درجه ساعت و کمترین میزان را در ساعت ۱۵ زولو بلندی‌ها و ارتفاعات کشور در اکثر ماه‌ها به میزان ۰ درجه ساعت خواهند داشت. این نکته گویای افزایش دمای نوار جنوبی کشور می‌باشد که نتایج این پژوهش را هم راستا با نتایج پژوهش روشن وهمکاران (۲۰۱۲) کرده که با استفاده از مدل Hadcm3 بیان داشتند طی دهه‌های ۲۰۲۵، ۲۰۵۰ و ۲۰۷۵ بیشترین نیاز سرمایش کشور را جلگه‌ها و سواحل جنوبی خواهند داشت که هر دو مدل افزایش دمای این بخش از کشور را نوید می‌دهند. روند نیاز سرمایش ساعتی کشور نیز از طریق آزمون من‌کندال محاسبه و نقشه‌های آن ترسیم گردید. در ساعت‌های مذکور ماه‌های اوت و سپتامبر کشور از لحاظ نیاز سرمایش فاقد تغییر خواهد بود. در هر سه بازه زمانی در ماه‌های آوریل، می و ژولای بر نیاز سرمایش نوار غربی و جنوبی کشور افزوده خواهد شد این نکته گویای تغییرات دمایی در نوار کوهستانی و کوهپایه‌ای بیرونی زاگرس می‌باشد. دشت‌های داخلی کشور از جمله دشت کویر و لوت به همراه نوار شمال شرق کشور در ماه ژوئن در هر سه بازه زمانی شاهد افزایش نیاز سرمایش می‌باشند. به‌طور خلاصه می‌توان این‌گونه بیان داشت که بجز ماه‌های اگوست و سپتامبر که تقریباً در هر سه ساعت گرم سال در کشور روندی از لحاظ افزایش نیاز سرمایش مشاهده نمی‌شود در فصل بهار و اوایل تابستان بر میزان دمای نیمه غربی، نوار جنوبی و بخش‌های شرقی کشور افزوده خواهد شد. بیشترین گستره‌ی مکانی روند مثبت نیاز سرمایشی و افزایش دما را در کشور ماه می با ۸۰ درصد از وسعت کشور به خود اختصاص می‌دهد.

- Borah Pallavi, Manoj Kumar Singh & Sadhan Mahapatra (2015). Estimation of degree - days for different climatic zones of North-East India. *Sustainable Cities and Society* 14, PP: 70-81.
- Ceppi Paulo, Yen-Ting Hwang, Dargan M. W. Frierson, & Dennis L. Hartmann (2012). Southern Hemisphere jet latitude biases in CMIP5 models linked to shortwave cloud forcing *Geophysical Research Letters*, Vol. 39, L19708, doi:10.1029/2012 PP:1-5.
- Cesaraccio, Carla. Donatella, Spano. Pierpaolo Duce Richard L (2001). Snyder model for determining degree-days values from daily temperature data An improved. *Biometeorol* 45, PP:161-169.
- Elizabeth M., & Federico C (2013). Variability and trends of heating degree-days in Argentina, *International Journal of Climatology*, Vol. 33, Issue 10, August 2013, PP: 2352-2361.
- Fung, F., A. L. Lopez & M. New (2011). Modeling the impact of climate change on water resources. Wiley -Blackwell, N,(187), PP:43-62.
- Fengqing .Jiang, Xuemei. Li., Binggan. Wei., & Ruji Hu .Zhen (2010). Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China. *Theor Appl Climatol*: 97, PP: 349-360.
- Fang, X, Wang, A, Fong, S.K, Lin, W & Liu, J (2008). Changes of reanalysis-derived Northern Hemisphere summer warm extreme indices during 1948-2006 and links with climate variability”, *Global and planetary change*, Vol. 63, PP: 67-78.
- Frank, T (2005). Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland. *Energy and Buildings* 37 (2005), PP:1175-1185.
- Ginn, E.W.L., Lee, T.C. & Chan, K.Y (2010). Past and Future Changes in the Climate of Hong Kong. Accepted for publication in *Acta Meteorologica Sinica*.140-164.
- J. David Neelin (2010). *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press the Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK.1-272.

## پیشنهادات

در این پژوهش جهت شبیه‌سازی نیاز سرمایه‌گذاری از پایگاه داده EH5OM انتشار یافته در مؤسسه ماکس پلانک آلمان استفاده گردید با توجه به اینکه مدل‌های متعدد در پایگاه داده‌ای مختلف از جمله مرکز هدلی انگلیس یا کانادا نیز موجود می‌باشند لذا میزان شبیه‌سازی شده این فراسنج می‌تواند بر طبق مدل‌ها و سناریوهای گوناگون متفاوت باشد و عملاً عدم قطعیت در همه‌ی آن‌ها موجود می‌باشد.

## منابع

- بابائیان، ایمان؛ عاطفه عرفانی؛ مریم کریمیان؛ راحله مدیریان (۱۳۹۲). شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مصرف برق کشور در دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی برون‌داد مدل گردش عمومی جو، دهمین همایش بین‌المللی انرژی.
- شاهکویی، اسماعیل؛ غلامرضا روشن (۱۳۹۱). تغییرات زمانی درجه- روز مورد نیاز گیاه سویا بر مبنای دگرگونی‌های اقلیمی دهه‌های آینده مطالعه موردی: شهرستان گرگان فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۷. شماره اول. بهار ۱۳۹۱. شماره پیاپی ۱۰۴. صفحات ۶۵-۵۱.
- کریمیان، مریم؛ ایمان بابائیان؛ راحله مدیریان (۱۳۸۶). بررسی و توانمندی مدل RegCM در مدل‌سازی بارش و دمای استان خراسان، فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان. مجله آمایش جغرافیایی فضا. سال سوم. شماره مسلسل هفتم. بهار ۱۳۹۲. صفحات ۱۸۶-۱۶۷.
- مسعودیان، سیدابوالفضل؛ رضا ابراهیمی؛ الهام یاراحمدی (۱۳۹۳). واکوی مکانی- زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. سال ۱۲. شماره ۱۳۹۳. صفحات ۱۲۸-۱۱۱.

- Roeckner E, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kornblueh L, Manzini E, Schlese U Schulzweida U (2006) .Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *J Clim* 19, PP:3771–3791.
- Roshan,G.R.,& Grab, S. W (2012). Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. *Int J Plant Prod*, 6(2), 239-266.
- Van, T & N Van (2005). Downscaling methods for evaluating the impact of climate change and variability on hydrological regime at basin scale role of water sciences in Trans boundary river basin management. Thailand, PP:1-8.
- Wang, H. & Chen, Q (2014). Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States,” *Energy and Buildings*, 82, PP: 428–436.
- Wilby, R. L . & W.C. Dawson (2007). SDSM 4.2-Adecision support tool for the assessment of regional climate change impacts, SDSM manual version 4.2, Environment Agency of England & Wales, PP:1-94.
- K. P. Moustris و P. T. Nastos و A. Bartzokas و I. K. Larissi, P. T. Zacharia., & A. G. Paliatso (2015). Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece, *Theor Appl Climatol* DOI 10.1007/s00704-014-1308-7, PP:1-13.
- Papakostas, K. T., Michopoulos, A. K., & Kyriakis, N.A(2004). Equivalent full-load hours for estimating heating & cooling energy requirements in buildings: Greece casestudy. *Applied Energy*,86(5),PP:757-761.
- Roeckner E, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kornblueh L, Manzini E, & Schlese U Schulzweida U (2003). Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model". *J Clim* 19, PP: 3771–3791.
- Reichard T, & Kim J (2008). How well do coupled models simulate today’s climate" *Bull Am Meteorol Soc* 89, PP:303–311.
- Roshan, Gh. R., Grab, & S.W (2012). Regional Climate Change Scenarios and Their Impacts on Water - Requirements for Wheat Production in Iran, *International Journal of Plant Production*, Vol. 2, PP:239-265.
- Randall DA (2007). Climate models and their evaluation. In: Solomon S, Qin D, Manning M Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) *Climate change 2007: the physical science basis*. Cambridge University Press, Cambridge, PP:1-15.