

# تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای گرمایش و سرمایش ایران طی دوره‌های گذشته و آینده

کمال امیدوار<sup>۱</sup>

رضا ابراهیمی<sup>۲</sup>

احمد مزیدی<sup>۳</sup>

تیمورعلیزاده<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱۲/۲۳

\*\*\*\*\*

## چکیده

افزایش روزافزون تقاضای انرژی در برابر کاهش منابع فراگیر انرژی به همراه پیامدهای گرمایش جهانی، اهمیت بررسی کمی تغییرات نیاز سرمایش، گرمایش کشور را در دهه‌های گذشته و آینده ضروری می‌سازد. در پژوهش حاضر، نخست داده‌های گردش کلی جو از پایگاه داده EH50M استخراج شد. این داده‌ها تحت سناریو A1B هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم بوده و سپس با مدل اقلیم منطقه‌ای، داده‌های میانگین دمای روزانه به تفکیک  $0.27 \times 0.27$  درجه که حدوداً نقاطی با ابعاد  $30 \times 30$  کیلومتر ایران را پوشش می‌دهند در بازه زمانی (۲۰۱۵-۲۰۵۰) ریزمقیاس شدند. داده‌های میانگین دمای روزانه دوره گذشته نیز از پایگاه داده‌های اسفزاری در دوره آماری (۱۹۷۰-۲۰۰۴) بر روی یاخته‌هایی به ابعاد  $15 \times 15$  کیلومتر بر سراسر کشور استخراج شد. از آستانه دمایی ۱۱ درجه برای محاسبه درجه روز گرمایش و آستانه  $18/3$  برای محاسبه درجه روز سرمایش استفاده شد. میانگین ماهانه این فراسنج‌ها بر روی ماتریسی به ابعاد  $12 \times 2140$  (آینده) و  $12 \times 7187$  (گذشته) به دست آمد که سطرها بیانگر زمان (ماه، سال) و ستون‌ها مکان یاخته می‌باشند. سپس نقشه میانگین ماهانه هر دو دوره ترسیم و تفسیر گردید. نتایج گویای سردتر شدن هوا در دهه‌های آتی نسبت به دوره گذشته در ماه‌های ژانویه و دسامبر در اکثر مناطق کشور به جز ناحیه ساحلی و پسرکانه‌ها و گرم تر شدن هوا در اکثر مناطق کشور در ماه‌های گرم سال (ژوئن، جولای، اوت)؛ بر میزان مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش اثرات قابل توجهی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: مدل EH50M، ریزمقیاس نمایی، مدل RegCM4، ایران

\*\*\*\*\*

۱- استاد آب و هواشناسی دانشگاه یزد [komidvar@yazd.ac.ir](mailto:komidvar@yazd.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه یزد (نویسنده مسئول) [ebrahimireza7679@yahoo.com](mailto:ebrahimireza7679@yahoo.com)

۳- دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه یزد [payamyazd@gmail.com](mailto:payamyazd@gmail.com)

۴- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه تهران [t.alizadeh@ut.ac.ir](mailto:t.alizadeh@ut.ac.ir)

۱- مقدمه

دما، به ویژه درجه روز می‌باشد که اهمیت بسیار زیادی بعد از بارش برای توصیف اقلیم یک ناحیه دارد. درجه روز عبارت است از اندازه‌گیری میانگین دمای روزانه هوا با استفاده از دمای آستانه که این آستانه‌های دمایی انتخاب شده برای محاسبه درجه روز سرمایش و گرمایش بستگی به اهداف ویژه دارند. درجه روز یک اندازه‌ای از میانگین دمای هواست که بیان‌کننده رفاه و آسایش بشر است. در تعریفی دیگر درجه روز تفاضل میان میانگین دمای هوا با دمای آستانه انتخابی است (گین و همکاران، ۲۰۱۰، ۲۱۵۵).

اگر جواب این تفاضل مثبت باشد نیاز به سرد کردن محیط و اگر جواب به دست آمده از این تفاضل منفی باشد نیاز به گرم کردن محیط وجود دارد. کریستنسون و همکاران (۲۰۰۶)، اثر گرمایش جهانی بر درجه روزهای گرمایش و سرمایش شهرسویس را مورد واکاوی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده این است که در طی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۰۱ میزان درجه روز گرمایش یک روند کاهشی به میزان ۱۱ تا ۱۸ درصد داشته که برای محاسبه آن از آستانه‌های دمایی ۱۲، ۸، ۱۰ درجه استفاده شده است. لی و همکاران (۲۰۰۷)، به واکاوی گرمایش جهانی و اثرات آن بر میزان انرژی مصرفی در چین پرداختند. عمده‌ترین کاربرد این محاسبه در معماری ساختمان می‌باشد. در واقع میزان انرژی سوخت ذخیره‌شده و میزان کمتر مصرف برای فصول سرد سال ناشی از تغییرات اقلیم جهانی است. سیملرو همکاران (۲۰۰۹)، به واکاوی تغییرات اقلیمی بر روی تغییرات مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش در ایرلند در طی دوره آماری ۴۰ ساله پرداختند. نتایج به دست آمده از این واکاوی‌ها بیانگر این است که در جنوب این کشور در طی دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۸۱ در مقایسه با دوره ۱۹۸۰-۱۹۶۱ تقاضای انرژی برای گرمایش تقریباً به میزان ناچیزی روند کاهشی داشته است. جیانگ و همکاران (۲۰۱۰): روند درجه روز گرمایش و سرمایش در اگزینجیانگ چین را محاسبه کردند. جهت این کار داده‌های دمای روزانه ۵۱ ایستگاه طی دوره ۲۰۰۴-۱۹۵۹ مورد استفاده قرار گرفت. روند ماهانه فصلی

تغییر اقلیم و تغییرپذیری آن به یکی از موضوعات مهم علوم جوی، اقیانوسی و محیطی تبدیل شده است. امروزه نظر بسیاری از پژوهشگران به پدیده گرمایش جهانی و تغییر اقلیم جلب شده است. مدل‌سازی گذشته، حال و آینده آب و هوا دارای اهمیت اساسی در ارتباط با تغییر اقلیم و تغییرپذیری جوی می‌باشد (نیلین، ۲۰۱۱). تغییرپذیری اقلیم می‌تواند با استفاده از روش‌های دیرینه اقلیم‌شناسی، تحلیل همدید، مدل‌های آماری، مدل‌های قیاسی و شناسایی علل دینامیکی یک پدیده صورت پذیرد (کری موک، ۲۰۰۸: ۲۰). یکی از دلایل اصلی تغییر اقلیم گرمایش جهانی است. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم<sup>۱</sup> بیان کرد که میانگین دمای هوا در سطح جهانی به میزان ۰/۷۴ درجه سانتیگراد افزایش یافته است. این تغییرات ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسید کربن (CO2) می‌باشد (IPCC, 2007). اینکه گرمایش جهانی بر اثر پدیده‌های طبیعی و یا به دلیل پیامدهای انسانی و یا هر دو ایجاد می‌شود امروزه به یکی از موضوعات چالش برانگیز در علوم جوی تبدیل شده است (روشن و گرب، ۲۰۱۲: ۶۷). آثار منفی پدیده گرمایش جهانی بر بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع آب، محیط زیست و... موجب شده است که در طی سال‌های اخیر چندین نشست در سطح سران کشورها در ارتباط با موضوع تغییر اقلیم برگزار شود. (IPCC, 2007: 128) بنا به گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم گزارش‌ها بیانگر گسترش گرما ناشی از فعالیت‌های انسانی به ویژه افزایش گازهای گلخانه‌ای است. این گرما هم در مناطق اقیانوسی و هم جو نمایان می‌شود (IPCC, 2007: 127). یکی از نگرانی‌های بزرگ پژوهشگران آب و هواشناسی، درباره گرمایش جهانی ناشناخته بودن تمام جنبه‌های این پدیده است، زیرا مسائل عمده‌ای در آب و هواشناسی وجود دارد که به علت ماهیت پیچیده جو هنوز ناشناخته مانده‌اند. گرمایش جهانی می‌تواند جنبه‌های مختلف آب و هوا را تحت تأثیر قرار دهد. یکی از این فراسنج‌های آب و هوایی،

محیط رو به رو خواهد بود. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۸)، به واکاوی نیازهای گرمایش و سرمایش شمال غرب ایران پرداختند. نتیجه مطالعه نشان داد که به ازای افزایش هر درجه عرض جغرافیایی ۰/۶۲۲ درجه روز نیازهای گرمایشی افزایش می‌یابد و ۰/۶۵۱ درجه روز نیازهای سرمایشی کاسته می‌شود. همچنین معلوم شد که در دهه دوم آماری در نقاط مرتفع منطقه، به طور متوسط ۳۱۷ درجه روز از میزان نیازهای گرمایشی کاسته شده است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به واکاوی جمع میانگین درجه روزهای گرمایش و سرمایش در قلمرو ایران پرداختند. جهت این پژوهش از داده‌های میانگین دمای روزانه ایران در دوره آماری ۴۴ ساله (۱۳۸۴-۱۳۴۰) استفاده گردید. براساس نتایج حاصل ایران به سه ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی، کوهپایه‌ای و جلگه‌ای و پست و بیابانی تقسیم گردید. نتایج نشان داد که بیشترین میزان نیاز سرمایشی در بخش‌های گرم کشور و در ماه‌های گرم و بیشترین نیاز گرمایشی در ماه‌های سرد سال و در مناطق کوهستانی می‌باشد. رضانی و کاظم نژاد (۱۳۹۳)، میانگین مجموع درجه/ روز گرمایش و سرمایش ماهانه، فصلی و سالانه استان گیلان را با استفاده از روش مطالعاتی درجه/ روز با توجه به آستانه دمایی بین ۱۸/۳ الی ۲۳/۹ (طبق استاندارد مؤسسه استاندارد آمریکا) محاسبه، ترسیم و مورد واکاوی قرار دادند. نتایج حاصل از واکاوی نقشه‌های میانگین سالانه مجموع درجه/ روزهای گرمایش و سرمایش در سطح منطقه، بیانگر بخش‌بندی گیلان به دو پهنه کلان اقلیمی هموار و ناهموار است. در نیمه گرم سال، بخش هموار استان نیازمند سرمایش بالاتری هستند. بر اثر گرمایش جهانی شاهد افزایش میانگین دمای کشور در دهه‌های آتی نسبت به زمان حال خواهیم بود. که این افزایش بر تغییرات مصرف انرژی اثرات بسزایی دارد.

روند مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش در طی دوره ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۶ در کشور سیر صعودی به خود گرفته است. در نتیجه کشور در دهه‌های آینده با بحران افزایش مصرف انرژی جهت سرمایش یا خنک کردن محیط نه

درجه روز گرمایش و سرمایش با استفاده از آماره آزمون من کندال و روش رگرسیون خطی محاسبه شد. جوون و لول (۲۰۱۳) به شبیه‌سازی میانگین دمای روزانه اروپا با استفاده از مدل‌های اقلیم منطقه‌ای پرداختند. جهت انجام این پژوهش از ۶ مدل مختلف شبیه‌سازی جهت انتخاب بهترین مدل استفاده گردید. داده‌های میانگین دمای روزانه در طی دو دوره آماری ۲۰۳۰-۲۰۰۱ و ۲۰۸۹-۲۰۶۹ در وسعتی به ابعاد ۰/۲۵×۰/۲۵ شبیه‌سازی شد. نتایج حاصل نشان داد که در دوره آماری ۲۰۸۹-۲۰۶۹ اکثر مدل‌ها نتایج یکسانی را در شبیه‌سازی میانگین دما دارا می‌باشند، اما در دوره آماری ۲۰۳۰-۲۰۰۱ نتایج هر مدل با دیگری متفاوت است. وانگ و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات میزان نیاز گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها در چندین شهر ایلات متحده پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره زمانی ۲۰۸۰ میزان نیاز به سرمایش در برخی از شهرها از جمله سان فرانسیسکو و ایلینویز افزایش می‌یابد. در میزان نیاز گرمایش نیز در برخی شهرها در فصل زمستان روندی افزایشی مشاهده گردید. بورا و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به واکاوی درجه روزهای گرمایش و سرمایش در نواحی مختلف هند پرداختند. جهت انجام این کار از داده‌های دمای حداقل و حداکثر روزانه چندین ایستگاه سینوپتیک استفاده گردید. سپس درجه روز از طریق چند روش متفاوت محاسبه گردید. آستانه دمایی سرمایش ۲۲،۲۴ و آستانه دمایی گرمایش ۱۴،۱۶ می‌باشد. این فراسنج‌ها در طی دوره آماری ۲۰۰۷-۲۰۱۱ 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. در واقع هدف اصلی محاسبه درجه روز مقایسه چند روش به منظور مقایسه آن‌ها با هم می‌باشد. میزان نیاز به سرمایش در اقلیم‌های خشک و گرم روند افزایشی داشته است. این در حالی است که میزان گرمایش در نواحی سرد و خشک روند کاهشی به خود دیده است. در نتیجه این کشور با بحران مصرف انرژی جهت سرمایش

است. داده‌های خروجی به دست آمده در مدل‌های اقلیم منطقه‌ای<sup>۱</sup> که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس و منطقه‌ای مناسب‌ترند ریزمقیاس می‌شوند (رانندال و همکاران، ۲۰۰۷، روشن و همکاران، ۲۰۱۲).

برای ریزگردانی داده‌ها به تفکیک بالاتر و تولید داده‌های اقلیمی دهه‌های آینده در مدل RegCM4 تحت سیستم عامل لینوکس و با کدنویسی در محیط گرس از داده‌های دینامیک و ترمودینامیک جو، لایه مرزی، توپوگرافی سطح زمین، شیمی جو و هواویزها، شار جریان‌های اقیانوسی، پوشش آبی، گیاه و خاک سطح زمین استفاده شد. سپس با مدل ریزمقیاس نمایی، داده‌های میانگین دمای روزانه به تفکیک نقاطی با ابعاد ۳۰ × ۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند در بازه زمانی (۲۰۱۵-۲۰۵۰) ریزمقیاس شدند. هسته دینامیکی مدل هیدرواستاتیکی، با سامانه مختصات سیگماست. معادلات مورد استفاده در این مدل چنین است: معادلات اندازه حرکت افقی، معادلات پیوستگی و تغییرات فشار (S) و معادله هیدروستاتیک (V)، معادله ترمودینامیک، معادلات امگا و معادلات اندازه حرکت افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (باباییان و همکاران، ۱۳۸۱).

این پژوهش به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات درجه روزهای سرمایش و گرمایش کشور طی دهه‌های آینده (۲۰۱۵-۲۰۵۰) و تحلیل مقایسه‌ای آن با دوره گذشته (۲۰۰۴-۱۹۷۰) می‌پردازد. ابعاد یاخته‌ها ۲۱۴۰ × ۳۱۴۰ می‌باشد. در این ماتریس سطرها (۱۳۱۴۰) نشان‌دهنده زمان (ساعت، هر روز، هر سال) و ماتریس ستون‌ها یاخته‌ها (نقاط میان‌یابی شده با ابعاد ۳۰ × ۳۰ کیلومتر) می‌باشند.

در این پژوهش برای محاسبه درجه روز سرمایش و گرمایش شبیه‌سازی شده از رابطه‌های زیر استفاده گردید:

$$HDD = \sum_{i=1}^n (T_{bh} - T_{meani})^+ \quad (1)$$

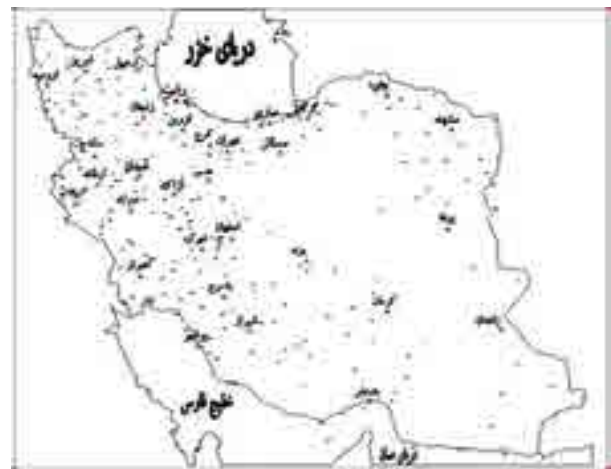
$T_{meani}$  میانگین دمای روزانه هوا می‌باشد که به صورت

تنها در فصل گرم بلکه در برخی از ماه‌های فصول دیگر روبه رو خواهد بود. لذا شناخت تغییرات زمانی، مکانی این فراسنج‌ها در دهه‌های آینده و ناحیه‌بندی مناطق از لحاظ نیاز به انرژی گرمایش، سرمایش می‌تواند گامی در جهت توسعه اقتصاد کشور از طریق صرفه‌جویی در منابع عظیم انرژی و راهگشای برنامه‌ریزی‌های ملی، منطقه‌ای و محلی در جهت اصلاح الگوهای مصرف انرژی باشد.

## ۲- داده‌ها و روش‌ها

### ۲-۱- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربع میان ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده‌است.



نگاره ۱: محدوده مورد مطالعه

### ۲-۲- روش تحقیق

برای محاسبه درجه روزهای گرمایشی و سرمایشی ایران در آینده نیازه داده‌های میانگین روزانه دما می‌باشد. در این پژوهش جهت شبیه‌سازی میانگین دمای هوا نخست داده‌های گردش کلی جو از پایگاه داده EH50M استخراج شد. این داده‌ها تحت سناریو AIB هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم بوده و با تفکیک ۱/۷۵ درجه طولی و عرضی اجرا شده

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... )  
 تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای ... / ۲۰۱

داده‌های میانگین دمای روزانه دوره گذشته نیز از پایگاه داده‌های اسفزاری استخراج گردید. این پایگاه داده‌ها شامل میانگین روزانه دما از سال ۱۳۴۸/۱/۱ تا ۱۳۸۱/۱۲/۲۹ بر روی یاخته‌هایی به ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر بر سراسر کشور است. به این ترتیب میانگین دمای روزانه در پایگاه داده‌های اسفزاری آرایه‌ای است به ابعاد ۷۱۸۷×۱۳۱۴ که در آن سطرها بیانگر زمان (روز) و ستونها بیانگر مکان (یاخته‌های ۱۵×۱۵ کیلومتر) هستند.

پس از اعمال روش بالا بر روی آرایه میانگین دمای روزانه ایران آرایه درجه روزگرمایش و سرمایش ماهانه نیز به ابعاد (۱۲×۷۱۸۷) به دست آمد. سپس به کمک این آرایه‌ها میانگین ماهانه درجه روزگرمایش و سرمایش محاسبه و مورد واکاوی قرار گرفت. برای محاسبه درجه روز آستانه‌های دمایی متفاوتی پیشنهاد شده که هر یک

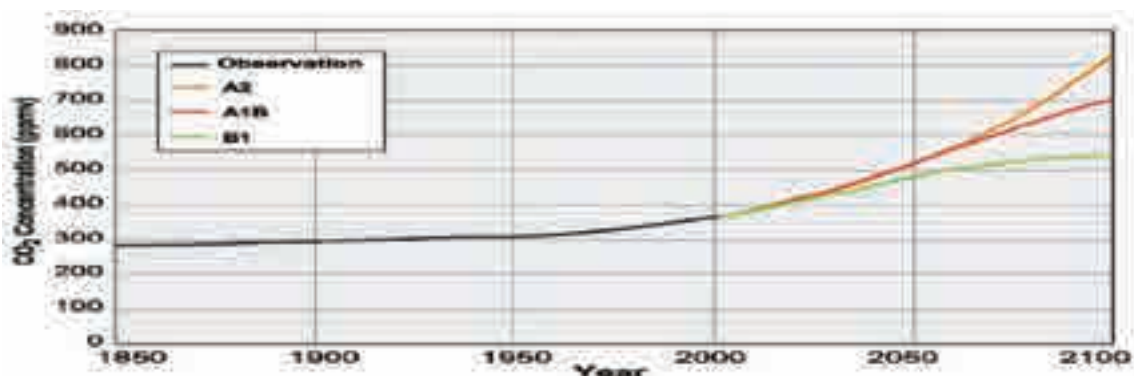
تعریف می‌شود جایی که  $T_{mean} = (T_{max} + T_{min}) / 2$  میانگین کمینه و بیشینه دمای روزانه می‌باشند و  $T_{bh}$  پایه‌های دمایی مورد استفاده است. روش محاسبه درجه روز سرمایش نیز به طریق زیر می‌باشد.

$$CDD = \sum_{i=1}^n (T_{mean_i} - T_{bc})^+$$

$T_{bc}$  آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه روز سرمایش است (جیانگ و همکاران ۲۰۱۰). پس از اعمال این روش بر روی آرایه میانگین دمای روزانه ایران آرایه درجه روزگرمایش و سرمایش ماهانه نیز به ابعاد (۱۲×۲۱۴۰) به دست آمد. سپس به کمک این آرایه‌ها میانگین ماهانه درجه روزگرمایش و سرمایش محاسبه و مورد واکاوی قرار گرفت (رحمان و همکاران: ۲۰۱۰ و مسعودیان و همکاران: ۱۳۹۲).

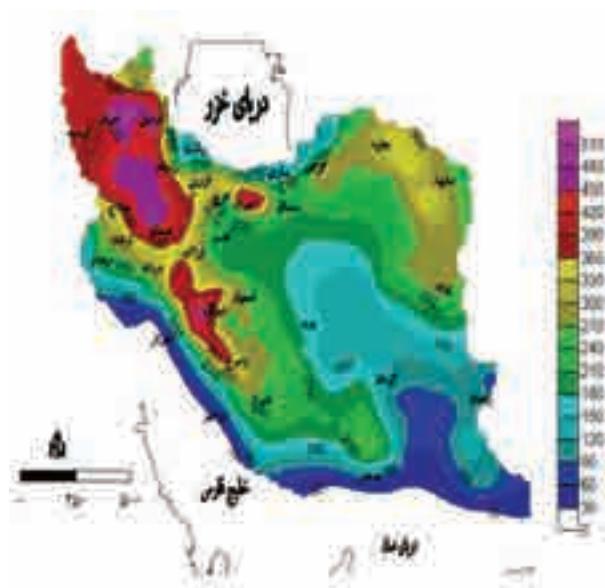
جدول ۱: میزان شبیه سازی شده دی اکسید کربن و سولفور جو طبق سناریوهای انتشار دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰ (روکنر و همکاران، ۲۰۰۶)

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



نمودار ۱: روند تغییرات میزان دی اکسید کربن موجود در جو طی دوره زمانی (۱۸۵۰-۲۱۰۰) تحت سناریوهای انتشار (روکنر و همکاران، ۲۰۰۶).

این پژوهش استفاده شد (مسعودیان و همکاران: ۱۳۹۲). نقشه‌های میانگین ماهانه درجه روز گرمایش ۵ ماه سرد سال نگاره‌های (۱۰-۱) در دوره‌های گذشته و آینده ترسیم گردید. در ماه ژانویه در هر دو دوره بیشترین نیاز گرمایش را نوار کوهستانی شمال غرب و زاگرس مرکزی و شمالی به میزان ۳۵۰-۵۰۰ درجه روز دارا می‌باشند. نکته قابل توجه افزایش ۱۰۰ درجه‌روزی نیاز گرمایش نوار کوهپایه ای، بخش‌های مرکزی چاله‌های داخلی و سواحل شمالی کشور در دوره‌های آینده به نسبت بازه زمانی گذشته در ماه ژانویه می‌باشد که سرد شدن هوا در این ماه را در مناطق طبق سناریو مذکور گویاست. میزان نیاز گرمایش جلگه‌ها و سواحل جنوبی و پسرکرانه‌ای در این ماه فاقد تغییر می‌باشد (نگاره‌های ۱ و ۲).



نگاره ۱: میانگین درجه روز گرمایش ژانویه آستانه دمایی ۱۱ در ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴

در ماه فوریه نیاز گرمایش در دهه‌های آینده در بخش کوهستانی زاگرس شمالی، آذربایجان و بلندی‌های شهرکرد به نسبت دوره گذشته افزایش ۷۰-۱۰۰ درجه‌ای داشته است. همچنین نیاز گرمایش بخش‌های کوهستانی البرز، خراسان و زاگرس مرکزی و جنوبی در دهه‌های آینده افزایش ۶۰ درجه‌ای خواهد داشت.

کاربرد ویژه‌ی خود را دارد. (سن و کدی اخلو: ۱۹۹۶، کدی اخلو و سن: ۱۹۹۸، بویوک و همکاران: ۲۰۰۱، ماتزراکیس و بلافوتیس: ۲۰۰۴، لی و همکاران: ۲۰۰۷، رحمان و همکاران: ۲۰۱۰). اما روش محاسبه درجه روز در همه موارد تقریباً یکسان است.

### ۳- بحث و نتایج

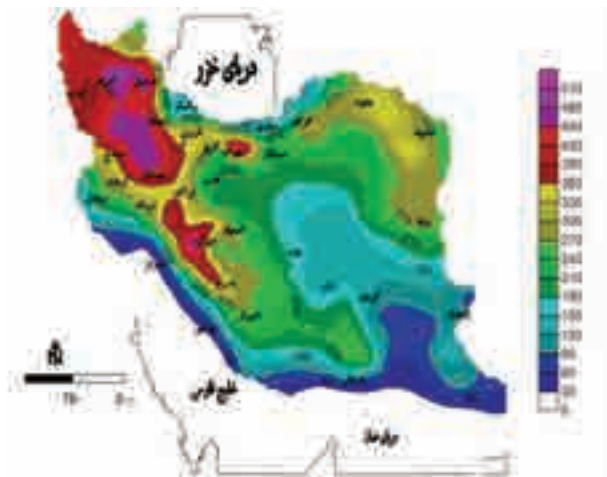
واکاوی مکانی زمانی درجه روزهای گرمایش در دو دوره گذشته و آینده

جدول (۱) سناریوهای مدل EH50M تحت شرایط گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن و سولفور جو) که توسط مؤسسه ماکس پلانک انتشار یافته را نشان می‌دهد. این سناریوها برای دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۱۰۰ شبیه‌سازی شده‌اند. در این پژوهش از داده‌های سناریو A1B طی بازه زمانی ۲۰۵۰-۲۰۱۵ استفاده گردید. A1B یکی از سناریوهای تغییر اقلیم بر این عقیده است که در آینده، میزان سوخت‌های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین در کنار آن از سوخت‌های غیرفسیلی استفاده شود. در واقع این پژوهش به دنبال شناسایی تغییرات فراسنج درجه روز گرمایش طبق سناریو تعریف شده این مدل می‌باشد. همانگونه که در نمودار شماره (۱) قابل مشاهده است در اکثر سناریوها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از قرن بیست به بعد سیر صعودی به خود گرفته است که بیشترین آن در سناریوهای خانواده A می‌باشد.

در این پژوهش هدف اصلی تحلیل مقایسه‌ای نیازهای گرمایش و سرمای‌های ماهانه در قلمرو ایران در دوره‌های گذشته و آینده با استفاده از میانگین روزانه دما برگرفته از پایگاه داده‌های اسفزاری در دوره گذشته طی بازه (۲۰۰۴-۱۹۷۰) و میانگین دمای شبیه‌سازی شده توسط نسخه چهارم مدل دینامیکی اقلیم منطقه‌ای تحت سناریوی A1B دوره زمانی آینده (۲۰۵۰-۲۰۱۵) است. از آستانه دمایی ۱۸/۳ به عنوان میانگین دمای روزانه کشور جهت محاسبه درجه روز سرمای‌های و آستانه دمایی ۱۱ درجه به عنوان دمای کمینه کشور جهت محاسبه درجه روز گرمایش در

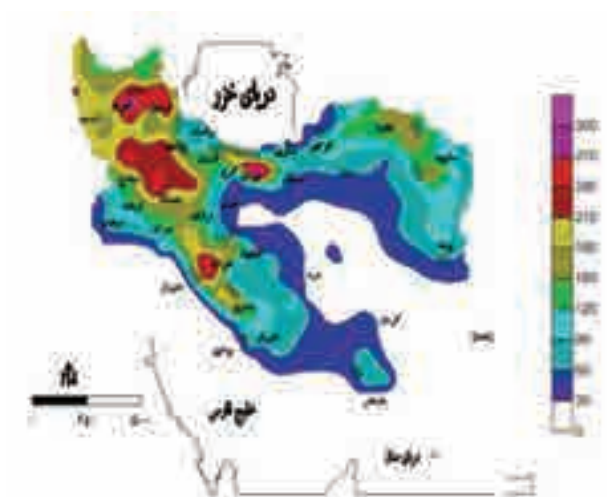
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... / ۲۰۳  
 تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای ...

که دشت کویر و کوهپایه‌های مجاور آن در دهه‌های آینده نیاز گرمایش آنها افزایش ۵۰ درجه‌ای خواهد داشت.

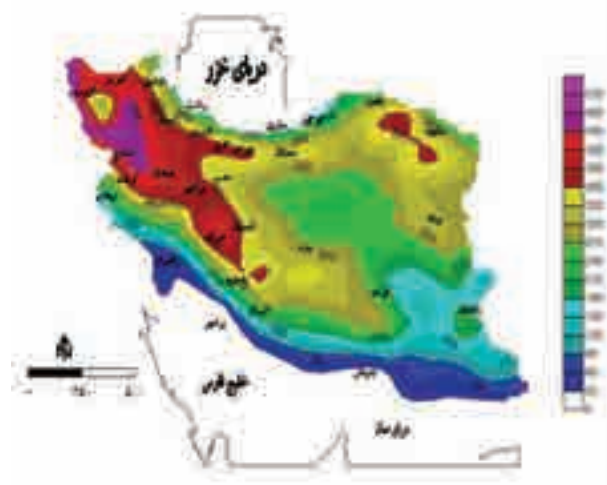


نگاره ۴: میانگین درجه روز گرمایش فوریه آستانه  
 دمایی ۱۱ در ایران در دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰

بخش‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای کشور نیز به نسبت دوره گذشته شاهد افزایش نیاز گرمایش می‌باشند که بیشینه آن را بخش‌های شمالی زاگرس شمالی به میزان ۶۰ درجه روز داراست (نگاره‌های ۶ و ۵).

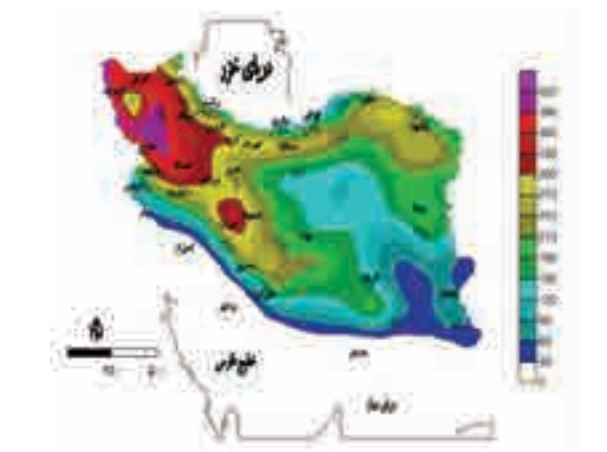


نگاره ۵: میانگین درجه روز گرمایش مارس آستانه  
 دمایی ۱۱ در ایران در دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴



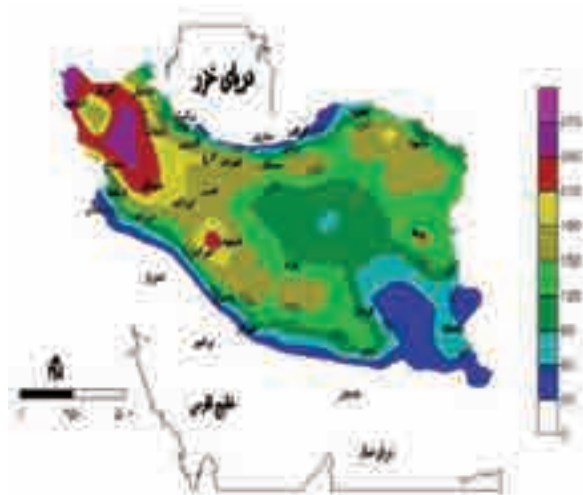
نگاره ۲: میانگین درجه روز گرمایش ژانویه آستانه دمایی ۱۱  
 در ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰

این درحالی است که باریکه جنوب کشور در استان‌های بوشهر، هرمزگان، خوزستان و پسرکرانه‌های خلیج فارس با کاهش ۳۰-۶۰ درجه‌ای نیاز گرمایش مواجه خواهند شد (نگاره‌های ۳ و ۴).



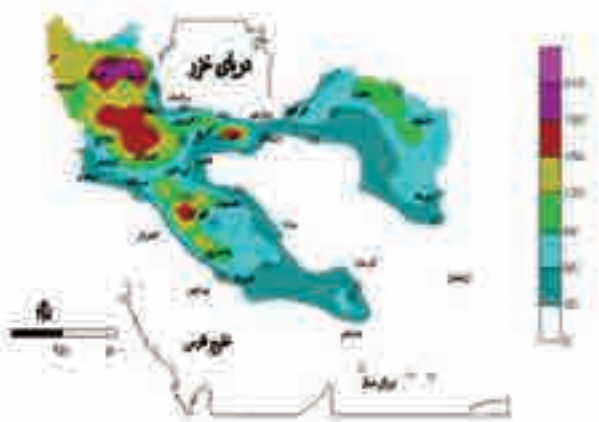
نگاره ۳: میانگین درجه روز گرمایش فوریه آستانه  
 دمایی ۱۱ در ایران در دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴

در ماه مارس جلگه‌ها و سواحل جنوبی، چاله‌های داخلی و نوار شرق و جنوب شرق کشور در هر دو دوره نیاز گرمایش صفر درجه روز را دارا می‌باشند. با این تفاوت

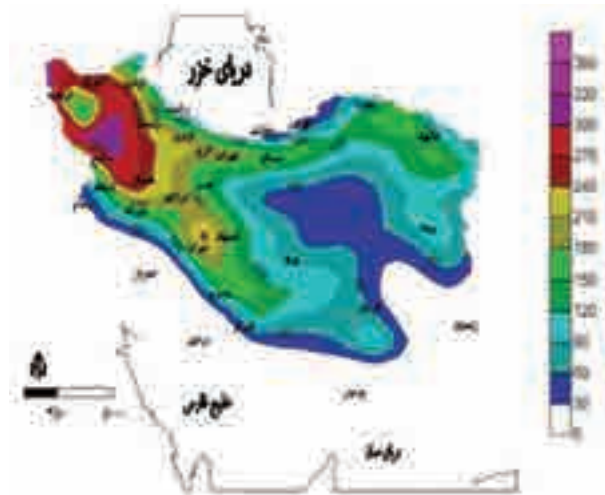


نگاره ۸: میانگین درجه روز گرمایش نوامبر آستانه دمایی ۱۱ در ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰

در ماه دسامبر نیز علاوه بر افزایش ۲۰۰ درجه‌ای نیاز گرمایش در نوار کوهستانی و کوهپایه‌های داخلی نسبت به دوره قبل، بخش‌های چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی نیز شاهد تغییرات نیاز گرمایشی ۲۰۰-۳۰۰ درجه روز می‌باشند. سواحل و جلگه‌های جنوبی در طی ماه‌های مورد مطالعه فاقد نیاز گرمایش بوده و این نشان دهنده این است که دمای این مناطق در هر دو دوره هیچ‌گاه به کمتر از ۱۱ درجه نمی‌رسد (نگاره‌های ۹ و ۱۰). در یک نگاه اجمالی می‌توان به سردتر شدن هوا در ماه‌های نوامبر و دسامبر در بیشتر مناطق کشور به جز سواحل جنوبی اشاره کرد.



نگاره ۹: میانگین درجه روز گرمایش دسامبر با آستانه دمایی ۱۱ در ایران دوره ۲۰۰۴-۱۹۷۰



نگاره ۶: میانگین درجه روز گرمایش مارس آستانه دمایی ۱۱ در ایران در دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵

بیشترین تغییرات نیاز گرمایش کشور در ماه نوامبر بروز خواهد کرد. در این ماه طی دوره گذشته نیاز گرمایش کشور با آستانه دمایی مذکور صفر درجه روز خواهد بود این در حالی است که طی دهه‌های آینده به جز جلگه‌ها و سواحل جنوبی و پسران‌های نیاز گرمایش بقیه مناطق کشور (کوهستانی، کوهپایه‌ای، دشت‌های داخلی و سواحل و جلگه‌های شمالی) با افزایش مواجه خواهند شد که بیشترین میزان را فلات آذربایجان و بلندی‌های زاگرس مرکزی به میزان ۲۵۰ درجه روز دارند. این نکته طبق سناریو مذکور سردتر شدن دمای هوای مناطق کوهستانی و داخلی کشور را در دوره‌های آتی نمایان می‌سازد. (نگاره‌های ۷ و ۸).

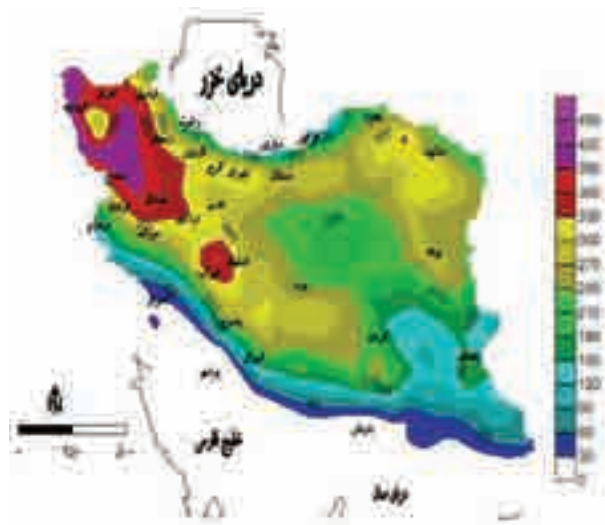


نگاره ۷: میانگین درجه روز گرمایش نوامبر آستانه دمایی ۱۱ در ایران دوره ۲۰۰۴-۱۹۷۰



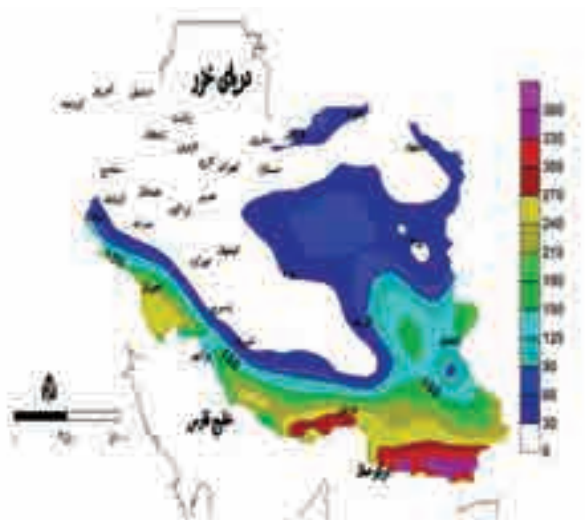
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( ... / ۲۰۵  
 تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای ...

کرمان، البرز شرقی و ارتفاعات شمال شرق در دهه‌های آینده با کاهش مواجه خواهند شد که خنک شدن هوای ماه آوریل را در این مناطق گویاست. کاهش ۸۰ درجه‌ای نیاز سرمایش نوارکوهپایه‌ای، چاله‌های داخلی و جلگه‌ها و سواحل جنوبی در دوره‌های آتی به نسبت دوره‌های گذشته نیز در خور توجه بوده و خنک شدن ماه آوریل را در اکثر مناطق کشور گویاست (نگاره‌های ۱۱ و ۱۲).

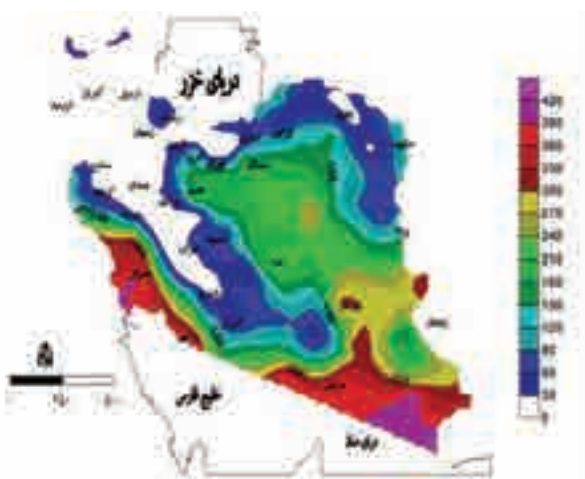


نگاره ۱۰: میانگین درجه روز گرمایش دسامبر با آستانه دمایی ۱۱ در ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰

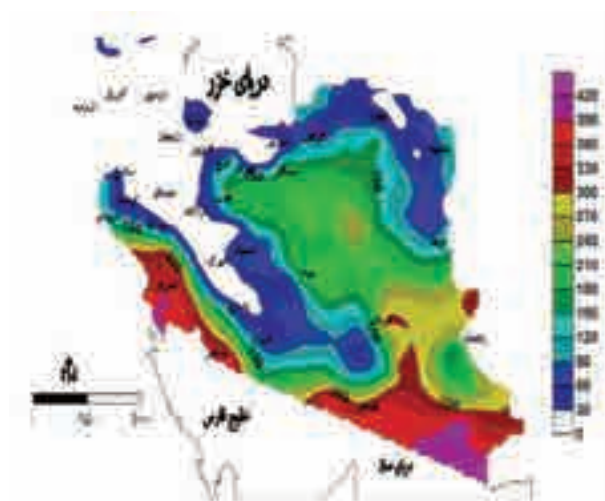
واکاوی مکانی زمانی درجه روزهای سرمایش در دو دوره گذشته و آینده  
 نقشه‌های میانگین ماهانه درجه روز سرمایش ۶ ماه سرد سال نگاره‌های شماره (۱۱-۲۲) در دوره‌های گذشته و آینده ترسیم گردید.



نگاره ۱۲: میانگین درجه روز سرمایش آوریل با آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰



نگاره ۱۳: میانگین درجه روز سرمایش می با آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴

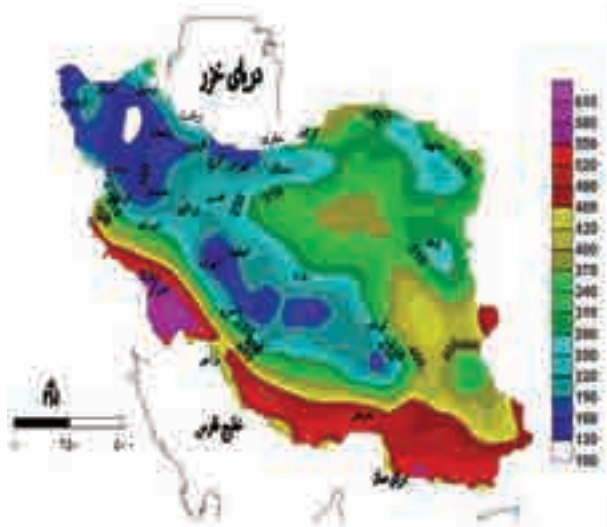


نگاره ۱۱: میانگین درجه روز سرمایش آوریل با آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴

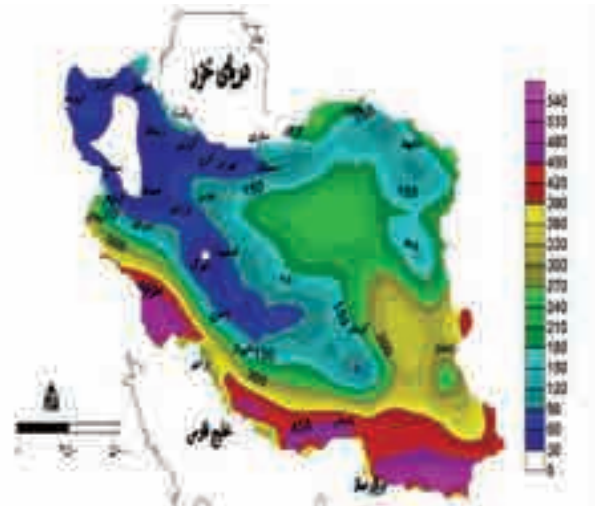
در ماه آوریل نیاز سرمایش بخش کوهستانی زاگرس جنوبی،

کلان اقلیمی کوهستانی و کوهپایه‌ای، چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی و بالاخره جلگه‌ها و سواحل جنوبی نمایان است که بیشترین افزایش را جلگه خوزستان به میزان ۱۳۰ درجه روز در این ماه‌ها داراست (نگاره‌های ۲۰ تا ۲۰۱۵). در ماه سپتامبر در سه پهنه یادشده کاهش ۱۰۰-۹۰ درجه‌ای نیاز سرمایش خنک تر شدن هوارا در دوره‌های آتی در این مناطق بازگو می‌کند.

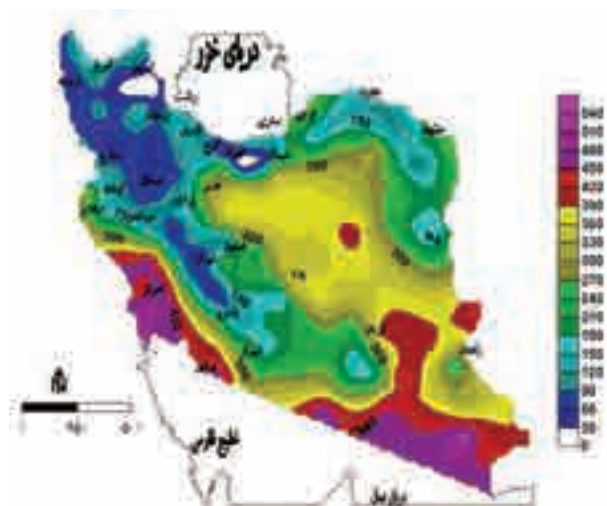
در ماه می بخش ارتفاعی کشور (کوهستانی و کوهپایه‌ای) و جلگه‌ها و سواحل جنوبی در دهه‌های آینده شاهد افزایش ۱۰۰ درجه‌ای نیاز سرمایش خواهند بود که گویای گرمتر شدن دمای هوا در ماه می در کشور است. بقیه مناطق کشور نیاز سرمایش یکسانی همانند دوره گذشته دارند (نگاره‌های ۱۳ و ۱۴).



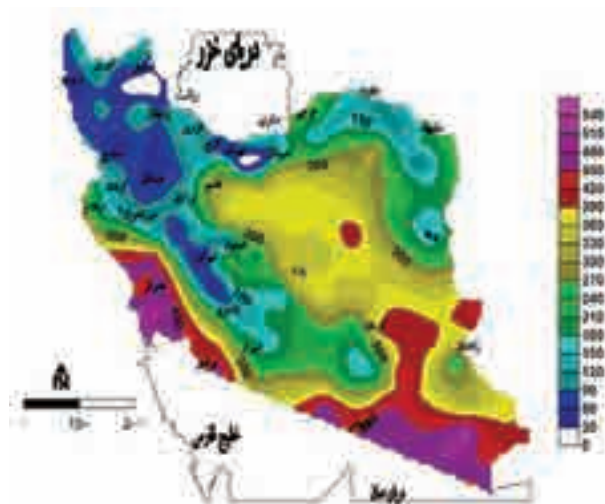
نگاره ۱۶: میانگین درجه روز سرمایش ژوئن آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰



نگاره ۱۴: میانگین درجه روز سرمایش می با آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۵-۲۰۵۰



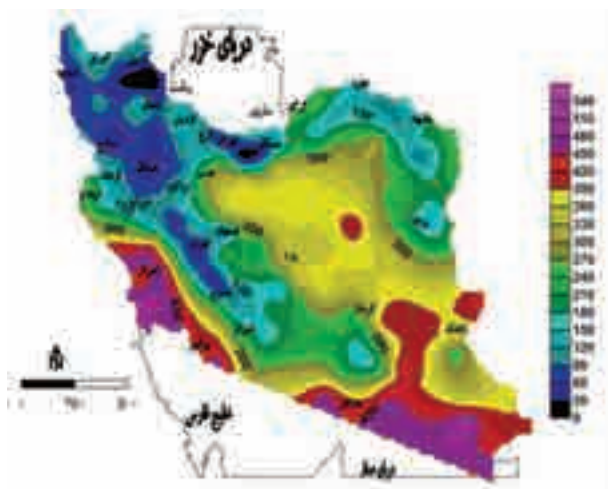
نگاره ۱۷: میانگین درجه روز سرمایش جولای آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴



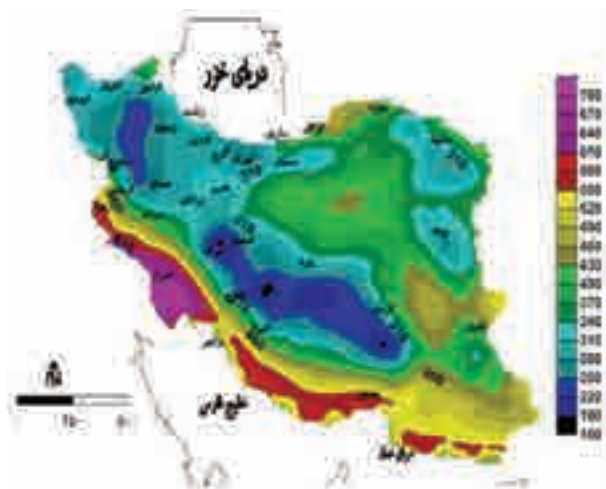
نگاره ۱۵: میانگین درجه روز سرمایش ژوئن با آستانه دمایی ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷-۲۰۰۴

در ماه‌های ژوئن، جولای و اوت افزایش نیاز سرمایش به طور متوسط به میزان ۸۰-۱۵۰ درجه روز در سه ناحیه

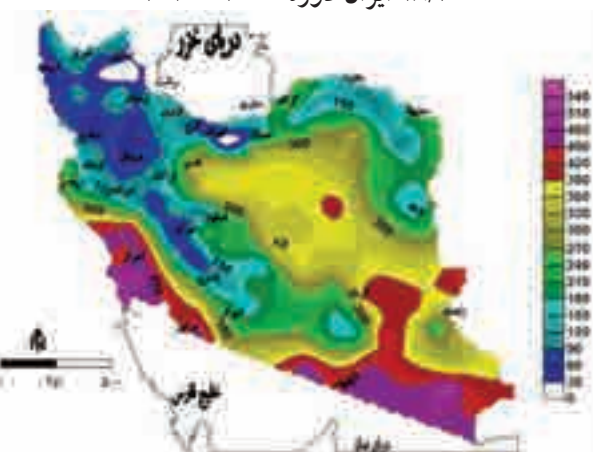
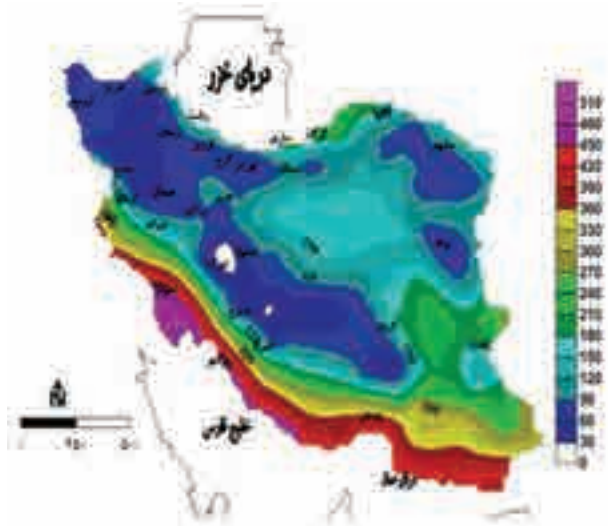
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی ( )  
 تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای ... / ۲۰۷



نگاره ۲۱: میانگین درجه روز سرمایش سپتامبر آستانه دمایی  
 ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴



نگاره ۱۸: میانگین درجه روز سرمایش جولای آستانه دمایی  
 ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۰-۲۰۵۰



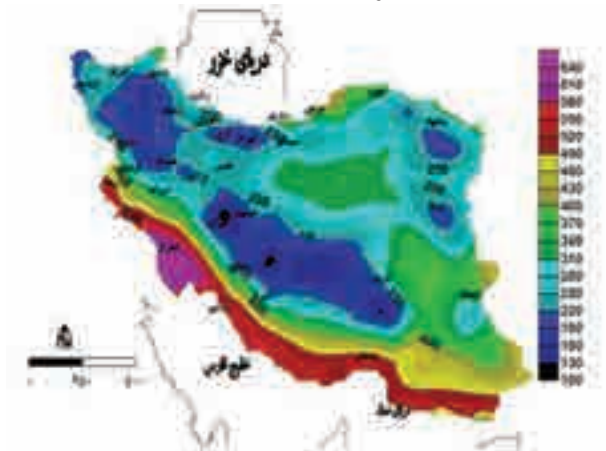
نگاره ۱۹: میانگین درجه روز سرمایش اوت آستانه دمایی  
 ۱۸/۳ ایران دوره ۱۹۷۰-۲۰۰۴

نگاره ۲۲: میانگین درجه روز سرمایش سپتامبر آستانه دمایی  
 ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۰-۲۰۵۰

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اکثر مناطق کشور در ماه‌های گرم سال (ژوئن، جولای، اوت) با افزایش نیاز سرمایش مواجه خواهند بود، اما در ماه‌های آوریل و سپتامبر شاهد کاهش نیاز سرمایش در مناطق نامبرده خواهیم بود.

#### ۴- نتیجه‌گیری

مدل EH50M که در مؤسسه ماکس پلانک آلمان طراحی شده از سه سناریوی خوش‌بینانه، معتدل و بدبینانه



نگاره ۲۰: میانگین درجه روز سرمایش اوت آستانه دمایی  
 ۱۸/۳ ایران دوره ۲۰۱۰-۲۰۵۰

## نتایج کلی از واکاوی نقشه‌های میانگین ماهانه نیاز سرمایش کشور

در ماه‌های می و ژوئن افزایش نیاز سرمایش در اکثر مناطق کشور به ویژه جلگه‌ها و سواحل جنوبی و چاله‌های داخلی در دوره‌های آبی گرم‌تر شدن هوای این مناطق را نسبت به دوره‌های گذشته گویاست که این نتایج با نتایج روشن وهمکاران (۲۰۱۲) که با استفاده از مدل‌های گردش عمومی نیاز سرمایش کشور را طی دوره‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ محاسبه کرده و بیان داشتند نیاز سرمایش جلگه‌ها و سواحل جنوبی در فصل بهار روند افزایشی دارد همراستا است. افزایش نیاز سرمایش به طور متوسط به میزان ۱۵۰-۸۰ درجه روز در سه ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی و کوهپایه‌ای، چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی و بالاخره جلگه‌ها و سواحل جنوبی در ماه‌های ژوئن، جولای و اوت گویای گرم‌تر شدن دمای هوا و افزایش مصرف انرژی در کشور جهت سرمایش محیط به ویژه در مناطق گرم و خشک در ماه‌های گرم سال خواهد بود به گونه‌ای که بیشترین افزایش نیاز سرمایش را در ماه‌های ذکر شده جلگه خوزستان به میزان ۱۳۰ درجه روز داراست. در ماه سپتامبر در سه پهنه یاد شده کاهش ۱۰۰-۹۰ درجه‌ای نیاز سرمایش خنک‌تر شدن هوا را در دوره‌های آبی در این مناطق بازگو می‌کند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اکثر مناطق کشور در ماه‌های گرم سال (می، ژوئن، جولای، اوت) با افزایش نیاز سرمایش مواجه خواهند بود. اما در ماه‌های آوریل و سپتامبر شاهد کاهش نیاز سرمایش در مناطق نامبرده خواهیم بود.

## ۵- پیشنهادات

در این پژوهش جهت شبیه‌سازی فراسنج‌های گرمایش و سرمایش از سناریو A1B پایگاه داده EH50M انتشار یافته در مؤسسه ماکس پلانک آلمان استفاده گردید. با توجه به اینکه مدل‌ها و سناریوهای متعدد در پایگاه داده‌ای مختلف از جمله مرکز هدلی انگلیس یا کانادا نیز موجود می‌باشند لذا میزان شبیه‌سازی شده این فراسنج برحسب مدل‌ها و سناریوهای مختلف متفاوت و عملاً عدم قطعیت در همه آن‌ها موجود

(A2, A1B, B1) تشکیل شده که در این پژوهش به دلیل حجم سنگین داده‌های هر سناریو و کمبود امکانات ریزمقیاس نمایی دینامیکی آن‌ها از سناریو میانه رو که مرتبط تر با اهداف کنفرانس‌های بین‌المللی تغییر اقلیم نیز بود استفاده گردید. هدف از این پژوهش تحلیل مقایسه‌ای میانگین ماهانه درجه روزهای گرمایش و سرمایش ایران طی دوره‌های گذشته و آینده در بازه آماری ۳۶ ساله است. میانگین روزانه دما در دوره آماری (۲۰۱۵-۲۰۵۰) و میانگین دمای روزانه دوره آماری (۲۰۰۴-۱۹۷۰) جهت این پژوهش استفاده گردید. از آستانه دمایی ۱۱ درجه برای محاسبه درجه روز گرمایش و آستانه ۱۸,۳ برای محاسبه درجه روز سرمایش استفاده شد.

## نتایج کلی از واکاوی نقشه‌های میانگین ماهانه نیاز گرمایش کشور

بر طبق نتایج به دست آمده در ماه ژانویه نیاز گرمایش نوار کوهپایه‌ای و چاله‌های داخلی ایران در دوره‌های آینده به نسبت دوره‌های گذشته برحسب سناریو مذکور افزایش نسبی داشته که سردتر شدن هوا و افزایش مصرف انرژی جهت گرمایش در مناطق ذکر شده گویاست. این در حالی است که نیاز گرمایش مناطق کوهستانی در دهه‌های آبی به نسبت بازه زمانی گذشته تغییرات ناچیز کاهشی داشته است. همچنین کاهش ۱۰۰-۷۰ درجه‌ای نیاز گرمایش در ماه فوریه در بخش کوهستانی و کوهپایه‌ای کشور طی دهه‌های آبی گرم‌تر شدن مناطق سرد کشور را در این ماه گویاست که این نتایج با نتایج محمدی و همکاران (۱۳۹۲) که در پژوهشی تحت عنوان اثر گرمایش جهانی برفین‌های دمایی بیان کردند در ماه‌های ژانویه و فوریه مناطق ارتفاعی ایران بیشترین تغییرات افزایشی را در دمای متوسط سالانه نسبت به دیگر ماه‌ها از خود نشان می‌دهند، همراستا است. بیشترین تغییرات نیاز گرمایش را ماه نوامبر به خود اختصاص می‌دهد به گونه‌ای که در این ماه علاوه بر افزایش ۱۵۰ درجه‌ای نیاز گرمایش در نوار کوهستانی و کوهپایه‌های داخلی نسبت به دوره قبل، چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی نیز شاهد نیاز گرمایش ۲۰۰-۳۰ درجه روزی می‌باشند.

Meteorologica Sinica

9-IPCC Semenov, M.A., (2007): Developing of High-resolution UKCUP02-based Climate Change Scenarios in the UK, Agricultural Forest Meteorology, Vol. 144, PP.127-138.

10-Kadioglu.M., Z.Sen, (1998): Degree days Formulation and Application in Turkey. J.Appl.Meteor: 38.837-846.

11- Kadioglu. M., Z. S°en, L. ultekin,(1999) :Spatial Heating Monthly Degree-Days Features and Climatologic Theor. Appl. Climatol: 64, 263±269 .

12- Kadioglu. M., Z. S°en, L. ultekin,(1999) :Spatial Heating Monthly Degree-Days Features and Climatologic Theor. Appl. Climatol: 64, 263±269.

13- Kadioglu .M., Z. S°en, L. Gultekin,(1998): Spatial Heating Monthly Degree-Days Features and Climatologic Patterns in Turkey, Theor. Appl. Climatol: 64, 263±269.

14-Li. Chean ,Fang .XiuQi, LI. Shuai, (2010): Impacts of climate warming on heating energyconsumption and southern boundaries of severe cold and cold regions in China, Springer: 2854-2858.

15-Li. Chean ,Fang .XiuQi, LI. Shuai, (2007): Impacts of climate warming on heating energyconsumption and southern boundaries of severe cold and cold regions in China, Springer: 2854-2858.

16-N. Artmann, D. Gyalistras, H.Manz1 and P.Heiselberg, (2008): Impact of climatewarming on passive night cooling potential”, Building Rresearch Information: 36. 111-128.

16-Rockner,G.p.,Brassueur,M.Giorgetta,D,Jacob,J.jung claus,C,Reick,j,Sillmann,(2006.,Climate Projections For The 21 Century.1-26.

17-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.

18-Shafiqur .Rehman, Luai. M. Al-Hadhrami, Shamsuddin Khan, (2010): Annual and seasonal trends of cooling, heating,and industrial degree-days in coastal regions of Saudi Arabia.Theor Appl Climatol:2010,1-10

19- semmler. Tido, Ray. McGrath, Susan.Steele-Dunne, Jenny. Hanafin, Paul Nolana, and Shiyu Wang, (2009): Influence of climate change on heating and cooling energy .

20-Zou. Li., Scott N., Miller. Edward T., Schmidtman.A, (2010): GIS Tool to Estimate West Nile Virus Risk Based on a Degree-Days Model.

می‌باشد. همچنین انتخاب آستانه دمایی متفاوت نیز جهت محاسبه این فراسنج‌ها بر تغییرات عددی و مکانی زمانی آن‌ها نیز مؤثر خواهد بود. لذا نتایج این پژوهش محدود به این مدل و سناریوی آن و همچنین آستانه‌های دمایی انتخابی می‌باشد.

## منابع و مآخذ

۱- بابائیان، ا.ر. مدیریان، ر. و کریمیان، م. (۱۳۸۸). شبیه‌سازی بارش ماه‌های سرد سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ با استفاده از مدل منطقه‌ای گردش عمومی هوا. مجله جغرافیا و توسعه، شماره پیاپی ۱۰، صص: ۵۵-۷۲.

۲- ذوالفقاری، هاشمی، رادمهر؛ حسن، رضا، پریش (۱۳۸۸): تحلیلی بر نیازهای سرمایشی و گرمایشی در شمال غرب ایران پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۰، زمستان ۱۳۸۸، صص ۳۴-۲۱.

۳- مسعودیان، علیجانی، ابراهیمی؛ سید ابوالفضل، بهلول، رضا (۱۳۹۰). واکاوی میانگین مجموع درجه/روز نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران، پژوهش‌نامه جغرافیایی، شماره ۱، صفحه ۳۶-۲۳.

۴- محمدی، خوش اخلاق، حیدری، غیاث‌الحسینی؛ حسین، فرامرزی، محمدمین، مرضیه (۱۳۹۲). واکاوی و پیشیابی اثر گرمایش جهانی بر مؤلفه‌های فرین آب و هوایی آبادان. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، سال دوم، شماره ۳، صص ۲۰۵-۲۳۴.

5-Andreas Matzarakisa, and Christos Balafoutis, (2004): Heating Degree-Day Over Greece and Index Of Energy Consumption.International journalOf Climatologiyt. J. Climatol. 24: 1817-1828.

6-Buyukalaca.Orhan.,Husamettin.B. Tuncay, Y., (2001): Analysis of Variable-Base Heating and Cooling Degree-Days for Turkey: Applied Energy.69,269-283.

7-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: 97.349-360.

8-Ginn, E.W.L., Lee, T.C. and Chan, K.Y. (2010):Past and Future Changes in the Climate of Hong Kong. Accepted for publication in Acta

