واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش ماهانه ایران

کمال امیدوار[1*]، رضا ابراهیمی[2]، احمد مزیدی[3]

۱- استاد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد،یزد، ایران
۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۳- دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

دریافت: ۹۴/۸/۱۱ پذیرش:۹۴/۱۱/۲۰

چکیده

هدف از این پژوهش پهنه‌بندی ایران برحسب درجه ساعت‌های نیاز گرمایش و سرمایش در دهه‌های آینده است. به منظور واکاوی اثرگرمایش جهانی بر درجه ساعت‌های گرمایش وسرمایش ایران نیاز به داده‌های دمای ساعتی شبیه‌سازی شده است. داده‌های اولیه ازپایگاه **EH5OM** واقع در سایت مرکز فیزیک نظری عبدالسلام (ایتالیا) استخراج شد. این داده‌ها از تاریخ ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ و تحت سناریو **A1 B** هیأت بین‌المللی تغیر اقلیم[1] اجرا شدند. جهت ریزمقیاس نمایی از نسخه چهارم مدل**RegCM4** استفاده‌شده است. داده‌های ساعتی دمای هوا (برای هر ۳ ساعت) ریزکردانی شده با ابعاد ۰/۲۷×۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر مساحت ایران را در بازه زمانی۳۶ ساله (۲۰۵۰ -۲۰۱۵) پوشش می‌دهند. درجه ساعت گرمایش و سرمایش با آستانه‌های دمای ۱۸/۳ و ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد برای تمامی ساعت‌ها محاسبه و سپس جمع میانگین ماهانه درجه ساعت‌ها بر ماتریسی به ابعاد ۲۱۴۰×۹۶ به‌دست آمد که سطرها مربوط به میانگین درجه ساعت هر یک از ساعت‌های هشت‌گانه طی دوره مورد مطالعه و ستون‌ها یاخته‌هاست. در نهایت جمع میانگین درجه ساعت گرمایش و سرمایش هر ماه ایران محاسبه و نقشه‌های آن ترسیم شد. نتایج نشان داد که در دهه‌های آینده بیشترین درجه ساعت‌های نیاز گرمایش مربوط به ماه ژانویه و فوریه در بخش‌های کوهستانی شمال غرب و زاگرس مرکزی به میزان ۶۰۰۰-۵۰۰۰ درجه ساعت است. از نظر نیاز سرمایش در ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت بخش‌های کوهستانی شمال غرب و بلندی‌های کشور کمترین درجه ساعت سرمایش ۵۰۰-۰ و سواحل جنوبی به‌ویژه جلگه خوزستان بیشترین درجه ساعت سرمایش را دار است.

---

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: komidvar@yazd.uni.ac.ir

1. Intergovernmental Panel on Climate Change

ایران برحسب درجه ساعت گرمایش و سرمایش به پنج پهنه اقلیمی کوهستانی، کوهپایه‌های داخلی، چاله‌ها، کوهپایه‌های بیرونی و سواحل خزر و در نهایت سواحل و جلگه‌های جنوبی قابل‌تقسیم است.

واژگان کلیدی: درجه ساعت گرمایش، درجه ساعت سرمایش، مدل اقلیم منطقه‌ای، ایران.

۱- مقدمه

در چند دهه اخیر رشد صنایع و کارخانه‌ها از یک سو و جنگل‌زدایی و تخریب محیط‌زیست از سوی دیگر سبب افزایش روزافزون تخریب طبیعت و افزایش گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین شده است. این پیامد منفی سبب ایجاد تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در وضعیت آب و هوایی کره زمین شده، به‌گونه‌ای که در سال‌های اخیر شدت خشک‌سالی‌ها و سیلاب‌ها و پدیده‌های حدی در بخش‌های مختلف کره زمین به نحو چشم‌گیری افزایش داشته است. برای انجام مطالعات گرمایش جهانی و اثر آن بر فراسنج‌های اقلیمی (دما، رطوبت) در دوره‌های آتی، در ابتدا باید متغیرهای اقلیمی تحت تأثیر تغییرات گازهای گلخانه‌ای شبیه‌سازی شوند. روش‌های مختلفی برای این کار وجود دارد، استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو (GCM[1]) معتبرترین آن‌هاست. نقطه‌ضعف تجزیه و تحلیل تغییرات آب و هوایی براساس یک مدل در مقایسه با رویکرد چند مدلی بیشتر پژوهشگران را به استفاده از مدل‌های ترکیبی واداشته است (روکنر[2] و همکاران، ۲۰۰۳،۱۲). مدل EH5OM یکی از مدل‌های ترکیبی جو، اقیانوس و از موفق‌ترین مدل‌های CIMIP3 در شبیه‌سازی آب و هوا نسبت به مدل‌های قرن بیستم است. ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی است. ECHAM با هسته دینامیکی طیفی است (روکنر وهمکاران، ۲۰۰۳،۲٤۸). برای استفاده کاربردی از خروجی این مدل‌ها نیاز به اجرای فرایند ریزمقیاس نمایی است (حبیبی وهمکاران، ۱۳۸۷،۳). داده‌ها در مدل‌های اقلیم منطقه‌ای (RegCM[3]) که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس و منطقه‌ای مناسب‌تر هستند، ریزمقیاس می‌شوند (روشن و همکاران، ۲۰۱۲؛ راندال[4]، ۲۰۰۷). علاقه در به‌کار بردن مدل‌های اقلیمی در طی دو دهه اخیر روند افزایشی داشته است (جورجی و همکاران، ۲۰۰٦).

1. General Circulation Model
2. Roeckner
3. Regional Climate Modleing
4. Randal

جدیدترین نسخه مدل اقلیم منطقه‌ای در سال ۲۰۱۰ با عنوان $RegCM_4$ در مرکز فیزیک نظری عبدالسلام منتشر شد (پال[1] و همکاران، ۲۰۰۷). این مدل در حال حاضر توسط بسیاری از متخصصان جهت شبیه‌سازی فرآیندهای اقلیمی و مطالعه آن در بسیاری از مناطق دنیا استفاده می‌شود (گین[2]، ۲۰۰۸؛ گین و همکاران، ۲۰۱۰). به ویژه در مطالعات مربوط به دیرینه اقلیم‌شناسی و اقلیم آینده کاربرد فراوانی دارد (جورجی[3] و همکاران،۱۹۹۹؛ جورجی و همکاران، ۲۰۰٦). دما به‌ویژه درجه ساعت که از فراسنج‌های آب و هوایی به‌شدت تحت تأثیر گرمایش جهانی است، اهمیت بسیاری پس از بارش برای توصیف اقلیم یک ناحیه دارد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱،٤). درجه ساعت عبارت است از اندازه‌گیری دمای ساعتی روزانه هوا با استفاده از دمای آستانه که این آستانه‌های دمایی انتخاب‌شده برای محاسبه درجه ساعت سرمایش و گرمایش بستگی به اهداف ویژه دارند. در تعریفی دیگر درجه ساعت تفاضل میان دمای ساعتی هوا با دمای آستانه انتخابی است. اگر پاسخ این تفاضل مثبت باشد نیاز به سرد کردن محیط و اگر پاسخ به‌دست‌آمده از این تفاضل منفی باشد نیاز به گرم کردن محیط وجود دارد (گین و همکاران، ۲۸۵۵،۲۰۱۰).

۲- چارچوب نظری

نخست فرمول محاسبه و واکاوی درجه ساعت و درجه روز توسط توماس (۱۹۵۲) مورد استفاده قرار گرفت. او بیان کرد که داده‌های دمای روزانه باید دارای یک توزیع نرمال باشند تا جهت به‌دست‌آمدن رابطه میان میانگین دمای روزانه هوا و میزان درجه روز مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش استفاده شود. سزاراسیو[4] و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای یک مدل جدید تجربی برای تخمین میانگین درجه ساعت به کار بردند. میانگین درجه ساعت دما بین سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۳ و ۱۹۹۹-۱۹۹٦ از طریق مدل توصیفی (TM) برای ۵ ایستگاه هواشناسی واقع در کالیفرنیا محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده 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 است.

1. Pale
2. Gin
3. Giorgi
4. Cesaraccio

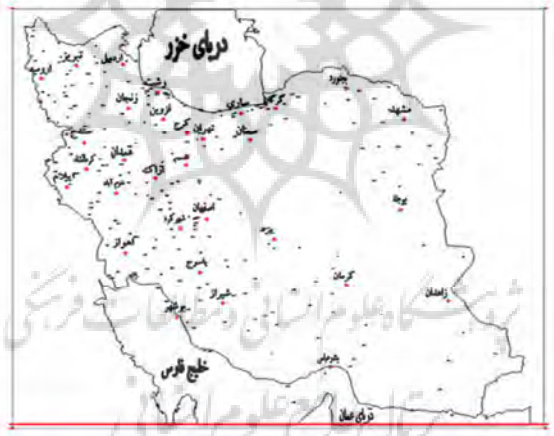
پاپاکوستاس[1] وهمکاران (۲۰۰٤) در پژوهشی درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش دو شهر آتن را مورد واکاوی قراردادند. نخست داده‌های دمای ساعتی بین دوره آماری ۱۹۹۲-۱۹۸۳ انتخاب شد. جهت محاسبه درجه ساعت گرمایش از آستانه‌های دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه و جهت محاسبه درجه ساعت سرمایش از آستانه‌های دمایی ۲۰ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. بیشترین میزان تفاوت در میزان درجه ساعت گرمایش بین مکان‌های مورد مطالعه در آستانه دمایی ۱۰ و بیشترین تفاوت در میزان درجه ساعت سرمایش در آستانه دمایی ۲۷ درجه مشاهده می‌شود. فرانک[2] (۲۰۰۵)، اثر گرمایش جهانی بر میزان مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش در زوریخ را با استفاده از مدل‌های گردش عمومی هوا بررسی کرد. برای این کار داده‌های دمای ساعتی طی دوره آماری ۲۳ ساله (۲۰۰۳-۱۹۸۱) استفاده شد. طبق سناریوهای اقلیمی انجام‌گرفته (A1B ,B1) در دوره ۱۹۹۰-۱۹٦۱ میانگین دمای سالانه به میزان ٤/٤ درجه روز افزایش یافته است. محاسبات صورت گرفته بیانگر کاهش تدریجی در مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان‌ها به میزان ۳۳ تا٤٤ درصد در سال‌های ۲۰۱۰۰-۲۰۵۰ است. وانگ[3] وهمکاران (۲۰۱٤) در پژوهشی به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات میزان نیاز گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها در چندین شهر ایالات متحده با استفاده از مدل Hadcm3 تحت سناریوهای (A1،A1B و B1) پرداختند. نتایج نشان داد که در دوره زمانی ۲۰۸۰ میزان نیاز به سرمایش در برخی از شهرها از جمله فرانسیسکو و ایلی نویز افزایش می‌یابد.از جمله مطالعات داخلی می‌توان به مواردی اشاره داشت.

بابائیان و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی برای آگاهی از وضعیت زیست اقلیمی آینده خراسان رضوی در شرایط تغییر اقلیم، با به‌کارگیری برونداد سه مدل گردش عمومی جو CGCM3، GFDL 2.1 و ECHO-G تحت سه سناریوی انتشار A1B، A2وB1 نمایه زیست اقلیمی را برای دوره‌های ۲۱۰۰-۲۰۱۱ شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد علیرغم این‌که نمایه زیست اقلیمی در آینده به سمت مقادیر نامساعد گرم تغییر خواهند کرد، اما این تغییرات منجر به جابه‌جایی

1. Papakostas
2. Frank
3. Vang

طبقه بنـدی زیسـت اقلیمـی ایسـتگاه‌های هواشناسـی اسـتان از شـرایط مطلـوب کنونی بـه وضـعیت نامطلوب گرم نمی‌شوند.

بر اثر گرمایش جهانی شاهد افزایش میانگین دمای کشور در دهه‌های آتی نسبت به زمان حال خواهیم بود. در نتیجه کشور در دهه‌های آینده با بحران افزایش مصرف انرژی جهت سرمایش یا خنک کردن محیط نه تنها در فصل گرم، همچنین در برخی از ماه‌های فصول دیگر مواجه خواهد بود. از آن‌جا که جهت محاسبه نیاز انرژی مصرفی واحد درجه ساعت بهترو دقیق‌تر نسبت به درجه روز عمل می‌کند، هدف از این پژوهش ارائه مدلی برای محاسبه درجه ساعت گرمایش و سرمایش است. شناخت تغییرات زمانی و مکانی این فراسنج‌ها در دهه‌های آینده و ناحیه‌بندی مناطق از لحاظ نیاز به انرژی گرمایش و سرمایش می‌تواند گامی در جهت توسعه اقتصاد کشور از طریق صرفه‌جویی در منابع عظیم انرژی و راه‌گشای برنامه‌ریزی‌های ملی، منطقه‌ای و محلی در راستای اصلاح الگوهای مصرف انرژی باشد.



شکل ۱ محدوده مورد مطالعه

۳- داده‌ها و روش‌ها

۳-۱- محدوده مورد مطالعه

کشور ایران با مساحت ۱٦٤٨۱۹٥ کیلومترمربع میان ۲٥ تا ٤۰ درجه عرض شمالی و ٤٤ تا ٦۳

درجه طول شرقی واقع شده‌است، شکل ۱.

برای واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت‌های سرمایش و گرمایش ایران در آینده نیاز به داده‌های دمای ساعتی است. در این پژوهش نخست از پایگاه EH5OM که از مدل‌های دینامیکی ترکیبی جو اقیانوس است و شامل داده‌های دینامیک و ترمودینامیک جو، لایه مرزی، توپوگرافی سطح زمین، شیمی جو و هواویزها، شار جریانات اقیانوسی، پوشش آبی، گیاه و خاک سطح زمین است. این پایگاه به‌عنوان داده‌های مدل گردش کلی جو و اقیانوس[1] بوده و تحت سناریو A1B ، هیأت بین‌المللی تغیر اقلیم[2] اجرا شده‌اند. پنجمین نسخه داده‌های ECHAM، مدل گردش کلی جو با طیف هسته دینامیکی که برای پروژهای اقلیمی با تفکیک T63 (۱/۸۷ درجه طولی و عرضی) و ۳۱ سطح جو تا نزدیک ۱۰ هکتوپاسکال بوده، که در موسسه پلانک در دانشگاه هامبورگ تولید شدند (روکنر، ۲۰۰۳). با توجه به این‌که این پژوهش بعد منطقه‌ای (ایران) دارد و مدل‌های گردش عمومی هوا کل سیاره زمین را دربرمی‌گیرند و قدرت تفکیک پایینی دارند (۲۰۰×۲۰۰ کیلومتر)، قادر به آشکارسازی رفتار اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای نیستند؛ بنابرین داده‌ها در جدیدترین نسخه مدل‌های اقلیم منطقه‌ای[3] که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس و منطقه‌ای مناسب‌تر است ریزمقیاس[4] می‌شوند (روشن و همکاران، ۲۰۱۲؛ راندال[5]، ۲۰۰۷). مدل برای اجرا به داده‌های توپوگرافی، پوشش سطح زمین، دمای سطح دریا و شرایط اولیه و مرزی نیاز دارد. از طرح‌واره لایه مرزی سیاره‌ای که توسط هالتسلاگ و همکارانش تدوین شده استفاده می‌کند (هالتسلاگ[6] و همکاران، ۱۹۹۰،۷۲). سرانجام داده‌ها طی دوره آماری ۲۰۵۰–۲۰۱۵ که به‌صورت ۸ ساعته بوده بر کلاستر سازمان هواشناسی کشور به‌صورت موازی ریزمقیاس شد. در جدول ۱ انواع زیرمجموعه برنامه‌های مدل بیان شده است.

1. AOGCM
2. Intergovernmental Panel on Climate Change
3. Regional Climate Modle
4. Downscale
5. Randal
6. Holtslag

جدول ۱ طرحواره‌های مورد استفاده در مدل EH5OM

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

(منبع: نیلی[1] و همکاران، ۲۰۱۰)

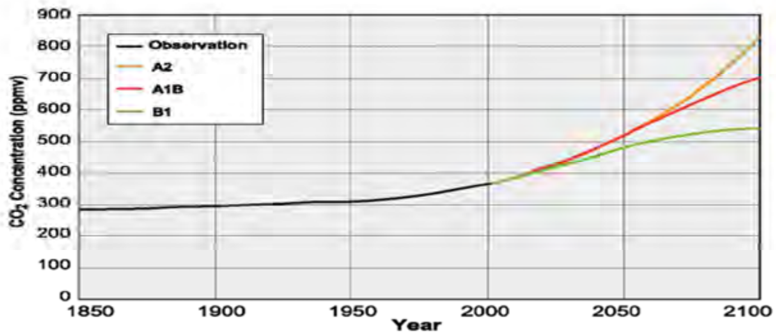
همان‌گونه که در جدول ۲ که توسط موسسه ماکس پلانک انتشار یافته مشاهده می‌شود سناریوهای این مدل تحت شرایط گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسیدکربن و سولفور جو) برای دوره زمانی ۲۱۰۰-۲۰۰۰ شبیه‌سازی شده‌اند. در این پژوهش از داده‌های سناریو A1B در بازه زمانی ۲۰۵۰- ۲۰۱۵ استفاده شد. این سناریو بر این عقیده است که در آینده میزان سوخت‌های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین درکنار آن از سوخت‌های غیرفسیلی استفاده شود. در این پژوهش به دنبال شناسایی تغییرات فراسنج‌های گرمایش و سرمایش براساس سناریو تعریف شده این مدل هستیم. آن‌گونه که در نمودار ۱ قابل مشاهده است در بشتر سناریوها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از قرن بیست به بعد سیر صعودی به خود گرفته است که بیشترین آن در سناریوهای خانواده A است.

جدول ۲ میزان شبیه‌سازی‌شده خروج دی‌اکسیدکربن و سولفور جو
براساس سناریوهای انتشار دوره زمانی ۲۱۰۰-۲۰۰۰

	CO_2-Emissions (PgC/Year)			SO_2-Emissions (TgS/Year)		
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

(منبع: روکنر وهمکاران، ۲۰۰۶)

1. Nellie



نمودار ۱ میزان روند تغییرات میزان دی‌اکسیدکربن موجود در جو در دوره زمانی ۲۱۰۰-۱۸۵۰
(منبع: روکنر و همکاران، ۲۰۰۶)

داده‌های ساعتی دمای هوا (برای هر روز ۸ داده ساعتی به فاصله ۳ ساعت) در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰–۲۰۱۵) با ابعاد ۰/۲۷×۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند ریزگردانی[1] شد. ابعاد یاخته‌ها ۲۱۴۰×۱۰۵۱۲۰۰ است. در این ماتریس سطرها (۱۰۵۱۲۰۰) نشان‌دهنده زمان (ساعت، هر روز، هر سال) و ماتریس ستون‌ها یاخته‌ها (نقاط میان‌یابی‌شده با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر) است.

۳-۲- معادله محاسبه درجه ساعت گرمایش

آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه ساعت گرمایش و Tbase درجه ساعت گرمایش، HDH total در معادله (۱)؛ Tn دمای ساعتی هر روز هر یاخته است. در این معادل اگر آستانه دمایی بیش از دمای ساعتی مورد نظر باشد نیاز به گرم کردن محیط است.

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

If (TBase−Tn> 0); $0 \le k \le 24$

Tbase=18.3 (۱)

1. Downscale

۳-۳- معادله محاسبه درجه ساعت سرمایش

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

$$\text{if } (Tn - TBase > 0);\ 0 \leq k \leq 24 \qquad Tbase = 23.9 \qquad (۲)$$

آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه ساعت سرمایش وTbaseدرجه ساعت سرمایش؛ CDH total در رابطه ۲

Tn دمای ساعتی هر روز هر یاخته است. در این معادل اگر میانگین دمای ساعتی هر روز بیش از دمای آستانه مورد نظر باشد نیاز به سرد کردن محیط است (موستریس[1] و همکاران، ۲۰۱۵؛ اکتای[2] و همکاران، ۲۰۱٤).

جهت محاسبه درجه ساعت و یا درجه روزهای گرمایش و سرمایش آستانه‌های دمایی متفاوتی براساس ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش از آستانه‌های انتخابی انجمن استاندارد آمریکا که برای نیاز سرمایش کشور آستانه ۲۳/۹ و برای نیاز گرمایش کشور آستانه دمایی ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد را انتخاب کرده، در پژوهش‌های داخلی نیز از این آستانه‌ها استفاده شده است (روشن وهمکاران، ۲۰۱۲؛ رمضانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳).

جمع ماهانه درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش بر ماتریسی به ابعاد ۲۱٤۰×۳٤٥٦ محاسبه شد. در مرحله بعد میانگین ماهانه درجه ساعت‌ها طی دوره مورد مطالعه جداگانه حساب و ماتریسی به ابعاد ۲۱٤۰×۹٦ به‌دست آمد که سطرها مربوط به میانگین درجه ساعت هر یک از ساعت‌های هشت‌گانه هر ماه طی دوره ۳٦ ساله، ستون‌ها یاخته‌هاست. در نهایت جمع میانگین درجه ساعت گرمایش و سرمایش هر ماه محاسبه شد.

۳-۴- میان‌یابی به روش کریجینگ

این روش که مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی آماری است. اگر مطالعات مربوط به واریوگرافی و تشخیص مدل واریوگرام با دقت کافی انجام شود درون‌یابی به روش کریجینگ، با دقت بالایی همراه خواهد بود (قهرودی تالی، ۱۳۸۳). جهت میان‌یابی در نرم‌افزار سورفر از دو

1. Mortiss
2. Oktay

نوع داده استفاده شد: نخست جمع میانگین ماهانه، فصلی و سالانه فراسنج‌های یادشده، به شکل نقطه‌ای با (ابعاد ۲۱۳۹×۱۲) که سطرها بیانگر ماه‌های سال و ستون‌ها بیانگر یاخته‌ها (نقاط) و دیگری داده‌های طول و عرض متریک است. سپس درون‌یابی به روش کریجینگ بر داده‌ها اعمال و بر منطقه مورد مطالعه (ایران) گسترانیده و نقشه‌های میانگین ماهانه، فصلی و سالانه ترسیم شد.

۴- بحث و نتایج

۴-۱- درجه ساعت گرمایش

هدف از این پژوهش واکاوی اثر گرمایش جهانی تحت سناریو A1B بر نیازهای گرمایش و سرمایش ساعتی طی دهه‌های آینده در قلمرو ایران و همچنین ارائه روشی‌جدید برای محاسبه جمع میانگین ماهانه درجه ساعت گرمایش و سرمایش است. با توجه به داده‌های دمای هوا روش‌های متفاوتی برای محاسبه درجه ساعت گرمایش و سرمایش وجود دارد. همان‌گونه که بیان‌شدن میزان درجه ساعت‌های مورد نیاز گرمایش و سرمایش به ترتیب با آستانه‌های۱۸/۳ و ۲۳/۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. این آستانه‌ها در واقع انتخاب موسسه ملی استاندارد آمریکا و مورد استفاده بسیاری از پژوهش‌گران داخلی جهت محاسبه نیازهای سرمایشی و گرمایشی در ایران است (روشن و همکاران، ۲۰۱۲؛ خلیلی و همکاران، ۱۳۸۲).

۴-۲- واکاوی مکانی زمانی میانگین مجموع درجه ساعت گرمایش ماهانه و فصلی کشور در دهه‌های آینده

میانگین جمع ماهانه درجه ساعت‌های نیاز گرمایشی و سرمایشی شبیه‌سازی‌شده در ایران محاسبه و نقشه‌های آن ترسیم شد. شکل‌های ۱-۷ میانگین مجموع درجه ساعت‌های گرمایشی ماهانه ۷ ماه سرد سال (اکتبر تا دسامبر)را نشان می‌دهد. ماه‌های آوریل و اکتبر به دلیل شرایط دمایی بینابین جزء ماه‌های سرد و گرم انتخاب شده است. ایران برحسب نیاز گرمایش ماهانه در ماه‌های سرد سال به پنج پهنه کلان اقلیمی کوهستانی، کوه‌پایه‌ای، چاله‌های داخلی، جلگه‌ها و سواحل جنوبی و جلگه‌ها و سواحل شمالی قابل تقسیم است.

۴-۲-۱- پهنه کوهستانی: وسیع‌ترین پهنه اقلیمی است که رشته کوهای زاگرس، البرز، خراسان، کرمان و فلات آذربایجان را دربرگرفته است. این پهنه در تمام ماه‌های سرد بیشترین درجه ساعت‌های نیاز گرمایش را نسبت به مناطق دیگر داراست. بیشینه آن در ماه‌های ژانویه و فوریه در بلندی‌های زاگرس و ارتفاعات آذربایجان به میزان ۵۰۰۰-۴۰۰۰ درجه ساعت است (شکل‌های ۱-۳). در این پهنه هر چه از سمت نقاط کم ارتفاع به سمت نواحی مرتفع و آذربایجان پیشروی کنیم نیاز گرمایش به نسبت تغییرات ارتفاع افزایش می‌یابد. از نظر نیاز گرمایش فصلی (زمستان، پاییز) بیشترین درجه ساعت‌های نیاز گرمایش در کشور را داراست (شکل‌های ۸ و ۹). بیشینه آن در فصل زمستان در ناحیه فلات آذربایجان و نوار زاگرس شمالی به میزان ۱۶۰۰۰ درجه ساعت برآورد می‌شود.

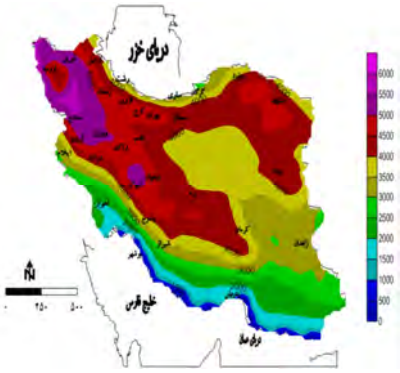
۴-۲-۲- پهنه کوه‌پایه‌ای: پس از ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی از لحاظ نیاز گرمایش رتبه دوم را داراست. این پهنه به دو ناحیه کوه‌پایه‌های داخلی و کوه‌پایه‌های بیرونی قابل تقسیم است. قرارگیری در مسیر توده‌های پرفشار سیبری، عرض بالاتر و پوشش گیاهی کمتر سبب‌شده که کوه‌پایه‌های داخلی کشور از لحاظ نیاز گرمایش ساعتی به‌ویژه در ماه‌های (ژانویه، مارس و نوامبر) با ناحیه کوهستانی در یک پهنه کلان اقلیمی قرار گیرد. وجود منحنی‌های فشرده در نوار کوه‌پایه‌ای بیرونی، شیو شدید تغییرات دمایی (نیاز گرمایش) را در این مناطق طی ماه‌های سرد سال گویاست. این منطقه از کشور زنجیره اتصال‌دهنده مناطق گرم پست و کم ارتفاع ساحلی و پس‌کرانه‌ای به نقاط سرد کوهستانی است. بیشترین نیاز گرمایش نوار کوه‌پایه‌ای در ماه‌های ژانویه به میزان ۴۰۰۰-۳۵۰۰ درجه ساعت است. در فصل پاییز و به‌ویژه زمستان این پهنه بیشترین نیاز گرمایشی کشور را بعد از توده کوهستانی به خود اختصاص می‌دهد.

۴-۲-۳- پهنه چاله‌ها و دشت‌های داخلی و بیرونی: سومین پهنه سرد کشور است. دشت‌های لوت، کویر، زابل، دشت مغان، دشت ترکمن و دشت‌های مجاور نوار کوه‌پایه‌ای کشور را در برگرفته است. از نظر نیاز گرمایش به دو زیرناحیه نیمه شمالی و جنوبی قابل تقسیم است. دشت کویر و دشت‌های داخلی (نیمه شمالی) به دلیل قرارگیری در عرض‌های بالاتر و مجاورت

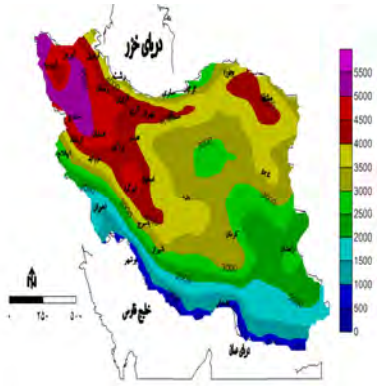
با توده پرفشار سیبری و دوری از منابع رطوبتی نیاز گرمایش بیشتری نسبت به دشت لوت ودشت‌های بیرونی (نیمه جنوبی) داراست. ماه‌های ژانویه و دسامبر بیشترین نیاز گرمایش در هر دو زیرناحیه است. دشت‌های مغان و ترکمن به دلیل ارتفاع کم علی‌رغم قرارگیری در عرض‌های بالا نیاز گرمایش یکسانی با این پهنه داراست.

۴-۲-۴- پهنه جلگه‌ها و سواحل جنوبی و پس‌کرانه‌ای: این پهنه کمترین نیاز گرمایش کشور را داراست. کمینه آن به میزان۵۰۰-۰ درجه ساعت در ماه‌های مارس، آوریل و اکتبر در سواحل و جلگه‌های جنوبی است. قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی پایین ارتفاع کم و نقش تعدیلی رطوبت دریا از عوامل مؤثر بر کاهش نیاز گرمایشی در این مناطق است. فشردگی خطوط در این ناحیه تغییرات شدید نیاز گرمایشی را برحسب فاصله از دریا و تغییر ارتفاع گویا می‌سازد. به گونه‌ایی که با نزدیک شدن به مناطق پست ساحلی و پس‌کرانه‌ای نیاز گرمایش کاهش و با پیشروی به سمت نوار کوه‌پایه‌ای و کوهستانی به دلیل تغییر ارتفاع و دوری از اثر تعدیلی دریا بر میزان این فراسنج افزوده می‌گردد. بیشترین نیاز گرمایش در ماه ژانویه به میزان ۲۰۰۰-۱۰۰۰ درجه ساعت است. کمترین نیاز گرمایشی کشور در فصول زمستان و پاییز مربوط به این منطقه از کشور است.

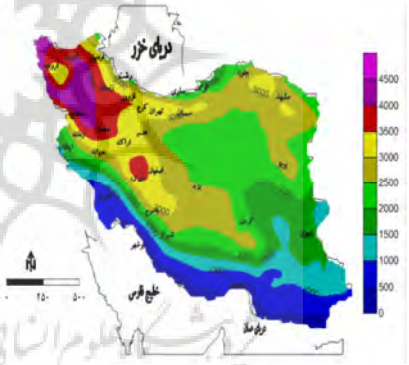
۴-۲-۵- ناحیه ساحلی شمال: کم وسعت‌ترین ناحیه اقلیمی کشور را شامل می‌شود. جلگه‌ها و سواحل شمالی علی‌رغم ارتفاع کم، نقش تعدیلی رطوبت دریا اما به دلیل قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی بالا، ورود توده‌های هوایی در بیشتر مواقع سال به ویژه توده‌های هوای سرد سیبری و شمالگان در فصول سرد سال نیاز گرمایش بیشتری نسبت به سواحل و جلگه‌های جنوبی داراست. به‌ویژه نیمه غربی این پهنه که گاهاً توده‌های ارتفاعی و کوهستانی به نسبت نیمه شرقی آن به مناطق ساحلی نزدیک‌تر بوده، سبب شده که تقریباً در بیشتر ماه‌های سرد نیاز گرمایشی یکسانی با نوار کوه‌پایه‌ای بیرونی داشته باشد. این پهنه پس از ناحیه جلگه‌ها و سواحل جنوبی کمترین نیاز گرمایش کشور و بیشترین نیاز گرمایش را در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس داراست. نیمه شرقی سواحل شمالی به ویژه دشت ترکمن به دلیل دوری از اثر تعدیلی دریا و ارتفاع کم نیاز گرمایشی آن شبیه مناطق بیابانی کشور است، که جزء اقلیم‌های خشک و سرد در زمستان است.



شکل ۲ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی ژانویه طی دوره ۲۰۵۰- ۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



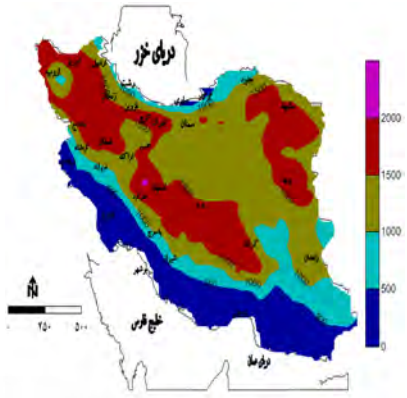
شکل ۳ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی فوریه طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریوA1B



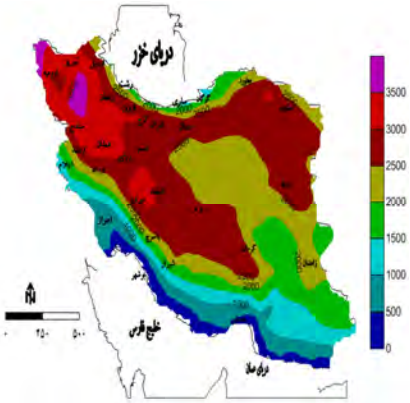
شکل ۴ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی مارس طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B

شکل ۵ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی آوریل طی دوره۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B

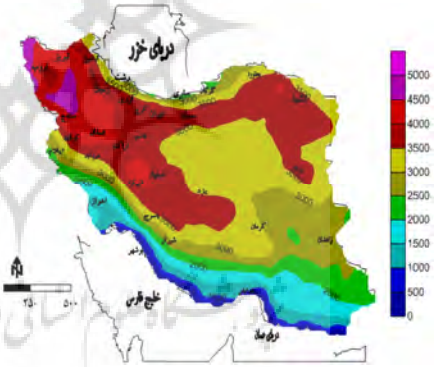
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



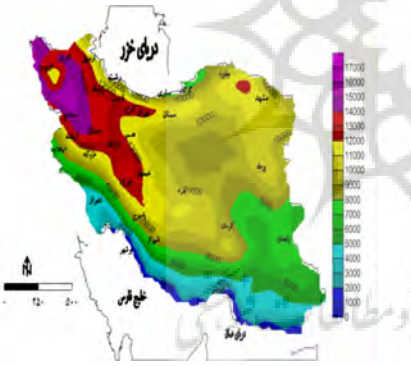
شکل ۶ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی
اکتبر طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریو A1B



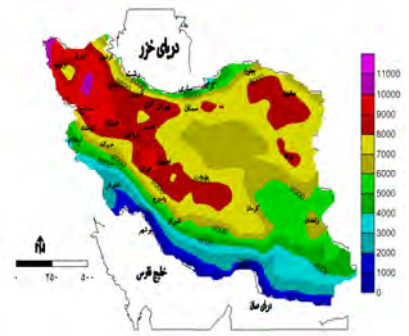
شکل ۷ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی
نوامبر طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریوA1B



شکل ۸ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی
دسامبرطی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریو A1B



شکل ۹ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی
فصل زمستان طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریو A1B



شکل ۱۰ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز گرمایشی فصل پاییزطی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B

۴-۳- واکاوی مکانی زمانی میانگین مجموع درجه ساعت سرمایش ماهانه و فصلی کشور در دهه‌های آینده

شکل‌های ۱-۷ میانگین مجموع درجه ساعت‌های سرمایشی ۵ ماه گرم سال(آوریل تا اکتبر) را نشان می‌دهد. در ماه آوریل نیاز سرمایش منحصربه جلگه‌ها و سواحل جنوبی و چاله‌های داخلی است. نوار ساحلی جنوب به‌ویژه سواحل چابهار با نیاز سرمایش ۲۰۰۰-۱۰۰۰ درجه ساعت گرم‌ترین ناحیه ایران است (شکل ۱). در ماه می علاوه‌بر افزایش نسبی درجه ساعت سرمایش در مناطق یادشده در نوار کوه‌پایه‌ای و بخش‌های کوهستانی البرز شرقی و خراسان نیز شاهد نیاز سرمایش آن به میزان ۵۰۰ درجه ساعت هستیم. همچنان نوار کوهستانی زاگرس، البرز میانی و غربی، فلات آذربایجان و نیمه غربی سواحل خزر فاقد سرمایش است که می‌توان به نقش ارتفاع در تعدیل دمای این مناطق و اثرات عوامل سینوپتیکی حاکم بر این مناطق در این ماه از سال نام برد (شکل ۲).

در ماه‌های گرم سال ایران برحسب درجه ساعت سرمایش به پنج ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی، کوهپایه‌ای، چاله‌های داخلی، جلگه‌ها و سواحل جنوبی و جلگه‌ها و سواحل شمالی قابل پهنه‌بندی است.

۴-۳-۱- پهنه کوهستانی وسیع ترین ناحیه اقلیمی را در بر گرفته است. این پهنه در همه ماه های گرم سال کمترین نیاز سرمایش را به دلیل اثر ارتفاعی خود طی دهه‌های آینده داراست. کمینه

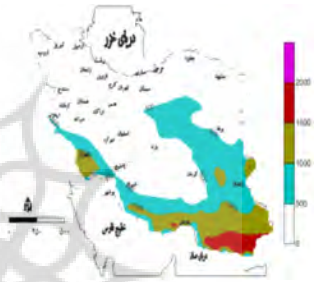
نیاز سرمایش درماه‌های آوریل، می، سپتامبر و اکتبر مختص به بلندی‌های زاگرس، کرمان، آذربایجان و البرز میانی و غربی به میزان ۱۰۰۰ درجه ساعت است. بیشترین نیاز سرمایشی این ناحیه نیز در ماه‌های ژوئن و ژوئیه آن هم در نوار کوهستانی حاشیه بلندی‌ها می‌توان مشاهده کرد.

۴-۳-۲- پهنه کوه‌پایه‌ای: این ناحیه کمترین نیاز سرمایش محیط را پس از ناحیه کوهستانی در دهه‌های آینده داراست. نوار کوه‌پایه‌ای به‌عنوان زنجیره‌ای متصل‌کننده نواحی گرم و کم ارتفاع به ناحیه سرد و کوهستانی کشور است. به‌گونه‌ای که هر چه به سمت نقاط کوهستانی پیشروی کنیم برحسب افزایش ارتفاع نیاز سرمایش کاسته و هر چه به سمت مناطق پست و کم ارتفاع پیشروی کنیم نیاز سرمایش بیشتر می شود. بیشینه نیاز سرمایشی این ناحیه در ماه‌های ژوئن و ژولای و کمترین آن در ماه‌های آوریل و اکتبر است.

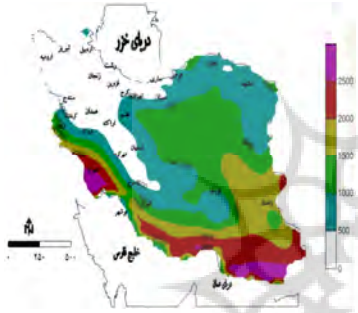
۴-۳-۳- پهنه چاله‌ها و دشت‌های داخلی و بیرونی: دشت لوت، دشت کویر و دشت‌های داخلی و بیرونی کشور از جمله (مغان، زابل، ترکمن) را شامل می‌شود. این ناحیه در بیشتر ماه‌های گرم سال دارای نیاز سرمایش بوده و بیشترین میزان را در کشور پس از پهنه جلگه‌ها و سواحل جنوبی به خود اختصاص می‌دهد. بیشترین نیاز سرمایش این بخش از کشور در ماه‌های ژوئن و ژوئیه به میزان ۳۰۰۰ درجه ساعت است. وجود توده کوهستانی تفتان، دشت مغان، دشت ترکمن، دشت کویر، دشت لوت و دشت زابل که به شکل خرده ناحیه در دل ناحیه اقلیمی بزرگ‌تر قرار گرفته بیش از هر چیز نقش ارتفاع را در میزان سرمایش مورد نیاز نشان می‌دهند.

۴-۳-۴- ناحیه جلگه‌ها و سواحل جنوبی: بیشترین نیاز سرمایش کشور را جلگه‌ها و سواحل جنوبی به‌ویژه جلگه خوزستان داراست. وجود نیاز سرمایش کمتر سواحل و جلگه‌های خلیج فارس و دریای عمان به نسبت جلگه خوزستان در سه ماه گرم سال (ژوئن، ژوئیه و اوت) نقش تعدیلی رطوبت دریا و اثر توده‌های هوای موسمی را به‌ویژه در سواحل دریای عمان گویا می‌سازد.

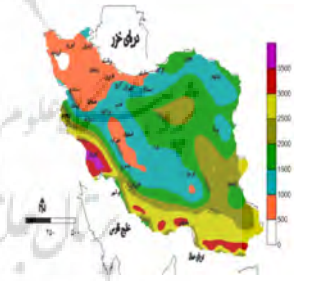
۴-۳-۵- ناحیه جلگه‌ها و سواحل شمالی: سواحل و جلگه‌های شمالی به‌ویژه نیمه غربی آن از لحاظ نیاز سرمایش با توده کوهستانی در یک پهنه قرار گرفته که دلیل آن را می‌توان به وجود نقاط ارتفاعی بیشتر در نیمه غربی سواحل خزر و نزدیک بودن آن‌ها به ساحل و همچنین اثرات سامانه‌های جوی در این مناطق که به دور از پر فشار جنب حاره در نیمه گرم سال است. نیمه شرقی سواحل شمالی به جز دشت ترکمن به دلیل ارتفاع کمتر نسبت به نیمه غربی و اثرات کمتر توده‌های هوایی نیاز سرمایش آن‌ها با توده کوه‌پایه‌ای یکسان است.



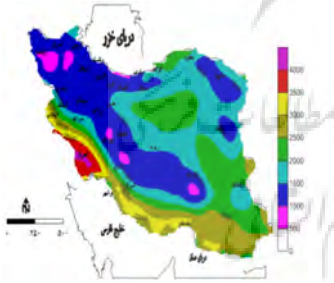
شکل ۱۱ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی آوریل طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



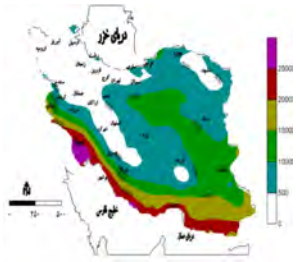
شکل ۱۲ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی می طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



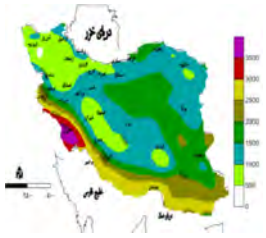
شکل ۱۳ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی ژوئن طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



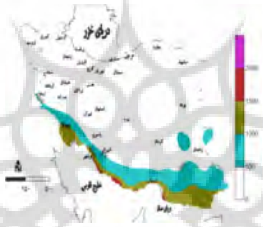
شکل ۱۴ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی ژوئیه طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



شکل ۱۵ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی اوت طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



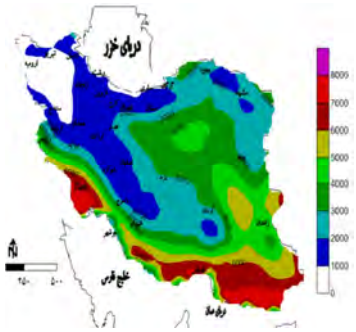
شکل ۱۶ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی سپتامبر طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B



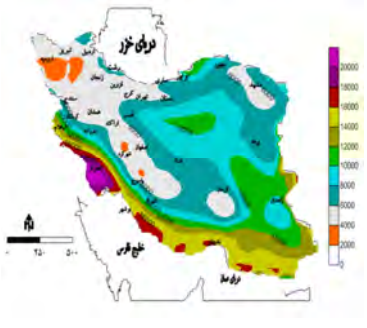
شکل ۱۷ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی اکتبر طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵ تحت سناریو A1B

۴-۴- واکاوی درجه ساعت‌های نیاز سرمایش فصلی

نیاز سرمایش فصول گرم سال (بهار و تابستان) با استفاده از سناریو A1B شبیه‌سازی شد. براساس برآورد مدل در فصل بهار میانگین مجموع نیاز سرمایش ساعتی کشور بین ۸۰۰۰ – ۱۰۰۰ درجه ساعت است. فلات آذربایجان و بلندی‌های زاگرس شمالی کمترین نیاز سرمایش و جلگه خوزستان، سواحل و پس‌کرانه‌های شرقی خلیج فارس و دریای عمان بیشترین نیاز سرمایش کشور را در دهه‌های آتی داراست. در این مدل تغییرات سرمایش به خوبی نسبت به تغییرات ارتفاعی برآورد شده و نقش ارتفاع در میزان تغییرات این فراسنج در مدل به درستی گنجانده شده است (شکل ۸). بیشترین نیاز سرمایشی کشور در فصل تابستان است. میانگین مجموع نیاز سرمایشی در این فصل تا ۲۰۰۰۰ درجه ساعت در نوسان است (شکل ۹).



شکل ۱۸ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی
بهار طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریو A1B



شکل ۱۹ میانگین مجموع درجه ساعت نیاز سرمایشی
تابستان طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۵
تحت سناریو A1B

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش هدف کلی واکاوی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات درجه ساعت‌های نیاز سرمایش و گرمایش در کشور تحت داده‌های ریزمقیاس‌شده مدل ترکیبی اقیانوس EH5OM و تحت سناریوی انتشار A1B طی سال‌های ۲۰۵۰-۲۰۱۵ است. در واقع این سناریوها در هر سال میزان تقریبی از انتشار گازهای گلخانه‌ای را تخمین زده است. در دهه‌های آینده ایران برحسب نیاز گرمایش و سرمایش ساعتی به پنج ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی، کوه‌پایه‌ای، چاله‌ها، سواحل و جلگه‌های جنوبی و سواحل و جلگه‌های شمالی قابل تقسیم است. بیشترین میزان آن فراسنج در کشور مربوط به ماه‌های ژانویه و فوریه خواهد بود. وجود بیشینه نیاز گرمایشی ۶۰۰۰-۵۰۰۰ درجه ساعتی در بخش‌های کوهستانی شمال غرب و زاگرس شمالی گویای سردترشدن مناطق سرد کشور در این دو ماه از سال است. این نتایج با نتایج روشن و همکاران (۲۰۱۲) که با مدل HadCM3 بیان کردند بیشترین نیاز گرمایش کشور در ماه‌های ژانویه و فوریه هم‌راستاست. سواحل و جلگه‌های جنوبی کمترین نیاز گرمایش را در کشور به‌ویژه در ماه‌های می، آوریل و اکتبر به میزان ۵۰۰ درجه ساعت خواهند داشت. از نظر نیاز سرمایش ماهانه بخش‌های کوهستانی از کمترین میزان در تمام ماهای سال برخوردار خواهند بود. سواحل جنوبی به‌ویژه جلگه خوزستان بیشترین میزان را در دهه‌های آتی در کشور به‌ویژه در ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت خواهند داشت که بین ۲۵۰۰ در ماه ژوئن تا ۳۵۰۰ ماه در اوت در نوسان است. وجود نیاز سرمایش کمتر سواحل

و جلگه‌های شرقی خلیج‌فارس و دریای عمان به نسبت جلگه خوزستان در سه ماه گرم سال در دهه‌های آینده را می‌توان ناشی از اثرات توده‌های هوای موسمی به‌ویژه در سواحل دریای عمان دانست که به نحو بازگوکننده تشدید فعالیت‌های موسمی در دهه‌های آینده بر اثر گرمایش جهانی در این منطقه نیز است. روشن و هکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود نیاز سرمایش بالای جلگه خوزستان را در ماه‌های ژوئن و ژولای بیان کردند که با پژوهش حاضر نیز هم‌خوانی دارد. مدل‌های به‌کار برده شده در این دو تحقیق متفاوت و مدل HadCM3 از دقت بسیار کمتری نسبت به مدل EH5OM برخوردار است. از نظر شرایط کلی بازگوکننده سردتر شدن مناطق سرد و گرم‌تر شدن سواحل جنوبی کشور است. نیاز ۲۰۰۰۰ درجه ساعتی سرمایش فصل تابستان به نسبت ۱۶۰۰۰ درجه ساعتی نیاز گرمایش فصل زمستان گویای این نکته است که در دهه‌های آینده بحران مصرف انرژی جهت سرمایش محیط در کشور بیش از گرمایش آن خواهد بود.

۶- منابع

- بابائیان، ایمان و راهله مدیریان، «پیکربندی مدل اقلیم منطقه‌ای برای شبیه‌سازی بارش و دما در فصل پاییز منطقه خراسان در دوره ۲۰۰۰ –۱۹۹۱»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۷، شماره ۷۰، صص ۱۰۷- ۱۲۰، ۱۳۸۸.
- بابایان، ایمان، «شبیه‌سازی آسایش اقلیم استان خراسان رضوی تحت سناریوهای تغییر اقلیم T»، *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، سال ۵، شماره ۱۸، صص ۹۵-۱۱۲، ۱۳۹۳.
- حبیبی، محمد، علیرضا مساح‌بوانی و فاطمه عباسی، «مدل‌سازی اقلیمی و تغییرات اقلیمی ایران»، *پروژه خاتمه‌یافته پژوهشکده اقلیم شناسی*، صص ۱-۱۹، ۱۳۹۳.
- قهرودی‌تالی، منیژه، «*کاربرد ArcView در ژئومر فولوژی*»، جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم، تهران، صص ۱-۱۶۸، ۱۳۸۳.
- مسعودیان، سیدابوالفضل، بهلول علیجانی و رضا ابراهیمی، «واکاوی میانگین مجموع درجه/روز نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران»، *پژوهش‌نامه جغرافیایی*، سال ۱، شماره ۱، صص ۲۳-۳۶، ۱۳۹۱.
- Babaian, I. & R. Modiran, "The Optimum Configuration of RegCM3 Model for Simulation of Precipitation and Temperature at Autumn Seasonal over Khorasan

Region in 1991-2000", *Physical Geography Research Quarterly*, No. 70, pp. 107-120. (in Persian)

- Babaian, I., A. Rezaee Pour & Z. Ahangarzadeh., "Simulation of Bio-climatic Comfort Index over Khorasan Razavi under Climate Scenarios", *Arid Regions Geographic Studies*, No. 18, pp. 95-112, 2015. (in Persian)
- Frank, T, "Climate Change Impacts on Building Heating and Cooling Energy Demand in Switzerland", *Energy and Buildings*, No. 37, pp. 1175–1185, 2005.
- Ghahrouditali, M., "Application of ArcView in Geomorphology", Tehran*: Jahad Daneshghahi Publication*, 2009. (in Persian)
- Ginn, E. W. L., T. C. Lee & K. Y. Chan, "Past and Future Changes in the Climate of Hong Kong", *Acta Meteorologica Sinica*, pp. 1-20, 2010.
- Giorgi, F., M. R. Marinucci & G. Bates, "Development of a Second Generation Regional Climate Model (RegCM2). Part I. Boundary Layer and Radiative Transfer Processes", *Monthly Weather Review*, Vol. 121, pp. 2794–2813, 1999.
- Giorgi, F., M. R. Marinucci, G. Bates & G. DeCanio, "Development of a Second Generation Regional Climate Model", *National Research Model*, pp. 1-40, 2006.
- Habibi, M., A. Masah Bavani & F. Abbasi, "Climate Modeling and Climate Change in Iran, A Technical Report", *Climatology Research Institute*, pp. 1-19, 2014. (in Persian)
- Holtslag, A., E. de Bruijn & H. L. Pan, "A High Resolution Air Mass Transformation Model for Short-range Weather Forecasting", *Monthly Weather Rev*iew, Vol. 118, pp. 1561-1575, 1990.
- Masoodian, A., B. Alijani & R. Ebrahami, "Analysis of the Average Total Day Degree Requirement (Heating and Cooling) in Iran Territory", *Geographical Journal*, No. 1, Vol. 1, pp. 23-36, 2011. (in Persian)
- Moustris, K. P., P. T. Nastos, A. Bartzokas, I. K. Larissi, P. T. Zacharia & A. G. Paliatsos, "Energy Consumption Based on Heating/ Cooling Degree Days within the Urban Environment of Athens, Greece", *Theor Appl Climatol*, Vol. 00704-014, pp. 1308-1323, 2015.
- Nellie, E., B. Xunqiang, G. Filippo, N. Badrinath, P. Jeremy, S. Fabien, R. Sara &

Z. Ashraf, "RegCM Version 4.0 User's Guide", *Trieste*, Italy, 2010.

- Oktay, Z., C. Coskun & I. Dincer, "A New Approach for Predicting Cooling Degree-hours and Energy Requirements in Buildings", *Energy*, Vol. 36, No. 8, pp. 4855-4863, 2011.
- Pal, J., E. Small & E. Eltahir, "Simulation of Regional-scale Water and Energy Budgets Representation of Sub-grid Cloud and Precipitation Processes within RegCM", *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, Vol. 105, pp. 29579-29594, 2000.
- Papakostas, K. T., A. K. Michopoulos & N. A. Kyriakis, "Equivalent Full-load Hours for Estimating Heating and Cooling Energy Requirements in Buildings Greece, Case Study", *Energy*, Vol. 34, pp. 1807-1812, 2009.
- Randall, M ., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller, "Climate Models and Their Evaluation", in Solomon Climate Change, *The Physical Science Basis*, pp. 280-340, Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- Rockner, G. P., M. Brassueur, D. Giorgetta, J. Jacob, C. Jungclaus & J. S. Reick, "Climate Projections for the 21st Century", *Theor Appl Climatol*, pp. 1-26, 2006.
- Roeckner, E., R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, L. Kornblueh, E. Manzini, U. Schlese & U. Schulzweida, "Sensitivity of Simulated Climate to Horizontal and Vertical Resolution in the ECHAM5 Atmosphere Model", *Journal of Climate*, Vol. 19, pp. 3771-3791, 2003.
- Roshan, G. & S. W. R. Grab, "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, 2012.
- Thomas, H. S. C., "Seasonal Degree Days Statistics for the United States", *Monthly Weather Review*, Vol. 80, pp. 143-144, 1952.
- Wang, H. & C. Qingyan, "Impact of Climate Change Heating and Cooling Energy Use in Buildings in the United States", *Energy and Buildings*, No. 82, pp. 428-436, 2014.

The Analysis of the Effect of Global Warming on the Monthly Heating and Cooling Degree-Hours of Iran

K. Omidvar[1*], R. Ebrahimi[2], A. Mazidi[3]

1- Professor, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran
2- Ph.D. Student, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran
3- Associate Professor, Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran

Received: 2/Nov/2015 Accepted: 9/Feb/2016

Abstract:

The aim of this study is zoning Iran according to degree-hours of heating and cooling need for next decades. To analyze the effect of global warming on heating and cooling degree-hours of Iran, simulated hour temperature data are required. The primary data were drawn from EH5OM, the website of the Abdus Salam International Theoretical Physics Center (Italy). These data were run from 2015 to 2050 under A1 B scenario by the Intergovernmental Panel on Climate Change. For downscaling purposes, the fourth version of RegCM4 was used. Hourly temperature-data (for every 3 hours) are downscaled with the geographical dimensions of 0.27*0.27 the length and width of which would approximately cover points with dimensions of 30*30 km area of Iran in a 36-year (2015-2050) period of time. Heating and cooling degree-hours with 18.3°C and 23.9°C temperature thresholds were calculated and then sum of monthly means of degree-hours were obtained on a matrix with 96*2140 dimensions, in which rows are the mean degree-hours of each octoploid hours during the aforementioned period, and the columns are the cells. Finally, the sum of monthly-means of heating and cooling degree-hours of Iran were calculated and their maps were drawn. The results show that the highest needed heating degree-hours belongs to January and February in northwest mountainous parts and Central Zagros with 5000-6000 degree-hours in the next decades. With regards to the cooling need in June, January, and August, northwest mountainous parts and country heights have the lowest cooling degree-hours of 0-500, and the highest cooling degree-hour belongs to southern coasts, especially Khuzestan plain. According to heating and cooling degree-hours, Iran can be divided into five climatic zones of mountain, interior foothills, pits, external foothills, Caspian coasts, and southern coasts and plains.

Keywords: Heating Degree-hour, Cooling Degree-hour, Regional Climatic Model, Iran.

---

* Corresponding Author's E-mail: komidvar@yazd.uni.ac.ir