دورنمای تخمین انرژی مورد استفاده برای گرمایش و سرمایش سکونتگاه‌های انسانی در اقلیم آینده (مطالعه موردی: استان‌های شمالغرب کشور)

غلامرضا روشن[1]

استادیار جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

علیرضا خواجه شاهکوئی

استادیار جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران

محمد سعید نجفی

کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۳

چکیده

هدف از این پژوهش، شبیه‌سازی تقاضای انرژی برای دهه‌های آینده در بخش گرمایشی (HDD[2]) و سرمایشی(CDD[3]) منازل و با استفاده از شاخص درجه- روز (Degree Day) است. برای این منظور نواحی شمال غرب کشور که شامل ۸ ایستگاه تبریز، اردبیل، ارومیه، کرمانشاه، همدان، سنندج، قزوین و زنجان است و جزء نواحی سردسیر ایران محسوب می‌شود، انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفته شد تا بتوان با شناخت بیشتر از این مناطق در تقاضای انرژی در بخش گرمایش و حتی تغییرات ممکنه در تقاضای انرژی سرمایشی در دهه‌های آینده، بتوان کمکی موثر برای برنامه‌ریزان انرژی و جایگزینی مدیریت ریسک بر بحران اعمال نمود. بدین‌منظور، جهت شناسایی تغییرات اقلیم آینده و شبیه‌سازی مقادیر درجه- روز از مدل گردش عمومی جو HADCM3 و سناریوی A1 استفاده شده است. از آنجا که در این پژوهش دسترسی به داده‌های روزانه و نقطه‌ای هر ایستگاه مورد نیاز بوده، لذا از مدل LARS-WG برای ریز مقیاس نمایی زمانی و مکانی داده‌های دمای کمینه و بیشینه و در ۲ مقیاس زمانی گذشته (۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰) و مقیاس زمانی آینده (۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰) تمرکز شده است. نتایج شبیه‌سازی شده دما، افزایش دمای شمالغرب کشور، به میزان ۱/۴۲ درجه سلسیوس برای میانگین دراز مدت ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ در مقایسه با دوره مشاهداتی ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ نشان می دهد. بگونه‌ای که بیشترین افزایش دما به مقدار $2/58^{o}gC$ برای اردبیل و کمترین آن با $0/44^{o}gC$ برای زنجان پیش‌بینی می شود. نتیجه نهایی شبیه‌سازی‌ها نشان دهنده کاهش کلی نیاز به انرژی گرمایشی به مقدار ۲۵۰۲ درجه- روز کالری و افزایش نیاز به انرژی خنک‌کنندگی به مقدار ۸۲۵ درجه- روز کالری برای میانگین نود سال آینده (۲۰۱۱-۲۱۰۰) در نواحی شمال غرب است. بنابراین، با گسترش فصول گرم و محدود شدن فصول سرد در طول سال، استمرار در مصرف انرژی جهت تهویه و خنک‌کنندگی هوا نیاز بیشتری خواهد یافت که بیشتر این مصرف انرژی در بخش خنک کنندگی مربوط به مناطقی نظیر ارومیه و تبریز خواهد بود.

واژگان کلیدی: شبیه سازی، مدل‌های گردش عمومی جو، ریزمقیاس آماری، تقاضای انرژی، شمال غرب ایران.

۱- غلامرضا روشن(نویسنده مسئول) ۰۹۱۷۱۳۵۰۳۰۵ ghr.rowshan@gmail.com

[2] Heating Degree Day
[3] Cooling Degree Day

۱. مقدمه

مطابق[4]IPCC، میانگین دما به میزان ۱/٤ تا ۵/۸ درجه کلوین در قرن ۲۱ افزایش خواهد یافت (IPCC,۲۰۰٤، بوار[5] و همکاران،۲۰۰۱،۵۲٦). رخداد مقادیر بالای حداکثر دما و روزهای گرم و داغ با احتمال بیشتری رو به فزونی است. اما از طرف دیگر مقادیر حداقل دما و رخداد روزهای با دمای پایین و سرد رو به کاهش می باشد. پارامترهای آب و هوایی نقش بسزایی در طراحی ساختمان‌ها و سکونتگاه‌های انسانی بازی می‌کنند. بنابراین میزان تقاضای انرژی در ساختمان‌ها بشدت از مؤلفه‌های آب و هوایی بخصوص دما تاثیر پذیر است (بادسکو[6] و همکاران،۱۹۹۹، ص۸۸۹). شناخت از کم و کیف تغییر اقلیم بر عرضه انرژی یک کشور در بخش گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها، به شناخت صحیح از شرایط اقلیم حال و آینده یک منطقه وابسته می‌باشد. زیرا با شناخت نوسانات اقلیمی در دهه‌های آینده، می‌توان با بسط تکنیک‌ها و روش‌های طراحی ساختمان‌ها، شرایط آسایش اقلیمی را برای اکثر سکنه‌ها، با صرف هزینه پایین‌تر فراهم نمود. بطور کلی پروژه کمیت عرضه انرژی در دهه‌های آینده، بطور طبیعی وابسته به مدل‌های گردش عمومی جو و سناریوهای تغییر اقلیمی است که شرایط آب و هوایی را برای مناطق مختلف دنیا و با توجه به فرضیاتی شبیه‌سازی می‌کنند. در مطالعات پیشین برای ایالات‌متحده (رزنتال[7] و همکاران، ۱۹۹۵، بلزر[8] و همکاران، ۱۹۹٦)، انگلستان (پرتلو[9] و همکاران،۱۹۹۸) و اخیراً برای یونان (کارتالیس[10] و همکاران، ۲۰۰۱)، نتایج نشان‌دهنده رابطه معنادار و قوی از تأثیر تغییر اقلیم بر افزایش و کاهش انرژی مصرفی در ساختمان‌ها می‌باشد.

محققان مختلفی با استفاده از پیش‌بینی‌های IPCC در سال ۲۰۰۱، به ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر مصرف انرژی مورد استفاده برای گرمایش و سرمایش خانه‌ها پرداخته‌اند. در همه این ارزیابی‌ها مبنا بر اساس استفاده از شاخص درجه- روز و یا شبیه‌سازی‌های کامپیوتری بوده است که نتایج به محیط ساختمان‌ها تعمیم داده شده است. بنابراین در این راستا، بلزر (۱۹۹۵)، با استفاده از شاخص درجه- روز، انرژی مورد نیاز برای گرمایش ساختمان‌ها را بر اساس تغییر اقلیم تخمین زد. ارانوز[11] (۲۰۰٤)، با استفاده از این شاخص، میزان کاهش انرژی در بخش گرمایشی را برای سکنه‌های کبک به میزان ۷/۷ درصد در سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی نمود. گاترل[12] و امس اووی (۲۰۰۵) با استفاده از نرم افزاری بنام TAS و با بکارگیری تعدادی محدود از سناریوهای تغییر اقلیم برای انگلستان، به این نتیجه رسیدند که میزان مصرف انرژی در بخش گرمایشی ساختمان‌ها بین ۱۷ و ۷۲ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش خواهد یافت. در تحقیقی دیگر، فرانک[13](۲۰۰۵)، با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری برای مصرف انرژی در بخش گرمایش خانه‌ها در سوئیس، به این نتیجه دست یافت که با افزایش گرماش جهانی، میزان سالانه تقاضای انرژی در این بخش در دوره مطالعاتی ۲۰۵۰ تا ۲۱۰۰ به مقدار ۳۳ تا ٤٤ درصد در مقایسه با دوره مطالعاتی ۱۹۹۰ تا ۱۹٦۱ کاهش

4 - Intergovernmental Panel on Climate Change
5 - Boer
6 - Badescu
7 - Rosenthal
8 - Belzer
9 - Pretlove
10 - Cartalis
11 - Ouranos
12 - Gaterell
13 -Frank

خواهد یافت. در پژوهشی دیگر، تاچر[14](۲۰۰٦) با استفاده از یک مدل رگرسیون خطی برای استرالیا به این نتیجه رسید که با فرض افزایش دمای محیط بیرون از سکونتگاه‌ها به میزان ۱ درجه سانتیگراد، تقاضای الکتریسته بین ۲/۱- تا ٤/٦+ در مناطق مختلف استرالیا تغییر خواهد کرد. در کاری دیگر کریستن سون[15] و همکاران(۲۰۰٦)، با توسعه و بسط شاخص درجه- روز برای سوئیس، از داده‌های ماهانه دما استفاده نمودند. آنها برای این تحقیق بر مبنای ٤١ سناریوی منطقه‌ای و با استفاده از ۸ مدل گرمایش جهانی، میزان تقاضای انرژی در بخش سرمایشی و گرمایشی را با توجه به تغییرات اقلیمی شبیه‌سازی نمودند. در تحقیقی که بوسیله کراولی[16](۲۰۰۷)انجام پذیرفت، ایشانبا بکارگیری داده‌های متنوع آب و هوا برای ۲۵ موقعیت جغرافیایی در ۲۰ نوع ناحیه اقلیمی متفاوت، و با بکار گیری برنامه ای بنام EnergyPlus، تاثیر تغییر اقلیم را بر ساختمان‌های اداری کوچک، در زمینه مصرف انرژی را شبیه‌سازی کرد. ایشان به نتیجه رسیدند، در مناطقی که غالب تقاضای انرژی در بخش خنک‌کنندگی مصرف می شود، باتوجه به سناریوهای تغییر اقلیم، کاهشی در میزان تقاضای انرژی در دهه‌های آینده رخ نخواهد داد. اما از طرف دیگر در مناطقی مثل واشنگتن‌دی‌سی مصرف انرژی در بخش گرمایشی به میزان ۵ تا ۷ درصد کاهش خواهد یافت. از جمله این نوع پژوهش‌ها در داخل کشور می توان به کار خلیلی در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۳ اشاره نمود. خلیلی(۱۳۷۸)، در کاری تحت عنوان تحلیل سه‌بعدی درجه- روزهای گرمایش و سرمایش در ایران، نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی برای سکونتگاه‌های ایران مورد ارزیابی قرار داده است. بر اساس مطالعه او، این نتیجه بدست آمد که نیاز به سرمایش در فصل گرم سال به ازاء هر کیلومتر ارتفاع، ۵۸۰ درجه- روز کاهش می یابد. همچنین اینکه اثر طول جغرافیایی ناچیز و از غرب به شرق در حدود ۱۷ درجه- روز، ولی اثر عرض جغرافیای بسیار مهم و حدود ١٤٨ درجه – روز به ازاء هر درجه عرض جغرافیای به سمت شمال کاهش می یابد، و مقدار نیاز به گرمایش به ازاء هر کیلومتر افزایش ارتفاع ۹۷۱ درجه- روز افزایش یافته و به ازاء هر درجه افزایش عرض جغرافیای ١٦٥ درجه- روز زیاد می شود. در مطالعه دیگر توسط خلیلی (۱۳۸۳)، او با توجه به نیازهای گرمایش و سرمایش محیط، یک سامانه جدید پهنه‌بندی اقلیمی برای ایران ارائه داده است. همچنین با تعیین آستانه‌هایی برای درجه- روزهای گرمایش، هفت گروه اقلیمی از ملایم تا فراسرد به نامهای H_1 تا H_2مشخص نمود. ایشان با تعیین آستانه‌هایی برای درجه- روزهای سرمایش نیز، پنج گروه اقلیمی از ملایم تا بسیار گرم به نام‌های C_1 تا C_5 تعیین نمود و چهار گروه رطوبتی نیز در طبقه‌بندی منظور کرد.

بررسی‌ها نشان می دهد که دمای شبانه ایران با آهنگ ۳ درجه در هر صد سال و دمای روزانه با آهنگ ۱ درجه در هر صد سال افزایش داشته است. به این ترتیب دمای شبانه روزی کشور با آهنگ ۲ درجه در هر صد سال افزایش داشته است. این بدین معناست که ایران نه تنها در منطقه گرمسیر جهان قرار گرفته و میانگین دمای شبانه‌روزی آن ۱۸ درجه سلسیوس است بلکه رو به گرم‌تر شدن هم می‌رود و نسبت به پنجاه سال گذشته یک درجه سلسیوس گرم‌تر شده است. این در حالی است که افزایش دمای جهانی حدود ۰/۵ درجه سلسیوس در هر صد سال برآورد می‌شود(مسعودیان،١٣٨٤ و۱۳۸۸). در این صورت، آهنگ گرم شدن ایران چهار برابر سرعت گرمایش جهانی

14 - Thatcher
15 - Christenson
16 - Crawley

است. از آنجا که کشور ایران، دارای تنوع توپوگرافی، طول و عرض جغرافیایی، و از همه مهمتر تنوع اقلیمی می‌باشد، لذا انتظار می رود، دارای تنوع زیادی در زمینه مصرف و تقاضای انرژی در بخش گرمایش و سرمایش باشد، و با تاثیر از گرمایش جهانی، این نسبت تقاضای انرژی در پهنه‌های مختلف کشور، با معادلاتی جدید همراه باشد. حال از آنجا که نواحی شمال‌غرب کشور از نواحی سردسیری ایران هستند، و نسبت به نواحی دیگر کشور به انرژی گرمایشی بیشتری در طول سال نیازمند می‌باشند، بنابراین بطور کلی هدف از این پژوهش، شناخت بیشتر نواحی شمال‌غرب کشور در مصرف انرژی در بخش گرمایشی و سرمایشی و برای دهه‌های آینده است. اهداف ویژه این تحقیق عبارتند از:

۱)تعیین تغییرات انرژی مورد نیاز گرمایش و سرمایش سکونتگاه‌ها در دهه‌های آتی نسبت به دوره‌های گذشته در مناطق شمال غربی کشور.

۲)تخمین انرژی مورد نیاز سکونتگاها برای برنامه‌ریزان انرژی و مدیریت هر چه دقیقتر و موثرتر بحران انرژی کشور با تاکید بر نواحی شمالغربی.

۳)تعیین اینکه کدام شهرها در منطقه شمال غرب در دهه‌های آینده، بیشترین گرمایش را تجربه خواهند کرد.

در ادامه این تحقیق به دنبال پاسخگویی به سؤالات اساسی زیر می‌باشد:

۱)کدام شهرها در منطقه شمال غرب در دهه‌های آتی، بیشترین گرمایش را تجربه خواهند کرد؟

۲)میزان تقاضای انرژی در بخش گرمایش و خنک کنندگی(سرمایش) سکونتگاه‌ها در دهه‌های آینده به چه صورت خواهد بود؟

و فرضیات این پژوهش نیز عبارتند از:

۱)با توجه به اینکه در دهه‌های گذشته دمای نواحی مرتفع دارای روندی کاهشی بوده است، بنابراین بیشترین افزایش دما در منطقه شمال‌غرب در دهه‌های آتی را شهرهایی مانند کرمانشاه و قزوین، که دارای ارتفاع کمتری هستند، تجربه خواهند کرد.

۲)در آینده در منطقه شمال غرب نیاز به انرژی گرمایشی کاهش و تقاضای انرژی سرمایشی افزایش پیدا خواهد کرد.

۲. مواد و روش‌ها

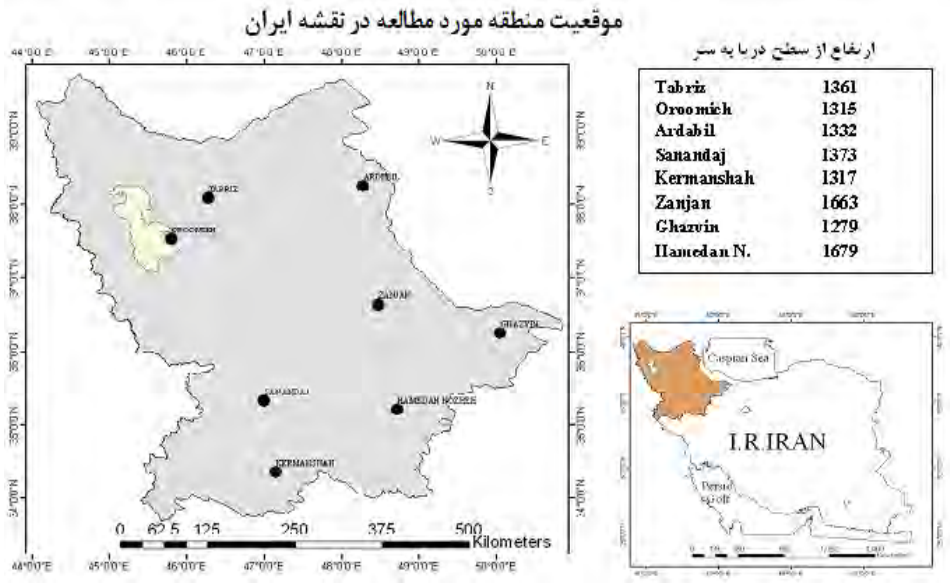
۲-۱.معرفی مدل منطقه‌ای تغییر اقلیم

با توسعه روش‌های عددی در علم هواشناسی، افق جدیدی در پیش بینی‌های چند روزه، فصلی و دهه‌ای پدید آمد. در این روش معادلات حرکت هوا با یکسری ساده سازی‌ها، به روش تفاضل محدود و بر روی یک شبکه گسترده سه‌بعدی در اطراف کره زمین حل می‌شوند. استفاده از این روش در مقیاس هفته‌ای هم اکنون در اکثر مراکز پیش‌بینی جهانی با قدرت تفکیک کمتر از ۱۰ کیلومتر به موضوعی روزانه و عادی تبدیل شده است. اما استفاده از این روش در مقیاس دهه‌ای و بالاتر به دلیل محدودیت‌های محاسباتی و زمانی، با مشکلاتی مواجه است، بطوریکه در این مقیاس زمانی، محدودیت‌های جدی برای تفکیک مکانی مدل‌ها وجود دارد. برای فائق آمدن

به نقیصه تفکیک فضایی کم مدل‌های گردش عمومی، دو راهکار وجود دارد که عبارتند از: ریز مقیاس نمایی آماری با استفاده از مدل‌های آماری و به کارگیری مدل‌های دینامیکی منطقه‌ای. استفاده از مدل‌های دینامیکی برای ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های گردش عمومی جو با محدودیت زمانی اجرای مدل مواجه است. اما مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری کاربران را قادر می سازد تا خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را به گونه ای ریز مقیاس کنند که داده‌های تولیدی شباهت زیادی با مقیادیر داده‌های ثبت شده در یک ایستگاه داشته باشند. روش آماری ریز مقیاس کردن در مقایسه با روش‌های دینامیکی، خصوصاً در مواقعی که هزینه کمتر و ارزیابی سریعتر عوامل موثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز باشد، از مزیت‌ها و قابلیت‌های بیشتری برخوردار است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۵۵؛ اسماعیلی و همکاران،۱۳۸۹،ص۷۳). مدلLARS-WG یک مدل ریزمقیاس نمایی آماری است که مولد مصنوعی داده‌های آب و هواشناسی است. این مدل می‌تواند برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در یک مکان واحد، تحت شرایط اقلیم حال و آینده به کار رود. خواص آماری داده‌های تولید شده مشابه دوره آماری بوده، اما انحراف معیار آن‌ها به نسبت اختلاف داده‌های مدل GCM در دوره آینده و گذشته پریشیده می‌شود. این مدل به تهیه میانگین سری‌های زمانی داده‌های مصنوعی شبیه سازی شده با مشخصات آماری مطابق با آمار دیده بانی شده در یک ایستگاه می پردازد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸،ص۱٤۰).

نسخه اولیهLARS-WG در بوداپست طی سال 1990 به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک‌های کشاورزی در کشور مجارستان ابداع شد. کارآیی مدل LARS-WG به وسیله زمنف در سال۱۹۹۰ در ۱۸ ایستگاه هواشناسی واقع در امریکا و اروپا و آسیا مورد ارزیابی قرار گرفت. تولید داده توسط مدلLARS-WG در سه مرحله انجام می شود که عبارتند از: کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی. در این مدل داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش به صورت روزانه استخراج شده و برای هر شبکه مدل گردش عمومی جو یک سناریوی خاص مدل LARS-WG تدوین می‌شود(عباسی و همکاران،۱۳۸۹،ص۹٦). برای تدوین این سناریو، داده‌های شبکه‌ای مدل HADCM3 در دوره پیش‌بینی یا مورد مطالعه با دوره پایه مقایسه می‌شود (زمنف[17] و همکاران،۲۰۱۰،ص٤). در این مطالعه ۱۹۹۰ تا۱۹٦۱ به عنوان دوره پایه و ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰، دوره آینده در نظر گرفته شده است. برای اجرای مدل LARS-WG، علاوه بر سناریوی تدوین شده برای هر شبکه محاسباتی، به فایل مشخصه رفتار اقلیم گذشته ایستگاه‌های واقع در داخل آن شبکه نیز نیاز است. در این مطالعه از نسخه ۵ مدل Lars-WG استفاده شده است. برای این منظور از داده‌های ماهانه و روزانه دما از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۸ ایستگاه‌های شمال‌غرب کشور که شامل تبریز، اردبیل، ارومیه، کرمانشاه، همدان، سنندج، قزوین و زنجان می باشد، استفاده گردیده تا بتوان این مقادیر را برای دوره ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ شبیه‌سازی نمود. سپس با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده و با بکارگیری معادلات مورد نظر در بخش انرژی، میزان تقاضای انرژی در بخش گرمایش و سرمایش را برای دهه‌های آینده تخمین و با دوره‌های گذشته مقایسه نمود.

17 - Semenov



شکل(۱): موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

منبع: نگارندگان

۱-۲.معرفی معادلات پیشنهادی در برآورد تقاضای انرژی گرمایشی و سرمایشی

به طور کلی میزان نیاز به گرمایش و سرمایش بر حسب تعریف جمع تفاضل‌های میانگین‌های روزانه دما از آستانه معین در دوره مشخصی از سال می‌باشد و بر حسب درجه- روز بیان می‌شود. دماهای آستانه اعداد متفاوتی بوده و در شرایط مختلف ارقام فرق می‌کند، ولی به طور کلی برای حدود آسایش انسان اعداد ۱۹ تا ۲۸ درجه سانتی گراد پیشنهاد شده است. در شرایط اقلیمی ایران ارقام مختلفی توسط محققین پیشنهاد گردیده که اعداد ۱۸ تا ۲٤ درجه، اعداد مطلوبی است (کسمایی، ۱۳۷۸، خلیلی، ۱۳۷۸، ۹، خلیلی ۱۳۸۳، ۷، فرجی و همکاران، ۱۳۸۷،۸۰).

برای برآورد مقدار نیاز به سرمایش در یک دوره معین N روزه از فرمول 1 استفاده می شود:

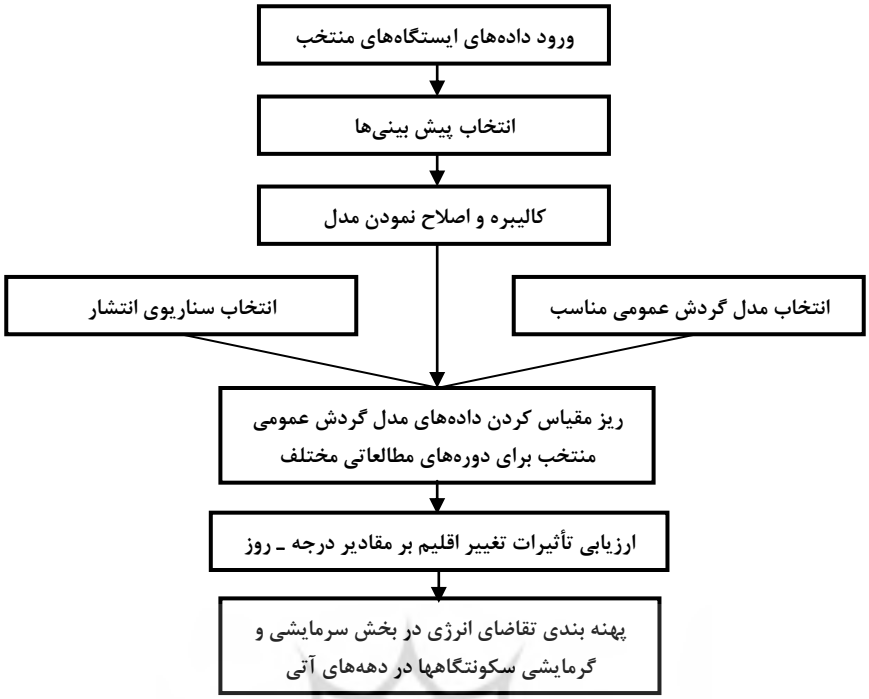
فرمول ۱: $CDD = \sum (T - \theta_2) \qquad \theta_2 = 24$

که در آن CDD نیاز به سرمایش به درجه- روز، T میانگین دمای روزانه به درجه سانتی‌گراد و θ_2 آستانه دمایی که برای شرایط کشور ایران ۲٤ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است و برای محاسبه نیاز به گرمایش می توان فرمول ۲ را به کار گرفت:

فرمول۲: $HDD = \sum (\theta_1 - T) \qquad \theta_1 = 18$

در این فرمول HDD نیاز به گرمایش به درجه-روز، T میانگین دمای روزانه و θ_1 دارای همان مفهوم در فرمول پیشین می‌باشند و با توجه به شرایط کشور ایران عدد ۱۸ انتخاب گردیده است.

در انتها لازم به ذکر است که این تحقیق از لحاظ هدف، جزء تحقیقات کاربردی و از نظر ماهیت و روش یک تحقیق تجربی محسوب می‌شود.



شکل(۲): مراحل انجام تحقیق

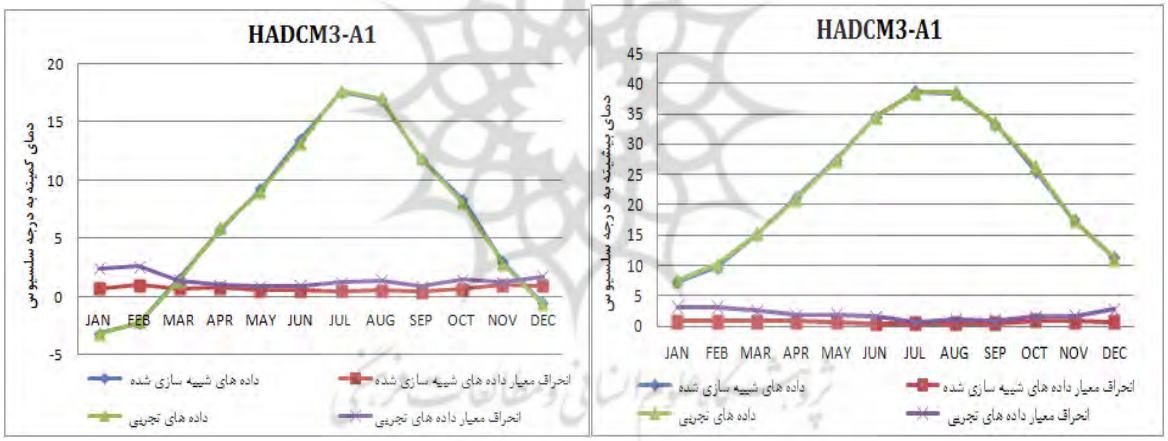
۳. یافته‌های تحقیق

۳-۱. اعتبارسنجی داده‌های شبیه‌سازی شده

در ابتدا بمنظور ارزیابی توانمندی مدل و شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی‌برای دهه‌های آتی، داده‌های تجربی (۱۹۸۷-۲۰۰۸) ایستگاه‌های مورد مطالعه به صورت روزانه همراه با سناریوی A1 به عنوان ورودی به مدل معرفی گردید. سپس همین دوره بوسیله مدل شبیه‌سازی و با داده‌های تجربی مورد مقایسه قرار گرفت. زیرا گمانه‌زنی‌های توانمندی مدل مولد پراسنج‌های اقلیمی، در ارزیابی اثر گرمایش جهانی تاثیر مستقیم خواهد داشت. مدل LARS-WG که توانایی تولید مقادیر پراسنج‌های دمای بیشینه و کمینه، بارش و تابش را داراست، توسط گروه پژوهشی پژوهشکده اقلیم شناسی بر روی ٤٣ ایستگاه در کشور مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و نتایج آن نشان میدهد که مدل از قدرت بالایی برای شبیه سازی پراسنج‌های نامبرده برخوردار است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸،ص۱٤۱). از سوی دیگر مدل HADCM3 نیز با سناریوهای A2 و B2 توسط سیاری و همکاران (۱۳۹۰) کالیبره و اعتبارسنجی گردید. در این پژوهش نیز بصورت مختصر ارزیابی اعتبار داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های تجربی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۸ انجام گردید. این ارزیابی با تکیه بر مقادیر آماری داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده که شامل میانگین ماهانه، انحراف معیار، خطای نسبی، آماره T استودنت و همبستگی است، انجام پذیرفت. نتایج تحلیل آماری در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مدل از سطح اطمینان بالایی (۰/۹۹ درصد) جهت شبیه‌سازی مقادیر دمای کمینه و بیشینه (که مبنای این تحقیق قرار داشت) برخوردار است. میانگین ضریب همبستگی محاسبه شده بین مقادیر تجربی و شبیه‌سازی شده برای دما برابر با r= ۰/۹۹ محاسبه گردید که نشان می‌دهد مقادیر شبیه‌سازی شده از سطح اطمینان بالایی برخوردار است. پس استفاده از این مدل برای محاسبه و شبیه‌سازی مقادیر

درجه- روز در اقلیم آینده، دارای سطح اعتبار قابل قبولی می‌باشد. علی رغم اینکه در این پژوهش ارزیابی و اعتبار سنجی مولفه‌های بارش و تابش مد نظر نیست، اما بررسی میانگین کلی ضریب همبستگی داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های تجربی، برای دو مؤلفه تابش برابر با r=۰/۹۵ و بارش با r=۰/۹۲ است. پس با توجه به ضریب تغییرات بالای بارش، این دور از ذهن نیست که مقادیر شبیه سازی شده برای آن، نسبت به سه پارامتر دیگر، از سطح اطمینان پایین‌تری برخوردار باشد.

در این قسمت، بدلیل فضای کم پژوهش، فقط به نمودار دمایی ایستگاه کرمانشاه اکتفا شده است (شکل ۳). در این ارزیابی میانگین کلی ضریب همبستگی داده‌های شبیه سازی شده و تجربی برای دمای کمینه r=۰/۹۹ محاسبه گردید، و بالاترین ضریب همبستگی با ضریب r=۱ برای بیشتر ماههای سال و کمترین آن با r=۰/۹۷ است که در ماه نوامبر رخ داده است. اما از طرف دیگر این مقادیر برای میانگین کلی دمای بیشینه عدد r=۰/۹۹ محاسبه شد که حداکثر و حداقل ضریب همبستگی بترتیب با r=۱ در ماه سپتامبر وr=۰/۹۷ در ماه مارس محاسبه گردید. بطور کلی انحراف معیار مقادیر داده‌های تجربی و شبیه‌سازی شده دمای کمینه و بیشینه نشان می‌دهد که انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده کمتر از داده‌های دیده‌بانی شده است، که نشان دهنده توانمندی Lars-WG در مدل‌سازی مقادیر دمای کمینه و بیشیه در بستر گرمایش جهانی و بر اساس سناریوی پایه است.



شکل(۳): مقایسه مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی دمای کمینه و بیشینه (ایستگاه کرمانشاه).

۱-٤.دورنمای تغییرات دمای نواحی شمالغرب کشور در بستر گرمایش جهانی

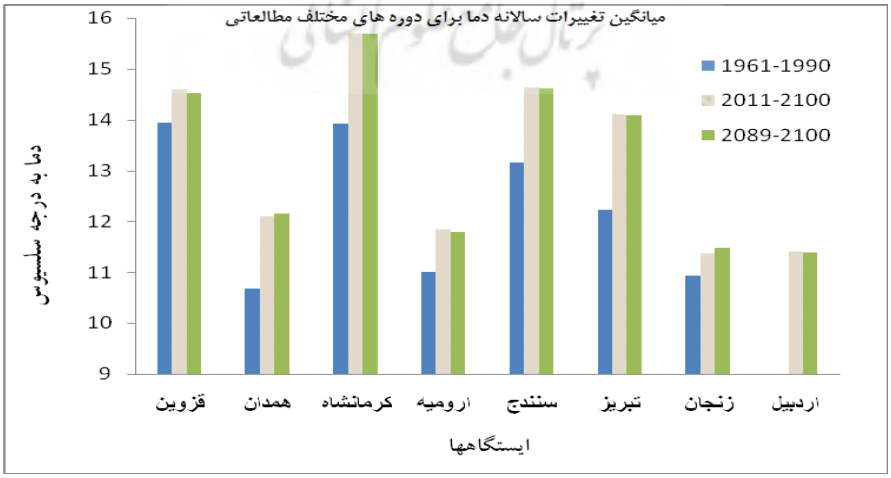
در مطالعات تغییر اقلیم، معمولا دوره مطالعاتی۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ را بعنوان دوره پایه قلمداد کرده و تغییرات اقلیم آینده را بر اساس این دوره مطالعاتی پایه مورد سنجس و مقایسه قرار می‌دهند(روشن[۱۸] و همکاران،۲۰۱۱، ص۱٤۳). بنابراین در این مطالعه میانگین درازمدت۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ بعنوان پایه در نظر گرفته و میانگین درازمدت تغییرات دما برای سال‌های۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ و از طرف دیگر، دهه آخر که مربوط به سال‌های ۲۰۸۹ تا ۲۱۰۰ می باشد، با آن مورد مقایسه قرار گرفته شده است (شکل٤).

در بین ایستگاه‌های مطالعاتی، بیشترین افزایش میانگین دراز مدت دما برای دوره مطالعاتی۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ نسبت به سال پایه ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ با ۲/۸۵ درجه سلسیوس برای ایستگاه اردبیل شبیه‌سازی شده است. در این ایستگاه

18 -Roshan

میانگین دما در دهه آخر شبیه‌سازی شده که مربوط به سال‌های ۲۰۸۹ تا ۲۱۰۰ می‌باشد به میزان ۱٤/٥۳ درجه سلسیوس پیش‌بینی شده است. بعد از ایستگاه اردبیل، بیشترین افزایش دما در ایستگاه تبریز برای میانگین بلندمدت ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰، به میزان ۱/۸۸ درجه سلسیوس نسبت به سال پایه ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ محاسبه گردیده است. در دهه آخر شبیه‌سازی شده نیز، میانگین دما ۱٤/۰۹درجه سلسیوس محاسبه شده است. در شهر کرمانشاه، نتایج شبیه‌سازی شده از افزایش ۱/۷۷ درجه سلسیوس دما برای سال‌های شبیه‌سازی شده نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. در این ایستگاه میانگین دراز مدت دما برای سالهای۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ به مقدار ۱۳/۹۳ درجه سلسیوس محاسبه شده اما این میانگین برای سال‌های۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ به مقدار ۱٥/۷۰ درجه سلسیوس تخمین زده می‌شود (شکل۳).

در ایستگاه سنندج باتوجه به میانگین دراز مدت دما به میزان ۱۳/۱٦ درجه سلسیوس برای سال پایه ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰، شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که این میانگین دما برای سالهای۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ به مقدار ۱٤/٦٤ درجه افزایش یابد، بنابراین افزایش دما به میزان ۱/٤۸درجه سلسیوس دور از انتظار نیست. بعد از سنندج، ایستگاه همدان با افزایش ۱/٤۱درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه، در جایگاه پنجم افزایش دما در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها قرار گرفته است. در این ایستگاه انتظار می رود که میانگین دما برای دهه آخر شبیه سازی شده تا ۱۲/۱٦ درجه سلسیوس افزایش یابد. اما در ایستگاه ارومیه میانگین دمای سالانه و پایه ۱۱ درجه سلسیوس بوده که با افزایش ۰/۸٥ درجه سلسیوس تا سقف ۱۱/۸٥ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت. اما بعد از این ایستگاه، شهرستان قزوین با افزایش ۰/٦٦ درجه سلسیوس نسبت به میانگین پایه ۱۳/۹٤ درجه سلسیوس، در جایگاه هفتم قرار دارد. در آخر این ایستگاه زنجان است که با حداقل افزایش دما به مقدار ۰/٤٤درجه سلسیوس برای سالهای شبیه‌سازی شده نسبت به میانگین پایه ۱۰/۹٤درجه سلسیوس در جایگاه آخر قرار گرفته است(شکل٤). با تمام این تفاسیر، میانگین کلی تغییرات دما برای هر دهه از سال۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰، در اکثر ایستگاه‌ها با تفاوت بسیار ناچیزی نسبت به یکدیگر محاسبه شده است. بگونه‌ای که ایستگاه‌های تبریز، قزوین، همدان و سنندج با کاهش۰/۰۱-درجه سلسیوس دما و ایستگاه‌های کرمانشاه و اردبیل با هیچگونه تغییرات دهه‌ای (صفر) و ایستگاه زنجان با افزایش ۰/۰۲ درجه سلسیوس و در نهایت ارومیه با کاهش۰/۰۲- درجه سلسیوس این تغییرات دهه‌ای را برای سال‌های شبیه سازی شده نشان می دهند.



شکل(٤): میانگین تغییرات سالانه دما برای دوره‌های مختلف مطالعاتی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

منبع: یافته‌های پژوهش

۱-۵.بررسی روند مقادیر نیاز به انرژی سرمایشی و گرمایشی در داده‌های مشاهداتی (۱۹۵۱-۲۰۰۸)

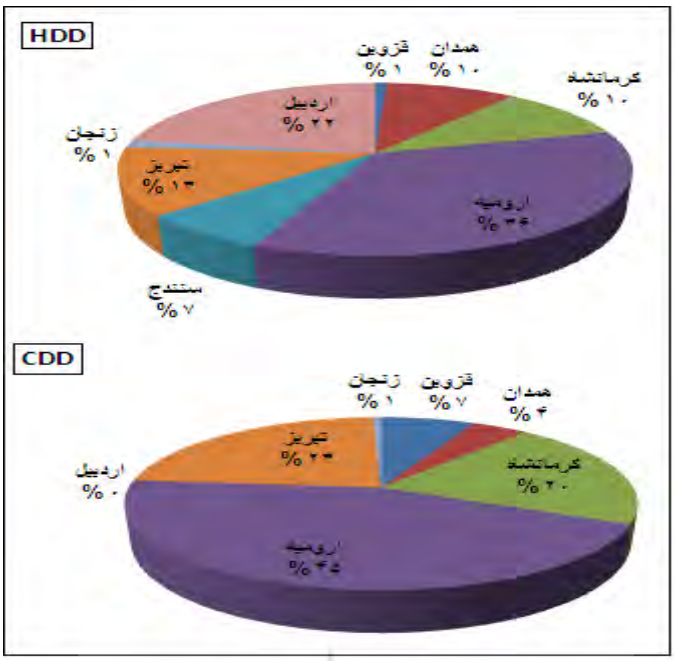
در داده‌های مشاهداتی (۲۰۰۸-۱۹۵۱) در تبریز، وجود روند کاهشی برای تقاضای انرژی در بخش گرمایشی با (r= -۰/۳۹، p=۰/۰۰۰) دیده می شود. این تغییرات با میانگین دهه‌ای ۷۷/۸- درجه- روز کالری، کاهش معنادار میزان مصرف انرژی در بخش گرمایشی را نشان می‌دهد. از طرف دیگر میزان مصرف انرژی در بخش خنک‌کنندگی خانه‌ها با تغییرات دهه‌ای به میزان ۲۹ درصد درجه- روز کالری و با ارزش‌های آماری(p=۰/۰۰۰، r=۰/٦۱) در حال افزایش است. در شهرستان اردبیل، بعلت پایین بودن میانگین دمای سالانه به میزان ۹ درجه سلسیوس، در هیچ کدام از دوره‌های مشاهداتی(۲۰۰۸-۱۹۵۱)، میزان تقاضای انرژی در بخش خنک‌کنندگی دیده نمی‌شود، اما در همین شهرستان، میانگین تغییرات دهه‌ای تقاضای انرژی در بخش گرمایشی با ۳۸/۸- درجه- روز کالری (p=۰/۸۷۳، r= -۰/۰۳)در حال کاهش است. در شهرستان ارومیه بر خلاف ایستگاه‌های دیگر، تقاضای انرژی در بخش سرمایش و گرمایش بترتیب با کاهش و افزایش معنادار همراه بوده است. در این شهرستان میانگین تغییرات تقاضای انرژی در بخش سرمایش با کاهش۷/۲۱- درجه- روز کالری (p=۰/۰۰۰، r= -۰/٤۹) در هر دهه و افزایش آن به مقدار ۲۰/۲۳درصد درجه- روز کالری (p=۰/۰۵، r=۰/۲۷) همراه بوده است. در کرمانشاه، روند تقاضای انرژی در بخش خنک‌کنندگی سکونتگاه‌ها، با ارزش‌های آماری (p=۰/۰۰۰، r=۰/۵۹) در حال افزایش است. میانگین کلی تغییرات دهه‌ای، افزایش نیاز به انرژی خنک‌کنندگی به مقدار ۲۱/۷٤درصد درجه- روز کالری برای هر دهه نشان می‌دهند. در این ایستگاه با افزایش روند معنادار دما(r=۰/٤)، همانگونه که انتظار می رود، میزان تقاضای انرژی گرمایشی با میانگین دهه ای ۱۱٦- درجه- روز کالری (P= ۰/۰٦۱، r= -۰/۲٦) در حال کاهش است. اما در همدان، با توجه به میانگین سالانه دما به میزان ۱۱/۲۱ درجه سلسیوس، روند تغییرات دما افزایشی و در سطح ۰/۹۹ درصد (r=۰/٤۸) معنادار است. پس این تصور دور از انتظار نیست که نیاز به انرژی برای خنک کنندگی سکونتگاه‌ها افزایش یابد. بنابراین نیاز انرژی در این بخش با تغییرات دهه‌ای ٦/۲٤ درصد درجه-روز کالری (p=۰/۱٦، r=۰/۲٤) در حال افزایش ولی این مقدار برای بخش گرمایش به میزان ۱٦۸/۸- درجه-روز کالری در هر دهه (p=۰/۰۰۰، r= -۰/۳۹) در حال کاهش بوده است.

در سنندج روند سالانه دما با r=۰/۲۵ ، نشاندهنده افزایش دماست، که این سبب شده است که مصرف انرژی در بخش خنک‌کنندگی با میانگین تغییرات دهه‌ای ٤/۰۷ درجه- روز کالری (p=۰/٤۱۸، r=۰/۱۲) روند افزایشی ولی نیاز انرژی در بخش گرمایش با مقادیر آماری (P=۰/۰٦, r= -۰/۲۸ /decade, HDD= -٦٤/٦۵) کاهش یابد. قزوین شهرستانیست که با میانگین دمای سالانه ۱٤ درجه سلسیوس، کاهش یا افزایش معنادار تغییرات دما (r= -۰/۱۲) برای آن مشاهده نمی‌شود. بنابراین انتظار یافتن روند معنادار افزایش یا کاهش شاخص درجه- روز برای آن غیرقابل تصور است. بگونه‌ای که تغییرات دهه‌ای نشان می‌دهند میانگین نیاز به انرژی خنک‌کنندگی با ۳/٦- درجه- روز کالری (p=۰/۳۲، r=۰/۱۵) در حال کاهش بوده، اما از طرف دیگر در هر دهه نیاز به انرژی گرمایشی به مقدار ۱۹/۱۷درجه- روز کالری (p=۰/۵۱۲، r=۰/۱) در حال افزایش است. آخرین ایستگاه مطالعاتی زنجان می‌باشد که با میانگین سالانه دما در حدود۱۱درجه سلسیوس، روند تغییرات دما با(r= -۰/۱٤) در هیچ سطحی معنادار نیست. علی‌رغم این، تغییرات دهه‌ای برای انرژی مورد نیاز در بخش خنک‌کنندگی به مقدار CDD= -۰/٦۷درجه-روز

کالری (p=۰/۵٦۸، r=-۰/۰۸)در حال کاهش می‌باشد. اما نکته جالب توجه اینکه، نیاز انرژی برای گرمایش با HDD= -۲/ ۹۱/decade درجه- روز (p=۰/٤۷۹، r=۰/۱) در حال کاهش است. اما از آنجا که این مقادیر معنادار نیستند، نمی‌توان به این تغییرات اعتماد کرد.

٤-۳.تخمین تقاضای انرژی مورد استفاده برای گرمایش و سرمایش بوسیله داده‌های شبیه‌سازی شده

در این بخش بعد از شبیه‌سازی مقادیر نیاز انرژی در بخش گرمایش و سرمایش، مقایسه‌ای بین تغییرات مقادیر درجه- روز برای میانگین درازمدت۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ نسبت به دوره پایه۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ انجام پذیرفته و نقشه‌های پهنه‌بندی برای آنها ترسیم شده است. در ایستگاه تبریز میانگین نیاز به انرژی سرمایشی برای دوره پایه ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰، عدد ۵۹ درجه-روز کالری محاسبه شده، اما این میزان برای میانگین درازمدت۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰، عدد ۲۲٦/۹۵ درجه-روز پیش‌بینی می‌شود. از طرف دیگر در همین ایستگاه نیاز به انرژی گرمایش نیز از ۲۷۱۷ درجه- روز برای سال پایه، با کاهش میانگین ۳۱٦ درجه- روز کالری، به مرز ۲٤۰۱ درجه- روز تغییر مقدار داده است. بنابراین پیش‌بینی می شود که برای میانگین۹۰ سال آینده، مصرف انرژی در بخش سرمایش حدود ۲۸۵ درصد افزایش و در بخش گرمایش ۱۱/٦درصد نسبت به دوره پایه کاهش یابد. در زنجان نیز، میانگین پایه برای مقدار نیاز درجه- روز کالری در بخش خنک‌کنندگی، صفر محاسبه شده، اما این میانگین برای دوره شبیه‌سازی شده ٤/٤۵ درجه- روز کالری محاسبه شده است. در این شهرستان کاهش نیاز به انرژی گرمایشی برای دوره شبیه‌سازی شده، به میزان ۳۳ درجه- روز نسبت به مقدار پایه ۲۹٤٤ درجه- روز کالری تخمین زده شده است. پیش‌بینی‌ها از مصرف انرژی برای سال‌های آینده، نشان‌دهنده این موضوع است که تقریبا ۱/۱۲ درصد انرژی مورد نیاز، از تقاضای انرژی در بخش گرمایش سکونتگاه‌ها کاسته خواهد شد حال آنکه انتظار می رود که ٤۲٤ درصد بر مصرف انرژی در بخش سرمایش اضافه گردد. در ارومیه نیز همانند دو ایستگاه قبل، بیشترین مقدار نیاز به انرژی با میانگین پایه ۲۸۱۳ درجه- روز در بخش گرمایش وجود دارد که پیش‌بینی می شود از این مقدار، حدود ۸۹۵ درجه- روز برای میانگین درازمدت شبیه‌سازی شده کاسته شود. از طرف دیگر با کاهش انرژی گرمایشی، نیاز به انرژی سرمایشی به مقدار ۳۲٦درجه- روز کالری برای دوره شبیه‌سازی شده ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ احساس می شود. پس این شبیه‌سازی‌ها از کاهش۳۱/۸۱ درصد انرژی گرمایشی و افزایش۳۲٦ درصد انرژی مورد نیاز در بخش سرمایشی اطلاع می‌دهند. در شهرستان کرمانشاه نیاز به انرژی گرمایشی بیشتر از انرژی خنک کنندگی می باشد. بگونه‌ای که میانگین پایه برای انرژی مورد نیاز در دوره مطالعاتی۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰، عدد ۲۱۷۰ درجه سلسیوس محاسبه شده، ولی این میزان برای انرژی خنک کنندگی۱۷۷ درجه-روز برآورد شده است. در این ایستگاه داده‌های شبیه‌سازی شده از کاهش ۲۵۲ درجه- روز کالری برای انرژی گرمایشی و افزایش ۱٤۹ درجه-روز کالری انرژی خنک کنندگی برای میانگین۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ نسبت به دوره پایه۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ اطلاع می‌دهد. پس محاسبات نشان از افزایش۸٤ درصدی و کاهش۱۱/٦۱ درصدی نیاز به انرژی سرمایشی و گرمایشی برای دهه‌های آینده خبر می‌دهد(شکل ٦).

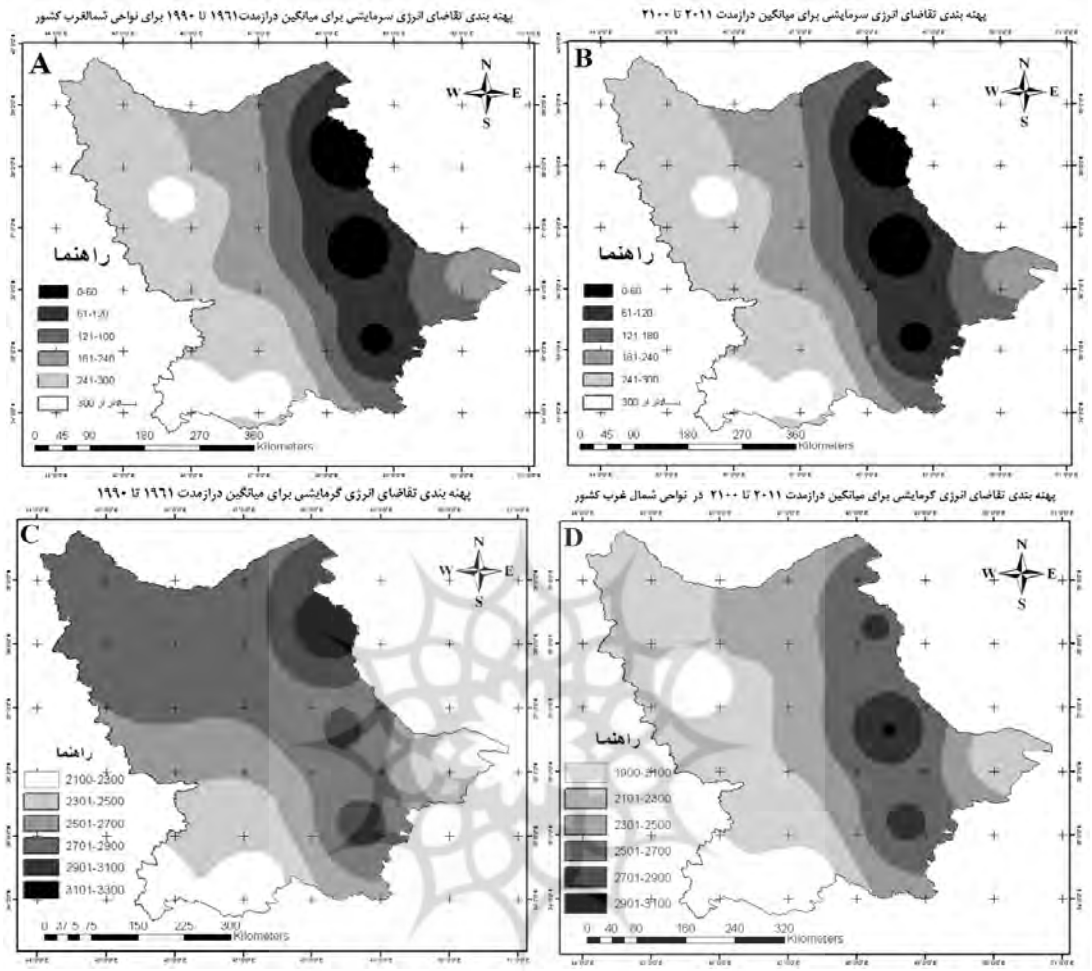


شکل(۵): میانگین درصد افزایش انرژی سرمایشی و کاهش تقاضای انرژی گرمایشی برای دوره شبیه سازی شده۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰. (در این شکل، نسبت درصدی هر ایستگاه در مقایسه با نیاز کلی انرژی سرمایشی و گرمایشی مجموع ۸ ایستگاه مورد مطالعه، محاسبه شده است)

منبع: یافته‌های پژوهش

قزوین ایستگاهی با میانگین ۵۲ درجه- روز نیاز به افزایش انرژی سرمایشی تا سال۲۱۰۰، مرز ۱۳۹ درجه – روز برای دوره مطالعاتی پایه را طی و به میانگین۱۹۱ درجه- روز منتهی شده است. در این ایستگاه با کاهش ۲۲ درجه- روز کالری تقاضای انرژی گرمایشی، برای میانگین سال‌های شبیه‌سازی شده نسبت به سال پایه که عدد ۲۲۳۰ می‌باشد، کاهش نیاز به انرژی گرمایشی کمتری را در مقایسه با ایستگاه‌های دیگر نشان می‌دهد. در این ایستگاه نیاز انرژی گرمایشی برای ۹۰ سال آینده، به کمتر از ۱ درصد کاسته شده و بر نیاز انرژی سرمایشی تا سقف۳۷٪ افزوده شده است. در همدان اگرچه کاهش تقاضای انرژی گرمایشی برای میانگین ۹۰ سال آینده را عددی در حدود ۸/۱٤ درصد (۲٤۵ درجه- روز) نسبت به میانگین پایه(۳۰۰۷ درجه- روز) نشان می‌دهد، اما این در جهت عکس این موضوع است که تقاضای انرژی سرمایشی با ۲٤۷ درصد (۳۰/٦ درجه- روز کالری) نسبت به میانگین پایه(۱۲/٤ درجه- روز) در حال افزایش است. اردبیل تنها ایستگاهی‌ست که نه در شرایط کنونی و نه بر اساس داده‌های شبیه‌سازی شده، هیچ‌نیازی به انرژی سرمایش ندارد. اما شرایط اقلیمی دهه‌های آینده این ایستگاه از کاهش ۱۷/۱٦درصدی (٥٦۳ درجه- روز) انرژی گرمایشی در مقایسه با دوره پایه (۳۲۷۹ درجه- روز) را نشان می‌دهد. در نهایت در ایستگاه سنندج مقدار انرژی مورد نیاز برای سرمایش با استفاده از داده‌های مشاهداتی حدود ۱۷٤ درجه- روز محاسبه شده که انتظار می‌رود با ۵۵ درصد افزایش به مقدار ۲٦۹ درجه- روز برای میانگین ۹۰ سال آینده منتهی شود. حال آنکه این تغییرات برای گرمایش، کاهش مصرف انرژی را به مقدار ۷/۲٦ درصد (۱۷٦ درجه- روز) نسبت به مقدار مشاهداتی ۲٤۲۲ درجه – روز است، تخمین زده می‌شود(شکل٦). پس این شبیه‌سازی‌ها برای میانگین ۹۰ سال آینده، افزایش ۸۲۵ درجه-روز کالری برای خنک کنندگی و کاهش ۲۵۰۲ درجه- روز کالری برای گرمایش نواحی شمالغرب کشور نشان می‌دهد. نکته قابل تأمل اینکه بیشترین نیاز انرژی سرمایشی در دهه‌های آینده برای

ارومیه و کمترین آن در اردبیل دیده می‌شود. از طرف دیگر بیشترین کاهش انرژی مورد نیاز گرمایشی برای ارومیه و کمترین کاهش در قزوین رخ خواهد داد(شکل۵).



شکل٦- (A): پهنه بندی تقاضای انرژی سرمایشی برای میانگین درازمدت۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰ برای نواحی شمالغرب کشور، (B): پهنه بندی تقاضای انرژی سرمایشی برای میانگین درازمدت ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ (C): پهنه بندی تقاضای انرژی گرمایشی برای میانگین درازمدت ۱۹٦۱ تا ۱۹۹۰، (D): پهنه بندی تقاضای انرژی گرمایشی برای میانگین درازمدت ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ در نواحی شمالغرب کشور

منبع: یافته های پژوهش

نتیجه‌گیری

نظر به وجود بحران انرژی در جوامع امروزی و بروز مشکلات احتمالی افزون تر در بخش انرژی در دهه‌های آتی در جوامع بشری، در این پژوهش سعی شده است با درنظر گرفتن تغییرات اقلیمی، دورنمای انرژی مورد نیاز در بخش گرمایشی و سرمایشی سکونتگاه‌های ایران تعیین و ارزیابی شود تا با استفاده از پتانسیل‌های محیطی و احیای انرژی‌های نو، بتوان راه حلی مناسبی در جهت تأمین انرژی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش سکونتگاه‌ها ارائه نمود. از آنجا که بر اساس مطالعات مسعودیان (۱۳۸٤) در دهه‌های گذشته دمای نواحی مرتفع دارای روندی کاهشی بوده است، بنابراین در شهرهای مرتفع شمال غربی کشور که مسئله انرژی به عنوان یکی از مسائل اساسی در این مناطق مطرح است، در این پژوهش دورنمای تغییرات انرژی در این مناطق مورد تأکید قرار گرفته شده است. بدین منظور جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های استخراج شده از مدل گردش عمومی جو (HADCM3) از مدل-LARS

WG و سناریوی پیشنهادیA1 استفاده شده است. همچنین جهت شبیه‌سازی تقاضای انرژی برای دهه‌های آینده در بخش گرمایشی و سرمایشی سکونتگاه‌ها از شاخص درجه- روز (Degree Day) استفاده شد. نتایج نشان دهنده این موضوع است که، با توجه به روند تغییرات اقلیمی‌در جهان و سناریوی پیشنهادی که رشد سریع اقتصادی و افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش دما را پیش بینی می‌کند، در بین ایستگاه‌های مطالعاتی بیشترین افزایش میانگین بلندمدت دما برای دوره مطالعاتی ۲۰۱۱ تا ۲۱۰۰ نسبت به سال پایه ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰، برای ایستگاه اردبیل با ۲/۸۵ درجه سلسیوس شبیه‌سازی شده است. این نتایج فرضیه اول را که بیشترین افزایش دما در منطقه شمال‌غرب در دهه‌های آتی را برای شهرهایی مانند کرمانشاه و قزوین فرض نموده است را رد می‌کند. زیرا میانگین بیشترین افزایش دما ابتدا برای شهر اردبیل و سپس تبریز که دارای ارتفاع بیشتری هستند، شبیه‌سازی شده است. اگر چه میانگین کلی افزایش دما برای شمالغرب ۱/۴۲ درجه سلسیوس تخمین زده شده است، ولی کمینه افزایش دما با ۰/۴۴ درجه سلسیوس برای زنجان پیش‌بینی می‌شود که دارای بیشترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه است.

بررسی داده‌های مشاهداتی درجه- روز، برای برخی ایستگاه‌ها از روند معنادار افزایش این شاخص اطلاع می‌دهد. این افزایش شاخص با افزایش تقاضای انرژی در بخش خنک‌کنندگی و کاهش این تقاضا در بخش گرمایش همراه بوده است. بطوری‌که این تغییرات افزایشی برای ایستگاه‌های تبریز با میانگین افزایش دهه‌ای ۲۹ درجه- روز کالری (r=۰/۶۱، P= ۰/۰۰۰)، کرمانشاه با افزایش دهه ای ۲۱/۷۴ درجه- روز (P= ۰/۰۰۰ ، r=۰/۵۹) و همدان با میانگین دهه ای افزایش۶/۲۴ درجه- روز کالری (P= ۰/۱۶۰ ، r=۰/۲۸)، در بالاترین سطح معناداری در مقایسه با دیگر ایستگاه‌ها قرار دارند. باید اضافه کرد که با توجه به اینکه زنجان دارای کمترین افزایش دما را در دهه‌های آتی در منطقه مورد مطالعه تجربه خواهد کرد، بنابراین کمترین میزان تغییرات در نیاز به انرژی گرمایشی و سرمایشی در دهه‌های آتی نسبت به دوره مطالعاتی گذشته، در این ایستگاه محاسبه شده است که روند تغییرات دهه‌ای در این ایستگاه معنادار نمی‌باشد. آنچه نتیجه‌نهایی از شبیه‌سازی‌ها نشان می دهد، کاهش کلی نیاز به انرژی گرمایشی به مقدار ۲۵۰۲ درجه- روز کالری و افزایش نیاز به انرژی خنک کنندگی به مقدار ۸۲۵ درجه- روز کالری برای میانگین نود سال آینده (۲۰۱۱-۲۱۰۰) در نواحی شمالغرب کشور است. بنابراین با گسترش فصول گرم و محدود شدن فصول سرد در طول سال، استمرار در مصرف انرژی جهت تهویه و خنک‌کنندگی هوا نیاز بیشتری خواهد یافت که بیشتر این تقاضای انرژی در بخش خنک کنندگی مربوط به مناطقی نظیر ارومیه با ۴۵ درصد (۳۲۶ درجه- روز کالری) و تبریز با ۲۳ درصد (۱۶۸درجه- روز کالری) و کمترین آن در اردبیل با صفر درصد، در مقایسه با مجموع نیاز کلی انرژی سرمایشی در منطقه شمالغرب برآورد گردیده است. از طرف دیگر بیشترین کاهش انرژی مورد نیاز گرمایشی برای ارومیه با ۳۶ درصد که معادل۸۹۵ درجه- روز کالری وکمترین کاهش بطور مشترک برای ایستگاههای قزوین (۲۲ درجه- روز) و زنجان(۳۳ درجه- روز) با ۱ درصد از مجموع کل نیاز تقاضای انرژی در بخش گرمایشی برای نواحی شمالغرب کشور رخ خواهد داد. یافته‌های بالا فرضیه دوم را که کاهش نیاز به انرژی گرمایشی و افزایش تقاضای انرژی سرمایشی را در آینده در منطقه شمال غرب فرض کرده است را تأیید می‌کند. زیرا با روند گرمایش جهانی و افزایش دما در منطقه مورد مطالعه، شاهد کاهش تعداد روزها در دوره سرد سال و محدود شدن فصول سرد و در نتیجه کاهش تقاضای انرژی گرمایشی برای سکونتگاه‌ها، همچنین افزایش تعداد

روزها در دوره گرم سال و گسترش فصل گرم و در نتیجه افزایش تقاضای انرژی خنک کنندگی در منطقه مورد مطالعه هستیم.

منابع

اسماعیلی، رضا، حبیبی نوخندان، مجید، فلاح قالهری، غلامعباس(۱۳۸۹). ارزیابی تغییرات دوره رشد و یخبندان ناشی از نوسانات اقلیمی، مطالعه موردی: خراسان رضوی، **مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی**، شماره ۷۳، صص ٦۹-۸۲.

بابائیان، ایمان(...ودیگران)(۱۳۸۸). جغرافیا و توسعه، شماره۱٦، ص ص ۱۳۵-۱۵۲.

خلیلی، علی(۱۳۸۳). تدوین یک سامانه جدید پهنه بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش در ایران، **فصلنامه تحقیقات جغرافیایی**، شماره ۷۵، ص۵-۱٤

خلیلی، علی(۱۳۸۷). تحلیل سه بعدی درجه- روزهای گرمایش و سرمایش در ایران، **فصلنامه تحقیقات جغرافیایی** شماره ٥٤ و ۵۵. صص ۷-۱۸.

سیاری. ن(...ودیگران)(۱۳۹۰). مقایسه دو مدل گردش عمومی جو (HadCM3, CGCM2) در پیشبینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان تحت تغییراقلیم، (مطالعه موردی :حوضه کشفرود)، نشریه آب و خاک، جلد 25 ، شماره4 ، ۹۱۲-۹۲۵

عباسی، فاطمه(...ودیگران)(۱۳۸۹). ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده، با کمک مدل M-SCENGEN، **پژوهش‌های جغرافیای طبیعی**، شماره ۷۳، صص ۹۱-۱۰۹

فرجی، عبدا.، زاهدی، مجید، رسولی، علی‌اکبر(۱۳۸۷). پهنه‌بندی درجه- روزهای نیاز به گرمایش و سرمایش منطقه آذربایجان در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، **مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی**، شماره ٦٦، ص۷۱-۸۵.

کسمائی، مرتضی(۱۳۷۸). **اقلیم و معماری**،تهران: انتشارات بازتاب،

مسعودیان، ابوالفضل(۱۳۸۸). **آب و هوای ایران**، نشر دانشگاه اصفهان، ۱۹۱.

ـــــــــــ(۱۳۸٤). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، **مجله پژوهش‌های جغرافیایی**، شماره٥٤. صص ۲۹ تا ٤٥.

Belzer DB, Scott JM, Sands RD. (1996). Climate change impacts on U.S. commercial building energy consumption: An analysis using sample survey data. Energy Sources,18:177–201.

Boer GJ, Stouffer RJ, Dix M, Noda A, Senior CA, Raper S, et al. Projections of future climate change. In: Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, et al., editors. Climate change 2001: the scientific basis. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. p. 525–542.

Badescu V, Zamfir E. (1999). Degree-days, degree-hours and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures (Romania). Energy Conversion Manage.,40:885–900.

Belzer, D.B., Scott, M.J., Sands, R.D. (1995). Climate Change Impacts on U.S. Commercial Building Energy Consumption: An Analysis Using Sample Survey Data. Energy Sources.,18:177-201.

Crawley, D.B. (2007a). Creating weather files for climate change and urbanization impacts analysis. Building Simulation 2007, Beijing.

Crawley, D.B. (2007b). Estimating the impacts of climate change and urbanization on building performance. Building Simulation 2007, Beijing.

Christenson, M., Manz, H., Gyalistras, D., (2005). Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. Energy conversion and management, 47 (6):671-686.

Cartalis C, Synodinou A, Proedrou M, Tsangrassoulis A, Santamouris M. (2001). Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: An assessment for the southeast Mediterranean region. Energy Conversion Manage., 42:1656 – 74.

Frank, Th. (2005). Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland. Energy and Buildings, 37(11): 1175-1185.

Gaterell, M.R., McEvoy, M.E., (2005). The impact of climate change uncertainties on the performance of energy efficiency measures applied to dwellings. Energy and Buildings, 37: 982-995.

Gh. R. Roshan, F. Khoshakh lagh, Gh. Azizi, H. Mohammadi, (2011). Simulation of temperature changes in Iran under the atmosphere carbon dioxide duplication condition, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., 2(8):139-15۰.

IPCC. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change: http://www.ipcc.ch. Retrieved October (2004).

Isaac, M., van Vuuren, D.P., 2009. Modeling global residential sector energy demand for heating and airconditioning in the context of climate change. Energy Policy. 37: 507-521.

Mikhail A. Semenov, Pierre Stratonovitch, (2010). Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts, Climate Research, Vol. 41: 1–14.

Ouranos. (2004). Adapting to climate change. Editors: Desjarlais, C., Bourque, A., Décoste, R., Demers, C., Deschamps, P., Lam, K-H. Ouranos, Montreal. ISBN 2-923292-01-4.

Pretlove SEC, Oreszczyn T. (1998). Climate change: impact on the environmental design of buildings. Proc CIBSE A Build Serv Eng Res Technol., 19:55–8.

Rosenthal DH, Gruenspecht HK, Moran EA. (1995). Effects of global warming on energy use for space heating and cooling in the United States. Energy J., 16:77–96.

Thatcher, M., (2006). Modelling changes to electricity demand load duration curves as a consequence of predicted climate change for Australia. Energy 32 (2007), 1647-1659.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی