

شبیه‌سازی پیامد تغییر اقلیم بر نیاز گرمایشی استان فارس با ریزمقیاس نمایی برون داد مدل‌های گردش جوی

رضا ابراهیمی^۱، مهدی نارنگی فرد^۲

^۱ دانش آموخته دکترا جغرافیا طبیعی - آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران

نویسنده مسئول: Mahdi.narangifard@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۴ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۰

چکیده

افزایش روزافزون تقاضای انرژی در برابر کاهش منابع فراگیر انرژی به همراه پیامدهای گرمایش جهانی، اهمیت بررسی کمی نیاز گرمایشی را در دهه‌های آینده ضروری می‌سازد. بدین خاطر هدف از این پژوهش واکاوی مکانی- زمانی درجه روزهای گرمایش ماهانه و سالانه استان فارس در دهه‌های آینده با استفاده از داده‌های گردش کلی جو EHSOM می‌باشد. سپس با مدل ریزمقیاس نمایی، داده‌های میانگین دمای روزانه به تفکیک 0.27×0.27 درجه طول و عرض جغرافیایی که حدوداً نواحی با ابعاد 30×30 کیلومتر مساحت استان را پوشش می‌دهند تبدیل شدند. آستانه دمایی ایستگاه‌های استان از طریق آزمون صدک ۱۰ و ۹۰ درصد محاسبه و این آستانه به یاخته‌ها (۱۵۸ یاخته) تعمیم داده شد. سرانجام میانگین ماهانه درجه روز گرمایش در ماتریسی به ابعاد 13140×12 محاسبه گردید. بر اساس داده‌های شبیه‌سازی شده حاصله الگوها مکانی با درجه روز گرمایش در قالب زمانی ماهانه و سالانه ترسیم و رابطه آن با ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی محاسبه گردید. نتایج این محاسبات نشان داد که در دهه‌های آینده بیشترین نیاز گرمایش استان در نواحی شمالی در شهرستان‌های آباده و اقلید می‌باشد که بیشینه آن را ماه ژانویه به میزان ۶۰۰ درجه روز است. کمترین میزان نیاز گرمایش نیز در نوار جنوب در شهرستان‌های لامرد و مهر می‌باشد. یافته‌های تحقیق نشان داد که درجه روز گرمایش در درجه اول با ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌یابد و نقش طول جغرافیایی در تغییرات درجه روز گرمایش ناچیز می‌باشد. بدین ترتیب که رابطه بسیار قوی و مستقیم میان ارتفاع و درجه روز گرمایش در دستکم هفت ماه سال پابرجاست. که ماه نوامبر با 0.879 درصد با ضریب معنی‌داری 0.1 و ضریب تعیین 0.772 از بالاترین مقدار همبستگی برخوردار است.

کلیدواژه: شهر نیاز گرمایشی، مدل EHSOM، مدل RegCM4، استان فارس.

مقدمه

قابل توجهی افزایش یافته و میانگین دمای جهانی درحال افزایش است و پیش بینی می‌شود که در قرن بعد نیز افزایش یابد (Quante, 2010). هیات بین دولتی تغییر اقلیم در گزارش سال ۲۰۰۷ افزایش دمای کره زمین را ناشی از فعالیت‌های انسان پایه دانسته و پیش بینی می‌کند که دمای کره زمین بین ۱ تا ۴ درجه تا سال ۲۱۰۰ افزایش یابد (Ruiter, 2012). این مقدار بر اساس سناریوهای انتشار مختلف گازهای گلخانه‌ای بخصوص دی اکسید کربن متفاوت خواهد بود. تحقیقات انجام شده در کشورمان نیز نشان می‌دهد که دمای کشورمان در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ حدود ۱/۵ درجه سلسیوس نسبت به میانگین دوره آماری افزایش می‌یابد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۹). پدیده گرمایش جهانی می‌تواند پهنه‌های زیست اقلیمی کشورمان را در اثر

اقلیم نشانه‌هایی شگرف بر آسایش و سلامتی انسان دارد. عوامل هواشناسی می‌توانند به صورت مجزا یا در ترکیب با سایر متغیرها بر بدن انسان تاثیرگذار باشند. از این رو ارزیابی تأثیر شرایط آب و هوایی منطقه بر آسایش انسانی از مهمترین دغدغه‌ها در مورد سلامتی، بیماری‌ها، تفریح، مهاجرت و گردشگری انسان‌ها و صنایع گرمایش-سرمایش، تهویه و معماری می‌باشد (ونکوا^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). با ظهور کارخانه‌ها در عصر جدید، جوامع صنعتی شروع به انتشار دی اکسید کربن در مقیاس بزرگ به داخل جو کرد. همچنین، توسعه جامعه همراه با افزایش روزافزون وسایل نقلیه سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شد. غلظت‌های مربوط به تمامی گازهای گلخانه‌ای طی دوپست سال گذشته به طور

¹ - Vaneckova

شد. نتایج نشان داد که میانگین روزانه دما روند افزایشی به میزان ۱ تا ۲ درجه سانتیگراد طی دوره ۲۰۴۰-۲۰۰۱ در این منطقه دارد که بر روی انرژی مصرفی جهت خنک کردن اماکن از بسزایی داراست. همچنین در دهه ۲۰۹۹-۲۰۵۰ روند دما افزایش چشمگیری نسبت به دهه ۲۰۴۰-۲۰۰۱ دارد. در زمینه محدود مطالعات انجام شده در ایران می توان به موارد زیر اشاره کرد. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به واکاوی جمع میانگین درجه روزهای گرمایش و سرمایش در قلمرو ایران پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان نیاز سرمایشی در بخش های گرم کشور و در ماه های گرم و بیشترین نیاز گرمایشی در ماه های سرد سال و در مناطق کوهستانی مشاهده می گردد. رضانی و کاظم نژاد (۱۳۹۳)، میانگین مجموع درجه روز گرمایش و سرمایش ماهانه، فصلی و سالانه استان گیلان با آستانه دمایی بین ۱۸/۳ الی ۲۳/۹ (طبق استاندارد مؤسسه استاندارد آمریکا) محاسبه، ترسیم و مورد واکاوی قرار گرفت. نتایج حاصل از واکاوی نقشه های میانگین سالانه مجموع درجه / روزهای گرمایش و سرمایش در سطح منطقه، بیانگر بخش بندی گیلان به دو پهنه کلان اقلیمی هموار و ناهموار است. در نیمه گرم سال، بخش هموار استان نیازمند سرمایش بالاتری هستند در مقابل در نیمه دوم سال بخش ناهموار استان بالاترین میزان انرژی را برای گرمایش نیاز دارند. احمدی و زهرایی (۱۳۹۳) در پژوهشی، اثرات تغییر اقلیم را بر یخبندان های شهر زاهدان با استفاده از مدل های سه بعدی گردش عمومی جو شبیه سازی کردند. در این پژوهش پس از صحت سنجی مدل های بکار گرفته شده با روش های آماری مدل HADGEM با میزان خطای مطلق ۰/۱۶، به عنوان مدل مناسب جهت شبیه سازی مولفه کمینه دما در دوره سرد سال برگزیده شد. نتایج پژوهش نشان داد، تعداد یخبندان های سالانه در آینده حدود ۱۸ روز نسبت به دوره حاضر کاهش خواهد یافت. همچنین در میان طبقات، یخبندان های ضعیف دارای روند افزایشی و یخبندان های شدید و خیلی شدید دارای روند کاهشی است. امیدوار و همکاران (۱۳۹۵)، اثر گرمایش جهانی را بر درجه ساعت های گرمایش و سرمایش ماهانه در ایران را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که در دهه های آینده بیشترین درجه ساعت های نیاز گرمایش مربوط به ماه ژانویه و فوریه در بخش های کوهستانی شمال غرب و زاگرس مرکزی به میزان ۶۰۰۰-۵۰۰۰ درجه ساعت است. از نظر نیاز سرمایش در ماه های ژوئن، ژولای و اوت بخش های کوهستانی شمال غرب و بلندی های کشور کمترین درجه ساعت سرمایش ۵۰۰-۰ و سواحل جنوبی به ویژه جلگه خوزستان بیشترین درجه ساعت سرمایش را دار است. مزیدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی، به تحلیل مکانی الگوهای دمایی و بررسی تغییرات ساختار مسلط بر فراسنج پیش بینی

افزایش میانگین دما دچار دگرگونی نموده و نمایه های زیست اقلیمی پهنه های جغرافیایی کشور را تغییر دهد (بابائیان و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از اثرات گرمایش جهانی بر تغییرات میزان انرژی برای گرمایش و سرمایش محیط می باشد. میزان مصرف انرژی یکی از موضوعات مهم در برنامه ریزی ها و سیاستگذاری های کلان کشور می باشد. انرژی علاوه بر این که یکی از عوامل مهم تولید به شمار می رود، استفاده بیش از حد آن می تواند موجب آلودگی های زیست محیطی و افزایش گازهای گلخانه ای در کره زمین گردیده که منجر به افزایش دمای کره زمین می گردد. پس از اجرای طرح هدفمندی یارانه ها، انرژی سهم نسبتا قابل توجهی در صنعت و هزینه تمام شده و خدمات را دارا می باشد (مدیریان و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه برای انجام مطالعات تغییر اقلیم بر فراسنج های جوی در دوره های آتی، می بایست ابتدا این فراسنج ها تحت تأثیر تغییرات گازهای گلخانه ای شبیه سازی شوند. روش های مختلفی برای این کار وجود دارد که معتبرترین آن ها استفاده از داده های مدل گردش عمومی جو آست (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله مطالعات انجام شده در مورد درجه روز و مصرف انرژی در خارج می توان به مواردی اشاره داشت. پاپاکوستاس^۲ و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی درجه ساعت های گرمایش و سرمایش دو شهر آتن را مورد واکاوی قرار دادند. نخست داده های دمای ساعتی بین دوره آماری ۱۹۸۳-۱۹۹۲ انتخاب گردید. جهت محاسبه درجه ساعت گرمایش از آستانه های دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه و جهت محاسبه درجه ساعت سرمایش از آستانه های دمایی ۲۰ تا ۲۷ درجه استفاده گردید. بیشترین میزان تفاوت در میزان درجه ساعت گرمایش بین مکان های مورد مطالعه در آستانه دمایی ۱۰ و بیشترین تفاوت در میزان درجه ساعت سرمایش در آستانه دمایی ۲۷ درجه مشاهده می شود. تاسسکا^۴ و همکاران (۲۰۱۲) به واکاوی انرژی مورد نیاز جهت گرمایش و سرمایش مناطق مسکونی و تجاری در مقدونیه طی دوره ۲۰۰۹ تا ۲۰۳۰ از طریق مدل مارکال تهیه شده در کشور مقدونیه می باشد. سناریوهای بکار گرفته شده برای محاسبه DC1, DC2, DC3 می باشد. نتایج بیانگر افزایش تقاضای مصرف انرژی الکتریکی جهت سرمایش طی سال های ۲۰۲۰ به بعد می باشد، در واقع دماهای تابستان و زمستان روندی افزایشی را داراست. گریفونی^۵ و همکاران (۲۰۱۲) ارتباط بین نمایه آسایش اقلیمی و تغییر اقلیم را بر روی ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. زاکرادیس^۶ و هاجیلیکولا^۷ (۲۰۱۴) در پژوهشی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات انرژی در نواحی مدیریتانه را با استفاده از مدل گردش عمومی هوا شبیه سازی کردند. نخست داده های میانگین دمای روزانه هوا توسط مدل PRECIS طی دوره آماری ۲۰۹۹-۱۹۵۰ تحت سناریو AIB در ابعاد ۲۵ × ۲۵ کیلومتر بر روی حوضه مدیریتانه شبیه سازی

⁵ Grifoni

⁶ Zachariadis

⁷ Hadjinicolaou

² GCM

³ Papakostas

⁴ Taseska

CMIP3 در شبیه سازی آب و هوا نسبت به مدل های قرن بیستم است. داده های این مدل با قدرت تفکیک $1/7 \times 1/7$ درجه طول و عرض جغرافیایی است و با ابعاد 200×200 کیلومتر کل سطح زمین را پوشش می دهد. مدل های دینامیکی منطقه ای دارای دقت فضایی مناسب برای ارزیابی اقلیمی بوده و همچنین فرآیندهای ریز مقیاس جوی و اقلیمی تا حد ممکن لحاظ می شوند کاربست مدل های دینامیکی، امکان مطالعه ی دقیق تر پدیده های جوی میان مقیاس و مقیاس منطقه ای را در مناطق مختلف جهان فراهم نموده است. مدل های دینامیکی با وجود طرحواره ها قادر هستند در درون مدل بزرگی مانند RegCM4 فیزیک پدیده های جوی کوچک مقیاس و زیر شبکه ای را که مدل قادر به آشکارسازی آن ها نیست، شبیه سازی کنند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). همانگونه که در (جدول ۲) که توسط موسسه ماکس پلانک انتشار یافته مشاهده می شود، سناریوهای این مدل تحت شرایط گازهای گلخانه ای (دی اکسید کربن و سولفور جو) برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ شبیه سازی شده اند؛ که در این پژوهش از داده های سناریو A1B طی بازه زمانی ۲۰۵۰-۲۰۱۵ استفاده گردید. این سناریو یکی از سناریوهای تغییر اقلیم بر این باور است که در آینده، میزان سوخت های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین در کنار آن از سوخت های غیر فسیلی استفاده شود. در واقع در این پژوهش ما به شبیه سازی تغییرات دمای روزانه تحت این مدل در دهه های آینده خواهیم پرداخت همانگونه که در (شکل ۲) قابل مشاهده است در بیشتر سناریوها میزان انتشار گازهای گلخانه ای از قرن بیست به بعد سیر صعودی به خود گرفته است که بیشترین آن در سناریوهای خانواده A می باشد. با توجه به اینکه این پژوهش بعد منطقه ای دارد، بنابراین داده های مدل در نسخه چهارم مدل اقلیم منطقه ای (RegCM4) که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس مناسب ترند ریزمقیاس می شوند (Roshan et al, 2012; Randall, 2007). میانگین دمای روزانه ریزگردانی شده با ابعاد $0/27 \times 0/27$ درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً ناطی با ابعاد 30×30 کیلومتر مساحت ایران را پوشش می دهند. پس از شبیه سازی، میانگین دمای روزانه هوا در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) توسط مدل استخراج شد. با توجه به این که ایران دارای تنوع توپوگرافی و اقلیمی متفاوتی است و مهمترین عامل موثر در تغییرات نیاز گرمایشی تغییرات ارتفاع و رطوبت جو است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین در این پژوهش نخست با استفاده از تصاویر ماهواره ای، برحسب شیب ارتفاعی و رطوبت استان به سه ناحیه کلان اقلیمی کوهستانی، کوهپایه ای، دشت، دسته بندی شد. برای گروه بندی یاخته های ایران ابتدا تصاویر راداری سنجنده ASTER از تارنمای اینترنتی پایگاه علوم زمین آمریکا (<http://glovis.usgs.gov>) دریافت گردید. پس از دریافت، زوج

شده روزانه دما در دهه های آینده (۲۰۱۵-۲۰۵۰) با به کارگیری برونداد مدل EH50M در حوضه آبخیز دریاچه های طشک، بختگان و مهارلو در استان فارس پرداختند. قرار گیری در عرض های جغرافیایی متفاوت و تنوع ارتفاعی موجب بروز تغییرات دمایی مناطق استان شده است. یکی از فرانسج های اثر گذار بر اقلیم استان که تاثیر زیادی بر محیط زیست دارد، درجه روز (گرمایش، سرمایش) می باشد که متاثر از دمای روزانه و آستانه آسایش است. بنابراین شناخت اثر گرمایش جهانی بر فرانسج درجه روز گرمایش جهت پهنه بندی مکانی زمانی میزان این فرانسج در استان امری ضروری است. باتوجه به اینکه اندک پژوهش های مرتبط در جهت شبیه سازی این فرانسج با مدل های آماری انجام شده می توان عدم قطعیت این مدل ها نسبت به مدل های دینامیکی اشاره کرد. همچنین در بسیاری از پژوهش های انجام شده در کشور جهت محاسبه درجه روز از یک آستانه دمایی برای کل کشور استفاده شده که با توجه به ویژگی های اقلیمی استان فاقد اعتبار است که در این پژوهش نخستین بار برای هر منطقه آستانه دمایی مشخص و درجه روز گرمایش برحسب مدل دینامیکی گردش عمومی هوا شبیه سازی شد.

داده ها و روش کار

محدوده منطقه مورد مطالعه بین طول های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه باختری تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. استان فارس با وسعت ۱۲۵۶۹۷ کیلومتر مربع حدود ۷/۵ درصد مساحت کشور را در بر می گیرد. این استان با جمعیتی بالغ بر ۴۵۹۶۶۵۸ (۱۳۹۰) حدود ۶ درصد جمعیت ایران را شامل می شود (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۰). نقشه تقسیمات کشوری ایران و موقعیت جغرافیایی، طبقات ارتفاعی و پراکنش مکانی یاخته ها در استان فارس نشان داده شده است (شکل ۱). در این پژوهش نخست میانگین روزانه دمای هوا توسط مدل (EH50M) شبیه سازی شد. مدل EH50M یکی از مدل های ترکیبی جو- اقیانوس می باشد (AOGCMs) که ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی است. ECHAM با هسته دینامیکی طیفی است (Reichler & Kim, 2008; Roeckner et al, 2006). این پایگاه به عنوان داده های مدل گردش کلی جو و اقیانوس^۸ بوده و از داده های مدل جوی و مدل اقیانوسی تشکیل شده اند. این داده ها از تاریخ ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ اجرا شده و تحت سناریو A1B، پنل بین المللی تغییر اقلیم^۹ اجرا شده اند. داده های این سناریو از سال ۱۹۵۰ تا ۲۱۰۰ اجرا شده است که در این پژوهش از داده های سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ این سناریو استفاده گردید. مدل ترکیبی EH50M یکی از موفق ترین مدل های

⁹ International panel of climate change

⁸ AOGCM

محاسبه درجه روز گرمایش

در این پژوهش به منظور آشکارسازی نیاز گرمایش فارس نیاز به میانگین دمای روزانه می باشد که جهت این امر از پایگاه داده های EH50M استفاده گردید. برای محاسبه درجه روزگرمایش از رابطه زیر استفاده گردید.

رابطه (۳)

$$D_h = \sum_{i=1}^N (T_h)_i \left\{ \begin{array}{l} \text{If } T_d < T_b \text{ then } T_h - T_d + T_d \\ \text{else } T_h - 0 \end{array} \right\}$$

که در این رابطه T_b آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه روز گرمایش، T_i میانگین دمای هر روز هر یاخته می باشد (Borah et al, 2015; Wang et al, 2014).

نتایج پژوهش

این پژوهش با هدف برآورد میزان نیاز گرمایش استان فارس طی دهه های آینده از داده های مدل EH50M برگرفته از موسسه ماکس پلانک آلمان تحت سناریو A1B استفاده شد. این سناریو بیانگر خروج گازهای گلخانه ای با حفظ تعادل می باشد، همچنین گویای این نکته است که در کنار استفاده از سوخت های فسیلی از سوخت های غیر فسیلی استفاده شود. در این پژوهش از مدل اقلیم منطقه ای نیز صرفاً جهت ریزمقیاس نمایی داده ها استفاده شده است. گرمایش جهانی و تغییرات فراسنج های آب و هوایی بر روی محیط زیست انسانی اثرات بالقوه ای دارد. مصرف انرژی جهت نیاز گرمایش و سرمایش محیط و تغییرات آسایش اقلیمی نیز متأثر از این رویداد می باشد. در این پژوهش نیاز ماهانه گرمایش استان فارس تحت سناریوی A1B طی دوره آماری ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) شبیه سازی شده است؛ در ادامه نیز با میانمایی ماهانه مقادیر درجه روز گرمایش بر اساس انحراف معیار داده ها نقشه های مربوطه به تفکیک هر ماه ترسیم گردید (شکل ۳) الی (شکل ۱۵). با توجه به این شکل ها بیشترین نیاز گرمایش استان در ماه های ژانویه و دسامبر نمایان می باشد که نیاز گرمایش تا ۶۰۰ درجه روز می رسد، کمترین میزان این فراسنج نیز در ماه های ژوئن، ژولای و اوت کمتر از ۵ درجه روز است. بیشینه نیاز گرمایش در بیشتر ماه ها، مربوط نواحی شمالی استان (شهرستان های آباد و اقلید) خواهد بود. در کل نیمه شمالی استان به نسبت نیمه جنوبی به دلیل ارتفاع و عرض بالاتر از فراسنج نیاز گرمایشی بالاتری برخوردار می باشد. در ماه ژانویه نیاز گرمایش استان در دوره گذشته بین ۷۰۰-۲۰۰ درجه روز در نوسان می باشد. بیشترین میزان گرمایش این ماه را شهرستان های آباد و اقلید

تصاویر داده ها وارد نرم افزار پردازش تصویر ENVI شدند و Dem با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای کل ایران استخراج گردید. سپس تصاویر وارد نرم افزار ARCGIS شدند و با استفاده از نزدیک ترین همسایه، هر یاخته بر اساس موقعیت قرار گیری آن روی DEM نمونه گیری مجدد شد. و سرانجام یاخته های جدید با Dem تولید شده از هم جدا شدند. رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR) و حداقل مربعات معمولی (OLS) روش های پذیرفته جهانی می باشند که برای تخمین ارتباط بین یک متغیر وابسته و مجموعه ای از یک یا چند متغیر مستقل می باشند. رگرسیون وزن دار جغرافیایی در یک حالت پذیرفته شده می تواند به صورت رابطه (۱) نوشته شود (Chander and Groeneveld, 2009). مدل (GWR) بجای گسترش پارامترهای معمولی به شناسایی و برآورد یک مدل از طریق رابطه (۲) می پردازد. رابطه (۱)

$$y_i = \beta_0 + \sum_K \beta_K x_{ik} + \varepsilon_i$$

رابطه (۲)

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i$$

در روابط فوق y_i متغیر وابسته، x_{ik} متغیر مستقل، β_0 و β_1 ضرایبی هستند که باید تخمین زده شوند، ε جزء خطا است، u_i ، v_i طول و عرض جغرافیایی نقطه i ام می باشد و $\beta_k(u_i, v_i)$ پیاده سازی فاکتور مورد بررسی روی یک سطح پیوسته است (Chander and Markham, 2003). به منظور مشخص نمودن آستانه دمایی هر یاخته موجود در هر پهنه، جهت محاسبه درجه روز گرمایش نخست میانگین دمای روزانه ۱۵ ایستگاه های هواشناسی استان که دارای آمار بلند مدت (۴۴ ساله (۲۰۱۴-۱۹۷۰)) بودند انتخاب گردید. سپس دماهای بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتیگراد هر ایستگاه استخراج گردید. معمولاً صدک ۹۰ درصد (آستانه دمای گرم تا مرز دماهای بیش از حد گرم) برای تعیین نیاز سرمایش و صدک ۱۰ درصد (آستانه دمای سرد تا بیش از حد سرد) برای تعیین نیاز گرمایشی استفاده می شود (Meehl et al, 2004). روی آن ها اعمال و آستانه های سرمایش و گرمایش ایستگاه ها (یاخته ها) استخراج شد، سرانجام در محیط نرم افزار ArcGIS آستانه های هر ایستگاه به یاخته های اطراف خود تعمیم و درجه روز گرمایش ماهانه در ماتریسی به ابعاد ۲۱۴۰×۱۵۸ برابر رابطه (۳) محاسبه گردید.

¹ Ordinary least squares

¹ Geographically Weighted Regression

۲- پهنه نیمه سرد تا سرد؛ این بخش حدود ۳۰ درصد از وسعت استان را شامل می‌شود. نواحی شمال شرق، شمال غرب و تاحدودی مرکز استان شامل شهرستان‌های سپیدان، پاسارگاد، ارسنجان، بوانات و خرم بید را در بر گرفته است. دومین منطقه از لحاظ نیاز گرمایش بوده که بیشترین آن در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه به ترتیب به میزان ۵۱۰، ۵۶۰، ۴۳۰ درجه روز می‌باشد. کمترین نیاز گرمایش نیز در ماه‌های می، ژوئن، ژولای و اوت در حد ۵/۲ تا ۲ درجه روز در نوسان است. وجود نوار ارتفاعی و عرض جغرافیایی بالاتر و ورود توده‌های هوایی بادهای غربی به این مناطق از عوامل عمده نوسانات دمایی این نقطه از استان در ماه‌های سرد سال می‌باشد.

۳- پهنه معتدل تا نیمه سرد؛ نوار مرکزی، غربی و شرقی استان شامل شهرستان‌های شیراز، کوار، خرامه، فسا، سروستان، کازرون، نورآباد ممسنی، داراب، نیریز و جهرم می‌باشد که حدود ۲۷ درصد وسعت استان را در بر گرفته است. سومین منطقه استان از لحاظ نیاز گرمایش بوده که بیشترین میزان این فراسنج در ماه‌های ژانویه و دسامبر به ترتیب به میزان ۴۳۰ و ۳۹۰ درجه روز است. همانند نقاط دیگر ماه‌های می تا اوت کمترین میزان گرمایش را داراست. عرض پایین و ارتفاع کمتر نسبت به نقاط شمالی استان باعث تعادل دمای این بخش و نیاز گرمایش کمتر نسبت به مناطق سرد و نیمه سرد شده است.

۴- پهنه نیمه گرم تا گرم؛ بخش‌های جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب استان با وسعت حدود ۲۸/۵ درصد می‌باشد و کمترین میزان نیاز گرمایش را هم در میان پهنه‌های استان پس از ناحیه گرم تا بسیار گرم داراست، شهرستان‌های لار، خنج، فراهین، گراش، زرین دشت در این پهنه قرار گرفته که عرض پایین و ارتفاع کم یکی از عوامل موثر در کمبود نیاز گرمایش این ناحیه است. همانند نواحی دیگر بیشترین نیاز گرمایش را در ماه‌های ژانویه و دسامبر و کمترین آن را در ماه‌های (می، ژوئن، ژولای، اوت، سپتامبر و اکتبر) داراست.

۵- پهنه گرم تا بسیار گرم؛ کم وسعت‌ترین ناحیه استان پس از پهنه بسیار سرد با ۸ درصد می‌باشد. بیشترین نیاز گرمایش در ماه‌های ژانویه و دسامبر به ترتیب با ۲۰۰ و ۱۵۰ درجه روز و کمترین آن در ماه‌های می، ژوئن، ژولای، اوت، سپتامبر و اکتبر می‌باشد. این پهنه کمترین نیاز گرمایش استان را داراست که شهرستان‌های لامرد و مهر را در بر گرفته است.

توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش در استان فارس بیانگر شش پهنه دمایی است که شهرستان‌های آباد و نواحی شمال شهرستان‌های اقلید و خرمبید با بیشترین نیاز گرمایشی ۵۲۰-۵۴۰ درجه روز و شهرستان‌های مهر و لامرد در جنوب استان فارس با نیاز گرمایشی سالانه کمتر از ۳۱ درجه روز کمترین نیاز گرمایشی همراه است (شکل ۱۵).

در شمال فارس به میزان ۷۰۰ درجه روز دارا می‌باشند. مقدار این فراسنج با حرکت به سمت مناطق جنوبی کاسته می‌شود (شکل ۳). افزایش دمای ماه فوریه در استان فارس طی دهه‌های آینده نمود بارزتری خواهد داشت. بیشینه نیاز گرمایش این ماه را شهرستان‌های آباد دارا می‌باشد (شکل ۴). در ماه مارس نیز به مانند دو ماه پیش در بیشتر مناطق استان با کاهش نیاز گرمایش همراه است. می‌توان گفت در ماه‌های سرد سال با افزایش نیاز به گرمایش محیط مناطق استان دارای تنوع مکانی بیشتری نسبت به ماه‌های گرم سال می‌باشند. همچنین بیشترین تغییرات کاهشی نیاز گرمایشی محیط را در فصل زمستان ماه فوریه داراست که به ویژه در نوار شمالی استان این کاهش بارزتر خواهد بود، این نتایج با یافته‌ها بابائیان (۲۰۰۹) که بیان داشتند دمای ایران در ماه‌های سرد سال به نسبت دیگر ماه‌های سال بیشترین افزایش را تجربه خواهند کرد همراستاست (شکل ۵). بیشترین میزان تغییرات نیاز گرمایش استان در فصل بهار نمایان می‌باشد. در ماه آوریل نیاز گرمایش استان به میزان ۱۸۰ درجه روز طی دهه‌های آینده خواهد بود. بیشینه تغییرات کاهشی را نوار کوهستانی و سردسیر شمالی استان به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۶). در ماه می نیز شهرستان‌های آباد، اقلید، صفاسهر و بوانات با میزان گرمایش ۳۰ درجه روز نسبت به دوره زمانی گذشته کاهش ۲۸۰ درجه روزی را در میزان نیاز به گرمایش خواهند داشت. این کاهش در نوار مرکزی و جنوبی کمتر می‌باشد (شکل ۷). کمترین میزان گرمایش استان را ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت به خود اختصاص می‌دهند در طی سه ماه یاد شده در دوره آینده برحسب سناریو A1B نیاز گرمایش استان به کمترین میزان خود (۵-۱) درجه روز می‌رسد. همانگونه که در نقشه‌های سه ماه مذکور نیز مشاهده می‌شود در ماه‌های گرم سال که نیاز گرمایش به کمترین میزان خود می‌رسد تفاوت مکانی استان از لحاظ نیاز به این فراسنج نیز کمتر می‌شود (شکل ۸ الی ۱۰). در ماه‌های سپتامبر تا دسامبر و به عبارتی در فصل پاییز تفاوت میزان نیاز گرمایش استان طی دو دوره مذکور به کمترین میزان خود در طول سال خواهد رسید. بیشترین میزان گرمایش را نیمه شمالی استان و کمترین میزان را نوار جنوبی به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۱۱ الی ۱۴). در یک پهنه‌بندی کلی استان به ۵ ناحیه قابل تقسیم می‌باشد.

۱- پهنه بسیار سرد؛ این بخش شهرستان‌های آباد و بخش‌هایی از اقلید در شمال استان را شامل می‌شود که در بیشتر ماه‌های سال به نسبت نقاط دیگر نیاز گرمایش بالاتری برخوردار است. بیشترین نیاز گرمایش را ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه به ترتیب به میزان ۶۰۰، ۵۴۰ و ۴۵۰ درجه روز می‌باشند. ارتفاع و عرض بالای این بخش مزید بر علت است. ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت نیز با ۵ درجه روز کمترین میزان گرمایش را به خود اختصاص می‌دهد و کم وسعت‌ترین پهنه استان با ۵ درصد می‌باشد.

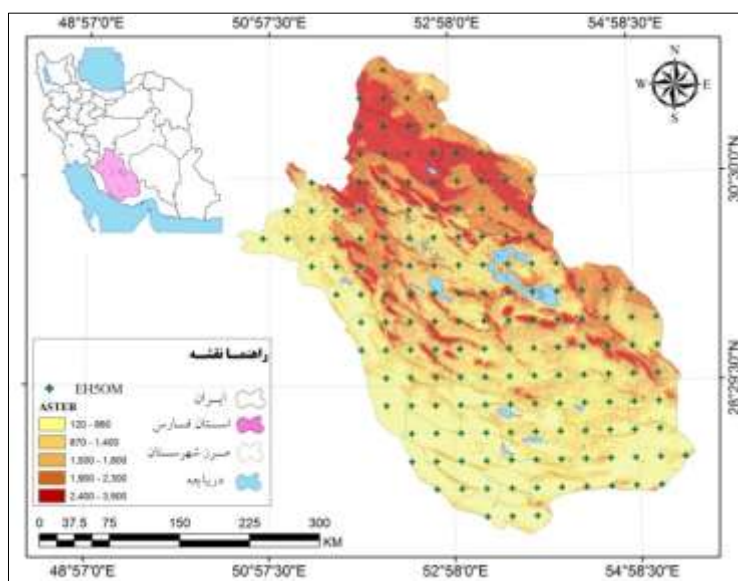
واکاوی رابطه درجه روز گرمایش با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی

از آنجا که درجه روز گرمایش هر منطقه با ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌کند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۵)، در این راستا در این پژوهش پس از شبیه سازی داده‌های ریزگردانی شده دما خروجی مدل ECHAM مقادیر ماهانه درجه روز گرمایش جهت برآورد نیاز گرمایشی محاسبه گردید. سپس رابطه و میزان همبستگی مقادیر درجه روز گرمایش با میزان ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی بدست آمد. بر اساس یافته های پژوهش رابطه بسیار قوی و مستقیم میان ارتفاع و درجه روز گرمایش در دستکم هفت ماه (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر) حکم فرماست. به طور کلی این ارتباط قوی در ماه‌های سرد سال نمود بیشتری دارد و تنها در ماه‌های گرم سال که کلاً نیاز به گرمایش در کل استان به کمینه خود می‌رسد، میزان همبستگی با کاهش مواجه است، این روند در زمینه عرض جغرافیایی با میزان قویتری نسبت به ارتفاع با همان ویژگی همراه است. اما در زمینه طول جغرافیایی مقادیر همبستگی رابطه قوی را نشان نمی‌دهد؛ همچنین رابطه بسیار قوی و معکوسی میان درجه حرارت و درجه روز برقرار است، به طوری که بجز در ماه ژوئیه در تمامی ماه‌ها در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد از رابطه بسیار و نسبتاً قوی برخوردار است (جدول ۳). در ادامه در پژوهش حاضر رابطه این فراسنج با ارتفاع و عرض جغرافیایی محاسبه و اشکال آن به تفکیک در هر ماه ترسیم گردید (شکل ۱۶) الی (شکل ۲۷). همانگونه که در نمودارهای سه بعدی مشاهده می‌شود، در همه ماه‌های سال هر چه از عرض‌های پایین استان به طرف عرض‌های بالاتر پیشروی شود بر میزان نیاز این فراسنج افزوده می‌شود که این خود نقش آشکار عرض جغرافیایی را در تغییرات این فراسنج نشان می‌دهد؛ این در حالی است که تغییرات این فراسنج در راستای طولی به نسبت عرضی کمتر می‌باشد. در ماه ژانویه ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۵۷ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۷۳۲ است. کمینه نیاز گرمایشی در استان ۱۴، بیشینه ۵۹۶ و میانگین ۳۷۰ درجه روز است. به طور کلی این ارقام نشاندهی رابطه قوی و مستقیم نیاز گرمایش ماه ژانویه با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱۶). در ماه فوریه هم میزان همبستگی مستقیم میان نیاز گرمایش با ارتفاع برابر با ۰/۸۵۹ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۷۳۷ است، همچنین در این ماه بالاترین میزان رابطه میان نیاز گرمایش با عرض جغرافیایی با میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۹۶۶ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۹۳۳ رخ داده است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی ۱۲، میانگین ۲۵۹ و بیشینه ۴۶۳ درجه روز می‌باشد (شکل ۱۷). با آغاز فصل بهار، در ماه مارس ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۶۲ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۷۴۳ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی استان در این ماه ۱/۵، بیشینه ۳۸۲ و میانگین

۱۷۰ درجه روز است. همچنان رابطه قوی و مستقیم نیاز گرمایش ماه مارس با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است (شکل ۱۸). در ماه آوریل هم میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۰۳ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۶۴۴ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی در این ماه برابر صفر، میانگین ۴۵ و بیشینه ۱۷۸ درجه روز است (شکل ۱۹). در ماه می ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۶۲ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۳۸۴ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی استان در این ماه برابر صفر، بیشینه ۳۲ و میانگین ۳ درجه روز است. اگرچه در این ماه میزان رابطه نسبت به ماه‌های پیشین کاهش یافته است، اما همچنان از رابطه نسبتاً قوی و مستقیمی میان نیاز گرمایش ماه می با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه برخوردار است (شکل ۲۰). با آغاز فصل تابستان و افزایش طبیعی دما، در ماه ژوئن میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۴۳۱ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۱۸۵ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی در این ماه برابر صفر، میانگین ۰/۰۸ و بیشینه ۲ درجه روز است (شکل ۲۱). در ماه ژوئیه ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۲۲۷ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۰۵۱ است (جدول ۳). کمینه، میانگین و بیشینه نیاز گرمایشی در این ماه صفر درجه روز است که در مقایسه با همه ماه‌ها از کمترین میزان نیاز گرمایشی برخوردار است، همچنین در این ماه با کمترین میزان رابطه نیاز گرمایش با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه روبه رو می‌باشیم (شکل ۲۲). در ماه اوت میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۵۲۳ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۲۷۳ است که در مقایسه با ماه پیش از میزان بالاتری برخوردار است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی صفر، میانگین ۰/۲۴ و بیشینه ۴/۴ درجه روز در این ماه می‌باشد (شکل ۲۳). در ماه سپتامبر ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۶۵۹ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۴۳۴ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی استان در این ماه برابر صفر، بیشینه ۴۴ و میانگین ۴/۶ درجه روز است. در این ماه میزان رابطه نسبت به ماه‌های پیشین افزایش یافته است و رابطه نسبتاً قوی و مستقیمی میان نیاز گرمایش ماه سپتامبر با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه برقرار است (شکل ۲۴). با آغاز فصل پاییز و کاهش تدریجی دما، در ماه اکتبر میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۳۸ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۷۰۲ است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی در این ماه برابر صفر، میانگین ۴/۶ و بیشینه ۴۴ درجه روز می‌باشد (شکل ۲۵). ماه نوامبر ارتباط نیاز گرمایشی با میزان ارتفاع دارای همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۷۹ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب تعیین ۰/۷۷۲ است که این میزان بالاترین مقدار میان ماه‌های سال می‌باشد (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی در استان صفر، بیشینه ۳۹۹ و میانگین ۱۹۳

ضریب تعیین ۰/۷۳۴ می باشد که بیانگر رابطه قوی و مستقیم میان نیاز گرمایش ماه دسامبر با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه است (جدول ۳). کمینه نیاز گرمایشی ۰/۳، میانگین ۳۲۵ و بیشینه ۵۴۰ درجه روز می باشد؛ شهرستان مهر در جنوب استان با کمترین میزان نیاز به گرمایش و نواحی شمال شهرستان های آباد و اقلید در شمال استان با بالاترین میزان نیاز به گرمایش مواجه است (شکل ۲۷).

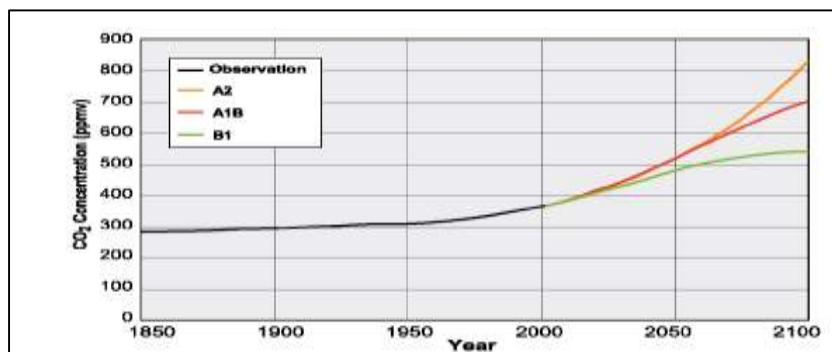
درجه روز است. این ارقام بیانگر رابطه قوی و مستقیم نیاز گرمایش ماه نوامبر با ارتفاع در منطقه مورد مطالعه می باشد؛ شهرستان های مهر و لامرد در جنوب استان با کمترین میزان نیاز به گرمایش و نواحی شمال شهرستان های آباد، اقلید و خرمبید در شمال استان با بالاترین میزان نیاز به گرمایش روبه رو می باشند (شکل ۲۶). در ماه دسامبر میزان همبستگی مستقیم برابر با ۰/۸۵۷ درصد با ضریب معنی داری ۰/۰۱ و



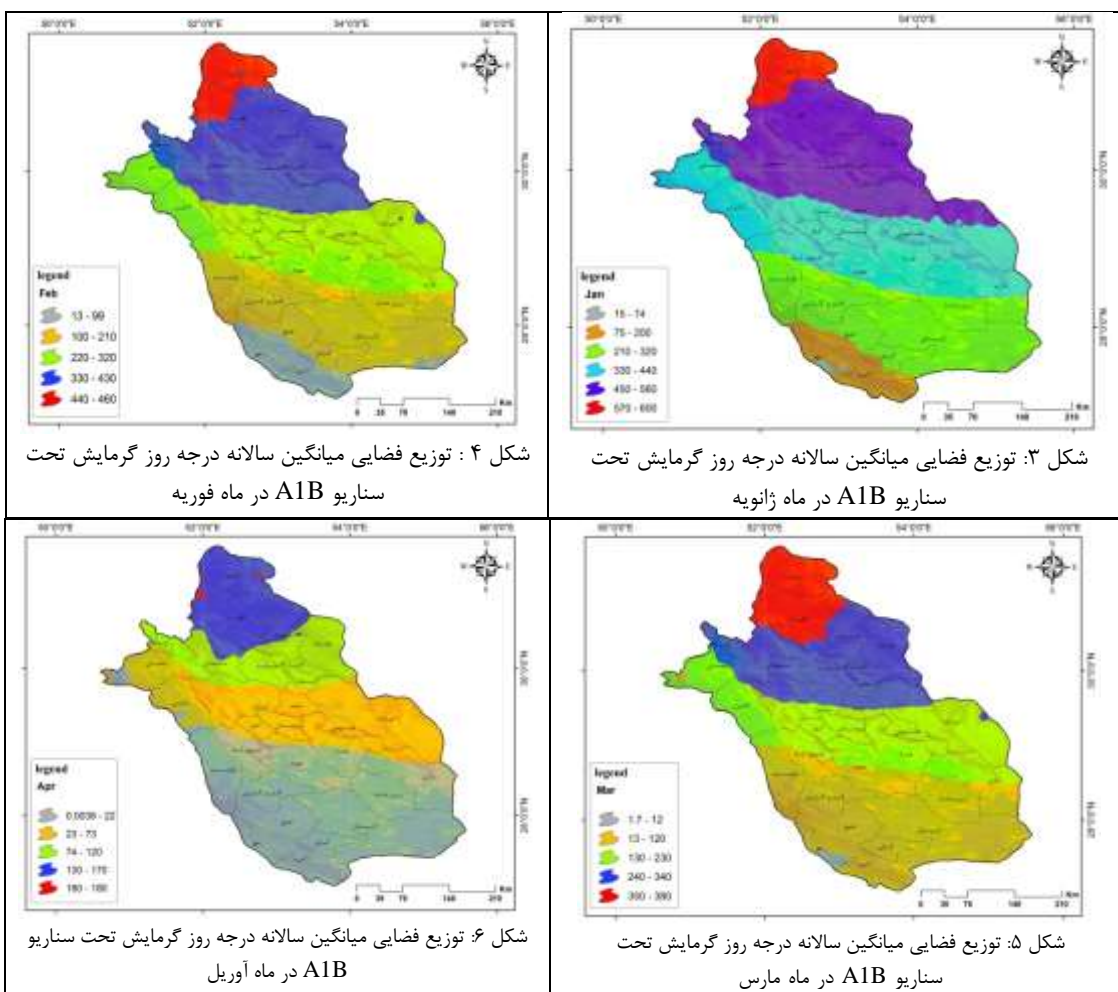
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و یاخته های ۳۰ × ۳۰ کیلومتر منطقه مورد مطالعه

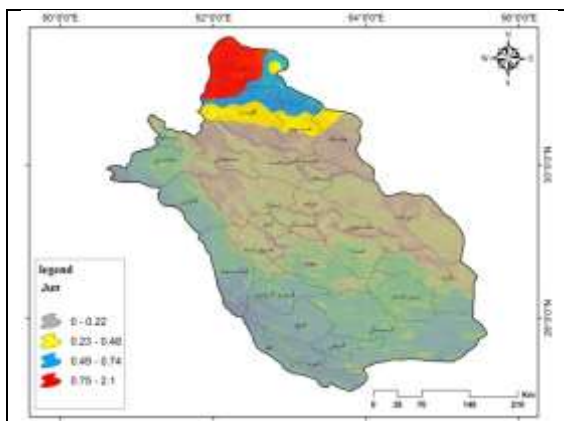
جدول ۱: میزان شبیه سازی شده خروج دی اکسید کربن و سولفور جو طبق سناریوهای انتشار (۲۰۰۰-۲۱۰۰)

CO ₂ – Emissions (PgC/year)			SO ₂ – Emissions (PgC/year)			سال
B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
۶۹	۶۹	۶۹	۸	۸	۸	۲۰۰۰
۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۱	۱۳	۱۲	۲۰۲۰
۷۹	۶۹	۱۰۹	۱۲	۱۵	۱۶	۲۰۴۰
۵۶	۴۷	۹۰	۱۰	۱۶	۱۹	۲۰۶۰
۳۶	۳۱	۶۵	۷	۱۵	۲۳	۲۰۸۰
۲۵	۲۸	۶۰	۴	۱۳	۲۹	۲۱۰۰

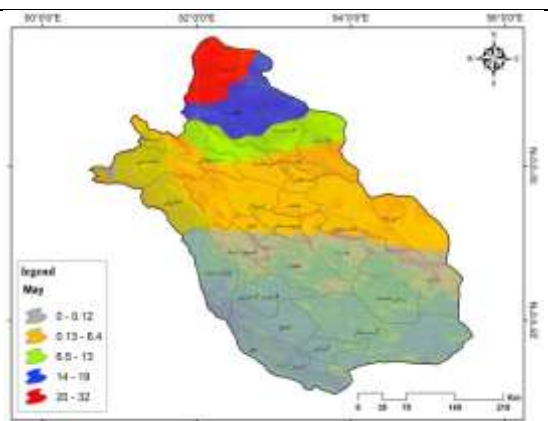


شکل ۲: نمودار میزان روند تغییرات میزان دی اکسید کربن موجود در جو (۲۱۰۰-۱۸۵۰) (Roeckner et al, 2006).

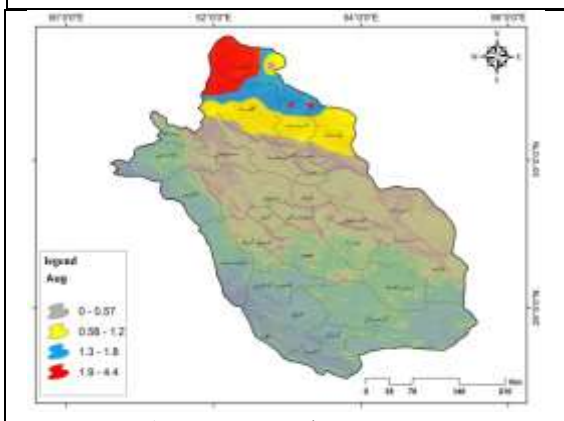




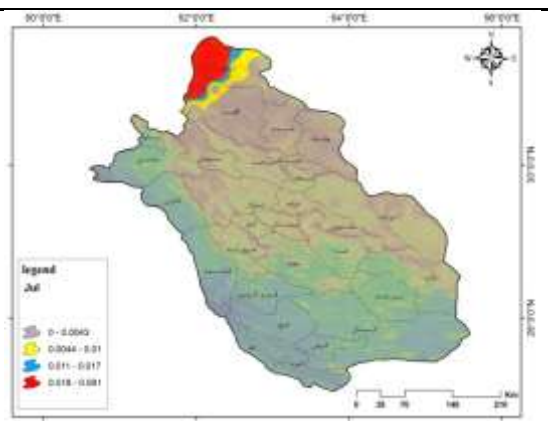
شکل ۸: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه ژوئیه



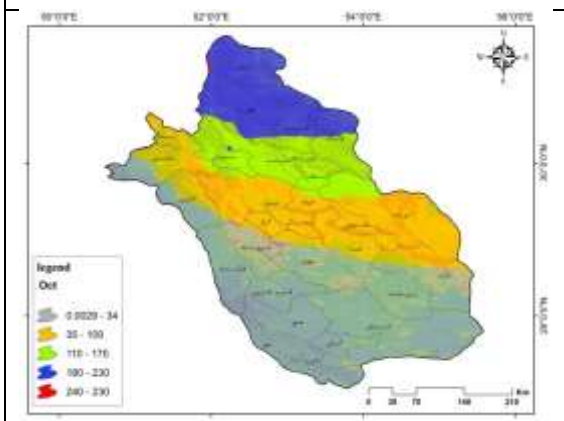
شکل ۷: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه می



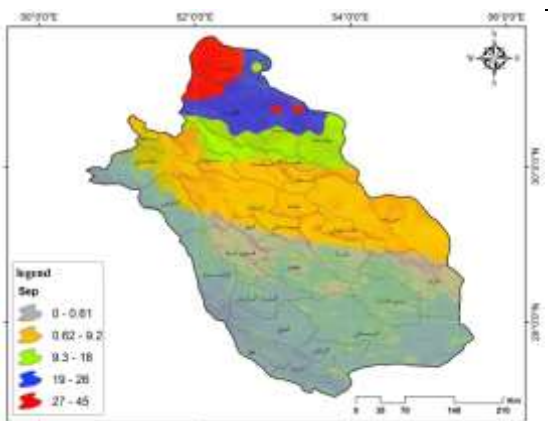
شکل ۱۰: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه آگوست



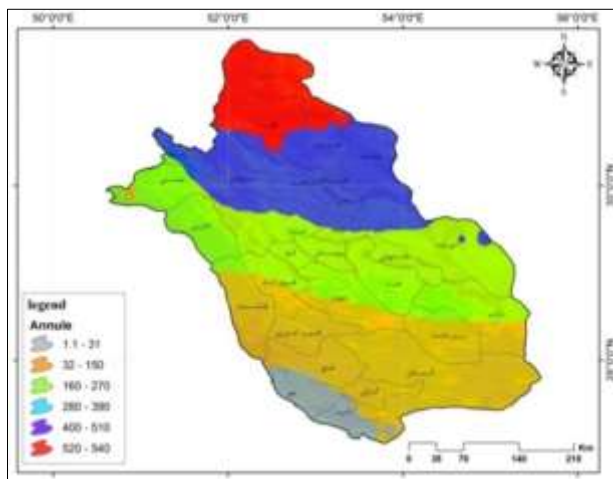
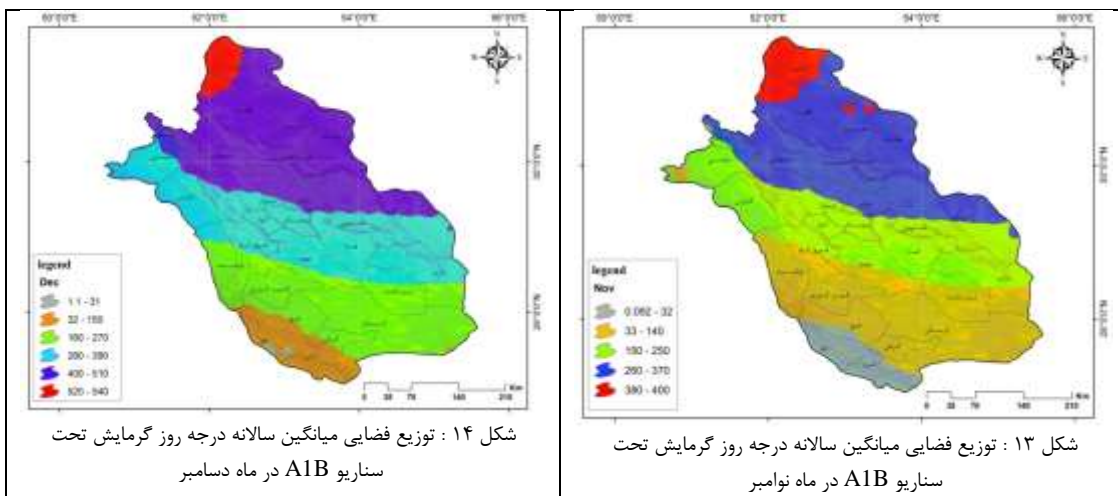
شکل ۹: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه ژوئای



شکل ۱۲: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه اکتبر

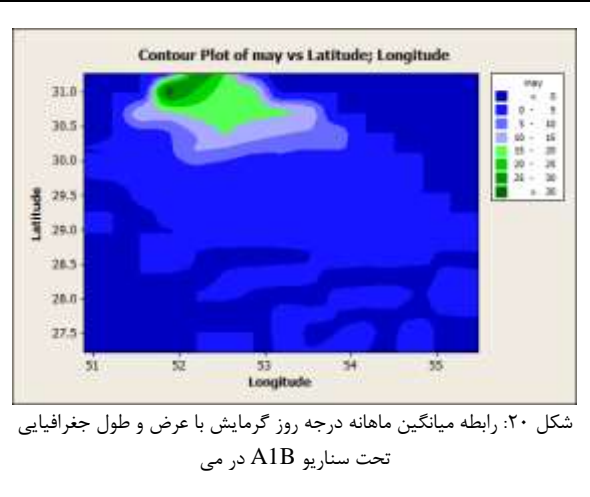
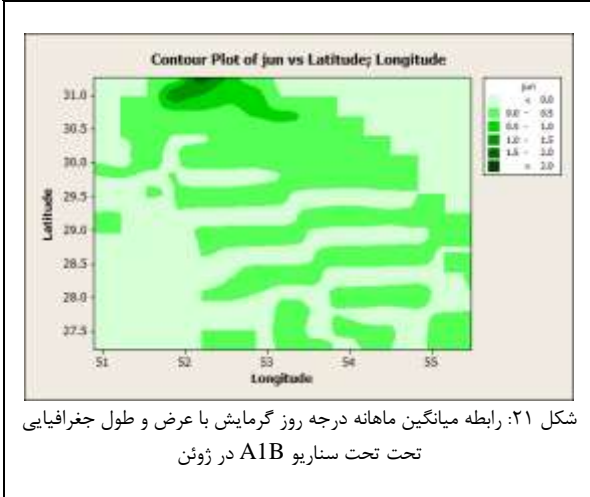
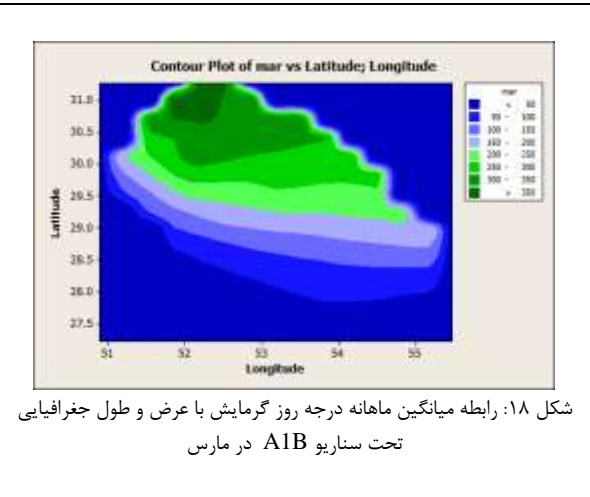
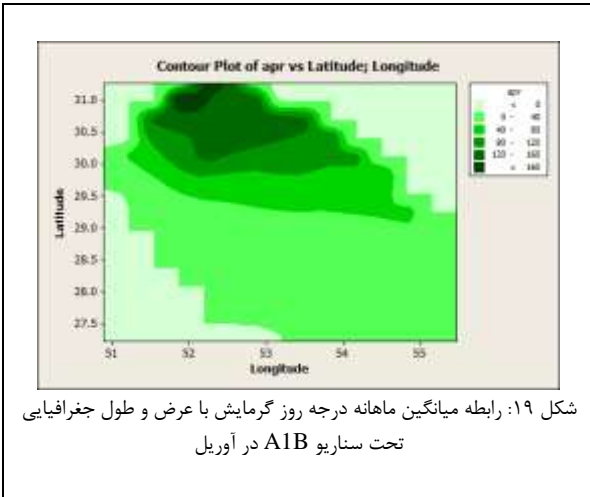
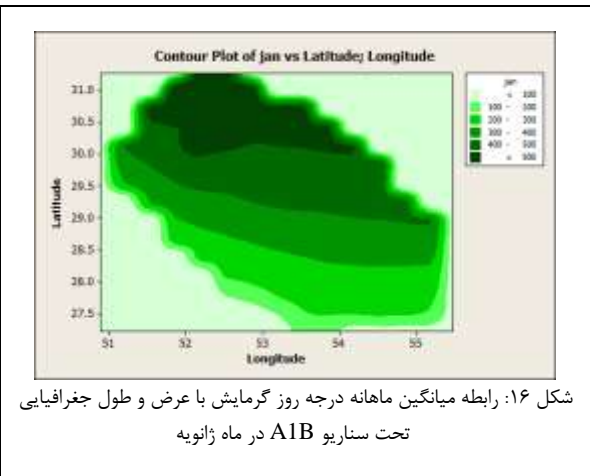
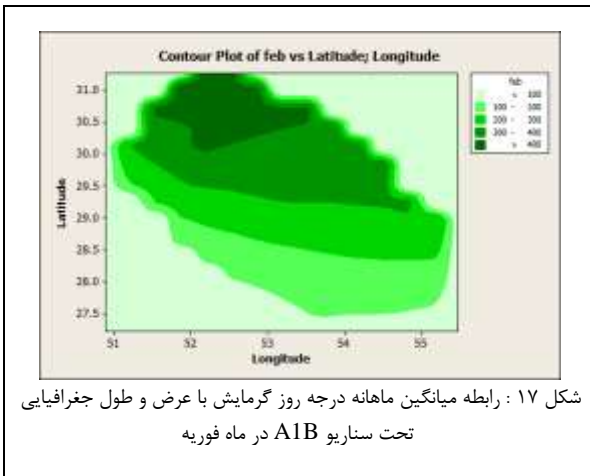


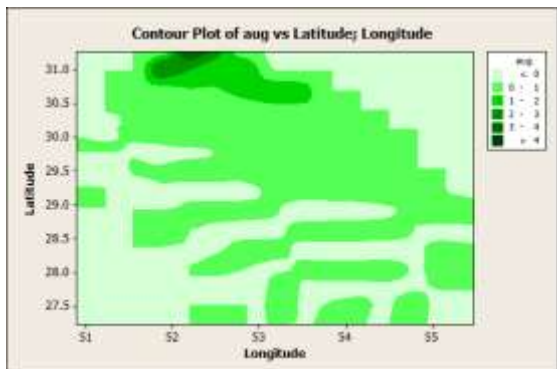
شکل ۱۱: توزیع فضایی میانگین سالانه درجه روز گرمایش تحت سناریو A1B در ماه سپتامبر



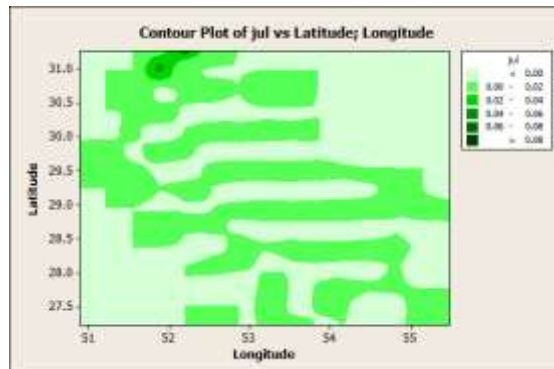
جدول ۲: رابطه ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی و دما با نیاز گرمایش استان فارس در ۱۲ ماه سال

درجه حرارت به سانتی گراد	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	ماه/سنجه	درجه حرارت به سانتی گراد	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	ماه/سنجه
-249**	-156	.270**	.227**	ژوئیه	-981**	-284**	.949**	.857**	ژانویه
-602**	-218**	.604**	.523**	اوت	-983**	-342**	.966**	.859**	فوریه
-756**	-271**	.745**	.659**	سپتامبر	-984**	-362**	.965**	.862**	مارس
-952**	-265**	.899**	.838**	اکتبر	-925**	-375**	.912**	.803**	آوریل
-994**	-269**	.948**	.879**	نوامبر	-717**	-321**	.724**	.620**	مه
-979**	-280**	.946**	.857**	دسامبر	-504**	-234**	.528**	.431**	ژوئن

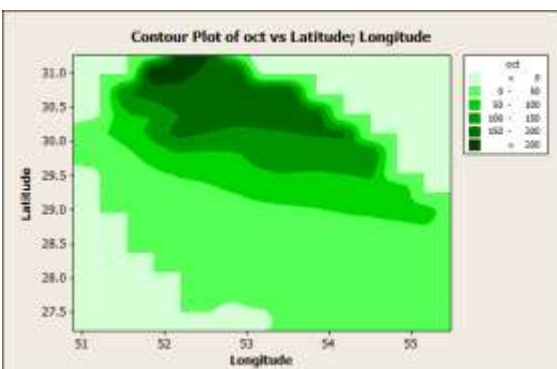




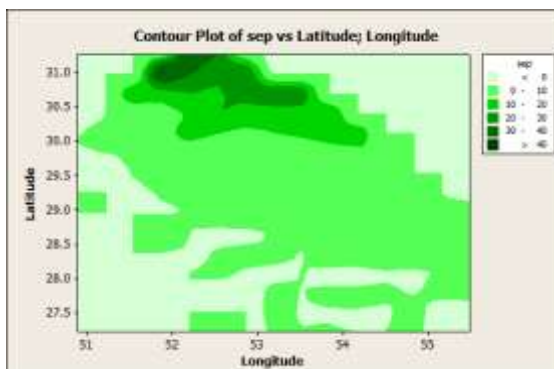
شکل ۲۳: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی تحت سناریو AIB در اوت



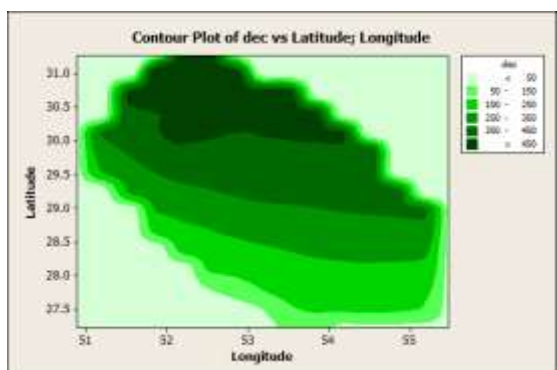
شکل ۲۲: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی تحت سناریو AIB در ژوئیه



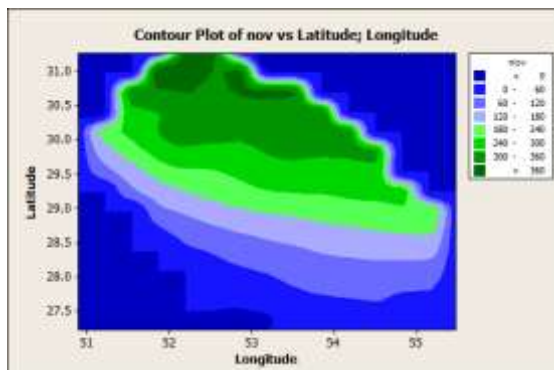
شکل ۲۵: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی در اکتبر AIB تحت سناریو



شکل ۲۴: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی در سپتامبر AIB تحت سناریو



شکل ۲۷: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی در دسامبر AIB تحت سناریو



شکل ۲۶: رابطه میانگین ماهانه درجه روز گرمایش با عرض و طول جغرافیایی در نوامبر AIB تحت سناریو

نتیجه‌گیری

تا همین اواخر، سیاست آب و هوا در بخش انرژی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متمرکز شده است، با این حال، آگاهی از آسیب پذیری آب و هوا و نیازهای بخش انرژی در اثر وقوع پدیده گرمایش جهانی در حال افزایش است. یکی از اثرات گرمایش جهانی تغییرات میانگین دمای هوا می‌باشد که در بسیاری از پژوهش‌ها بدان پرداخته شده است. تغییرات دمایی نیز به نوبه خود بر تغییرات شرایط آسایشی انسان نیز تاثیر گذار می‌باشند. در نگاه نخست بنظر می‌رسد گرمایش جهانی و اثرات تغییر اقلیم بیشتر بر روی نیازهای سرمایشی اثر گذار باشد تا گرمایشی و موجب افزایش مصرف انرژی جهت خنک کردن محیط شده تا گرمایش آن، اما همانگونه که می‌دانیم اقلیم از اندرکنش هواپیهر، سنگ سپهر، آب سپهر، یخ سپهر و زیست سپهر تشکیل شده از آن تاثیر می‌پذیرد و بر آن تاثیر می‌گذارد (امیدوار، ۱۳۹۰). بنابراین بر اثر بروز گرمایش جهانی و فعل و انفعالات ایجاد شده بر جو و توده‌های هوا در دهه‌های آینده در برخی از مناطق استان به ویژه در دوره سرد سال باید منتظر بروز ناپهنجاری‌های منفی دما بوده که این به نوبه خود بر افزایش مصرف انرژی جهت گرمایش محیط اثرگذار است. اگرچه محاسبه میزان نیاز گرمایش برای هر منطقه نیاز به تخمین واقعی‌تر آستانه دمایی آن منطقه است. در این پژوهش نخست داده‌های مدل دینامیکی ترکیبی EH50M یکی از زیر مدل‌های گردش عمومی هوا تحت سناریو AIB انتخاب و پس از ریزمقیاس نمایی داده‌ها تحت مدل منطقه‌ای RegCM4 میانگین روزانه دما در استان شبیه سازی و سپس درجه روز گرمایش در دهه‌های آینده با استفاده از آستانه دمایی هر منطقه محاسبه شد. نتایج نشان داد که در فصل زمستان در دهه‌های آینده در بیشتر نقاط استان به ویژه نیمه شمالی آن میزان گرمایش نسبت به میانگین درازمدت مشابه در دوره گذشته سیر کاهشی داشته است. به عبارتی دیگر دمای مناطق سرد و کوهستانی در ماه‌های فصل زمستان افزایش می‌یابد که این نتایج با نتایج مظفوری و دهقان (۱۳۹۰) که بیان داشتند روند دما در مناطق کوهستانی کشور در ماه‌های فصل زمستان افزایش می‌یابد همراستاست. همچنین این نتایج با یافته‌های بابائیان و همکاران (۱۳۸۸) که بیان داشتند دمای ایران در ماه‌های سرد سال به نسبت دیگر ماه‌های سال بیشترین افزایش را تجربه خواهند کرد همراستاست. از سوی دیگر نتایج حاصل از این مدل و سناریو گرمتر شدن فصل بهار و به ویژه ماه‌های آوریل و می با نتایج بابائیان و همکاران (۱۳۸۸) که بیان داشتند طبق مدل ECHAM4 استان فارس با افزایش دما مواجه خواهد شد همراستاست. این در حالی است که در فصل پاییز کمترین تغییرات نیاز گرمایش را در دهه‌های خواهد داشت. بیشینه نیاز گرمایش استان را پهنه بسیار سرد شامل شهرستان‌های آباده و اقلید می‌باشد به میزان

۶۰۰ درجه روز داراست. کمترین میزان این فراسنج نیز در ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت قابل مشاهده است، که در بیشتر نقاط استان نیاز گرمایش میزان بسیار ناچیزی است (بین ۳-۱ درجه روز). افزایش دمای ماه‌های زمستان به ویژه فوریه و مارس در نوار کوهستانی استان همچون شهرهای آباده، اقلید، ایزدخواست و پاسارگاد علی‌رغم نکته مثبت حاکی از کم شدن میزان نیاز گرمایش مصرفی جهت گرم کردن محیط دارای تبعاتی همچون تغییر در میزان نوع بارش و همچنین تغییر در شرایط آب و هوایی فصل زمستان نیز می‌باشد. گرم‌تر شدن شدید دمای هوا در فصل بهار و به ویژه ماه می به ویژه نوار کوهستانی شمالی و مرکزی استان علاوه بر ذوب سریع برف مناطق کوهستانی منجر به نیاز زود هنگام مصرف انرژی جهت گرمایش محیط خواهد شد که این نتایج بیانگر این است که نیاز گرمایش کلی محیط طی دهه‌های آینده روند کاهشی و نیاز سرمایشی محیط روند افزایشی داراست که این نتیجه را می‌توان در پژوهش‌های بسیاری از دانشمندان از جمله بورا^۱ (۲۰۱۵) و وانگ^۲ (۲۰۱۴) نیز یافت که بیان کردند نیاز گرمایش روند کاهشی و نیاز سرمایش روند افزایشی به ترتیب در کشور هند و آمریکا داراست. با این وجود با توجه به نتایج پژوهش امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص افزایش سرماهای فرین در دهه‌های آینده، اما منطقه مورد مطالعه با نیاز سرمایشی بیشتری در دهه‌های آینده مواجه است که این خود بیانگر حاکمیت حالت عدم تعادل در شرایط دمایی این منطقه می‌باشد. بیشترین نیاز گرمایش استان در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه و کمترین آن در ماه‌های تابستان می‌باشد. بیشینه نیاز گرمایش استان را پهنه بسیار سرد در ماه ژانویه که شامل شهرستان‌های آباده و اقلید می‌باشد به میزان ۶۰۰ درجه روز داراست. کمترین میزان این فراسنج نیز در ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت قابل مشاهده است، که در بیشتر نقاط استان نیاز گرمایش میزان بسیار ناچیزی است (بین ۳-۱ درجه روز). کمینه نیاز گرمایش را نیز شهرستان‌های مهر و لار در منتهی‌الیه نوار جنوبی استان دارا می‌باشند. رابطه درجه روز گرمایش با ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی نیز در ماه‌های سال ترسیم شد، نتایج بیانگر تاثیر مستقیم این عوامل به ویژه ارتفاع و عرض جغرافیایی بر درجه روز می‌باشد، به گونه‌ای که هر چه از مناطق عرض‌های پایین به عرض‌های بالاتر استان و هر چه از ارتفاع پایین به مناطق مرتفع‌تر پیشروی کنیم نیاز گرمایش افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان اشاره کرد که درجه روز گرمایش در درجه اول با ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌یابد و نقش طول جغرافیایی در تغییرات درجه روز گرمایش ناچیز می‌باشد. بدین ترتیب که رابطه بسیار قوی و مستقیم میان ارتفاع و درجه روز گرمایش در دستکم هفت ماه سال (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، اکتبر، نوامبر و دسامبر) پابرجاست. که ماه نوامبر با ۰/۸۷۹ درصد با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ و ضریب

¹ Wang¹ Borah

عباسی، فاطمه، بابائیان، ایمان، حبیبی نوخندان، مجیدف گلی مختاری، لیلا و شراره ملبوسی (۱۳۸۹)، ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۲، شماره ۷۲، صص ۹۱-۱۰۹.

مدیریان، راهله، کریمیان، مریم، عرفانی، عاطفه و ایمان بابائیان (۱۳۹۴)، شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر مصرف برق کشور در دوره ۲۱۰۰-۲۰۱۱ با استفاده از ریزمقیاس نمایی برونداد مدل گردش عمومی جو. دهمین همایش بین‌المللی انرژی، صص ۱-۱۰.

مزیدی، احمد، کمانه، عبدالعلی، نارنگی فرد، مهدی و رضا ابراهیمی (۱۳۹۵)، واكوی ساختار تعادلی آینده فراسنج دما در حوضه آبخیز دریاچه-های طشت، بختگان و مهارلو با استفاده از مدل EH5OM، اکوبیولوژی تالاب، سال ۸، شماره ۳۰، صص ۶۲-۴۵.

مسعودیان، ابوالفضل، ابراهیمی، رضا و الهام یاراحمدی (۱۳۹۳)، واكوی مکانی- زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۲، شماره ۲۳، صص ۲۳-۳۶.

مظفری، غلامعلی و حمیده دهقان (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی طول فصل رشد گیاهان بر مبنای ویژگی‌های دمایی در ایران، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۱، شماره ۲۱، صص ۱۲۱-۱۳۷.

Borah, P., Singh, M. K., & Mahapatra, S. (2015). Estimation of degree-days for different climatic zones of North-East India. *Sustainable Cities and Society*, 14, 70-81.

Chander, G., & Groeneveld, D. P. (2009). Intra-annual NDVI validation of the Landsat 5 TM radiometric calibration. *International Journal of Remote Sensing*, 30(6), 1621-1628.

Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 41(11), 2674-2677.

Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., Solmon, F., ... & Zakey, A. (2010). RegCM Version 4.0 User's Guide. Trieste, Italy, 12-14.

Grifoni, R. C., Pierantozzi, M., & Tascini, S. (2012). Outdoor thermal comfort and local climate change: Exploring connections. In *Proceedings-28th International PLEA Conference on Sustainable Architecture+ Urban Design: Opportunities, Limits and Needs-Towards an Environmentally Responsible Architecture*, PLEA.

<http://glovis.usgs.gov>.

Meehl, G. A., Tebaldi, C., & Nychka, D. (2004). Changes in frost days in simulations of twenty first century climate. *Climate Dynamics*, 23(5), 495-511.

Papakostas, K. T., Michopoulos, A. K., & Kyriakis, N. A. (2009). Equivalent full-load hours for estimating heating and cooling energy requirements in buildings: Greece case study. *Applied Energy*, 86(5), 757-761.

Quante, M. (2010). The changing climate: past, present, future. In *Relict Species* (pp. 9-56). Springer Berlin Heidelberg.

Randall, D. A., Wood, R. A., Bony, S., Colman, R., Fichet, T., Fyfe, J., ... & Stouffer, R. J. (2007). Climate models and their evaluation. In *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (FAR)* (pp. 589-662). Cambridge University Press.

Reichler, T., & Kim, J. (2008). How well do coupled models simulate today's climate?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(3), 303-311.

تعیین ۰/۷۷۲ از بالاترین مقدار همبستگی برخوردار است. در این پژوهش جهت شبیه سازی نیاز گرمایش از پایگاه داده EH5OM انتشار یافته در موسسه ماکس پلانک آلمان استفاده گردید. به دلیل بزرگ مقیاس بودن داده‌ها نیاز به ریز مقیاس نمایی آن‌ها می‌باشد که از مدل اقلیم منطقه‌ای برای این امر استفاده شد با توجه به اینکه پایگاه داده‌های متعددی از جمله مرکز هدلی انگلیس یا کانادا نیز موجود می‌باشند، بنابراین میزان نیاز گرمایش شبیه‌سازی شده پایگاه‌های مختلف متفاوت و عملاً عدم قطعیت در همه آن‌ها موجود می‌باشد. به همین دلیل در این پژوهش میزان تغییرات این فراسنج برحسب مدل EH5OM سنجیده شد و ممکن است در مدل‌های دیگر و پایگاه داده‌های دیگر نتایج متفاوتی حاصل شود.

منابع

احمدی، محمود، لشکری، حسن، کیخسروی، قاسم و مجید آزادی (۱۳۹۵)، مقایسه‌ی عملکرد مدل‌های LARS و RegCM4 در شبیه سازی و پس پردازش داده‌های سالانه دما و بارش خراسان بزرگ، سپهر، دوره ۲۵، شماره ۹۸، صص ۱۵۷-۱۷۰.

احمدی، محمود و اکبر زهرایی (۱۳۹۳)، شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر یخبندان‌های زاهدان با استفاده از مدل‌های سه بعدی گردش عمومی جو، پژوهش‌های دانش زمین، سال ۵، شماره ۲۰، صص ۲۹-۴۴.

امیدوار، کمال (۱۳۹۰)، اقلیم شناسی دینامیک، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول، صص ۱-۴۲.

امیدوار، کمال، ابراهیمی، رضا و احمد مزیدی (۱۳۹۵)، واكوی اثر گرمایش جهانی بر درجه ساعت‌های گرمایش و سرمایش ماهانه ایران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا دوره ۲۰، شماره ۲، صص ۴۱-۶۴.

امیدوار، کمال، ابراهیمی، رضا و تیمور علیزاده (۱۳۹۵)، ارائه روشی نو برای پهنه بندی روند درجه روز سرمایش ماهانه کشور، پژوهش‌های جغرافیا طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۳، صص ۳۵۱-۳۶۵.

امیدوار، کمال، ابراهیمی، رضا، داداشی رودباری، عباسعلی و مریم ملک-میرزایی (۱۳۹۴)، واكوی زمانی- مکانی فرین‌های سرد ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی به منظور کاهش مخاطرات، دانش مخاطرات، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۲۳-۴۳۷.

امیدوار، کمال، ابراهیمی، رضا، نارنگی فرد، مهدی (۱۳۹۴)، پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کاربست داده‌های EH5OM، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۴، شماره ۶، صص ۷۵-۵۷.

بابائیان، ایمان، رضایی پور، آذر و زهرا آهنگرزاد (۱۳۹۳)، شبیه‌سازی نمایه آسایش اقلیمی در استان خراسان رضوی تحت سناریوهای تغییر اقلیم، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره ۱۸، صص ۹۵-۱۱۲.

بابائیان، ایمان، نجفی نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد و شراره ملبوسی (۱۳۸۸)، ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، جغرافیا و توسعه. دوره ۷، شماره ۱۶، صص ۱۵۲-۱۳۵.

- Energy, 48(1), 88-95.
- Vaneckova, P., Neville, G., Tippet, V., Aitken, P., FitzGerald, G., & Tong, S. (2011). Do biometeorological indices improve modeling outcomes of heat-related mortality?. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(6), 1165-1176.
- Wang, H., & Chen, Q. (2014). Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States. *Energy and Buildings*, 82, 428-436.
- Zachariadis, T., & Hadjinicolaou, P. (2014). The effect of climate change on electricity needs—a case study from Mediterranean Europe. *Energy*, 76, 899-910.
- Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M. A., Hagemann, S., Kornblueh, L., ... & Schulzweida, U. (2006). Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *Journal of Climate*, 19(16), 3771-3791.
- Roshan, G. R., & Grab, S. W. (2012). Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. *Int J Plant Prod*, 6(2), 239-266.
- Ruiter, A. (2012). Delta-Change approach for CMIP5 GCMs. Royal Netherlands Meteorological Institute, Trainee report, 336p.
- Taseska, V., Markovska, N., & Callaway, J. M. (2012). Evaluation of climate change impacts on energy demand.

Simulation consequences of climate change on heating needs in Fars province by downscaling output of atmospheric circulation models

Abstract

Increasing demand for energy in the widespread energy resource depletion along with the consequences of global warming, the importance of quantitative heating needs in the coming decades makes it essential. To get this aim, simulated daily temperature data were drawn from general circulation of the atmosphere database EH5OM. Then, through Downscaling model, average data of daily temperature with separation $0/27 \times 0/27$ geographical length and width degrees that covered approximately dimensions with 30×30 kilometers of province land were down scaled in a period of time (2015-2050). After that, Temperature threshold of each cell was counted through percentile, 10 and 90, and this threshold was extended to some cells (158 cells). Finally, monthly average of heating day degree was counted in a matrix with dimensions of 12×13140 . According to simulated data of models, a place with heating day in a monthly and yearly temporal frame was drawn and its relationship with geographical height, width and length was investigated. The result showed that in the future decades, especially in February and May, Northern half of province heating need will have a great reduction in comparison to previous periods which leads to get warmer winter and spring in northern half of province. The most heating need in both periods is in northern areas in Abadeh and Eghlid in which its highest is in January with the amount of 600 degrees per day. Furthermore, the least changes belong to fall that approximately in each period with regard to the range of heating has the same amount. Analyses also showed that degree of heating day at least in seven months is stable in the future. November month has the highest amount of correlation with meaningful factor of 0.01.

Keywords: Heating needs, Model EH5OM, Model RegCM4, Fars province