مجلهٔ مخاطرات محیط طبیعی، سال چهارم ، شماره ششم، زمستان ۹۴
تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۸/۱۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۱/۲۳
صفحات: ۷۵-۵۷

پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس با کاربست داده‌های EH5OM

دکتر کمال امیدوار*[۱]، رضا ابراهیمی[۲]، مهدی نارنگی فرد[۳]

چکیده

انرژی مصرفی نه تنها خود تولیدکنندهٔ گازهای گلخانه‌ای است؛ بلکه میزان مصرف آن جهت گرمایش و سرمایش محیط نیز تحت تأثیر تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی ناشی از گازهای گلخانه‌ای است. هدف از این پژوهش پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس در دهه‌های آینده است. این پژوهش با استفاده از داده‌های گردش کلی جوّ EH5OM واکاوی شد. داده‌ها تحت سناریو A1B کمیتهٔ بین‌المللی تغییر اقلیم و با تفکیک ۱/۷۵ درجهٔ طولی و عرضی اجرا شده‌اند. با مدل ریزمقیاس نمایی RegCM4، داده‌های میانگین دمای روزانه به تفکیک ۰/۲۷ × ۰/۲۷ درجهٔ طول و عرض جغرافیایی که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰ × ۳۰ کیلومتر مساحت استان را پوشش می‌دهند تبدیل شدند. جهت محاسبهٔ فراسنج سرمایش نیز از آستانهٔ دمایی ۲۳/۹ درجهٔ سانتی‌گراد استفاده شد. سرانجام میانگین ماهانهٔ درجهٔ ساعت سرمایش در ماتریسی به ابعاد ۱۳۱۴۰ × ۱۲ محاسبه و نقشه‌های آن ترسیم گردید؛ در مرحلهٔ بعد رابطهٔ عرض، ارتفاع و طول جغرافیایی با درجهٔ روز سرمایش نیز محاسبه و نگاره‌های آن ترسیم شد. بیشترین نیاز سرمایش در بخش‌های جنوبی استان در ماه‌های ژوئن و ژولای به ترتیب با نیاز سرمایش ۴۲۰۰ و ۳۸۰۰ درجه ساعت بیشینه را در استان دارا می‌باشند. کم‌ترین میزان نیاز این فراسنج نیز در نوار شمالی به ویژه شهرستان آباده نمایان است. وجود روند مثبت و افزایشی دما در فصل بهار، به‌ویژه در ماه‌های می و ژوئن در بیشتر نقاط استان، گرم شدن هوا را در این فصل نسبت به تابستان گویاست که نوید دهندهٔ استفادهٔ بیش از حد از وسایل سرمازا در آینده در فصل بهار است. بیشترین ضریب همبستگی نیاز سرمایش با عرض جغرافیایی را ماه می به میزان ۰/۸۷۸ درصد داراست. نقش عرض جغرافیایی بیش از طول در تغییرات میزان نیاز سرمایش استان می‌باشد.

کلیدواژه ها: سناریو A1B، مدل EH5OM، مدل RegCM4، فارس

۱- * استاد اب وهواشناسی،دانشگاه یزد (نویسنده مسئول) komidvar@yazduni.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری آب وهواشناسی،دانشگاه یزد
۳- دانشجوی دکتری آب وهواشناسی،دانشگاه یزد

مقدمه

تا همین اواخر، سیاست آب و هوا در بخش انرژی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متمرکز شده است. با این حال آگاهی از آسیب‌پذیری آب و هوا و انطباق نیازهای بخش انرژی در برابر اثرات ناشی از انتشار این گازها در حال افزایش است *(اسکافر[1] و همکاران،۲۰۱۲:۲۵۰)*. یکی از پیامدهای مصرف سوخت‌های فسیلی به ویژه دی اکسید کربن در دهه‌های اخیر افزایش گازهای گلخانه‌ای است که منجر به بروز پدیده تغییر اقلیم شده‌است *(هیئت بین الدول تغییراقلیم[2].۲۰۰۷)*. از جمله تأثیرات تغییر اقلیم بر انرژی مصرفی می‌توان به اثر آن در رشد گیاهان بر اثر تغییرات درجهٔ روز *(لینرود[3] و همکاران،۲۰۱۱:19)*، تغییر در میزان نیاز به انرژی جهت گرمایش و سرمایش *(سرایگ[4]، ۲۰۱۱: ۵۰۳)* و تغییر در میزان ذوب برف *(لیبریت[5]، ۲۰۱۲: ۳۶۸)* اشاره داشت. یکی از اثرات بارز گرمایش جهانی تغییر در میزان نیاز گرمایش و سرمایش محیط ناشی از تغییرات روزانهٔ دما است *(مدیریان و همکاران، ۱۳۹۴: ۴)*. در طول ماه-های گرم سال مصرف بالای انرژی جهت سرمایش محیط یکی از معضلات بسیاری از کشورهاست، به ویژه اینکه در شرایط گرمایش جهانی این مصرف بالا نه تنها ماه‌های گرم بلکه برخی ماه‌های منتهی به این فصول را نیز در بر می-گیرد *(اوکتای[6] و همکاران، ۲۰۱۱: ۴۸۵۵)*. اثر گرمایش جهانی بر تغییرات مصرف انرژی در همهٔ مکان‌ها به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت به یک اندازه نیست *(وانگ[7] و چن، ۲۰۱۴: ۴۲۸)*؛ بنابراین شناخت تغییرات مکانی زمانی این فراسنج در در دهه‌های آینده از طریق مدل‌های گردش عمومی هوا امری ضروری است.

از جمله مطالعات انجام شده در مورد درجهٔ روز و درجهٔ ساعت و مصرف انرژی در خارج می‌توان به مواردی اشاره داشت. فرانک[8] (۲۰۰۵)، اثر گرمایش جهانی را بر روی انرژی مصرفی مورد نیاز برای گرمایش و سرمایش در زوریخ بررسی کرد. برای این کار داده‌های دمای ساعتی طی دورهٔ آماری ۲۳ ساله (۲۰۰۳-۱۹۸۱) استفاده گردید. طبق سناریوی اقلیمی انجام گرفته در طی دورهٔ ۱۹۹۰-۱۹۶۱ میانگین دمای سالانه به میزان ۴/۴ درجهٔ روز افزایش یافته است. محاسبات صورت گرفته بیانگر کاهش تدریجی در مصرف انرژی برای گرمایش ساختمان‌ها به میزان ۳۳ تا ۴۴ درصد در طی سال‌های ۲۰۱۰۰-۲۰۵۰ است. پاپاکوستاس[9] و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی درجهٔ ساعت‌های گرمایش و سرمایش دو شهر آتن را مورد واکاوی قرار دادند. نخست داده‌های دمای ساعتی بین دورهٔ آماری ۱۹۹۲-۱۹۸۳ انتخاب گردید. جهت محاسبه درجهٔ ساعت گرمایش از آستانه‌های دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه و جهت محاسبهٔ درجهٔ ساعت سرمایش از آستانه‌های دمایی ۲۰ تا ۲۷ درجه استفاده گردید. 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. تاسسکا[10] و همکاران (۲۰۱۱) به واکاوی انرژی مورد نیاز جهت گرمایش

1 - Schaeffer
2 - IPCC
3 - Linrterud
4 - Craig
5 - Labriet
6 - Oktay
7 - Wang & Chen
8 - Frank
9 - Papakostas
10 - Taseska

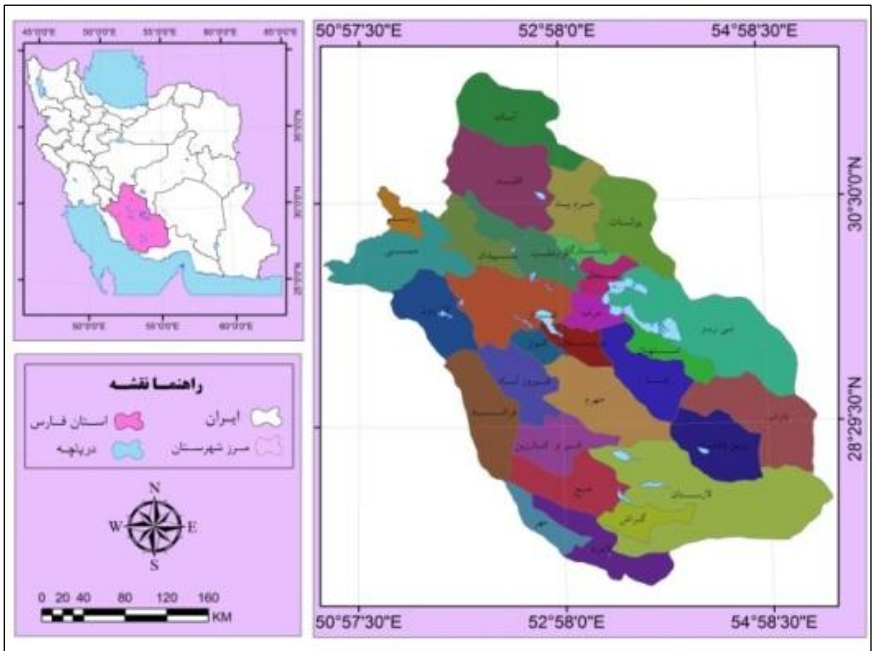
و سرمایش مناطق مسکونی و تجاری در مقدونیه طی دورهٔ ۲۰۰۹ تا ۲۰۳۰ از طریق مدل مارکال تهیه شده در کشور مقدونیه پرداختند. سناریوهای به کار گرفته شده برای محاسبه DC1, DC2, DC3 می‌باشند. نتایج بیانگر افزایش تقاضای مصرف انرژی الکتریکی جهت سرمایش طی سال های ۲۰۲۰ به بعد می‌باشد در واقع دماهای تابستان و زمستان روندی افزایشی را داراست. سکورا[1] و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی اثر تغییرات اقلیم بر مصرف انرژی گرمایش و سرمایش را در نوار ساحلی اقیانوس اطلس شمالی مورد واکاوی قرار دادند. گریفونی[2] و همکاران (۲۰۱۳) ارتباط بین نمایهٔ آسایش اقلیمی و تغییر اقلیم را بر روی ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. یلدیز[3] و همکاران (۲۰۱۳) در در پژوهشی توزیع فضایی درجهٔ روزهای گرمایش و سرمایش ترکیه را با آستانه‌های دمایی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ محاسبه و سپس ضریب همبستگی این فراسنج‌ها با ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی در محدودهٔ مورد مطالعه محاسبه شد. نتایج نشان داد که ارتفاع مهم‌ترین عامل در تغییرات درجه روزهای گرمایشی و عرض جغرافیایی مهم‌ترین عامل در تغییرات درجه روزهای سرمایشی است. کوکس و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات انرژی در نواحی مدیترانه را با استفاده از مدل گردش عمومی هوا شبیه‌سازی کردند. نخست داده‌های میانگین دمای روزانهٔ هوا توسط مدل PRECIS طی دورهٔ آماری ۲۰۹۹-۱۹۵۰ تحت سناریو A1B در ابعاد ۲۵*۲۵ کیلومتر بر روی حوضهٔ مدیترانه شبیه‌سازی 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 اثر بسزایی داراست. همچنین در دههٔ ۲۰۹۹-۲۰۵۰ روند دما افزایش چشمگیری نسبت به دههٔ ۲۰۴۰-۲۰۰۱ دارد. در زمینه محدود مطالعات انجام شده در ایران می‌توان به چند مورد اشاره کرد. پوسات[4] و ایکیم (۲۰۱۵) در پژوهشی درجه روزهای گرمایش و سرمایش ترکیه را طی دوره ۳۰ سال (۲۰۱۰-۱۹۸۰) محاسبه کردند. جهت این امر آستانه دمایی ۱۸ درجه به عنوان میانگین دمای جهانی استفاده شد. بر حسب نیازهای گرمایش و سرمایش ترکیه به چهار ناحیهٔ بسیار سرد، سرد، نیمه‌سرد و معتدل پهنه‌بندی شد. بیشترین نیاز گرمایش در ناحیه بسیار سرد، در ماه ژانویه و بیشترین نیاز سرمایش در ماه‌های گرم سال در ناحیه معتدل نمایان شد. از جمله مطالعات داخلی می‌توان: اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۰) را نام برد که نمایه دمایی زیست اقلیمی را در چند شهر اصلی گردشگری ایران در دوره ۱۳۴۰-۱۳۸۵ محاسبه نمودند. آن‌ها دریافتند که دوره آسایش اقلیمی در شهرهای مورد مطالعه کوتاه بوده و به صورت دو دوره مجزا در ابتدای فصل پاییز و بهار واقع شده است. طول این دوره به عنوان بهترین زمان برای مقاصد گردشگری در مشهد و اصفهان ۳۵، رشت ۳۷ و کیش ۸۵ روز می‌باشد. از نظر اقلیمی عمده‌ترین محدودیت گردشگری در شهرهای مشهد و اصفهان و رشت، دارا بودن شرایط تنش سرمایی زیاد طی ماه‌های آذر، دی و بهمن می‌باشد و در کیش مربوط به تنش گرمایی بسیار زیاد آن در فصل گرم سال است. پهنه بندی نمایه زیست اقلیمی سه ایستگاه همدیدی مشهد، قوچان و گناباد به روش بیکر توسط رزم و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد. تحلیل تغییرات روزانه نمایه یادشده نشانگر طول دوره آسایش اقلیمی کوتاه در استان خراسان رضوی و فشار زیست اقلیمی در فصول پاییز و

1 - Sequera
2 - Grifoni
3 - Yildiz
4 - Pusat & Ekmekci

زمستان می‌باشد. یافته‌های آن‌ها همچنین نشان می‌دهد که قوچان بیشترین شرایط نامطلوب سرد را در استان داشته و بنابراین در طراحی مساکن جدید باید جهت بادهای سرد زمستانه مورد توجه قرار گیرد. 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 بخش‌های گرم کشور و در ماه‌های گرم و بیشترین نیاز گرمایشی در ماه‌های سرد سال و در مناطق کوهستانی مشاهده می‌گردد. بابائیان و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی برای آگاهی از وضعیت زیست اقلیمی آینده خراسان رضوی در شرایط تغییر اقلیم، با به کارگیری برونداد سه مدل گردش عمومی جو CGCM3، GFDL 2.1 و ECHO-G تحت سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1، نمایه زیست اقلیمی را برای دوره های ۲۱۰۰-۲۰۱۱ شبیه سازی کردند. نتایج نشان داد علیرغم اینکه نمایه زیست اقلیمی در آینده به سمت مقادیر نا مساعد گرم تغییر خواهند کرد، اما این تغییرات به گونه ای نیستند که منجر به جابجایی طبقه بندی زیست اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی استان از شرایط مطلوب فعلی به وضعیت نامطلوب گرم شوند. قرار گیری در عرض‌های جغرافیایی متفاوت و تنوع ارتفاعی استان فارس موجب بروز تغییرات دمایی مناطق استان شده است. یکی از فراسنج‌های اثر گذار بر اقلیم استان که تاثیر زیادی بر محیط زیست دارد درجه ساعت (سرمایش) می‌باشد که متاثر از دمای روزانه و آستانه آسایش است. از آن جا که در بسیاری از پژوهش‌های داخلی بحث درجه روز مطرح بوده و به واکاوی درجه ساعت که فهم دقیقتری از نیاز سرمایش ارائه می‌دهد پرداخته نشده، بنابراین واکاوی این فراسنج در دهه‌های آینده تحت سناریو مذکور از جمله کارهای جدیدی است که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

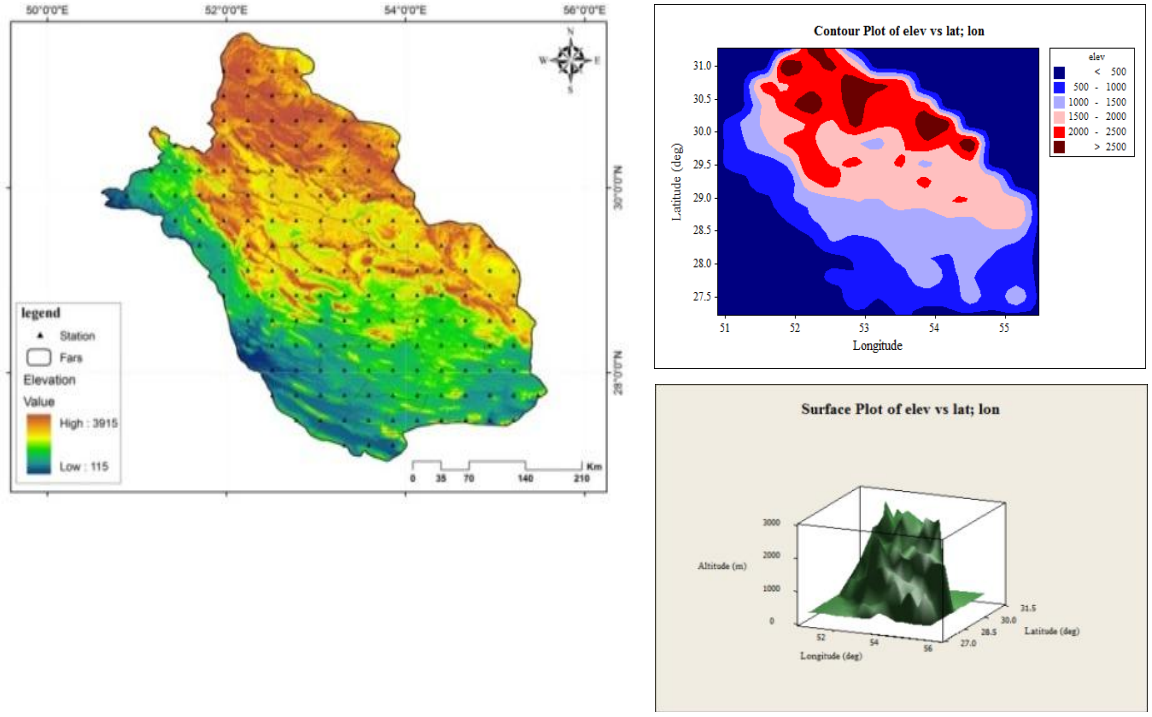
محدودهٔ منطقه مورد مطالعه بین طول‌های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقهٔ باختری تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه خاوری و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲ دقیقه و ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. استان فارس با وسعت ۱۲۵۶۹۷ کیلومتر مربع حدود ۷/۵ درصد مساحت کشور را در بر می‌گیرد. این استان با جمعیتی بالغ بر ۴۵۹۶۶۵۸ (۱۳۹۰) حدود ۶ درصد جمعیت ایران را شامل می‌شود. نقشهٔ تقسیمات کشوری ایران و موقعیت سیاسی استان فارس در (شکل ۱) نمایش داده شده است. همچنین پراکنش مکانی یاخته‌ها (مکان‌ها) در گسترهٔ استان فارس در (شکل ۲) قابل مشاهده است. در این شکل طبقات و خطوط هم ارزش ارتفاعی به متر، همچنین نقشه مدل سه بعدی طول، عرض و ارتفاع در محدودهٔ مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جهت شبیه‌سازی نیاز سرمایش استان فارس طی دهه‌های آینده نخست میانگین روزانه دمای هوا از پایگاه داده، (EH5OM) برگرفته از مؤسسه ماکس پلانک آلمان استخراج گردید؛ این پایگاه به عنوان داده‌های مدل گردش کلی جوّ و اقیانوس[1] بوده و از داده‌های مدل جوّی و مدل اقیانوسی تشکیل شده‌است. ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی بوده و با هستهٔ دینامیکی طیفی است (*ریچارد و کیم، ۲۰۰۰؛ روکنر و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۴۸*). این داده‌ها از تاریخ ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ و تحت سناریو A1B، پنل بین‌المللی تغییر اقلیم[2] اجرا شد. با توجه به اینکه این پژوهش بُعد منطقه‌ای (ایران) دارد، بنابراین داده‌های مدل در نسخهٔ چهارم مدل اقلیم منطقه‌ای (RegCM4) که جهت فرآیندهای کوچک مقیاس مناسب‌ترند ریزمقیاس شد (*روشن و همکاران، ۲۰۱۲؛ راندال، ۲۰۰۷*). میانگین دمای روزانه ریزگردانی شده با ابعاد ۰/۲۷*۰/۲۷ درجهٔ طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰*۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند در بازهٔ زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰ -۲۰۱۵) توسط مدل استخراج شد.

1- AOGCM
2- International panel of climate change



شکل۲: نقشه مدل دوبعدی عرض وطول جغرافیایی (سمت راست بالا)، نقشه مدل سه بعدی طول،عرض و ارتفاع محدوده مورد مطالعه (سمت راست پایین)، نقشه محدوده مورد مطالعه با یاخته‌های ۳۰ × ۳۰ کیلومتر (سمت چپ)

محاسبهٔ جمع میانگین درجه ساعت سرمایش

دراین پژوهش برای محاسبه درجه ساعت سرمایش از رابطه زیر استفاده خواهدشد.

معادله(۱)

$$D_c = \sum_{j=1}^{N} (T_c)_j \quad \left\{ \begin{array}{lll} \text{If} & T_d > T_b & \text{then} \quad T_c = T_d - T_b \\ & & \text{else} \quad T_c = 0 \end{array} \right\}$$

Tb آستانهٔ دمایی مورد استفاده برای محاسبهٔ درجه روز سرمایش، Td میانگین دمای هر روز هر یاخته می‌باشد (Borah et al: 2015; vang et al: 2014).

جهت محاسبهٔ درجه ساعت از استانه دمایی ۲۳/۹ درجه سانتیگراد استفاده گردید. در اکثر پژوهش های داخلی از این آستانه جهت واکاوی نیاز سرمایش استفاده شده است که می توان به کاظم نژاد، ۱۳۹۳؛ روشن و همکاران، ۲۰۱۲ اشاره داشت.

خصوصیات مدل EH5OM

این شبیه‌ساز یکی از نوین‌ترین شبیه‌سازهای گردش عمومی هوا و نسل پنجم از شبیه‌ساز ECHAM، با ترکیبی نو و سازگاری بیشتر نسبت به نمونه‌های خود می‌باشد که در مرکز هواشناسی ماکس پلانک آلمان آماده گریده‌است. مدل EH5OM با جداسازی مکانی ۲/۸ × ۲/۸ درجه طول و عرض جغرافیایی در برگیرنده‌ی ۱۹ لایه عمودی در جوّ و ۱۱ لایه عمودی در اقیانوس می‌باشد. مدل گردش عمومی جو، اقیانوس EH5OM، به عنوان ابزار ضروری برای مطالعهٔ بهتر و درک تغییرات آب و هوا و پیش‌بینی آب و هوای آینده است (راندال، ۲۰۰۷). هر چند باید بیان کرد علی رغم بهبود مدل های ترکیبی جو، اقیانوس آن‌ها عاری از خطا نمی‌باشند، همچنین در بررسی نتایج حاصل از مدل های نسخه‌های اول تا سوم CMIP برتری نسخه جدید (CMIP3) نسبت به نسخه‌های اول و دوم این مدل تأیید شد *(ریچارد و کیم، ۲۰۰۸)*.

آزمون من کندال

الف) ابتدا بر اساس آماره S اختلاف بین تک‌تک مشاهدات (بارش، دما یا هر پارامتر اقلیمی دیگر) را با همدیگر محاسبه می‌کنیم.

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{i=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(xj - xk) \qquad (۲)$$

ب)که $j > i$ است و n تعداد کل مشاهدات، x_j و x_k به ترتیب مقادیر j و k سری می‌باشد. خروجی تابع بالا علامت هر سری را به صورت زیر روشن می‌کند:

$$\mathrm{sgn}(xj - xk) = \begin{cases} +1 (xj - xk) > \\ 0. (xj - xk) = 0 \\ -1 (xj - xk) < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

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

$$V(S) = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \qquad (۴)$$

ج).مرحلهٔ بعد محاسبه آماره Z است.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{var}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{var}} & s < 0 \end{cases} \qquad (۵)$$

د) مرحلهٔ بعد آزمون فرض است. فرض صفر بر عدم وجود روند و تصادفی بودن آن دلالت دارد و بدین معنی است که Z آمارِ معنی‌داری نیست (برای مثال گرمایش یا سرمایش و دورهٔ تر و خشک وجود ندارد). زمانی این فرض تأیید

می‌شود که $-Z\alpha/2 < Z < Z\alpha/2$ باشد رابطه(۵). مقادیر $Z\ \alpha/2$ انحراف نرمال استاندارد (Z جدول) است. فرض مقابل یا فرض یک بر وجود روند دلالت دارد و بدین معنی است که Z به لحاظ آماری معنی‌دار است. زمانی این فرض تأیید می شود که $Z < -Z\alpha/2$ است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳. لی و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج و بحث

پهنه‌بندی مکانی زمانی جمع میانگین درجهٔ ساعت سرمایش ماهانه وسالانه

نیاز سرمایش ماهانه مربوط به ماه‌های گرم سال در استان فارس تحت سناریوی A1B یکی از سناریوهای تغییر اقلیم شبیه‌سازی شد. استان فارس از لحاظ نیاز سرمایش طی دهه‌های آینده به چهار زیر ناحیه قابل پهنه‌بندی است که به شرح هر یک از پهنه‌ها پرداخته شد.

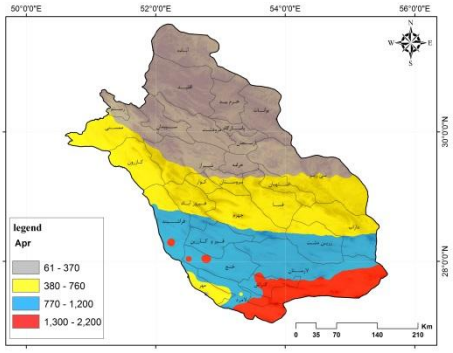
نیمهٔ شمالی: این بخش با ۴۲ درصد وسعت بزرگ‌ترین پهنهٔ استان می‌باشد. بخش‌های شمال، شمال غرب، شمال شرق و تا حدودی مرکز را شامل شده و کمترین میزان نیاز سرمایش استان را طی ماه‌های گرمِ سال در دوره‌های آتی داراست. کمترین نیاز سرمایش این پهنه در ماه آوریل و به میزان ۳۵۰ درجه ساعت و بیشترین آن در ماه ژوئن و به میزان ۲۵۰۰ درجه ساعت است. بیشترین نیاز سرمایش این پهنه را ماه‌های ژوئن و ژولای دارد؛ در این دو ماه بخش‌هایی از شهرستان‌های اقلید وآباده به شکل خرده‌ناحیه در دل این پهنهٔ بزرگ نمایان شده و نیاز سرمایش آن کمتر از نواحی دیگر می باشد که دلیل آن ارتفاع و عرض جغرافیایی بالای این مناطق است. از لحاظ نیاز سرمایش سالانه نیز تا ۱۰۰۰۰ درجه ساعت می‌باشد که بسته به تغییرات ارتفاعی و عرض جغرافیایی این میزان در نوسان می باشد.

ناحیه مرکزی: این بخش نوار مرکزی، غربی و شرقی استان را که شامل شهرهای کازرون، نورآباد، سروستان، استهبان، فسا، داراب و فیروزآباد می‌باشد با وسعت ۲۰ درصد در برگرفته است و به نسبت نیمهٔ شمالی نیاز سرمایش بیشتری داراست.

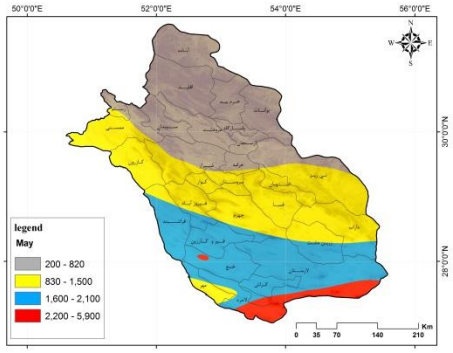
کمترین نیاز سرمایش در ماه آوریل به میزان۷۰۰-۴۰۰ درجه ساعت و بیشترین آن در ماه ژوئن و به میزان۳۳۰۰-۲۸۰۰ درجه ساعت می باشد. شهرستان نی‌ریز در ماه‌های آوریل و می و شیراز نیز در ماه‌های ژوئن و ژولای از لحاظ نیاز سرمایش با این ناحیه در یک پهنه قرار می گیرند. از لحاظ نیاز سرمایش سالانه نیز بین ۱۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰ درجه ساعت در نوسان می‌باشد که بسته به تغییرات ارتفاعی و عرض جغرافیایی این میزان در نوسان می-باشد.

ناحیه جنوبی: این بخش نوارِ جنوب غرب، جنوب و جنوب شرق استان را با وسعت ۳۲ درصد در برگرفته و شهرستان‌های، خنج، زرین دشت، لار، لامرد، فیروزآباد و قیر و کارزین را شامل می‌شود و نیاز سرمایش آن بیشتر از دو ناحیهٔ قبلی است. عرض پایین و ارتفاع کم یکی از عوامل بروز دماهای گرم در این پهنه می‌باشد. ماه‌های ژوئن و ژولای به ترتیب با نیاز سرمایش ۴۲۰۰ و ۳۸۰۰ درجه ساعت بیشترین و ماه آوریل با نیاز سرمایش۱۲۰۰درجه ساعت کمترین میزان سرمایش را دارا می‌باشند. نیاز سرمایش سالانه این منطقه بین ۱۸۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰ درجه ساعت است.

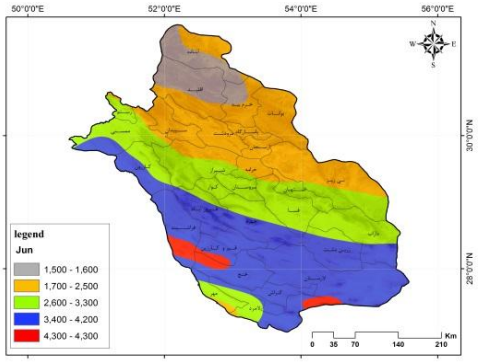
ناحیه جنوب شرق: این بخش که شهرستان‌های لامرد و مُهر را در برگرفته کم‌وسعت‌ترین منطقهٔ استان با مساحت ۶ درصد می‌باشد و متغیرترین بخش استان از لحاظ نیاز سرمایش است. در ماه‌های آوریل، می و ژوئن از لحاظ نیاز سرمایش با پهنهٔ مرکزی استان همراستاست. بیشترین نیاز گرمایش استان در ماه‌های اوت و سپتامبر مربوط به این پهنه می‌باشد که بین ۳۶۰۰ درجه ساعت در اوت و ۳۲۰۰ درجه ساعت در سپتامبر متغیر است. همچنین بیشترین نیاز سرمایش سالانه استان مربوط به این بخش است.



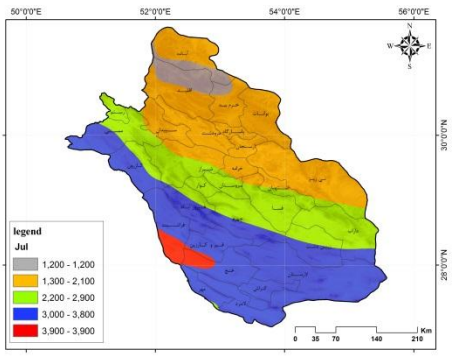
شکل ۳: جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش ماه آوریل



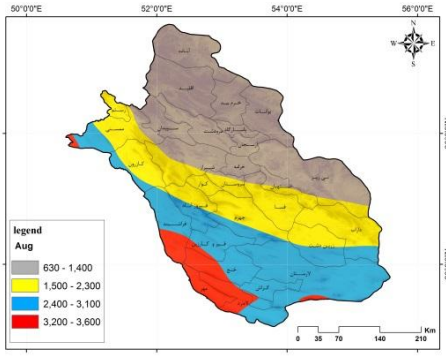
شکل ۴: جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش ماه می



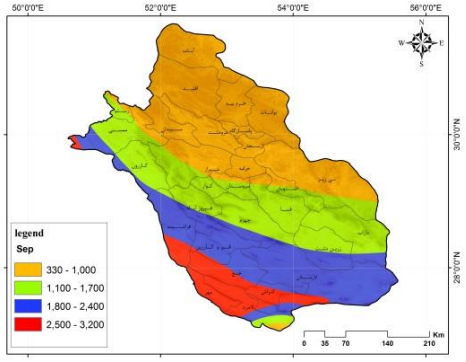
شکل ۵: جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش در ماه ژوئن



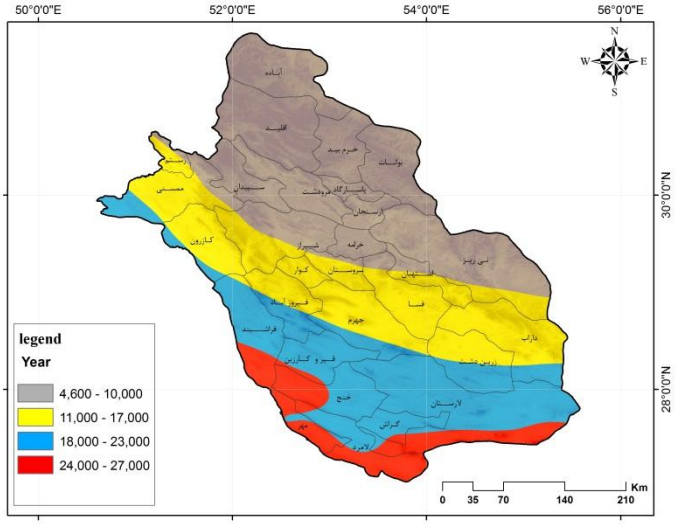
شکل ۶ : جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش در ماه ژولای



شکل ۷: جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش ماه اوت



شکل ۸ : جمع میانگین ماهانه درجه ساعت سرمایش ماه سپتامبر

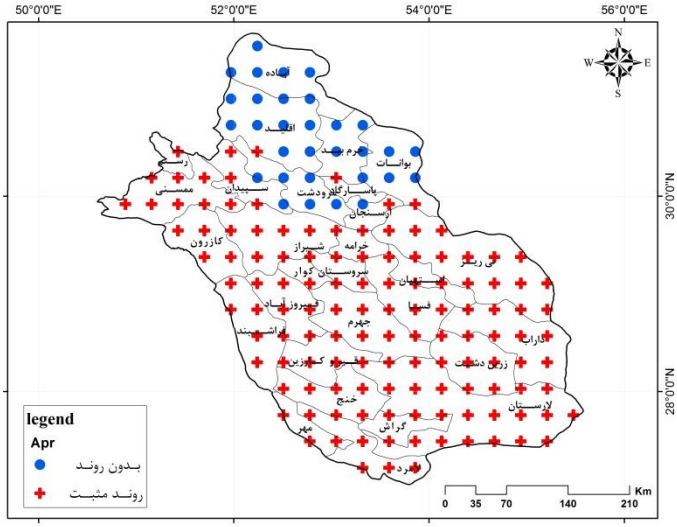


شکل ۹: توزیع فضایی جمع میانگین سالانه درجه ساعت سرمایش

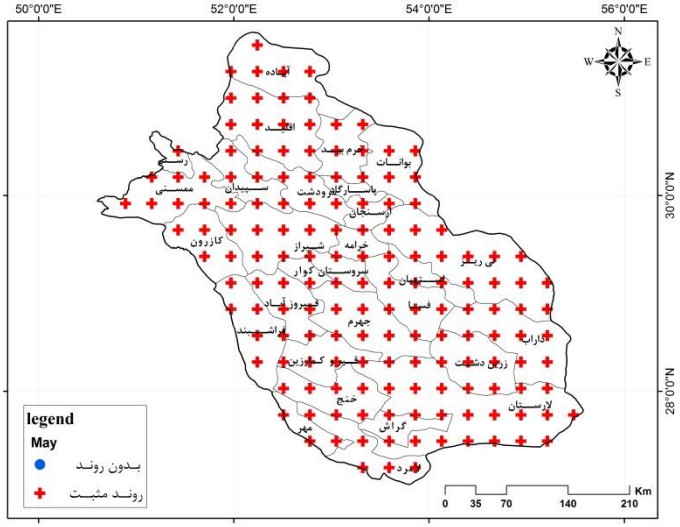
واکاوی مکانی زمانی میانگین ماهانه روند و شیب روند درجه ساعت سرمایش

میزان روند ماهانه درجه ساعت سرمایش ماه‌های گرم سال در استان طی دورهٔ ۳۶ ساله محاسبه شد. به دلیل حجم زیاد نقشه‌ها فقط ۴ ماه به عنوان نمونه آورده شده و بقیهٔ ماه‌ها تفسیر آن ارائه گردید. در ماه آوریل به جز نوار شمال و شمال شرق استان در شهرستان‌های آباده، اقلید، بوانات، ارسنجان، مرودشت و خرم بید با ۲۰ درصد وسعت که از لحاظ نیاز سرمایش روندی مشاهده نمی‌شود در نیمهٔ غربی، جنوبی و شرقی استان روند نیاز این فراسنج مثبت می‌باشد که گویای گرم‌تر شدن دمای هوا در این ماه در مناطق ذکر شده‌است (شکل ۹). بیشترین گسترهٔ مکانی روند مثبت درجه ساعت سرمایش استان را ماه‌های می و ژوئن در دهه‌های آینده دارا خواهند بود. در این دو ماه صد درصد مناطق روندی افزایشی در میزان سرمایش دارا می باشند (شکل ۱۰ و ۱۱). در ماه ژولای به جز بخش هایی از نورآباد ممسنی، خنج، لار، لامرد، اوز و گراش که با ۱۲ درصد وسعت روندی افزایشی در میزان نیاز سرمایش داشته‌اند بقیهٔ مناطق استان (۸۸ درصد) فاقد روند می‌باشند. بیشترین گسترهٔ مکانی مناطق فاقد روند را ماه‌های اوت و سپتامبر به خود اختصاص می‌دهند به گونه‌ای که ماه سپتامبر ۱۰۰ و ماه اوت ۹۲ درصد از پهنهٔ استان در نیاز

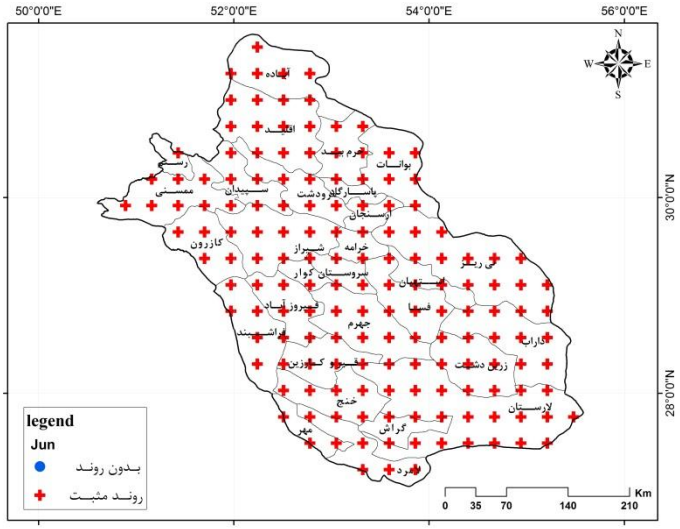
سرمایش فاقد روند می باشند. درماه اوت شهرستان‌های خنج، گراش، مهر، لامرد و اِوَز نیاز سرمایشی آن‌ها روند افزایشی داراست. در ماه مارس (شکل۱۲) نیز به جز بخش‌های جنوب و جنوب شرق که با ۱۳ درصد وسعت روند نیاز سرمایش افزایشی است در بقیهٔ مناطق استان روندی مشاهده نمی‌شود. شیب روند این فراسنج در سه‌ماهٔ فصل بهار ترسیم شد. در ماه آوریل بیشترین شیب افزایشی نیاز سرمایش را قیر وکارزین و جنوب لار به میزان ۳/۳ درجه ساعت در دهه و کمترین میزان را نیمهٔ شمالی به میزان ۰/۸ درجه ساعت در دهه دارا می باشند (شکل۱۳). بیشترین شیب افزایشی نیاز سرمایش در ماه می، مربوط به نیمهٔ جنوبی می‌باشد. لازم به ذکر است که این شیب بر حسب درجه در دهه (معیار انتخابی شیب) حساب می‌شود و در این مناطق به میزان ۳ درجه در دهه بوده و تا پایان دورهٔ مورد مطالعه ۱۰ درجه ساعت افزایش خواهد یافت که این امر گویای گرم‌تر شدن شدید هوا در این موقع از سال در این مناطق است. در نیمه شمالی استان شیب نیاز سرمایش بین ۰/۱۲ تا ۲ درجه ساعت در دهه در نوسان است که کم‌ترین آن مربوط به شهرستان‌های آباده، اقلید و خرم بید می‌باشد (شکل۱۴). درماه ژوئن بخش‌های مرکزی، جنوب شرق و غرب استان در کازرون با ۲/۳ درجه ساعت در دهه بیشینه نیاز فراسنج را به خود اختصاص می دهند. این در حالی است که بخش‌های شمال، شمال شرق و جنوب غرب کم‌ترین میزان شیب روند را دارا بوده که کمینهٔ آن در آباده به میزان ۰/۸ درجه ساعت در دهه است (شکل۱۵).



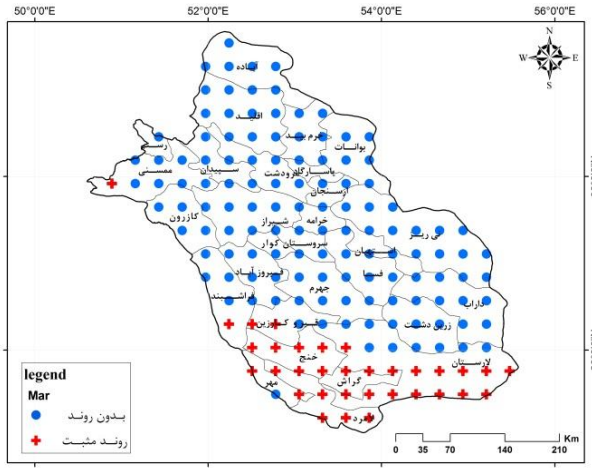
شکل ۱۰: توزیع فضایی روند درجه ساعت سرمایش در ماه آوریل



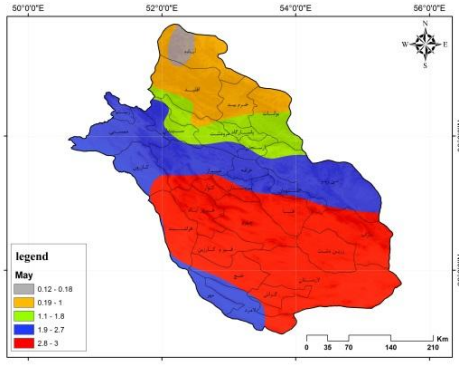
شکل ۱۱: توزیع فضایی روند درجه ساعت سرمایش می



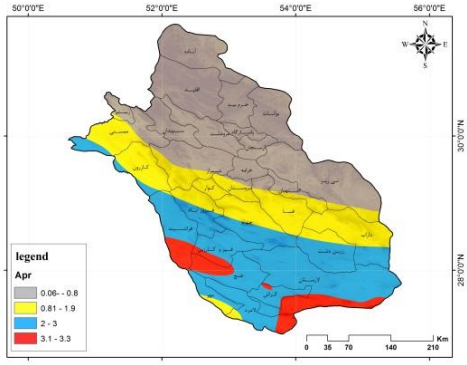
شکل ۱۲: توزیع فضایی روند درجه ساعت سرمایش ژوئن



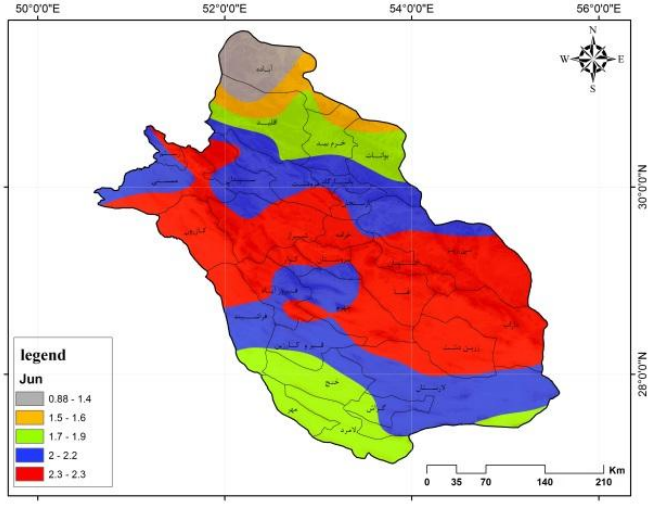
شکل ۱۳: توزیع فضایی روند درجه ساعت سرمایش مارس



شکل ۱۴: توزیع فضایی شیب روند درجه ساعت سرمایش می



شکل ۱۵: توزیع فضایی شیب روند درجه ساعت سرمایش آوریل



شکل ۱۶: توزیع فضایی شیب روند درجه ساعت سرمایش در ژوئن

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

از آنجا که درجه ساعت و درجه روز سرمایش هر منطقه با ارتفاع و عرض جغرافیایی تغییر می‌کند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۵)، در این پژوهش پس از شبیه‌سازی داده‌های ریزگردانی شدهٔ دما خروجی مدل ECHAM مقادیر ماهانه درجه ساعت سرمایش جهت برآورد نیاز سرمایشی برای ۶ ماه گرم سال محاسبه گردید. سپس رابطه و میزان همبستگی مقادیر درجه ساعت سرمایش با میزان ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی به دست آمد. بر اساس یافته‌های پژوهش، همبستگی معنی‌دار و معکوس میان ارتفاع و درجه ساعت سرمایش در همهٔ ماه‌های گرم سال نمایان است به گونه‌ای که با افزایش ارتفاع بر نیاز سرمایش کاسته و با کاهش ارتفاع افزوده می‌شود. این رابطهٔ معکوس با عرض جغرافیایی نیز همخوانی دارد و با افزایش عرض جغرافیایی نیاز سرمایش کاسته می‌شود؛ امّا در زمینه طول جغرافیایی مقادیر همبستگی رابطه قوی را نشان می‌دهد؛ همچنین رابطه بسیار قوی میان درجهٔ حرارت و درجهٔ ساعت برقرار است (جدول ۱).

جدول ۱ : رابطه ارتفاع، عرض و طول جغرافیایی و دما با نیاز سرمایش استان فارس

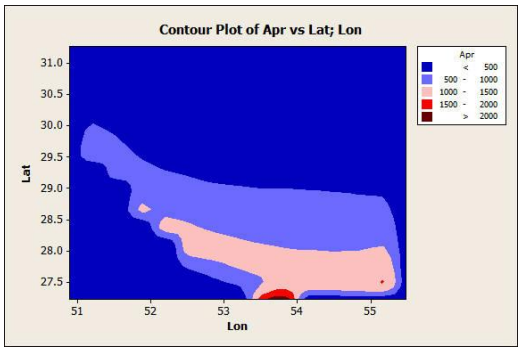
ماه/ سنجه	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	درجه حرارت به سانتی‌گراد
آوریل	-/۷۷۷**	-/۸۹۰**	/۳۸۰**	/۸۸۰**
مه	-/۸۰۲**	-/۸۹۸**	/۳۲۶**	/۹۰۴**
ژوئن	-/۸۲۹**	-/۸۶۴**	/۲۳۳**	/۹۳۰**
ژولای	-/۸۶۹**	-/۸۵۹**	/۱۱۲	/۹۶۸**
اوت	-/۸۷۹**	-/۸۸۷**	/۱۵۷	/۹۸۱**
سپتامبر	-/۸۵۴**	-/۸۷۵**	/۱۶۰*	/۹۶۲**
سالانه	-/۸۷۵**	-/۹۱۵**	/۲۰۲*	/۹۸۵**

*در سطح معنی داری ۹۵

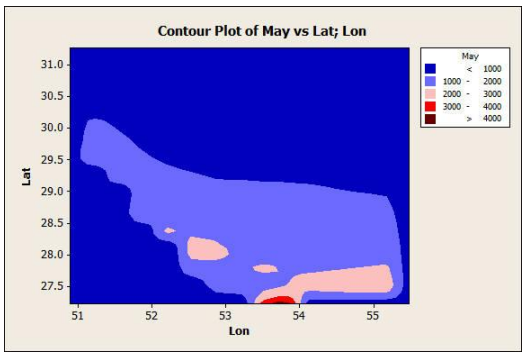
** درسطح معنی داری ۹۹

در ادامه رابطهٔ این فراسنج با طول و عرض جغرافیایی محاسبه و اشکال آن به تفکیک در هر ماه ترسیم گردید (شکل۱۶) الی (شکل ۲۲). همانگونه که در نمودارهای سه بُعدی مشاهده می‌شود در همهٔ ماه‌های سال هر چه از عرض‌های پایین استان به طرف عرض‌های بالاتر پیشروی شود بر میزان نیاز این فراسنج کاسته می‌شود که 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 آوریل ارتباط نیاز سرمایشی با میزان عرض دارای همبستگی معکوس برابر با ۰/۷۷۷- و با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ است. یعنی با افزایش عرض جغرافیایی نیاز سرمایش کاهش می یابد. روند کمینه و بیشینهٔ سرمایشی به ترتیب ۵۰۰ و ۲۰۰۰ درجه ساعت در این ماه است (شکل۱۶). در ماه می (شکل۱۷) میزان همبستگی مستقیم و معکوس میان نیاز سرمایش و عرض جغرافیایی برابر با ۰/۸۹۸- با ضریب معنی‌داری ۰/۰۱ است، همچنین در این ماه بالاترین میزان رابطه میان نیاز سرمایش با عرض جغرافیایی می‌باشد. در ماه ژوئن و ژولای رابطه و هم‌بستگی معنی‌دار و معکوس بین فراسنج سرمایش با عرض جغرافیایی به میزان تقریبی

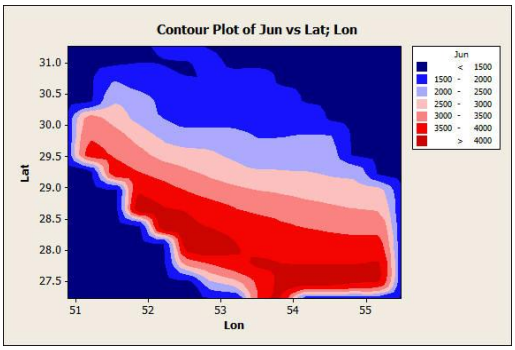
۰/۸۶۰- وجود دارد. ضمن اینکه در ماه ژولای بین طول جغرافیایی و میزان نیاز سرمایش رابطه خاصی مشاهده نمی‌شود. کمینهٔ نیاز سرمایش در این دو ماه ۱۵۰۰ درجه روز و بیشینه آن ۴۰۰۰ درجه ساعت می‌باشد (شکل ۱۸و ۱۹). در ماه‌های اوت و سپتامبر رابطهٔ معنی‌داری بیشتر از دو ماه قبل بوده و بین ۰/۸۷۵- و ۰/۸۸۸ متغیر است؛ اما همانند ماه‌های قبل رابطه معنی‌داری بین طول جغرافیای و میزان نیاز این فراسنج دیده نمی‌شود. بیشترین ضریب همبستگی درجه حرارت و عرض جغرافیایی نیز در این دو ماه نمایان می باشد (شکل ۲۰و۲۱).



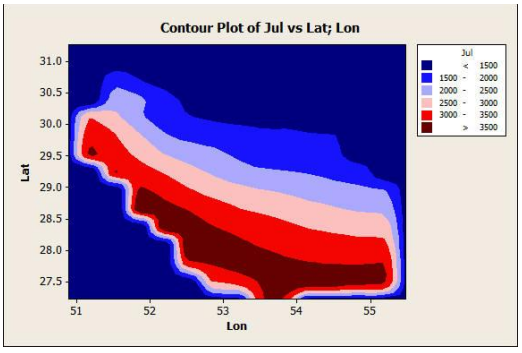
شکل ۱۷ : رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی در ماه آوریل



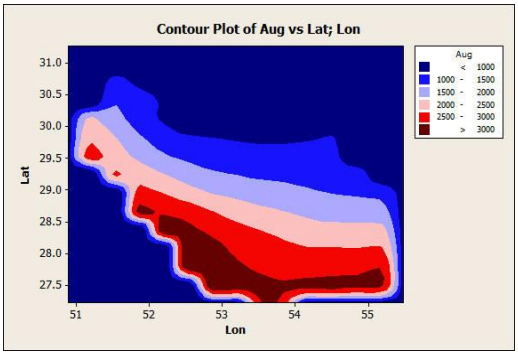
شکل۱۸ : رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی درماه می



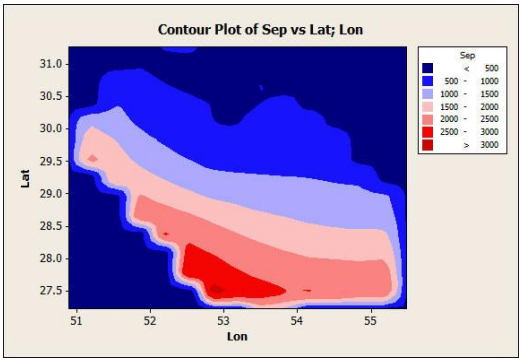
شکل ۱۹: رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی در ماه ژوئن



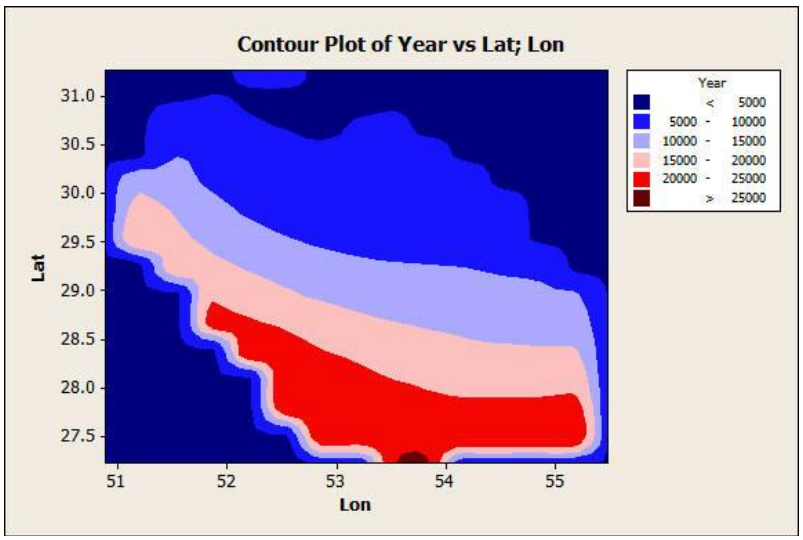
شکل ۲۰ : رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی در ماه ژولای



شکل ۲۱: رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی در ماه اوت



شکل ۲۲ : رابطه درجه ساعت سرمایش ماهانه باعرض و طول جغرافیایی در ماه سپتامبر



شکل ۲۳: رابطه میانگین سالانه درجه ساعت سرمایش با عرض و طول جغرافیایی

نتیجه گیری

واکاوی تغییرات زمانی مکانی نیاز سرمایش جهت آگاهی از تغییر اقلیم در یک منطقه بسیار مهم و ضروری است؛ چرا که یکی از نشانه‌های رخداد تغییر اقلیم، تغییر در فراسنج‌های اقلیمی از جمله دماست که رابطهٔ نزدیکی با درجه روز (سرمایش یا گرمایش) دارد. جهت واکاوی اثر گرمایش جهانی بر فراسنج‌های جوّی از مدل‌های گردش عمومی هوا بسته به نوع پایگاه داده و سناریوی انتخابی استفاده می‌شود. در این پژوهش نیاز سرمایش استان فارس با مدل EH5OM و تحت سناریو A1B که یک سناریو منطقی‌تر و متعادل‌تر در میان سناریوهای دیگر (خوش بینانه A1، بدبینانه B1) بوده استفاده گردید. بر اساس این سناریو بیشترین نیاز سرمایش استان در ماه‌های گرم سال را طی دهه‌های آتی بخش‌های جنوبی، شامل شهرستان‌های خنج، زرین‌دشت، لار، لامرد، فیروزآباد و قیرو کارزین خواهند داشت. بیشینهٔ نیاز سرمایش این مناطق و استان نیز در ماه‌های ژوئن و ژولای به ترتیب به میزان ۴۲۰۰ و ۳۸۰۰

درجه ساعت است. در واقع طبق این سناریو می‌توان بیان کرد که طی دهه‌های آتی در ماه‌های گرم سال، مناطق جنوبی استان گرم‌تر خواهند شد. همچنین بر طبق این سناریو کمترین میزان نیاز این فراسنج را بخش‌های شمالی استان دارا می باشند که کمینهٔ آن را شهرستان آباده در ماه آوریل به میزان ۳۰۰ درجه ساعت داراست. همچنین نتایج حاصل از واکاوی روند مکانی زمانی نیاز سرمایش استان فارس نشان داد که در دهه‌های آتی نیاز سرمایش در اکثر نقاط استان در فصل بهار و به ویژه در ماه‌های می و ژوئن افزایش خواهد یافت؛ در واقع این سناریو گرم‌تر شدن فصل بهار در استان فارس را نوید خواهد داد. بیشترین میزان گرم شدگی را نیمهٔ جنوبی استان در ماه می با شیب ۳ درجه ساعت در دهه خواهد داشت. این نتایج با نتایج کار روشن و همکاران در سال ۲۰۱۲ که با مدل های آماری نیاز سرمایش را واکاوی کرده و بیان داشتند که روند نیاز سرمایش مناطق گرم کشور در دهه‌های آینده دارای روند افزایشی است هم‌راستا است. نکتهٔ دیگر عدم تغییرات دمایی و نیاز سرمایش در فصل تابستان در استان می‌باشد. بیشترین ضریب همبستگی نیاز سرمایش با عرض جغرافیایی را ماه می به میزان ۰/۸۷۸ درصد داراست. نقش عرض جغرافیایی بیش از طول در تغییرات میزان نیاز سرمایش استان می‌باشد.

منابع

- اسماعیلی، رضا، امیر گندمکار و مجید حبیبی نوخندان (۱۳۹۰). ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۵، صص: ۱۸-۱.
- بابائیان، ایمان، عاطفه عرفانی، مریم کریمیان و راهله مدیریان (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 بین المللی انرژی.
- بابایان، ایمان، زهرا نجفی نیک، فاطمه زابل عباسی، مجید حبیبی نوخندان، حامد ادب و شراره ملبوسی (۱۳۹۳). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، جغرافیا و توسعه. دوره ۷، شماره ۱۶، صص: ۱۳۵-۱۵۲.
- رزم, سمانه، منصوره کوهی و آذر رضایی پور (۱۳۹۱). پهنه‌بندی و تحلیل بیوکلمای انسانی استان خراسان رضوی با استفاده از شاخص بیکر به منظور طراحی شهری و توسعه پایدار، چهارمین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد، دانشگاه مشهد.
- رمضانی، بهمن و زهرا کاظم نژاد (۱۳۹۳). واکاوی و اقلیم‌بندی مجموع میانگین نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو گیلان با تأکید بر مصرف گاز طبیعی خانوار، چشم انداز جغرافیایی در مطالعات انسانی، سال نهم، شماره ۲۵، صص: ۱-۱۶.
- مسعودیان، ابوالفضل، رضا ابراهیمی و الهام یاراحمدی (۱۳۹۳). واکاوی مکانی- زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین، جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۱۲، شماره ۲۳.

- مسعودیان، ابوالفضل، بهلول علیجانی، رضا ابراهیمی (۱۳۹۰). واکاوی میانگین مجموع درجه / روز نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران، پژوهشنامهٔ جغرافیایی، شماره ۱، صص: ۲۳-۳۶.
- Craig, R. (2011) Energy system impact. Technical report, FSU College of Law, Public Law Research Paper No. 503.
- Frank, T. (2005). Climate change impacts on building heating and cooling energy demand in Switzerland. *Energy and buildings*, 37(11), 1175-1185.
- Grifoni, R. C., pierantozzi, M., & Tascini, S. (2012). Outdoor Thermal Comfort and Local Climate Change: Exploring Connections.
- Jiang, F., Li, X., Wei, B., Hu, R., & Li, Z. (2009). Observed trends of heating and cooling degree-days in Xinjiang Province, China. Theoretical and applied climatology, 97(3-4), 349-360.
- Labriet, M., Kanudia, A., & Loulou, R. (2012). Climate mitigation under an uncertain technology future: A TIAM-World analysis. Energy Economics, 34, S366-S377.
- Linrterud, K., Mideksa, T. K., & Eskeland, G. S. (2011). The impact of climate change on nuclear power supply. The Energy Journal, 32(0), 1.20.
- Oktay, Z., Coskun, C., & Dincer, I. (2011). A new approach for predicting cooling degree-hours and energy requirements in buildings. Energy, 36(8), 4855-4863.
- 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.
- Pusat, S., & Ekmekci, I. (2015). A study on degree-day regions of Turkey. Energy Efficiency, 1-8. DOI 10.1007/s12053-015-9378-7.
- Randall, D. A., Wood, R. A., Bony, S., Colman, R., Fichefet, 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.
- Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., 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.
- Rimante,Cox.,Martin,D.,Carsten,R&Susanne, B(2015).Simple future weather files for estimating heating and cooling demand Building and Environment 83 (2015) 104-114.
- Schaeffer, R., Szklo, A. S., de Lucena, A. F. P., Borba, B. S. M. C., Nogueira, L. P. P., Fleming, F. P., ... & Boulahya, M. S. (2012). Energy sector vulnerability to climate change: a review. Energy, 38(1), 1-12.
- Sequera, P., Rhone, O., González, J. E., Ghebreegziabher, A. T., Bornstein, R., & Lebassi, B. (2011, January). Impacts of climate changes in the Northern Pacific Coast on related regional scale energy demands. In ASME 2011 5th International Conference on Energy Sustainability (pp. 249-257). American Society of Mechanical Engineers.
- Taseska, V., Markovska, N., & Callaway, J. M. (2012). Evaluation of climate change impacts on energy demand. Energy, 48(1), 88-95.

- 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.
- Yildiz, I., Yue, J., Nguyen-Quang, T., Lowrey, J., & Yildiz, A. C. (2013). Spatial Correlations and Distributions of Heating and Cooling Degree-Day Normals in Turkey. In Causes, Impacts and Solutions to Global Warming (pp. 37-59). Springer New York.