



مدلسازی دورنمای رابطه میانگین دما و درجه روز سرمایش و گرمایش سالانه ایران

رضا ابراهیمی^۱، الهام مهدوی نژاد^۲

چکیده

درجه روز یک شاخص پویا آب و هوایی است که مورد استفاده در طیف وسیعی از برنامه های کاربردی از جمله طراحی مسکن، مدیریت انرژی، کشاورزی، حمل و نقل و صدها عامل دیگر است. گرمایش جهانی و مدیریت انرژی از یکسو و محیط زیست پایدار از سوی دیگر ایجاب می نماید تا نگاهی ویژه به دورنمای انرژی و مدیریت آن داشت. این پژوهش با هدف توسعه یک مدل ساختارمند برای محاسبه درجه روز از درجه حرارت سالانه کشور به رشته تحریر در آمده است. به این منظور نخست داده های دمای روزانه مدل EH50M، طی دوره آماری (۲۰۵۰-۲۰۱۵ میلادی)، تحت سناریو AIB با تفکیک مکانی ۱/۷۵ درجه قوسی، برای گستره ایران بارگیری گردید. در گام بعدی داده های نامبرده با تفکیک مکانی ۰/۲۷×۰/۲۷ قوسی توسط مدل REGCM4 ریزمقیاس گردیدند. درجه روز گرمایش (HDD) و سرمایش (CDD) کشور با استفاده از آستانه پیشنهادی انجمن استاندارد علوم ایالات متحده آمریکا (۲۳/۹ درجه سانتیگراد برای سرمایش و ۱۸/۳ درجه سانتیگراد برای گرمایش) محاسبه گردید. در نهایت رابطه بین میانگین دمای روزانه دما و درجه روز با استفاده از رگرسیون غیرخطی چندگانه و با برازش معادلات کوپیک و کوادراتیک محاسبه شد. نتایج نشان می دهد یک رابطه بسیار قوی بین درجه حرارت سالانه و درجه روز برقرار است. ترکیب انحراف استاندارد (SD)، عرض جغرافیایی و ارتفاع منجر به افزایش دقت پیش بینی مدل ($R^2 > .94$) شده است که نشان از نقش تغییرات مکانی بالای این دو فراسنج و همسویی چند جانبه عوامل محیطی است. تفاوت کلیدی درجه روز سرمایش نسبت به درجه روز گرمایش در مدل های ارائه شده برای پیش بینی سرمایش، ارجحیت توان درجه دو میانگین دمای سالانه است، ولی در مدل های ارائه شده برای پیش بینی گرمایش توان اول میانگین دمای سالانه (□) ارجحیت بالاتری دارد. همچنین ضریب همبستگی معکوس و معنی داری نیز بین میانگین دما و درجه روزهای گرمایش و سرمایش سالانه وجود دارد.

کلیدواژه: دما، درجه روز گرمایش و سرمایش، مدل RegCM4، مدل EH50M، ایران

^۱ - دانشجوی دکتری مخاطرات جوی دانشگاه یزد، یزد، ایران Ebrahimi reza7679@yahoo.com

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد ابخیزداری دانشگاه یزد، یزد، ایران

مقدمه

تغییر آب و هوا از بزرگترین چالش های محیطی است که جهان امروز به واسطه افزایش دما از آن متاثر شده و در نتیجه آن، الگوهای آب و هوایی تغییر کرده است (شمسی پور، ۱۳۹۳). مهمترین پیامدهای تغییر اقلیم افزایش میانگین دمای کره زمین، افزایش فرین های آب هوایی نظیر سیل، توفان، تگرگ، طوفان های حاره ای، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ های قطبی، امواج گرمایی و سرماهای نابهنگام خواهد بود (حق طلب، ۱۳۹۲).

گرم شدن کره زمین به موجب افزایش گازهای گلخانه ای به عنوان بزرگ ترین معضل عصر مدرن شناخته شده است به گونه ای که در گذر چند سال اخیر همواره یکی از محورهای اصلی سران کشورهای جهان، مسئله تغییر اقلیم بوده است. اینکه پدیده گرمایش جهانی بر اثر پدیده های طبیعی یا انسانی و یا هر دو ایجاد می شود امروزه به یکی از موضوعات چالش برانگیز در علوم جوی تبدیل شده است (روشن وگرب، ۲۰۱۲). در بین فراسنج های آب و هوایی متاثر از تغییرات آب هوایی دما یکی از مهم ترین آنهاست. با نگاهی گذرا می توان به نقش انکار نشدنی این فراسنج پی برد؛ چرا که دما طیف بی نظیری از محیط را تحت تاثیر خود قرار می دهد که می توان به معماری ساختمانها (باعقیده و داداشی رودباری، ۱۳۹۳)، تولید انرژی (برداریک و همکاران^۱، ۲۰۱۵)، ذوب برف (احمدی و داداشی رودباری، ۱۳۹۴)، یخبندان (بذرافشان و رحیمی، ۱۳۹۳)، رشد گیاه (ونگ و همکاران^۲، ۲۰۱۲)، گل دهی گیاهان (فلاح قاهری و احمدی، ۱۳۹۴)، برداشت محصول (ریتر^۳، ۲۰۱۵)، انرژی مصرفی برای گرمایش و سرمایش شهرهای بزرگ (هووارد و همکاران^۴، ۲۰۱۵)، سیستم های ترابری (دلایی و همکاران، ۱۳۹۳) و بیماری (بورا و همکاران، ۲۰۱۵) همگی در پیوند با ارزش نسبی دما

¹ Broderick and et al.

² Wang and et al.

³ Reiter

⁴ Howard and et al.

می‌باشند. از تفاوت بین میانگین روزانه دما با آستانه دمایی معین در دوره مشخصی از سال شاخصی به نام درجه روز به دست می‌آید (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). درجه روز عبارت است از اندازه‌گیری میانگین دمای هوا با استفاده از دمای آستانه، که این آستانه‌های دمایی انتخاب شده برای محاسبه درجه روز سرمایش و گرمایش بستگی به اهداف ویژه دارد (خلیلی و همکاران، ۱۳۷۹). برای نمونه درجه روز انتخابی برای آسایش انسان ۱۸ درجه می‌باشد (کدی اغلو و سن، ۱۹۹۸). همچنین این آستانه دمایی به عنوان میانگین دمای کشور بوده که جهت محاسبه درجه روز گرمایش و حتی سرمایش از آن استفاده شده است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). همان گونه که مشخص است بین دما و درجه روز رابطه منطقی برقرار است به گونه‌ای که با افزایش دما نیاز سرمایش و با کاهش دما نیاز گرمایش افزایش می‌یابد و بالعکس. بنابراین بررسی متغیرهای اتمسفری مانند دما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که شناخت کافی از تغییرات آب و هوایی می‌تواند چراغ راهی برای برنامه‌های کلان اقتصادی و توسعه‌ای کشور قلمداد گردد.

همانطور که در آغاز این نوشتار مشخص گردید، دما یکی از مهمترین فراسنج‌های آب و هوایی بوده و به نوعی می‌توان آن را به اتاق فرمان محیط تعبیر کرد؛ اهمیت این فراسنج آب هوایی باعث شد که طیف بی‌ظنیری از پژوهش‌ها در زمینه‌های مختلف از سوی پژوهشگران به رشته تحریر در آید که در ادامه با چند مورد از آنها اشاره خواهد شد.

برخی پژوهش‌ها به ارزیابی نیاز گرمایش و سرمایش و رابطه آن با صنایع پرداختند که توان به پژوهش یلدیز و سوسا اغلو (۲۰۰۷) اشاره کرد که توزیع فضایی میانگین درجه روز گرمایش و سرمایش ماهانه و سالانه مورد نیاز صنایع در ترکیه را مورد واکاوی - قرار دادند. نتایج به دست آمده بیانگر این است که بیشترین درجه روز مورد نیاز گرمایش را نواحی داخلی ترکیه با بیشینه آستانه دمایی ۱۴ درجه سانتیگراد دارا است. محاسبه درجه روز گرمایش و سرمایش ماهانه و سالانه صنایع ساحلی عربستان سعودی

پژوهش دیگری است که رحمان و همکاران (۲۰۱۰) بدان مبادرت ورزیدند؛ نامبردگان با استفاده از داده های دمای حداکثر و حداقل دما طی دوره آماری ۳۷ ساله (۲۰۰۶-۱۹۷۰) در پنج شهر ساحلی عربستان درجه روز گرمایش و سرمایش ماهانه و سالانه صنایع را با پایه های دمایی ۲۴، ۲۰، ۱۸، ۱۳ درجه سانتیگراد برای مناطق مختلف عربستان سعودی تخمین زدند.

طیف وسیعی از پژوهش های انجام شده در سطح جهان ضمن محاسبه نیاز گرمایش و سرمایش روند آن را کانون توجه خود قرار داده اند که در شاخص ترین آنها می توان به پژوهش جیانگ و همکاران^۱ (۲۰۰۹) اشاره کرد. این پژوهشگران گرمایش و سرمایش اگزینجیانگ^۲ چین را با آستانه دمایی ۱۸ و از طریق آزمون آماری من کندال محاسبه کردند. نتایج نشان داد که در فصل پاییز درجه روز گرمایش روندی کاهشی داشته است، در حالی که روند درجه روزهای سرمایش ایستگاه ها در فصل تابستان دارای روند افزایشی است.

هر چند که منطق وجودی نیاز گرمایش و سرمایش برای مدیریت انرژی است اما تعداد پژوهش هایی کمی مصرف انرژی را کانون توجه خود قرار دادند در این بین پاپاکوستاس و همکاران (۲۰۰۹) به ارائه یک مدل جدید به منظور محاسبه درجه ساعت برای مصرف انرژی مورد نیاز گرمایش و سرمایش با استفاده از داده های دمای ۴۰ ایستگاه هواشناسی در سرتاسر یونان در طی دوره آماری ۲۰۰۴-۱۹۵۴ پرداختند و انرژی مورد نیاز در بخش های مختلف کشور را تشریح کردند. مصرف انرژی و مدیریت آن در کشورهایی که بهره کمتری از نعمت خدای سوخت های فسیلی برده اند اهمیت بیشتری دارد، هنگ کنگ به عنوان یک بندر تجاری و قطب تجارت مشرق زمین تاکنون طرح ها و پژوهش های گسترده ای را به منظور مدیریت مصرف انرژی و نیاز گرمایش و سرمایش را کانون توجه خود قرار داده است در شاخص ترین این پژوهش ها لی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تغییرات اقلیمی بر روی مصرف انرژی در هنگ

^۱ Jiang and et al.

^۲ Xinjiang

کنگ پرداختند نتایج بیانگر این امر بوده که تغییرات مشخص و افزایشی در میزان مصرف انرژی الکتریسیته در نواحی تجاری و خانگی این بندر مهم تجاری وجود دارد. سایر پژوهش نیز بیشتر محاسبات نیز تنها درجه روز گرمایش و سرمایش را مورد توجه قرار داد؛ مورد (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به توسعه یک معادله برای محاسبه درجه روز از داده‌های درجه حرارت با کیفیت پایین از طریق بررسی رابطه بین درجه روز و درجه حرارت متوسط سالانه از ۵۵۱۱ نقطه در سراسر جهان، با استفاده از رگرسیون غیرخطی چندگانه پرداخت. نتایج بیانگر رابطه مثبت بین درجه حرارت سالانه و درجه روز است. بورا و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به واکاوی، درجه روزهای گرمایش و درجه روزهای سرمایش برای شمال شرق هند پرداختند و مناطق گرمایشی و سرمایشی شمال شرق این کشور را تشریح کردند.

بر خلاف طیف وسیع پژوهش‌های انجام شده در سطح جهانی پژوهش‌های انجام شده در کشور به جهت کمی و کیفی اندک هستند بخش اعظم این پژوهش‌ها تنها درجه روز گرمایش و سرمایش کشور را کانون توجه خود قرار دادند که به چند مورد به صورت خلاصه اشاره می‌شود مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی به واکاوی درجه روزهای گرمایش و سرمایش ایران با استفاده از داده‌های میانگین دمای روزانه ایران در دوره آماری ۴۴ ساله (۱۳۸۴-۱۳۴۰) پرداختند. نتایج پژوهش آنان سه قلمرو گرمایشی و سرمایشی متفاوت را برای ایران آشکار ساخت که عبارتند از: ۱- قلمرو کوهستانی، ۲- قلمرو کوهپایه‌ای و ۳- قلمرو جلگه‌ای و پست و بیابانی. روند ماهانه درجه روز گرمایش ایران با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال و شیب روند طی همان دوره آماری پیشین پژوهش دیگری است که مسعودیان و همکاران (۱۳۹۳) بدان پرداخته‌اند نتایج پژوهش نشان از روند مثبت نیاز گرمایشی در شمال کردستان و زنجان در فصول بهار و پاییز بوده است. میانگین مجموع درجه روز گرمایش و سرمایش ماهانه، فصلی و سالانه استان گیلان پژوهشی است که توسط رضانی و کاظم نژاد (۱۳۹۳) انجام شده است آنچه پژوهش حاضر را با پژوهش مسعودیان و همکاران

(۱۳۹۰) متمایز نموده است آستانه دمایی (مؤسسه استاندارد آمریکا) ۱۸/۳ و ۲۳/۹ درجه سانتی گراد بوده است و دو قلمرو گرمایش و سرمایش هموار و ناهموار را برای استان گیلان ارائه دادند؛ هر چند که پژوهش در نتیجه نسبت پژوهش مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) نتیجه جدیدی ارائه نکرده ولی نشان داده است که تغییرات مکانی-زمانی نیاز گرمایشی کشور با ارتفاعات و شکل شناسی آنها عجین شده است. واکاوی اثر تغییر اقلیم بر مصرف انرژی (گرمایش و سرمایش) ایران با استفاده از مدل MAGICC برای دوره ۲۰۲۵ تا ۲۱۰۰ میلادی تحت دو سناریو A1 و B1 پژوهشی است که روشن و گرب (۲۰۱۲) بدان احتمال ورزیده اند آنان به این نتیجه رسیده اند که بیشینه نیاز به گرمایش محیط در ماه ژانویه و بیشینه میزان نیاز به سرمایش در ماه ژوئیه اتفاق خواهد افتاد. همچنین آنان نشان دادند که نیاز به سرمایش ایران در دوره‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۷۵ در نواحی مرکزی و جنوب شرقی کشور افزایش می یابد.

این پژوهش ضمن ارزیابی دورنمای نیاز گرمایش و سرمایش ایران با استفاده از داده های EH5OM دو هدف کلی را به شرح زیر دنبال می نماید: ۱- محاسبه درجه روز از طریق آستانه دمایی مورد نظر و ایجاد یک رابطه بین میانگین دمای هوا و درجه روز سرمایش و گرمایش. ۲- ارائه یک مدل برای پیش بینی درجه روز گرمایش و سرمایش از طریق ارتباط آن با میانگین دمای روزانه.

توصیف پایگاه داده EH5OM

در این پژوهش از پایگاه داده EH5OM برگرفته از موسسه ماکس پلانک آلمان تحت سناریو A1B استفاده شد. EH5OM یکی از مدل های ترکیبی جو-اقیانوس می باشد (AOGCMs) که ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی است مدل ترکیبی EH5OM یکی از موفق ترین مدل های CMIP3 در شبیه سازی آب و هوا نسبت به مدل های قرن بیستم است.. داده های این مدل با قدرت تفکیک ۱,۷*۱,۷ درجه طول و عرض جغرافیایی است و با ابعاد ۲۰۰*۲۰۰ کیلومتر کل سطح زمین را

پوشش می دهد. طر حواره های مورد استفاده در مدل EH5OM در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. طر حواره های مورد استفاده در مدل EH5OM

| نام مدل | ارائه دهنده |
|------------------------------|--------------------------|
| شرایط ثانویه مرزی | holtslag PBL (1990) |
| شرایط اولیه مرزی | holtslag PBL (1990) |
| شرایط همرفتی | emanuel (1991) |
| گرل، طرح خوشه بندی (کومولوس) | arakawa & schubert(1974) |
| رطوبت، | subex, pal et al (2000) |
| نیروی گرادبان فشار | arakawa & schubert(1974) |

منبع: نیلی و همکاران، ۲۰۱۰

مشخصات فیزیکی مدل اقلیم منطقه ای (RegCM4)

مدل مورد استفاده جهت ریز مقیاس نمایی نسخه چهارم مدل اقلیم منطقه ای مرکز فیزیک نظری عبدالسلام است. این مدل از معادلات هیدروستاتیک استفاده می کند، سیستم مختصات آن همانند مدل هواشناسی میان مقیاس MM4، سیگما است. قدرت تفکیک قائم مدل شامل ۱۸ سطح است که ۷ سطح آن زیر لایه ۸۰۰ هکتو پاسکال قرار دارد. مدل RegCM4 برای اجرا، به داده های توپوگرافی (TOPO)، پوشش سطح زمین (GLCC) دمای سطح دریا (SST) و شرایط اولیه و مرزی نیاز دارد.

روش تحقیق

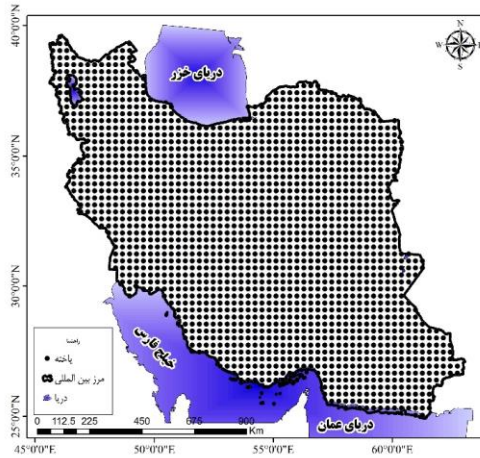
الف) داده های مورد استفاده

در این پژوهش به منظور ارزیابی دورنمای نیاز سرمایی (CDD) و گرمایی (HDD) ایران تحت اثر گرمایش جهانی بر از میانگین دمای روزانه از پایگاه داده EH5OM استفاده گردید. EH5OM یک مدل گردش کلی جو^۲ - اقیانوس^۲؛ از سری پنجم مدل گردش عمومی جو^۲ با هسته دینامیکی (ECHAM)، پروژی اقلیمی T63 برای

Nellie et al²¹
² AOGCM

۳۱ سطح جوّ تا نزدیک ۱۰ هکتوپاسکال موجود بوده که در موسسه پلانک به صورت روزانه از تاریخ ۱۹۶۰/۰۱/۰۱ تا ۲۱۰۰/۱۲/۳۱ تحت سناریو A1B پنل بین المللی تغییر اقلیم^۱ تولید شده اند (روکنر و همکاران، ۲۰۰۶؛ ریچارد و کیم، ۲۰۰۸؛ امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴). طرحواره های مورد استفاده در مدل EH50M در جدول شماره (۱) ارائه شده است. تدبیر بکارگیری سناریو (A1B) از بین سایر سناریو های موجود بدین جهت است که این سناریو بر این عقیده است که در آینده، استفاده از منابع سنگواره ای و غیر سنگواره ای به طور متعادل استفاده می شود (شمسی پور، ۱۳۹۳) لذا فرض های این سناریو با واقعیت موجود و آینده نزدیک همخوانی بیشتری داشته است و نتایج حاصل از آن را می تواند با اطمینان بیشتری مورد بحث قرار داد. در گام بعدی به منظور آشکار سازی بهتر مرز تعییرات نیاز سرمایشی (CDD) و گرمایشی (HDD) کشور از مدل ریز مقیاس نمایی منطقه ای REGCM4 استفاده گردید. داده های خروجی مدل ریزگردانی شده (متوسط دمای روزانه) با ابعاد ۲۷×۰/۲۷. درجه قوسی که حدوداً یاخته هایی با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر ایران را پوشش می دهند بدست آمده است. بعد از شبیه سازی، داده های دمای هوا روزانه در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰-۲۰۱۵) توسط مدل استخراج گردید. ابعاد یاخته ها ۱۳۱۴۰×۲۱۴۰ می باشد. در این ماتریس سطرها (۱۳۱۴۰) نشان دهنده زمان (ساعت، روز، سال) و ستون ها یاخته های میان یابی شده با ابعاد ۳۰×۳۰ کیلومتر می باشند. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

¹ International panel of climate change



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه

(ب) آستانه دمایی محاسبه نیاز سرمایش (CDD) و گرمایش (HDD)

جهت محاسبه درجه روزهای گرمایش و سرمایش از آستانه های دمایی متفاوتی بسته به اهداف و ویژگی های اقلیمی منطقه استفاده می شود. لذا در این پژوهش برای محاسبه درجه روز گرمایش از آستانه های دمایی ۱۸/۳ درجه سانتیگراد و برای سرمایش از آستانه ۲۳/۹ درجه سانتیگراد طبق تعریف انجمن استاندارد آمریکا (انجمن استاندارد علوم ایالات متحده آمریکا^۱، ۲۰۰۹؛ روشن و گرب، ۲۰۱۲) استفاده شد.

(ج) محاسبه درجه روز سرمایش (CDD) و گرمایش (HDD)

در این پژوهش برای محاسبه درجه روز گرمایش از رابطه ی زیر بهره می بریم.

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

T_{meani} میانگین دمای روزانه هوا طی بازه (۲۰۱۵-۲۰۵۰) می باشد که به صورت $T_{meani} = (T_{maxi} + T_{mini}) / 2$ تعریف می شود جایی که (T_{maxi}, T_{mini}) دمای کمینه و بیشینه روزانه می باشند و T_{bh} پایه های دمایی مورد استفاده است. روش محاسبه درجه روز سرمایش نیز به طریق زیر می باشد.

^۱ A. S. H. R. A. E

$$CDD = \sum_{i=1}^n (T_{meani} - T_{bc})^+ \quad (2)$$

T_{bc} آستانه دمایی مورد استفاده برای محاسبه درجه روز سرمایش است (جیانگ و همکاران ۲۰۱۰؛ رحمان و همکاران، ۲۰۱۰؛ مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰).

پس از اعمال این روش بر روی آرایه ی درجه روزهای گرمایش و سرمایش سالانه نیز به ابعاد (۱×۱۲۴۰) به دست آمد.

محاسبه درجه روز سالانه

$$CDD_Y = \sum_{I=1}^{CY} T_{CI} \quad (3)$$

در این رابطه T_{CI} تعداد درجه روزهای هر سال و CDD_Y جمع درجه روزهای سالانه را نشان می دهد =.

$$HDD_Y = \sum_{I=1}^{HY} T_{HI} \quad (4)$$

در این رابطه T_{HI} تعداد درجه روزهای هر سال و HDD_Y جمع درجه روز گرمایش سالانه را نشان می دهد است (ماتزراکیس و بالافوتیس ، ۲۰۰۶).

د) رگرسیون

رگرسیون چندگانه برای ساخت مدل های پیش بینی جهت بررسی رابطه بین درجه روز سالانه و پارامترهای آب و هوا استفاده شده است. این پژوهش از روش گام به گام، که یک روش محبوب و بسیار موثر برای ساخت مدل های رگرسیون است (انجمن استاندارد علوم ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹) استفاده شد. با توجه به معادلات دراپر و اسمیت (۲۰۱۴) رگرسیون گام به گام یکی از بهترین روش ها برای انتخاب متغیر است. تفاوت بین روش گام به گام و روش انتخاب رو به جلو این است که روش گام به گام نیز اجازه حذف متغیرهایی که غیر آماری می باشند را می دهد (مورشد، ۲۰۱۲). در این مطالعه، مدل های جداگانه با استفاده از درجه روز گرمایش سالانه، (HDD) و درجه روز سرمایش سالانه (CDD) به عنوان متغیرهای وابسته ساخته شده است. درجه حرارت

متوسط سالانه (T)، انحراف استاندارد از میانگین درجه حرارت ماهانه آن (sd°)، ارتفاع E (متر) و عرض جغرافیایی از محل به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب اند.

نتایج و بحث

درجه روز گرمایش HDD₁₈

نتایج رگرسیون گام به گام برای درجه روز گرمایش (HDD_{18.3}) در جدول ۲ و ۳ آورده شده است. طبق شاخص های آماری سه مدل برازنده تر و شاخص های آماری مانند ضریب تبیین، درجه آزادی و درجه معنی داری آنها در جدول ۲ خلاصه شده است. از ضریب تبیین R² برای تفسیر نتایج استفاده شد. با توجه به بتای ۰/۹۸۵- و ضریب تبیین = ۰/۹۷۱، توان اول دمای میانگین (□) یک شاخص پیش بینی کننده مهم در این مدل ها می باشد. با افزودن □^۴ به مدل ۲، □^۴ و □^۲ مدل ۳، میزان ضریب تبیین به ترتیب ۰/۰۰۴ و ۰/۰۰۲ افزایش می یابد. با توجه به اینکه با وارد کردن توان دوم و چهارم درجه حرارت میانگین میزان افزایش F اندک است و خطای استاندارد تا ۱۳۱/۲۵ کاهش یافته ولی میزان ضریب تبیین ۰/۹۷ است بنابراین مدل ۲ و ۳ تفاوتی نسبت به مدل ۱ نشان نمی دهند.

جدول شماره (۲) رگرسیون گام به گام برای HDD₁₈

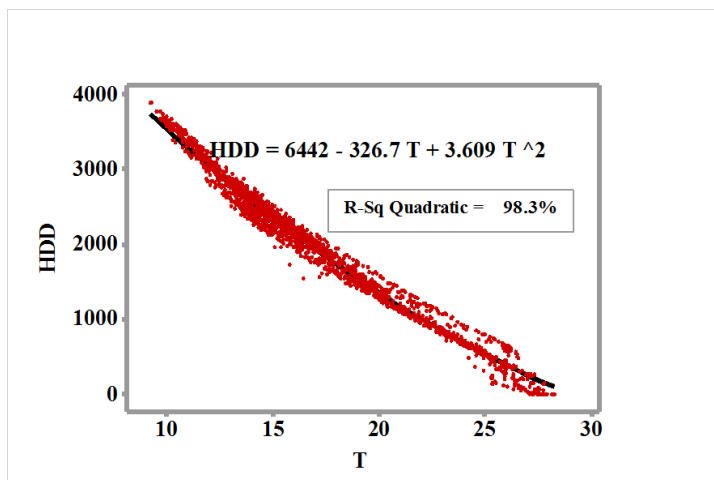
| مدل | شاخص های پیش بینی | R | R ² | std.error | Change statis | | |
|-----|---------------------------------------|-------|----------------|-----------|----------------|-----------|-----|
| | | | | | R ² | F | df1 |
| ۱ | bo, □ | ۰/۹۸۵ | ۰/۹۷۱ | ۱۴۹/۱۹ | ۰/۹۷۱ | ۷۱۱۰۹/۷۵۲ | ۱ |
| ۲ | bo, □, □ ^۴ | ۰/۹۸۸ | ۰/۹۷۵ | ۱۳۷/۶۳ | ۰/۰۰۴ | ۳۷۴/۸۱۵ | ۱ |
| ۳ | b, □, □ ^۴ , □ ^۲ | ۰/۹۸۹ | ۰/۹۷۷ | ۱۳۱/۲۵ | ۰/۰۰۲ | ۲۱۳/۶۸ | ۱ |

میزان ضریب بتا (β) و F در جدول ۱ و ۲ بیانگر این است که به جز مقدار ثابت در معادلات (bo)، عامل درجه حرارت میانگین با توان درجه یک اهمیت بیشتری نسبت

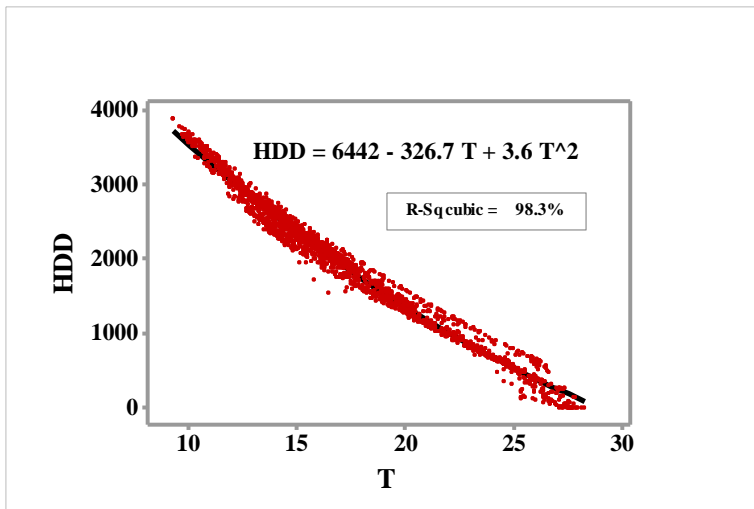
به بقیه ی عوامل (انحراف استاندارد، عرض جغرافیایی و ارتفاع) ورودی به مدل ها را دارد.

جدول شماره (۳) ضرایب رگرسیون برای HDD₁₈

| مدل | شاخص های پیش بینی | Unstandardized coefficients | | Standardized coefficients | t |
|-----|-------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|--------|
| | | b | Std.error | β | |
| ۱ | bo | ۵۲۶۷ | ۱۲/۷۴ | | ۴۱۲/۰ |
| | □ | -۱۹۲/۱ | ۰/۷۱ | -۰/۹۸۵ | -۲۶۶/ |
| ۲ | bo | ۵۷۱۵/۶۷ | ۲۶/۷۷ | | ۲۱۳/۴ |
| | □ | -۲۲۷/۷ | ۱/۹۹ | -۱/۱۷ | -۱۱۴/۱ |
| | □ ^۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۹۹ | ۱۹/۳ |
| ۳ | bo | ۴۹۲۵/۹۵ | ۵۹/۷۵ | | ۸۲/۴ |
| | □ | -۹۹/۳ | ۸/۹۸ | -۰/۵۱۲ | -۱۱/۰ |
| | □ ^۲ | -۵/۵۸ | ۰/۳۸۲ | -۱/۰۷۹ | -۱۴/۶ |
| | □ ^۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۰۰ | ۰/۶۳۱ | ۲۰/۲ |



شکل ۱- رابطه بین میانگین دمای سالانه و درجه روز گرمایش با آستانه دمایی ۱۸ درجه با استفاده از معادله ی کوادراتیک در قلمرو ایران زمین



شکل ۲- رابطه بین میانگین دمای سالانه و درجه روز گرمایش با آستانه دمایی ۱۸ درجه با استفاده از معادله کویبک در قلمرو ایران زمین

۵- درجه روز سرمایش $CDD_{23.9}$

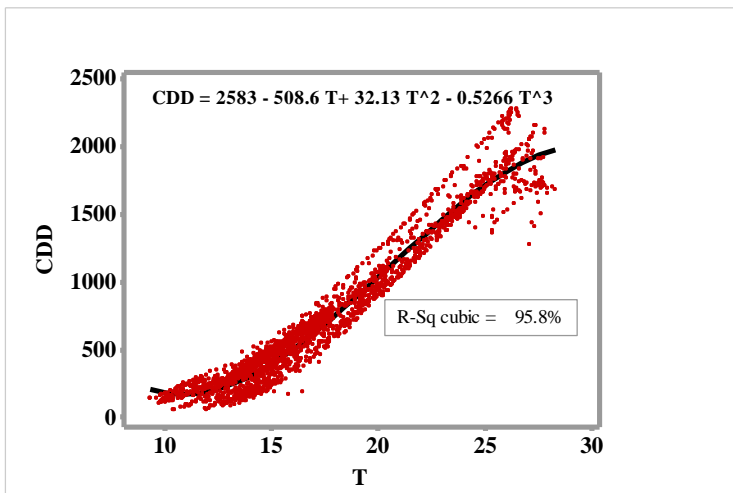
تفاوت مدل‌های مختلف رگرسیون گام به گام برای درجه روز سرمایش در جدول ۴ آورده شده است. تفاوت کلیدی در CDD نسبت به HDD این است که در مدل‌های ارائه شده برای پیش‌بینی CDD ، توان درجه دو میانگین دمای ماهانه ولی در مدل‌های ارائه شده برای پیش‌بینی HDD توان اول میانگین دمای ماهانه (\square) نقش مهم‌تری را ایفا می‌کند. نمودار پراکنش CDD در شکل ۳ و ۴ با استفاده از منحنی کویبک و درجه چهار برازش داده شده است. هر دو منحنی بسیار شبیه هم هستند به جز در نقاط ابتدایی نمودار که شامل دماهای حداقل می‌شود. با توجه به جدول مقدار R و R^2 در مدل‌های ۱ تا ۳ به صورت تدریجی افزایش می‌یابند. در حالی که میزان $Sig=0.000$ است. ضرایب رگرسیون برای CCD در جدول ۴ نمایش داده شده است، همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است معادله کویبک با R^2 ، $95/8$ از دقت بالایی نسبت به معادله کوادراتیک برخوردار است و به نتایج حاصله از این مدل برای دور نمایی نیاز سرمایش کشور می‌توان اطمینان بیشتری داشت.

جدول شماره (۴) - رگرسیون گام به گام برای CDD_{23.9}

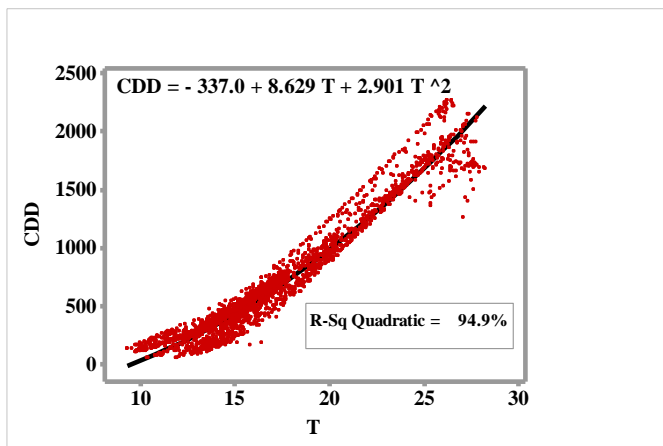
| مدل | شاخص‌های پیش-بینی | R | R ² | std.error | Change statist | | | |
|-----|---|-------|----------------|-----------|----------------|----------|-----|------|
| | | | | | R ² | F | df1 | df2 |
| ۱ | bo, \square^2 | ۰/۹۷۴ | ۰/۹۴۹ | ۱۲۲/۵۶ | ۰/۹۴۹ | ۳۹۶۵۴/۴۶ | ۱ | ۲۱۳۶ |
| ۲ | bo, \square^4 , \square^2 | ۰/۹۷۵ | ۰/۹۵ | ۱۲۱/۲۳ | ۰/۰۰۱ | ۴۷/۹۱ | ۱ | ۲۱۳۵ |
| ۳ | bo, \square , \square^4 , \square^2 | ۰/۹۷۵ | ۰/۹۵۱ | ۱۱۹/۶۸ | ۰/۰۰۱ | ۵۶/۷۶ | ۱ | ۲۱۳۴ |

جدول شماره (۵) - ضرایب رگرسیون برای CDD_{23.9}

| مدل | شاخص‌های پیش-بینی | Unstandardized coefficients | | Standardized coefficients | t |
|-----|-------------------|-----------------------------|-----------|---------------------------|--------|
| | | b | Std.error | β | |
| | | | | | |
| ۱ | bo | -۲۶۰/۵۷۵ | ۵/۶۲ | | -۴۶/۳۰ |
| | \square^2 | ۳/۱۲۹ | ۰/۰۱۶ | ۰/۹۷۴ | ۱۹۹/۱۳ |
| ۲ | bo | -۳۳۹/۸۳ | ۱۲/۷۳ | | -۲۶/۶۹ |
| | \square^2 | ۳/۶۳ | ۰/۰۷۵ | ۱/۱۳ | ۴۸/۶۳ |
| | \square^4 | -۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۰ | -۰/۱۶ | -۶/۹۲ |
| ۳ | bo | ۵۹/۶۱ | ۵۴/۴۸ | | ۱/۰۹ |
| | \square | -۶۱/۷۴ | ۸/۱۹۵ | ۱/۵۳۹۳ | -۷/۵۳ |
| | \square^2 | ۶/۲ | ۰/۳۴۸ | ۱/۹۳ | ۱۷/۷۹ |
| | \square^4 | -۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰ | -۰/۴۵ | -۱۰/۰۳ |



شکل ۳- رابطه بين ميانگين دمای سالانه و درجه روز سرمايش با آستانه دمایی ۱۸ درجه با استفاده از معادله کويبک در قلمرو ايران زمين



شکل ۴- رابطه بين ميانگين دمای سالانه و درجه روز سرمايش با آستانه دمایی ۱۸ درجه با استفاده از معادله ی کوادراتيک در قلمرو ايران زمين

نتيجه گيري

درجه روز يک شاخص آب و هوايي مهم است و به طور گسترده‌اي در طراحي، بهره‌برداري از ساختمان‌ها و مديريت انرژي استفاده مي‌شود. در اين پژوهش به منظور ارزيابي دورنمای درجه روز از طريق آستانه دمایی مورد نظر و ارائه يک مدل پيش بينی درجه روز گرمایش و سرمايش از طريق ارتباط آن با ميانگين دمای روزانه کشور مبتنی بر برون داد مدل EH50M موسسه ماکس پلانک آلمان طی دوره آماری (۲۰۵۰-

۲۰۱۵ میلادی) تحت سناریو AIB برای نخستین بار در کشور پرداخته شد. داده های دمای روزانه توسط مدل منطقه ای REGCM4 ریزمقیاس گردید. مقدار درجه روز گرمایش و سرمایش کشور با استفاده از آستانه انجمن استاندارد علوم ایالات متحده آمریکا محاسبه گردید. سپس میانگین سالانه دمای هوا و میانگین سالانه درجه روزهای گرمایش و سرمایش در محیط متلب بر روی یاخته هایی به ابعاد ۲۱۴۰*۱ محاسبه و استخراج شد. رابطه بین میانگین دمای روزانه دما و درجه روز گرمایش و سرمایش با استفاده از رگرسیون غیرخطی چندگانه و با برازش معادلات کوپیک و کوادراتیک محاسبه شد. نتایج نشان داد که معادلات توسعه یافته قادر به پیش بینی درجه روز سالانه با استفاده از دمای متوسط سالانه، انحراف استاندارد میانگین درجه حرارت ماهانه و طول و عرض جغرافیایی می باشند. همچنین تفاوت کلیدی در CDD نسبت به HDD این است که در مدل های ارائه شده برای پیش بینی CDD، توان درجه دو میانگین دمای ماهانه ولی در مدل های ارائه شده برای پیش بینی HDD توان اول میانگین دمای ماهانه (□) نقش مهم تری را ایفا می کند. شاید درنگاه اول این نکته امری واضح باشد که به دلیل همپوشانی فراسنج های گرمایش و سرمایش با دما و وابستگی این دو فراسنج به یکدیگر نتیجه کار امری واضح باشد؛ اما صرف انتخاب دما به عنوان مهم ترین عامل در تغییرات نیاز گرمایش و سرمایش یاخته ها می تواند به طور نهان اثرات عوامل بی شماری را آشکار سازد چرا که خود این فراسنج نیز وابسته به عواملی از جمله تغییرات ارتفاعی، طول و عرض جغرافیای است همانگونه که از نمودارهای ترسیم شده نیز گویاست رابطه این فراسنج ها با دما در اکثر یاخته ها مستقیم و دارای رابطه خطی است. بعد دیگری را که پژوهش حاضر آن را آشکار ساخته است گسترش این روش شامل رابطه بین دمای متوسط سالانه و درجه در دماهای پایه متغیر است. این روش همچنان قابل بسط برای سایر مدل های محاسباتی نیاز گرمایش و سرمایش نیز می باشد. نتایج این پژوهش می تواند کمک شایان توجهی بر دور نمای مصرف انرژی کشور داشته

باشد چرا که ضمن ارائه یک مدل هوشمند، شدت و تاثیرات درجه حرارت نیز قابل ارزیابی است.

منابع

احمدی، ح.، داداشی رودباری، ع. (۱۳۹۴). مدلسازی بارش-رواناب به منظور مدیریت ریسک سیلاب (مطالعه موردی: منطقه هراز)، فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات، سال ۷، شماره ۴، صص ۲۲-۱.

امیدوار، ک؛ ابراهیمی، ر؛ داداشی رودباری، ع؛ ملک میرزایی، م. (۱۳۹۴). واکاوی زمانی-مکانی فرین های سرد ایران تحت تاثیر گرمایش جهانی به منظور کاهش مخاطرات، دانش مخاطرات، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۲۳-۴۳۷.

باعقیده، م.، داداشی رودباری، ع. (۱۳۹۳). ارزیابی انطباق معماری ساختمانهای شهر قائمشهر با شرایط زیست اقلیمی، همایش ملی مهندسی عمران، شهرسازی و توسعه پایدار، تهران، مرکز توسعه پایدار علم و صنعت فرزین، دانشگاه شهید بهشتی.

بذرافشان، ج.، رحیمی، ج. (۱۳۹۳). تحلیل و پهنه بندی ریسک وقوع یخبندان و سرماهای تشعشی، جبهه ای و مختلط در گستره ایران، نشریه هواشناسی کشاورزی، دوره ۲، شماره ۱، صص ۶۷-۷۹.

حق طلب، ع. (۱۳۹۲). مدل سازی اقلیم استانهای تهران و مازندران با استفاده از مدل اقلیمی-LARS-WG و مقایسه تغییرات آن در جبهه های شمالی و جنوبی البرز مرکزی، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۵، شماره ۱، صص ۳۷-۴۹.

خلیلی، ع. (۱۳۷۹). تدوین یک سامانه جدید پهنه بندی اقلیمی از دیدگاه نیازهای گرمایش و سرمایش محیط و اعمال آن برگستره ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۵. صص ۱۲۷۴۲-۱۲۷۳۴.

دالایی، ح.، بهلول، ع.، احمدی، م. (۱۳۸۸). تحلیل آماری دماهای یخبندان با رویکرد مدیریت ریسک یخبندان های جاده ای در استان های لرستان و چهارمحال و بختیاری، نشریه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱، شماره ۲، صص ۷۹-۹۲.

رمضانی، ب.، کاظم نژاد، ز. (۱۳۹۳). واکاوی و اقلیم بندی مجموع میانگین نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو گیلان با تاکید بر مصرف گاز طبیعی خانوار، چشم انداز جغرافیایی، دوره ۹، شماره ۲۶، صص ۱-۱۶.

شمسی پور، ع. (۱۳۹۳). مدل سازی آب و هوایی نظریه و روش، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۲۷۸ص.

فلاح قاهری، غ.، احمدی، ح. (۱۳۹۴). برآورد آستانه‌های فنولوژیکی کشت زعفران در استان اصفهان براساس آمار درجه حرارت روزانه، دوره ۳، شماره ۱، صص ۴۹-۶۵.

مسعودیان، س.ا؛ ابراهیمی، ر؛ محمدی، م. (۱۳۹۳). بهنه بندی مکانی-زمانی نیاز گرمایش و سرمایش فصلی و سالانه ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، دوره ۲۳، شماره ۹۰، صص ۸۳-۹۰.

مسعودیان، س.ا؛ علیجانی، ب؛ ابراهیمی، ر. (۱۳۹۰). واکاوی میانگین درجه/روز مورد نیاز (گرمایش و سرمایش) در قلمرو ایران، پژوهش نامه ی جغرافیایی، شماره ۱، صص ۲۳-۳۶.

مسعودیان، ا، ابراهیمی، ر، یار احمدی، ا. (۱۳۹۳). واکاوی مکانی- زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، سال ۱۲، شماره ۱۰.

Arakawa, A., & Schubert, W. H. (1974). Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment, Part I. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 31(3), 674-701.

ASHRAE (2009). *Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings*, American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

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.

Broderick, L. Z., Albert, B. R., Pearson, B. S., Kimerling, L. C., & Michel, J. (2015). Design for energy: Modeling of spectrum, temperature and device structure dependences of solar cell energy production. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 136, 48-63.

Draper, N. R., & Smith, H. (2014). *Applied regression analysis*. John Wiley & Sons.

Emanuel, K. A. (1991). A scheme for representing cumulus convection in large-scale models. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 48(21), 2313-2329.

Holtzlag, A. A. M., De Bruijn, E. I. F., & Pan, H. L. (1990). A high resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting. *Monthly Weather Review*, 118(8), 1561-1575.

Howard, B., Parshall, L., Thompson, J., Hammer, S., Dickinson, J., & Modi, V. (2012). Spatial distribution of urban building energy consumption by end use. *Energy and Buildings*, 45, 141-151.

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.

- Kadioğlu, M., Şen, Z., & Gültekin, L. (1999). Spatial Heating Monthly Degree-Day Features and Climatologic Patterns in Turkey. *Theoretical and applied climatology*, 64(3-4), 263-269.
- Li., Zou, Scott, N., Miller. Edward T, Schmidtman.A, (2010). GIS Tool to Estimate West Nile Virus Risk Based on a Degree-Days Model.
- Matzarakis, A., & Balafoutis, C. (2004). Heating degree-days over Greece as an index of energy consumption. *International Journal of Climatology*, 24(14), 1817-1828.
- Mourshed, M. (2012). Relationship between annual mean temperature and degree-days. *Energy and buildings*, 54, 418-425.
- NEELIN, J. (2010). *Climate Change and Climate Modeling*, Cambridge University Press the Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK.
- Pal, J. S., Eltahir, E. A., & Small, E. E. (2000). Simulation of regional-scale water and energy budgets- Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *Journal of Geophysical Research*, 105(D24), 29579-29594.
- 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.
- Rehman, S., Al-Hadhrami, L. M., & Khan, S. (2011). Annual and seasonal trends of cooling, heating, and industrial degree-days in coastal regions of Saudi Arabia. *Theoretical and applied climatology*, 104(3-4), 479-488.
- Reichler, T., & Kim, J. (2008). How well do coupled models simulate today's climate?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(3), 303.
- Reiter, M. (2015, August). Local and Longitudinal Stream Temperature Response to Timber Harvest in the Trask Watershed Study Area. In 145th Annual Meeting of the American Fisheries Society. Afs.
- Roeckner E, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kornblueh L, Manzini E, Schlese U Schulzweida U.(2006). Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. *J Clim* 19:3771–3791.
- 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.
- Wang, D., Heckathorn, S. A., Wang, X., & Philpott, S. M. (2012). A meta-analysis of plant physiological and growth responses to temperature and elevated CO₂. *Oecologia*, 169(1), 1-13.

Yildiz, I., & Sosaoglu, B. (2007). Spatial distributions of heating, cooling, and industrial degree-days in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 90(3-4), 249-261.

Modeling future relationship between the average and annual heating and cooling degree days in Iran

Abstract

Degree day of climate a dynamic index that is used in a wide range of applications, including housing design, energy management, agriculture, transportation, and hundreds of other factors. Global warming and energy management on one hand and environmentally sustainable on the other hand requires a special look at the prospects for energy and manage it. This study aims to develop a structured model to calculate degree day annual temperature of the country is written. To this aim, the daily temperature data model EH5OM, during the period (2050-2015 AD), under the A1B scenario with a spatial resolution of 1.75 degree arc, to the extent Iran was loading. In the next step these data with spatial resolution $0/27 \times 0/27$ arc were simulated by the REGCM model. Heating degree days (HDD) and cooling (CDD) with the Standards Association of United States of America proposed threshold was calculated. Finally, the relationship between temperature and degree-day average daily temperature using multiple regression and cubic and quadratic equations were calculated. The results show a strong relationship between annual temperatures and degree days is established. The combination of standard deviation (SD), latitude and altitude to increase accuracy of prediction ($R^2 > .94$) models that show the spatial variation of these parameters and alignment of multilateral environmental factors. Heating degree days and cooling degree days in key difference with respect to the proposed models to predict the cooling, the average annual temperature is preferred to be second, but first power supply models for predicting annual average temperature (\square) higher Arjhyt . The correlation coefficient is significant and the mean annual temperature heating and cooling degree days there.

Keywords: *temperature, heating and cooling degree days, RegCM4 model, EH5OM model, Iran*