اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۵، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص ۶۵۱-۶۳۹

تحلیل محدودهٔ نیاز حرارتی (نمودار سایکومتریک) بر مبنای تهیه و اعتبارسنجی فایل اقلیمی مبتنی بر داده‌های آب و هوایی (مطالعهٔ موردی: ایران، شهر کرمانشاه)

محمدمهدی مقدسی[۱]، شاهین حیدری[۲*]، آزاده شاهچراغی[۳]، خسرو دانشجو[۴]

۱. پژوهشگر دکتری معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد دانشکدهٔ معماری، گروه تکنولوژی معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ایران

۳. دانشیار دانشکدهٔ هنر و معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴. استادیار دانشکدهٔ هنر و معماری، گروه معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۴/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۱۰/۱۴)

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از روش ساندیا، که یک روش آماری است، داده های نمونهٔ آب و هوایی به صورت یک فایل اقلیمی از داده های اندازه‌گیری‌شدهٔ واقعی برای دوره‌ای ۱۰ ساله (۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵)، برای ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه شهر کرمانشاه تولید شده است. سپس، برای اعتبارسنجی، فایل اقلیمی دیگری با استفاده از نرم‌افزار متئورم برای شهر کرمانشاه ایجاد و با آن مقایسه شده است. نتایج با میانگین داده‌های واقعی سه پارامتر اصلی دمای خشک و رطوبت نسبی و جهت باد مقایسه و تهیهٔ فایل اقلیمی یادشده اعتبارسنجی شده است. نتایج نشان می‌دهد روش ساندیا انطباق بهتری با داده های واقعی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه کرمانشاه دارد. همچنین، بررسی نمودار تحلیل محدودهٔ نیاز حرارتی (سایکومتریک) شهر کرمانشاه، خروجی نرم‌افزار کلایمت کنسالتنت که با استفاده از فایل اقلیمی تهیه‌شده به روش ساندیا ترسیم شده است، نشان می‌دهد در بیش از ۱۷ درصد از زمان سال، شرایط آسایش حرارتی در شهر کرمانشاه برقرار بوده که نشان‌دهندهٔ افزایش محدودهٔ آن نسبت به مطالعات پیشین است. این امر به طور کلی بیان‌کنندهٔ گرم‌ترشدن شرایط اقلیمی این شهر است.

کلیدواژگان: آسایش حرارتی، شبیه‌سازی انرژی، فایل اقلیمی، مصرف انرژی، نمودار سایکومتریک.

* نویسندهٔ مسئول

Email: shhiedari@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

از مهم‌ترین شرایط اعتبار هر گونهٔ شبیه‌سازی در حوزهٔ انرژی ساختمان، وجود داده‌های اقلیمی محدودهٔ مطالعه شده با بیشترین ضریب نزدیکی به واقعیت اقلیمی آن محدوده است. شرایط اقلیمی در بیرون ساختمان طی سال، بخش مهمی از داده های مد نظر بوده و مطلوب آن است که این داده‌ها به صورت ساعتی برای کل سال تهیه شود. برای شبیه‌سازی تبادل انرژی در ساختمان معمولاً ۱۰ تا ۱۳ پارامتر اقلیمی (مانند میزان تابش خورشیدی، دما، درصد رطوبت و ارتفاع از سطح دریا، سرعت و جهت باد و فشار) مورد نیاز است. این داده های اقلیمی نباید به صورت میانگین در سال یا فقط برای قسمتی از سال باشند، بلکه باید به صورت روزانه و در کل ۸۷۶۰ ساعت سال مشخص شوند [۱].

تحقیقات متعددی توسط محققان برای تهیهٔ داده های آب و هوایی برای نقاط مختلف جهان انجام شده است. از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۳، اشری سه پروژهٔ آر.پی ۱۰۰، ۲۳۹ و ۳۶۴ را برای تهیهٔ داده‌های آب و هوایی انجام داد [۲] و طرح جدیدی به نام تی.آر.ای را ارائه کرد [۳] این داده‌ها در شبیه‌سازی با نام دبلیو.وای.ای.سی شناخته می‌شوند و همان فرمت تی.آر.ای را دارد. با این تفاوت که در آن داده‌های تابش خورشیدی (اندازه‌گیری و یا محاسبه‌شده براساس میزان ابری‌بودن و نوع آن) نیز وجود دارند. اوایل سال ۱۹۹۰، اشری به‌روزکردن داده‌های دبلیو.وای.ای.سی را شروع کرد و نسخهٔ جدید آن را، که دارای فرمت تی.ام.وای بوده و داده های محاسبه‌شده میزان روشنایی را نیز داشت، ارائه کرد. به‌روزآوری‌های بعدی شامل محاسبهٔ داده‌های تابشی بوده است. نسخهٔ به‌روزشدهٔ دبلیو.وای.ای.سی امروز با نام دبلیو.وای.ای.سی ۲ (نسخهٔ ۲) شناخته می‌شود [۴] و تا کنون ۷۷ نسخه از آن ایجاد شده است. اشری در سال ۱۹۹۷ برای توسعهٔ جهانی دبلیو.وای.ای.سی پروژهٔ دیگری به نام آر.پی را انجام داد که در سال ۲۰۰۱ به اتمام رسید و در آن داده‌های آب و هوایی برای ۲۲۷ ایستگاه در امریکا و اروپا تهیه شد [۵] البته، نوع فایل داده در نرم‌افزارهای مختلف متفاوت است. برای مثال، برنامهٔ انرژی پلاس داده های ورودی را در شکل ای.پی.دبلیو می‌پذیرد. بعضی از مهم‌ترین فرمت‌های استفاده‌شده در برنامه‌های شبیه‌سازی عبارت‌اند از: تی.ام.وای، تی.آر.وای، دی.ای.تی. بنابراین، برای برآورد صحیح مصرف انرژی در ساختمان‌ها، تهیهٔ بانک داده‌های آب و هوایی در شهرهای مختلف ایران ضروری به نظر می‌رسد.

روش تحقیق و بیان مسئله

روش پژوهش در تحقیق حاضر توصیفی و تحلیلی ـ قیاسی است، به این صورت که در بخش‌هایی که مفاهیم مربوط به فایل آب و هوایی مطرح شده و به پیشینه و یا تحقیقات گذشته اشاره می‌شود، روش کار توصیفی خواهد بود. نرم‌افزار منتخب این تحقیق به دلیل ماهیت گرافیکی و مقایسه‌ای تحقیق، کلایمت کنسالتنت[1] بوده و در بخش هایی که تحلیل جدول سایکومتریک شهر کرمانشاه با استفاده از نرم‌افزار یادشده بررسی می‌شود، روش تحلیلی است. از آنجا که نتایج مطالعات با هم مقایسه می‌شوند، بنابراین روش قیاسی است. سؤال اصلی تحقیق به این شرح است: کدام‌یک از روش‌های تهیهٔ فایل آب و هوایی به شرایط و داده‌های واقعی هواشناسی نزدیک‌تر بوده و میزان تفاوت جدول محدودهٔ نیازهای حرارتی شهر کرمانشاه با مطالعات پیشین چگونه است؟

محدودهٔ مطالعه‌شده

شهر کرمانشاه با ارتفاع متوسط ۱۳۱۸/۶ متر از سطح دریا در ۳۴ درجه و ۲۳ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۷ درجهٔ طول شرقی در مرکزیت استان قرار دارد و به عنوان مرکز استان کرمانشاه نیز شناخته می‌شود. این استان در غرب کشور ایران قرار دارد و از شمال با استان کردستان از شرق با استان همدان و از جنوب و جنوب شرق با استان‌های ایلام و لرستان و از غرب با کشور عراق همسایه است. ناحیهٔ آب و هوایی شهر کرمانشاه طبق تقسیمات اقلیمی کسمایی و همکارانش در حوزهٔ سرد و کوهستانی دسته‌بندی شده است.

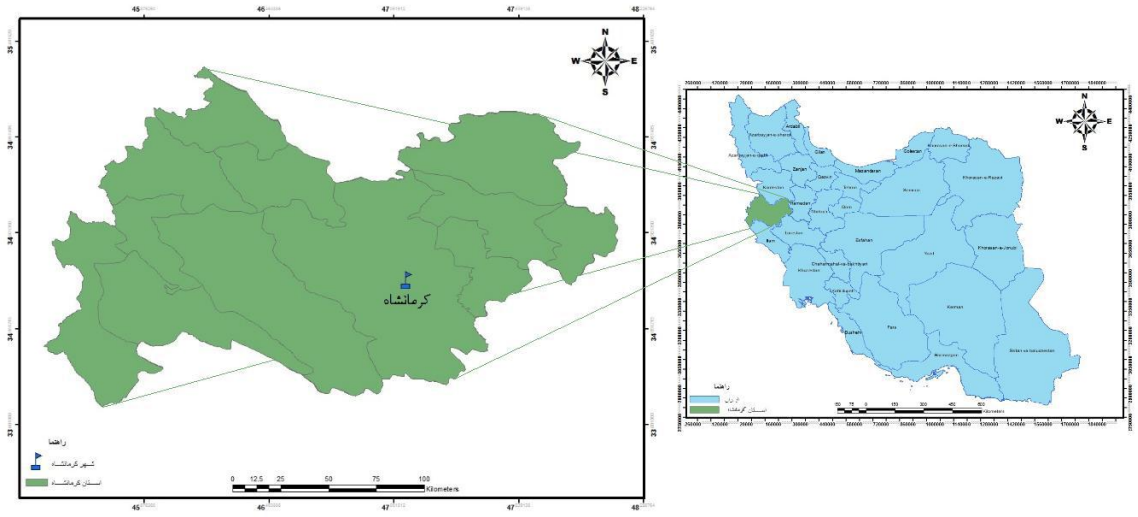
تهیهٔ فایل اقلیمی (تی.ام.وای)

پیش از هر گونه شبیه‌سازی نرم‌افزاری در زمینهٔ انرژی، باید اطلاعات جامعی در خصوص داده‌های هواشناسی محدودهٔ مطالعه‌شده جمع‌آوری کرد. به منظور افزایش صحت و اعتبار هر گونه شبیه‌سازی باید این داده‌ها به صورت ساعتی در کل سال تهیه و پردازش شوند. برای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان معمولاً نُه تا ۱۳ پارامتر اقلیمی مانند (دما، درصد رطوبت، میزان تابش خورشیدی، فشار هوا، سرعت و جهت

1. Climate counsultant

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مطالعه‌شده در ایران

باد و ارتفاع از سطح دریا و...) اهمیت بیشتری دارند. این داده‌ها نباید برای قسمتی از سال یا به صورت میانگین سالیانه باشند بلکه باید به صورت روزانه و در کل ۸۷۶۰ ساعت سال مشخص شوند [۶].

روش‌های انتخاب داده‌ها در تهیهٔ فایل اقلیمی

داده های اندازه‌گیری‌شده برای هر یک از ماه‌ها از میان اطلاعات اندازه‌گیری‌شدهٔ چند سال (یک دورهٔ آماری) انتخاب می‌شوند. برای ۱۲ ماه هر سال از دورهٔ آماری، از بررسی داده‌های اندازه‌گیری‌شده پنج مشخصهٔ اصلی اقلیمی شامل: تابش کل خورشیدی، تابش مستقیم خورشیدی، دمای هوای خشک، دمای نقطهٔ شبنم یا (رطوبت نسبی) در صورت در دسترس بودن و همچنین سرعت باد انتخاب می شود. انتخاب صحیح این داده‌ها برای صحت تولید فایل اقلیمی حیاتی است. برای سایر داده‌های مورد نیاز می‌توان از میانگین ماهیانهٔ آماری نیز استفاده کرد.

روش ساندیا

برای تهیهٔ داده‌های مورد نیاز در فایل‌های اقلیمی از داده‌های هوایی اندازه‌گیری‌شده، در این تحقیق از روش ساندیا[1] استفاده می‌شود. ساندیا روشی آماری و تجربی است که داده‌ها را برای تک‌تک ماه‌های سال از اطلاعات اندازه‌گیری‌شدهٔ چندین‌ساله انتخاب می‌کند [۷]. به‌طور مثال، اگر اطلاعات ۳۰ ساله برای ماه ژوئن موجود باشد، با استفاده از یک روش آماری همهٔ اطلاعات مقایسه‌شده و داده‌های یک ماه از کل دوره به عنوان داده‌های ماه ژوئن برای ایجاد فایل اقلیمی انتخاب می‌شود، سایر ماه‌ها نیز به همین صورت انتخاب می‌شود. از آنجا که ممکن است برای ایجاد فایل‌های اقلیمی از اطلاعات مربوط به سال‌های مختلف استفاده شود، بین دو ماه پشت سر همی که از سال‌های مختلف انتخاب شده‌اند، برای شش ساعت در هر طرف یکسان‌سازی می شود. در روش ساندیای هریک از ماه‌های سال بر اساس نُه پارامتر روزانه (بیشترین، کمترین و متوسط دمای هوای، دمای نقطهٔ شبنم، حداکثر و متوسط سرعت باد و میزان کل تابش رسیده به یک صفحهٔ افقی) انتخاب می‌شود. مراحل این روش در ادامه توضیح داده می‌شود.

مراحل روش ساندیا

مرحلهٔ نخست: برای هر یک از ماه‌های سال، از میان آمار سال‌های دورهٔ بلندمدت مد نظر (برای مثال، دورهٔ ۳۰ ساله) پنج ماه که تابع توزیعی تجمعی شاخص‌های روزانهٔ آنها به تابع توزیعی تجمعی ماه مد نظر در دورهٔ بلندمدت آماری نزدیک‌تر است، انتخاب می‌شود. برای هر ماه از دورهٔ بلندمدت آماری، تابع توزیع تجمعی برای هر یک از نُه پارامتر بالا به صورت روزانه و همچنین برای کل دوره محاسبه می‌شود. روش محاسبهٔ تابع توزیع تجمعی چنین است:

$$S_n(x)=\begin{cases}0 & x<x_1\\ (k-0.5)/n & x_k\le x\le x_{k+1}\\ 1 & x\ge x_n\end{cases} \qquad (1)$$

1. Sandia Method

www.SID.ir

که در آن (X) متغیر دادهٔ هوایی (نُه داده) و S_n (X) مقدار تابع توزیعی تجمعی برای متغیر x، n تعداد عناصر و $k = 1,2,3, \dots, n-1$ است (تابع توزیع تجمعی بین صفر و یک است).

مقایسهٔ توابع توزیعی تجمعی ماه‌های انتخاب‌شده و تابع توزیعی تجمعی دورهٔ آماری بلندمدت با استفاده از روش آماری اف.اس انجام می‌شود. این انتخاب حاصل نتایج مراحل دیگری است که توضیح داده می‌شود. درخور یادآوری است که چون بعضی شاخص‌ها مهم‌تر از بقیه هستند، در روش آماری اف.اس از ضریب وزنی (ws) برای انتخاب پنج ماه مد نظر استفاده می‌شود و داریم:

$$FS = (1/n)\sum_{i=1}^{n} \delta_i \qquad (۲)$$

δ_i قدر مطلق اختلاف بین تابع توزیعی تجمعی کل دوره و تابع توزیعی تجمعی یک دوره برای پارامتر x_i در یک روز بوده و n تعداد روزها در ماه است. بنابراین، مقدار اف.اس برای هر ماه در سال‌های مختلف از رابطهٔ ۲ به دست می‌آید.

مرحلهٔ دوم: به دلیل اینکه بعضی از پارامترها نسبت به سایر پارامترها اهمیت بیشتری دارند، یک فاکتور وزنی به صورت رابطهٔ ۳ استفاده می‌شود.

$$WS = \sum w_i FS_i \qquad (۳)$$

در این رابطه w_i ضریب وزنی پارامتر مد نظر و i نیز برابر نُه پارامتر است.

اکنون، برای هر ماه از سال های مختلف، ماهی که کمترین WS را داشته باشد به عنوان ماه منتخب (پنج ماه) برای مقایسه انتخاب می‌شود.

مرحلهٔ سوم: پنج ماه انتخابی، براساس میزان نزدیکی (انطباق) آنها به معدل و میانگین دورهٔ آماری بلندمدت مرتب می‌شوند.

مرحلهٔ چهارم: میزان دوام و ماندگاری دو پارامتر متوسط دمای خشک و انرژی تأییدشده بر سطوح افقی، براساس درصد بیشتر یا کمتربودن تکرار و انطباق آنها نسبت به درصد دورهٔ آماری بلندمدت ارزیابی می‌شود. برای متوسط روزانهٔ دمای خشک، تکرار و انطباق بیشتر از ۶۷ درصد (روزهای متوالی گرم) و تکرار و انطباق کمتر از ۳۳ درصد (روزهای متوالی سرد) تعیین می‌شود. برای انرژی تأییدشده بر سطوح افقی، تکرار و انطباق کمتر از ۳۳ درصد (روزهای متوالی با انرژی خورشیدی کم) تعیین می‌شود. درصدهای تعیین‌شده برای انتخاب مناسب‌ترین سال از میان پنج سال انتخاب‌شده (برای آمار ماه مد نظر) برای استفاده در فایل تی.ام.وای استفاده می‌شود (درصدهای زیاد مربوط به روش ساندیاست). آمار ماه مد نظر در سالی که براساس نتایج به دست‌آمده در مرحلهٔ ۲ نزدیک‌ترین درصد را به معیار ماندگاری داشته، به عنوان آمار قابل استفاده در فایل تی.ام.وای انتخاب می‌شود. این قسمت را برای مثال می‌توان برای متوسط دمای هوای خشک روزانه به صورت زیر خلاصه‌سازی کرد.

الف) کل داده های متوسط دمای هوای خشک روزانه در هر ماه به صورت دورهٔ آماری بلندمدت (کل دوره، برای مثال اگر برای ۱۰ سال باشد) مرتب شده و به کمترین مقدار آن، صفر و به بیشترین مقدار، ۱۰۰ داده شود.

ب) اطلاعات متوسط دمای هوای خشک روزانه در هر ماه از پنج سال انتخابی با دورهٔ آماری بلندمدت مقایسه شده و محل قرارگیری آن در دورهٔ آماری بلندمدت و در نتیجه درصد آن مشخص شده و در صورتی که بزرگ‌تر از ۶۷ یا کوچک‌تر از ۳۳ درصد باشد برای آن عدد یک و در غیر این صورت عدد صفر در نظر گرفته شده است.

ج) قسمت ب برای کل داده های هر ماه (متوسط دمای هوای خشک روزانه) به تعداد روز، انجام شده و مجموع مقادیر یک در هر ماه به دست می‌آید. اکنون، ماهی از کل دوره که مجموع اعداد یک آن بیشتر باشد در تی.ام.وای استفاده شده است.

مرحلهٔ پنجم: برای تکمیل آمار سالیانهٔ هر یک از پارامترهای مد نظر، آمار ۱۲ ماهه به هم متصل می‌شود. به این منظور، پس از انتخاب ۱۲ ماه، بین ماه‌های مختلف برای شش ساعت با استفاده از برازش منحنی یکسان‌سازی انجام می‌شود.

ضرایب وزنی در روش ساندیا

ضریب‌های وزنی برای هر داده کارکرد مهمی در انتخاب داده‌های فایل تی.ام.وای دارند. ضریب‌های وزنی، درجهٔ اهمیت و حساسیت هر یک از داده‌ها را در انتخاب داده‌های تی.ام.وای نشان می‌دهند. مقدار ضریب‌های وزنی برای روش ساندیا در جدول ۱ آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. جدول ضرایب وزنی روش ساندیا

نام پارامتر هوایی	مقدار ضریب وزنی در روش ساندیا
پیشینهٔ دمای خشک	۱/۲۴
کمیتهٔ دمای خشک	۱/۲۴
متوسط دمای خشک	۲/۲۴
پیشینهٔ دمای شبنم	۱/۲۴
کمیتهٔ دمای شبنم	۱/۲۴
متوسط دمای شبنم	۲/۲۴
پیشینهٔ سرعت باد	۲/۲۴
متوسط سرعت باد	۲/۲۴
کل تابش	۱۲/۲۴
کل تابش عمود	–

داده‌های بین دو ماه منتخب

برای دو ماهی که از میان سال های مختلف انتخاب شده، برای شش ساعت در هر طرف داده های دمای هوای خشک، دمای شبنم (یا درصد رطوبت)، سرعت باد، جهت باد، فشار اتمسفری، درصد آب موجود در هوا، از برازش منحنی استفاده می‌شود. همچنین، درصد رطوبت را می‌توان پس از محاسبهٔ دمای هوای خشک و شبنم از روی روابط موجود محاسبه کرد.

داده‌های گزارش‌نشده

داده‌های اندازه‌گیری‌شده ممکن است برای بعضی ماه‌ها و ساعت‌ها گزارش نشده باشند. بنابراین، هنگام انتخاب داده های تی.ام.وای این مقادیر گزارش‌نشده باید محاسبه و به‌روزآوری شوند. در این تحقیق از روش زیر برای اصلاح آنها استفاده شد:

۲/(مقدار سه ساعت قبل+ مقدار سه ساعت بعد) = مقدار گزارش‌نشده

تهیهٔ فایل تی.ام.وای برای شهر کرمانشاه به روش ساندیا

همچنان که گفته شد، برای تهیهٔ فایل اقلیمی شهر کرمانشاه بر اساس روش ساندیا، داده های دمای هوای خشک، رطوبت نسبی، تابش کل و تابش مستقیم به صورت ساعتی و سرعت و جهت باد به صورت هر سه ساعت یکبار به‌ترتیب اهمیت مورد نیاز است. بنابراین، کلاسهٔ آماری یادشده مربوط به دورهٔ آماری (۲۰۰۵-۲۰۱۵) از ایستگاه سینوپتیک فرودگاه کرمانشاه که به صورت هر سه ساعت یک بار در کل روز اندازه‌گیری شده بودند و همچنین داده های تابش کل اندازه‌گیری‌شده (برحسب وات بر مترمربع سطح افقی) مربوط به همین دورهٔ آماری، که به صورت میانگین روزانه است، از همین ایستگاه جمع‌آوری شده است. از آنجا که برای تهیهٔ فایل اقلیمی به روش یادشده باید داده‌های ساعتی در دسترس باشد، بنابراین چهار دادهٔ جمع‌آوری‌شده، که توضیح داده خواهد شد، با استفاده از میان‌یابی در نرم‌افزار اکسل به صورت ساعتی درون فایل تی.ام.وای قرار داده شده است:

۱. دمای هوای خشک

۲. رطوبت نسبی

۳. تابش کل

۴. تابش مستقیم

همچنین، با توجه به اینکه دادهٔ تابش جمع‌آوری‌شدهٔ دورهٔ آماری یادشده مربوط به تابش کل و به صورت میانگین روزانهٔ ایستگاه هواشناسی کرمانشاه است و مقدار تابش مستقیم و پراکندهٔ رسیده به سطح در دست نیست، می‌توان برای محاسبهٔ آن از روش واتانابه یا روش های معتبر دیگر استفاده کرد [۸]. در این تحقیق با توجه به دردسترس‌نبودن مقدار تابش مستقیم و پراکنده، برای محاسبهٔ این داده‌ها از روش واتانابه که برای اقلیم‌های ژاپن ارائه شده، استفاده شده است. سپس، برای اعتبارسنجی محاسبات مقادیر تابش کل واقعی جمع‌آوری‌شدهٔ پیرانومتر ایستگاه هواشناسی کرمانشاه با مقادیر تابش کل برآوردشده روش واتانابه مقایسه شده است. درخور یادآوری است که براساس مطالعات گسترده‌ای که در این زمینه توسط محققان ایرانی انجام شده، مقدار تابش مستقیم محاسبه‌شده توسط این روش و نتایج اندازه‌گیری‌شده برای سایر شهرهای مختلف ایران نیز مقایسه شده و نتایج رضایت‌بخشی به دست آمده است.

با توجه به اینکه داده های اندازه‌گیری‌شدهٔ تابش کل رسیده به سطح افقی، به صورت میانگین روزانه در دسترس است، در این تحقیق با استفاده از روش های زیر این داده‌ها به داده‌های ساعتی تابش تبدیل شدند.

الف) محاسبهٔ میزان تابش رسیده به سطح در جهت عمود بر آن (Gen) به صورت ساعتی؛

برای محاسبهٔ میزان تابش رسیده به سطح در جهت عمود بر آن به صورت روزانه از رابطهٔ ۴ استفاده شده است:

Archive of SID

www.SID.ir

$$G_{en} = G_{sc}\left(۱/۰۰۰۱۱۰ + ۰/۰۳۴۲۲۱\cos\beta + ۰/۰۰۱۲۸۰\sin\beta + ۰/۰۰۰۷۱۹\cos۲\beta + ۰/۰۰۰۰۷۷\sin۲\beta\right) \quad (۴)$$
$$۶/۲۸۳۱۸۵\frac{n-۱}{۳۶۵}$$

در این رابطه، Gsc عدد ثابت خورشیدی بوده و برابر است با 1367W/m2 (n شمارهٔ روزها از اول ژانویه).

ب) تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی در خارج از اتمسفر (Geh)؛

Geh با استفاده از زاویهٔ سمت الرأس (θz) و رابطهٔ ۵ محاسبه می‌شود:

$$G_{eh} = G_{en}\cos\theta_z \quad (۵)$$

زاویهٔ سمت الرأس عبارت است از زاویهٔ بین اشعهٔ خورشید و قائم بر سطح افق برحسب رادیان که با استفاده از رابطهٔ ۶ (در مثلثات کروی بر حسب درجه) قابل محاسبه است:

$$\cos\theta_z = \sin\delta\sin\phi + \cos\delta\cos\phi\cos\omega \quad (۶)$$

$\emptyset$ عرض جغرافیایی، δ زاویهٔ انحراف و ω زاویهٔ ساعت است.

ج) تابش کل خورشیدی رسیده به سطح افقی روی زمین (Gh)؛

برای محاسبهٔ Gh، نخست با در دست داشتن داده های واقعی اندازه‌گیری‌شده برای تابش خورشیدی توسط ایستگاه هواشناسی، میزان واقعی ضریب صافی ماهیانه محاسبه می‌شود. با داشتن مقدار واقعی ضریب صافی ماهیانه، با استفاده از روش دوفی که در ادامه توضیح داده می‌شود [۹] مقدار ساعتی آن محاسبه شده و سپس با داشتن ضریب صافی، میزان تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی به صورت ساعتی محاسبه می‌شود. البته، باید توجه داشت که در روش ساندیا برای هر سال از کل دورهٔ آماری، نیاز به داشتن کل تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی در روز است. بنابراین، برای هر سال با استفاده از داده‌های ماهیانهٔ تابش و روش دوفی، مقدار کل تابش خورشیدی روزانهٔ رسیده به سطح افقی محاسبه شده و برای انتخاب ماه مناسب توسط روش ساندیا استفاده می‌شود. پس از انتخاب ماه‌های مد نظر به روش ساندیا تابش خورشیدی رسیده به سطح نیز انتخاب شده و به صورت ساعتی در داده‌های ت.ام.وای قرار داده می‌شود.

ضریب صافی هوا در هر نقطه از سطح زمین با طول و عرض جغرافیایی معین عبارت است از نسبت انرژی دریافت‌شده توسط صفحهٔ افقی در همان نقطه طی زمان مد نظر (روزانه، ماهیانه یا ساعتی) به مقدار تابش دریافتی همین صفحهٔ افقی طی همان زمان اگر این نقطه در خارج از جوّ زمین قرار داشته باشد. ضریب صافی هوا را می‌توان برای هر روز، ساعت یا ماه محاسبه کرد (رابطهٔ ۷):

$$K_{th} = \mathrm{s}\frac{G_h}{G_{eh}} \quad (۷)$$

در این رابطه، Gh کل تابش رسیده به سطح افقی در سطح زمین و Geh کل تابش رسیده به سطح افقی خارج از جوّ زمین است. اگر ضریب صافی هوا و Geh به‌درستی محاسبه شود، می‌توان گفت که میزان تابش رسیده به سطح افقی در سطح زمین نیز به‌درستی محاسبه می‌شود.

دوفی در سال ۱۹۸۰، رابطهٔ زیر (رابطهٔ ۸) را برای محاسبهٔ مقدار ساعتی ضریب صافی از روی مقدار ماهیانهٔ آن ارائه کرد.

$$K_{th} = \left[a + b\cos\frac{\pi}{۱۲}\left(h - ۱۲\right)\right]K_{tm}$$
$$a = ۰/۴۰۹ + ۰/۵۰۱۶\sin\left(\omega_s - ۶۰\right) \quad (۸)$$
$$b = ۰/۶۶۰۹ - ۰/۴۷۶۷\sin\left(\omega_s - ۶۰\right)$$

H زمان برحسب ساعت و ωs زاویهٔ ساعت برای طلوع یا غروب خورشید است (در این روابط ($\omega s - 60$) باید به رادیان تبدیل شود).

د) تابش مستقیم خورشیدی رسیده به سطح در جهت عمود بر آن در سطح زمین (Gbn)؛

در صورتی که مقدار تابش مستقیم بر صفحهٔ افقی محاسبه شده باشد، Gbn با استفاده از رابطهٔ ۹ محاسبه می‌شود:

$$G_{bh} = G_{bn}\cos\theta_z \quad (۹)$$

در این رابطه زاویهٔ سمت الرأس برحسب رادیان است.

در صورتی که مقدار تابش مستقیم و پراکندهٔ رسیده به سطح افقی در دست نباشد، می‌توان بری محاسبهٔ آن از روش واتانابه یا روش های معتبر دیگر استفاده کرد. در این تحقیق با توجه به در دسترس نبودن مقدار تابش مستقیم و پراکنده، برای محاسبهٔ این داده‌ها از روش واتانابه که برای اقلیم های ژاپن ارائه شده، استفاده شده است. در مطالعات گسترده‌ای که در این زمینه انجام شده و همچنین مطالعات قبلی برخی پژوهشگران، مقدار Gh محاسبه‌شده توسط این روش و نتایج اندازه‌گیری‌شده برای

Archive of SID

www.SID.ir

شهرهای مختلف ایران مقایسه شده و نتایج رضایت‌بخشی به دست آمده است.

در شکل ۲ (نمودار مقایسه‌ای) مقادیر شدت تابش کل محاسبه‌شده بر اساس مدل واتانابه با آمار واقعی شدت تابش کل پیرانومتر ایستگاه فرودگاه کرمانشاه در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵ مقایسه شده و همان طور که نشان می‌دهد به‌خصوص در نیمهٔ دوم سال میلادی انطباق خوبی با آمار واقعی نشان می‌دهد.

در این قسمت میزان تابش مستقیم با استفاده از روش واتانابه و با استفاده از رابطهٔ ۱۰ برحسب وات بر مترمربع محاسبه شده است.

$$K_{TC} = ۰/۴۲۶۸ + ۰/۱۹۳۴\sin\alpha_s$$

$$K_{DC} = K_{th} - \left(۱/۱۰۷ + ۰/۰۳۵۶۹\sin\alpha_s + ۱/۶۸۱\sin^۲\alpha_s\right)\left(۱ - K_{th}\right)^۲ \quad if \quad K_{th} \geq K_{TC}$$

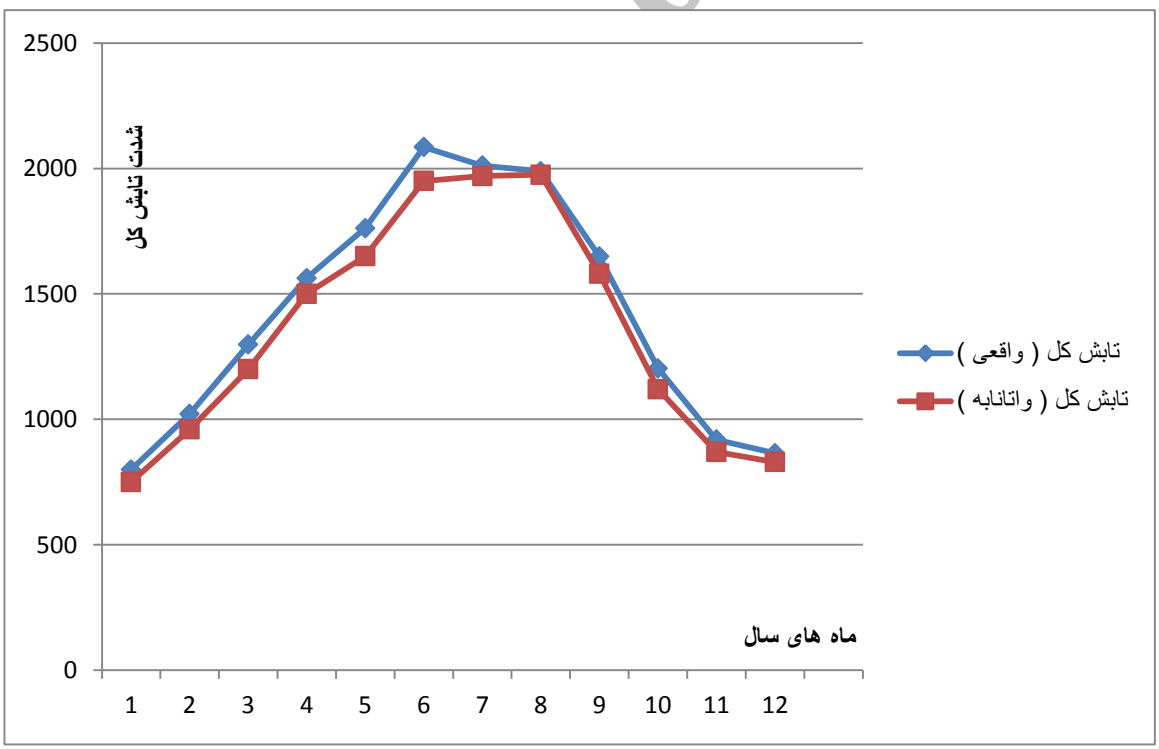
$$K_{DC} = \left(۳/۹۹۶ - ۳/۸۶۲\sin\alpha_s + ۱/۵۴\sin^۲\alpha_s\right)K_{th}^۳ \quad if \quad K_{th} < K_{TC} \qquad (۱۰)$$

$$G_{bh} = G_{en}K_{DS}\frac{۱ - K_{th}}{۱ - K_{DS}}\sin\alpha_s$$

Gbh تابش مستقیم، Kth ضریب صافی هوا به صورت ساعتی و α_s زاویهٔ فراز برحسب رادیان است.

و) تابش پراکنده خورشیدی رسیده به سطح افقی روی زمین (Gdh).

در روش واتانابه میزان تابش پراکنده برحسب W/m^2 محاسبه می‌شود.



شکل ۲. نمودار مقایسه‌ای شدت تابش کل (برحسب وات بر مترمربع) براساس آمار واقعی پیرانومتر ایستگاه هواشناسی فرودگاه کرمانشاه و شدت تابش کل محاسبه‌شده براساس مدل واتانابه در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵

of SID

www.SID.ir

اعتبارسنجی فایل اقلیمی (تی.ام.وای) با پارامترهای اقلیمی واقعی شهر کرمانشاه

در این بخش برای بررسی اعتبارسنجی فایل تی.ام.وای تهیه‌شده در مرحلهٔ قبل به روش ساندیا ابتدا با استفاده از نرم‌افزار متونورم فایل اقلیمی تی.ام.وای شهر کرمانشاه تولید و کلاسهٔ خروجی‌های فایل اقلیمی یادشده تحت نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت با خروجی های فایل اقلیمی تهیه‌شده در این رساله به روش ساندیا که هر دو بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ــ ۲۰۱۵ یکسان دارند، مقایسه شده است. سپس، نتایج به‌دست‌آمده در سه پارامتر اصلی دمای هوای خشک، رطوبت نسبی و جهت وزش باد با کلاسهٔ آمار واقعی سه پارامتر یادشده ایستگاه هواشناسی کرمانشاه مقایسه شده و در نتیجه میزان نزدیک‌بودن به کلاسهٔ آمار واقعی بیان‌کنندهٔ صحت و اعتبار هر یک از فایل‌های اقلیمی مربوط به آن خواهد بود.

جدول ۲. خلاصهٔ داده‌های هواشناسی شهر کرمانشاه براساس فایل اقلیمی تی.ام.وای تهیه‌شده به روش ساندیا

WEATHER DATA SUMMARY — LOCATION: Kermanshah-IRIMO-station-40766, Kermanshah, Islamic Republic of Iran; Latitude/Longitude: 34.31° North, 47.07° East, Time Zone from Greenwich 3; Data Source: IRIMO-40766 40766 WMO Station Number, Elevation 1311 m

MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	341	385	361	566	577	576	513	501	494	400	362	331	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	617	568	360	679	624	648	509	536	617	548	656	639	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	83	106	150	121	137	122	147	133	115	109	83	84	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	664	766	919	1024	1037	1036	1011	961	912	820	712	605	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	967	984	1014	962	921	931	913	894	932	968	984	952	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	266	369	544	426	446	457	432	416	386	492	303	296	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	3412	4121	4272	7310	7975	8217	7200	6631	6035	4453	3703	3234	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	6182	6047	4251	8757	8625	9242	7144	7089	7524	6091	6701	6227	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	835	1151	1775	1561	1898	1740	2062	1775	1412	1211	845	824	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	36243	41322	39608	60848	62019	61644	55404	54132	53204	43217	38495	35154	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	56712	54007	34565	66039	61165	63036	49956	52672	59677	52111	60274	57696	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	2	4	9	14	19	26	29	28	23	17	9	4	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	-3	-1	0	3	4	0	0	0	-1	0	1	-2	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	67	62	49	50	40	19	15	15	19	33	60	59	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	130	120	140	110	180	240	220	230	240	80	80	80	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	16	15	15	17	21	25	28	29	28	26	22	19	degrees C

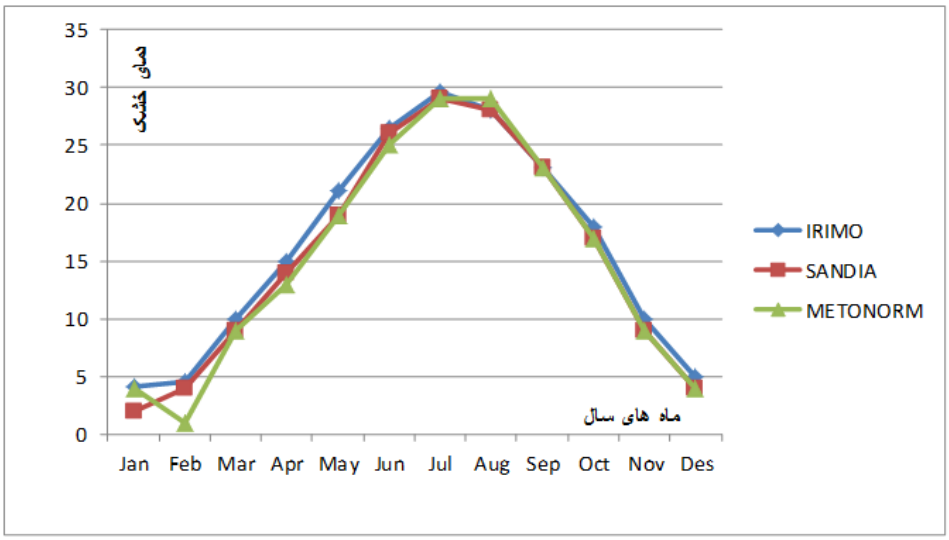
جدول ۳. خلاصهٔ داده‌های هواشناسی شهر کرمانشاه براساس فایل اقلیمی تی.ام.وای با استفاده از نرم‌افزار متونورم

WEATHER DATA SUMMARY — LOCATION: Kermanshah, -, - ; Latitude/Longitude: 34.317° North, 47.117° East, Time Zone from Greenwich 3; Data Source: MN7 407660 WMO Station Number, Elevation 1322 m

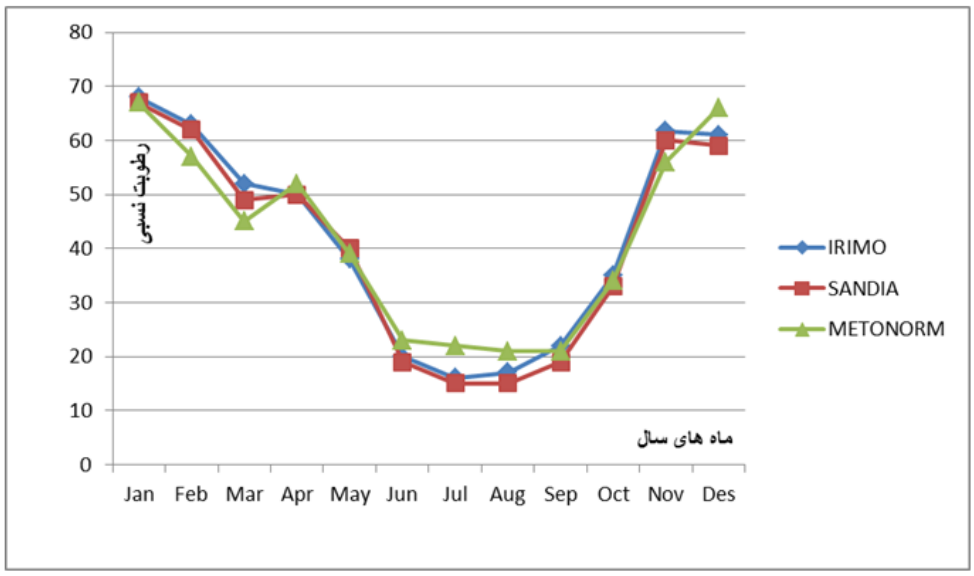
MONTHLY MEANS	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	292	359	399	452	510	558	537	545	493	399	327	287	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	430	460	410	444	497	605	551	596	604	537	467	489	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	106	127	156	163	166	134	154	131	117	112	106	85	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	668	836	976	1093	1120	1071	1063	1032	1018	833	748	616	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	987	1010	1004	1004	1023	984	982	1003	1019	1000	1007	984	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	291	388	416	443	504	470	471	451	414	384	302	256	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	2912	3843	4720	5819	7059	7964	7537	7218	6038	4427	3344	2805	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	4287	4908	4828	5707	6870	8635	7743	7882	7389	5941	4781	4777	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1065	1371	1852	2104	2296	1914	2163	1748	1436	1251	1087	834	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	31376	38489	43023	48903	55264	60072	58200	58875	53047	43305	35521	31025	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	39487	43010	38347	42083	47455	58652	52867	58193	58558	51607	43967	45354	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	1	4	9	13	19	25	29	29	23	17	9	4	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	-3	-3	-2	3	4	1	4	3	-2	0	0	-1	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	67	57	45	52	39	23	22	21	21	34	56	66	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	220	200	210	210	200	290	210	260	240	200	110	290	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 1 Depths)	12	9	8	9	12	15	19	22	23	22	19	15	degrees C

www.SID.ir

جدول ۲ خلاصهٔ داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی فرودگاه شهر کرمانشاه را در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ــ ۲۰۱۵ براساس فایل اقلیمی تی .ام.وای تهیه‌شده از روش ساندیا و جدول ۳ خلاصهٔ داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی فرودگاه شهر کرمانشاه براساس فایل اقلیمی تهیه‌شده با استفاده از نرم‌افزار متونورم را با استفاده از نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت در همان بازهٔ زمانی نشان می‌دهد. به منظور اعتبارسنجی فایل اقلیمی تهیه‌شده به روش ساندیا، در این تحقیق سه پارامتر اصلی دمای هوای خشک، رطوبت نسبی و جهت و سرعت وزش باد هر یک از فایل های اقلیمی که به‌صورت میانگین ماهیانه ارائه شده است با کلاسهٔ آمار میانگین ماهیانهٔ واقعی سه پارامتر یادشده ایستگاه هواشناسی کرمانشاه طی همان بازهٔ زمانی مقایسه شده‌اند و نتایج آن در شکل‌های (نمودارهای مقایسه‌ای) ۳ـ ۵ قابل بررسی است.

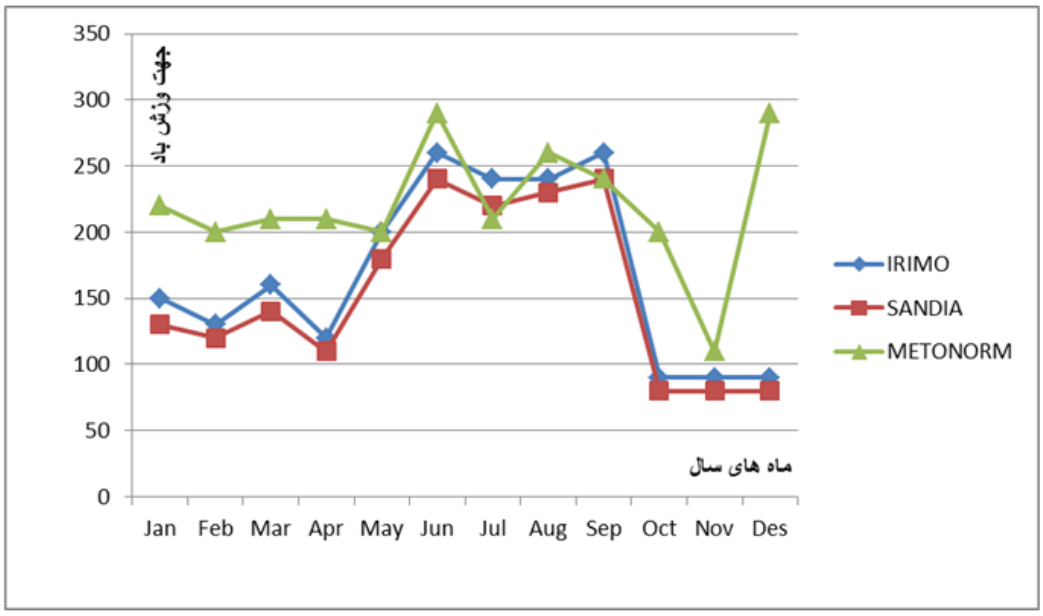


شکل ۳. نمودار مقایسه‌ای میانگین ماهیانهٔ دمای خشک خروجی ساندیا و متونورم و آمار واقعی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵



شکل ۴. نمودار مقایسه‌ای میانگین درصد رطوبت نسبی خروجی ساندیا و متونورم و آمار واقعی

www.SID.ir



شکل ۵. نمودار مقایسه‌ای جهت باد خروجی ساندیا و متونورم و آمار واقعی ایستگاه هواشناسی

همان طور که از شکل‌های (نمودارهای) مقایسه‌ای ۳ــ ۵ مشخص است، بیشترین انطباق سه پارامتر اصلی تهیهٔ فایل های اقلیمی با کلاسهٔ آمار واقعی ایستگاه هواشناسی کرمانشاه در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ــ ۲۰۱۵ در کلاسهٔ خروجی های فایل اقلیمی تهیه‌شده به روش ساندیا در این تحقیق مشاهده می‌شود که این امر بیان‌کنندهٔ صحت روش تهیهٔ فایل مربوطه و وجود اعتبار در آن است.

بحث و نتیجه‌گیری

با انتخاب معیار آسایش زیست‌اقلیمی ساختمانی برای تحلیل وضعیت آب و هوایی محل، لازم است اطلاعات مربوط به دما و رطوبت نسبی حداقل و حداکثر ماهیانه روی این نمودار ترسیم شود. به این منظور، وضعیت دما و رطوبت گرم‌ترین و سردترین زمان یک روز نمونه از هر ماه روی نمودار تعیین می شود. اتصال دو نقطه که مربوط به شرایط روز و شب هر ماه است، توسط یک خط مستقیم، وضعیت آن ماه را روی معیار زیست‌اقلیمی ساختمانی گیونی[1] نشان می‌دهد. عبور این خط از مناطق مختلف نمودار، نشان‌دهندهٔ شرایط شبانه‌روزی آن ماه است. بدیهی است در شرایطی که طول خط کوتاه باشد و از مناطق کمتری عبور کند، نشان‌دهندهٔ ثبوت شرایط گرمایی در یک شبانه‌روز خواهد بود. به‌عکس طولانی‌بودن خط و عبور آن از مناطق مختلف نمودار، نشان دهندهٔ تنوع شرایط گرمایی طی شبانه‌روز و به تبع آن نیاز به فضاهای متنوع با خرداقلیم های گوناگون برای همسازی با شرایط اقلیمی است [۱۰]. شکل ۶ نمودار زیست‌اقلیمی ساختمانی (سایکومتریک) ایستگاه هواشناسی شهر کرمانشاه را براساس فایل اقلیمی تی.ام.وای تهیه‌شده در مراحل قبل و با استفاده از خروجی گرافیکی نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت نشان می‌دهد. همان طور که در بخش‌های قبلی گفته شد، داده های ایستگاه سینوپتیک شهر کرمانشاه، شامل دمای خشک، رطوبت نسبی، تابش کل و تابش مستقیم خورشیدی و جهت و سرعت حرکت باد به صورت ساعتی طی یک دورهٔ ۱۰ ساله ۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵ استفاده شده است، پس از تبدیل داده‌های یادشده به فایل اقلیمی به روش ساندیا و اعتبارسنجی آن در مراحل قبلی در این بخش پارامترهای اقلیمی یادشده در محیط نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت به صورت گرافیکی استخراج شده و مورد تحلیل و مقایسه با سایر شاخص های اقلیمی موجود همچون مدل های آسایش حرارتی گیونی براساس مطالعات پهنه‌بندی اقلیمی کشور قرار گرفته [۱۱] تا روند تغییرات اقلیمی و نیازهای آسایش حرارتی در شهر کرمانشاه نسبت به مطالعات پیشین مشخص شود.

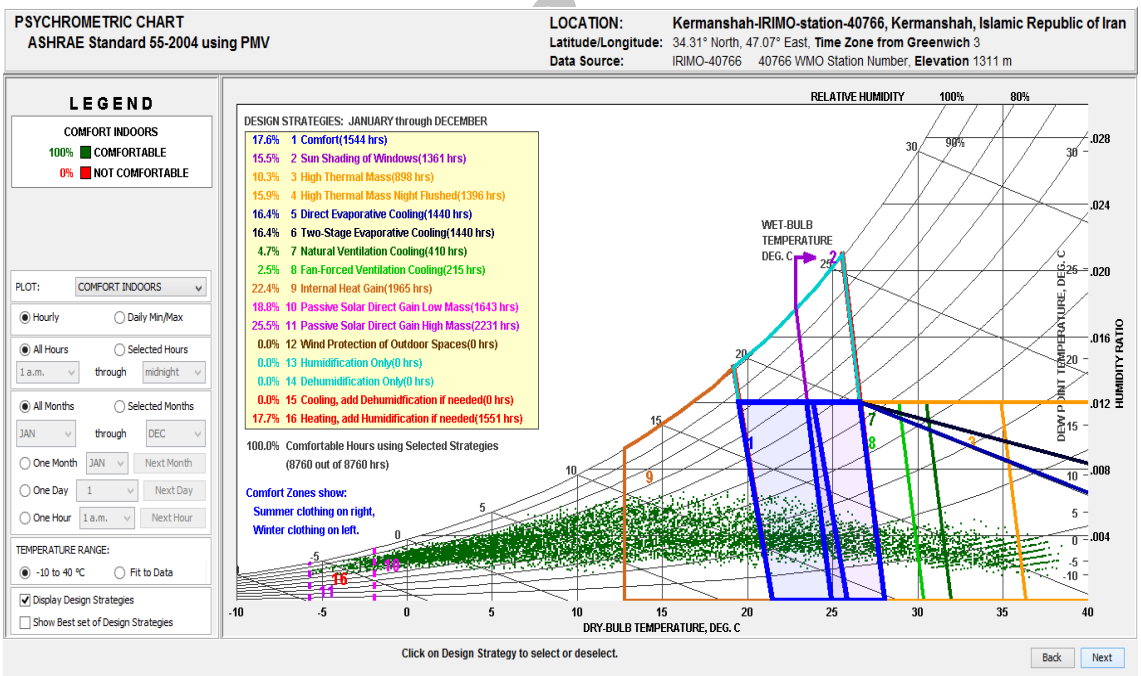
با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در نمودار سایکومتریک در شهر کرمانشاه (شکل ۷)، به طور کلی شرایط آسایش نسبت به

1. Givoni model

Archive of SID

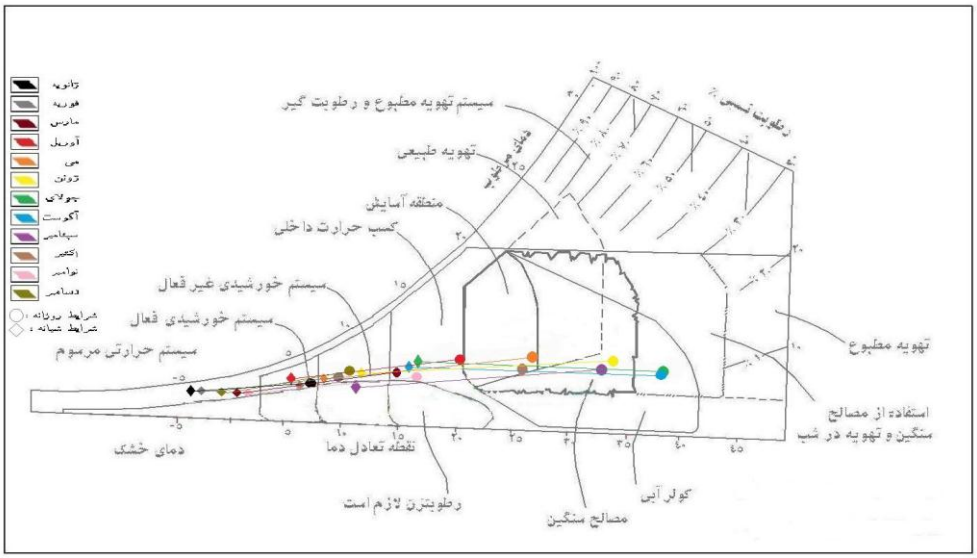
www.SID.ir

سایر مدل‌ها همچون مدل گیونی (شکل ۸) که براساس نقشهٔ پهنه‌بندی اقلیمی کشور تهیه شده تغییرات نسبتاً زیادی دارد و همان طور که در آن مشاهده می‌شود، در بیش از ۱۷ درصد ایام سال شرایط آسایش حرارتی در اقلیم شهر کرمانشاه برقرار است. به طور کلی، این موضوع به دلیل افزایش دمای هوا در فصول سرد سال نسبت به گذشته است، اما به صورت جزئی در ماه ژانویه روزها برای ایجاد آسایش داخل ساختمان استفاده از سیستم خورشیدی فعال و طی شب نیاز به استفاده از وسایل گرمایی و سیستم‌های مکانیکی حرارت‌زا الزامی است. در ماه‌های فوریه و دسامبر در روزها برای احساس شرایط آسایش استفاده از سیستم خورشیدی غیرفعال نیاز است. همچنین، در شب‌های این ماه‌ها شهر کرمانشاه در منطقهٔ سیستم حرارتی مرسوم مشاهده می‌شود که ضرورت استفاده از وسیلهٔ گرمایی احساس می‌شود. در ماه‌های مارس، آوریل و نوامبر طی روز کسب حرارت داخلی و در شب استفاده از سیستم حرارتی مرسوم برای ماه آوریل و سیستم خورشیدی فعال برای ماه‌های مارس و نوامبر شرایط آسایش را در داخل ساختمان فراهم می‌کند. در ماه‌های می و اکتبر شرایط آسایش به صورت طبیعی فراهم می‌شود، برای شب‌ها استفاده از سیستم خورشیدی غیرفعال (استفاده از مصالح خازن و فضاهای خورشیدی براساس دریافت تابش خورشید و جذب و ذخیرهٔ گرمای آن در مصالح طی روز و پس‌دادن گرما به محیط داخل در شب) مؤثر است. ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر گرم‌ترین دوره در شهر کرمانشاه است و در این ماه‌ها به‌دلیل زیادبودن دما، میزان رطوبت نسبی کم است و شرایط آسایش حرارتی چندان مطلوب نیست و احساس راحتی و آسایش در ساختمان‌ها مستلزم نیاز تأمین رطوبت در فضای داخل ساختمان است که این امر می‌تواند به وسیلهٔ کولرهای آبی صورت گیرد. همچنین، با استفاده از ویژگی‌های مصالح ساختمانی متناسب با شرایط اقلیمی، می‌توان هوای داخل ساختمان را در منطقهٔ آسایش قرار داد. بنابراین، باید با استفاده و انتخاب مصالح سنگین و مقاوم در برابر حرارت و دمای هوای خارج ساختمان، که دارای بیشترین زمان تأخیر نیز باشند، از ورود هوای گرم به داخل ساختمان جلوگیری کرد. در ماه سپتامبر، برای شب‌ها هم استفاده از سیستم خورشیدی غیرفعال مفید است.

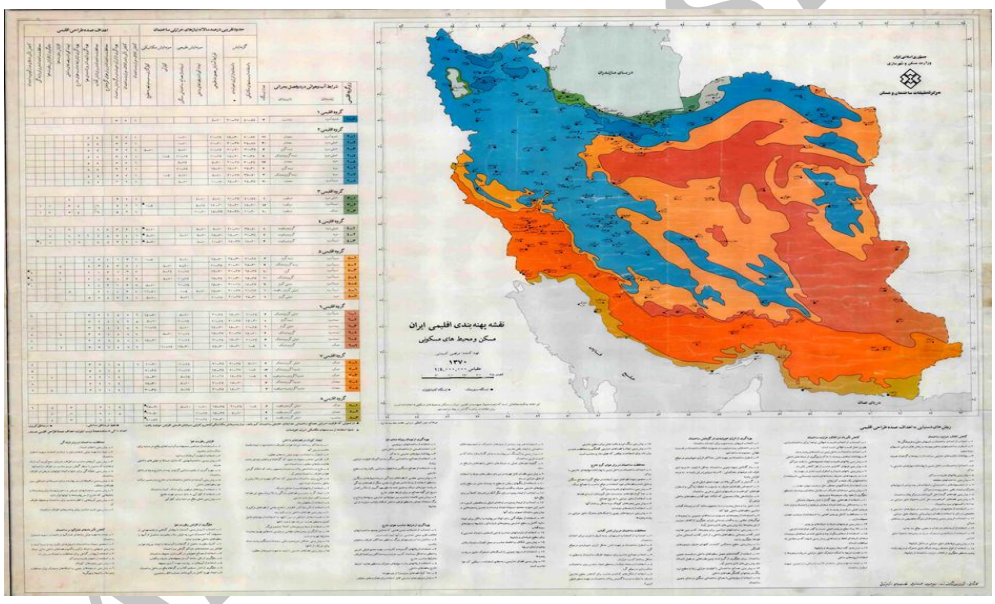


شکل ۶. نمودار زیست‌اقلیمی شهر کرمانشاه (سایکومتریک) براساس فایل اقلیمی تی.ام.وای شهر کرمانشاه خروجی گرافیکی نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت

www.SID.ir



شکل ۷. نمودار زیست‌اقلیمی ساختمانی شهر کرمانشاه با روش گیونی برگرفته از پهنه‌بندی اقلیمی ایران



شکل ۸. پهنه‌بندی اقلیمی ایران

در جدول ۴ به مقایسهٔ نمودار زیست‌اقلیمی شهر کرمانشاه بر اساس مطالعات پهنه‌بندی اقلیمی کشور در بازهٔ زمانی ۱۹۶۶ـ ۱۹۸۲ با نمودار سایکرومتریک شهر کرمانشاه مطابق با فایل اقلیمی تی .ام.وای تهیه‌شدهٔ ایستگاه هواشناسی کرمانشاه در مراحل قبل و خروجی نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت آن در بازهٔ زمانی ۲۰۰۵ـ ۲۰۱۵ میلادی پرداخته شده است. به این صورت که ابتدا براساس نقشهٔ پهنه‌بندی اقلیمی، محدودهٔ زمانی که شرایط آسایش به صورت طبیعی برقرار است و یا با استفاده از راهکارهای گرمایشی و یا سرمایشی شرایط آسایش برقرار می‌شود را درج کرده است.

سپس، این اطلاعات با استفاده از جدول سایکرومتریک نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت که برای کلیهٔ ماه‌های سال تنظیم شده، تکمیل می‌شود. در سطرهای جدول، به مجموع بیشترین مقادیر پیش‌بینی‌شده در نمودارهای یادشده اشاره شده است. همان طور که در این مقادیر مشخص است، به‌رغم افزایش محدودهٔ شرایط آسایش در شهر کرمانشاه طی سال های اخیر نسبت به گذشته، نیاز به گرمایش مکانیکی کاهش و نیاز به سرمایش مکانیکی افزایش یافته است که این موضوع بیان کنندهٔ گرم‌ترشدن شرایط اقلیمی شهر کرمانشاه نسبت به سال‌های گذشته است.

www.SID.ir

جدول ۴. مقایسهٔ محدودهٔ نیاز حرارتی در شهر کرمانشاه براساس دو مدل نقشهٔ پهنه‌بندی اقلیمی (نمودار گیونی) و نمودار سایکومتریک بر اساس فایل اقلیمی تی.ام.وای

		عنوان	نقشهٔ پهنه‌بندی اقلیمی (نمودار گیونی) (درصد)	فایل اقلیمی تی.ام.وای (خروجی گرافیکی نرم‌افزار کلایمت کانسالتنت) (درصد)
گرمایش		شرایط آسایش به صورت طبیعی	۱۰-۵	۱۷/۶
		سیستم‌های مکانیکی	۴۰-۳۵	۱۷/۷
		انرژی خورشیدی	۲۵-۲۰	۲۲/۴
سرمایش	طبیعی	ایجاد کوران در فضاهای داخلی	-	۴/۷
		استفاده از مصالح ساختمانی سنگین	۱۰-۵	۱۰/۳
	مکانیکی	کولر آبی	۵-۰	۱۶/۴
		کولر گازی- سیستم تهویهٔ مطبوع	-	-
		مجموع با احتساب همپوشانی	۹۰	۸۹/۱

منابع

[1]. Ebrahimpour AbdulSalam, Marefat Mehdi. Improvement of TMY climate data for Tehran. Journal of echanical Science. 2011; 11 (2): 77-91. [Persian].

[2]. ASHRAE. Weather year for energy calculationsp. ASHRAE research project. American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. Inc. 1985.

[3]. L W Crow. description of typical year weather data. Chicago midway airportp. ASHRAE research project 100.American Society ofHeating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. 1970.

[4]. L W Crow. Development of hourly data for weather year for energy calculations (WYEC), including solar data, at 21 Weather Stations throughout the United States. ASHRAE Trans. 1980; 87(1).

[5]. LW Crow. Development of hourly data for weather year for energy calculations (WYEC), including solar data, at 29 stations throughout the united states and 5 stations in Canada. ASHRAE research project 364. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. 1983.

[6]. A Ebrahimpour, M Maerefat. A method for generation of typical meteorological year. Energy Conversation and Management. 2010;51. 410–417.

[7]. I Hall, R Prairie, H Anderson, E Boes. Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stationsp, SAND78-1601. Sandia National Laboratories, 1978.

[8]. T Watanabe. Procedures for Separating Direct and Diffuse Insolation on a Horizontal Surface and Prediction of Insolation on Tilted Surfaces. Transactions. Architectural Institute of Japan.Tokyo. Japan. 1983; 330.

[9]. J A Duffie and WA Beckman. Solar energy of thermal processes. John Wiley.New York. 1980.

[10]. Razjooyan Mahmoud. Comfort in the shelter of architecture compatible with the climate. Second edition. Tehran, Shahid Beheshti University press: 1388. [Persian].

[11]. Kasmaei Morteza. Climatic zoning of Iran: housing and residential environments. First edition Tehran. Building and Housing Research Center press: 1372 [Persian].

Archive of SID

www.SID.ir