



اصلاح روشی جهت تولید داده‌های اقلیمی TMY برای شهر تهران

عبدالسلام ابراهیم پور^{۱*}، مهدی معرفت^۲

۱- استادیار، گروه مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز

۲- دانشیار، گروه مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

*تبریز صندوق پستی ۵۱۵۸۹. salam_ebr@yahoo.com

چکیده- انتخاب صحیح داده‌های هوایی، عامل مهمی در محاسبه و شبیه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها است. در این تحقیق، با استفاده از روش ساندا^۱ داده‌های نمونه‌های هوایی ت ام وای^۲ از داده‌های اندازه‌گیری شده برای دوره‌ای ۱۴ ساله (۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵)، برای شهر تهران تولید شده است. سپس این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای متونورم^۳ و ودرجنرتور^۴ نیز تولید شده و نتایج روش ساندا و این دو نرم‌افزار با مقدار میانگین کل دوره مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که روش ساندا انطباق بهتری با داده‌های میانگین کل دوره دارد اما داده‌های ت ام وای حاصل از نرم‌افزارهای متونورم و ودرجنرتور انطباق خوبی با داده‌های میانگین کل دوره ندارند.

کلید واژگان: داده‌های نمونه‌های هوایی، شبیه‌سازی، مصرف انرژی، ساختمان.

Generation of Typical Meteorological Year for Tehran

A. Ebrahimpour^{1*}, M. Maerefat²

1- Assist. Prof., Department of Mechanical Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Assoc. Prof., Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*P.O.B. 51589, Tabriz Iran. Salam_ebr@yahoo.com

Abstract- The correct selection of typical meteorological year is an important factor for accurate building energy simulation. In this study, the Sandia method has been applied to analyze the measured weather data of a 14-year period (1992–2005) in Tehran and to select the proper data for the typical meteorological year. Also, typical meteorological year has been generated by using the Meteonorm and Weathergenrator softwares. Then the results of the Sandia method and the two mentioned softwares have been compared with long term average measured data for main parameters in the weather data file. It was found that, the results of the Sandia method has good agreement with the long term average measured data but the created TMY data by the Weathergenrator and Meteonorm softwares have not good agreement with the long term average measured data.

Keywords: Typical Meteorological Year; Simulation; Energy Consumption; Building.

1. Sandia
2. Tmy
3. Meteonorm
4. Weathergenrator

۱- مقدمه

پیش از شبیه‌سازی در زمینه مصرف انرژی در ساختمان، باید اطلاعاتی درباره شرایط اقلیمی و همچنین روش طراحی خود ساختمان مانند سیستم تهویه مطبوع و تجهیزات آن و روش کنترل دما در آن در دست باشد. شرایط اقلیمی در بیرون ساختمان در طول سال، بخش مهمی از داده‌های موردنظر 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 داده‌های 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.

تمامی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی، به تعدادی داده‌های اقلیمی ورودی برای شبیه‌سازی نیاز دارند. مانند نرم‌افزار رادیانس^۱ که به شرایط آسمان و میزان روشنایی محیط بیرونی نیاز دارد تا بتواند نحوه پخش روشنایی تابشی را از طریق پنجره‌ها یا در فضای داخل اتاق تعیین کند. سه نرم‌افزاری که به طور گسترده‌ای در آمریکا و انگلیس استفاده می‌شوند، عبارتند از دی‌او‌ای^۲، بلاست^۳ و ای‌اس‌پی‌آر^۴ که از داده‌های آب و هوایی برای بررسی شرایط ساختمان‌ها و شبیه‌سازی مصرف انرژی استفاده می‌کنند. در طول ۳۰ سال گذشته به قابلیت‌ها و دقت این نرم‌افزارها افزوده شده است. البته این داده‌های آب و هوایی به صورت نمونه‌ای و از میان چند سال مورد اندازه‌گیری هواشناسی انتخاب شده‌اند. برای مثال می‌توان به ت‌ام‌وای که توسط مرکز ان‌ار‌ای‌ال^۵ در سال ۱۹۹۵، دبلیو‌ای‌ای‌سی^۶ نسخه ۲ که توسط اشری^۷ در سال ۱۹۹۷ و تی‌ار‌ای^۸ توسط سیک^۹ در سال ۱۹۸۵ اشاره کرد. در داخل فایل

داده‌های اقلیمی نوع دبلیو‌ای‌ای‌سی و تی‌ام‌وای نسخه ۲ داده‌های تابش خورشیدی (کل، عمود و پراکنده) و روشنایی نیز نسبت به نوع‌های دبلیو‌ای‌ای‌سی (نسخه اول سال ۱۹۸۵)، تی‌ام‌وای (نسخه اول سال ۱۹۸۳) و تی‌ار‌ای (سال ۱۹۸۱) آورده شده است [۱ تا ۴].

تحقیقات متعددی توسط محققان برای تهیه داده‌های آب و هوایی برای نقاط مختلف جهان انجام شده است. از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۳، اشری سه پروژه آر پی ۱۰۰، ۲۳۹ و ۳۶۴ را برای تهیه داده‌های آب و هوایی انجام داد و طرح جدیدی به نام تی‌ار‌ای را ارائه کرد این داده‌ها در شبیه‌سازی با نام دبلیو‌ای‌ای‌سی شناخته می‌شوند و همان فرمت تی‌ار‌ای را دارد. با این تفاوت که در آن داده‌های تابش خورشیدی (اندازه‌گیری و یا محاسبه شده بر اساس میزان ابری بودن و نوع آن) نیز وجود دارند. در اوایل سال ۱۹۹۰، اشری به روز کردن داده‌های دبلیو‌ای‌ای‌سی را شروع کرد و نسخه جدید آن را - که دارای فرمت ت‌ام‌وای بوده و داده‌های محاسبه شده میزان روشنایی^{۱۱} را نیز داشت - ارائه کرد. به روزآوری‌های بعدی شامل محاسبه داده‌های تابشی بوده است. نسخه به روز شده دبلیو‌ای‌ای‌سی امروز با نام دبلیو‌ای‌ای‌سی ۲ (نسخه ۲) شناخته می‌شود و تا اکنون ۷۷ نسخه از آن ایجاد شده است. در سال ۱۹۹۷، اشری، برای توسعه جهانی دبلیو‌ای‌ای‌سی پروژه دیگری به نام آر پی^{۱۲} را انجام داد که در سال ۲۰۰۱ به اتمام رسیده و در آن داده‌های آب و هوایی برای ۲۲۷ ایستگاه در آمریکا و اروپا تهیه شد. البته نوع فایل داده در نرم‌افزارهای مختلف متفاوت است. برای مثال، برنامه انرژی پلاس^{۱۳} داده‌های داده‌های ورودی را در شکل ای پی دبلیو^{۱۴} می‌پذیرد. بعضی از مهمترین فرمت‌های مورد استفاده در برنامه‌های شبیه‌سازی عبارتند از [۱، ۵ تا ۱۲]:

TMY Climate Data -TRNSYS Variant (TRY) -
CSIRO Weather Data (DAT) - IWECC -
SAMSON (*.dat) -ASHRAE WYEC Data -Aus.
BOM Hourly Data (LST)

10. RP-100, RP-239 and RP-364
11. Luminance data
12. RP-1015
13. Energyplus
14. EPW(*.epw)

1. Radiance
2. Doe
3. Blast
4. Esp-r
5. Nrel
6. WYEC2
7. Ashrae
8. TRY
9. Cec

۳-۱- روش سانديا

برای ایجاد داده‌های آب و هوایی ت ام وای از روی داده‌های آب و هوایی اندازه‌گیری شده یک دوره، معمولاً از روش هال (سانديا)^۲ (سال ۱۹۷۸) استفاده می‌شود [۱۴]. روش سانديا روشی تجربی است که داده‌ها را برای هر یک از ماه‌ها از درون اطلاعات اندازه‌گیری چند سال انتخاب می‌کند. مثلاً اگر اطلاعات ۳۰ ساله را برای ماه ژوئن داشته باشیم، تمامی اطلاعات را مقایسه کرده و داده‌های یک ماه از کل دوره را با استفاده از روشی آماری به عنوان داده‌های ماه ژوئن در فایل ت ام وای انتخاب می‌کنیم. از آنجا که اطلاعات ماه‌ها در فایل ت ام وای ممکن است از سال‌های مختلفی برداشت شده باشد، بین دو ماه مختلف برای شش ساعت در هر طرف یکسان‌سازی انجام می‌شود. روش سانديا هر ماه را بر اساس نه پارامتر روزانه شامل بیشینه، کمینه و متوسط دمای هوای خشک و شبنم، بیشینه و متوسط سرعت باد و میزان کل تابش رسیده به صفحه‌ای افقی^۳، انتخاب می‌کند. در ادامه این روش توضیح داده می‌شود.

الف) مراحل روش سانديا

مرحله ۱: برای هریک از ماه‌های سال، از میان آمار سال‌های دوره بلند مدت مورد نظر (مثلاً دوره ۳۰ ساله) پنج ماه که تابع توزیعی تجمعی^۴ شاخص‌های روزانه آنها به تابع توزیعی تجمعی ماه مورد نظر در دوره بلند مدت آماری نزدیک‌تر است، انتخاب می‌شود. برای هر ماه از دوره بلند مدت آماری، تابع توزیع تجمعی برای هر یک از نه پارامتر بالا به صورت روزانه و همچنین برای کل دوره محاسبه می‌شود. روش محاسبه تابع توزیع تجمعی چنین است:

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

که در آن x متغیر داده‌های هوایی (نه داده) و $S_n(x)$ مقدار تابع توزیعی تجمعی برای متغیر x تعداد عناصر و

بنابراین، برای برآورد صحیح مصرف انرژی در ساختمان‌ها، تهیه بانک داده‌های آب و هوایی در شهرهای مختلف ایران ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق داده‌های آب و هوایی با فرمت ت ام وای از روش سانديا و همچنین دو نرم‌افزار برای شهر تهران ایجاد و مقایسه شده است. با توجه به اینکه در وب سایت ای پلاس^۱ داده‌های ت ام وای برای تهران نیز ارائه شده، نتایج با داده‌های این سایت نیز مقایسه شد.

۲- فرمت فایل‌های ت ام وای و پارامترهای اقلیمی آن

داده‌های آب و هوایی به صورت ساعتی در فایل اطلاعاتی معمولاً شامل اطلاعات زیر است:

الف) اطلاعات کلی محل مانند: نام، طول و عرض جغرافیایی، اختلاف با ساعت جهانی، ارتفاع، شرایط طراحی حداکثر، روزهای تعطیل، دوره تغییر ساعت برای ذخیره‌سازی انرژی و دمای زمین

ب) اطلاعات وابسته به زمان و ساعتی مانند دمای هوای خشک، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی، فشار اتمسفری محل، تابش خورشیدی (شامل سه قسمت مجزای خارج از جو، مستقیم و پراکنده)، میزان روشنایی، سرعت و جهت باد، میزان ابری بودن و حالت بارندگی و برفی بودن [۱۱ و ۱۳].

۳- روش‌های انتخاب داده‌ها

داده‌های اندازه‌گیری شده برای هر یک از ماه‌ها از میان اطلاعات اندازه‌گیری شده در طی چند سال انتخاب می‌شود. برای ۱۲ ماه از بررسی آماری داده‌های اندازه‌گیری شده، پنج مشخصه: کل تابش خورشیدی، تابش خورشیدی مستقیم، دمای هوای خشک، دمای نقطه شبنم (یا رطوبت نسبی) و سرعت باد انتخاب می‌شوند. انتخاب صحیح این داده‌ها برای محاسبه شبیه‌سازی مصرف انرژی حیاتی است. برای سایر داده‌ها می‌توان از اطلاعات ماه انتخابی یا از میانگین کل دوره استفاده کرد.

2. HALL, Sandia National Laboratories

3. Global Horizontal Radiation

4. Cumulative Distribution Functions(CDF)

1. <http://www.energyplus.com>

شاخص‌ها مهم‌تر از بقیه هستند، در روش آماری اف اس از ضریب وزنی (WS) برای انتخاب پنج ماه مورد نظر استفاده می‌شود و داریم:

$$FS = (1/n) \sum_{i=1}^n \delta_i \quad (2)$$

δ_i قدرمطلق 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 این رابطه به دست می‌آید.

مرحله ۲: به خاطر اینکه بعضی از پارامترها نسبت به سایر پارامترها دارای اهمیت بیشتری می‌باشند، یک فاکتور وزنی به صورت زیر استفاده می‌شود.

$$WS = \sum w_i FS_i \quad (3)$$

در این رابطه w_i ضریب وزنی پارامتر موردنظر و i نیز برابر نه پارامتر است.

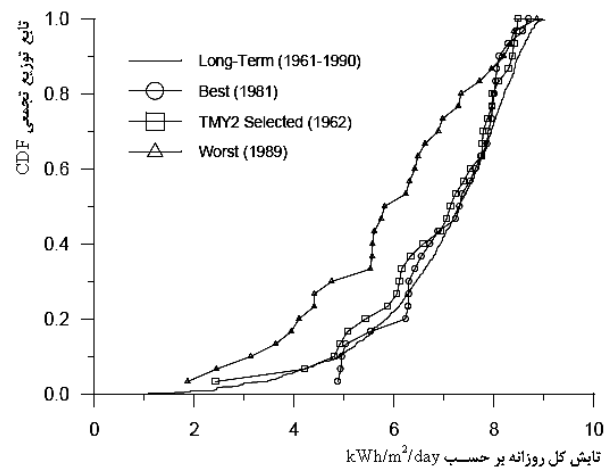
اکنون برای هر ماه از سال‌های مختلف، ماهی که کمترین WS را داشته باشد به عنوان ماه منتخب (پنج ماه) برای مقایسه انتخاب می‌شود.

مرحله ۳: پنج ماه انتخابی، براساس میزان نزدیکی (انطباق) آنها به معدل و میانگین دوره آماری بلند مدت مرتب‌سازی می‌شوند.

مرحله ۴: میزان دوام و ماندگاری دو پارامتر متوسط دمای خشک و انرژی تابیده شده بر سطوح افقی، براساس درصد بالاتر یا پایین‌تر بودن تکرار و انطباق آنها نسبت به درصد دوره آماری بلند مدت^۲ ارزیابی می‌شود. برای متوسط روزانه دمای خشک، تکرار و انطباق بالاتر از ۶۷ درصد (روزهای متوالی گرم) و تکرار و انطباق کمتر از ۳۳ درصد (روزهای متوالی سرد) تعیین می‌شود. برای انرژی تابیده شده بر سطوح افقی، تکرار و انطباق کمتر از ۳۳ درصد (روزهای متوالی با انرژی خورشیدی پایین) تعیین می‌شود. درصدهای تعیین شده برای انتخاب

$k=1,2,3,\dots,n-1$ است (تابع توزیع تجمعی بین صفر و یک است).

مقایسه توابع توزیعی تجمعی ماه‌های انتخاب شده و تابع توزیعی تجمعی دوره آماری بلندمدت با استفاده از روش آماری اف اس^۱ انجام می‌شود [۱۵]. برای مثال، در شکل ۱ چهار تابع توزیعی تجمعی برای پارامتر تابش کل رسیده به سطح افقی برای ماه ژوئن در شهر بادلر ایالت کلرادو نشان داده شده است. در این شکل با استفاده از روش آماری اف اس، پارامتر مورد نظر در سال‌های انتخاب شده با این پارامتر در دوره آماری بلندمدت مقایسه شده است. همان‌طور که دیده می‌شود، تابع توزیعی تجمعی ماه ژوئن در سال ۱۹۸۱ بهترین انطباق و تابع توزیعی تجمعی ماه ژوئن در سال ۱۹۸۹ بدترین انطباق را با دوره بلند مدت داشته است. اما با وجود آنکه تابع توزیعی تجمعی ماه ژوئن در سال ۱۹۶۲ بهترین انطباق را با تابع توزیعی تجمعی دوره بلند مدت نداشته، آمار این سال برای فایل ت ام وای انتخاب شده است.



شکل ۱ تابع توزیع تجمعی تابش کل رسیده به سطح افقی برای ماه ژوئن در کلرادو

این انتخاب حاصل نتایج مراحل دیگری است که در زیر توضیح داده می‌شود. لازم است یادآوری شود که چون بعضی

2. Longterm

1. Finkelstein-Schafer

جدول ۱ ضریب‌های وزنی برای روش سانديا

نام پارامتر هوایی	مقدار ضریب وزنی در روش سانديا
بیشینه دمای خشک	۱/۲۴
کمینه دمای خشک	۱/۲۴
متوسط دمای خشک	۲/۲۴
بیشینه دمای شب‌نم	۱/۲۴
کمینه دمای شب‌نم	۱/۲۴
متوسط دمای شب‌نم	۲/۲۴
بیشینه سرعت باد	۲/۲۴
متوسط سرعت باد	۲/۲۴
کل تابش ^۱	۱۲/۲۴
کل تابش عمود ^۲	-

ج) داده‌های بین دو ماه منتخب

برای دو ماهی که از میان سال‌های مختلف انتخاب شده، برای شش ساعت در هر طرف داده‌های دمای هوای خشک، دمای شب‌نم (یا درصد رطوبت)، سرعت باد، جهت باد، فشار اتمسفری، درصد آب موجود در هوا^۳، از برازش منحنی استفاده می‌شود. همچنین درصد رطوبت را می‌توان پس از محاسبه دمای هوای خشک و شب‌نم از روی روابط موجود محاسبه کرد.

د) داده‌های گزارش نشده^۴

داده‌های اندازه‌گیری شده ممکن است برای بعضی از ماه‌ها و ساعت‌ها گزارش نشده باشند. بنابراین در هنگام انتخاب داده‌های ت ام وای این مقادیر گزارش نشده باید محاسبه و به‌روزرسانی شوند.

۴- نرم‌افزارهای موجود

۴-۱- نرم‌افزار و درجنرتور

در این نرم‌افزار (تحت سیستم عامل داس^۵)، داده‌های آب و هوایی ساعتی از روی داده‌های آب و هوایی ماهیانه تولید می‌شود. [۱۸، ۱۷، ۱۶] داده‌های آب و هوایی ساعتی که این

مناسب‌ترین سال از میان پنج سال انتخاب شده (برای آمار ماه مورد نظر) برای استفاده در فایل ت ام وای استفاده می‌شود (درصد‌های بالا مربوط به روش سانديا است). آمار ماه مورد نظر در سالی که براساس نتایج به‌دست آمده در مرحله ۲ نزدیک‌ترین درصد را به معیار ماندگاری داشته، به عنوان آمار قابل استفاده در فایل ت ام وای انتخاب می‌شود. این قسمت را برای مثال می‌توان برای متوسط دمای هوای خشک روزانه به‌صورت زیر خلاصه‌سازی کرد:

الف- کل داده‌های متوسط دمای هوای خشک روزانه در هر ماه به‌صورت دوره آماری بلند مدت (کل دوره، برای مثال اگر برای ده سال باشد) مرتب‌سازی شده و به کمترین مقدار آن عدد صفر و به بیشترین مقدار عدد ۱۰۰ داده شود.

ب- اطلاعات متوسط دمای هوای خشک روزانه در هر ماه از پنج سال انتخابی با دوره آماری بلند مدت مقایسه شده و محل قرارگیری آن در دوره آماری بلند مدت و در نتیجه، درصد آن مشخص شده و در صورتی که بزرگتر از ۶۷ یا کوچکتر از ۳۳ درصد باشد برای آن عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر در نظر گرفته شده است.

ج- قسمت ب، برای کل داده‌های هر ماه (متوسط دمای هوای خشک روزانه) به تعداد روز، انجام شده و مجموع مقادیر ۱ در هر ماه به‌دست می‌آید. اکنون ماهی از کل دوره که مجموع اعداد ۱ آن بیشتر باشد در ت ام وای استفاده شده است.

مرحله ۵: برای تکمیل آمار سالیانه هریک از پارامترهای مورد نظر، آمار ۱۲ ماهی که به‌صورت بالا تعیین شده به هم متصل می‌شود. برای این منظور، پس از انتخاب ۱۲ ماه، بین ماه‌های مختلف برای ۶ ساعت با استفاده از برازش منحنی یکسان سازی انجام می‌شود.

ب) ضریب‌های وزنی

ضریب‌های وزنی برای هر داده نقش مهمی در انتخاب داده‌های فایل ت ام وای دارند. ضریب‌های وزنی، درجه اهمیت و حساسیت هر یک از داده‌ها را در انتخاب داده‌های ت ام وای نشان می‌دهند. مقدار ضریب‌های وزنی برای روش سانديا در جدول ۱ آورده شده است.

1. Total horizontal solar radiation
2. Direct normal solar radiation
3. perceptible water
4. Missing Data
5. Dos

این برنامه بر داده‌های تجربی چند ساله که برای کل کره زمین اندازه‌گیری شده، استوار است. اما در این برنامه داده‌ها فقط برای مناطقی موجود است که در آنها ایستگاه هواشناسی وجود داشته باشد. برای سایر مناطق از نوعی میان‌یابی بین نزدیکترین ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. بیشتر داده‌ها در شعاع ۵۰ کیلومتری اندازه‌گیری شده و بین ایستگاه‌ها از میان‌یابی و برازش داده‌ها استفاده می‌شود. صفحه اصلی نرم‌افزار در شکل ۲ نشان داده شده است.

شکل ۲: نمایی از نرم‌افزار متونورم



در این نرم‌افزار می‌توان با انتخاب شهر موردنظر یا وارد کردن اطلاعات آن (شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و غیره) داده‌های ساعتی را به شکل دلخواه موجود در این نرم‌افزار که در شکل ۳ آورده شده، به‌دست آورد [۱۹ و ۲۰].

۵- روش تحقیق

در این تحقیق هدف ما تهیه فایل داده‌های اقلیمی نوع ت ام وای به روش ساندا با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان هواشناسی کشور برای شهر تهران است. داده‌های ت ام وای توسط دو نرم‌افزار و درجنرتور و متونورم نیز تولید و با نتیجه به‌دست آمده از روش ساندا مقایسه شده است. با توجه به اینکه در وبسایت ای پلاس داده‌های ت ام

نرم‌افزار تولید می‌کند عبارتند از: دمای خشک، دمای شب‌نم و مرطوب، رطوبت نسبی، جهت و سرعت باد، تابش خورشیدی (مستقیم، پراکنده و نرمال)، فشار اتمسفری، زاویه‌های فراز^۱ و سمت^۲ خورشیدی و میزان ابری بودن. داده‌های ورودی این نرم‌افزار عبارتند از:

الف) داده‌های عمومی شامل: نام محل، شماره ایستگاه^۳، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و زمان ظهر محلی^۴ (که برابر است با اختلاف ساعت^۵ برحسب درجه و هر ساعت ۱۵ درجه محسوب می‌شود)

ب) داده‌های ماهانه که عبارتند از:

- ۱- میانگین ماهیانه دمای هوای خشک و میزان انحراف معیار آن از داده‌های میانگین روزانه
- ۲- میانگین ماهیانه بیشینه دمای هوای خشک روزانه و انحراف معیار آن از بیشینه‌های روزانه
- ۳- میانگین ماهیانه دمای نقطه شب‌نم و میزان انحراف معیار آن از داده‌های میانگین روزانه
- ۴- میانگین ماهیانه تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی (شامل مستقیم و پراکنده)
- ۵- میانگین ماهیانه سرعت باد

در این نرم‌افزار داده‌های ساعتی یا داده‌های ۲۱، ۱۴ و ۷ روزه به‌صورت ت ام وای، تی آر ای یا به شکل دلخواه کاربر ایجاد می‌شود. این نرم‌افزار همچنین اطلاعات ماهیانه محاسبه شده را به شکل خلاصه در یک فایل به‌دست می‌دهد. در این نرم‌افزار داده‌های ساعتی از روی گروهی از منحنی‌های پخش تجربی و همچنین روابط میان‌یابی به‌دست می‌آید. ۳۱ منحنی برای هر روز ماه در داخل برنامه ذخیره‌سازی شده و سپس مقدار آنها در میزان انحراف معیار وارد شده ضرب شده و هر منحنی تغییرات را برای هر روز ارائه می‌کند. متاسفانه روابط و روش‌های به‌کار رفته در این نرم‌افزار معلوم نیست.

۴-۲- نرم‌افزار متونورم

1. Altitude
2. Azimuth
3. WBAN
4. Local Time Meridian (STM)
5. Time zone

در کل روز اندازه‌گیری شده است. همچنین داده‌های تابش اندازه‌گیری شده به‌صورت میانگین ماهیانه است. در این قسمت به داده‌های موجود و نحوه استفاده از آنها در روش ساندیا برای تهران می‌پردازیم.

۶-۱- داده‌های انتخاب شده با استفاده از روش ساندیا

داده‌های زیر با استفاده از روش ساندیا انتخاب و با میان‌یابی لاگرانژ به‌صورت ساعتی در داخل فایل ت ام وای قرار داده شده است:

۱- دمای هوا

۲- دمای نقطه شبنم

۳- فشار هوا

۴- سرعت و جهت باد

۵- رطوبت نسبی

در صورتی که رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده باشد، داده‌های اندازه‌گیری شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، در غیر این‌صورت، با در دست داشتن دمای هوا و دمای نقطه شبنم، برای محاسبه آن از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$RH = \frac{\exp\left(\frac{17.27T_{dp}}{T_{dp} + 237.29}\right)}{\exp\left(\frac{17.27T_{db}}{T_{db} + 237.29}\right)} \quad (4)$$

\$T_{dp}\$ دمای هوا (\$^{\circ}C\$) و \$T_{db}\$ دمای نقطه شبنم (\$^{\circ}C\$) است.

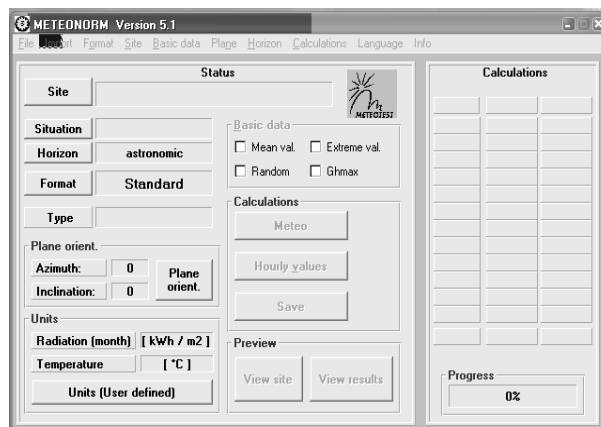
۶-۲- داده‌های تابش آفتاب

با توجه به اینکه داده‌های اندازه‌گیری شده تابش کل رسیده به سطح افقی، به‌صورت میانگین ماهیانه در دسترس است، در این تحقیق با استفاده از روش‌های زیر این داده‌ها به داده‌های ساعتی تابش تبدیل شد. برای تبدیل سایر داده‌های ماهیانه مربوط به تابش آفتاب به داده‌های ساعتی نیز از همین روش‌ها استفاده شد.

الف) محاسبه میزان تابش رسیده به سطح در جهت عمود بر آن (Gen)

برای محاسبه میزان تابش رسیده به سطح در جهت عمود بر آن به‌صورت روزانه از رابطه زیر استفاده شده است:

وای تولیدی برای تهران ارائه شده، نتایج را با داده‌های این سایت نیز مقایسه کردیم.



شکل ۳ فرمت داده‌های خروجی نرم‌افزار متونورم

۵-۱- داده‌های اندازه‌گیری شده

داده‌های موجود معمولاً در هر سه ساعت یک بار اندازه‌گیری شده و به‌طور کامل در کل سال گزارش نشده‌اند. داده‌های تابش کل خورشیدی نیز به‌صورت میانگین روزانه (یا ماهیانه) اندازه‌گیری شده و لذا کامل نیستند (در بعضی از روزهای سال گزارش نشده‌اند). دمای هوای خشک، دمای نقطه شبنم (یا رطوبت نسبی)، سرعت و جهت باد و همچنین کل تابش رسیده به سطح افقی، از میان داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان هواشناسی کشور برای دوره ۱۴ ساله ۱۹۹۱-۲۰۰۵ در شهر تهران استخراج شده است.

۵-۲- اصلاح داده‌های گزارش نشده

داده‌های گزارش نشده توسط سازمان هواشناسی به‌صورت **** ثبت شده و در این تحقیق از روش زیر برای اصلاح آنها استفاده شد:

$$= \frac{2}{\text{مقدار سه ساعت قبل} + \text{مقدار سه ساعت بعد}}$$

مقدار گزارش نشده

۶-۲- تهیه فایل ت ام وای برای تهران

همچنان که گفته شد، داده‌های دمای هوای خشک، دمای نقطه شبنم، سرعت و جهت باد به‌صورت هر سه ساعت یک بار

و پس از انتخاب ماه‌های موردنظر به روش سانديا تابش خورشیدی رسیده به سطح نیز انتخاب شده و به صورت ساعتی در داده‌های T 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 دریافت شده توسط صفحه افقی در همان نقطه در طول زمان موردنظر (روزانه، ماهیانه یا ساعتی) به مقدار تابش دریافتی همین صفحه افقی در طول همان زمان اگر این نقطه در خارج از جو زمین قرار داشته باشد. ضریب صافی هوا را می‌توان برای هر روز، ساعت یا ماه محاسبه کرد:

$$K_{th} = \frac{G_h}{G_{eh}} \quad (8)$$

در این رابطه G_h کل تابش رسیده به سطح افقی در سطح زمین و G_{eh} کل تابش رسیده به سطح افقی خارج از جو زمین است. اگر ضریب صافی هوا و G_{eh} به درستی محاسبه شود، می‌توان گفت که میزان تابش رسیده به سطح افقی در سطح زمین نیز به درستی محاسبه می‌شود [۲۰].

دوفی در سال ۱۹۸۰، رابطه زیر را برای محاسبه مقدار ساعتی ضریب صافی از روی مقدار ماهیانه آن ارائه کرد [۲۱].

$$K_{th} = \left[a + b \cos \frac{\pi}{12} (h - 12) \right] K_{tm} \quad (9)$$

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60)$$

h زمان برحسب ساعت و ω_s زاویه 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 (G_{bn})
در صورتی که مقدار تابش مستقیم بر صفحه افقی محاسبه شده باشد، G_{bn} با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$G_{en} = G_{sc} \left(1.00011 + 0.0034221 \cos B + 0.000128 \sin B + 0.0000719 \cos 2B + 0.000075 \sin 2B \right) \quad (5)$$

$$B = 6.283185 \frac{n-1}{365}$$

در این رابطه G_{sc} عدد ثابت خورشیدی بوده و برابر است با 1367 W/m^2 (شماره روزها از اول ژانویه).

(ب) تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی در خارج از اتمسفر (G_{eh})

G_{eh} با استفاده از زاویه سمت‌الرأس (θ_z) و رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$G_{eh} = G_{en} \cos \theta_z \quad (6)$$

زاویه سمت‌الرأس عبارت است از زاویه بین اشعه خورشید و قائم بر سطح افق برحسب رادیان که با استفاده از رابطه زیر (در مثلثات کروی برحسب درجه) قابل محاسبه است:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (7)$$

ϕ عرض جغرافیایی، δ زاویه انحراف و ω زاویه ساعت است.

(ج) تابش کل خورشیدی رسیده به سطح افقی در روی زمین (G_h)

برای محاسبه G_h نخست با در دست داشتن داده‌های واقعی اندازه‌گیری شده برای تابش خورشیدی توسط سازمان هواشناسی کشور، میزان واقعی ضریب صافی ماهیانه محاسبه می‌شود. با داشتن مقدار واقعی ضریب صافی ماهیانه، با استفاده از روش دوفی^۱ که در ادامه توضیح داده می‌شود [۲۱]، 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 سانديا برای هر سال از کل دوره آماری، نیاز به دانستن کل تابش خورشیدی رسیده به سطح افقی در روز است. بنابراین برای هر سال با استفاده از داده‌های ماهیانه تابش و روش دوفی، مقدار کل تابش خورشیدی روزانه رسیده به سطح افقی محاسبه شده و برای انتخاب ماه مناسب توسط روش سانديا استفاده می‌شود

1. Duffie

در این قسمت میزان تابش مستقیم با استفاده از روش واتانابه و با استفاده از روابط زیر برحسب W/m^2 محاسبه شده است [۲۳ و ۲۴].

$$\begin{aligned}
 K_{TC} &= 0.4268 + 0.1934 \sin \alpha_s \\
 K_{DS} &= K_{th} - (1.107 + 0.03569 \sin \alpha_s + 1.781 \sin^2 \alpha_s)(1 - K_{th}) \quad \text{if } K_{th} \geq K_{TC} \\
 K_{DS} &= (3.996 - 3.862 \sin \alpha_s + 1.04 \sin^2 \alpha_s) K_{th} \quad \text{if } K_{th} < K_{TC} \\
 G_{bh} &= G_{en} K_{DS} \frac{1 - K_{th}}{1 - K_{DS}} \sin \alpha_s
 \end{aligned} \quad (11)$$

G_{bh} تابش مستقیم، K_{th} ضریب صافی هوا به صورت ساعتی و α_s زاویه فراز برحسب رادیان است.
(و) تابش پراکنده خورشیدی رسیده به سطح افقی بر روی زمین (G_{dh})

در روش واتانابه میزان تابش پراکنده از روابط زیر برحسب W/m^2 محاسبه می‌شود [۲۳ و ۲۴]:

$$G_{dh} = G_{en} \frac{K_{th} - K_{DS}}{1 - K_{DS}} \sin \alpha_s \quad (12)$$

G_{bh} تابش مستقیم، K_{th} ضریب صافی هوا به صورت ساعتی و α_s زاویه فراز برحسب رادیان است.

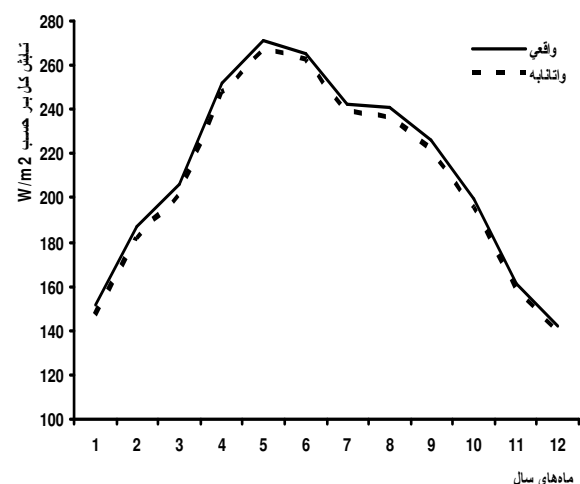
۳-۶- سایر داده‌ها در فایل اطلاعاتی ت ام وای
برای سایر داده‌های موجود در فایل ت ام وای محاسباتی انجام شده و مقادیر جدول ۲ در نظر گرفته شده است [۲۵].

۴-۶- تولید داده‌های ساعتی

همان‌طور که گفته شد، داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان هواشناسی برای هر سه ساعت یک بار گزارش شده است. اما برای ایجاد فایل‌های ت ام وای لازم است پس از انتخاب ماه‌های مورد استفاده برای یک سال، داده‌های ساعتی نیز تهیه شود. در این تحقیق برای تهیه داده‌های مربوط به هر دو ساعت گزارش

$$G_{bh} = G_{bn} \cos \theta_z \quad (10)$$

در این رابطه زاویه سمت‌الراس برحسب رادیان است. در صورتی که مقدار تابش مستقیم و پراکنده رسیده به سطح افقی در دست نباشد، می‌توان برای محاسبه آن از روش واتانابه^۱ یا روش‌های معتبر دیگر استفاده کرد [۲۲]. در این تحقیق با توجه به در دسترس نبودن مقدار تابش مستقیم و پراکنده، برای محاسبه این داده‌ها از روش واتانابه - که برای اقلیم‌های ژاپن ارائه شده - استفاده شده است. در مطالعات گسترده‌ای که در این زمینه انجام شده و همچنین مطالعات قبلی نگارندگان، مقدار G_h محاسبه شده توسط این روش و نتایج اندازه‌گیری شده برای شهرهای مختلف ایران مقایسه شده و نتایج رضایت بخشی به دست آمده است. به عنوان نمونه نتایج این روش برای شهر بندرعباس با داده‌های میانگین اندازه‌گیری شده برای کل دوره (۱۹۹۱ تا ۲۰۰۵) در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به این شکل دیده می‌شود که انطباق خوبی بین داده‌های میانگین کل اندازه‌گیری شده در دوره ۱۹۹۱-۲۰۰۵ و داده‌های روش واتانابه وجود دارد و لذا این روش برای اقلیم‌های ایران نیز قابل استفاده است.



شکل ۴ مقایسه نتایج تابش خورشیدی کل به صورت ماهیانه با استفاده از روش‌های مختلف (بندرعباس)

نشده، از میان‌یابی لاگرانژ بین سه داده گزارش شده - به‌صورتی که در جدول ۳ نشان داده شده- استفاده شده است [۲۶]. بدین منظور، نخست تمامی داده‌های موجود (داده‌های پر رنگ) در یک جدول و به‌صورت ساعتی (از ۱ تا ۸۷۶۰) ردیف شده، سپس داده‌های غیر موجود (داده‌های کم رنگ) با میان‌یابی لاگرانژ از روی سه داده موجود محاسبه می‌شود. برای مثال، برای تعیین داده‌های F4 و F5 از بین داده‌های F3، F6 و F9 میان‌یابی شده یا برای تعیین داده‌های F7 و F8 از بین داده‌های F6، F9 و F12 و به‌همین ترتیب برای کل سال استفاده می‌شود. همچنین برای محاسبه داده‌های F1 و F2 از بین داده‌های F3، F6 و F8760 میان‌یابی انجام شده است. روش میان‌یابی لاگرانژ برای سه داده چنین است:

$$p(x) = L_1 F_1 + L_2 F_2 + L_3 F_3$$

$$L_1(x) = \frac{(x - x_2)(x - x_3)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3)}$$

$$L_2(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_3)}{(x_2 - x_1)(x_2 - x_3)}$$

$$L_3(x) = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_3 - x_1)(x_3 - x_2)} \quad (13)$$

جدول ۳ روش تهیه داده‌های مربوط به هر دو ساعت گزارش نشده از میان‌یابی لاگرانژ

مقدار پارامتر	ساعت‌ها	مقدار پارامتر	ساعت‌ها	مقدار پارامتر	ساعت (از روز اول)
F9	۹	F5	۵	F1	۱
F10	۱۰	F6	۶	F2	۲
F11	۱۱	F7	۷	F3	۳
F12	۱۲	F8	۸	F4	۴

۷- نتایج

در این بخش فایل داده‌های اقلیمی از نوع ت ام وای برای شهر تهران با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سازمان هواشناسی برای دوره ۱۴ ساله ۱۹۹۱-۲۰۰۵ تهیه شده که روش انجام این کار به‌صورت زیر خلاصه شده است.

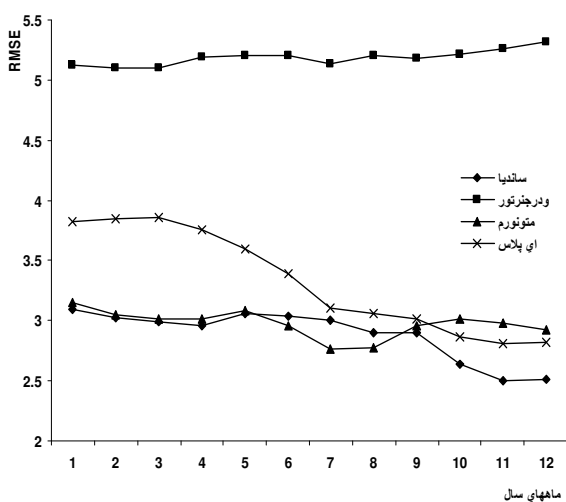
۱- داده‌های هوایی دمای هوای خشک، دمای شبنم، رطوبت نسبی، سرعت باد، جهت باد و فشار اتمسفری - که به‌صورت هر سه ساعت یک بار اندازه‌گیری شده- از روش ساندیا برای کل سال انتخاب شده و سپس با استفاده از روش لاگرانژ به ساعتی تبدیل شده است.

۲- از آنجا که داده‌های تابش کل اندازه‌گیری شده به‌صورت ماهیانه در دسترس است، ضریب صافی هوا و همچنین

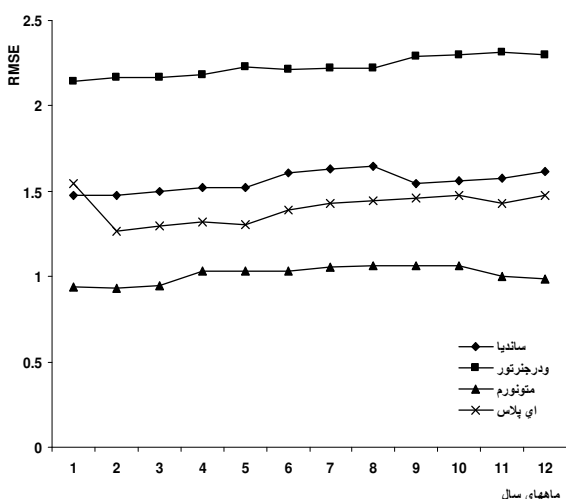
جدول ۲ مقدار سایر داده‌ها در فایل ت ام وای

۹۹۹۹۹۹	کل روشنایی رسیده به سطح افقی ^۱
۹۹۹۹۹۹	روشنایی رسیده در جهت عمود بر سطح ^۲
۹۹۹۹۹۹	روشنایی رسیده به‌صورت پراکنده ^۳
۹۹۹۹	روشنایی رسیده در جهت زاویه سمت‌ال‌رأس ^۴
۵	کل پوشش آسمان ^۵
۷۷۷۷۷	ارتفاع سقف ^۶
۹	مدل آب و هوایی ^۷
'۹۹۹۹۹۹۹۹۹	کد مدل آب و هوایی ^۸
۰	شدت آب ^۹
۰	عمق روشنایی ^{۱۰}
۵	کل پوشش کدر آسمان ^{۱۱}
۷۷۷/۷	روشنایی دید ^{۱۲}
۰	عمق بارش برف ^{۱۳}
۸۸	تعداد روز پس از آخرین بارش برف ^{۱۴}

1. Global Horizontal Illuminance {lux}
2. Direct Normal Illuminance {lux}
3. Diffuse Horizontal Illuminance {lux}
4. Zenith Luminance {Cd/m2}
5. Total Sky Cover {.1}
6. Ceiling Height {m}
7. Present Weather Observation
8. Present Weather Codes
9. Perceptible Water {mm}
10. Aerosol Optical Depth {.001}
11. Opaque Sky Cover {.1}
12. Visibility {km}
13. Snow Depth {cm}
14. Days Since Last Snow



شکل ۶ مقایسه داده‌های ماهیانه RMSE برای دمای نقطه شبنم از روش‌های مختلف با داده‌های میانگین کل دوره ۱۴ ساله



شکل ۷ مقایسه داده‌های ماهیانه RMSE برای سرعت وزش باد از روش‌های مختلف با داده‌های میانگین کل دوره ۱۴ ساله

۲-۷- مطالعه برآورد مصرف انرژی

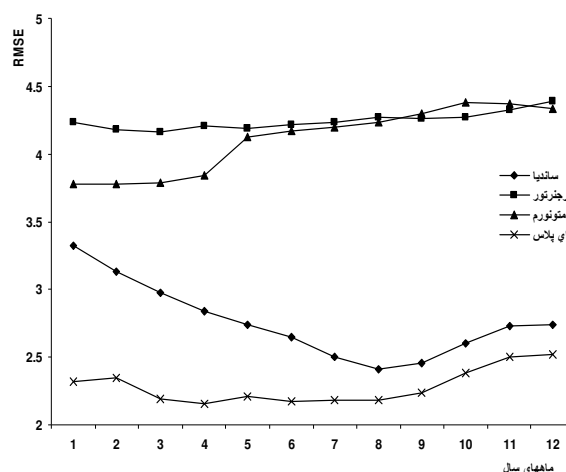
در این قسمت برای ساختمان دلخواهی در شهر تهران، میزان مصرف انرژی، انتقال حرارت نفوذی از پنجره‌ها، دمای سطح خارجی پنجره‌ها و دمای سطح داخلی پنجره‌ها مقایسه شده است. برای این منظور، نخست ساختمان در نرم‌افزار انرژی پلاس [۲۵] طراحی شده و سپس برای چهار

داده‌های ساعتی تابش خورشیدی از روش دوفی به‌دست آمده و برای انتخاب داده‌های ت ام وای در روش سانديا (تابش کل در یک روز) از این اطلاعات استفاده شده است.

۳- در داخل فایل داده‌های آب و هوایی برای محاسبه میزان تابش مستقیم در جهت عمود بر سطح و همچنین تابش پراکنده از روش واتانابه استفاده شده است. همچنین داده‌های ت ام وای با استفاده از دو نرم‌افزار متونورم و ودرجرتور برای شهر تهران تولید شده است.

۷-۱- بررسی انطباق داده‌ها به داده‌های میانگین کل دوره

پس از تهیه کردن فایل ت ام وای به روش سانديا و همچنین با دو نرم‌افزار متونورم و ودرجرتور، میانگین روزانه سه پارامتر دمای خشک، دمای نقطه شبنم و سرعت باد از این سه روش و داده‌های موجود در سایت ای پلاس با میانگین روزانه مقدار کل دوره^۱ آنها با استفاده از جذر میانگین مربعات خطا RMSE^۲ مقایسه شده است. نتایج RMSE برای سه پارامتر اقلیمی یاد شده و برای شهر تهران در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ آورده شده است.

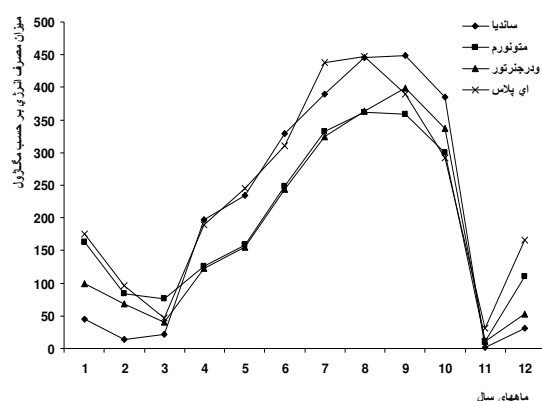


شکل ۵ مقایسه داده‌های ماهیانه RMSE برای دمای هوای خشک از روش‌های مختلف با داده‌های میانگین کل دوره ۱۴ ساله

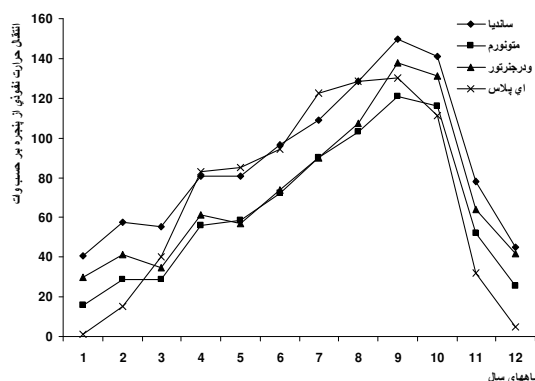
1. Long-term average
2. Root Mean-Square Error

جدول ۴ مشخصات شیشه مرجع

۳	ضخامت شیشه به میلی متر
۰.۸۳۴	ضریب عبور خورشیدی در تابش عمود
۰.۰۷۵	ضریب انعکاس خورشیدی در تابش عمود رو به تابش
۰.۰۷۵	ضریب انعکاس خورشیدی در تابش عمود پشت به تابش
۰.۸۹۹	ضریب عبور نور مرئی در تابش عمود
۰.۰۸۳	ضریب انعکاس نور مرئی در تابش عمود رو به تابش
۰.۰۸۳	ضریب انعکاس نور مرئی در تابش عمود پشت به تابش
۰	ضریب عبور فروسرخ در تابش مستقیم
۰.۸۴	ضریب گسیل نیمگروی فروسرخ رو به تابش
۰.۸۴	ضریب گسیل نیمگروی فروسرخ پشت به تابش
۱	ضریب هدایت حرارتی به W/mK
۱	عرض شیشه به متر
۱	ارتفاع شیشه به متر



شکل ۸ مقایسه میزان مصرف انرژی در ساختمان به روش‌های مختلف به صورت ماهیانه



شکل ۹ مقایسه میزان انتقال حرارت عبوری از پنجره به روش‌های مختلف به صورت ماهیانه

نوع داده اقلیمی موجود (ساندیا، متونورم، ودرجنرتور و ای پلاس) محاسبات انجام شده است. نرم افزار انرژی پلاس، نرم افزار جدیدی برای شبیه سازی انرژی در ساختمان‌ها است که بر اساس ترکیبی از نرم افزارهای بلاست و دی‌اوی نوشته شده است و تغییرات مصرف انرژی در ساختمان را در زمان‌های کوتاه‌تر از یک ساعت انجام می‌دهد. تحلیل و محاسبات بر اساس تعادل حرارتی در کل ناحیه شبیه سازی انجام می‌شود. این نرم افزار توسط سازمان انرژی امریکا در سال ۱۹۹۶ به عنوان ابزار جدید برآورد مصرف انرژی ارائه شده و هم‌اکنون در حال توسعه است [۲۵]. انرژی پلاس مدل سازی را به صورت ریز و دقیق انجام می‌دهد. ضعف این برنامه آن است که از سیستم گرافیکی ساده‌ای برای گرفتن داده‌های ورودی استفاده نمی‌کند و به برنامه‌هایی نیاز دارد که به کمک آنها بتوان ساختمان را در آن طراحی کرد و نتایج را بررسی کرد. در انرژی پلاس می‌توان با طراحی کل ساختمان در هر یک از دیوارهای مورد نظر پنجره و سایبان دلخواه را طراحی و نتایج را برای کل سال محاسبه کرد. همچنین می‌توان تحلیل را برای گام‌های مشخص زمانی - از یک ساعت تا یک سال - انجام داد که در این صورت لازم است داده‌های آب و هوایی (دما، فشار، سرعت و جهت باد، شدت تابش و غیره) مربوط به بازه زمانی مورد نظر به برنامه وارد شوند. انرژی پلاس داده‌های اقلیمی ورودی را به صورت ساعتی می‌پذیرد.

ساختمان مورد نظر اتاقی (با دمای داخلی ۲۳ درجه ثابت در کل سال) با مساحت هر دیوار برابر ۹ متر مربع و ارتفاع برابر ۳ متر است. در دیوار جنوبی اتاق یک پنجره با شیشه تک جداره با مساحت یک متر مربع در وسط دیوار قرار دارد و فضای آن کنترل نشده است (جدول ۴). نتایج این قسمت در شکل‌های ۸ تا ۱۱ برای میزان مصرف انرژی، انتقال حرارت نفوذی از پنجره، دمای سطح خارجی پنجره و دمای سطح داخلی پنجره به صورت ماهیانه (ماه‌های میلادی) ارائه شده است.

۲- برای سایر پارامترها یعنی دمای هوای خشک، دمای نقطه شبنم و سرعت باد، نتایج روش سانديا و همچنین داده‌های وبسایت ای پلاس به یکدیگر نزدیکتر بوده و همچنین به داده‌های میانگین کل دوره نزدیکتر است.

۳- برای میزان مصرف انرژی، نتایج سانديا و ای پلاس برای ماه‌های تابستان نسبت به زمستان به یکدیگر نزدیکتر است.

۴- برای میزان انتقال حرارت عبوری از پنجره، نتایج سانديا و ای پلاس برای ماه‌های تابستان نسبت به زمستان به یکدیگر نزدیکتر است.

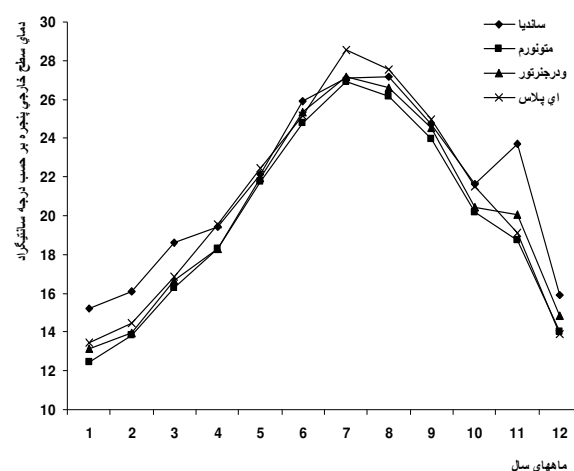
با توجه به اینکه نتایج روش سانديا و ای پلاس به داده‌های اندازه‌گیری شده نزدیکتر است، میزان اختلاف دو روش سانديا و ای پلاس می‌تواند ناشی از دو مورد زیر باشد:

الف- تعداد داده‌های گزارش نشده برای شهر تهران زیاد بوده و مشخص نیست که در مراحل تهیه‌کردن فایل ت ام وای برای این شهر به روش ای پلاس، این داده‌های گزارش نشده به چه صورتی اصلاح شده است. همچنین مشخص نیست که از چه دوره زمانی استفاده شده است. همچنان که گفته شد در این تحقیق از دوره ۱۴ ساله اندازه‌گیری استفاده شده است.

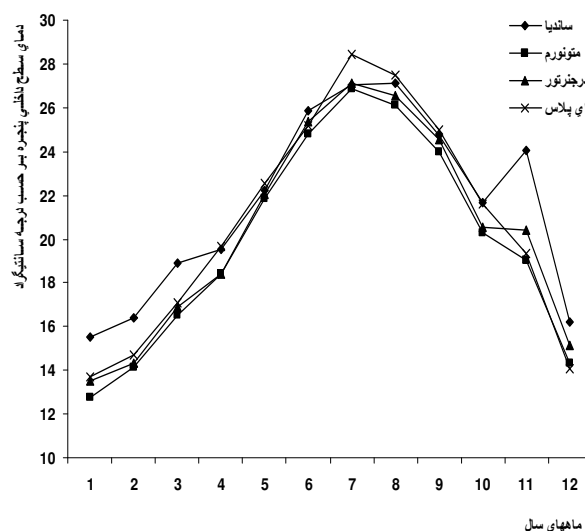
ب- از آنجا که داده‌های تابش، سهم مهمی در انتخاب سال مناسب برای هر ماه دارند، باز هم مشخص نیست که در هنگام تهیه‌کردن فایل ت ام وای به روش ای پلاس، از داده‌های تابش ساعتی یا برآورد شده استفاده شده است. برای سایر داده‌ها نیز می‌توان چنین بحثی را مطرح کرد.

با توجه به مطالب گفته شده می‌توان داده‌های تولید شده به این دو روش را نسبت به سایر روشها بیشتر معتبر دانست.

همچنین فایل‌های ت ام وای، داده‌های ساعتی استاندارد را برای انرژی خورشیدی و دیگر عناصر اقلیمی که امکان مقایسه سیستم‌های مختلف در نقاط متفاوت را فراهم می‌سازد ارائه می‌کنند. اما این فایل‌ها نمی‌توانند به‌طور قطعی تعیین کننده وضعیت این عناصر در سال آینده یا حتی پنج سال آینده باشند، زیرا آنها بیشتر مشخص کننده وضعیت عمومی در طی دوره‌ای طولانی، برای مثال دوره‌ای ۳۰ ساله هستند. در منابع مختلف حتی به این نکته اشاره شده که چون فایل‌های ت ام وای نشان‌دهنده وضعیت نمونه و عمومی هستند



شکل ۱۰ مقایسه دمای سطح خارج پنجره به روش‌های مختلف به صورت ماهیانه



شکل ۱۱ مقایسه دمای سطح داخلی پنجره به روش‌های مختلف به صورت ماهیانه

۸- بررسی نتایج برای شهر تهران

با توجه به شکل‌های ارائه شده نتایج زیر به دست آمده است:

۱- به دلیل در دسترس نبودن داده‌های میانگین تابش کل در دوره ۱۴ ساله، مقایسه برای این پارامتر انجام نشده است. اختلاف در برآورد تابش می‌تواند ناشی از روش‌های مختلف پیش‌بینی باشد.

- Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.
- [6] 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; Vol. 87(1), 1980;
- [7] L.W. 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.
- [8] ASHRAE, Weather year for energy calculations, ASHRAE research project, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 1985.
- [9] D.B. Crawley, Which weather data should you use for energy simulations of commercial buildings, ASHRAE Trans; Vol. 104, 1998, pp. 498–515.
- [10] R. Perez, P. Ineichen, R. Seals, J. Michalsky and R. Stewart, Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Solar Energy; Vol. 44, 1990, pp. 271–89.
- [11] ASHRAE. International weather for energy calculations (IWEC Weather Files) User's Manual, Version 1.1, 2002.
- [12] J. Huang, The impact of different weather data on simulated residential heating and cooling load, ASHRAE Trans; Vol. 104, 1998, pp. 516–27.
- [13] W. Marion, K. Urban, Users manual for radiation data base TMY2s derived from the 1961–1990 national solar, National Renewable Energy Laboratory, 1995.
- [14] I. Hall, R. Prairie, H. Anderson and E. Boes, Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations, SAND78-1601. Sandia National Laboratories, 1978.
- [15] J.M. Finkelstein, R.E. Schafer, Improved Goodness-of-Fit Tests, Biometrika; Vol. 58(3), 1971, pp. 641–645.
- [16] L.O. Degelman, <http://www.cox-internet.com/larryd/enerwin>
- [17] L.O. Degelman, Examination of the concept of using typical week weather data for simulation of

و نه شرایط و وضعیت بحرانی، استفاده از آنها در طراحی سیستم‌هایی که باید جوابگوی شرایط بحرانی باشند مفید نخواهد بود. موارد یاد شده نشانگر این واقعیت است که خروجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان می‌تواند نشان‌دهنده اعتبار یا عدم اعتبار فایل‌های ت ام وای تولید شده باشد. با توجه به شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ دیده می‌شود که مقدار بدست آمده برای مصرف انرژی، انتقال حرارت نفوذی از پنجره، دمای سطح خارجی پنجره و دمای سطح داخلی پنجره برای روشهای ساندیا و ای پلاس به یکدیگر نزدیکتر است اما نتایج سایر روش‌ها به این دو روش نزدیک نیست.

۹- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که استفاده از داده‌های ت ام وای تولیدی توسط نرم‌افزارهای متونورم و درجرتور برای شبیه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان نمی‌تواند معتبر باشد و پیشنهاد می‌شود که با در دست داشتن داده‌های اندازه‌گیری شده برای دوره‌ای ۳۰ ساله داده‌های ت ام وای برای شهرهای مختلف ایران به روش ساندیا تولید شود.

۱۰- مراجع

- [1] L.S. Chan, T.T. Chow, K.F. Fong and J.Z. Lin, Generation of a typical meteorological year for Hong Kong, Energy Conversion and management; Vol. 47, 2006, pp. 87–96.
- [2] DOE-2 software, Weather Processor document, 2000.
- [3] D. Crawley, J. Hand, and L. Lawrie, Improving the Weather Information Available to Simulation Programs, The Building Simulation conference, September 1999.
- [4] M.J. Witte and R.H. Henninger, Testing and validation of new building energy simulation program, Proceedings, Building Simulation, International Building Performance Simulation Association (IBSPA), Rio de Janeiro, Brazil, August 2001.
- [5] L.W. Crow, Summary description of typical year weather data, Chicago midway airport, ASHRAE research project 100, 1970, American Society of

- [۲۳] ابراهیم پور عبدالسلام، پایان نامه دکتری مهندسی مکانیک، ارائه روابطی برای طراحی پنجره ها با کمترین مصرف انرژی سالیانه برای ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۳۸۸.
- [24] A. Ebrahimpour and M. Maerefat, A method for generation of typical meteorological year, Energy Conversation and Management; Vol. 51, 2010, pp. 410–417.
- [25] Energyplus software: <http://www.energyplus.com>
- [۲۶] مهری بهمن، محاسبات عددی، انتشارات جهاد دانشگاهی امیر کبیر، ۱۳۸۵، صفحه ۶۷.
- annualized energy use in buildings, Department of Architecture Texas A&M University College Station, TX 77843-3137.
- [18] L.O. Degelman, A statistically based hourly weather data generator for driving energy simulation and equipment design software for building, Department of Architecture Texas A&M University, U.S.A
- [19] Meteonorm handbook theory part 1, 2, the Swiss federal office of energy, 2003.
- [20] Meteonorm software version 5.102: <http://www.meteonorm.com>
- [21] J.A. Duffie and W.A. Beckman, Solar energy of thermal processes, John Wilcy, New York, 1980.
- [22] T. Watanabe, Procedures for Separating Direct and Diffuse Insolation on a Horizontal Surface and Prediction of Insolation on Tilted Surfaces, Transactions, No. 330, Architectural Institute of Japan, Tokyo, Japan, 1983.