

بررسی دما و نم نسبی همزمان در ایستگاه بوشهر ساحلی برای طراحی تهویه

محمد مرادی^{۱*} و پرویز رضازاده^۲

^۱ دانشیار و عضو هیات علمی پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران

^۲ مشاور سازمان هواشناسی کشور در امور پیش بینی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۲۳، تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۵

چکیده

در این پژوهش داده‌های دمای خشک و نم‌نسبی همزمان ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳ برای برآورد مقادیر متناظر با احتمالات ۰/۹۵ و ۰/۹۹ منحنی تجمعی که در طراحی تهویه مطبوع در سازه‌های بزرگ کاربرد دارد، بررسی شد. برای اینکار از روش‌های گرافیکی و آماری استفاده شد. روش گرافیکی بر مبنای تابع تجمعی تجربی است و روش آماری بر برآزش بهترین تابع تجمعی احتمال بنا شده است. برای تعیین نم‌نسبی همزمان از میانگین نم نسبی مربوط به دمای برآورد شده استفاده شد.

نتایج نشان داد که روش آماری که در تعیین دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف از کل داده‌های سال استفاده می‌شود، نسبت به روشی که از داده‌های فصل و ماه گرم استفاده می‌کنند، برآورد مناسب تری ارائه می‌کند ولی نسبت به روش گرافیکی، مقادیر بیشتری را بدست می‌دهد. این تفاوت به سبب قرار گیری داده‌های بیشینه در بالای منحنی برآزش شده در روش آماری و استفاده از داده‌های دیدبانی در روش گرافیکی رخ داده است. به سبب وجود روند صعودی در دمای خشک و دمای متناظر با احتمالات مختلف، در مناطق ساحلی بوشهر در طراحی تهویه مطبوع در سازه‌هایی با طول عمر پنجاه سال، دمای متناظر با احتمالات ۰/۹۵ و ۰/۹۹ منحنی تجمعی، به ترتیب ۱/۷ و ۱/۸ درجه سلسیوس باید بیشتر از دمائی باشد که به کمک روش گرافیکی معمول و بی‌توجه به روند افزایشی نم نسبی برآورد می‌شود. بنابراین براساس نتایج این تحقیق، ضمن توصیه به استفاده از روش گرافیکی تعمیم یافته، پیشنهاد می‌شود که دمای خشک متناظر با پنج و یک درصد، به ترتیب ۳۷/۱ و ۳۹/۲ درجه سلسیوس و نم‌نسبی متناظر با آن ۵۵/۰ و ۵۲/۰ درصد در نظر گرفته شود.

کلمات کلیدی: بوشهر ساحلی، تهویه مطبوع، روش گرافیکی، روش آماری

یکی از اهداف ویژه در معماری، ایجاد آسایش انسان در سازه‌های بزرگ است که از دیرباز توجه معماران سنتی و مهندسان مدرن را به خود جلب کرده است. در معماری سنتی ایران معمولاً نیازهای حرارتی داخل سکونت‌گاه‌ها، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه طراحی می‌شد. این طراحی به گونه‌ای بود که در تابستان و زمستان شرایط مناسب زندگی از شرایط حاکم بر اقلیم منطقه تأمین می‌گردید. در این معماری سرمایه‌های در مناطق گرم با استفاده از بادگیر، گنبد، حیاط مرکزی، گودال باغچه، حوض خانه، شبستان، شناسیل (وکیلی نژاد و همکاران، ۲۰۱۳)، ایوان و استفاده از مصالح مناسب ایجاد می‌شد و نیاز به استفاده از ابزارهای مکانیکی را تا حد زیادی کاهش می‌داد. آسایش گرمائی در سازه‌های صنعتی در مناطق مختلف کشور، بوسیله پژوهشگران زیادی بررسی شده است: کسمائی (۱۳۷۲)، بر اساس شرایط اقلیمی، برای طراحی ساختمان، حدود نیازهای حرارتی را در طراحی بناها مشخص نمود. او برای اقلیم گرم و مرطوب، کولر گازی و سیستم تهویه متبوع را برای نیاز سرمایه‌های معرفی کرد. وکیلی نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی نحوه عملکرد عناصر معماری به کار رفته در معماری سنتی ایران، جهت ایجاد آسایش حرارتی، به تشریح اصول سامانه سرمایه‌های ایستای مرتبط با هریک از این عناصر پرداخته و عناصر سنتی را که از نظر فرم و کالبد معماری در تناظر با عناصر امروزی قرار می‌گیرند را معرفی کردند. اسلامی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی معماری شهر یزد راهکارهای سنتی و نوین معماری را در دو بخش عمده کنترل تابشی و کاهش تولید گرما دسته بندی کردند و استفاده از مصالح نوین مانند کاشی و سرامیک‌های تغییر رنگ دهنده، شیشه‌های ترموکرومیک و عایق حرارتی آتروتل را در طراحی سازه‌های مدرن در یزد را پیشنهاد دادند. شاعری و همکاران (۱۳۹۶)، در بررسی دما و نم نسبی ساختمان‌های سنتی بوشهر، ابتدا ویژگی‌های اقلیمی خانه‌های بومی بوشهر را معرفی نمودند و دو عمارت گلشن و دهدشتی را جهت اندازه‌گیری‌های تجربی و بررسی رفتار حرارتی

انتخاب کردند. آنها در ادامه با استفاده از حسگرها، متغیرهای دما، نم نسبی و سرعت جریان باد در اتاق‌ها و حیاط مرکزی عمارت‌های انتخابی در بازه هفت روزه در ماه‌های مهر و آبان را اندازه‌گیری کردند و مقادیر را با هم مقایسه نمودند. نتایج حاصل از مقایسه متغیرهای محیطی داخلی و خارجی نشان داد که شرایط حرارتی محیط داخلی ساختمان‌ها، متعادل‌تر و مطلوب‌تر از اقلیم گرم و مرطوب خارجی است. آنها نشان دادند که آسایش حرارتی در این عمارت‌های تاریخی، با استفاده از روش‌های سرمایه‌های خورشیدی غیرفعال و تهویه طبیعی ایجاد شده که در ماه‌های گرم سال نیز همزمان با ایجاد رابطه سازگار با بستر ساختمان و شیوه زندگی، محیط مساعدی را برای زندگی ساکنین فراهم کرده است. صبوری و رحیمی (۱۳۹۶) با استفاده از تحلیل داده‌های اقلیمی بر پایه استاندارد اشری، آسایش اقلیمی مناطق مسکونی شهرهای مختلفی از جمله بندرعباس را بررسی کردند و نشان دادند که در این شهر با اقلیم گرم و مرطوب، ماه بهمن با سی و یک درصد بیشترین شرایط آسایش اقلیمی را داراست و ماه‌های خرداد تا مرداد به طور کامل آسایش حرارتی وجود ندارد.

هدف اصلی این مقاله محاسبه و ارائه روش مناسب برای مقادیر متناظر با پنج و یک درصد بالای منحنی تجمعی دما و نم نسبی همزمان با آن در بوشهر ساحلی است که در طراحی سامانه‌های تهویه برای سازه‌های صنعتی و بزرگ در این منطقه استفاده می‌شود. در ادامه تحقیق، روشی مشخصی نیز برای اثر تغییر اقلیم بر داده‌های محاسباتی ارائه می‌شود. آنچه این پژوهش را از سایر پژوهش‌ها متمایز می‌کند، استفاده از کمیت‌های هواشناسی دما و نم نسبی همزمان با بازه زمانی سه ساعته و بکارگیری روش‌های آماری مناسب در محاسبه این پارامترها است که تا کنون در سطح کشور کمتر به آن توجه شده است. روش بکار رفته این تحقیق به علت در نظر گرفتن اثر تغییر اقلیم، می‌تواند مبنای محاسبات در طراحی سیستم تهویه مطبوع برای سازه‌های صنعتی و بزرگ در سطح کشور برای آینده بکار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

استان بوشهر با مساحتی در حدود ۲۷۶۵۳ کیلومتر مربع بین ۲۷ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی، در جنوب ایران و در حاشیه خلیج فارس قرار دارد. در این استان تعدادی ایستگاه هواشناسی وجود دارد که ایستگاه بوشهر فرودگاهی و بوشهر ساحلی با فاصله کمتر از پانزده کیلومتر از هم قرار گرفته‌اند. ایستگاه بوشهر ساحلی در موقعیت ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه طول جغرافیائی شرقی و ۲۸ درجه و ۵۴ درجه عرض جغرافیائی شمالی با ارتفاع ۸/۴ متر از سطح دریا، در جنوب ایستگاه فرودگاهی قرار دارد و در سال ۱۹۸۶ تاسیس شده است. وجود ذخایر عظیم نفت و گاز و تاسیسات بزرگی مانند نیروگاه اتمی، پالایشگاه و پتروشیمی سبب شده است تا این استان در زمره استان‌های دارای توان ساخت سازه‌های بزرگ قرار گیرد.

روش‌های این پژوهش برای کلیه مناطقی که دارای ایستگاه جمع آوری داده دما و نم نسبی همزمان است، کاربرد دارد. علت استفاده از داده‌های بوشهر ساحلی در این تحقیق، محاسبه شرایط تهویه برای طراحی نیروگاه‌های واحد دو و سه در بوشهر است که موقعیت آن به ایستگاه بوشهر ساحلی نزدیکتر است و معمولاً برای این سازه‌های بزرگ، طول عمری معادل ۵۰ تا ۱۰۰ سال در نظر می‌گیرند.

داده‌های ایستگاه هواشناسی بوشهر ساحلی از بدو تاسیس تا سال ۱۹۹۳ در پنج نوبت دیدبانی جمع‌آوری شده است. از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ دیدبانی کمیت‌های هواشناسی به هشت نوبت در روز افزایش پیدا کرد. بنابراین با در نظر گرفتن یکنواختی داده‌های هشت نوبت در روز، برای بررسی دما و نم نسبی همزمان از داده‌های سه ساعته

بررسی دما و نم نسبی همزمان در ایستگاه بوشهر ساحلی برای طراحی تهویه

دمای خشک و نم نسبی در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷ استفاده شد. این داده‌ها که از سازمان هواشناسی گرفته شده است، دمای بیشینه و کمینه روزانه را در بر نمی‌گیرد زیرا دماهای بیشینه و کمینه تداوم کمتری دارند. بررسی آماری داده‌های فوق برای آشکارسازی خطاهای فاحش، داده مشکوکی را مشخص نکرد. در جدول ۱ چند کمیت آماری این داده‌ها آورده شده است. از این جدول دیده می‌شود که دمای خشک و نم نسبی با بازه زمانی سه ساعت به ترتیب در دامنه سه تا چهل و چهار درجه سلسیوس و هشت تا صد درصد تغییر کرده است. کمینه نم نسبی در تاریخ ۲۱-۰۷-۱۹۹۶ در ساعت ۰۶:۰۰ گرینویچ با دمای ۴۳ درجه سلسیوس ثبت شده است. در این روز در بوشهر فرودگاهی نیز در همین ساعت نم نسبی هشت درصد گزارش شده است. شایان ذکر است که دمای خشک دو ایستگاه بوشهر ساحلی و فرودگاهی در دوره آماری مشترک در فصل گرم با هم مقایسه شد. از مقایسه این داده‌ها (دمای خشک) دیده شد که میانگین بیشینه (کمینه) روزانه ایستگاه فرودگاهی بیشتر (کمتر) از مقدار مشابه در ایستگاه بوشهر ساحلی است.

برای بررسی و انتخاب دمای خشک و نم نسبی متناظر با آن، از دو روش متداول گرافیکی و عددی استفاده شد. روش اول که بوسیله پژوهشگران روسی توصیه شده است از یک تابع تجمعی احتمال استفاده می‌شود. در این روش پس از مرتب کردن داده‌ها از بزرگ به کوچک، از یک تابع احتمال تجربی مانند $P(x_i)$ استفاده می‌شود (NIISF، ۲۰۰۳):

$$P(x_i) = 1 - \frac{m_{cp} - 0.3}{N + 0.4} \quad (1)$$

در این رابطه، N تعداد داده‌ها و i شماره ردیف داده i ام در سری زمانی مرتب شده می‌باشد. تابع فوق به رابطه

جدول ۱. کمیت‌های آماری دما (درجه سلسیوس) و نم نسبی (درصد) ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷

کمیت	تعداد	کمینه	چارک اول	میانه	چارک سوم	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
دمای خشک (°C)	۷۲۲۸۸	۳/۰	۱۹/۴	۲۶/۶	۳۱/۸	۴۴/۰	۲۵/۵	۷/۱۵
نم نسبی (درصد)		۸/۰	۵۹/۰	۶۸/۰	۷۸/۰	۱۰۰/۰	۶۷/۸	۱۳/۷۳

تجربی چگودیف^۱ معروف است. از آنجائیکه تعداد داده‌های تکراری در بین داده‌های دما خیلی زیاد است و با این روش احتمال‌های مختلفی برای آنها بدست می‌آید، از این رو برای حذف این مشکل، داده‌های دمای خشک ابتدا با فاصله نیم درجه مرتب می‌شود و سپس با بازه‌های ± 0.2 ، دسته‌های مختلفی ایجاد می‌شود و m_{cp} میانگین شماره ردیف‌های اول و آخر داده‌های موجود در دسته مورد نظر می‌باشد. در این روش برای هر T_i که تابع احتمال آن با $P(T_i)$ مشخص شده است، $y_i = -Ln[-Ln[P(T_i)]]$ نیز بدست می‌آید و با رسم نمودار T_i و y_i ، مقادیر دما با احتمال‌های مختلف بدست می‌آید. روابط تجربی بسیاری (گرینگورتن، ویبول، هیزن، توکی، بلوم) برای این روش می‌توان استفاده کرد ولی در نتایج حاصل از بکارگیری آنها، تفاوت قابل توجهی بدست نمی‌آید. استفاده از این روش برای تعیین رفتار وتایع تصادفی آماری نامناسب است و بر اساس آن نمی‌توان احتمال شرایط ویژه مورد انتظار مانند گرم شدن هوا در اثر تغییر اقلیم در دوره طولانی را بررسی کرد ولی این روش بدلیل سادگی و استفاده از داده‌های طولانی مدت که در آنها اثر تغییر اقلیم بطور طبیعی اعمال شده است، کاربرد زیادی دارد که برای استفاده از آن لازم است تا تکمیل گردد. در این پژوهش نحوه تکمیل کردن روش گرافیکی برای اعمال اثر تغییر اقلیم که از این پس روش گرافیکی تعمیم یافته نامیده می‌شود، به صورت زیر ارائه شده است. در دوره آماری، برای سال شروع دوره، از روش گرافیکی استفاده شده و در احتمالات مختلف، دمای متناظر با آن بدست می‌آید. سپس برای هر سال، روش گرافیکی برای داده‌ها از ابتدای دوره تا سال مورد نظر بکار گرفته می‌شود تا در احتمالات مختلف، دمای متناظر با آن برآورد شود. در سال پایانی، کل داده‌های دوره آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از برآورد دمای متناظر با احتمالات مختلف، روند بر داده‌های مورد نظر مورد آزمون قرار گرفته و پس از تایید آماری، مقدار برآورد ناشی از اثر تغییر اقلیم به دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف، اضافه می‌شود.

در روش دوم بر اساس آزمون‌های آماری نیکوئی برازش، ابتدا یک منحنی مناسب بر داده‌های دمای خشک برازش داده می‌شود. آنگاه با استفاده از این منحنی، تابع احتمال تجمعی محاسبه می‌شود و سپس مقادیر دما با احتمال‌های مختلف بدست می‌آید. از آنجائیکه در آزمون آندرسن-دارلینگ (آندرسن، ۲۰۱۰) مقادیر بالای منحنی توزیع تجمعی ارزش بیشتری دارند، از این رو در این پژوهش از شاخص آندرسن-دارلینگ برای آزمون نکوئی برازش استفاده شد. مقادیر بحرانی این شاخص نخستین بار توسط استفانس (استفانس، ۱۹۷۴، ۱۹۷۶، ۱۹۷۷ و ۱۹۷۹) برای توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال، نمائی، ویبول و گامبل نوع یک ارائه شده است.

برای داده‌های دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی بر اساس شاخص آندرسن-دارلینگ، تابع چگالی ویبول به عنوان بهترین تابع انتخاب شد. تابع توزیع تجمعی ویبول برای هر x از رابطه زیر بدست می‌آید (جیانگ و همکاران، ۲۰۱۱):

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (2)$$

در این معادله α و β به ترتیب، فراسنج‌های شکل و مقیاس^۲ و $F(x)$ تابع تجمعی توزیع ویبول است (ویبول، ۱۹۵۱) و بر اساس روش‌های مختلفی محاسبه می‌شوند. در این پژوهش از روش بیشینه درشت‌نمائی^۳ استفاده شده است (میر و همکاران، ۲۰۰۴).

روش‌های دیگری نیز برای برآورد دما با احتمالات مختلف در کشورهای دیگر وجود دارد که از مهمترین آنها می‌توان به اشری (۲۰۱۷) اشاره کرد. در این روش ابتدا ماه گرم سال تعریف می‌شود و آن ماهی است که میانگین دمای روزانه در آن ماه بیشتر از ماه‌های دیگر سال است. سپس بر داده‌های این ماه در طول دوره آماری منحنی مناسب برازش داده می‌شود و براساس آن دما با احتمالات مختلف برآورد می‌شود. پس از تعیین تابع توزیع تجمعی برای دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی، مقادیر دمای

2- Shape and scale parameters

3- Maximum Likelihood Method

1-Empirical Chegodayev Formula

جدول ۲ آورده شده است. در ادامه دمای خشک با فاصله نیم درجه و بازه ± 0.2 درجه دسته‌بندی گردید. موقعیت هر داده دمای خشک در دسته‌بندی جدید نیز مشخص شد و میانگین ردیف‌های مشخص شده، تعیین گردید. با استفاده از معادله (۱) فراوانی تجمعی هر داده نیز بدست آمد. نمونه‌ای از این محاسبات در جدول ۳ نشان داده شده است. از این جدول دیده می‌شود که فراوانی تجمعی با احتمال ۰/۹۵ بین دو مقدار 0.954139253 و 0.936577065 قرار گرفته است که دمای خشک متناظر با آنها به ترتیب $35/5$ و $35/0$ درجه سلسیوس است. همچنین فراوانی تجمعی با احتمال ۰/۹۹ بین مقادیر 0.991385893 و 0.986066921 با دماهای متناظر $37/5$ و $37/0$ درجه سلسیوس قرار دارد. با در نظر گرفتن رابطه خطی دما بین این مقادیر، برای احتمالات ۰/۹۹ و ۰/۹۵ داده‌های دمای خشک متناظر به ترتیب $35/4$ و $37/4$ درجه سلسیوس برآورد شد. شکل ۱ تابع توزیع تجمعی برای داده‌های دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳ را نشان می‌دهد. دمای خشک متناظر با احتمالات ۰/۹۵ و ۰/۹۹ نیز در شکل مشخص شده است. تعداد زیادی نم نسبی همزمان با دماهای برآورد شده در دوره آماری وجود دارد. در دمای $35/4$ درجه

متناظر با احتمال‌های مختلف بدست آمد. احتمال‌های مختلفی که در سازه‌های بزرگ توصیه شده است پنج درصد (۰/۹۵) و یک درصد بالای (۰/۹۹) منحنی تابع تجمعی می‌باشد (سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ۱۳۸۲). در طول دوره آماری دیده شد که برای دمای خشک متناظر با احتمالات توصیه شده، تعداد زیادی نم نسبی همزمان ثبت شده است که انتخاب نم نسبی همزمان را با مشکل مواجه می‌کند. از آنجائی که اثر بخشی نم نسبی بر روی دما در محاسبات دمای احساسی خطی نیست و در رطوبت بالا به ازای افزایش درصد معینی از رطوبت، افزایش دمای ظاهری بیشتر از افزایش آن در شرایطی است که رطوبت پایین باشد، علی‌رغم آگاهی به این واقعیت، از میانگین نم نسبی متناظر با دمای خشک برآورد شده استفاده شد.

نتایج و بحث

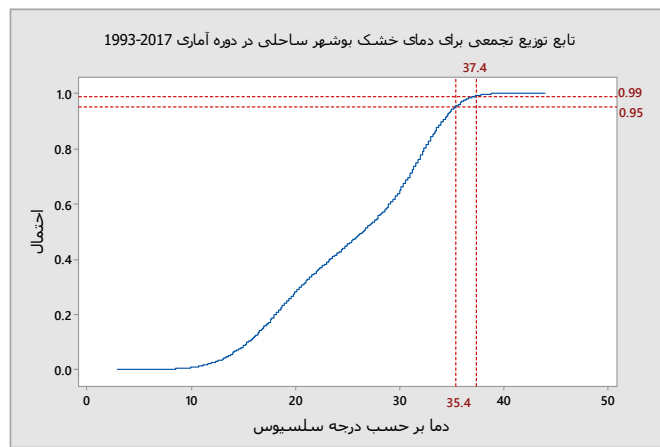
بر پایه مبانی نظری بند پیش، ابتدا از روش گرافیکی دمای خشک متناظر با احتمال‌های مختلف بدست آمد. برای اینکار داده‌های فوق از بزرگ به کوچک مرتب شد و به هر داده یک شماره ردیف اختصاص یافت. در دوره آماری انتخابی ۷۲۲۸۸ داده دمای خشک ثبت شده است. نمونه‌ای از این داده‌ها همراه با شماره ردیف آنها در

جدول ۲. نمونه‌ای از داده‌های دمای خشک (درجه سلسیوس) مرتب شده ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳

ردیف (i)	دمای خشک (°C)	ردیف (i)	دمای خشک (°C)	ردیف (i)	دمای خشک (°C)	ردیف (i)	دمای خشک (°C)
۱	۴۴.۰	۱۳	۴۱.۶	۲۵	۴۰.۸	۳۷	۴۰.۲
۲	۴۴.۰	۱۴	۴۱.۶	۲۶	۴۰.۷	۳۸	۴۰.۲
۳	۴۳.۷	۱۵	۴۱.۲	۲۷	۴۰.۷	۳۹	۴۰.۲
۴	۴۳.۰	۱۶	۴۱.۲	۲۸	۴۰.۶	۴۰	۴۰.۱
۵	۴۳.۰	۱۷	۴۱.۲	۲۹	۴۰.۵	۴۱	۴۰.۱
۶	۴۲.۸	۱۸	۴۱.۲	۳۰	۴۰.۴	۴۲	۴۰.۱
۷	۴۲.۶	۱۹	۴۱.۱	۳۱	۴۰.۴	۴۳	۴۰.۰
۸	۴۲.۲	۲۰	۴۱.۰	۳۲	۴۰.۴	۴۴	۴۰.۰
۹	۴۲.۱	۲۱	۴۱.۰	۳۳	۴۰.۳	۴۵	۴۰.۰
۱۰	۴۲.۰	۲۲	۴۰.۹	۳۴	۴۰.۳	۴۶	۴۰.۰
۱۱	۴۲.۰	۲۳	۴۰.۸	۳۵	۴۰.۳	۴۷	۴۰.۰
۱۲	۴۱.۶	۲۴	۴۰.۸	۳۶	۴۰.۲	۴۸	۴۰.۰

جدول ۳. داده‌های دمای خشک با دسته‌بندی جدید و تابع احتمال آن در ایستگاه بوشهر ساحلی (۱۹۹۳-۲۰۱۷)

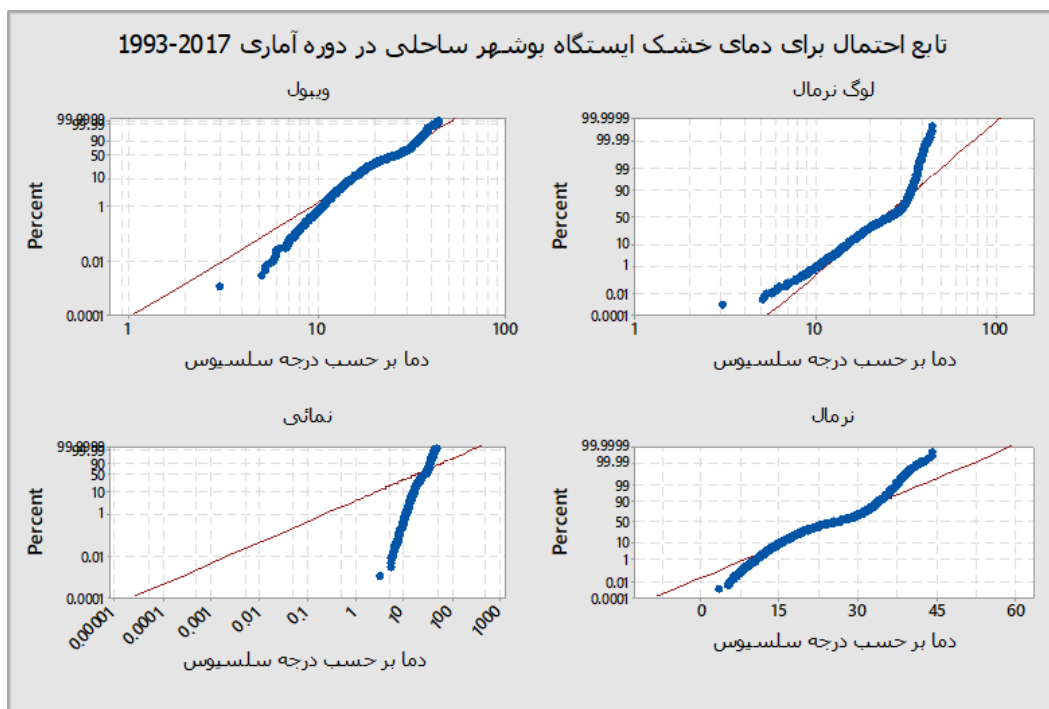
$P(x_i) = 1 - \frac{m_{cp} - 0.3}{N + 0.4}$	m_{cp}	i	دسته بندی جدید دما با بازه ۰/۲ درجه سلسیوس	مرتب کردن دمای خشک با فاصله نیم درجه سلسیوس
۰.۹۹۹۹۸۳۴	۱.۵۰	۱,۲	۴۳.۸, ۴۴.۲	۴۴.۰
۰.۹۹۹۹۶۲۶۵	۳.۰۰	۳	۴۳.۳, ۴۳.۷	۴۳.۵
۰.۹۹۹۹۳۴۹۸۳	۵.۰۰	۴,۵,۶	۴۲.۸, ۴۳.۲	۴۳.۰
۰.۹۹۹۹۰۷۳۱۶	۷.۰۰	۷	۴۲.۳, ۴۲.۷	۴۲.۵
۰.۹۹۹۸۷۲۷۳۲	۹.۵۰	۸,۹,۱۰,۱۱	۴۱.۸, ۴۲.۲	۴۲.۰
۰.۹۹۹۸۴۲۴۳۱۵	۱۳.۰۰	۱۲,۱۳,۱۴	۴۱.۳, ۴۱.۷	۴۱.۵
۰.۹۹۹۷۲۷۴۸	۲۰.۰۰	۲۴,۲۵.....۱۵,۱۶,	۴۰.۸, ۴۱.۲	۴۱.۰
۰.۹۹۹۵۸۲۲۲۹	۳۰.۵۰	۳۴,۳۵.....۲۶,۲۷,	۴۰.۳, ۴۰.۷	۴۰.۵
۰.۹۹۹۳۶۷۸۱	۴۶.۰۰	۳۶,۳۷.....۵۵,۵۶	۳۹.۸, ۴۰.۲	۴۰.۰
۰.۹۹۸۹۸۰۴۷۳	۷۴.۰۰	۵۷,۵۸.....۹۰,۹۱	۳۹.۳, ۳۹.۷	۳۹.۵
۰.۹۹۸۳۰۲۶۳۲	۱۲۳.۰۰	۹۲,۹۳.....۱۵۳,۱۵۴	۳۸.۸, ۳۹.۲	۳۹.۰
۰.۹۹۷۰۹۲۲۰۳	۲۱۰.۵۰	۱۵۵,۱۵۶.....۲۶۵,۲۶۶	۳۸.۳, ۳۸.۷	۳۸.۵
۰.۹۹۴۷۸۸۹۲۹	۳۷۷.۰۰	۲۶۷,۲۶۸.....۴۸۶,۴۸۷	۳۷.۸, ۳۸.۲	۳۸.۰
۰.۹۹۱۳۸۵۸۹۳	۶۲۳.۰۰	۴۸۸-۷۵۸	۳۷.۳, ۳۷.۷	۳۷.۵
۰.۹۸۶۰۶۶۹۲۱	۱۰۰۷.۵۰	۷۵۹-۱۲۵۶	۳۶.۸, ۳۷.۲	۳۷.۰
۰.۹۷۸۹۰۱۱۷۹	۱۵۲۵.۵۰	۱۲۵۷-۱۷۹۴	۳۶.۳, ۳۶.۷	۳۶.۵
۰.۹۶۷۷۹۹۸۱۳	۲۳۲۸.۰۰	۱۷۹۵-۲۸۶۱	۳۵.۸, ۳۶.۲	۳۶.۰
۰.۹۵۴۱۳۹۲۵۳	۳۳۱۵.۵۰	۲۸۶۲-۳۷۶۹	۳۵.۳, ۳۵.۷	۳۵.۵
۰.۹۳۶۳۷۷۰۶۷	۴۵۹۹.۵۰	۳۷۷۰-۵۴۲۹	۳۴.۸, ۳۵.۲	۳۵.۰
۰.۹۱۵۶۴۰۶۸۴	۶۰۹۸.۵۰	۵۴۳۰-۶۷۶۷	۳۴.۳, ۳۴.۷	۳۴.۵



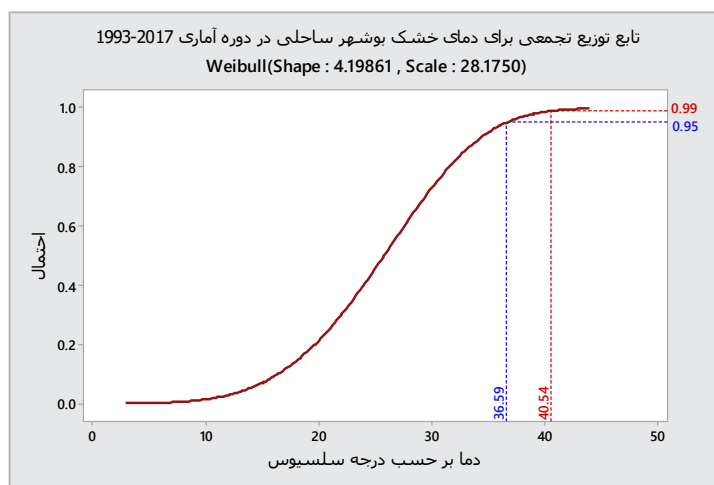
شکل ۱. تابع توزیع تجمعی برای دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی (۱۹۹۳-۲۰۱۷).

و ویبول، بهترین تابع توزیع بر داده‌های دمای خشک برازش داده شد که در شکل ۲ نشان داده شده است. از این شکل دیده می‌شود که توزیع ویبول بر دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی از دمای دوازده تا چهل و چهار درجه سلسیوس، نسبت به توزیع‌های دیگر بهتر برازش شده است. بعلاوه شاخص آندرسن-دارلینگ در این توزیع

سلسیوس در طول دوره آماری ۳۷۴ مورد نم نسبی ثبت شده است که میانگین این تعداد ۶۲/۶ درصد بوده است. در دمای ۳۷/۴ درجه نیز ۸۶ مورد نم نسبی دیدبانی شده است که میانگین آنها ۵۲/۹ درصد می‌باشد. در روش عددی با استفاده از شاخص آندرسن-دارلینگ، از بین چهار تابع توزیع نرمال، لوگ نرمال، نمائی



شکل ۲. تابع احتمال در توزیع‌های ویبول، نرمال، لوگ نرمال و نمائی برای داده‌های دما در ایستگاه بوشهر ساحلی (۱۹۹۳-۲۰۱۷).



شکل ۳. تابع توزیع تجمعی ویبول برای دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷.

سلسیوس برآورد شد و بر اساس تابع ویبول دمای خشک متناظر با احتمالات ۰/۹۹ و ۰/۹۵ مطابق شکل ۳ به ترتیب ۳۶/۶ و ۴۰/۵ درجه سلسیوس بدست آمد که در مقایسه با مقادیر مشابه با روش گرافیکی، تفاوت قابل توجهی دارد. متوسط نم نسبی همزمان با این دماها، به

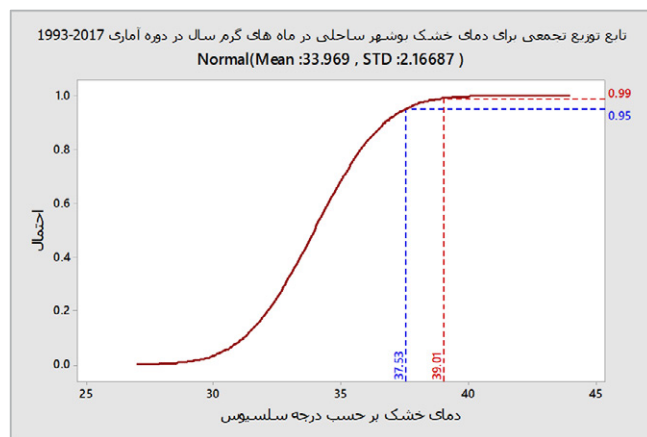
کمتر از توزیع‌های دیگر است. بنابراین از تابع ویبول برای برآورد دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف استفاده شد. با استفاده از روش بیشینه درشت نمائی، فراسنج‌های شکل و مقیاس به ترتیب ۴/۱۹۸۶۱ و ۲۸/۱۷۵۰ درجه

ترتیب ۵۸/۲ و ۵۳/۰ درصد است که تعداد اولی در دوره آماری ۱۲۴ مورد و دومی فقط یک مورد ثبت شده است. یکی از نقاط ضعف این روش، استفاده از مقادیر بالای منحنی در تعیین و برآورد دما در نقاط انتهائی می‌باشد. برای استفاده از روش ماه گرم، ابتدا ماه گرم مشخص شد. بررسی میانگین دمای خشک ایستگاه بوشهر ساحلی نشان داد که میانگین روزانه دمای هوا در ماه‌های جولای و اگوست در طول دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷ از ماه‌های دیگر سال بیشتر بوده است. بجز در سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۳ که ماه جولای به عنوان ماه گرم انتخاب شده است، در بقیه سال‌ها ماه اگوست ماه گرم بوده است. با استفاده از شاخص آندرسن-دارلینگ، بهترین تابع بر داده‌های ماه‌های گرم سال تابع توزیع نرمال با میانگین ۳۳/۹۶۹ و انحراف معیار ۲/۱۶۶۸۷ درجه سلسیوس است که بر این داده‌ها برازش داده شد. دمای خشک متناظر با احتمالات داده شده در شکل ۴ نشان داده شده است. از

این شکل دیده می‌شود که ۳۷/۵ درجه سلسیوس در پنج درصد بالای منحنی نرمال و ۳۹/۰ درجه سلسیوس در یک درصد بالای منحنی نرمال قرار دارد. در این حالت نیز میانگین نم نسبی همزمان با این دماها به ترتیب ۶۲/۷ و ۵۱/۹ درصد است.

در روشی دیگر از داده‌های دمای خشک ماه‌های می تا سپتامبر یا جون تا سپتامبر (نشریه شماره ۲۷۱) هر سال به عنوان فصل گرم استفاده شده است. در این حالت نیز مشابه قبل تابع تجمعی ویبول بر داده‌های دمای خشک انتخاب و برازش داده شد. دمای متناظر با احتمالات مختلف به ترتیب ۳۵/۸ و ۳۷/۰ درجه سلسیوس برآورد شد (شکل ۵) و نم نسبی همزمان با آنها نیز به ترتیب ۵۷/۵ و ۵۳/۷ درصد است.

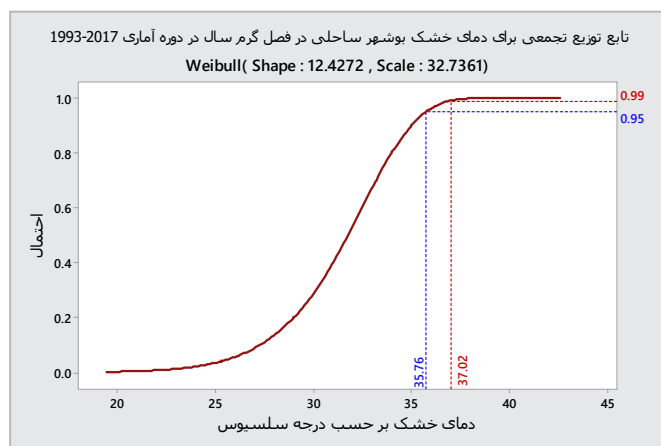
نتایج حاصل از روش‌های فوق در جدول شماره ۴ خلاصه شده است. از این جدول دیده می‌شود که روش گرافیکی و روش آماری برای فصل گرم دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف را تقریباً مشابه برآورد



شکل ۴. تابع توزیع تجمعی نرمال برای دمای خشک ماه گرم سالانه در ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷.

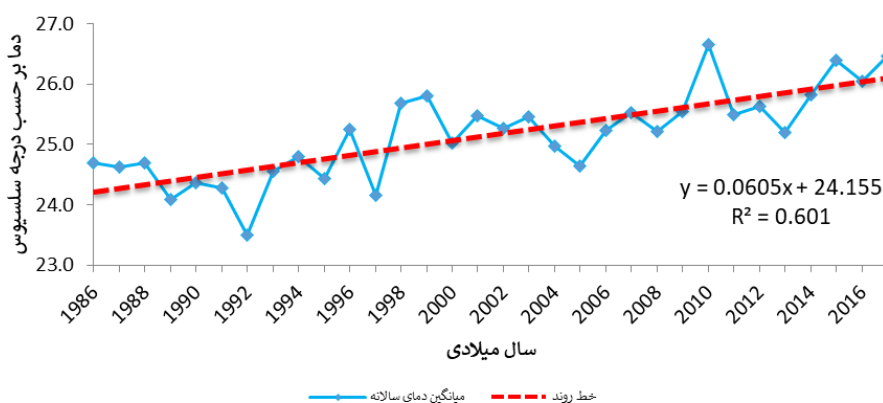
جدول ۴. مقادیر دمای خشک (درجه سلسیوس) و نم نسبی (درصد) همزمان ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷ با روش‌های گرافیکی و آماری.

نام ایستگاه: بوشهر ساحلی، دوره آماری: ۱۹۹۳-۲۰۱۷، دما بر حسب درجه سلسیوس، نم نسبی بر حسب درصد							
احتمال	روش آماری		روش گرافیکی		روش آماری		احتمال
	داده‌های ماه گرم	داده‌های فصل گرم	داده‌های کل سال	داده‌های کل سال	دما	نم نسبی	
۰.۹۵۰	۶۲/۷	۳۵/۸	۳۶/۶	۵۸/۲	۳۵/۴	۶۲/۶	۰.۹۵۰
۰.۹۹۰	۵۱/۹	۳۷/۰	۴۰/۵	۵۳/۰	۳۷/۴	۵۲/۹	۰.۹۹۰



شکل ۵. تابع توزیع تجمعی ویبول برای دمای خشک فصل گرم سالانه در ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳.

تغییرات میانگین دمای سالانه ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۸۶



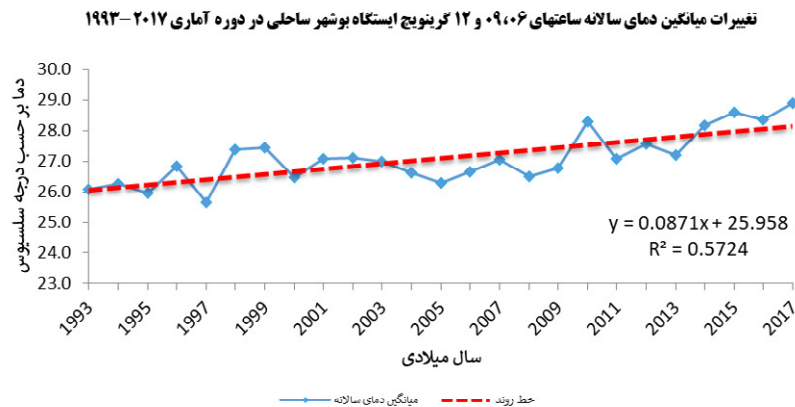
شکل ۶. تغییرات میانگین سالانه دمای خشک در ایستگاه بوشهر ساحلی (۲۰۱۷-۱۹۸۶) و خط روند صعودی.

می‌تواند از معایب استفاده از این روش باشد. از بررسی تغییرات میانگین سالانه دمای هوا در ایستگاه بوشهر ساحلی طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۷ که در شکل ۶ آورده شده است، دیده شد که روند صعودی قابل توجهی در این کمیت وجود دارد که در سطح اعتماد ۹۵ درصد با شیب سن به مقدار $4/1619$ بوسیله آزمون من-کنندال تایید شد. معادله خط روند به صورت زیر است:

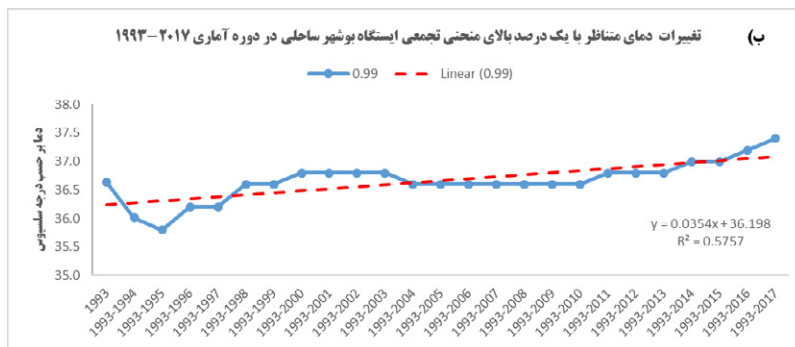
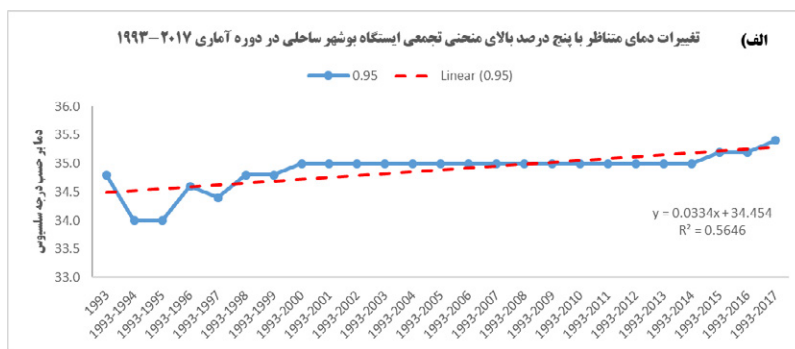
$$T_{Avg} = 0.0605 \times (Year - 1986) + 24.155 \quad (3)$$

از این معادله دیده می‌شود که میانگین سالانه دمای

کرده‌اند. روش آماری برای ماه گرم و کل سال نیز این کمیت را تقریباً مشابه بدست داده‌اند. از آنجائیکه تعداد داده‌های بکار گرفته شده برای کل سال بیشتر است و داده‌های تمامی ساعت‌های شبانه روز، ماه‌ها و فصل‌های مختلف سال را نیز پوشش می‌دهد، از این رو چنین به نظر می‌رسد که اعتبار روش آماری برای داده‌های کل سال بیشتر از اعتبار آن برای ماه گرم و فصل گرم است. بعلاوه در روش آماری، ادامه منحنی برازش داده شده، بر پایه مقادیر بیشینه دمای دوره آماری انتخابی استوار است از این رو در این روش به نوعی افزایش دمای ناشی از اثر تغییر اقلیم نیز با شیب تندتری لحاظ شده است که



شکل ۷. تغییرات میانگین سالانه دمای خشک مربوط به ساعتهای ۰۶ تا ۱۲ گرینویچ در ایستگاه بوشهر ساحلی (۱۹۹۳-۲۰۱۷) و خط روند آن.



شکل ۸. تغییرات دمای خشک متناظر با پنج درصد (الف) و یک درصد (ب) بالای منحنی تجمعی در ایستگاه بوشهر ساحلی (۱۹۹۳-۲۰۱۷).

توجه به معادله خط روند دیده می‌شود که روند صعودی دما در هر صد سال ۸/۷ درجه سلسیوس است. در شکل ۸ نیز تغییرات دمای متناظر با پنج (شکل الف) و یک درصد (شکل ب) بالای منحنی تجمعی نشان داده شده است. از این شکل‌ها دیده می‌شود که در هر دو مورد روند صعودی وجود دارد. در هر صد سال در شکل الف حدود ۳/۳ درجه سلسیوس و در شکل ب ۳/۵

هوا در هر ۱۰ سال، ۰/۶ درجه سلسیوس و در هر ۱۰۰ سال ۶ درجه سلسیوس می‌تواند افزایش یابد. وجود روند در دمای هوای مربوط به ساعتهای گرم روز در دوره‌های آماری مختلف نیز بررسی شد که در همه موارد با آزمون من-کندال تایید شد. شکل ۷ تغییرات میانگین دمای خشک ساعتهای ۰۶، ۰۹ و ۱۲ در دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۱۷ همراه با خط روند را نشان می‌دهد. از این شکل با

جدول ۵. مقادیر نهائی دمای خشک(درجه سلسیوس) و نم نسبی(درصد) همزمان ایستگاه بوشهر ساحلی (۲۰۱۷-۱۹۹۳).

احتمال	روش آماری		روش گرافیکی	
	دما	نم نسبی	دما	نم نسبی
۰.۹۵۰	۳۶/۶	۵۸/۲	۳۷/۱	۵۵/۰
۰.۹۹۰	۴۰/۵	۵۳/۰	۳۹/۲	۵۲/۰

درجه سلسیوس دمای خشک متناظر با احتمالات ذکر شده افزایش نشان داده است. بنابراین برای ساختن یک سازه بزرگ با طول عمر ۵۰ سال در منطقه ساحلی بوشهر با توجه به شرایط اقلیمی و نحوه تغییرات آن، مقدار ۱/۷ و ۱/۸ به ترتیب به دمای خشک متناظر با احتمالات ۰/۹۵ و ۰/۹۹ اضافه می‌شود(جدول ۵).

جمع بندی

در این تحقیق برای برآورد دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف و نم نسبی همزمان با آن که در طراحی تهویه مطبوع برای سازه‌های بزرگ و طراحی تجهیزات مورد استفاده آن بکار گرفته می‌شود، روش‌های مختلفی در ایستگاه بوشهر ساحلی استفاده شد. مقادیر برآورد شده دمای خشک در روش گرافیکی که بر پایه تابع احتمال تجمعی استوار است و از تمامی داده‌های دمای خشک ایستگاه ساحلی بوشهر در طول دوره آماری استفاده می‌کند، با روش فصل گرم که از داده‌های چهار یا پنج ماه خرداد تا مهر هر سال استفاده می‌کند، نتایج تقریباً مشابهی را بدست دادند. روش آماری که بر اساس برآزش بهترین تابع توزیع احتمال بنا شده است که از تمامی داده‌های ایستگاه نیز استفاده می‌کند. با روش ماه گرم که از داده‌های یک ماه از سال استفاده می‌کند، نتایج تقریباً مشابهی را بدست دادند. با روش آماری در ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳، دمای خشک متناظر با پنج درصد(۰/۹۵)، ۳۶/۶ درجه سلسیوس و متناظر با یک درصد(۰/۹۹)، ۴۰/۵ درجه سلسیوس است. در این روش افزایش دمای ناشی از اثر تغییر اقلیم با شیب تندتری لحاظ شده است. در طول دوره آماری با دماهای برآورد شده تعداد زیادی نم نسبی

دیدبانی شده وجود دارد. برای تعیین نم نسبی همزمان با این دماها بهتر است میانگین همه نم نسبی همزمان با دمای برآورد شده در نظر گرفته شود. بنابراین نم نسبی همزمان با دمای ۳۶/۶ درجه سلسیوس معادل ۵۸/۲ درصد و همزمان با دمای ۴۰/۵ درجه سلسیوس معادل ۵۳/۰ درصد است. این روش اگر چه بر پایه روش آماری منطقی استوار است ولی به سبب استفاده از مقادیر بیشینه در برآورد مقادیر بعدی، برآورد مناسبی از دمای متناظر با احتمالات مختلف را بدست نمی‌دهد. بنابراین توصیه می‌شود که از روش گرافیکی برای برآورد دمای خشک متناظر با احتمالات مختلف استفاده گردد. با این روش در ایستگاه بوشهر ساحلی در دوره آماری ۲۰۱۷-۱۹۹۳، دمای خشک متناظر با پنج درصد(۰/۹۵)، ۳۵/۴ درجه سلسیوس و متناظر با یک درصد(۰/۹۹)، ۳۷/۴ درجه سلسیوس است.

افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، افزایش تدریجی گازهای گلخانه‌ای، نبود امکان خروج اشعه مادون قرمز از جو زمین، افزایش دمای هوا و تغییر کمیت‌های اقلیمی از جمله عوامل مهمی است که در طراحی سازه‌های با طول عمر طولانی باید در نظر گرفته شود. از آنجائیکه در ایستگاه بوشهر ساحلی روند صعودی افزایش دمای هوا در سطح اعتماد ۹۵ درصد تایید شده است و بنا به معادله خط روند در هر ده سال حدود ۰/۶ درجه میانگین دمای هوا افزایش دارد و نیز روند صعودی در داده‌های دمای خشک متناظر با احتمالات پنج درصد و یک درصد بالای منحنی تجمعی تایید شده است، بنابراین توصیه می‌شود که برای طراحی تهویه مطبوع در سازه‌هایی با طول عمر پنجاه سال در منطقه ساحلی بوشهر با توجه به شرایط اقلیمی و نحوه تغییرات آن، مقدار ۱/۷ و ۱/۸ به ترتیب

سیاستگذاری و برنامه ریزی انرژی، سال سوم، شماره ۶، بهار ۱۳۹۶، صص ۳۵-۷.

- Anderson, T.W. 2011, Anderson-Darling tests of goodness-of-fit. In International Encyclopedia of Statistical Science (pp. 52-54). Springer Berlin Heidelberg.
- ASHRAE. (2017). Chapter 14, Thermal Comfort, ASHRAE Handbook of Fundamentals, Atlanta Georgia: American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers, Inc
- Stephens, M. A. (1974). EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons, Journal of the American Statistical Association, 69, pp. 730-737.
- Stephens, M. A. (1976). Asymptotic Results for Goodness-of-Fit Statistics with Unknown Parameters, Annals of Statistics, 4, pp. 357-369.
- Stephens, M. A. (1977). Goodness of Fit for the Extreme Value Distribution, Biometrika, 64, pp. 583-588.
- Stephens, M. A. (1977). Goodness of Fit with Special Reference to Tests for Exponentiality, Technical Report No. 262, Department of Statistics, Stanford University, Stanford, CA.
- Stephens, M. A. (1979). Tests of Fit for the Logistic Distribution Based on the Empirical Distribution Function, Biometrika, 66, pp. 591-595.
- Jiang, R. and Murthy, D.N.P. (2011). A study of Weibull shape parameter: Properties and significance. Reliability Engineering & System Safety. 96 (12): 1619-26.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability (PDF), J. Appl. Mech.-Trans. ASME, 18 (3): 293-297.
- Meyer, C.M. and Woodroffe, M. (2004). Consistent maximum likelihood estimation of a unimodal density using Shape Restrictions. La Revue Canadienne de Statistique. Vol. 32, No. 1, pp. 85-100.
- Daraei, M.; Mahmodi, P.; Sari Sarraf, B.; Khorshiddoust, A.M. (2018). Determine the probability distribution function of frost in Iran during the period 1981-2010, Reserches in Geographical Science 2018, 18(50) pp 1-15.
- Ebrahim, H.M. and Isiguzo, E.A. (2009). Flood frequency analysis of Gurara River catchment at Jere, Kaduna State, Nigeria. Scientific Research and Essay. 4(6), 636-646.
- Vakilnezhad, R., Mofidi, M. and Mehdizade Seradj, F. (2013). Shanashil a sustainable element to balance light, view and thermal comfort, in the international Journal of Environmental, cultural, Economic and social sustainability, Vol. , 8, 101-110.

به دمای خشک متناظر با احتمالات ۰/۹۵ و ۰/۹۹ اضافه شود. بنابراین اعمال اثر تغییر اقلیم به شیوه معرفی شده در این مطالعه و استفاده از روش گرافیکی که در مجموع به عنوان روش گرافیکی تعمیم یافته معرفی و توصیه می شود، پیشنهاد می گردد که دمای خشک متناظر با یک پنچ درصد (۰/۹۵)، ۳۷/۱ درجه سلسیوس و متناظر با یک درصد (۰/۹۹)، ۳۹/۲ درجه سلسیوس و نم نسبی همزمان ۵۵/۰ و ۵۲/۰ درصد برای طراحی تهویه مطبوع بوشهر ساحلی در نظر گرفته شود. شایان ذکر است که نتایج روش های ارائه شده که به صورت شکل و جدول در این پژوهش آورده شده است نیز از نتایج این تحقیق می باشد.

منابع

- علیزاده، امین. (۱۳۹۴). اصول هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه امام رضا، مشهد، ۹۴۲ صفحه.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. (۱۳۸۲). شرایط طراحی برای محاسبات تاسیسات گرمائی، تعویض هوا و تهویه مطبوع ویژه تعدادی از شهرهای ایران. نشریه شماره ۲۷۱. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۲۹ صفحه.
- کسمائی، مرتضی. (۱۳۷۲). پهنه بندی اقلیمی، مسکن و محیط های مسکونی. انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. ۵۱۴ صفحه.
- موسسه تحقیقات فیزیک ساختمان (NIISF). (۲۰۰۳). توصیه های برای محاسبه پارامترهای اقلیمی مورد نیاز طراحی و ساخت و ساز، راهنمای SNIP 2.01.01-82، مسکو، ۱۳۹ صفحه.
- شاعری، جلیل، یعقوبی، محمود، علی آبادی، محمد، و کیلی نژاد، رزا. (۱۳۹۶). بررسی دما، رطوبت نسبی و سرعت جریان باد در ساختمان های سنتی مسکونی بوشهر در فصل گرما. نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دوره ۲۲ شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، صص ۱۰۵-۹۳.
- اسلامی، فرشته، طاهری، ثریا، طاهری، جعفر. (۱۳۹۶). بهره گیری از مصالح نوین به عنوان جایگزین برای راهکارهای اصلی معماری سنتی در شهر یزد. نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش بنیان، سوم اردیبهشت ماه ۱۳۹۶، تهران، ایران. و کیلی نژاد، رزا، مهدیزاده سراج، فاطمه، مفیدی شمیرانی، سید مجید. (۱۳۹۲). اصول سامانه های سرمایه ایستا در عناصر معماری سنتی ایران، نشریه علمی-پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، شماره ۵ بهار و تابستان ۱۳۹۲، صص ۱۶۰-۱۴۷.
- صبوری، صابر، رحیمی، لیل. (۱۳۹۶). تحلیل زمانی آسایش اقلیمی شهری با رویکرد کاهش مصرف انرژی. فصلنامه پژوهش های

Investigation of coincident temperature and relative humidity in Bushehr coastal for air conditions design

Mohammad Moradi¹, Parviz Rezazadeh²

¹Associate Prof. of Atmospheric Science and Meteorological Research (ASMERC), Tehran, Iran

²Forecasting adviser, Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran

*Corresponding Author Email: moradim36@gmail.com

Received: 14 September 2019, accepted: 6 December 2019

ABSTRACT

In this study, the data of coincident temperature and relative humidity in Bushehr coastal station (1993-2017) were investigated to estimate the corresponding values with probabilities of 95% and 99%. This value in the design of large structures for determining the method of calculating air conditioning are used. To do this, graphical and numerical methods were used. The graphical method is based on the empirical cumulative function and the basis of the numerical or statistical methods is based on the fit of the best probability cumulative function. In order to determine the coincident relative humidity at the same time as the estimated dry temperature, the average relative humidity amongst the data was used.

The results showed that the statistical method used to determine the dry temperature corresponding to different probabilities for all data of the year is more appropriate than the method that uses hot season and month data, but obtains higher values than the graphical method. This difference occurred due to the placement of maximum data at the top of the fitted curve in the statistical method and the use of observation data in the graphical method.

In addition, the average annual dry temperature and the temperature corresponding to different probabilities, has a significant upward trend at the Bushehr coastal station. Therefore, it is recommended that in the design of structures with a life span of 50 years on the coasts of Bushehr, the specified dry temperature corresponding to probabilities of 95 and 99 present is 1.7 and 1.8 degrees Celsius, respectively, should be considered higher than estimated values.

Therefore, while recommending the use of the generalized graphic method of this paper, it is suggested that at Bushehr coastal station, the dry temperature corresponding to probabilities of 95% and 99% is estimated to be 37.1 and 39.2 degrees Celsius, respectively, and the relative humidity is 55% and 52% respectively.

Keywords: Bushehr coastal, Air conditioning, Graphical method, Statistical method

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Moradi, M.; Rezazadeh, P. (2020). Investigation of coincident temperature and relative humidity in Bushehr coastal for air conditions design. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(4): 355-366.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

