

تصحیح الگوهای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه نواحی کوهستانی ایران و ایستگاه های نمونه

بهاره میرکماندار^{۱*}، محبوبه فرزندی^۲

^۱ کارشناسی ارشد هواشناسی دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۱۱ ، تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۰

چکیده

رفتار تغییرات روزانه دما و رطوبت نسبی عکس یکدیگر است. با رسم دقیق منحنی تغییرات روزانه این دو متغیر در یک روز عادی مشاهده می شود که توزیع این دو متغیر نرمال نیست و یک منحنی چوله به راست است. بنابراین استفاده از ضرایب مساوی برای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه خطا دارد. الگوی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه فقط نیمی از ساعات شبانه روز را شامل می شود. مسئله بعدی تأثیر اقلیم بر الگوی رفتاری تغییرات دما و رطوبت نسبی است که در روش های موجود مورد توجه قرار نگرفته است. این مقاله الگوهای جدیدی را برای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه در ناحیه کوهستانی ایران و ایستگاه های نمونه مربوطه ارائه داده است. به این منظور ناحیه کوهستانی منتخب از خوشه بندی اقلیمی به روش افزای میانه محور مشخص شده است. نمونه گیری سیستماتیک برای تعیین ایستگاه های منتخب انجام سپس الگوی رگرسیونی خطی پس از غربال و آماده سازی داده ها برازش داده شد. نتایج ارائه شده وجود عرض از مبدأ را در تمامی الگوها تأیید می کنند. الگوهای برتر با بررسی آماره های لازم و تحلیل باقی مانده ها ارائه شدند. ضرایب تعیین (R^2) و آماره های F بدست آمده، نشان می دهند الگوها در برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه از توانایی مناسبی برخوردار هستند. در اکثر الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه، رطوبت نسبی ساعت ۳ در موثرتر است. واسنجی و مقایسه الگوهای ارائه شده در این مقاله با الگوهای رایج نشان از دقت بالای الگوهای پیشنهادی دارد. میانگین مربع خطا (MSE) معیار کارایی الگوهاست.

کلمات کلیدی: الگوی رگرسیونی، دمای کمینه و بیشینه، میانگین دما و رطوبت نسبی سه ساعته، نمونه گیری

سیستماتیک

نگرفته است. بنابراین نیاز به انتخاب خوشه‌بندی اقلیمی است تا روابط متناسب با اقلیم مربوطه ارائه شوند. همچنین رابطه ارائه شده برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه فقط نیمی از ساعات شبانه‌روز را شامل می‌شود. لذا، ارائه روابطی که بتواند میانگین دما و رطوبت نسبی را با دقت بیشتری محاسبه کند ضروری است.

$$\bar{T} = 0.5T_{\max} + 0.5T_{\min} \quad (1)$$

$$\overline{RH} = 0.33RH_3 + 0.33RH_9 + 0.33RH_{15} \quad (2)$$

پژوهشگران روش‌های مختلفی را به صورت مستقیم و غیرمستقیم برای کاهش خطا در راستای محاسبه میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه پیشنهاد کرده‌اند. نمونه‌ای از این پژوهش‌ها به شرح زیر است. پارتون^۲ و لوگان^۳ (۱۹۸۱) الگوهای زیر را برای محاسبه دمای هوا از مقادیر کمینه و بیشینه دما ارائه داده‌اند:

(a) طول روز

$$T = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min}) \sin \left[\frac{\pi(t - t_{\min})}{D_a + 2a} \right] \quad (3)$$

(b) طول شب

$$T = (T_{\min} - d) + [T_{\text{set}} - (T_{\min} - d)] \exp \left[\frac{-b(t - t_{\text{set}})}{24 - D_a + c} \right] \quad (4)$$

$$d = (T_{\text{set}} - T_{\min}) / [\exp(b) - 1] \quad (5)$$

D_a طول روز نجومی، T_{set} دما در غروب آفتاب، t_{set} زمان غروب آفتاب و در ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین برای دمای هوا مقادیر ثابت a ، b ، c به ترتیب ۱/۸۶، ۲/۲، ۰/۱۷ در معادلات فوق است.

رانینگ^۴ و همکاران (۱۹۸۷) برای برآورد دمای روزانه

دما و رطوبت نسبی از مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی به حساب می‌آیند. تغییرات شبانه‌روزی رطوبت نسبی و دما عکس یکدیگر است. این دو از مهم‌ترین متغیرهایی هستند که در تعیین پراکندگی سایر عناصر اقلیمی نقش دارند و از شاخص‌های مهم طبقه‌بندی اقلیمی نیز به شمار می‌روند. افزون بر این، اثرات انکارناپذیری در فعالیت‌های انسانی، طبیعی و به‌ویژه در زمینه کشاورزی دارند.

منحنی‌های دما و رطوبت نسبی در یک روز عادی به صورت منحنی تک‌نمایی^۱ چوله به راست هستند. این منحنی‌ها توسط دستگاه‌های دمانگار و رطوبت نگار رسم می‌شود. میانگین روزانه دما و رطوبت نسبی به طور تقریباً دقیق با انتگرال‌گیری از منحنی مربوطه محاسبه می‌شود. چون دمانگار و رطوبت نگار در همه ایستگاه‌ها وجود ندارد، میانگین دمای روزانه از الگوی رایج و مرسوم (رابطه ۱) محاسبه می‌شود. این الگو میانگین ساده یا وزن‌دار دماهای کمینه و بیشینه مشاهداتی در طول شبانه‌روز است و میانگین رطوبت نسبی روزانه از الگوی مرسوم و رایج آن (رابطه ۲) محاسبه می‌شود. این الگو میانگین ساده یا وزن‌دار رطوبت نسبی مشاهده‌ای سه ساعت استاندارد ۳، ۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ (۶:۳۰، ۱۲:۳۰ و ۱۸:۳۰ محلی) است. محاسبه میانگین‌های دما و رطوبت نسبی روزانه به این روش به عنوان یک دستورالعمل استاندارد جهانی در سازمان هواشناسی ایران و وزارت نیرو استفاده می‌شود (Statistical yearbooks, ۱۹۶۱).

محاسبه میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه با این روش‌ها تقریبی بوده و خطا دارد. علت چولگی (عدم تقارن) منحنی دما و رطوبت نسبی روزانه است. روابط مرسوم برای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه با فرض متقارن بودن منحنی این دو متغیر ارائه شده و به صورت معادله خطی با عرض‌ازمبدأ صفر هستند. از دیگر ضعف‌های روابط (۱) و (۲) مسئله اقلیم می‌باشد که در برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه مورد توجه قرار

2 -Parton

3 -Logan

4 -Running

1 Skewed curve

ایسیکو^۷ و همکاران (۲۰۱۱) از تکنیک تحلیل هارمونیک برای پیش‌بینی دمای ساعتی هوا در لاگوس و ابوجا، واقع در نیجریه استفاده کردند. ایشان اظهار داشت تغییرات دمای هوای ساعتی نسبت به دو ایستگاه مجاور دوره‌ای می‌باشد و تمایل زیادی برای تکرار روند خود در روز بعد دارد در صورتیکه همه متغیرها ثابت باشند. همچنین دمای هوا در یک ساعت خاص به ساعت قبل از آن بستگی دارد.

سریوستاوا^۸ و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی یک روش ساده برای برآورد الگوهای روزانه در دمای نقطه شبنم و رطوبت نسبی هفتگی براساس میانگین حداقل دما و رطوبت نسبی صبحگاهی در شرایط اقلیمی نیمه خشک حیدرآباد ارائه داد. به این منظور الگوهای سینوسی و نمایی برای الگوی دمایی روزانه و شبانه در بررسی الگوهای روزانه رطوبت نسبی هفتگی در این منطقه استفاده شده است. نتایج ایشان اثبات کرد تغییرات روزانه دما، بسته به دمای نقطه شبنم صبحگاهی، الگوی مشخص دارد. همچنین الگوهای رطوبت نسبی روزانه از رطوبت نسبی نقطه شبنم و رطوبت نسبی واقعی ثبت می‌گردد. ایشان پیشنهاد کردند این مدل برای مطالعات طولانی مدت آب و هوایی رطوبت نسبی و الگوهای روزانه بسیار مفید است. واکازوکی^۹ (۲۰۱۳) یک متغیر جدید رطوبتی هوا به نام رطوبت نسبی اصلاح شده مطابق ویژگی‌های تابع توزیع جانشون پیشنهاد کرد. ایشان بیان کرد توزیع فراوانی رطوبت نسبی اصلاح شده را می‌توان با توزیع عادی تقریب زد و سه نوع رطوبت نسبی اصلاح شده را مورد بررسی قرار داد. الگوی سوم با سه پارامتر ثابت بهترین تابع برای تقریب توزیع نرمال معرفی شد.

الدوین^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات آب و هوایی نیجریه را از نظر دما، رطوبت نسبی، دمای موثر، شاخص دما و رطوبت نسبی بررسی کرده و جهت مدیریت موثر این تغییرات منطقه مورد مطالعه را به مناطق اقلیمی

از روی دمای کمینه و بیشینه در یک منطقه ی کوهستانی با اطلاعات بدست آمده از کاغذهای دمانگار رابطه (۶) را پیشنهاد کردند. وزن دمای بیشینه در این رابطه ۱/۵ برابر وزن دمای کمینه است.

$$T_{avg} = 0.6T_{max} + 0.4T_{min} \quad (6)$$

سازمان تحلیل اقلیم‌های فضایی دانشگاه ایالتی اورگان^۵ برای محاسبه متوسط رطوبت نسبی روزانه رابطه (۷) را ارائه کرده است که برای ماه‌های مختلف با مقدار واقعی اختلاف دارد.

$$\overline{RH} = 0.65RH_{morning} + 0.35RH_{afternoon} \quad (7)$$

ولوا^۶ و همکاران (۱۹۹۶) به تجزیه و تحلیل آماری دما - رطوبت و زمان - رطوبت هوای استوایی در شبه جزیره یوکاتان در مکزیک پرداختند. آنها نشان دادند که پیچیدگی‌های دما-رطوبت از مکان‌های واقع در اقلیم‌های مرطوب حاره ای نمی‌تواند با مقدار متوسط سالانه به خوبی مشخص شوند با مطالعه سیستماتیک از تغییرات روزانه دما (T) و رطوبت نسبی (RH) که می‌توان الگو با توابع خطی و سهموی باشد اطلاعات بهتری حاصل می‌شود.

برخی نتایج حاصل از این پژوهش به صورت زیر است:
۱- مقادیر متوسط سالانه RH و T را نمی‌توان از مجموع دما-رطوبت در اقلیم مرطوب گرمسیری مشخص کرد.

۲- تغییرات روزانه RH و T اطلاعاتی ارائه می‌دهند که می‌توان برای بررسی فرآیندهایی چون تخریب مواد مورد استفاده قرار گرفت.

۳- می‌توان الگوی تکامل روزانه از RH و T را با دو معادله ی ساده به شکل یک تابع خطی و یک تابع سهموی به ترتیب برای شب و روز بکار برد.

7 - Isikwue
8 - Sriveštava
9 - Vakazuki
10 - Eludoyin

5 - Organ State University
6 - Veleva

گرمایی تقسیم کردند. حداقل، حداکثر و میانگین مقدار دمای سالانه ارائه شده در این پژوهش برای نیجریه به ترتیب ۲۱/۴، ۳۲/۸ و ۲۷/۱ درجه سانتیگراد گزارش شده است.

آکنوبی^{۱۱} و آدنی^{۱۲} (۲۰۱۷) دمای هوای روزانه را در مناطق گرمسیری مدل سازی کردند. ایشان با به کارگیری پنج مدل مختلف دمای هوا روزانه به برآورد دمای روزانه از حداقل، حداکثر و میانگین دمای روزانه هوا پرداختند. از مدل سری فوریه برای تخمین روند روزانه دمای هوا با استفاده از دمای هوای حداکثر و حداقل موجود استفاده شده است. رابطه (۸) مدل سری فوریه را نشان می دهد.

$$T_a = \overline{T_a} + \sum_{i=1}^N C_i \left(\cos \left[\frac{2\pi}{24} (t - t_m) - \phi \right] \right) \quad (8)$$

$$t_m = \frac{P}{360} \arcsin \left(\frac{A}{C} \right) \quad (9)$$

$$C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2} \quad (10)$$

C_i دامنه هارمونیک است. t_m زمانی است که در آن دامنه هارمونیک در حداکثر زاویه فاز و P دوره مشاهدات می باشد. $\overline{T_a}$ متوسط دمای روزانه است که توسط رابطه (۱۱) برآورد می شود. T_{amin} و T_{amax} به ترتیب حداقل و حداکثر دمای روزانه هوا است.

$$\overline{T_a} = \frac{T_{amin} + T_{amax}}{2} \quad (11)$$

$$A_i = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N/2} \overline{T_a} \sin \left(\frac{2\pi}{p} it \right) \quad (12)$$

$$B_i = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N/2} \overline{T_a} \cos \left(\frac{2\pi}{p} it \right) \quad (13)$$

$$\phi = \arctan \left[\frac{b_i}{a_i} \right] \quad (14)$$

بالیان و همکاران (۲۰۱۷) ساختار فضایی دمای

سالانه در کشور ایران را با دریافت داده های ۳۲۰ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم شناسی از زمان تأسیس تا سال ۲۰۱۴ مدل سازی کردند. نتایج ایشان نشان داد حداکثر و حداقل درصد توزیع دمای سالانه ایران به ترتیب در محدوده ۹۰٪ و بالاتر در جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی و در محدوده ۵۰٪ در شمال غرب و غرب ایران است.

کومار شرستا^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با هدف گزارش تغییرات روزانه و ماهانه تابش خورشیدی، دمای هوا، رطوبت نسبی و نقطه شبنم در سال ۲۰۱۳ براساس داده های هواشناسی نپال واقع در دانمارک انجام داد. نتایج ایشان حاکی از آن است که در یک روز روشن، تغییرات تابش خورشیدی مطابق تابع گاوسی عملکردی صعودی و رطوبت نسبی عملکردی نزولی دارد. همچنین عملکرد دمای هوا شکلی سینوسی دارد. دمای هوا و نقطه شبنم دارای ماکزیمم مقدار خود در ماه های ژوئن تا سپتامبر به ترتیب ۲۹ و ۲۵ درجه سانتیگراد است. طبق این پژوهش حداقل مقدار رطوبت نسبی در ماه آوریل خشک ترین ماه سال ۵۵/۴ را نشان می دهد همچنین اختلاف دمای روزانه و شبانه ماهانه در تابستان کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد است.

فرزندی و همکاران (۱۳۹۰) الگوهای خطی و غیرخطی (خطی پذیر) را برای برآورد رطوبت نسبی ماهانه و سالانه به تفکیک برای ماه های مختلف (۱۲ الگو) و برای سالانه (یک الگو) در مناطق ساحلی (خزر، خلیج فارس و دریای عمان) از روی رطوبت ساعت های استاندارد محلی ایران و متغیرهای بارش روزانه، دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در مناطق ساحلی ارائه کردند. علاوه بر این، ایشان به برآورد الگوی رطوبت نسبی ماهانه و سالانه به کمک داده های رطوبت ساعت های استاندارد و پارامترهای بارش روزانه، دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی پرداختند. به این منظور تعداد ۱۴۹ ایستگاه همدید ایران با شش عامل هوا و اقلیم شناسی در دسترس (دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی، دامنه تغییرات

11 - Akinnubi

12 - Adeniyi

دقیقه طول شرقی واقع شده است. حدود ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. آب و هوای ایران بیشترین تأثیر را از رشته کوه‌های زاگرس که غرب تا جنوب غربی ایران کشیده شده‌اند و رشته کوه البرز که در بخش شمالی ایران واقع شده‌اند می‌گیرد (بختیاری، ۱۳۸۳)

این کشور هم اکنون ۲۸۹ ایستگاه سینوپتیک و تعداد بسیاری ایستگاه تبخیرسنجی و اقلیم‌شناسی وابسته به سازمان هواشناسی، ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی، باران‌سنجی ذخیره‌ای و تبخیرسنجی وابسته به وزارت نیرو دارد. ایستگاه‌های سینوپتیک دقت بالاتر و آمار قابل اعتمادی دارند. آمار این ایستگاه‌ها در مقاله حاضر استفاده شده است. نظر به اینکه رفتار دما و رطوبت نسبی در اقلیم‌های مختلف متفاوت است، بنابراین انجام این پژوهش نیازمند انتخاب خوشه‌بندی اقلیمی برای کشور ایران است. فرزندی و همکاران (۱۳۹۰) کشور ایران را با روش افرازی میانه محور براساس متغیرهای رطوبت نسبی، دما، بارش و سایر عوامل موثر و مرتبط با رطوبت با استفاده از آمار کامل و دقیق ۱۴۹ ایستگاه همدید در مقیاس زمانی ۲۵ ساله به سه خوشه ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه‌بیابانی تقسیم کردند. مقاله حاضر در نظر دارد روابطی جدید برای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه برای اقلیم (خوشه) کوهستانی ایران ارائه دهد. جدول (۱) نتیجه خوشه‌بندی ایشان را نشان می‌دهند. نقشه پهنه‌بندی ایران برای نمایش بهتر اقلیم هر منطقه در شکل (۱) ارائه شده است. خوشه ساحلی با اعداد ۱، خوشه کوهستانی با اعداد ۲ و خوشه بیابانی و نیمه‌بیابانی با اعداد ۳ مشخص شده است.

نمونه‌گیری سیستماتیک

روش نمونه‌گیری سیستماتیک، زمانی که حجم جامعه آماری زیاد است استفاده می‌شود. در این روش با تقسیم حجم جامعه بر حجم نمونه فاصله انتخاب نمونه‌ها مشخص می‌شود. اولین نمونه را از میان فاصله نمونه‌گیری به روش تصادفی انتخاب کرده و در نهایت از اولین انتخاب به فاصله

دمای سالانه، ارتفاع ایستگاه) به روش افرازی میانه محور^{۱۴} خوشه‌بندی و سپس با سه نمایه اقلیم‌بندی دوماستن، ایوانف و تورنتوایت اقلیم‌بندی انجام شد. میرکماندار و همکاران (۱۳۹۹) الگوهای کاربردی جدیدی برای برآورد میانگین دمای روزانه در سه ناحیه اقلیمی (کوهستانی، بیابانی و نیمه‌بیابانی و ساحلی) ایران و ایستگاه‌های نمونه زیرمجموعه ارائه دادند. میرکماندار و همکاران (۱۴۰۰) به مدل‌سازی میانگین رطوبت نسبی هوای طلوع تا غروب با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف در ایران پرداختند. در تمامی الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی ارائه شده توسط ایشان وجود عرض‌از مبدأ تأیید شد و دامنه عرض از مبدأ الگوهای سه اقلیم ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه‌بیابانی و ایستگاه‌های نمونه آن‌ها در بازه ۰/۷۷ تا ۱۴/۴۶ قرار گرفت. نتایج پژوهش نامبرده در اکثر الگوها رطوبت نسبی ساعت ۱۵ را در برآورد میانگین رطوبت نسبی موثرتر دانست.

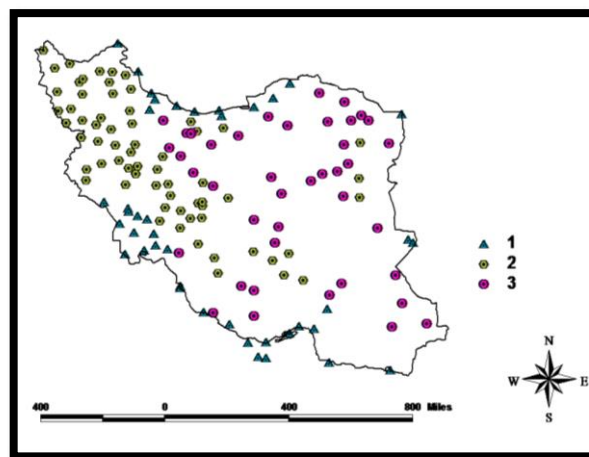
پژوهش‌ها نشان می‌دهند روش‌های مرسوم برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی برای تمامی اقلیم‌ها یکسان فرض شده و بدون در نظر داشتن، چولگی منحنی دما و رطوبت نسبی روزانه از دقت قابل قبولی برخوردار نیستند. هدف مقاله حاضر ارائه الگوهای جدید برای محاسبه میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه در نواحی کوهستانی ایران است. بنابراین الگوهای اصلاح شده و دقیق‌تر برای برآورد این دو میانگین روزانه متناسب با اقلیم کوهستانی و هر یک از ایستگاه‌های نمونه زیرمجموعه‌ی آن براساس داده‌های اندازه‌گیری شده (نمونه) در ساعت‌های رسمی ارائه شده است.

مواد و روش‌ها

ایران کشوری پهناور است که از نظر جغرافیایی ویژگی‌های خاصی دارد و از لحاظ اقلیمی بسیار متنوع است. ایران یکی از کشورهای وسیع جهان است که در محدوده ۲۵ درجه و سه دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و پنج دقیقه تا ۶۳ درجه و ۱۸

جدول ۱. نام و شماره ایستگاه‌های خوشه کوهستانی ۱۹۸۷-۲۰۱۶ (فرزندی، ۱۳۹۰)

نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه
Station name	Station number	Station name	Station number	Station name	Station number
اراک	۳	کرمانشاه	۲	اهر	۱
Arak		Kermanshah		Ahar	
بیجار	۶	بافت	۵	ماهشان	۴
Bijar		Baft		Mahshan	
بروجرد	۹	بروجن	۸	بیرجند	۷
Borujerd		Borujen		Birjand	
اسلام آباد غرب	۱۲	اصفهان	۱۱	داران	۱۰
Eslam Abad		Esfahan		Daran	
غروه	۱۵	قائن	۱۴	ارومیه	۱۳
Gharve		Qaen		Urmia	
همدان نوزه	۱۸	همدان فرودگاه	۱۷	گلپایگان	۱۶
Hamedan Airbase		Hamedan Airport		Golpayegan	
کنجوار	۲۱	کبوترآباد	۲۰	ایلام	۱۹
Konjvar		Kabootar Abad		Ilam	
سیرجان	۲۴	خلخال	۲۳	الیگودرز	۲۲
Sirjan		Khalkhal		Aligudarz	
مهاباد	۲۷	لردگان	۲۶	کوه‌رنگ	۲۵
Mahabad		Lordegan		Kuhrang	
مراغه	۳۰	ملایر	۲۹	ماکو	۲۸
Maraghe		Malayer		Maku	
مشکین شهر	۳۳	مروست	۳۲	مریوان	۳۱
Meshkin shahr		Marvast		Marivan	
نطنز	۳۶	شهرکرد	۳۵	نائین	۳۴
Natanz		Shahrekord		Naein	
اردبیل	۳۹	پیرانشهر	۳۸	فیروزکوه	۳۷
Ardebil		Piranshahr		Firuzkuh	
سهند	۴۲	سقز	۴۱	سددرودزن	۴۰
Sahand		Saghez		Doroudzan Dam	
سردست	۴۵	سراب	۴۴	سنندج	۴۳
Sardast		Sarab		Sanandaj	
شهرضا	۴۸	نهایوند	۴۷	زنجان	۴۶
Shahreza		Nahavand		Zanjan	
شمال تهران	۵۱	ترت حیدریه	۵۰	شرق اصفهان	۴۹
North of Tehran		Torbate Heydariyeh		East Esfahan	
تفرش	۵۴	خدابنده	۵۳	سیاه بیشه	۵۲
Tafresh		Khodabande		Siah Bisheh	
شیراز	۵۷	یاسوج	۵۶	تکاب	۵۵
Shiraz		Yasuj		Takab	
		زرینه اوباتو	۵۹	شهربابک	۵۸
		Zarrineh		Shahre Babak	



شکل ۱. پهنه بندی ایران براساس خوشه بندی افزای میانه محور(فرزندی، ۱۳۹۰) (۱-ساحلی، ۲-کوهستانی، ۳- بیابانی و نیمه بیابانی)

عدد بزرگتر گرد می گردد.

$$n_o = \left(\frac{Z_{(1-\alpha/2)}}{W} \right)^2 \left(\frac{1-R^2}{1-R_{xxj}^2} \right) + P + 1 \quad (15)$$

پارامتر W نصف پهنای کل بازه اطمینان، $Z_{(1-\alpha/2)}$ چندک نرمال استاندارد، R^2 ضریب تعیین چندگانه، R_{xxj}^2 ضریب تعیین جزئی بین اُمین پیشگو و $P-1$ پیشگوی باقی مانده است. R^2 و R_{xxj}^2 باید قبل از جمع آوری داده ها محاسبه شوند (کلی^{۱۵} و ماکسول^{۱۶}، ۲۰۰۳).

بازه اطمینان برای ضریب رگرسیون استاندارد شده یک جامعه (B_j) مطابق رابطه (۹) است. $\hat{B}_j$ برآورد ضریب رگرسیون استاندارد، n حجم نمونه، P تعداد پیشگوها و $P-1$ تعداد پیشگوی باقی مانده است.

$$\hat{B}_j \pm t_{(1-\alpha/2; n-p-1)} \sqrt{\frac{1-R^2}{(1-R_{xxj}^2)(n-P-1)}} \quad (16)$$

برآورد نهائی حجم نمونه (n_t) با رابطه (۱۷) انجام

نمونه گیری، نمونه ها انتخاب می شوند (اخوان، ۱۳۹۳). این روش نمونه گیری برای تعیین ایستگاه های نمونه خوشه کوهستانی استفاده شده است. در این نمونه گیری خوشه کوهستانی، جامعه و ایستگاه های درون آن، نمونه فرض شدند. فاصله نمونه گیری (k) با تقسیم حجم هر خوشه به حجم نمونه برآورد شده برای آن مشخص شده و اولین ایستگاه نمونه (r) به شکل تصادفی از میان فاصله نمونه گیری تعیین می شود. سایر ایستگاه های نمونه به فاصله نمونه گیری از اولین نمونه انتخاب می شوند.

برآورد حجم نمونه

تحلیل های رگرسیونی بر روی جامعه نیازمند نمونه گیری است. چون هدف برازش الگوهای رگرسیونی می باشد نمی توان مستقیماً از روش های معمول برای نمونه گیری استفاده کرد. محاسبه حجم نمونه با رویکردی خاص انجام می شود که به ضرایب رگرسیون جامعه (پارامترها) و دقت برآورد آنها (بازه های اطمینان) تأکید می شود. این رویکرد حجم مناسب نمونه را برای کاهش پهنای بازه اطمینان تعیین و به تخمین پارامترهای جامعه می پردازد. به این منظور ابتدا برآورد اولیه ای از حجم نمونه مطابق رابطه (۱۵) انجام می شود. n_o مطابق عوامل پیشگوی ثابت و غیراستاندارد فرض شده است. این عدد صحیح می باشد. اگر در برآوردها ناصحیح شود به

می شود. فرض این رابطه مطابق پیشگوهای تصادفی و استاندارد شده است.

$$n_i = \left(\frac{Z_{(1-\alpha/2)}}{W} \right)^2 \left(\frac{1-R^2}{1-R_{xy}^2} \right) \left(\frac{\chi^2_{(1-\gamma; n-1)}}{n_0 - P - 1} \right) + P + 1 \quad (17)$$

$\chi^2_{(1-\gamma; N-1)}$ مقدار بحرانی توزیع کی دو با $n-1$ درجه آزادی است. پارامترهای مجهول در روابط (۱۵) تا (۱۷) نیاز به تخمین اولیه دارند. این مجهولات ضریب تعیین الگوی رگرسیونی (R^2) و ضرایب تعیین هریک از متغیرهای پیشگو در مقابل متغیرهای پیشگوی دیگر (R^2_{xy}) هستند. تخمین مجهولات به واسطه برآورد نمونه‌ای اولیه با حجم کم (n_i) از جامعه امکان پذیر است (کلی و ماکسول، ۲۰۰۳). اولین گام برای نمونه‌گیری برآورد حجم نمونه است. فرزند و همکاران (۱۳۹۰) حجم نمونه‌ی خوشه کوهستانی را با روابط (۱۵) تا (۱۷) محاسبه کردند. مطابق نتایج حاصله، حجم نمونه برای این خوشه پنج ایستگاه است. نظر به اینکه خوشه‌ی منتخب این پژوهش با پژوهش نامبرده یکسان است، از برآورد مجدد حجم نمونه خودداری و از نتایج فوق برای نمونه‌گیری از این خوشه استفاده شد.

- نمونه‌گیری سیستماتیک برای تعیین ایستگاه‌های نمونه این خوشه انجام و آمار ۳۰ ساله (۱۳۶۶/۱/۱) تا (۱۳۹۵/۱۲/۳۰) رطوبت نسبی و دمای سه ساعته، دمای حداقل و حداکثر روزانه ایستگاه‌های منتخب دریافت شد. غریبال داده‌ها برای بررسی دقت و صحت داده‌ها صورت گرفت. داده‌های دما و رطوبت نسبی این خوشه با مشاهدات کمینه و بیشینه دما و رطوبت نسبی ماهانه‌ی هر ایستگاه مقایسه شدند. داده‌های پرت با روش فیلتر کردن از حداقل مقدار تا حداکثر مقدار پس از مقایسه با مشاهدات کمینه و بیشینه ماهانه در نرم‌افزار اکسل شناسایی و حذف شدند و داده‌های گمشده با روش‌های آماری ترمیم و بازسازی شدند.

محاسبه میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه با انتگرال‌گیری منحنی شبانه روزی دما و رطوبت نسبی عکس یکدیگر و یک منحنی نامتقارن، چوله به راست است. برای محاسبه میانگین واقعی دما و رطوبت نسبی طی ساعات شبانه روز باید سطح زیر منحنی این دو متغیر را محاسبه کرده و بر ۲۴ (ساعات شبانه روز) تقسیم کنیم. محاسبه سطح زیر منحنی‌های دما و رطوبت نسبی با انتگرال‌گیری مطابق رابطه (۱۸) و (۱۹) به دست می‌آید. $f(t)$ تابع انتگرال‌پذیر دما و رطوبت نسبی است.

$$RH_{avg} = \frac{1}{24} \int_0^{24} f(t) dt \quad (18)$$

$$T_{avg} = \frac{1}{24} \int_0^{24} f(t) dt \quad (19)$$

داده‌های در دسترس سه ساعته و به وقت گرینویچ می‌باشند. چون داده‌ها در ساعات خاصی (ساعات ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ و ۲۴) برداشت شده و داده‌های کل ساعات شبانه روز موجود نمی‌باشد، بنابراین نزدیک‌ترین تقریب به میانگین واقعی دما و رطوبت نسبی روزانه با انتگرال عددی فوق به روش سیمسون مطابق رابطه (۲۰) و رابطه (۲۱) محاسبه می‌شود (توتونیان، ۱۳۷۱)

$$RH_{avg} \cong \frac{1}{24} \{ RH_0 + 4(RH_3 + RH_9 + RH_{15} + RH_{21}) + 2(RH_6 + RH_{12} + RH_{18}) + RH_{24} \} \quad (20)$$

$$T_{avg} \cong \frac{1}{24} \{ T_0 + 4(T_3 + T_9 + T_{15} + T_{21}) + 2(T_6 + T_{12} + T_{18}) + T_{24} \} \quad (21)$$

رگرسیون

هدف این پژوهش بررسی و الگوبندی رابطه بین میانگین دمای روزانه با دمای کمینه و بیشینه روزانه، همچنین بررسی و الگوبندی رابطه بین میانگین رطوبت

فرض‌های زیربنایی

پذیرش الگوی رگرسیونی خطی به دو مرحله تفکیک می‌شود. مرحله اول برآورد پارامترهای مدل، آزمون‌های لازم، تحلیل واریانس، ضریب تعیین است. اگر الگو در مرحله اول رد نشد، باید مرحله دوم را که برقراری پذیره‌های زیربنایی است بررسی کرد.

- (۱) باقی مانده‌ها توزیع نرمال دارند.
- (۲) میانگین باقی مانده‌ها صفر است.
- (۳) باقی مانده‌ها واریانس مساوی دارند.
- (۴) باقی مانده‌ها همبستگی پایایی ندارند.
- (۵) داده پرت کنترل و بررسی شود.

بررسی برقراری این فرضیات در خصوص باقی مانده‌ها با آزمون و رسم نمودارهای مناسب صورت می‌گیرد. الگو پس از تأیید این موارد قبول (رد نمی‌شود) و از آن استفاده می‌شود (رضائی پژند، ۱۳۸۰).

نرم/افزارها

نرم افزار Excel در بخش غربال و آماده سازی داده‌ها و نرم افزار Spss.۲۲ در برآورد الگوهای رگرسیونی و تحلیل الگوها استفاده شده است. خروجی‌های این نرم‌افزار شامل جداول خلاصه الگو، تحلیل واریانس، ضرائب الگو و جدول مربوط به باقی مانده‌ها است.

نتایج و بحث

- نمونه‌گیری سیستماتیک: نتایج حاصل از برآورد حجم نمونه برای خوشه کوهستانی پنج ایستگاه است. این نتایج برای تعیین ایستگاه‌های نمونه با نمونه‌گیری سیستماتیک استفاده شد. حجم خوشه مورد نظر ۵۹ ایستگاه و حجم نمونه آن ۵ ایستگاه است. با تقسیم حجم خوشه کوهستانی به حجم نمونه آن، فاصله نمونه‌گیری (k) حاصل می‌شود. فاصله نمونه‌گیری برای این خوشه برابر ۱۱ است. اولین نمونه به صورت تصادفی (۱) از میان فاصله نمونه‌گیری که اینجا از یک تا یازده است، انتخاب می‌شود. به این منظور عدد دو به شکل تصادفی انتخاب

نسبی روزانه با رطوبت سه ساعت استاندارد ۳، ۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ است. بنابراین الگوهای رگرسیونی خطی برای انجام این مهم انتخاب و با برازش آن‌ها به داده‌های دما و رطوبت نسبی روزانه، روابط بین این متغیرها به شکل معادلات مبین الگو نمایش داده شدند.

رگرسیون روشی ریاضی است که چگونگی رابطه بین یک متغیر (به نام متغیر تابع یا پاسخ) با یک یا چند متغیر دیگر (به نام متغیر مستقل یا پیشگو) را بررسی و الگوبندی می‌کند. متغیرها در رگرسیون به انواع قطعی (تعیینی)، غیرقطعی (تصادفی و امکانی)، ابهامی (فازی) و ... تقسیم می‌شوند.

مدل رگرسیون را به نمونه‌ای از مشاهدات این متغیرها برازش داده و الگوبندی کرده، سپس نتایج نمونه را به کل جامعه تعمیم می‌دهیم. الگوبندی رابطه یک پدیده قطعی یا غیرقطعی (تصادفی) با یک یا چند پدیده دیگر، تابعی بین این متغیرها مطابق رابطه (۲۲) یا (۲۳) است. معمولاً نمی‌توانیم تمام متغیرهای مؤثر را در الگو دخالت دهیم. زیرا برخی از آنها شناخته شده نیستند یا اطلاعاتی از آنها در اختیار نیست. مؤلفه E_r جانشین تمام مواردی است که در نظر نگرفته و از آنها چشم‌پوشی کرده‌ایم. این مؤلفه را جمله یا مؤلفه تصادفی (اخلال، خطا، پسماند یا باقی مانده) و تابع $f(x)$ جمله یا مؤلفه قطعی نامیده می‌شود (رضائی پژند، ۱۳۸۰).

الگوهای رگرسیونی

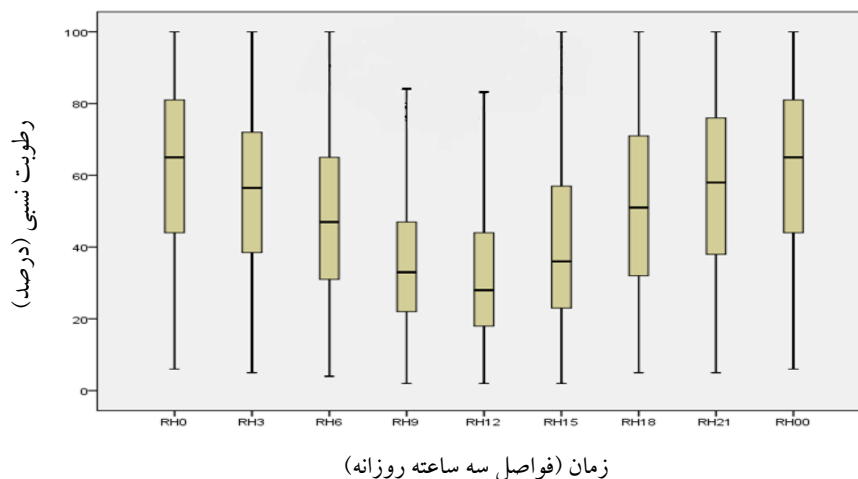
اگر همبستگی فقط دو متغیر X و Y را بررسی کنیم، آن را رگرسیون ساده یا دومتغیره می‌گویند (رابطه ۲۲). اگر همبستگی یک یا چند متغیر Y را با چند متغیر دیگر مانند: $X_1, X_2, \dots, X_n$ بررسی کنیم، به آن رگرسیون چند گانه می‌گویند (رابطه ۲۳).

$$Y = f(X) + E_r \quad (22)$$

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + E_r \quad (23)$$

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های نمونه خوشه کوهستانی

ردیف	نام ایستگاه	استان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
Row	Station name	State	Latitude	Longitude	Elevation(m)
۱	کرمانشاه Kermanshah	کرمانشاه Kermanshah	۳۴/۳۵	۴۷/۱۵	۱۳۱۸
۲	ارومیه Urmia	آذربایجان غربی West Azarbaijan	۳۷/۶۵	۴۵/۰۵	۱۳۲۸
۳	سیرجان Sirjan	کرمان Kerman	۲۹/۴۶	۵۵/۶۸	۱۷۳۹
۴	شهرکرد Shahrekord	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari	۳۲/۲۹	۵۰/۸۴	۲۰۴۸
۵	زنجان Zanjan	زنجان Zanjan	۳۶/۶۶	۴۸/۵۲	۱۶۵۹



زمان (فواصل سه ساعته روزانه)

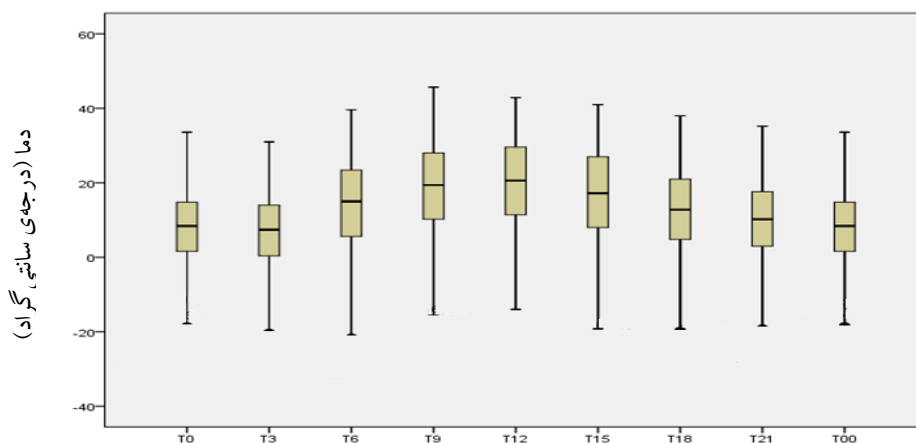
شکل ۲. نمودار جعبه‌ای رطوبت نسبی خوشه کوهستانی

و حداقل رطوبت نسبی هر ماه برای هر ایستگاه از سایت سازمان هواشناسی مربوطه برای تعیین حدود اطمینان داده‌ها در هر ماه و بررسی دقت و صحت آنها دریافت شد. نمودارهای جعبه‌ای دما و رطوبت نسبی (شکل ۲ و ۳)، از ترسیم داده‌های سه ساعته این متغیرها در مقابل ساعات مربوطه برای خلاصه نمودن مجموعه‌ای از داده‌ها، نشان دادن نحوه‌ی پراکندگی داده‌ها، تغییرپذیری آنها، حداقل و حداکثر مشاهدات و برای شناسایی داده‌های پرت رسم شد. همچنین ساعاتی که توسط نمودار نمایش داده می‌شوند، بیانگر این موضوع است که داده‌های دما و رطوبت نسبی هر ساعت چه بازه‌ای را شامل شده‌اند.

شد. شماره ایستگاه‌های نمونه برگزیده از جدول (۱) به ترتیب ۲، ۱۳، ۲۴، ۳۵ و ۴۶ است. ایستگاه‌های منتخب به ترتیب: کرمانشاه، ارومیه، سیرجان، شهرکرد و زنجان هستند.

- تحلیل و بررسی داده‌ها: داده‌های سه ساعته

دما و رطوبت نسبی ۳۰ سال اخیر (۱۳۶۶-۱۳۹۵) برای پنج ایستگاه نمونه اقلیم کوهستانی (جدول ۲) دریافت شد. بررسی دقت و صحت داده‌ها اولین گام در راستای انجام هر تحلیلی است. به این منظور ۸۷ هزار داده دما و ۸۷ هزار داده رطوبت نسبی برای هر ایستگاه بررسی و تحلیل شد. مقادیر کمینه و بیشینه دمای هر ماه، حداکثر



زمان (فاصله سه ساعته روزانه)

شکل ۳. نمودار جعبه‌ای دما خوشه کوهستانی

خطی و مستقیم بین همه متغیرها ملاحظه می‌شود. مقدار ضریب تعیین (R^2) برای الگوی پذیرفته شده ۰/۹۸۵ است و فقط ۱/۵٪ تغییرات متغیر پاسخ توسط متغیرهای پیشگو بیان نمی‌شود. این مقادیر توانایی مناسب الگو در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه این اقلیم را نشان می‌دهد. مقدار کم خطای استاندارد برآورد الگوها، تأییدی بر این موضوع است. همچنین در تحلیل واریانس متغیر RH^3 با بیشترین همبستگی با متغیر پاسخ اولین ورودی به الگو است. مقدار آماره فیشر از F جدول بیشتر شده و مقدار احتمال p -value در سطح خطای ۵٪ کمتر از ۰/۰۵ است، به این معنی که سومین الگوی رگرسیونی خطی برازش داده شده معنی دار است. جدول ضرایب الگوها (جدول ۳) شامل ضرایب استاندارد نشده (B)، خطای استاندارد شده ضرائب الگو، ضرایب استاندارد شده (Beta)، آماره t و مقادیر احتمال مربوطه می‌باشد. در ضرایب استاندارد نشده مقیاس متغیرها با یکدیگر یکسان نیست در صورتی که در ضرایب استاندارد شده مقیاس‌ها یکسان شده و امکان مقایسه متغیرها وجود دارد. مطابق ضرایب ارائه شده در جدول الگوی میانگین رطوبت نسبی روزانه (رابطه ۲۴) و رابطه ی تحلیل حساسیت الگو در برآورد رطوبت نسبی برای خوشه کوهستانی (رابطه ۲۵) به این صورت است.

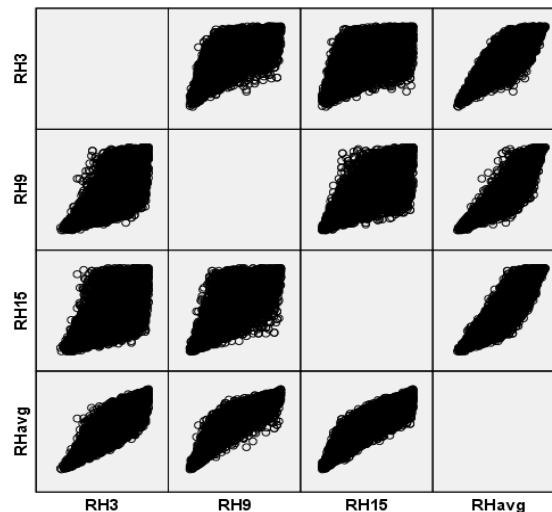
مطابق شکل (۲) مشاهده می‌شود، رطوبت نسبی در ساعات ابتدایی و انتهایی روز مقدار بالایی دارد و با طلوع آفتاب و افزایش دما در طول روز مقدار آن کاهش می‌یابد. حداقل رطوبت نسبی حدود ساعات یک تا دو بعدازظهر اتفاق می‌افتد. از آنجا که رفتار منحنی دما و رطوبت نسبی عکس یکدیگر است، حالات فوق برای منحنی دما معکوس منحنی رطوبت نسبی اتفاق می‌افتد. به گونه ای که حداکثر دما در ساعات یک تا دو بعدازظهر مشاهده می‌شود (شکل ۳).

-تحلیل الگوهای رگرسیونی رطوبت نسبی

خوشه کوهستانی: الگوی رگرسیونی خطی چندگانه به روش گام به گام در نرم افزار Spss به منظور بدست آوردن رابطه رگرسیونی بین میانگین رطوبت نسبی روزانه (RH_{avg}) با عنوان متغیر پاسخ و متغیرهای رطوبت نسبی سه ساعت استاندارد ۳، ۹ و ۱۵ گرینویچ (۶:۳۰، ۱۲:۳۰ و ۱۸:۳۰ به وقت محلی) به ترتیب با نماد RH^3 ، RH^9 و RH^{15} با عنوان متغیرهای پیشگو استفاده شدند. گام اول تحلیل و بررسی رابطه بین متغیرهای پیشگو و پاسخ است. به این منظور با رسم شکل پراکنش ماتریسی، که رفتار هریک از متغیرها در مقابل دیگری را نمایش می‌دهد به روش هندسی-ریاضی به اثبات رابطه بین متغیرها پرداخته شد. مطابق نمودار (۳) رابطه تقریباً

جدول ۳. جدول ضرایب الگوهای رطوبت نسبی خوشه کوهستانی، آماره t و اندازه احتمال

مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients		ضرایب استاندارد شده Standard coefficient	t	p-value
	B	Std. Error	Beta		
۱(Constant)	-۱/۶۴۸	۰/۰۸۸		-۱۸/۷۱۲	۰/۰۰۰
RH3	۰/۸۹۵	۰/۰۰۱	۰/۹۳۵	۶۰۲/۶۸۶	۰/۰۰۰
۲(Constant)	۱/۲۴۷	۰/۰۳۹		۳۲/۲۷۵	۰/۰۰۰
RH3	۰/۵۰۲	۰/۰۱	۰/۵۲۵	۴۸۰/۰۶۸	۰/۰۰۰
RH15	۰/۴۶۱	۰/۰۱	۰/۵۲۰	۴۷۵/۶۶۵	۰/۰۰۰
۳(Constant)	۲/۰۸۵	۰/۰۳۱		۶۶/۲۳۵	۰/۰۰۰
RH3	۰/۴۱۶	۰/۰۱	۰/۴۳۴	۴۲۱/۰۹۸	۰/۰۰۰
RH15	۰/۳۶۱	۰/۰۱	۰/۴۰۸	۳۷۰/۱۰۶	۰/۰۰۰
RH9	۰/۲۱۹	۰/۰۱	۰/۲۱۲	۱۶۸/۷۰۹	۰/۰۰۰



شکل ۴. پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای رطوبت نسبی ورودی الگوی خوشه کوهستانی در برابر یکدیگر

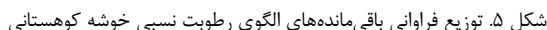
۴۰/۸٪ است. در این حالت رطوبت نسبی ساعت ۳ نسبت به ساعت ۹، ۲ برابر و نسبت به ساعت ۱۵، ۱/۰۶ برابر اهمیت بیشتری در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه دارد. به همین ترتیب رطوبت نسبی ساعت ۱۵ نسبت به ساعت ۹، ۱/۹۲ برابر از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین می توان نتیجه گرفت RH_3 حساس ترین و RH_9 کم ترین حساسیت را دارد. الگوهای رایج حساسیت این سه متغیر را در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه یکسان فرض کرده اند.

$$RH_{avg} = 2.085 + 0.416RH_3 + 0.219RH_9 + 0.361RH_{15} \quad (24)$$

$$RH_{avg} = 0.434RH_3 + 0.212RH_9 + 0.408RH_{15} \quad (25)$$

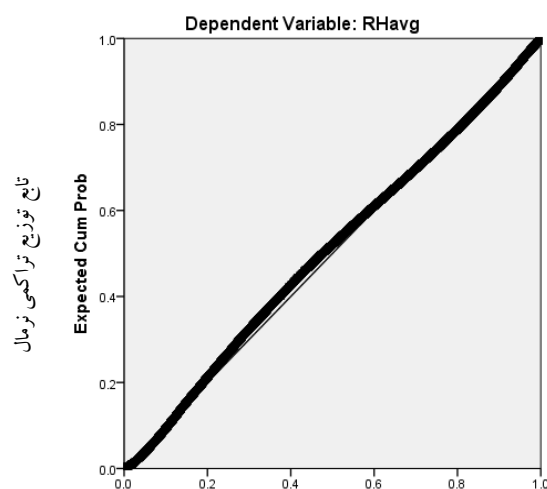
ضریب استاندارد شده (Beta)، تحلیل حساسیت را انجام می دهد. در واقع میزان اهمیت هر یک از متغیرهای پیشگو در برآورد متغیر پاسخ را بیان می کند. اهمیت متغیرهای رطوبت نسبی در ساعات ۳ (RH_3)، ۹ (RH_9) و ۱۵ (RH_{15}) گرینویچ به ترتیب ۴۳/۴٪، ۲۱/۲٪ و

انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	
Std. Deviation	Mean	Maximum	Minimum	
۲/۴۸۳	۰/۰۰۰	۷/۴۳۸	-۷/۴۴۷	باقی مانده‌ها
				Residual
۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲/۹۹۶	-۲/۹۹۹	باقی مانده‌های استاندارد شده
				Std. Residual

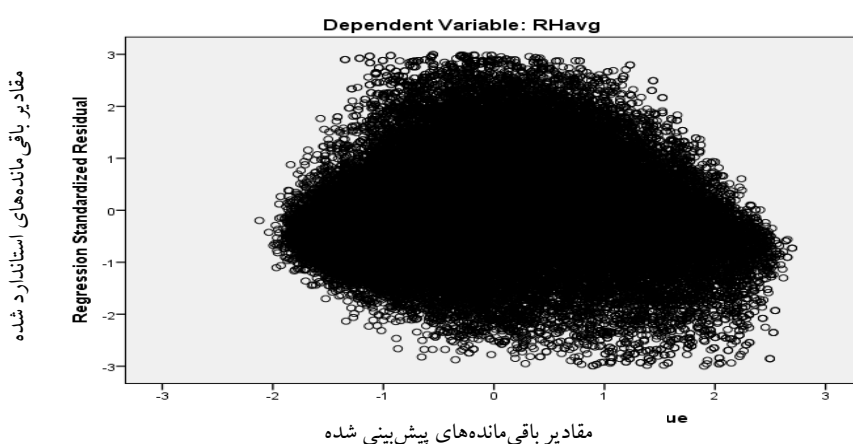


-تحلیل الگوهای رگرسیونی دمای خوشه کوهستانی: رابطه رگرسیونی خطی چندگانه بین میانگین دمای روزانه (T_{avg}) و متغیرهای کمینه و بیشینه

- بررسی برقراری فرض‌های زیربنایی: در صورتیکه فرض‌های زیربنایی برقرار باشند موجب پذیرش نهایی الگوهای رگرسیونی میانگین رطوبت نسبی روزانه اقلیم کوهستانی می‌گردد. فرض استقلال باقی‌مانده‌ها با قرار داشتن مقدار آماره دوربین-واتسون در بازه $1/74$ تا $2/36$ تأیید می‌شود (اخوان، ۱۳۹۳). میانگین باقی‌مانده‌ها در جدول (۴) صفر نشان داده می‌شود. مقایسه نمودار توزیع باقی‌مانده‌ها (شکل ۵) با نمودار توزیع نرمال بیانگر تقریباً نرمال بودن باقی‌مانده‌ها است. میانگین و انحراف معیار ارائه شده و نمودار احتمال باقی‌مانده‌ها (شکل ۶) تأییدی بر نرمال بودن این نمودار است. نوار مستطیلی افقی حاصل از پراکندگی نقاط، مطابق شکل (۷) ثابت بودن واریانس باقی‌مانده‌ها را تأیید می‌کند. برقراری فرض‌های زیربنایی



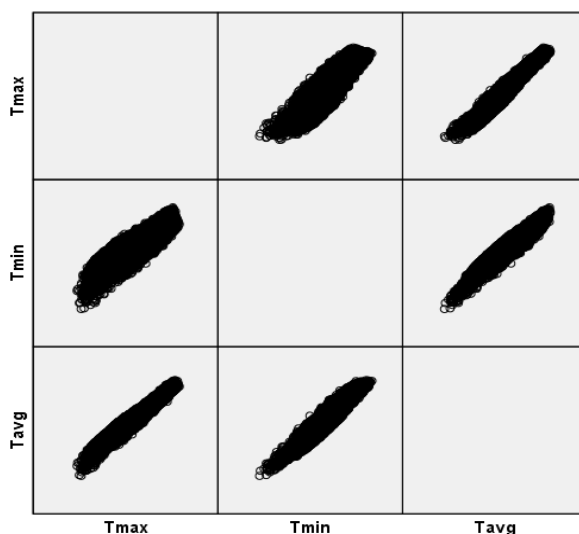
تابع توزیع تراکمی داده‌های مشاهداتی
شکل ۶. احتمال باقی‌مانده‌های الگوی رطوبت نسبی خوشه کوهستانی



مقادیر باقی‌مانده‌های استاندارد شده
شکل ۷. پراکنش باقی‌مانده‌های استاندارد شده الگوی رطوبت نسبی خوشه کوهستانی

جدول ۵. جدول الگوی نهایی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای خوشه کوهستانی و هر یک از ایستگاه‌های نمونه

الگوی نهایی میانگین رطوبت نسبی روزانه Final daily average of relative humidity pattern		R ²	Std .Err	Durbin- Watson	F	P-valu
خوشه کوهستانی Mountainous cluster	$RH_{avg} = 2.085 + 0.416 RH_3 + 0.219 RH_9 + 0.361 RH_{15}$	۰.۹۸۵	۲.۵	۱.۸۱۵	۱۱۲۱۸۳۹.۸	...
کرمانشاه Kermanshah	$RH_{avg} = 0.964 + 0.431 RH_3 + 0.193 RH_9 + 0.385 RH_{15}$	۰.۹۹۲	۲.۰	۲.۱۲۵	۴۱۰۹۴۸.۴	...
ارومیه Urmia	$RH_{avg} = 6.806 + 0.356 RH_3 + 0.232 RH_9 + 0.347 RH_{15}$	۰.۹۷۲	۲.۶	۱.۸۴۵	۱۲۳۹۸۹.۳	...
شهرکرد Shahreکرد	$RH_{avg} = 4.488 + 0.383 RH_3 + 0.234 RH_9 + 0.346 RH_{15}$	۰.۹۷۶	۲.۷	۱.۸۷۶	۱۴۴۳۴۲.۴	...
سیرجان Sirjan	$RH_{avg} = 1.221 + 0.386 RH_3 + 0.220 RH_9 + 0.407 RH_{15}$	۰.۹۸۷	۱.۸	۲.۰۱۱	۲۷۶۰۱۹.۸	...
زنجان Zanjan	$RH_{avg} = 4.646 + 0.381 RH_3 + 0.229 RH_9 + 0.349 RH_{15}$	۰.۹۷۵	۲.۶	۱.۹۷۸	۱۳۹۰۱۹.۷	...



شکل ۸. پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای دمای ورودی الگوی خوشه کوهستانی در برابر یکدیگر

جدول ۶. ضرایب الگوهای دمای خوشه کوهستانی، آماره t و اندازه احتمال

مدل Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients		ضرایب استاندارد شده Standard coefficient	t	p-value
	B	Std. Error	Beta		
۱ (constant)	-۵/۳۵۵	۰/۰۱۸		-۳۰۴/۶۵۹	۰/۰۰۰
Tmax	۰/۸۹۱	۰/۰۰۱	۰/۹۸۲	۱۲۰۶/۳۹۸	۰/۰۰۰
۲ (Constant)	-۱/۰۰۹	۰/۰۱۲		-۸۰/۷۳۷	۰/۰۰۰
Tmax	۰/۵۷۲	۰/۰۰۱	۰/۶۳۱	۷۳۳/۹۹۴	۰/۰۰۰
Tmin	۰/۴۵۰	۰/۰۰۱	۰/۳۹۰	۴۵۳/۵۶۲	۰/۰۰۰

تحلیل حساسیت الگو (رابطه ۲۷) برای خوشه کوهستانی به صورت زیر ارائه می شود:

$$T_{avg} = -1.009 + 0.572T_{max} + 0.450T_{min} \quad (26)$$

$$T_{avg} = 0.434RH3 + 0.212RH9 + 0.408RH15 \quad (27)$$

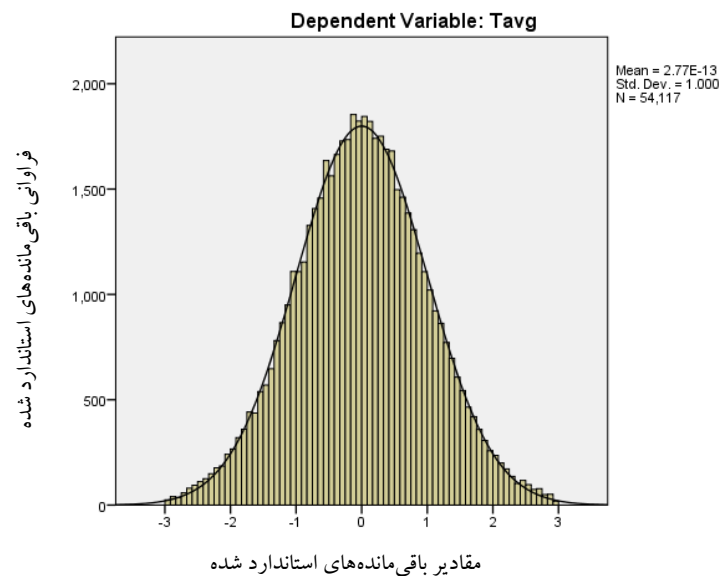
مطابق ضرایب استاندارد شده (Beta) در جدول (۶) ضریب متغیرهای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب ۳۹٪ و ۶۳/۱٪ است. دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه حساس تر است.

- بررسی برقراری فرض های زیربنایی: آماره

دما به روش گام به گام برقرار شد. شرح کامل نتایج همانند تحلیل الگوهای رگرسیونی رطوبت نسبی است، به همین خاطر از توضیحات مجدد خودداری شده است. نمودار (۷) نمودار پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای دما در مقابل یکدیگر است. مطابق این نمودار ملاحظه می شود رابطه تقریباً خطی و مستقیم بین همه متغیرها وجود دارد. ضریب همبستگی (R)، با مقدار ۰/۹۹۶ رابطه مستقیم و خطی بین متغیرها را بیان می نماید. مقدار ضریب تعیین (R^2)، ۰/۹۹۳ است. این آماره توانایی بالای الگوی برآورد میانگین دمای روزانه برای خوشه کوهستانی را نشان می دهد. مطابق ضرایب ارائه شده در جدول ضرایب الگوها الگوی میانگین دمای روزانه (رابطه ۲۶) و رابطه ی

جدول ۷. مشخصات باقی مانده های الگوی رطوبت نسبی خوشه اول

انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	
Std. Deviation	Mean	Maximum	Minimum	
۰/۸۴۷۸	۰/۰۰۰	۲/۵۴۳	-۲/۵۴۱	باقی مانده ها Residual
۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۳/۰۰۰	-۲/۹۹۷	باقی مانده های استاندارد شده Std. Residual

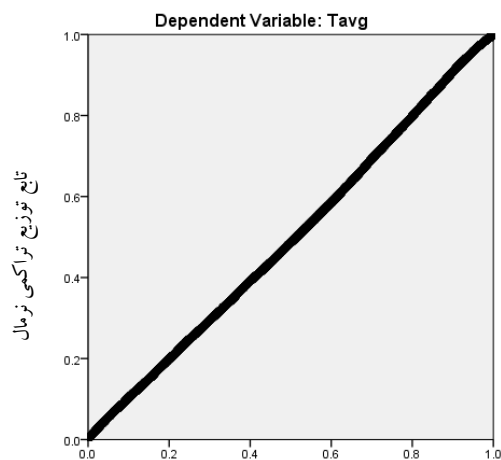


شکل ۹. توزیع فراوانی باقی مانده های الگوی دمای خوشه کوهستانی

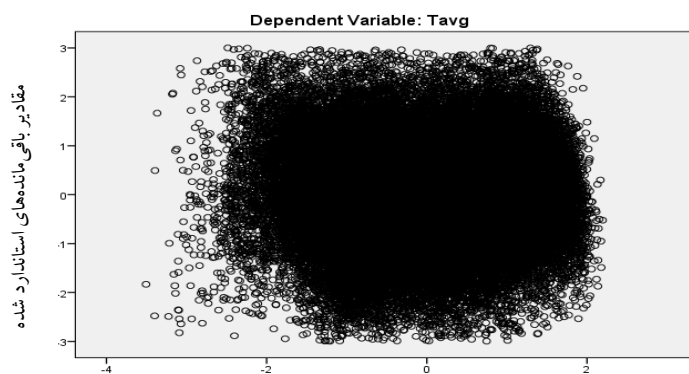
زیربنایی ارائه شد. نتایج در جدول (۸) نمایش داده شده است.

صحت سنجی الگوها: دقت و توان بالای الگوهای میانگین دما و رطوبت نسبی روزانه پیشنهادی برای اقلیم کوهستانی پس از مقایسه این الگوها با الگوهای مرسوم مطابق معیار میانگین مربعات خطاها (MSE) تأیید شد. مقایسه ی عملی الگوهای ارائه شده برای اقلیم کوهستانی و هر یک از شهرهای نمونه زیر مجموعه با الگوی مرسوم در جداول (۹) و (۱۰) نشان داده شده است. معیار کاربردی بودن الگوها میانگین مربع خطاها (MSE) می باشد. MSE_1 و MSE_2 به ترتیب میانگین مربع خطا برای الگوی قدیمی رایج و الگوهای پیشنهادی پژوهش حاضر است. نتایج ارائه شده در جداول برتری

دوربین- واتسون ۱/۹۳۲ محاسبه شده است. این مقدار در بازه محاسبه شده از جدول قرار دارد لذا استقلال باقی مانده ها تأیید می شود. جدول (۷) صفر بودن میانگین باقی مانده ها تأیید می کند. نمودار توزیع فراوانی باقی مانده های الگوی دمای خوشه کوهستانی (شکل ۹) از توزیع نرمال پیروی می کند نمودار احتمال باقی مانده ها (شکل ۱۰) نیز از خط راست پیروی می کند و روند نرمال توزیع باقی مانده ها را تأیید می کند. پراکندگی نقاط به صورت نوار مستطیلی افقی مطابق شکل (۱۱) تثبیت واریانس باقی مانده ها را ثابت می کند. الگوی برآورد میانگین دمای روزانه افزون بر خوشه کوهستانی برای هر یک از ایستگاه های نمونه این خوشه پس از برآورد پارامترها، آزمون های لازم و بررسی فرض های



شکل ۱۰. تابع توزیع تراکمی داده‌های مشاهداتی
احتمال باقی‌مانده‌های الگوی دمای خوشه کوهستانی



شکل ۱۱. پراکنش باقی‌مانده‌های استاندارد شده الگوی دمای روزانه خوشه کوهستانی
مقادیر باقی‌مانده‌های پیش‌بینی شده

جدول ۸. جدول الگوی نهایی برآورد میانگین دمای روزانه برای خوشه کوهستانی و هر یک از ایستگاه‌های نمونه

	الگوی نهایی میانگین رطوبت نسبی روزانه Final daily average of relative humidity pattern	R^2	Std .Err	Durbin- Watson	F	P-value
خوشه کوهستانی Mountainous cluster	$Tavg = -1.009 + 0.572T_{max} + 0.450T_{min}$	۰.۹۹۳	۰.۸۵	۱.۹۳۲	۳۵۹۶۸۹۰.۶	...
کرمانشاه Kermanshah	$Tavg = -1.125 + 0.578T_{max} + 0.443T_{min}$	۰.۹۹۳	۰.۸۰	۱.۸۶۲	۸۰۹۴۸۷.۲	...
ارومیه Urmia	$Tavg = -0.644 + 0.539T_{max} + 0.480T_{min}$	۰.۹۹۴	۰.۷۷	۱.۷۸۶	۸۳۳۱۳۵.۶	...
شهرکرد Shahrekord	$Tavg = -0.613 + 0.549T_{max} + 0.498T_{min}$	۰.۹۹۰	۰.۹۲	۱.۸۶۰	۵۵۴۷۹۵.۷	...
سیرجان Sirjan	$Tavg = -1.735 + 0.624T_{max} + 0.403T_{min}$	۰.۹۹۲	۰.۷۹	۱.۹۸۰	۶۶۲۰۷۷.۳	...
زنجان Zanjan	$Tavg = -0.864 + 0.559T_{max} + 0.443T_{min}$	۰.۹۹۱	۰.۸۹	۱.۹۵۲	۶۳۳۰۴۹.۳	...

جدول ۹. مقایسه میانگین رطوبت نسبی خوشه کوهستانی به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با معیار MSE

Relative humidity	Mountainous cluster	Kermanshah	Urmia	Shahrekord	Sirjan	Zanjan
MSE ₁	۲۲/۳۷۱	۱۷/۶۲۳	۲۷/۵۸۹	۵/۲۷۹	۸/۲۰۱	۱۵/۱۳۲
MSE ₂	۶/۷۷۹	۵/۹۲۰	۶/۶۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

جدول ۱۰. مقایسه میانگین دمای خوشه کوهستانی به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با معیار MSE

Temperature	Mountainous cluster	Kermanshah	Urmia	Shahrekord	Sirjan	Zanjan
MSE ₁	۱/۰۶۱	۱/۱۰۰	۰/۷۲۳	۱/۳۱۹	۱/۲۱۰	۰/۹۴۸
MSE ₂	۰/۸۲۲	۰/۷۲۱	۰/۶۵۲	۰/۹۶۱	۰/۷۲۹	۰/۸۶۹

تأیید می کند. ضرایب استاندارد شده (Beta) متغیرهای پیشگو بیانگر نابرابری وزن این متغیرها در تمامی الگوها است. ضرایب همبستگی محاسبه شده در جداول خلاصه‌ی الگو بیانگر رابطه خطی و مستقیم بین متغیرها است. همچنین ضرایب تعیین و خطای استاندارد برآورد الگو در این جداول توان بالای الگو در برآورد میانگین‌های مربوطه را نشان می دهند. آماره فیشر محاسبه شده در تمامی جداول تحلیل واریانس از آماره فیشر جدول بیشتر بوده، پس معنی دار بودن الگوی رگرسیونی برای تمام معادلات مبین الگو مورد تأیید است. الگوهای ارائه شده در برآورد میانگین رطوبت نسبی و دمای روزانه با رعایت اصول ریاضی حاکم بر رگرسیون به دست آمده اند، درحالیکه الگوهای مرسوم چنین اصولی را رعایت نکرده‌اند، بنابراین می توان نتیجه گرفت که الگوهای پیشنهادی این تحقیق نسبت به آنها توانا تر هستند. الگوهای جدید این پژوهش برخلاف سایر الگوهای مرسوم که در ابتدا ذکر شد وجود عرض از مبدأ را تأیید کرده و هر الگو متناسب با اقلیم مربوطه ارائه شده است. درحالیکه الگوهای مرسوم و قدیمی برای اقلیم‌های مختلف یکسان بوده است. براساس اکثر الگوها رطوبت نسبی ساعت ۳ در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه موثرتر است. برخلاف الگوی مرسوم (رابطه ۲) که در آن رطوبت نسبی ساعت ۱۵ نسبت به دو ساعت ۳ و ۹ تأثیر یکسانی دارد. همچنین در تمامی الگوهای برآورد میانگین دمای روزانه، دمای بیشینه

الگوهای پیشنهادی دما و رطوبت نسبی و خطای کمتر آن ها نسبت به الگوی شماره (۱) و (۲) را بیان می کنند. برای مثال مقدار میانگین مربعات خطا برای الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی اقلیم کوهستانی و الگوی مرسوم به ترتیب ۲۲/۳۷ و ۶/۷۸ می باشد که کمترین خطا مربوط به الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی برای این خوشه است.

جمع بندی

تغییرات روزانه ی منحنی‌های دما و رطوبت نسبی در یک روز عادی بدون وجود هیچ سامانه‌ای شکلی شبیه به یک منحنی چوله به راست دارد و منحنی این دو متغیر عکس یکدیگر است (سالنامه‌های هواشناسی). بنابراین استفاده از ضرایب مساوی برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه خطا دارد. همچنین مسئله تأثیر اقلیم بر الگوهای رفتاری تغییرات رطوبت نسبی و دمای روزانه در روش های موجود مورد توجه قرار نگرفته است. لذا هدف این پژوهش ارائه الگوهایی جدید برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه در اقلیم کوهستانی ایران و ایستگاه‌های نمونه مربوطه است. مشاهدات حاصل از منابع، جداول و نمودارها حاکی از آن است، در منابع مختلف وجود عرض از مبدأ در الگوهای رایج برآورد میانگین رطوبت نسبی و دمای روزانه را صفر و وزن متغیرهای پیشگو برابر فرض شده‌اند. درحالیکه نتایج ارائه شده در این پژوهش وجود عرض از مبدأ را در تمام الگوها

نسبت به دمای کمینه حساس‌تر است. بنابراین استفاده از الگوهای اصلاح شده ی پیشنهادی این پژوهش برای اقلیم کوهستانی و ایستگاه مربوطه موجب کاهش خطای برآورد میانگین رطوبت نسبی و دمای روزانه می‌گردد. زیرا این متغیرها از متغیرهای مهم جوی هستند که در مطالعات و پژوهش‌های کشاورزی، سدسازی، الگوهای ریاضی برآورد رواناب رودخانه‌ها، شهرسازی، خوردگی فلزات در صنایع، تعیین منطقه آسایش در معماری و طراحی منازل مسکونی، اداری، کارخانجات و غیره استفاده می‌شود. افزون بر این رطوبت نسبی یکی از عوامل اصلی در تعیین تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر و تعرق است. معمولاً از کمیت‌های میانگین روزانه، ماهانه و سالانه برای کاربردهای مختلف استفاده می‌شود. واسنجی و مقایسه الگوهای رطوبت نسبی و دمای پیشنهادی برای این اقلیم با الگوهای مرسوم توان بالای الگوهای پیشنهادی این تحقیق را مشخص می‌کند. مقایسه‌ی نتایج پژوهش حاضر و سایر پژوهش‌ها نشان داد، در اکثر موارد وجود عرض از مبدأ در الگوهای برآورد میانگین دما و رطوبت نسبی تأیید شده است و رطوبت نسبی سه ساعت استاندارد هم‌وزن نبوده و تأثیر هر یک در برآورد میانگین متفاوت است. همچنین در اکثر الگوهای برآورد میانگین دمای روزانه، دمای بیشینه و کمینه هم‌وزن نبوده و تأثیر دمای بیشینه بیشتر است. بنابراین می‌توان گفت سایر مطالعات، نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند (فرزندی و همکاران، ۱۳۹۱). پیشنهاد می‌شود روش پژوهش حاضر برای برآورد میانگین رطوبت نسبی و دمای ماهانه و سالانه برای سایر اقلیم‌ها و هر یک از ایستگاه‌های نمونه استفاده شود. همچنین خوشه‌بندی اقلیمی در مقیاس استانی انجام شود.

مراجع

- ۴- رضایی پزند، ح.، ۱۳۸۰، کاربرد آمار و احتمالات در منابع آب، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
- ۵- سالنامه‌های آماری سازمان هواشناسی کشور.
- ۶- فرزندی، م.، ۱۳۹۰، تصحیح الگوی برآورد متوسط رطوبت نسبی روزانه برای ماه‌های مختلف در اقلیم‌های متفاوت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی.
- ۷- فرزندی، م.، ثنائی نژاد، ح.، رضایی پزند، ح. و سید نژاد گل خطمی، ن.، ۱۳۹۱، الگوی برآورد دمای متوسط روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران.
- ۸- فرزندی، م.، ثنائی نژاد، ح.، رضایی پزند، ح. و قهرمان، ب.، ۱۳۹۱، الگوی جدید برآورد رطوبت نسبی روزانه در ناحیه کوهستانی ایران، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۱۱: ۱۰۰ تا ۱۱۲.
10. Akinnubi, R. T., and Adeniyi, M. O., 2017, Modeling of diurnal pattern of air temperature in a tropical environment: Ile-Ife and Ibadan, Nigeria, Model. Earth Syst. Environ, 3:1421-1439.
11. Balyani, S., Khosravi, Y., Ghadami, F., Naghavi, M. and Bayat, A., 2017, Modeling the spatial structure of annual temperature in Iran, Modeling Earth Systems and Environment volume 3:581-593.
12. Ball, G. Hall, D., 1967, A clustering technique for summarizing multivariate data. Behavioral Science, 12, 153-155.
13. Eccel, E. 2012. "Estimate air humidity from temperature and precipitation measures for modelling applications", Meteorological Applications, 19:118-128.
14. Eludoyin, O. M., Adelekan, I. O., Webster, R. and Eludoyin, A. O. 2014. Air temperature, relative humidity, climate regionalization and thermal comfort of Nigeria. *International Journal of Climatology*. 34 (6), pp. 2000-2018.
15. Isikwue B.C., Agada O.I., Utah E.U., Okeke F.N., 2011, Application of harmonic analysis in the preliminary prediction of air temperature over Lagos and Abuja, Nigeria. *Br J Environ Change* 1(3):53-65.
16. Kumar Shrestha, A. Thapa, A. and Gautam, H. 2019. Solar Radiation, Air Temperature, Relative Humidity, and Dew Point Study: Damak, Jhapa, Nepal. *International Journal of Photoenergy*, 1-7.
17. Parton, W. J. and Logan, J. A., 1981, A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Journal of Agriculture Meteorology* 23, 205-216.
18. Runing, S. W., Nemani, R. R. and Hunger Ford R. D., 1987, Extrapolation of Synoptic meteorological data in mountainous terrain and its use for simulating forest evapotranspiration and photosynthesis. 17, 472-483.
19. Srivestava, N. N., Rao, V. U., Saikia, U. S., Vijaya Kumar, P. and Subba Rao, A. V. M., 2011, Modelling diurnal pattern of relative humidity from daily air temperature and relative humidity data of Hyderabad, *Journal of Agrometeorology*

- ۱- اخوان مهدوی، م.، ۱۳۹۳، آزمون فرضیه با نرم افزار SPSS، چاپ اول.
- ۲- توتونیان، ف.، ۱۳۷۱، روش‌های محاسبات عددی برای رشته‌های کامپیوتر، مهندسی و ریاضی، انتشارات خراسان.
- ۳- رضایی پزند، ح. و بزرگ‌نیا، ا.، ۱۳۸۱، تحلیل رگرسیون غیرخطی و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- Based on the Johnson's SB Distribution Function, Center for Research in Isotopes and Environment Dynamics, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, 9: 111-114.
22. Yao, A. Y. M., 1974, A Statistical model for relative humidity. *Environmental Data Service*, NOAA, Washington, D .C.20235. 14-23.
 - 13 (1): 25-30.
 20. Veleza, L., Perez, G. and Acosta, M., 1997, " Statistical analysis of the temperature-humidity complex and tima of wetness of a Mexico"97310 Mtrida, Yucatan, Mexico, *Journal of Atmospheric Enviroment*, 5, 773-776.
 21. Wakazuki, Y., 2013, Modified Relative Humidity

Modified patterns of diurnal temperature and relative humidity in Mountainous regions of Iran and Sample Stations

Bahareh. Mirkamandar^{1*}, Mahboobeh Farzandi²

¹ M.Sc. Meteorology, Ferdowsi University of Mashhad.

² Philosophy Doctor Agrometeorology, Ferdowsi University of Mashhad, respectively

*Corresponding Author Email: Bahar.mirkamandari@gmail.com

Received: 31 May 2020, accepted: 31 August 2020

ABSTRACT

Estimation of the daily average of temperature and relative humidity with common methods is the average of the three standard hours (3, 9 and 15) Greenwich Mean Time. The curve of these two variables on a normal day is a skewed curve to the right. Climatic conditions of the meteorological stations are also another parameter to be considered. Daily average of relative humidity patterns shows only half of a daily value. Therefore, the equal coefficients could be used only as approximation for estimating daily average of relative humidity. This research presents a new method for estimating daily average of temperature and relative humidity in Mountainous regions of Iran. The Patterns for the sample stations in each climatic region were presented separately. Therefore, we used from three clustering of Iran and Systematic sampling to select sample stations. The best models were presented by reviewing the required statistics and analyzing the residuals. The coefficient of determination (R²) and the Fisher statistics show that the patterns have a good ability to estimate the daily average of temperature and relative humidity. The mean squares errors are a measure of the applicability of patterns. The accuracy of the estimating daily average of temperature and relative humidity recommended models in Mountainous regions and its sample stations was confirmed by calculating the mean squared errors. Proposed patterns of this study have less error than the common patterns.

Keywords: average of temperature and relative humidity in three hours, maximum temperature, minimum temperature, regression pattern, systematic sampling.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Mirkamandar, B.; Farzandi, M. (2020). Modified patterns of diurnal temperature and relative humidity in Mountainous regions of Iran and Sample Stations. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 3(3): 255-274

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/>).

