

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی میانگین رطوبت نسبی هوای طلوع تا غروب با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف در ایران

بهاره میرکماندار^{۱*} - حسین ثنائی نژاد^۲ - حجت رضایی پزند^۳ - محبوبه فرزندی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۹

چکیده

این پژوهش به مدل‌سازی الگوهایی جدید برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه در سه ناحیه مختلف اقلیمی ایران و ایستگاه‌های نمونه پرداخته است. به این منظور از خوشه‌بندی اقلیمی افزای میانه‌محور که طبق آن کشور ایران به سه خوشه ساحلی، کوهستانی و بیابانی و نیمه بیابانی تقسیم شده، استفاده و برای تعیین ایستگاه‌های نمونه، نمونه‌گیری سیستماتیک انجام شد. داده‌های مورد نیاز از هر ایستگاه دریافت و الگوهای رگرسیونی خطی پس از غربال و آماده‌سازی آن‌ها برازش داده شد. پس از بررسی آماره‌های لازم و برقراری فرض‌های زیربنایی برترین الگوها ارائه گردید. تمامی الگوهای ارائه شده جدید در این پژوهش وجود عرض از مبدأ را تأیید می‌کنند. دامنه عرض از مبدأ الگوهای سه خوشه و ایستگاه‌های نمونه در بازه ۰/۷۷ تا ۱۴/۴۶ قرار دارد. توانایی بالای الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی ارائه شده با ضرایب همبستگی (R)، ضرایب تعیین (R²) و آماره‌های F به دست آمده، تأیید شد. در اکثر الگوها رطوبت نسبی ساعت ۱۵ در برآورد میانگین رطوبت نسبی موثرتر است. بیشترین تأثیر رطوبت نسبی ساعت ۱۵ با مقدار ۴۵/۳٪ در خوشه بیابانی و نیمه‌بیابانی برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه دیده شد. سنجش برتری الگوهای مرسوم نسبت به الگوهای پیشنهادی این پژوهش با معیار میانگین مربع خطا (MSE) انجام شد. نتیجه توانایی بالای الگوهای پیشنهادی در برآورد این میانگین است. برای مثال مقدار میانگین مربعات خطا برای الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی اقلیم ساحلی و الگوی مرسوم به ترتیب (۵/۳۴ و ۱۰/۶۱) می‌باشد که معدل کمترین خطا مربوط به الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی برای این خوشه است. لذا استفاده از این الگوها در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای هر اقلیم و ایستگاه‌های نمونه آن پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی رگرسیونی، رطوبت نسبی، نواحی اقلیمی ایران، نمونه‌گیری سیستماتیک

مقدمه

راست دارد. دستگاه رطوبت‌نگار در همه ایستگاه‌های هواشناسی سطح کشور موجود نیست و میانگین رطوبت نسبی روزانه در ایستگاه‌ها و مراکز فاقد دستگاه رطوبت‌نگار با محاسبه‌ی میانگین حسابی از سه ساعت استاندارد (۳، ۹ و ۱۵) به وقت گرینویچ برآورد می‌شود (رابطه ۱). این میانگین‌گیری به دلیل چولگی منحنی رطوبت نسبی تقریبی بوده و دقت کافی را ندارد. مقادیر واقعی رطوبت نسبی از انتگرال‌گیری از سطح زیر نموداری که رطوبت‌نگار رسم می‌کند محاسبه می‌شود. اگر میانگین رطوبت نسبی روزانه را هم با انتگرال‌گیری از سطح زیر نمودار ترسیم شده توسط رطوبت‌نگار برای یک روز عادی که هیچ سامانه‌ای روی منطقه وجود نداشته باشد و هم با الگوهای مرسوم

رطوبت نسبی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین متغیرها در علم هواشناسی است. نوسانات مختلف رطوبت نسبی که در طبیعت ایجاد می‌شود به لحاظ تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های منطقی نیازمند بررسی‌های دقیق‌تری است. بنابراین شناخت کافی از میزان این متغیر، تغییرات و پیش‌بینی آن کمک شایانی در زمینه برنامه‌ریزی دقیق‌تر در حوضه‌های مختلف دارد. منحنی رطوبت نسبی با دستگاه‌های رطوبت‌نگار که در برخی ایستگاه‌های هواشناسی وجود دارد رسم می‌شود. این منحنی شکلی شبیه به یک منحنی تک‌نمایی ۵ چوله به

^۳ - عضو هیأت علمی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

DOI: 10.22067/jsw.2021.15050.0

5- skewed curve

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشیار و دکتری هواشناسی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

(* - نویسنده مسئول: Email: bahar.mirkamandari@gmail.com)

$$S(t) = \sin\left(\pi \frac{t - LSH + \frac{DL}{2}}{DL + 2P}\right) \quad (4)$$

در رابطه (۴)، $S(t)$ تابع بدون بعد زمان، DL طول روز، LSH زمانی که خورشید به حداکثر ارتفاع خود نسبت به مکان مورد نظر روی سطح زمین می‌رسد (این زمان در اسرائیل ۱۱:۰۳، در کالیفرنیا ۱۲:۰۱ و ساعت ۱۳:۰۵ در هلند می‌باشد)، P تأخیر در حداکثر دمای هوا را با توجه به زمان حداکثر ارتفاع خورشید نشان می‌دهد. این تأخیر ناشی از ذخیره سازی گرما در جو و در سطح خاک می‌باشد. الگوی کلی محاسبه رطوبت نسبی روزانه از نسبت بخار آب واقعی هوا (VPA) به فشار بخار آب اشباع (es) مطابق رابطه (۵) به دست می‌آید.

$$RH(\%) = 100 * \frac{VPA}{e_s} \quad (5)$$

اکسل^۴ (۳) الگوریتم‌هایی برای شبیه‌سازی رطوبت نسبی از حداقل دمای روزانه در ۲۳ ایستگاه هواشناسی منطقه آلپ ایتالیا توسعه داد. در این پژوهش الگوهای مرسوم برآورد رطوبت نسبی با استفاده از اندازه‌گیری حداقل دمای روزانه و بارش واسنجی شدند.

رضایی‌پژند و همکاران (۸) الگوی جدیدی را برای برآورد میانگین دمای روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران ارائه دادند. الگوی ارائه شده پس از استخراج به کمک رابطه همبستگی چند متغیره و به صورت ترکیب خطی از دماهای بیشینه و کمینه روزانه معرفی شده است. برای این کار کلیه ایستگاه‌های دمانگار استان خراسان (شمالی، رضوی و جنوبی) بررسی، تعداد ۱۶ ایستگاه مناسب انتخاب و دوره آماری ۵۷ ساله از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۷ به عنوان سال‌های جامعه آماری انتخاب گردید. الگوی جدید دارای عرض از مبدأ و ضرائب جدید برای برآورد میانگین دمای روزانه است.

$$\bar{T} = -1.132 + 0.417T_{\min} + 0.591T_{\max} \quad (6)$$

فرزندی و همکاران (۴) الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی ماهانه و سالانه را با انتخاب ۱۴۹ ایستگاه و خوشه‌بندی ایران برای تعیین ناحیه‌های همگن و هم‌نوا^۵ با استفاده از ۹ عامل هوا و اقلیم‌شناسی در دسترس (دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی، دامنه تغییرات دمایی سالانه، ارتفاع ایستگاه و سه نمایه اقلیم‌بندی دومارتن، ایوانف و تورنت وایت) برای ناحیه‌ی کوهستانی ایران ارائه دادند.

فرزندی و همکاران (۵) الگوهای خطی و غیرخطی (خطی‌پذیر) را برای برآورد رطوبت نسبی ماهانه و سالانه به تفکیک برای ماه‌های مختلف (۱۲ الگو) و برای سالانه (یک الگو) در مناطق ساحلی (خزر،

محاسبه کنیم، اختلاف دقت برآورد دو روش مشخص می‌شود. لذا ارائه الگوهای که این میانگین را با دقت بیشتری برآورد کنند ضروری است. این پژوهش در نظر دارد با لحاظ کردن مسئله اقلیم الگوهای مناسب برای محاسبه دقیق‌تر این متغیر در سه ناحیه اقلیمی ایران و ایستگاه‌های نمونه ارائه دهد.

$$\overline{RH} = 0.33RH_3 + 0.33RH_9 + 0.33RH_{15} \quad (1)$$

تحقیقات مختلفی در راستای استفاده از این روش و ارزیابی دقت آن انجام شده است. نمونه‌ای از این تحقیقات به شرح زیر است. سازمان تحلیل اقلیم‌های فضایی دانشگاه ایالتی اورگان^۱ (۱۹۹۰) برای محاسبه متوسط رطوبت نسبی روزانه رابطه (۲) را ارائه کرده است که برای ماه‌های مختلف با مقدار واقعی که با انتگرال‌گیری از زیر منحنی رطوبت‌نگار محاسبه می‌شود اختلاف دارد.

$$\overline{RH} = 0.65RH_{\text{morning}} + 0.35RH_{\text{afternoon}} \quad (2)$$

ولوا^۲ و همکاران (۱۵) به تجزیه و تحلیل آماری دما - رطوبت و زمان - رطوبت هوای استوایی در شبه جزیره یوکاتان در مکزیک پرداختند. آنها نشان دادند که تجزیه و تحلیل آماری دما - رطوبت در اقلیم‌های مرطوب حاره‌ای نمی‌تواند به طور دقیق با برآورد مقدار میانگین دما و رطوبت سالانه انجام شود و از مطالعه سیستماتیک تغییرات دما - رطوبت روزانه که به شکل الگوهای با توابع خطی و سهموی هستند اطلاعات بهتری حاصل می‌شود. همچنین اظهار داشتند مقادیر میانگین دما و رطوبت نسبی سالانه را نمی‌توان از تجزیه و تحلیل آماری دما - رطوبت در اقلیم مرطوب گرمسیری مشخص کرد. تغییرات روزانه دما و رطوبت نسبی اطلاعاتی ارائه می‌دهند که می‌توان برای بررسی فرآیندهایی چون تخریب مواد مورد استفاده قرار گرفت. از دیگر نتایج این پژوهش ارائه‌ی الگوهای دما و رطوبت نسبی روزانه به شکل یک تابع خطی برای زمان غروب تا طلوع آفتاب روز بعد و یک تابع سهموی برای زمان طلوع تا غروب آفتاب همان روز است.

اهرات^۳ و همکاران (۲) الگوهای روزانه دمای هوا، تابش، سرعت باد و رطوبت نسبی را از داده‌های روزانه موجود الگوسازی کردند. ایشان رابطه‌ای مشابه رابطه زیر را برای تخمین میانگین دمای روزانه هوا ارائه کردند.

$$T_a = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min})S(t) \quad (3)$$

4- Eccel
5- cordancy

1- Oregon State University
2- Veleva
3- Ephrath

قرار دارد. این کشور با وسعت حدود ۱/۶۵ میلیون کیلومتر مربع در جنوب غربی آسیا و در منطقه خاورمیانه واقع گردیده است. ایران کشوری پهناور است که از نظر جغرافیایی ویژگی‌های خاصی دارد و از لحاظ اقلیمی بسیار متنوع است. حدود ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. آب‌وهوای ایران بیشترین تأثیر را از رشته کوه‌های زاگرس که از غرب تا جنوب غربی ایران کشیده شده‌اند و رشته کوه‌های البرز که در بخش شمالی ایران واقع شده‌اند می‌گیرد.

ایستگاه‌های سینوپتیک، تبخیرسنجی و اقلیم‌شناسی بسیاری وابسته به سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی معمولی، باران‌سنجی ذخیره‌ای و تبخیرسنجی وابسته به وزارت نیرو در سطح کشور وجود دارد. دقت نسبی بالاتر و آمار قابل اعتمادتر ایستگاه‌های سینوپتیک در میان سایر ایستگاه‌ها، موجب شد از آمار این ایستگاه‌ها در پژوهش حاضر استفاده شود. فرزندی و همکاران (۱۳۹۰) بنابراین با انتخاب خوشه‌بندی اقلیمی برای کشور ایران پژوهش حاضر در راستای ارائه الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای سه ناحیه اقلیمی (خوشه) ایران انجام شده است. روش‌های مختلفی برای اقلیم‌بندی وجود دارد. فرزندی و همکاران (۱۳۹۰) کشور ایران را با روش افزایش میانهمحور 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. این خوشه‌بندی در مقاله حاضر استفاده شده است. جداول ۱، ۲ و ۳ نتایج 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 نیمه بیابانی با اعداد ۳ مشخص شده است.

محاسبه میانگین رطوبت نسبی روزانه

برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه با الگوی مرسوم از رابطه (۱) انجام می‌شود. درحالی‌که رفتار منحنی رطوبت نسبی در طول شبانه‌روز یک تابع غیرخطی و نامتقارن است (۴). محاسبه دقیق میانگین رطوبت نسبی در طول شبانه‌روز با تقسیم سطح زیر منحنی این متغیر بر عدد ۲۴ (ساعات شبانه‌روز) محاسبه می‌شود. محاسبه سطح زیر منحنی رطوبت نسبی با انتگرال‌گیری مطابق رابطه (۶) به‌دست می‌آید. $f(t)$ تابع انتگرال‌پذیر رطوبت نسبی است.

$$\overline{RH} = 0.33RH_3 + 0.33RH_9 + 0.33RH_{15} \quad (6)$$

$$RH_{avg} = \frac{1}{24} \int_0^{24} f(t) dt \quad (7)$$

خلیج فارس و دریای عمان) از روی رطوبت ساعت‌های 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 داده‌های رطوبت ساعت‌های 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 اقلیم‌شناسی در دسترس (دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی، دامنه تغییرات دمای سالانه، ارتفاع ایستگاه) به روش افزایش میانهمحور^۱ خوشه‌بندی و سپس با سه نمایه اقلیم‌بندی دومارتن، ایوانف و تورنتوایت اقلیم‌بندی انجام شد.

میرکماندار و همکاران (۸) الگوهای کاربردی جدیدی برای برآورد میانگین دمای روزانه در نواحی مختلف اقلیمی ایران ارائه دادند. ایشان پس از انتخاب ایستگاه‌های نمونه با روش نمونه‌گیری سیستماتیک و بررسی صحت و دقت داده‌های مربوطه، با برازش الگوهای رگرسیونی خطی به داده‌های دمای روزانه هر ایستگاه منتخب الگوهای برآورد میانگین دمای روزانه را برای هر سه ناحیه اقلیمی ایران و هر یک از ایستگاه‌های نمونه زیرمجموعه آن ارائه دادند.

تحقیقات فوق بیانگر دقت پایین الگوی برآورد میانگین رطوبت نسبی مرسوم (رابطه ۱) می‌باشد، بنابراین ارائه الگویی جدید که بتواند میانگین رطوبت نسبی روزانه را با دقت بیشتری برآورد کند ضروری است. پژوهش حاضر با در نظر داشتن این نکات که منحنی رطوبت نسبی شکلی شبیه به یک منحنی تک‌نمایی چوله به راست دارد و متقارن نیست، دستگاه رطوبت‌نگار در همه ایستگاه‌های هواشناسی سطح کشور موجود نیست، مسئله اقلیم منطقه که در برآورد دقیق‌تر این متغیر نقش بسزایی دارد، برخلاف الگوی برآورد میانگین رطوبت نسبی مرسوم (رابطه ۱) که این نکات را در نظر نگرفته است، همچنین فقط رطوبت نسبی نیمی از ساعات شبانه‌روز در روش مرسوم در نظر گرفته شده، نه تمامی ساعات (سالنامه‌های هواشناسی)، بنابراین این پژوهش اقدام مدل‌سازی میانگین رطوبت نسبی روزانه با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف شبانه‌روز متناسب با اقلیم هر منطقه کرده است. علاوه بر این مدل‌ها به طور مجزا برای ایستگاه‌های نمونه زیرمجموعه هر اقلیم نیز ارائه شده‌اند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

کشور ایران در نیمکره شمالی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی از خط استوا و بین ۴۴ و ۶۳/۵ درجه طول شرقی از نیمروز گرینویچ

منحنی ۲۴ ساعته رطوبت نسبی (نمودار ۱) توسط رطوبت نگار ترسیم می‌شود ولی چون رطوبت نگار در همه ایستگاه‌ها وجود ندارد به همین دلیل منحنی ۲۴ ساعته رطوبت نسبی آن ایستگاه‌ها موجود نیست. ۸ داده رطوبت نسبی سه ساعته در طی شبانه‌روز در دسترس است و به شکل نقاط آبی رنگ روی منحنی ترسیم شده توسط رطوبت نگار (نمودار ۱) نشان داده شده‌اند. با استفاده از روش سیمسون ۸ نقطه‌ای (رابطه ۸) میانگین رطوبت نسبی روزانه هر ایستگاه به طور تقریبی محاسبه می‌شود. بنابراین از این تقریب به عنوان بهترین برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه در پژوهش حاضر استفاده شده است.

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 شبانه‌روز موجود نمی‌باشد، بنابراین نزدیک‌ترین تقریب به میانگین واقعی رطوبت نسبی روزانه با انتگرال عددی فوق به روش سیمسون مطابق رابطه (۸) محاسبه می‌شود. این روش در کتب ریاضی یکی از روش‌های دقیق و مشهور محاسبه سطح زیر منحنی با داشتن نقاط آن با معادله حاکم است (۱۴).

$$RH_{avg} \cong \frac{1}{24} \{ RH_0 + 4(RH_3 + RH_9 + RH_{15} + RH_{21}) + 2(RH_6 + RH_{12} + RH_{18}) + RH_{24} \} \quad (8)$$

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

Table 1- Name and number of Coastal cluster stations 1987-2016 (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه
Station number	Station name	Station number	Station name	Station number	Station name
1	آبادان Abadan	2	آستارا Astara	3	امیدیه آغاچاری Omidiye aghajari
4	صفی‌آباد دزفول Safi abad Dezful	5	بندر دایر Bandar Daier	6	فرودگاه لامرد Lamerd airport
7	بندرعباس Bandar Abbas	8	بندر لنگه Bandar Lenge	9	بندرماهشهر Bandar Mahshahr
10	بهبهان Behbahan	11	بوستان Bostan	12	رامسر Ramsar
13	بوشهر کوستال Coastal Bushehr	14	دهلران Dehloran	15	دزفول Dezful
16	قراخیل قائم شهر Qara Kheil	17	بندر انزلی Bandar Anzali	18	گنبد کاووس Gonbad kavus
19	منجیل Manjil	20	جاسک Jask	21	جزیره قشم Qeshm Island
22	بابلسر Babolsar	23	جزیره ابوموسی Abu Musa	24	جزیره سیری Siri Island
25	کهنوج Kahnooj	26	میناب Minab	27	گرگان Gorgan
28	مراوه تپه Marave tappe	29	نوشهر Noshahr	30	رامهرمز Ramhormoz
31	پارس آباد مغان Pars Abad	32	رشت Rasht	33	بوشهر Bushehr
34	اهواز Ahvaz	35	شوشتر Shooshtar	36	سرخس Sarakhs
37	جزیره کیش Kish Island	38	زابل Zabol	39	زهک Zahak

جدول ۲- نام و شماره ایستگاه های خوشه کوهستانی ۱۹۸۷-۲۰۱۶ (فرزندی، ۱۳۹۰)

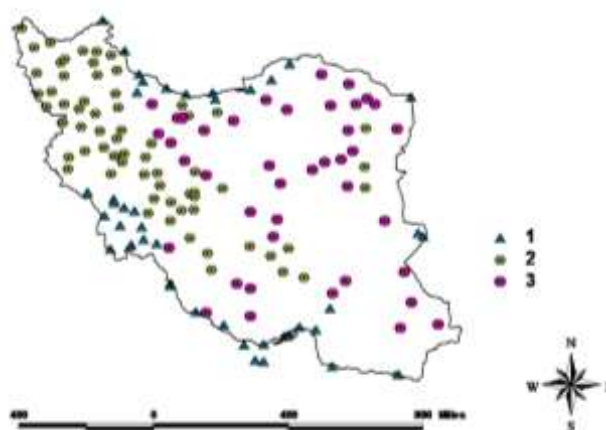
Table 2- Name and number of Mountainous cluster stations 1987-2016 (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه
Station number	Station name	Station number	Station name	Station number	Station name
1	اهر Ahar	2	کرمانشاه Kermanshah	3	اراک Arak
4	ماهشان Mahshan	5	بافت Baft	6	بیجار Bijar
7	بیرجند Birjand	8	بروجن Borujen	9	بروجرد Borujerd
10	داران Daran	11	اصفهان Esfahan	12	اسلام آباد غرب Eslam Abad
13	ارومیه Urmia	14	قائن Qaen	15	غروه Gharve
16	گلپایگان Golpayegan	17	همدان فرودگاه Hamedan Airport	18	همدان نوزه Hamedan Airbase
19	ایلام Ilam	20	کبوترآباد Kabootar Abad	21	کنجوار Konjvar
22	الیگودرز Aligudarz	23	خلخال Khalkhal	24	سیرجان Sirjan
25	کوهرنگ Kuhrang	26	لردگان Lordegan	27	مهاباد Mahabad
28	ماکو Maku	29	مالایر Malayer	30	مراغه Maraghe
31	مریوان Marivan	32	مروست Marvast	33	مشکین شهر Meshkin shahr
34	نائین Naein	35	شهرکرد Shahreکرد	36	نطنز Natanz
37	فیروزکوه Firuzkuh	38	پیرانشهر Piranshahr	39	اردبیل Ardebil
40	سدردوزن Doroudzan Dam	41	سقز Saghez	42	سهند Sahand
43	سنندج Sanandaj	44	سراب Sarab	45	سردست Sardast
46	زنجان Zanjan	47	نهایوند Nahavand	48	شهرضا Shahreza
49	شرق اصفهان East Esfahan	50	تربت حیدریه Torbat Heydariyeh	51	شمال تهران North of Tehran
52	سیاه بیشه Siah Bisheh	53	خدابنده Khodabande	54	تفرش Tafresh
55	تکاب Takab	56	یاسوج Yasuj	57	شیراز Shiraz
58	شهر بابک Shahre Babak	59	زرینه اوباتو Zarrineh		

جدول ۳- نام و شماره ایستگاه‌های خوشه بیابانی و نیمه‌بیابانی ۱۹۸۷-۲۰۱۶ (فرزندی، ۱۳۹۰)

Table 3- Name and number of Desert and semi-desert cluster stations 1987-2016 (Farzandi, 2011)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	شماره ایستگاه	نام ایستگاه
Station number	Station name	Station number	Station name	Station number	Station name
1	طبس Tabas	2	فسا Fasa	3	بافق Bafgh
4	بم Bam	5	بیارجمند Biarjomand	6	بجنورد Bojnurd
7	بشروییه Boshruyeh	8	چیتگر Chitgar	9	دوگنبدان Dogonbadan
10	دوشان تپه Doshan Tappe	11	قم Qom	12	فردوس Ferdows
13	گرمسار Garmsar	14	قزوین Qazvin	15	رفسنجان Rafsanjan
16	قوچان Quchan	17	گل‌مکان Golmakan	18	حسن آباداراب Hasan Abad
19	ایران‌شهر Iranshahr	20	یزد Yazd	21	ژئوفیزیک تهران Jeophysic Tehran
22	جلفا Jolfa	23	کنجانجام Konjanjam	24	کاشان Kashn
25	کاشمر Kashmar	26	خاش Khash	27	خوربیباناک Khorbiabanak
28	خوربیرجند Khor Birjand	29	تهران مهرآباد Mehrabad Airport	30	خوی Khoy
31	لار Lar	32	مشهد Mashhad	33	میاندو جیرفت Miandeh Jiroft
34	نهبندان Nehbandan	35	نیشابور Neyshabur	36	رباط پشت بادام Robate poshte Badam
37	سبزوار Sabzevar	38	زاهدان Zahedan	39	ساره Save
40	سمنان Semnan	41	شاهرود Shahroud	42	انار Anar
43	خرم آباد Khoram Abad	44	تربت جام Torbate Jam	45	ایزه Izeh
46	سراوان Saravan				

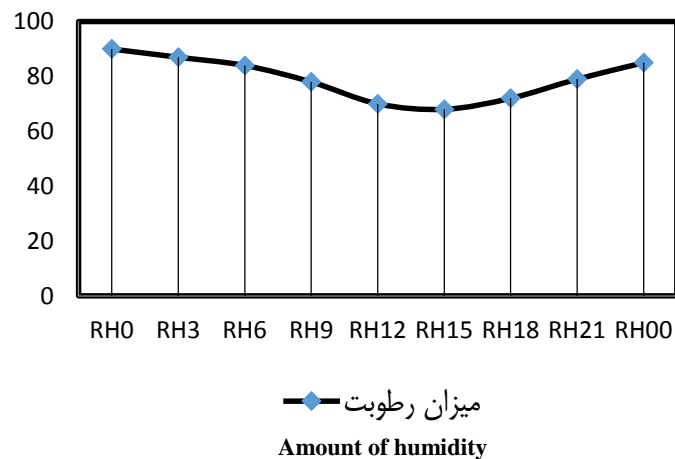


شکل ۱- پهنه‌بندی ایران براساس خوشه‌بندی افرای میانه محور (فرزندی، ۱۳۹۰)

(۱- ساحلی، ۲- کوهستانی، ۳- بیابانی و نیمه بیابانی)

Figure 1- Clustering of Iran based on partitioning around methods (Farzandi, 2011)

(1- Coastal, 2- Mountainous, 3- Desert and semi-desert)



نمودار ۱- رطوبت نسبی یک روز (۲۴ ساعته) ایستگاه رامسر خوشه اول
Chart 1- Relative humidity of one day (24 hour) of Ramsar station in First cluster

- **الگوهای رگرسیون:** رگرسیون مطابق رابطه‌ای که میان تعداد متغیرها بررسی می‌شود به دو دسته رگرسیون ساده و رگرسیون چندگانه تقسیم می‌شود. اگر همبستگی فقط دو متغیر X و Y را بررسی کنیم، آن را رگرسیون ساده یا دومتغیره می‌گویند (رابطه ۹). اگر همبستگی یک متغیر Y را با چند متغیر دیگر مانند: X_1, X_2, \dots, X_n و ... بررسی کنیم، به آن رگرسیون چندگانه می‌گویند (رابطه ۱۰).

$$Y = f(X) + E_r \quad (9)$$

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + E_r \quad (10)$$

تحلیل آماره‌ها در الگوهای رگرسیونی

- **آماره t:** آماره t معنی‌داری ضرائب رگرسیون و مقدار ثابت یا همان عرض از مبدا الگو را آزمون می‌کند. اگر مقدار t محاسبه‌ای از t جدول بیشتر باشد، فرضیه صفر که بیان می‌کند الگو فاقد عرض از مبدا با شیب صفر می‌باشد، رد شده و به این ترتیب عرض از مبدا الگوی رگرسیونی و ضرایب آن صفر نیست. معادله خط رگرسیون:

$$y = B_0 + B_1 x \quad (11)$$

معنی‌داری شیب (B_1) و عرض از مبدا (B_0) معادله فوق به صورت زیر آزمون می‌شود:

$$1) \begin{cases} H_0: B_0 = 0 \\ H_1: B_0 \neq 0 \end{cases} T = \frac{\hat{B}_0}{S(\hat{B}_0)} \gg t_{0.05}^{(n-2)} \quad (12)$$

$$2) \begin{cases} H_0: B_1 = 0 \\ H_1: B_1 \neq 0 \end{cases}$$

$$T = \frac{\hat{B}_1}{S(\hat{B}_1)} \gg t_{0.05}^{(n-2)}$$

- **رگرسیون:** پژوهش حاضر به بررسی و الگوبندی رابطه بین میانگین رطوبت نسبی روزانه با رطوبت سه ساعت استاندارد ۳، ۹ و ۱۵ به وقت گرینویچ می‌پردازد. بنابراین الگوهای رگرسیونی خطی برای انجام این مهم انتخاب و با برازش آن‌ها به داده‌های رطوبت نسبی روزانه، روابط بین این متغیرها به شکل معادلات مبین الگو نمایش داده شدند.

رگرسیون روشی ریاضی و کاربردی است که چگونگی رابطه بین یک متغیر با عنوان متغیر پاسخ یا تابع را با یک یا چند متغیر دیگر با عنوان متغیر مستقل یا پیشگو بررسی و الگوبندی می‌کند. متغیرها در رگرسیون به انواع مختلف قطعی (تعیینی)، غیرقطعی (تصادفی و امکانی)، ابهامی (فازی) و موارد دیگر تقسیم می‌شوند. برای مثال رابطه ارتفاع-مساحت در یک جسم معین از نوع رگرسیون قطعی، رابطه دما-ارتفاع (معادله افت‌آهنگ دما)، باران-ارتفاع (معادله گرادیان بارش)، تبخیر-دما در یک منطقه، بارش-رواناب، دبی-رسوب، دبی-شوری در یک حوضه آبریز از نوع رگرسیون غیر قطعی و رابطه بین معدل کتبی دیپلم روی نمرات ریاضی، فیزیک و جنسیت داوطلبان آزمون سراسری سال ۱۳۸۷ در قالب رگرسیون ابهامی یا فازی بررسی می‌شود.

رگرسیون وابستگی نمونه‌ای را الگوبندی و نتیجه را به جامعه مربوط به متغیرها تعمیم می‌دهد، تابع ریاضی الگوبندی رابطه یک پدیده قطعی یا غیرقطعی (تصادفی) با یک یا چند پدیده دیگر، مطابق رابطه (۹) یا (۱۰) تعریف شد. معمولاً نمی‌توانیم تمام متغیرهای مؤثر را در الگو دخالت دهیم، زیرا برخی از آنها شناخته شده نیستند یا اطلاعاتی از آنها در اختیار نمی‌باشد. مؤلفه E_r جانشین تمام مواردی است که در نظر نگرفته و از آنها چشم‌پوشی شده است. این مؤلفه را جمله یا مؤلفه تصادفی (اخلال، خطا، مانده یا باقی‌مانده) و تابع $f(x)$ جمله یا مؤلفه قطعی نامیده می‌شود (۹).

بیابانی هریک پنج ایستگاه است. تعداد ایستگاه‌های موجود در هر خوشه زیاد می‌باشد و استفاده از داده‌های همه ایستگاه‌ها در برآورد میانگین دمای روزانه دشوار است. بنابراین مطابق حجم نمونه هر خوشه ایستگاه‌های نمونه با نمونه‌گیری سیستماتیک تعیین شدند. به عنوان مثال حجم خوشه اول ۳۹ ایستگاه و حجم نمونه آن ۷ ایستگاه است. با تقسیم حجم خوشه اول به حجم نمونه آن، فاصله نمونه‌گیری (k) حاصل می‌شود. فاصله نمونه‌گیری برای خوشه اول برابر ۵ است. اولین نمونه به صورت تصادفی (t) از میان فاصله نمونه‌گیری که اینجا از یک تا پنج است، انتخاب می‌شود. عدد دو به شکل تصادفی انتخاب شد. شماره ایستگاه‌های نمونه برگزیده از جدول ۱ به ترتیب ۲، ۷، ۱۲، ۱۷، ۲۲، ۲۷ و ۳۲ می‌باشد. ایستگاه‌های منتخب خوشه ساحلی (اول) به ترتیب: آستار، بندرعباس، رامسر، بندرانزلی، بابلسر، گرگان و رشت هستند. نمونه‌گیری سیستماتیک به همین روش برای خوشه‌های دوم و سوم انجام و ایستگاه‌های نمونه در هر خوشه مطابق حجم نمونه مشخص شد. ایستگاه‌های منتخب خوشه کوهستانی (دوم) به ترتیب: کرمانشاه، ارومیه، سیرجان، شهرکرد و زنجان می‌باشد و ایستگاه‌های منتخب خوشه بیابانی و نیمه بیابانی (سوم) به ترتیب: فسا، فرودگاه مهرآباد، قم، یزد و زاهدان هستند. ایستگاه‌های منتخب براساس ۹ ویژگی مهم و قابل دسترس در هر خوشه قرار گرفتند. این عوامل شش متغیر دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی و دامنه تغییرات دمای سالانه، ارتفاع ایستگاه و سه نمایه اقلیم بندی دومارتن، ایوانف و تورنت وایت هستند. این ۹ ویژگی شباهت بین ایستگاه‌های درون هر خوشه را به خوبی نشان می‌دهد. مشخصات ایستگاه‌های نمونه هر یک از سه خوشه در جدول ۴ آورده شده است.

- تحلیل و بررسی صحت داده‌ها: داده‌های سه ساعته رطوبت نسبی ایستگاه‌های منتخب هر خوشه به وقت گرینویچ برای ۳۰ سال اخیر (۲۰۱۶-۱۹۸۷) (جدول ۴) از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. بررسی دقت و صحت داده‌ها اولین گام در راستای انجام هر تحلیلی است. به این منظور دقت و صحت ۸۷ هزار داده رطوبت نسبی برای هر ایستگاه بررسی شد. به این منظور مقادیر کمینه و بیشینه‌ی رطوبت نسبی ماهانه هر ایستگاه از سایت سازمان هواشناسی مربوطه برای تعیین حدود اطمینان داده‌ها در هر ماه دریافت شدند و با روش فیلتر کردن در نرم‌افزار اکسل غربال داده‌های هر ایستگاه انجام شد. با روش فیلتر کردن مقادیر رطوبت نسبی هر ساعت با همان ساعت در روز قبل و بعد مقایسه شده، داده‌هایی که در حدود اطمینان هر ماه برای هر ایستگاه قرار نداشتند داده پرت خوانده شده و حذف شدند. نظر به اینکه شرایط نرمال است و هیچ سامانه‌ای روی منطقه وجود ندارد، داده‌های گمشده‌ای که برای هر روز شناسایی و داده‌های پرتی که حذف شدند با الگوگیری از منحنی‌های ترسیم شده‌ی روز قبل و بعد و با درون‌یابی خطی یا لگاریتمی برآورد شدند. جدول ۵

این شرایط بیان می‌کند معادله رگرسیونی دارای شیب و عرض مبدا است. T برابر مقدار محاسبه شده است و $t_{0.05}$ مربوط به جدول است.

- خطای استاندارد شده ضرایب: خطای استاندارد شده ضرایب الگو از تقسیم انحراف معیار خطاها به میانگین خطاها مطابق رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود.

$$std. Error = \frac{\delta}{\bar{x}} \quad (13)$$

- آماره دوربین-واتسون: رابطه (۱۴) درخصوص بررسی برقراری فرض ناهمبسته بودن باقی‌مانده‌ها استفاده می‌شود. مقادیر این رابطه du از جدول دوربین - واتسون و آماره دوربین - واتسون ارائه شده توسط نرم افزار در جدول خلاصه‌ی الگو است.

$$du < D - W < 4 - du \quad (14)$$

- فرض‌های زیربنایی:

الگوی رگرسیونی خطی پس از بررسی و تأیید در دو مرحله پذیرش می‌شود. مرحله اول برآورد پارامترهای مدل، آزمون‌های لازم شامل تحلیل واریانس و ضریب تعیین است. اگر الگو در مرحله اول رد نشد، مرحله دوم بررسی برقراری فرض‌های زیربنایی است که برقراری این فرض‌ها را بررسی می‌کنیم.

باقی‌مانده‌ها توزیع نرمال دارند.

میانگین باقی‌مانده‌ها صفر است.

باقی‌مانده‌ها واریانس ثابت دارند.

باقی‌مانده‌ها همبستگی پیاپی ندارند.

داده پرت کنترل و بررسی شود.

بررسی برقراری این فرضیات در خصوص باقی‌مانده‌ها با آزمون و رسم نمودارهای مناسب صورت می‌گیرد. الگو پس از تأیید این موارد قبول (رد نمی‌شود) و از آن استفاده می‌شود (۹).

- نرم‌افزارها: نرم‌افزار Excel در بخش غربال و آماده‌سازی داده‌ها و نرم‌افزار Spss.22 در برآورد الگوهای رگرسیونی و تحلیل الگوها استفاده شده است. خروجی‌های این نرم‌افزار شامل جداول خلاصه الگو، تحلیل واریانس، ضرایب الگو و جدول مربوط به باقی‌مانده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

- نمونه‌گیری سیستماتیک: حجم نمونه برآورد شده برای خوشه ساحلی هفت ایستگاه و خوشه‌های کوهستانی و بیابانی و نیمه

نمونه‌ای از داده‌های پرت رطوبت نسبی ایستگاه رامسر را نشان می‌دهد که برای برآورد این داده‌ها بهترین تقریب را به دست آمد. نتیجه برآورد داده‌های پرت این جدول پس از غربال در جدول ۶

نمایش داده شده است. RH0 بیانگر رطوبت نسبی ساعت ۱۲ امشب و RH00 بیانگر رطوبت نسبی ساعت ۱۲ شب، روز بعد است.

جدول ۴- مشخصات ایستگاه‌های نمونه خوشه اول، دوم و سوم
Table 4- Specifications of the First, Second and Third cluster sample stations

ردیف Row	نام ایستگاه Station name	اقلیم ایستگاه Station climate	استان State	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع (m) Elevation
1	آستارا Astara	اقلیم ساحلی Coastal climate	گیلان Gilan	38.36	48.85	-21.1
2	بندرعباس Bandar Abbas	اقلیم ساحلی Coastal Climate	هرمزگان Hormozgan	27.21	56.37	9.8
3	رامسر Ramsar	اقلیم ساحلی Coastal Climate	مازندران Mazandaran	36.90	50.68	-20
4	بندرانزلی Bandar Anzali	اقلیم ساحلی Coastal Climate	گیلان Gilan	37.47	49.46	-23.6
5	بابلسر Babolsar	اقلیم ساحلی Coastal Climate	مازندران Mazandaran	36.72	52.65	-21
6	گرگان Gorgan	اقلیم ساحلی Coastal Climate	گلستان Golestan	36.90	54.41	0
7	رشت Rasht	اقلیم ساحلی Coastal Climate	گیلان Gilan	37.32	49.62	-8.6
8	کرمانشاه Kermanshah	اقلیم کوهستانی Mountnal Climate	کرمانشاه Kermanshah	34.35	47.15	1318
9	ارومیه Urmia	اقلیم کوهستانی Mountnal Climate	آذربایجان غربی West Azarbaijan	37.65	45.05	1328
10	سیرجان Sirjan	اقلیم کوهستانی Mountnal Climate	کرمان Kerman	29.46	55.68	1739
11	شهرکرد Shahrekord	اقلیم کوهستانی Mountnal Climate	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal va Bakhtiari	32.29	50.84	2048
12	زنجان Zanjan	اقلیم کوهستانی Mountnal Climate	زنجان Zanjan	36.66	48.52	1659
13	فسا Fasa	اقلیم خشک و نیمه خشک Arid and Semi Arid Climate	فارس Fars	28.89	53.72	1268
14	فرودگاه مهرآباد Mehrabad Airport	اقلیم خشک و نیمه خشک Arid and Semi Arid Climate	تهران Tehran	35.69	51.31	1191
15	قم Qom	اقلیم خشک و نیمه خشک Arid and Semi Arid Climate	قم Qom	34.77	50.85	879
16	یزد Yazd	اقلیم خشک و نیمه خشک Arid and Semi Arid Climate	یزد Yazd	31.90	54.28	1230
17	زاهدان Zahedan	اقلیم خشک و نیمه خشک Arid and Semi Arid Climate	سیستان و بلوچستان Systan va Baluchestan	29.47	60.90	1370

جدول ۵- نمونه‌ای از داده‌های پرت رطوبت نسبی ایستگاه رامسر از خوشه اول

Table 5- An example of relative humidity irrelevant data in Ramsar station of the first cluster

نام ایستگاه Station name	سال Year	ماه Month	روز Day	RH0	RH3	RH6	RH9	RH12	RH15	RH18	RH21	RH00
رامسر Ramsar	1988	3	19	94	17	82	80	77	84	91	94	93
رامسر Ramsar	1992	2	5	92	89	87	75	72	88	42	88	4
رامسر Ramsar	1993	10	13	89	86	40	1	31	68	78	76	71
رامسر Ramsar	2000	1	25	96	100	96	16	16	18	19	24	25
رامسر Ramsar	2006	3	8	100	100	92	87	89	87	87	11	16

جدول ۶- داده‌های پرت رطوبت نسبی ایستگاه رامسر از خوشه اول پس از غربال

Table 6- An example of relative humidity irrelevant data in Ramsar station of the first cluster after screening the data

نام ایستگاه Station name	سال Year	ماه Month	روز Day	RH0	RH3	RH6	RH9	RH12	RH15	RH18	RH21	RH00
رامسر Ramsar	1988	3	19	94	89	82	80	77	84	91	94	93
رامسر Ramsar	1992	2	5	92	89	87	75	72	88	88	88	90
رامسر Ramsar	1993	10	13	89	86	71	70	68	68	78	76	71
رامسر Ramsar	2000	1	25	96	100	96						
رامسر Ramsar	2006	3	8	100	100	92	87	89	87	87	91	94

استاندارد برآورد الگوها، تأییدی بر این موضوع است.

همچنین در تحلیل واریانس متغیر RH9 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 معنی‌دار است. جدول ضرایب الگوها (جدول ۷) شامل ضرایب استاندارد نشده (B)، خطای استاندارد شده ضرایب 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 ۱۵) و رابطه‌ی تحلیل حساسیت الگو در برآورد رطوبت نسبی برای خوشه اول (رابطه ۱۶) به این صورت است.

$$RH_{avg} = 10.372 + 0.309 RH3 + 0.255RH9 + 0.324RH15 \quad (15)$$

$$RH_{avg} = 0.269 RH3 + 0.328RH9 + 0.403RH15 \quad (16)$$

- تحلیل الگوهای رگرسیونی رطوبت نسبی خوشه اول:

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 گریونچ (۳:۳۰، ۶:۳۰ و ۱۲:۳۰ به وقت محلی) به ترتیب با نماد RH3، RH9، RH15 با عنوان متغیرهای پیشگو استفاده شدند.

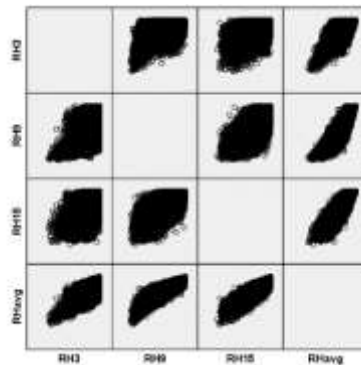
گام اول تحلیل و بررسی رابطه بین متغیرهای پیشگو و پاسخ است. به این منظور با رسم شکل پراکنش ماتریسی، که رفتار هر یک از متغیرها در مقابل دیگری را نمایش می‌دهد به روش هندسی-ریاضی به اثبات رابطه بین متغیرها پرداخته شد. مطابق شکل ۲ رابطه تقریباً خطی و مستقیم بین همه متغیرها ملاحظه می‌شود.

مقدار ضریب تعیین برای الگوی پذیرفته شده ۰/۹۷۵ است به این معنی که فقط ۲/۵ درصد 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

فرض های زیربنایی برقرار باشند موجب پذیرش نهایی الگوهای رگرسیونی میانگین رطوبت نسبی روزانه اقلیم ساحلی می گردد. فرض استقلال باقی مانده ها با قرار داشتن مقدار آماره دوربین-واتسون در بازه ۱/۷۴ تا ۲/۳۶ تأیید می شود (۱). جدول ۸ میانگین باقی مانده ها را صفر نشان می دهد. نوار مستطیلی افقی حاصل از پراکنندگی نقاط، مطابق نمودار ۲ ثابت بودن واریانس باقی مانده ها را تأیید می کند. برقراری فرض های زیربنایی پذیرش نهایی الگوی رگرسیونی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه را برای اقلیم ساحلی (خوشه اول) به همراه داشت. الگوهای برآورد رطوبت نسبی روزانه برای ایستگاه های نمونه این اقلیم پس از آزمون های لازم در مورد رگرسیون، بررسی فرض های زیربنایی و پذیرش برقراری آن ها ارائه گردید. مقادیر بالای ضریب تعیین توان بالای الگوها در برآورد میانگین رطوبت نسبی مربوطه را نشان می دهند. نتایج نهایی الگوهای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای اقلیم ساحلی و هر یک از ایستگاه های نمونه در جدول ۹ ارائه شده است.

ضریب استاندارد شده (Beta)، بیانگر میزان تأثیر هر یک از متغیرهای پیشگو بر متغیر پاسخ است. رابطه ی تحلیل حساسیت (رابطه ۱۶) با حذف عرض از مبدأ به طور مستقیم میزان تأثیر هر یک از متغیرهای پیشگو را بر متغیر پاسخ بیان می کند. مطابق این رابطه ضریب متغیرهای رطوبت نسبی در ساعات ۳، ۹ و ۱۵ گرینویچ به ترتیب ۲۶/۹٪، ۳۲/۸٪ و ۴۰/۳٪ است. از تقسیم این درصدها به یکدیگر میزان اهمیت و تأثیر هر متغیر نسبت به دیگری مشخص می شود. به این صورت که رطوبت نسبی ساعت ۱۵ نسبت به رطوبت نسبی ساعت ۹، ۱/۲۳ و نسبت به ساعت ۳، ۱/۴۹ برابر اهمیت دارد. به همین ترتیب رطوبت نسبی ساعت ۹ نسبت به رطوبت نسبی ساعت ۳، ۱/۲۲ برابر از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین می توان نتیجه گرفت RH15 حساس ترین و RH3 کم ترین حساسیت را دارد. الگوهای راجح حساسیت این سه متغیر را در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه یکسان فرض کرده اند.

- بررسی برقراری فرض های زیربنایی: در صورتی که



شکل ۲- پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای رطوبت نسبی ورودی الگوی خوشه اول در برابر یکدیگر

Figure 2- Matrix dispersion characteristics of the behavior of input variables in the first cluster pattern against each other

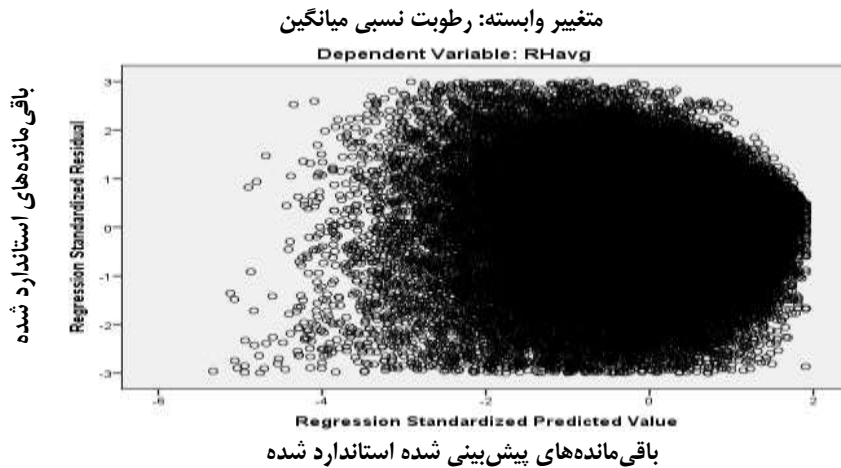
جدول ۷- جدول ضرایب الگوهای رطوبت نسبی خوشه اول، آماره t و اندازه احتمال

Table 7- The coefficients relative humidity patterns of the first cluster, t values and probability values

الگو Model	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients		ضرایب استاندارد شده Standard coefficient	t	p-value
	B	Std.Error	Beta		
1(Constant)	40.118	0.072		558.351	0.000
RH9	0.577	0.001	0.901	564.684	0.000
2(Constant)	26.972	0.065		417.360	0.000
RH9	0.340	0.001	0.531	327.111	0.000
RH15	0.380	0.001	0.492	303.060	0.000
3(Constant)	10.372	0.054		192.667	0.000
RH9	0.255	0.001	0.398	419.325	0.000
RH15	0.324	0.001	0.419	459.802	0.000
RH3	0.309	0.001	0.309	411.000	0.000

جدول ۸- مشخصات باقی مانده های الگوی سوم رطوبت نسبی خوشه اول
 Table 8- The residual of the third relative humidity pattern in the first cluster

	مینیمم Minimum	ماکزیمم Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Deviation
Residual	-4.9682	4.9638	0.000	1.6561
Std. Residual	-3.000	2.997	0.000	1.000



نمودار ۲- پراکنش باقی مانده های استاندارد شده الگوی سوم رطوبت نسبی خوشه اول
 Chart 2- Standardized residuals distribution of the third relative humidity pattern in the first cluster

جدول ۹- جدول الگوی نهایی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای خوشه اول و هر یک از ایستگاه های نمونه
 Table 9- Final estimating daily average of relative humidity patterns for the first cluster and each sample station

الگوی نهایی میانگین رطوبت نسبی روزانه Final daily average of relative humidity pattern	R ²	Std. .Err	Durbin- Watson	F	P- valu
خوشه اول First cluster $RH_{avg} = 10.372 + 0.309RH_3 + 0.255RH_9 + 0.324RH_{15}$	0.975	1.825	1.825	945891.4	.000
آستارا Astara $RH_{avg} = 14.463 + 0.265RH_3 + 0.265RH_9 + 0.314RH_{15}$	0.964	1.765	1.853	95585.0	.000
بندرعباس Bandar Abbas $RH_{avg} = 7.451 + 0.298RH_3 + 0.290RH_9 + 0.332RH_{15}$	0.960	1.894	1.782	84921.3	.000
رامسر Ramsar $RH_{avg} = 9.238 + 0.269RH_3 + 0.299RH_9 + 0.334RH_{15}$	0.962	1.938	1.921	90412.3	.000
بندرانزلی Bandar Anzali $RH_{avg} = 10.519 + 0.271RH_3 + 0.271RH_9 + 0.346RH_{15}$	0.971	1.954	1.845	118917.8	.000
بابلسر Babolsar $RH_{avg} = 13.271 + 0.278RH_3 + 0.251RH_9 + 0.328RH_{15}$	0.955	1.887	1.769	77064.2	.000
گرگان Gorgan $RH_{avg} = 11.904 + 0.341RH_3 + 0.246RH_9 + 0.285RH_{15}$	0.976	1.986	1.826	144830.4	.000
رشت Rasht $RH_{avg} = 17.095 + 0.283RH_3 + 0.247RH_9 + 0.290RH_{15}$	0.978	2.132	1.952	157483.9	.000

جدول ۱۰- جدول الگوی نهایی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای خوشه دوم و هر یک از ایستگاه های نمونه

Table 10- Final estimating daily average of relative humidity patterns for the second cluster and each sample station

الگوی نهایی میانگین رطوبت نسبی روزانه Final daily average of relative humidity pattern		R2	Std .Err	Durbin-Watson	F	P- valu
خوشه دوم Second cluster	$RH_{avg} = 2.085 + 0.416RH_3 + 0.219RH_9 + 0.361RH_{15}$	0.985	2.5	1.815	1121839.8	.000
کرمانشاه Kermanshah	$RH_{avg} = 0.964 + 0.431RH_3 + 0.193RH_9 + 0.385RH_{15}$	0.992	2.0	2.125	410948.4	.000
ارومیه Urmia	$RH_{avg} = 6.806 + 0.356RH_3 + 0.232RH_9 + 0.347RH_{15}$	0.972	2.6	1.845	123989.3	.000
شهرکرد Shahrekord	$RH_{avg} = 4.488 + 0.383RH_3 + 0.234RH_9 + 0.346RH_{15}$	0.976	2.7	1.876	144342.4	.000
سیرجان Sirjan	$RH_{avg} = 1.221 + 0.386RH_3 + 0.220RH_9 + 0.407RH_{15}$	0.987	1.8	2.011	276019.8	.000
زنجان Zanjan	$RH_{avg} = 4.646 + 0.381RH_3 + 0.229RH_9 + 0.349RH_{15}$	0.975	2.6	1.978	139019.7	.000

جدول ۱۱- جدول الگوی نهایی برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه برای خوشه سوم و هر یک از ایستگاه های نمونه

Table 11- Final estimating daily average of relative humidity patterns for the third cluster and each sample station

الگوی نهایی میانگین رطوبت نسبی روزانه Final daily average of relative humidity pattern		R2	Std .Err	Durbin-Watson	F	P- valu
خوشه سوم Third cluster	$RH_{avg} = 1.336 + 0.404RH_3 + 0.158RH_9 + 0.438RH_{15}$	0.992	1.7	1.868	2193991.6	.000
فسا Fasa	$RH_{avg} = 1.821 + 0.426RH_3 + 0.156RH_9 + 0.412RH_{15}$	0.992	1.8	1.927	418147.3	.000
مهرآباد Mehrabad Airport	$RH_{avg} = 2.416 + 0.334RH_3 + 0.223RH_9 + 0.425RH_{15}$	0.991	1.7	1.943	369299.1	.000
قم Qom	$RH_{avg} = 1.848 + 0.411RH_3 + 0.176RH_9 + 0.408RH_{15}$	0.991	1.9	2.100	410373.7	.000
یزد Yazd	$RH_{avg} = 0.777 + 0.369RH_3 + 0.184RH_9 + 0.461RH_{15}$	0.994	1.3	2.058	615705.2	.000
زاهدان Zahedan	$RH_{avg} = 1.283 + 0.372RH_3 + 0.181RH_9 + 0.461RH_{15}$	0.992	1.5	1.824	407626.9	.000

هر خوشه و هر یک از شهرهای نمونه زیر مجموعه با الگوی مرسوم در جداول ۱۲، ۱۳ و ۱۴ 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 الگوهای پیشنهادی رطوبت نسبی و خطای کمتر آنها نسبت به الگوی (۱) را بیان می کنند. برای مثال مقدار میانگین مربعات خطا برای الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی اقلیم ساحلی و الگوی مرسوم به ترتیب (۵/۳۴ و ۱۰/۶۱) می باشد که کمترین خطا مربوط به الگوی رطوبت نسبی پیشنهادی برای این خوشه است.

- تحلیل الگوهای رگرسیونی رطوبت نسبی خوشه های دوم و سوم: الگوهای رگرسیونی میانگین رطوبت نسبی روزانه خوشه های دوم و سوم مطابق خوشه اول برآورد شدند. شرح کامل نتایج و نحوه ارائه الگوها در بخش تحلیل الگوهای رگرسیونی رطوبت نسبی خوشه اول ارائه شده است. بنابراین از شرح مجدد در خصوص خوشه های دوم و سوم خودداری شده است. نتایج در جداول ۱۰ و ۱۱ ارائه شدند.

- صحت سنجی الگوها: دقت و توان بالای الگوهای میانگین رطوبت نسبی روزانه پیشنهادی برای سه اقلیم مورد نظر پس از مقایسه این الگوها با الگوهای مرسوم مطابق معیار میانگین مربعات خطاها (MSE) تأیید شد. مقایسه ی عملی الگوهای ارائه شده برای

جدول ۱۲- مقایسه میانگین رطوبت نسبی خوشه اول به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با معیار MSE

Table 12- Comparison of average relative humidity in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by criterioning MSE

رطوبت نسبی Relative humidity	خوشه اول First cluster	آستارا Astara	بندرعباس Bandar Abbas	رامسر Ramsar	بندر انزلی Bandar Anzali	بابلسر Babolsar	گرگان Gorgan	رشت Rasht
MSE ₁	10.61	9.5	13.49	4.51	4.1	8.1	21.20	13.25
MSE ₂	5.34	3.83	6.6	2.66	2.38	2.30	3.76	2.52

جدول ۱۳- مقایسه میانگین رطوبت نسبی خوشه دوم به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با معیار MSE

Table 13- Comparison of average relative humidity in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by criterioning MSE

رطوبت نسبی Relative humidity	خوشه دوم Second cluster	کرمانشاه Kermanshah	ارومیه Urmia	شهرکرد Shahrekord	سیرجان Sirjan	زنجان Zanjan
MSE ₁	22.37	17.62	27.59	5.28	8.2	15.13
MSE ₂	6.78	5.92	6.65	0.00	0.00	0.00

جدول ۱۴- مقایسه میانگین رطوبت نسبی خوشه سوم به روش معمول و روش پیشنهادی در این مقاله با معیار MSE

Table 14- Comparison of average relative humidity in the first cluster using the conventional method and the proposed method in this paper by criterioning MSE

رطوبت نسبی Relative humidity	خوشه سوم Third cluster	فسا Fasa	مهرآباد Mehrabad	قم Qom	یزد Yazd	زاهدان Zahedan
MSE ₁	15.51	9.23	8.36	16.44	8.57	12.48
MSE ₂	4.77	0.00	0.00	3.95	4.00	3.71

نتیجه گیری

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 روزانه با رعایت اصول ریاضی حاکم بر رگرسیون به دست آمده اند، درحالی که الگوهای مرسوم چنین اصولی را رعایت نکرده اند، 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. درحالی که الگوهای مرسوم و قدیمی برای اقلیم های مختلف یکسان بوده است. براساس اکثر الگوها رطوبت نسبی ساعت ۱۵ در برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه موثرتر است، پس در صورتی که بخواهیم یک لحظه خاص از شبانه روز را تقریباً برابر میانگین رطوبت نسبی روزانه در نظر بگیریم رطوبت نسبی ساعت ۱۵ می تواند به مقدار میانگین روزانه نزدیک باشد و تقریباً برابر آن در نظر گرفته شود. برخلاف الگوی مرسوم (رابطه ۱) که در آن رطوبت نسبی ساعت ۱۵ نسبت به دو ساعت ۳ و ۹ تأثیر یکسانی دارد. بنابراین استفاده از الگوهای اصلاح شده پیشنهادی این پژوهش متناسب با

تغییرات روزانه رطوبت نسبی در یک روز عادی بدون وجود هیچ سامانه ای شکلی شبیه به یک منحنی چوله به راست دارد (سالنامه های هواشناسی). بنابراین استفاده از ضرایب مساوی برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه خطا دارد. همچنین مسئله تأثیر اقلیم بر الگوهای رفتاری تغییرات رطوبت نسبی روزانه در روش های موجود مورد توجه قرار نگرفته است. لذا هدف این پژوهش ارائه الگوهای جدید برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه در سه ناحیه اقلیمی ایران و ایستگاه های 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 روزانه را صفر و وزن متغیرهای پیشگو برابر فرض شده اند. درحالی که نتایج ارائه شده در این پژوهش وجود عرض از مبدأ را در تمام الگوها تأیید می کند. ضرایب استاندارد شده (Beta) متغیرهای پیشگو بیانگر نابرابری وزن این متغیرها در تمامی الگوها است. ضرایب همبستگی محاسبه شده در جداول خلاصه ای 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 میانگین های مربوطه را نشان می دهند.

مختلف استفاده می‌شود. واسنجی و مقایسه الگوهای رطوبت نسبی پیشنهادی برای این سه اقلیم با الگوهای رطوبت نسبی مرسوم توان بالایی الگوهای پیشنهادی این تحقیق را نشان می‌دهد. پیشنهاد می‌شود روش پژوهش حاضر برای برآورد میانگین رطوبت نسبی ماهانه و سالانه همچنین دمای روزانه، ماهانه و سالانه برای هر اقلیم و ایستگاه‌های نمونه استفاده شود. همچنین خوشه‌بندی اقلیمی در مقیاس استانی انجام شود.

اقلیم و ایستگاه مربوطه موجب کاهش خطای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه می‌گردد. زیرا رطوبت نسبی یکی از متغیرهای مهم جوی است 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

منابع

- 1- Akhavan M. 2014. Hypothesis testing with software SPSS. First Edition.
- 2- Eccel E. 2012. Estimate air humidity from temperature and precipitation measures for modelling applications. *Meteorological Applications* 19: 118-128.
- 3- Ephrath J.E., Goudrian J., and Marani A. 1996. Modelling diurnal patterns of air temperature, radiation, wind speed and relative humidity by equations from daily characteristics. *Agricultural Systems* 377-393.
- 4- Farzandi M., Sanaeinejad H., Rezaee-Pazhand H., and Ghahraman B. 2012. Patterns to estimate the average daily relative humidity in Iranian coastal regions. 10th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, held on November 20, 2012.
- 5- Farzandi M., Sanaeinejad H., Rezaee-Pazhand H., and Ghahraman B. 2013. Patterns to estimate the average daily relative humidity in arid and semiarid regions of Iran, 56-66.
- 6- Kukal M., and Irmak S. 2016. Long-term patterns of air temperatures, daily temperature range, precipitation, grass-reference evapotranspiration and aridity index in the USA great plain. *Journal of Hydrology* 542: 978-1001.
- 7- Mehdizadeh S., Behmanesh J., and Khalili K. 2016. Application of gene expression programming to predict daily dew point temperature. *Applied Thermal Engineering* 9383: 1-26.
- 8- Mirkamandar B., Sanaeinejad H., Rezaee-Pazhand H., and Farzandi M. 2020. Regression Patterns of Diurnal Temperature in Different Climatic Regions of Iran. *Journal of Water and Soil* 34: 1141-1156. (in Persian with English abstract)
- 9- Rezaee-Pazhand H. 2001. Application of statistics and probabilities in water resources, Azad University of Mashhad.
- 10- Rezaee-Pazhand H., Habibi M., and Farzandi M. 2008. Mean Daily Temperature Pattern for Arid and Semi-arid Zones in Iran. *Iran Water Resources Research* 1: 70-74. (in Persian with English abstract)
- 11- Rezaee-Pazhand H. 2012. New Patterns to estimate the average daily relative humidity in mountainous regions of Iran. *Journal of Climate Research* 11: 100-112.
- 12- Statistical yearbooks, 1350, Meteorological Organization of Iran.
- 13- Stull R. 2011. Wet-bulb temperature from relative humidity and air temperature. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 2267-2269.
- 14- Totonian F. 1992. Numerical methods for mathematic science and engineering. Khorasan publisher.
- 15- Unal Y., Kindop T., and Karaca M. 2003. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. *International Journal of Climatology* 23: 1045-1055.
- 16- Veleva L. Perez G., and Acosta M. 1997. "Statistical analysis of the temperature-humidity complex and tima of wetness of a tropical climate in the Yucatan Peninsula in Mexico" 97310 Mtrida, Yucatan, Mexico, *Journal of Atmospheric Enviroment* 5: 773-776.
- 17- Yao A.Y.M. 1974. A Statistical model for relative humidity. Environmental Data Service, NOAA, Washington, D.C.20235, 14-23.

Modeling Average Relative Humidity of Sunrise to Sunset Using Values Measured at Different Hours in Iran

B. Mirkamandar^{1*} - H. Sanaeinejad² - H. Rezaee-Pazhand³ - M. Farzandi⁴

Received: 04-11-2020

Accepted: 19-05-2021

Introduction: The behavior of daily changes of relative humidity is quite variable. We first draw the curve of this variable on a normal day. And it can be seen that the distribution of this variable is not normal. The curve of this variable is a skewed curve to the right. Therefore, the equal coefficients could be used only as an approximation for estimating the daily average of relative humidity. Climatic conditions of the meteorological stations are also another parameter to be considered. This research presents a new method for estimating the daily average of relative humidity in three climatic regions of Iran. The patterns for the sample stations in each climatic region were presented separately.

Materials and Methods: E. Eccel (2012) developed an algorithm to simulate the relative humidity of the minimum daily temperature in 23 weather stations in the ALP region of Italy. In this research, the base pattern was calibrated by temperature and precipitation measurement. Ephrath, et al. (1996) developed a method for the calculation of diurnal patterns of air temperature, wind speed, global radiation, and relative humidity from available daily data. During the day, the air temperature was calculated by:

$$T_a = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min})S(t) \quad (1)$$

$$S(t) = \sin\left(\pi \frac{t - LSH + \frac{DL}{2}}{DL + 2P}\right) \quad (2)$$

Where $S(t)$: Dimensionless function of time, DL : Day Length h , LSH : the time of maximum solar high h , t_a : current air temperature, P : the delay in air T_{\max} with respect to LSH h . Farzandi, et al. (2012) presented more accurate patterns for estimating daily relative humidity from the humidity of Iranian local standard hours and daily precipitation variables, the minimum, maximum, and average daily temperature in coastal regions. The purpose was to present linear and nonlinear patterns of daily relative humidity separately for different months (12 patterns) and annually in coastal regions (the Caspian Sea, the Persian Gulf, and the Oman Sea). Mirkamandar, et al. (2020) modified new patterns of diurnal temperature based on climatically clustering in Iran. The final pattern has an interception and new coefficients to estimate the daily average of temperature. Rezaee-Pazhand, et al. (2008) introduced new patterns for estimating the daily average temperature in arid and semiarid regions of Iran. The final pattern has an interception and new coefficients to estimate the daily average of temperature.

$$\bar{T} = -1.132 + 0.417T_{\min} + 0.591T_{\max} \quad (3)$$

Veleva, et al. (1996) showed that the atmospheric temperature-humidity complex (T-HC) of sites located in a tropical humid climate cannot be well characterized by annual average values. Better information is given by the systematic study of daily changes of temperature (T) and relative humidity (RH), which can be modeled by linear and parabolic functions. Farzandi et al. (2011) divided Iran into three climatic clusters. Which were used in the present work. First, a classification that provides climatological clustering. This clustering was used the data of annual relative humidity, temperature, precipitation, altitude, range of temperature, evaporation, and three indices of Demartonne, Ivanov, and Thornthwaite. Iran was partitioned into three clusters i.e. coastal areas, mountainous range, arid and semi-arid zone. Several clustering methods were used and the around method was found to be the best. Cophenetic correlation coefficient and Silhouette width were validation indices. Homogeneity and

1, 2 and 4- M.Sc. Meteorology, Associate Professor and Philosophy Doctor Meteorology, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

(*- Corresponding Author Email: bahar.Mirkamandari@gmail.com)

3- M.Sc. Hydrology Department of Civil Engineering, Azad University of Mashhad

DOI: 10.22067/jsw.2021.15050.0

Heterogeneity tests for each cluster were done by L-moments. The “R”, software packages were used for clustering and validation tests. Finally, a clustering map of Iran was prepared using “GIS”. The data of 149 synoptic stations were used for this analysis. Systematic sampling was done to select sample stations. The linear regression model was fitted after screening and data preparation. A model was presented for estimating the daily average temperature in each climatic region and sampling stations in each cluster. The best models were presented by reviewing the required statistics and analyzing the residuals. The calibration and comparison of the presented patterns in this paper with commonly applied models were undertaken to calculate the mean squared error. “SPSS.22” software was used for analysis.

Results and Discussion: The coefficient of determination (R^2) and the Fisher statistics showed that the patterns had a good ability to estimate the daily average of relative humidity. The daily average of relative humidity patterns confirmed an interception in the equations. Standardized coefficients showed that predictor variables were not weighted in all of the patterns. The mean squares errors were a measure of the applicability of patterns. The accuracy of the estimating daily average of relative humidity recommended models in three climates was confirmed by calculating the mean squared errors. The proposed patterns of this study had less error than the common patterns.

Conclusion: The relative humidity at 3 pm was more effective in estimating the daily average. The independent assumption of the residual was confirmed with the acceptable value of Durbin-Watson statistics. The averages of the residuals in each pattern was zero. According to the graphs, stabilization of variance can be seen based on the residual on each pattern in each cluster. Proposed patterns were calculated according to mathematical principles. But the common patterns did not observe these mathematical principles. The mean squares errors (MSE) of proposed patterns were less than common patterns. Therefore, the patterns presented in this study are more powerful than common patterns.

Keywords: Climatic regions, Regression patterns, Relative humidity, Systematic sampling