

الگوی برآورد رطوبت متوسط روزانه در اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی ایران

- محبوبه فرزند¹، سید حسین ثنائی نژاد²، حجت رضائی پژند³، بیژن قهرمان⁴
- 1- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
 - 2- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
 - 3- کارشناس ارشد هیدرولوژی، مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.
 - 4- استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

الگوی برآورد رطوبت نسبی روزانه به کمک داده های رطوبت ساعتی استاندارد و پارامترهای بارش روزانه، دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی موضوع بحث این مقاله است. ابتدا خوشه بندی 149 ایستگاه همید ایران با شش عامل هوا و اقلیم شناسی در دسترس (دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی، دامنه تغییرات دمای سالانه، ارتفاع ایستگاه) و سه نمایه اقلیم بندی دومارتن، ایوانف و تورنتوایت انجام شد. تعداد 60 ایستگاه در خوشه بیابانی و نیمه بیابانی به روش خوشه بندی افرازی میانه محور قرار گرفت. طرح نمونه گیری سیستماتیک دوری برای انتخاب نمونه مناسب به کار رفت. الگوهای مختلف رگرسیونی خطی و غیرخطی بر نمونه انتخابی برآزش و الگوهای برتر در مقیاس ماهانه و سالانه مشخص شدند. مقایسه الگوهای ارائه شده در این مقاله با الگوهای مرسوم قدیمی نشان از دقت بیشتر الگوهای جدید دارد. معیار مقایسه میانگین مربع خطا است.

کلمات کلیدی: الگوی رگرسیونی، متوسط رطوبت نسبی روزانه، خوشه بندی، مناطق بیابانی و نیمه بیابانی، نمونه گیری سیستماتیک.

مقدمه

رطوبت نسبی یکی از متغیرهای مهم جو است که در مطالعه و پژوهش‌های کشاورزی، سدسازی، هیدرولوژی، شهرسازی، تعیین تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر و تعرق و... به کار می‌رود. اغلب متوسط هفتگی، ماهانه و سالانه رطوبت نسبی مورد نیاز است. معدل روزانه پایه محاسبه این موارد است. بنابراین افزایش دقت در برآورد روزانه سبب افزایش دقت در موارد فوق می‌شود. روش مرسوم و قدیمی برای برآورد میانگین رطوبت نسبی روزانه معدل‌گیری از رطوبت نسبی سه ساعت استاندارد محلی ایران (6:30، 12:30، 18:30) است (رابطه 1). این رابطه به‌عنوان یک دستورالعمل استاندارد جهانی در سازمان هواشناسی ایران و وزارت نیرو استفاده می‌شود.

$$\overline{RH} = 0.33RH_{6:30} + 0.33RH_{12:30} + 0.33RH_{18:30} \quad (1)$$

نقطه ضعف‌هایی در رابطه (1) وجود دارد که سبب بزرگی خطای محاسبه توسط این رابطه می‌شود. یائو (1974) نشان داد که تابع بتا برازش خوبی بر منحنی رطوبت نسبی روزانه دارد و این منحنی چوله است و رفتار غیرخطی دارد. لذا استفاده از رابطه استاندارد شده (1) خطا آمیز است و استفاده از ضرایب مساوی برای محاسبه متوسط روزانه دقیق نیست. سازمان تحلیل اقلیم‌های فضایی دردانشگاه ایالتی اورگون رابطه (2) را برای به‌عنوان جانشین رابطه (1) برای محاسبه متوسط رطوبت‌نسبی روزانه پیشنهاد کرد. این رابطه برای ماه‌های مختلف کمی اریب است (با مقدار واقعی اختلاف دارد). رابطه (2) نشان می‌دهد که متوسط روزانه فقط به رطوبت‌نسبی ساعت 3 و 15 گرینویچ (صبح و بعدازظهر) وابسته است. همچنین مشاهده می‌شود که اثر رطوبت‌نسبی صبح تقریباً 2 برابر رطوبت نسبی بعدازظهر است.

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

منحنی‌های رطوبت‌نسبی روزانه به-شرایط اقلیمی و به ماه‌های مختلف سال وابسته است.

آرنولد کوارت و دیوید واکو اظهار داشتند که میانگین رطوبت نسبی روزانه که از معدل قرائت-های صبح و بعد از ظهر به‌دست می‌آید دقیق نیست و بیشتر از معدل واقعی 24 ساعته است. همچنین آن‌ها متوجه شدند که این معدل نیز بیشتر از معدل کمینه و بیشینه رطوبت نسبی روزانه است. آن‌ها شهر شیکاگو را محل پژوهش خود قرار دادند و بیان کردند که میانگین روزانه به ماه مورد نظر نیز بستگی دارد.

دی (1917) میانگین رطوبت نسبی ماهانه را محاسبه و نتیجه گرفت که این میانگین به ماه، فصل و مختصات جغرافیایی وابسته است و خطا آمیز است. این خطا در برخی از نقاط و در برخی مناطق منفی است. آن‌ها جداول و نمودارهایی برای تصحیح محاسبه میانگین رطوبت نسبی روزانه در امریکا ارائه دادند.

بلانک (1961) میانگین رطوبت نسبی ایستگاهی را با رطوبت نسبی 24 ساعته در چند نقطه امریکا مقایسه کرد. او اظهار داشت که میانگین حاصل از روش-هایی که فقط بعضی از ساعات روز را در نظر می‌گیرد با معدل واقعی 24 ساعته تفاوت دارد. این تفاوت به محل بررسی (موقعیت جغرافیایی) بستگی دارد.

تحقیقات نشان می‌دهد که تا کنون برای افزایش دقت محاسبه رطوبت نسبی روزانه در ایران مطالعه ای صورت نگرفته است.

پژوهش‌های قبل نشان می‌دهد که برآورد رطوبت نسبی از روی سه ساعت استاندارد دقیق نبوده و به ماه و اقلیم نیز وابسته است. هدف مقاله حاضر ارائه روابط جدیدی برای برآورد رطوبت نسبی روزانه از روی رطوبت ساعات مختلف روز، همچنین اضافه کردن پارامترهای دما و بارش

روزانه در این روابط است. افزون بر این اقلیم و ماه را نیز در روابط دخالت داده و روابطی مناسب برای ماه‌های مختلف سال در اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی ارائه شده است. ایران با روش افرازبندی میانه محور (با 9 متغیر) خوشه‌بندی و به سه خوشه تفکیک شده است. مقاله حاضر روابط را برای خوشه بیابانی و نیمه‌بیابانی در نظر گرفته است. روش نمونه‌گیری سیستماتیک برای انتخاب نمونه مناسب استفاده شده است.

گیرد. چون میانه یک برآوردگر استوار است، لذا برای بیان داده‌های پرت حساسیت کمتری دارد.

قبول یا رد خوشه‌بندی با آزمون‌های آماری انجام می‌شود. این آزمون‌ها متنوع‌اند. مهمترین آنها: ضریب همبستگی کوفنتیک، عرض‌سیلهوت، ناهمگنی و ناهمنوایی ناحیه‌ای گشتاوری خطی است.

داده‌های هر خوشه باید از نظر همگنی و همنوایی بررسی شوند. روش گشتاوری خطی یک از کارآمدترین روش‌های تعیین همگنی و همنوایی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

کشور ایران با وسعت 1648000 کیلومتر مربع در نیم کره شمالی، در قاره آسیا و در قسمت غربی فلات ایران واقع شده است. این کشور بین دو نصف النهار 44° و 64° شرقی و دو مدار 25° و 40° شمالی قرار دارد. تعداد ایستگاه‌های همید ایران 289 عدد است که برخی دارای آمار ناقص یا کوتاه هستند. ایستگاه‌هایی با حداقل 10 سال آمار کامل در این پژوهش انتخاب شده‌اند. تعداد آن‌ها 149 ایستگاه با طول متوسط 25 سال است. آمار ساعتی رطوبت نسبی، دمای حداقل، حداکثر و متوسط روزانه، بارش-روزانه و رطوبت‌نسبی روزانه این ایستگاه‌ها در اختیار است. تعداد 60 ایستگاه در ناحیه بیابانی و نیمه بیابانی قرار دارد و در این تحقیق استفاده شده است.

متوسط واقعی رطوبت نسبی روزانه

رفتار رطوبت‌نسبی در طول شبانه‌روزی تابع غیرخطی و نامتقارن مانند $f(t)$ با دامنه $[a, b]$ است. مقدار دقیق این متوسط از انتگرال سطح زیرمنحنی مطابق رابطه (3) به دست می‌آید.

(3)

$$T_{ave} = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) dt$$

حل انتگرال فوق برای محاسبه رطوبت نسبی متوسط روزانه به روش عددی (قائده سیمسون) محاسبه شده است. داده‌های در دسترس سه‌ساعته هستند. بنابراین تقریب سیمسون انتگرال فوق مطابق رابطه (4) است (5). $RH_i = f(i)$ رطوبت نسبی ساعتی i ام و عدد 24 طول شبانه‌روز (دامنه تابع) است.

(4)

$$RH_{ave} = \frac{1}{24} \{RH_0 + 4(RH_3 + RH_9 + RH_{15} + RH_{21}) + 2(RH_6 + RH_{12} + RH_{18}) + RH_{24}\}$$

الگوهای رگرسیون چندمتغیری

تحلیل رگرسیونی یک روش آماری برای پیش‌بینی مقادیر یک یا چند متغیر پاسخ (وابسته) از مجموعه‌ای از مقادیر متغیرهای پیش‌بینی کننده (مستقل) است. رگرسیون خطی برآورد و نتایج استنباط پارامترهای

خوشه‌بندی افرازی میانه محور

روش خوشه‌بندی افرازی میانه محور در آب و هواشناسی توصیه شده است. روش میانه-محور، میانه هرخوشه را به عنوان نماینده اش در نظر می-

خوشه‌بندی 149 ایستگاه
همدید ایران با شش متغیر دما،
بارش، تبخیر، رطوبت نسبی و
دامنه تغییرات دمای سالانه،
ارتفاع ایستگاه و سه نمایه
اقلیم بندی دومارتن، ایوانف و
تورنت وایت با روش افرازی
میانه محور انجام شده است.
آزمون‌های مناسب مانند عرض
سیلهوت، همگنی و هم‌نوایی
گشتاورهای خطی برای قبول خوشه
بندی به کار رفته است. ایران
به سه خوشه تقسیم که یکی از
خوشه‌ها بیابانی و نیمه
بیابانی است. شکل (1) پراکنندگی
این خوشه را با دایره (خوشه 3)
نشان می‌دهد. اطلاعات کلی سه
خوشه در جدول (1) آمده است.
میانگین عرض سیلهوت ناحیه سوم
0/40 است. آماره‌های ناهمگنی
(H₁) برای هر سه خوشه در جدول
(2) آمده است که نشان از همگنی
سه خوشه دارد. آماره ناهم‌نوایی
(D_i) برای خوشه سوم نیز محاسبه
شد. این آماره نشان داد که دو
ایستگاه گناباد و میانه با
اندازه ناهم‌نوایی 5/144 و
3/534 از ناحیه سوم ناهم‌نوا
بوده و حذف شدند.

جدول شماره (1) اطلاعات کلی سه خوشه
انتخابی

حجم	بیشتر ین فاصله	متوسط فاصله	قطر	تفکیک	عرض سیله وت
خوشه اول	41	1746.1	503.4 7	2073. 1	184.8 6
خوشه دوم	60 ÷	1255.6 3	328.5 6	1626. 2	72.98
خوشه سوم	48	628.66	291.4	947.3 6	72.98

جدول شماره (2) معیارهای همگنی
هاسکینگ-والیس برای سه خوشه پذیرفته
شده

V _i	H _i	
0.068	-0.092	خوشه اول
0.070	-0.133	خوشه دوم

$$\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p]^T \quad (5)$$

فراهم می‌کند. (5)

$$Y_n = \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_p x_{np} + Z_n$$

$$= (x_{n1}, \dots, x_{np})\beta + Z_n$$

در این الگو متغیر تصادفی،
Y_n نمایش پاسخ در حالت n ام
با $n = 1, 2, \dots, N$ است که از دو
قسمت قطعی و تصادفی (خطا)
تشکیل می‌شود. مولفه قطعی (یعنی)
 $\beta (x_{n1}, \dots, x_{np})$ به پارامتر و
متغیرهای مستقل (پیش‌گو) x_{np} ،
 $p = 1, 2, \dots, P$ ، بستگی دارد. مولفه
تصادفی یا خطا، اخلالی است که
انحراف پاسخ را در آن حالت
بیان می‌کند. بالانویس T نشان
دهنده ترانهاده ماتریس است.
صورت ماتریسی رگرسیون خطی چند
متغیره مطابق رابطه (6) است که
معمولاً از نماد ماتریسی استفاده
می‌شود.

(6)

$$Y = X\beta + Z$$

فرض‌های پایه زیر برای برازش
الگوی رگرسیونی پذیرفته می‌شود.
معدل خطاها صفر است ($E[Z] = 0$)،
واریانس خطاها ثابت است

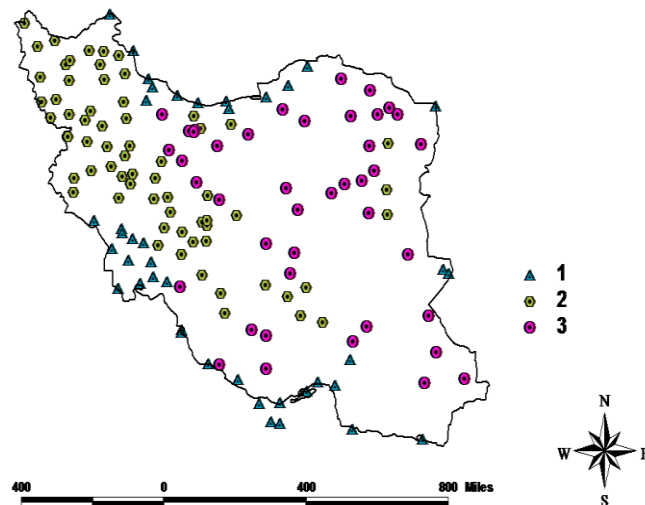
($\text{Var}(Z) = \sigma^2 I$). خطاها دوجه دو
مستقل‌اند. متغیر پاسخ به صورت
نرمال توزیع شده است. بنابراین
باید برقراری این فرض‌ها را در
هنگام تحلیل داده‌ها آزمون کرد.
افزون بر این آزمون همخطی و
داده پرت نیز باید انجام شود.

نرم افزارهای مورد استفاده

نرم افزار "R.12.1" برای خوشه-
بندی استفاده شده است (www.r-
project.org). نقشه خوشه‌بندی ایران
با نرم افزار "ArcView" رسم و
ارائه شده است. نرم افزار
SPSS.18 برای الگوبندی رطوبت
نسبی روزانه استفاده شده است.

بحث و نتایج خوشه بندی

0.060	0.042	خوشه سوم
-------	-------	----------



شکل 1- نمایش نموداری نقطه ای خوشه بندی ایران به سه ناحیه. خوشه کوهستانی با شش ضلعی مشخص شده

با نمادهای RH_3 ، RH_9 ، RH_{15} و RH_Y نشان داده شده اند. همچنین چهار متغیر دمای حداقل، حداکثر، متوسط روزانه (سانتی گراد) و بارش روزانه به میلی متر (بانمادهای T_{mean} ، T_{max} ، T_{min} و RAIN) نیز در این تحلیل استفاده شده اند. متوسط رطوبت نسبی واقعی روزانه با انتگرال گیری سیمسون و از روی داده های ساعتی مطابق رابطه (4) به درصد حساب شده است.

ابتدا غربال داده ها انجام شد. این کار منجر به حذف تعدادی از داده ها شد. تعداد داده های مشکوک حذف شده حدود 15% کل داده هاست. چون هدف به دست آوردن الگو برای هر ماه است، لذا داده های قابل قبول برای هر ماه تفکیک شدند تا الگوهای مناسب بر داده های هر ماه برآزش داده شود. حدود 3500 داده-روز برای هر ماه در تحلیل شرکت داده شدند. این غربال برای انجام رگرسیون لازم و پشتوانه خوبی برای نتایج حاصل از تحلیل داده هاست. الگوهای مختلف رگرسیونی خطی و غیر خطی (خطی پذیر) با نرم افزار Spss.18 به روش گام به گام بر داده های

نمونه گیری

روش سیستماتیک دوری در این تحقیق با توجه به حجم نمونه و حجم جامعه به کمک بسته های نرم افزاری R صورت گرفته است. برای اینکار ناچار بوده ایم که بسته های نرم افزاری را نیز تا نیل به هدف دلخواه تغییر دهیم. تعداد 6 ایستگاه به روش نمونه گیری سیستماتیک دوری برای خوشه بیابانی و نیمه بیابانی انتخاب و تحلیل رگرسیون روی داده های ساعتی این ایستگاه ها انجام شده است. این ایستگاه ها شامل: اردستان، ابرانشهر، بیرجند، زاهدان، سبزوار و فسا است.

تحلیل رگرسیون

رگرسیون خطی چندمتغیره برای الگوبندی انتخاب شده است. هدف به دست آوردن رابطه رگرسیونی بین متوسط واقعی رطوبت نسبی روزانه (RH_T) به عنوان متغیر پاسخ و عوامل دیگر به عنوان متغیرهای پیشگوست. این متغیرها به ترتیب عبارتند از رطوبت نسبی ساعات 3، 9، 15، 3 گریجویچ و متوسط رطوبت نسبی روز قبل که به ترتیب

فقط 0/03% تغییرات متغیرپاسخ توسط متغیرهای پیشگو بیان نمی‌شود. مقدار کم انحراف استاندارد برآورد نیز مؤید قوی بودن الگوست. مقادیر موجود در داخل جدول تحلیل واریانس (جدول 5) نشان‌دهنده قدرت الگوست. مقدار آماره $F=63720$ (با مقدار احتمال خطای تقریباً صفر) است. (فقط نتایج الگوی پذیرفته شده در این جدول 5 و 6 آمده است). ضرایب الگو در جدول (6) به همراه خطای استاندارد آنها و مقادیر احتمال مربوط آمده است که نشان از حضور قوی متغیرهای پیشگوی شرکت کننده در الگو دارد. آماره‌های VIF (عامل تورم واریانس) عدم هم‌خطی متغیرهای پیشگو را نشان می‌دهند، زیرا کمتر از 10 هستند.

مربوط به ماه‌های مختلف و سالانه به طور مجزا برآزش داده شد. نتایج نهایی سیزده الگوی برتر سالانه و ماهانه به همراه آماره‌های مهم در جدول (3) آمده است.

یک ماه به طور تصادفی انتخاب (دسامبر) و داده‌های آن برای شرح الگوی برتر به عنوان نمونه ارائه می‌شوند. نتایج تحلیل داده‌های این ماه در جداول (4) تا (7) و نمودارهای (2) و (4) ارائه شده‌اند. ضرایب تعیین و اصلاح شده (Adj-R²) در جدول (4) آمده است ضریب تعیین اصلاح شده مربوط به الگوی پذیرفته شده (ردیف هشتم جدول) مساوی 0/994 است که نشان دهنده قدرت خوب الگوست. زیرا

جدول شماره (3) آماره های اصلی الگوهای نهایی ماهانه و سالانه متوسط رطوبت نسبی روزانه در اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی

ماه	الگوی نهایی متوسط رطوبت نسبی روزانه	AdjR2	Std Err.	Durbin - Watson	VIF	F	P-value
Jan	$RH_T = -4/314 + 0/296RH_3 + 0/22RH_9 + 0/4RH_{15} - 2/91Ln(RH_Y) + 0/07T_{min} - 0/08T_{max}$	0.992	1.55	1.833	<4/9	65790	0
Feb	$RH_T = -11/63 + 0/29RH_3 + 0/24RH_9 + 0/4RH_{15} - 0/08T_{max} + 2/09Log(T_{min}) + 02/85Log(RH_Y) - 0/04RAIN$	0.991	1.57	1.790	<4.3	48740	0
Mar	$RH_T = 1 - 0/84 + 0/3RH_3 + 0/23RH_9 + 0/41RH_{15} - 0/112T_{max} + 1/93Log(RH_Y) + 0/09T_{min} - 0/02RAIN$	0.993	1.55	1.886	<5.9	63840	0
Apr	$RH_T = 3/83 + 0/29RH_3 + 0/26RH_9 + 0/41RH_{15} - 0/08T_{max} + 0/03T_{min} + 0/05RH_Y$	0.991	1.49	1.844	<4.9	56970	0
May	$RH_T = 1/76 + 0/316RH_3 + 0/25RH_9 + 0/41RH_{15} + 0/04RH_Y - 0/02T_{min} + 0/46\sqrt{RAIN}$	0.983	1.39	1.753	<4.2	38920	0
Jun	$RH_T = 1/92 + 0/3RH_3 + 0/27RH_9 + 0/43RH_{15} - 0/03T_{min} + 0/03RH_Y + 0/69\sqrt{RAIN}$	0.974	1.23	1.663	<9.2	23750	0
Jul	$RH_T = -0/47 + 0/28RH_3 + 0/32RH_9 + 0/41RH_{15} + 0/71Log(RH_Y) + 0/37\sqrt{RAIN} - 0/03T_{min} + 0/02T_{max}$	0.975	1.21	1.713	<4.9	22530	0
Aug	$RH_T = 0/31 + 0/29RH_3 + 0/29RH_9 + 0/41RH_{15} + 0/52Log(RH_Y) + 0/98\sqrt{RAIN}$	0.974	1.21	1.722	<3.8	29730	0
Sep	$RH_T = -0/28 + 0/31RH_3 + 0/3RH_9 + 0/37RH_{15} + 0/47Log(RH_Y) - 0/03T_{min} + 0/003T_{max}$	0.974	1.29	1.765	<4.2	23880	0
Oct	$RH_T = -1/74 + 0/3RH_3 + 0/28RH_9 + 0/38RH_{15} + 2/36\sqrt{RAIN} + 1/15Log(RH_Y) - 0/03T_{min} + 0/02T_{max} - 0/53RAIN$	0.983	1.36	1.778	<6.8	28150	0
Nov	$RH_T = 2/92 + 0/29RH_3 + 0/27RH_9 + 0/39RH_{15} + 0/04RH_Y - 1/08\sqrt{RAIN} - 0/03T_{min} - 0/006T_{max} - 0/24RAIN$	0.991	1.45	1.843	<8.1	53040	0
Dec	$RH_T = 6/24 + 0/3RH_3 + 0/23RH_9 + 0/39RH_{15} + 2/72Log(RH_Y) + 0/28\sqrt{RAIN} + 1/93Ln(T_{min} + 40) - 4/67Ln(T_{max} + 40) - 0/03RAIN$	0.994	1.49	1.859	<6.8	63720	0
Anu	$RH_T = -1/4 + 0/3RH_3 + 0/26RH_9 + 0/4RH_{15} + 1/3Log(RH_Y) + 0/36\sqrt{RAIN} - 0/05RAIN - 0/005T_{max}$	0.994	1.39	1.802	<7/1	10210	0

جدول شماره (4) ضریب تعیین الگوهای ماه دسامبر

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	0.954	0.909	0.909	5.66602	
2	0.989	0.978	0.978	2.81748	
3	0.996	0.993	0.993	1.60847	
4	0.997	0.993	0.993	1.51989	
5	0.997	0.994	0.994	1.50751	
6	0.997	0.994	0.994	1.50037	
7	0.997	0.994	0.994	1.49818	
8	0.997	0.994	0.994	1.49713	1.859

جدول شماره (5) تجزیه واریانس الگوهای مختلف برای ماه سپتامبر

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1142502.035	8	142812.754	63720	.000
Residual	7275.548	3246	2.241		
Total	1149777.583	3254			

جدول شماره (6) جدول ضرایب الگو، آماره t و اندازه احتمال الگوی ماه دسامبر

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	6.236	1.537		4.058	0.000		
RH15	0.390	0.003	0.436	132.047	0.000	0.179	5.587
RH3	0.301	0.003	0.324	108.020	0.000	0.216	4.623
RH9	0.230	0.003	0.243	66.584	0.000	0.146	6.857
LNSIM_Y	2.722	0.148	0.057	18.421	0.000	0.201	4.979
LNTMAX	-4.675	0.522	-.026	-8.961	0.000	0.231	4.324
LNTMIN	1.934	0.348	0.014	5.559	0.000	0.313	3.197
SQRTRAIN	0.282	0.078	0.014	3.597	0.000	0.131	7.631
RAIN	-.032	0.014	-.008	-2.365	.018	0.168	5.953

جدول (7). دامنه این باقی-مانده‌ها بازه $[-2/23, 2/43]$ است. فاصله کوچک (ردیف یازدهم جدول 7) در دامنه مناسبی قرار دارد. مقادیر اهرم مرکزی (ردیف دوازدهم جدول 7) نیز نشان از رفتار خوب باقی مانده‌هاست.

برقراری فرض‌های پایه درخصوص باقی‌مانده‌ها باید بررسی شوند. جدول (7) رفتار باقی-مانده‌ها را نشان می‌دهد. داده پرت در باقی‌مانده‌ها وجود ندارد. معیار، باقی-مانده‌های حذف شده استیودنت‌تایز است (ردیف نهم

جدول شماره (7) مشخصات باقیمانده‌های الگوی ماه دسامبر

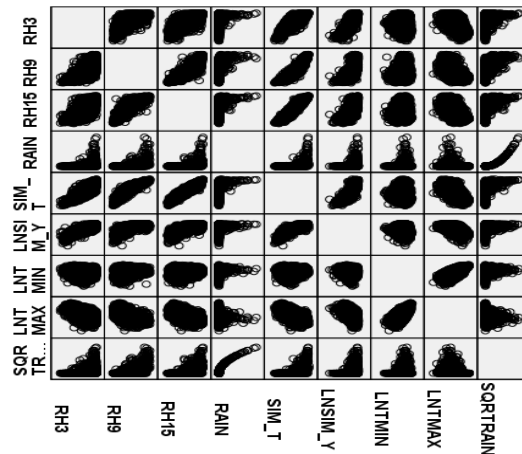
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	6.5123	99.6162	52.9069	18.73785	3255
Std. Predicted Value	-2.476	2.493	0.000	1.000	3255
Standard Error of Predicted Value	.032	.571	0.073	0.030	3255
Adjusted Predicted Value	6.5115	99.6248	52.9068	18.73806	3255
Residual	-3.33218	3.62315	0.00000	1.49529	3255
Std. Residual	-2.226	2.420	0.000	0.999	3255
Stud. Residual	-2.228	2.425	0.000	1.000	3255
Deleted Residual	-3.34038	3.63784	0.00012	1.49932	3255
Stud. Deleted Residual	-2.230	2.427	.000	1.000	3255
Mahal. Distance	.457	472.083	7.998	15.260	3255
Cook's Distance	0.000	0.031	0.000	0.001	3255
Centered Leverage Value	0.000	0.145	0.002	0.005	3255

و رفتار آن‌ها را نسبت به هم نشان می‌دهد. شکل (3) نمودار

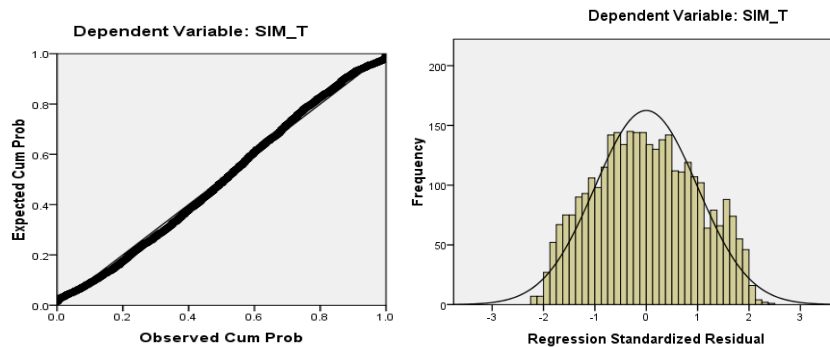
شکل (2) نمودار ماتریسی - پراکنش متغیرهای ورودی در الگو

نشان می‌دهد که پراکنندگی نقاط در یک نوار مستطیلی افقی قرار دارد. بنابراین تثبیت واریانس و نیاز به تبدیل در الگو احساس نمی‌شود.

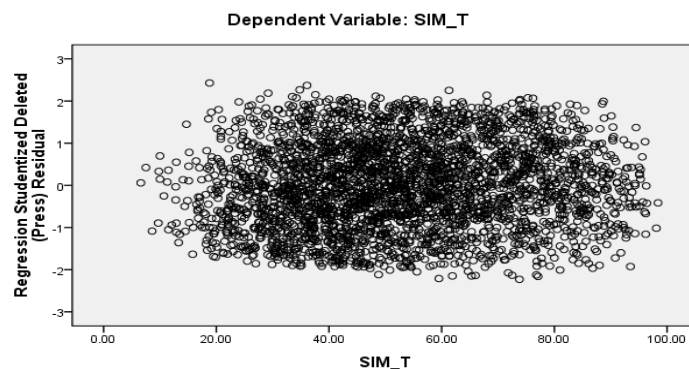
مستطیلی و چندکی باقی‌مانده‌هاست که نشان از پیروی باقی‌مانده‌ها از توزیع نرمال دارد. شکل (4) نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های حذف شده استیودنت‌تایز در مقابل متغیر پاسخ است. این نمودار



شکل شماره (2) نمودار پراکنش ماتریسی رفتارمتغیرهای ورودی الگو در برابر یکدیگر برای ماه دسامبر



شکل شماره (3) نمودار مستطیلی (راست) و چندکی (چپ) باقی‌مانده‌های استاندارد شده ماه دسامبر



شکل شماره (4) نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های استاندارد شده ماه دسامبر

توجه به جدول (3) به صورت رابطه (7) نوشت.

اینک می‌توان الگوی رطوبت‌نسبی روزانه را برای ماه دسامبر با

می‌شود. زیرا هیچگاه رطوبت‌نسبی صفر نمی‌شود.

همچنین واسنجی و مقایسه الگوهای مرسوم قدیمی (رابطه 1) و الگوی آرگون (رابطه 2) با الگوهای ارائه شده انجام شده‌است. داده‌های جدول (8) این مقایسه عملی را برای کلیه ماه‌ها و الگوی سالانه نشان می‌دهد. میانگین مربع خطا (MSE) معیار کارایی سه الگوست. مقادیر MSE_1 ، MSE_2 و MSE_3 به ترتیب میانگین مربع خطا برای الگوی قدیمی (رابطه 1)، الگوی آرگون (رابطه 2) و الگوهای مقاله حاضر (الگوهای جدول 3) است. جدول (8) نشان می‌دهد که میانگین مربع خطای الگوهای جدول (3) کمترین خطا را دارد. بنابراین الگوهای ارائه شده در این مقاله برتری دارد.

(7)

$$RH_T = 6/24 + 0/3RH_3 + 0/23RH_9 + 0/39RH_{15} + 2/72 \log(RH_T) + 0/28\sqrt{RAIN} + 1/93 \ln(T_{min} + 40) - 4/67 \ln(T_{max} + 40) - 0/03RAIN$$
 موارد زیر از این الگو استنباط می‌شود. 1- نسبت ضریب RH_{15} به RH_9 و RH_3 به ترتیب برابر $1/7$ و $1/3$ است که اهمیت بیشتر RH_{15} را در الگو نشان می‌دهد. این اهمیت در کلیه الگوهای ماهانه و سالانه برقرار است. 2- الگوی ارائه شده توسط دانشگاه آرگون (رابطه 9) تاکید بر اهمیت بیشتر رطوبت‌نسبی صبح (ساعت 3) دارد که این مطلب با نتایج رابطه (7) در تناقض است. 3- الگوهای رابطه (1) و (2) بدون عرض از مبدا هستند. یعنی رطوبت‌نسبی روزانه می‌تواند صفر شود. در حالیکه الگوی (7) این مطلب را قویا رد می‌کند. این موضوع از نظر فیزیکی نیز تایید

جدول شماره (8) - مقایسه معدل رطوبت نسبی به روش‌های معمول و روش پیشنهاد شده در این مقاله با محاسبه MSE

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual
MSE_1	3/9	3/8	4/2	3/7	2/3	1/8	1/7	1/7	1/8	2/7	4/3	3/3	2/5
MSE_2	8/29	6/31	6/30	2/32	4/15	8/5	9/0	8/8	10	4/14	2/21	24	21/7
MSE_3	2/4	2/5	2/5	2/4	1/9	1/5	1/5	1/4	1/7	2/1	2/3	2/2	1/9

های مختلف تفکیک و الگوهایی برای هر ماه و همچنین سالانه تبیین و ارائه شدند (جدول 3). نرم افزار مورد استفاده Spss.18 و به روش گام به گام است. تعیین الگو بعد از غربال داده‌ها انجام شد. غربال نشان داد که 15% از داده‌های خوشه بیابانی و نیمه بیابانی مشکوک و نادرست‌اند. یک ماه به تصادف انتخاب (ماه دسامبر) و مراحل الگوبندی آن به عنوان نمونه تشریح شد (جدول 4 تا 7) و شکل‌های 2 تا 4). خلاصه الگوهای سایر ماه‌ها و الگوی سالانه نیز در جدول (3) آمده

نتیجه‌گیری

هدف مقاله حاضر ارائه الگوهای محاسبه رطوبت نسبی روزانه برای منطقه بیابانی و نیمه بیابانی از روی داده‌های ساعتی رطوبت و عوامل دیگر مانند دما و بارش است. این ناحیه به روش خوشه بندی افزای میانه محور به دست آمده است. ایستگاه‌های این خوشه هم‌دید و به تعداد 60 عدد است. چون رطوبت ساعتی این ایستگاه‌ها حجم زیادی دارد، لذا یک نمونه به حجم 6 ایستگاه با روش سیستماتیک انتخاب و داده‌های ساعتی آن استخراج گردید. داده‌های ماه

4. حبیبی، محسن، حجت، رضایی پزند و محبوبه، فرزندی، 1387. الگوی برآورد دمای متوسط روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران. مجله علمی پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، 4 (1): 70 تا 74.
5. رضایی پزند، حجت و بزرگ نیا، ابوالقاسم، 1380، تحلیل رگرسیون غیرخطی و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
6. سالنامه های آماری، سازمان هواشناسی کشور.
7. فرزندی، محبوبه، 1390، تصحیح الگوی برآورد متوسط رطوبت نسبی روزانه برای ماه های مختلف در اقلیم های متفاوت، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
8. نیرومند، حسینعلی، 1384، تحلیل رگرسیون با مثال، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
9. Blanc, M. L. 1961, A Comparison of Methods for Computing Daily Mean Values of 66 Dry Bulb Temperatures, Dew Point, and Relative Humidity, Monthly Weather Review, vol. 89, 10: 401-410.
10. Corvallis, Oregon, USA, 2008, United States Average Monthly or Annual Relative Humidity, (SCAS/OSU).
11. Court, Arnold. And David. Waco, 1956. Means and midranges of relative humidity. Monthly weather review vol. 93, 8: 517-522.
12. Day, P. C. 1917, Relative humidities and Vapor Pressures over the United States, including a Discussion of Data from Recording University of Chicago Press, , 375 pp. (ref. on page 242).
13. Hosking, Jonathan. R. M, Wallis, Jim. R., 1997. Regional frequency analysis: An approach based on L-moments. Cambridge University Press, New York.
14. Rao, A. Ramachandra ,Srinivas, V.V., 2008. Regionalization of watersheds: An approach based on cluster analysis, Springer Science.

است. تبدیلاتی نیز روی بعضی از متغیرهای پیشگو در بعضی از ماه ها برای افزایش قدرت الگو انجام شده است. جدول (3) نشان می دهد که رطوبت نسبی روزانه در اکثر ماه ها به لگاریتم رطوبت نسبی روز قبل (RH_T) بستگی دارد. مقایسه و واسنجی الگوهای ارائه شده در این مقاله با الگوهای مرسوم قدیمی و آرگون (رابطه 1 و 2) با معیار مقایسه MSE نشان از دقت بیشتر الگوهای ارائه شده در این مقاله دارد (جدول 8). تمام الگوها وجود عرض از مبدا را تایید می کند که از نظر فیزیکی نیز معقول است. زیرا رطوبت نسبی صفر عملاً امکان پذیر نیست. افزون بر این رطوبت نسبی ساعت 15 بیشترین تاثیر را در برآورد رطوبت نسبی روزانه دارد. این موارد با الگوهای مرسوم و آرگون مغایرت دارد. الگوهای جدول (3) با توجه به موارد ذکر شده برای مناطق بیابانی و نیمه بیابانی ایران پیشنهاد می شود. خطاهای برآورد رطوبت نسبی را می توان با به کارگیری این الگوها به جای الگوهای قدیمی و مرسوم کاهش داد.

منابع

1. بختیاری، سعید، 1383. اطلس گیتاشناسی استانهای ایران. موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.
2. پایگاه اطلاع رسانی سازمان هواشناسی کشور (www.irimo.ir)
3. توتونیان، فائزه. 1371. روش های محاسبات عددی برای رشته های کامپیوتر، مهندسی و ریاضی، انتشارات خراسان.

16. Yao, A. Y. M. 1974. A Statistical Model for Relative Humidity, Environmental Data Service, NOAA, Washington, D.C.20235: 14-23.

15. Romesburg, H., C. 2004. Cluster Analysis for Researchers. Lifetime Learning Publications, Belmont, C.A.