

دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)



۱۳ الگوی برآورد متوسط رطوبت نسبی روزانه در نواحی سواحل ایران

محبوبه فرزندی^۱، حسین ثنائی نژاد^۲، حجت رضائی پژند^۳، بیژن قهرمان^۴

کلید واژه: الگوی رگرسیونی، رطوبت نسبی روزانه، مناطق سواحل ایران، نمونه گیری سیستماتیک.

چکیده

محاسبه رطوبت نسبی روزانه به تقریب از الگوهایی به دست می آید. دو الگوی قدیمی - معدل سه ساعت استاندارد (۳، ۹ و ۱۵ گرینویچ) - و الگوی معرفی شده توسط دانشگاه آرگون (مجموع ۰/۶۵ رطوبت نسبی ساعت ۳ و ۰/۳۵ رطوبت نسبی ساعت ۱۵ گرینویچ) مرسوم تراند. هدف این مقاله ارائه الگوهای دقیق تر برای برآورد رطوبت نسبی روزانه از روی رطوبت ساعت های استاندارد محلی ایران و متغیرهای بارش روزانه، دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در مناطق سواحل است. ایستگاه های همید مورد استفاده این ناحیه ۴۱ عدد است که پس از غربال و خوشه بندی (روش افزایی میانه محور) کلیه ایستگاه های همید ایران (۲۸۹ ایستگاه) به دست آمده اند. هدف ارائه الگوهای خطی (غیرخطی) رطوبت-نسبی روزانه به تفکیک برای ماه های مختلف (۱۲ الگو) و سالانه در مناطق ساحلی (خرز، خلیج فارس و دریای عمان) است. طرح نمونه گیری سیستماتیک دوری برای انتخاب نمونه مناسب به کار رفت. نتیجه ۳۵۰۰ روز داده ساعتی به عنوان نمونه برای هر ماه پس از غربال به دست آمد. الگوهای مختلف بر نمونه انتخابی برازش داده شد. آزمون های مختلف آماری و آسیب شناسی روی الگوها انجام شد و الگوی برتر برای هر ماه و سال به دست آمد (۱۳ الگو). ضریب تعیین تمام این الگوها بین ۰/۹۷۸ (ماه مارس) تا ۰/۹۹۵ (ماه های می، اکتبر و سالانه) است. واسنجی و مقایسه الگوهای فوق با الگوهای مرسوم قدیمی نشان از دقت بیشتر الگوهای جدید دارد. معیار مقایسه میانگین مربع خطا (MSE) است. MSE الگوهای جدید برای کلیه ماه ها و سالانه تقریباً ۰/۱ الگوی آرگون و نصف الگوی قدیمی است. این نشان از دقت بالای الگوهای جدید ارائه شده دارد.

۱ - مقدمه

رطوبت نسبی یکی از متغیرهای مهم جو است که در مطالعه و پژوهش های کشاورزی، سدسازی، هیدرولوژی، شهرسازی، تعیین تبخیر از سطح آزاد آب و تبخیر و تعرق و... به کار می رود. اغلب متوسط هفتگی، ماهانه و سالانه رطوبت نسبی مورد نیاز است. معدل واقعی روزانه (RH_{ad}) پایه محاسبه این موارد است. بنابراین افزایش دقت در برآورد روزانه سبب افزایش دقت در موارد فوق می شود. مقدار واقعی RH_{ad} باید با انتگرال گیری از زیر سطح منحنی رطوبت نسبی روزانه به دست آید. این مقدار همیشه قابل محاسبه نیست، زیرا منحنی رطوبت نسبی روزانه در همه ایستگاه ها وجود ندارد. به همین دلیل برآورد آن محاسبه و جانشین RH_{ad} می شود. این برآورد را RH_d می نامیم. روش مرسوم و قدیمی برای محاسبه RH_d معدل گیری از رطوبت نسبی سه ساعت استاندارد محلی ایران (۱۸:۳۰، ۱۲:۳۰، ۶:۳۰) است (رابطه ۱). این رابطه به عنوان یک دستورالعمل استاندارد جهانی در سازمان هواشناسی ایران و وزارت نیرو استفاده می شود [۱ و ۲].

$$RH_d = \frac{1}{3}RH_{6:30} + \frac{1}{3}RH_{12:30} + \frac{1}{3}RH_{18:30} \quad (1)$$

۱- کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، دانش آموخته دانشگاه فردوسی مشهد، mhb_farzandi@yahoo.com

۲- دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، sanaeian@gmail.com

۳- مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، hrpazhand@yahoo.com

۴- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، bijangh@ferdowsi.um.ac.ir

نقطه ضعف‌هایی در رابطه (۱) وجود دارد که سبب بزرگی خطای محاسبه توسط این رابطه می‌شود. یائو (۱۹۷۴) 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 (۱) خطا آمیز است و استفاده از ضرایب مساوی برای محاسبه متوسط روزانه دقیق نیست [۳]. سازمان تحلیل اقلیم‌های فضایی در دانشگاه ایالتی اورگون رابطه (۲) را به‌عنوان جانشین رابطه (۱) برای محاسبه (RH_d) پیشنهاد کرد [۴]. این رابطه برای ماه‌های مختلف کمی اریب است (با مقدار واقعی اختلاف دارد) [۴]. رابطه (۲) نشان می‌دهد که (RH_d) فقط به رطوبت نسبی ساعت ۳ و ۱۵ گرینویچ (صبح، RH_3 و بعدازظهر، RH_{15}) وابسته است. همچنین مشاهده می‌شود که اثر RH_3 تقریباً ۲ برابر RH_{15} است.

$$RH_d = 0.65RH_{morning} + 0.35RH_{afternoon} \quad (2)$$

منحنی‌های رطوبت نسبی روزانه به شرایط اقلیمی و به ماه‌های مختلف سال نیز وابسته است. دی (۱۹۱۷) جدولی برای تصحیح RH_d بر حسب ماه‌های مختلف ارائه داده است. این پژوهشگر با تحلیل داده‌های ساعتی نتیجه گرفته است که RH_d به ماه و مختصات جغرافیایی وابسته است. نامبرده RH_d را از روی دو مشاهده ساعتی روزانه محاسبه کرده است. این تحقیق در امریکا و در چند منطقه با داده‌های ۲۵۹ ایستگاه انجام شده است [۵]. بلانک (۱۹۶۱)، RH_d را در چند نقطه امریکا با داده‌های رطوبت سنج ایستگاهی با RH_{ad} مقایسه کرد. او اظهار داشت که RH_d حاصل از روش‌هایی که فقط بعضی از ساعات روز را در نظر می‌گیرد با RH_{ad} تفاوت دارد. این تفاوت به موقعیت جغرافیایی نیز بستگی دارد [۶]. کوارت و واگو (۱۹۶۵) رطوبت نسبی ساعتی ۶ شهر امریکا که اقلیمی از خشک تا مرطوب را شامل می‌شوند را تحلیل و RH_d را محاسبه کردند. آن‌ها اظهار داشتند که RH_d که از معدل قرائت‌های صبح و بعد از ظهر به دست می‌آید، دقیق نیست و بیشتر از RH_{ad} است. همچنین آن‌ها متوجه شدند که RH_{ad} نیز بیشتر از معدل کمینه و بیشینه رطوبت نسبی روزانه (رابطه ۱) است. نتیجه تحلیل آن‌ها نشان داد که میانگین روزانه به ماه مورد نظر نیز بستگی دارد [۷]. تحقیقات نشان می‌دهد که تا کنون برای افزایش دقت محاسبه رطوبت نسبی روزانه در ایران مطالعه‌ای صورت نگرفته است. پژوهش‌های قبل نشان می‌دهد که برآورد RH_d از روی سه ساعت استاندارد دقیق نیست، به ماه و اقلیم نیز وابسته است. هدف مقاله حاضر ارائه روابط جدیدی برای محاسبه RH_d 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 سواحلی ارائه شده است. روش نمونه‌گیری سیستماتیک^۵ برای انتخاب نمونه مناسب استفاده شده است.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع در نیم کره شمالی، در قاره آسیا و در قسمت غربی فلات ایران واقع شده است. این کشور بین دو نصف النهار ۴۴° و ۶۴° شرقی و دو مدار ۲۵° و ۴۰° شمالی قرار دارد [۸]. تعداد ایستگاه‌های همدید ایران ۲۸۹ عدد است که تعداد ۴۱ ایستگاه در ناحیه سواحل دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد و در این تحقیق استفاده شده اند [۸]. برخی دارای آمار ناقص یا کوتاه هستند. ایستگاه‌هایی با حداقل ۱۰ سال آمار کامل در این پژوهش انتخاب شده‌اند. آمار ساعتی رطوبت نسبی، دمای حداقل، حداکثر و متوسط روزانه، بارش روزانه و رطوبت نسبی روزانه این ایستگاه‌ها در اختیار است [۹].

۲-۲- متوسط واقعی رطوبت نسبی روزانه

رفتار رطوبت نسبی در طول شبانه‌روزی یک تابع غیرخطی و نامتقارن مانند $f(t)$ با دامنه $[a, b]$ است [۳]. مقدار دقیق این متوسط از انتگرال سطح زیر منحنی مطابق رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$RH_{ad} = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) dt \quad (3)$$

حل انتگرال فوق برای محاسبه رطوبت نسبی متوسط روزانه به روش عددی (قائده سیمسون) محاسبه شده است. داده‌های در دسترس سه ساعته هستند. بنابراین تقریب سیمسون انتگرال فوق مطابق رابطه (۴) است [۱۰ و ۱۱]. $RH_i = f(i)$ رطوبت نسبی ساعت i ام و عدد ۲۴ طول شبانه‌روز (دامنه تابع) است.

$$RH_{ad} = \frac{1}{24} \{ RH_1 + 2(RH_2 + RH_4 + RH_6 + RH_8 + RH_{10} + RH_{12}) + 2(RH_{14} + RH_{16} + RH_{18}) + RH_{24} \} \quad (4)$$

۲-۳- 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 $\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p]^T$ را در الگوی (۵) فراهم می‌کند.

$$Y_n = \beta_1 x_{n1} + \beta_2 x_{n2} + \dots + \beta_p x_{np} + Z_n = (x_{n1}, \dots, x_{np})\beta + Z_n \quad (5)$$

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 β و متغیرهای مستقل (پیش‌گو) x_{np} ، $p = 1, 2, \dots, P$ ، بستگی دارد. مولفه تصادفی یا خطا، اخلاقی است که انحراف پاسخ را در آن حالت بیان می‌کند. بالانویس T نشان دهنده ترانزپوز ماتریس است. صورت ماتریسی رگرسیون خطی چند متغیره مطابق رابطه (۶) است که معمولاً از نماد ماتریسی استفاده می‌شود [۱۲ و ۱۳].

$$Y = X\beta + Z \quad (6)$$

فرض‌های پایه زیر برای برازش الگوی رگرسیونی پذیرفته می‌شود. معدل خطاها صفر است ($E[Z] = 0$)، واریانس خطاها ثابت است ($Var(Z) = \sigma^2 I$)، خطاها دوجه دو مستقل‌اند. متغیر پاسخ به صورت نرمال توزیع شده است [۱۴]. بنابراین باید برقراری این فرض‌ها را در هنگام تحلیل داده‌ها آزمون کرد. افزون بر این آزمون همخطی و داده پرت نیز باید انجام شود.

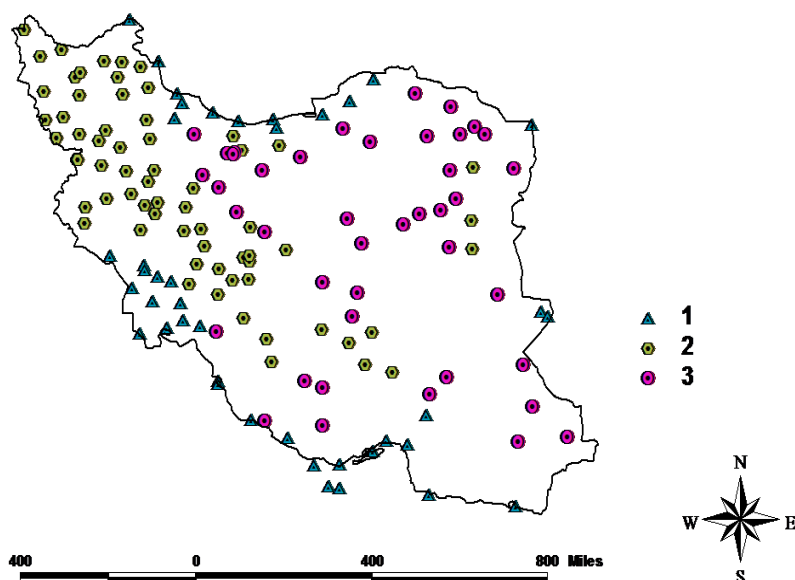
۲-۴- نرم افزارهای مورد استفاده

نرم افزار "R.12.1" برای خوشه‌بندی 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.

۳- بحث و نتیجه گیری

۳-۱- خوشه سواحلی

فرزندگی (۱۳۹۰) خوشه‌بندی ۱۴۹ ایستگاه همدید ایران با شش متغیر دما، بارش، تبخیر، رطوبت نسبی و دامنه تغییرات دمای سالانه، ارتفاع ایستگاه و سه نمایه اقلیم‌بندی دومارتن، ایوانف و تورنت وایت با روش افزایشی میانه محور انجام داد [۱۵]. آزمون‌های مناسب مانند عرض سیلهوت، همگنی و هم‌نواپی گشتاورهای خطی برای قبول خوشه‌بندی به کار گرفته شد. ایران به سه خوشه تقسیم که اولین خوشه سواحلی است (شکل ۱). خوشه سواحلی شامل ۴۱ ایستگاه همدید است که می‌تواند رطوبت‌نسبی ساعتی، دمای ساعتی و بارش روزانه را اندازه‌گیری کند.



شکل ۱- نمایش نموداری نقطه‌ای خوشه بندی ایران به سه ناحیه. خوشه سواحلی با مثلث مشخص شده

۳-۲- نمونه گیری

حجم داده‌های ۴۱ ایستگاه بسیار زیاد است. به ناچار از نمونه گیری استفاده شده است [۱۶]. روش سیستماتیک دوری در این تحقیق با توجه به حجم نمونه و حجم جامعه انتخاب شده که با بسته‌های نرم افزاری R صورت گرفته است. بسته‌های نرم افزاری و برنامه نویسی برای نیل به هدف دلخواه استفاده شده است. تعداد ۸ ایستگاه به روش نمونه‌گیری سیستماتیک دوری برای خوشه سواحلی انتخاب شده است. تعداد ۴۸۰۰۰ روز رطوبت نسبی ساعتی به عنوان نمونه انتخاب شد که بین ماه‌های مختلف تقسیم و سهم هر ماه حدود ۴۰۰۰ روز داده‌های رطوبت نسبی ساعتی به دست آمد. نام، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع این ایستگاه‌ها در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های همدید تحلیل شده

نام ایستگاه	آستارا	بوشهر	رامسر	بندرلنگه	کیش	گنبد کاووس	مراوه تپه	زابل
ارتفاع (متر)	-۱۸	۵۰/۸	-۲۰	۲۲/۷	۳۰	۳۳/۳	۴۶۰	۴۸۹/۲
عرض جغرافیایی	۳۸° ۲۵'	۲۸° ۹۸'	۳۶° ۵۴'	۲۶° ۵۳'	۲۶° ۵۰'	۳۷° ۱۵'	۳۷° ۵۴'	۳۱° ۰۳'
طول جغرافیایی	۴۸° ۵۳'	۵۰° ۸۳'	۵۰° ۴۰'	۵۴° ۸۳'	۵۳° ۹۸'	۵۵° ۱۰'	۵۵° ۵۷'	۶۱° ۴۸'
سال تاسیس	۱۹۸۶	۱۹۵۱	۱۹۵۵	۱۹۶۶	۱۹۷۶	۱۹۹۵	۱۹۹۳	۱۹۶۹

۳-۳- تحلیل رگرسیون

رگرسیون خطی چندمتغیره برای الگوبندی انتخاب شد. هدف به دست آوردن رابطه رگرسیونی بین RH_d (متغیر پاسخ) و عوامل دیگر به عنوان متغیرهای پیشگوست. متغیرهای پیشگو عبارت‌اند از رطوبت نسبی ساعات ۳، ۹ و ۱۵ گرینویچ (RH_3 ، RH_9 ، RH_{15})، متوسط رطوبت نسبی روز قبل (RH_Y)، سه متغیر دمای حداقل، حداکثر و متوسط روزانه (T_{min} ، T_{max} ، T_{mean}) به سانتی‌گراد و بارش روزانه (RAIN) به میلی‌متر است. RH_{ad} با انتگرال‌گیری سیمسون و از روی داده‌های ساعتی مطابق رابطه (۴) حساب شده است. ابتدا غربال داده‌ها انجام که این کار منجر به حذف تعدادی از داده‌ها شد. تعداد داده‌های مشکوک حذف شده حدود ۱۵٪ کل داده‌هاست. چون هدف به دست آوردن الگو برای هر ماه است، لذا داده‌های قابل قبول برای همراه تفکیک شدند تا الگوهای مناسب بر داده‌های هر ماه برآزش داده شود. حدود ۳۵۰۰ داده-روز برای همراه در تحلیل شرکت داده شدند. این غربال برای انجام رگرسیون لازم و پشتوانه خوبی برای نتایج حاصل از تحلیل داده‌هاست. الگوهای مختلف رگرسیونی خطی و غیرخطی (خطی پذیر) با نرم‌افزار SPSS.18 به روش گام به گام بر داده‌های مربوط به ماه‌های مختلف و سالانه به طور مجزا برآزش داده شد. نتایج نهایی سیزده الگوی برتر سالانه و ماهانه است که به همراه آماره‌های مهم در جدول (۲) آمده اند.

جدول ۲- الگوهای نهایی ماهانه و سالانه متوسط رطوبت نسبی روزانه در اقلیم سواحلی به همراه آماره های اصلی

ماه	الگوی نهایی متوسط رطوبت نسبی روزانه	AdjR2	.Std Err	Durbin-Watson	VIF	F	P-valu
Jan	$RH_d = 3/35 + 0/28RH_r + 0/25RH_q + 0/4RH_{15} + 0/3RH_Y$	0.990	1.40	1.893	<3.5	1.009E5	.000
Feb	$RH_d = 3/6 + 0/27RH_r + 0/24RH_q + 0/42RH_{15} + 0/3RH_Y$	0.992	1.39	1.927	<3.7	1.030E5	.000
Mar	$RH_d = 14/7 + 0/25RH_r + 0/25RH_q + 0/4RH_{15} - 0/12T_{max} + 0/05RH_Y$	0.978	2.52	1.794	<4.7	3.966E4	.000
Apr	$RH_d = 5/8 + 0/28RH_r + 0/23RH_q + 0/4RH_{15} - 0/12T_{max} - 0/07T_{min} + 0/05RH_Y - 0/3RAIN$	0.994	1.42	1.854	<8.1	8.873E4	.000
May	$RH_d = 5/8 + 0/27RH_r + 0/23RH_q + 0/28RH_{15} + 0/08RH_Y - 0/07T_{max} - 0/2RAIN$	0.995	1.43	1.819	<7.5	1.199E5	.000
Jun	$RH_d = 7/05 + 0/28RH_r + 0/23RH_q + 0/36RH_{15} - 0/05T_{max} + 0/1RH_Y - 0/1T_{max} - 0/2RAIN$	0.982	2.44	1.675	<6.9	4.003E4	.000
Jul	$RH_d = 5/5 + 0/2RH_r + 0/21RH_q + 0/37RH_{15} + 0/1RH_Y - 0/12T_{mean}$	0.993	1.45	1.835	<8.2	1.121E5	.000
Aug	$RH_d = 1/62 + 0/2RH_r + 0/23RH_q + 0/37RH_{15} + 0/1RH_Y - 0/02T_{mean} - 0/1RAIN$	0.994	1.40	1.748	<9.6	1.034E5	.000
Sep	$RH_d = 0/24 + 0/28RH_r + 0/24RH_q + 0/43RH_{15} - 0/04T_{mean} + 0/04RH_Y$	0.995	1.38	1.790	<7.3	1.437E5	.000
Oct	$RH_d = 1/5 + 0/28RH_r + 0/23RH_q + 0/43RH_{15} + 0/04RH_Y$	0.995	1.36	1.779	<7.2	1.924E5	.000
Nov	$RH_d = 1/8 + 0/27RH_r + 0/24RH_q + 0/43RH_{15} + 0/04RH_Y + 0/02T_{min}$	0.993	1.39	1.833	<5.2	1.189E5	.000
Dec	$RH_d = 2/7 + 0/28RH_r + 0/25RH_q + 0/4RH_{15} + 0/04RH_Y$	0.991	1.41	1.914	<3.6	1.067E5	.000
Annual	$RH_d = -9/76 + 0/27RH_r + 0/25RH_q + 0/39RH_{15} - 0/02T_{min} + 4/018Log(RH_Y)$	0.995	1.41	1.797	<5.9	1.650E6	.000

چون نتایج تحلیل ۱۳ الگو پر حجم است، به همین دلیل ماه آوریل به طور تصادفی انتخاب و تحلیل الگوی منتخب آن به شرح زیر به عنوان نمونه ارائه می‌شود. نتایج تحلیل داده‌های این ماه در جداول (۳) تا (۶) و نمودارهای (۲) و (۴) ارائه شده‌اند. ضرایب تعیین و اصلاح شده (Adj-R²) در جدول (۳) آمده است. ضریب تعیین اصلاح شده مربوط به الگوی پذیرفته شده (ردیف هفتم جدول) مساوی ۰/۹۹۴ است که نشان دهنده قدرت خوب الگو است. زیرا فقط ۰/۰۶٪ تغییرات متغیر پاسخ توسط متغیرهای پیشگو بیان نمی‌شود. مقدار کم انحراف استاندارد برآورد (۱/۴۲۷) نیز مؤید قوی بودن الگو است. مقادیر موجود در داخل جدول تحلیل واریانس (جدول ۴) نیز نشان دهنده ضرورت وجود متغیرهای پیشگو در الگو است که به نوعی مترادف با آزمون معنی داری ضریب تعیین است (مقدار آماره $F=88730$ ، با مقدار احتمال خطای تقریباً صفر) است. ضرایب الگو در جدول (۵) 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 هم خطی متغیرهای پیشگو را نشان می‌دهند، زیرا کمتر از ۱۰ هستند (ستون آخر جدول ۵).

جدول ۳- ضریب تعیین الگوهای ماه آوریل

Model	R	R Square	Adj. R Square	Std. Error	Durbin-Watson
۱	۰/۹۶۰	۰/۹۲۱	۰/۹۲۱	۵/۳۱۸۵۵	
۲	۰/۹۸۵	۰/۹۷۰	۰/۹۷۰	۳/۲۷۳۲۵	
۳	۰/۹۹۷	۰/۹۹۳	۰/۹۹۳	۱/۵۵۴۵۸	
۴	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۱/۴۶۸۷۴	
۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۱/۴۴۳۷۱	
۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۱/۴۳۱۷۴	
۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴	۱/۴۲۷۱۲	۱/۸۵۴

جدول ۴- تجزیه واریانس الگوهای مختلف برای ماه آوریل

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	۱۲۶۵۰۳۵/۵۸۲	۷	۱۸۰۷۱۹/۳۶۹	۸۸۷۳۰	۰/۰۰۰
Residual	۷۲۱۳/۸۹۵	۳۵۴۲	۲/۰۳۷		
Total	۱۲۷۲۲۴۹/۴۷۷	۳۵۴۹			

جدول ۵- جدول ضرایب الگو، آماره t و اندازه احتمال الگوی ماه آوریل

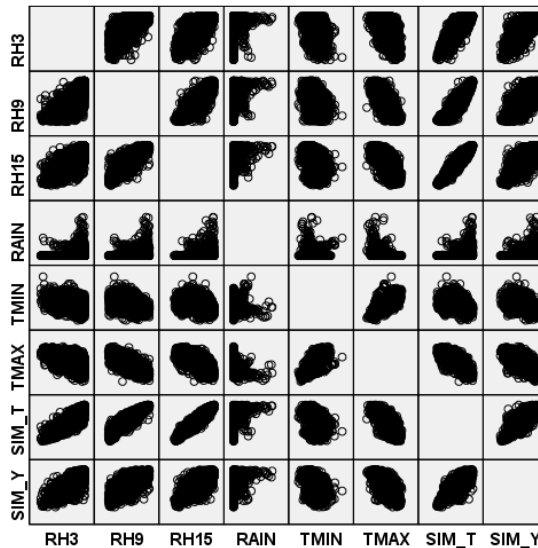
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	۵/۸۰۳	۰/۲۷۲		۲۱/۳۴۰	۰/۰۰۰		
RH15	۰/۳۹۴	۰/۰۰۳	-۰/۴۳۷	۱۴۸/۲۳۱	۰/۰۰۰	۰/۱۸۴	۵/۴۳۴
RH3	۰/۲۸۱	۰/۰۰۳	-۰/۲۶۰	۱۱۰/۱۲۳	۰/۰۰۰	۰/۲۸۸	۳/۴۷۰
RH9	۰/۲۳۰	۰/۰۰۳	۰/۲۸۹	۸۷/۸۰۶	۰/۰۰۰	۰/۱۴۸	۶/۷۶۷
SIM_Y	۰/۰۵۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۵۳	۱۸/۳۰۸	۰/۰۰۰	۰/۱۹۲	۵/۲۰۴
TMAX	-۱/۲۱	۰/۰۰۹	-۰/۰۵۱	-۱۴/۲۴۹	۰/۰۰۰	۰/۱۲۴	۸/۰۹۲
TMIN	۰/۰۷۰	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	۸/۶۵۹	۰/۰۰۰	۰/۲۸۹	۳/۴۵۹
RAIN	-۰/۳۱	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷	-۴/۸۹۴	۰/۰۰۰	۰/۸۴۶	۱/۱۸۲

برقراری فرض‌های پایه در خصوص باقی مانده‌ها اساس قبول الگو است که باید بررسی شوند. جدول (۶) رفتار باقی مانده‌ها را نشان می‌دهد. داده پرت مشاهده نمی‌شود. معیار، باقی مانده‌های حذف شده استیودنتایز^۷ است (ردیف نهم جدول ۶). دامنه این باقی مانده‌ها بازه $[-۲/۲۷, ۲/۲۹]$ است. فاصله کوک (ردیف یازدهم جدول ۶) در دامنه مناسبی قرار دارد. مقادیر اهرم‌گون (ردیف دوازدهم) نیز نشان از رفتار خوب باقی مانده‌هاست. شکل (۲) نمودار ماتریسی پراکنش متغیرهای ورودی در الگو و رفتار آن‌ها را نسبت به هم نشان می‌دهد. شکل (۳) نمودار مستطیلی و چندکی باقی مانده‌هاست که نشان از پیروی باقی مانده‌ها از توزیع نرمال دارد. شکل (۴) نمودار پراکنش باقی مانده‌های حذف شده استیودنتایز در مقابل

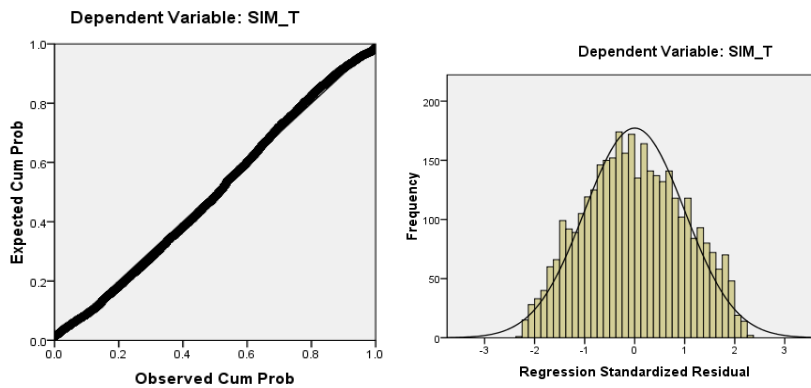
متغیر پاسخ است. این نمودار نشان می‌دهد که پراکندگی نقاط در یک نوار مستطیلی افقی قرار دارد. بنابراین واریانس پایاست و نیاز به تبدیل الگو یا موارد پایایی واریانس احساس نمی‌شود.

جدول ۶- مشخصات باقیمانده های الگوی ماه آپریل

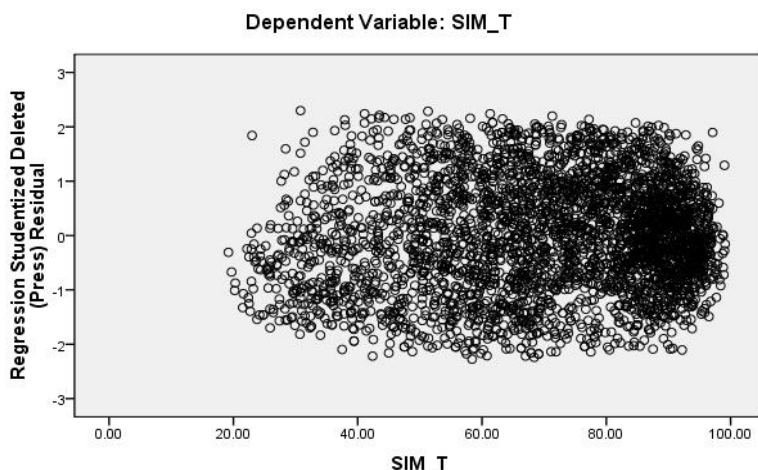
	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	۱۹/۶۳۹۸	۹۹/۹۲۷۵	۷۰/۲۹۸۱	۱۸/۸۷۹۸۴	۳۵۵۰
Std. Predicted Value	-۲/۶۸۳	۱/۵۶۹	/۰۰۰	۱/۰۰۰	۳۵۵۰
Standard Error of Predicted Value	/۰۲۶	/۳۳۱	/۰۶۳	/۰۲۴	۳۵۵۰
Adjusted Predicted Value	۱۹/۶۴۲۲	۹۹/۹۳۰۳	۷۰/۲۹۸۱	۱۸/۸۷۹۵۹	۳۵۵۰
Residual	-۳/۲۳۸۷۴	۳/۲۷۲۴۳	/۰۰۰۰۰	۱/۴۲۵۷۱	۳۵۵۰
Std. Residual	-۲/۲۶۹	۲/۲۹۳	/۰۰۰	/۹۹۹	۳۵۵۰
Stud. Residual	-۲/۲۷۳	۲/۲۹۶	/۰۰۰	۱/۰۰۰	۳۵۵۰
Deleted Residual	-۳/۲۴۸۶۰	۳/۲۸۲۱۵	/۰۰۰۰۰	۱/۴۲۹۰۶	۳۵۵۰
Stud. Deleted Residual	-۲/۲۷۴	۲/۲۹۸	/۰۰۰	۱/۰۰۰	۳۵۵۰
Mahal. Distance	/۱۹۴	۱۸۹/۳۸۹	۶/۹۹۸	۹/۱۵۴	۳۵۵۰
Cook's Distance	/۰۰۰	/۰۲۵	/۰۰۰	/۰۰۱	۳۵۵۰
Centered Leverage Value	/۰۰۰	/۰۵۳	/۰۰۲	/۰۰۳	۳۵۵۰



شکل ۲- نمودار پراکنش ماتریسی رفتار متغیرهای ورودی الگو در برابر یکدیگر برای ماه آپریل



شکل ۳- نمودار مستطیلی (راست) و چندکی (چپ) باقی مانده های استاندارد شده ماه آپریل



شکل ۴- نمودار پراکنش باقی‌مانده‌های استاندارد شده شده ماه آوریل در مقابل رطوبت نسبی روزانه به روش سیمسون (SIM_T)

اینک می‌توان الگوی رطوبت‌نسبی روزانه را برای ماه آپریل با توجه به جدول (3) به صورت رابطه (۷) نوشت.

$$RH_d = 5/8 + 0/28RH_3 + 0/23RH_4 + 0/4RH_{15} - 0/12T_{max} - 0/07T_{min} + 0/05RH_Y - 0/03RAIN \quad (7)$$

موارد زیر از این الگو استنباط می‌شود. ۱- نسبت ضریب RH_{15} به ضرایب RH_3 و RH_4 به ترتیب برابر $1/4$ و $1/7$ است که اهمیت بیشتر RH_{15} را در الگو نشان می‌دهد. این اهمیت در کلیه الگوهای ماهانه و سالانه برقرار است. ۲- الگوی ارائه شده توسط دانشگاه آرگون (رابطه ۲) تاکید بر اهمیت بیشتر رطوبت‌نسبی صبح (ساعت ۳) دارد. این موضوع با نتایج رابطه (۷) در تناقض است. ۳- الگوهای رابطه (۱) و (۲) بدون عرض از مبدا هستند. یعنی رطوبت‌نسبی روزانه می‌تواند صفر شود. در حالیکه الگوی (۷) این مطلب را قویا رد می‌کند. این موضوع از نظر فیزیکی نیز تایید می‌شود. زیرا هیچگاه رطوبت‌نسبی در نواحی سواحل صفر نمی‌شود.

واسنجی و مقایسه الگوهای مرسوم قدیمی (رابطه ۱) و الگوی آرگون (رابطه ۲) با ۱۳ الگوی ارائه شده در این مقاله انجام شده است. داده‌های جدول (۷) این مقایسه را برای الگو نشان می‌دهد. میانگین مربع خطا (MSE) معیار کارایی سه الگو است. مقادیر MSE_1 ، MSE_2 و MSE_3 به ترتیب میانگین مربع خطا برای الگوی قدیمی (رابطه ۱)، الگوی آرگون (رابطه ۲) و ۱۳ الگوی مقاله حاضر است. جدول (۷) نشان می‌دهد که MSE سیزده الگو کمترین خطا را دارد. MSE الگوهای جدید برای ۱۳ الگو تقریباً $0/1$ الگوی آرگون و نصف الگوی قدیمی است که نشان از دقت بالای الگوهای جدید ارائه شده دارد. بنابراین الگوهای ارائه شده در این مقاله برتری خود را نشان می‌دهند.

جدول ۷- 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	۳/۱	۳/۵	۳/۷	۳/۵	۳/۴	۳/۲	۳/۴	۲/۸	۳/۴	۲/۹	۳/۲	۳/۲	۳/۲
MSE_2	۲۰/۸	۲۳/۲	۲۴/۹	۲۵/۵	۲۲/۹	۲۰/۳	۱۶/۶	۱۴/۲	۱۶/۶	۱۷/۲	۱۹/۱	۲۱/۲	۲۰/۶
MSE_3	۱/۹	۱/۹	۲/۰	۲/۱	۲/۱	۲/۳	۲/۱	۲/۰	۱/۷	۲/۳	۱/۹	۲/۰	۱/۹

۴- نتیجه‌گیری

هدف مقاله حاضر ارائه الگوهای محاسبه رطوبت‌نسبی روزانه برای منطقه سواحل از روی داده‌های ساعتی رطوبت و عوامل دیگر مانند دما و بارش است. این ناحیه به روش خوشه بندی افزایی میانه محور به دست آمده است. ایستگاه‌های این خوشه هم‌دید و به تعداد ۴۱ عدد است. چون رطوبت نسبی ساعتی این ایستگاه‌ها حجم زیادی دارد، لذا یک نمونه به حجم ۸ ایستگاه با روش سیستماتیک انتخاب و داده‌های ساعتی آن استخراج شد. داده‌های ماه‌های مختلف تفکیک و الگوهایی برای هر ماه و همچنین سالانه با رگرسیون چندگانه خطی و غیرخطی تبیین و ارائه شدند (جدول ۲). نرم‌افزار مورد استفاده Spss.18 و به روش گام به گام است. تعیین الگو بعد از غربال داده‌ها انجام شد. غربال نشان داد که ۱۵٪ از داده‌های خوشه سواحل مشکوک و نادرست‌اند. سیزده الگوی مجزا برای دوازده ماه و سالانه در پایان به دست آمد (جدول ۲). یک ماه به تصادف انتخاب (ماه آوریل) و مراحل الگوبندی آن به عنوان نمونه تشریح شد (جدول ۳ تا ۶ و شکل‌های ۲ تا ۴). تبدیلاتی برای افزایش قدرت الگو نیز روی بعضی از متغیرهای پیشگو و در بعضی از ماه‌ها انجام شد. جدول (۲) نشان می‌دهد که رطوبت نسبی روزانه در اکثر ماه‌ها به

لگاریتم رطوبت نسبی روز قبل (RH_{τ}) بستگی دارد. مقایسه و واسنجی الگوهای ارائه شده در این مقاله با الگوهای مرسوم قدیمی و آرگون (رابطه ۲) با معیار مقایسه MSE نشان از دقت بیشتر الگوهای ارائه شده در این مقاله دارد (جدول ۷). تمام الگوها وجود عرض از مبدا را تایید می‌کند که از نظر فیزیکی نیز معقول است. زیرا رطوبت نسبی صفر عملاً در اقلیم سواحل امکان پذیر نیست. افزون بر این رطوبت نسبی ساعت ۱۵ بیشترین تاثیر را در برآورد رطوبت نسبی روزانه دارد. این موارد با الگوهای مرسوم و آرگون مغایرت دارد. الگوهای جدول (۲) با توجه به موارد ذکر شده برای مناطق سواحل ایران پیشنهاد می‌شود. MSE الگوهای جدید برای کلیه ماه‌ها و سالانه تقریباً ۰/۱ الگوی آرگون و نصف الگوی قدیمی است که نشان از دقت بالای الگوهای جدید ارائه شده دارد. بنابراین خطاهای برآورد رطوبت نسبی را می‌توان با به‌کارگیری این الگوها به‌جای الگوهای قدیمی و مرسوم کاهش داد.

۵- مراجع

- (۱) آرشیو وزارت نیرو.
- (۲) سالنامه های آماری، سازمان هواشناسی کشور.
- 3) Yao, A. Y. M. 1974. A Statistical Model For Relative Humidity, Environmental Data Service, NOAA, Washington, D.C.20235: 14-23.
- 4) Daly, C., and Taylor, G., 2008, United States Average Monthly or Annual Relative Humidity, 1961-90, Oregon, USA, Spatial Climate Analysis Service at Oregon State University (SCAS/OSU).
- 5) 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).
- 6) 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.
- 7) Court, Arnold. And David. Waco, 1956. Means and midranges of relative humidity. Monthly wether review vol. 93, 8: 517-522.
- (۸) بختیاری، سعید، ۱۳۸۳. اطلس گیتاشناسی استانهای ایران. موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.
- (۹) پایگاه اطلاع رسانی سازمان هواشناسی کشور (www.irimo.ir)
- (۱۰) توتونیان، فائزه. ۱۳۷۱. روش های محاسبات عددی برای رشته های کامپیوتر، مهندسی و ریاضی، انتشارات خراسان.
- (۱۱) حبیبی، محسن، حجت، رضایی پزند و محبوبه، فرزندی، ۱۳۸۷. الگوی برآورد دمای متوسط روزانه در مناطق خشک و نیمه خشک ایران. مجله علمی پژوهشی تحقیقات منابع آب ایران، ۴ (۱): ۷۰ تا ۷۴.
- (۱۲) رضایی پزند، حجت و بزرگ نیا، ابوالقاسم، ۱۳۸۰، تحلیل رگرسیون غیرخطی و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 13) R. J. Freund, W. J. Wilson and P. Sa, 2006, Regression Analysis Statistical Modeling of a Response Variable, 2nd ed., Elsevier, pp481.
- 14) D.A. Belsley, E. Kuh, and R.E. Welsch, 2004, Regression diagnostics, Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. , 2nd ed., John Wiley & Sons, pp314.
- (۱۵) فرزندی، محبوبه، ۱۳۹۰، تصحیح الگوی برآورد متوسط رطوبت نسبی روزانه برای ماه‌های مختلف در اقلیم‌های متفاوت، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- (۱۶) ارقامی، ن.ر، سنجرى، بزرگ نیا، الف، ۱۳۸۰، مقدمه ای بر بررسی های نمونه ای، چاپ چهارم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۳۵ صفحه.