نقد روش اقلیم‌بندی دومارتن برای بارش حداکثر روزانه در ایران به کمک روش گشتاورهای خطی

فرهاد خام‌چین مقدم*(۱) حجت رضائی پژند(۲)

(۱) استادیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

(۲) کارشناس ارشد، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده اقلیم یا آب و هوای یک منطقه، حالت متوسط کمیت‌های مشخص کنندهٔ وضع هوای آن منطقه است. روش اقلیم بندی دومارتن یکی از روش‌های معروف در این زمینه است. این روش، اقلیم منطقه را بر اساس دو عامل دما و بارش سالانه دسته بندی می‌کند. تحلیل منطقه‌ای پدیده‌های مهم بارش حداکثر روزانه، باد، سیلاب و غیره، نیاز به تشخیص همگنی و همنوایی ناحیه‌ای دارند؛ یعنی رفتار احتمالی آنها از یک الگوی مادر پیروی کند. روش گشتاورهای خطی و آزمون‌های تشخیص نواحی همگن و همنوا، یکی از روش‌های قدرتمند در این زمینه است. روش گشتاورهای خطی برای تعیین همگنی تک‌تک پدیده‌های موجود دریک منطقه، قابل استفاده است؛ درحالی‌که روش‌های سنتی اقلیم‌بندی از چند پدیدهٔ خاص (آن‌هم درحالت کلی) استفاده می‌کند. این مقاله بررسی همگنی و همنوایی نواحی مختلف اقلیمی را برای بارش حداکثر روزانه کلیه ایستگاه‌های هواشناسی کشور انجام داده است. ابتدا ناحیه‌بندی براساس روش دومارتن انجام، سپس همگنی و همنوایی این ناحیه‌های اقلیمی برای بارش حداکثر روزانه به کمک روش گشتاوری خطی بررسی شده است. نتیجه پایانی، مؤید این است که روش دومارتن برای ناحیه‌بندی بارش حداکثر روزانه، دقیق نیست و فقط در ناحیهٔ مدیترانه‌ای جواب مثبت می‌دهد؛ درحالی که اکثر نقاط ایران خشک و نیمه خشک است. روش دومارتن دراین دو منطقه، جواب بسیار نامناسبی ارائه می‌کند؛ لذا به‌کارگیری آن در ایجاد مناطق همگن و همنوا به ویژه اقلیم‌های خشک و نیمه خشک توصیه نمی‌شود.

واژه های کلیدی دومارتن، اقلیم‌بندی، گشتاورهای خطی، ایران.

*عهده دار مکاتبات

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، دانشکدهٔ مهندسی، گروه عمران

تلفن: ۶۶۲۴۸۱۳- ۰۵۱۱ **پست الکترونیکی**: fkhamchin@mshdiau.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

اقلیم یا آب و هوای یک منطقه، حالت متوسط کمیت‌های مشخص کنندهٔ وضع هوای آن منطقه است [۱]. مطالعات و پروژه‌های اقلیم‌شناسی و هیدرولوژی، نیاز به تحلیل پهنه‌هایی به نام حوضه آبریز دارند. پدیده‌های هواشناسی مورد نیاز این پهنه‌ها باید از همگنی برخوردار باشند. اولین راهکارهای ارائه شده در این خصوص به اقلیم‌بندی معروف بوده که به معنای مشخص کردن نواحی همگن است. واژهٔ اقلیم‌بندی، معنی‌های دیگری نیز دارد که موضوع بحث این مقاله همگنی و همنوایی مناطق است.

اقلیم‌بندی (مشخص کردن ناحیه‌های همگن) در پروژه‌های آب و هواشناسی مهندسی به بررسی دما، بارش، باد، سیلاب، رواناب و سایر پدیده‌های آب و هواشناسی مورد نیاز یا چهره‌های مختلف این پدیده‌ها می‌پردازد. پدیده‌های فوق را در صورتی می‌توان تحلیل کرد که همگی مربوط به یک منطقه همگن باشند؛ به عبارت دقیق‌تر، رفتار احتمالی این پدیده‌ها از یک الگوی مادر پیروی کند [۱۲و۱۰و۸و۷].

اقلیم‌بندی سنتی، متنوع بوده و با دقت‌های متفاوت دسته‌بندی می‌شوند. روش دومارتن، بارات، کوپن و غیره، از آن جمله است. هر یک از این روش‌ها یک یا چند عامل هواشناسی را بر حسب نوع و اهداف خود انتخاب و آن را پایه و اساس طبقه‌بندی قرار داده‌اند. اغلب این روش‌ها تجربی‌است[۱۱و۵]. سال‌هاست که به خوبی از آن‌ها استفاده می‌شود و در بسیاری موارد، نیازهای پروژه‌های آب و هواشناسی مهندسی را برطرف نموده‌اند. این روش‌ها هنوز هم در سطح وسیعی توصیه و به کار برده می‌شوند[۲]. اگر روش دومارتن در نظر گرفته شود، دیده می‌شود که این روش بر اساس دو پدیدهٔ دما و بارش سالانه، پایه‌ریزی شده است[۵]. سؤالی پیش می‌آید که آیا در یک اقلیم رفتار بارندگی حداکثر روزانه نیز از همین اقلیم پیروی می‌کند یا خیر؟ این مقاله بارندگی حداکثر روزانه را به علت اهمیت آن در نظر گرفته و هم ناحیه بودن را با روش دومارتن تعیین و با روش گشتاوری خطی آزموده است.

رشد روز افزون شاخه‌های مختلف علم، بویژه آمار و ریاضیات، شیوه‌های جدیدی را در خصوص ناحیه‌بندی (اقلیم‌بندی)، ابداع و توصیه کرده است. این روش‌ها برای هر پدیده به‌طور مجزا و یا چند پدیده با هم در نظر گرفته و ناحیه‌بندی را انجام می‌دهد. هاسکینگ (Hosking) روش ناحیه‌بندی به‌کمک گشتاورهای خطی را گسترش داده است. این روش براساس اصول ریاضی بنا شده و از استحکام مناسب برخوردار است[۱۰و۸].

روش دومارتن یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های اقلیم‌بندی است[۲]. این روش، قدیمی است و مقاله یا پژوهشی که به کمک روش گشتاور خطی اقلیم‌بندی دوماتن را آزموده باشد، براساس جستجوهای متعدد یافت نشده است. معمولاً اقلیم منطقه (یا حوضه) در مطالعات آب و هواشناسی مهندسی به کمک روش دومارتن برآورد و در گزارش‌های مربوط ارائه می‌شود. متأسفانه در مراجعه به گزارشات متعددی مشخص شده که پس از برآورد اقلیم منطقه، نه تنها هیچ‌گونه استفاده‌ای از آن در ادامه مطالعات نشده است، بلکه به کرات اقلیم منطقه نیز در محاسبات بعدی نقض شده است [۲].

نیاز امروز بررسی دقیق‌تر اقلیم منطقه به منظور تحلیل داده‌های آب و هواشناسی ناحیهٔ مورد مطالعه است. روش‌های سنتی اقلیم‌بندی همهٔ پدیده‌ها و یا چهره‌های مختلف آن‌ها را در نظر نمی‌گیرند؛ در حالی که نیاز ما می‌تواند متفاوت از عامل‌های اقلیم‌بندی سنتی باشد. روش گشتاورهای خطی برای تک تک پدیده‌ها یا چهره‌های مختلف آن‌ها قابل کاربرد است [۱۰و۸]. ناحیه‌بندی ایران برای بارندگی حداکثر روزانه در این تحقیق مورد نظر است. ابتدا اقلیم‌بندی ایران به روش دومارتن و به کمک ۱۸۰ ایستگاه هواشناسی انجام،

Archive of SID

www.SID.ir

سپس، صحت هر منطقه از نظر رفتار پدیده ی بارندگی حداکثر روزانه به کمک گشتاورهای خطی بررسی شده است. نتایج، نشان دهندهٔ ضعف روش دومارتن در این خصوص است.

۲- مبانی نظری

ناحیه‌بندی (Regionalization) اولین گام در تحلیل پدیده‌های مختلف و مورد نیاز مطالعات آب و هواشناسی مهندسی است. این شیوه در متون جغرافیا به اقلیم‌بندی مشهور است[۶]. امروزه منظور از ناحیه‌بندی بر حسب یک یا چند عامل هواشناسی تعیین ایستگاه‌هایی است که از یک قانون احتمالی مادر پیروی می‌کنند [۱۳و۱۲،۱۰].

روش‌های مختلفی برای ناحیه‌ای کردن در تحلیل فراوانی ناحیه‌ای وجود دارد که عبارت است از: جغرافیایی (Geographical convenience) ، تقسیم بندی براساس قضاوت شخصی (Subjective partitioning) ، تعریف حدّ آستانه بر روی یک یا چند عامل (Objective partitioning) و تحلیل خوشه‌ای و غیره [۱۱].

۲-۱- اقلیم‌بندی(ناحیه‌بندی جغرافیایی) با استفاده از روش دومارتن

روش دومارتن ساده‌ترین و مرسوم‌ترین آن ها است که در اغلب پروژه‌های اقلیم‌شناسی، بویژه در سدسازی، کشاورزی و غیره استفاده می‌شود[۲]. این روش بر اساس رابطهٔ(۱) و یک جدول (یا نمودار) بناشده است[۵].

$$I = \frac{P}{T+10} \qquad (۱)$$

عامل‌های این رابطه عبارتند از: P؛ متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)، T؛ متوسط دمای سالانه (سانتی‌گراد) و I ضریب خشکی دومارتن.

عامل تبخیر به‌طور مستقیم در رابطه دومارتن نیامده است؛ امّا از آن جا که تبخیر ارتباط تنگاتنگی با دمای هوا دارد، بنابراین تبخیر نیز به‌طور غیرمستقیم در رابطه لحاظ شده است. روش دومارتن به دو علت کاربرد بیشتری در ایران دارد. اول این که برای محاسبهٔ پارامتر ضریب خشکی در این فرمول به دو عامل متوسط بارش سالانه و متوسط دمای سالانه نیاز است که هر دو در دسترس‌ترین عامل‌ها هستند. دوم این که این فرمول طبقه‌بندی بیشتری را در نظر می‌گیرد که می‌تواند اقلیم‌های متنوع تری را نشان دهد[۵].

۲-۲- ناحیه‌بندی براساس روش گشتاورهای خطی

هاسکینگ، گشتاورهای خطی را به صورت ترکیب خطی از گشتاورهای وزن‌دار احتمالی (Probable Weighted Moments)(PWM) معرفی کرده است [۱۲و۴،۷،۱۰]. کاربرد گشتاورهای خطی آسان‌تر از گشتاورهای وزن‌دار احتمالی است؛ زیرا می‌توان آنها را به‌طور مستقیم و به عنوان اندازه‌هایی از پارامترهای موقعیت، مقیاس و شکل یک تابع توزیع تفسیر نمود [۴].

روش گشتاوری‌خطی به داده‌های پرت، حساسیّت کمتری دارند و مرز مشخصی برای اندازهٔ نمونه، تعریف نمی‌کنند. افزون بر این، تخمین پارامترهای توزیع احتمالی منتخب، بویژه برای نمونه‌های کوچک با این روش بسیار قابل اطمینان‌تر از روش‌های گشتاوری معمولی است؛ به عبارت دیگر، برآوردگرهای گشتاورهای خطی کاملاً نااریب هستند [۱۰و۷]. روش‌های گشتاورهای خطی، عامل ناهمنوایی را برای تک تک ایستگاه‌ها در هر ناحیهٔ آزمون ومشخص می‌کند که آیا ایستگاه می‌تواند در ناحیهٔ مورد نظر باشد یا خیر. عامل همگنی تمام ناحیه را آزمون می‌کند که آیا ایستگاه‌های منطقه از یک قانون احتمالی مادر پیروی می‌کنند یا خیر. این دو به شرح زیراند.

۲-۲-۱- اندازهٔ ناهمنوایی (Discordancy)

نسبت‌های گشتاورهای خطی نمونهٔ هر ایستگاه (ضریب تغییرات L_{CV}، چولگی L_{CS} و کشیدگی L_{CK}) یک نقطه در یک فضای سه بعدی در نظر گرفته می‌شود. یک

Archive of SID

www.SID.ir

گروه از ایستگاه‌ها، ابری از این نقاط را تولید می‌کنند. نشانهٔ ناهمنوایی هر نقطه (ایستگاه) میزان دوری آن نقطه از مرکز ابر است. دوری در این‌جا مفهوم همبستگی بین نسبت‌های گشتاورهای خطی نمونه‌ای را تداعی می‌کند. اندازهٔ ناهمنوایی یک ایستگاه با روابط (۲) تا (۴) محاسبه می‌شوند:

$$\overline{U} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} U_i \qquad (۲)$$

$$S = (N-1)^{-1}\sum_{i=1}^{N}(U_i - \overline{U})(U_i - \overline{U})^T \qquad (۳)$$

$$D_i = \frac{1}{3}(U_i - \overline{U})^T S^{-1}(U_i - \overline{U}) \qquad (۴)$$

در روابط بالا: N؛ تعداداایستگاه‌های گروه، U_i؛ بردار نسبت‌های گشتاورهای خطی ایستگاه iام، $\overline{U}$؛ معدل بردارهای U_i، ماتریس S^{-1}؛ وارون ماتریس کوواریانس ایستگاه‌ها و D_i؛ اندازهٔ ناهمنوایی ایستگاه iام است. اگر D_i بزرگ باشد، آنگاه ایستگاه iام ناهمنوا تلقی می‌شود. بزرگ بودن D_i بستگی به تعداد ایستگاه‌های موجود در گروه دارد. اگر تعداد ایستگاه‌های گروه حداقل ۱۵ عدد باشد و $D_i > 3$، آنگاه این ایستگاه ناهمنواست [۱۰].

۲-۲-۲- اندازهٔ ناهمگنی (Heterogeneity)

اندازهٔ ناهمگنی تخمین درجهٔ ناهمگنی در یک گروه از ایستگاه‌ها و ارزیابی همگن بودن ناحیه است. این معیار، تغییرات بین ایستگاهی گشتاورهای‌خطی نمونه را برای گروهی از ایستگاه‌ها با مقدا ر مورد انتظار برای یک ناحیهٔ همگن مقایسه می‌کند. تمامی ایستگاه‌های واقع در یک ناحیهٔ همگن، دارای جامعه گشتاورهای خطی یکسانی هستند؛ درحالی که گشتاورهای خطی نمونهٔ آنها می‌توانند متفاوت باشند[۱۰و۸].

برای اندازه‌گیری واریانس بین ایستگاهی گشتاورهای خطی نمونه و این که یک ناحیهٔ همگن چه واریانسی می‌تواند دارا باشد، نیاز به شبیه‌سازی داده‌های ناحیه‌ای معادل است. تابع چهار پارامتری کاپا برای شبیه‌سازی مناسب است و پارامترهای آن برای هر ناحیه با استفاده از آمار واقعی ناحیه‌ای تعیین می‌شود [۱۰و۹،۸]. پس از برآورد پارامترهای تابع توزیع کاپا برای هر ناحیه، اقدام به شبیه‌سازی داده‌های معادل برای منطقه به روش مونت کارلو می‌شود. فرایند شبیه‌سازی ۵۰۰۰ بار تکرار، سپس ضرایب گشتاورهای‌خطی و آماره V_1 مطابق رابطهٔ (۶) برای هر تکرار محاسبه و میانگین و انحراف معیار V_1ها تعیین می‌شود. همچنین V_1 واقعی با استفاده از آمار واقعی ایستگاه‌ها محاسبه و در نهایت معیار ناهمگنی هر ناحیه(H_1) محاسبه می‌شود [۱۲و۱۰]. روابط موردنیاز به شرح زیر است:

$$\tau^R = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i \tau^i}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad (۵)$$

$$V_1 = \left\{\frac{\sum_{i=1}^{N} n_i (\tau^i - \tau^R)^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i}\right\}^{\frac{1}{2}} \qquad (۶)$$

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{v1}}{\sigma_{v1}} \qquad (۷)$$

در روابط بالا: n_i؛ طول دوره آماری هر ایستگاه، τ^i؛ضریب تغییرات خطی ایستگاه iام، τ^R؛ ضریب تغییرات خطی ناحیه‌ای نمونه، μ_{v1} و σ_{v1} به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی و H_1؛ معیار همگنی هاسکینگ- والیس است.

دامنهٔ نوسان آزمون معیار همگنی که توسط هاسکینگ- والیس پیشنهاد شده به شرح زیر است[۱۰]:

- اگر $H_1 < 1$ باشد، ناحیهٔ همگن تلقی می‌شود.
- اگر $1 \le H_1 < 2$ باشد، ناحیهٔ مشکوک به ناهمگنی است.
- اگر $H_1 > 2$ باشد، ناحیه قطعاً ناهمگن است.

Archive of SID

www.SID.ir

ویگلیون و همکاران (۲۰۰۷) نشان داده‌اند که اگر ضریب چولگی ناحیه‌ای (τ_3^R) از ۰/۲۳ کوچک‌تر باشد، آزمون همگنی براساس روش گشتاورهای خطی (روش هاسکینگ- والیس) بهترین آزمون است. در غیر این صورت، باید از آزمون بوت‌استراپ‌اندرسون استفاده کرد [۱۴].

بستهٔ نرم افزاری "Hom.test" از نرم افزار آماری "R" برای تحلیل همگنی ناحیه‌ای استفاده شده است [۶].

۳ـ تجزیه و تحلیل

۳-۱- منطقهٔ مورد مطالعه و داده‌ها

کشور ایران با وسعت ۱،۶۴۸،۰۰۰ کیلومترمربع در نیم کرهٔ 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 گرفته است. حدود۹۰ ٪ خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. رشته کوه‌های البرز و زاگرس مهم‌ترین تأثیر را در آب و هوایی ایران دارند. این دو به ترتیب از شمال غربی به شمال شرقی و از شمال غربی به جنوب شرقی کشیده شده‌اند. افزون براین، دو دریای بزرگ در شمال و جنوب، کشور ایران را دارای آنچنان تنوعی در اقلیم کرده است که در کمتر کشوری دیده می‌شود [۳].

داده‌های این پژوهش، براساس داده‌های میانگین بارش و دمای سالانهٔ ۱۸۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشور ایران انتخاب شده‌اند. این آمار از پایگاه اطلاع رسانی سازمان هواشناسی کشور اخذ شده‌اند. طول دوره‌آماری ایستگاه‌ها از زمان تأسیس تا ۲۰۰۵ میلادی است[۱].

۳-۲- ناحیه بندی بر اساس روش اقلیم بندی دومارتن

اولین گام در مطالعات هیدرولوژی، ناحیه بندی یا – معادل آن در علم جغرافیا ـ اقلیم‌بندی است. هدف در این مرحله، تشخیص مناطق همگن یا به عبارتی گروه‌بندی ایستگاه‌هایی است که به جز عامل مقیاس در نوع تابع توزیع مشترک باشند. برای رسیدن به این هدف، می‌بایست ایستگاه‌ها را به گروه‌هایی جدا از هم تفکیک نمود. چون مستقیماً تابع توزیع هر ایستگاه مشخص نیست، بنابراین تشکیل این نواحی دشوار است. ابتدا۱۸۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشور در این تحقیق به روش دومارتن اقلیم بندی شده است. در دسترس بودن پارامترهای مختلف هواشناسی، علت استفاده از ایستگاه‌های سینوپتیک است. جدول (۱) محاسبهٔ ضریب خشکی و ناحیه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از روش جغرافیایی دومارتن را نشان می‌دهد. در مراجعه به جدول (۱) دیده می‌شود که دو ناحیه خشک و نیمه خشک، بیشترین تعداد باران سنج‌ها را دارد (حدود ۸۳٪)؛ کمترین تعداد در ناحیه نیمه مرطوب (۲/۷٪)، ناحیه مرطوب (۳/۳٪) و بسیارمرطوب (۴/۴٪) است. مجموع سهم این سه ۱۰/۴٪ است.

۳-۳- بررسی همگنی نواحی براساس روش گشتاورهای خطی

پس از انجام اقلیم‌بندی ۱۸۰ ایستگاه فوق به شش ناحیه اقلیمی شامل: خشک، نیمه خشک، مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب، باید هریک از این نواحی با استفاده از آزمون‌های همگنی ارزیابی شوند. این کار در دو مرحله انجام می‌شود. مرحلهٔ اول، تعیین اندازه ناهمنوایی (D_i) تک‌تک ایستگاه‌های واقع در هر یک از نواحی شش‌گانه است. این کار به کمک روابط (۲)، (۳) و (۴) انجام می‌شود. نتایج در جداول (۲) و (۳) آمده است. جدول (۲) شامل: تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه، نام ایستگاه‌های ناهمنوا، گشتاورهای خطی این ایستگاه‌ها، آمارهٔ بحرانی ناهمنوایی برای هر ناحیه(با تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه رابطه مستقیم دارد) و آماره ناهمنوایی ایستگاه‌های ناهمنواست. تعداد ایستگاه‌های ناهمنوا ۱۵ عدد است. این ایستگاه‌ها در جدول (۲) آمده است که پس از مشخص شدن از نواحی مربوط حذف شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ محاسبه ضریب خشکی وناحیه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از روش جغرافیائی دومارتن

ردیف	ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقلیم	ردیف	ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقلیم
1	آبادان	156	25.4	4.4	خ	46	دوشان تپه	268	17.9	9.6	خ
2	آباده	143.4	14.7	5.8	خ	47	ایوان غرب	691.8	18.1	24.6	ن.م
3	آبعلی	534	8.9	28.3	م	48	اصفهان	122.8	16.2	4.7	خ
4	اهر	292.2	10.6	14.2	ن.خ	49	اسلام آبادغرب	483.6	14.1	20.1	مد
5	اهواز	213.4	26.2	5.9	خ	50	فسا	301.7	20.3	10.0	ن.خ
6	الشتر	474	14.3	19.5	ن.خ	51	فردوس	147.8	18.8	5.1	خ
7	علی گودرز	401.3	13.1	17.4	ن.خ	52	فیروزکوه	282.4	10.6	13.7	ن.خ
8	آمل	702.6	18	25.1	ن.م	53	فیروزکوه آلودگی	370.2	5.5	23.9	مد
9	انار	77.9	19.7	2.6	خ	54	لامرد	237.1	27.5	6.3	خ
10	اراک	341.7	13.7	14.4	ن.خ	55	گرمسار	124.4	18.7	4.3	خ
11	اردبیل	303.9	9	16.0	ن.خ	56	قائن	175.8	16.6	6.6	خ
12	اردستان	115.8	20	3.9	خ	57	قراخیل قائمشهر	738.7	16.3	28.1	م
13	ارومیه	341	11.2	16.1	ن.خ	58	قزوین	316	14.3	13.0	ن.خ
14	آستارا	1380.8	15.1	55.0	ب. م	59	قم	151.1	18.1	5.4	خ
15	آوج	388.5	12.1	17.6	ن.خ	60	قوچان	313.1	13	13.6	ن.خ
16	ازنا	456.2	14	19.0	ن.خ	61	چناران	212.6	15.2	8.4	خ
17	بابلسر	894.4	16.6	33.6	م	62	گلپایگان	273.7	15.5	10.7	ن.خ
18	بافق	55.7	23.7	1.7	خ	63	گناباد	143.6	18.9	5.0	خ
19	بافت	261.6	15.3	10.3	ن.خ	64	گنبد کاووس	456.2	19.6	15.4	ن.خ
20	بم	61.3	23.1	1.9	خ	65	گرگان	601	17.8	21.6	مد
21	بندرعباس	182.5	27.3	4.9	خ	66	هرمزگان	179	26.2	4.9	خ
22	بندرانزلی	1853.5	16.1	71.0	ب. م	67	فرودگاه همدان	279.2	11.8	12.8	ن.خ
23	بندردیر	236.6	27.1	6.4	خ	68	نوژه	332.7	11.1	15.8	ن.خ
24	بندرلنگه	143	27.7	3.8	خ	69	داراب	292.7	24	8.6	خ
25	بندرماهشهر	213.4	25.9	5.9	خ	70	هندیجان	253	27.4	6.8	خ
26	بانه	689.3	14.7	27.9	ن.م	71	ایلام	616	17.1	22.7	مد
27	بهبهان	349.9	25	10.0	ن.خ	72	ایرانشهر	110	27.6	2.9	خ
28	بیارجمند	126.9	16.4	4.8	خ	73	ایزه	694.1	23.1	21.0	مد
29	بیجار	344	11.7	15.9	ن.خ	74	جاسک	142.2	27.5	3.8	خ
30	بیرجند	170.8	16.7	6.4	خ	75	ابوموسی	123.1	28	3.2	خ
31	بجنورد	272.4	13.1	11.8	ن.خ	76	قشم	151.6	26.7	4.1	خ
32	بناب	250.9	15	10.0	ن.خ	77	کیش	182.4	26.9	4.9	خ
33	بروجن	254.3	12.7	11.2	ن.خ	78	سیری	118.2	28.1	3.1	خ
34	بشرویه	97.3	20.7	3.2	خ	79	ژئوفیزیک تهران	315.7	17.7	11.4	ن.خ
35	بستان	206.8	24.8	5.9	خ	80	جلفا	199	14.8	8.0	خ
36	بروجرد	472.2	14.9	19.0	ن.خ	81	کبوترآباد	108.3	17.3	4.0	خ
37	بوشهر	279.1	24.6	8.1	خ	82	کهنوج	209	27.4	5.6	خ
38	بوشهرساحلی	297.9	25.1	8.5	خ	83	کلیبار	383.5	12.2	17.3	ن.خ
39	چابهار	111	26.5	3.0	خ	84	کنگان جم	397.1	25	11.3	ن.خ
40	چیتگر	269.9	18.6	9.4	خ	85	کنگاور	400.3	13.4	17.1	ن.خ
41	داران	331.8	11.1	15.7	ن.خ	86	کرج	243.8	15.8	9.4	خ
42	دهلران	290.8	26.8	7.9	خ	87	کاشان	138.4	19.8	4.6	خ
43	دزفول	404.6	24.3	11.8	ن.خ	88	کاشمر	206.2	18.7	7.2	خ
44	دوگنبدان	478.5	23.3	14.4	ن.خ	89	کنارک چابهار	97.1	27	2.6	خ
45	درود	679.4	16.8	25.4	ن.م	90	کرمان	152.9	17	5.7	خ

راهنما:خ= خشک، ن.خ = نیمه خشک، مد= مدیترانه‌ای، ن.م=نیمه مرطوب، م= مرطوب، ب.م= بسیارمرطوب

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۱

اقلیم	شاخص خشکی	دما (C)	بارش (mm)	ایستگاه	ع.ع	اقلیم	شاخص خشکی	دما (C)	بارش (mm)	ایستگاه	ع.ع
ب. م	46.8	16	1217.8	رامسر	136	ن.خ	18.2	14.5	445.1	کرمانشاه	91
ب. م	51.9	16.2	1359	رشت	137	مد	20.6	8.7	384.6	خلخال	92
مد	21.0	15	524.2	روانسر	138	خ	4.8	21.4	150.5	خاش	93
خ	3.6	20.7	111.6	پشت بادام	139	ن.خ	18.3	11.7	398	خدابنده	94
خ	6.8	17.6	188.6	سبزوار	140	ن.خ	13.6	15.5	347.9	خمین	95
ن.خ	18.5	17.9	516.9	سد درودزن	141	خ	2.8	20.8	86.3	خوربیابانک	96
خ	9.9	24.7	341.8	صفی آباد دزفول	142	خ	3.2	22.1	103	خوربیرجند	97
مد	22.6	12.1	499.4	سقز	143	ن.خ	18.6	17.3	509	خرم آباد	98
خ	9.2	12	202.7	سهند	144	ن.خ	13.6	12.2	301.1	خرم دره	99
ن.خ	10.3	12.1	228.7	سلماس	145	ن.خ	13.0	12.5	292.6	خوی	100
ن.خ	18.9	14.2	458.4	سنندج	146	ب. م	72.5	9.9	1441.8	کوهرنگ	101
ن.خ	14.9	20.4	454.1	سرپل زهاب	147	ن.خ	14.5	17	390.4	کوهدشت	102
ن.خ	13.0	8.7	243.6	سراب	148	خ	6.3	25.7	225.7	لار	103
خ	6.6	18.7	188.7	سرخس	149	مد	20.9	17.1	567.3	لردگان	104
ن.خ	17.0	16	442.3	سرارود کرمانشاه	150	ن.خ	18.1	12.8	413.1	مهاباد	105
خ	3.3	22.4	107.3	سراوان	151	ن.خ	14.5	10.3	294.5	ماکو	106
ب. م	36.7	13.6	866	سردشت	152	ن.خ	13.6	13.3	317	ملایر	107
م	28.8	17.4	789.2	ساری	153	خ	7.8	17	209.3	منجیل	108
خ	7.0	19.4	206.5	ساوه	154	ن.خ	14.3	12.5	322.4	مراغه	109
خ	5.0	18.3	140.8	سمنان	155	ن.خ	14.9	12.7	338.3	مرند	110
خ	6.2	16.3	163.8	شهربابک	156	ب. م	41.8	13.7	991.2	مریوان	111
ن.خ	14.3	12.5	321.5	شهرکرد	157	خ	2.4	20.1	73	مروست	112
خ	5.5	16	144	شهرضا	158	ن.خ	10.6	14	255.2	مشهد	113
خ	6.3	14.5	154.4	شاهرود	159	ن.خ	13.0	25.7	464	مسجد سلیمان	114
خ	4.3	15.1	107.6	شرق اصفهان	160	خ	6.8	14.2	163.7	میمه	115
ن.خ	12.4	17.9	346	شیراز	161	ن.خ	18.8	10.4	383.9	مشکین شهر	116
ن.خ	17.0	15.3	429	شمال تهران	162	خ	5.3	26.3	193.7	جیرفت	117
خ	8.5	27.7	321.4	شوشتر	163	ن.خ	11.7	14.2	282.1	میانه	118
ن.م	24.9	10.2	503.4	سیاه بیشه	164	خ	5.3	28.7	204.4	میناب	119
خ	5.1	17.7	141.5	سیرجان	165	ن.خ	13.6	17.3	370.1	مراوه تپه	120
خ	2.6	22.4	83.2	طبس	166	خ	3.5	18.6	98.7	نائین	121
ن.خ	13.1	12	288.9	تبریز	167	ن.خ	15.0	15.1	376.2	نهاوند	122
ن.خ	11.8	14.4	287.4	تفرش	168	خ	7.3	16.6	195.3	نطنز	123
ن.خ	17.3	10.1	348.4	تکاب	169	خ	4.3	21.5	134.2	نهبندان	124
خ	8.6	17.2	232.8	مهرآبادتهران	170	خ	6.7	20.8	204.9	نیریز فارس	125

Archive of SID

www.SID.ir

126	نیشابور	239.8	14.8	9.7	خ	171	تربت حیدریه	274.8	14.8	11.1	ن.خ
127	لرستان	496.8	13.1	21.5	مد	172	تربت جام	175.6	16.1	6.7	خ
128	نوشهر	1293.5	16.4	49.0	ب. م	173	یاسوج	864.9	15	34.6	م
129	آغاجری	273.4	26.6	7.5	خ	174	یزد	60.8	19.3	2.1	خ
130	پایگاه امیدیه	263.1	25.5	7.4	خ	175	زابل	61	22.7	1.9	خ
131	پارس مغان	271.2	14.9	10.9	ن.خ	176	زهک	53	24.4	1.5	خ
132	پیرانشهر	672.7	13.1	29.1	م	177	زاهدان	90.6	18.6	3.2	خ
133	پلدختر	359.9	23.3	10.8	ن.خ	178	زنجان	313.1	11.5	14.6	ن.خ
134	رفسنجان	89.7	19.1	3.1	خ	179	زرقان	360.6	18.6	12.6	ن.خ
135	رامهرمز	334.5	27.3	9.0	خ	180	زرینه اوباتو	394.8	8.5	21.3	مد

راهنما:خ= خشک، ن.خ = نیمه خشک، مد= مدیترانه‌ای، ن.م=نیمه مرطوب، م= مرطوب، ب.م= بسیارمرطوب.

جدول ۲ تعیین ایستگاه‌های ناهمنوا در نواحی ۶گانه بر اساس آزمون ناهمنوائی

آماره ناهمنوایی ایستگاه(D_i)	مقداربحرانی آماره ناهمنوایی (D_c)	گشتاورهای خطی ایستگاه			نام ایستگاه ناهمنوا	تعداد ایستگاه	نواحی ۶ گانه
		τ_4	τ_3	τ			
۵/۷۲	۳	۰/۰۷۹	۰/۲۷۵	-۰/۳۳	جزیرهٔ کیش	۸۵	خشک
۵/۷۹		۰/۵۳	-۰/۱۰۴	۰/۰۴	جلفا		
۴/۱۴		۰/۵۲	۰/۰۷۷	۰/۰۰۲	کرمان		
۴/۸۹		۰/۲۱	۰/۵۷	۰/۰۱۷	سرخس		
۳/۱		۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۵۶	مهرآبادتهران		
۳/۸۲	۳	۰/۶۴	۰/۲۱۴	۰/۳۶	گنبدکاووس	۶۵	نیمه خشک
۳/۷۳		۰/۵۲	-۰/۱۹۴	۰/۲۸	کوهدشت		
۵/۰۴		۰/۷	-۰/۱۰۹	-۰/۰۵	ماکو		
۴/۰۹		-۰/۱۵	۰/۶۱	۰/۱۵	میانه		
۷		۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۷۶	سراب		
۴/۶۶		-۰/۳۲	-۰/۰۱	۰/۱۴	تکاب		
۲/۸۱	۲/۶۳۲	۰/۲۵۵	-۰/۰۷۷	۰/۱۰۸	سقز	۱۱	مدیترانه‌ای
۱/۶۳	۱/۳۳۳	۰/۱۷۷	۰/۱۸	۰/۰۸۶	آمل	۵	نیمه مرطوب
۱/۷۹	۱/۶۴۸	۰/۱۱	۰/۲۳	۰/۱۰۵	ساری	۶	مرطوب
۲/۴۴	۲/۱۴	۰۲۷۶	۰/۰۱۲	۰/۳۶۵	مریوان	۸	بسیار مرطوب

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه، گشتاورهای خطی ناحیه‌ای و حدود نوسان آماره D_i

نواحی ۶گانه	تعداد ایستگاه	گشتاورهای خطی ناحیه‌ای			حداکثر D_i	حداقل D_i
		τ^R	τ_3^R	τ_4^R		
خشک	۸۵	۰/۲۵	۰/۱۸۴	۰/۱۵۷	۰/۰۰۶	۵/۷۹
نیمه خشک	۶۵	۰/۱۹	۰/۱۷۳	۰/۱۴۳	۰/۰۳۱	۷
مدیترانه‌ای	۱۱	۰/۱۷۸	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۱۸	۲/۸۱
نیمه مرطوب	۵	۰/۱۸۴	۰/۱۸۶	۰/۲۷	۰/۰۲۳	۱/۶۳
مرطوب	۶	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۷۴	۰/۲۷۵	۱/۷۹
بسیار مرطوب	۸	۰/۲	۰/۱۹۴	۰/۱۳۶	۰/۴۰۷	۲/۴۴

جدول ۴ پارامترهای توزیع کاپا و نتایج آزمون همگنی براساس روش گشتاورهای خطی

نواحی ۶ گانه	تعداد ایستگاه	پارامترهای توزیع ناحیه‌ای کاپا				آماره H_1
		ζ	α	K	h	
خشک	۸۰	23	10.7	−0.027	−0.023	6.8
نیمه خشک	۵۹	30.3	11	0.028	0.11	2.2
مدیترانه‌ای	۱۰	36.5	15.8	0.2	0.4	0.28
نیمه مرطوب	۴	56	10	−0.27	−1	2.33
مرطوب	۵	57.6	17.9	−0.085	−0.023	1.18
بسیار مرطوب	۷	87	39.3	0.05	0.3	1.58

تشخیص همگنی نواحی شش‌گانه، مرحلهٔ دوم کار است. برای این کار از گشتاورهای خطی ناحیه‌ای استفاده می‌شود. خصوصیات گشتاوری ناحیه‌ای در جدول(۳) به همراه حداقل و حداکثر D_iهای مناطق شش‌گانه آمده است. آزمون‌های متعددی برای تشخیص همگنی ناحیه‌ای وجود دارد که چون هرشش ناحیه به دست آمده در شرط $\tau_3^R < 0/23$ صدق می‌کنند (جدول(۳)) بنابراین آزمون هاسکینگ- والیس برای بررسی همگنی صادق است [۱۴]. برای انجام آزمون همگنی (روش هاسکینگ- والیس) نیاز به برآورد پارامترهای توزیع کاپا و شبیه‌سازی مونت‌کارلو است تا بتوان آماره آزمون H_1 را برای نواحی شش گانه محاسبه کرد. خلاصهٔ نتایج در جدول(۴) آمده است. در رجوع به جدول دیده می‌شود که فقط ناحیهٔ مدیترانه‌ای همگن است. یعنی روش دومارتن فقط برای این ناحیه صادق است و در ناحیه‌های دیگر بویژه خشک و نیمه خشک کارایی ندارد.

۴- نتیجه گیری

هدف این تحقیق، بررسی صحت اقلیم‌بندی (ناحیه-بندی) به روش دومارتن برای ۱۸۰ ایستگاه هواشناسی سراسر کشور بود و کارایی روش دومارتن به صورت ریاضی توسط روش گشتاورهای خطی بررسی شد. ابتدا اقلیم‌بندی به روش دومارتن انجام که در مجموع شش ناحیه به دست آمده است. سپس، همگنی و همنوایی ایستگاه‌های هر ناحیه به کمک روش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

ریاضی (گشتاوری خطی) بررسی شده است. نتیجهٔ محاسبات که در جداول(۱) تا (۴) آمده، به خوبی جزئیات کار را نشان می‌دهد. اول این که ۱۵ ایستگاه در کل نواحی ناهمنوا بوده و حذف شده‌اند. دوم این که آماره آزمون H_1 مربوط به هر شش ناحیه(جدول (۴)) نشان می‌دهد که فقط اقلیم مدیترانه‌ای قابل اتکاست. اقلیم‌خشک بسیار ناهمگنی($H_1 = 6/8$)، نیمه‌خشک ناهمگن ($H_1 = 2/2$)، نیمه‌مرطوب ناهمگن ($H_1 = 2/33$)، مرطوب مشکوک به ناهمگنی ($H_1 = 1/18$) و اقلیم بسیار مرطوب نیز مشکوک به ناهمگنی ($H_1 = 1/58$) است.

افزون بر نتایج این تحقیق که کارایی اقلیم‌بندی دومارتن را به شیوهٔ ریاضی به چالش می‌کشد. ضعف‌های دیگری نیز در روش دومارتن وجود دارد که در این مقال مدّ نظر نبوده‌اند. برای مثال اگر دمای متوسط هوا در یک منطقه بسیار سرد مثلاً (۱۰- درجه سانتی‌گراد) باشد، ضریب خشکی دومارتن به سمت بی‌نهایت میل می‌کند که نشان دهندهٔ یک نقطه بسیار مرطوب است؛ حال آن که ممکن است آن منطقه، چنین شرایطی نداشته باشد. به همین علت اگر متوسط دمای هوا از صفر کمتر باشد، معمولاً از فرمول دومارتن استفاده نمی‌شود[۵].

پیشنهادات

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که روش دومارتن قابل اتکانیست. بنابراین به‌کار بردن آن در پروژه ها و تحقیقات آب و هواشناسی توصیه نمی‌شود؛ زیرا می‌تواند نتایج غلطی به بار بیاورد. همچنین می‌توان نقد روش دو مارتن را به کمک روش‌های گشتاوری چند متغیره (دما و بارش سالانه) نیز انجام داد که نیاز به تحقیق دیگری است. اقلیم‌بندی دومارتن نمی‌تواند برای ناحیه بندی هر پدیده هواشناسی مفید باشد. توصیه می‌شود که ناحیه‌بندی بر اساس روش‌های دیگر صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی. این پژوهش به عنوان یک طرح پژوهشی با پشتیبانی مالی معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد انجام شده است. از مساعدت‌های این معاونت صمیمانه، قدردانی می‌شود. همچنین لازم می‌دانیم از همکاری بی شائبه جناب آقای دکتر مجید سرمد، استادیار دانشکده ریاضی دانشگاه فردوسی مشهد صمیمانه تشکر نماییم.

مراجع

1.Iran Meteorological Organization Archive, Available On: www. weather.ir

2.Archive of Ministry of Energy.

3.Cosmology Atlas of Provinces of Iran, Bakhtiari, S. Gitashenasi, Geographical and Cartographic Institute, 1383

4."Application of Statistics and Probability in Water Resources", Rezaie-Pajand, H., Sokhangostar, 1380.

5."Principles of Applied Hydrology", 4th edition, Alizade, A. Astan, Ghods Razavi, 1381.

6. Everitt, B.S. and Hothorn, T. A handbook of statistical analyses using R, Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group,2006.

7.Hosking, J.R.M. "L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics", Journal of Royal statistical Society B, 52, 105-124, 1990.

Archive of SID

www.SID.ir

8. Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. "Some statistics useful in regional frequency analysis", Water Resources Res., 29, 271-281, 1993.

9.Hosking, J.R.M. "The Four-Parameter Kappa distribution", IBM Journal of Research and Development, 38, 251-258, 1994.

10.Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R. Regional frequency analysis: an approach based on L-moments, Cambridge University Press, New York, USA, 1997.

11. J. E. Oliver, Encyclopedia of world climatology, Springer, 2005.

12. Rao, A.R. and Kh. H. Hamed, Flood Frequency Analysis, CRC Press, 2000.

13. Rao, A.R. and Srinivas, V.V. Regionalization of Watersheds: An Approach Based on Cluster Analysis, Springer Science, 2008.

14.Viglione, A., Laio, F. and Claps, P. "A comparison of homogeneity tests for regional frequency analysis", water Resources Res., 43, W03428, 2007.

Archive of SID

www.SID.ir