

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

فرهاد خام‌چین مقدم*^(۱) حجت رضائی پزند^(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 کننده وضع هوای آن منطقه است. روش اقلیم‌بندی دومارتن یکی از روش‌های معروف در این زمینه است. این روش، اقلیم منطقه را بر اساس دو عامل دما و بارش سالانه دسته‌بندی می‌کند. تحلیل منطقه‌ای پدیده‌های مهم بارش حداکثر روزانه، باد، سیلاب و غیره، نیاز به تشخیص همگنی و هم‌نوابی 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 در یک منطقه، قابل استفاده است؛ درحالی‌که روش‌های سنتی اقلیم‌بندی از چند پدیده خاص (آن‌هم درحالت کلی) استفاده می‌کند. این مقاله بررسی همگنی و هم‌نوابی نواحی مختلف اقلیمی را برای بارش حداکثر روزانه کلیه ایستگاه‌های هواشناسی کشور انجام داده است. ابتدا ناحیه‌بندی براساس روش دومارتن انجام، سپس همگنی و هم‌نوابی 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 ناحیه مدیترانه‌ای جواب مثبت می‌دهد؛ درحالی‌که اکثر نقاط ایران خشک و نیمه خشک است. روش دومارتن در این 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.

واژه‌های کلیدی دومارتن، اقلیم‌بندی، گشتاورهای خطی، ایران.

*عهده دار مکاتبات

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

پست الکترونیکی: fkhamchin@mshdiau.ac.ir

تلفن: ۰۵۱۱-۶۶۲۴۸۱۳

۱- مقدمه

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 ناحیه بندی (اقلیم بندی)، ابداع و توصیه کرده است. این روش‌ها برای هر پدیده به طور مجزا و یا چند پدیده با هم در نظر گرفته و ناحیه بندی را انجام می‌دهد. هاسکینگ (Hosking) روش ناحیه بندی به کمک گشتاورهای خطی را گسترش داده است. این روش بر اساس اصول ریاضی بنا شده و از استحکام مناسب برخوردار است [۸ و ۱۰].

روش دومارتن یکی از ساده ترین و پرکاربردترین روش‌های اقلیم بندی است [۲]. این روش، قدیمی است و مقاله یا پژوهشی که به کمک روش گشتاور خطی اقلیم بندی دومارتن را آزموده باشد، بر اساس 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 هیچ گونه استفاده ای از آن در ادامه مطالعات نشده است، بلکه به کرات اقلیم منطقه نیز در محاسبات بعدی نقض شده است [۲].

نیاز امروز بررسی دقیق تر اقلیم منطقه به منظور تحلیل داده‌های آب و هواشناسی ناحیه مورد مطالعه است. روش‌های سنتی اقلیم بندی همه پدیده‌ها و یا چهره‌های مختلف آن‌ها را در نظر نمی‌گیرند؛ در حالی که نیاز ما می‌تواند متفاوت از عامل‌های اقلیم بندی سنتی باشد. روش گشتاورهای خطی برای تک تک پدیده‌ها یا چهره‌های مختلف آن‌ها قابل کاربرد است [۸ و ۱۰]. ناحیه بندی ایران برای بارندگی حداکثر روزانه در این تحقیق مورد نظر است. ابتدا اقلیم بندی ایران به روش دومارتن و به کمک ۱۸۰ ایستگاه هواشناسی انجام،

اقلیم یا آب و هوای یک منطقه، حالت متوسط کمیت‌های مشخص کننده وضع هوای آن منطقه است [۱]. مطالعات و پروژه‌های اقلیم شناسی 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 اقلیم بندی معروف بوده که به معنای مشخص کردن نواحی همگن است. واژه اقلیم بندی، معنی‌های دیگری نیز دارد که موضوع بحث این مقاله همگنی و همناوبی مناطق است.

اقلیم بندی (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 [۷ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲].

اقلیم بندی سنتی، متنوع بوده و با دقت‌های متفاوت دسته بندی 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 طبقه بندی قرار داده‌اند. اغلب این روش‌ها تجربی است [۵ و ۱۱]. 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 پدیده دما و بارش سالانه، پایه ریزی 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

رابطه لحاظ شده است. روش دومارتن به دو علت کاربرد بیشتری در ایران دارد. اول این که برای محاسبه پارامتر ضریب خشکی در این فرمول به دو عامل متوسط بارش سالانه و متوسط دمای سالانه نیاز است که هر دو در دسترس ترین عاملها هستند. دوم این که این فرمول طبقه بندی بیشتری را در نظر می گیرد که می تواند اقلیم های متنوع تری را نشان دهد [۵].

۲-۲- ناحیه بندی براساس روش گشتاورهای خطی
هاسکینگ، گشتاورهای خطی را به صورت ترکیب خطی از گشتاورهای وزن دار احتمالی (Probable Weighted Moments) (PWM) معرفی کرده است [۱۲ و ۷، ۴ و ۱۰]. کاربرد گشتاورهای خطی آسان تر از گشتاورهای وزن دار احتمالی است؛ زیرا می توان آنها را به طور مستقیم و به عنوان اندازه هایی از پارامترهای موقعیت، مقیاس و شکل یک تابع توزیع تفسیر نمود [۴].

روش گشتاوری خطی به داده های پرت، حساسیت کمتری دارند و مرز مشخصی برای اندازه نمونه، تعریف نمی کنند. افزون بر این، تخمین پارامترهای توزیع احتمالی منتخب، بویژه برای نمونه های کوچک با این روش بسیار قابل اطمینان تر از روش های گشتاوری معمولی است؛ به عبارت دیگر، برآوردگرهای گشتاورهای خطی کاملاً ناریب هستند [۷ و ۱۰]. روش های گشتاورهای خطی، عامل ناهمخوانی را برای تک تک ایستگاه ها در هر ناحیه آزمون مشخص می کند که آیا ایستگاه می تواند در ناحیه مورد نظر باشد یا خیر. عامل همگنی تمام ناحیه را آزمون می کند که آیا ایستگاه های منطقه از یک قانون احتمالی مادر پیروی می کنند یا خیر. این دو به شرح زیراند.

۲-۲-۱- اندازه ناهمخوانی (Discordancy)

نسبت های گشتاورهای خطی نمونه هر ایستگاه (ضریب تغییرات L_{CV} ، چولگی L_{CS} و کشیدگی L_{CK}) یک نقطه در یک فضای سه بعدی در نظر گرفته می شود. یک

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

۲- مبانی نظری

ناحیه بندی (Regionalization) اولین گام در تحلیل پدیده های مختلف و مورد نیاز مطالعات آب و هواشناسی مهندسی است. این شیوه در متون جغرافیا به اقلیم بندی مشهور است [۶]. امروزه منظور از ناحیه بندی بر حسب یک یا چند عامل هواشناسی تعیین ایستگاه هایی است که از یک قانون احتمالی مادر پیروی می کنند [۱۳ و ۱۲، ۱۰].

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

۲-۱- اقلیم بندی (ناحیه بندی جغرافیایی) با استفاده از روش دومارتن

روش دومارتن ساده ترین و مرسوم ترین آن ها است که در اغلب پروژه های اقلیم شناسی، بویژه در سدسازی، کشاورزی و غیره استفاده می شود [۲]. این روش بر اساس رابطه (۱) و یک جدول (یا نمودار) بنا شده است [۵].

$$I = \frac{P}{T+10} \quad (1)$$

عامل های این رابطه عبارتند از: P؛ متوسط بارش سالانه (میلی متر)، T؛ متوسط دمای سالانه (سانتی گراد) و I ضریب خشکی دومارتن.

عامل تبخیر به طور مستقیم در رابطه دومارتن نیامده است؛ اما از آن جا که تبخیر ارتباط تنگاتنگی با دمای هوا دارد، بنابراین تبخیر نیز به طور غیرمستقیم در

شبیه‌سازی مناسب است و پارامترهای آن برای هر ناحیه با استفاده از آمار واقعی ناحیه‌ای تعیین می‌شود [۹، ۸، ۱۰]. 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 گشتاورهای خطی و آماره V_1 مطابق رابطه (۶) برای هر تکرار محاسبه و میانگین و انحراف معیار V_1 ها تعیین می‌شود. همچنین V_1 واقعی با استفاده از آمار واقعی ایستگاه‌ها محاسبه و در نهایت معیار ناهمگنی هر ناحیه (H_1) محاسبه می‌شود [۱۰ و ۱۲]. روابط موردنیاز به شرح زیر است:

$$\tau^R = \frac{\sum_{i=1}^N n_i \tau^i}{\sum_{i=1}^N n_i} \quad (5)$$

$$V_1 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\tau^i - \tau^R)^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{V_1}}{\sigma_{V_1}} \quad (7)$$

در روابط بالا: n_i ; طول دوره آماری هر ایستگاه، τ^i ; ضریب تغییرات خطی ایستگاه i ام، τ^R ; ضریب تغییرات خطی ناحیه‌ای نمونه، μ_{V_1} و σ_{V_1} به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی و H_1 ; معیار همگنی هاسکینگ-والیس است.

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

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

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

$$\bar{U} = N^{-1} \sum_{i=1}^N U_i \quad (2)$$

$$S = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (U_i - \bar{U})(U_i - \bar{U})^T \quad (3)$$

$$D_i = \frac{1}{3} (U_i - \bar{U})^T S^{-1} (U_i - \bar{U}) \quad (4)$$

در روابط بالا: N ; تعداد ایستگاه‌های گروه، U_i ; بردار نسبت‌های گشتاورهای خطی ایستگاه i ام، \bar{U} ; معدل بردارهای U_i ، ماتریس S^{-1} ; وارون ماتریس کوواریانس ایستگاه‌ها و D_i ; اندازه ناهم‌نوایی ایستگاه i ام است. اگر D_i بزرگ باشد، آنگاه ایستگاه i ام ناهم‌نوایی 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- اندازه ناهمگنی (Heterogeneity)

اندازه ناهمگنی تخمین درجه ناهمگنی در یک گروه از ایستگاه‌ها و ارزیابی همگن بودن ناحیه است. این معیار، تغییرات بین ایستگاهی گشتاورهای خطی نمونه را برای گروهی از ایستگاه‌ها با مقدار مورد انتظار برای یک ناحیه همگن مقایسه می‌کند. تمامی ایستگاه‌های واقع در یک ناحیه همگن، دارای جامعه گشتاورهای خطی یکسانی هستند؛ درحالی که گشتاورهای خطی نمونه آنها می‌توانند متفاوت باشند [۸ و ۱۰].

برای اندازه‌گیری واریانس بین ایستگاهی گشتاورهای خطی نمونه و این که یک ناحیه همگن چه واریانسی می‌تواند دارا باشد، نیاز به شبیه‌سازی داده‌های ناحیه‌ای معادل است. تابع چهار پارامتری کاپا برای

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. ابتدا ۱۸۰ 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) محاسبه 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 (۲۷٪)، ناحیه مرطوب (۳۳٪) و بسیار مرطوب (۴۴٪) 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 هر یک از این نواحی با استفاده از آزمون‌های همگنی ارزیابی شوند. این کار در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول، تعیین اندازه ناهمناوبی (D_i) تک تک 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 ناهمناو، گشتاورهای خطی این ایستگاه‌ها، آماره بحرانی ناهمناوبی برای هر ناحیه (با تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه رابطه مستقیم دارد) و آماره ناهمناوبی ایستگاه‌های ناهمناوست. تعداد ایستگاه‌های ناهمناو ۱۵ عدد است. این ایستگاه‌ها در جدول (۲) آمده است که پس از مشخص شدن از نواحی مربوط حذف شده‌اند.

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 بوت‌استرپ‌اندروسون استفاده کرد [۱۴].

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

۳- تجزیه و تحلیل

۳-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

کشور ایران با وسعت ۱،۶۴۸،۰۰۰ کیلومترمربع 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 گرفته است. حدود ۹۰٪ 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 بر این، 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 سالانه ۱۸۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشور ایران انتخاب شده‌اند. این آمار از پایگاه اطلاع رسانی سازمان هواشناسی کشور اخذ شده‌اند. طول دوره آماری 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 - اقلیم‌بندی است. هدف در این مرحله، تشخیص مناطق همگن یا به عبارتی

جدول ۱ محاسبه ضریب خشکی و ناحیه بندی ایستگاه های هواشناسی با استفاده از روش جغرافیائی دومارتن

ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقلیم	ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقلیم		
۱	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	الشترا	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	م.ب	59	قم	151.1	18.1	5.4	خ
15	أوج	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	باقق	55.7	23.7	1.7	خ	63	گناباد	143.6	18.9	5.0	خ
19	باقت	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	م.ب	67	فرودگاه همدان	279.2	11.8	12.8	ن.خ
23	بندرریر	236.6	27.1	6.4	خ	68	نورژه	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	بشروه	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	بوشهر ساحلی	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	چینگر	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= مدیترانه ای، ن.م= نیمه مرطوب، م= مرطوب، ب.م= بسیار مرطوب

ادامه جدول ۱

ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقليم	ایستگاه	بارش (mm)	دما (C)	شاخص خشکی	اقليم
کرمانشاه	445.1	14.5	18.2	ن.خ	رامسر	1217.8	16	46.8	ب. م
خلخال	384.6	8.7	20.6	مد	رشت	1359	16.2	51.9	ب. م
خاش	150.5	21.4	4.8	خ	روانسر	524.2	15	21.0	مد
خداآباد	398	11.7	18.3	ن.خ	پشت بادام	111.6	20.7	3.6	خ
خمین	347.9	15.5	13.6	ن.خ	سبزوار	188.6	17.6	6.8	خ
خوربیلانک	86.3	20.8	2.8	خ	سد درودزن	516.9	17.9	18.5	ن.خ
خوربیرجند	103	22.1	3.2	خ	صفی آباد دزفول	341.8	24.7	9.9	خ
خرم آباد	509	17.3	18.6	ن.خ	سقز	499.4	12.1	22.6	مد
خرم دره	301.1	12.2	13.6	ن.خ	سهند	202.7	12	9.2	خ
خوی	292.6	12.5	13.0	ن.خ	سلماس	228.7	12.1	10.3	ن.خ
کوهرنگ	1441.8	9.9	72.5	ب. م	سنندج	458.4	14.2	18.9	ن.خ
کوهدشت	390.4	17	14.5	ن.خ	سرپل زهاب	454.1	20.4	14.9	ن.خ
لار	225.7	25.7	6.3	خ	سراب	243.6	8.7	13.0	ن.خ
لردگان	567.3	17.1	20.9	مد	سرخس	188.7	18.7	6.6	خ
مهاباد	413.1	12.8	18.1	ن.خ	سرارود کرمانشاه	442.3	16	17.0	ن.خ
ماکو	294.5	10.3	14.5	ن.خ	سراوان	107.3	22.4	3.3	خ
ملایر	317	13.3	13.6	ن.خ	سردشت	866	13.6	36.7	ب. م
منجیل	209.3	17	7.8	خ	ساری	789.2	17.4	28.8	م
مراغه	322.4	12.5	14.3	ن.خ	ساوه	206.5	19.4	7.0	خ
مرند	338.3	12.7	14.9	ن.خ	سمنان	140.8	18.3	5.0	خ
مریوان	991.2	13.7	41.8	ب. م	شهریابک	163.8	16.3	6.2	خ
مروست	73	20.1	2.4	خ	شهرکرد	321.5	12.5	14.3	ن.خ
مشهد	255.2	14	10.6	ن.خ	شهرضا	144	16	5.5	خ
مسجد سلیمان	464	25.7	13.0	ن.خ	شاهرود	154.4	14.5	6.3	خ
میمه	163.7	14.2	6.8	خ	شرق اصفهان	107.6	15.1	4.3	خ
مشکین شهر	383.9	10.4	18.8	ن.خ	شیراز	346	17.9	12.4	ن.خ
جیرفت	193.7	26.3	5.3	خ	شمال تهران	429	15.3	17.0	ن.خ
میانه	282.1	14.2	11.7	ن.خ	شوشتر	321.4	27.7	8.5	خ
میناب	204.4	28.7	5.3	خ	سیاه بیشه	503.4	10.2	24.9	ن.م
مراوه تپه	370.1	17.3	13.6	ن.خ	سیرجان	141.5	17.7	5.1	خ
نائین	98.7	18.6	3.5	خ	طیس	83.2	22.4	2.6	خ
نهایند	376.2	15.1	15.0	ن.خ	تبریز	288.9	12	13.1	ن.خ
نطنز	195.3	16.6	7.3	خ	تفرش	287.4	14.4	11.8	ن.خ
نهبندان	134.2	21.5	4.3	خ	تکاب	348.4	10.1	17.3	ن.خ
نیریز فارس	204.9	20.8	6.7	خ	مهرآباد تهران	232.8	17.2	8.6	خ

126	نیشابور	239.8	14.8	9.7	خ	171	تریت حیدریه	274.8	14.8	11.1	ن.خ
127	لرستان	496.8	13.1	21.5	مد	172	تریت جام	175.6	16.1	6.7	خ
128	نوشهر	1293.5	16.4	49.0	م.ب	173	یاسوج	864.9	15	34.6	م
129	آغاچری	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

راهنا:خ=خشک، ن.خ = نیمه خشک، مد=مدیترانه‌ای، ن.م=نیمه مرطوب، م = مرطوب، ب.م = بسیار مرطوب.

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

نواحی ۶ گانه	تعداد ایستگاه	نام ایستگاه ناهمنوا	گشتاورهای خطی ایستگاه			مقدار بحرانی آماره ناهمنوائی (D _c)	آماره ناهمنوائی ایستگاه (D _i)
			τ	τ_3	τ_4		
خشک	۸۵	جزیره کیش	-۰/۳۳	۰/۲۷۵	۰/۰۷۹	۳	۵/۷۲
		جلفا	۰/۰۴	-۰/۱۰۴	۰/۵۳		۵/۷۹
		کرمان	۰/۰۰۲	۰/۰۷۷	۰/۵۲		۴/۱۴
		سرخس	۰/۰۱۷	۰/۵۷	۰/۲۱		۴/۸۹
		مهرآباد تهران	۰/۵۶	۰/۱۶	۰/۱۳		۳/۱
نیمه خشک	۶۵	گنبد کاووس	۰/۳۶	۰/۲۱۴	۰/۶۴	۳	۳/۸۲
		کوه دشت	۰/۲۸	-۰/۱۹۴	۰/۵۲		۳/۷۳
		ماکو	-۰/۰۵	-۰/۱۰۹	۰/۷		۵/۰۴
		میانه	۰/۱۵	۰/۶۱	-۰/۱۵		۴/۰۹
		سراب	۰/۷۶	۰/۱۳	۰/۱۴		۷
		تکاب	۰/۱۴	-۰/۰۱	-۰/۳۲		۴/۶۶
مدیترانه‌ای	۱۱	سقز	۰/۱۰۸	-۰/۰۷۷	۰/۲۵۵	۲/۶۳۲	۲/۸۱
نیمه مرطوب	۵	آمل	۰/۰۸۶	۰/۱۸	۰/۱۷۷	۱/۳۳۳	۱/۶۳
مرطوب	۶	ساری	۰/۱۰۵	۰/۲۳	۰/۱۱	۱/۶۴۸	۱/۷۹
بسیار مرطوب	۸	مریوان	۰/۳۶۵	۰/۰۱۲	۰/۲۷۶	۲/۱۴	۲/۴۴

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

نواحی ۶ گانه	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

به جدول دیده می‌شود که فقط ناحیه 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 هم‌نویابی ایستگاه‌های هر ناحیه به کمک روش‌های

تشخیص همگنی نواحی شش‌گانه، مرحله دوم کار است. برای این کار از گشتاورهای خطی ناحیه‌ای استفاده می‌شود. خصوصیات گشتاوری ناحیه‌ای در جدول (۳) به همراه حداقل و حداکثر D_i های مناطق شش‌گانه آمده است. آزمون‌های متعددی برای تشخیص همگنی ناحیه‌ای وجود دارد که چون هر شش 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 مونت کارلو است تا بتوان آماره آزمون H_1 را برای نواحی شش‌گانه محاسبه کرد. خلاصه نتایج در جدول (۴) آمده است. در رجوع

استفاده نمی شود [۵].

پیشنهادات

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که روش دومارتن قابل اتکانبست. بنابراین به کار بردن آن در پروژه ها و تحقیقات آب و هواشناسی توصیه نمی شود؛ زیرا می تواند نتایج غلطی به بار بیاورد. همچنین می توان نقد روش دو مارتن را به کمک روش های گشتاوری چند متغیره (دما و بارش سالانه) نیز انجام داد که نیاز به تحقیق دیگری است. اقلیم بندی دومارتن نمی تواند برای ناحیه بندی هر پدیده هواشناسی مفید باشد. توصیه می شود که ناحیه بندی بر اساس روش های 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 مساعدت های این معاونت صمیمانه، قدردانی می شود. همچنین لازم می دانیم از همکاری بی شائبه جناب آقای دکتر مجید سرمد، استادیار دانشکده ریاضی دانشگاه فردوسی مشهد صمیمانه تشکر نماییم.

ریاضی (گشتاوری خطی) بررسی شده است. نتیجه محاسبات که در جداول (۱) تا (۴) آمده، به خوبی جزئیات کار را نشان می دهد. اول این که ۱۵ ایستگاه در کل نواحی ناهمنوا بوده و حذف شده اند. دوم این که آماره آزمون H_1 مربوط به هر شش ناحیه (جدول (۴)) نشان می دهد که فقط اقلیم مدیترانه ای قابل اتکاست. اقلیم خشک بسیار ناهمگنی ($H_1 = 6/8$)، نیمه خشک ناهمگن ($H_1 = 2/2$)، نیمه مرطوب 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 اقلیم بندی دومارتن را به شیوه ریاضی به چالش می کشد. ضعف های دیگری نیز در روش دومارتن وجود دارد که در این مقال مد نظر نبوده اند. برای مثال اگر دمای متوسط هوا در یک منطقه بسیار سرد مثلاً (۱۰- درجه سانتی گراد) باشد، ضریب خشکی دومارتن به سمت بی نهایت میل می کند که نشان دهنده 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

مراجع

1. Iran Meteorological Organization Archive, Available On: [www. weather.ir](http://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.

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.