نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۰۶-۹۷

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar- Apr 2010, p. 97-106

پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه ایران

فرهاد خام چین مقدم[1*] - حسین صدقی[2] - فریدون کاوه[3] - محمد منشوری[4]

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۳

چکیده

رگبارهای شدید عامل تولید سیلاب‌های مخرب‌اند. معمولاً تحلیل رگبارهای ساعتی در حوضه‌های بدون آمار یکی از پارامترهای اصلی تحلیل سیلاب‌هاست. تعیین رگبار حوضه نیاز به تحلیل منطقه‌ای رگبارها و انتقال آن‌ها به مرکز ثقل حوضه دارد. حداکثر بارش روزانه (P_{24}) قابل دسترس‌ترین رگبارهای هر منطقه است. این بارش قابل تفکیک به رگبارهای ساعتی است. بنابراین تحلیل نقطه‌ای و منطقه‌ای P_{24} از ضروریات طرح‌های آب و هواشناسی است. پهنه‌بندی P_{24} می‌تواند گام مثبت و کارا در تحلیل رگبارها و سیلاب‌های مولد باشد. برای پهنه‌بندی باید از روش‌های قدیمی اقلیم‌بندی و یا روش‌های آماری جدیدتر مانند تحلیل خوشه‌ای و آزمون‌های همگنی گشتاورهای خطی استفاده کرد. در این پژوهش از روش دوم استفاده شده است. کلیه ایستگاه‌های باران‌سنج کشور(۳۹۶ ایستگاه) که زیر نظر سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیروست انتخاب و تمام آمارهای آنها از بدو تأسیس تا آخرین سال اعلام شده(۲۰۰۵) به کار گرفته شده‌اند. گشتاورهای خطی به داده‌های پرت حساسیت کمتری دارند و مرز مشخصی برای اندازه نمونه تعریف نمی‌کنند. یعنی می‌توان از طول دوره‌های آماری متفاوت ایستگاه‌ها استفاده کرد. لذا از تمام آمار ایستگاه استفاده شده است. آزمون‌های پایه شامل: تصادفی بودن، استقلال، همگنی، داده‌پرت و ایستائی انجام و تعداد ۲۶۶ ایستگاه به علت نداشتن شرایط لازم حذف و ۱۳۰ ایستگاه در تحلیل شرکت کرده‌اند. روش مؤلفه‌های اصلی برای حذف متغیرهای غیرضرور به‌کار گرفته شد که ضرورت فقط ۶ متغیر(ارتفاع، میانگین و انحراف معیار بارش سالانه و حداکثر روزانه و نسبت بارش زمستان به بهار) از ۲۱ متغیر تأیید شد. روش تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی را برای پهنه‌بندی ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار داده و کشور به هفت ناحیه تفکیک شده‌است. این نواحی در نقاط مختلف ایران پراکنده بوده و نقشه پهنه‌بندی آنها ارائه شده است. آزمون‌های گشتاورهای خطی برای تأیید همگنی هفت ناحیه به کار رفته است. نتایج این آزمون‌ها همگنی و همنوائی P_{24} را برای این هفت ناحیه تأیید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، حداکثر بارش روزانه، تحلیل مولفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای، گشتاورهای خطی

مقدمه

بارش‌های شدید عامل تولید کننده سیلابها هستند. بروز سیلاب‌های بزرگ و مخرب نتایج ناگواری را برای جامعه انسانی به همراه دارند. برای تخمین سیلابها نیاز به بارش مولد آنهاست. حداکثر بارش روزانه یا ۲۴ ساعته (p_{24}) در دسترس‌ترین نوع بارش است. زیرا این عامل در ایستگاه‌های باران‌سنج معمولی اندازه‌گیری می‌شود و این ایستگاه‌ها بیشترین تعداد را در کشور دارند. سیلابها معمولاً به رگبارهای کوتاه مدت ساعتی نیاز دارند و می‌توان رگبارهای کوتاه مدت حوضه‌های آبریز را به کمک p_{24} تخمین زد (۷). پهنه‌بندی(ناحیه‌بندی) اولین گام در تحلیل بارش p_{24} است. این شیوه در متون جغرافیا به اقلیم‌بندی مشهور است. منظور از پهنه‌بندی تعیین ایستگاه‌هایی است که حداکثر بارش ۲۴ ساعته آنها از یک قانون احتمالی مادر پیروی می‌کنند (۲۱). پیشینه پهنه‌بندی به اقلیم‌بندی باز می‌گردد. پهنه‌بندی از نیمه دوم قرن بیستم بر اساس قوانین جدید ریاضی و شاخص‌های مختلف بارش صورت گرفته است. پژوهشگران متعددی مبادرت به چنین پهنه‌بندی نموده و نقشه‌های پهنه‌بندی را تهیه کرده‌اند. هدف همه این پژوهشگران ارائه یک نقشه پهنه‌بندی برای مناطق مورد مطالعه (کشورها) بوده است. کار عمده پژوهشگران برروی بارش‌های روزانه، ماهانه و سالانه بوده است.. خلاصه کار این پژوهشگران به شرح زیر است.

الف) تهیه نقشه پهنه‌بندی براساس بارش روزانه در کشورهای

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری هیدرولوژی و منابع آب، استاد، دانشیار و استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات- تهران
(* نویسنده مسئول: Email: f.khamchin@gmail.com)

گینه (۲۳)، کنیا (۵)، سریلانکا (۹) و اتریش (۱۲) انجام شده است.

ب) تهیه نقشه پهنه‌بندی براساس بارش ماهانه در کشورهای تانزانیا (۶)، میانمار (۲۲) و ترکیه (۱۸) انجام شده است.

پ) تهیه نقشه پهنه‌بندی براساس بارش سالانه درکشورهای اتیوپی (۱۰)، سوئیس (۴) و ایران (۸) انجام شده است.

افزون بر موارد فوق آقایان وزیری و قهرمان نیز به صورت موردی پهنه‌بندی را در ایران انجام داده‌اند. این دو پژوهشگر نفشه پهنه‌بندی برای کشور تهیه نکرده‌اند. فقط یک پژوهشگر مبادرت به تهیه نقشه پهنه‌بندی برای حداکثر بارش روزانه یا ۲۴ ساعته (p_{24}) کرده است. این پژوهشگر ۷۸ ایستگاه از کشور جمهوری چک به مساحت حدود ۷۹،۰۰۰ کیلومترمربع را در نظر گرفته و این کشور را به چهار ناحیه همگن تفکیک و نقشه پهنه‌بندی را ارائه داده است (۱۹).

مراجعه به چکیده مقالات و کنفرانس‌های مختلف داخلی نشان می‌دهد که تا کنون نقشه پهنه‌بندی براساس حداکثر بارش روزانه یا ۲۴ ساعته (p_{24}) در ایران تهیه نشده است. همچنین هیچگونه معیاری برای تشخیص ناحیه‌های همگن به صورت نقشه (یا روش‌های دیگر) در ایران وجود ندارد. لذا ضرورت تهیه یک نقشه پهنه‌بندی p_{24} بر اساس شیوه‌های جدید علمی وجود دارد. در پژوهش حاضر تهیه نقشه پهنه‌بندی ایران بر اساس‌حداکثر بارش روزانه (p_{24}) پایه‌ریزی شده و به کمک تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای و با استفاده از گشتاورهای خطی به انجام رسیده است. نتیجه نهائی ارائه نقشه پهنه‌بندی ایران برای حداکثر بارش روزانه (p_{24}) است.

مبانی نظری

پوشش مساحتی یک باران‌سنج به اقلیم‌های مختلف و پستی و بلندی‌های محدوده آن وابسته است. طبق مراجع هیدرولوژی متوسط اثر یک باران‌سنج حدود ۲۵ کیلومترمربع اطراف آن فرض –می‌شود (۷). اغلب مساحت حوضه‌های آبریز بیش از این عدد است. به همین علت ناچار به تحلیل ناحیه‌ای هستیم. روشهای مختلفی برای ناحیه‌ای کردن در تحلیل فراوانی ناحیه‌ای وجود دارد که عبارتند از: جغرافیایی، تقسیم بندی براساس قضاوت شخصی[1] ، تعریف حد آستانه بر روی یک یا چند عامل[2] و تحلیل خوشه‌ای (۱۳).

ناحیه‌ای کردن با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای ابزاری آماری است که در محدوده تحلیل چند متغیره قرار دارد. این ابزار اولین بار توسط تریون[3] در سال ۱۹۳۹ مطرح و طبقه‌بندی داده‌های مشاهده‌ای براساس متغیرهای تعیین شده توسط محقق انجام شد. در این شیوه باید از مقیاس‌های کمی استفاده کرد تا بتوان بیشترین شباهت یا کمترین فاصله بین داده‌ها و مشاهدات را اندازه‌گیری نمود (۳) و (۲۱).

مراحل مربوط به الگوریتم خوشه‌بندی خود به چند نوع سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی تفکیک می‌شود. این دو خود نیز به انواعی قابل تقسیم هستند. روش سلسله مراتبی متراکم در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. الگوریتم این روش به شرح زیر است.

الف– شروع با N خوشه است که هریک شامل یک ایستگاه و یک ماتریس متقارن از فاصله‌های اقلیدوسی بین ایستگاه‌هاست.

ب– ماتریس فاصله برای نزدیکترین (مشابه‌ترین) زوج خوشه‌ها جستجو می‌شود. در اینجا فرض می‌شود که d_{uv} فاصله بین مشابه-ترین دو خوشه U و V است.

پ– خوشه جدیدUV با ترکیب دو خوشه U و V به دست می‌آید. برای اینکار با حذف سطرها و ستون‌های متناظر با خوشه‌های U و V و با افزودن یک سطر و ستون که فواصل بین خوشه جدید UV و خوشه‌های باقی‌مانده را می‌دهد، درایه‌های ماتریس فاصله بهنگام می‌شود.

ت– تکرار گام‌های قبل تا نتیجه لازم به‌دست آید. باید(N-1) مرتبه گام‌های فوق را انجام داد تا خوشه‌بندی نهائی به‌دست آید (۳و۲۱).

کاهش متغیرها با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی

متغیرهای متنوعی را می‌توان در تحلیل خوشه‌ای به‌کاربرد. این متغیرها باید بیشترین خصوصیات داده‌ها را پوشش دهند. معمولاً تعداد آنها بسیار زیاد است و نمی‌توان به سادگی مشخص کرد که کدام متغیر را باید در نظر گرفت. روش مؤلفه‌های اصلی ابزاری ریاضی است که متغیرهای مؤثر را مشخص می‌کند.

تحلیل مولفه اصلی به تبیین ساختار واریانس– کوواریانس به کمک چند ترکیب خطی از متغیرهای اصلی سر و کار دارد. اهداف کلی آن عبارتند از: ۱ـ کاهش حجم داده‌ها. ۲ـ تعیین و تفسیر آنها . اگر چه p متغیر برای مطالعه تغییرپذیری کل سیستم لازم است، ولی اغلب این تغییرپذیری را می‌توان با تعداد کمتر مثلاً k مولفه اصلی بیان نمود ($k < p$). در این صورت میزان اطلاعی که در k مولفه وجود دارد (تقریباً) مانند میزان اطلاع در p متغیر اولیه است. هر یک از k مؤلفه خود ترکیب خطی از چند متغیر اولیه است. بنابراین k مولفه اصلی را می‌توان به جای p متغیر اولیه به کار برد. مجموعه داده‌های اولیه شامل p متغیر است که به مجموعه‌ای از داده‌های شامل k مولفه اصلی (ترکیب خطی متغیرهای مؤثر) کاهش داده

1 - Subjective partitioning
2 - Objective partitioning
3 - Tryon

می‌شود (۳ و۱۷).

مولفه‌های اصلی از نظر جبری ترکیبات خطی ویژه p متغیر تصادفی $x_1, x_2, ..., x_p$ است. این ترکیبات خطی از نظر هندسی انتخاب یک دستگاه مختصات جدید را نشان می‌دهد که از دوران دستگاه اولیه با $x_1, x_2, ..., x_p$ به‌عنوان محورهای مختصات به‌دست می‌آید. محورهای جدید جهت‌ها را با بیشترین تغییرپذیری نشان می‌دهد. این جهت‌ها بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس (Σ) یا ماتریس همبستگی (ρ) است که بیان ساده‌تری از ساختمان کوواریانس را فراهم می‌کند. مولفه‌های اصلی تنها به ماتریس کوواریانس (Σ) یا ماتریس همبستگی (ρ) مربوط به p متغیر $x_1, x_2, ..., x_p$ بستگی دارد. مقادیر ویژه و بردارهای ویژه Σ را محاسبه و با این فرض که مجموع واریانس‌های متغیرها مساوی مجموع مقادیرویژه است، مبادرت به تعیین سهم واریانس هر مؤلفه از کل می‌نماید. بردارهای ویژه جهت مؤلفه‌ها و مقادیر ویژه با اندازه‌آنها متناسب است. اگر واحد اندازه‌گیری داده‌ها متفاوت باشد، طبق توصیه‌های انجام شده از ماتریس همبستگی (ρ) استفاده می‌شود (۳ و۱۷).

آزمون‌های همگنی براساس روش گشتاورهای خطی

هاسکینگ[1] گشتاورهای خطی[2] را به صورت ترکیب خطی از گشتاورهای وزن‌دار احتمالی[3](PWM) معرفی کرده است (۱۳). 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 (۲).

امروزه محققان رشته‌های هواشناسی و هیدرولوژی از روش گشتاورهای خطی برای ناحیه‌بندی، تحلیل‌فراوانی و غیره بهره می‌برند. مزایای این روش بر گشتاورهای معمولی این است که آنها به داده‌های پرت حساسیت کمتری دارند و مرز مشخصی برای اندازه نمونه تعریف نمی‌کنند. افزون بر این، تخمین پارامترهای توزیع احتمالی منتخب، بویژه برای نمونه‌های کوچک با این روش بسیار قابل اطمینان‌تر از سایر روش‌های گشتاوری معمولی است، به عبارت دیگر برآوردگرهای گشتاورهای خطی کاملاً نااریب هستند (۱۵).

اندازه ناهمنوایی۴

نسبت‌های گشتاورهای خطی نمونه هر ایستگاه (ضریب تغییرات L_{CV}، چولگی L_{CS} و کشیدگی L_{CK}) یک نقطه در یک فضای سه‌بعدی در نظر گرفته می‌شود. یک 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 اینجا مفهوم همبستگی بین نسبت‌های گشتاورهای خطی نمونه‌ای را تداعی می‌کند. اندازه ناهمنوایی یک ایستگاه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\overline{U} = N^{-1}\sum_{i=1}^{N} U_i \qquad (۱)$$

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

$$D_i = \frac{1}{3}(U_i - \overline{U})^T S^{-1}(U_i - \overline{U}) \qquad (۳)$$

در روابط بالا: N تعداد ایستگاه‌های گروه، U_i بردار نسبت‌های گشتاورهای خطی ایستگاه i ام، $\overline{U}$ معدل بردارهای U_i، S^{-1} وارون ماتریس کوواریانس ایستگاه‌ها و D_i اندازه ناهمنوائی ایستگاه iام است. اگر D_i بزرگ باشد، آنگاه ایستگاه iام ناهمنوا تلقی می‌گردد. تعریف مقدار بزرگ بودن بستگی به تعداد ایستگاه‌های موجود در گروه دارد. اگر تعداد ایستگاه‌های گروه حداقل ۱۵ عدد باشد، آنگاه یک ایستگاه ناهمنواست اگر $D_i > 3$ باشد (۱۶).

اندازه ناهمگنی[5]

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، در حالی که گشتاورهای خطی نمونه آنها می‌توانند متفاوت باشند (۱۵).

برای اندازه‌گیری واریانس بین ایستگاهی گشتاورهای خطی نمونه و اینکه برای یک ناحیه همگن چه واریانسی مورد انتظار است، اقدام به شبیه‌سازی داده‌های ناحیه‌ای معادل می‌شود. برای این منظور تابع چهار پارامتری کاپا برای اجرای شبیه‌سازی در نظر گرفته و پارامترهای آن برای هر ناحیه با استفاده از آمار واقعی ناحیه‌ای تعیین می‌شود (۱۴). 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 و سپس ضرایب گشتاورهای‌خطی و آماره V_1 محاسبه می‌شود. میانگین و انحراف - معیار مقادیر شبیه‌سازی شده V_1ها تعیین و همچنین V_1واقعی با استفاده از آمار واقعی ایستگاه‌ها محاسبه شده و در نهایت معیار

1 - Hosking
2 - Linear Moments
3 - Probable Weighted Moments
4 – Discordancy
5 - Heterogeneity

ناهمگنی هر ناحیه محاسبه می‌گردد (Hosking, 1997). روابط موردنیازبه‌شرح‌زیراست.

$$\tau^R = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i \tau^i}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \quad (۴)$$

$$V_1 = \{\frac{\sum_{i=1}^{N} n_i (\tau^i - \tau^R)^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i}\}^{\frac{1}{2}} \quad (۵)$$

$$H_1 = \frac{V_1 - \mu_{v_1}}{\sigma_{v_1}} \quad (۶)$$

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_{v_1} و σ_{v_1} به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده‌اند. H_1 معیار همگنی هاسکینگ- والیس است. اگر H_1 به اندازه کافی بزرگ باشد، آنگاه ناحیه ناهمگن فرض می‌شود. در غیر این صورت همگن در نظر گرفته می‌شود. ناحیه مشکوکی نیز برای H_1 وجود دارد که باید اطلاعات اضافی دیگری در اختیار باشد تا بتوان قضاوت کرد. دامنه نوسان آزمون معیار همگنی که توسط هاسکینگ- والیس پیشنهاد شده به شرح زیر است.

اگر $H_1 < 1$ باشد، ناحیه همگن تلقی می‌شود.

اگر $1 \le H_1 < 2$ باشد، ناحیه مشکوک به ناهمگنی است.

اگر $H_1 > 2$ باشد، ناحیه قطعاً ناهمگن است (۱۶).

بسته نرم افزاری "Hom test" از نرم افزار آماری "R" برای تحلیل همگنی ناحیه‌ای استفاده شده است (۱۱).

منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با وسعت۱۶۴۸،۰۰۰ کیلومترمربع 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 گرفته است. حدود ۹۰ درصد خاک ایران در محدوده فلات ایران واقع شده است و کشوری کوهستانی محسوب می‌شود. رشته کوههای البرز و زاگرس مهمترین تاثیر 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. می‌توان گفت مجموعه این عوامل سبب ایجاد توزیع زمانی– مکانی غیر یکنواخت بارش در سراسر کشور شده است (۱).

تجزیه و تحلیل

معیار انتخاب ایستگاه‌ها

داده‌های این پژوهش براساس داده‌های حداکثر بارش ۲۴ ساعته کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی شامل ۲۱۶ ایستگاه باران‌سنج ثبات وزارت نیرو و۱۸۰ باران‌سنج ایستگاه سینوپتیک هواشناسی آغاز شد. نخست، ایستگاه‌هائی با طول دوره آماری کوتاه (کمتراز۱۰ سال) از دور خارج شده‌اند. سپس، ایستگاه‌هایی با داده مفقود حذف شده‌اند. زیرا نمونه مفقود اریب است. یا به عبارت دیگر کم دقت است و هرگونه تحلیل کلاسیک بر اساس این نمونه کم ارزش و بی دقت است و باید داده‌های مفقود ترمیم شوند. البته روش‌های غیرکلاسیک برای تحلیل نمونه‌های ناقص وجود دارد که از بحث حاضرخارج است (۲۰). طول دوره آماری ایستگاه‌ها متفاوت است. گشتاورهای خطی به داده‌های پرت حساسیت کمتری دارند و مرز مشخصی برای اندازه نمونه تعریف نمی‌کنند. یعنی می‌توان از طول دوره‌های آماری متفاوت ایستگاه‌ها استفاده کرد. لذا برای افزایش دقت برآوردها از تمام طول دوره آماری هر ایستگاه استفاده شده است. این مورد توسط سایر پژوهشگران نیز رعایت شده است (۱۶ و ۱۸). تعداد ۱۹۷ ایستگاه پس از این دو ویرایش باقی مانده است.

غربال داده‌های ایستگاه‌ها

اولین گام تحلیل نمونه‌های اجباری بررسی فرض‌های پایه‌ای است. چون داده‌های هر ایستگاه یک نمونه تصادفی اجباری است، لذا ابتدا باید معیارهای لازم در خصوص این نمونه بررسی شود. این معیارها عبارتند از: بررسی صحت داده‌ها، تصادفی بودن، وجود داده پرت، استقلال، ایستائی و همگنی (۲).

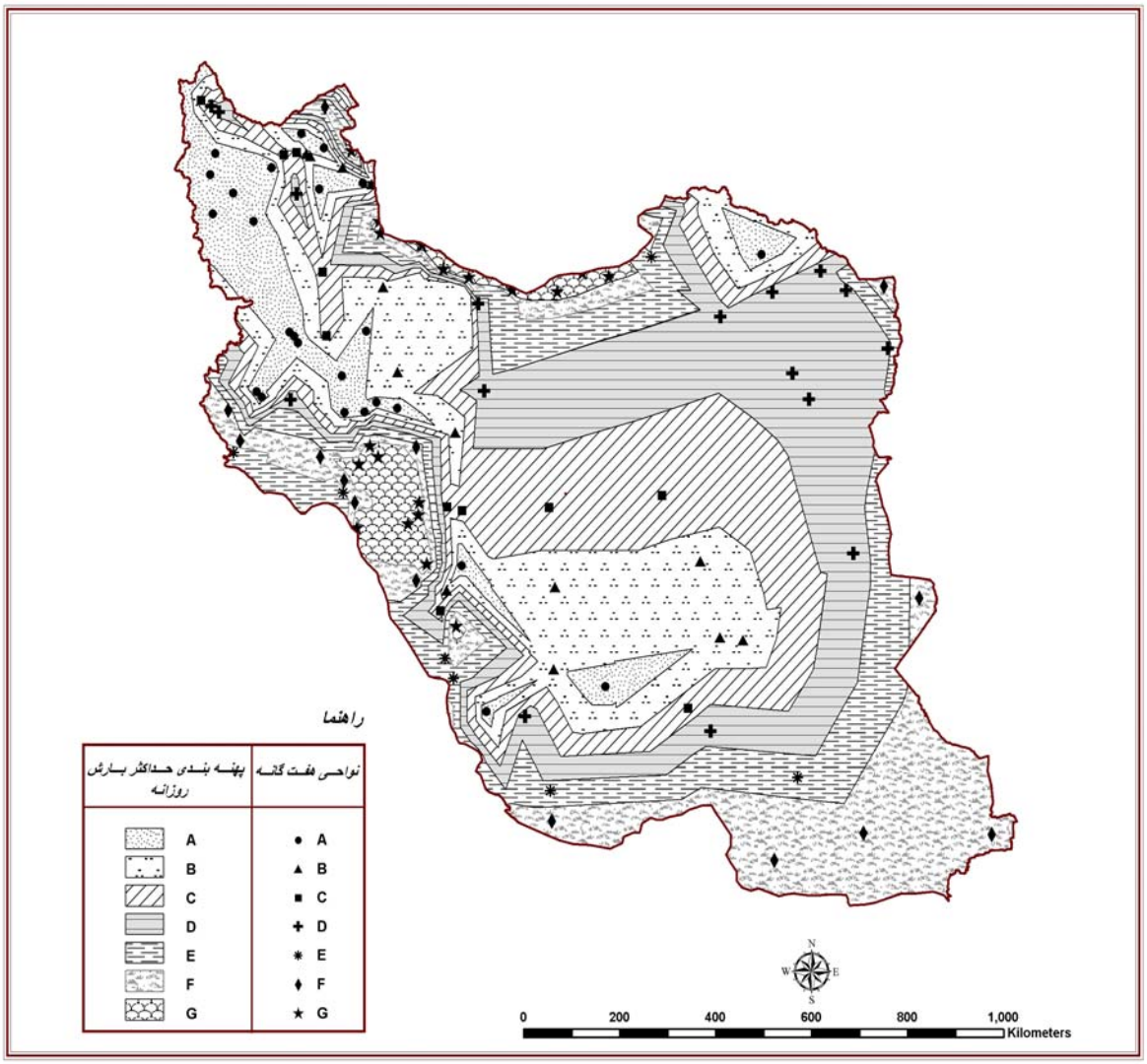
صحت داده‌ها به دقت ثبت و انتقال آنها و موارد انسانی و دستگاهی وابسته است. این موارد توسط کارشناسان مربوط انجام و داده‌های تأیید شده در اختیار قرار گرفته است. برای بررسی سایر موارد از آزمون‌های گردش، والد– ولفویتز، من– ویتنی، گروبز– بک و قاعده سه– زیگما استفاده شده است (۲ و ۱۱).

تعداد ۶۷ ایستگاه درآزمون‌های پایه‌ای رد شده‌اند. بیشترین عوامل رد به ترتیب: داده‌پرت (۳۵ مورد)، ناهمگنی (۱۷ مورد)، ایستا نبودن (۱۰مورد)، تصادفی نبودن (۵ مورد) است. تعداد ۱۳۰ ایستگاه باقی می‌ماند که تحلیل خوشه‌ای روی آنها صورت گرفته است. نقشه‌ای برای نشان دادن پراکندگی ایستگاه‌های حذف شده ارائه نشد. زیرا تعداد ایستگاه‌ها اندک بوده و در نقاط مختلف ایران پراکنده‌اند. اما نقشه پراکندگی ۱۳۰ ایستگاه باقی‌مانده در شکل ۱ ارائه شده است.

ناحیه‌بندی براساس تحلیل خوشه‌ای

تحلیل مؤلفه‌های اصلی

برای ناحیه‌بندی در ابتدا ۲۱ متغیر در نظر گرفته شد. این متغیرها عبارتند از: میانگین، انحراف معیار و نسبت‌های گشتاوری باران سالانه، میانگین، انحراف معیار و نسبت‌های گشتاوری معمولی و خطی حداکثر بارش روزانه، طول، عرض و ارتفاع ایستگاه، نسبت بارش‌های فصلی به سالانه و به یکدیگر که بیشترین نوسانات و خصوصیات داده‌ها را می‌پوشانند. مناسب‌ترین ترکیب متغیرها با استفاده از مشخصات ۱۳۰ ایستگاه بارشی کشور و به کمک روش تحلیل مولفه‌های اصلی با تشکیل ماتریس همبستگی (ρ)، انتخاب شدند. زیرا واحد اندازه‌گیری این ۲۱ متغیر یکسان نیستند. پس از انجام روش مولفه‌های اصلی بر روی ۲۱ متغیر دیده شد که دو مولفه اصلی اول و دوم به تنهایی ۹۹/۷٪ از واریانس ساختار داده‌ها را تبیین می‌کنند. با بررسی بیشتر مشخص شد که تنها ۶ متغیر از ۲۱ متغیر در این دو مولفه اصلی (بردار ویژه) به صورت ترکیب خطی گنجانیده شده‌اند و ۱۵ متغیر دیگر فقط۰/۰۰۳ نوسانات را تبیین می‌کنند. این شش متغیر مؤثر عبارتند از: ارتفاع ایستگاه، میانگین و انحراف معیار بارش‌های سالانه و حداکثر ۲۴ ساعته و نسبت میانگین بارش زمستانه به بهاره. این شش متغیر با توجه به نتیجه تحلیل به منظور انجام تحلیل خوشه‌ای انتخاب شدند (۳، ۱۷ و ۲۱). نتیجه تحلیل مؤلفه اصلی در جدول (۱) آمده است. بسته نرم افزاری "Cluster" از نرم افزار آماری "R" برای تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شده است (۱۱).



(شکل ۱)- پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه ($p_{۲۴}$) کشور ایران

(جدول۱)- نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای ۱۳۰ ایستگاه با ۲۱ متغیر

مؤلفه‌های اصلی	PC9	PC8	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1
انحراف معیار	۱/۵۷	۱/۸۸	۳/۶۸	۴/۱۲	۵/۰۱	۱۰/۶۴	۳۸/۱۵	۲۸۰/۷۵	۷۱۳/۸۶
نسبت واریانس	۰	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۲۷	۰/۱۳۴	۰/۸۶۴
نسبت تجمعی	۱	۰/۹۹۹۹۹	۰/۹۹۹۹۸	۰/۹۹۹۹۶	۰/۹۹۹۹۳	۰/۹۹۹۸۹	۰/۹۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۸۶۴

تحلیل خوشه‌ای

ابتدا باید تمامی متغیرهای موجود در ایستگاه‌های بارش کشور برای یکسان‌سازی اثر آنها بر تحلیل خوشه‌ای استاندارد شوند. برای این‌کار میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرها محاسبه و استاندارد شده‌اند. سپس تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بر روی داده‌ها (متغیرهای مؤثر) انجام شده است. برای تحلیل خوشه‌ای از نرم‌افزار R استفاده شده است. نتیجه نهائی تحلیل خوشه‌ای تقسیم کشور ایران به هفت خوشه است. جدول ۲ تعداد ایستگاه‌های هر خوشه و شکل ۱ نقشه خوشه‌بندی این هفت خوشه را نشان می‌دهند. اگر همنوائی و همگنی این نواحی تأیید شود، می‌توان این نقشه را پهنه‌بندی نامید.

بررسی همگنی نواحی براساس روش گشتاورهای‌خطی

ابتدا اندازه ناهمنوایی (D_i) برای تک تک ایستگاه‌های واقع در هر یک از نواحی هفت‌گانه محاسبه شده‌اند. برای این منظور از روابط ۱، ۲ و ۳ استفاده شده است. تنها یک ایستگاه در ناحیه هفتم (باران-سنج سوسن واقع در خوزستان) پس از بررسی D_i ها ناهمنواست $(D_i = 4/16)$. لذا باید به‌علت ناهمنوائی حذف –شود (۱۶). جدول(۲) مقادیر گشتاورهای خطی ناحیه‌ای و مقادیر حداقل و حداکثر D_i های مناطق هفت‌گانه را پس از حذف ایستگاه ناهمنوا نشان می‌دهد.

تشخیص همگنی نواحی هفت‌گانه آخرین مرحله پهنه‌بندی است. برای تشخیص همگنی ناحیه‌ای آزمونهای متعددی وجود دارد. ویگلیون و همکاران نشان داده‌اند که اگر ضریب چولگی ناحیه‌ای (τ_3^R) از ۰/۲۳ کوچکتر باشد، آزمون همگنی براساس روش گشتاورهای خطی (هاسکینگ–والیس) بهترین آزمون است. در غیر این صورت باید از آزمون بوت‌استراپ‌اندرسون[1] استفاده کرد (Viglione et al., 2007). هر هفت ناحیه به‌دست آمده در شرط $\tau_3^R < 0/23$ صدق می‌کنند (جدول۲). لذا آزمون هاسکینگ–والیس برای بررسی همگنی صادق است. پارامترهای توزیع کاپا و مقادیر H_1 محاسبه شده برای نواحی هفت‌گانه در جدول ۳ آمده است. این جدول نشان می‌دهد که که برای کلیه نواحی هفت‌گانه آماره $H_1 < 1$ است. نتیجه اینکه نواحی هفت‌گانه طبق پیشنهاد هاسکینگ– والیس همگن فرض می‌شوند.

پیکره نهائی مناطق همگن

محاسبات فوق منجربه تقسیم کل کشور به هفت ناحیه بر اساس شش متغیر مؤثرشده است. این نواحی توسط ایستگاه‌های

همگن و همنوای هرناحیه، نقشه رقومی ایران و درون‌یابی به‌کمک نرم افزار GIS روی نقشه مشخص شده است. پراکندگی نواحی هفت‌گانه در ایران به‌علت تراکم اندک ایستگاه‌ها (بجز در چند ناحیه) زیاد است. شکل ۱ پراکندگی ایستگاه‌ها و هفت ناحیه را به خوبی نشان می‌دهد. به ویژه اینکه در برخی از نواحی ایستگاه وجود ندارد (ناحیه با درون‌یابی به دست آمده است). به همین دلیل ناحیه‌بندی در این مناطق دقت زیادی ندارد. این مناطق عمدتاً در کویرهای ایران (قسمت مرکزی‌ایران) واقع شده‌اند.جنوب شرقی و قسمت مهمی از شرق نیز دچار کمبود ایستگاه است. اما تراکم در شمال و غرب به‌ویژه در رشته کوه‌های البرز و زاگرس نسبتاً خوب و قابل قبول است. نواحی‌هفت‌گانه را برای نتیجه‌گیری بهتر روی نقشه ایران پیاده و پهنه‌بندی دراین نقشه نشان داده شده است. جدول ۲ تعداد ایستگاه‌های هرخوشه و شکل ۱ نقشه پهنه‌بندی آنها را نشان می‌دهند.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر پهنه‌بندی ایران را بر اساس حداکثر بارش روزانه p_{24} پایه‌ریزی و تهیه نقشه آن را به‌انجام رسانیده‌است. داده‌های این پژوهش براساس داده‌های حداکثربارش ۲۴ ساعته کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی شامل۱۸۰ باران‌سنج ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی و ۲۱۶ ایستگاه باران‌سنج وزارت نیرو (در مجموع ۳۹۶ ایستگاه) آغاز شد. در مرحله نخست، ایستگاههائی با طول دوره آماری بسیار کوتاه از دور خارج شدند. در مرحله دوم، ایستگاههایی با داده مفقود حذف و تعداد ۱۹۷ ایستگاه پس از این دو ویرایش باقی‌ماند. نتایج آزمون‌های پایه گویای این است که نمی توان داده‌های هر ایستگاهی را نمونه تصادفی تلقی و مبادرت به انجام تحلیل نمود. متاسفانه فقط۱۳۰ ایستگاه از ۱۹۷ ایستگاه دارای شرایط نمونه‌گیری بوده و برای تجزیه‌وتحلیل مناسب‌اند. بیشترین عوامل رد ایستگاه‌ها به ترتیب: داده پرت (۳۵ مورد)، ناهمگنی (۱۷ مورد)، ایستا نبودن (۱۰ مورد) و تصادفی نبودن (۵ مورد) هستند.

1 -ADBootstrap.test

(جدول ۲)ـ تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه، گشتاورهای خطی ناحیه‌ای و حدود نوسان آماره D_i برای نواحی حاصل از تحلیل خوشه‌ای

نواحی ۷گانه	تعداد ایستگاه	گشتاورهای خطی ناحیه‌ای τ^R	τ_3^R	τ_4^R	حداکثر D_i	حداقل D_i
A	۳۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۴۲	۱/۸۲
B	۱۵	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۷۱۴	۱/۶۵
C	۱۴	۰/۲	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۷۱	۲/۸۱
D	۲۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۳۲	۱/۹۳
E	۱۴	۰/۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۸۶	۲/۰۵
F	۱۶	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۲۹۱	۲/۳۶
G	۱۷	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۱۲	۱/۵

(جدول ۳)ـ پارامترهای توزیع کاپا و نتایج آزمون همگنی براساس روش گشتاورهای خطی

نواحی ۷گانه	تعداد ایستگاه	پارامترهای توزیع ناحیه ای کاپا ζ	α	K	h	آماره H_1
A	۳۱	۲۸/۸	۹/۲	۰/۰۷۵	۰/۰۹۶	۰/۳۵
B	۱۵	۲۳/۱	۷/۲	۰/۰۳۳	-۰/۰۳۹	-۱/۱۳
C	۱۴	۲۷/۳	۱۱/۲	۰/۰۷۱	۰/۲۲	-۱/۷۲
D	۲۲	۲۵/۹	۷/۲	-۰/۰۲۴	-۰/۱۷۵	-۱/۴۸
E	۱۴	۳۲/۶	۱۵/۱	۰/۱۶۴	۰/۲۶۴	-۱/۲۲
F	۱۶	۳۴/۴	۱۳/۷	۰/۱۴	۰/۰۲۳	۰/۶۶
G	۱۷	۷۰/۷	۲۴/۴	۰/۰۹۴	۰/۱۲۶	-۱/۰۵

برای نواحی حاصل از تحلیل خوشه‌ای

شایان ذکر است که با مراجعه به مقالات کارهای انجام شده درخصوص ناحیه‌بندی و تهیه نقشه پهنه‌بندی بر اساس روش خوشه-ای و آزمون گشتاوری خطی در کشورهای دیگر(در قسمت مراجع آمده است)، به آزمون‌های پایه توجه ننموده‌اند. لذا استحکام کارهای انجام شده آنها زیر سؤال است. کلیه این مراجع فرض بر قبول نمونه گذاشته‌اند که این فرض از نظر ریاضی نادرست و استفاده از نقشه‌های داده شده خالی از اشکال نیست.

برای ناحیه‌بندی در ابتدا ۲۱ متغیر در نظر گرفته شد. سپس برای تعیین اثر متغیرها و کاهش تعداد آنها از روش مولفه‌های اصلی استفاده شد. مشخص گردید ۱۵ متغیر اثر ناچیز و ۶ متغیر اثر تعیین کننده‌ای دارند. در تحلیل‌های بعدی از این ۶ متغیر استفاده شد. این متغیرها عبارتند از: ارتفاع، میانگین و انحراف معیار بارش سالانه و حداکثر ۲۴ ساعته و نسبت میانگین بارش زمستان به بهار. تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌ها صورت گرفت و در نهایت کشور به هفت ناحیه خوشه‌بندی شد. برای پهنه‌بندی باید دو عامل همنوائی و همگنی خوشه‌ها نیز بررسی شوند. ابتدا اندازه ناهمنوایی(D_i) برای تک تک ایستگاههای واقع در هر یک از خوشه‌های هفت‌گانه محاسبه شد. پس از بررسی D_i تمام ایستگاه‌ها، مشخص شد که تنها یک ایستگاه (باران‌سنج سوسن واقع درخوزستان) در خوشه هفتم ناهمنواست $(D_i = 4/16)$ که حذف شد. آزمون‌هاسکینگ-والیس برای بررسی همگنی نواحی استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون نشان می‌دهد که که برای کلیه نواحی هفتگانه آماره $H_1 < 1$ است. نتیجه اینکه نواحی هفت‌گانه طبق پیشنهاد هاسکینگ- والیس همگن فرض می‌شوند.

هدف این پژوهش ارائه نقشه پهنه‌بندی کشور بر اساس حداکثر بارش روزانه (p_{24}) است. تنها پژوهشی که برای پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه (p_{24}) در سطح بین‌المللی صورت گرفته مربوط به کشور جمهوری چک است (Kysely et al., 2003). سایر پهنه‌بندی-ها و نقشه‌های ارائه شده برای دیگر مشخصات بارشی یا دما و غیره است که چند مورد در مقدمه آمده است. مساحت جمهوری چک حدود ۷۹،۰۰۰ کیلومتر مربع و دارای چهار اقلیم است. لذا نقشه پهنه‌بندی و تنوع اقلیم این کشور کمتر از ایران است. ایران تقریباً ۲۱ برابر این

کشور مساحت دارد. سهم مساحتی هر ایستگاه این کشور حدود ۱۰۰۰ کیلومترمربع است. سهم مساحتی هر ایستگاه درایران حدود ۱۳۰۰۰ کیلومترمربع است. به همین علت نقشه پهنه‌بندی آن دقت بیشتری دارد. نکته قابل توجه اینکه آزمون‌های پایه‌ای در مورد داده‌های بارش ایستگاه‌های این کشور صورت نگرفته، لذا نمی‌توان به نقشه پهنه-بندی فوق اطمینان کرد. تعداد ایستگاه‌های شرکت کننده در تهیه نقشه‌پهنه‌بندی ایران کم است. رسم ناحیه‌ها روی نقشه ایران به کمک نرم افزار GIS انجام شده است. پراکندگی ایستگاه‌ها دقت نقشه را کم می‌کند که چاره‌ای نیست. در عوض استفاده از آن به علت رعایت مبانی ریاضی، قابل توجه است. با توجه به موارد ذکر شده و ترتیب و توالی منطقی محاسبات می‌توان به نتایج حاصل اطمینان کرده و پهنه‌بندی را قبول و مورد استفاده قرار داد.

پیشنهادات

الف– تعداد ایستگاه‌های باران‌سنج کشور بیش از۴۰۰ عدد است. متأسفانه فقط آمار ۳۹۶ ایستگاه آن هم با تلاش زیاد در اختیار قرار گرفت. طول دوره آماری آنها متفاوت است. تمام آمار موجود آنها (تا سال ۲۰۰۵ میلادی) در نظر گرفته شد تا حجم نمونه‌ها حداکثر موجود باشد. تعداد ۲۶۶ ایستگاه دارای آمار ناقص و فقط ۱۳۰ ایستگاه دارای آمار مناسب بوده که در پهنه‌بندی شرکت کرده‌اند. ایستگاه‌های ناقص یا آمار مفقود داشته و یا توسط آزمون‌های پایه رد شده‌اند. امکان ترمیم و ویرایش داده‌های بعضی از این ایستگاه‌ها وجود دارد. اگر این کار در یک پژوهش جداگانه صورت بگیرد، می‌توان تعداد ایستگاه‌های مورد نیاز پهنه‌بندی را افزایش داد و نتایج بهتری عاید می‌شود.

ب– روش ناحیه‌بندی به‌کمک روش خوشه‌ای و گشتاورهای خطی قابل تعمیم به سایر پدیده‌های آب و هواشناسی مانند: دما، باد و غیره است. این کار می‌تواند کیفیت پروژه‌های آب و هواشناسی را بهبود بخشد. مراحل کار درست شبیه روال انجام شده در مقاله حاضر است.

تعیین رابطه بین متغیرهای مؤثر یا عوامل جغرافیائی و غیره هر ناحیه به کمک تحلیل ممیزی یا روش‌های رگرسیونی می‌تواند دیدگاه جدیدی را در پهنه‌بندی ایجاد کند و به‌جای استفاده از نقشه‌های کم دقت از این روابط استفاده کرد. جستجوهای مکرر نشان می‌دهد. مرجعی که این کار را به سامان رسانیده باشد هنوز وجود ندارد. می-توان اینکار را با تعریف چند طرح پژوهشی پیگیری کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری مولف اول است. در اینجا لازم می دانیم از همکاری بی شائبه جناب آقای مهندس حجت رضائی پژند صمیمانه تشکر نمائیم.

منابع

۱– بختیاری س. ۱۳۸۳. اطلس گیتاشناسی ایران. موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۱۲۰ صفحه.

۲– رضایی پژند ح. ۱۳۸۰. کاربرد آمار و احتمال در منابع آب. انتشارات سخن گستر، ۴۵۸صفحه.

۳– نیرومند ح. ۱۳۷۸. تحلیل آماری چندمتغیری کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی، ۷۴۰ صفحه.

4- Baeriswyl P.D. and Rebetez M. 1997. Regionalization of precipitation in Switzerland by means of principal component analysis, theoretical and Applied Climatology, 58, 31-41.

5- Barring L. 1989. Regionalization of daily rainfall in Kenya by means of common factor analysis, International Journal of Climatology, 8, 371-389.

6- Basalirwa C.P.K., Odiyo J.O., Magodo R.J. and Mpeta E.J. 1999. The climatological regions of Tanzania based on the rainfall characteristics, Int. Journal of Climatology,9,69-80.

7- Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W. 1988. Applied Hydrology, McGraw -Hill, New York.,pp 572.

8- Dinpashoh Y., Fakheri-Fard A., Moghaddam M., Jahanbakhsh S. and Mirnia M. 2004. Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's precipitation climate using multivariate methods, Journal of Hydrology, 297, 109-123.

9- Domroes M. and Ranatunge E. 1993. A statistical approach towards a regionalization of daily rainfall in Sri Lanka", International Journal of Climatology, 13, 741-754.

10- Eklundh L. and Pilesjo P. 1990. Regionalization and spatial estimation of Ethiopian mean annual rainfall", International Journal of Climatology, 10, 473-494.

11- Everitt B.S. and Hothorn T. 2006. A handbook of statistical analyses using R, Chapman & Hall/CRC, Taylor and Francis Group, pp385.

12- Holawe F. and Dutter R. 1999. Geostatistical study of precipitation series in Austria: time and space", Journal of Hydrology, 219, 70-82.

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

14- Hosking J.R.M. 1994. The Four-Parameter Kappa distribution, IBM Journal of Research and Development, 38, 251-258.
15- Hosking J.R.M. and Wallis J.R. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis, Water Resources Res., 29, 271-281.
16- Hosking J.R.M. and Wallis J.R. 1997. Regional frequency analysis: an approach based on L-moments, Cambridge University Press, New York, USA, pp217.
17- Jollife I.T. 2002. Principal component analysis (2nd ed.), Springer, Verlag, New York, Inc, pp493.
18- Kadioglu M. 2001. Regional variability of seasonal precipitation over Turkey, International Journal of Climatology, 20, 1743-1760.
19- Kysely J., Picek J. and Huth R. 2002. Regional analysis of extreme precipitation events in the Czech Republic, Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic , pp12.
20- Little R.J.A. and Rubin D.B. 1987. Statistical analysis with missing data. New York, Wiley, pp146.
21- Rao A.R. and Srinivas V.V. 2008. Regionalization of Watersheds:An approach Based on Cluster Analysis, Springer Science, pp512.
22- Roy N. and Kaur S. 2000. Climatology of monsoon rains of Myanmar, Int. Journal of Climatology, 20, 913-928.
23- Shaw, A. (1987). "An analysis of the rainfall regimes on the coastal region of Guyana", International Journal of Climatology, 7, 291-302.
24- Viglione A., Laio F. and Claps, P. 2007. A comparison of homogeneity tests for regional frequency analysis, Water Resour. Res., 43, W03428

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar- Apr 2010, p. 97-106

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۰۶-۹۷

Regionalization of maximum daily precipitation of Iran

F. Khamchin Maghaddam[1]* – H. Sedghi[2] – F. Kaveh[3] – M. Manshouri[4]

Abstract

Most heavy storms result in destructive floods. One of the basic elements in analyzing floods in watersheds without data is hourly storms. The Determination of the storm of the watershed needs regional analysis of storms and transferring them to the gravity center of the watershed. Maximum daily precipitation (P_{24}), is the most accessible storm in any region, which can be converted to hourly precipitation. The analysis of the point and regional P_{24} is one of climate studies requirement. Regionalization of P_{24}, can be an influential step toward analyzing storms and floods. In order to accomplish such a task, two approaches are possible, one is using the old methods of geographical regionalization and the other one is using the new methods like "Cluster Analysis" and "L-Moments Homogenous Tests". In this paper second approach was employed. All existing rain-gauge stations (N=396) were considered and their available data were collected in this study. Basic tests were applied and 266 stations were removed due to the lack of the required conditions and only 130 stations were used in analysis. "Principal Components" method was used to omit the uninfluential variables (only 6 variables out of 21 were proved as basic and important). "Hierarchical Clustering" was used in the process of regionalization of the stations indicated of seven different regions. These regions were distributed in different locations throughout the country and the regionalization map is presented. The "L-Moments Homogenous Tests" were also employed for further indication. According to the final results, the regionalization of P_{24} of Iran's rain-gauge stations can be defined as 7 homogenous regions.

Keywords: Regionalization, Maximum daily precipitation, Principal Components, Cluster Analysis, L-Moment

1,2,3,4 – A Contribution from Islamic Azad University, Science and Research Branch – Tehran
(* - Corresponding author Email: f.khamchin@gmail.com)