



در
پژوهش سازندگی

منابع طبیعی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶

توابع توزیع منطقه‌ای بارش ایران

• رضا مدرس

دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: خردادماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: تیرماه ۱۳۸۵

Email: r_m5005@yahoo.com

چکیده

تحلیل فراوانی بارش یکی از وظایف مهم هیدرولوژیست‌ها و برنامه‌ریزان منابع آب است. به دلیل تفاوت زیاد توزیع مکانی و زمانی بارش در ایران، تحلیل فراوانی نقطه‌ای بارندگی کافی نیست. به همین دلیل منطقه‌ای کردن فراوانی بارندگی در گروه‌های مکانی بارش بسیار مهم است. در این مطالعه یک روش سلسله‌مراتبی تحلیل خوشه‌ای و روش گشتاورهای خطی به منظور یافتن نواحی همگن و تحلیل فراوانی بارش به کار گرفته شد. نتایج این تحقیق نشان داد ۸ منطقه همگن بارش در ایران وجود دارد که می‌تواند تغییرات جغرافیایی و اقلیمی را در ایران نشان دهد اما یک تابع توزیع واحد برای هر منطقه همگن نمی‌توان یافت. با وجودی که شاخص همگنی ناحیه‌ای، H_1 ، نشان داد تابع توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتری برای توزیع منطقه‌ای مناسب است، اما سه تابع لوگ نرمال ۲ پارامتری، پیرسون تیپ ۳ و مقادیر حدی تعمیم یافته برای گروه‌های همگن حاصل از تجزیه خوشه‌ای مناسب هستند.

کلمات کلیدی: توزیع فراوانی بارش، تحلیل خوشه‌ای، روش وارد، گشتاورهای خطی، ایران

Pajouhesh & Sazandegi No 75 pp: 86-91

Regional rainfall distributions of Iran

By: R. Modarres, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology

Rainfall frequency analysis is a major task for water resources planners and hydrologists. Because of wide and different rainfall temporal and spatial distribution over Iran, at site frequency analysis is not sufficient for this purpose. It is very important to regionalize rainfall frequency over homogeneous rainfall spatial groups. A hierarchical cluster analysis and L-moments regional frequency analysis were used in this study to find homogeneous rainfall groups and regional rainfall frequency analysis. The study showed that there are eight homogeneous rainfall subregions over Iran, which can present geographic and climate variability of Iran, but no single parent distribution was found for each subregion. Although regional homogeneity measure, H_1 , showed that a 3-parameter log normal distribution performs regional distribution of Iran, but three LN2, P-III and GEV distributions perform better than other distributions for subregions derived from cluster analysis.

Key Words: Rainfall Frequency Analysis, Cluster Analysis, Ward Method, L-Moment, Iran

مقدمه

تحلیل فراوانی بارندگی در مطالعات جوی و طراحی و برنامه‌ریزی منابع آب حائز اهمیت است. بارندگی همچنین به عنوان عامل ورودی در مدل‌سازی سیل و طراحی سازه‌های هیدرولیک و توسعه منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی بارندگی اهمیت دارد. هیدرولوژیست‌ها و هواشناسان همواره سعی داشته‌اند الگوی زمانی و مکانی بارش را در مقیاس وسیع و همراه با اطلاعات بسیار به گروه‌های کوچک‌تر تبدیل کنند تا از پیچیدگی آن‌ها کاسته شود و حجم زیاد اطلاعات و متغیرها کاهش یابد. روش‌های زیادی برای گروه‌بندی متغیرهای هیدرولوژیک مانند بارندگی، رواناب و دیگر اجزای چرخه آب به کار گرفته شده‌اند. سوال اصلی در اینجا این است که مناطق همگن هیدرولوژیک کدام است. در مقیاس ملی، Gottschalk (۷) پیشنهاد می‌کند از روش‌های چند متغیره کمک گرفته شود. روش‌های چند متغیره ابزاری بسیار مفید در طبقه‌بندی داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی هستند. روش‌هایی مانند مولفه‌های اصلی و تحلیل عاملی در طبقه‌بندی بارندگی روزانه (۱۸)، گروه‌بندی سال‌های توام با خشکسالی و سیل در هندوستان توسط Snigh (۲۰) و گروه‌بندی منطقه‌ای بارندگی در ایران (۱)، مورد استفاده قرار گرفته‌اند. Mosley (۱۳) از روش تحلیل خوشه‌ای برای تعیین مناطق همگن در نیوزلند استفاده کرد. Acerman (۲) و Sinclair Acerman (۳) نیز ارزش تحلیل خوشه‌ای را در گروه‌بندی متغیرهای هیدرولوژیک خاطر نشان کردند. در مطالعه حاضر با تلفیق نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای و روش گشتاورهای خطی (۹)، مناطق بارشی ایران مشخص و تحلیل فراوانی منطقه‌ای در این نواحی با روش گشتاورهای خطی انجام می‌شود. اطلاعات بارندگی مورد استفاده در این مطالعه شامل بارندگی سالانه ۲۸ ایستگاه سینوپتیک مراکز استان‌های کشور است که حداکثر ۳۰ و حداقل ۱۳ سال آمار دارند (جدول ۱).

مواد و روش‌ها
تحلیل خوشه‌ای

کاربرد تحلیل خوشه‌ای در ناحیه کردن متغیرهای هیدرولوژیک شامل گروه‌بندی مشاهدات در خوشه‌ها است به طوری که این خوشه‌ها از متغیرهایی تشکیل شوند که بیشترین شباهت را با هم دارند. این متغیرها می‌تواند شامل خصوصیات فیزیوگرافی و جغرافیایی حوزه‌های آبخیز یا خصوصیات آماری و استوکاستیک آن‌ها باشند. تحلیل خوشه‌ای در این تحقیق بر اساس سری بارندگی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد. مهمترین شاخص اندازه‌گیری شباهت (عدم شباهت) فاصله اقلیدسی است که به صورت معادله ۱ - نوشته می‌شود (۱۱):

معادله-۱

$$d_{ij}^2 = \sum_{p=1}^n (x_{ip} - x_{jp})^2$$

در اینجا r و s ردیف‌های ماتریس X هستند که به صورت $(x_{r1}, x_{r2}, \dots, x_{rp})$ و $(x_{s1}, x_{s2}, \dots, x_{sp})$ نوشته می‌شود. این دو ردیف مربوط به مشاهدات دو عامل از بین تمام P متغیر است. مربع فاصله اقلیدسی، d_{ij}^2 ، به منظور تحلیل خوشه‌ای به کار می‌رود. گرچه روش‌های زیادی برای تحلیل خوشه‌ای به کار می‌رود اما در این مطالعه از روش وارد (۱)، (۴، ۱۴). نکته مهم در تحلیل خوشه‌ای انتخاب تعداد مناسب خوشه‌ها است. در این مطالعه به منظور تعیین تعداد مناسب خوشه‌ها از ضریب تبیین (R_p) خوشه‌ها استفاده می‌شود (۱۹).

تحلیل فراوانی منطقه‌ای

هیدرولوژیست‌ها همواره سعی کرده‌اند نتایج تحلیل فراوانی نقطه‌ای و

مربوط به یک ایستگاه را به یک ناحیه تعمیم دهند. عدم همگنی مناطق مورد بررسی از نظر هیدرولوژیک، وجود ایستگاه‌های با داده‌های ناقص و تفاوت دوره آماری در ایستگاه‌های مختلف از مشکلات عمده تعمیم نتایج تحلیل فراوانی از یک ایستگاه به یک منطقه است. با وجود کاربرد بودن روش تحلیل خوشه‌ای در گروه‌بندی ویژگی‌های هیدرولوژیک (آماري یا فیزیکی)، همگن بودن گروه‌های حاصل صد درصد حاصل نمی‌شود. به این منظور پیشنهاد می‌شود نتایج تحلیل خوشه‌ای با روش‌های دیگر مورد آزمون قرار گیرد (۱۷). از بین روش‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای روش گشتاورهای خطی که توسط Hosking (۹) ارائه شد محبوبیت زیادی دارد. این گشتاورها شامل گشتاور خطی ضریب تغییرات $(L-Cv)$ ، گشتاور خطی چولگی $(L-Cs)$ و گشتاور خطی برجستگی $(L-Ck)$ هستند. خوانندگان برای جزئیات بیشتر می‌توانند به Rao و Homed (۱۶) مراجعه کنند. یک راه آسان برای دست یابی به تابع منطقه‌ای استفاده از نمودار گشتاورهای خطی است. نمودار گشتاور خطی $(L-Cv)$ در برابر LCs و نمودار LCk در برابر LCK یک روش بصری مناسب برای انتخاب تابع منطقه‌ای است (۲۱) و همواره به روش‌های معمولی برآورد ضرایب توابع توزیع (ضریب تغییرات، ضریب چولگی و ضریب برجستگی) ترجیح داده می‌شود (۲۲). با این حال نمودار گشتاورهای خطی روشی بصری است و احتمال اشتباه را بوجود می‌آورد. به همین دلیل Hosking و Wallis (۱۰) با ارائه آماره‌های نا همگونی، همگنی ناحیه‌ای و نکوئی برازش، تحلیل منطقه‌ای متغیرها هیدرولوژیک را آسان و قابل اطمینان کردند.

آزمون نکوئی برازش تابع توزیع منطقه‌ای به منظور انتخاب بهترین تابع توزیع منطقه‌ای انجام می‌شود و شامل محاسبه آماره $ZDIST$ است. تابع توزیع مناسب تابعی است که $|Z^{Dist}| < 1.64$ باشد. این تابع به عنوان تابع منطقه‌ای شناخته شده و مقادیر بارندگی ناحیه‌ای در دوره‌های برگشت مختلف با استفاده از آن بدست می‌آید.

نتایج و بحث

با استفاده از نرم افزار (۱۶)FREQ تهیه شده اند، نیز موید متفاوت بودن ایستگاه یزد با تمام ایستگاه‌ها است که در منطقه بیابانی قرار گرفته و ضریب تغییرات و چولگی آن بالا است. (شکل ۲). پراکنش ایستگاه‌ها در این شکل مدل خاصی را برای تابع توزیع منطقه‌ای نشان نمی دهد. پس از کنار گذاشتن این ایستگاه از گروه ۱، آماره همگنی H1، با استفاده از برنامه XFIT در محیط فرترن، برای مناطق ۷ گانه محاسبه گردید. همانطور که در جدول ۲ دیده می شود، معیار همگنی برای تمام نواحی به جز ناحیه ۱ و ۴ کوچکتر از ۱ است.

در منطقه ۱ تنها یک ایستگاه ناجور وجود دارد. پس از حذف ایستگاه ناجور یزد، مقدار معیار همگنی کوچکتر از ۱ می شود. همچنین در منطقه ۴، ناهمگنی به چشم می خورد. با توجه به این که در جدول ۱، مقدار معیار ناجوری D برای ایستگاه بندر عباس به مقدار آستانه ۳ نزدیک است، ابتدا ایستگاه بندرعباس از این ناحیه

حذف و معیار همگنی دوباره محاسبه گردید. مقدار آماره همگنی پس از حذف ایستگاه ناجور نشان از همگنی منطقه دارد.

پس از اطمینان از همگنی مناطق بارشی، تحلیل فراوانی منطقه‌ای و نقطه‌ای با آزمون نکویی برازش انجام می شود. معیار Z^{Dist} برای چهار توزیع سه پارامتری که کاربرد بیشتری در تحلیل ناحیه‌ای دارند (۱۵)، یعنی توابع لجستیک تعمیم یافته، پیرسون تیپ ۳، لوگ نرمال سه پارامتری و مقادیر حدی تعمیم یافته، در گروه‌های همگن بارش و کل کشور محاسبه گردید.

نتایج این آزمون در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که در این جدول دیده می شود، در گروه‌های ۱، ۳ و ۴ تمام توابع قابل قبول هستند. در حالیکه برای گروه‌های ۲، ۶ و ۷ برخی از توابع قابل قبول و برخی غیر قابل قبول هستند و در گروه ۵ هیچکدام از توابع

گام اول در این مطالعه بدست آورد مناطق همگن بارش در ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای است. قبل از تحلیل خوشه‌ای آماره‌های توصیفی ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای با روش وارد وجود ۸ منطقه بارشی را نشان می دهد. مقدار ضریب تبیین برای ۲، ۳، ۶ و ۸ خوشه به ترتیب برابر ۰/۶۳، ۰/۸، ۰/۹۳ و ۰/۹۶ است. بنابر این تعداد ۸ خوشه بیش از ۹۵ درصد تغییرات بارندگی ایستگاه‌های مورد بررسی را توجیه می کند و به همین دلیل تعداد ۸ خوشه (دسته) مورد قبول واقع می شود. پراکنش این ۸ منطقه در سطح کشور در شکل ۱ آورده شده است. با توجه به فرارگیری فقط یک ایستگاه در منطقه شماره ۸، یعنی ایستگاه رشت، محاسبات همگنی برای ۷ منطقه محاسبه می شود. نمودار گشتاورهای خطی، که

ردیف	اندازه نمونه	ایستگاه	میانگین	L-Cv	L-Cs	L-Ck	D
۱	۳۰	اهواز	۲۳۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۵۶
۲	۳۰	اراک	۳۴۵	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۱/۷۲
۳	۲۳	اردبیل	۳۰۹	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۶	۰/۹۱
۴	۳۰	بندر عباس	۱۹۲	۰/۳۲	۰/۱۷	۰/۱۶	۲/۷۵
۵	۳۰	بوشهر	۲۷۵/۶	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۵۲
۶	۳۰	قائم‌شهر	۷۵۲/۳۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۸	۱/۳۳
۷	۲۵	گرگان	۶۱۲/۱	۰/۱	۰/۰۳	۰/۲	۰/۷۸
۸	۳۰	قزوین	۳۱۵/۹	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۴۷
۹	۲۳	همدان	۳۱۶/۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۵۲
۱۰	۳۰	اصفهان	۱۲۱/۴	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۹	۱/۴۷
۱۱	۱۳	ایلام	۶۲۷/۹	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۴۲
۱۲	۳۰	ارومیه	۳۴۹/۳	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۹۹
۱۳	۱۳	قم	۱۴۹	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۱/۷۲
۱۴	۳۰	زاهدان	۹۴/۸	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۱	۱/۹۲
۱۵	۳۰	زنجان	۳۱۷/۶	۰/۱۴	-۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۵۶
۱۶	۳۰	یزد	۶۲/۱	۰/۷۳	۰/۸۵	۰/۸۲	۳/۳۲
۱۷	۱۳	یاسوج	۸۲۲/۹	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۳۲
۱۸	۳۰	تهران	۲۲۹/۲	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۷
۱۹	۳۰	تبریز	۲۹۳/۳	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱	۰/۴۴
۲۰	۳۰	شیراز	۳۴۴/۷	۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۹۲
۲۱	۳۰	شهرکرد	۳۱۹	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۶۵
۲۲	۳۰	سمنان	۱۳۹/۹	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۶
۲۳	۳۰	سندج	۴۷۱	۰/۱۴	-۰/۰۷	۰/۲۷	۲
۲۴	۳۰	رشت	۱۳۵۳	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۴	۱/۰۷
۲۵	۳۰	مشهد	۲۵۷/۵	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۴۸
۲۶	۳۰	خرم آباد	۵۱۵/۱	۰/۱۳	-۰/۰۴	۰/۲۱	۱/۵
۲۷	۳۰	کرمانشاه	۴۵۰/۸	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۱۵
۲۸	۲۵	کرمان	۱۵۸/۹	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۰۷

جدول ۱- نام ایستگاه‌های مورد مطالعه و آماره‌های توصیفی مربوط به آنها

کرده‌اند. Guttman (۸) نیز قبل از تحلیل منطقه‌ای داده‌های بارندگی با روش گشتاورهای خطی، مناطق همگن را با توجه به نواحی جغرافیایی تعیین کرد. وی اشاره می‌کند همگنی این مناطق در اغلب موارد با روش گشتاور خطی نیز تایید می‌شود. وی در نهایت با معرفی ۱۰۴ واحد همگن توابع مختلفی مانند لوگ نرمال، گاما و مقادیر حدی تعمیم یافته را در مناطق مختلف پیشنهاد می‌کند. گرچه به نظر می‌رسد توابع حدی تعمیم یافته برای بارندگی‌های حداکثر به‌تر است. Fowler (۶) و Durrans و Kiby (۵) این نکته را با مطالعه مناطق همگن بارندگی در انگلستان و ایالت آلابای آمریکا، بر اساس روش گشتاورهای خطی نشان دادند. از سوی دیگر، Loukas و همکاران (۱۲) توزیع لوگ نرمال ۲ و ۳ پارامتری را به منظور تحلیل فراوانی بارندگی سالانه پیشنهاد کرده‌اند.

در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ابتدا نواحی همگن بارندگی سالانه در سطح کشور تعیین گردید. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای نشان داد ۸ گروه بارندگی در سطح کشور وجود دارد که به خوبی با تغییرات جغرافیای اقلیمی ایران منطبق است. این گروه‌ها تاثیر نزدیکی به دریا، اثر پذیری از ارتفاعات و تاثیر عرض جغرافیایی را نشان می‌دهد. همگن بودن این گروه‌ها همچنین با استفاده از روش گشتاورهای خطی مورد آزمون قرار گرفت. با وجود دو ایستگاه ناجور یزد و بندر عباس در گروه‌های همگن ۱ و ۴ به دلیل قرارگیری در مرکز ناحیه بیابانی و همچنین مجاورت دریا، همگنی تمام گروه‌ها تایید شد. با این وجود برای هیچکدام از گروه‌ها به جز گروه ۶، نمی‌توان به یک تابع توزیع منطقه‌ای به منظور تحلیل فراوانی منطقه‌ای اشاره کرد. با این وجود می‌توان اذعان کرد توابع پیرسون تیپ ۳ و

شکل ۱- پراکنش مناطق همگن باران براساس روش وارد



قابل قبول نیستند. برای تمام ایستگاه‌ها در کل کشور، تنها تابع لوگ نرمال ۳ پارامتری به عنوان تابع ناحیه‌ای قابل قبول است.

نتیجه‌گیری

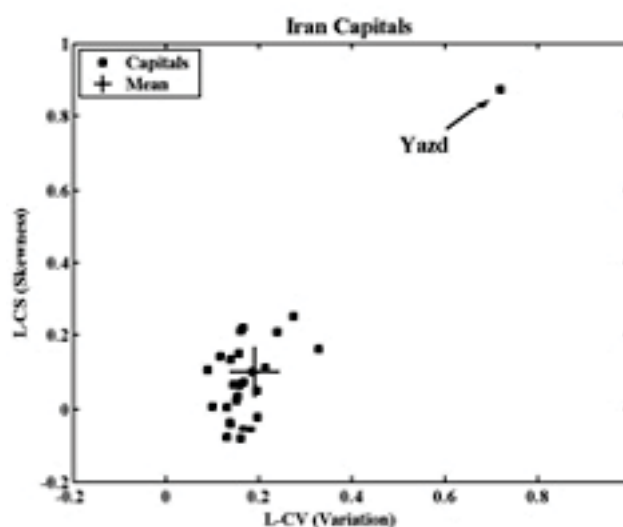
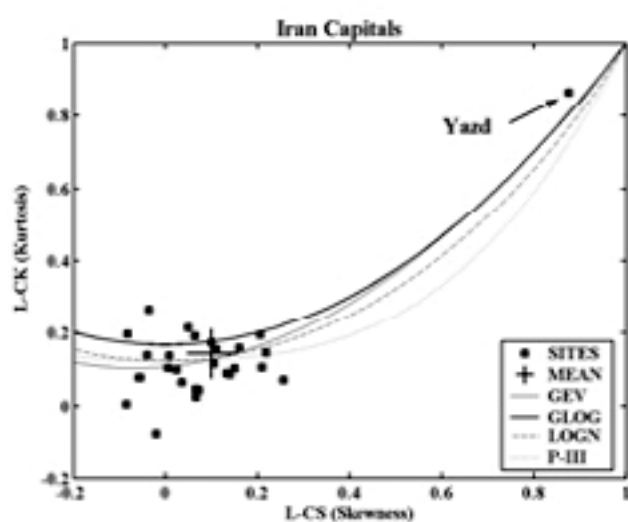
تعیین مناطق همگن بارش در مدیریت منابع آب از اهمیت خاصی برخوردار است. با وجود روش‌های مختلفی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند، مطالعات نشان داده یک روش به تنهایی قادر نیست اطلاعات صحیحی عرضه کند به طوری که Rao و Srinivas (۱۷) نیز به این نکته اشاره

جدول ۲- مقادیر آماره همگنی H1 برای مناطق همگن قبل و پس از حذف ایستگاه ناجور

آماره	گروه ۷	گروه ۶	گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱
H قبل از حذف ایستگاه ناجور	-۰/۵۳	-۰/۵۲	-۰/۹۶	۲/۴۷	-۰/۹	-۱/۶۵	۱/۰۸
H بعد از حذف ایستگاه ناجور	-	-	-	۰/۵۵	-	-	۰/۰۶
ایستگاه ناجور	-	-	-	بندرعباس	-	-	یزد

جدول ۳- مقادیر ZDIST برای مناطق همگن و توابع توزیع سه پارامتری

توابع توزیع	گروه ۷	گروه ۶	گروه ۵	گروه ۴	گروه ۳	گروه ۲	گروه ۱	کل ایران
لجستیک تعمیم یافته	- ۱/۰۹	- ۰/۸۹	- ۲/۳۰	- ۰/۳۰	۰/۵۶	۲/۶۸	۰/۳۴	۱/۸
مقادیر حدی تعمیم یافته	- ۱/۷۲	- ۱/۸۳	- ۳/۸۹	- ۱/۵۰	- ۰/۶۰	۰/۵۶	- ۰/۷۳	- ۱/۹۳
لوگ نرمال ۳ پارامتری	- ۱/۶۲	- ۱/۷	- ۳/۴۷	- ۱/۳۵	- ۰/۵۵	۰/۸۷	- ۰/۸۴	- ۱/۵۱
پیرسون تیپ ۳	- ۱/۶۶	- ۱/۷۶	- ۳/۴۸	- ۱/۴۴	- ۰/۷۳	۰/۷۶	- ۱/۱۷	- ۱/۸۱



شکل ۲- نمودار گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

3- Acerman, M. C. and Sinclair, C. D. 1986; Classification of drainage basins according to their physical characteristics: An application for flood frequency analysis in Scotland. Journal of Hydrology, 84: 365-380.

4- Domroes, M., M. Kaviani, and D. Schaefer. 1998; An analysis of regional and Intra-annual precipitation variability over Iran using multivariate statistical methods. Theoretical and Applied Meteorology, 61: 151-159.

5- Durrans, S. R., Kirby, J. T. 2004; Regionalization of extreme precipitation estimates for the Alabama rainfall atlas. Journal of Hydrology, 295, 101-107.

6- Fowler, H. J., Kilsby, C. G., 2003; A regional frequency analysis of United Kingdom extreme rainfall. International Journal of Climatology, 23, 1313-1324.

7- Gottschalk, L. 1985; Hydrological regionalization of Sweden.

لوگ نرمال ۲ پارامتری برای نواحی کوهستانی، توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته برای ناحیه مرکزی ایران و حاشیه خلیج فارس و توزیع لوگ نرمال ۲ پارامتری برای حاشیه دریای خزر از قابلیت بیشتری برخوردار هستند. نکته آخر اینکه تابع توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتری به عنوان یک تابع کلی برای برازش به بارندگی سالانه در سطح کشور توصیه می‌شود. همچنین تعیین مناطق همگن بر اساس توابع شدت-مدت-فراوانی و همچنین استفاده از تعداد بیشتری از ایستگاه‌های هواشناسی به منظور پهنه‌بندی مناطق همگن بارندگی در ایران توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱- مسعودیان، ا. ۱۳۷۸. تحلیل زمانی-مکانی تغییرات بارش در ایران. پایان نامه دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

2- Acerman, M. C. 1985; Predicting the mean annual flood from basin characteristics in Scotland. Hydrological Sciences Journal. 30: 37-49.

Hydrological Sciences Journal. 30: 65-83.

8- Guttman, N. B. 1993; The use of L-moments in the determination of regional precipitation climates, Journal of Climate, 6, 2309-2325.

9- Hosking, J. R. M. 1990; L-moments: Analyzing and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. Journal of Royal Statistical Society B, 52: 105-124.

10- Hosking, J. R. M., J. R. Wallis. 1993; Some statistical useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29(2): 271-281.

11- Jobson, J. D. 1992; Applied multivariate data analysis, Vol. II: Categorical and multivariate methods. Springer-Verlag, 731 pp.

12- Loukas, A., Vasiliades, L., Dalezios, N. R., Domenikiotis, C., 2001; Rainfall-frequency mapping for Greece. Physics and Chemistry of Earth (B), 26, 669-674.

13- Mosley, M. P. 1981; Delimitation of New Zealand hydrology regions. Journal of Hydrology. 49: 173-192.

14- Ramos, M. C., 2001; Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. J. hydrol. 57: 123-138.

15- Rao, A. R. and K. H. Hamed. 1997; Regional frequency analysis

of Wabash river flood data by L-moments. Journal of Hydrologic Engineering, 2(4): 169-179.

16- Rao, A. R., Hamed, K. H. 2000; Flood frequency analysis. CRC Press, Boca Raton, FL.

17- Rao, A. R., Srinivas, V. V., 2006; Regionalization of watershed by hybrid-cluster analysis. Journal of Hydrology, 318, 37-36.

18- Romero, R., G. Summer, C. Ramis and Genoves, A. 1999; A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. International Journal of Climatology 19, 765-785.

19- SAS/STAT, User's Guide, Version 8, 1999; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

20- Singh, C. V. 1999; Principal components of monsoon rainfall in normal, flood and drought years over India. International Journal Climatology. 19, 639-952.

21- Stedinger, J. R., R. M. Vogel, and E. Foufoula -Georgiou. 1993; Frequency analysis of extreme events, In: Hand book of Hydrology, D. R. Maidment (ed), McGraw Hill, New York, NY, 18.1-18.66.

22- Vogel, R. M. and N. M. Fennessey. 1993; L-moment diagram should replace product moment diagram. Water Resources Research. 29(6): 1745-1752.

