یادداشت فنی

گروه بندی مکانی خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد بارش در استان اصفهان

سیدسعید اسلامیان [۱] رضا مدرس [۲] سعید سلطانی [۳]

(دریافت ۸٤/۱۰/۷ پذیرش ۸۵/۱/۳۱)

چکیده

تعیین پراکنش مکانی ویژگیهای خشکسالی در استان اصفهان از اهمیت خاصی در مطالعه و مدیریت خشکسالی برخوردار است. در این مطالعه با استفاده از ۱۰ مشخصه خشکسالی که بر اساس شدت، مدت و فراوانی شاخص استاندارد بارش در ٤٥ ایستگاه استان اصفهان استوار است و تحلیل خوشه ای این مشخصه ها، ٥ گروه مکانی خشکسالی در استان اصفهان تشخیص داده شد. پراکنش مکانی این گروهها بیانگر تغییرات شدت و مدت خشکسالیها بر اساس تغییرات طول و عرض جغرافیایی استان اصفهان است.

واژه‌های کلیدی: *خشکسالی، پراکنش مکانی خشکسالی، شاخص SPI، تحلیل خوشه‌ای، مشخصه‌های خشکسالی.*

Spatial Grouping of Drought Using Standardized Precipitation Index in Isfahan Province

Saeid Eslamian[1], Reza Modarres[2], Saeed Soltani[3]

(Received Dec.26, 2005 Accepted Apr. 20, 2006)

Abstract

The determination of spatial distribution of drought attributes in Isfahan province is essential for the study and management of drought. In this study, using ten drought attributes based on severity, duration and frequency of standardized precipitation index in 45 stations in Isfahan province and cluster analysis of this attributes, 5 spatial groups were identified in Isfahan province. The spatial distribution of these groups shows that the change in severity and duration of drought is based on various longitudes and latitudes in Isfahan province.

Keywords: *Drought, Spatial Distribution of Drought, SPI, Cluster Analysis, Drought Attributes.*

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
Saeid@cc.iut.ac.ir
۲- کارشناس ارشد گروه بیابان‌زدایی دانشگاه صنعتی اصفهان
۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه صنعتی اصفهان

1- Assoc. Prof., Dept. of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
Saeid@cc.iut.ac.ir
2- Grad. Student of Desertification, Isfahan University of Technology
3- Assist. Prof., Dept. of Range and Watershed Management, Isfahan University of Technology

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

خشکسالی مخرب‌ترین پدیده اقلیمی است که در تمام نواحی اقلیمی اعم از مناطق خشک و نیمه خشک و مناطق نیمه مرطوب پدید می‌آید؛ در حالی که خشکی یک پدیده دائمی است [۱ و ۲] که از کاهش غیر منتظره رطوبت (چه به شکل بارش، رطوبت خاک یا جریان رودخانه‌ای) به وجود می‌آید. در چند دهه گذشته استفاده از روشهای آماری در بررسی پدیده‌های هیدرولوژیک مانند خشکسالی به خوبی توسعه پیدا کرده است. روش تحلیل خوشه‌ای یکی از روشهای تحلیل چند متغیره است که محبوبیت زیادی بین اقلیم شناسان و هیدرولوژیست‌ها دارد و اغلب به منظور گروه‌بندی این پدیده‌ها در بعد زمان یا مکان به کار می‌رود. برای کاربرد روش خوشه‌ای در هیدرولوژی و منابع آب می‌توان به مثالهای مختلفی اشاره کرد. گودشاک[1] با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای و مؤلفه‌های اصلی، نواحی همگن هیدرولوژیک را در کشور سوئد تعیین کرد [۳]. رومرو و همکاران[2] [۴] در طبقه‌بندی رابطه بارندگی روزانه و سیستم‌های گردش عمومی جو، سینگ[3] [۵] در طبقه‌بندی دوره‌های خشکسالی و سیل در هند، استال[4] و دموت[5] [۶] در طبقه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیکی، راموس[6] [۷] در طبقه‌بندی بارندگی در منطقه مدیترانه و موران[7] [۸] درطبقه‌بندی دما و بارش، از روشهای چند متغیره مانند طبقه‌بندی خوشه‌ای و تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده کردند. هدف از این مطالعه، گروه‌بندی منطقه‌ای خشکسالی هواشناسی در سطح استان اصفهان با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای است. در تحلیل و گروه‌بندی خشکسالی ایجاد یک ماتریس $n \times p$ از ویژگیهای خشکسالی ضروری است. این ماتریس شامل n مشخصه[8] خشکسالی از p نقطه اندازه‌گیری (در اینجا ایستگاههای هواشناسی) است. با تحلیل خوشه‌ای این ماتریس می‌توان به گروه‌بندی مکانی ویژگیهای خشکسالی رسید.

۲- روش تحقیق

۲-۱- شاخص خشکسالی

به منظور گروه‌بندی مشخصه‌های خشکسالی ابتدا باید یک شاخص خشکسالی در نظر گرفت. از بین شاخصهای مختلفی که در تحلیل خشکسالی هواشناختی مورد استفاده قرار می‌گیرند، شاخص استاندارد بارندگی[9] (SPI) از قابلیت بهتری برخوردار است [۹ و ۱۰]. برای تحلیل دوره‌های زمانی یک، سه، شش و یا نه ماهه از روابط ۱ تا ۳ استفاده می‌شود:

$$SPI_{\nu\tau} = \frac{P\nu\tau - \overline{P_\tau}}{\sigma_\tau} \qquad (۱)$$

$$\overline{P_\tau} = \frac{1}{N}\sum_{\nu=1}^{N} P_{\nu,\tau} \qquad \tau = 1,\ldots,\omega \qquad (۲)$$

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{\nu=1}^{N}(P_{\nu,\tau} - \overline{P_\tau})} \qquad (۳)$$

در اینجا، N تعداد سالها، $P\nu\tau$ مقدار بارندگی در دوره τ از سال ν، ν سال مورد نظر، τ دوره زمانی کوچکتر از سال، $\overline{P_\tau}$ و σ_τ میانگین و انحراف معیار دوره τ و ω تعداد دوره‌ها در سال است. در این مطالعه شاخص SPI بر اساس دوره زمانی سه ماهه ($\omega = 4$) محاسبه می‌شود.

۲-۲- مشخصه‌های خشکسالی

همان طور که عنوان شد به منظور دسته‌بندی، ایجاد یک ماتریس از خصوصیات نقطه‌ای یک متغیر در یک ناحیه ضروری است. به منظور گروه‌بندی ویژگیهای خشکسالی، پس از محاسبه سری سه ماهه شاخص استاندارد بارش، ۱۰ مشخصه از هر سری زمانی برای هر ایستگاه به شرح زیر انتخاب شد که برآوردی از خصوصیات مهم خشکسالی نظیر شدت، مدت و فراوانی وقوع بود.

۱- بیشترین مقدار SPI مشاهده شده؛

۲- کمترین مقدار SPI مشاهده شده؛

۳- طولانی‌ترین دوره خشکسالی مشاهده شده در سری زمانی SPI (بر حسب ماه)؛

۴- دومین دوره بزرگ خشکسالی پس از مشخصه شماره ۳. توضیح اینکه ابتدا کوتاه‌ترین دوره خشکسالی به عنوان مشخصه چهارم در نظر گرفته شده بود که در تمام ایستگاهها برابر بود (بر حسب ماهها)؛

۵- میانگین دوره خشکسالی که با تقسیم مجموع طول دوره‌های خشکسالی بر تعداد دوره‌ها به دست آمد (بر حسب ماه)؛

۶- میانگین دوره ترسالی که با تقسیم مجموع طول دوره‌های ترسالی بر تعداد دوره‌ها به دست آمد (بر حسب ماه)؛

۷- نسبت مجموع طول دوره‌های خشکسالی به کل دوره زمانی مورد استفاده بر حسب درصد؛

۸- نسبت مجموع طول دوره‌های ترسالی به کل دوره زمانی مورد استفاده بر حسب درصد؛

[1] Gottschalk
[2] Romero et al.
[3] Singh
[4] Stahl
[5] Demuth
[6] Ramos
[7] Moron
[8] Attribute
[9] Standardized Precipitation Index

Archive of SID
www.SID.ir

۹- نسبت طول دوره‌های نرمال به کل دوره زمانی مورد استفاده بر حسب درصد و
۱۰- نسبت دوره‌های خشکسالی شدید و خیلی شدید نسبت به کل خشکسالیهای پدید آمده.

۲-۳- تحلیل خوشه‌ای

هدف از تحلیل خوشه‌ای، قرار دادن ایستگاهها در گروههایی است که بیشترین تفاوت را با یکدیگر دارند. در این حالت یک ماتریس $(n \times p)$ شامل n مشاهده از p ویژگی اندازه‌گیری شده ایجاد می‌شود. در این حالت شباهت بین خوشه‌ها بر اساس فاصله اقلیدسی محاسبه و ماتریس شباهت $(n \times n)$ تشکیل می‌شود [۱۱]. دو روش اساسی در تحلیل خوشه‌ای وجود دارد که شامل روش سلسله مراتبی و تقسیمی است. مهم‌ترین مسئله در تحلیل خوشه‌ای، تعداد مناسب خوشه‌هاست. بر اساس توصیه SAS [۱۲]، در این تحقیق از دو شاخص مقدار ضریب تبیین[1] (R^2) و t^2 کاذب[2] که بر اساس آنالیز واریانس خوشه‌های ایجاد شده محاسبه می‌شود، استفاده می‌گردد. بر این اساس، تعداد خوشه‌های مناسب برابر است با تعداد خوشه‌ای که مقدار t^2 کاذب به طور قابل توجهی نسبت به خوشه‌های قبلی کاهش یا افزایش یابد.

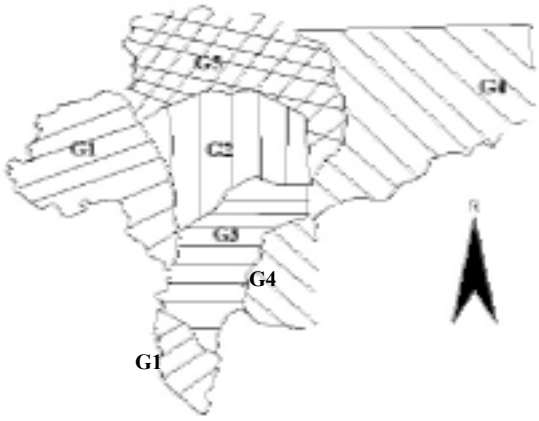
۳- نتایج و بحث

در این مطالعه شاخص استاندارد بارش سه ماهه برای ۴۵ ایستگاه هواشناسی و سینوپتیک استان اصفهان در دوره آماری سی ساله (۱۹۷۰-۲۰۰۰) محاسبه گردید.

ابتدا تحلیل خوشه‌ای با استفاده از روش سلسله مراتبی "وارد"[3] انجام شد. نتایج تحلیل خوشه‌ای با متغیر استاندارد شده نشان می‌دهد، پنج خوشه، ۸۹ درصد واریانس بین گروهها (r^2 = ۰/۸۹) را توجیه می‌کند. مقدار t^2 در خوشه پنجم از ۱۱/۲ به ۷/۱ کاهش می‌یابد و سپس تغییرات آن ثابت است. بنابر این در این حالت که با متغیرهای استاندارد شده انجام شده است، تعداد پنج گروه برای تفکیک مکانی مشخصه‌های خشکسالی مناسب است (شکل ۱). از بین ۱۰ مشخصه انتخاب شده، عرض جغرافیایی فقط با مشخصه هفتم در سطح یک درصد رابطه منفی معنی‌دار دارد (r=-۰/۵۱). از طرف دیگر طول جغرافیایی با مشخصه‌های هفتم، هشتم و نهم به ترتیب رابطه منفی در سطح ۵ درصد (r=-۰/۳۵)، رابطه منفی در سطح ۵ درصد (r=-۰/۴۲) و رابطه مثبت در سطح ۵ درصد (r=۰/۵) نشان می‌دهد. شاخص دهم نیز در سطح ۵ درصد رابطه مثبت و معنی‌داری ضعیفی با طول و عرض جغرافیایی نشان می‌دهد (r=۰/۳۴). به عبارت دیگر با افزایش طول و عرض جغرافیایی، نسبت وقایع خشکسالی شدید و خیلی شدید به کل خشکسالیها افزایش یافته اما دوره خشکسالیها کاهش می‌یابد. بنابراین انتظار می رود خشکسالیهای به وقوع پیوسته در شرق استان اصفهان دارای شدت بیشتر و در غرب استان دارای طول دوره بیشتری باشد. این در حالی است که مشخصه‌های مهم دیگر یعنی مشخصه‌های دوم، سوم و چهارم دارای تغییرات تصادفی بوده و از الگوی مکانی مشخصی برخوردار نیست.

محاسبه میانگین و انحراف معیار ضریب تغییرات (Cv) مشخصه‌های گروههای ۵ گانه خشکسالی نیز مؤید همگن بودن نسبی تمام گروههاست. با این حال همگنی گروههای چهارم و پنجم نسبت به گروههای دیگر بیشتر است. این موضوع می‌تواند ناشی از

[1] Coefficient of Determination
[2] Pseudo t^2
[3] Ward



شکل ۱- پراکنش مکانی گروههای خشکسالی ۵ گانه

Archive of SID
www.SID.ir

شرایط اقلیمی یکنواخت‌تر در مناطق شرقی و شمالی نسبت به شرایط سایر گروهها باشد. نکته قابل ذکر اینکه حداکثر دوره خشکسالی در ایستگاههای منطقه خشک و نیمه خشک استان اصفهان با ایستگاههای دیگر کاملاً متفاوت است. می‌توان گفت این شاخص منحصراً در مناطق خشک و نیمه خشک شرق استان به طور محسوسی بالاتر از مناطق دیگر است که نشان دهنده ریسک بالای مناطق شرقی به لحاظ وقوع خشکسالیهای شدید و بسیار شدید است.

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه به منظور گروه‌بندی مکانی خشکسالی در استان اصفهان از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. به این منظور لازم است مشخصه‌هایی از خشکسالی برای هر ایستگاه به طور مجزا انتخاب شود. این مشخصه‌ها می‌بایست مبتنی بر ویژگیهای مهم خشکسالی نظیر شدت، مدت و فراوانی باشد. ده مشخصه انتخاب شده در این مطالعه واجد این خصوصیات بود. نکته حائز اهمیت دیگر، انتخاب شاخص خشکسالی است که قابلیت نشان دادن ویژگیهای مهم خشکسالی را دارا باشد. گرچه در این مطالعه از شاخص استاندارد بارش استفاده شد، اما پیشنهاد می‌شود از دیگر شاخصها نیز استفاده شده و نتایج آنها با این شاخص مقایسه گردد. در پایان، ذکر این مطلب نیز ضروری است که در اغلب مطالعات مربوط به کاربرد تحلیل خوشه‌ای در منابع آب و هیدرولوژی که در داخل کشور انجام می‌شود، تعداد خوشه‌ها به صورت اختیاری و صرفا بر اساس نمودار درختی تعیین می‌شود. در حالی که با استفاده از شاخصهای مهمی مانند ضریب تبیین و t^2 می‌توان به نتایجی با دقت بالاتر دست پیدا کرد. در مطالعات آینده، تلفیق تحلیل عاملی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی با تحلیل خوشه‌ای پیشنهاد می‌شود.

۵- تشکر و قدردانی

از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان به خاطر تصویب و تأمین بودجه این طرح تحقیقاتی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶- مراجع

1- Thompson, S. A. (1999). *Hydrology for water management*, 2nd Ed., A. A. Balkema, Rotterdam.

2- Smith, K. (2000). *Environmental hazards, assessment risk and reduction disasters*, 3rd Ed., Routledge, London.

3- Gottschalk, L. (1985). "Hydrological regionalization of Sweden." *J. Hydrological Sciences Journal,* 30(3), 65-83.

4- Romero, R., Summer, G., Ramis, C., 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(7), 765-785.

5- Singh, C. V. (1999). "Principal components of Monsoon rainfall in normal, flood and drought years over India." *International Journal of Climatology*, 19(3), 639-652.

6- Stahl, K., and Demuth, S. (1999). *Methods for regional classification of stream flow drought series: Cluster analysis*, Technical report to the ARIDE project, No. 1, Freiburg University Publication.

7- Ramos, M. C. (2001). "Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean rgion." *Journal of Hydrology*, 57(1), 123-138.

8- Moron, V. (1997). "Trend, decadal and interannual variability in annual rainfall of subequatorial and tropical North Africa (1990-1994)." *International Journal of Climatology*, 17(5), 785-805.

9- Keyantash, J., and Dracup, J. A. (2002). "The quantification of drought: A evaluation of drought indices." *Bulletin of the American Meteorological Society*, 38(8), 1167-1180.

10- Mckee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1993). "Drought monitoring with multiple timescales." *Preprints, 8th Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc.,* 179-184.

11- Jobson, J. D. (1992). *Applied multivariate data analysis, Vol. II: Categorical and multivariate methods,* 2nd Ed., Springer-Verlag, New York.

12- *SAS/STAT user's guide; Version 8.* (1999). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Archive of SID
www.SID.ir