مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال پنجم/ شماره مسلسل شانزدهم/ تابستان ۱۳۹۴

واکاوی عوامل تأثیرگذار بر خشک‌سالی هیدرولوژیک. مطالعه موردی: حوضه‌های آبخیز استان لرستان

علیرضا تجری[۱]، منوچهر بابانژاد*[۲]، فاطمه کاردل[۳]، کریم سلیمانی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲]دانشیار دانشکده علوم، دانشگاه گلستان
[۳]استادیار دانشکده علوم دریایی و محیطی، دانشگاه مازندران
[۴]استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۵

چکیده

برای برنامه‌ریزی مدیریت بهینه منابع آب به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز بزرگ، شناخت روابط هیدرولوژیکی برای تشخیص عوامل تأثیرگذار بر خشک‌سالی هیدرولوژیک امری ضروری به نظر می‌رسد. خشک‌سالی از جمله عوامل طبیعی است که طی چند دهه گذشته خسارات زیادی را متوجه جوامع و محیط‌زیست ایران و حتی جهان نموده است. این تحقیق به بررسی عوامل تأثیرگذار بر خشک‌سالی هیدرولوژیک حوضه آبخیز استان لرستان می‌پردازد. ابتدا ۲۵ ایستگاه مناسب با توجه به پراکنش جغرافیایی و تنوع مساحت این استان در نظر گرفته شدند. اطلاعات فیزیوگرافی ایستگاه‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی استخراج، سپس تجزیه و تحلیل عاملی روی پانزده متغیر نمونه‌برداری شده از ایستگاه‌ها در نرم‌افزار آماری R-3-1-1 انجام شده است. نتایج نشان دادند که متغیرهای بارش، مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر از عوامل اصلی بوده و در مجموع ۸۴/۶۸۴ درصد از کل تغییرات در داده‌ها را بیان می‌کنند. سپس متغیرهای چهارگانه استخراج شده با تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی شدند و در نهایت دو گروه همگن به دست آمدند. به‌منظور بررسی صحت تحلیل خوشه‌ای در تعیین مناطق همگن از تحلیل ممیزی استفاده شد. تحلیل ممیزی صورت گرفته برای دو گروه همگن بر اساس متغیرهای چهارگانه یک تابع متمایزکننده ایجاد گردید. نتایج ضرایب تابع متمایزکننده در حالت استاندارد نشان دادند که در تابع ایجاد شده متغیر بارش با بارندگی متوسط با بیشترین بار وزنی ۰/۹۷۹ و متغیر مساحت با بار وزنی ۰/۸۷۷، مهم‌ترین متغیرهای متمایزکننده گروه‌های همگن از یکدیگر می‌باشند. در نهایت مقادیر همبستگی برآورد شده بیانگر آن است که دو گروه همگن از یکدیگر مجزا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، تحلیل عاملی، همگن بندی، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل متمایزی.

مقدمه و طرح مسأله

پدیده خشک‌سالی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت تأثیر خود قرار داده و باعث بروز بسیاری از دشواری‌ها از جمله مشکلات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی و غیره شده است. در دهه‌های اخیر عمدتاً به علت افزایش مصرف آب، برداشت بیش از حد مجاز از منابع، عدم استفاده از آب در دسترس، کافی نبودن بارندگی با توزیع زمانی و مکانی مناسب به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی و غلبه خشکی نگران‌کننده، پدیده کمبود آب را به‌عنوان یک واقعیت انکارناپذیر و هراس‌آور به کشور تحمیل نموده است (پورمحمدی و دیگران، ۱۳۹۰؛ قاسمی، ۱۳۷۹). آگاهی از وضعیت خشک‌سالی، برای انجام اقدامات آبخیزداری و

*نویسنده مسئول: m.babanezhad@gu.ac.ir

برنامه‌ریزی مدیریت بهینه‌ی منابع آب به‌ویژه در حوضه‌های آبخیز بزرگ، با پیش‌بینی و پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی می‌تواند خطر زیان‌های ناشی از این پدیده را تا حد قابل توجهی کاهش دهد (اکبری و دیگران، ۱۳۸۸؛ داوودی‌راد، ۱۳۷۸؛ پورمحمدی و دیگران، ۱۳۹۰؛ Shabani, 2003). خشک‌سالی هیدرولوژیک به دوره‌ای که جریان رودخانه به کم‌تر از مقدار طبیعی رسیده و رواناب یا ذخیره منابع آبی به شدت کاهش یابد تعبیر می‌شود. اخیراً تحلیل فراوانی خشک‌سالی هیدرولوژیک در مطالعات جریان‌های کم رودخانه‌ای مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است.

پیشینه تحقیق

موسوی (۱۳۷۸) در تحقیق خود در حوضه‌ی آبخیز دریاچه‌ی نمک، متغیرهای مساحت، ارتفاع حداقل، ضریب گراویلیوس، درصد متوسط وزنی سازندهای نفوذپذیر، بارندگی متوسط سالانه و تراکم آبراهه‌ها را به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جریان کمینه معرفی نمود. وی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای، منطقه‌ی مورد مطالعه را به سه گروه همگن تفکیک کرد. اسلامیان (۲۰۰۵)، با مطالعه جریان‌های کم (خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک)، در ۲۲ ایستگاه هیدرومتری استان مازندران، به این نتیجه رسید که خشک‌سالی هیدرولوژیک با سه متغیر مساحت، شیب متوسط، و ارتفاع متوسط حوضه همبستگی معنی‌داری دارد.

سمیعی (۱۳۸۲)، در مطالعه‌ای به منظور بررسی جریان‌های کمینه در حوضه‌های آبخیز استان تهران، نتیجه گرفت که چهار متغیر مساحت، بارش متوسط سالانه، نفوذپذیری متوسط وزنی و شیب متوسط حوضه در مجموع ۹۹/۳۶ درصد از تغییرات در داده‌های اصلی را توجیه می‌کنند. زرین (۱۳۸۲)، به منظور بررسی جریان‌های کم، برای برآورد رواناب با مطالعه‌ی ۲۸ ایستگاه هیدرومتری در حوضه‌های کرخه و کارون، متغیرهای بارش متوسط حوضه، مساحت، ارتفاع متوسط حوضه، ضریب گراویلیوس، و شیب آبراهه را مهم‌ترین عوامل مؤثر معرفی نمود. شماعی‌زاده (۱۳۸۳)، با بررسی شدت و تداوم خشک‌سالی هیدرولوژیک در حوضه‌های آبخیز کارون شمالی به این نتیجه رسید که همبستگی قوی بین تداوم و شدت خشک‌سالی برای همه ایستگاه‌ها وجود دارد. همچنین بیان نمود شدت خشک‌سالی با افزایش سطح آستانه، بیش‌تر می‌شود. از تحقیقاتی که در این زمینه در خارج از کشور صورت گرفته است، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

جلدسن و اسمیتر (۲۰۰۲)، در آفریقای جنوبی از روش تحلیل خوشه‌ای برای همگن‌بندی استفاده و مناطق مطالعاتی را بر اساس شاخص تمرکز بارندگی ماهانه به دو منطقه‌ی همگن تقسیم کردند. زایدمن (۲۰۰۳)، با مقایسه توابع توزیع مختلف برای شاخص‌های جریان کم به این نتیجه رسید که ویژگی‌های حوضه‌ی آبخیز مانند میانگین بارش سالانه و نفوذپذیری سازندها، می‌توانند از عوامل تأثیرگذار بر نوع تابع توزیع انتخاب شده باشند.

یو و وانگ (۲۰۰۴)، در تحقیقی بر روی ۳۴ ایستگاه هیدرومتری در کانادا، مدل‌های رگرسیونی را برای برآورد عوامل مؤثر بر خشک‌سالی هیدرولوژیک به کار بردند. آن‌ها در بررسی منطقه‌ای روابط بین جریان کم و خصوصیات حوضه با استفاده از متغیرهای مساحت، شیب و ضریب افت، حوضه را به سه منطقه همگن برای تحلیل منطقه‌ای تقسیم نمودند. نیوتزمن و می (۲۰۰۷)، با مطالعه‌ای در آلمان، به منظور بررسی خصوصیات مختلف جریان، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر جریان را بارش، تبخیر و تعرق و کاربری اراضی معرفی نمودند.

سایو (۲۰۰۹)، در تحقیقی بیان نمود که وجود وابستگی بین متغیرها، این امکان را می‌دهد که متغیرهای اصلی را به چند متغیر مستقل کاهش داد. این عمل باعث صرفه‌جویی در زمان محاسبات و سرعت بخشیدن در حصول نتیجه می‌گردد. در سال‌های اخیر با توجه به پیش‌تازی گستره سایه شوم خشک‌سالی بر استان لرستان، مطالعه‌ی حاضر با مروری کوتاه بر مفاهیم و روش‌های یاد شده در جهت

استفاده از روش تحلیل عاملی بر مبنای روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی[1] و توزیع عاملی آن‌ها طراحی و انجام شده است. این مطالعه روش عاملی را به عنوان روشی کارآمد نسبت به سایر روش‌ها، برای انجام مطالعات تحلیلی که نیاز به تحقیق در روابط بین متغیرهای تأثیرگذار بر خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک دارد، معرفی می‌کند.

مفاهیم، دیدگاه‌هاو مبانی نظری

پژوهشگران در تحقیقات علمی خود اغلب مجبورند چندین متغیر را اندازه‌گیری کنند، و روشهای آماری که برای تجزیه و تحلیل این متغیرها بکار می‌گیرند را تحلیل چند متغیره گویند. در تحلیل چند متغیره، بزرگ بودن بعد داده‌ها کار استنباط آماری را دچار مشکل می‌کند. برای حل این مشکل و همچنین برای نیل به استنباط آماری نااریب، استفاده از روش تحلیل عاملی بر مبنای روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی همواره مورد توجه محققان بوده است. این روش اطلاعات موجود در متغیرهای اصلی را تلخیص و فشرده کرده و بدون از دست دادن اطلاعات مفید، تحلیل نااریبی از روابط اصلی و متقابل بین گروه برزگی از متغیرها را بر اساس روابط مشترک بر مبنای همبستگی در توزیع ارایه می‌دهد.

از آنجایی که هدف این تحقیق واکاوی خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک می‌باشد، لذا با یک مجموعه داده با بعد بالا سروکار داریم. در نتیجه از روش تحلیل عاملی بر مبنای روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی در این تحقیق برای بررسی روابط بین متغیرهای تأثیرگذار بر خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک استفاده شد.

روش تحقیق

تعیین محدوده زیر حوضه ایستگاه‌ها و استخراج خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی: اولین گام در این تحقیق، تعیین محدوده‌ی زیرحوضه ایستگاه‌ها و استخراج خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی بوده است. برای انجام این کار، از نقشه‌های رقومی جاماب، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، پایگاه داده‌های علوم زمین و مدل رقومی ارتفاعی تهیه شده از سازمان جغرافیایی ارتش استفاده شد. در این راستا ابتدا منطقه‌ی مورد مطالعه به ۲۵ زیرحوضه تقسیم شد. سپس در هر زیرحوضه عوامل مؤثر بر رژیم کم‌آبی از قبیل مساحت، محیط، ارتفاع متوسط حوضه، شیب متوسط حوضه و غیره با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و با نرم‌افزار ArcView تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل عاملی و شناخت مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر رژیم کم‌آبی: همانطور که در بخش ۲ بیان شد، تحلیل عاملی روشی است که کاهش تعداد زیادی از متغیرهای وابسته به هم را به صورت تعداد کوچک‌تری از ابعاد پنهان یا مکنون امکان‌پذیر می‌سازد. هدف عمده‌ی آن رعایت اصل اقتصاد و صرفه‌جویی از طریق کاربرد کوچک‌ترین مفاهیم تبیین‌کننده به منظور بیان بیشینه مقدار واریانس مشترک در ماتریس همبستگی است. در واقع نتیجه اصلی تحلیل عاملی این است که می‌توان از طریق برآورد ماتریس همبستگی و مقادیر ویژه بین متغیرهای نمونه‌گیری شده و با توجه به اشتراک بین آن‌ها به تحلیل پدیده‌های پیچیده دست یافت. علاوه بر این از دلایلی که می‌توان برای اهمیت تجزیه و تحلیل عاملی ارائه داد این است که اولاً تجزیه و تحلیل عاملی ویژگی‌های وابسته به هم را که در رده‌بندی (تجزیه‌ی خوشه‌ای) مهم هستند از هم جدا می‌کند. ثانیاً با افزایش بعد متغیرها، برازش مدل رگرسیون چند متغیره به طور فزاینده‌ای نامناسب می‌شود که منجر به برآورد غیرقابل تعبیر اثرات متغیرها در مدل رگرسیون خواهند شد. در این صورت با استفاده از تجزیه‌ی عاملی، می‌توان بعد داده‌ها را کاهش داد، تا از این طریق تعبیر مناسبی از برآورد اثرات متغیرها به دست آورد. در حالت کلی می‌توان انجام تجزیه‌ی عاملی را در پنج مرحله زیر بیان نمود:

استاندارد کردن داده‌ها: برای در نظر گرفتن ارزش واقعی داده در هر تحلیل آماری، داده‌ها را ابتدا استاندارد می‌کنند. در غیر این صورت اختلاف در

1- Principal component analysis

مقیاس و تغییرپذیری دامنه‌ی داده‌ها، ممکن است به تحلیل‌های آماری نادرست منجر شود. با انجام این عمل داده‌های اولیه به داده‌های بدون واحد اندازه‌گیری تبدیل شده و تأثیر اصلی و اساسی خود را در محاسبات خواهند داشت (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ بی‌همتا و زارع، ۱۳۹۰).

برآورد ماتریس وزنی عاملی: بعد از استاندارد کردن داده‌ها، باید ماتریس وزنی عاملی و واریانس‌های عاملی را برآورد کرد. روش‌های مختلفی برای برآورد ماتریس وزنی عاملی و واریانس‌های عاملی وجود دارند. دو روش عمده برآورد، روش درست‌نمایی ماکزیمم و روش تحلیل عامل اصلی می‌باشند.

تعیین تعداد متغیرها: تعیین تعداد متغیرها به هدف تحقیق و همچنین ماهیت داده‌ها بستگی دارد. زمانی که تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به عنوان راه‌حل موقتی استفاده می‌شود، روش تقریبی عبارت است از این‌که تعداد متغیرها مساوی تعداد مقادیر ویژه‌ی ماتریس همبستگی و بزرگ‌تر از واحد در نظر گرفته شوند (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ بی‌همتا و زارع، ۱۳۹۰).

دوران یا چرخش متغیرها: پس از تعیین متغیرها باید دوران یا چرخش آن‌ها انجام شود. این نوع چرخش اغلب روی محور مختصات در جهت عقربه‌های ساعت صورت می‌پذیرد. چرخش متغیرها اصولاً به دو صورت متعامد (ناهمبسته) و مایل (همبسته) صورت می‌گیرد. در چرخش متعامد متغیرهای به دست آمده در مرحله ۳ با هم همبستگی ندارند، در حالی که در چرخش مایل متغیرهای به دست آمده در مرحله‌ی۳ با هم همبستگی دارند. همچنین روش‌های متعددی برای انجام چرخش متعامد و مایل وجود دارد. از جمله چرخش‌های متعامد که غالباً استفاده می‌شود، چرخش متعامد واریماکس است. از روش‌های چرخش مایل نیز می‌توان روش اوبلیمین را نام برد (Zaidman, 2003).

امتیازات عاملی: بعد از یافتن الگوی مناسب تجزیه‌ی عاملی، می‌توان امتیازات عاملی هر متغیر را برآورد کرد. برای بررسی نتایج تجزیه عامل‌ها، از آماره‌ی KMO[1] استفاده می‌شود که مقادیر بزرگ آن، نشان دهنده‌ی صحت مدل می‌باشد. برای به دست آوردن این آماره از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$KMO = \frac{\sum_{i=j} \Sigma r_{ij}^2}{\sum_{i=j} \Sigma r_{ij}^2 + \sum_{i=j} \Sigma a_{ij}^2} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

مقدار حدود ۰/۹ این ضریب نتیجه‌ی تجزیه به عامل بسیار مناسب، مقدار ۰/۸ تجزیه به عامل مناسب، مقدار ۰/۷ تجزیه به عامل متعادل، مقدار ۰/۶ تجزیه به عامل متوسط، و مقدار کوچک‌تر از ۰/۵ نتیجه تجزیه به عامل را نامناسب نشان می‌دهد. پس از انجام تجزیه و تحلیل عاملی و یافتن متغیرهای مستقل اصلی، اقدام به گروه‌بندی منطقه و تعیین مناطق همگن می‌کنیم (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ بی‌همتا و زارع، ۱۳۹۰).

تعیین مناطق همگن در حوضه‌های آبخیز : گروه‌بندی مناطق در هیدرولوژی اغلب به منظور انتقال اطلاعات از مناطق دارای آمار جریان به مناطق فاقد آمار صورت می‌گیرد. از مهم‌ترین کاربردهای مناطق همگن در تحلیل منطقه‌ای خشکسالی‌های هیدرولوژیک است. به طور کلی، مناطقی که از نظر آب و هوایی، شدت بارندگی فصلی، خصوصیات فیزیکی حوضه شامل پستی و بلندی، شبکه‌ی زه-کشی، خاک و پوشش مشابه باشند و شرایط یکسان برای وقوع دبی جریان ایجاد کنند، مناطق همگن دبی نامیده می‌شوند (اکبری و دیگران، ۱۳۸۸؛ Hall & Minns, 2009). برای تعیین مناطق همگن دبی از روش‌های مختلفی مانند روش تست همگنی آمار سری وقایع هیدرولوژیکی، روش استفاده از خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی همگن با استفاده از ویژگی‌های اقلیمی و آب و هوایی، روش مبتنی بر عکس‌العمل هیدرولوژی حوضه، روش‌های تصویری و روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای استفاده می‌شود.

در میان این روش‌ها، روش تجزیه و تحلیل خوشه-ای عبارت است از جست‌وجو و سامان‌دهی اطلاعات به منظور تعیین گروه‌هایی از متغیرها، به طوری که

1 . Kaiser Meyer Oklin

افراد داخل در یک گروه از جنبه‌های مورد نظر محقق مشابه، و با افراد در سایر گروه‌ها متفاوت باشند. در این تحقیق به علت سهولت و دقت بالا از این روش استفاده شده است. مراحل انجام تحلیل خوشه‌ای عبارتند از:

انتخاب معیار مشابه: از مسائل مهم در رده‌بندی مناطق، انتخاب خصوصیاتی است که به عنوان ویژگی‌های متمایزکننده در نظر گرفته می‌شوند. این خصوصیات دارای بیش‌ترین اطلاعات ممکن هستند. با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، گروه‌های همگن اولیه، مشخص و سپس با تجزیه و تحلیل متمایزکننده، خصوصیات حوضه‌ی گروه‌های واقعی تعیین می‌شوند (Worrall et al., 2007). خصوصیاتی که برای ایجاد مناطق همگن در نظر گرفته می‌شوند در دو گروه با ویژگی‌های آماری جریان و خصوصیات حوضه مشابه قرار می‌گیرند.

استاندارد کردن داده‌ها: اگر تمام کمیت‌های انتخاب‌شده به صورت خام وارد محاسبات شوند، به دلیل اختلاف در مقیاس و تغییرپذیری دامنه‌ی داده‌ها، ممکن است گروه‌های نادرستی ایجاد شود. بنابراین بهتر است قبل از محاسبه، داده‌ها استاندارد گردند (Bates et al., 1998; Nalbantis & Tsakiris, 2008). شایان ذکر است که در صورت یکسان بودن واحد اندازه‌گیری، نیازی به استاندارد کردن داده‌ها نیست (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷).

تعیین فواصل بین افراد: تعیین فواصل بین افراد بر اساس متغیرهایی است که برای تعیین مناطق همگن انتخاب می‌شوند و از طریق اندازه و تشابه بین افراد مشخص می‌گردد. شاخص‌های متفاوتی برای تعیین فواصل افراد وجود دارند که عبارتند از: فاصله‌ی اقلیدسی، مربع فاصله‌ی اقلیدسی، کسینوس برداری متغیرها و مجموع قدر مطلق تفاضل مقادیر در هر متغیر. معمولاً از رابطه‌ی فاصله اقلیدسی که برگرفته از رابطه‌ی فیثاغورث است، برای تعیین فواصل بین افراد استفاده می‌شود (Jonathan et al., 2004). رابطه‌ی فاصله اقلیدسی عبارت است از:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{p} \left(x_{ik} - x_{jk}\right)^2} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن x_{ik} تعداد متغیر x_k برای فرد i ام، و x_{jk} تعداد همان متغیر برای فرد j ام است. کمیت d_{ij}، تفسیر هندسی فاصله فرد i ام از j ام است. بنابراین هر چه d_{ij} کوچک‌تر باشد، شباهت بین دو فرد بیش‌تر خواهد بود. پس فاصله‌ی بین دو فرد عکس میزان شباهت بین آن‌هاست. حال به چگونگی انجام روش گروه‌بندی و روش تجزیه و تحلیل متمایزکننده پرداخته می‌شود.

انتخاب روش تعیین گروه‌ها: انتخاب روش تعیین گروه‌ها بستگی به نوع داده‌ها و هدف مورد نظر دارد. در حالت کلی دو روش برای گروه‌بندی وجود دارد که عبارتند از: روش جزءبه‌جزء و روش تحلیل خوشه‌ای طبقاتی. با مشخص‌شدن گروه‌های همگن باید به دو مسأله‌ی اساسی توجه داشت: الف) آیا گروه‌های ایجاد شده کاملاً مجزا از یکدیگرند؟ در صورت منفی بودن پاسخ چگونه می‌توان آن‌ها را مجزا نمود؟ ب) وضعیت حوضه‌ای که در تجزیه و تحلیل شرکت نکرده و یا حوضه‌ی فاقد آمار را چگونه می‌توان مشخص نمود که به کدام گروه تعلق دارد؟ در این تحقیق روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی تجمعی برای تعیین مناطق همگن هیدرولوژیک در حوضه‌های آبخیز مورد نظر استفاده شده است. تعداد گروه‌های همگن معمولاً بستگی به نظر محقق دارد، ولی در حالت کلی تعداد گروه‌ها را باید طوری در نظر گرفت که تعداد افراد هر گروه یکی بیش‌تر از تعداد متغیرهایی که برای برازش مدل رگرسیونی در نظر گرفته می‌شوند باشد (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ قاسمی، ۱۳۸۹).

تجزیه و تحلیل متمایزکننده: تجزیه و تحلیل متمایز-کننده یکی از روش‌های چند متغیره‌ی آماری است که معمولاً برای گروه‌بندی یک دسته نمونه استخراج شده از یک جامعه‌ی آماری استفاده می‌شود. بررسی نحوه‌ی تفکیک نمونه‌ها به دو یا چند گروه از زیر نمونه، از لحاظ اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی چند متغیر، موضوعی است که در ارتباط با تحلیل توابع

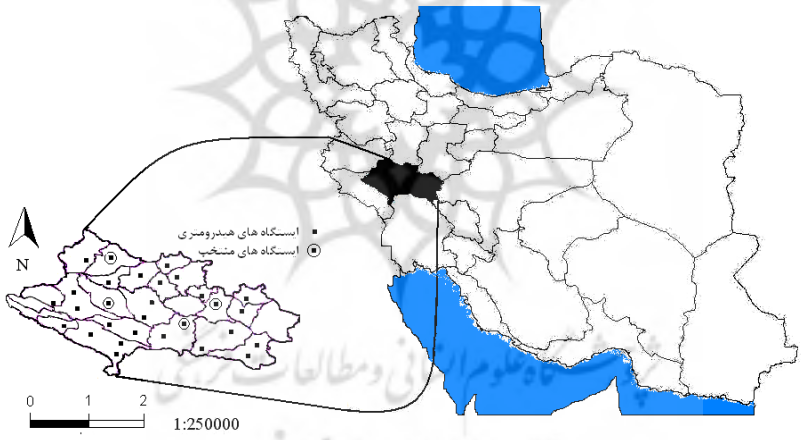
متمایزکننده باید دقت لازم در آن به عمل آید. بنابراین نقطه‌ی شروع این روش تجزیه و تحلیل، وجود گروه‌هایی از افراد می‌باشد که ممکن است با روش‌های دیگر گروه‌بندی ایجاد شده باشند (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ Modarres, 2008).

محدوده و قلمرو پژوهش

استان لرستان در غرب کشور بین طول‌های جغرافیایی ´۵۰ و°۴۶ تا ´۱ و°۵۰ شرقی و عرض‌های ´۴۰ و°۳۲ تا ´۲۳ و°۳۴ شمالی قرار دارد. حوضه آبخیز استان لرستان به دو حوضه آبخیز کرخه و دز تقسیم شده است. بر پایه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ در حوضه کرخه، تعداد ۲۱ واحد هیدرولوژیکی و ۱۶ ایستگاه هیدرومتری و در حوضه‌ی دز، تعداد ۱۷ واحد هیدرولوژیکی و ۱۷ ایستگاه هیدرومتری وجود دارند (شکل ۱). بین ۳۳ ایستگاه هیدرومتری موجود منطقه، ۲۵ ایستگاه با داشتن شرایط مناسب و انتخاب پایه زمانی مشترک ۳۰ ساله از داده‌های سال آبی ۵۹- ۱۳۵۸ تا سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- وضعیت حوضه‌های آبخیز و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در استان لرستان

حوضه‌ی آبخیز	تعداد واحدهای هیدرولوژیک	تعداد ایستگاه	درجه ۱	درجه ۲
کرخه	۲۱	۱۶	۱۲	۴
دز	۱۷	۱۷	۱۷	-
مجموع	۳۸	۳۳	۲۹	۴



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در استان لرستان

بحث اصلی

تجزیه و تحلیل عاملی: ابتدا ۲۱ متغیر شامل مساحت (کیلومترمربع)، ضریب گراویلیوس، ارتفاع در سه سطح حداکثر، متوسط و حداقل (متر)، آبراهه اصلی (متر)، بارندگی (میلی‌متر)، شیب (درصد)، تبخیر (میلی‌متر)، دما (درجه سلسیوس)، جهت غربی، تراکم زه‌کشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)، محیط (کیلومتر)، نفوذپذیری سازند (میلی‌متر بر ساعت)، اراضی فقیر (درصد)، پوشش گیاهی (درصد)، عوامل اقلیمی، عوامل فیزیوگرافی، توزیع بارش، شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت)، و سرعت وزش باد (متر بر ساعت) از ۲۵ زیرحوضه (نورآباد، کشکان، خرم‌آباد، مادیان رود، الشتر، هفت‌چشمه، چهول، هرود، تیره، سراب جهانگیر، کمندان، ماربره، سیلاخور، آب سرده، شاماش، ضرون، ازنا، نوژیان، قپان دره، سراب سفید، گراب، بیاتون، آب رودبار، قپانوری، و سبزه) مورد نظر مناسب از لحاظ پراکنش جغرافیایی و تنوع مساحت استان لرستان انتخاب شدند. با توجه به تأثیر متغیرهای مختلف بر واکنش‌های هیدرولوژیک، عموماً

در تحقیقات از همه متغیرها در تجزیه و تحلیل‌ها استفاده نمی‌شود. با بررسی مرور منابع و مطالعه‌ی تحقیقات پژوهشگران در ایران و جهان مشخص شد که ۲۱ متغیر انتخاب شده در مناطق مختلف از عوامل مهم و مؤثر بر کم‌آبی و خشک‌سالی معرفی شده‌اند. بر این اساس در این مطالعه به بررسی اثرات این متغیرها بر خشک‌سالی هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز استان لرستان پرداخته شد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها از زیر حوضه‌های مورد مطالعه، برای ارزیابی اولیه از آزمون ران تست برای اطمینان از صحت، همگنی و ناهمگنی داده‌ها استفاده شد. در واقع این ارزیابی برای کسب اطلاعات اولیه خشک‌سالی روی داده‌های متغیر بارندگی، مقادیر دهک‌ها به عنوان شاخص هواشناسی محاسبه شدند. بدین صورت که تقریباً چهار دهک پایین داده‌ها، سال خشک و سه دهک میانی و سه دهک بالای داده‌ها به ترتیب سال‌های نرمال و مرطوب در نظر گرفته شدند. سپس به دلیل حجم بزرگ داده‌ها، در این مقاله آن‌ها را در تجزیه و تحلیل به صورت سالانه آن‌هم میانگین در نظر گرفتیم.

برای تعیین میزان واکنش‌های هیدرولوژیک ۲۱ متغیر نمونه‌گیری شده، از آماره KMO استفاده شد. به عبارت دیگر تعیین تعداد متغیر با میزان واکنش‌های هیدرولوژیک مؤثر در گام اول با محاسبه‌ی مقدار آماره‌ی KMO (که تعیین‌کننده میزان تناسب تعداد عوامل انتخابی است)، صورت گرفت. در این مرحله با محاسبه‌ی این آماره برابر با KMO=۰/۷۰۵، ۱۵ متغیر از فهرست متغیرهای جدول (۱) انتخاب شدند. این متغیرها به همراه مقادیر آماره‌ی MSA[۴] در جدول (۲) نمایش داده شده‌اند. در تجزیه و تحلیل عاملی محاسبه‌ی آماره‌ی MSA نقش تعیین کننده‌ای دارد. زیرا اندازه‌ی مقادیر آماره‌ی MSA برای صحت معناداری درایه‌های ماتریس همبستگی متغیرها به کار می‌رود (Wiliams et al., 2010). همواره بازه‌ی تغییرات مقدار این آماره ۱ ≥MSA≥ ۰ است. هر چقدر این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد انتخاب آن متغیر به عنوان متغیر مؤثر در تحلیل عاملی محتمل‌تر است. همچنین آن دسته از متغیرهایی که دارای MSA کوچک باشند در تجزیه و تحلیل عاملی قرار نمی‌گیرند. بر این اساس در نهایت با محاسبه آماره‌ی KMO و مقادیر آماره‌ی MSA، از ۲۱ متغیر در نظر گرفته شده، فقط ۱۵ متغیر در تجزیه و تحلیل عاملی قرار گرفتند. بنابراین تجزیه و تحلیل عاملی برای شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر، روی ۱۵ متغیر نمونه‌برداری شده از این ایستگاه‌ها در نرم‌افزار آماری R-3-1-1 انجام شده است. همچنین در این تجزیه و تحلیل برای چرخش از روش دوران واریماکس استفاده شده است. همان‌طور که اشاره شد، نکته‌ی مهم در این قسمت، محدود نمودن تعداد متغیرهاست.

نتایج تجزیه‌ی عاملی نشان داد که چهار عامل بارش، مساحت، تراکم زه‌کشی و درصد اراضی فقیر از عوامل اصلی بوده که در مجموع ۸۴/۶۴۸ درصد از تغییرات در داده‌های اصلی را بیان می‌کند. به عبارت دیگر می‌توان گفت که ۸۴/۶۴۸ درصد کل تغییرات به طور گسترده در اطراف این چهار متغیر تمرکز یافته‌اند و در واقع این چهار متغیر هستند که بیش‌ترین سهم در تغییرات را از بین سایر متغیرها به خود اختصاص می‌دهند (جدول۳). همان‌طور که جدول (۳) نشان می‌دهد با بررسی مقادیر ریشه‌ی پنهانی ماتریس، درصد واریانس هر یک از عوامل چهارگانه به ترتیب ۳۷/۳۷، ۳۰/۵۹، ۹/۲، ۷/۴۶ به دست آمدند. همچنین با توجه به نتایج ماتریس دورانی واریماکس (جدول۴)، بارندگی با بیش‌ترین بار وزنی ۰/۹۷۹ به عنوان متغیر اول، و مساحت با بار وزنی ۰/۸۷۷ به عنوان متغیر دوم شناخته شدند. به همین ترتیب متغیرهای دیگر یعنی تراکم زه‌کشی و درصد اراضی فقیر حوضه به عنوان متغیرهای سوم و چهارم شناخته شدند (جدول۴). با تجزیه و تحلیل عاملی علاوه بر محدود نمودن تعداد متغیرها در حد معقول، متغیرهایی انتخاب می‌گردند که حداقل همبستگی را با هم داشته باشند (آذر و مؤمنی، ۱۳۷۷؛ وفاخواه، ۱۳۷۸). سپس همگن‌بندی مناطق هیدرولوژیک صورت گرفت.

1. Measure of Sampling Adequacy

جدول ۲- مقدار متغیرهای مختلف تعیین‌شده توسط آماره‌ی KMO برای تجزیه و تحلیل عاملی

مساحت	۰/۵۶۵a	۰/۸۶۶	۰/۱۳۳-	۰/۱۸۸	۰/۲۲۵	۰/۲۰۶	۰/۲۳۶	۰/۰۷۳	۰/۰۶۳	۰/۳۱۳	۰/۴۱۴	۰/۹۴۹-	۰/۱۳۶	۰/۰۰۲-
ضریب گراویلیوس	۰	۰/۵۵۹a	۰/۲۱۰	۰/۰۵۴-	۰/۲۴۴	۰/۱۷۹	۰/۰۲۶-	۰/۳۹۹	۰/۱۳۸-	۰/۱۲۸	۰/۴۸۹	۰/۳۲۷	۰/۸۶۳-	۰/۲۱۱	۰/۰۰۵-
ارتفاع حداکثر		۰/۸۲۸a	۰/۱۷۸-	۰/۲۶۹-	۰/۱۲۴-	۰/۱۶۲-	۰/۰۹۹-	۰/۰۸۹-	۰/۰۲-	۰/۱۶۴-	۰/۴۸۱	۰/۱۴۳-	۰/۰۳۵	۰/۱۲۲
ارتفاع متوسط			۰/۷۸۱a	۰/۳۹۱-	۰/۰۵۷-	۰/۰۳۰-	۰/۴۲۰-	۰/۵۳۱-	۰/۵۷۴	۰/۰۲۸-	۰/۱۵۹-	۰/۱۶۵	۰/۴۲۴	۰/۳۰۷-
ارتفاع حداقل				۰/۸۵۸a	۰/۳۰۹	۰/۱۲۴	۰/۰۸۷	۰/۱۲۹-	۰/۰۵-	۰/۱۴۳	۰/۰۵۹-	۰/۲۲۱-	۰/۴۸-	۰/۱۳۱-
آبراهه‌ی اصلی					۰/۸۱۳a	۰/۲۹۰	۰/۳۲۳	۰/۳۱۷	۰/۱۲-	۰/۱۵۷	۰/۱۵۸-	۰/۴۷۳-	۰/۴۴-	۰/۰۳۱
بارندگی						۰/۸۹۲a	۰/۱۶۰	۰/۴۴۹	۰/۲۴۸-	۰/۲۳۱-	۰/۰۰۳-	۰/۲۳۸-	۰/۰۵۵	۰/۱۰۹-
شیب							۰/۶۴۵a	۰/۳۸۴-	۰/۵۳۸	۰/۲۶۴	۰/۰۶۹	۰/۲۷۱-	۰/۳۵۲	۰/۳۵۱-
تبخیر								۰/۷۲۸a	۰/۷۵-	۰/۱۰۷۵	۰/۰۴۴	۰/۱۱۲-	۰/۳۷	۰/۴۶۸
دما									۰/۷۲۶a	۰/۰۹۲-	۰/۰۵۱-	۰/۰۴۹-	۰/۴۳۶	۰/۵۸۸-
جهت غربی										۰/۶۲۱a	۰/۰۰۳	۰/۳۲۷-	۰/۰۵۵	۰/۰۳۹-
تراکم زه‌کشی											۰/۵۷۷a	۰/۳۳۷-	۰/۲۷۹	۰/۰۵۰
محیط												۰/۶۲۰a	۰/۰۶-	۰/۰۳۰-
نفوذپذیری													۰/۵۳۹a	۰/۱۳۲-
درصداراضی فقیر														۰/۵۰۱a

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳- مقادیر ریشه پنهان ماتریسی و درصد واریانس عوامل

واریانس تجمعی	واریانس	کل	عوامل	ضریب
۳۷/۳۷۵	۳۷/۳۷۵	۵/۶۰۶	بارش	۱
۶۷/۹۷۳	۳۰/۵۹۸	۴/۵۹۰	مساحت	۲
۷۷/۱۸۴	۹/۲۱۱	۱/۳۸۲	تراکم زهکشی	۳
۸۴/۶۴۷	۷/۴۶۳	۱/۱۱۹	درصد اراضی فقیر	۴
۹۰/۳۰۴	۵/۶۵۶	۰/۸۴۸	ضریب گراویلیوس	۵
۹۴/۱۶۱	۳/۸۵۷	۰/۵۷۸	ارتفاع حداکثر	۶
۹۶/۶۵۸	۲/۴۹۷	۰/۳۷۴	ارتفاع متوسط	۷
۹۸/۱۶۳	۱/۵۰۵	۰/۲۲۶	ارتفاع حداقل	۸
۹۹/۲۳۷	۱/۰۷۴	۰/۱۶۱	آبراهه اصلی	۹
۹۹/۶۷۷	۰/۴۴۰	۰/۰۶۶	شیب	۱۰
۹۹/۸۸۸	۰/۲۱۱	۰۳۲	تبخیر	۱۱
۹۹/۹۷۹	۰/۰۹۲	/۰۱۴	دما	۱۲
۱۰۰	۰/۰۲۱	/۰۰۳	جهت غربی	۱۳
۱۰۰	۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۸	محیط	۱۴
۱۰۰	۰/۰۰۰۰۷۸	۰/۰۰۰۰۱۱	نفوذپذیری	۱۵

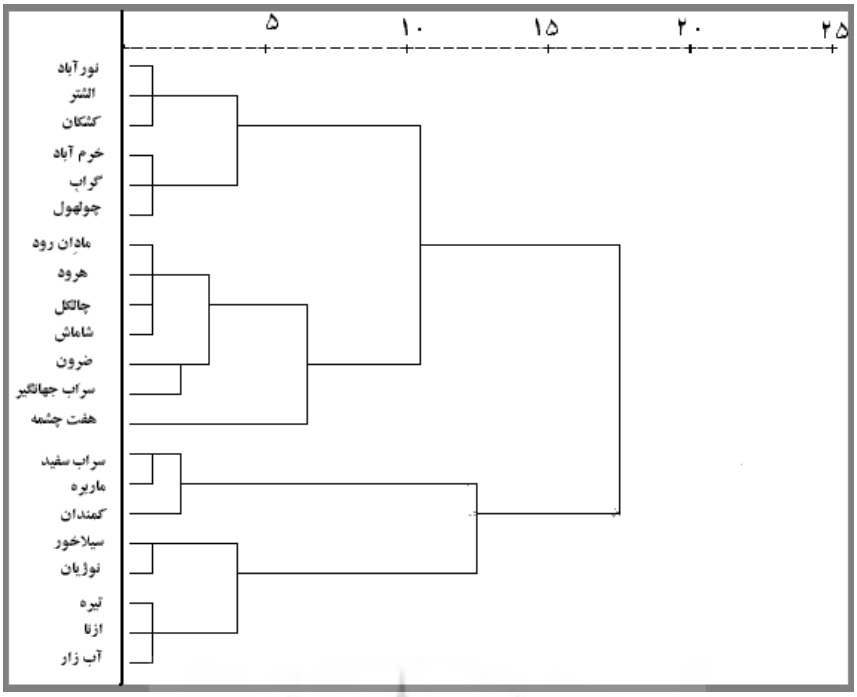
تعیین مناطق همگن

همان‌طور که در نحوه‌ی تعیین مناطق همگن گفته شد، در این مرحله پانزده متغیر استخراج‌شده از ایستگاه‌های منتخب، تحت فرآیند تحلیل خوشه‌ای، گروه‌بندی شدند. قابل ذکر است که تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی به روش طبقاتی تجمعی انجام شد، و همچنین معیارهای مورد استفاده برای گروه‌بندی خصوصیات فیزیکی و اقلیمی حوضه می‌باشند. در نتیجه از میان پانزده متغیر، متغیرهای چهارگانه از نتایج تحلیل عاملی انتخاب شدند تا بتوان به‌عنوان خصوصیات متمایزکننده‌ی مناطق همگن استفاده شوند.

برای تعیین گروه‌ها از چهار روش نزدیک‌ترین همسایه، دورترین همسایه، متوسط گروه و واردز استفاده شد. با مقایسه این روش‌ها مشخص شد که روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی واردز با توجه به واقعیت‌های جغرافیایی و طبیعی در منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر است (شکل ۲).

جدول۴- ماتریس دورانی (ماتریس امتیازات عاملی) به روش دورانی واریماکس

متغیر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
مساحت	۰/۱۴۴	۰/۸۷۷	۰/۱۷۱	۰/۱۵۴
ضریب گراویلیوس	۰/۲۱۱	۰/۷۴۰	-۰/۴۲۶	-۰/۲۴۵
ارتفاع حداکثر	-۰/۶۳۴	۰/۴۱۹	۰/۴۶۹	-۰/۰۱۸
ارتفاع متوسط	-۰/۹۵۲	-۰/۱۴۷	۰/۱۷۸	۰/۰۷۹
ارتفاع حداقل	-۰/۸۸۸	-۰/۲۶۸	۰/۱۸۰	۰/۱۲۸
آبراهه‌ی اصلی	۰/۲۳۶	۰/۹۴۶	-۰/۱۰۹	-۰/۰۱۵
بارندگی	-۰/۹۷۹	-۰/۰۹۳	۰/۱۰۳	۰/۰۳۰
شیب	۰/۰۶۰	-۰/۸۵۳	-۰/۰۰۳	۰/۰۵۰
تبخیر	۰/۹۷۹	۰/۰۹۵	-۰/۱۰۳	-۰/۰۳۲
دما	۰/۹۷۹	۰/۰۹۹	-۰/۱۰۵	-۰/۰۲۸
جهت غربی	۰/۵۹۸	-۰/۰۰۵	۰/۴۱۲	۰/۳۱۱
تراکم زه‌کشی	۰/۳۰۸	-۰/۰۲۶	-۰/۷۹۵	۰/۱۲۴
محیط	۰/۲۰۵	۰/۹۵۱	۰/۰۵۴	۰/۰۳۷
درصد نفوذپذیری متوسط	-۰/۰۶۲	۰/۶۷۰	۰/۱۷۸	-۰/۰۸۶
درصد اراضی فقیر	-۰/۱۰۹	-۰/۰۳۶	-۰/۰۷۶	۰/۹۴۱



شکل ۲- خوشه ایجاد شده بر اساس چهار متغیر: بارش، مساحت، تراکم زه‌کشی و درصد اراضی فقیر

با بررسی درختواره نگار[1] حاصل و در نظر گرفتن حداکثر ضریب تشابه ۱۷، دو گروه همگن قابل تفکیک هستند. حوضه‌هایی که در هر گروه قرار می‌گیرند عبارتند از: گروه همگن یک شامل نورآباد، کشکان، خرم‌آباد، مادیان رود، الشتر، هفت‌چشمه، چهول، هرود، تیره، سراب جهانگیر، کمندان و ماربره. گروه همگن دو شامل سیلاخور، آب سرده، شاماش، ضرون، ازنا، نوژیان، سراب سفید، گراب، بیاتون، قپان دره، آب رودبار، قپانوری، و سبزه.

با مقایسه آماری میانگین بارش حوضه‌های مورد مطالعه، مشخص شد که در میانگین بارش ایستگاه‌های دو گروه، از نظر آماری تفاوت معناداری در سطح آزمون ۰/۰۵ وجود دارد. در صورتی که بین میانگین بارش ایستگاه‌های هر گروه از نظر آماری تفاوت معناداری مشاهده نشده است. این نتایج برای سه متغیر مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر نیز صادق است.

تجزیه و تحلیل متمایزکننده

برای بررسی صحت تحلیل خوشه‌ای در تعیین مناطق همگن از تجزیه و تحلیل متمایزکننده (تحلیل ممیزی) استفاده شد. نتایج ضریب تابع متمایزکننده در حالت استاندارد نشان می‌دهد که در تابع ایجاد شده، متغیر مساحت با ضریب ۱/۷۲ و بارندگی متوسط با ضریب ۱/۲۱، مهم‌ترین متغیرهای متمایزکننده‌ی گروه‌ها از یکدیگر هستند (جدول ۵). با توجه به تحلیل صورت‌گرفته برای دو منطقه‌ی همگن بر اساس چهار متغیر بارش، مساحت، تراکم زه‌کشی و درصد اراضی فقیر، یک تابع متمایزکننده ایجاد شد. حداقل درصد تجمعی واریانس توابع ممیزی با پیش‌فرض صد درصد و حداکثر سطح معنی‌داری آماره‌ی ویلکس لامبدا نیز یک فرض شده است. با توجه به جدول (۶) مقادیر همبستگی کانونیک، کای اسکوئر و آماره‌ی ویلکس لامبدا گواه این ادعا می‌باشند که دو گروه از یکدیگر مجزا می‌باشند (جدول ۷).

1. Dendrogram

جدول ۵- ضریب توابع متمایزکننده در حالت استاندارد

متغیر	ضریب تابع
بارش	۱/۷۲
مساحت	۱/۲۱
تراکم زهکشی	۱/۱۰
پوشش گیاهی	۰/۹۰

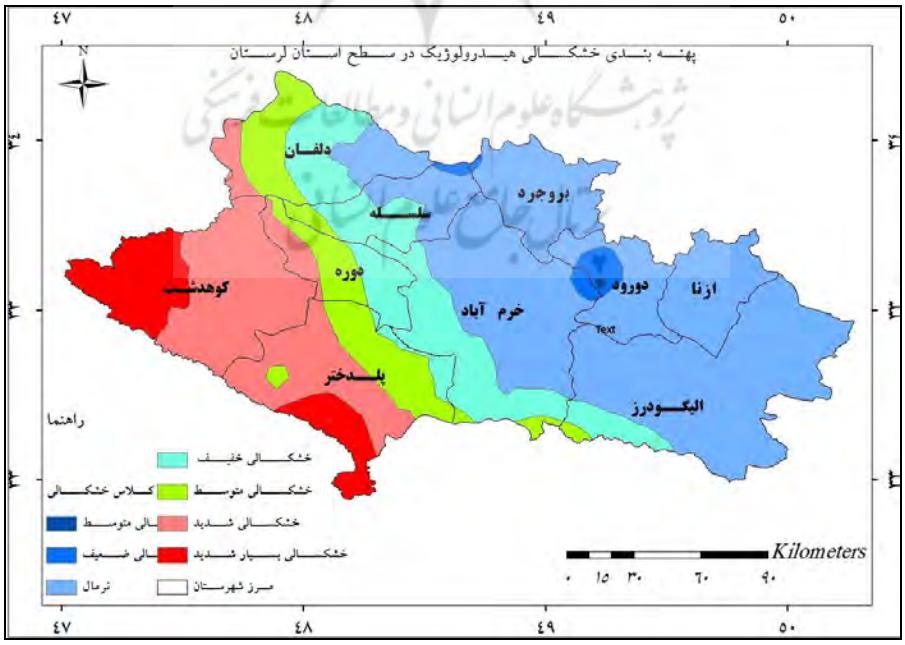
جدول۶- آنالیز توابع متمایزکننده برای ۲۵ زیرحوضه‌ی منتخب استان لرستان

ویلکس لامبدا	کای اسکوئر	همبستگی کانونیک	ریشه پنهان ماتریس همبستگی	درجه آزادی	تابع متمایزکننده
۰/۰۲۵	۵۸	۰/۹۳۰	۴/۸۸۰	۱۰	۱

جدول ۷- نتایج گروه‌بندی برای ۲۵ حوضه منتخب لرستان

جمع	گروه‌های پیش‌بینی‌شده			گروه‌های واقعی	
	۲	۱			
۸	۰	۸		۱	تعداد
۱۳	۱۳	۰		۲	
۱۰۰	۰	۱۰۰		۱	درصد
۱۰۰	۱۰۰	۰		۲	

پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی هیدرولوژیک در استان لرستان: نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی هیدرولوژیک نشان می‌دهد که این نوع خشک‌سالی غالباً در غرب استان، شدت بیش‌تری دارد و با فاصله از این منطقه شدت آن کاهش می‌یابد (شکل ۳). به گونه‌ای که خشک‌سالی با کلاس شدید و بسیار شدید در غرب و جنوب غرب استان رخ داده است. همچنین نقشه پهنه‌بندی خشک‌سالی هیدرولوژیک نشان می‌دهد که خشک‌سالی هیدرولوژیک در اغلب استان در کلاس نرمال قرار دارد.



شکل ۳- پهنه‌بندی خشک‌سالی هیدرولوژیک در استان لرستان

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

شناخت وقوع خشک‌سالی، ارزیابی تأثیر خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت بر اکوسیستم‌های آبی و همچنین پیش‌بینی به موقع آن برای اعلام هشدار از نیازهای اساسی در کشور ما به شمار می‌آید. در این مورد تعیین متغیرهای مؤثر از دو منظر آماری و هیدرولوژیکی در رخداد خشک‌سالی در هر منطقه از کشورمان با اهمیت است. زیرا در این صورت با چنین شناختی است که محققین می‌توانند تا حدودی احتمال وقوع خشک‌سالی را پیش‌بینی کنند و بر اساس آن ریسک عدم تأمین آب را در برنامه‌ریزی‌ها مد نظر قرار دهند.

در این تحقیق به واکاوی عوامل مهم و تأثیرگذار بر خشک‌سالی هیدرولوژیک در حوضه‌های آبخیز استان لرستان پرداخته شد. در این نوع خشک‌سالی سطح آب‌های زیرزمینی، حجم جریان‌های سطحی و ذخایر برفی به شدت افت می‌کند. از این‌رو واکاوی خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک یکی از نیازهای اساسی مدیریت منابع آب به‌ویژه در بخش کشاورزی آبی به شمار می‌آید. در این مطالعه شاخص‌های مختلفی جهت واکاوی خشک‌سالی هیدرولوژیک مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. در این راستا از تکنیک‌های مهم آماری شامل روش تجزیه و تحلیل عاملی و روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شدند. سهولت و هزینه کم، مهم‌ترین مزایای استفاده از تکنیک‌های آماری در چنین مطالعاتی است. با انجام فرآیند تجزیه و تحلیل عاملی چهار متغیر بارندگی، مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر از عوامل مؤثر بر خشک‌سالی هیدرولوژیک در استان لرستان شناخته شدند. از بین این متغیرها، بارندگی بیش‌ترین درصد کل تغییرات را در داده‌های اصلی سبب شده است. با توجه به این‌که بارندگی مهم‌ترین و تنهاترین منبع تأمین ذخایر آبی محسوب می‌شود، در نتیجه این متغیر بیش‌ترین سهم تغییر در داده‌های اصلی را سبب شده است. از طرفی درصد اراضی فقیر متأثر از سایر عوامل، کم‌ترین تغییر را در داده‌های اصلی بیان نموده است. در مجموع با توجه به بررسی‌های انجام شده، این متغیرها به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رژیم کم‌آبی و همچنین تفکیک مناطق همگن تشخیص داده شدند.

در بررسی‌های محققین دنیا اهمیت مناطق همگن هیدرولوژیک در افزایش دقت انتقال اطلاعات از مناطق دارای آمار به مناطق بدون آمار و نیز افزایش دقت و کارایی مدل‌های تحلیل منطقه‌ای بیان و به اثبات رسیده است. در تحقیق حاضر با در نظر گرفتن حداکثر ضریب تشابه ۱۷، دو گروه همگن شامل گروه همگن نورآباد، کشکان، خرم‌آباد، مادیان رود، الشتر، هفت‌چشمه، چهول، هرود، تیره، سراب جهانگیر، کمندان و ماربره و گروه همگن سیلاخور، آب سرده، شاماش، ضرون، ازنا، نوژیان، سراب سفید، گراب، قپان دره، بیاتون، آب رودبار، قپانوری، و سبزه قابل تفکیک می‌باشند. حوضه‌های این گروه‌ها از نظر خصوصیات اقلیمی و فیزیکی با یکدیگر شباهت بیش‌تری دارند. این امر در تعمیم اطلاعات از مناطق دارای آمار به مناطق فاقد آمار بسیار مفید واقع می‌شود. در تحقیق حاضر نیز اهمیت و ضرورت ایجاد مناطق همگن در مقایسه با مدل‌های کلی منطقه‌ای کاملاً مشهود است. البته باید توجه داشت که قابلیت اعتماد یک مدل منطقه‌ای و اعتبار آن مدل در یک منطقه خاص به طول دوره آماری داده‌های آب‌سنجی، تعداد ایستگاه‌های مورد استفاده، اختلافات زمین‌شناسی حوضه‌ها (که سبب ایجاد اختلاف در میزان نفوذپذیری و حرکت آب‌های زیرزمینی منطقه می‌گردد) و صحت داده‌ها بستگی دارد.

پیشنهادها

در راستای یافته‌های تحقیق حاضر، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شوند:

الف) استفاده از سایر روش‌ها و معیارهای همگن‌بندی برای افزایش اطمینان و دقت گروه‌بندی.

ب) بررسی دیگر عوامل مؤثر بر خشک‌سالی هیدرولوژیک مانند خاک‌شناسی.

پ) بررسی سایر پارامترهای اقلیمی در مقیاس‌های کوتاه‌مدت (فصلی) و تأثیر آن بر خشک‌سالی هیدرولوژیک.

ث) بررسی رابطه بین اُفت کمی جریان آب و تغییرات کیفیت آب.

ت) بالا بردن دقت استخراج عوامل از طریق استفاده از نقشه‌های با مقیاس بزرگ‌تر.

منابع

۱. آذر، عادل و منصور مؤمنی. ۱۳۷۷. آمار و کاربردهای آن در مدیریت (تحلیل آماری). چاپ نوزدهم، تهران، انتشارات سمت.

۲. اکبری، مسلم؛ کریم سلیمانی و محمود حبیب‌نژاد روشن. ۱۳۸۸. پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی GIS. مجموعه مقالات هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. بی‌همتا، محمدرضا و محمدعلی زارع چاهوکی. ۱۳۹۰. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. پورمحمدی، سمانه و دیگران. ۱۳۹۰. ارزیابی و برآورد اجزای بیلان آبی در حوزه‌های مناطق خشک با به‌کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: حوزه آبخیز منشاد یزد)، فصل‌نامه آب و فاضلاب، شماره ۲۲.

۵. داودی راد، علی‌اکبر. ۱۳۷۸. بررسی روابط بین عوامل مورفومتری حوزه و دبی‌های سیلابی در حوزه‌های آبخیز مرکزی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما محمد مهدوی، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی

۶. زرین، هدایت‌اله. ۱۳۸۲. جریان کم از حوضه‌ی کارون و کرخه به منظور برآورد رواناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما مهدی وفا خواه، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی نور.

۷. سمیعی، مسعود.۱۳۸۲. تعمیم منطقه‌ای جریان‌های کم‌آبی (مطالعه موردی: استان تهران)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما عبدالرسول تلوری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.

۸. شماعی‌زاده، مریم. ۱۳۸۳. تجزیه و تحلیل منطقه‌ای جریان کم در حوضه کارون شمالی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما سعید سلطانی کوپائی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده آبیاری.

۹. قاسمی، محسن. ۱۳۸۹. بررسی مترولوژیکی و هیدرولوژیکی شاخص خشک‌سالی در حوزه‌ی کرخه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما منوچهر حیدر پور، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده آبیاری.

- قاسمی، احمد رضا. ۱۳۷۹. خشک‌سالی و بارندگی مازاد ایران و ارتباط آن با پدیده ال نینو- نوسانات جنوبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما سید محمدجعفر ناظم السادات، دانشگاه شیراز، دانشکده منابع طبیعی.

۱۰. موسوی، علی‌اکبر. ۱۳۷۸. بررسی و تعیین پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز مشابه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریاچه‌ی نمک)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما غلامرضا زهتابیان، دانشگاه تهران، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

۱۱. وفاخواه، مهدی. ۱۳۷۸. مهم‌ترین عوامل مؤثر در بروز سیلاب با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی در حوزه آبخیز قره‌چای، پژوهش و سازندگی، شماره ۴۵.

11. Bates, B.C., Rahman, A., Mein, R.G. and Weinmann, P.E. 1998. Climatic and physical factors that influence the homogeneity of regional floods in southeastern Australia, Water Resources Research, 34:3369-3380.

12. Eslamian, S., Zareei, A. and Abreshamchi, S. 2005. Estimation of flows regional flow in the river basin of Mazandaran, Science and Technology Journal of Agriculture and Natural Resources, 8(1): 27-38.

13. Hall, M.J. and Minns, W.A. 2009. The classification of hierologically homogeneous regions, Hydraulic and Environment Engineering Hydrological Sciences, 44(5).
14. Jonathan, I., Graciana, P. and Kenneth, M. 2004. Evaluation of the impact of climate change on hydrology and water resources in Swaziland, Physics and Chemistry of the Earth, 29: 1193–1202.
15. Kjeldsen, T.R. and Smithers, J.C. 2002. Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal provinces South Africa, using the index-flood method, Journal of Hydrology, 255: 194-211.
16. Modarres, R. 2008. Regional Frequency Distribution Type of Low Flow in North of Iran, Journal of Water Resource Management, 22: 823 – 841.
17. Nalbantis, I. and Tsakiris, G. 2008. Assessment of Hydrological Drought Revisited, *Water Resources Bulletin*, 18(6):965-970.
18. Nu¨tzmann, G. And Mey, S. 2007. Model-based estimation of runoff changes in a small lowland watershed of Germany, Journal of Hydrology, 334: 467– 476.
19. Shabani, M. 2003. Land use assessment methods in statistics drought intensity zoning Fars Province, Journal of Water Engineering, 2(2):31-36.
20. Siyue, l. 2009. Water quality in the upper Han River china: The impacts of land use land cover in riparian buffer zone, Journal of Hazardous materials, 165: 467-476.
21. Wiliams, B., Onsman, A. and Brow, T. 2010. Exploratory factor analysis: A five- step guide for novices, Journal of Emergency Primary Health Care, 8: 220-234.
22. Worrall, F., Burt, T.P. and Adamson, J.K. 2007. Change in runoff initiation probability over a severe drought in a peat soil Implications for flow paths, Journal of Hydrology, 345: 16– 26.
23. Yue, S. and Wang, C.Y. 2004. Scaling of Canadian low flows, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 18: P 291-305.
24. Zaidman, M.D. 2003. Flow-duration-frequency Behavior of British rivers based on annual minimum data, Journal of Hydrology, 277, (3-4)195-213.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی