



دوره‌ی ۳۳، شماره‌ی ۱، شماره‌ی پیاپی ۱۲۶، بهار ۱۳۹۹، صفحه‌های ۲۵-۱۴
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2019.125848.1207

پژوهش‌های آبخیزداری

تحلیل منطقه‌ی خشک‌سالی‌های آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی

جمشید یاراحمدی

(نویسنده‌ی مسئول)* عضو هیأت علمی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

قباد رستمی‌زاد

عضو هیأت علمی بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

* رایانامه‌ی نویسنده مسئول: yarahmadi1353@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: ۲۶ آذر ۱۳۹۸

چکیده

گسترش خشک‌سالی‌ها ذاتاً ناحیه‌ی است. شرایط بحرانی در دوره‌های خشکی زمانی اتفاق می‌افتد که کم‌بود شدید منابع آبی به مدت طولانی در منطقه‌ی وسیعی رخ بدهد. بنابراین، بررسی منطقه‌ی خشک‌سالی و نه ایستگاهی آن، سبب به‌دست‌آوردن درک کامل‌تری از این پدیده می‌شود. این پژوهش با هدف تحلیل منطقه‌ی خشک‌سالی‌های آب‌شناختی استان آذربایجان شرقی در بازه‌ی زمانی ۴۵ ساله (۹۵-۱۳۵۱) و بررسی ۲۵ ایستگاه آب‌سنجی با توزیع مکانی مناسب در این استان اجرا شد. شناخت مناطق همگن آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی با روش تجزیه‌ی خوشه‌ی سلسله‌مراتبی در نرم‌افزار SPSS بر مبنای متغیرهای مستقل مساحت، محیط، طول آبراه اصلی، شیب آبراه اصلی، تراکم زه‌کشی، ضریب شکل حوزه، مجموع شبکه‌ی آب‌نمود (هیدروگرافی)، شیب متوسط وزنی حوزه، بیشینه، کمینه، میانگین ارتفاع حوزه و طول آن انجام شد. تحلیل فراوانی و برازش توزیع احتمال متغیرهای وابسته (مدت و شدت دوره‌های خشک‌سالی آب‌شناختی) بر مبنای دوره‌ی بازگشت دو ساله به تفکیک برای هر ایستگاه آب‌سنجی انجام شد. تحلیل عاملی با روش PCA در نرم‌افزار SPSS انجام شد. مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی با ضریب KMO ارزیابی گردید. مقدار این ضریب برای داده‌ها ۰/۵۴۶ بود. برآورد شد، که بیانگر مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی بود. نتیجه‌ی تحلیل عاملی نشان داد که محیط، ارتفاع و شکل آبخیز به ترتیب ۴۰/۱۳، ۲۶/۴۲ و ۱۳/۱۲، و در مجموع ۷۹/۶۸٪ در تبیین پراش متغیرها موثر است (بیش‌ترین نقش را در پهنه‌بندی دارد). نتیجه‌ی تحلیل منطقه‌ی با وایازی گام‌به‌گام نشان داد که فراسنجه‌های محیط، ارتفاع متوسط و ضریب شکل آبخیز نقش تعیین‌کننده‌ی در برآورد کردن شدت و مدت خشک‌سالی‌ها با دوره‌ی بازگشت دوساله در استان آذربایجان شرقی دارد. در کم‌بود ایستگاه‌های آب‌سنجی در بیش‌تر آبخیزهای استان، رابطه‌های منطقه‌ی آورده‌شده در این تحقیق می‌تواند در برآورد کردن مشخصه‌های خشک‌سالی‌های آب‌شناختی آبخیزهای بی‌داده‌ی مشاهده‌ی روان‌آب سطحی به‌کار رود.

واژگان کلیدی: آذربایجان شرقی، تحلیل منطقه‌ی، خشک‌سالی آب‌شناختی، روش سطح آستانه و وایازی گام‌به‌گام

مقدمه

ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی یا آب‌سنجی بوده است. یکی از هدف‌های مهمی که تحلیل منطقه‌یی به همراه خواهد داشت گسترش دادن اطلاعات نقطه‌یی به اطلاعات منطقه‌یی است که در نتیجه‌ی آن، همه‌ی مکان‌های بی‌داده که از نظر اهمیت منابع آبی نیاز مبرمی به داده و اطلاعات از آن هست، در مجموعه‌ی اطلاعات منطقه‌یی جا می‌گیرد (فاخری فرد و همکاران ۲۰۰۷).

از آن‌جا که در ایران کم‌تر به خشک‌سالی‌های آب‌شناختی توجه شده است، مستندهای علمی تحلیل‌های منطقه‌یی این نوع خشک‌سالی نیز کم‌تر است. ساداتی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۶) تحلیل منطقه‌یی خشک‌سالی‌ها را به روش گشتاور خطی بررسی کردند. با بررسی معیار ناچوری و معیار درجه‌ی همگنی مشخص شد که یکی از ایستگاه‌های حوزه‌ی کارون معیار ناچوری دارد. نتیجه‌ی معیار نکویی برازش نشان داد که توزیع پیرسون نوع سوم می‌تواند برازش ناحیه‌یی خوبی برای کل منطقه کند. بایزیدی و ثقفیان (۲۰۰۹) خشک‌سالی آب‌شناختی را در ۵۴ ایستگاه آب‌دهی‌سنجی در جنوب غرب ایران با روش تجزیه‌ی خوشه تحلیل منطقه‌یی کردند. نصرتی و همکاران (۲۰۱۸) برای بررسی خشک‌سالی آب‌شناختی در آبخیز اترک با روش تحلیل منطقه‌یی، داده‌های روزانه‌ی ۱۲ ایستگاه آب‌سنجی را به‌کار بردند و جریان کمینه با تداوم هفت‌روزه را در هر ایستگاه محاسبه کردند. آن‌ها برای تعمیم‌دادن تحلیل‌های نقطه‌یی به منطقه‌ی بررسی‌شده، مدل منطقه‌یی مناسب جریان کمینه‌ی هفت‌روزه با دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله را با روش مدل‌های وایازی (رگرسیون) استخراج، و جریان کمینه‌ی منطقه‌یی را برای ۲۵ ایستگاه برآورد کردند. این تحقیق با هدف شناسایی و تحلیل‌کردن منطقه‌یی خشک‌سالی‌های آب‌شناختی در آبخیزهای استان آذربایجان شرقی اجرا شد. رابطه‌های منطقه‌یی آورده‌شده را می‌توان در برآورد کردن مشخصه‌های خشک‌سالی‌های آب‌شناختی آبخیزهای بی‌ایستگاه‌های اندازه‌گیری روان‌آب سطحی به‌کاربرد.

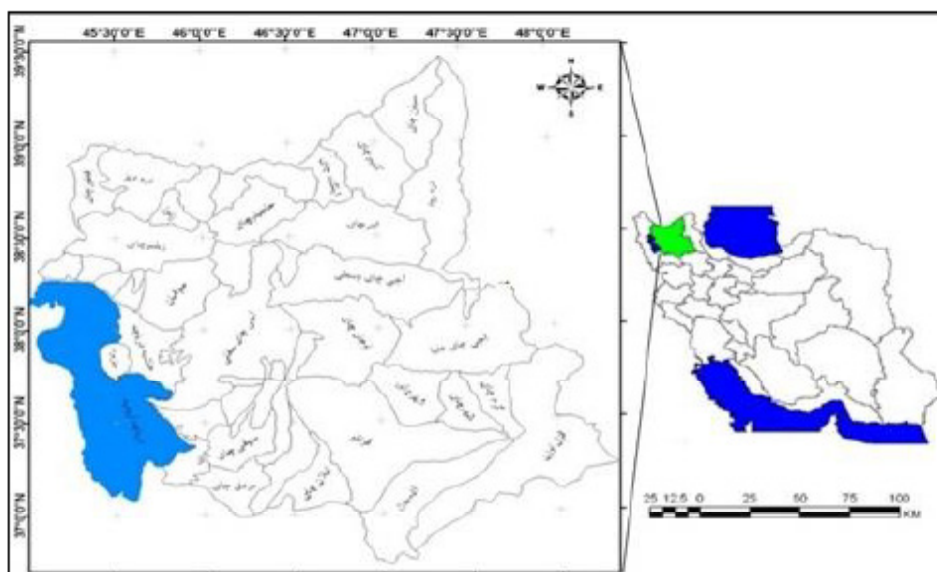
مواد و روش‌ها

منطقه‌ی بررسی‌شده

استان آذربایجان شرقی با مساحتی در حدود ۴۵۶۵۰۰۰ هکتار بین ۳۹° ۳۶' تا ۳۹° ۲۳' عرض شمالی و ۴۵° ۳' تا ۴۸° ۲۱' طول شرقی در شمال غربی ایران است (شکل ۱). آب و هوای آن معتدل، و میزان بارندگی متوسط آن ۳۵۰ میلی‌متر در سال بر آورد شده است.

خشک‌سالی از خطرناک‌ترین پدیده‌های طبیعی در سراسر جهان است که می‌تواند در همه‌ی منطقه‌های اقلیمی رخ دهد (میشرا و سینگ ۲۰۱۰، ویسنت سرانو ۲۰۱۲، وانگ و همکاران ۲۰۱۷b). در دهه‌های گذشته، خشک‌سالی‌های مکرر و شدید باعث اثرهای مخرب زیست‌محیطی و کشاورزی، و خسارت‌های مالی در سراسر جهان شده است (سازمان ملل ۲۰۰۸، پیانو و همکاران ۲۰۱۰، وانگ و همکاران ۲۰۱۸a). با توجه به میزان کاهش منابع آب دست‌رس، خشک‌سالی‌ها در حالت معمول به انواع مختلف هواشناسی، کشاورزی و آب‌شناختی تقسیم می‌شود (انجمن هواشناسی آمریکا ۱۹۹۷). خشک‌سالی هواشناسی و کشاورزی معمولاً به کم‌بود منابع آب جوی و خاک مربوط می‌شود، در حالی که خشک‌سالی آب‌شناختی به دلیل کم‌بود منابع آب سطحی یا آب‌های زیرزمینی است (ویسنت-سرانو ۲۰۱۲، وانگ و همکاران ۲۰۱۷a)، که عمدتاً در نتیجه‌ی ادامه یافتن خشک‌سالی هواشناسی به‌وجود می‌آید (وو و همکاران ۲۰۱۷) و می‌تواند با کاهش دادن آبیاری و توان تولید آب، تاثیر گسترده‌یی بر بوم‌شناسی، کشاورزی و اقتصاد بگزارد (میشرا و سینگ ۲۰۱۰). پیش‌بینی می‌شود که با تاثیر تغییر اقلیم، چرخه‌ی آب‌شناختی جهانی نیز تغییر یابد (آلن و اینگرام ۲۰۰۲). بنابراین، انتظار می‌رود که خشک‌سالی‌ها در آینده نیز گسترش یابد و حتی تشدید شود (دای ۲۰۱۳، وانگ و همکاران ۲۰۱۸b). از این‌رو، تلاش برای پیدا کردن روشی موثرتر برای نظارت و پیش‌بینی کردن خشک‌سالی آب‌شناختی و تعیین کردن مشخصه‌های آن در جاهایی که ایستگاه‌های اندازه‌گیری آب‌دهی نیست بسیار مهم است.

با بررسی الگوی مکانی خشک‌سالی‌ها به‌روش نقطه‌یی (ایستگاه‌های هواشناسی) یا ویژگی‌های ناحیه‌یی آن‌ها می‌توان خشک‌سالی‌ها را منطقه‌یی تحلیل کرد (سن ۱۹۸۰، هنریک و سانتوز ۱۹۹۹ و تالاکسین و هیس‌دال ۱۹۹۷). خشک‌سالی نقطه‌یی درصدی از منطقه تعریف می‌شود که در تأثیر خشک‌سالی است. تحلیل منطقه‌یی خشک‌سالی آب‌شناختی را نخستین بار دراکوپ و همکاران (۱۹۸۰) و سن (۱۹۸۰) معرفی کردند، ولی تاکنون به جنبه‌های کاربردی آن کم‌تر توجه شده است. برای مثال، زیدمن و ریس (۲۰۰۰) نشان دادند که در پژوهش‌های جنبه‌های مختلف خشک‌سالی (هواشناسی، آب‌شناختی، ...)، تابه‌حال بیش‌تر به تغییر زمانی آن توجه شده است تا جنبه‌های مکانی. از طرف دیگر، این پژوهش‌ها بیش‌تر نقطه‌یی، و با تجزیه‌وتحلیل داده‌های



شکل ۱- موقعیت استان آذربایجان شرقی و آبگیرهای آن

$$F_t(x) = \Pr(Z_t = 0) + \sum_{k=1}^{\infty} H_t^k(x) \Pr(Z_t = k)$$

$F_t(x)$: تابع توزیع احتمال بزرگ‌ترین رخداد خشک‌سالی جریان رودخانه‌ی (به صورت کم‌بود جریان یا مدت) در هر فاصله‌ی زمانی در نظر گرفته $\{t, 0\}$,

$\Pr(Z_t=k)$: احتمال رخداد k خشکی در فاصله‌ی زمانی $\{t, 0\}$ ، که همان تابع توزیع پواسون است

$H_t(x)$: تابع توزیع همه‌ی دوره‌های خشکی (به صورت کم‌بود جریان یا مدت) در هر فاصله‌ی زمانی در نظر گرفته $\{t, 0\}$

توزیع‌های احتمال پیرسون تیپ ۳، ویبول، لوگ بهنجار، جانسون، مجذور نمایی^۴، توزیع پاراتوی تعمیم‌یافته^۵ بر مدت و شدت رخداد‌های خشکی مشاهده‌ی برازش داده، و بهترین توزیع احتمال براساس معیار نکویی برازش و اندازه‌های مجذور مربع انتخاب کرده شد. دوره‌ی بازگشت $T(x)$ براساس احتمال تجمعی $F_X(x)$ ، و احتمال تجاوز از حد معین $E_X(x)$ با رابطه‌های ۲ و ۳ برآورد کرده، و دوره‌ی بازگشت با رابطه‌ی ۴ محاسبه کرده شد:

$$F_X(x) = \Pr(X \leq x) \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

$$E_X(x) = \Pr(X > x) = 1 - F_X(x) \quad \text{رابطه‌ی ۳}$$

$$T(x) = \frac{1}{E_X(x)} = \frac{1}{1 - F_X(x)} \quad \text{رابطه‌ی ۴}$$

روش تحقیق

از بین ایستگاه‌های آب‌سنجی استان آذربایجان شرقی، ۲۵ ایستگاه که داده‌های طولانی مدت برداشته بوده باشد، و پراکنش مکانی آن‌ها مناسب باشد انتخاب شد. پایه‌ی مشترک داده سال‌های آبی ۵۱-۵۲ تا ۹۵-۹۶ گرفته شد. آزمون‌های آماری ران^۲ و همبستگی برای بررسی کردن کیفیت داده‌ها و تکمیل کردن خلاء داده به کار برده شد. روند داده‌های آب‌سنجی با آزمون ناسنجه‌ی ضریب همبستگی رتبه‌ی اسپیرمن با نرم افزار SPSS بررسی شد.

دوره‌های خشکی آب‌شناختی با نرم‌افزار NIZOWKA ۲۰۰۳ و بر مبنای روش تراز آستانه^۳ محاسبه کرده شد. در این روش، اگر اندازه‌های آب‌دهی از تراز آستانه‌ی انتخاب‌شده کم‌تر باشد خشک‌سالی یا کم‌آبی رخ می‌دهد. برای حذف کردن خشک‌سالی‌های جزئی و ادغام کردن خشک‌سالی‌های وابسته، روش معیار داخلی براساس ضریب d_{min} و tc به کار برده شد. فراوانی احتمال وقوع، تعداد رخداد، و مشخصه‌های دوره‌های خشکی (مدت و کسری حجم) با نرم‌افزار پیش‌گفته محاسبه کرده شد. تابع‌های توزیع احتمالی پواسن و پاسکال برای تعیین کردن بزرگ‌ترین رخداد خشک‌سالی جریان رودخانه‌ی، با رابطه‌ی ۱ محاسبه کرده شد (زیلینهاسیک و سالوایی، ۱۹۸۷).
رابطه‌ی ۱

2 - Run Test

۳- تراز آستانه بر مبنای منحنی مدت جریان (FDC) به دست آمده از اندازه‌های آب‌دهی روزانه‌ی ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب با نرم‌افزار NIZOWKA ۲۰۰۳ انتخاب شده است.

4 - Double Exponential

5 - Generalized Pareto

اندازه‌گیری متغیرها با روش نمره‌ی Z به‌معیار کرده شد. با تجزیه‌ی عاملی و براساس متغیرهای مستقل دوازده‌گانه، مهم‌ترین عامل‌هایی که پراش (واریانس) بین متغیرها را تشریح می‌کند با روش استخراج مولفه‌های اصلی و چارچوب دورانی واریماکس مشخص کرده شد. در تجزیه‌ی خوشه‌ی روش «وارد» به‌کاربرده شد، و فاصله‌ی بین متغیرها با روش مجذور فاصله‌ی اقلیدسی محاسبه کرده شد.

با وایزی کردن خطی گام‌به‌گام بین متغیرهای وابسته و مستقل در هر یک از واحدهای همگن، مدل منطقه‌ی شدت و مدت خشک‌سالی‌های آب‌شناختی در آبخیزهای استان آذربایجان شرقی به تفکیک منطقه‌های همگن آورده شد.

منطقه‌های همگن آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی با روش تجزیه‌ی خوشه‌ی سلسله‌مراتبی در نرم افزار SPSS بر مبنای متغیرهای مساحت، محیط، طول آبراه اصلی، شیب آبراه اصلی، تراکم زه‌کشی، ضریب شکل حوزه، مجموع شبکه‌ی آب، شیب متوسط وزنی حوزه، بیشینه‌ی ارتفاع، کمینه‌ی ارتفاع و میانگین ارتفاع حوزه، و طول حوزه تعیین شد. ویژگی‌های حوزه‌ی آبخیز با مدل رقومی ارتفاعی با افزونه‌ی Arc Hydro در جی‌آی‌اس برای هر یک از ایستگاه‌های آب‌سنجی بیرون آورده شد. متوسط بارش سالانه برای واحدهای آب‌شناختی نیز با داده‌های بلندمدت ایستگاه‌های سینوپتیک استان و با روش درون‌یابی در نرم‌افزار ArcGIS به‌دست آمد. واحدهای



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های آب‌سنجی انتخاب شده

نتایج و بحث

منطقه‌های همگن آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی با روش تجزیه‌ی خوشه‌ی سلسله‌مراتبی بر مبنای ۱۲ متغیر فیزیوگرافی، آب‌شناختی و اقلیمی در آبخیزهای استان تعیین شد. با روش خوشه‌بندی «وارد» و فاصله‌ی اقلیدسی هفت بین متغیرها، کل آبخیزهای استان در چهار خوشه گذاشته شد (شکل ۳). نقشه‌ی آبخیزهای همگن استان در شکل ۴ آورده شده است.

تحلیل فراوانی و ویژگی‌های خشک‌سالی

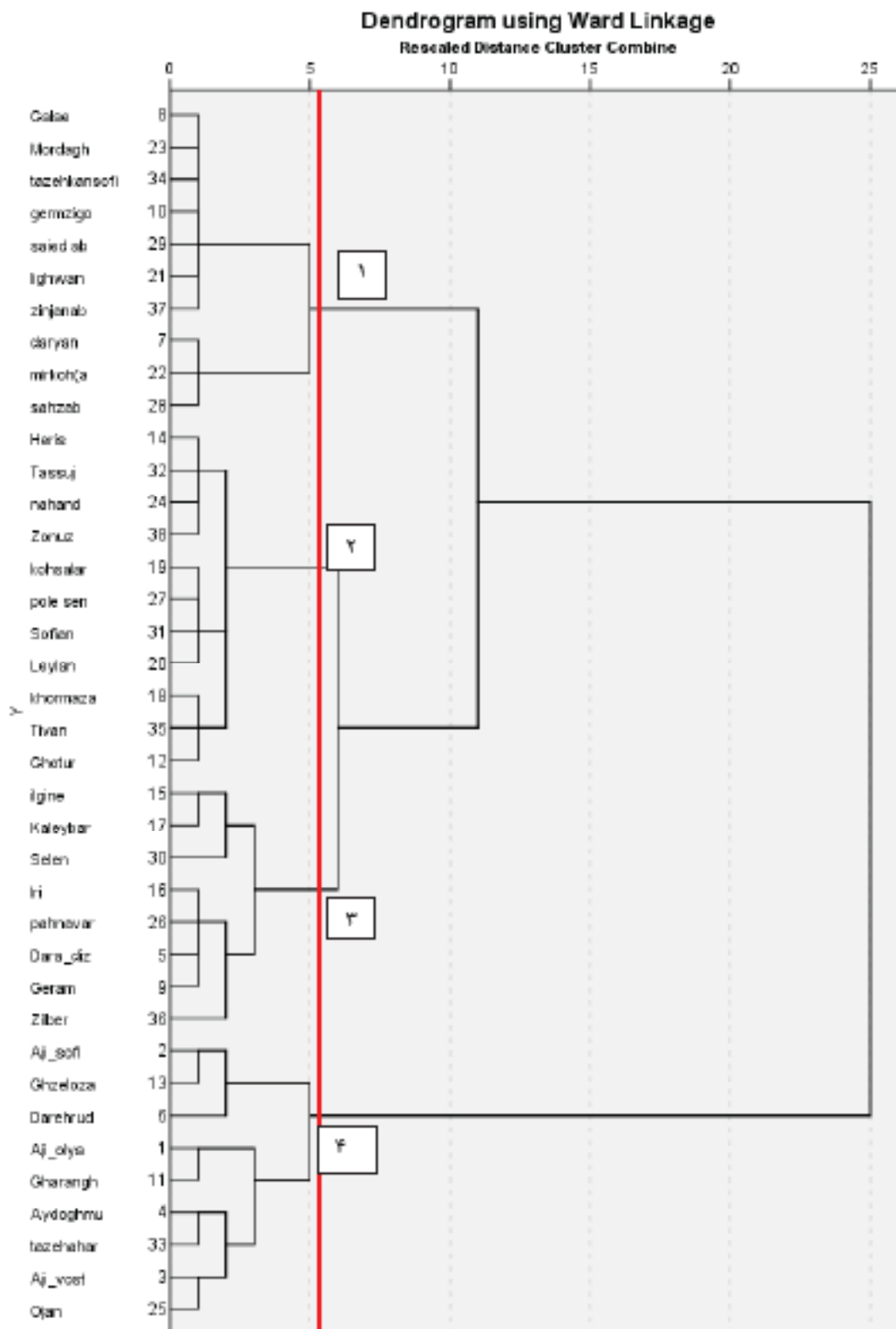
فراوانی و برازش توزیع احتمال برای مدت و شدت دوره‌های خشک‌سالی آب‌شناختی بر مبنای دوره‌ی بازگشت دو ساله به تفکیک برای هر ایستگاه آب‌سنجی تحلیل کرده شد (جدول ۲). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کسری حجم جریان رودخانه‌ی به‌ترتیب در ایستگاه‌های چپانی و آناختون با ۱۱۵۹۶ و ۴۷/۲ هزار مترمکعب اتفاق افتاده است. علاوه بر این، بیش‌ترین و کم‌ترین مدت دوره‌ی خشک‌سالی آب‌شناختی با مدت ۱۷۷

SPSS انجام شد. مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی با ضریب KMO^۶ ارزیابی کرده شد. مقدار این ضریب برای داده‌ها ۰/۵۴۶ برآورد شد، که بیانگر مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی بود. نتیجه‌ی تحلیل عاملی نشان داد که از بین مجموعه متغیرهای مستقل در نظر گرفته، محیط، ارتفاع و شکل آبخیز به ترتیب ۴۰/۱۳، ۲۶/۴۲ و ۱۳/۱۲ و در مجموع ۷۹/۶۸٪ در تبیین کردن پراش متغیرها نقش دارد (جدول ۳).

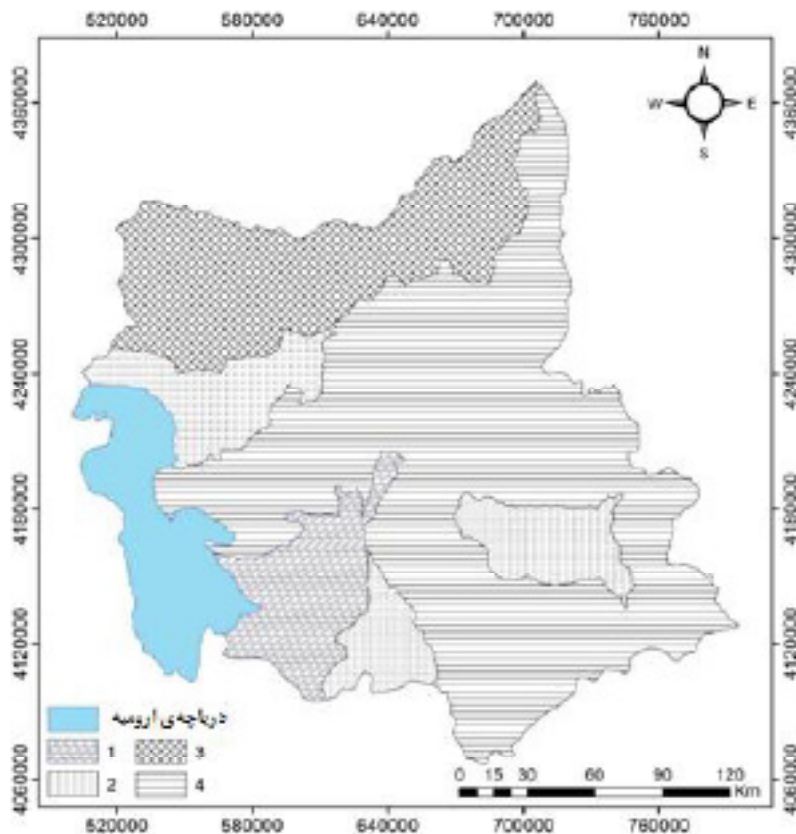
روز در ایستگاه خرم‌زرد و ۱۰ روز در ایستگاه‌های آناختون و ارزیل است. در تهیه کردن مدل منطقه‌ی خشک‌سالی‌های آب‌شناختی، متغیرهای مستقل متغیرهای دوازده‌گانه، و متغیرهای وابسته اندازه‌های مدت و شدت خشک‌سالی‌های ایستگاه‌ها با دوره‌ی بازگشت دو ساله گرفته شد. نتیجه‌ی تحلیل عاملی تحلیل عاملی با روش تحلیل اجزای پایه‌ی (PCA) در

جدول ۲- نتیجه‌ی مطابقتی شدت و مدت دوره‌ی خشکی در ایستگاه‌های منتخب با دوره‌ی بازگشت دو سال

ایستگاه	شدت (1000 mm)	مدت (روز)	ایستگاه	شدت (1000 mm)	مدت (روز)
۱- لرزیل	۵۱۳	۱۴۶	۱۴- طرمدکند	۲۹۵	۳۸
۲- قانقلون	۴۷۲	۱-	۱۵- لسیقران	۱۷۹-	۱۳۲
۳- بریس	۴۳۵۲	۱-	۱۶- خولن	۲-۳۲	۱۵۸
۴- کسین	۱۴۶۴	۷۵	۱۷- قهلاتی لیر	۲۶-۵	۱۱۷۳
۵- حدقلب	۱۱۷۸۵	۶۵۳	۱۸- گسیرچای	۱۷۴۴	۱-۴۱۳
۶- هرزه بند	۷۲۲	۱۱۹	۱۹- هروی	۵۱۲	۶۹
۷- رودل	۵۳۵۴	۱۲۵	۲۰- نهد	۴۲۲۲	۱۵۲
۸- پوعلیر	۷۲۵	۴۱۳	۲۱- سوزاب	۱۸۴۴	۳۷۲
۹- کلیر	۶۱۷-	۱۴۸	۲۲- سیلیان	۱۵۷۵	۱۳۲
۱۰- لستطج	۶۴	۱۲	۲۳- زینجانب	۱۵-۱۴	۱۳۶۴
۱۱- کوهلار	۴۷۴۶	۱۱۵	۲۴- خرم‌زرد	۴۸۴۹	۱۷۷
۱۲- لولین	۲۸۱۳	۹۵۶	۲۵- چکان	۱۷۲۹	۱۱۸۷
۱۳- چلی	۱۱۵۶۶	۹۹			



شکل ۳- نمودار تحلیل خوشه‌ای بر اساس آنتی‌ژن‌های استان



شکل ۴- نقشه منطقه‌های همگن آب‌شناختی آبخیزهای استان. هر یک از طرح‌ها (۱ تا ۴) نشان‌دهنده‌ی یک منطقه‌ی همگن است.

جدول ۲- درصد پراش و اندازه‌های ویژه‌ی عامل‌های مختلف

نوع- ها	اندازه‌های ویژه‌ی اولیه			پراش تبیین‌کننده‌ی طول‌ها-۱			مجموعه‌ی اندازه‌های عامل‌های استخراج‌شده بعد از چرخش		
	کل	درصد پراش	درصد تجزیه	کل	درصد پراش	درصد تجزیه	کل	درصد پراش	درصد تجزیه
۱	۶/۳۳۴	۶۳/۳۶۶	۶۳/۳۶۶	۶/۳۳۴	۶۳/۳۶۶	۶۳/۳۶۶	۶-۱۴	۴-۱۳۶	۴-۱۳۶
۲	۲/۴۴۴	۲۴/۴۴۵	۶۷/۷۸	۲/۴۴۴	۲۴/۴۴۵	۶۷/۷۸	۲۶۴	۲۶/۴۲	۶۶/۵۶
۳	۱/۱۹	۱۱/۹-	۲۹/۶۸	۱/۱۹	۱۱/۹-	۲۹/۶۸	۷۳۶۲	۱۲/۱۲۴	۲۹/۶۸
۴	-۱/۲۴	۱/۲۴	۸۸/۹۴						
۵	-۸/۲۹	۷/۲۹	۹۶/۱۳						
۶	-۱/۷	۱/۷	۹۷/۹۲						
۷	-۱/۳۶	۱/۳۶	۹۷/۶۵						
۸	-۱-۲۵	-۱/۲۵	۹۶/۷۶						
۹	-۱-۲۴	-۱/۲۴	۹۷/۹۶						
۱۰	-۱-	-۱-۳	۱-						

مدل منطقه‌ی مدت خشک‌سالی، سنجه‌های موثر در خوشه‌ی دوم ارتفاع متوسط آبخیز، در خوشه‌ی سوم ضریب شکل، محیط و ارتفاع متوسط آبخیز، و در خوشه‌ی چهارم ضریب شکل آبخیز شناخته شد. علاوه بر این، نتیجه‌ی تحلیل وایزی نشان داد که این مدل‌ها نیز در تراز ۹۹٪ معنی‌دار است. در خوشه‌ی اول به دلیل نبود همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، هیچ سنجه‌ی موثری به مدل‌های منطقه‌ی شدت و مدت خشک‌سالی وارد کرده نشد.

به‌طور کلی تحلیل رابطه‌های منطقه‌ی نشان داد که سنجه‌های محیط، ارتفاع متوسط و ضریب شکل آبخیز نقش تعیین‌کننده‌ی در برآورد شدت و مدت خشک‌سالی‌ها با دوره‌ی بازگشت ۲ ساله در استان دارند.

بعد از انجام‌دادن تحلیل‌های عاملی و خوشه‌ی سلسله‌مراتبی برای شناختن منطقه‌های همگن زیرحوزه‌های آبخیز استان، برای تعیین‌کردن عامل‌های موثر (عامل‌هایی که مقدار ویژه‌ی آن‌ها در تبیین کردن پراش متغیرها بیش‌ترین بود) در برآورد کردن متغیرهای وابسته (شدت و مدت خشک‌سالی)، وایزی چندمتغیره به کار برده شد. نتایج وایزی گام‌به‌گام براساس متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته در جدول ۴ و ۵ به تفکیک برای هر خوشه آورده شده است.

بر اساس مدل منطقه‌ی سنجه‌های موثر بر شدت خشک‌سالی در خوشه‌ی دوم محیط آبخیز، در خوشه‌ی سوم ضریب شکل حوزه، و در خوشه‌ی چهارم ضریب شکل آبخیز و ارتفاع متوسط حوزه شناخته شد. بررسی تراز معنی‌داری این مدل‌ها برای هر خوشه نشان داد که در تراز ۹۹٪ معنی‌دار است. بر اساس

جدول ۴- نتایج مدل منطقه‌ی شدت خشک‌سالی آبخیزها

منطقه‌ها	مدل	R	R ²	Sig.
۱	-	-	-	-
۲	$\text{Lag}(S) = -2.36\log(P) + 17.94$	۰.۷۵۲	۰.۵۷۳	۰-۰۰۲
۳	$\text{Lag}(S) = -1.12\log(PF) + 5.23$	۰.۹۷۴	۰.۹۴۹	۰-۰۰۲۶
۴	$\text{Lag}(S) = -0.52\log(PF) - 5.12\log(H) + 48.73$	۰.۹۱۵	۰.۸۴۴	۰-۰۰۰۴

* به دلیل نبود همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، هیچ سنجه‌ی موثری به مدل منطقه‌ی شدت خشک‌سالی وارد کرده نشد.

جدول ۵- نتایج مدل منطقه‌ی مدت خشک‌سالی آبخیزها

منطقه‌ها	مدل	R	R ²	Sig.
۱	-	-	-	-
۲	$\text{Lag}(D) = -4.03\log(H) + 37.1$	۰.۴۴۹	۰.۵۶	۰-۰۰۲۷
۳	$\text{Lag}(D) = \log(0.85(P) + \log(0.09(PF) + 0.01\log(H) + 1.37$	۰.۹۱۸	۰.۸۴	۰-۰۰۰۰
۴	$\text{Lag}(D) = -0.28\log(PF) + 4.428$	۰.۴۴۵	۰.۵۵	۰-۰۰۰۲

* به دلیل نبود همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته، هیچ سنجه‌ی موثری به مدل منطقه‌ی مدت و شدت خشک‌سالی وارد کرده نشد.

مکانی آن کم‌تر از توزیع زمانی توجه شده است. برای منطقه‌هایی که بی اطلاعات مکانی متغیرهای اقلیمی و آب‌شناختی است، به‌کاربردن تحلیل‌های ناحیه‌ی ضروری است. از نتیجه‌های مهمی که تحلیل منطقه‌ی به همراه خواهد داشت گسترش یافتن اطلاعات نقطه‌ی به اطلاعات منطقه‌ی است، که در نتیجه‌ی آن همه‌ی نقطه‌های بی‌داده‌ی که به‌دلیل اهمیت منابع آبی نیاز مبرمی به داده و اطلاعات دارد، با اطلاعات منطقه‌ی داده و اطلاعات خواهد داشت (سلطانی و همکاران ۲۰۱۹، ساداتی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۶ و فاخری‌فرد و همکاران ۲۰۰۷).

در این پژوهش، با انجام‌دادن تحلیل عاملی و براساس

نتیجه‌گیری

گسترش خشک‌سالی‌ها منطقه‌ی است، و شرایط بحرانی در دوره‌های خشکی زمانی فراهم می‌شود که کم‌بود شدید منابع آبی در زمان طولانی در منطقه‌ی وسیعی رخ بدهد. بنابراین، بررسی منطقه‌ی خشک‌سالی و نه ایستگاهی آن، سبب به‌دست‌آمدن درک کامل‌تری از این پدیده می‌شود. تحلیل منطقه‌ی خشک‌سالی‌ها می‌تواند با بررسی نقطه‌ی الگوی مکانی خشک‌سالی‌ها (محل ایستگاه اندازه‌گیری)، یا بررسی ناحیه‌ی ویژگی‌های آن‌ها انجام شود. پژوهشگران به‌ندرت تحلیل منطقه‌ی خشک‌سالی جریان سطحی را بررسی کرده‌اند، ولی در بیش‌تر پژوهش‌های خشک‌سالی‌ها به تغییر

پایش مستمر شود، و بررسی‌های بیش‌تری در تعادل بخشی منابع آبی منطقه با مصرف‌های آن در آبخیزهای استان انجام شود. انتظار می‌رود که رابطه‌های منطقه‌ی آورده‌شده در این تحقیق، مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری مدیران و برنامه‌ریزان محلی آب در برآورد کردن داده‌های شدت و مدت خشک‌سالی‌های آب‌شناختی در آبخیزهایی که ایستگاه اندازه‌گیری آب‌دهی در آن نیست باشد.

سپاس‌گزاری

این مقاله نتیجه‌ی به‌روز شده‌ی طرح تحقیقاتی پایش روند تاریخی و پهنه‌بندی خشک‌سالی آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی است، که با حمایت پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری کشور و سازمان آب منطقه‌ی در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی انجام شده است. بدین‌وسیله از همه‌ی دست‌اندرکاران این طرح تقدیر و تشکر می‌شود.

متغیرهای مستقل، مهم‌ترین عامل‌هایی که بیش‌ترین نقش را در تبیین کردن پراش متغیرها داشت مشخص کرده شد. نتیجه‌ی تحلیل عاملی نشان داد که سه عامل محیط، ارتفاع و شکل آبخیز در مجموع ۷۹/۶۸٪ در تبیین کردن پراش متغیرها نقش دارد. برای دادن مدل منطقه‌ی شدت و مدت خشک‌سالی‌های آب‌شناختی در استان آذربایجان شرقی و ابازری خطی گام‌به‌گام بین متغیرهای وابسته و مستقل در واحدهای همگن به‌کاربرده شد. تحلیل رابطه‌های منطقه‌ی نشان داد که سنج‌های محیط، ارتفاع و ضریب شکل آبخیز نقش تعیین‌کننده‌ی در برآورد کردن شدت و مدت خشک‌سالی با دوره‌ی بازگشت ۲ ساله در استان دارد. این یافته‌ها با تحقیقات لطفی‌نسب‌اصل (۲۰۱۸) و بایزدی و ثقفیان (۲۰۰۹) مطابقت دارد، اما نوترمان و می (۲۰۰۷) جریان پایه را عاملی مهم و تاثیرگذار در برآورد کردن شدت و مدت خشک‌سالی دانسته‌اند.

به‌دلیل تغییر کردن اقلیم و تاثیر آن بر احتمال ادامه‌ی روند خشک‌سالی‌های آب‌شناختی، پیشنهاد می‌شود که این پدیده‌ی طبیعی با روش آورده‌شده در این مقاله یا روش‌های علمی دیگر

- Allen MR, Ingram WJ. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*. 419(6903): 224 p.
- AMS-American Meteorological Society. 1997. Meteorological drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78(5):847-849
- Byzedi M, saghafian B. 2009. Regional analysis of stream flow drought: A case study for sought western Iran. *World academy of science, Engineering and technology*. 3(9): 1700-1704.
- Dai A. 2013. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*. 3(1): 52-58.
- Dracup JA, Lee KS, Paulson EG. 1980. On the definition of droughts. *Water resource research*. 16(2):297-302.
- Fakherifard A, Asadi A, Abolhassani M. 2007. The final report of the research project on the determination of homogeneous flood areas of the East Azarbaijan Province in order to expand point information to regional information, regional water organization of the province of East Azerbaijan. *Science and Technology Park of East Azerbaijan Province*. SCWMRI. 173 p. (In Persian).
- Henriques AG, Santos MJ. 1999. Regional drought distribution model. *Physics and chemistry of the earth, Part B Hydrology, oceans and atmosphere, European water*. 24 (1-2): 19-22.
- Lotfi Naseb Asl S, Khosroshahi M, Saeedifar Z, Dargahian F. 2018. Analysis of the trend of rainfall changes and assessment of droughts in Jasmourian watershed using stratified methods and optimal indices. *Rangeland and Desert Research*. 25 (4): 923-943. doi: 10.22092 / ijdr.2019.118624.
- Mishra AK, Singh VP. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*. 391(1): 202-216.
- Nosrati K, Eslamian S, Shahbazi A, Ostad-Ali-Askari K, Vijay PS. 2018. Climate Impact on Hydrological Drought. *International Journal of Constructive Research in Civil Engineering (IJCRCE)*. 4(4): 9-13. www.arcjournals.org.
- Nutzmann G, Mey S. 2007. Model-based estimation of runoff changes in a small lowland watershed of north-eastern Germany. *Journal of Hydrology*. 334(3-4): 467-476.
- Piao S, Ciais P, Huang Y, Shen Z, Peng S, Li J, Zhou L, Liu H, Ma Y, Ding Y, Friedlingstein P, Liu C, Tan K, Yu Y, Zhang T, Fang J. 2010. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. *Nature*. 467(7311): 43-51.
- sadatinezhad SJ, alavinia S, Roghayeh Abedi RA, Honarbakhsh A, Khodayar Abdollahi KA. 2016. Frequency Analysis of Regional Meteorological Drought in Karun-1 Basin of Iran. *jwmr*. 6(12):108-117
URL:<http://jwmr.sanru.ac.ir/article-1-561-fa.html>
- Sen Z. 1980. Regional drought and flood frequency analysis: theoretical consideration. *Journal of Hydrology vol*. 46(3-4): 265-279.
- Soltani M, Soltani A, Kalehouie M, Soleimani K. 2019. Regional drought monitoring using Landsat images - Case study area: Kermanshah city. *Quarterly Journal of Geographic Information «Sepehr»*. 28 (109): 137-146. doi: 10.22131 / sepehr.2019.35643.
- Tallaksen LM, Hisdal H. 1997. Regional analysis of extreme stream flow drought duration and deficit volume. *FRIEND'97- Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management, IAHS Publication*. pp. 141-150.
- UN-United Nations. 2008. Agriculture, rural development, land, desertification and

- drought. United Nations. sustainabledevelopment.un.org/
- Vicente-Serrano SM, López-Moreno JI, Bequería S, Lorenzo-Lacruz J, Azorin-Molina C, Morán-Tejeda E. 2012. Accurate Computation of a Stream flow Drought Index. *Journal of Hydrologic Engineering*. 17(2): 318–332.
- Wang Z, Li J, Lai C, Wang RY, Chen X, Lain Y. 2018a. Drying tendency dominating the global grain production area. *Global Food Security*. 16: 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.02.001>
- Wang Z, Li J, Lai C, Zeng Z, Zhong R, Chen X, Zhou X, Wang M. 2017 a. Does drought in China show a significant decreasing trend from 1961 to 2009. *Science of the Total Environment*. 579: 314–324.
- Wang Z, Zhong R, Lai C. 2017b. Evaluation and hydrologic validation of TMPA satellite precipitation product downstream of the Pearl River Basin, China. *Hydrological Processes*. 31(23): 4169–4182.
- Wang Z, Zhong R, Lai C, Zeng Z, Lain Y, Bai X. 2018b. Climate change enhances the severity and variability of drought in the Pearl River Basin in South China in the 21st century. *Agricultural & Forest Meteorology*. 249: 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.077>
- Wu J, Chen X, Yao H, Gao L, Chen Y, Liu M. 2017. Non-linear relationship of hydrological drought responding to meteorological drought and impact of a large reservoir. *Journal of Hydrology*. 551: 495–507.
- Zaidman MD, Rees HG. 2000. Spatial patterns of stream flow drought in Western Europe (1960–1996), Technical Report to the ARIDE project no. 8, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK, <http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/aride/navigation/publications/pdfs/aride-techrep8.pdf>,
- Zelenhasić E, Salvia A. 1987. A Method of Stream flow Drought Analysis. *Water Resources Research*. 23(1): 156–168.



Watershed Management Research

VOL. 33, No. 1, Ser. No: 126, Spring 2020, pp. 14 -25

DOI: 10.22092/wmej.2019.125848.1207

Regional Analysis of Hydrological Drought in the Province of East Azarbijan

Jamshid Yarahmadi

(Corresponding Author)* Soil Conservation and Watershed Management Department, East Azerbaijani Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Tabriz, Iran

Ghobad Rostamizad

Soil Conservation and Watershed Management Department, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan, Iran

*Corresponding Author Email: yarahmadi1353@gmail.com

Received: 11 May 2019 Accepted: 17 December 2019

Abstract

Droughts are intrinsically regional. The critical conditions in the dry periods occur when there is a severe shortage of water resources for a long period on a wide area. Therefore, an investigation of the regional and not of a local drought offers better understanding of this phenomenon. This study aims at a regional analysis of the hydrological drought in East Azarbaijan Province for a period of 45 years (1972– 2017) using the data collected at 25 hydrometric stations with proper spatial distribution across the province. Homogeneous hydrological areas was identified based on hierarchical analysis method in the SPSS software using the following independent variables: Area, Perimeter, Length of the main basin, Main channel gradient, Drainage density, Basin shape factor, Total hydrographic network, Weighted average slope of the basin, Maximum, Minimum and Median height of the basin, and its length. Frequency analysis and probability distribution of the dependent variables (duration and intensity of hydrological drought spells) was performed on the basis of the two year return period for each hydrometric station. The factor analysis was performed using the PCA method in the SPSS software. The suitability of the data for the factor analysis was evaluated using the KMO coefficient. The value of this coefficient was estimated as 0.546, which indicates that the data were suitable for factor analysis. The result of factor analysis showed that the contribution of perimeter, height and shape of the basin were 40.13, 26.42 and 13.12% (Sum 79.68 %) respectively in explaining the variance of the variables (i.e. the most important factors in zoning). Results of regional analysis using multivariable regression (stepwise method) indicated that perimeter, average height and the basin shape coefficient have a decisive role in estimating the drought severity and its duration with two-year return period in East Azarbijan. In the scarcity of hydrometric stations in most of the watersheds of the East Azarbaijan province, the regional equation presented in this study can be used to estimate hydrological drought characteristics of watersheds without observed surface runoff data.

Keywords: Hydrological drought, regional analysis, stepwise regression, threshold-level method, the Province of Eastern Azerbaijan